

2. 4GHz帯無線LAN等の技術基準等の 見直しに係る報告

令和5年3月13日
陸上無線通信委員会
5. 2GHz帯及び6GHz帯無線LAN作業班
2. 4GHz帯無線LAN等技術基準見直しアドホックグループ

目次

第 1 章 検討の背景	4
1. 1. 検討事項	4
1. 2. アドホックグループの構成.....	4
1. 3. 検討経過	4
第 2 章 2.4GHz 帯無線 LAN 等の技術基準の見直しについて	5
2. 1. 技術基準の目的と見直しの観点.....	5
2. 2. 割当周波数及び周波数の許容偏差.....	8
2. 3. 占有周波数帯幅の許容値.....	9
2. 4. 拡散帯域幅及び拡散率.....	10
2. 5. 不要発射の強度の許容値.....	17
2. 6. 空中線電力.....	18
2. 7. 空中線電力の許容偏差.....	29
2. 8. 周波数滞留時間.....	30
2. 9. 空中線の絶対利得.....	31
2. 10. 水平面の主輻射の角度幅.....	33
2. 11. 副次的に発する電波等の限度.....	45
2. 12. 混信防止機能.....	46
2. 13. キャリアセンス.....	47
2. 14. 通信方式	48
2. 15. 変調方式	49
第 3 章 2.4GHz 帯無線 LAN 等の試験方法の見直しについて	50
3. 1. 試験方法の見直しの観点.....	50
3. 2. 一般事項	50
3. 2. 1. 試験場所の環境条件	50
3. 2. 2. 電源電圧.....	51
3. 2. 3. 試験周波数	51
3. 3. 周波数の偏差.....	52
3. 4. 占有周波数帯幅.....	52
3. 4. 1. 無線 LAN/Bluetooth Low Energy.....	52
3. 4. 2. Bluetooth Classic	53
3. 5. スプリアス発射又は不要発射の強度.....	54
3. 6. 空中線電力の偏差.....	56
3. 6. 1. 無線 LAN.....	56
3. 6. 2. Bluetooth Low Energy	58
3. 6. 3. Bluetooth Classic	59
3. 7. 副次的に発する電波等の限度.....	61
3. 8. キャリアセンス機能（無線 LAN（40MHz））	61
3. 9. 送信空中線の絶対利得及び主輻射の角度幅.....	61
3. 10. 混信防止機能.....	61
3. 11. ホッピング周波数滞留時間（Bluetooth Classic）	62
第 4 章 検討結果	64
4. 1. 無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準及び試験方法について.....	64
4. 2. 今後の検討課題.....	64
別表	65
参考資料	66

第 1 章 検討の背景

1. 1. 検討事項

2. 4GHz 帯を利用する無線 LAN 等の技術基準・試験方法を見直すため、欧米の技術基準や近年の技術動向を踏まえた我が国の技術項目の必要性、代替可能性等について検討した。

1. 2. アドホックグループの構成

本検討のため、5. 2GHz 帯及び 6 GHz 帯無線 LAN 作業班の下に、2. 4GHz 帯無線 LAN 等の技術基準見直しアドホックグループ（以下「アドホックグループ」という。）を設置し、検討を実施した。アドホックグループの構成は別表のとおりである。

1. 3. 検討経過

アドホックグループにおける検討

① 第 1 回（令和 4 年 11 月 29 日）

検討開始に至る経緯説明があり、その後各構成員から技術基準及び試験方法の見直し案の説明があった。また、今後のアドホックグループの進め方等について検討を行った。

② 第 2 回（令和 4 年 12 月 12 日）

欧米データの活用の可能性について、過去の「無線 LAN 等の欧米基準試験データの活用の在り方に関する検討会」において整理された事項について確認があり、論点の整理がなされ、更に技術基準策定の考え方について説明があった。それを踏まえ、次回の会合までに、各構成員に向けて、各技術基準の項目について、削除の可否、削除による認証上の効果及び削除によるイノベーション促進の効果についてアンケートを実施することとした。

試験方法についても、論点整理から得た確認事項についてアンケートを実施することとした。

③ 無線 LAN 等の技術基準及び試験方法の各項目に係る見直しの可能等について令和 4 年 12 月 19 日から 12 月 28 日の間、アンケートを実施した。

④ 第 3 回（令和 5 年 1 月 17 日）

技術基準の見直しの方向性については、項目毎の各規格等での規定状況、各構成員からのアンケートの結果及びアンケートの結果を踏まえた技術基準の見直しの可否についてまとめた。また、低利得アンテナを用いた場合の空中線電力の見直し案が構成員から提示され、あわせて検討することとなった。

試験方法の見直しについては、アンケートの結果を踏まえて議論が行われ、試験方法の見直し案を改めて検討することとなった。

⑤ 第 4 回（令和 5 年 2 月 22 日）

技術基準及び試験方法の見直しについて、報告案をとりまとめた。

第 2 章 2. 4GHz 帯無線 LAN 等の技術基準の見直しについて

2. 1. 技術基準の目的と見直しの観点

電波法（昭和 25 年法律第 131 号。以下「法」という。）において、技術基準は、法第 1 条に規定される目的を達成するために、主に以下の理由から電波法令に規定されている（今泉至明（2022）「電波法要説」一般社団法人情報通信振興会より）。

（1）無線局の通信目的の達成

無線局は、開設目的を十分達成しうる無線設備の能力がなければならないため、一定の技術基準を満たしている無線設備が必要となる。

（2）他局への妨害排除

空間を共有の通路として伝達される無線通信は電波の質を中心として一定の基準に達していなければ他局への妨害は必至であり、通信秩序の維持すらも困難となるため、厳格な技術条件が要求される。

（3）電波の規律上の要件

電波の適正利用に関する施策又は個々の無線局の管理（周波数の指定等）にあたっては、無線設備の技術基準を前提としなければならないことが多い。

これらの目的・意義を達するため、無線局を開設・運用しようとする者は電波を利用する上で必ず技術基準を守る必要があり（強制基準）、かつ技術基準適合命令（法第 71 条の 5）等の行政行為の根拠ともなっている。

また、技術基準があることにより免許を要しない無線局（無線 LAN/Wi-Fi、Bluetooth、コードレス電話、ワイヤレスマイク等）や携帯電話では、利用者が、使用する電波の周波数帯やその技術、他の無線局との混信を意識せずに、安心して無線設備を購入・利用することができる。

そのため、国は国際的に流通する無線設備の技術基準を定めるに際しては、特に電波に関係のある条約（ITU、ICAO、IMO 等）のほか、国際的に流通する無線設備の技術標準（IEEE、Bluetooth、3GPP 等）、全世界をサービスエリアとする衛星通信システムの規格（インマルサット等）などと整合させることにより、国際的に調和を取りつつ、技術の進歩に迅速に対応することが適当である。

さらに、技術基準適合証明等の認証取得台数が年間約 1.4 億台（令和 2 年度時点）の規模である 2. 4GHz 帯無線 LAN 及び Bluetooth（以下「無線 LAN 等」という。）については、その技術基準の見直し等に係る強い要望が寄せられている状況にある。

これらの目的・意義を踏まえ、技術基準の見直しにあたり、電波の公平かつ能率的な利用を確保する上で必要な項目・値のみで表現し、技術進歩に対し、柔軟に対応する必要がある。また、規定の必要性が少なくなった技術基準の項目・値は速やかに見直し、整理、削減することが適当であるとし、次の考え方を踏まえ、無線 LAN 等の技術基準の必要性等を検討した。

- 無線 LAN 等の技術基準の項目は、どのような背景や理由で定められているものであるのか、電波の公平かつ能率的な利用を確保するための条件、無線通信を成立させるための条件、他の無線局との共用のための条件、欧米の技術基準と違いがあっても日本国民にとって恩恵があるのか等々何のためにあるのか。
- 無線 LAN 等の技術基準の項目は、電波法のほかに、規定又は記載されているものはあるのか。なお、その際に、国内外、規定のレベル、法的強制力等々は問わない。
- 無線 LAN 等の技術基準の項目は、電波法に規定しない場合、どのようなことが懸念又は課題となるのか。電波管理、行政措置、認証制度、MRA、製造業者・輸入業者・販売業者の義務と責任、利用者の責任等々の幅広い観点から懸念・課題はあるのか。
- 無線 LAN 等の技術基準の項目が電波法に規定がない場合の懸念や課題は、解決することが可能なのか。緩和する一方で国民保護の観点から強化すべき事項があるのか。民間標準化機関の策定プロセスとの関係の整理が必要なのか。

今回の技術基準の見直しについては技術基準の項目と対応する規則との関係を表1に示す。

表1 関係する技術基準の項目

周波数について	割当周波数	○無線設備規則第49条の20
	周波数の許容偏差	○無線設備規則第5条 別表第1号
	占有周波数帯幅の許容値	○無線設備規則第6条 別表第2号
	拡散帯域幅	○無線設備規則第49条の20第1号チ
	拡散率	○無線設備規則第49条の20第1号リ
スプリアスについて	不要発射の強度の許容値	○無線設備規則第7条 別表第3号第26項
出力について	空中線電力	○無線設備規則第49条の20第1号ホ
	空中線電力の許容偏差	○無線設備規則第14条第7号
周波数ホッピングについて	周波数滞留時間	○無線設備規則第49条の20第1号ヌ
送信空中線	空中線の絶対利得	○無線設備規則第49条の20第1号ヘ
	水平面の主輻射の角度幅	○無線設備規則第49条の29第1号ヘ
受信機について	副次的に発する電波等の強度	○無線設備規則第24条第2項第1号
混信防止機能等について	混信防止機能	○無線設備規則電波法第4条第1項第3号
	キャリアセンス機能	○無線設備規則第9条の4第5号
信号の伝送について	通信方式	○無線設備規則第49条の20第1号ロ
	変調方式	○無線設備規則第49条の20第1号ハ

2.2. 割当周波数及び周波数の許容偏差

「割当周波数」は、無線局に割り当てられた周波数帯の中心の周波数を定める基準である。本基準は、欧州（EN300 328 V2.2.2。以下この章において同じ。）や米国（47CFR FCC Part15 Subpart C。以下この章において同じ）、さらには IEEE 802.11 や Bluetooth SIG でも規定があり、日本独自の基準ではない。

「周波数の許容偏差」は、割当周波数からの許容することができる最大の偏差又は発射の特性周波数（与えられた発射において容易に識別し、かつ、測定することのできる周波数）の基準周波数からの許容することができる最大の偏差を定める基準である。本基準は、欧州や米国では規定されていないが、IEEE 802.11 や Bluetooth SIG では規定されており、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、規定を削除すると占有周波数帯幅の範囲を過度に逸脱する送信信号を許容するため、帯域外漏えい電力が増大することにつながり、隣接システムに悪影響を及ぼす干渉を放射する懸念される（標準化団体）やサブキャリアの間隔の1/2以上、周波数がずれていると隣接サブキャリアと誤認識する恐れがあることから、回線品質に係る懸念がある（メーカー）との意見があった。

議論の結果、同一周波数帯のシステム（以下、「同一システム」という。）や隣接周波数帯のシステム（以下、「他システム」という。）への有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

割当周波数 及び 周波数の許容偏差

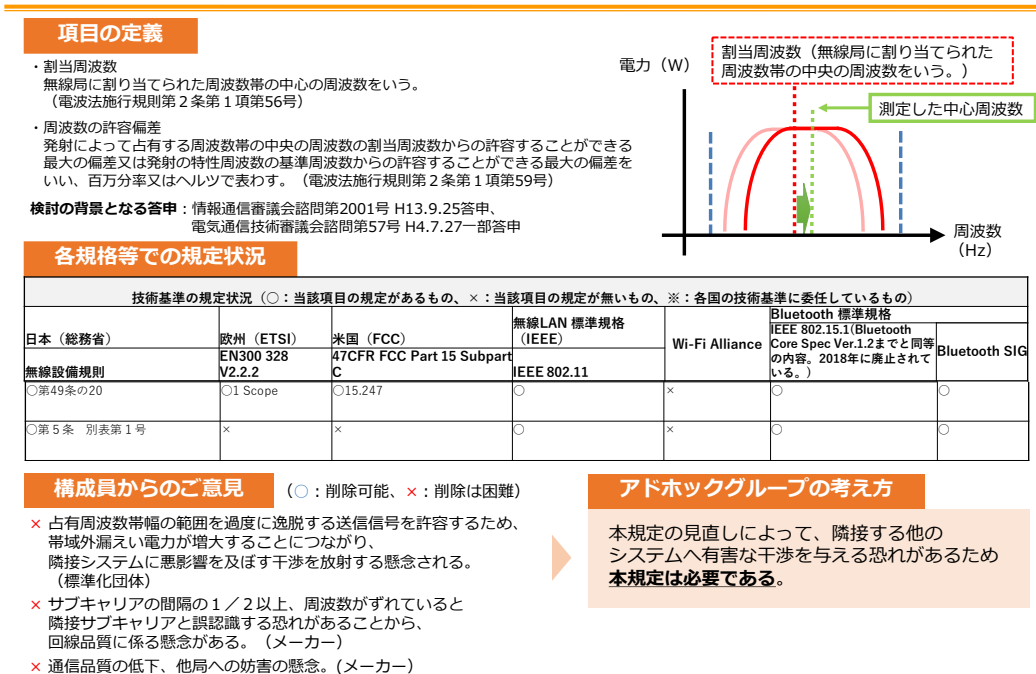


図1 技術基準における割当周波数及び周波数の許容偏差の見直し

2.3. 占有周波数帯幅の許容値

「占有周波数帯幅の許容値」は、輻射される平均電力が全平均電力の99%に等しい周波数幅を定める技術基準である。本基準は、欧州並びに IEEE 802.11 及び Bluetooth SIG で規定されており、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、規定を削除すると帯域が広がった場合、隣接チャネルへの妨害につながる恐れがある（メーカー）、この技術基準がなくなることで、全体域を占有するシステムが乱立し、互いに干渉を及ぼし合い、周波数が有効利用できなくなる懸念がある（標準化団体）という意見があった一方で、無線 LAN ロゴ又は Bluetooth ロゴがある場合、この技術基準が存在しない懸念点はない（メーカー）との意見があった。

議論の結果、本規定の見直しによって、同一システムや他システムへの有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

占有周波数帯幅の許容値

項目の定義

その上限の周波数をこえて輻射され、及びその下限の周波数未満において輻射される平均電力がそれぞれ与えられた放射によって輻射される全平均電力の〇・五パーセントに等しい上限及び下限の周波数帯幅をいう。ただし、周波数分割多重方式の場合、テレビジョン伝送の場合等〇・五パーセントの比率が占有周波数帯幅及び必要周波数帯幅の定義を実際に適用することが困難な場合においては、異なる比率によることができる。（電波法施行規則第2条第1項第61号）

検討の背景となる答申：情報通信審議会諮問第2001号 H13.9.25答申

各規格等での規定状況

技術基準の規定状況（○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの）						
日本（総務省）	欧州（ETSI）	米国（FCC）	無線LAN 標準規格（IEEE）	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1 (Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
無線設備規則 ○第6条 別表第2号	○4.3.1.8.3(FH) 4.3.2.7.3(非FH)	×	○	○	○	○

構成員からのご意見（○：削除可能、×：削除は困難）

- × 広がった場合、隣接チャネルへの妨害につながる恐れがある。（メーカー）
- × DSSS/OFDMに対しては、802.11標準に準拠する形で帯域が制限されており、限られた帯域を周波数を分けることで多数の端末が共存する為の規則として意義がある。この技術基準がなくなることで、全体域を占有するシステムが乱立し、互いに干渉を及ぼし合い、周波数が有効利用できなくなる懸念がある。（標準化団体）
- 無線LAN又はBluetoothの場合は、Wi-FiロゴやBTロゴがあれば、占有周波数帯幅のルールを守った機器であるため懸念はない。（メーカー）

電力 (W)

占有周波数帯幅

0.5% 99% 0.5%

周波数 (Hz)

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、同一システムや他のシステムへの有害な干渉を与える恐れがあるため**本規定は必要である**。

図2 技術基準における占有周波数帯幅の許容値の見直し

2.4. 拡散帯域幅及び拡散率

「拡散帯域幅」は、その上限の周波数を超えて輻射され、及びその下限の周波数未満において輻射される平均電力がそれぞれ与えられた発射によって輻射される全平均電力の5%に等しい上限及び下限の周波数帯幅を定める技術基準である。本基準は、米国及びIEEE 802.11において規定されており、日本独自の基準ではない。

「拡散率」は、拡散帯域幅を変調信号の送信速度に等しい周波数で除した値を定める技術基準である。本基準は、米国及びIEEE 802.11において規定されており、日本独自の基準ではない。

小電力データ通信システムにおける拡散帯域幅及び拡散率に関しては、「無線LANシステムの技術的条件」(平成3年7月22日諮問第57号)において審議され、平成4年7月27日に答申された「準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の無線LANシステム及び準ミリ波帯の周波数を利用する無線LANシステムの技術的条件」の際の電気通信技術審議会無線LANシステム委員会の報告書(別添抜粋参照)において最初の考え方が示され、平成11年3月23日に答申された「準マイクロ波帯の周波数を利用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件」の一部答申、また「2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」(平成13年3月28日諮問第2001号)に対する平成13年9月25日の答申における2.4GHz帯高度化方策委員会の報告書で見直しが行われた。いずれの報告書においても国際標準等の国際動向を踏まえた議論であったが、あらためて技術的観点から必要性を検討する。

これらの技術基準の対象は、スペクトル拡散方式(直接拡散方式、周波数ホッピング方式若しくはこれらの複合方式又は直交周波数分割多重及び周波数ホッピングの複合方式をいう、以下同じ)を使用する無線設備である。

このスペクトル拡散方式は、元の信号の周波数帯域の何倍も広い帯域に信号を拡散して送信することにより、ノイズの影響や他の通信との干渉を低減し、通信の秘匿性を高めることができることが特徴である。

もし、特定の周波数に滞留して信号を送信するなどスペクトル拡散方式の特徴的な送信と違った方式である場合、それはスペクトル拡散方式の無線設備ではないととらえることが適当である。

本項目について構成員へのアンケートでは、規定を削除すると占有周波数帯幅の許容値で99%の電力が集中する帯域幅が定義されているため、本規定が存在しない場合であっても他の無線通信システムに対する干渉の及ぼす範囲は定義されていることとなり、影響は極めて低いものと考えられる(標準化団体)との回答があった一方で、Bluetoothに関しては、AFH(Adaptive Frequency Hopping)の適用時など、全てのチャンネルを利用するわけではないため、周波数共用の条件を担保するため不可と考える(メーカー)との慎重な意見があった。

議論の結果、スペクトル拡散方式を使用する無線設備の拡散帯域幅及び拡散率の技術基準をなくしたとしても、占有周波数帯域幅や空中線電力の値は今回見直さないため、他の無線局との周波数の共用条件に変化は生じないことから、拡散帯域幅及び拡散率の値を定める技術基準を削除しても特段の支障はないものとする。なお、特定の周波数にとどまって送信する無線設備の占有周波数帯幅は最大26MHz、空中線電力は10mW以下が適用されることとなり、さらに、特定の周波数に滞留して次の周波数

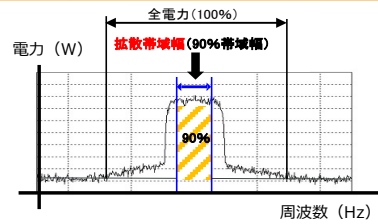
へ移動する事例に対しては、周波数滞留時間の技術基準を引き続き残すことにより、懸念はないものと考えたとの結論とした。

拡散帯域幅 及び 拡散率

項目の定義

- ・ 拡散帯域幅
その上限の周波数を超過して輻射され、及びその下限の周波数未満において輻射される平均電力がそれぞれ与えられた発射によって輻射される全平均電力の五パーセントに等しい上限及び下限の周波数帯幅をいう。(無線設備規則第49条の20第1項子)
- ・ 拡散率
拡散帯域幅を変調信号の送信速度に等しい周波数で除した値
(無線設備規則第49条の20第1項リ)

検討の背景となる答申：電気通信技術審議会諮問第57号 H4.7.27一部答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本 (総務省)	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	無線LAN 標準規格 (IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格 IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11			
○第49条の20第1号子	×	○15.247(a)(1)(FHH) 15.247(a)(2)(非FHH)	○	×	×	×
○第49条の20第1号リ	×	○15.247(a)(1)(iii)(FHH)	○	×	×	×

構成員からのご意見

(○：削除可能、×：削除は困難)

- 占有周波数帯幅の許容値で99%の電力が集中する帯域幅が定義されているため、本規定が存在しない場合であっても干渉の及ぼす範囲は定義されていることとなり、影響はほぼないものと考えられる。(標準化団体)
- 現行の無線システムにおいては、拡散帯域幅/拡散率の規定がないことの問題は特になく考えます。(シンクタンク)
- 無線LAN等の黎明期の周波数有効利用の観点からの技術基準と思われる、現時点では不要と考えられる。(登録証明機関)
- 占有周波数帯幅の規定があるので、拡散帯域幅は特に必要ないのではないかと考えます(メーカー)
- × 通信品質の低下及び他局への妨害(メーカー)
- × Bluetoothに関しては、AFH適用時など、全てのチャネルを利用するわけではないため、周波数共用の条件を担保するため削除できないと考える。(メーカー)

アドホックグループの考え方

スペクトル拡散方式を使用する無線設備の拡散帯域幅及び拡散率の技術基準をなくしたとしても、占有周波数帯幅や空中線電力の値は今回見直さないため、他の無線局との周波数の共用条件に変化は生じないことから、**本規定は削除可能である。**

図3 技術基準における拡散帯域幅及び拡散率の見直し

FCC Regulationにおけるスペクトラム拡散方式の規定及び考察

1 あらまし

規定の参考とするため、FCC RegulationのPart15.247の規定を考察した。国際協調の観点からは、日本の場合も、可能な限りこれに準じる規定が望ましい。

なお、本資料の訳文は、(財)機械電子検査検定協会内安全問題研究会発行の、連邦通信委員会(FCC)規則 第15章 無線周波機器 より抜粋させていただいた。

§ 15. 247 902-928MHz, 2400-2500MHz, 及び5725-5850MHz帯域内における運用

(a) 本節の規定に基づく運用は、次の規格を満足する周波数ホッピング及びダイレクト・シーケンス周波数拡散意図放射機器に限られる；

(1) 周波数ホッピングシステムについては、最低25kHz、又はホッピング・チャンネルの20dB帯域幅の、いずれか広い周波数だけ離れているホッピング・チャンネル搬送周波数を持っていること(ア)。このシステムにおいては、ホッピング周波数の擬似無作為抽出順序から得られたシステム・ホッピング率によって選択されたチャンネル周波数でホップすること(イ)。各送信機によって平均的に等しく各周波数を使用しなければならない(ウ)。システム受信機は、それに対応する送信機のホッピング・チャンネル帯域幅に合った入力帯域幅を持ち、送信信号と同期が得られる周波数シフトが行えるものであること(エ)。

(i) 周波数帯域902-928MHzで使用される周波数ホッピング・システムについては、せめて50のホッピング周波数を使用すること(オ)。ホッピング・チャンネルの最大許容されている20dBの帯域幅は500kHzであること(カ)。任意の周波数を占有する平均時間は、20秒の期間において、0.4秒を越えないこと(キ)。

(ii) 周波数帯域2400-2483.5MHz及び5725-5850MHzを使用する周波数ホッピング・システムについては、せめて75のホッピング周波数を使用すること(ク)。ホッピング・チャンネルの最大20dB帯域幅を1MHzとすること(ケ)。任意の周波数を占有する平均時間は、30秒の期間において、0.4秒を越えないこと(コ)。

(a) の(1) に関する考察

(ア) : ホッピングチャンネルの最小間隔の規定であり、図1に示すような送信スペクトルを排除する規定である。与干渉の規制の目的ではなく、通信の品質確保の目的と考えられる。

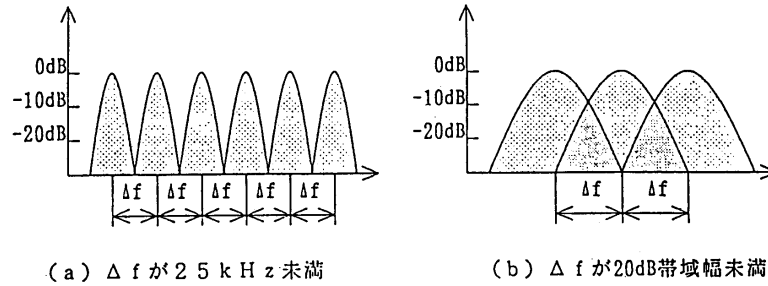


図1 FH方式において認可されない送信スペクトラム

- (イ) ~ (エ) : FH方式への一般的な要求事項である。
- (オ) 及び (ク) : ホッピング周波数の数の下限の規定であり、(ア)の規定と同時に満足するためには、最小の拡散帯域幅は900MHz帯では1.25MHz、2.4GHz帯および5.8GHz帯では1.875MHzとなる。FH方式に対しては、処理利得が規定されていないため、代わりにこの規定を設けているものと考えられる。通信の品質確保と、スペクトラム拡散方式以外の方式との周波数共用を考慮する際には、重要な規定と考えられる。
- (カ) 及び (ケ) : ホッピング・チャンネルの帯域幅の上限の規定であり、(オ)及び(ク)の規定と利用可能な周波数帯幅に関連して決定されていると考えられる。また、この規定は、FH方式における情報信号速度の上限を規制する結果をもたらすことになる。
- (キ) 及び (コ) : 周波数占有時間に関する規定である。FH方式では、瞬時周波数の概念が存在する。したがって、ある瞬間で見ると、空中線電力の総電力の大半が、拡散帯域幅に比べて狭い周波数帯幅に集中する。そこで、他のシステムに対する干渉を抑えるため、任意の周波数を占有する時間の上限の規定が必要となる。米国のように、同一周波数帯をスペクトラム拡散方式以外のシステムと共用する場合には、重要な規定と考えられる。
- (2) ダイレクト・シーケンス・システムについては、最低6dBの帯域幅が少なくとも500kHzであること(サ)。

(a) の(2) に関する考察

- (サ) : (d) の電力密度に関する規定と同じく、他のシステムとの周波数共用を図る上で、狭い周波数帯幅内に電力が集中することを規制する目的と考えられる。
- (b) 送信機の最大ピーク出力電力は、1Wを越えないこと(シ)。6dBi以上の指向性利得の送信アンテナを使用する場合には、そのアンテナの指向性利得が、6dBを越える分

だけその電力をdB値で低減しておくこと（ス）。

(b) に関する考察

(シ) : 総電力に関する規定である。

(ス) : 送信空中線の利得に応じて総電力を低減する規定である。他のシステムに干渉を与え得る距離を一定以下に制限するために必要な規定と考えられる。

(c) これらの周波数帯域の外側における任意の100kHz帯域幅において、拡散シーケンスの変調積、情報シーケンス及び搬送周波数の無線周波電力は、一番高いレベルの希望電力を含む帯域内の任意の100kHz帯域幅内のレベルよりも少なくとも20dB低いか、15.209(a) 項に定める一般レベルのいずれか減衰量が少なくなるほうのレベルを越えないこと（セ）。

(c) に関する考察

(セ) : スプリアス発射の許容値に関する規定であり、要点は次の2点である。

- ①利用可能な周波数帯内での許容値は規定していない。
- ②100kHzで測定された電力密度を基準にしている。

(d) ダイレクト・シーケンス・システムについては、任意に1秒の期間に亘って平均した送信電力密度が、これらの帯域幅内の任意の3kHz帯域幅において8dBmを越えないこと（ソ）。

(d) に関する考察

(ソ) : 電力密度に関する規定であり、図2に示すように、スペクトラムの本数が異状に少なく、局所周波数では電力密度が極めて高くなるようなシステムを排除する狙いと考えられる。これも、(キ)及び(コ)と同様に、スペクトラム拡散方式以外のシステムとの周波数共用を図る上では重要な規定と考えられる。

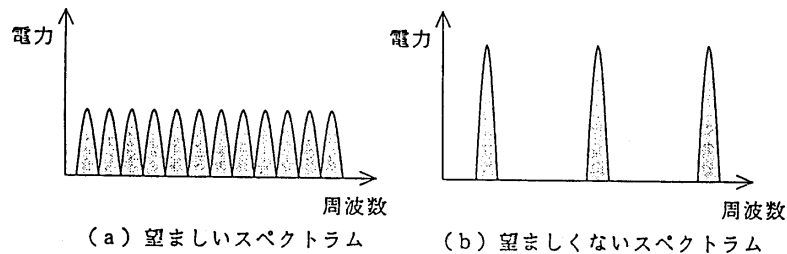


図2 総電力と占有帯域幅が等しく、密度電力が異なる2つのシステムの比較

(e) ダイレクト・シーケンス・システムの処理利得は少なくとも10dBであること（タ）。

処理利得は、受信機の復調出力端で測定した場合の、システムの拡散コードをオフにした状態での信号対雑音比と、システムの拡散コードをオンにした状態での信号対雑音比を dB で表した時の比で決定すること（チ）。

(e) に関する考察

- (タ)：処理利得の下限に関する規定であり、技術的な根拠は不明であるが、スペクトラム拡散方式の良さを発揮する値の下限としては、妥当な値と考えられる。
この規定は、与干渉の規制というよりも、通信の品質を確保するための、システムに要求される規定と考えられる。したがって、国内での認可に際しては、必ずしも強制規格に含める必要は無いと考えられる。
- (チ)：処理利得の定義及び測定方法について規定している。スペクトラム拡散方式の原理を踏まえれば妥当な規定であるが、受信装置の相関処理方式によっては、受信装置の復調出力の S/N の測定が極めて困難な場合が想定される。米国のように、申請者が測定方法の妥当性を立証すれば、規定された方法以外の測定方法によることも可能である場合を除いては、この測定方法の適用は困難と考えられる。

- (f) ダイレクト・シーケンス及び周波数ホッピング変調技術の両方を併用したハイブリッド・システムについては、この複合技術から少なくとも $17dB$ の処理利得を得ること（ツ）。ダイレクト・シーケンスの動作をオフとした状態におけるハイブリッド・システムの周波数ホッピングの動作は、任意の周波数を占有する平均時間が、採用しホッピング周波数の数に 0.4 を掛けた値を秒で表した期間内において、 0.4 秒を越えないこと（テ）。周波数ホッピングの動作をオフとした状態におけるハイブリッド・システムのダイレクト・シーケンスの動作は、本節 (d) 項の電力密度要求事項を満足していること（ト）。

((a)(1)、(b)及び(c)の改正、(d)(e)(f)の追加 1990年8月24日現在)

(f) に関する考察

- (ツ)： DS/FH 方式の処理利得に関して規定している。 $17dB$ は、 FH 方式のホッピング周波数の数の下限の 50 を根拠として、 $10\log_{10}50=17$ により決定されているものと考えられる。
- (テ)： DS/FH 方式の、 FH 方式の部分の周波数占有時間について規定している。より望ましい規定の方法としては、次の電力密度と関連して決定されるべきと考えられる。すなわち、 DS 方式の部分による電力密度の低減が効果的であるほど、周波数占有時間の規定を緩くするような規定方法である。
- (ト)： DS/FH 方式の DS 方式の部分の電力密度について規定している。限りなく FH 方式に近い (DS 方式による処理利得が、 FH 方式のそれに比較して十分に小さい) DS/FH 方式では、満足することが困難な場合が想定される。

欧州におけるスペクトラム拡散方式の認可動向

1 あらまし

C E P T (The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) の Working Group T/WG18による答申 T/R 10-01 (Oslo 1991)

"RELATING TO THE HARMONIZED RADIO FREQUENCY BANDS FOR WIDE BAND TRANSMISSION SYSTEMS USING SPREAD SPECTRUM TECHNOLOGY "

に関して調査した。

2 答申内容

- (1) 無線周波数帯
2400~2500MHz 帯 (この周波数帯で各国の事情により選択)
- (2) 情報信号速度
最小 250 kbps
- (3) 空中線電力の総電力
尖頭電力で 100mW (e. i. r. p.) 以下
- (4) 空中線電力の電力密度
DS方式: 尖頭電力で 10mW/MHz (e. i. r. p.) 以下
FH方式: 100kHzの周波数帯幅での尖頭電力で 100mW (e. i. r. p.) 以下

3 その他

詳細な技術的条件は、E T S I (The Technical Committee of the European Telecommunications Standards Institute) により審議中である。

2.5. 不要発射の強度の許容値

「不要発射の強度の許容値」は、変調時において給電線に供給される周波数ごとの不要発射の平均電力により規定される許容値を定める技術基準であり、欧州や米国で規定されていることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、規定を削除すると帯域外への干渉許容量の上限値を規定しないことを意味し、帯域外システムに対する有害な干渉を与えることが強く懸念される。また、RR(Radio Regulations:無線通信規則)遵守の観点もあるため、本項目は削除することは不可能である(標準化団体)や別システムに対する干渉が懸念されている、他システムへの干渉への懸念(メーカー)のコメントがあった。

議論の結果、本規定の見直しによって隣接する他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

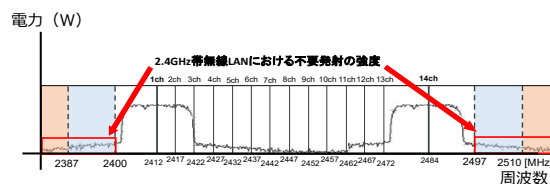
不要発射の強度の許容値

項目の定義

変調時において給電線に供給される周波数ごとの不要発射の平均電力により規定される許容値をいう。ただし、別に定めがあるものについてはこの限りでない。
(無線設備規則別表第三号 1(2))

検討の背景となる答申:

情報通信審議会諮問第2001号 H13.9.25答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○:当該項目の規定があるもの、×:当該項目の規定が無いもの、※:各国の技術基準に委任しているもの)						
日本(総務省)	欧州(ETSI)	米国(FCC)	無線LAN標準規格(IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○第7条 別表第3号第3項 注26	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
	○4.3.1.9.3(FH) 4.3.2.8.3(非FH)	○15.247(d)、15.205(a)、 15.209(a)	※	×	※	※

構成員からのご意見

(○:削除可能、×:削除は困難)

- × 帯域外への干渉許容量の上限値を規定しないことを意味し、帯域外システムに対する有害な干渉を与えることが強く懸念される。また、RR遵守の観点もあるため、本項目は削除することは不可能である。(標準化団体)
- × 主に別システムに対する干渉が懸念されます。(メーカー)
- × 他局への妨害(メーカー)
- × 隣接システムへの干渉(シンクタンク)
- × 技術基準は必須であると考えます。(メーカー)

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、隣接する他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要である。

図4 技術基準における不要発射の強度の許容値の見直し

2.6. 空中線電力

「空中線電力」は、尖頭電力、平均電力、搬送波電力又は規格電力を定める技術基準であり、欧州や米国で規定されていることから、日本独自の基準ではない。

小電力データ通信システムにおける空中線電力に関しては、「無線 LAN システムの技術的条件」（平成3年7月22日諮問第57号）において審議され、平成4年7月27日に答申された「準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の無線 LAN システム及び準ミリ波帯の周波数を利用する無線 LAN システムの技術的条件」の際の電気通信技術審議会無線 LAN システム委員会の報告書（別添抜粋参照）において最初の考え方が示された。

平成3年頃の審議の背景としては、パソコンの普及、各種情報通信機器の出現に伴い、オフィスや工場における LAN の利用形態は多様化しており、オフィスや工場等における情報通信機能をさらに拡充するために、機能性、柔軟性に優れた無線 LAN システムの早期導入への期待が高まっている。そのため無線 LAN システムのうち、プロトコルを規定しない 2.4GHz 帯の周波数を利用する（当時としては）中速無線 LAN システム等の実用化に当たり、日本における無線 LAN システムの利用シーンを踏まえ、かつ周波数の有効利用等に配慮した技術的条件について審議を行ったとされている（図5参照）。

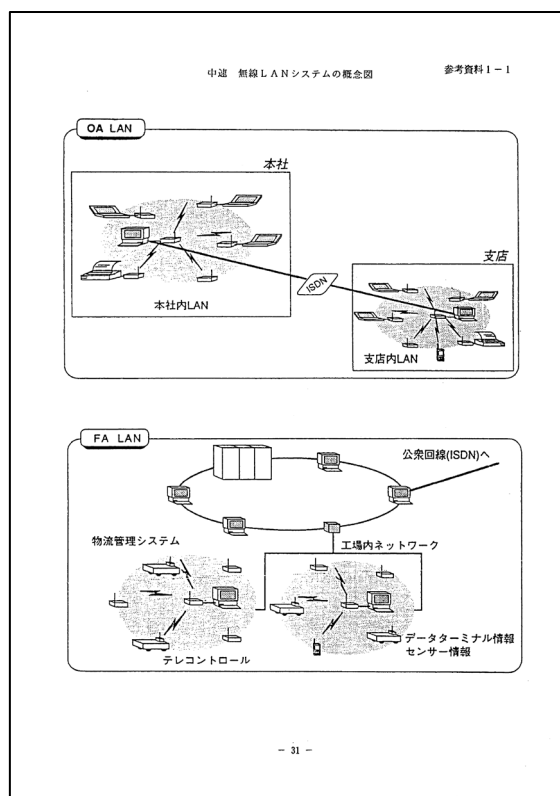


図5 中速無線 LAN システムの概念図（平成4年委員会報告書から抜粋）

また、2.4GHz 帯の ISM バンドを使用することから、電子レンジ、医療用高周波設備等の運用が認可された ISM 機器から漏れ出る不要輻射電力などの干渉電力量の測定や市街地などでの電波雑音調査を実施し、それらの結果から所要空中線電力を詳細に検討した経緯が報告書に残されている。

所要空中線電力の検討

1 あらまし

伝送速度 256 kbps、室内で半径 30 m のサービスエリアを仮定し、参考資料 1 の、干渉電力の総電力の推定結果である、-68.8 dBm を用いて、所要空中線電力の推定を行った。その結果、1 MHz の帯域幅における所要空中線電力として、10 mW が得られた。

2 検討の条件

表 1

パラメータ	シンボル	仮定した条件
周波数	f	2.4 GHz 帯
所要ビット誤り率	E _b	10 ⁻³ 以下
信号伝送速度	R _d	256 kbps
拡散変調方式/情報変調方式		DS/BPSK 及び FH/BFSK
サービスエリア (距離)	d	室内にて 30 m
遅延分散	σ	20 ns (図 1)
拡散帯域幅	B _s	2.6 MHz 程度
距離 d と伝搬損失 Γ の関係		Γ = 40.23 + 20log ₁₀ d (自由空間伝搬)
干渉電力	P _i	-68.8 dBm (2471~2500MHz での電力)
シャドージンマージン	M _{sh}	18.1 dB (図 3)
内部損失マージン	M _{sys}	3 dB
アンテナ利得	G _a	2.14 dBi (送信、受信共)
給電線損失	L _f	1 dB (送信、受信共)

3 所要空中線電力の計算

(1) 遅延分散特性

室内伝搬を仮定した場合の遅延分散特性を図 1 に示す。100 m² 程度の比較的狭い部屋で、壁面の電力反射係数 ρ が 0.64 の場合でも、遅延分散 σ は 20 ns 程度である。

(2) E_b/N₀

ア DS 方式

同期検波の BPSK を仮定し、レイリーフェージング下での、平均誤り率のシミュレーション結果を図 2 に示す。拡散符号速度を 13 Mcps (chips per second) と仮定し、(1) の遅延分散の値から、図 2 の横軸の正規化帯域幅 σ/T は、

$$\begin{aligned} \sigma/T &= 20 \times 10^{-9} / (13 \times 10^6)^{-1} \\ &= 2.6 \times 10^{-1} \quad [\text{s/s}] \end{aligned} \quad (1)$$

となる。したがって、BERを 10^{-3} とした場合の所要の E_b/N_0 は、図2より20dBとなる。

イ FH方式

FH-BFSK (Binary-FSK) を仮定し、レイリーフェージング下で、各周波数に相関が無い場合の誤り率特性を図4に示す。3:2の多数決判定を採用した場合の E_b/N_0 は22dBとなる。次に、(1)の遅延分散が与えられた場合の相関帯域幅 B_{cor} は、

$$\begin{aligned} B_{cor} &= 1/\sigma \\ &= 1/20 \times 10^{-9} \\ &= 50 \quad [\text{MHz}] \end{aligned} \quad (2)$$

となり、50MHz離れた周波数における相関係数 ρ が0.5となる。想定する周波数帯幅は26MHz程度であるので、相関係数は0.9程度と考えた方が良く、図5より E_b/N_0 として27dBを得る。

(3) 干渉を考慮した場合の所要受信電力

参考資料1により、2471~2500MHzでのISM装置からの干渉電力 P_i は95%の信頼度で-68.8dBmと推定される。

したがって、単位周波数あたりの干渉電力 P_{di} は、

$$\begin{aligned} P_{di} &= P_i - 10\log_{10}(2.9 \times 10^6) \\ &= -68.8 - 24.6 \\ &= -143 \quad [\text{dBm/Hz}] \end{aligned} \quad (3)$$

で与えられ、1MHzあたりの所要受信電力 P_{rd} は、式(4)で与えられる。

$$\begin{aligned} P_{rd} &= E_b/N_0 + 10\log_{10}R_d + P_{di} + M_{sh} \\ &\quad + M_{sys} - 10\log_{10}B_s + 50 \quad [\text{dBm}] \end{aligned} \quad (4)$$

$B_s = 26 \times 10^6$ Hzとした場合の計算結果を表2に示す。

表2 干渉を考慮した場合の所要受信電力

変調方式	信号伝送速度 [k b p s]	所要受信電力 P_{rd} [dBm/MHz]
DS/BPSK	9.6	-76.2
	3.2	-71.0
	2.56	-62.0
FH/BFSK	9.6	-69.2
	3.2	-64.0
	2.56	-55.0

- (4) 干渉を考慮した場合の所要空中線電力
 所要空中線電力 P_{td} は、次の式で与えられる。

$$P_{td} = P_{rd} + \Gamma + L_{ft} + L_{fr} - G_{at} - G_{ar} + M_m \quad [\text{dBm}] \quad (5)$$

所要サービスエリアを屋内で 30 m とした場合の伝搬損失 Γ は、

$$\begin{aligned} \Gamma &= 40.23 + 20 \log_{10} 30 \\ &= 69.77 \quad [\text{dB}] \end{aligned} \quad (6)$$

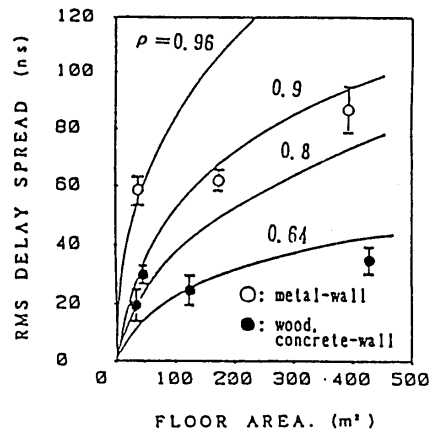
である。 P_{td} の計算結果を表 3 に示す。

表 3 I S M 装置からの干渉を考慮した場合の所要空中線電力

変調方式	信号伝送速度 [k b p s]	所要空中線電力 $P_{td} [\text{dBm}/\text{MHz}]$
D S / B P S K	9.6	-5.7
	32	-0.5
	256	8.5
F H / B F S K	9.6	2.3
	32	6.5
	256	15.5

D S 方式で 256 k b p s の情報伝送速度で、拡散帯域幅を 2.6 MHz と仮定した場合の 1 MHz あたりの所要空中線電力は、8.5 dBm 程度必要である。また、F H 方式の場合は、同条件で 15.5 dBm 程度が必要となる。D S 方式と F H 方式の差は、所要 E_b/N_o の差が 7 dB であることに起因しているが、伝送速度を 72 k b p s とすれば所要 C/N は 5.5 dB 小さくなり、所要空中線電力は 10 dBm となる。

したがって、1 MHz あたりの所要空中線電力は、D S 方式及び F H 方式に対して概ね 10 dBm (10 mW) となる。



床面積と遅延スプレッド
Relation between rms delay spread and floor area.

図 1

IEICE 論文誌 B-Ⅱ Vol. J73-B-Ⅱ
No. 5 pp. 261-264 1990年 5月

正規化帯域幅 (遅延分散) に対する E_b/N_0 特性 (計算値)

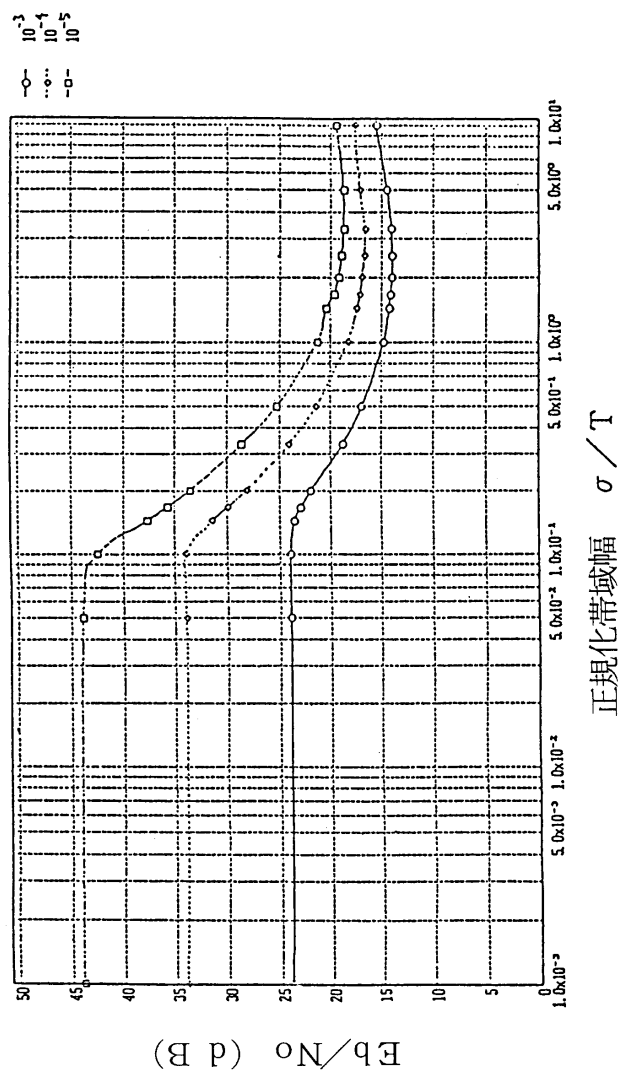


図 2

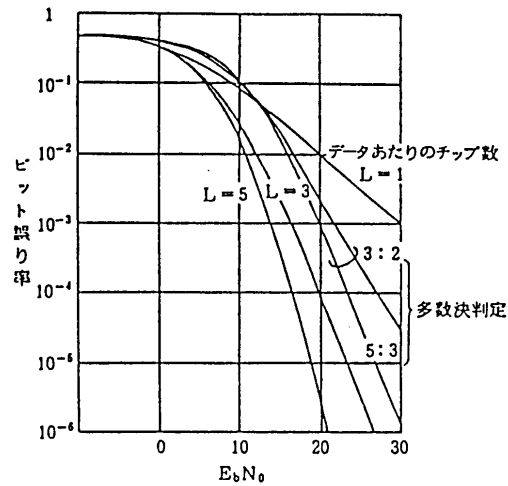
IBICE 信学技報 Vol. 91 No. 509 SST91-45 1992年 3月10日

Shadowing Effects of Common
Factory Equipment (1,300 MHz)

Shadowing Effects of Common Factory Equipment	
Obstacle Description	Attenuation (dB)
2.5 m storage rack with small metal parts (loosely packed)	4-6
4 m metal box storage	10-12
5 m storage rack with paper products (loosely packed)	2-4
5 m storage rack with paper products (tightly packed)	6
5 m storage rack with large metal parts (lightly packed)	20
Typical N/C machine	8-10
Semi-automated Assembly Line	5-7
0.6 m square reinforced concrete pillar	12-14
Stainless Steel Piping for Cook-Cool Process	15
Concrete wall	8-15
Concrete floor	10

☒ 3

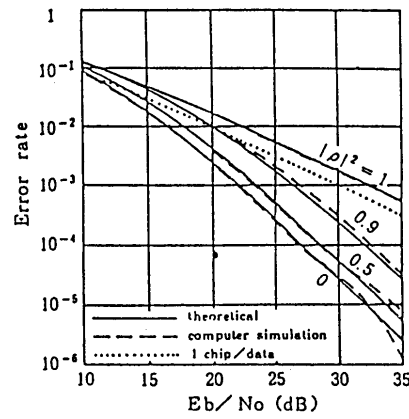
IEEE Commu. Magazine, pp.15-24, May 1989



FH-BFSKの最大比合成による
ビット誤り率²⁾
(レイリーフェージング下)

図 4

電波季 26-139, pp. 659-670, 1980



チップ間相関係数をパラメータとした
3 : 2 多数決判定後のビット誤り率¹⁾

図 5

IEEE Trans. Commun. COM-30-5, pp. 1052-1056, 1982

その後も諸外国の制度見直しや IEEE などの国際規格の動向を踏まえながら、新たな変調方式等の技術の導入にあわせた技術的条件と既存の無線通信システムとの共用条件が平成 11 年、平成 13 年と慎重に審議されてきている。

表 2 欧州における 2.4GHz 帯の出力規定に関する経緯

1990 年 CCIR Question 142/9 Radio Local Area Networks (RLANs)	CCIR(現在の ITU-R)で RLAN の Compatibility Study を含む研究(Question 142/9)開始。
1991 年 CEPT ERC Report1 Harmonization of frequency bands to be designated for radio local area networks (RLANs)	CEPT/ERC(現在の ECC)が、RLAN の周波数の調和に関する報告書を発行。RLAN システムの想定されるカテゴリの 1 つとして、低マイクロ波帯でスペクトラム拡散技術を用いたシステムを提案。
1991 年(1992 年更新) CEPT ERC 勧告 T/R 10-01 Wide Band Data Transmission Systems using Spread-Spectrum Technology in the 2.5 GHz band	2.4GHz 帯の ISM 帯におけるスペクトラム拡散技術による広帯域データ伝送システムの利用が、スペクトラムの可用性、帯域幅、建物の浸透性の観点で最良の手段であると判断。 ・ 周波数帯、免許不要、非干渉/非保護の条件は先行して制度化した米国と整合。 ・ 一方、当時欧州で検討が進んでいた 5GHz 帯及び 17.1~17.3GHz 帯の中・高速通信向け無線 LAN(HIPERLAN)や、RLAN システムとして競合する 1.9GHz 帯の DECT システムとの関係を考慮して、出力の許容値は 20dBm(100mW)と低く抑えられた。
1997 年 ITU-R 勧告 F.1244 Radio Local Area Networks (RLANs)	1990 年の Question 142/9 に対する ITU-R の勧告。 2.4GHz 帯における Compatibility Study に関する情報は含まれなかった。
1997 年 CEPT ERC 勧告 70-03	免許不要の SRD 機器の技術基準、法的枠組み、周波数帯を定めた ERC 勧告 70-03 を採択し、この中に RLAN を組み込み、RLAN を SRD として再定義。(技術基準自体は CEPT ERC 勧告 T/R 10-01 と同じ。)
2000 年 ETSI 要請	ETSI は CEPT ERC に対し、100mW の送信電力で指向性アンテナを使用した場合、500mW までの EIRP を認めるよう現行の規制を変更するよう要請。しかし、ERC は 2.4GHz 帯のさらなる過密の原因となるとしてこの要請に同意せず。
2004 年 CEPT ECC Report 57 (O)RLANs in the Frequency band 2400 - 2483.5 MHz	2.4GHz 帯 RLAN における指向性アンテナの利用による許容値を超えた違法運用について加盟国に注意喚起。 ・ 仮に、7dBi の指向性アンテナを使って EIRP を 500mW に上げた場合、①動作距離が 2 倍となり既存サービスに対する干渉の可能性が高くなる、②周波数帯のノイズレベルが増加するため周波数帯のサービス品質が低下する点を懸念点として挙げている。

表 3 米国における 2.4GHz 帯の出力規定に関する経緯

1981 年 調査告示	FCC がスペクトラム拡散技術の民間利用に関する制度化について意見募集を実施。
1984 年 追加調査告示 立法案告示	上記意見募集を踏まえて、スペクトラム拡散技術の制度化について、以下の 3 つのオプションを提示。 (1)要免許の警察無線サービス向け機器として、47CFR FCC 規則 Part 90(私設陸上移動無線業務)の下で開放 (2)免許不要で 70MHz 超周波数帯における低出力機器として、47CFR FCC 規則 Part 15(意図的放射器)の下で開放 (3) ISM 帯(902-928MHz, 2,400-2,483.5MHz 5,725-5,875MHz)における高出力機器に開放 (上限出力や適用する規則(Part15 または要免許など)についても意見を求めた)
1985 年 報告及び決定	再度の意見募集を踏まえて、上記の 3 つのオプションについて以下のように決定。 (1)採用 (2)撤回(テレビ業界、消費者製品メーカーから TV サービス品質の著しい低下の可能性について懸念が示されたため) (3) 一部方針を変更して採用(最大出力は 1W とし、Part 15 の下で 902-928MHz, 2,400-2,483.5MHz, 5,725-5,850MHz に開放) 1984 年の(3)についての産業界からの反応 ・ 同周波数帯での運用を許可された他のシステムに干渉を与えないという前提での利用に大きな反対はなし。 ・ 出力に関しては、 米国商務省電気通信情報局(NTIA)が上限 10W、GE が上限 7W を提案。 ・ 一方、GE は従来他のシステムからの干渉に対して一定の保護の下で運用されてきた無線通信システムに ISM 帯を開放することに対して一定の懸念も示す。(いずれ ISM 機器からの干渉の保護を求める嘆願が起りかねないという点において) ・ COMSAT が 5,850~5,875MHz の固定衛星サービス(FSS)への干渉の可能性について懸念を示す。 (3)の FCC の決定とその考え方

	<ul style="list-style-type: none"> FCCはGEの懸念を評価し、高出力の通信機器をISM帯に開放することは低出力機器を許可する47CFR FCC規則 Part 15の本来の目的に沿わないとして、方針を転換。出力の上限を1Wまで引き下げた。 他の通信システムに比べれば1Wも十分高いレベルであるが、エネルギーが広帯域に拡散することで1Wの出力は正当化され、他の許可されたユーザと干渉する可能性は小さいとの考えを示した。 COMSATのコメントを受けて、5,850-5,875MHzは除外。
1989年 立法案告示	<p>1985年の制度化以降、FCCに産業界から多くの問い合わせ・嘆願が寄せられたことを踏まえて複数の規則改正を提案。</p> <p>直接拡散(DS)方式に関して、パワーを広帯域に均一に拡散させるための要件として、以下の2つのオプションを示す。</p> <p>(1)最小拡散符号長127bitの規定 (2)パワースペクトル密度の規定</p>
1990年 報告及び決定	<p>産業界からの反応</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)に対する賛同は得られず、一方、よりシンプルな規定である(2)については一定の賛同を得た。 <p>FCCの決定とその考え方</p> <ul style="list-style-type: none"> 最大RF出力電力の1Wが最低帯域幅の500kHzに均一に拡散と想定し8dBm/3kHzのパワースペクトル密度規定を追加。 <p>また、産業界から指向性アンテナの利用を認める代わりに利得分を出力の許容値を減じることを提案されたことを受けて、 アンテナ利得の上限を6dBiとし、6dBi以上の場合、その超過分に応じて出力が制限される規定を追加。</p>
1999年 立法案告示 2000年 報告及び決定	<p>周波数ホッピング方式について、干渉のリスクを増やすことなく技術の柔軟性を与えるため、 (1)1MHz超5MHz以下の帯域幅(合計75MHz幅で最低15のホッピングch使用)の場合、出力を125mWに引き下げ。</p> <p>※産業界からの意見を踏まえ、2002年決定で帯域幅5MHz以下、最低15以上のホッピングch使用の場合と条件明確化。</p>
2001年 追加調査告示	<p>さらに、様々なデジタル変調技術が登場していることを踏まえ、これらの技術の制度上の扱いについて意見募集。</p> <p>(2)スペクトラム拡散技術向けの47CFR FCC規則 Part 15.247のDS方式に新しいデジタル変調技術を含める</p> <p>(3)これらの技術に対しても既存の出力規定(RF出力電力1W、パワースペクトラム密度8dBm/3kHz)を適用すべきか</p>
2002年 第2次 報告及び決定	<p>産業界からの反応</p> <ul style="list-style-type: none"> (2)新しいデジタル変調技術を47CFR FCC規則 Part 15.247に含めることについては、産業界も概ね賛同。 一方、(3)既存の出力規定の適用については、他システムへの干渉の可能性の有無について産業界からの意見が分かれた。 <p>FCCの決定とその考え方</p> <ul style="list-style-type: none"> 新しいデジタル変調技術も47CFR FCC規則 Part 15.247に含める。 新しいデジタル変調技術に対しても既存の出力規定(RF出力電力1W、パワースペクトラム密度8dBm/3kHz)を適用。 <ul style="list-style-type: none"> デジタル変調機器の動作が非効率、高い電力レベルで動作をして干渉を引き起こす、という一部の意見には根拠がない。 既存のDS方式のシステムも、実際には許容値よりも低い出力で動作していることが多い。(屋内利用では伝送距離が短い、バッテリー寿命を長くするため、人体防護の許容値を満たすため等の理由により)

※:Docket No.81-413*(1981-1985年)
 ※※:Docket No. 89-354(1989-2002年)
 ※※※:Docket No. 99-231(1999年-2002年)

本項目について構成員へのアンケートの結果では、規定を削除すると同一周波数帯及び隣接周波数帯システムに対する与干渉量に上限を設けないことを意味するため、規定は必ず必要と考える。また、出力の上限を上げた場合に、従前の無線機の与干渉増大・チャンネルアクセス機会の減少といった弊害が懸念される(標準化団体)、エリアの有効活用に影響が出る、到達距離が広がりすぎて近隣エリアに影響する、与干渉距離に影響が出る(メーカー)などの意見があった。

議論の結果、見直しによって他システムへ有害な干渉を与える恐れがあることから本規定は必要であるとの結論とした。

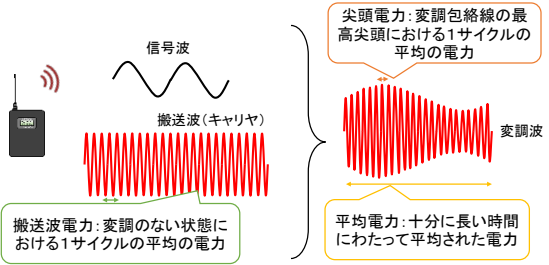
空中線電力

項目の定義

尖頭電力、平均電力、搬送波電力又は規格電力をいう。
(電波法施行規則第2条第1項第68号)

検討の背景となる答申：

情報通信審議会諮問第2014号 H18.12.21一部答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本(総務省)	欧州(ETSI)	米国(FCC)	無線LAN標準規格(IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
○第49条の20第1号ホ	○4.3.1.2.3(FH) 4.3.2.2.3(非FH)	○15.247(b)(3)、15.247(e)	※	×	※	○

構成員からのご意見

(○：削除可能、×：削除は困難)

- × 同一周波数帯および隣接周波数帯システムに対する与干渉量に上限を設けないことを意味するため、規定は必ず必要と考える。
また、出力の上限を上げた場合に、従前の無線機の与干渉増大・チャンネルアクセス機会の減少といった弊害が懸念される。(標準化団体)
- × 同一システムの他チャンネルに対する影響が懸念されます。(メーカー)
- × 通信品質の低下及び他局への妨害(メーカー)
- × 共用・隣接システムへの干渉、電波防護指針への不適合機器(シンクタンク)
- × エリアの有効活用に影響が出る(到達距離が広がりすぎて近隣エリアに影響する)、与干渉距離に影響が出る(メーカー)

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため、**本規定は必要である。**

図6 技術基準における空中線電力の見直し

2.7. 空中線電力の許容偏差

「空中線電力の許容偏差」は、指定された空中線電力からの許容することが出来る最大の偏差をいい、IEEE 802.11で規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果、上限値の制限が無いと、干渉レベルが極端に高くなる事象を許容することとなり、他の無線局との共存運用に悪影響を与えることが懸念される（標準化団体）、下限値については、与干渉レベルの下限値を設定しないことを意味するため、共存の観点からは特段のデメリットはないと考えられる（標準化団体）、空中線電力の基準がない事になる、エリアの有効活用に影響が出る、与干渉距離に影響が出る（メーカー）、許容偏差の下限を撤廃すれば、より柔軟な運用が可能になると考えられる（登録証明機関）などの意見があった。

議論の結果、上限については同一システムや他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため、本規定は必要であり、下限については、同一システムや他システムへの有害な干渉を与える恐れは低いと考えられるため、本規定の削除は可能であるとの結論とした。

空中線電力の許容偏差

項目の定義

指定された空中線電力からの許容することが出来る最大の偏差をいう。

検討の背景となる答申：電気通信技術審議会諮問第57号 H4.7.27一部答申

各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本（総務省）	欧州（ETSI）	米国（FCC）	無線LAN 標準規格（IEEE）	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○第14条	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
	×	×	○	×	×	×

構成員からのご意見 (○：削除可能、×：削除は困難)

- × 上限値の制限が無いと、干渉レベルが極端に高くなる事象を許容することとなり、他の無線局との共存運用に悪影響を与えることが懸念される。（標準化団体）
- × 上限：共用・隣接システムへの影響、下限：通信品質への影響（シンクタンク）
- × 空中線電力の基準がない事になる。エリアの有効活用に影響が出る。与干渉距離に影響が出る。（メーカー）
- × 上限撤廃は他システムへの混信妨害を与える可能性がある（メーカー）
- 許容偏差の下限を撤廃すれば、より柔軟な運用が可能になると考えられる。（登録証明機関）
- 下限撤廃による影響はないものと考えている。（メーカー）
- 下限値については、与干渉レベルの下限値を設定しないことを意味するため、共存の観点からは特段のデメリットはないと考えられる。（標準化団体）

(例)

アドホックグループの考え方

上限：
本規定の見直しによって、他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため
本規定は必要である。

下限：
本検討の対象システムにおいては、同一システムや他のシステムへの有害な干渉を与える恐れは低いと考えられるため
本規定の削除は可能である。

図7 技術基準における空中線電力の許容偏差の見直し

2.8. 周波数滞留時間

「周波数滞留時間」は、特定の周波数において電波を発射し続けることのできる時間を規定する技術基準であり、米国や IEEE 802.11 において規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、滞留時間を規定しない場合には、ある周波数に事実上永続的に電波を送信し続けることが可能となるため、同一周波数を用いる他システムのチャンネルアクセス機会が排除され、共存に悪影響を及ぼすことが懸念される（標準化団体）、他システムへの混信妨害を与える可能性があり、キャリアセンスをしない無線局が長時間滞留すると悪影響を及ぼす可能性がある（メーカー）などの意見があった。

議論の結果、同一システムへの有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

周波数滞留時間



図8 技術基準における周波数滞留時間の見直し

2.9. 空中線の絶対利得

「空中線の絶対利得」は、基準空中線が空間に隔離された等方性空中線であるときの与えられた方向における空中線の利得を規定する技術基準であり、米国においても規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、同一帯域あるいは隣接帯域のシステムの無線機に過大な干渉を与えることが懸念される、極度に高い電力が入力された無線機について、過入力で機器が破壊されるリスクもある（「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班」において、同様の指摘がされている。）（標準化団体）、到達距離が広がりすぎて近隣エリアに影響する（メーカー）などの意見があった。議論の結果、同一システムへの有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

また、この際、空中線利得が低いシステムの接続性やスループットを改善するため、空中線利得の低下分については、空中線電力を増加することを許容する規定の見直し提案が構成員からあった。この見直しは、欧州が空中線電力と空中線利得を合わせた等価等方輻射電力(EIRP)により技術基準を規定し、認証試験を実施していることから、日本の登録証明機関が欧州の規定に基づく試験データを受入れやすくかつ合否の判定を可能にすることに資するものとする。さらに、空中線利得の低下分を空中線電力により補うことができれば、無線 LAN 等の通信距離が通常用いられる空中線と同等の距離を確保できることから国民の利便性の向上にも資するものである。一方で、低利得の空中線を利用すると、キャリアセンスのしきい値が高くなり、近くで利用する他の無線 LAN 等の電波の発射状況を確認できない事象が発生し、干渉の確率が高くなることなどが懸念されるとの意見が出された。議論の結果、利得の低下分を空中線電力の増力により補う無線 LAN はキャリアセンス機能の具備を条件とすることとし、Bluetooth (Classic, Low Energy) は、周波数ホッピングもしくは送信時間率による干渉回避機能を具備していることにより、他の無線 LAN 等の運用を阻害するような混信等の妨害を与える可能性を抑えることが可能と判断し、増力して補うことは可能と整理された。また、キャリアセンスのしきい値、空中線利得の下限値及び空中線電力により補うことができる上限値（図9は無線 LAN の一例）は、必要に応じて民間規格等で引き続き検討するとされた。これらを踏まえた議論により、空中線利得の低下分について空中線電力の増加により補うことができるよう技術基準の見直しをすることが適当との結論とした。

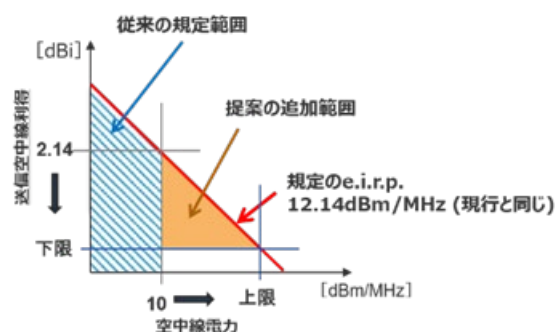


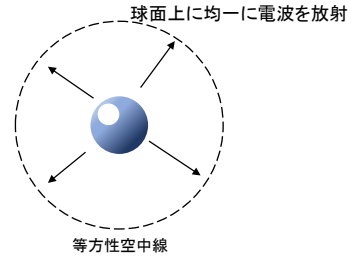
図9 低利得アンテナの利用時における空中線電力について

空中線の絶対利得

項目の定義

基準空中線が空間に隔離された等方性空中線であるときの
与えられた方向における空中線の利得をいう。
(電波法施行規則第2条第1項第75号)

検討の背景となる答申：情報通信審議会諮問第2001号 H13.9.25答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本 (総務省)	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	無線LAN 標準規格 (IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格 (IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。))	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○第49条の20第1号へ(1)	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11			
	×	○15.203、15.247(b)(4)、15.247(c)	×	×	×	※

構成員からのご意見

(○：削除可能、×：削除は困難)

- × 同一帯域あるいは隣接帯域のシステムの無線機に過大な干渉を与えることが懸念される。
極度に高い電力が入力された無線機について、過入力で機器が破壊されるリスクもある(「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班」において、同様の指摘がされている)。(標準化団体)
- × 同一システムの他チャンネルに対する影響が懸念されます。(メーカー)
- × 指向性アンテナの使用による共用・隣接システムへの干渉(シンクタンク)
- × 到達距離が広がりすぎて近隣エリアに影響する(メーカー)

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、同一システムや隣接する他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため**本規定は必要である**。
また、この際、空中線利得が低いシステムの接続性やスループットを改善するため、空中線電力の低下分を空中線電力の増加により補う**見直しをすることが適当である**。

図 10 技術基準における空中線の絶対利得の見直し

2. 10. 水平面の主輻射の角度幅

「水平面の主輻射の角度幅」は、最大輻射の方向における輻射電力との差が最大3デシベルである全角度を規定する技術基準であり、欧州や米国、IEEE 802.11やBluetooth SIGにおいて規定されていないことから、日本独自の基準となっている。

本基準は、小電力データ通信システムにおける高指向性アンテナの利用のため「2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」（平成13年3月28日諮問第2001号）において審議されているところ、平成13年9月25日に答申された際の情報通信審議会情報通信技術分科会2.4GHz帯高度化方策委員会の報告書（別添抜粋参照）等を踏まえ、本基準の見直し可能性等について検討する。平成13年頃の審議の背景としては、パソコンの低価格化に伴うOA（Office Automation）以外でのパソコンの使用が増加し、SA（Service Automation）、FA（Factory Automation）システムがIC（Integrated Circuit）技術の急速な普及とともに高度化し、扱うデータ量も増大していたこと、商業における店舗管理用POS（Point Of Sales）システムへの導入、市街地などで有線による回線工事が困難な場所の無線回線利用、携帯情報端末用Bluetoothや情報家電用Home RF（Home Radio Frequency、当時はSWAP（Shared Wireless Access Protocol）と呼ばれていた。）など、これらの活用の広がりにより比較的lowコストで大容量データを集計管理するシステムが実現可能となったことから、インフラとして大容量データ伝送用無線機器に対するニーズが急速に高まったことがある。

特に、2.4GHz帯を使用する小電力データ通信システムは、微弱無線設備を除く2.5GHz以下で唯一の免許不要の小電力無線システムであり、経済的に高速伝送無線回線（IEEE 802.11bでは11Mbpsという当時としては画期的なスピードであった）を構築することができたことから、屋内有線LANの置き換えだけでなく、屋外でのISP（Internet Service Provider）事業のアクセス回線（いわゆるラスト1マイル）としての利用や、地域情報化システムにおける拠点間通信としての利用が進められた（図11参照）。

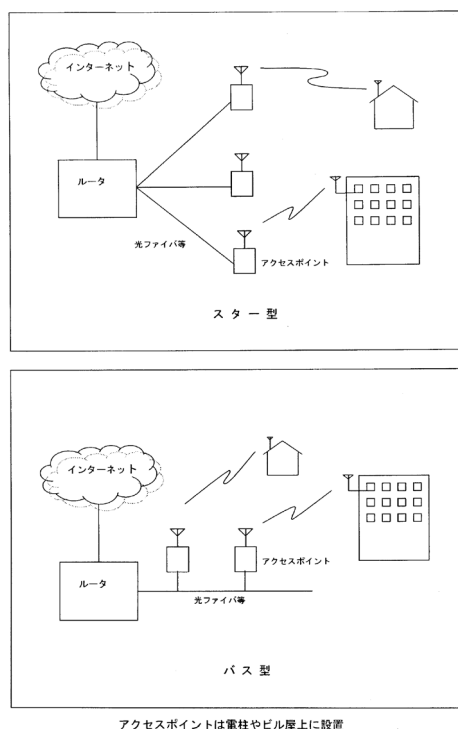


図 11 ラストワンマイルの活用例（平成 13 年委員会報告から抜粋）

屋内無線 LAN における通信エリアは、半径数十 m 程度であったが、ISP 事業ではエリア内に含まれる加入者数との関係から半径数百 m 以上 (P-MP: Point to Multi-Point) が望まれており、地域情報化システムにおいては数 km 以上 (P-P: Point to Point) の通信距離が望まれていた。とくに、過疎地や離島間通信における数 km を越える通信距離の要望があり、この実現の手段として、高指向性アンテナが有効であると考えられた。

また、2.4GHz 帯は無線 LAN 以外にも ISM 機器や移動体識別用無線など多くの電波利用機器が運用されており、それらとの周波数の共用、干渉回避の手段は必須であり、その一つの有効な方法としてアンテナ指向性による空間的分離が提案された。しかしながら、当時の電波法では利得が 2.14dBi を越えるアンテナを使用する場合、空中線電力を低減した無線装置を用いるか、アッテネータの挿入や給電線の延長等によって EIRP を抑制する必要がある。

このような背景から、高指向性アンテナを導入した場合の技術的条件が審議され、導入に当たってはアンテナ利得に応じて水平面の主輻射の角度幅により規制することで与干渉面積の増加を抑制できるので技術基準として規定された。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、この規定が存在しないと EIRP が高い機器とそうでない機器との間のチャンネルアクセスにおいて不公平性が生じる懸念がある（標準化団体）、無指向性アンテナの使用時の与干渉範囲の拡大（シンクタンク）などの意見があった。

また、現在においても、高利得アンテナの利用は、低価格でネットワーク構築ができる手段のひとつであり、その需要はある。

これらの状況に鑑み、議論の結果、水平面の主輻射の角度幅の技術基準は、日本独自の規定ではあるが、国民の利便性や小電力データ通信システムの公平な利用機会の

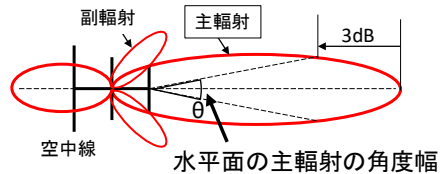
確保、角度幅の値がないと干渉範囲が拡大し他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

水平面の主輻射の角度幅

項目の定義

その方向における輻射電力と最大輻射電力の方向における輻射電力との差が最大三デシベルであるすべての方向を含む全角度をいい、度でこれを示す。
(電波法施行規則第2条第1項第79号)

検討の背景となる答申：
情報通信審議会諮問第2001号 H13.9.25答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本 (総務省)	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	無線LAN 標準規格 (IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○第49条の29第1号へ(2)	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
	×	×	×	×	×	×

構成員からのご意見 (○：削除可能、×：削除は困難)

- × 本規定により、EIRPの拡大の大小としての指向性エリアが狭くなることで面的な干渉量を抑制しているため、この規定が存在しないとEIRPが高い機器とそうでない機器との間のチャンネルアクセスにおいて不公平が生じる懸念がある。(標準化団体)
- × 同一システムの他チャンネルに対する影響が懸念されます。(メーカー)
- × 通信品質の低下及び他局への妨害 (メーカー)
- × 無指向性アンテナの使用時の干渉範囲の拡大 (シンクタンク)
- × 技術基準は必須であると考えます。(メーカー)
- × 他システムへの混信妨害を与える可能性がある。(メーカー)

アドホックグループの考え方

本規定は我が国独自のものであるが、国民の利便性を確保しつつ規定をなくすことにより干渉範囲が拡大し他のシステムへの有害な干渉を与える恐れがあるため必要である。

図 12 技術基準における水平面の主輻射の角度幅の見直し

3 小電力データ通信システムにおける高指向性アンテナの利用

3.1 背景

2.4GHz帯を使用する小電力データ通信システムは、免許不要であり、経済的に高速伝送無線回線を構築することができる。そのため、屋内有線LANの置き換えだけでなく、屋外でのISP(Internet Service Provider)事業のアクセス回線(いわゆるラスト1マイル)としての利用や、地域情報化システムにおける拠点間通信としての利用が進んでいる。

屋内無線LANにおける通信エリアは半径数十m程度であったが、ISP事業ではエリア内に含まれる加入者数との関係から半径数百m以上(P-MP)が望まれており、地域情報化システムにおいては数km以上(P-P)の通信距離が望まれている。とくに、過疎地や離島間通信では数kmを越える通信距離の需要は少なくない。これら長距離の通信を実現する手段として、高指向性アンテナは有効であると考えられる。

また、2.4GHz帯は無線LAN以外にも多くの電波利用機器が運用されており、種々の干渉回避の手段を用意することが望ましい。その一つの有効な方法としてアンテナ指向性による空間的分離がある。しかしながら、現行法では利得が2.14dBiを越えるアンテナを使用する場合、空中線電力を低減した無線装置を用いるか、アッテネータの挿入や給電線の延長等によってEIRPを抑制する必要がある、利得条件の緩和が期待されているところである。

3.2 海外での動向

欧米での無線LANの規格は、日米欧とも電力及びアンテナ利得以外に顕著な違いはない。電力及びアンテナ利得について、日米欧の比較を表2.1にまとめた。米国では屋外の固定通信用としての使用も含めて規定しており、その場合には利得の高いアンテナの使用が可能となっている。

	日本	米国(FCC)	欧州(ETSI)
空中線電力の規定	・DS、FH及び複合 10mW/MHz (2427-2470.75MHzでFH及び複合を使用の場合は、3mW/MHz) ・その他 10mW	1W	規定はない。 (EIRP=100mWで規定)
アンテナ利得	2.14dBi以下 ただし、電力を下げれば等価的に利得の高いアンテナの利用も可	6dBi以下 ただし、電力を下げれば等価的に利得の高いアンテナの利用も可(固定通信用として使用する時は等価以上の高利得のものが使用できる。)	規定はない。 (EIRP=100mWで規定)

表 2.1 無線LANに関する規定の日米欧比較

3.3 等価等方輻射電力(EIRP)の検討

以下の理由から現行より10dB程度の増加が期待されている。

(1) 面的セル配置時の補完

面的セル配置によってサービスエリアを構成する場合に、建造物などの障害物により、加入者局が最寄りの基地局から見通せないことがある。

図2.3を例にとると、ベランダ等アンテナを設置する場所が限られている場合、伝搬路A上に遮蔽物が存在しているとすると、基地局にアクセスするために例えば伝搬路Bを選択することになる。セル半径を r とすれば、伝搬路A、Bの狭角 $\theta \approx 0$ のとき、伝搬路Bの長さは $L = 3r$ (最大値)となる。この通信距離の増加は、EIRPに換算すると約10dBの増加となる。

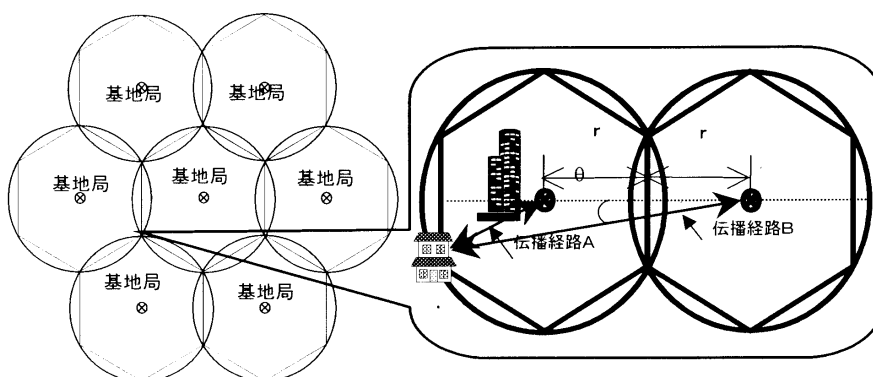


図 2.3 基地局配置と伝播経路

(2) アンテナの経済性

無線LANシステムの端末局にはパッチアンテナあるいは3～8素子の八木アンテナが使用されることが多い。パッチアンテナ(1素子)の利得は9dBi程度、8素子八木アンテナの利得は12dBi程度であるので、EIRPの制限を現行より10dB程度大きくすればアッテネータ等を挿入することなくこれらのアンテナを接続することができ、システムの構築が経済的に行える。

(3) 今後想定される伝送速度

現行無線LANの伝送速度はほとんどが11Mbps以下であるが、動画伝送などコンテンツ容量の増大により、さらなる高速化が期待されている。例えば、IEEE802.11gにおいてはOFDM方式で最大伝送速度54Mbpsの標準化検討が進められており、これらが実用化された場合に、同等のセル半径(P-MP)あるいは通信距離(P-P)を確保するには9dB程度の利得増加が必要となる。(IEEE802.11a方式の伝送速度はデータ速度で最大54Mbpsのものが規定され、無線区間の伝送速度は最大90Mbpsとなつ

ている。11MbpsSS方式(IEEE802.11b)の無線伝送速度は11Mbpsであるので、EIRPを約9dB(=10×log90/11)増加すればビットあたりのエネルギーが同一になり、同一の通信距離を確保できることになる。)

3.4 共用条件について

2.4GHz帯を用いるシステム間の共用条件については、電気通信審議会「準マイクロ波帯を使用する無線LANの高度化のための技術的条件」において詳細に検討され、それをもとに空中線利得は2.14dBi(ダイポールアンテナの絶対利得に等しい値)以下、空中線電力は10mW/MHz(一部3mW/MHz)以下との現行の規定が定められた。新たに利得の高いアンテナを導入してEIRPを増加させる場合、干渉を与える面積がダイポールアンテナと同等以下であれば、周波数共用条件については現行のものから大きな相違は生じないものと考えられる。

与干渉面積を一定に保つには、ダイポールアンテナが水平面無指向性であることを考えると、アンテナの水平面のビーム角度をアンテナ利得に応じて規制する方法がある(参考資料3)。以下に概要をしめす。

与干渉面積の理論値は、下図のように電力束密度が等方向アンテナ(理想アンテナ)と等しい円錐状ビームを仮定し、地表面への投影面積を計算した。与干渉距離は2乗則(自由空間)を採用する。

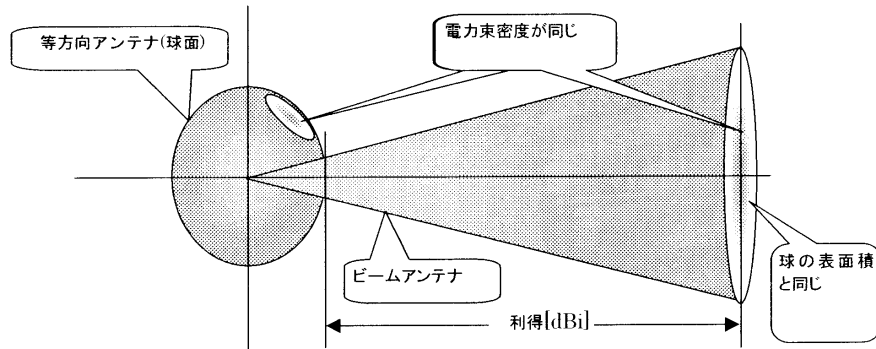


図 2.4 与干渉面積計算の概念図

この場合、円錐形ビームアンテナの地表面投影面積と、ダイポールアンテナの地表面投影面積の比Aは、次の式で計算できる。

$$(式1) \quad A = L^2 \times \theta / 360$$

L:ダイポールアンテナとの与干渉距離比

θ:ビーム角(半値幅に相当)

ダイポールアンテナとの与干渉距離比Lは、2乗則によるとすれば、次の式で計算

できる。

$$(式2) L = 10^{\frac{(G-2.14)}{20}}$$

G: 絶対利得[dBi]

ここで、ダイポールアンテナとの投影面積比を1以下とした場合、 θ とGの関係は次の式3で表される。

$$(式3) 1 \geq 10^{\frac{(G-2.14)}{10}} \times \theta / 360$$

書き直すと

$$(式4) \theta \leq 360 / 10^{\frac{(G-2.14)}{10}}$$

となる。たとえば、利得12.14dBiのアンテナのときは、ビーム角(半値幅)が36度以下であれば、与干渉面積がダイポール比で1以下となる。

以上の検討から、高指向性アンテナの導入に当たっては、アンテナ利得に応じて半値角を規制することによって与干渉面積の増加を抑制できるものと考えられる。

3.5 高指向性アンテナの運用にあたっての考え方

高指向性アンテナには通信路確保や干渉低減等のメリットがある一方で、これまで検討してきた共用条件の考え方にそぐわない使用方法もありうる。メリットを発揮するには、使用するアンテナが適正に通信の相手方を向いていることや、被干渉局を極力少なくすることが必要であるが、逆に使用方法が不適切な場合には、干渉低減に寄与しないことも考えられる。このため、高指向性アンテナの導入にあたっては、適切な使用方法や注意事項等を整理し、それらを使用者に適切に知らせることが必要である。

共用条件の考え方にそぐわない例としては、

- ・ 電氣的、機械的または手動により指向性を変化させ、通信の相手方を切り替えて使用する場合に、指向方向の正確な調整が困難なアンテナを用いること
- ・ 一箇所を中心にしてP-P通信路を多方向に配置するセクタアンテナ的使用を、特に屋外で行うこと

などが挙げられ、このような使用は望ましくない。

以上検討を行ってきたように、高指向性アンテナの導入に当たっては、技術面及び運用面の双方において配慮を行う必要がある。さらに、2.4GHz帯を用いる小電力データ通信システムは、免許を要しない無線局として、アマチュア局や移動体識別システム等の他の無線局に対してそれらの運用を阻害するような混信を与えないように運用されるものとの規定がされている。したがって、民間レベルでガイドライン等の運用ルールを定め、啓発活動を促進する等によって、混信回避をより確実なものとするのが望まれるとともに、万一混信またはその他の障害が生じた際には、混信の回避に向けて関係者が協調して対応することが望ましい。

指向性アンテナの利得とビーム角度の規定についての技術的検討

1 与干渉面積を用いた共用条件の考え方

無線LANや移動体識別装置などの2.4GHz帯無線装置の地表面における分布はランダムと仮定する。あるD/U以上の強度をもつ領域を地表面に投影した面積がダイポールアンテナと同等であれば、下記のように被干渉局数はこれまでと同等になると考えられる。

○無線LANから周辺局への干渉

被干渉局が下図のようにランダムに分布する場合は、与干渉面積が同じであれば有害な干渉を受ける無線局数は確率的に同等である。

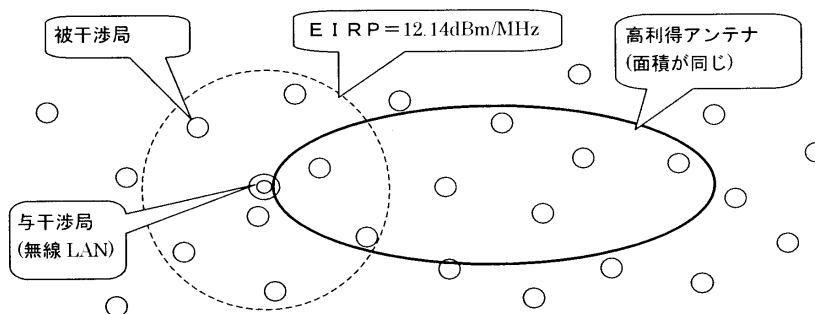


図1 無線LANから周辺局への干渉

なお、面的セル配置の無線LANシステムの中に小数の被干渉局がランダムに分布する場合は、位置によって干渉が増加する場合と減少する場合があります。広いエリアで見れば、確率的には同等である。また、アンテナの指向性をあげることにより、干渉・障害の回避が可能となる場合もある。

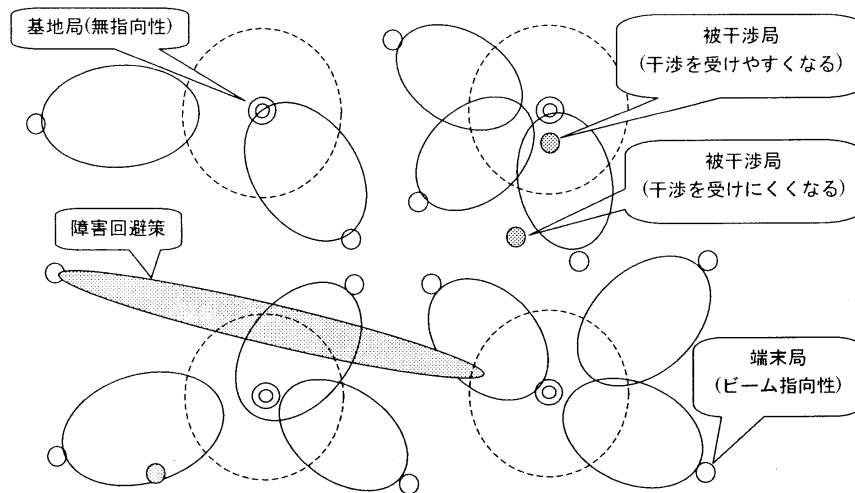


図2 面的セル配置の中の少数の被干渉局

2 与干渉面積の検討方法

ビーム形状を円錐形として、水平面への投影面積を計算すると表1のようになる(計算条件は次節で述べる)。表2は、一般に広く用いられている八木アンテナを例に取り、そのパターン図から与干渉面積比(ダイポール比)を計算したものである。ビーム角と半値角を対応させれば、各項目の数値は概ね一致しており、円錐形ビームで理論値を検討するのは妥当であると言える。

表1 円錐ビームのアンテナ利得と与干渉面積(理論値)

ビーム角[度]	—	180	120	83	58	41	29	20	14	10
利得[dBi]	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
与干渉面積比	0.63	0.62	0.83	1.15	1.60	2.25	3.17	4.47	6.31	8.92

表2 八木アンテナの利得と与干渉面積(パターン図から積算)

アンテナ	基準	八木A	八木B	八木C	八木D	八木E	八木F	八木G
半値角[度]	—	148	120	53	39	37	30	26
利得[dBi]	2.14	5.5	6.6	11.7	13.6	14.2	15.58	17
与干渉面積比	1	0.95	0.97	1.41	1.64	1.76	2.07	2.31

3 与干渉面積の計算条件

与干渉面積の理論値は、下図のように電力束密度が等方向アンテナ(理想アンテナ)と等しい円錐状ビームを仮定し、地表面への投影面積を計算した。与干渉距離は2乗則(自由空間)を採用した。

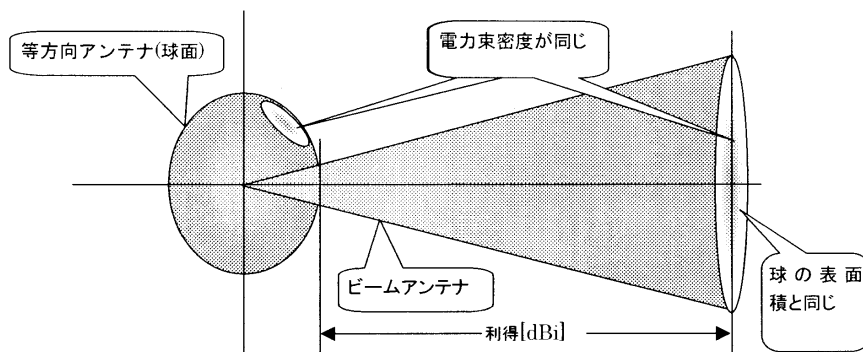


図3 与干渉面積計算の概念図

4 与干渉面積の規定方法

円錐形ビームアンテナの地表面投影面積と、ダイポールアンテナの地表面投影面積の比Aは、次の式で計算できる。

$$(式1) \quad A = L^2 \times \theta / 360$$

L : ダイポールアンテナとの与干渉距離比

θ : ビーム角 (半値幅に相当)

ダイポールアンテナとの与干渉距離比Lは、2乗則によるとすれば、次の式で計算できる。

$$(式2) \quad L = 10^{((G-2.14)/20)}$$

G : 絶対利得[dBi]

ここで、ダイポールアンテナとの投影面積比を1以下とした場合、 θ とGの関係は次の式3で表される。

$$(式3) \quad 1 \geq 10^{((G-2.14)/10)} \times \theta / 360$$

書き直すと

$$(式4) \quad \theta \leq 360 / 10^{((G-2.14)/10)}$$

となる。

たとえば、利得12.14dBiのアンテナのときは、ビーム角(半値幅)が36度以下であれば、与干渉面積がダイポール比で1以下となる。面積比を1とした場合の、円錐ビームアンテナの利得と式4から算出される規制角度の関係を表3、図4にしめす。

また、参考として、八木アンテナの場合に、給電線損失等でアンテナ利得を調節することによって与干渉面積(ダイポール比)を1とした例を表4、図4に示す。これらのアンテナが式4の関係をよく満たすことから、高利得アンテナを導入する際に半値角制限を課すことによって、与干渉面積をほぼ保つことが実際に可能であることがわかる。参考に、図5に、規制の有無による八木アンテナのビーム範囲の違いを示した。

表3 規制アンテナの利得と与干渉面積（ビームアンテナ理論値）

利得[dBi]	6	9	12	15
旧ビーム角[度]	120	83	58	41
規制ビーム角[度]	148	74.18	37.18	18.63
与干渉面積比	1	1	1	1

表4 規制アンテナの利得と与干渉面積（八木アンテナ）

アンテナ種類	基準	八木A	八木B	八木C	八木D	八木E	八木F	八木G
旧利得[dBi]	2.14	5.5	6.6	11.7	13.6	14.2	15.58	17
調節後利得[dBi]	—	5.7	6.73	10.25	11.44	11.78	12.65	13.37
半値角[度]	—	148	120	53	39	37	30	26
与干渉面積比	1	1	1	1	1	1	1	1

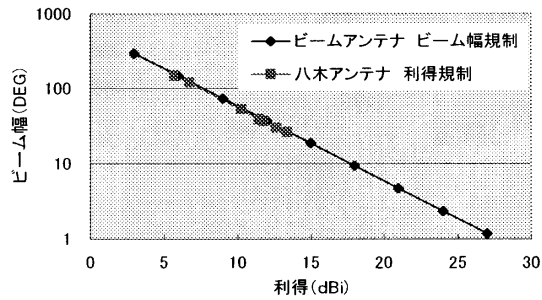
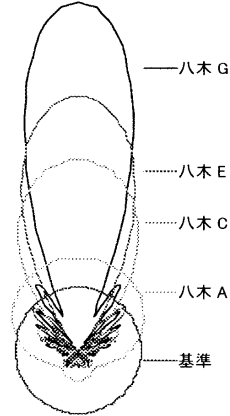


図4 アンテナ利得とビーム角

規制のない場合



与干渉面積比1の場合

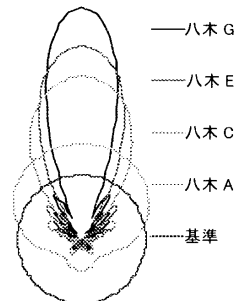


図5 八木アンテナのビームパターン図

なお、ここではアンテナの絶対利得を用いて議論したが、EIRPで考えると以下ようになる。EIRPの基準値を、絶対利得2.14dBiのアンテナに規定の空中線電力を加えた値として、その値からB倍する場合を考える。このとき θ についての条件（式4）は、アンテナの絶対利得とEIRPの関係から

$$\text{(式5)} \quad \theta \leq 360/B$$

となる。

以上の検討から、与干渉面積を増加させることなく高利得アンテナを導入することは技術的に可能であるといえる。ただし、高利得アンテナをセクタ化して使用することについては、混信のケースの増加が懸念され、望ましくないものと考えられる。

2. 11. 副次的に発する電波等の限度

「副次的に発する電波等の限度」は、受信設備が副次的に発する電波又は高周波電流の限度を規定する技術基準であり、欧州において規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、小電力データ通信システム等に緩和されている1GHz以上の周波数帯において20nW以下とする規定が無くなり、原則である4nW規定となるため、無線機のコストが高くなる懸念がある。また、本規定が削除されれば主に他システムへの与干渉が低減されることとなるが、現行規則の値を前提に他システムとの共存が成立しており、総合的に見直しのメリットは無いものと考えられる（標準化団体）、別システムに対する干渉が懸念されます（メーカー）などの意見があった。

議論の結果、他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

副次的に発する電波等の限度

項目の定義

受信設備は、その副次的に発する電波又は高周波電流が、総務省令で定める限度をこえて他の無線設備の機能に支障を与えるものであつてはならない。
(電波法第29条)



受信時や待ち受け時に無線機から漏れ出る電波のこと

検討の背景となる答申：

電気通信技術審議会諮問第57号 H11.3.27一部答申

各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本 (総務省)	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	無線LAN 標準規格 (IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
○第24条第2項第1号	○4.3.1.11.3(FH) 4.3.2.10.3(非FH)	×	※	×	×	×

構成員からのご意見 (○：削除可能、×：削除は困難)

- × 小電力データ通信向けに緩和されている1GHz以上20nWの規定が無くなり、周波数帯に依らず4nW規定となるため、従来よりも無線機のコストが高くなる懸念がある。
なお、本規定が削除されれば与干渉が低減されることとなるが、既に現行規則を前提に他システムとの共存が成立しており、基本的にはメリットは無いものと考えられる。(標準化団体)
- × 別システムに対する干渉が懸念されます。(メーカー)
- × 他局への妨害(メーカー)
- × 隣接システムへの干渉(シンクタンク)

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため
本規定は必要である。

図 13 技術基準における副次的に発する電波等の限度の見直し

2. 12. 混信防止機能

「混信防止機能」は、指定された呼出符号又は呼出名称を自動的に送信又は受信する機能等を定める技術基準であり、IEEE 802.11において規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、免許不要システム同士の共存条件を定めた重要な規定であり、本規定が存在しない場合他局との干渉を一切気にせず電波を発射し続けることを許容することとなるため、既存システムが常に干渉を受け続けることになり、運用そのものが成り立たなくなる懸念がある（標準化団体）という意見があった一方で、個別端末を識別するMACアドレスやBDアドレスで通信しておりこの項目がなくなっても混信防止の機能は維持されると考えられるため、無線LANやBluetoothに限り影響は特にはないと考えます（シンクタンク）などの意見があった。

議論の結果、同一及び他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

混信防止機能

項目の定義

第四条の三の規定により指定された呼出符号又は呼出名称を自動的に送信し、又は受信する機能その他総務省令で定める機能
(電波法第4条第3号)

検討の背景となる答申：
電気通信技術審議会諮問第57号 H11.3.27一部答申

各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本 (総務省)	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	無線LAN 標準規格 (IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1 (Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
○電波法第4条第1項第3号	×	×	○	×	×	×

構成員からのご意見 (○：削除可能、×：削除は困難)

- × 免許不要システム同士の共存条件を定めた重要な規定であり、本規定が存在しない場合他局との干渉を一切気にせず電波を発射し続けることを許容することとなるため、既存システムが常に干渉を受け続けることになり、運用そのものが成り立たなくなる懸念がある。(標準化団体)
- × 同一システム他チャンネルに対する影響が懸念されます。(メーカー)
- × 他システムへの混信妨害を与える可能性がある。(メーカー)
- 個別端末を識別するMACアドレスやBDアドレスで通信しておりこの項目がなくなっても混信防止の機能は維持されると考えられるため、無線LANやBluetoothに限り影響は特にはないと考えます。(シンクタンク)
- 無線LAN又はBluetoothの場合は、Wi-FiロゴやBTロゴがあれば、混信防止機能のルールが守られた機器であるため懸念はない。(メーカー)

宛先MACアドレス 11:11:11:11:11:11

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、同一及び他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため**本規定は必要である**。

図 14 技術基準における混信防止機能の見直し

2. 13. キャリアセンス

「キャリアセンス」は、同一システムにおいて他の無線局が同一チャネルを使用している場合に他のチャネルへ切り替える機能を規定する技術基準であり、欧州や IEEE 802. 11 において規定されていることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、これを制限しないことは、2400-2483. 5MHz 帯のおよそ5割を占有する干渉が周囲の送信状況を鑑みずに送信される IEEE 802. 11 準拠ではないシステムに対する認証を許容することを意味する、IEEE 802. 11n/ax の 40MHz モードにおいて干渉が増大し、広帯域伝送を活用した高スループット特性が発揮できなくなる懸念がある（標準化団体）という意見があった一方で、無線 LAN の場合は、Wi-Fi ロゴがあれば、キャリアセンスのルールが守られた機器であるため懸念はない（メーカー）との意見があった。

議論の結果、同一システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

キャリアセンス

項目の定義

送信を開始する前にチャネルの使用状況を確認し、他の無線機があるチャネルを使用中であれば、同一周波数での送信を行わないことで干渉を回避する仕組み

検討の背景となる答申：
情報通信審議会諮問第2014号 H18.12.21一部答申

各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本（総務省）	欧州（ETSI）	米国（FCC）	無線LAN 標準規格（IEEE）	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		Bluetooth 標準規格 IEEE 802.15.1 (Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
○第49条の20第1号ル (OFDM且つ26-40MHzの場合のみ) 数値なし	○4.3.1.7.2(FH) 4.3.2.6.3(非FH)	×	○	×	×	-

構成員からのご意見 (○：削除可能、×：削除は困難)

- × これを制限しないことは、2400-2483.5MHz帯のおよそ5割を占有する干渉が周囲の送信状況を鑑みずに送信される802.11準拠ではないシステムに対する認証を許容することを意味する。
既に15年以上にわたり実用されている11n/axの40MHzモードにおいて干渉が増大し、広帯域伝送を活用した高スループット特性が発揮できなくなる懸念がある。（標準化団体）
- × 同一システム他チャネルに対する影響が懸念されます。（メーカー）
- × 共用システムとの干渉に懸念（シンクタンク）
- 無線LANは、Wi-Fiロゴがあれば、キャリアセンスのルールが守られた機器であるため懸念はない。（メーカー）

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、同一のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため**本規定は必要である。**

図 15 技術基準におけるキャリアセンスの見直し

2. 14. 通信方式

「通信方式」は、同時に送信を行うことができる者（片方向又は双方向）及びその数（単数又は複数）の別を定める技術基準であり、IEEE 802.11において規定されていることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、既に想定される方式が概ね網羅されており、それを前提とした多様な無線方式に基づく機器が普及しているため、本規定を削除することによる特段の問題は発生しないものと考えられる、新たな方式を実フィールドで試験するにあたり、免許不要で利用することが可能となるため、イノベーション促進に資するものと考えられる（標準化団体）、他システムへの影響は少ないと考え、記載が無くても問題ないとするが認証上の効果は少ないと考える（メーカー）などの意見があった。

議論の結果、本規定の削除によって、自由なシステム構成を容易に実現することができるようになり、かつ同一及び他システムへ有害な干渉を与える恐れはないことから、本規定は削除するとの結論とした。

通信方式

項目の定義

同時に送信を行うことができる者（片方向又は双方向）及びその数（単数又は複数）の別をいう。

例：半復信通信方式

各規格等での規定状況

※：各国の技術基準に委任しているもの					
				-Fi Alliance	標準規格 2018 までと

構成員からのご意見

アドホックグループの考え方

本検討の対象システムにおいては、本規定の見直しによって、同一及び他のシステムへ有害な干渉を与える恐れはないため**本規定の削除は可能である。**

また、本規定の削除によって、自由なシステム構成を容易に実現することができるようになると考えられる。

図 16 技術基準における通信方式の見直し

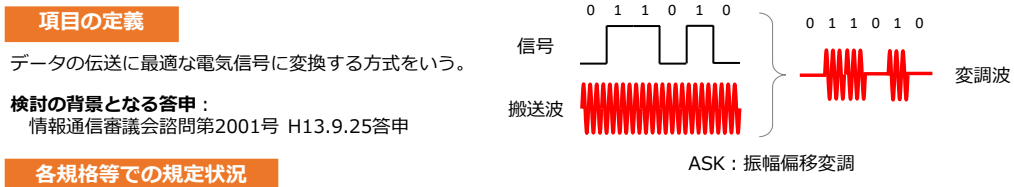
2. 15. 変調方式

「変調方式」は、データの伝送に最適な電気信号に変換する方式を規定する技術基準であり、欧州や米国、さらには IEEE 802.11 や Bluetooth SIG でも規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、異なる変調方式を用いるシステム間で共存可能とする無線局が利用されており、特段規定しないとしても共存の観点では特に問題にならないと考える（標準化団体）、本項目の見直しによるイノベーション促進の効果としては、新たな変調方式の採用等の促進に繋がると考える（メーカー等）、などの意見があった。

議論の結果、本規定の削除によって、システムの柔軟性を確保でき、イノベーションの促進等が期待され、かつ同一及び他システムへ有害な干渉を与える恐れはないことから、本規定は削除するとの結論とした。

変調方式



技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本 (総務省)	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	無線LAN 標準規格 (IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1 (Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
○第49条の20第1号ハ	○4.3.1.1(FH) 4.3.2.1(非FH)	○15.247(a)(FH, 非FH)	○	×	○	○

構成員からのご意見 (○：削除可能、×：削除は困難)

- 異なる変調方式を用いるシステム間で共存可能とする無線局が利用されており、特段規定しないとしても共存の観点では特に問題にならないと考える。(標準化団体)
- 項目の見直しにより認証の効率化が期待できる。(メーカー)
- 占有周波数帯域幅や空中線電力の規定は変調方式と紐づけて規定していますので、関連する規定の見直しも必要になると考える。また、認証上の効果としては、FH/非FHと整理できれば、欧米の試験データの活用がしやすくなると考えます。(シンクタンク)
- 特性試験項目には該当しないことから、本項目の見直しを実施しても認証上の効果はないものと考えられる。(登録証明機関)
- 本項目の見直しによるイノベーション促進の効果としては、新たな変調方式の採用等の促進に繋がると考える。(メーカー)

アドホックグループの考え方

本検討の対象システムにおいては、本規定の見直しによって、同一及び他のシステムへ有害な干渉を与える恐れはないため**本規定の削除は可能である。**

また、本規定の削除によって、システムの柔軟性を確保でき、イノベーションの促進等が期待される。

図 17 技術基準における変調方式の見直し

第 3 章 2. 4GHz 帯無線 LAN 等の試験方法の見直しについて

3. 1. 試験方法の見直しの観点

2. 4GHz 帯の無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準への適合性を審査する際に欧米基準試験データを活用できるよう、測定器の高度化や設定条件による測定結果への影響等を踏まえつつ、試験方法の見直しについて検討を行った。比較した試験方法は、日本は平成 16 年総務省告示第 88 号（特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則に規定する総務大臣が別に告示する試験方法）、欧州は無線機器指令（RED）の整合規格 ETSI EN 300 328 V2. 2. 2、米国は免許不要の意図的放射器の試験法 ANSI C63. 10-2013 及び無線機器の認可手順や試験に関する知識データベース（KDB） 558074 D01v05r02（DTS）である。

なお、第 2 章の技術基準の見直しで「拡散帯域幅」及び「拡散率」については、規定から削除可能と整理されたため、本章ではこれら項目は検討の対象外とする。

Bluetooth は、Bluetooth SIG で標準化されており、規格には BR、EDR、及び Bluetooth Low Energy の 3 種類存在する。BR 及び EDR は Bluetooth Classic と呼ばれている。

今回の試験方法の見直しについて、規定項目と対応する規則との関係を表 4 に示す。

表 4 関係する試験方法の項目

平成十六年総務省告示第八十八号 (特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則別表第一号一(3)の規定に基づく特性試験の試験方法)		
一般事項	試験場所の環境条件	別表第43 ー 1
	電源電圧	別表第43 ー 2
	試験周波数	別表第43 ー 3
周波数の偏差		別表第43 三
占有周波数帯幅		別表第43 四
スプリアス発射又は不要発射の強度		別表第43 五
空中線電力の偏差		別表第43 六
副次的に発射する電波等の強度		別表第43 七
キャリアセンス機能		別表第43 八
送信空中線絶対利得及び主輻射の角度幅		別表第43 十、十一
混信防止機能		別表第43 十二
ホッピング周波数滞留時間		別表第43 十三

3. 2. 一般事項

3. 2. 1. 試験場所の環境条件

現行の環境条件は、一般的に利用される常温常湿の範囲内で試験するとの考えに基づき、室内の温湿度は JISZ8703 による常温及び常湿の範囲内としている。アドホックグループ内で実施したアンケートの結果、極端な条件でない限り、測定器や無線機器への影響はない、また、登録証明機関等の評価環境の温湿度は一定に保たれていると想定されるとのことであった。

よって、室内の温湿度は、原則として JISZ8703 による常温及び常湿（相対湿度）の範囲内とするとし、ISO/IEC 17025 など国際規格を満たす試験所での測定値については、JISZ8703 による常温室下での測定値と同等として特段の問題はないと考えられる。

3.2.2. 電源電圧

現行の試験方法では、技術基準適合証明における特性試験の場合は、定格電圧での試験としている。その他の場合は、試験機器への入力電圧は定格電圧及び定格電圧 $\pm 10\%$ としており、試験機器の無線部（電源を除く。）の回路への入力電圧の変動が $\pm 1\%$ 以下であることが確認できた場合は、定格電圧のみで測定している。

アンケートの結果、無線 LAN 及び Bluetooth については、一般的に安定化回路を介しており、その場合には無線部の回路への入力電圧の変動が $\pm 1\%$ 以下であった。

よって、安定化回路の具備を確認できた場合には、定格電圧のみでの測定として特段の問題はないと考えられる。

3.2.3. 試験周波数

現行の試験方法は、周波数特性が測定値に与える影響を確認するために、試験機器が発射可能な周波数のうち、上限、中間、下限の3波の周波数で測定することとしている。

アンケートの結果、無線 LAN 及び Bluetooth の空中線電力はチャンネルにより偏差が発生する場合があるが偏差は 1 dB 程度である。また、周波数偏差のチャンネルによる偏差は 1 ppm 程度であり、上限、中間、下限の3波による変動は殆ど無いと考えられる。

よって、中間の周波数での試験を省略し、試験周波数を上限及び下限の2つの周波数としても特段の問題はないと考えられる。

3.3. 周波数の偏差

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

欧米は周波数の偏差について規定していないため、試験方法も定められていない。

(2) 民間認証の活用可能性

Bluetoothのうち、Bluetooth Classicについては、Bluetooth SIGでの周波数の許容偏差は $\pm 75\text{kHz}$ である。これは、日本の技術基準 ($\pm 50 \times 10^{-6}$ 、2.4GHzにおいては $\pm 120\text{kHz}$) に比べて許容値が小さい。よって、当該基準への適合性確認にBluetooth SIG認証のために作成された試験レポートを活用することは可能である。

3.4. 占有周波数帯幅

3.4.1. 無線LAN/Bluetooth Low Energy

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

占有周波数帯幅の測定値は、測定条件である周波数分解能 (RBW) の値に大きく影響を受けるため、日本・欧州・米国のRBWの条件を比較する。日本は占有周波数帯幅の3%以下 (780kHz 又は 1.2MHz 以下)、欧州はSpanを公称周波数帯幅の2倍とし、RBWはSpanの1%程度かつ1%を下回らない (400kHz 又は 800kHz 程度)、米国は占有周波数帯幅の1%から5%までとされている。

(2) 試験方法の検討結果

占有周波数帯幅の測定に影響を与えるRBWについて、欧州の条件は日本の条件の範囲内であり、欧米は日本の条件よりも大きくなる場合がある。一般的に測定時のRBWが大きいほど測定値も大きくなるので、欧米のRBWが日本の条件を超えた場合には、測定値は日本の条件で測定するよりも大きくなる。

よって、欧米の試験方法は、日本の試験方法と同等以上と考えられるため、占有周波数帯幅の測定値が欧米基準試験データに示されていれば、技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

3.4.2. Bluetooth Classic

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

ア. 日本の試験方法の概要

占有周波数帯幅の定義（図 18 を参照のこと。）を踏まえ、全平均電力の 99% が含まれる帯域幅を測定する。スペクトラムアナライザの Span は許容値の 2～3 倍、RBW は許容値の 3% 以下、トレースは MaxHold の条件下で、周波数ホッピング出力状態の信号の 99% 帯域幅を測定する。

イ. 欧州の試験方法の概要

使用周波数の下限周波数と上限周波数が、許容値内（2400MHz～2483.5MHz）に収まっているかを評価する。試験方法は、最小又は最大チャネルの単一出力状態の信号についてスペクトラムアナライザを用いて測定する。その際、Span は 2～3 MHz 程度、RBW は Span の 1% 程度で 1% を下回らない（20～30kHz）、トレースは MaxHold の条件下で 99% 帯域幅を測定し、最小チャネルの 99% 帯域幅の下限周波数と最大チャネルの 99% 帯域幅の上限周波数を記録する。

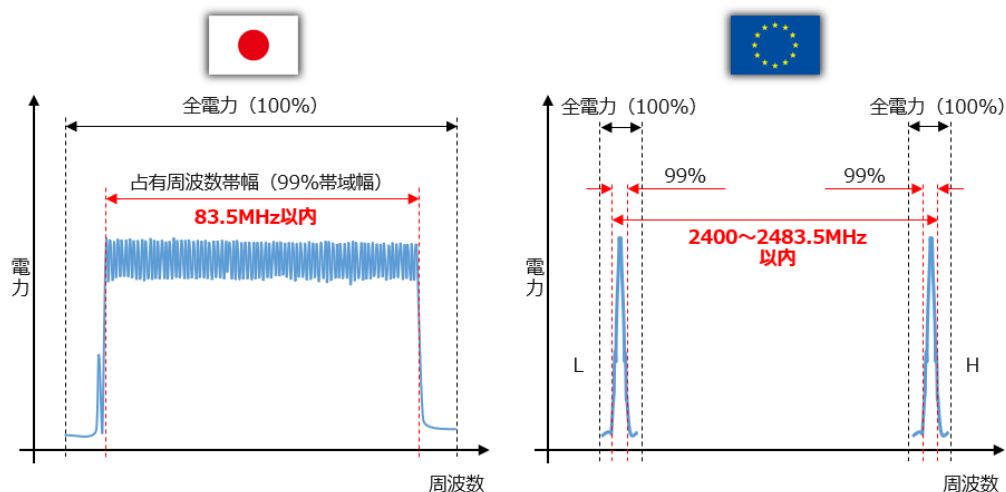


図 18 Bluetooth Classic の占有周波数帯幅の定義（日本・欧州）

ウ. 米国の試験方法の概要

日本の占有周波数帯幅に対応する技術基準は定められていない。

(2) 試験方法の検討結果

欧州の試験方法では、両端の単一チャネル（1MHz 幅程度）の測定の際、Span は 2～3 MHz 程度、RBW は 20～30kHz と日本より狭い設定条件としている。日本は、周波数ホッピングしているチャネルがすべて含まれるよう Span を広くして測定する。欧州は、使用周波数の上限と下限の周波数帯をより正確に測定しているものであり、最小チャネルの 99% 帯域幅の下限周波数の測定値及び最大チャネルの 99% 帯域幅の上限周波数の測定値が欧州基準試験データに記載されていれば、当該データは活用可能と考えられる。

3.5. スプリアス発射又は不要発射の強度

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

欧米では放射試験で実施されることが前提となっている。

スプリアス測定は「探索」と「測定」の2段階で測定する。

日本では「探索」により不要発射を探すが、この時、許容値を満たす場合はその値を測定結果とし、満たさない場合は、続けて「測定」を実施する。

欧州では「探索」により許容値 - 6dB のレベル以上の不要発射に対して「測定」を実施する。米国では、「探索」により不要発射を探し、「測定」を実施する。

なお日本と欧米とでこのような差異があるのは、欧米では放射試験が基本であり、「探索」では個々の不要発射が最も強くなる条件（発射の方向、タイミングなど）を探索しきれないため、その値を許容値と比較しないものと考えられる。

スプリアス領域の「探索」時の設定条件と「測定」時の設定条件の違いは次のとおりであった。

「探索」時の設定条件について

- ・ RBW について：欧米は日本に比べて RBW の値が小さい場合がある。
- ・ 検波モードについて：欧州は日本と同様に Pos. Peak 検波、米国は制限帯域 (restricted bands) の測定の場合、1 GHz 以下においては Quasi Peak 又は Pos. Peak、1 GHz 超においては Pos. Peak 検波又は/ Average 検波、割当帯域外 (outside the frequency band) の測定の場合 Pos. Peak 検波としている。

「測定」時の設定条件について

- ・ RBW について：欧米は日本に比べて RBW の値が小さい。
- ・ 検波モードについて：日本ではサンプルモード、欧州は RMS 検波モード、米国は制限帯域の測定の場合、1 GHz 以下においては Quasi Peak 検波又は Pos. Peak 検波、1GHz 超においては Pos. Peak 検波又は Average 検波割当帯域外の測定の場合 Pos. Peak 検波としている。
- ・ Span について：欧州は日本と同じでゼロだが、米国は搬送波帯域から 2 MHz 以内の測定 (Band Edge 測定) の場合は 2 MHz、その他の帯域の測定の場合は Span の規定はない。

(2) 試験方法の検討結果

欧米では不要発射の試験は放射試験で実施されることが前提となっており、欧米での測定値 (EIRP 単位) を日本の技術基準である測定値 (電力値) に換算するためには、アンテナの利得情報が必要となる。

一般的には、アンテナは帯域内の周波数に合わせて作り込むため、帯域外では帯域内よりは利得は低下すると考えるのが妥当である。このため、帯域内のアンテナ利得を用いて、帯域外の周波数についてアンテナ端子での電力値に変換すると、(計算に使用するアンテナ利得が実際より高めのため) 実際の電力値よりは過少になるので、帯域外のアンテナの利得情報も必要となる。

欧米基準試験データには当該情報が含まれていないことが殆どであるため、換算は困難である。

また、スプリアス領域の「探索」時の設定条件と「測定」時の設定条件の違いを踏まえ検証したが、一律の換算方法を策定することは困難であった。

以上より、欧米基準試験データの活用は困難である。

なお、検波モードについては、現行の試験方法を策定した当時に比べ測定器に具備される機能が高度化したこと踏まえ、RMS 検波モードを可能とすることが適当である。この際、無線機器メーカーや登録証明機関のニーズを踏まえ、引き続きサンプルモードも可能とする。

3.6. 空中線電力の偏差

3.6.1. 無線 LAN

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

ア. 日本の試験方法の概要

空中線電力（1MHz あたりの平均電力）を測定し、工事設計書に記載の定格出力に対して許容偏差内であるかを評価する。

試験手順は、①最大電力を与える周波数を中心にスペクトラムアナライザの IF フィルタ（RBW：1 MHz）を通過する電力をパワーセンサで測定し、②測定値に補正值（スペクトラムアナライザの IF フィルタの特性に基づく値）を乗算し、1 MHz あたりの平均電力を求める。③バースト出力の場合は、さらに送信時間率（バースト送信時間/バースト繰り返し周期）からバースト内の 1 MHz あたりの平均電力を求める。

イ. 欧州の試験方法の概要

アンテナ端における平均電力を測定し、最大の平均電力値にアンテナ利得を加えることで 1MHz あたりの等価等方輻射電力（EIRP）を算出する。算出した EIRP が許容値（上限値のみ）を満足しているかを評価する。

試験手順は 2 種類（Option 1 / Option 2）が規定され、いずれかの手順を用いることとされている。Option 1 は連続出力 又はバースト出力 の無線機器に適用され、Option 2 は連続出力の機器に適用されるものである。登録証明機関によれば、殆どの試験において Option 1 が利用されており、Option 2 は近年導入され、利用が少ない状況にあるとのことであった。そのため、ここでは Option 1 について検討した。

Option 1 では、①スペクトラムアナライザを用いて RMS 検波により、2400～2483.5MHz の間の 10kHz ごとのトレースデータを求め、各トレースデータの合計値を求める。②パワーセンサを用いて各バースト内の電力平均値を測定し、そのうちの最大値にアンテナ利得を加算する。③アンテナ利得を加算した電力平均値の最大値から、トレースデータの合計値を差し引き、10kHz ごとの補正值（=②-①÷8350）とし、トレースデータに加える補正を行う。④補正後のトレースデータの中から 1 MHz 幅分のデータを足し合わせ、最大となる値を 1 MHz あたりの等価等方輻射電力（EIRP）とする。

ウ. 米国の試験方法の概要

米国では、アンテナ端における電力密度を測定し、許容値（上限値のみ）を満足しているかを評価する。

試験手順は、最大ピーク電力密度を測定する 1 種類（Method PKPSD）と、最大平均電力密度を測定する 6 種類（Method AVGPSD-1、Method AVGPSD-1A、Method AVGPSD-2、Method AVGPSD-2A、Method AVGPSD-3、Method AVGPSD-3A）の計 7 種類が規定されており、いずれかの手順を用いることとされている。

Method PKPSD は、無線機器の出力状態によらずに適用できるが、この他の 6 種類の試験手順は、機器の出力状態に応じて適用条件が異なる。連続出力又は Duty 比 98% 以上のバースト出力の機器は Method AVGPSD-1 又は Method AVGPSD-1A、Duty 比 98% 以下かつサイクル一定のバースト出力の機器は Method AVGPSD-2 又は Method AVGPSD-2A、Duty 比 98% 以下かつサイクル不定のバースト出力の機器は Method AVGPSD-3 又は Method AVGPSD-3A が適用される。なお、殆どの試験レ

ポートでは最大ピーク電力密度を測定する Method PKPSD を利用しているため、ここでは当該手順について検討した。

当該試験手順では、スペアナの検波を Peak モード、トレースを MaxHold、スペクトラムアナライザの RBW を 3kHz~100kHz の任意の値で設定し、トレースデータの最大値が許容値を満たすまで RBW を狭めていき、許容値を満たした際のトレースデータの最大値を電力密度 dBm/*kHz (*kHz は許容値を満たした際の RBW の値) とする。

(2) 試験方法の検討結果

ア. 欧州について

欧州の試験手順は 2 種類 (Option1/Option2) があるが、殆どの試験で Option1 が利用されていることから、ここでは Option 1 を検討した。

一般的に、スペクトラムアナライザは、入力信号の IF フィルタ通過後の電力を測定値とするが、IF フィルタは矩形ではないため IF フィルタの幅 (例として RBW : 10kHz) における電力は、真の 10kHz あたりの電力と等価ではない。そのため、日本・欧州ともにフィルタ特性を考慮した補正を行っている。

日本の試験方法では、最大電力を与える周波数を中心に、測定器のフィルタ特性を補正した 1MHz 幅あたりの電力を求め、その電力値を元に複数のバーストの平均電力を算出している。一方、欧州では、複数のバーストの中から最も平均電力が大きいバーストの平均電力を基に、測定器のフィルタ特性の補正が含まれる 10kHz 単位での補正值を算出し、連続した 100 ポイント分の積算値の中から最大となる 1MHz 幅あたりの平均電力を算出している。補正值は測定器のフィルタ特性を考慮される点で同等であるが、バースト波からの平均電力の求め方、1MHz あたりの電力の求め方、それぞれでより大きい値が求まる方法であるため欧州の測定値は日本の測定値以上となる。

以上より、欧州の試験方法は、日本の試験方法と同等以上と考えられるため、欧州基準の試験データは技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

イ. 米国について

日本の試験方法では 1 MHz あたりの平均電力を測定する一方、米国では最大ピーク電力密度を測定しているため、日本と米国では測定対象が異なっている。また、米国の測定値を活用する場合には、dBm/*kHz から mW/1MHz へ帯域換算が必要だが、一般的に OFDM 方式のようなフラットな周波数特性の信号においても、換算値は RBW を 1MHz に設定した場合の測定値より大きくなる。この結果、日本の試験方法では問題ない場合でも、米国基準試験データでは日本の許容偏差を超過する可能性がある。

よって、米国基準試験データの活用は可能であるものの、日本と米国では測定対象が異なるため、日本の許容偏差を超過する可能性や、超過した場合には別途試験が必要となることを、技術基準適合証明等の申請者にも理解できるようにした上で活用することが適当である。

3.6.2. Bluetooth Low Energy

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

ア. 日本の試験方法の概要

日本の現行の試験方法は、空中線電力（平均電力）を測定し、工事設計書に記載の定格出力に対して許容偏差内であるかを評価する。測定方法は、空中線端子にパワーセンサを接続し平均電力を測定する。バースト出力の場合、送信時間率からバースト内の平均電力を測定する。

イ. 欧州の試験方法の概要

- ・ アンテナ端における平均電力を測定し、最大の平均電力値にアンテナ利得を加えることで等価等方輻射電力（EIRP）を算出する。算出した EIRP が許容値（上限値のみ）を満足しているかを評価する。
- ・ 試験手順は、日本と同様に試験対象にパワーセンサを用いて平均電力を測定する。また、バースト出力の場合は、複数のバーストの中から最も平均電力が大きいバーストを選択してその平均電力を記録する。

ウ. 米国の試験方法の概要

- ・ アンテナ端における最大ピーク電力又は最大平均電力を測定し、許容値（上限値のみ）を満足しているかを評価する。
- ・ 試験手順は、パワーセンサを用いる Method PKPM1 と Method AVGPM の 2 種がある。Method PKPM1 では最大ピーク電力、Method AVGPM では平均電力（バースト出力の場合は、バースト送信時間内における平均電力）を測定する。

(2) 試験方法の検討結果

ア. 欧州について

欧州の試験方法では、連続出力の場合、日本と同様に空中線端子にパワーセンサを接続し平均電力を測定しており、日本と同等の試験方法である。また、バースト出力の場合は、空中線端子にパワーセンサを接続し複数のバーストの平均電力を測定し、最も大きいバーストの平均電力を測定値としており、日本と同等以上の試験方法である。

よって、欧州基準試験データは技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

イ. 米国について

米国の試験手順が Method PKPM1 の場合、最大ピーク電力を測定する。一方、日本の試験方法では平均電力を測定するため、日本の試験方法では問題ない場合でも、米国基準試験データでは日本の許容偏差を超過する可能性がある。

よって、試験手順が Method PKPM1 の場合、米国基準試験データの活用は可能であるものの、日本と米国では測定対象が異なるため、日本の許容偏差を超過する可能性や、超過した場合には別途試験が必要となることを、技術基準適合証明等の申請者にも理解できるようにした上で活用することが適当である。

一方、試験手順が Method AVGPM の場合、送信バースト中のパワーセンサで平均電力を測定し、バースト送信時間内における平均電力を算出しており、日本と同等の試験方法である。

よって、試験手順が Method AVGPM の場合、米国基準試験データは技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

3.6.3. Bluetooth Classic

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

ア. 日本の試験方法の概要

- ・日本の試験方法は、空中線電力（1 MHz あたりの平均電力）を測定し、工事設計書に記載の定格出力に対して許容偏差内であるかを評価する。
- ・試験手順は、周波数ホッピング状態の信号に対し、パワーセンサを用いて測定した電力値を拡散帯域幅で除算する。バースト出力の場合、送信時間率からバースト内の 1 MHz あたりの平均電力を算出する。

イ. 欧州の試験方法の概要

- ・欧州の試験方法は、アンテナ端における平均電力を測定し、最大の平均電力値にアンテナ利得を加えることで等価等方輻射電力 (EIRP) を算出する。算出した EIRP が許容値を満足しているかを評価する。
- ・試験手順は、日本と同様に周波数ホッピング状態の信号に対しパワーセンサを用いて平均電力を測定する。バースト出力の場合は、複数のバーストの中から最も平均電力が大きいバーストを選択してその平均電力を測定する。

ウ. 米国の試験方法の概要

- ・アンテナ端における最大ピーク電力を測定し、許容値を満足しているかを評価する。
- ・試験手順としては、スペクトラムアナライザを用いて単一チャネルでの連続出力状態の信号の最大ピーク電力を測定する。

(2) 試験方法の検討結果

ア. 欧州について

欧州の試験方法では、日本と同様に周波数ホッピング状態の信号について、パワーセンサを用いて平均電力を測定する。その後、日本では拡散帯域幅で除算し、1 MHz あたりの平均電力を算出している。

欧州基準試験データについては、ホッピング周波数における出現確率が均一で、1 MHz あたりの平均電力への換算に必要な拡散帯域幅を確認できる場合には、欧州基準試験データの技術基準への適合性確認への活用は可能である。

なお、検討の中では、欧州で導入されている方法の一つである、スペクトラムアナライザに具備された「電力密度を測定する機能」を用いた試験方法を日本でも導入することについて提案があった。日本・欧州・米国の試験方法を比較した

結果、欧州の無線 LAN に係る試験手順のうち Option 2 において、当該機能を用いた方法が規定されていた。3. 6. 1. で述べたとおり、Option 2 は近年導入され、利用事例も少ないため、今後、当該方法を利用する試験データの持ち込みが増加する場合には、改めて検討することが適当と考える。

イ. 米国について

米国の試験方法では、単一チャネルの連続出力状態の最大ピーク電力を測定する。一方、日本は、周波数ホッピング状態の 1 MHz あたりの平均電力を測定する。このように日本と米国では測定対象の定義が異なるため、米国基準試験データの技術基準への適合性確認への活用は困難である。

3.7. 副次的に発する電波等の限度

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

欧米では放射試験で実施されることが前提となっている。

(2) 試験方法の検討結果

欧米での試験方法では不要発射の試験は放射試験での実施が前提となっており、欧米での測定値を日本の技術基準であるアンテナ端子での電力値に換算するためには、帯域外のアンテナの利得情報が必要となる。欧米基準データにはこれら情報が含まれていないことが殆どのため、換算は困難である。

なお、検波モードについては、現行の試験方法を策定した当時に比べ測定器に具備される機能が高度化したこと踏まえ、RMS 検波モードを可能とすることが適当である。この際、無線機器メーカーや登録証明機関のニーズを踏まえ引き続きサンプルモードも可能とする。

3.8. キャリアセンス機能（無線 LAN（40MHz））

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

試験時の入力信号について、日本は無変調としており、欧州は加算性白色ガウス雑音（AWGN）としている。米国の技術基準には当該項目が定められていない。

(2) 試験方法の検討結果

日本の技術基準ではキャリアセンス機能が動作する条件は規定されていないため、試験時の入力信号を任意と変更しても特段の問題はないと考えられる。

3.9. 送信空中線の絶対利得及び主輻射の角度幅

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

送信空中線の絶対利得については、日本では測定により確認することとしているが、米国においては規定を満たすかどうか仕様を確認することとしており、欧州では技術基準が定められていない。主輻射の角度幅は、欧州及び米国において技術基準が定められていない。

(2) 試験方法の検討結果

日本の試験においても、送信空中線の絶対利得及び指向特性については、実測値又はメーカーの仕様書により具体的な数値を確認出来る場合、活用可能とする。

3.10. 混信防止機能

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

日本においては、混信防止機能とは、電波法第四条第1項第三号の規定に基づき、指定された呼出符号又は呼出名称を自動的に送信し、又は受信する機能その他総務省令で定める機能をいい、試験によりこれら機能について確認している。

一方、欧米の技術基準には当該項目が定められていないため、試験方法も定められていない。

(2) 民間認証の活用可能性

無線 LAN 及び Bluetooth は、デバイス固有の MAC アドレスや BD アドレスにより通信先を選択し接続していることから、通信成立のために呼出符号又は呼出名称を自動的に送信し、又は受信する機能を有している。

よって、Wi-Fi 認証や Bluetooth 認証のために作成された試験レポート等、これら識別信号の送受信を確認できる試験レポートを、技術基準への適合性確認に活用することは可能である。

3. 11. ホッピング周波数滞留時間 (Bluetooth Classic)

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

- ・ 日本は、ホップする周波数での滞留時間の最大値を読み取り、基準値と比較する。また、0.4s に拡散率を乗じた観測時間内でホップする周波数に滞留する時間を積算し、基準値と比較する。試験結果には結果（合否）、測定値及び滞留積算時間が記載される。
- ・ 欧州は、ホッピング数に 0.4s を乗じた観測時間内における累積送信時間を測定し、基準値と比較する。試験結果には結果（合否）及び測定値が記載される。
- ・ 米国は、任意のホップ周波数での滞留時間及びホッピング数に 0.4s を乗じた観測時間内におけるホッピング回数を測定し、これら測定値からチャンネル平均占有時間を算出し、基準値と比較した結果（合否）が記載される。

(2) 試験方法の検討結果

欧州基準試験データに、累積送信時間の測定値が含まれる場合、技術基準への適合性確認への活用は可能である。米国基準試験データに、滞留時間の測定値及びチャンネル平均占有時間の測定値が含まれる場合には、欧米基準試験データは活用可能である。

(3) 民間認証の活用可能性

Bluetooth Classic では、ホッピング周波数滞留時間に関する試験は行われないうが、ホッピングのタイミング及び全ての周波数が均等に使用されることを試験で確認している。この場合、以下の試算により、Bluetooth SIG 認証を取得している製品については、日本の技術基準を満たすと考えられる。

よって、Bluetooth SIG 認証のために作成された試験レポート等により、ホッピングのタイミング及び全ての周波数が均等に使用されることやその他 Bluetooth Classic の定義を満たすことが確認できる試験レポートを、技術基準への適合性確認に活用することは可能である。

(試算)

拡散帯域幅を 72MHz と仮定をした場合、滞留時間の測定時間は、拡散帯域幅 \times 0.4 = 72 \times 0.4 = 28.8(s)。均等に 79 波でホッピングする場合、1 チャンネル当た

りの滞留時間時間 (OFF も含む) は、 $28.8(\text{s})/79(\text{チャンネル}) = 0.36(\text{s}/\text{チャンネル})$ となる。BT の理論上の最大 $0_n/(0_n + 0_{\text{off}})$ 比は、下の根拠により 83% である。1 チャンネル当たりの滞留時間時間 (ON のみ) は、 $0.36(\text{s}/\text{チャンネル}) \times 0.83 = 0.30(\text{s}/\text{チャンネル})$ となり、滞留時間は規定値である 0.4 秒以下となる。

※BT の理論最大 $0_n/(0_n + 0_{\text{off}})$ 比の根拠：

BT の定義のうち下により、

- ・ ホッピングの頻度 (1600 回/秒)、即ち 一つのホッピング周波数に停留する時間 (625 μs)
- ・ 一つのホッピング周波数で送信できる時間 ($\leq 426\mu\text{s}$)
- ・ 送信したあと次のホッピング周波数は受信しかできない
- ・ すべての周波数を均等に使用する必要
- ・ 送信又は受信の時間は最短 1 slot で最長 5 slot

送信時間比率が最も大きいのは、常に 5 slot で送信し、1 slot で受信する状態であり、 $0_n/(0_n + 0_{\text{off}})$ 比 = $5 \text{ slot} / (5 \text{ slot} + 1 \text{ slot}) = 83\%$ 。

第 4 章 検討結果

4.1. 無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準及び試験方法について

2. 4GHz 帯を利用する無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準及び試験方法について検討を行い、次のとおりとりまとめた。

無線LAN等の技術基準及び試験方法の見直し

		各項目の概要	技術基準	試験方法
①周波数について	(1)割当周波数	無線局に割り当てられた周波数帯の中心の周波数をいう。	必要	試験レポート等の活用可能を明確化
	(2)周波数の許容偏差	割当周波数からの許容することが出来る最大の偏差をいう。	必要	
	(3)占有周波数帯幅の許容値	輻射される平均電力が全平均電力の99%に等しい周波数幅をいう。	必要	欧米基準試験データの活用可能を明確化
	(4)拡散帯域幅	全電力の90%を占める帯域幅をいう。	削除可能	
	(5)拡散率	拡散帯域幅を変調信号の送信速度に等しい周波数で除した値をいう。	削除可能	
②スプリアスについて	不要放射の強度の許容値	必要周波数帯外における電波の放射であって、そのレベルを低減できるものをいう。	必要	－（換算困難）※
③出力について	(1)空中線電力	アンテナに入力される電力をいう。	必要	欧米基準試験データの活用可能を明確化
	(2)空中線電力の許容偏差	指定された空中線電力からの許容することが出来る最大の偏差をいう。	上限：必要 下限：削除可能	
④周波数ホッピングについて	周波数滞留時間	特定の周波数において電波を放射し続ける時間をいう。	必要	試験レポート等の活用可能を明確化
⑤送信空中線	(1)空中線の絶対利得	入力された電力に対する出力の大きさ（電波の放射効率）をいう。	必要（見直しあり）	メーカー仕様書等の活用可能を明確化
	(2)水平面の主輻射の角度幅	最大輻射の方向における輻射電力との差が最大3デシベルである全角度をいう。	必要	メーカー仕様書等の活用可能を明確化
⑥受信機について	副次的に発する電波等の限度	受信状態において空中線から放射される電波の強度をいう。	必要	－（換算困難）※
⑦混信防止機能等について	(1)混信防止機能	他の無線システムが発射する電波を検知した場合に、他のチャネルへ切り替える機能をいう。	必要	試験レポート等の活用可能を明確化
	(2)キャリアセンス	同一システムにおいて、他の無線局が同一チャネルを使用している場合に、他にチャネルへ切り替える機能をいう。	必要	試験方法を見直し
⑧信号の伝送について	(1)通信方式	同時に送信を行うことができる者（片方向又は双方向）及びその数（単数又は複数）の別をいう。	削除可能	
	(2)変調方式	データの伝送に最適な電気信号に変換する方式をいう。	削除可能	

※ 一部試験方法を見直し

4.2. 今後の検討課題

不要放射の強度の許容値及び副次的に発する電波等の限度の項目に関しては、日本と欧米の技術基準や試験方法の違いから、数値の換算が困難であり、欧米の試験データの受入れが困難であるとした。これらの欧米の試験データを受け入れるには、モジュールや製品そのものから発射される電磁波を考慮に入れた技術基準や試験環境を検討する必要がある。その際には無線技術の観点だけでなく EMC（Electro-Magnetic Compatibility）の観点からの検討が必要となり、技術基準の策定には相応の時間を要すること、また欧米と同様に放射試験を前提とした場合には、現状日本で実施されている伝導試験より認証取得に際しての負荷が増大するなど課題が多いことから、慎重な議論が必要である。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

5. 2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班

2. 4GHz 帯無線 LAN 等の技術基準見直しアドホックグループ 構成員名簿

(敬称略：主任以外は五十音順、令和 5 年 2 月 22 日現在)

氏名	所属	
(主任) 梅比良 正弘	南山大学	理工学部 電子情報工学科 教授
赤澤 逸人	パナソニック オペレーショナルエクス セレンス株式会社	品質・環境本部 製品法規課 主幹
足立 朋子	株式会社東芝	研究開発センター 情報通信プラットフォーム研究所 ワイヤレスシステムラボラトリー フェロー
上岡 昌人	シスコシステムズ合同会社	プロダクトマネージメント推進室 プログラムマネージャ
小竹 信幸	一般財団法人テレコムエンジニアリ ングセンター	技術部 部長
金子 明	一般社団法人日本アマチュア無線連盟	電磁環境委員会
北沢 祥一	室蘭工業大学	もの創造系領域 航空宇宙システム工学ユニット 教授
木村 亮太	ソニーグループ株式会社	R&D センター TokyoLaboratory22 ワイヤレス技術 1 課統括課長
小林 佳和	日本電気株式会社	デジタルプラットフォーム事業部 技術主幹
城田 雅一	クアルコムジャパン合同会社	標準化本部 本部長
醍醐 謙二	株式会社リコー	リコーフューチャーズBU SmartVision 事業センター 第一開発室 開発 3 グループ
高田 潤一	東京工業大学	環境・社会理工学院 教授
高橋 英明	アンリツ株式会社	通信計測カンパニー通信計測営業本部 第 1 営業推進部 第 2 チーム課長
鷹取 泰司	一般社団法人電波産業会	無線 LAN システム開発部会 (日本電信電話株式会社 NTT アクセスサービスシステム研究所 無線アクセスプロジェクト) 副委員長
富樫 浩行	株式会社ディーエスピーリサーチ	認証・技術所管担当部長
成瀬 廣高	株式会社バッファロー	ネットワーク開発部 ODM 第一開発課長
野畑 仁志	NTT アドバンステクノロジー株式会社	グリーン&プロダクト・イノベーション事業本部 環境ビジネスユニット EMC センタ 副主任技師
藤本 昌彦	シャープ株式会社	研究開発本部 副本部長
丸田 佳織	株式会社三菱総合研究所	デジタル・イノベーション本部 ICT インフラ戦略グループ 特命リーダー
三島 安博	Apple Japan, Inc.	Wireless Design Regulatory RF Engineer

參考資料

参 考 資 料 目 次

- 参考資料 1 無線 LAN 等の欧米基準試験データの活用のあり方に関する検討会
情報通信審議会への依頼事項
- 参考資料 2 日欧米の技術基準の策定経緯について
- 参考資料 3 平成 4 年度電気通信技術審議会答申「無線 LAN システムの技術的条
件」のうち「準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式
の無線 LAN システム及び準ミリ波帯の周波数を利用する無線 LAN シス
テムの技術的条件」（平成 4 年 7 月 27 日）
- 参考資料 4 平成 10 年度電気通信技術審議会答申「無線 LAN システムの技術的条
件」のうち「準マイクロ波帯を使用する無線 LAN システムの高度化の
ための技術的条件」（平成 11 年 3 月 23 日）
- 参考資料 5 平成 13 年度情報通信審議会答申「2.4GHz 帯を使用する無線システ
ムの高度化に必要な技術的条件」（平成 13 年 9 月 25 日）
- 参考資料 6 平成 18 年度情報通信審議会答申「5GHz 帯の無線アクセスシステム
の技術的条件」のうち「高速無線 LAN の技術的条件」（平成 18 年 12 月
21 日）参考資料 3－5 高速無線 LAN の 2.4GHz 帯への導入について
- 参考資料 7 47 CFR Part 15 Subpart C(up to date as of 2/24/2023)
- 参考資料 8 ETSI EN 300 328 V2.2.2(2019-07)



無線LAN等の欧米基準試験データの活用の 在り方に関する検討会の検討状況について

令和4年11月29日

総務省

II 実施事項

5. 個別分野の取組

<スタートアップ・イノベーション>

(2)イノベーション促進に向けた日本の技術基準適合証明の見直し

No.	事項名	規制改革の内容	実施時期	所管府省
7	イノベーション促進に向けた日本の技術基準適合証明の見直し	総務省は、令和4年3月に立ち上げた「無線LAN等の欧米基準試験データの活用の在り方に関する検討会」において、日本と欧米における認証に必要な技術基準、試験項目、測定法等の差異を特定し、欧米基準の試験データの活用等による認証の効率化について検討を行う。具体的には、スタートアップ等の中小製造事業者や、海外の製造事業者等の様々な立場の意見も聴取した上で、欧米基準との差異を維持する必要性及び相当性についても検証し、欧米との調和を踏まえた、無線LAN等の技術基準適合証明等の見直しを行う。その際、海外で認証済みの一定の無線機器について、我が国の認証における試験を省略して使用可能にすることを含めた検討も行う。また、総務省は、登録証明機関によって認証結果が異なることがないよう、試験項目や測定法を含む認証手順のガイドラインの作成等を行い、登録証明機関に対する周知を行う。	令和4年度中に結論、結論を得次第速やかに措置	総務省

無線LAN等の欧米基準試験データの活用の在り方に関する検討会

我が国の登録証明機関における無線LAN等の欧米基準試験データの活用の在り方を具体的に検討することを目的として、「無線LAN等の欧米基準試験データの活用の在り方に関する検討会」を開催。(令和4年3月～)

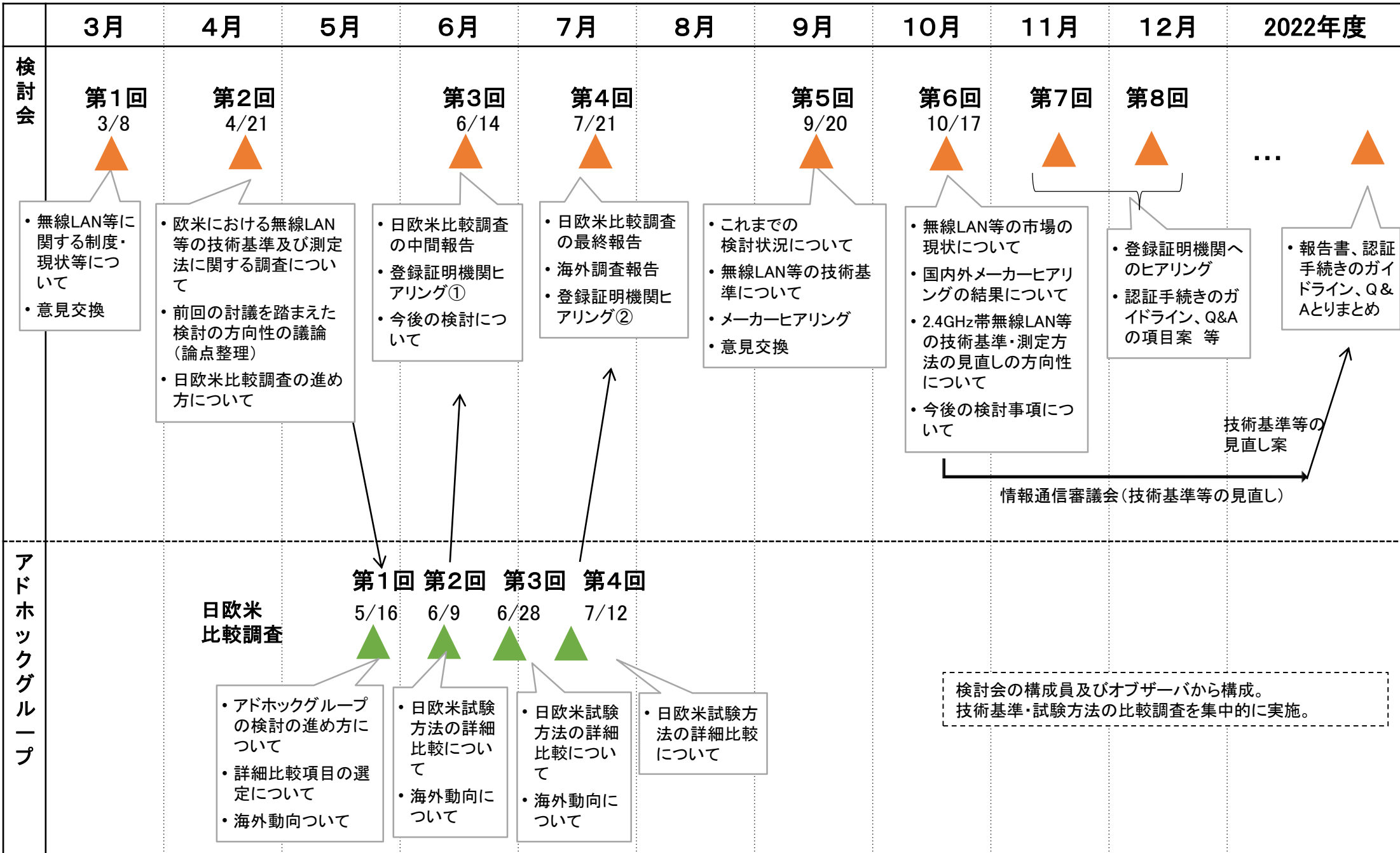
●検討事項

- ・ 日欧米における無線LAN等の認証に必要な技術的条件、試験項目、測定法等の比較検討
- ・ 欧米基準の無線試験データ活用等による日本の試験項目や測定法の見直しの方向性
- ・ その他上記の検討事項に関連する事項

●構成員 (敬称略、五十音順)

	氏名	所属・役職	専門等
有識者	梅比良 正弘	南山大学 理工学部 教授、茨城大学 名誉教授	工学
"	関口 博正	神奈川大学 経営学部 教授	経営
座長	高田 潤一	東京工業大学 環境・社会理工学院 学院長／教授	工学
"	永井 徳人	光和総合法律事務所 弁護士	法律
"	林 秀弥	名古屋大学 大学院法学研究科 教授	法律
座長代理	前原 文明	早稲田大学 理工学術院 教授	工学
メーカー	赤澤 逸人	パナソニック オペレーショナルエクセレンス株式会社 品質・環境本部 製品法規課 技術法規ユニット 主幹	デジカメ、PC、家電
"	新井 信正	シャープ株式会社 通信事業本部 パーソナル通信事業部 回路開発部(無線回路) 課長	スマホ、PC、家電 準外資系
"	城田 雅一	クアルコムジャパン合同会社 標準化本部長	無線LAN、BTチップ 外資系
"	醍醐 謙二	株式会社リコー リコーフューチャーズBU SmartVision事業センター 第一開発室 開発3グループ スペシャリスト	デジカメ
"	高橋 英明	アンリツ株式会社 通信計測カンパニー グローバルセールスセンター 通信計測営業本部 第1営業推進部 ビジネス開発チーム 課長	計測機器
"	成瀬 廣高	株式会社バッファロー ネットワーク開発部 ODM第一開発課 課長	無線LAN

検討状況



- 日本の技術基準の技術項目ごとに欧米基準試験データが活用可能かどうかを検討するため、日欧米の技術基準や試験方法の詳細比較調査を実施。調査の結果、多くの項目で欧米基準試験データの活用が不可※であった。一部項目で活用可能とされたが、一定の条件を満たすことが必要であり、これら条件を満たしても必要な試験データ数が不足する項目では追加試験が必要とされた。

※「日本の技術基準に対応する評価可能な測定値や試験結果がない」又は
「日本と同じ概念の技術基準の試験データでも、試験方法の違い等により換算や条件を付すなどしても評価できない」

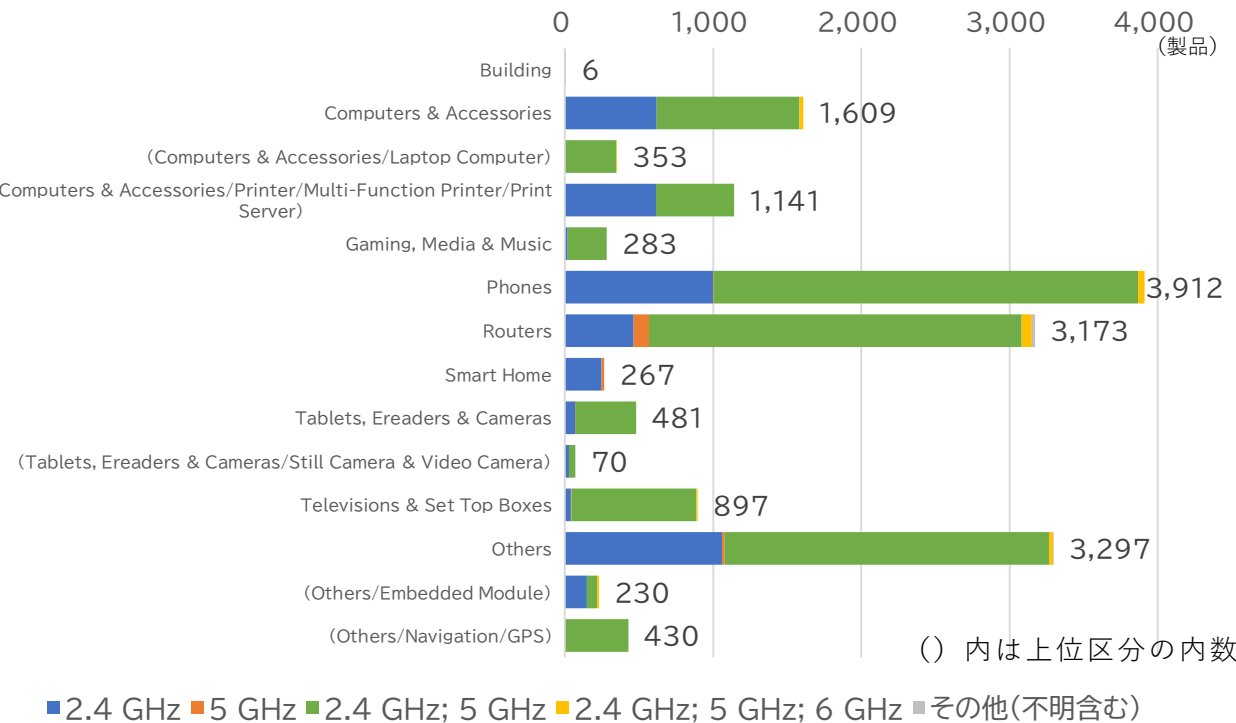
- 各国の技術基準や試験方法の差異は、各国の周波数の利用状況(割当て)や他の無線システムの運用に混信等の影響がないようにする条件(共用条件)等に起因する。
- 現状は日・欧・米の技術基準・試験方法の差異が大きく、当該基準に該当する欧米基準試験データを日本の技術基準の適合性判断に使用することは難しい。
- 欧州・米国間において試験データの受入れは実施されていない。
- 現在、シンガポールなど欧米基準試験データを受入れている国においては、自国の技術基準及び試験方法が欧州(ETSI規格)、米国(FCC規則)ベースとなっている例もある。

無線LAN等の市場の現状

1. 無線LAN製品の市場動向

- 2022年のWi-Fi機器の全世界での出荷台数は44億台と予測。累計の出荷台数は390億台を超え、現時点で180億台の機器が稼働していると予測^[1]。
- 無線LAN規格策定当初から使われる2.4GHz帯は、現在も大半の無線LAN機器が対応。IoT機器などの高速通信を必要としない製品や、低価格帯の製品などでは、2.4GHz帯のみに対応した製品も一定数あり。

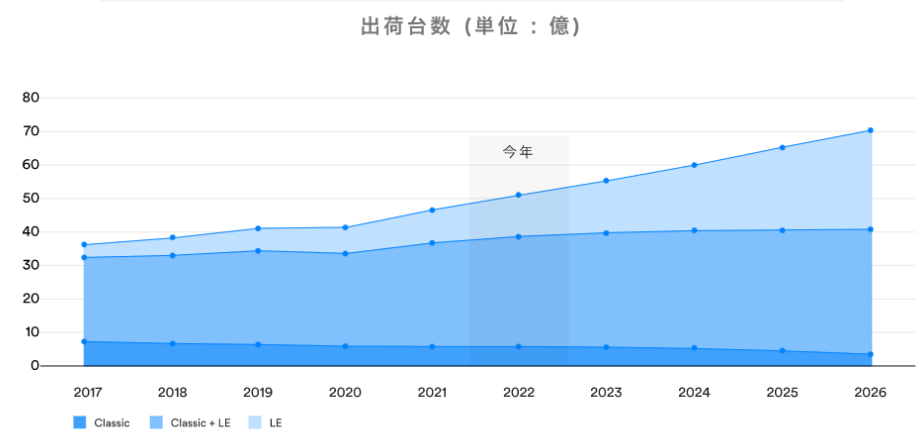
Wi-Fi CERTIFIED™製品 (20201.1.~2022.10.1に認定された製品)の 利用周波数帯^[3]



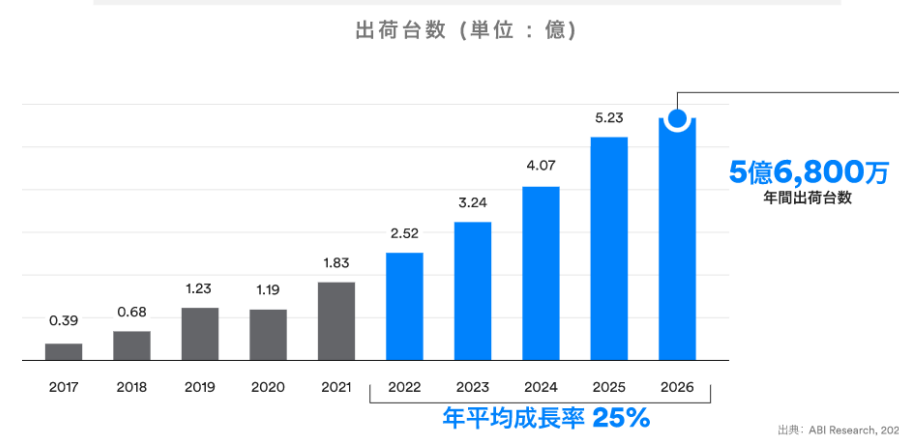
2. Bluetooth製品の市場動向

- 2022年のBluetooth対応製品の全世界での出荷台数は51億台と予想。2021年から2026年にかけて1.5倍、年平均成長率(CAGR)で9%増加すると予測^[2]。
- 従来から利用されているオーディオストリーミングやデータ転送に加えて、位置情報サービス、デバイスネットワーク(制御システム、監視システム、自動化システムなど)への利用も進展。

Bluetooth®対応デバイスバージョン別 出荷台数



Bluetooth®位置情報サービス機器 年間出荷台数

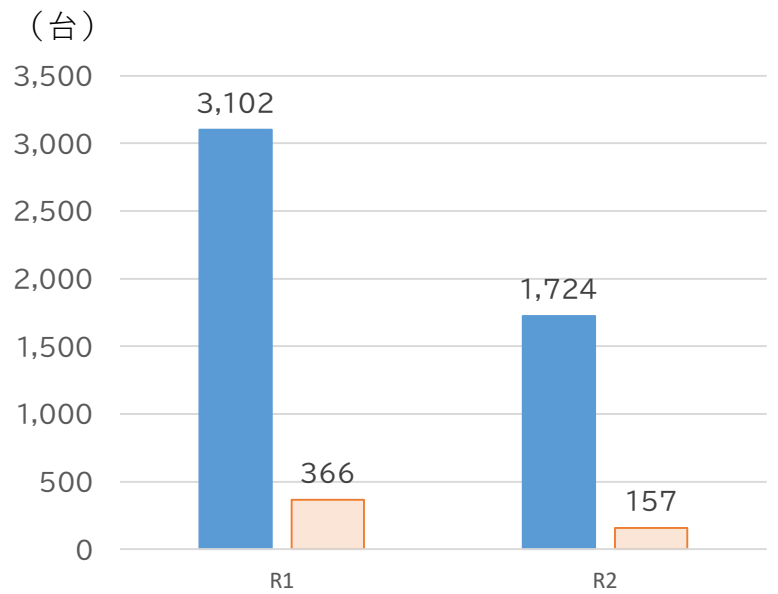


出所
 [1]Wi-Fi Alliance®, [Wi-Fi® momentum in 2022](#)、[2] Bluetooth® SIG, [2022 Market Update](#)
 [3]Wi-Fi Alliance®, [Wi-Fi CERTIFIED™ Product Finder](#)より作成

無線LAN等の技術適合証明等の取得状況

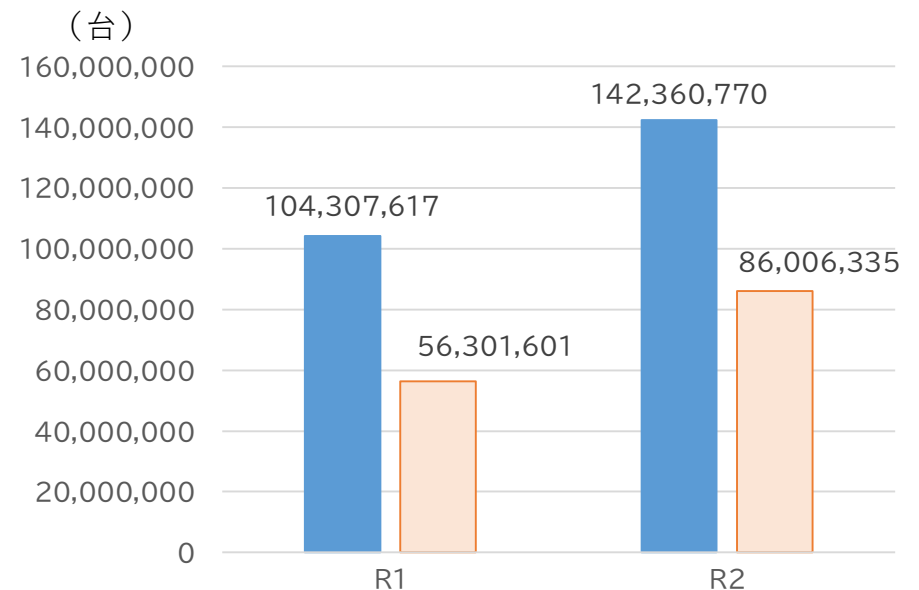
- 2.4GHz帯小電力データ通信システムの技術基準に基づき技術基準適合証明等を取得した設備は、令和2年度(2020年度)では1.4億台となり、増加している。

技術基準適合証明※1



- 2.4GHz帯小電力データ通信システム (2,400MHz以上 2,483.5MHz以下)
- 5GHz帯小電力データ通信システム (5,150MHzを超え、5,350MHz以下、5,470MHzを超え5,725MHz以下)

工事設計認証※2



- 2.4GHz帯小電力データ通信システム (2,400MHz 以上 2,483.5MHz 以下)
- 5GHz帯小電力データ通信システム (5,150MHzを超え、5,350MHz以下、5,470MHzを超え5,725MHz以下)

※1 技術基準適合証明は、総務大臣の登録を受けた者(登録証明機関)等が、特定無線設備について、電波法に定める技術基準に適合しているか否かについての判定を、無線設備1台ごとに行うもの。

※2 工事設計認証は、登録証明機関が、特定無線設備の設計図(工事設計)及び製造等の段階における品質管理方法を対象として、技術基準に適合しているかどうかの判定を行うもの。

今後の取組の方向性

現状・課題




- 現行制度では欧米基準試験データの日本の技術基準適合証明等への活用は困難。このため、欧米試験データの活用による認証の効率化を行うためには、技術基準や試験方法の見直しが不可欠。

対応の方向性

- 周波数の割当状況や利用状況、無線LAN・Bluetoothの市場の現状、技術基準適合証明等の取得状況を踏まえ、2.4GHz帯を利用する無線LAN等の技術基準を見直すべき。具体的には情報通信審議会にて審議。
- その際、我が国の消費者が引き続き最先端の無線機器を利用できる環境を確保する観点から、欧米基準試験データを活用できるよう、以下の観点等から議論いただく。
 - 欧米の技術基準や近年の技術動向を踏まえて、日本の技術項目が真に必要なのか等を検証し、検証の結果、削除可能な項目は削除してはどうか
 - 真に必要な技術項目であっても、他の技術項目への統合ができるか、また試験方法を見直せるかを検証し、検証の結果、代替が可能な項目への統合または基準値等を見直してはどうか




(参考)日欧米における技術基準の策定の経緯等

○無線機器の定義・要件

 無線設備 無線電信、無線電話その他電波を送り、又は受けるための電氣的設備 送信設備 送信装置と送信空中線系から構成される電波を送る設備 受信設備	 Radio Equipment 無線通信および／または無線測位を目的として意図的に電波を放射または受信する電気・電子製品	 RF Device *Part15 無線サービス 免許要(Part22~) 意図的放射器* 免許不要 非意図的放射器* 偶発的放射器* ISM機器 (Part18~)
日本 電波法	欧州 無線機器指令(RED)	米国 FCC規則 Part 15*
第三章 無線設備 第二十八条 送信設備に使用する電波の周波数の偏差及び幅、高調波の強度等電波の質*は、総務省令で定めるところに適合するものでなければならない。 第二十九条 受信設備は、その副次的に発する電波又は高周波電流が、総務省令で定める限度をこえて他の無線設備の機能に支障を与えるものであつてはならない。 *無線設備規則第二節 電波の質 第五条 周波数の許容偏差 第六条 占有周波数帯幅の許容値 第七条 スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値 上記に基づく技術基準を規定。	Article 3 Essential requirements 1. 無線機器は、以下の事項を保証するように構築されなければならない。 (a)指令 2014/35/EU に定める安全要件に関する目的を含む、人及び飼育動物の健康及び安全の保護並びに財産の保護、ただし、電圧制限は適用しない。 (b)指令2014/30/EUに規定される適切なレベルの電磁両立性。 2. 無線機器は、有害な干渉を回避するために、無線周波数の効率的な使用を支援し、かつ効果的に使用するように構築されなければならない。 電気安全・電磁両立性も無線機器の要件。 干渉の防止に加え周波数の効率的な使用が要件。 →受信側の要求事項も規定される。	Subpart A § 15.5 General conditions of operation. (b) 意図的、非意図的または偶発的な放射器の運用は、有害な干渉を発生させないこと、および認可された無線局の運用、他の意図的または非意図的放射器、産業・科学・医療(ISM)機器、または偶発的放射器により発生される可能性のある干渉を受け入れることを条件とする。 有害な干渉を発生させないことを条件とする。

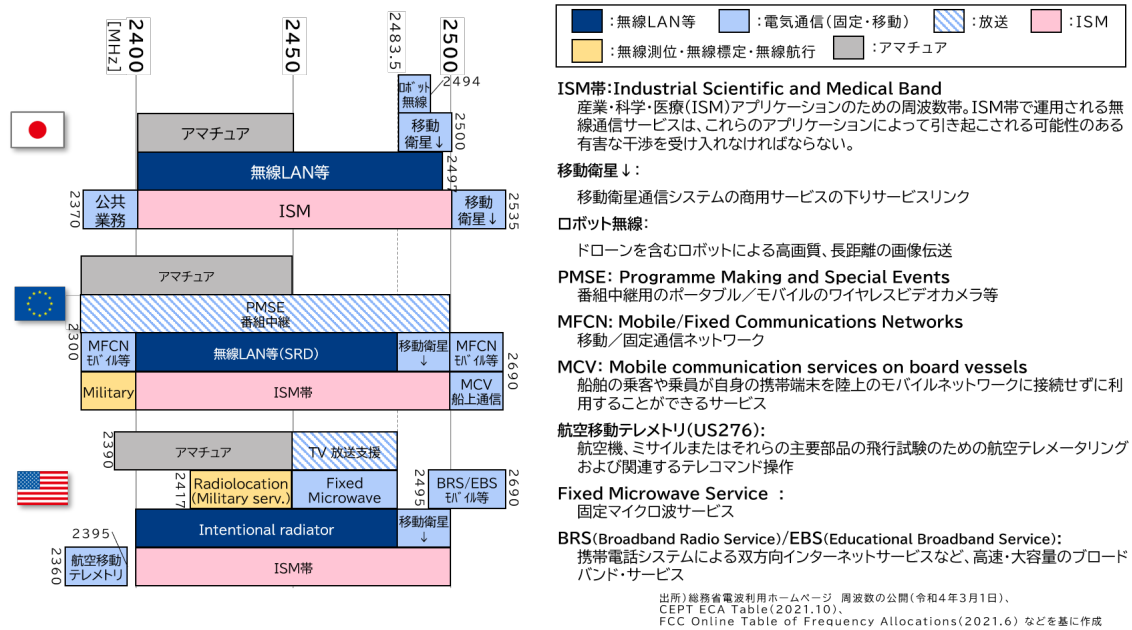
2014/35/EU:低電圧指令、 2014/30/EU:EMC指令

○2.4GHz の無線 LAN 等の法令上の区分

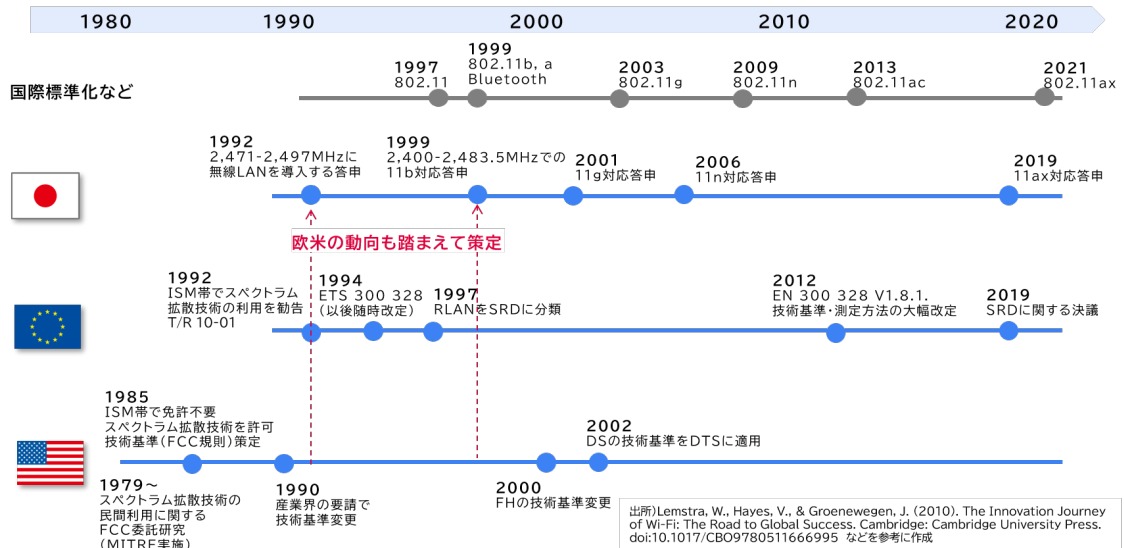
	 日本	 欧州	 米国
2.4GHz帯無線LAN等の法令上の区分および定義	免許を要しない無線局／小電力の特定の用途に使用する無線局／小電力データ通信システム 主としてデータ伝送のために無線通信を行うもの(電気通信回線設備に接続するものを含む。)であつて、次に掲げる周波数の電波を使用し、かつ、空中線電力が〇・五八ワット以下であるもの(第十一号に規定する五・二GHz帯高出力データ通信システムの無線局を除く。) <電波法施行規則第6条第4項第4号>	ショートレンジデバイス(SRD)／Wideband data transmission devices 広帯域変調技術を使用して周波数にアクセスする無線機器を対象とする。典型的な用途としては、無線ローカルエリアネットワーク(WAS/RLAN)などの無線アクセスシステム、データネットワークにおける広帯域SRDなど。 <決議(EU) 2019/1345>	意図的放射器／Digital transmission systems (DTS) および Frequency hopping system (意図的放射器)意図的に放射線または誘導によって高周波エネルギーを発生・放射する装置。 <FCC規則 Part 15.3(o)>
2.4GHz帯技術基準	無線設備規則第四十九条の二十(小電力データ通信システムの無線局の無線設備)	無線機器指令の整合規格 ・ EN 300 328 V2.2.2	FCC規則 Part 15 Subpart C § 15.247

○2.4GHz 帯の主な周波数利用状況

- 2.4GHz帯はISM帯であり、無線通信システム以外のシステムとも周波数を共有。



○技術基準・試験方法の策定経緯



○欧州の技術基準策定経緯

CEPT/ERC 勧告・規格	主な技術基準の策定・導入経緯
<p>1992年 CEPT ERC 勧告 T/R 10-01</p>	<p>先行する米国の状況、他システムとの共用検討の結果を踏まえ ISM 帯でスペクトラム拡散技術を使った Wide Band Data Transmission Systems の利用を勧告。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周波数: 2,400-2,500MHz ・ビットレート: 最低 250kbps ・トータル EIRP 電力: -10dBW(100mW)以下 <p><直接拡散(DS)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ピーク EIRP 電力密度: -20dBW(10mW)/MHz 以下 <p><周波数ホッピング(FH)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ピーク EIRP 電力密度: -10dBW(100mW)/100kHz 以下 <p>EN 300 328 V1.6.1.で削除</p>
<p>1994年 ETS 規格</p>	<p>ETS 300 328 策定、以後随時改定。 2000年からは EN 300 328 として発行。</p>
<p>1997年 ERC 勧告 70-03</p>	<p>RLAN を SRD に位置づけ (CEPT ERC 勧告 T/R 10-01)を置き換え。</p>
<p>2000年</p>	<p>ETSI が指向性アンテナの利用により EIRP500mW への引き上げを依頼 →EIRPの引き上げは 2.4 GHz 帯のさらなる輻輳につながると CEPT ERC が認めず</p>
<p>2012年 ETSI EN 300 328 改定 (V1.8.1.)</p>	<p>混雑した 2.4GHz 帯における通信の効率・質を高めるため周波数共用技術を必須とするとともに、多様な無線技術に対応するため技術基準・試験方法とも大幅に改定。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周波数ホッピング関連の各種技術基準 ・占有周波数帯域幅 ・帯域外領域の不要発射制限 ・Adaptivity ・受信機ブロッキング など その他測定方法の変更も多数あり

○米国の技術基準策定経緯

FCC 決定	主な技術基準の策定・導入経緯
<p>1985年 Docket No.81-413</p>	<p>ISM帯で免許不要でスペクトラム拡散技術を許可。当初別バンドでの導入も検討されていたが、放送などの既存免許人からの強い反対によりISM帯で決着した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・周波数:2,400-2,483.5MHz ・出力電力:1W以下 <p>1平方マイルのカバーエリアを想定。当初はメーカーから7W、10Wの提案もあったが、意図的放射器の概念に整合するよう1Wまで引き下げ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・帯域外放射:帯域外のRF出力電力が100kHz幅でキャリアから20dBc※キャリアとの相対値 <p><直接拡散(DS)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・6dB帯域幅:500kHz以上 <p><周波数ホッピング(FH)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ホッピング周波数:75以上 / チャネル間隔:25kHz以上 ・任意の周波数の平均占有時間:0.4秒以下/30秒 ・ホッピングチャネル帯域幅:25kHz以下
<p>1990年 Docket No.89 -354</p>	<p>産業界からの要望、意見募集を踏まえて技術基準を改定。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アンテナ利得:6dBi以下 <p><DS></p> <ul style="list-style-type: none"> ・パワースペクトル密度:8dBm/3kHz以下 <p>送信エネルギーが十分に広い帯域に均一に拡散するよう規定。許容値は出力1Wのエネルギーが500kHzに拡散と仮定。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・受信機における処理利得:10dB以上 <p><FH></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ホッピングチャネル帯域幅:25kHz以下→1MHz以下 <p>干渉の可能性を下げ、FHシステムの柔軟性を確保するため。</p>
<p>2000年 Docket No.99-231</p>	<p>新たな無線技術の開発・導入促進のため技術基準を改定。</p> <p><FH></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ホッピング周波数:15以上(出力電力125mW) <p>FHシステムの柔軟性を確保するため上記の要件を追加。</p>
<p>2002年 Docket No.99-231</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・直接拡散(DS)→デジタル変調(DTS)に対象拡大 ・処理利得の撤廃

○日本の技術基準策定経緯

答申・省令	一般的条件の策定経緯	無線設備の技術的条件の策定経緯
<p>1992年</p> <p>H4 年度答申</p> <p>電技審諮問第 57 号 (1992.7.27)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>郵政省省令第 78 号 (1992.12.25)</p>	<p>通信方式:スペクトル拡散方式の単向、単信、半複信、複信方式</p> <p>多様なニーズに対応可能な無線 LAN システムとしていずれも可とする。</p> <p>スペクトル拡散方式:直接拡散(DS)、周波数ホッピング(FH)、DS/FH 複合</p> <p>今後の研究開発動向に応じて、将来は他の拡散方式も含める。</p> <p>無線周波数帯:2,471-2,947MHz(日本独自)</p> <p>新たにスペクトル拡散方式を実用化し、その特徴を生かすため ISM 周波数帯の 2,400-2,500MHz から選択することが適当。不要輻射調査から電子レンジ等の ISM 装置から干渉が少なくなる周波数帯を選択。</p> <p>空中線電力:平均電力 10mW/MHz 以下</p> <p>ISM 帯で利用することから密度電力で規定することが適当。</p> <p>標準的なシステムとして伝送速度 256kbps、通信距離 30m を想定。2,471-2,500MHz における干渉電力の総電力の推定結果 (-68.8dBm) を用いて、所用空中線電力として導出。</p> <p>送信空中線の絶対利得:2.14dBi を超える場合は超えた分に相当する電力を減じる</p> <p>FCC を参考に干渉距離を増加させないために追加。</p> <p>違法使用対策:高周波部及び変調部は容易に開けることができないこと</p> <p>システムが情報処理機器に組み込まれ違法に利用される場合を考慮。</p>	<p>周波数の許容偏差: $\pm 50 \times 10^{-6}$ 以内</p> <p>スペクトラム拡散方式では周波数によるチャネル形成を必要とせず、また隣接チャネルの概念も存在しないため。</p> <p>スプリアス発射の強度の許容値:</p> <p><2,458MHz 未満、2,510MHz 超> $2.5 \mu W$ 以下</p> <p><2,458 以上 2,471MHz 未満、2,497 超 2,510MHz 以下> $25 \mu W$ 以下</p> <p>空中線電力の許容偏差 上限+20%以内、下限-80%以内</p> <p>占有周波数帯幅:26MHz 以下</p> <p>指定周波数帯幅以下の必要周波数帯幅とすることが適当。</p> <p>拡散帯域幅:500kHz 以上、拡散率:10以上</p> <p>全電力の 90% が含まれる周波数帯幅を拡散帯域幅と規定。国際的な動向から 拡散帯域幅は 500kHz、拡散率は 10 以上とすることが適当。</p> <p>副次的に発する電波の限度:4nW 以下(1GHz 未満)、20nW 以下(1GHz 以上)</p> <p>電気通信回線設備との接続:混信防止機能</p> <p>混信による誤接続等を防止するため。</p>
<p>1999 年</p> <p>H10 年度答申</p> <p>電技審諮問第 57 号 (1999.3.23)</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>通信方式(追加周波数帯):デジタル信号を伝送する単向、単信、半複信、複信方式</p> <p>システムの要求に適した変調を選択し、設計の自由度を高めるため拡張。</p>	<p>スプリアス発射の強度の許容値(追加周波数帯):</p> <p><2,387MHz 未満、2,496.5MHz 超> $2.5 \mu W$ 以下</p>

<p>郵政省省令第76号 (1999.10.8)</p>	<p>無線周波数帯: 2,400-2,483.5MHz(追加、各国と整合)</p> <p>空中線電力(追加周波数帯): <2427-2470.75MHzのFH、DS/FH>3mW/MHz以下※ <上記以外のSS方式>10mW/MHz以下 <上記以外>10mW以下</p> <p>※移動体識別システムと周波数を共用する場合干渉を与えないよう配慮。</p> <p>空中線絶対利得: 2.14dBi以下。但しEIRPが2.14dBiの送信空中線に平均電力10mW/MHz(または、3mW/MHz)の空中線電力を加えたとき以下の値となるときは、その低下分を補うことができる。</p>	<p><2,387以上2,400MHz未満、2,483.5超2,496.5MHz以下>25μW以下</p> <p>占有周波数帯幅(追加周波数帯): <FH、FH/DS>83.5MHz以下 <上記以外>26MHz以下</p> <p>諸外国で検討されているシステムとのハーモナイゼーションを考慮。</p> <p>拡散率(追加周波数帯): 5以上</p> <p>IEEE802.11における検討状況を踏まえて既存周波数帯の10から緩和。拡散/逆拡散を簡略化できれば、消費電力を低減し、コスト減・高速伝送が可能。</p> <p>FH、DS/FHのホッピング周波数滞留時間(追加周波数帯): 0.4秒以下</p> <p>国際的な技術動向も踏まえ、干渉防止のため同一周波数への滞留を制限。</p>
<p>2001年 H13年度答申 情通審諮問第2001号 (2001.9.25) ↓ 総務省令第21号 (2002.2.28)</p>	<p>変調方式: OFDM、SS、或いはこれ以外のデジタル変調方式</p> <p>スペクトラム拡散方式: DS、FH、DS/FH、OFDM/FH</p> <p>空中線電力: <2,427-2,470.75MHzのFH、DS/FH、OFDM/FH>3mW/MHz以下 <上記以外のOFDM/SS>10mW/MHz以下 <上記以外>10mW以下</p> <p>11g(OFDM方式)への対応。</p> <p>送信空中線の絶対利得: 12.14dBi以下であること。 但しEIRPが12.14dBiの送信空中線に平均電力10mWの空中線電力を加えたとき以下の値となるときは、その低下分を補うことができる。</p> <p>送信空中線の水平及び垂直面の主輻射の角度の幅は360/A*度を超えないこと。A* EIRPを2.14dBiの送信空中線に平均電力10mW/MHzを加えたときの値で除したもの。1を下回るときは1とする。</p>	<p>占有周波数帯幅: <FH、DS/FH、OFDM/FH>: 83.5MHz以下 <上記以外>26MHz以下</p> <p>11g(OFDM方式)への対応。</p> <p>FHの滞留時間: 0.4秒以下</p> <p>FH(DS/FHとOFDM/FH除<): 0.4秒に拡散率を乗じた時間内で任意の周波数での周波数滞留時間の合計が0.4秒以下</p>

	高指向性アンテナの導入にあたって、アンテナ利得に応じて半値角を規制することによって、与干渉面積の増加を抑制。	
<p>2006年</p> <p>H18年度答申 情通審諮問第2014号 (2006.12.21)</p> <p>↓</p> <p>総務省令第74号 (2007.6.28)</p>	<p>空中線電力:</p> <p><2,427-2,470.75MHzのFH、DS/FH、OFDM/FH>3mW/MHz以下</p> <p><SS>10mW/MHz以下</p> <p><OFDM占有周波数帯26MHz以下</p> <p>>10mW/MHz以下</p> <p><OFDM占有周波数帯26MHz超~38MHz以下>5mW/MHz以下</p> <p><上記以外>10mW以下</p> <p>5.2GHz帯に準じた11n(40MHzシステム)への対応。</p>	<p>占有周波数帯幅:</p> <p><FH、DS/FH、OFDM/FH>:83.5MHz以下</p> <p><OFDMで上記以外>38MHz以下</p> <p><上記以外>26MHz以下</p> <p>5GHz帯に準じた11n(40MHzシステム)への対応。</p> <p>キャリアセンス:40MHzシステムはキャリアセンスを備える</p>
<p>2019年</p> <p>H31年度答申 情通審諮問第2009号 (2019.4.26)</p> <p>↓</p> <p>総務省令第27号 (2019.7.11)</p>	<p>空中線電力:</p> <p><2,427-2,470.75MHzのFH、DS/FH、OFDM/FH>3mW/MHz以下</p> <p><SS>10mW/MHz以下</p> <p><OFDM占有周波数帯26MHz以下</p> <p>>10mW/MHz以下</p> <p><OFDM占有周波数帯26MHz超~40MHz以下>5mW/MHz以下</p> <p><上記以外>10mW以下</p> <p>11ax(40MHzシステム)への対応。</p>	<p>占有周波数帯幅:</p> <p><FH、DS/FH、OFDM/FH>:83.5MHz以下</p> <p><OFDMで上記以外>40MHz以下</p> <p><上記以外>26MHz以下</p> <p>11ax(40MHzシステム)への対応。</p>

平成 4 年 度

電気通信技術審議会答申

諮問第 57 号

「無線 LAN システムの技術的条件」

のうち

準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の
無線 LAN システム及び準ミリ波帯の周波数を利用する無
線 LAN システムの技術的条件

平成 4 年 7 月 27 日

目 次

	ページ
1 答申書	1
2 別紙（諮問第57号一部答申）	3
3 電気通信技術審議会無線LANシステム委員会報告	11
4 参考資料	29
5 諮問書・諮問理由	81

電気通信技術審議会委員

会 長	齋 藤 成 文	東京大学 名誉教授
会長代理	園 山 重 道	(財)移動無線センター 会長
委 員	青 井 舒 一	(株)東芝 代表取締役会長
〃	安 達 三 郎	東北大学 工学部教授
〃	市 原 博	国際電信電話(株) 代表取締役社長
〃	稲 盛 和 夫	第二電電(株) 代表取締役会長
〃	岩 崎 昇 三	日本コムシス(株) 代表取締役副社長
〃	大 越 孝 敬	東京大学 先端科学技術研究センター教授
〃	金 岡 幸 二	(株)インテック 代表取締役会長兼社長
〃	熊 谷 信 昭	大阪大学 名誉教授
〃	河内山 重 高	山陽放送(株) 代表取締役社長
〃	椎 名 武 雄	日本アイ・ビー・エム(株) 代表取締役社長
〃	関 本 忠 弘	日本電気(株) 代表取締役社長
〃	高 橋 寛 子	筑波技術短期大学 教授
〃	辻 井 重 男	東京工業大学 工学部教授
〃	徳 田 修 造	日本衛星放送(株) 代表取締役社長
〃	中 村 好 郎	日本放送協会 副会長・技師長
〃	西 澤 潤 一	東北大学 学長
〃	盛 田 昭 夫	ソニー(株) 代表取締役会長
〃	山 本 卓 眞	富士通(株) 代表取締役会長

平成4年7月27日

郵政大臣 渡辺 秀央 殿

電気通信技術審議会
会長 齋藤 成文

答 申 書

本審議会は、諮問第57号「無線LANシステムの技術的条件」（平成3年7月22日
付け郵通技第5号に基づく諮問）の審議を行った結果、別紙のとおり一部答申します。

別 紙

諮問第57号

「無線LANシステムの技術的条件」

のうち

準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の
無線LANシステム及び準ミリ波帯の周波数を利用する無
線LANシステムの技術的条件

諮問第57号『無線LANシステムの技術的条件』に対する一部答申

『無線LANシステムの技術的条件』のうち、準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の無線LANシステム（以下『中速無線LANシステム』という。）及び準ミリ波帯の周波数を利用する無線LANシステム（以下『高速無線LANシステム』という。）の技術的条件は、それぞれ次のとおりとすることが適当である。

1 中速無線LANシステムの技術的条件

1.1 適用範囲

技術的条件の適用範囲は、送受信装置及び制御装置とする。

1.2 一般的条件

(1) 通信方式

単向、単信、半複信又は複信方式であること。

(2) スペクトル拡散方式

直接拡散(DS)方式、周波数ホッピング(FH)方式又はDS方式とFH方式との複合(DS/FH)方式であること。

(3) 無線周波数帯

新たにスペクトル拡散方式を実用化することから、産業科学医療用(ISM)の使用に指定されている2400MHz～2500MHzの周波数帯(ISMバンド)から選択すること。

(4) 空中線電力

ISMバンドを利用することから、密度電力で規定することが適当であり、1MHz当たり、10mW以下であること。

なお、送信空中線の絶対利得が2.14dBiを超える場合は、超えた分に相当する電力を減じるものとする。

(6) 違法使用への対策

送信装置の主要な部分は、容易に開けることができない構造であること。

1.3 無線設備の技術的条件

1.3.1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

$\pm 50 \times 10^{-6}$ 以内であること。

(2) スプリアス発射の強度の許容値

指定周波数帯を除いた周波数fにおいて、次のとおりとすること。

ア $f_L - f_H \leq f < f_L$ 及び $f_U < f \leq f_U + f_H$ 2.5 μ W以下

イ $f_L - f_H > f$ 及び $f_U + f_H < f$ 2.5 μ W以下

f_L : 指定周波数帯(その周波数帯の中央の周波数が割当周波数と一致し

、かつ、その周波数帯幅が占有周波数帯幅の許容値と周波数の許容偏差の絶対値の2倍との和に等しい周波数帯をいう。以下同じ。) の下限周波数 (MHz)

f_U : 指定周波数帯の上限周波数 (MHz)

f_H : 指定周波数帯幅 $\times 1/2$ (MHz)

- (3) 空中線電力の許容偏差
上限 + 20%、下限 - 80% 以内であること。
- (4) 占有周波数帯幅の許容値
指定周波数帯幅以下の必要周波数帯幅 (与えられた発射の種別について、特定の条件のもとにおいて、使用される方式に必要な速度及び質で情報の伝送を確保するために十分な占有周波数帯幅の最小値をいう。) であること。
- (5) 拡散帯域幅 (全電力の 90% が含まれる周波数帯幅)
500 kHz 以上であること。
- (6) 拡散率 (拡散帯域幅のシンボルレートに等しい周波数に対する比)
10 以上であること。

1.3.2 受信装置

- (1) 不要輻射
1 GHz 未満の周波数において 4 nW 以下、1 GHz 以上の周波数において 20 nW 以下であること。

1.3.3 電気通信回線設備との接続

電気通信回線設備に接続するものは、次の条件に適合すること。

- (1) 個別識別符号 (IDコード)
識別信号を利用し、19 ビット以上で構成すること。
- (2) インタフェース条件
混信による誤接続等を防止するため、キャリアセンス又は相関信号センスにより対策を講ずるものであること。

1.3.4 呼出名称記憶装置等の機能

電気通信技術審議会答申『陸上に開設する無線局の自動識別装置の技術的条件』(昭和62年4月:諮問第29号答申)に準ずること。

1.4 測定法

国内で適用されている測定法に準ずることが適当であるが、今後、IEC等国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

1.4.1 送信装置

- (1) 周波数
拡散変調を停止した状態で、周波数計を用いて平均値 (バースト波にあってはバースト内の平均値) を測定すること。
なお、空中線測定端子がない場合は、周波数計をRF結合器又は空中線で結合し測定すること。
- (2) スプリアス発射の強度

標準符号化試験信号（符号長511ビットの2値擬似雑音系列：9段PNパターンをいう。以下同じ。）を入力信号として加え、スペクトルアナライザを用いて各成分の平均電力（バースト波にあっては、バースト内の平均電力）を測定すること。

なお、空中線測定端子がない場合は、測定距離3mの電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して測定する周波数毎に校正されたRF結合器を用いて測定すること。

(3) 空中線電力

標準符号化試験信号を入力信号として加え、1MHzの帯域幅における平均電力をスペクトルアナライザのIF出力部又はビデオ出力部に波形記録計を接続したものをを用いて測定すること。

平均電力を求める際の平均時間は、DS方式にあっては0.4秒、その他の方式にあっては、〔拡散帯域幅(MHz)〕×0.4÷〔FHを停止した場合の拡散帯域幅(MHz)〕(秒)とすること。各拡散帯域幅が1MHz以下の場合には、1MHzとして求めること。

なお、空中線測定端子がない場合は、スプリアス発射の強度の測定法の空中線測定端子がない場合に準ずること。

(4) 占有周波数帯域幅

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力をスペクトルアナライザを用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ0.5%となる周波数帯幅を測定すること。

なお、空中線測定端子がない場合は、適当なRF結合器又は空中線で結合し測定すること。

(5) 拡散帯域幅

占有周波数帯域幅の測定法に準ずること。

(6) 拡散率

拡散帯域幅(Hz)を、シンボルレートに等しい周波数(Hz)で除した値を求めること。

1.4.2 受信装置

(1) 不要輻射

IEC Pub. 489-3に準ずること。

2 高速無線LANシステムの技術的条件

2.1 適用範囲

技術的条件の適用範囲は、送受信装置及び制御装置とする。

2.2 一般的条件

(1) 通信方式

- 単向、単信、半複信又は複信方式であること。
- (2) 伝送方式
時分割複信 (TDD) 方式であること。
 - (3) 伝送速度
10 Mbps 以上であること。
 - (4) 変調方式
直交振幅変調 (QAM) 方式、4 値周波数偏位キーキング (4 値FSK) 方式
又は4 相位相変調 (QPSK) 方式であること。
 - (5) キャリア周波数間隔
20 MHz であること。インタリーブ方式の場合は、10 MHz であること。
 - (6) 無線周波数帯
準ミリ波帯 (18~20 GHz 帯) の中から選択すること。
 - (7) 空中線電力
300 mW 以下であること。
 - (8) 違法使用への対策
送信装置の主要な部分は、容易に開けることができない構造であること。

2.3 無線設備の技術的条件

2.3.1 送信装置

- (1) 周波数の許容偏差
±10 × 10⁻⁶ 以内であること。
- (2) スプリアス発射の強度の許容値
100 μW 以下であること。
- (3) 空中線電力の許容偏差
上限 +20%、下限 -80% 以内であること。
- (4) 占有周波数帯域幅の許容値
17 MHz 以内であること。
- (5) 隣接チャネル漏洩電力
搬送波の周波数から 20 MHz 離れた周波数の ±8.5 MHz の帯域内に輻射
される平均電力が、搬送波の平均電力より 40 dB 以上低いこと。

2.3.2 受信装置

- (1) 受信感度
データ・パケット誤り率が 5 × 10⁻² となる受信機入力電力は -71 dBm
以下であること。
- (2) スプリアス・レスポンス
10 dB 以上であること。
- (3) 隣接チャネル選択度
隣接チャネル間隔 20 MHz 離れた周波数において 25 dB 以上であること
- (4) 不要輻射
1 GHz 未満の周波数において 4 nW 以下、1 GHz 以上 10 GHz 未満の

周波数において20 nW以下、10 GHz以上の周波数において20 μW以下であること。

2.3.3 空中線

空中線の絶対利得は、20 dBi以下であること。

2.3.4 電気通信回線設備への接続

電気通信回線設備に接続するものは、次の条件に適合すること。

(1) 個別識別符号（IDコード）

識別信号を利用し、19ビット以上で構成すること。

(2) インタフェース条件

混信による誤接続等を防止するため、マイクロセル構成による周波数配置の調整、キャリアセンス機能又は指向性中線の調整等のいずれか最適な対策を講ずるものであること。

2.3.5 呼出名称記憶装置等の機能

電気通信技術審議会答申『陸上に開設する無線局の自動識別装置の技術的条件』（昭和62年4月：諮問第29号答申）に準ずること。

2.4 測定法

国内で適用されている測定法に準ずることが適当であり、今後、IEC等の国内的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

2.4.1 送信装置

(1) 周波数

無変調の連続送信状態にし、周波数計で測定する。無変調状態にできない場合は、標準符号化試験信号（符号長511ビットの2値擬似雑音系列：9段PNパターンをいう。以下同じ。）を入力信号とし、バースト内の平均値を測定すること。

なお、空中線測定端子がない場合は、周波数計をRF結合器又は空中線で結合し測定すること。

(2) スプリアス発射の強度

標準符号化試験信号を入力信号として加えて、スペクトルアナライザを用いて各成分の電力を測定すること。

なお、空中線測定端子がない場合は、測定距離3mの電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式を使用して測定する周波数毎に校正されたRF結合器を用いて測定すること。

(3) 空中線電力

標準符号化試験信号を入力信号として加えて、スペクトルアナライザを用いて測定すること。

なお、空中線測定端子がない場合は、スプリアス発射の強度の測定法の空中線測定端子がない場合に準ずること。

(4) 占有周波数帯幅

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を求め、スペクトル分布の上限及び下限における電力の和が、それぞれ0.5%となる周波数帯幅をスペクトルアナライザを用いて測定すること。

なお、空中線測定端子がない場合は、適当なRF結合器又は空中線で結合し測定すること。

(5) 隣接チャンネル漏洩電力

標準符号化試験信号を入力信号として加えた場合において、搬送周波数から隣接チャンネル間隔20MHz離れた規定の周波数帯域幅17MHzにおける電力をスペクトルアナライザを用いて測定すること。

なお、空中線測定端子がない場合は、占有周波数帯幅の測定法の空中線測定端子がない場合に準ずること。

2.3.2. 受信装置

(1) 受信感度

パケット誤りを検出する1単位のパケット(約300バイト)を連続して、5000回伝送し、パケット誤り率が 5×10^{-2} 以下となる受信入力レベルを測定すること。

(2) スプリアス・レスポンス

-71dBm+3dBの希望波を加えて、無変調の妨害波によりパケット誤り率が 5×10^{-2} 以下となる妨害波レベルと当該希望波の比を測定すること。

(3) 隣接チャンネル選択度

-71dBm+3dBの希望波を加えて、デジタルパケット信号で変調された隣接妨害波によりパケット誤り率が 5×10^{-2} 以下となる妨害波レベルと当該希望波の比を測定すること。

(4) 不要輻射

IEC Pub. 483-3 19節に準ずること。

電気通信技術審議会

無線 LAN システム 委員会 報告

目 次

	ページ
I 審議事項	1 5
II 委員会等の構成	1 5
III 審議経過	1 5
IV 審議概要	1 5
1 中速無線LANシステム	1 5
2 高速無線LANシステム	2 0
V 審議結果	2 5
VI その他	2 5
「無線LANシステム委員会」の構成	2 6
「無線LANシステム委員会分科会」の構成	2 7

無線LANシステム委員会報告

I 審議事項

無線LANシステム委員会は、諮問第57号『無線LANシステムの技術的条件』のうち、準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の無線LANシステム（以下『中速無線LANシステム』という。）及び準ミリ波帯の周波数を利用する無線LANシステム（以下『高速無線LANシステム』という。）の技術的条件について審議を行った。

II 委員会等の構成

別表のとおり。

なお、審議の促進を図るため本委員会の下に分科会を設けて審議を行った。

III 審議経過

委員会における審議経過は次のとおりである。なお、分科会を5回開催し、審議の促進を図った。

1 第1回（平成3年7月31日）

無線LANシステム委員会の審議方針、スケジュール及び無線LANシステムの概要について審議を行った。

なお、審議の促進を図るため分科会で詳細な検討を進めることとした。

2 第2回（平成4年5月14日）

分科会から中速無線LANシステム及び高速無線LANシステムの技術的条件に関する審議状況について報告を受けた。

さらに、本委員会において、外部関係者からの意見聴取を行った。所定の期日までに申し出のあった4機関（慶応義塾大学、キャノン㈱、日本エヌ・シー・アール㈱、マルヤス工業㈱）の代表者から意見陳述が行われた。

3 第3回（平成4年6月15日）

中速無線LANシステム及び高速無線LANシステムの技術的条件に関する答申案及び委員会報告案について審議を行った。

IV 審議概要

近年のパソコンの普及、各種情報通信機器の出現に伴い、オフィスや工場におけるLANの利用形態は多様化してきている。オフィスや工場等における情報通信機能をさらに拡充するために、機能性、柔軟性に優れた無線LANシステムの早期導入への期待が高まってきている。このため無線LANシステムのうち、プロトコルを規定しない準マイクロ波帯の周波数を利用する中速無線LANシステム及び準ミリ波帯の周波数を利用する高速無線LANシステムの実用化に当たり、周波数の有効利用等に配慮した技術的条件について審議を行った。

1 中速無線LANシステム

(1) システムの概要

中速無線LANシステムは、デジタル化された情報信号をスペクトル拡散技術を用いて無線伝送を行うシステムで、256kbpsから2Mbps程度の伝送速度のものが実現可能となる。

スペクトル拡散技術を用いる理由は、次のとおりである。

- ア マルチパスフェージング対策が容易であること。
- イ 妨害波等の干渉に対する耐性が大きいこと。
- ウ 情報のセキュリティ確保に優れていること。

(2) 適用範囲

技術的条件の適用範囲は、送受信装置及び制御装置とする。

(3) 一般的条件

ア 通信方式

多様なニーズに対応可能な無線LANシステムとして、単向、単信、半複信、複信方式のいずれも可能とすることが適当である。

イ スペクトル拡散方式

直接拡散(DS)方式(スペクトルを拡散させるべき情報信号に、それより広帯域の拡散信号を直接乗算させてスペクトル拡散させる方式)、周波数ホッピング(FH)方式(情報信号で変調された主信号の搬送周波数を、拡散信号に応じて、与えられた周波数帯内でランダムかつ離散的に切り替え掃引する方式)又はDS方式とFH方式との複合(DS/FH)方式とすることが適当である。

なお、今後の研究開発動向に応じて、将来は他の拡散方式も含めることが適当である。

ウ 伝送速度

信号の伝送速度は、システムとして利用できる周波数帯幅で制約されるが、現在のところ数十MHzの帯域幅で256kbpsから2Mbps程度のものが実現可能である。しかし、今後の技術開発により、さらに高速化が期待されるので、情報信号の伝送速度は規定しないことが適当である。

エ 無線周波数帯

新たにスペクトル拡散方式を実用化し、また、スペクトル拡散方式の特徴を活かすため産業科学医療用(ISM)に指定されている周波数帯のうち2400MHzから2500MHzの周波数帯(ISMバンド)から選択することが適当である。

256kbpsから2Mbps程度の伝送速度を実現するために、26MHz幅以上のスペクトルを利用できることが望ましい。

なお、諸外国においても同周波数帯においてスペクトル拡散方式による無線LANシステムが実用化されている。(参考資料1-4、1-5)

オ 空中線電力

ISMバンドを利用することから密度電力で規定することが適当であり、標準的なシステムとして伝送速度約256kbps、通信距離約30mのものを想定し、1MHz当たり、平均電力10mW以下が適当である。(参考資料1-3)

変調の方式によって電力が変動する場合、平均電力の瞬間最大値は、〔空中線

電力の定格値×1.2倍×拡散帯域幅(MHz)÷無線区間の情報信号のシンボルレートに等しい周波数(MHz)以下とすることが適当である。この場合、拡散帯域幅が1MHz以下の場合は、1MHzとする。

なお、送信空中線の絶対利得が2.14dBiを超える場合は、干渉距離を増加させない観点から超えた分に相当する電力を減じることが適当である。

カ 違法使用への対策

違法使用を防止するための対策は、本システムが情報処理機器に組み込まれて利用される場合を考慮し、送信装置の主要な部分について容易に開けることのできない構造にすることが適当である。

(4) 無線設備の技術的条件

ア 送信装置

(7) 周波数の許容偏差

スペクトル拡散方式では、周波数によるチャネル形成を必要とせず、また隣接チャネルの概念も存在しないため、周波数の許容偏差は $\pm 50 \times 10^{-6}$ 以内とすることが適当である。

(4) スプリアス発射の強度の許容値

指定周波数帯(その周波数帯の中央の周波数が割当周波数と一致し、かつ、その周波数帯幅が占有周波数帯幅の許容値と周波数の許容偏差の絶対値の2倍との和に等しい周波数帯をいう。以下同じ。)を除いた周波数 f において、次のとおりとすることが適当である。

$$\cdot f_1 - f_0 \leq f < f_1 \text{ 及び } f_u < f \leq f_u + f_0 \quad 2.5 \mu\text{W以下}$$

$$\cdot f_1 - f_0 > f \quad \text{及び } f_u + f_0 < f \quad 2.5 \mu\text{W以下}$$

f_1 : 指定周波数帯の下限周波数(MHz)

f_u : 指定周波数帯の上限周波数(MHz)

f_0 : 指定周波数帯×1/2 (MHz)

(9) 空中線電力の許容偏差

上限+20%以内及び下限-80%以内とすることが適当である。

(1) 占有周波数帯幅の許容値

指定周波数帯幅以下の必要周波数帯幅(与えられた発射の種別について、特定の条件のもとにおいて、使用される方式に必要な速度及び質で情報の伝送を確保するために十分な占有周波数帯幅の最小値をいう。)とすることが適当である。

(4) 拡散帯域幅

全電力の90%が含まれる周波数帯幅を拡散帯域幅と規定し、国際的な動向から500kHz以上とすることが適当である。

(4) 拡散率

拡散率(拡散帯域幅のシンボルレートに等しい周波数に対する比をいう。以下同じ。)は、国際的な動向から10以上とすることが適当である。

イ 受信装置

ISMバンドを利用するため、ISM装置からの干渉を考慮すると受信感度(

基準感度)の規定は実用上役に立たない。また、スペクトル拡散方式は通常の周波数チャンネルの概念がないため、隣接チャンネル選択度や相互変調特性の規定も不可能である。

(7) 不要輻射

不要輻射は、1 GHz未満の周波数において4 nW以下、1 GHz以上の周波数において20 nW以下とすることが適当である。

ウ 電気通信回線設備との接続

電気通信回線設備に接続するものは、次の条件に適合するものとするのが適当である。

(7) 個別識別符号 (IDコード)

電気通信回線設備に接続するためのIDコードは、識別信号(呼出符号、呼出名称その他郵政省が管理する識別符号)を利用し、19ビット以上で構成することが適当である。

(4) インタフェース条件

電気通信回線設備とのインタフェースにおいて、混信による誤接続等を防止するため、キャリアセンス又は相関信号センスによる対策を講ずることが適当である。(参考資料1-6)

エ 呼出名称記憶装置等の機能

電気通信技術審議会答申『陸上に開設する無線局の自動識別装置の技術的条件』(諮問第29号:昭和62年4月答申)に準ずることが適当である。

なお、変調方式、変調速度等については、本無線LANシステムの方式によるのが適当である。(参考資料1-9)

(5) 測定法

国内で適用されている測定法に準ずることが適当であり、今後、IEC等の国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

ア 送信装置

(7) 周波数

A 空中線測定端子付きの場合

スペクトル拡散状態を停止した状態で、平均値(バースト波にあっては、バースト内の平均値)を周波数計を用いて測定することが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

周波数計をRF結合器又は空中線で結合し、Aと同様にして測定することが適当である。

(4) スプリアスの発射の強度

A 空中線測定端子付きの場合

標準符号化試験信号(符号長511ビット2値擬似雑音系列:9段PNをいう。以下同じ。)を入力信号として加えたときのスプリアス成分の平均電力(バースト波にあっては、バースト内の平均電力)をスペクトルアナライザを用いて測定することが適当である。

この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1 MHzに設定する

ことが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

測定距離 3 mの電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して測定する周波数毎に校正されたRF結合器を用い、その他の条件はAと同様にして測定することが適当である。

この場合、テストサイトの測定用空中線は指向性のものを用いることが適当である。また、被測定対象機器の大きさが60 cmを超える場合は、測定距離をその5倍以上とすることが適当である。100 MHz以下の周波数において測定が必要な場合は、測定距離を30 mとすることが適当である。

なお、空中線測定端子無しで測定する場合は、筐体輻射を含めて測定することになる。

(4) 空中線電力

A 空中線測定端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたとき、1 MHzの帯域幅における平均電力をスペクトルアナライザのIF出力部又はビデオ出力部に波形記録計を接続したものをを用いて測定することが適当である。

この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1 MHzに設定することが適当である。

平均電力を求める際の平均時間は、DS方式にあっては0.4秒、その他の方式にあっては、〔拡散帯域幅(MHz)〕×0.4÷〔FHを停止した場合の拡散帯域幅(MHz)〕(秒)とすることが適当である。なお、各拡散帯域幅が1 MHz以下の場合は、1 MHzとして計算することが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

測定距離 3 mの電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正されたRF結合器を用い、その他の条件はAと同様にして測定することが適当である。

この場合、テストサイトの測定用空中線は指向性のものを用いることが適当である。また、被測定対象機器の大きさが60 cmを超える場合は、測定距離をその5倍以上とすることが適当である。

(1) 占有周波数帯幅

A 空中線測定端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときのスペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和がそれぞれ全電力の0.5%となる周波数幅をスペクトルアナライザを用いて測定することが適当である。

この場合、スペクトルアナライザは、分解能帯域幅100 KHz、表示を最大値保持、周波数スパン幅100 MHzに設定することが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

適当なRF結合器又は空中線で結合し、Aと同様にして測定することが適

当である。

(6) 拡散帯域幅

A 空中線測定端子付きの場合

占有周波数帯幅の測定法に準ずることが適当である。

ただし、標準符号化試験信号を入力信号として加えたときのスペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和がそれぞれ全電力の5%となる周波数幅を測定するものとする。

B 空中線測定端子無しの場合

占有周波数帯幅の測定法に準ずることが適当である。

(7) 拡散率

拡散率は、拡散帯域幅(Hz)をシンボルレートに等しい周波数数(Hz)で除した値から求めることが適当である。

イ 受信装置

(7) 不要輻射

A 空中線測定端子付きの場合

スペクトルアナライザを用いて測定することが適当である。

この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1MHzとすることが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

送信装置のスプリアス発射の強度の測定法に準ずることが適当である。

2 高速無線LANシステム

(1) システムの概要

高速無線LANシステムは、現在、国際標準化されている有線LANシステムと同程度の伝送速度のデータ信号を無線により伝送するもので、伝送距離として半径20～30m程度のエリアをカバーするものである。準ミリ波帯の周波数において10Mbps以上の高速データを伝送できるシステムとしては、シングルキャリア技術を用いたものが国際的に実用化されている。

現在、国際標準の有線LANシステムには、IEEE802.3(CSMA/CD)、IEEE802.4(トークン・バス系)及びIEEE802.5(トークン・リング系)等がある。これらのLANシステムの伝送速度は10Mbps程度である。また、近年、より高速な伝送速度実現のため、光ファイバーケーブルを用いた100Mbps程度の超高速LANシステムの国際標準化も活発に行われている。しかし、有線LANシステムの場合、オフィス、工場、店舗等におけるレイアウト変更による各種機器、ケーブル等の移設工事の煩雑さが伴う。この制約を受けないものとして無線LANシステムの実用化が期待されている。

一方、LANに接続される端末装置のインタフェースは、前述のように国際標準化されているため、このインタフェースを確保しながら無線化を図ることがシステムの普及上重要である。このようなシステムの早期導入を図るため、プロトコルまで規定しない国際標準の高速LANシステムの無線化に必要な技術的条件について

審議を行った。

(2) 適用範囲

技術的条件の適用範囲は、送受信装置及び制御装置とする。

(3) 一般的条件

ア 通信方式

単向、単信、半複信又は複信方式のいずれも可能とすることが適当である。

イ 伝送方式

伝送方式としてはTDD (Time Division Duplex) 方式とFDD (Frequency Division Duplex) 方式があるが、次の特徴からTDD方式が適当である。

① パケットデータ通信に親和性がある。

② ペアバンドを必要とせず、帯域選択上の自由度が大きい。

ウ 伝送速度

信号の伝送速度は、10Mbps以上にすることが適当である。

将来的には、高能率な変調技術の開発により、限られた周波数帯域内でさらに高速化を図ることが期待される。

エ 変調方式

高速かつ高能率な変調方式が要求されるため、多値の振幅変調方式、周波数変調方式又は位相変調方式が適当である。

具体的には、技術的な実現性を考慮し、QAM (直交振幅変調) 方式、4値FSK (4値周波数偏位キーング) 方式又はQPSK (4相位相変調) 方式が適当である。

オ キャリア周波数間隔

10Mbpsの有線LANシステムを無線化する場合、同期信号、誤り訂正符号等の付加を考慮すると、無線区間の伝送速度は15Mbps程度必要となる。

変調方式において4値FSK方式は、QAM方式、QPSK方式に比べて、占有周波数帯域幅が広がる。4値FSK方式で15Mbpsの伝送速度を実現するとした場合、占有周波数帯域幅及び周波数偏差の許容値から、キャリア周波数間隔は、20MHzとすることが適当であり、さらに周波数有効利用の観点から10MHzのインタリーブを採用することが適当である。(参考資料2-2)

カ 無線周波数帯

10Mbps以上の高速の伝送速度を実現するためには、広帯域の周波数を必要とすることから、準ミリ波帯以上の周波数帯が適当である。

当面、技術的な実現性から準ミリ波帯の周波数が適当である。

具体的には、18~20GHz帯において、70~100MHz幅のスペクトルを無線LAN用として利用できることが望ましい。

(参考資料2-3、2-4、2-5)

キ 空中線電力

半径20~30m程度をサービスエリアとするため、空中線電力は300mW以下とすることが適当である。

ク 違法使用への対策

違法使用を防止するための対策は、本システムが情報処理機器に組み込まれて利用される場合を考慮し、送信装置の主要な部分について容易に開けることのできない構造にすることが適当である。

(4) 無線設備の技術的条件

ア 送信装置

(7) 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、 $\pm 10 \times 10^{-6}$ 以内とすることが適当である。

(イ) スプリアス発射の強度の許容値

スプリアス発射の強度は、 $100 \mu\text{W}$ 以下とすることが適当である。

(ロ) 空中線電力の許容偏差

電力増幅器の特性変動に加えて、指向性空中線への分配器及びマイクロストリップライン等の特性変動の影響が準ミリ波では顕著となるため、空中線電力の許容偏差は上限+20%以内、下限-80%以内とすることが適当である。

(ハ) 占有周波数帯域幅の許容値

17MHz以下とすることが適当である。(参考資料2-2)

(ニ) 隣接チャネル漏洩電力

隣接チャネル漏洩電力は、搬送波の周波数から20MHz離れた周波数の $\pm 8.5\text{MHz}$ の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力より40dB以上低い値とすることが適当である。

イ 受信装置

(7) 受信感度

データパケット誤り率が 5×10^{-2} となる受信機入力電力は、 -71dBm 以下であること。

(イ) スプリアス・レスポンス

スプリアス・レスポンスは、干渉妨害の許容値及び技術的な実現性を考慮して、10dB以上とすることが適当である。

(ロ) 隣接チャネル選択度

搬送波の周波数から20MHz離れた周波数において、25dB以上とすることが適当である。

(ハ) 不要輻射

不要輻射は、1GHz未満の周波数において4nW以下、1GHz以上10GHz未満の周波数において20nW以下、10GHz以上の周波数において $20 \mu\text{W}$ 以下とすることが適当である。

ウ 空中線

オフィス等における準ミリ波帯の伝搬特性は、室内の構造、間仕切り、窓、備品類の配置、人の移動等、様々な要因に影響され、その伝搬路はマルチパスとなり、相互に干渉することとなる。この対策として、ダイバーシチ方式、指向性空中線等を利用し、伝搬特性の向上を図ることが適当である。

サービスエリア等を考慮し、空中線の絶対利得は、20dBi以下とすることが適当である。

エ 電気通信回線設備との接続

電気通信回線設備に接続するものは、次の条件に適合するものとするのが適当である。

(7) 個別識別符号（IDコード）

電気通信回線設備に接続するためのIDコードは、識別信号（呼出符号、呼出名称その他郵政省が管理する識別符号）を利用し、19ビット以上で構成することが適当である。

(4) インタフェース条件

電気通信回線設備とのインタフェースについては、混信による誤接続等を防止するため、マイクロセル構成による周波数配置の調整、キャリアセンス機能又は指向性空中線の調整等のいずれか最適な対策を講ずることが適当である。

オ 呼出名称記憶装置等の機能

電気通信技術審議会答申『陸上に開設する無線局の自動識別装置の技術的条件』（諮問第29号：昭和62年4月答申）に準ずることが適当である。

なお、変調方式及び伝送速度等は、本無線LANシステムの一般的条件によることが適当である。（参考資料2-7）

(5) 測定法

準ミリ波帯の周波数を利用する無線LANシステムに関する測定法については、国際的に統一されたものはないが、諸外国の動向を考慮しながら国内で適用されている測定法に準ずることが適当である。また、今後、IEC等の国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。

ア 送信装置

(7) 周波数

A 空中線測定端子付きの場合

送信装置を無変調の状態連続送信し、周波数計を用いて測定することが適当である。オフセットした搬送波を測定した場合は、オフセット分を補正するものとする。

無変調状態にできない場合は、標準符号化試験信号（符号長511ビットの2値擬似雑音系列：9段PNパターンをいう。以下同じ。）を入力信号とし、バースト内の平均値を周波数計を用いて測定することが適当である。

この場合、周波数計は、短バースト測定の分解能を上げるため、必要により平均化機能により表示桁を増加させるものとし、表示を既知周波数により校正するか、又は既知周波数によりビートダウンした信号を入力とし、規格の10分の1以下の確度を確保することが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

周波計をRF結合器又は空中線で結合し、Aと同様にして測定することが適当である。

(4) スプリアス発射の強度

A 空中線測定端子付きの場合

無変調状態にし、スプリアス発射の平均電力（バースト波にあっては、バ

ーラスト内の平均電力) をスペクトルアナライザを用いて測定することが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

測定距離 3 m の電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて、供試機器と同型式の機器を使用して測定する周波数毎に校正された RF 結合器を用い、その他の条件は A と同様に測定することが適当である。

この場合、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いることが適当である。また、被測定対象機器の大きさが 60 cm を超える場合は、測定距離をその 5 倍以上とすることが適当である。100 MHz 以下の周波数において測定が必要な場合は、測定距離を 30 m とすることが適当である。

なお、空中線測定端子無しで測定する場合は、筐体輻射を含めて測定することになる。

(ウ) 空中線電力

A 空中線測定端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号とするが、出力変動が無い場合は、無変調の状態での測定することが適当である。

バースト送信状態とした場合は、時定数がバースト繰り返し周期よりも十分大きい電力計を用いて測定し、送信時間率の逆数を乗じて平均電力を求めることが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

測定距離 3 m の電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて、供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件は A と同様に測定することが適当である。

この場合、テストサイトの測定用空中線は指向性のものを用いることが適当である。また、被測定対象機器の大きさが 60 cm を超える場合は、測定距離をその 5 倍以上とすることが適当である。

(イ) 占有周波数帯域幅

A 空中線測定端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときのスペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和がそれぞれ全電力の 0.5 % となる周波数幅をスペクトルアナライザを用いて測定することが適当である。

この場合、スペクトルアナライザは、分解能帯域幅及びビデオ帯域幅を占有周波数帯域幅の規格値の 1 % 又はそれ以下で同程度に、掃引幅を規格値の 2 ~ 3.5 倍に設定し、バースト波にあっては、掃引速度を 1 サンプル当たり 1 個以上のバーストが入るように設定することが適当である。連続波にあっては、振幅の平均操作を 5 回以上として測定することが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

適当な RF 結合器又は空中線で結合し、A と同様に測定することが適

当である。

(わ) 隣接チャネル漏洩電力

A 空中線測定端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号とし、スペクトルアナライザ又は電力測定用受信機を用いて、搬送波の周波数から20MHz離れた周波数の±8.5MHzの帯域内に輻射される平均電力を測定することが適当である。

この場合、バースト波にあってはデジタルストレージ型のスペクトルアナライザを用いて、掃引速度が1サンプル点当たり1個以上のバーストが入るように設定し、ピークホールド状態で測定することが適当である。

B 空中線測定端子無しの場合

適当なRF結合器又は空中線で結合し、Aと同様にして測定することが適当である。

イ 受信装置

(7) 受信感度

パケット誤りを検出する1単位のパケット(約300バイト)を連続して、5,000回伝送し、パケット誤り率が 5×10^{-2} 以下となる受信入力レベルを測定することが適当である。(参考資料2-6)

(イ) スプリアス・レスポンス

-71dBm+3dBの希望波を加え、無変調の妨害波によりパケット誤り率が、 5×10^{-2} となる妨害波レベルと当該希望波の比を求めることが適当である。

(ウ) 隣接チャネル選択度

-71dBm+3dBの希望波を加え、デジタル信号(パケット)で変調された隣接妨害波によりパケット誤り率が、 5×10^{-2} となる妨害波レベルと当該希望波の比を求めることが適当である。

(エ) 不要輻射

疑似空中線を空中線端子に接続し、選択電圧計を用いて測定することが適当である。(IEC Pub. 483-3 19節)

V 審議結果

無線LANシステムの技術的条件のうち、中速無線LANシステム及び高速無線LANシステムの技術条件について審議を行ない一部答申(案)を取りまとめた。

VI その他

ミリ波帯等の周波数を利用した無線LANシステムの技術的条件については、引き続き検討を行う。

『無線LANシステム委員会』の構成

(敬称略)

区分	氏名	所属	備考
専門委員	清水 康 敬	東京工業大学 教育工学開発センター教授	委員長
〃	浅村 伊佐男	(財)電気通信端末機器審査協会 専務理事	
〃	飯田 徳 雄	(社)電信電話技術委員会 専務理事	
〃	奥田 友 彌	(株)東芝 専務取締役	
〃	小澤 春 雄	通信機械工業会 専務理事	
〃	加藤 満左夫	富士ゼロックス(株) 常務取締役	
〃	川田 隆 資	松下通信工業(株) 専務取締役	
〃	國井 秀 子	(株)リコー ソフトウェア事業部長	
〃	島山 博 明	日本電気(株) 取締役支配人	
〃	杉岡 良 一	富士通(株) 専務取締役	
〃	鈴木 一 夫	日本モトローラ(株) 技師長	
〃	橋本 明	日本電信電話(株) ネットワークシステム開発センター 担当部長	
〃	長谷川 徹	(財)無線設備検査検定協会 専務理事	
〃	パトリック キョウ	欧州ビジネス協会 通信・情報処理委員会 委員長	
〃	福 富 禮治郎	(株)日立製作所 専務取締役	
〃	古川 弘 志	(財)電波システム開発センター 専務理事	
〃	山田 松 一	国際電信電話(株) 研究所次長	
〃	柳橋 憲 助	(社)電気通信事業者協会 専務理事	

事務局 郵政省電気通信局電波部移動通信課デジタル移動通信推進室

『無線LANシステム委員会分科会』の構成

(敬称略)

区分	氏名	所属
主任	若尾 正義	(財)電波システム開発センター 理事・研究開発部長
調査研究員	梶田 祐二	住友電工(株) 情報通信システム事業部 ネットワークシステム部 通信開発課長
〃	菊井 勉	(財)無線設備検査検定協会 企画担当部長
〃	工藤 安人	沖電気工業(株) 電子通信事業本部 移動通信システム事業部 主幹調査役
〃	古賀 敬一郎	国際電信電話(株)研究所 通信処理グループリーダー
〃	後藤 昭夫	電子情報通信学会 移動無線小委員会委員 技術士(電気・電子部門)
〃	小林 浩	(株)東芝 通信技術研究所 コミュニケーション・ネットワーク開発部長
〃	佐藤 健二郎	日本電信電話(株)ネットワーク事業本部 電波部電波統括担当部長
〃	堤 竹彦	日本モトローラ(株) 移動通信電話システム部 RTS第一技術部 技術部長
〃	田中 智	三菱電機(株) 情報通信第一システムエンジニアリングセンター 通信システム第一部長
〃	豊田 勉	日本電気(株) マイクロ波衛星通信事業部 担当部長
〃	日塔 公一郎	(財)電信電話技術委員会 第三技術部長
〃	萩谷 和男	日本IBM(株) 産業・技術渉外 通信渉外課長
〃	水野 光彦	郵政省通信総合研究所 総合通信部通信系研究室長
〃	宮尾 忠史	富士ゼロックス(株) STDC課長
〃	森 政治	クラリオン(株) 第二開発本部通信機器開発部 通信設計二課統括課長
〃	守田 直哉	松下通信工業(株) 電波事業部通信システム技術部 副参事
〃	谷中 雅雄	(株)日立製作所 無線事業推進本部副技師長
〃	山澤 昌夫	富士通(株) 移動電話通信システム本部システム開発本部 コアレスシステム開発部長

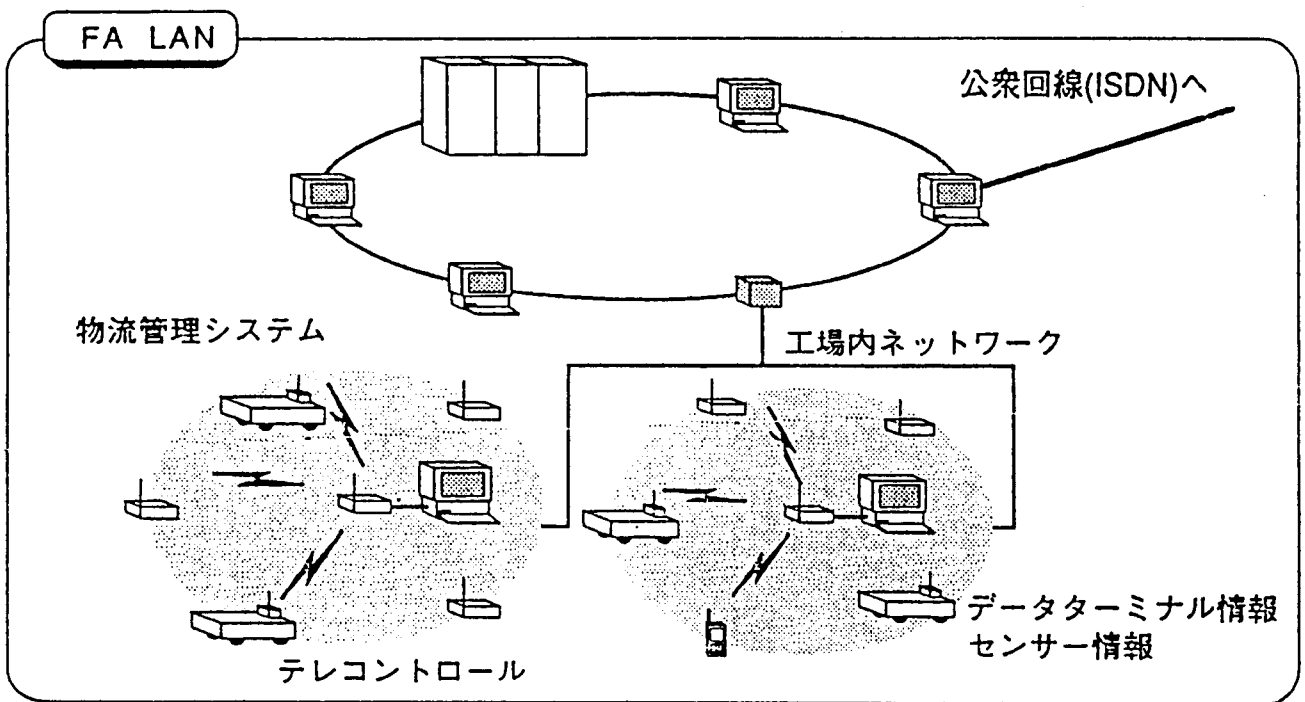
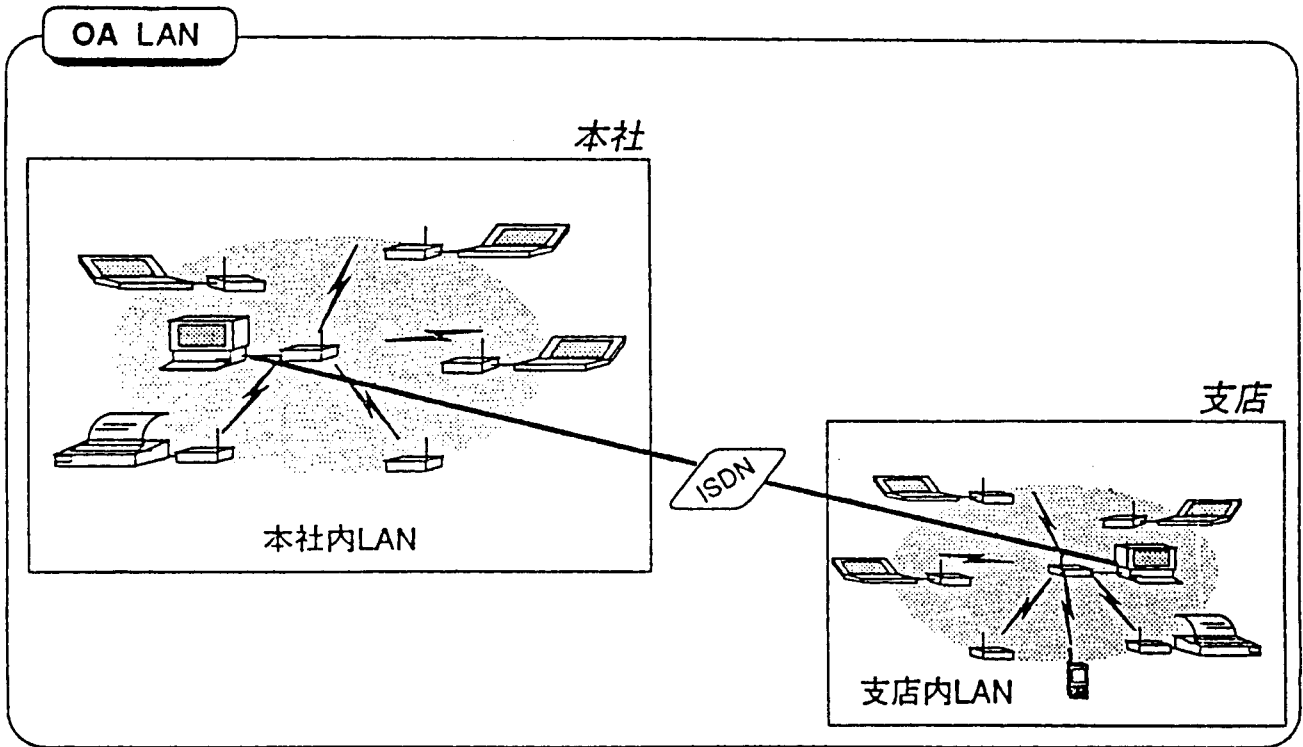
事務局

郵政省電気通信局電波部移動通信課デジタル移動通信推進室

参 考 資 料

ページ

1	中速無線LANシステムに関する参考資料	
参考資料1-1	中速無線LANシステムの概念図	31
参考資料1-2	2.4GHz帯ISMバンドの不要輻射調査	32
参考資料1-3	所要空中線電力の検討	37
参考資料1-4	FCC Regulationにおけるスペクトル拡散方式の 規定及び考察	44
参考資料1-5	欧州におけるスペクトル拡散方式の認可動向	48
参考資料1-6	電気通信回線設備へ接続する場合の混信等の検討	49
参考資料1-7	電気通信回線設備へ接続する場合の異機種間の誤接続 確率の検討	51
参考資料1-8	電気通信回線設備へ接続する場合の同一構内における 中継に関する検討	56
参考資料1-9	中速無線LANシステムの無線局の自動識別装置の 信号構成等	57
2	高速無線LANシステムに関する参考資料	
参考資料2-1	高速無線LANシステムの構成例	58
参考資料2-2	送信スペクトル及び所要周波数帯域幅	59
参考資料2-3	準ミリ波帯無線LANシステムの周波数検討の一例	62
参考資料2-4	無線LANと20GHz固定マイクロとの調整距離	64
参考資料2-5	無線LANとKa帯衛星通信システムとの調整距離	66
参考資料2-6	無線LANシステムに適した受信感度の測定法	68
参考資料2-7	高速無線LANシステムの無線局の自動識別装置の 信号構成等	69
参考資料2-8	小林浩:”無線LAN—システム化技術—”,1992年電子情報 通信学会春季大会併設セミナー「次世代LAN技術」	71



2. 4GHz帯ISMバンドの不要輻射調査

1 あらまし

スペクトラム拡散方式による、低速用無線LANシステムの無線周波数帯としては、2.4GHz帯のISMバンドを想定している。ISMバンドでは、電子レンジ、医療用高周波設備等のISM装置の運用が認可されており、諸規格の決定に際して、これらの装置からの干渉を考慮する必要がある。本資料では、ISM装置からの輻射電力密度の許容値、電子レンジ単体の不要輻射の測定結果及び路上での電波雑音の測定結果から、2471~2500MHzでの干渉電力の推定結果を導き、以下の点が明らかとなった。

- (1) 関係法令等の規定から所定の仮定の下に算出される電子レンジの等価不要輻射電力と、電子レンジ単体の測定結果が比較的良く一致した。
- (2) 電子レンジの不要輻射電力の時間軸波形から、干渉は連続的ではなく、商用周波数に同期した間歇的なものであり、妨害を与える時間率は50%を越えないことが明らかとなった。
- (3) ISM装置からの干渉信号の周波数は極めて不安定であり、FH的である。したがって、通信システムが妨害排除性能の周波数依存性を有する場合でも、最悪状態が長時間連続することは、ほとんどないと考えられる。
- (4) 2.4GHz帯のISMバンドの電波雑音調査結果から、ISM装置からの干渉スペクトルは、2450MHz付近で最大値を示し、これより低い周波数帯ではなだらかに強度が減衰し、これより高い周波数帯では急激に強度が減衰するようなスペクトルを呈することが判明した。したがって、利用周波数帯を2471MHz以上とした場合は、2450MHz付近に比べて30dB程度、干渉が少なくなる。
- (5) 単体の電子レンジの等価不要輻射電力の測定結果から、伝搬特性として奥村カーブを仮定し、複数のISM装置が存在する場合の干渉電力の計算を行った。その結果、最大値は電波雑音調査の結果から得られた最大値に良く一致した。したがって2471~2500MHzにおける干渉電力の総電力としては、95%の信頼度で-68.8dBmと推定することが適当であると考えられる。

2 関係法令から算出されるISM装置の不要輻射電力

電子レンジに対する、電気用品取締法での $5\text{ mW}/\text{cm}^2$ 以下の電力密度の許容値と、電力密度の分布に所定の仮定を与えた場合の等価不要輻射電力は、40dBm程度である。

3 電子レンジ単体の等価不要輻射電力

表1に示すとおり、平均値で24~26dBm、最大値($m+3\sigma$)で38~40dBmとなる。また、図1に示す輻射波形の例のように、輻射は、商用周波数に同期しており、いずれかの半サイクルで輻射している。

4 路上での電波雑音測定結果

表2に示すとおり、電界強度の最大値は、頻繁に90 dB μ V/mを越え、平均値でも85~100 dB μ V/mに達する。また、2471MHzを越える電界強度は、2450MHz近傍の電界強度に比べて平均的に30 dB以上低い。

5 複数の干渉源からの干渉電力

以上の結果から、実際の装置の分布密度、使用頻度を考慮し、複数の干渉源からの干渉電力の推定を行った結果、95%の信頼度で総電力-68.8 dBmを得た。

表1 電子レンズの不要放射測定結果-1 (負荷有り)

装置 No.	出力電圧(V)	帯域内最大等価不要放射電力 [dBm/MHz]					不要放射電力差 [dB]					個別測定条件				
		2450±50MHz		2471~2500MHz		2480~2500MHz	(d)=(a)-(b)		(e)=(a)-(c)		偏波面	検波周波	RBW	距離 [m]	70°方向 [dBi]	負荷 (容量性)
		帯域内最大値 (a)	帯域内平均値	帯域内最大値 (a)	帯域内平均値	帯域内最大値 (c)	帯域内最大値 (b)	帯域内最大値 (c)	帯域内最大値 (b)	帯域内最大値 (c)						
1 A	600	22	-	2470~2475	22	-18	0	40		水平	正面	1MHz	1	12.6	水300cc	
2 B	500	17	-	2462~2465	13	-11	4	38								
3 C	500	16	-	2473~2476	16	-28	0	44								
4 D	500	15	-	2468~2472	15	-21	0	36								
5 E	500	16	-	2462~2465	-17	-19	33	35								
6 F	600	27 ^{※1}	19 ^{※2}	2460~2462	-4	-11	31	38		※1: 水平および 垂直のいずれか大 きい値	45°スリット, 穴径	1MHz				
7 G	500	31 ^{※1}	23 ^{※2}	2465~2469	11	-19	20	50								
8 H	600	29 ^{※1}	23 ^{※2}	2472~2475	29	-12	0	41					3	9.2	水275cc	
9 I	500	19 ^{※1}	12 ^{※2}	2469	3	-24(ノイズレベル)	16	43		※2: 水平と垂直 の平均値						
10 J	500	29 ^{※1}	20 ^{※2}	2459~2461	-19	-24(ノイズレベル)	48	53								
11 K		21	-	2453~2485 (ピーク値)	17	17	4	4		円	0°・45°・ 90°の最大値	1MHz	1	9.5	水300cc	
12		27 ^{※1}	-	-	-	-	-	-					1			
13 L	600	30 ^{※1}	-	-	-	-	-	-		円	※1: 検波 穴径	1MHz	3	9.5		
14		30 ^{※1}	-	-	-	-	-	-					5			
15		28 ^{※1}	-	-	-	-	-	-					10			
16 M		24	19	2445~2461	-8	-25(ノイズレベル)	32	49		円	30°スリット, 穴径	100kHz	3	3.2	水275cc	
17 N	650	24	14	2460~2473	18	-4	6	28		垂直	45°スリット, 穴径	1MHz	3	1.7	水275cc	
A~N	平均m	23.8	-	2467.8 ^{※1}	7.4	-15.3	14.9	38.4								
	標準偏差σ	5.6	-	6.2 ^{※1}	15.1	11.9	16.3	12.4								
	m+3σ	40.6	-	2486.3 ^{※1}	52.7 ^{※2}	20.3	-	13.7 ^{※4}								
F~J	平均m	26.1	18.6	2468.2 ^{※1}	4.3	-19.2	21.9	43.1								
および	標準偏差σ	4.1	4.2	5.7 ^{※1}	16.4	6.3	16.5	8.6								
M, N	m+3σ	38.4	31.2	2485.2 ^{※1}	53.4 ^{※3}	-0.2	-	17.5 ^{※5}								

※1 データが f₁ ~ f₂ となっている場合、f₂ とした。
 ※2 σ が大きい場合 40.6dBm/MHz を越えてしまうが、
 40.6dBm/MHz 以下と考えると良い。
 ※3 σ が大きい場合 38.4dBm/MHz を越えてしまうが、
 38.4dBm/MHz 以下と考えると良い。
 ※4 m - 2σ
 ※5 m - 3σ

商用周波数と輻射パルス波形（負荷有り）

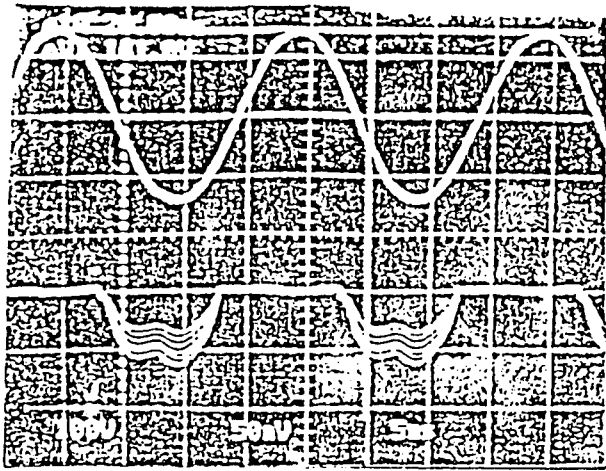


図 - 1 A社製

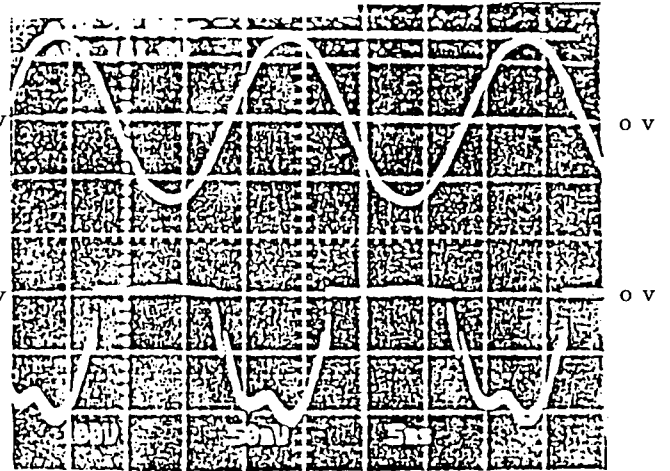


図 - 2 A社製（極性反転）

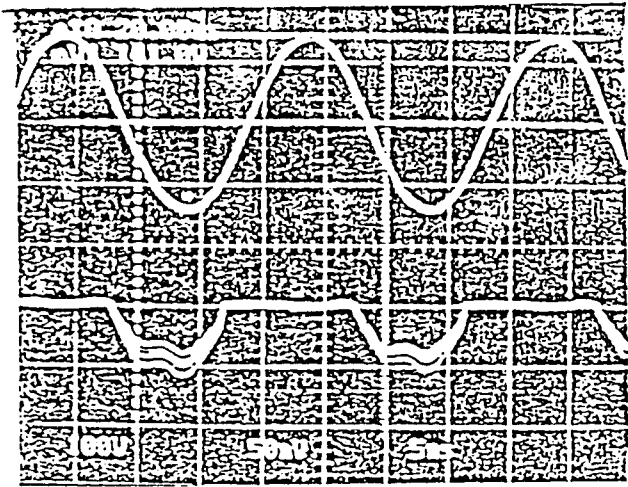


図 - 3 B社製

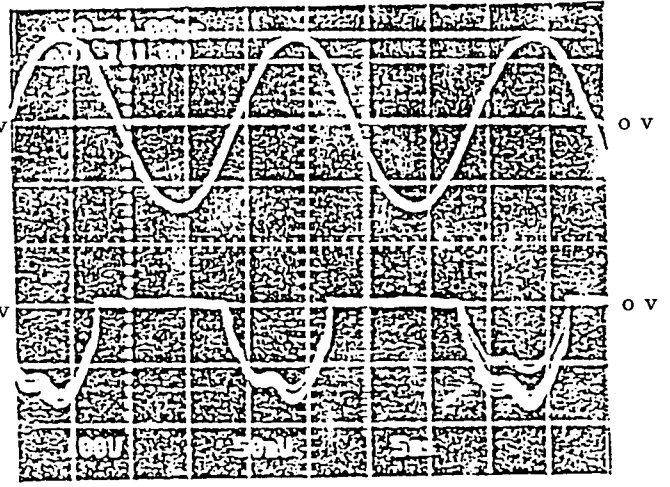


図 - 4 B社製（極性反転）

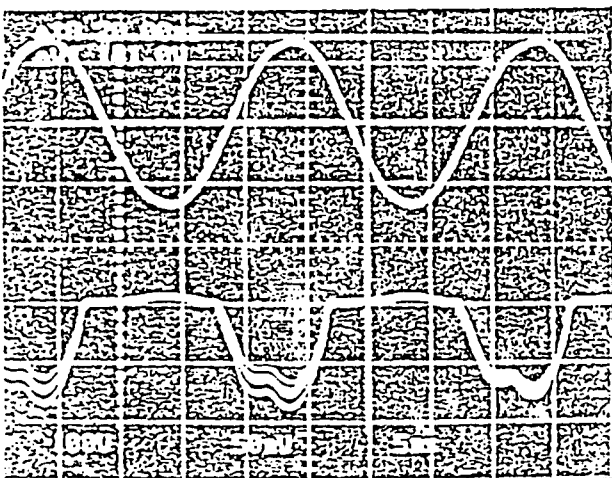


図 - 5 図 - 2 + 図 - 4

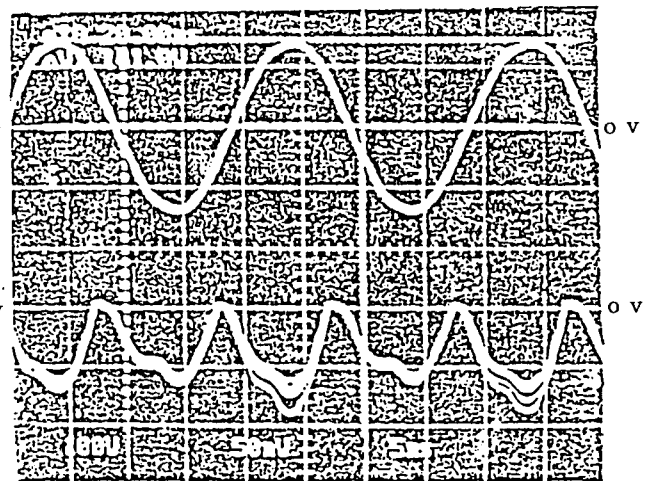


図 - 6 図 - 2 + 図 - 3

表2 電波雑音調査結果

No.	場 所	電界強度 (a, c) [dB μ V/m]			電界強度差 (d)=(a)-(c) [dB]	備 考			
		2450 \pm 50MHz 最大値 (a)	(a)の周波数 [MHz] (b)	2471~2500MHz 最大値 (c)					
1	福島県 郡山市	H総合病院前	7 5	2445~2450	< 5 5 ^{*)}	2 0	平成三年十一月測定		
2		電子レンジを使用している建物の近く-1	9 5	2450~2455	6 5	3 0			
3		電子レンジを使用している建物の近く-2	8 4	2455~2457	< 5 5 ^{*)}	3 4			
4		電子レンジを使用している建物の近く-3	6 2	2450~2455	5 9	3			
5		S木材店前	7 5	2450~2452	< 5 5 ^{*)}	2 5			
6		S胃腸病院前	1 0 7	2446~2450	< 5 5 ^{*)}	5 7			
7		Sファミリーレストラン前	1 1 3	2445~2451	5 7	5 6			
8		Yスーパーマーケット	8 6	2448~2454	< 5 5 ^{*)}	3 6		屋上駐車場	
9		A整形外科前	1 0 8	2442~2456 (2ビ-ク)	< 5 5 ^{*)}	5 8		壁面より5m	
10		Y無線(電気店)近く	9 5	2424	< 5 5 ^{*)}	4 5		0階と5階、距離50m	
11		S外科胃腸科前	1 2 1	2450~2452	6 5	5 6		壁面より5m	
12		T病院前	6 8	2445~2470	< 5 5 ^{*)}	1 8		壁面より約30m	
13		郡山駅前通り	9 5	2447~2450	6 0	3 5		方位不明から測定	
14	福島県福島市	信夫山山頂	6 5	2447~2452	6 0	5	市街地を望む		
15	?	市街地走行-1	1 1 8	2460	6 6	5 2	建設省殿資料		
16		市街地走行-2	8 6	2450	6 1	2 5			
17		市街地走行-3	9 2	2440~2460 (2ビ-ク)	6 1	3 1			
18		市街地走行-4	8 4	2454~2460	5 7	2 7			
19		市街地走行-5	7 2	2462	5 6	1 6			
20		市街地走行-6	7 0	2446	< 5 5 ^{*)}	2 0			
21	?	M病院前	1 1 2	2462	8 1	3 1	平成二年十二月測定		
22		S病院→K病院	9 2	2446	6 3	2 9			
23		H病院前→量販店前	7 8	2442	5 6	2 2		3車線の真中	
24		H病院→S病院	9 1	2446	8 9	2		3車線の真中	
25		J大塚小学校前→コンビニエンス前	1 1 2	2462	8 4	2 8		近(に)ガソリンスタンド	
26		Bコンビニエンスストア7番(長さ15m)	9 3	2462~2468	6 3	3 0		電子レンジ使用中	
27			5 8	2422~2474	5 8	0		電子レンジ使用せず	
28		Aコンビニエンスストア7番(長さ10m)	1 0 5	2462	5 8	4 7			
29		Aコンビニエンスストア7番(長さ100m)	8 3	2450	7 1	1 2		3車線の真中	
30	東京都 (豊田、 江戸川、 江東、 大田、 品川)区 および 川崎市 (川崎)区 の 準工業 地帯の 路上	首都高速駒形~四ッ木	7 8	2450	< 5 8 ^{*)}	2 5	11:00	平成二年十二月測定	
31		首都高速四ッ木	9 4	2440~2450	< 5 8 ^{*)}	4 1	11:10		
32		化学工業地帯	7 9	2440	< 5 8 ^{*)}	2 6	11:30		
33		平和橋	8 6	2430	< 5 8 ^{*)}	3 3	11:45		
34		Tクリニック前	1 1 2	2450	6 9	4 3	12:45		
35		新小岩~平井大橋	9 7	2450	6 1	3 6	13:00		
36		江戸川区平井	6 2	2425	< 5 8 ^{*)}	9	13:15		
37		品川区文花	8 9	2450	< 5 8 ^{*)}	3 6	13:30		
38		および 川崎市	品川区業平	6 1	2450	< 5 8 ^{*)}	8		13:38
39		品川区横川	< 5 8 ^{*)}	-	< 5 8 ^{*)}	-	13:49		
40		品川区本所	6 1	2440	6 0	1	14:00		
41		品川区本所(コンビニ有り)	9 4	2450	6 1	3 3	14:23		
42		公社南砂第二団地	6 4	2448	< 5 8 ^{*)}	1 1	14:35		
43		新砂町	6 6	2485	6 6	0	14:47		
44		首都高速新木場~大師	8 2	2453	< 5 8 ^{*)}	2 9	15:56		
45		大師	9 3	2442	6 9	2 4	16:52		
46	R15 六郷橋~大森本町	8 0	2445	6 6	1 4	17:22			
全データ (No. 1~No. 46)		平均値m	8 5. 7	2451. 9 ^{*)}	5 9. 2 ^{*)}	2 7. 1	*1測定限界 *2データがf ₁ ~ f ₂ の場合、 f ₂ とした。 *3 (c)が< 5 5の 場合は5 0、 < 5 8の場合は 5 3とした。 *4 m-2 σ		
		標準偏差 σ	1 7. 7	11. 2 ^{*)}	9. 1 ^{*)}	1 6. 0			
		m+3 σ	1 3 8. 7	2485. 5 ^{*)}	8 6. 5 ^{*)}	-			
No. 30 ~No. 46		平均値m	7 9. 3	2446. 9 ^{*)}	5 7. 8 ^{*)}	2 3. 1			
		標準偏差 σ	1 6. 6	12. 5 ^{*)}	6. 3 ^{*)}	1 4. 1			
		m+3 σ	1 2 8. 9	2484. 4 ^{*)}	7 6. 8 ^{*)}	-			
No. 1~No. 46より、最大値(a)が 70dB μ V/mを超える場合のみを抽出 (35件)		平均値m	9 3. 0	2451. 2 ^{*)}	6 0. 2 ^{*)}	3 2. 7			
		標準偏差 σ	1 3. 2	8. 8 ^{*)}	9. 9 ^{*)}	1 3. 2			
		m+3 σ	1 3 2. 7	2477. 7 ^{*)}	8 9. 9 ^{*)}	-			
No. 1~No. 46より、最大値(a)が 90dB μ V/mを超える場合のみを抽出 (20件)		平均値m	1 0 2. 0	2452. 3 ^{*)}	6 3. 8 ^{*)}	3 8. 2			
		標準偏差 σ	1 0. 0	9. 4 ^{*)}	1 0. 8 ^{*)}	1 4. 0			
		m+3 σ	1 3 1. 9	2480. 6 ^{*)}	9 6. 1 ^{*)}	1 0. 3 ^{*)}			

所要空中線電力の検討

1 あらまし

伝送速度 256 kbps、室内で半径 30 m のサービスエリアを仮定し、参考資料 1 の、干渉電力の総電力の推定結果である、-68.8 dBm を用いて、所要空中線電力の推定を行った。その結果、1 MHz の帯域幅における所要空中線電力として、10 mW が得られた。

2 検討の条件

表 1

パラメータ	シンボル	仮定した条件
周波数	f	2.4 GHz 帯
所要ビット誤り率	E _b	10 ⁻³ 以下
信号伝送速度	R _d	256 kbps
拡散変調方式/情報変調方式		DS/BPSK 及び FH/BFSK
サービスエリア (距離)	d	室内にて 30 m
遅延分散	σ	20 ns (図 1)
拡散帯域幅	B _s	2.6 MHz 程度
距離 d と伝搬損失 Γ の関係		Γ = 40.23 + 20log ₁₀ d (自由空間伝搬)
干渉電力	P _i	-68.8 dBm (2471~2500MHzでの総電力)
シャドージンマージン	M _{sh}	18.1 dB (図 3)
内部損失マージン	M _{sys}	3 dB
アンテナ利得	G _a	2.14 dBi (送信、受信共)
給電線損失	L _f	1 dB (送信、受信共)

3 所要空中線電力の計算

(1) 遅延分散特性

室内伝搬を仮定した場合の遅延分散特性を図 1 に示す。100 m² 程度の比較的狭い部屋で、壁面の電力反射係数 ρ が 0.64 の場合でも、遅延分散 σ は 20 ns 程度である。

(2) E_b/N₀

ア DS方式

同期検波の BPSK を仮定し、レイリーフェージング下での、平均誤り率のシミュレーション結果を図 2 に示す。拡散符号速度を 1.3 Mcps (chips per second) と仮定し、(1) の遅延分散の値から、図 2 の横軸の正規化帯域幅 σ/T は、

$$\begin{aligned} \sigma/T &= 20 \times 10^{-9} / (1.3 \times 10^6)^{-1} \\ &= 2.6 \times 10^{-1} \quad [s/s] \end{aligned} \quad (1)$$

となる。したがって、BERを 10^{-3} とした場合の所要の E_b/N_0 は、図2より20dBとなる。

イ FH方式

FH-BFSK (Binary-FSK) を仮定し、レイリーフェージング下で、各周波数に相関が無い場合の誤り率特性を図4に示す。3:2の多数決判定を採用した場合の E_b/N_0 は22dBとなる。次に、(1)の遅延分散が与えられた場合の相関帯域幅 B_{cor} は、

$$\begin{aligned} B_{cor} &= 1/\sigma \\ &= 1/20 \times 10^{-9} \\ &= 50 \quad [\text{MHz}] \end{aligned} \quad (2)$$

となり、50MHz離れた周波数における相関係数 ρ が0.5となる。想定する周波数帯幅は26MHz程度であるので、相関係数は0.9程度と考えた方が良く、図5より E_b/N_0 として27dBを得る。

(3) 干渉を考慮した場合の所要受信電力

参考資料1により、2471~2500MHzでのISM装置からの干渉電力 P_i は95%の信頼度で-68.8dBmと推定される。

したがって、単位周波数あたりの干渉電力 P_{di} は、

$$\begin{aligned} P_{di} &= P_i - 10\log_{10}(2.9 \times 10^6) \\ &= -68.8 - 24.6 \\ &= -143 \quad [\text{dBm/Hz}] \end{aligned} \quad (3)$$

で与えられ、1MHzあたりの所要受信電力 P_{rd} は、式(4)で与えられる。

$$\begin{aligned} P_{rd} &= E_b/N_0 + 10\log_{10}R_d + P_{di} + M_{sh} \\ &\quad + M_{sys} - 10\log_{10}B_s + 50 \quad [\text{dBm}] \end{aligned} \quad (4)$$

$B_s = 26 \times 10^6 \text{ Hz}$ とした場合の計算結果を表2に示す。

表2 干渉を考慮した場合の所要受信電力

変調方式	信号伝送速度 [k b p s]	所要受信電力 P_{rd} [dBm/MHz]
DS/ BPSK	9.6	-76.2
	32	-71.0
	256	-62.0
FH/ BFSK	9.6	-69.2
	32	-64.0
	256	-55.0

- (4) 干渉を考慮した場合の所要空中線電力
 所要空中線電力 P_{td} は、次の式で与えられる。

$$P_{td} = P_{rd} + \Gamma + L_{ft} + L_{fr} - G_{at} - G_{ar} + M_m \quad [\text{dBm}] \quad (5)$$

所要サービスエリアを屋内で 30 m とした場合の伝搬損失 Γ は、

$$\begin{aligned} \Gamma &= 40.23 + 20 \log_{10} 30 \\ &= 69.77 \quad [\text{dB}] \end{aligned} \quad (6)$$

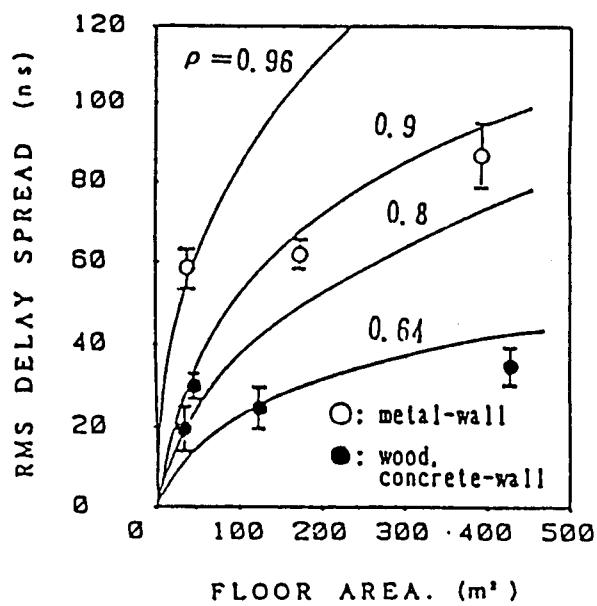
である。 P_{td} の計算結果を表 3 に示す。

表 3 I S M 装置からの干渉を考慮した場合の所要空中線電力

変調方式	信号伝送速度 [k b p s]	所要空中線電力 P_{td} [dBm/MHz]
D S / B P S K	9.6	-5.7
	32	-0.5
	256	8.5
F H / B F S K	9.6	2.3
	32	6.5
	256	15.5

D S 方式で 256 k b p s の情報伝送速度で、拡散帯域幅を 2.6 MHz と仮定した場合の 1 MHz あたりの所要空中線電力は、8.5 dBm 程度必要である。また、F H 方式の場合は、同条件で 15.5 dBm 程度が必要となる。D S 方式と F H 方式の差は、所要 E_b/N_0 の差が 7 dB であることに起因しているが、伝送速度を 7.2 k b p s とすれば所要 C/N は 5.5 dB 小さくなり、所要空中線電力は 10 dBm となる。

したがって、1 MHz あたりの所要空中線電力は、D S 方式及び F H 方式に対して概ね 10 dBm (10 mW) となる。



床面積と遅延スプレッド
 Relation between rms delay spread and floor area.

図 1

IEICE 論文誌 B - II Vol. J73-B-II
 No. 5 pp. 261-264 1990年 5月

正規化帯域幅 (遅延分散) に対する E_b/N_0 特性 (計算値)

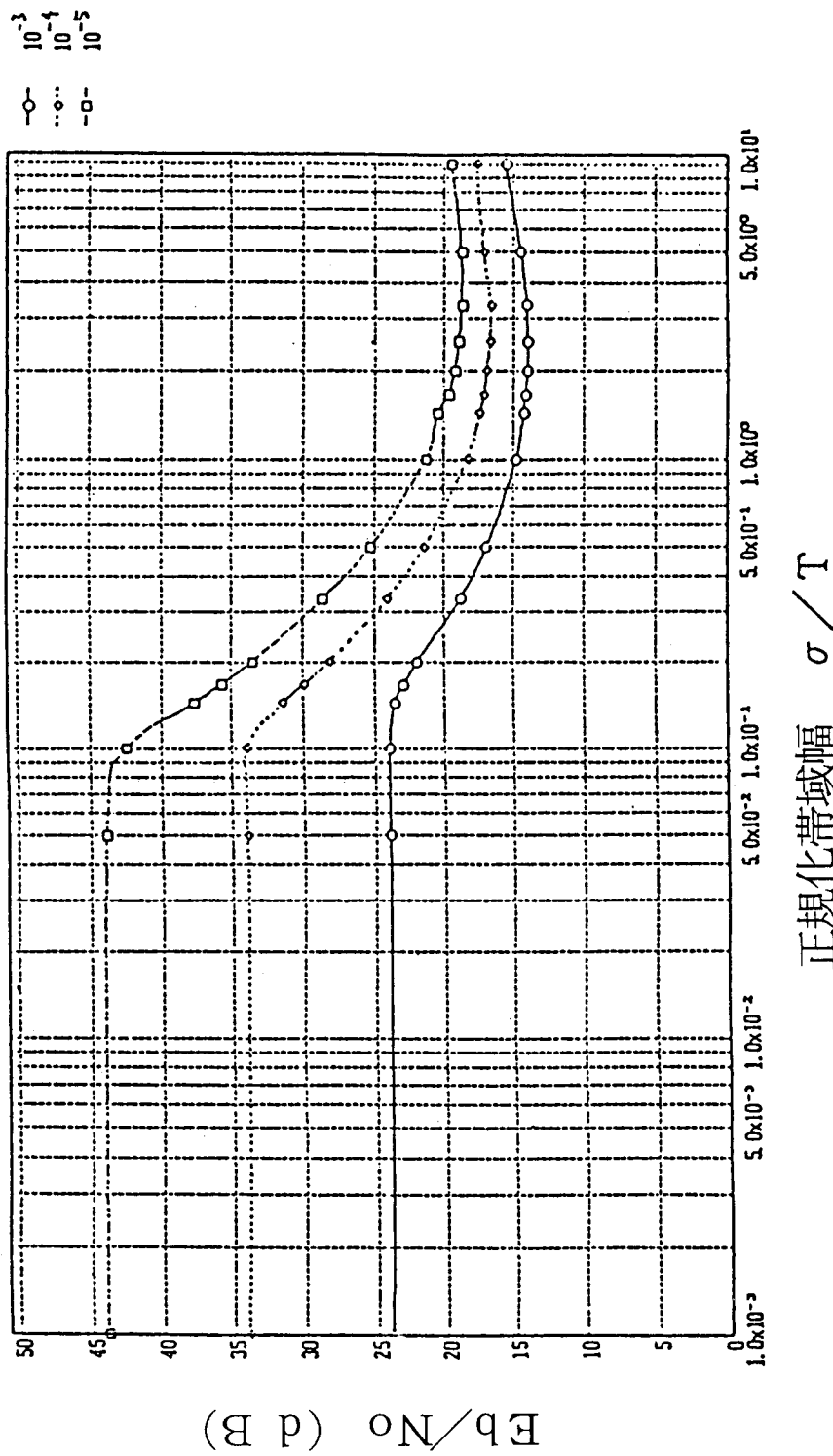


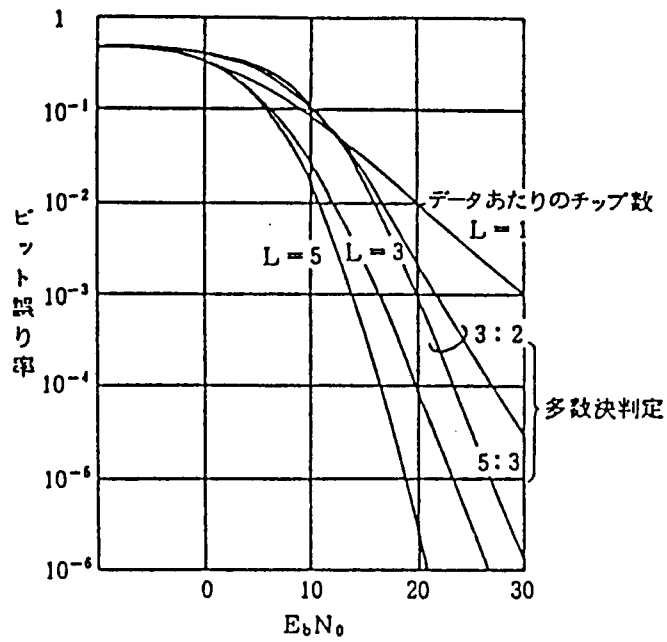
図 2

Shadowing Effects of Common
Factory Equipment (1,300 MHz)

Shadowing Effects of Common Factory Equipment	
Obstacle Description	Attenuation (dB)
2.5 m storage rack with small metal parts (loosely packed)	4-6
4 m metal box storage	10-12
5 m storage rack with paper products (loosely packed)	2-4
5 m storage rack with paper products (tightly packed)	6
5 m storage rack with large metal parts (tightly packed)	20
Typical N/C machine	8-10
Semi-automated Assembly Line	5-7
0.6 m square reinforced concrete pillar	12-14
Stainless Steel Piping for Cook-Cool Process	15
Concrete wall	8-15
Concrete floor	10

☒ 3

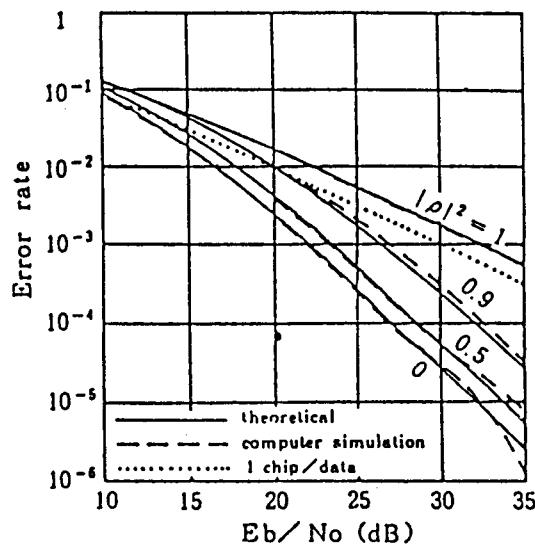
IEEE Commu. Magazine, pp.15-24, May 1989



FH-BFSKの最大比合成による
ビット誤り率²⁾
(レイリーフェージング下)

図 4

電波季 26-139, pp. 659-670, 1980



チップ間相関係数をパラメータとした
3 : 2 多数決判定後のビット誤り率¹⁾

図 5

IEEE Trans. Commun. COM-30-5, pp. 1052-1056, 1982

FCC Regulationにおけるスペクトラム拡散方式の規定及び考察

1 あらまし

規定の参考とするため、FCC RegulationのPart15.247の規定を考察した。国際協調の観点からは、日本の場合も、可能な限りこれに準じる規定が望ましい。

なお、本資料の訳文は、(財)機械電子検査検定協会内安全問題研究会発行の、連邦通信委員会(FCC)規則 第15章 無線周波機器 より抜粋させていただいた。

§ 15. 247 902-928MHz, 2400-2500MHz, 及び5725-5850MHz帯域内における運用

(a) 本節の規定に基づく運用は、次の規格を満足する周波数ホッピング及びダイレクト・シーケンス周波数拡散意図放射機器に限られる；

(1) 周波数ホッピングシステムについては、最低25kHz、又はホッピング・チャンネルの20dB帯域幅の、いずれか広い周波数だけ離れているホッピング・チャンネル搬送周波数を持っていること(ア)。このシステムにおいては、ホッピング周波数の擬似無作為抽出順序から得られたシステム・ホッピング率によって選択されたチャンネル周波数でホップすること(イ)。各送信機によって平均的に等しく各周波数を使用しなければならない(ウ)。システム受信機は、それに対応する送信機のホッピング・チャンネル帯域幅に合った入力帯域幅を持ち、送信信号と同期が得られる周波数シフトが行えるものであること(エ)。

(i) 周波数帯域902-928MHzで使用される周波数ホッピング・システムについては、せめて50のホッピング周波数を使用すること(オ)。ホッピング・チャンネルの最大許容されている20dBの帯域幅は500kHzであること(カ)。任意の周波数を占有する平均時間は、20秒の期間において、0.4秒を越えないこと(キ)。

(ii) 周波数帯域2400-2483.5MHz及び5725-5850MHzを使用する周波数ホッピング・システムについては、せめて75のホッピング周波数を使用すること(ク)。ホッピング・チャンネルの最大20dB帯域幅を1MHzとすること(ケ)。任意の周波数を占有する平均時間は、30秒の期間において、0.4秒を越えないこと(コ)。

(a) の(1) に関する考察

(ア) : ホッピングチャンネルの最小間隔の規定であり、図1に示すような送信スペクトルを排除する規定である。与干渉の規制の目的ではなく、通信の品質確保の目的と考えられる。

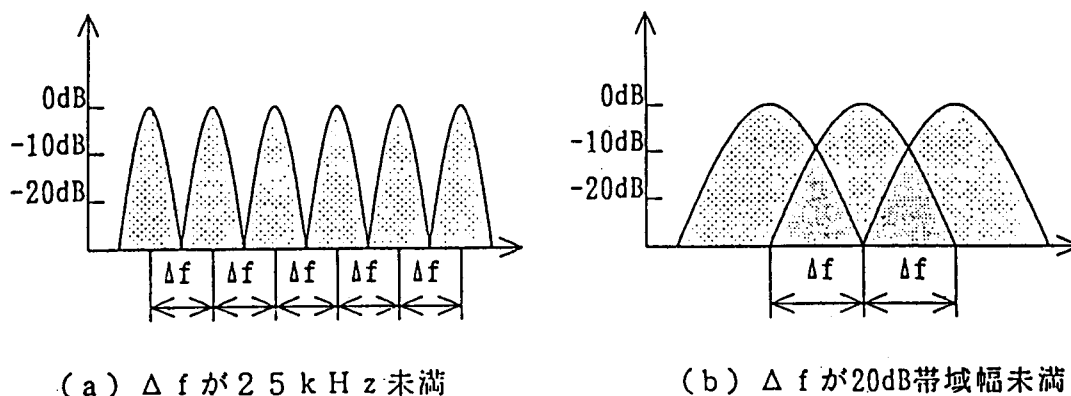


図1 FH方式において認可されない送信スペクトラム

- (イ) ~ (エ) : FH方式への一般的な要求事項である。
- (オ) 及び (ク) : ホッピング周波数の数の下限の規定であり、(ア)の規定と同時に満足するためには、最小の拡散帯域幅は900MHz帯では1.25MHz、2.4GHz帯および5.8GHz帯では1.875MHzとなる。FH方式に対しては、処理利得が規定されていないため、代わりにこの規定を設けているものと考えられる。通信の品質確保と、スペクトラム拡散方式以外の方式との周波数共用を考慮する際には、重要な規定と考えられる。
- (カ) 及び (ケ) : ホッピング・チャンネルの帯域幅の上限の規定であり、(オ) 及び (ク) の規定と利用可能な周波数帯幅に関連して決定されていると考えられる。また、この規定は、FH方式における情報信号速度の上限を規制する結果をもたらすことになる。
- (キ) 及び (コ) : 周波数占有時間に関する規定である。FH方式では、瞬時周波数の概念が存在する。したがって、ある瞬間で見ると、空中線電力の総電力の大半が、拡散帯域幅に比べて狭い周波数帯幅に集中する。そこで、他のシステムに対する干渉を抑えるため、任意の周波数を占有する時間の上限の規定が必要となる。米国のように、同一周波数帯をスペクトラム拡散方式以外のシステムと共用する場合には、重要な規定と考えられる。
- (2) ダイレクト・シーケンス・システムについては、最低6dBの帯域幅が少なくとも500kHzであること(サ)。

(a) の(2) に関する考察

- (サ) : (d) の電力密度に関する規定と同じく、他のシステムとの周波数共用を図る上で、狭い周波数帯幅内に電力が集中することを規制する目的と考えられる。
- (b) 送信機の最大ピーク出力電力は、1Wを越えないこと(シ)。6dBi以上の指向性利得の送信アンテナを使用する場合には、そのアンテナの指向性利得が、6dBを越える分

だけその電力をdB値で低減しておくこと（ス）。

(b) に関する考察

(シ) : 総電力に関する規定である。

(ス) : 送信空中線の利得に応じて総電力を低減する規定である。他のシステムに干渉を与え得る距離を一定以下に制限するために必要な規定と考えられる。

(c) これらの周波数帯域の外側における任意の100kHz帯域幅において、拡散シーケンスの変調積、情報シーケンス及び搬送周波数の無線周波電力は、一番高いレベルの希望電力を含む帯域内の任意の100kHz帯域幅内のレベルよりも少なくとも20dB低いか、15.209(a) 項に定める一般レベルのいずれか減衰量が少なくなるほうのレベルを越えないこと（セ）。

(c) に関する考察

(セ) : スプリアス発射の許容値に関する規定であり、要点は次の2点である。

- ①利用可能な周波数帯内での許容値は規定していない。
- ②100kHzで測定された電力密度を基準にしている。

(d) ダイレクト・シーケンス・システムについては、任意に1秒の期間に亘って平均した送信電力密度が、これらの帯域幅内の任意の3kHz帯域幅において8dBmを越えないこと（ソ）。

(d) に関する考察

(ソ) : 電力密度に関する規定であり、図2に示すように、スペクトラムの本数が異状に少なく、局所周波数では電力密度が極めて高くなるようなシステムを排除する狙いと考えられる。これも、(キ)及び(コ)と同様に、スペクトラム拡散方式以外のシステムとの周波数共用を図る上では重要な規定と考えられる。

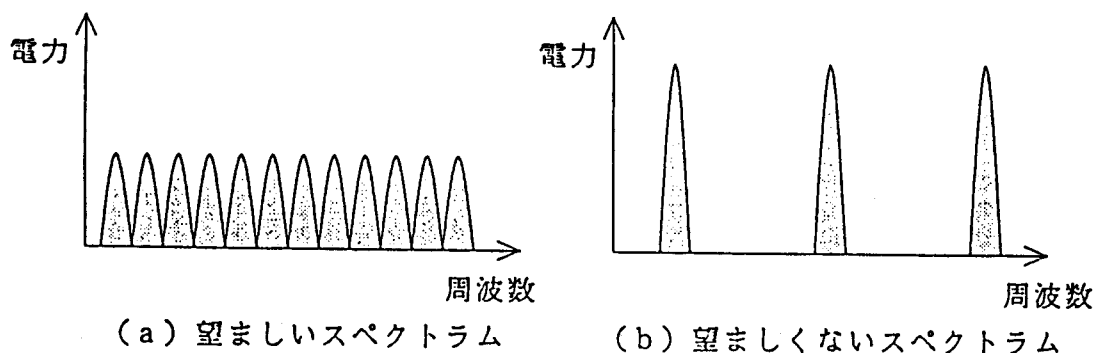


図2 総電力と占有帯域幅が等しく、密度電力が異なる2つのシステムの比較

(e) ダイレクト・シーケンス・システムの処理利得は少なくとも10dBであること（タ）。

処理利得は、受信機の復調出力端で測定した場合の、システムの拡散コードをオフにした状態での信号対雑音比と、システムの拡散コードをオンにした状態での信号対雑音比を d B で表した時の比で決定すること (チ)。

(e) に関する考察

(タ) : 処理利得の下限に関する規定であり、技術的な根拠は不明であるが、スペクトラム拡散方式の良さを発揮する値の下限としては、妥当な値と考えられる。

この規定は、与干渉の規制というよりも、通信の品質を確保するための、システムに要求される規定と考えられる。したがって、国内での認可に際しては、必ずしも強制規格に含める必要は無いと考えられる。

(チ) : 処理利得の定義及び測定方法について規定している。スペクトラム拡散方式の原理を踏まえれば妥当な規定であるが、受信装置の相関処理方式によっては、受信装置の復調出力の S/N の測定が極めて困難な場合が想定される。米国のように、申請者が測定方法の妥当性を立証すれば、規定された方法以外の測定方法によることも可能である場合を除いては、この測定方法の適用は困難と考えられる。

(f) ダイレクト・シーケンス及び周波数ホッピング変調技術の両方を併用したハイブリッド・システムについては、この複合技術から少なくとも 17dB の処理利得を得ること (ツ)。ダイレクト・シーケンスの動作をオフとした状態におけるハイブリッド・システムの周波数ホッピングの動作は、任意の周波数を占有する平均時間が、採用しホッピング周波数の数に 0.4 を掛けた値を秒で表した期間内において、0.4 秒を越えないこと (テ)。周波数ホッピングの動作をオフとした状態におけるハイブリッド・システムのダイレクト・シーケンスの動作は、本節 (d) 項の電力密度要求事項を満足していること (ト)。

((a)(1)、(b)及び(c)の改正、(d)(e)(f)の追加 1990年8月24日発効)

(f) に関する考察

(ツ) : DS/FH方式の処理利得に関して規定している。17 dB は、FH方式のホッピング周波数の数の下限の 50 を根拠として、 $10\log_{10}50=17$ により決定されているものと考えられる。

(テ) : DS/FH方式の、FH方式の部分の周波数占有時間について規定している。より望ましい規定の方法としては、次の電力密度と関連して決定されるべきと考えられる。すなわち、DS方式の部分による電力密度の低減が効果的であるほど、周波数占有時間の規定を緩くするような規定方法である。

(ト) : DS/FH方式のDS方式の部分の電力密度について規定している。限りなくFH方式に近い(DS方式による処理利得が、FH方式のそれに比較して十分に小さい)DS/FH方式では、満足することが困難な場合が想定される。

欧州におけるスペクトラム拡散方式の認可動向

1 あらまし

C E P T (The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) の Working Group T/WG18による答申 T/R 10-01 (Oslo 1991)

“RELATING TO THE HARMONIZED RADIO FREQUENCY BANDS FOR WIDE BAND TRANSMISSION SYSTEMS USING SPREAD SPECTRUM TECHNOLOGY ”

に関して調査した。

2 答申内容

(1) 無線周波数帯

2400~2500MHz 帯 (この周波数帯で各国の事情により選択)

(2) 情報信号速度

最小 250 kbps

(3) 空中線電力の総電力

尖頭電力で 100 mW (e. i. r. p.) 以下

(4) 空中線電力の電力密度

D S 方式: 尖頭電力で 10 mW/MHz (e. i. r. p.) 以下

F H 方式: 100 kHz の周波数帯幅での尖頭電力で 100 mW (e. i. r. p.) 以下

3 その他

詳細な技術的条件は、E T S I (The Technical Committee of the European Telecommunications Standards Institute) により審議中である。

電気通信回線設備へ接続する場合の混信等に関する検討

1 概要

スペクトル拡散方式を用いた無線LANシステムの場合、空きチャンネルの判定方法としては、従来のキャリアセンスによる方法のみでは、ISM装置からの干渉での誤動作と、CDMAの構築を困難にすることから、相関信号センスによる方法が適当である。

また、センスする拡散信号パラメータは、自局が送信に使用するパラメータとすることが適当である。

2 空きチャンネルの判定に関する検討

2. 1 キャリアセンス (図1参照)

従来のFDMA (周波数分割多元接続) の場合は、混信及び切断不能を防止するため、空きチャンネルの判定を行い、通信路を確保してから接続することが適当であり、そのためにキャリアセンスによる空きチャンネルの判定が規定されている。

しかし、SS無線LANシステムにおいては、次に記した理由によりキャリアセンスのみによる方法は適当でない。

(1) スペクトラム拡散方式の本質的な特性として、図2に模倣的に示したように、CDMA (符号分割多元接続: 同一周波数を同時に多数の無線機が異なる拡散符号により周波数を共用して通信を行うこと。) が可能であり、単純なキャリアセンスは、逆に周波数利用効率の低下を招くものであること。

(2) 想定する無線周波数帯がISMバンドであることから、ISM装置からの干渉信号でキャリアセンスが誤動作し、送信可能な時間率及び場所率の著しい低下を招く確率が高いと考えられること。

(上記(1)、(2)を考慮しなくて良いような使用環境においては、キャリアセンスはFDMAシステムと同様に有効である。)

2. 2 相関信号センス (図1参照)

受信装置の相関器 (受信信号と受信装置内部の参照用拡散信号との相関演算を行う装置) の出力信号レベルをセンスする方法である。この方法の場合は、

ア ISM装置からの干渉による誤動作確率が、処理利得の分だけ低減できる。

イ 受信装置内部に用意された、参照用の拡散信号 (相関器に固定的に組み込まれている場合もある) との相関が大きな信号のみがセンスできる。

という特徴を有する。有害な混信を与えるケースは、FDMAの場合は、与干渉局と被干渉局の周波数が一致した場合であるが、スペクトラム拡散方式の場合は、拡散信号パラメータが一致した場合となる。したがって、送信に先立って、送信に使用する拡散信号パラメータにより、相関信号センスを行うことにより、他局への有害な与干渉を防止することが可能である。

3 結論

与干渉の防止という観点から、空きチャンネルの判定方法としては、従来のキャリアセンスによる方法と、相関信号センスによる方法のいずれか (又は併用) とすることが適当である。なお、センスレベルは、システムの諸元に応じて、システム毎に適切に決定することが適当である。

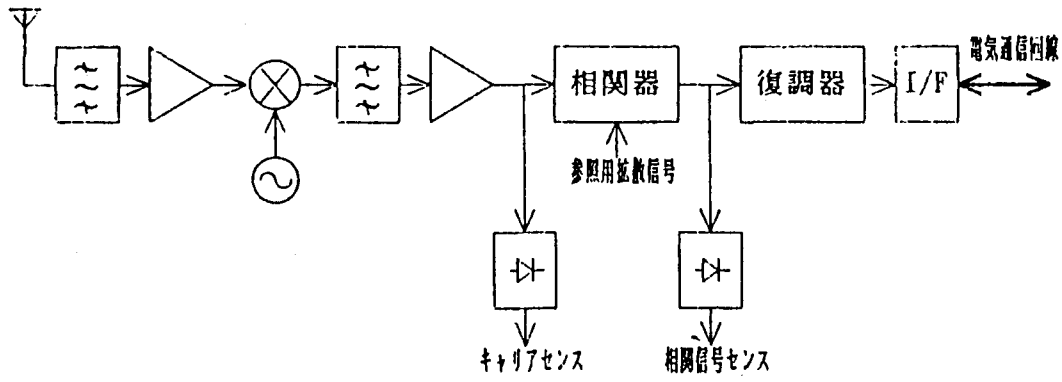


図1 受信装置におけるキャリアセンスと相関信号センス

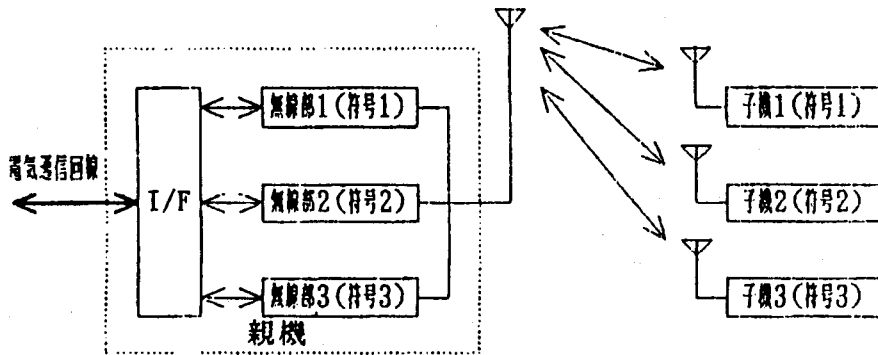


図2 CDMAの模式図

電気通信回線に接続する場合の異機種間の誤接続確率の検討

1 概要

電気通信回線設備へ接続する場合の誤課金、誤接続防止策として、個別識別符号（IDコード）による照合が必要であるが、SS無線LANシステムの場合は、これに加えて、システムパラメータの違いによる誤課金、誤接続の防止が可能である。

誤接続確率は、誤起動確率と誤照合確率の積で与えられるが、SS無線LANシステムの誤起動確率は従来システムに比べて1/10～1/50である。また、誤照合確率は、雑音等による誤起動の場合は従来システムと同等であり、異機種からの信号の場合は、小電力コードレス電話システムと同等の 10^{-4} のオーダーが得られる。

1. 1 検討のためのモデル

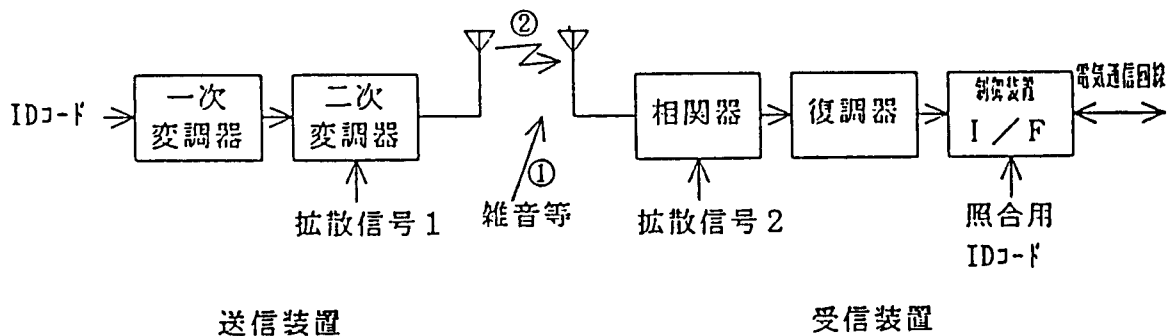


図 1. 1

図 1. 1において、雑音等により偶然にIDコードが一致する場合(①)、及び送信装置と受信装置が全く異なるシステム(異機種間)で、IDコードが偶然に一致している場合(②)に、電気通信回線に接続されてしまう確率(誤接続確率)を求める。

1. 2 誤接続確率の検討

誤接続確率 P_e は、次式で表される。

$$P_e = P_{ed} \cdot P_{ec} \quad (1)$$

P_{ed} : 誤起動確率 (IDコードの照合動作が誤起動される確率)

P_{ec} : 誤照合確率 (照合動作起動後、IDコードが一致する確率)

(1) 誤起動確率

まず、 P_{ed} について検討する。スペクトラム拡散方式でない場合の起動条件は、キャリアがセンスされた場合であり、この場合は、受信周波数帯に落ち込む電力レベルのみが起動条件となるが、SS無線LANシステムの場合は、処理利得(妨害排除性能の指数)による誤起動確率の低減が可能である。SS無線LANシステムの処理利得は、DS方式で10以上、FH方式又はDS/FH方式で50以上と規定されるので、誤起動確率は概ねスペクトラム拡散方式でない場合に比較して1/10～1/50と考えられる。

(2) 誤照合確率

次に、誤照合確率 P_{ec} について検討する。

ア 雑音等により誤起動された場合

この場合は、復調器出力はランダム信号となるため、 P_{ec} は、IDコード長 L_{ID} より、

$$P_{ec} = 1 / 2^{L_{ID}} \tag{2}$$

で与えられる。一例として $L_{ID} = 19 \text{ bit}$ の場合は、 $P_{ec} = 1.9 \times 10^{-6}$ が得られる。

イ 異機種からの信号による誤照合確率

IDコードが正しく復調される確率 P_c は、次式で与えられる。

$$P_c = P_{cs} \cdot P_{cc_1} \cdot P_{cc_2} \cdot P_{cm} \cdot P_{cf} \tag{3}$$

P_{cs} : 拡散変調方式が一致する確率

P_{cc_1} : 拡散符号の種類及び符号長が一致する確率

P_{cc_2} : 拡散符号速度が一致する確率

P_{cm} : 情報信号の変復調方式が一致する確率

P_{cf} : 中心周波数が一致する確率

まず、 P_{cs} について検討する。 P_{cs} は、DS方式、FH方式、DS/FH方式の違いによるものであり、異なる方式間では情報信号の復調は不可能であるので、

$$P_{cs} = 1 / 3 = 0.33 \tag{4}$$

で与えられる。

次に、 P_{cc_1} 及び P_{cc_2} について検討する。まず、DS方式について検討する。検討のためのシステムの諸元を表1のように仮定する。

表 1

情報信号速度	数十～数百 kbps
拡散符号長	数十～数百

DS方式に適し、良く用いられる符号系列(LFSR系列)の性質を表2^[11]に示す。表2のうち、異なる符号長間では、相関器出力が非同期となり、復調は不可能であるため、全ての符号長における符号の種類数の和の逆数が P_{cc_1} と考えて良い。

表2の特殊系列、プリファードG系列、Gライク系列及びK系列(大セット)からは、表1の符号長に該当する種類数は、各々数十～数千であり、また、表2に示されていない拡散符号の報告も多数あることから^{[2][3][4]}、控え目に見積もっても符号の種類数は 10^3 のオーダーである。

次に、FH方式の場合を検討する。FH方式でよく使用される拡散符号系列として、リードソロモン系列がある。この系列の性質を表3^[11]に示す。周期が与えら

表2 LFSR系列の系列数

段数 n	符号長 $l=2^n-1$	各種系列の系列数①										各種系列の最大相互相関値の絶対値②				備考 Gold可数 $1/2^n$ $1/2^n \times QM(n)C_1$
		M系列					K系列					Gライク系		L系		
		M系列 $QM(n)$ $\phi(l)/n$	プリファードM系列 $QMP(n)$ $M(n)$ 全期合せについて	特殊系列 $Q_{nm}(n)$ $l+2$	プリファードFG系列 $QGP(n)$ $l+2$	Gライク系 $QG(l)$ $l+1$	大セプト $QKL(n)$ $(2^{n-1}+1)-1$ $(2^{n-1} \text{ or } (2^{n-1}+1))$	小セプト $OKS(n)$ $2^{n/2}$	M系列、COMPUTER $\phi M(n)$	プリファードM系 $MP(n)$ $l(n)$	特殊系列 $\phi_{nm}(n)$ $l(n)-2$	プリファードFG系 $\phi GP(n)$ $l(n)$	Gライク系 $\phi G(l)$ $l(n)$	大セプト $\phi KL(n)$ $l(n)$	小セプト $\phi KS(n)$ $l(n)$	
3	7	2	2	17	9	16	①	4	5	5	5	5	5	5	7	
4	15	2	0	33	33	16	①	67	9	9	9	9	9	9	9	
5	31	6	3	65	65	256	①	520	11	11	11	11	11	11	465	
6	63	6	2	129	129	4096	①	4111	23	23	23	23	23	23	19,431	
7	127	18	6	257	257		①		41	41	41	41	41	41	576,408	
8	255	16	0	4,097	4,097		①		95	95	95	95	95	95	31,523,800	
9	511	48	2				①		113	113	113	113	113	113	1,623 × 10 ⁷	
10	1,023	60	3				①		363	363	363	363	363	363	5,305 × 10 ¹⁰	
11	2,047	176	4				①		287	287	287	287	287	287		
12	4,095	144	0				①		1,407	1,407	1,407	1,407	1,407	1,407		
13	8,191	630	4				①		703	703	703	703	703	703		
14	16,383	756	3				①		> 5,631	> 5,631	> 5,631	> 5,631	> 5,631	> 5,631		
15	32,767	1,800	2				①		> 2,047	> 2,047	> 2,047	> 2,047	> 2,047	> 2,047		
16	65,535	2,048	0				①		> 4,095	> 4,095	> 4,095	> 4,095	> 4,095	> 4,095		

表3 OCC系列とReed-Solomon系列の比較

項目	OCC系列	Reed-Solomon系列
多値数	$p-1$	$q = p^n$
系列の種類数	$p-1$	$q = p^n$
周期	$p-1$	$q-1 = p^n-1$
サイクリックシフトによる一致数	2以下	1以下

(p は素数, n は正整数)

れた場合の系列の種類数は、DS方式で良く使用されるプリファードG系列の値に極めて近く、また、今後は他の系列の使用¹⁵⁾も十分に考えられることから、符号の種類数はDS方式の場合と同等(10^3)と考えて良い。

DS/FH方式は、DS方式とFH方式の混合方式であるから、符号の選択はより自由度を増し、DS方式又はFH方式の種類数を下回ることはない。

したがって、 P_{cc_1} を、

$$P_{cc_1} \sim 10^{-3} \quad (5)$$

とする。

次に P_{cc_2} について検討する。SS無線LANシステムでは、拡散符号速度を規定しないため、どのような値でも取り得るが、実際には、情報信号速度は、

{100k, 200k, 400k, 800k (bps)},
 {64k, 128k, 256k, 512k (bps)} 又は
 {96k, 192k, 384k, 768k (bps)}

の系列から選択される場合が半数程度で、残りの半数程度はこれ以外の速度が選択され、拡散符号長に応じて拡散符号速度が決定されると考えられる。また、受信装置の相関器に与えられる拡散符号の速度は、受信信号に応じて同期化される場合が多く、多少の速度のずれは誤接続確率の低減に寄与しないと考えた方が良い。したがって、 P_{cc_2} を、上記の信号速度の12種類の倍の逆数として、

$$P_{cc_2} \sim 1 / (12 \times 2) = 4 \times 10^{-2} \quad (6)$$

とする。

次に、 P_{cm} について検討する。情報信号の変復調方式として、拡散変調方式ごとに何種類の方式が出現するかを予測することは、システムの出現数にも関連するため極めて困難であるが、数種類～数十種類であろうと考えられるので、中間的な値として10を採用する。したがって、 P_{cm} を、

$$P_{cm} \sim 10^{-1} \quad (7)$$

とする。

最後に P_{cf} について検討する。SS無線LANシステムの中心周波数は特に規定されないので、いかような値でも取り得る。また、中心周波数が情報信号速度程度離れたシステムからの信号は正しく復調できない。したがって、中心周波数の違いが誤照合確率の低減に役立つことになる。復調が不可能なチャンネル数 N_{ch} は、

$$N_{ch} \sim \{ (B_1 - B_2) / R_d \} - 1 \quad (8)$$

B_1 : 利用周波数帯幅 [Hz]

B_2 : 占有周波数帯幅 [Hz]

R_d : 情報信号速度 [bps]

で与えられる。実際には B_1 は26MHz程度と想定される。 B_2 及び R_d はシス

テムごとに異なるが、 B_2 の平均値は 10MHz 程度、 R_d の平均値は 128kbps 程度と想定されるので、平均的な N_{ch} としては 100 程度であろうと考えられる。したがって、 P_{cf} を、

$$P_{cf} \sim 10^{-2} \quad (9)$$

とする。

式 (4), (5), (6), (7) 及び (9) を式 (3) に代入して、 P_c を求めると、

$$\begin{aligned} P_c &= 0.33 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-2} \times 10^{-1} \times 10^{-2} \\ &= 1.3 \times 10^{-8} \end{aligned} \quad (10)$$

を得る。この値は、 ID コードを 25 ビットとした場合の、全種類の逆数の値、

$$1/2^{25} \sim 3 \times 10^{-8} \quad (11)$$

と同等の値である。したがって、 SS 無線 LAN システムの場合、 ID コードをシステムの設置時点に設定したとしても、小電力コードレス電話システムと同等の誤照合対策が実現できることになる。

1. 3 まとめ

- (1) 誤接続確率 P_e は、誤起動確率 P_{ed} と誤照合確率 P_{ec} の積で与えられる。
- (2) 誤起動確率 P_{ed} は、スペクトラム拡散方式以外の場合に比べて、 $1/10 \sim 1/50$ が得られる。
- (3) 誤照合確率 P_{ec} は、雑音等による誤起動の場合は、スペクトラム拡散方式以外の場合に等しく、隣接する他のシステムによる誤起動の場合は、システム間のパラメータの違いにより、 10^{-8} のオーダーの値が得られる。この値は、小電力コードレス電話システムに使用されている 25 ビットの ID コード長の全種類数と同等である。
- (4) したがって、 SS 無線 LAN システムの ID コードをシステムの設置時点に設定することに起因して、 ID コードが異機種間で偶然に一致したとしても、異機種間のシステムパラメータの違いにより、小電力コードレス電話システムと同等の誤課金、誤接続対策が計れる。

参考文献

- [1] 河野；“スペクトラム拡散技術の基礎と応用 第2章 拡散符号”，(株)トリケップス，1987
- [2] 末広；IEICE 技報，SS88-1，1988
- [3] 松藤，今村；IEICE 技報，SSTA90-34，1990
- [4] 棚田；IEICE 技報，SSTA90-11，1990
- [5] 佐々木，丸林；IEICE 技報，SSTA90-10，1990

電気通信回線設備へ接続する場合の同一構内における中継に関する検討

1 結論

SS無線LANシステムの無線機を、電波を使用した端末設備として認定を受けるためには、構内での使用に限定される必要があるという観点から、中継動作に制限を与えるような技術的条件を検討したが、確実な制限を行い得る規定は困難である。

しかしながら、SS無線LANシステムのサービスエリアは、情報信号速度が256 kbpsの場合で半径30m程度を想定しているため、長距離の中継動作には多くの中継器が必要なこと、及び、サービスエリアが拡大するほどISM装置からの予期し得ない強大な干渉を受ける危険性が增大することから、中継により構内の概念を越えるサービスエリアを実現することはほとんど不可能である。一方で、構内における信頼度の高い通信を実現するためには中継動作が不可欠である。

以上の点から、中継動作に制限を与えるような技術的条件は規定しないことが望ましい。

2 中継動作に制限を与える技術的条件の規定

次の理由により、確実な制限を行い得る規定は困難である。

- (1) ハードウェアのみを対象とした規定による制限は不可能である。
- (2) ソフトウェアも規定する必要があるが、無線機に内蔵される制御用のソフトウェア以外に、無線機に接続されるパソコン等の機器で使用するドライバソフト及びアプリケーションソフトにも規定が必要である。

3 サービスエリア

SS無線LANシステムのサービスエリアは、ISM装置からの干渉も考慮して、情報信号の伝送速度が256 kbpsの場合で半径30mを想定している。伝送速度の下限は特に規定していないが、電気通信回線に接続しようとする無線機の所要伝送速度の下限は32 kbps程度と考えられる。この場合、自由空間伝搬を仮定したサービスエリアは、伝搬損失が9 dB大きい場合に相当し、87mとなる。

実際には、障害物等の影響も加わり、長距離の中継には多くの中継器が必要である。

4 ISM装置からの干渉

調査結果によると、電子レンジの平均的な不要輻射電力は200 mW~1 Wであり、医療用ハイパーサーミア装置の場合は、これ以上と推定される。いずれの装置も、多数稼働しており、ISMバンドで通信を行う場合は、これらの装置からの干渉を甘受する必要がある。したがって、構内を越えてSS無線LANシステムを運用することは、システムの信頼性確保の面で大きな困難があり、実現はほとんど不可能である。

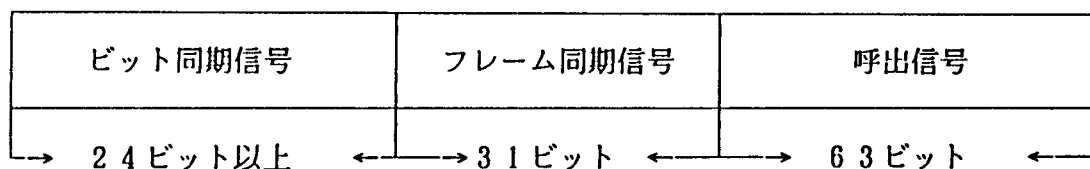
5 中継動作の必要性

次のような構内での使用条件の場合に、無線による中継が可能であることが望ましい。

- (1) 見通し外伝搬であり、伝搬損失が極めて大きい場合
- (2) 無線によるブリッジ、ルータ等を構築したい場合
- (3) ISM装置からの干渉のため、所要のサービスエリアが得られない場合

中速無線 LAN システムの無線局の自動識別装置の信号構成等
(呼出名称記憶装置)

1 信号の構成



2 信号の符号形式

無線 LAN システムに利用される符号形式と同一とする。

3 ビット同期信号

「1」と「0」が交互に並んだ 24 ビット以上の符号からなること。

4 フレーム同期信号

31 ビット M 系列符号とし、次のとおりとすること。

「0001101110101000010010110011111」

5 呼出信号

呼出信号は、呼出名称及び誤り訂正符号からなり、次の構成とする。

呼出信号は、「 $a_{62} a_{61} a_{60} a_{59} a_{58} a_{57} a_{56} a_{55} a_{54} a_{53} a_{52} a_{51} a_{50} a_{49} a_{48}$
 $a_{47} a_{46} a_{45} a_{44} a_{43} a_{42} a_{41} a_{40} a_{39} a_{38} a_{37} a_{36} a_{35} a_{34} a_{33} a_{32} a_{31} a_{30} a_{29}$
 $a_{28} a_{27} a_{26} a_{25} a_{24} a_{23} a_{22} a_{21} a_{20} a_{19} a_{18} a_{17} a_{16} a_{15} a_{14} a_{13} a_{12} a_{11} a_{10}$
 $a_9 a_8 a_7 a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0$ 」であること。

ただし、 a_{62} から a_0 までは、次に掲げる位数が 2 の有限体上の多項式の第 62 次から第 0 次までの項の係数とする。

$$X^{12} \cdot \left(\sum_{i=0}^{50} b_i X^i \right) + R(X)$$

ただし、 b_0 から b_{47} までは 12 桁の数字で表される識別符号を次の表により 2 進数に変換したときの 1 桁から 48 桁までの各桁の数とし、 b_{48} から b_{50} までは 0 とする。

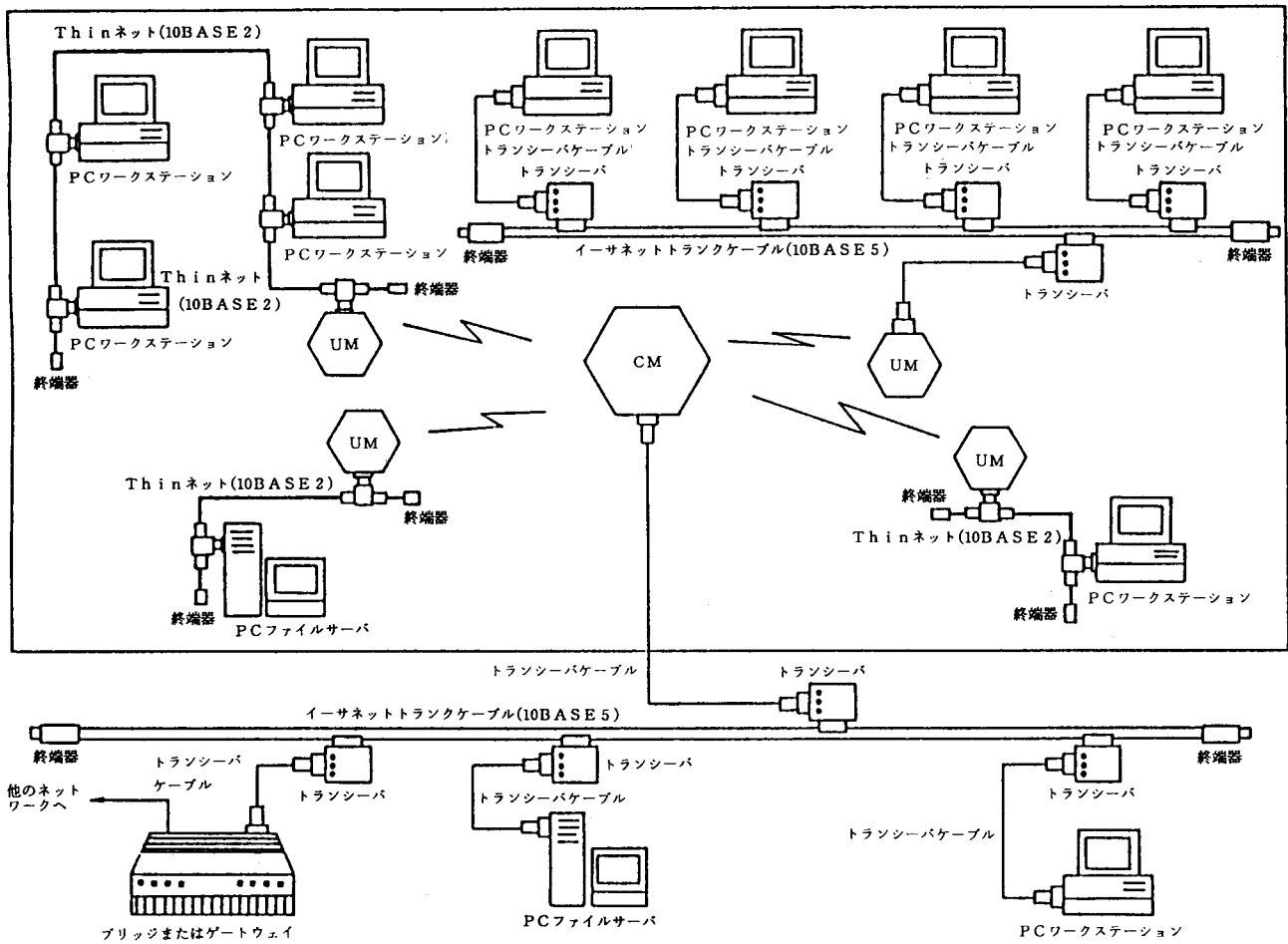
また、 $R(X)$ は、

$$X^{12} \cdot \left(\sum_{i=0}^{50} b_i X^i \right) \text{ を } (X^{12} + X^{10} + X^8 + X^5 + X^4 + X^3 + 1)$$

で除したときの剰余多項式とする。

呼出名称の数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2 進数	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1000	1001	1011	1100

高速無線LANシステムの構成例



送信スペクトラム及び所要周波数帯域幅

1. 送信スペクトラム

(1) 占有周波数帯域幅の理論値

スペクトラムの利用効率を最大限利用するために、最大変調偏移（中心周波数より） $\pm 1/4 \cdot 7.5 \text{ MHz}$ の4値FSK変調で20MHzのキャリア間隔を考える。このスペクトラム特性を理論的に解析した結果を表1にしめす。また、4kHz当たりのスペクトラム強度をdBc単位で表したものを図1にしめす。結果は表1から99%の占有周波数帯域幅としては $8.438 \times 2 = 16.876 \text{ MHz}$ である。

(2) 占有周波数帯域幅の測定値

上記(1)と同様の条件で疑似ランダム信号で変調した送信スペクトラム波形を図2に示す。これは、10kHzの分解能周波数帯域、MAX HOLD、50MHz掃引幅で測定されており16.75034MHzの占有周波数帯域幅となっている。これは上記(1)の理論値と良く一致している。

2. 周波数再利用法

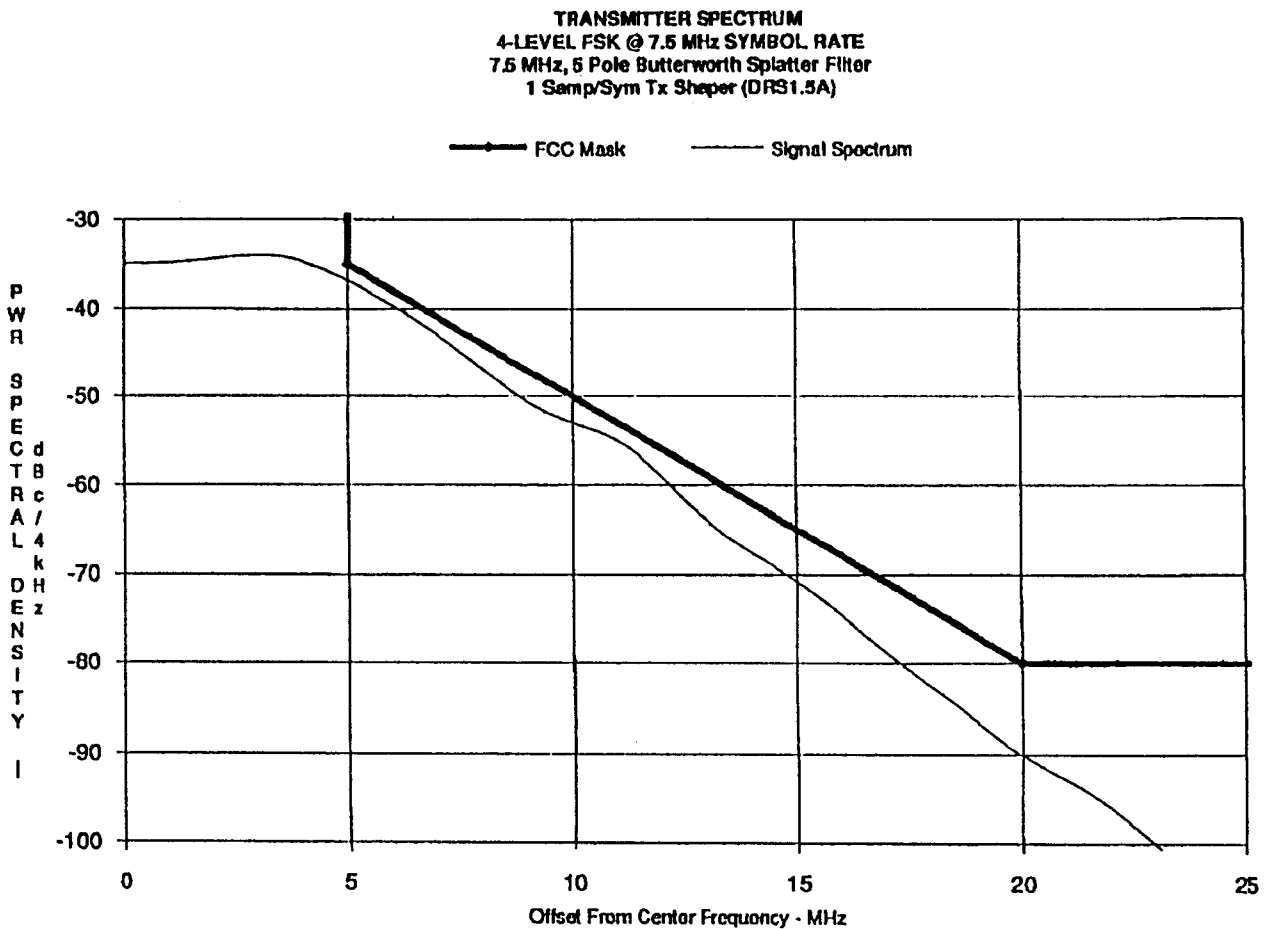
上下10MHzのインターリーブチャンネルの漏洩電力は比較的高いのでマイクロセル間で隣接チャンネルを使用する時は、干渉を避けることが必要である。よって、理想的な4セル繰り返しのセル配置ではお互いのセル間では20MHz以上の離調周波数を利用することになる。この4セル繰り返しのセル配置が可能な時は、マイクロセルが理想的な配置であり、かつ円形のサービスエリアである場合のみである。利用者の環境は部屋の内壁とか家具等により大幅に異なるため、マイクロセルは形がそれぞれに異なることになる。このように現実的な利用者環境の下で信頼性がありかつ、利用者のサービスエリアを十分カバーできるように十分な重なりをもったサービスエリアを構成するには、4セル繰り返し以上のチャンネルが必要になる。現実的には、7セル繰り返しのセル配置が必要になる。

3. 所要周波数帯域幅

上記考察により、7セル繰り返しのセル配置を実現するには、77MHzの周波数帯幅が必要になる(図3参照)。また、このほかに、異なる無線LANとの調整用に2ないし3チャンネルの予備を確保しておくのが望ましい。以上から所要周波数帯域幅としては、100MHz程度となる。

中心周波数からの差 (MHz)	0.000	1.172	2.109	3.047	4.219	5.156	6.094
電力密度 (dBc/Hz)	-70.9681	-70.7787	-70.3781	-70.0293	-71.0188	-73.2545	-76.0016
帯域内の全電力 (%)	0.00	19.04	35.40	53.42	75.17	86.95	93.57
中心周波数からの差 (MHz)	7.031	8.438	8.672	10.08	12.19	15.00	
電力密度 (dBc/Hz)	-79.1087	-84.4921	-85.3855	-89.1109	-96.1330	-106.8240	
帯域内の全電力 (%)	96.97	98.98	99.13	99.65	99.95	100.00	

表1 4値FSK変調スペクトラムの計算値



J. E. Mitzlaff

IVAXV1EFS42B.XLC

4/20/92

図1 4値FSK変調スペクトラムのスペクトラム強度

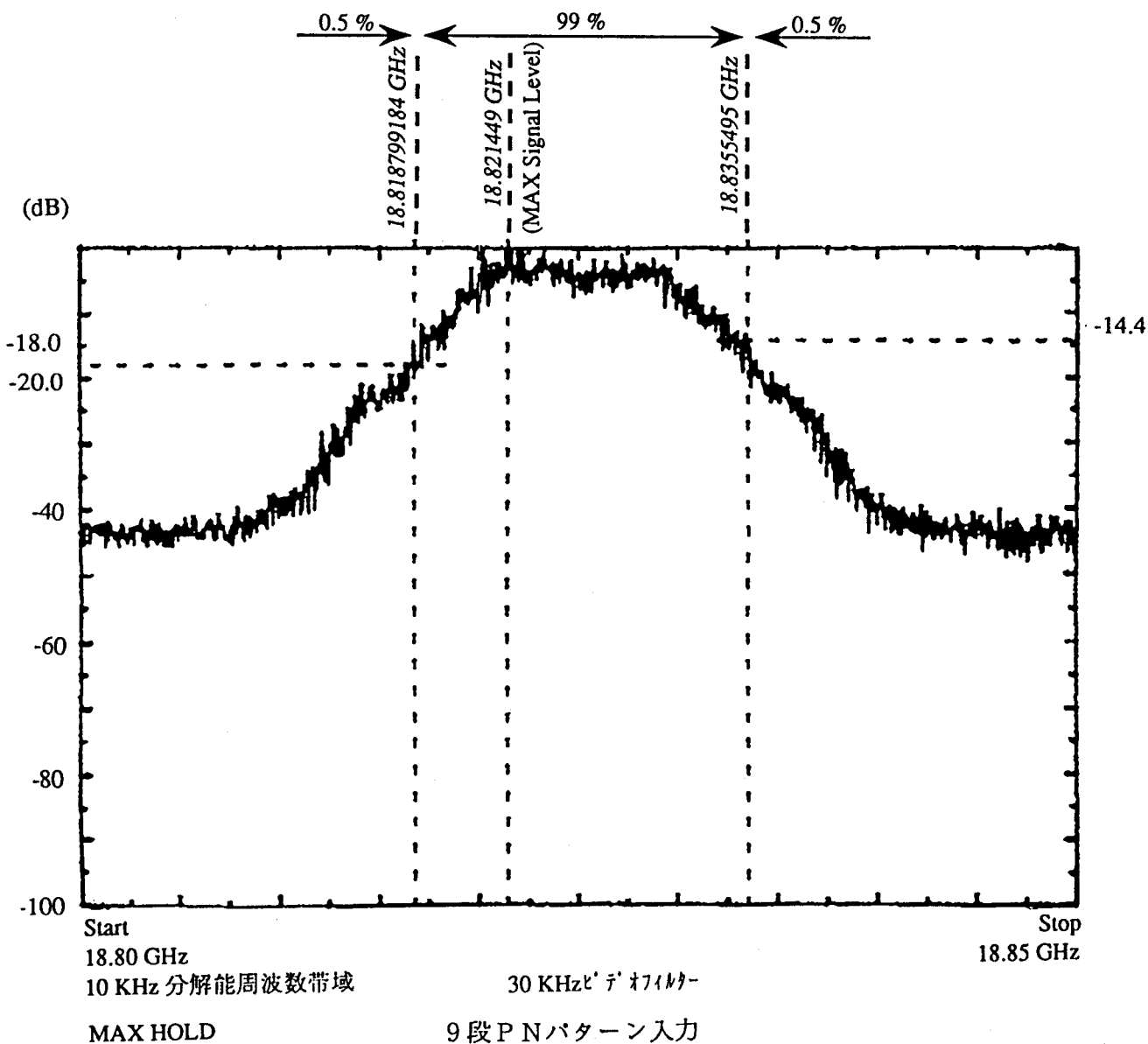


図2 占有周波数帯域幅の測定例

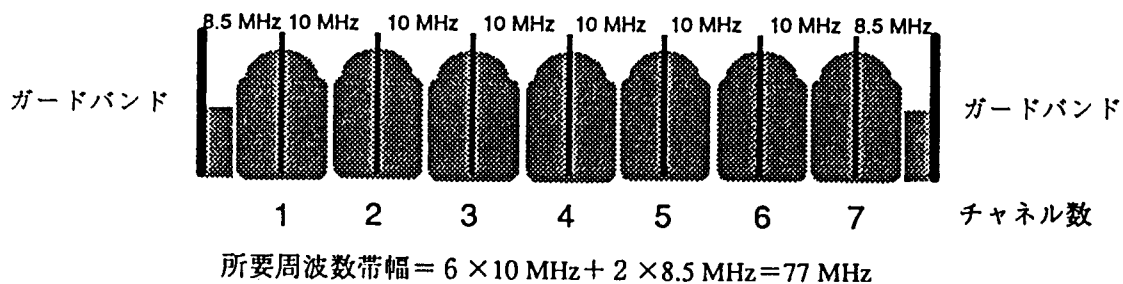
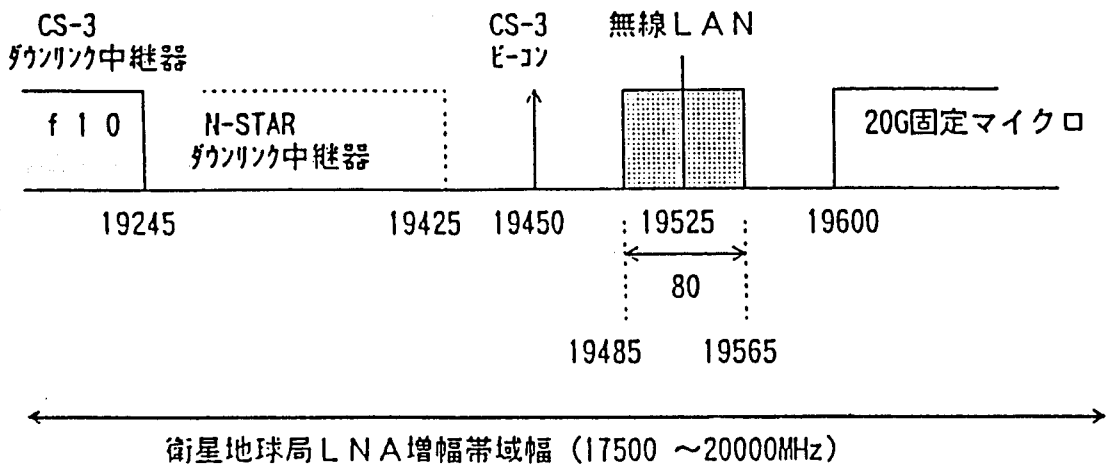


図3 チャンネル配置

準ミリ波帯無線LANシステムの周波数検討の一例

30 / 20 GHz 衛星通信方式と無線LANとの干渉についての検討

1. 無線周波数配置 (単位MHz)



2. 地球局ビーコン受信器への影響

ビーコン受信器の3db 帯域幅は約±350kHzであり、フィルタによるIRFが無線LANのキャリアに対して十分見込まれるので影響ないものと思われる。

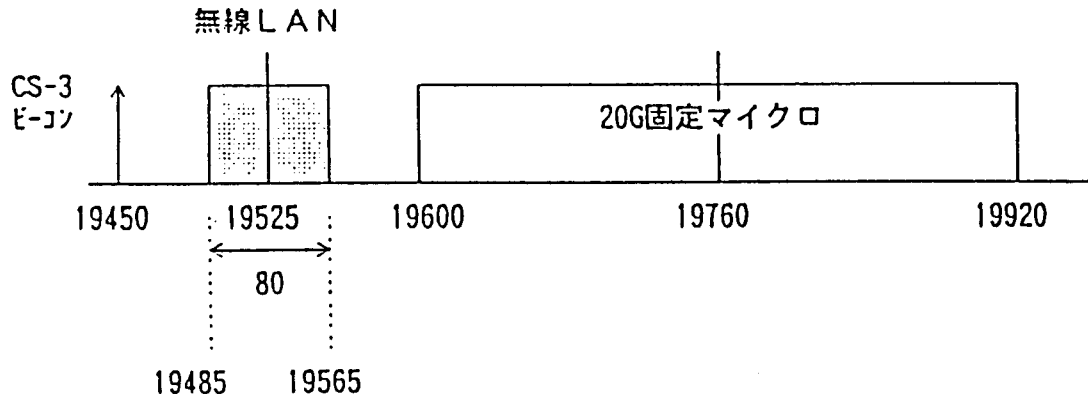
3. 地球局の低雑音増幅器 (LNA) への影響

地球局のLNA増幅帯域幅はおよそ17500 ~20000MHzであり、無線LANの周波数も増幅範囲となる。

衛星の受信レベルに対して、無線LANシステムから大きいレベルがLNAに入力した場合には、LNAが飽和状態になり、IMが発生し、受信系に影響を与える恐れがある。

20GHz固定マイクロ方式と無線LANとの干渉についての検討

1. 無線周波数配置 (単位MHz)



2. 無線LANと20GHz固定マイクロの調整距離

(1) 20GHz固定マイクロの許容干渉量
無線LANに対して -106 dBm

(2) 調整距離

$$\text{算出式: } P_{\text{LAN}} + G_{\text{LAN}} - L_s(\theta) + G_{\text{20G}} - D_{\text{20G}}(\theta) - L_{\text{20G}} - \text{IRF} < -106 \text{ dBm}$$

$$P_{\text{LAN}} = 13 \text{ dBm}$$

$$G_{\text{20G}} = 50.6 \text{ dB}$$

$$G_{\text{LAN}} = 10 \text{ dB}$$

$$L_{\text{20G}} = 7.3 \text{ dB}$$

$$L_s(\theta) = 20 \log(4\pi r/\lambda)$$

$$D_{\text{20G}}(0^\circ) = 0 \text{ dB}$$

$$\text{IRF} = 26.7 \text{ dB} (\Delta f = 195 \text{ MHz } f_{\text{LAN}} = 19565 \text{ MHz})$$

$$D_{\text{20G}}(3^\circ) = 30 \text{ dB}$$

$$\text{IRF} = 47.8 \text{ dB} (\Delta f = 275 \text{ MHz } f_{\text{LAN}} = 19485 \text{ MHz})$$

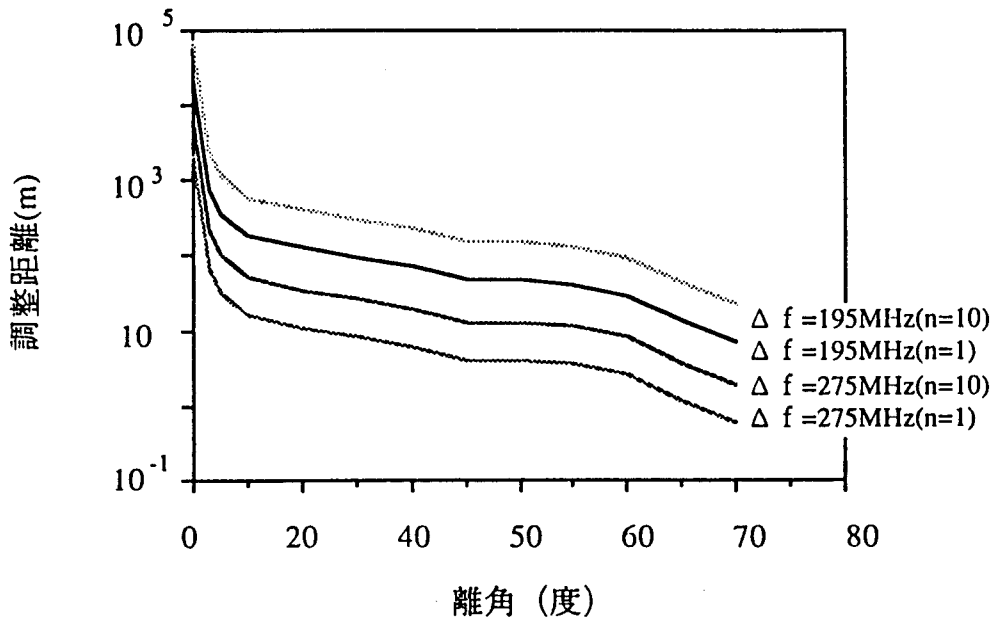
$$D_{\text{20G}}(30^\circ) = 45 \text{ dB}$$

調整距離計算結果 (Nは無線LANのチャネル数)

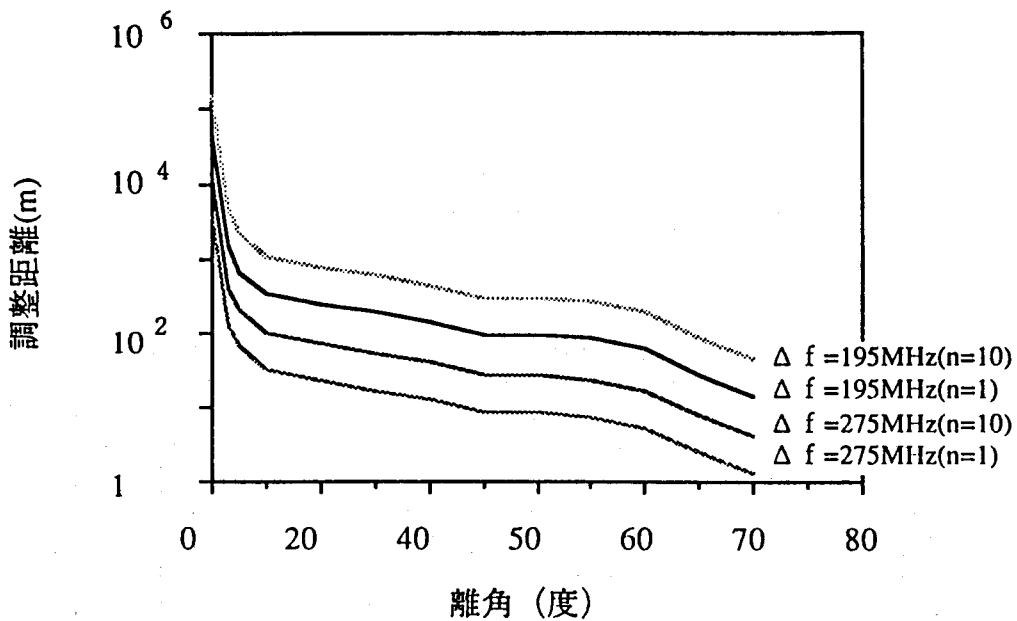
離角 (θ)	$D_{\text{20G}}(\theta)$	調整距離 (km)			
		$\Delta f = 195 \text{ MHz}$		$\Delta f = 275 \text{ MHz}$	
		N = 1	N = 10	N = 1	N = 10
0°	0 dB	22.4	70.8	2.0	6.2
3°	30 dB	0.7	2.2	0.06	0.2
30°	45 dB	0.1	0.4	0.01	0.04

無線LANと20GHz固定マイクロとの調整距離

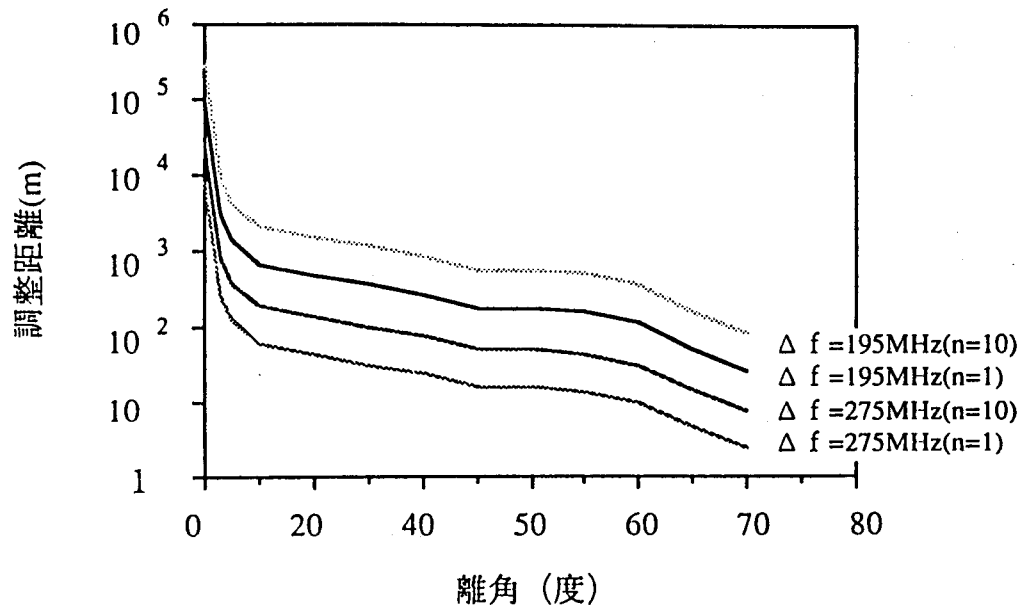
(1) 無線LAN出力：20mW



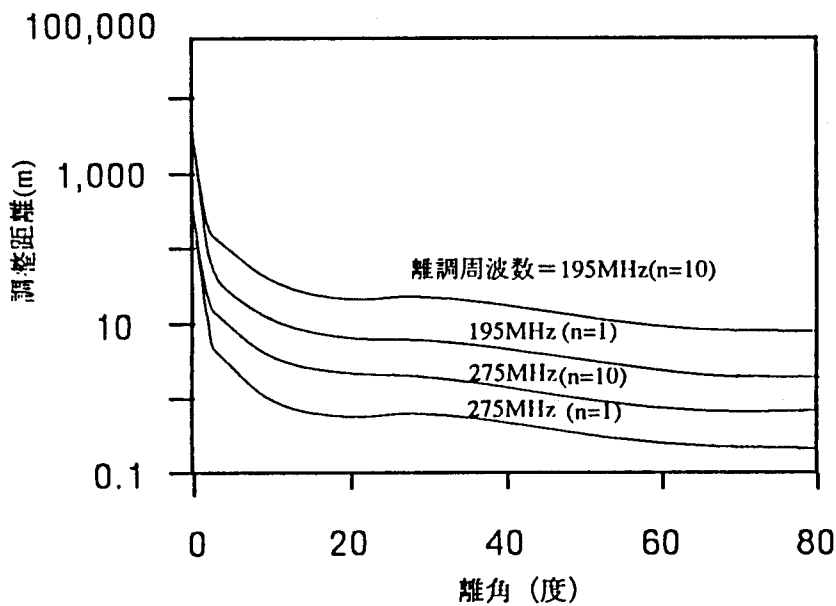
(2) 無線LAN出力：80mW



(3) 無線LAN出力：300mW



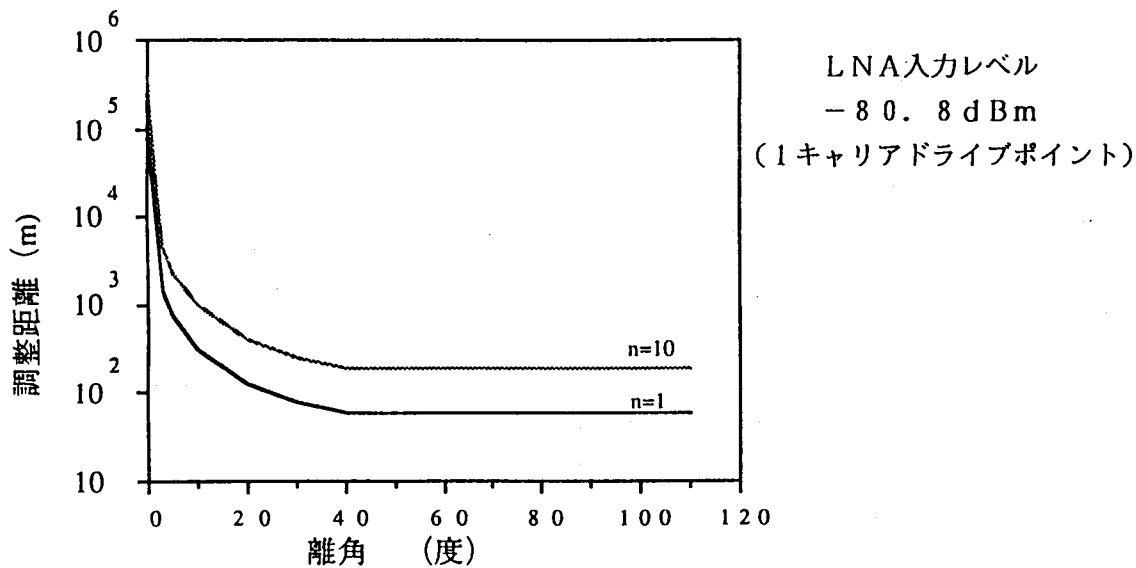
(4) チルト角付き6セクタアンテナを用いた無線LAN (出力20mW)



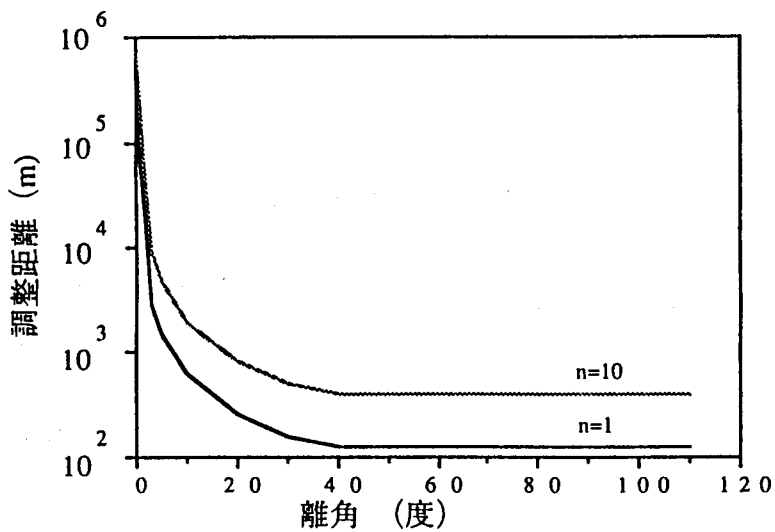
伝搬損失に以下の要素を追加。

- (ア) チルト角付きにより水平方向利得低下：
5 dB
- (イ) 6セクターアンテナ構成に分散：
 $1/6 = 7.8\text{dB}$
- (ウ) TDDデューティ比：50% = 3 dB
- (エ) ガラス窓の損失：5.4dB
- (オ) ビル外壁のガラス窓占有比：
50% = 3dB

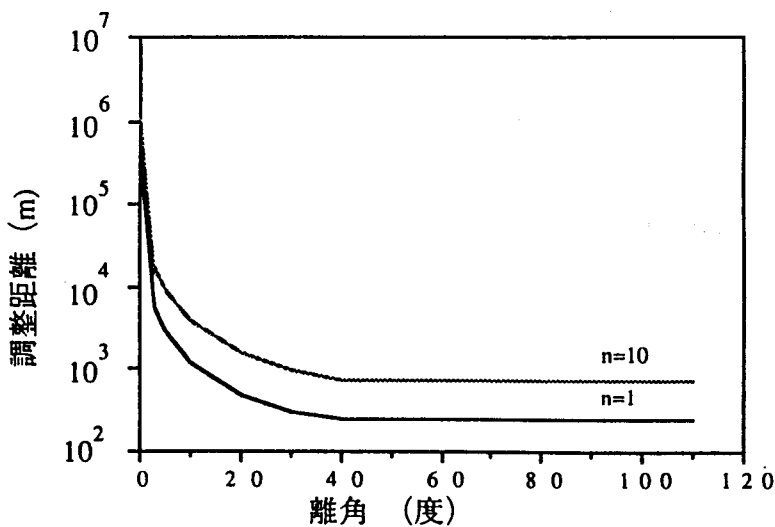
(1) 無線LAN出力：20mW



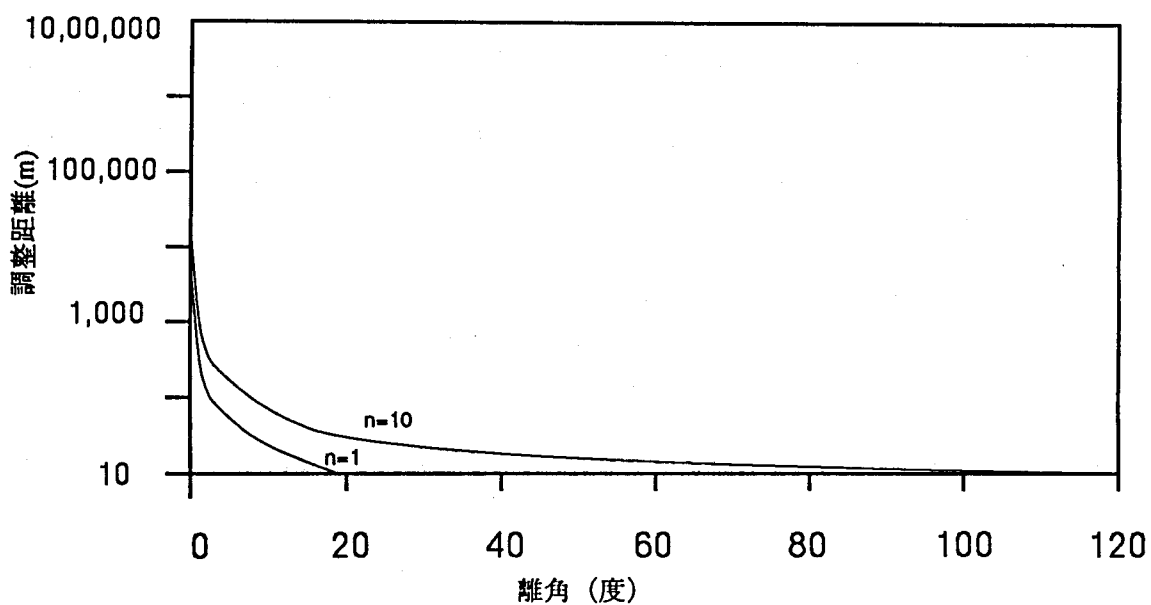
(2) 無線LAN出力：80mW



(3) 無線LAN出力：300mW



(4) チルト角付き 6 セクタアンテナを用いた無線LAN (出力 20 mW)



伝搬損失に以下の要素を追加。

(ア) チルト角付きにより水平方向利得低下：
5 dB

(イ) 6 セクタアンテナ構成に分散：
 $1/6 = 7.8\text{dB}$

(ウ) TDD デューティ比：50% = 3 dB

(エ) ガラス窓の損失：5.4 dB

(オ) ビル外壁のガラス窓占有比：
50% = 3 dB

無線 LAN システムに適した受信感度の測定法

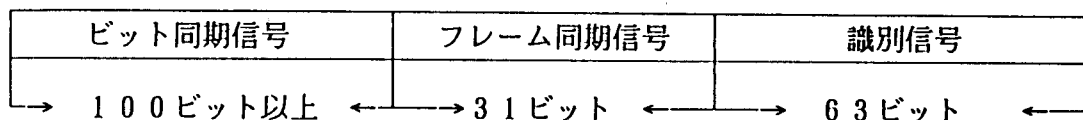
無線 LAN システムではメッセージデータは分割され宛先、誤り検出情報等の情報を付加したパケットとして送出される。無線回線の品質劣化により生じた誤りは上記の誤り検出情報により検出され、パケット誤りと判断され再送処理が行なわれる。パケット誤りの増加はシステムのスループット能力の低下を引き起こす。パケットの長さや誤り検出情報の構成は個々の無線 LAN システムにより最適化されるものとの考えで本無線 LAN システムでは一般化を行なわないことになっている、しかしこのパケット誤り率を測定することでこのシステムの受信機感度特性を客観的にシステム評価することが出来る。通常スループット能力の低下の評価基準は LAN では 5%程度を目安とされている。感度測定の精度は繰り返し観測されるパケット数によるが測定時間の兼ねから 5,000 回を規定とした。(注1)

このような受信感度測定の考え方が既に無線呼び出し受信機で取り入れられている。(20%誤り率)

注1) 約300バイトのメッセージのパケットを5,000回送出すると測定時間はスループット3Mbpsの無線LANでは $300 \text{ バイト} \times 8 \text{ bit} \times 5,000 \text{ 回} / 3 \text{ Mbps} = 4 \text{ 秒}$ となる。

高速無線LANシステムの無線局の自動識別装置の信号構成等
(送信装置識別装置)

1 信号の構成



2 信号の符号形式

無線LANシステムに利用される符号形式と同一とする。

3 ビット同期信号

「1」と「0」が交互に並んだ100ビット以上の符号からなること。

4 フレーム同期信号

31ビットM系列符号とし、次のとおりとすること。

「0001101110101000010010110011111」

5 識別信号

識別信号は、製造者識別番号、送信装置製造番号等及び誤り訂正符号からなり、次の構成とする。

識別信号は、「 $a_{62} a_{61} a_{60} a_{59} a_{58} a_{57} a_{56} a_{55} a_{54} a_{53} a_{52} a_{51} a_{50} a_{49} a_{48} a_{47} a_{46} a_{45} a_{44} a_{43} a_{42} a_{41} a_{40} a_{39} a_{38} a_{37} a_{36} a_{35} a_{34} a_{33} a_{32} a_{31} a_{30} a_{29} a_{28} a_{27} a_{26} a_{25} a_{24} a_{23} a_{22} a_{21} a_{20} a_{19} a_{18} a_{17} a_{16} a_{15} a_{14} a_{13} a_{12} a_{11} a_{10} a_9 a_8 a_7 a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0$ 」であること。

ただし、 a_{62} から a_0 までは、次に掲げる位数が2の有限体上の多項式の第62次から第0次までの項の係数とする。

$$X^{12} \cdot \left(\sum_{i=0}^{50} b_i X^i \right) + R(X)$$

ただし、 b_0 から b_{47} までは16進12桁の数字で表される識別符号を次の表により2進数に変換したときの1桁から48桁までの各桁の数とし、 b_{48} から b_{50} までは0とする。

また、 $R(X)$ は、

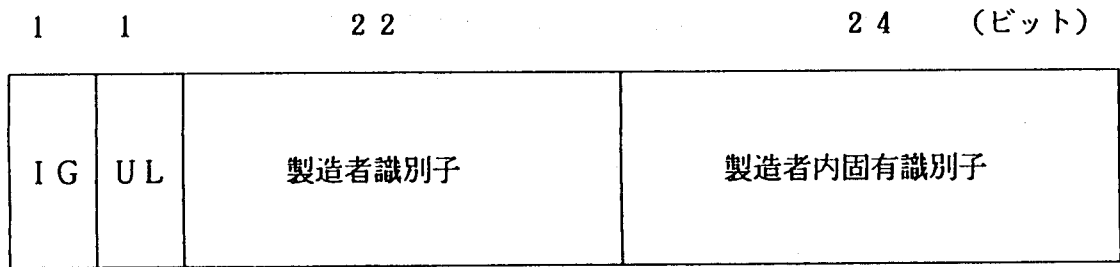
$$X^{12} \cdot \left(\sum_{i=0}^{50} b_i X^i \right) \text{を} (X^{12} + X^{10} + X^8 + X^5 + X^4 + X^3 + 1)$$

で除したときの剰余多項式とする。

識別符号の数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2進数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

識別符号の数字	A	B	C	D	E	F
2進数	1010	1011	1100	1101	1110	1111

イーサネット・アドレス (MAC ID) の構成



注 1 : 全体は、4 8 ビットで構成。(1 6 進数を利用)

2 : ビット構成の内容

- I G (個別/グループ・アドレス) : 1 ビット
(0 = 個別、1 = グループ)
- U L (ユニバーサル/ローカル・アドレス) : 1 ビット
(0 = ユニバーサル、1 = ローカル)
- 製造者識別子 (メーカー別識別) : 2 2 ビット
- 製造者内固有識別子 (製造番号等) : 2 4 ビット

3 : 上位 2 4 ビットは、I E E E の管理

(MAC : Media Access Control の略)

無線LAN - システム化技術 - Technologies for Wireless LAN

小林 浩

Hiroshi Kobayashi

株式会社 東芝 通信技術研究所

Communication Systems and Technology Laboratory, TOSHIBA Corporation

あらまし IEEE802.3 10 Mb/s CSMA/CDとの互換性並びにマルチベンダ化を目指した無線LANシステムの研究開発が(財)電波システム開発センターを中心に進められている。実現に当たっては、マルチパスに代表される数多くの技術課題があり、またこれらを解決するための技術も多岐にわたっている。今後、実験検証を通してシステムの全容を明らかにしていく予定にある。本稿は、今後の学会活動への課題提起に供することを目的に、内外の研究開発動向を踏まえながら無線LANに対する要求条件、解決しなければならない技術課題とその対策技術についてまとめたものである。

1. まえがき

パーソナルコミュニケーションの実現を目指し、移動通信の開発と実用化が急ピッチで進められている。この動きはコンピュータ通信にとっても例外ではない。世界に先駆けて89年12月からわが国で運用が始まった無線パケット通信サービスは、9600 b/sと速度は低いながらも公衆網系における無線パソコン通信として、当初は自動販売機POSシステムで利用が始まり、今後は企業幹部、営業マン、保守修理要員などの利用へと拡大していくものと期待されている[1]。

一方、いわゆる無線LANと称されている構内系については、米國FCCが87年にISMバンド(industrial, scientific & medical band: 902-928 MHz, 2.4/5.7 GHz)でのスペクトラム拡散方式によるデータ伝送(2)(~2 Mb/s)を認めてから、ベンチャビジネスを中心に多くの製品が販売されるようになってきた[3]。また電波利用上の制約はあるものの即ミリ波帯で10 Mb/sの高スループットを実現するものも販売されている[4]。なお、電波利用上の制限を受けない簡便な方法として赤外線を利用したものもあるが、使い勝手(伝送速度、指向性、伝送距離)から用途は限定されたものになる。

こうした動きに対応してIEEE802 LAN & MAN標準化委員会では数年前から無線化の検討を行ってきたが、FCCが電波割当に積極的に取り組む姿勢を表明したことから一昨年末同委員会内に専門のWG(IEEE802.11)が設置され、活動を本格化した[5]。しかしながら、これまでの無線システムの構成方法とLANの構成方法とのすり合わせが捗らず、またFCCでの電波割当の懸念も相俟って、OA、FAなどの用途別要求条件の設定作業に注力しており、具体

の開発は予定より大幅に遅れている。

一方、わが国では昨年5月(財)電波システム開発センター(RCR)に無線LANシステム開発部会が設けられ無線LANシステムの民間規格の研究開発に着手した。次いで郵政省電気通信技術審議会でも周波数利用に当たっての技術的条件の審議を開始し、更に電信電話技術委員会(TTC)にて上位プロトコルに照準した検討を始めるなど、無線LANの実現に向けて急速な展開を見せている。

現在、IEEE802.3 10 Mb/s CSMA/CD(carrier sense multiple access with collision detection)方式[6]に代表される国際標準LANとの互換性確保を目指した無線LANシステムと、スペクトラム拡散(SS: spread spectrum)方式の適用を想定した256 Kb/s程度までの国際標準との互換性を意識しない無線LANシステム(以下、低速SS無線LANと呼ぶ)が検討されている。更に、前者には周波数特性の違いにともなう適用技術の相違から2.4 GHz帯ISMバンドにて分散方式により実現しようとするものと、即ミリ波帯にて集中方式により実現しようとするものなどがあり、マルチベンダ化を目指して研究開発が活発に進められている。また、低速SS無線LANは米國と同様にISMバンドでの実現を想定しており、したがって上述の分散方式の無線LANシステムと周波数共用を行うことになる。

本稿は今後の学会活動への課題提起に供することを目的とするもので、IEEE802.11における標準化活動を踏まえつつ国際標準LANとの互換性を目指した無線LANシステムに対する要求条件、解決すべき技術課題とその対策技術について解説する。

2. 無線LANへの要求条件

2.1 国際標準LANとの互換性とマルチベンダ性

当面の研究開発対象としてわが国においても広く利用されているIEEE802.3標準の10Mb/s CSMA/CDを取り上げ、同標準の基本をなす10BASE5との互換性の確保と無線LANシステムとしてのマルチベンダ性の確保を図ることになっている。

図1は10BASE5のレイヤ構造と無線LANシステムとの関係を示すもので、AUI (attachment unit interface)にて互換性を確保すれば、既存のLANユーザへの影響を最も少なくすることができ、ひいては無線LANに対するより大きな需要を喚起することになる。一方、マルチベンダ性は、CAI (common air interface)を標準規格化することを意味し、これによって異なるベンダからの製品であっても相互接続が可能になる。

2.2 AUI接続条件

IEEE802.11での開発目標(5)を参考に、マルチバスなど建物内での無線化にともなう劣悪な伝送環境を考慮したAUIにおけるインタフェース条件(目標値)を以下に示す。

- (1)インタフェース規定点 AUI
 - (2)情報伝送速度 10Mb/s
 - (3)コネクション形態 コネクションレス
 - (4)最大システム遅延時間 49.9 μ s以下
 - (5)ビット誤り率 1×10^{-8} 以下
または アドレス情報 3×10^{-8} 以下
ユーザ情報 1×10^{-8} 以下
 - (6)パケット廃棄率 4×10^{-3} 以下
ただし512oct. 換算パケットにて
 - (7)衝突検出見逃し率 4×10^{-3} 以下
 - (8)スループット 10BASE5に対し60%以上
ただし短パケット:長パケット=8:2にて
 - (9)通信不能率 0.1%以下/(9-ビスリ7・日)
- *:IEEE802.11の目標値と同じ

(1)~(4)はIEEE802.3との互換性を維持するために最小限守らなければならない項目であり、残りの項目は無線化にともない多少の性能劣化はやむを得ないものの、これまで有線系のLANに慣れ親しんできたユーザに明かな性能劣化を感じさせない許容限界として目標設定したものである。同時に、無効(例えば誤りを生じた)パケットの再送にともなうトラヒックの増加、換言すれば実効スループットの低下を来さない性能目標でもある。

2.3 サービスエリアと分配システム

無線LAN開発部会でのアンケート調査の結果、サービスエリアを20mないし50mとする回答が過半数を越えたこと、現在のLANユーザの70%が400m²程度以内に分布していること、また建物内における高速データ通信の技術的困難さから20m程度を目標としている。これより広い範囲で利用したいユーザに対しては、有線系のLANにて相互接続することになる。前者を基本サービスエ

リア:BSA (basic service area)、後者を分配システム・DSM (distributing system module)と呼ぶ(図2)。

2.4 通信形態

BSA内の通信形態には、アクセス制御系並びに情報伝送系の構成方法から、図3に示すように三つの形態が考えられる。形態1はアクセス制御系及び情報伝送系ともに分散方式で行おうとするもので、形態2は両者とも集中方式で、更に形態3はアクセス制御系は集中方式で、情報伝送系は分散方式で行おうとするものである。図1に示すように各方式には各々一長一短があり、前述のIEEE802.11でも現在なお議論が分かれているところである。なお、形態1は、その形態的特徴から以後“対等分散方式”と呼ぶこととする。各方式を実現する上での技術課題とその解決策については、次章にて詳述する。

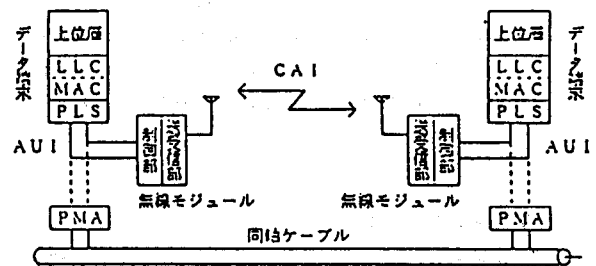


図1 無線LANシステムのレイヤ構造

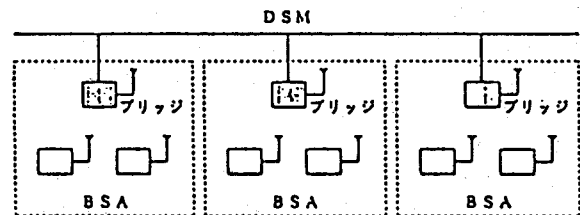


図2 無線LANシステムの構成

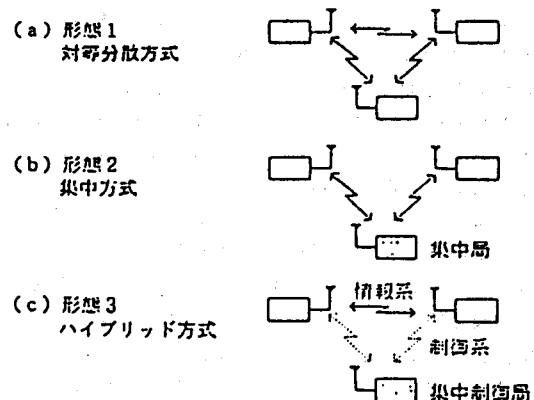


図3 無線LANシステムの通信形態

表1 無線LANの各種通信形態の比較

	形態1：対等分散方式	形態2：集中方式	形態3：ハイブリッド方式
概要	制御/情報系とも端末同士が直接通信。	制御/情報系とも集中局を介して通信。	制御系は集中局を介して、情報系は端末同士が直接通信。
導入形態	対向する2台の無線モジュールを購入すればよく、システム規模と導入コストが比例。	2台のみの対向通信であっても集中局の購入が必要。	2台のみの対向通信であっても集中制御局の購入が必要。
システム信頼性	集中局がないためシステム全体がダウンすることがない。	集中局に障害が発生すると全端末が通信不能に陥る。	集中制御局に障害が発生すると全端末が通信不能に陥る。
アクセス制御	有線LANと同様に衝突検出などのアクセス制御機能を各端末がもつ必要あり。	集中局が複雑になる。有線LANとアクセス制御が異なるため各端末に終端機能が必要。	集中制御局が複雑になる。有線LANとアクセス制御が異なるため端末に終端機能が必要。
所要帯域幅	10Mb/sを伝送できる帯域があればよい。	10Mb/s×2の帯域が必要。アクセス制御の工夫によっては10Mb/s程度の帯域でも可。	10Mb/s程度を伝送できる帯域があればよい。
スループット	有線LAN(10BASE5)とほぼ同じ。	アクセス制御の工夫によっては有線LANより向上できる。	アクセス制御の工夫によっては有線LANより向上できる。
サービスエリア	端末同士が直接通信するため形態2より面積は1/4に狭くなる。	集中局を介して通信するため形態1より面積で4倍広がる。	情報系が端末同士直接通信するため面積は形態1と同じ。
工事性	特殊工事が不要で、テナントビルなどへも適用し易い。	集中局を天井に取り付ける特殊工事が必要、保守作業も厄介。	集中制御局取り付けの特殊工事が必要、保守作業も厄介。
端末登録	有線LANと同様に登録不要、ただし隠れ端末問題が内在。	利用に際し予め集中局に登録要LANの思想に反する。	利用に際し予め集中制御局に登録要、LANの思想に反する。

2.5 サイズ及び消費電力

無線LANが目指すスループット特性並びに無線化にともなう可搬性から、無線LANの適用対象の多くは可搬型のパソコンとなる。従って無線モジュールの大きさは必ずと制約を受けることになる。

また、無線化によってLANケーブルから解放される代償に無線モジュール用に電源コードが必要になっては無線化の効用が半減することになる。換言すれば可搬型コンピュータから供給される電力(最大500mW程度)で無線モジュールが動作できることが実現に当たってのポイントとなる。例えば、アンテナ利得が同じ場合、周波数が10倍高くなれば送信電力は100倍必要になるなど、低消費電力化は実現方式に大きく依存することになる。

3 システム化技術

無線LAN実現に当たって解決しなければならない課題は多く、またこれらを解決するための技術も多岐にわたっている。当然のことながら適用技術が複雑高度になるほど装置コストは高くなる。どのような技術を組み合わせるかが研究開発における大きな関心事であるが、RCRを中心とする研究開発では、まだその解決の糸口は掴めていないのが実情である。ここでは主要な対策技術について、対等分散方式と集中方式の特徴を踏まえながら解説する。

3.1 マルチパス対策技術

前述したように建物内で電波を放射すると、壁や天井などで複雑な反射を来す。これをマルチパスと呼び、直接波

と反射波の干渉によって信号レベルが激しく変動する周波数選択性フェージングと、直接波と反射波の伝搬遅延時間差による復調系での符号間干渉を生じる。

図4(a)~(c)は、シールドビル内にて放射アンテナから各々10m、20m、40m離れた点で観測された2.4GHz帯での信号レベルの典型例(送受信ともλ/4モノポール・アンテナを使用)を示すもので、何れも直接波と同程度のレベルの干渉波による周波数選択性フェージングを生じ、30dB以上の落ち込みが起こり得ることが分かる。

一方、図5は会議室(180m²)の測定で得られた代表的な遅延プロファイルを示すもので、大きな遅延広がり、すなわち遅延分散をもち、10Mb/sもの高速データでは室内見通し通信であっても符号間干渉に多大な影響を与えることが分かる[7]。周波数選択性フェージングおよび遅延分散とも周波数帯によらないのが特徴である。

このように劣悪な伝送環境では必ずと伝送速度あるいは伝搬距離に限界が出てくる。文献[7][8]から、MSK変調を用いた場合、室内見通しでの伝送速度の上限は1.25Mb/s程度(ビット誤り率:10⁻³以下)と推定される。以下に述べる各種対策を施すことによって、その上限速度を高めることになる。

(1) ダイバシチ効果

干渉し合う二つの波の位相差が180度で、振幅も同じであれば二つの波は互いに打ち消し合い、信号レベルは零になる。これは周波数選択性フェージングの極端な例であるが、アンテナの位置を若干ずらす(1/4波長程度)だけで、二つの波の位相差は変わり大きな改善効果(Eb/N0にて15dB程度)をもたらす。これをアンテナ・グイバ

シチ効果と言ひ、受信側に2本のアンテナを設け受信レベルの高い方を選択するなど比較的コストで実現できることから、移動通信などで広く使われている。本改善効果により上述のMSK変調の伝送速度の上限を2倍程度高められ、更にビット誤り率も一桁程度改善、すなわち室内見通しにて2.5 Mb/s、誤り率 10^{-5} 程度まで伝送することができよう。

なお、6セクタからなる送受信アンテナを備え、計36通りのパスの中から最良のものを選択することによって、1.5 Mb/sまで伝送できる集中方式の無線LANシステムが既に米国などで実用に供されているが、これはアンテナ・ダイバシチ効果を積極的に利用した顕著な例と言えよう[9]。

同様な効果は周波数を変えることによっても可能で、これを周波数ダイバシチ効果という。更に、オフィスなどでは人が頻りに移動するが、伝搬特性は人の動きによっても影響を受ける。すなわち、1回目の通信は不調に終わっても2回目は成功することもある。これは一種の時間ダイバシチと呼べるもので、時間を変えて複数回送信することによって通信品質の改善を図ることができる。

(2) 指向性アンテナ

パラボラ・アンテナなどを用い電波の放射方向を絞り込むことによって不要な反射波の発生を防止でき、また受信側でも不要波の受信を防止できる。アンテナ利得を大きくできるため、少ない送信電力でより長距離の伝送が可能となるが、パソコンのように可搬型の機器への適用は難しく、LAN間接続など、比較的距離の長い固定局間通信に適している。

(3) マルチキャリア伝送

上述したように一つのキャリアで伝送できる速度には限界があるため、10 Mb/sの情報速度(後述の誤り訂正符号を付加すると同じスループットを得るには物理伝送速度を1.3~2倍高める必要がある)を複数のキャリアにて並列伝送することによって、キャリア当たりの伝送速度を低減できる。これをマルチキャリア伝送と呼ぶが、同じ情報を複数のキャリアにて同時並列伝送すれば上述の周波数ダイバシチ効果により、通信品質を高めることもできる。キャリア数が増えれば変復調器の数が増し、また出力段増幅器での非線形性に起因した相互変調が問題となってくる。前述した消費電力、無線LANモジュールの大きさなどを考慮すると、4キャリア程度までが現実的と言えよう。

(4) スペクトラム拡散技術

スペクトラム拡散変調とは、QPSKなど通常の狭帯域変調の他に拡散変調を施すことによって情報を広帯域に拡散させる方式である(図6)。情報の拡散にともなう周波数ダイバシチ効果により冗長性をもたせられるため、多少の周波数選択性フェージングあるいは妨害波などに遭遇しても所要の伝送品質を確保することができる。他に電力密度が低くなることなどから他へ妨害を与えにくい、情報の秘話・秘匿性に優れている、過負荷通話が可能などの特徴があり、移動通信を含めた幅広い応用が各所で研究されている[10]。

拡散変調にはPN系列(拡散符号)を直接乗じる直接拡

散(DS:direct sequence)方式と、送信周波数をPN系列に応じて切り換え(ホップ)る周波数ホッピング(FH:frequency hopping)方式、あるいはこれらを組み合わせる方式などがある。基底帯域幅と拡散帯域幅との比である拡散率を100以上に設定するのが一般的である。米国FCCがISMバンドにてスペクトラム拡散変調を認めたことが契機となって、無線LANの商品化が相次ぐようになったことは前述の通りで、2 Mb/sの情報伝送速度をサポートする製品もある[3]。

(5) 耐マルチパス変調技術

耐マルチパス変調技術とは、QPSKなどの狭帯域変調を行う際にシンボル単位で中心周波数を変化させて周波数ダイバシチ効果を狙ったり(QPSK-VF:図7)、RZ

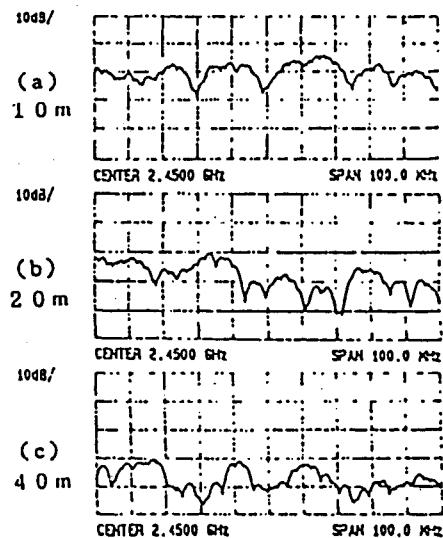


図4 周波数選択性フェージングの測定例

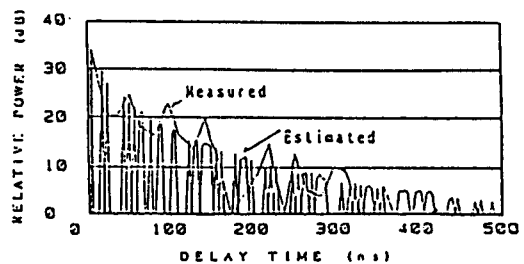


図5 遅延分散プロファイルの測定例 (文献[7]より転用)

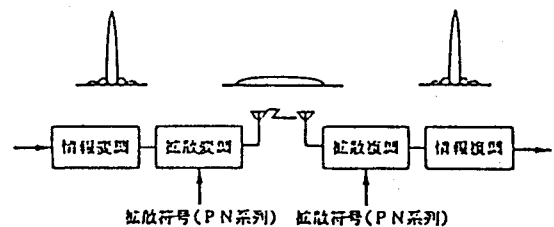


図6 スペクトラム拡散方式の原理

(return to zero)信号を用いて遅延分散にともなう符号間干渉を抑制したり(PSK-RZ)するものである。一般に、所要周波数帯域幅が狭帯域変調の2倍程度必要になるが、室内見通しにて3 Mb/s (ビット誤り率: 10^{-6} 以下)まで伝送可能とする実験報告がある[11]。

(6) 波形等化技術

波形等化技術とは、受信側にて反射波の伝送路特性を推定し、これをもとに生成した疑似反射波成分を受信波から除去しようとするものである。例えば、プリアンブル信号を利用した判定掃選型等化器では、まず初期トレーニングにてプリアンブル信号を反射波伝送路を近似する適応フィルクに通し、受信信号に含まれる反射波成分の打ち消し誤差を最小にするように適応フィルクの係数を設定する。トレーニング後は、判定(復調)結果を適応フィルクに通すことによって、刻々と変わる反射波の伝送路特性に追従して打ち消し誤差を最小にするよう適応フィルクの係数を更新していく(図8)。

移動通信などでは伝送速度が低いためデジタル信号処理技術が広く用いられているが[12]、10 Mb/sもの高速になるとCCDなどを用いたアナログ信号処理技術の適用が現実的となる。なお、適応フィルクにて常時最適化が図られるため、移動体通信など伝送環境が刻々変化するものへの適用に向いている。

3.2 誤り制御技術

上述のような各種対策を施しても誤りなしに伝送することは困難であり、何らかの誤り制御が必要になる。誤り制御には受信側からの応答信号の返送を前提とする再送方式(A-RQ: automatic repeat request)と、順方向伝送路だけで通信品質の改善を図ろうとする順方向誤り訂正方式とに大別され、更に後者は誤り訂正符号方式と多数回送方式とに分類することができる。

(1) 再送方式

再送方式は前述の時間ダイバシチ効果を期待したもので、応答信号の有無を一定時間監視する必要があるためAUI接続性(2.2(4)最大システム遅延時間)に問題を生じ、無線モジュールにて終端、すなわちブリッジ機能を各モジュールに内蔵させる必要がある。集中方式に適した方式と書えよう。

(2) 誤り訂正符号方式

誤り訂正符号方式は情報に冗長ビットを付加し誤り検出と訂正を行うもので、設計想定値以下の誤りであれば受信側で正しい情報に復元することができる。しかしながら、リードソロモンなどの複雑な符号方式では一般に復号処理に $100 \mu\text{sec}$ オーダの時間を要しAUI接続性に支障を来す。周波数選択性フェージングの影響が大きい時は激しいバースト誤りを生じるのに対して、緩慢な時はビット誤りを生じない(エラーフリー)など、室内無線伝搬に特有な誤り発生パターンの特徴を踏まえた処理時間の短い符号方式の選択が必要である。

図9は上述のマルチキャリア伝送(キャリア数: 4)についてパリティ検査符号とハミング符号からなる連結符号(符号化率0.56)を適用した例を示すもので、任意の

3キャリアの誤り率が 10^{-3} 程度以下であれば、残りのキャリアが通信不能に陥っても、すなわち4キャリア平均の誤り率が 10^{-3} 程度になっても、全体の誤り率を 10^{-6} 以下(2.2(5)参照)に抑えることができる。

(3) 多数回送方式

多数回送方式は時間または周波数ダイバシチ効果を利用したもので、同じ情報を複数回送出し受信側にて多数決判定または誤りのなかった情報を選択する方式である。上述のマルチキャリアによる同時並列伝送は多数回送方式に相当し、後述する対等分散方式における衝突検出あるいは隠れ端末問題の解決に効果的となる。

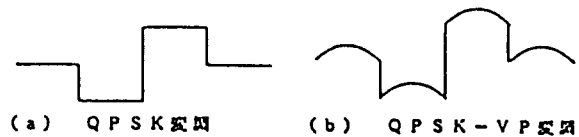


図7 QPSKとQPSK-VPの位相変化

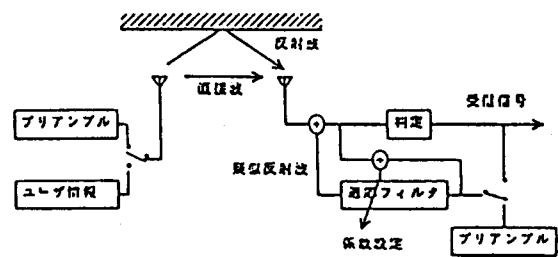


図8 判定掃選型等化器の原理

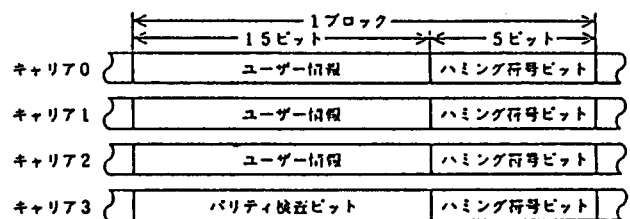


図9 マルチキャリア伝送における誤り訂正符号の例

3.3 アクセス制御技術

基本サービスエリア(BSA)内に集中制御局を設けるか否かによってアクセス制御は大幅に異なってくる。以下に対等分散方式と集中方式におけるアクセス制御方式について述べる。

(1) 対等分散方式におけるアクセス制御

CSMA/CD方式との互換性を目指した対等分散による無線LANでは、同アクセス方式もしくはこれに類似した方式の適用がAUIとの接続性などの観点から合理的と書えよう。

ところで、IEEE802標準化委員会に受け継がれている設

計思想には、前述の“分散制御”と“高スループット”の他に、“fairness”と“lost packet”がある。“fairness”とは、全ての端末に公平に送信権が与えられることである。これが崩れる現象は、例えばCSMA/CD方式の場合、衝突した信号のレベルが極端に異なっている時、高レベルの信号は衝突検出されずに、また衝突によってパケットが破壊されることもなく正常に相手方に届くのにに対して、低レベルの信号は衝突検出もしくは破壊され再度送信を試みることになり、その結果、送信権を獲得し難くなるようなケースで起きる。

一方、“lost packet”とは、送信したパケットが何らかの原因で紛失し、これに送信側及び相手側双方が気がつかない現象を言い、相手方から誤りなく受信した旨を知らせるACKが所定の時間内に返送されないことによって、送信側が異常発生を知り再度送信を試みる。これが頻発すると送信側の極端なスループット低下を招くことになる。この“lost packet”は周波数選択性フェージングにより極端に信号レベルが低下し受信側で信号が送られてきたことすら検知できなかった場合に生じる他、送信したパケットが衝突によって破壊された時、送信中にこれを検出できずに送信側では正しく相手方に届いたものと見なしてしまうことによって生じる。

周波数選択性フェージングなどによるビット誤りあるいは通信不能については前述した各種対策にて解決が図られるものと仮定すると、“fairness”と“lost packet”の問題は如何にして確實に衝突検出を行うかに帰着する。これまでにIEEE 802.3などにて提案もしくは標準化されてきた主な衝突検出方式には、レベル検出方式、ビット照合方式およびランダムパルス送出方式の三方式がある。

レベル検出方式は10BASE5にて採用されているもので、送信信号が直流的に一定量シフトするようマンチェスタ符号化されており、衝突によって直流成分のシフト量が増加することを利用している。衝突検出までに要する時間が短い、すなわちスループット上の劣化が少ない、ハードウェア量が少ないなどの長があるが、マルチバスにより信号レベルが大きく変化する無線LANへの適用は原理的に困難と言えよう。

ビット照合方式は広帯域ネットワーク（双方向CATV技術を利用したトリー形周波数多重伝送路）への適用を想定した10BROAD36[13]にて採用されているもので、送信データと伝送路を介して戻ってきた受信データとをビット毎に比較照合するものであるが、集中局による周波数変換と折り返し再送機構をもたない対等分散方式への適用は不可能である。

最後のランダムパルス送出方式は、パケット送出に先立ちランダムな時間間隔で複数のパルスを送出するもので、パルスを送出していない時に別の（端末から送信された）パルスを受信した場合、また待機状態の端末であっても所定の個数以上のパルスを受信した場合に衝突発生を検知することができる。上述のマルチキャリア同時並列伝送により少なくとも一つのキャリアにて確實にランダムパルスを受信できるならば、パルス送出のためのスロット数を n 、送出パルス数を r とすると、衝突検出見逃し率は $1/n \cdot C$

で表せ、 $2r = n$ のとき最小の見逃し率($n = 18, r = 9$ にて2.2(7)を満足)となる(図10)。

ランダムパルス送出方式はユーザ情報を含んだ実際のパケットを送出する前に衝突が発生するか否かを調べることから、CSMA/CA(carrier sense multiple access with collision avoidance)方式と称した方が適切であろう。同方式はパケットの前に衝突検出のためのウィンドウを設けるため、10BASE5などに比べスループットが劣化するが、図11に例示するようにその劣化はわずかで前述の要求条件(2.2(3))を満たすことができる[14]。

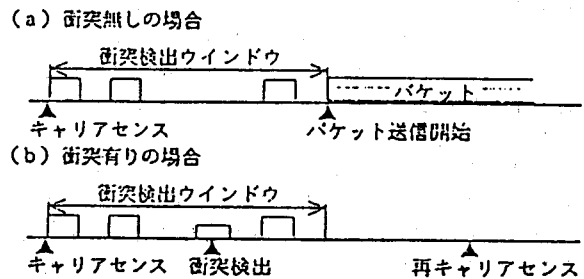


図10 ランダムパルス送出方式の原理

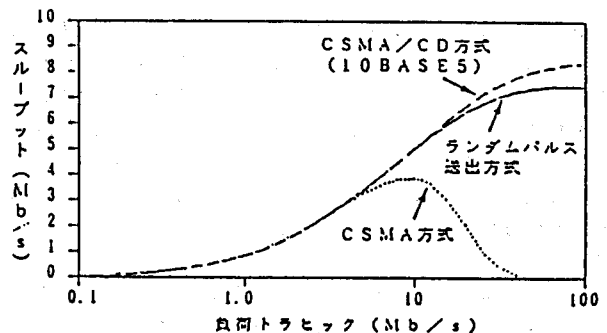


図11 ランダムパルス送出方式のスループット特性 (文献[14]より転用)

(2) 集中方式におけるアクセス制御

集中方式では、前述したように各無線モジュールにて終端するか否かによって、とり得るアクセス方式は大きく異なってくる。終端なしの場合は、上述の対等分散方式と同様にCSMA/CDに類似したアクセス方式の採用が適当と思われるが、アップストリームとダウンストリーム双方に所定の周波数帯域幅、すなわち対等分散方式に比べ2倍の帯域幅が必要になる。限られた電波資源を有効に利用する観点から望ましい選択とは言い難い。

これに対して、終端する場合には、自由な発想が可能である。例えば、各無線モジュール並びに集中局にバッファメモリを備えておき、各々のバッファメモリが満杯にならないよう無線モジュールとデータ端末間あるいは集中局と無線モジュールとの間でフロー制御を行えばよい。

ただし、集中局がブリッジを介して有線LAN(DSM)と接続されている場合には、有線LANから同一US A内

に送出され得る最大スループットを受け入れられる必要がある。なぜならば、有線LANに対してフロー制御のために無意の packets を連続的に送出すれば、同LAN内全体の極端なスループット低下を来すためである。従って、集中局から無線モジュール方向のダウンストリームに対して少なくとも10 Mb/sのスループットを保証し、実際のトラヒックがこれを下回る時は、その差分を無線モジュール間あるいは無線モジュールから集中局を介した有線LANへのトラヒックに適応的に割り当てることができ、その結果、所要帯域幅を最小としつつバッファメモリ満杯にもなう“lost packet”を回避できることになる。

具体例として、TDD (time division duplex) 双方向多重方式とリザベーションALOHA方式のアクセス制御を組み合わせたもの[4]があり、前述したように米国などで既に実用に供せられている。

3.4 隠れ端末問題

無線伝送環境下では上述したように周波数選択性フェージングなどの影響により、BSA内の全ての端末が必ずしも伝送路上の信号を検出できない、すなわちキャリアセンスできない場合が存在し得る。このため、伝送路上に信号が存在しているにもかかわらず、ないものとみなし packets を送出してしまいサービス運用に悪影響を与える場合がある。これを隠れ端末問題と称している。

図12に示すように、わずかに5%の端末が隠れ端末としてキャリアセンスできない場合であっても、高負荷(BSAが小さいため、図に示されているような高負荷になることは極めて希である)では、スループットの劣化が顕著になることが報告されている[15]。

隠れ端末問題の根本的な解決は、属しているBSAを正しく認識し、かつ同BSA内で送信してよいタイミングを正確に判定できることに帰着する。これは、例えばBSA内の端末を予め登録しておき、登録されている端末に対してポーリングを行い、要求のあった端末のみ送信許可を行うことによって実現できる。当然のことながら集中方式には適用可能であるが、LANの根本思想には電話システムに見られるようなサービス利用に際し予め登録しておくことを嫌う、すなわち“未認証端末による通信”の考え方があり、思想的に大きな隔たりをもつことになる。

一方、“未認証端末による通信”を前提とする対等分散方式では、隠れ端末問題は避けて通れない課題である。前述したように通信不能率を0.1%以下(2.2(9))に抑えられれば実用上なら支障を来さないが、このためには例えば上述のマルチキャリア同時並列伝送による衝突検出用ランダムパルス送出が効果的と思われる。実環境下での実験検証が待たれるところである。

なお、隠れ端末問題はBSA間の相互干渉によっても生じるが、これについては次節の中で触れる。

また、図11(10BASE5)と図12($\eta = 0\%$)のスループット特性は若干異なっているが、これはシミュレーション条件(最長パケットと最短パケットの構成比の相違など)の違いに起因するため、条件の設定如何により上述の論旨が変わるようなことはない。

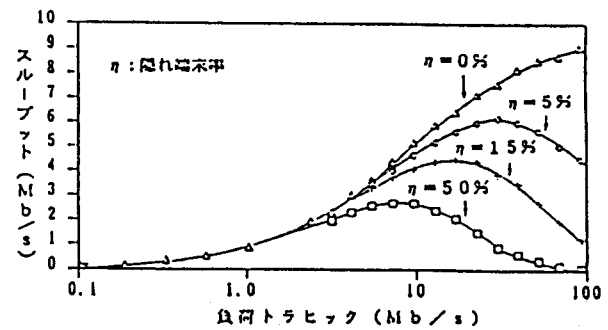


図12 隠れ端末によるスループットの劣化 (文献[15]より転用)

3.5 周波数共用

ISMバンドにて無線LANを実現するには、スペクトラム拡散方式の適用を想定した低速SS無線LAN、電子レンジなどのISM装置からの放射電波、更に同じ周波数帯域を使用しているBSA間の相互干渉の三点について周波数共用上の配慮を行う必要がある。

(1) 低速SS無線LANとの周波数共用

異なるシステム間での与干渉並びに被干渉が互いに等しくするのが最も合理的となろう。特に低速SS無線LANでは拡散変調方式および帯域幅が多岐にわたるため、送信電力で規定するよりも、放射電波の電力密度が互いに等しくなるようにすることがポイントとなろう。どのような方法で電力密度を測定するか、また電力密度をどの程度に規定するかについて現在電気通信技術審議会にて鋭意検討が進められているところである。

(2) ISM装置との周波数共用

ISMバンドにて放射している大きな信号源として電子レンジと医療用の温熱治療器がある。ともにマグネトロンを放射源としており、0.5~1W程度ある放射電波は、図13に示すように特徴的なスペクトル分布をもっている。すなわち、同図はスペクトル・アナライザにてピーク値を観測したものであるが、2.45~2.47GHz付近を中心に高域側では急激に電力密度が下がるのに対して、低域側では緩やかな減衰を呈している。そして全帯域にて常に電波が放射されているのではなく、5~20MHz程度の帯域幅のパルスが周波数軸上ではほぼランダムにホップしており、更に同パルスは商用電源の半サイクル期間のみ放射される。

オフィスビル内での電子レンジの使用は希であり、またユーティリティゾーンなど電波的に遮蔽された場所に収容するなどの対策が講じ得るが、むしろ店舗内にてPOSシステムなどへの応用が考えられる低速SS無線LANへの影響が懸念される。対策としては、電力密度が比較的低い帯域を使用する、電源の極性統一のため電子レンジなどの電源プラグを3端子に変え電波が放射されない半サイクル期間にて良質の通信環境を確保する、周波数ポッピングにて冗長性を確保するなどの方策が考えられよう。

(3) 基本サービスエリア間干渉

B S A間の干渉については、基本的には各B S Aの周波数帯域を変えれば解決できることではあるが、前述したように限られた周波数資源のもとでは自ずと制約が出てくる。例えば、対等分散方式にて周波数帯域が異なる四つのB S A（所要帯域幅70MHz程度）を一次元的に繰り返して配列した場合の干渉比は、平均19.9dB、99%値にて10.8dBとなる（図14）。

近年のオフィスビルではユーティリティゾーンを挟んで複数のゾーンに仕切られているものが散見されるが、この場合、各ゾーン内に最大四つのB S Aを設ければ相互干渉を回避することができる。より大きな床面積で全面にわたってサービスを行う場合には、四つのB S Aを単位にパーティションなどによる電波遮断壁を設けない限り、頻度は少ないものの相互干渉を来すことになる。相互干渉にともなって派生する問題としては、上述の隠れ端末問題に類似したスループットの低下と、有線LAN（DSM）上に同一パケットが複数個流入することである。

スループットの低下については、前述したようにB S Aが小さいため高負荷になることは極めて希であり、その影響は少ないものと考えられる。一方、複数の同一パケットの有線LANへの流入の方がシステム全体に深刻な影響をもたらすが、例えばパケットの先頭に属しているB S Aの識別番号を付加し、同識別番号を参照の上、有線LANへ中継すべきか否かをブリッジが判断するなど、CAI上のプロトコルの工夫により解決できよう。

なお、隣接ビルなどからの放射電波についても基本的には上述と同じ問題であるが、根本的には窓ガラスなどに電波遮蔽シートを貼るなどの対策が有効と思われるが、現状ではコスト的に高く、その低減化が望まれるところである。また、マルチパス対策上からは、上述の電波遮蔽壁あるいはシートは、各種什器類を含め単に電波を遮蔽するだけでなく、フェライトなどを含有した電波吸収体であることが望ましく、その開発が期待されることを付記しておく。

4. むすび

無線LANシステムの内外の研究開発の動向と、郵政省並びに(財)電波システム開発センターを中心に研究開発が進められている無線LANシステムへの要求条件、解決しなければならない技術課題とその対策技術について述べた。特に、国際標準LANとの互換性確保を担った無線LANシステムは、研究開発に着手してから間もなく、解決しなければならない課題は多い。今後も活発な研究開発が続けられよう。学会諸兄からの斬新な提案を期待したい。

最後に、無線LANシステムの研究開発に当たり、日頃、大所高所から有意義なご指導とご助言をいただいている郵政省電氣通信局デジタル移動通信推進室 寺崎明室長、横浜国立大学工学部電子情報工学科 河野隆二期教授、並びに電氣通信技術審議会無線LAN委員会及び(財)電波システム開発センター無線LANシステム開発部委員長、事務局をはじめ、熱心なご討論と数多くのご提案また貴重な資料のご提供をいただいている委員各位に深謝致します。

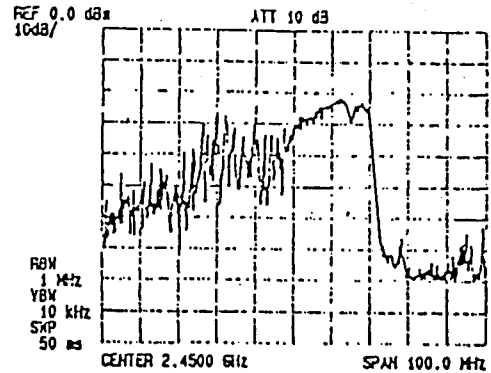
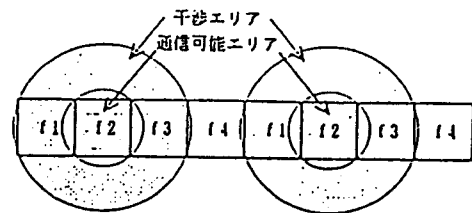


図13 電子レンジの放射スペクトル測定例



C/I: 平均19.0dB、99%値: 10.8dB

図14 基本サービスエリア間干渉の例

【参考文献】

- [1]尾崎常道: "多彩なアプリを可能とする移動通信版パケット交換サービスが本格展開へ", コミュニケーションテクノロジー, 1991. 5, pp. 45-48(1991-05).
- [2]FCC Regulation § 15.247(スペクトラム拡散意図放射減弱) (1987).
- [3] "LAN TIMES Lab Tests Wireless LANs", LAN TIMES, July 8, 1991, pp. 79-103(1991-07).
- [4]Dale Buchholz, et al.: "Wireless In-Building Network Architecture and Protocols", IEEE Network Magazine, November 1991, pp. 31-38(1991-11).
- [5]小林浩, 他: "無線LANの標準化活動とその課題", 信学第4回回路とシステム経路ワークショップ, pp. 123-126(1991-04).
- [6] "ANSI/IEEE Standards 802.3 CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications", IEEE Projects 802 Local Area Network Standards(1984).
- [7]市坪信一, 他: "壁面反射を基にしたUHF帯屋内伝搬遅延モデル", 信学誌(B-11), 773-B-11. 5, pp. 261-264(1990-05).
- [8]F. Adachi, et al.: "Error Rate Performance of Digital FM Mobile Radio with Postdetection Diversity", IEEE Trans. Commun. 37. 3, pp. 200-210(1989-03).
- [9]J. E. Mitzlaff: "Radio Propagation and Anti-Multipath Techniques in the WIN Environment", IEEE Network Magazine, November 1991, pp. 21-26(1991-11).
- [10]W. C. Y. Lee: "Overview of Cellular CDMA", IEEE Vehicular Technology, 40. 2, pp. 291-302(1991).
- [11]高井均: "前マルチパス変調方式PSK-V Pの室内伝送誤り率特性", 信学春全大会, 58-1-7, pp. 2-397-2-398(1991-04).
- [12]三瓶致一: "フェージング対策", 信学誌, 73. 8, pp. 829-835(1990-08).
- [13] "ANSI/IEEE Standards 802.3 Broadband Medium Attachment Unit and Medium Specifications", IEEE Projects 802 Local Area Network Standards(1985).
- [14]高村幸一郎, 他: "無線LANにおけるランダムパルス送出CSMA/CD方式の伝送特性解析", 信学春全大会, B-333(1992-3).
- [15]H. Takagi, et al.: "Approximate Output Processes in Hidden-User Packet Radio Systems", IEEE Trans. Commun. COM-34. 7, pp. 685-693(1986-07).

- LAN Local Area Network の略。同一構内あるいは同一建物内に作られたコンピュータ用の通信を中心としたネットワーク。LANの伝送媒体として、①ツイストペアケーブル、②同軸ケーブル、③光ファイバー、④無線があげられる。
- アクセス制御方式として、①回線交換型のTDMA（時分割多重）、②パケット交換型のCSMA/CD（キャリアセンス方式）、③トークン・パッシング（特定の信号をリング上に巡回させ、伝送路へのアクセス権を授受する）等がある。
- トポロジ ネットワークを構成する端末や交換機をノード（点）、伝送路を線で表し、抽象化したものをトポロジという。
- メッシュ型、スター型、リング型、バス型、ツリー型がネットワークの形態の基本としてよく使用されている。
- CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection の略。伝送路に他の端末からのデータ信号（キャリア）が流れているかどうかを検出し、自己端末のデータ信号を送出すべきかどうかを判断する。また、送出している間に他の端末からのデータとの衝突の有無を検出し、衝突があった場合に、再送出する。一本のケーブルに多数の端末が接続されているシステムに利用される。
- トークン・パッシング LANのアクセス制御の代表的な方法の一つ。端末を順番に接続し、リング状あるいはバス形のLANを構成する場合、トークンと呼ぶ特定の信号を巡回させ、伝送路へのアクセス権を各端末に授受する方法。トークン信号を受けた端末のみをアクセスさせる。（トークン・リング、トークン・バスとも言う）
- FDDI Fiber Distributed Data Interfaceの略。光ファイバを利用した100Mbpsの高速LAN。アクセス制御方式トークン・パッシング、最大接続ノード数500、最大ノード間距離2km、最大接続距離100kmのもので、中・低速LAN間を中継する幹線LAN、ホストコンピュータ間を結ぶ大容量データ伝送用やワークステーション間を結ぶLAN等に利用されている。
- イーサネット Ethernet。米国ゼロックス社のLANの登録商標で同軸ケーブル（最大500m）を使った伝送速度10Mbpsのバス形LAN。アクセス方式はCSMA/CD。各端末はトランシーバを介して同軸ケーブルに接続されるため増設、移転が比較的簡単にできるのが特徴。
- 直交振幅変調（QAM） Quadrature Amplitude Modulation の略。位相が90度の異なる振幅変調波により構成。高速のデジタル信号をできるだけ狭い周波数帯域で伝送するシステムに適している。

諮問書・諮問理由

郵 通 技 第 5 号

平成3年7月22日

電気通信技術審議会

会長 齋藤成文殿

郵政大臣 関谷勝嗣

諮 問 書

下記について諮問する。

記

諮問第57号 無線LANシステムの技術的条件

諮問第57号

無線LANシステムの技術的条件

1 諮問理由

最近のパソコンの普及、IC化されたコミュニケーション機器の出現に伴い、オフィスや工場におけるLANの利用形態は多様化している。

オフィスや工場内における情報通信機能をさらに拡充するために、有線を利用したLANに勝る機能性、柔軟性を有する無線LANシステムの早期導入への期待が高まってきている。無線LANシステムの導入により企業内等における情報通信ネットワークの構築が一段と発展するものと考えられる。

このため、無線LANシステムの技術的条件について諮問を行うものである。

2 答申を希望する事項

- (1) 無線LANシステムの無線設備に関する伝送方式等一般的条件
- (2) 送信設備及び受信設備の技術的条件

3 答申を希望する時期

平成4年5月

4 答申が得られたときの行政上の措置

関係省令等の改正に資する。

平成10年度

電気通信技術審議会答申

諮問第57号

「無線LANシステムの技術的条件」

のうち

「準マイクロ波帯を使用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件」

平成11年3月23日

目 次

	ページ
1 答申書・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2 答申書別紙（諮問第57号答申）・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3 電気通信技術審議会無線LANシステム委員会報告・・・・・・・・	9
4 参考資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	67
5 諮問書・諮問理由・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	157

電気通信技術審議会委員

会 長	西澤 潤一	岩手県立大学学長
会長代理	徳田 修造	(財)電気通信振興会理事長
委 員	青木 利晴	日本電信電話(株)代表取締役副社長
"	生駒 俊明	日本テキサス・インスツルメンツ(株)代表取締役社長
"	岩崎 欣二	KDD(株)代表取締役副社長
"	金子 尚志	日本電気(株)代表取締役社長
"	川田 隆資	松下通信工業(株)代表取締役社長
"	北城 恪太郎	日本アイ・ビー・エム(株)代表取締役社長
"	國井 秀子	(株)リコー研究開発本部情報通信研究所所長
"	倉内 憲孝	住友電気工業(株)代表取締役社長
"	小館 香椎子	日本女子大学理学部教授
"	坂田 浩一	日本テレコム(株)代表取締役会長
"	関澤 義	富士通(株)取締役会長
"	高橋 寛子	筑波技術短期大学教授
"	長尾 真	京都大学総長
"	名取 晃子	電気通信大学電気通信学部教授
"	長谷川 豊明	日本放送協会専務理事・技師長
"	羽鳥 光俊	東京大学大学院工学系研究科教授
"	原島 博	東京大学大学院工学系研究科教授
"	安田 靖彦	早稲田大学理工学部教授

平成11年3月23日

郵政大臣 野田 聖子 殿

電気通信技術審議会
会長 西澤 潤一

答 申 書

本審議会は、諮問第57号「無線LANシステムの技術的条件」(平成3年7月22日付け郵通技第5号に基づく諮問)の審議を行った結果、別紙のとおり答申します。

別 紙

諮問第 57 号

「無線 LAN システムの技術的条件」

のうち

「準マイクロ波帯を使用する無線 LAN システムの高度化のための技術的条件」

諮問第57号「無線LANシステムの技術的条件」に対する答申

「無線LANシステムの技術的条件」のうち、準マイクロ波帯の周波数を使用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件は、次の通りとすることが適当である。

- 1 高度小電力データ通信システムの無線局についての適用範囲
技術的条件の適用範囲は、送受信装置及び制御装置とする。

- 2 一般的条件

- (1) 通信方式

単向、単信、半複信又は複信方式であること。

- (2) 伝送方式及び変調方式

- ア スペクトラム拡散方式

直接拡散(DS)方式、周波数ホッピング(FH)方式又はDS方式とFH方式との複合(DS/FH)方式であること。

- イ ア以外の方式

振幅変調(ASK)方式、位相変調(PSK)方式、周波数偏移キーイング(FSK)方式又はこれらの複合方式であること。

- (3) 無線周波数帯

産業科学医療用(ISM)の使用に指定されている2,400MHzから2,500MHzまでの周波数帯(ISMバンド)から選択すること。(特に諸外国の状況等を考慮し、2,400MHzから2,483.5MHzまでとすることが望ましい。)

- (4) 空中線電力

- ア スペクトラム拡散方式

ISMバンドを利用することから、密度電力で規定すること適当であり、1MHz当たり、10mW以下(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式又はFH/DS複合方式によるものは3mW/MHz以下)であること。

なお、実行輻射電力が絶対利得2.14デシベルの送信空中線に1MHz当たりの平均電力が10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式又はFH/DS複合方式によるものは3mW/MHz以下)の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことが可能であること。

イ ア以外の方式

10mW以下であること。

(5) 違法使用への対策

送信装置の主要な部分(空中線系を除く高周波部及び変調部)は、容易に開けること出来ない構造であること。

3 無線設備の技術的条件

3.1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

$\pm 50 \times 10^{-6}$ 以内であること。

(2) スプリアス発射の強度の許容値

ア 2,387MHz 未満及び 2,496.5MHz を超える周波数帯 : $2.5 \mu W$

イ 2,387MHz 以上 2,400MHz 未満及び 2,483.5MHz を超え 2,496.5MHz 以下 : $25 \mu W$

(3) 空中線電力の許容値

上限 20%、下限 80%以内であること。

(4) 占有周波数帯幅の許容値

ア FH方式及びFH/DS複合方式

83.5MHz 以下

イ ア以外の方式

26MHz 以下

(5) SS方式の拡散帯域幅(全電力の90%が含まれる周波数帯幅)

拡散帯域幅の下限については、500kHz以上であること。

(6) SS方式の拡散率(拡散帯域幅のシンボルレートに等しい周波数に対する比)

5以上であること。

(7) FH方式又はFH/DS複合方式の場合の特定周波数での滞留時間は、0.4

秒以下であること。

3.2 受信装置

(1) 副次的に発する電波等の限度

1GHz未満の周波数において4nW以下、1GHz以上の周波数において20nW以下であること。

3.3 電気通信回線設備との接続

電気通信回線設備に接続するものは、次の条件に適合すること。

(1) 個別識別符号(IDコード)

識別信号を利用し、19ビット以上で構成すること。

(2) インタフェース条件

混信による誤接続等を防止するため、キャリアセンス又は相関信号センスにより対策を講ずるものであること。

3.4 混信防止機能

(1) 電波法施行規則第6条の2第3号に規定する混信防止機能を有すること。

(2) 2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものは、利用者による周波数の切り替え又は電波の発射の停止が容易に出来る機能を有すること。

4 測定法

以下の項目を除き、平成4年度電気通信技術審議会答申第57号「無線LANシステムの技術的条件」に準ずること。

4.1 送信装置

(1) 周波数

スペクトラム拡散方式の場合は拡散変調を停止した無変調波、また、その他の方式については無変調波(搬送波)を送信した状態で、周波数計を用いて平均値(バースト波にあつてはバースト内の平均値)を測定すること。

なお、空中線測定端子がない場合は、周波数計をRF結合器又は空中線で結合し測定すること。

(2) 空中線電力

ア スペクトラム拡散方式

標準符号化信号を入力信号として加え、1MHzの帯域幅における平均電力をスペクトルアナライザのIF出力部又はビデオ出力部に波形記録計を接続したものをを用いて測定すること。

平均電力の求める際の平均時間は、DS方式又はマルチキャリア方式にあつては0.4秒、FH方式又はFH/DS複合方式にあつては、 $[\text{拡散帯域幅(MHz)}] \times 0.4 \div [\text{FHを停止した場合の拡散帯域幅(MHz)}]$ (秒)とすること。各拡散帯域幅が1MHz以下の場合は、1MHzとして求めること。

なお、空中線端子がない場合は、スプリアス発射の強度の測定法の空中線測定端子がない場合に準ずること。

イ ア以外の方式

昭和60年度電気通信技術審議会答申第26号「小電力無線設備の技術的条件(一部答申)」に準ずること。

(3) 拡散帯域幅

拡散帯域幅の測定は、SS方式を行う場合に限定する。

(4) 拡散率

拡散率の測定は、SS方式を行う場合に限定する。

(5) FH方式の滞留時間

標準符号化信号を入力信号として加え、FH作動状態で送信したスペクトラムをスペクトルアナライザを用いて測定すること。

スペクトルアナライザの測定中心周波数は、任意のホッピング周波数の中心に設定し、掃引周波数幅はゼロスパン(0Hz)とする。

観測されたスペクトラムから、一のホッピングあたりの送信開始及び終了時間をスペクトルアナライザから計測し、その差分を滞留時間とする。

電気通信技術審議会

無線LANシステム委員会

報 告

目 次

I	審議事項	1 3
II	委員会及び分科会の構成	1 3
III	審議経過	1 3
IV	審議概要	1 4
	1 2.4 GHz 帯使用機器の現状	1 4
	2 小電力無線局の高度化に対する要求条件	3 8
	3 システム間の共用条件	4 3
	4 無線諸元の検討	5 0
V	審議結果	6 3
別表 1	無線 LAN システム委員会の構成	6 5
別表 2	無線 LAN システム・小電力無線設備合同分科会の構成	6 6

電気通信技術審議会無線LANシステム委員会報告

I 審議事項

無線LANシステム委員会は、今回、電気通信技術審議会諮問第57号「無線LANシステムの技術的条件」（平成3年7月22日諮問）のうち、「準マイクロ波帯を使用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件」について審議した。

II 委員会及び分科会の構成

委員会及び委員会の下に審議の効率化を図るために設置された分科会の構成は別表1及び別表2のとおりである。

III 審議経過

(1) 第4回会合（平成10年6月16日）

「無線LANシステムの技術的条件」（平成3年7月22日諮問）のうち、「準マイクロ波帯を使用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件」について審議を開始することとなり、審議の効率化を図るため、分科会の設置を決定した。

(2) 第5回会合（平成10年12月22日）

分科会の審議報告に基づき審議を行った。分科会より提出された中間報告書について審議を行った。

(3) 第6回会合（平成11年3月18日）

答申案及び委員会報告書をとりとまとめた。また、無線LANシステムの技術的条件について、関係者から意見の聴取の機会を設けたが、所定の期日までに意見陳述を希望する旨の申し出がなかった。

IV 審議概要

1 2.4GHz 帯使用機器の現状

2.4GHz 帯は、産業科学医療 (ISM: Industrial、 Scientific and Medical) バンドとして ISM 応用機器の使用が認められており、この周波数で運用する無線通信業務は、ISM 応用機器の使用によって生じ得る有害な混信を容認しなければならない。国内では、図 1.1 のように割り当てられている。

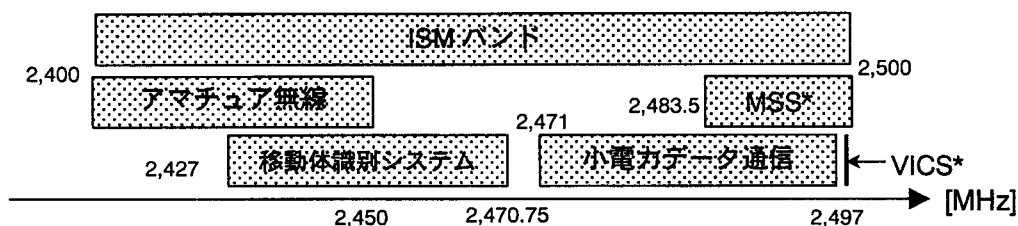


図 1.1 ISM バンド使用機器

*MSS(Mobile Satellite Service) : 移動衛星業務

*VICIS(道路交通情報通信システム) : 2,499.7MHz

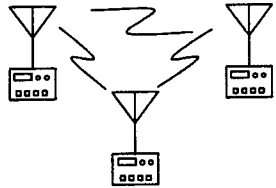
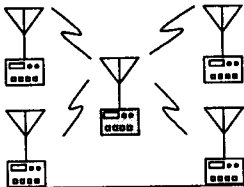
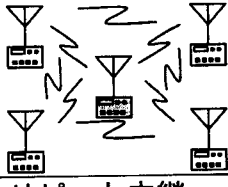
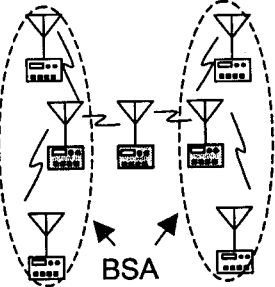
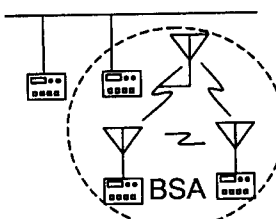
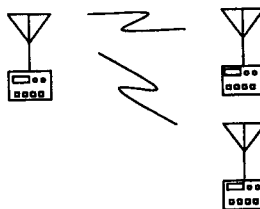
また、ISM バンドでは、電子レンジ以外にも、医療用ハイパーサーミア、木材乾燥機などのマグネトロン使用機器が使用されている。本章では、まずこれら ISM バンドを使用している各種機器のシステムイメージ、技術諸元、アプリケーション例および市場規模を説明し、諸外国の状況及び今後の傾向などを示す。

1.1 小電力データ通信システム

1.1.1 システムイメージと応用例

2.4GHz 帯小電力データ通信システム(通称:2.4GHz 帯中速無線 LAN(Local Area Network))は、高速伝送能力を活かした無線通信による比較的大容量のデータ伝送が可能である。同システムは、ネットワークを構築することでシステムの高度化に用いたり、屋外などの回線工事が不可能な場所における高速データ伝送用組み込み通信装置として用いられ、近年、OA(Office Automation)、FA(Factory Automation)、SA(Service Automation)の各分野においてニーズが高まっている。主なシステム構成は図 1.2 のとおりである。

図 1.2 システム構成図

	システム構成	基本サービスエリア	利用形態	備考
標準 LAN	<p>形態 1 対等分散通信</p> 	半径 20m 程度	<ul style="list-style-type: none"> ・固定型 ・半固定型 ・移動型 (除く高速移動) 	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式 ・CSMA**方式
	<p>形態 2 ポイント・スター通信</p> 	同上	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式 (2波単信方式) ・アクセス制御は、集中局主導可能
	<p>形態 3 ポイント・メッシュ通信</p> 	同上	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式 ・アクセス制御は、集中局主導
	<p>形態 4 リピート中継</p> 	BSA*内は形態 1、2、3 と同じ	<ul style="list-style-type: none"> ・固定型 ・半固定型 ・移動型 (除く高速移動) 	・BSA 内は、形態 1、2、3 のいずれか
	<p>形態 5 ポイント・スター通信</p> 	同上	同上	同上
	<p>形態 6 対向型通信</p>  <p>1:1、1:N 等</p>	同上	<p>端末やプリンタの無線接続、その他の標準 LAN 以外のデータ伝送など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式、半複信方式、複信方式等

*BSA (Basic Service Area)、**CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

ただし、固定型：通常固定し、ロケーション変更の場合のみ移動する形態

半固定型：通常移動を伴うが、通信時は移動しない形態

移動型：通信時も移動可能な形態

とする。

1.1.2 制度、技術諸元

2.4GHz ISM 帯での使用を前提としているため、ある程度の干渉を許容したシステムとしてスペクトラム拡散 (SS: Spread Spectrum) 方式を用いている。1992年、電波法施行規則第6条第4項第4号に「小電力データ通信システムの無線局の無線設備」として規定され、免許不要なシステムとして運用されている。

システムの技術基準は次のとおりである。

表 1.1 小電力データ通信システムの技術基準

		技術基準
送信周波数		2,471MHz 以上、2,497MHz 以下
伝送形式	伝送形式	データ
	変調方式	DS、FH および複合方式
変調信号		拡散符号 (拡散率 10 以上)
送信出力		10mW/MHz
免許条件		必要なし
空中線		絶対利得 2.14dB 以下であること。 ただし、実効輻射電力が、絶対利得 2.14dB の送信空中線に 1MHz 帯域幅における平均電力が 10mW の空中線電力を加えた時の値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補えるものとする。
空中線電力の許容偏差		+20%、-80%以内
占有周波数帯幅		26MHz 以下 (拡散帯域幅:500kHz 以上)
スプリアス発射強度		ア. $2,458\text{MHz} \leq f < 2,471\text{MHz}$ 及び $2,497\text{MHz} < f \leq 2,510\text{MHz}$ $25 \mu\text{W}$ 以下 イ. $2,458\text{MHz} > f$ 及び $2,510\text{MHz} < f$ $2.5 \mu\text{W}$ 以下
副次的に発射する電波の 限度		1GHz 未満 $4,000 \mu\mu\text{W}$ 以下 1GHz 以上 $20,000 \mu\mu\text{W}$ 以下
その他		主として同一の構内において使用される無線局の無線設備であって、識別符号を自動的に送信し、又は受信する混信防止機能が必要。

DS (Direct Sequence)：直接拡散方式

FH (Frequency Hopping)：周波数ホッピング方式

拡散率：拡散帯域幅を変調信号の送信速度に等しい周波数で除した値

1.1.3 システムの特徴

小電力データ通信システムは、微弱を除く 2.5GHz 以下で容認されている唯一の広帯域の小電力無線であり、他のシステムに対する利点は以下のとおりである。

- (1) データ伝送速度が高速なため、比較的大容量のデータ伝送に適している。
- (2) 高速伝送が可能のため、誤り訂正を行ってもスループットを確保できる。
- (3) 端末の移設・増設の際に設置工事が不要であり、経済的な回線構築が容易に実現できる。

1.1.4 市場分野及び用途の動向

パソコンの低価格化は、OA 以外でのパソコンの使用を増加させ、SA、FA システムが IC 技術の急速な普及とともに高度化し、扱うデータ量も増大している。このような状況で、前述の技術進歩に伴ない、比較的低コストで大容量データを集計管理するシステムが実現できるようになっていることから、これらのシステムからの要求として、大容量データ伝送用無線機器に対するニーズが高まってきている。

(1) 主要市場分野

小電力データ通信システムの主要市場は、OA、SA、FA 分野である。外食産業での顧客注文、注文伝票などの通知／発行システムや、商業での店舗管理用 POS (Point Of Sales) システムへの導入、市街地などで有線による回線工事が困難な場所の無線回線利用などとして利用されている。また今後、携帯情報端末用 Bluetooth や情報家電用 HomeRF (Home Radio Frequency)/SWAP など、主にパーソナルユースを目的とした通信方式の規格化に向けた動きに伴ない、一般家庭における情報機器間の通信機としての役割も期待されている。参考資料 1 に HomeRF と Bluetooth の概要を示す。

(2) 利用用途、形態、動向

ア 高速レスポンスを必要とするシステムでのデータ通信

バーコード、ハンディターミナル、シーケンサなど

イ 人体に厳しい環境下でのデータ通信

冷凍室、恒温室、クリーンルーム、原子炉、火山観測など

ウ 守秘性が要求されるデータ通信

金銭、経理、人事データなど

エ 電気ノイズの厳しい環境下でのデータ通信

オ ビル間などのデータ通信

カ モバイル PC(Personal Computer)間のデータ通信

キ デジタル放送 TV データと PDA(Personal Digital Assistance)

又はモバイルコンピュータとの通信

ク 画像などの高速大容量データ通信

自動搬送車や自動機器などの動作状況の確認など

1.1.5 市場規模動向

小電力データ通信システムの需要予測として、「郵政行政統計データ 通信利用動向調査平成 10 年 3 月 31 日公表」を基に、企業内、企業外の両方の側面から条件を想定し、普及台数を見積もった。表 1.2 に最近数年間の出荷台数を示す。

表 1.2 2.4GHz 帯・無線 LAN 需要 (単位:万台)

年度	1995	1996	1997
出荷台数	2.4	4	5.9
累積台数	2.4	6.4	12.3

「日本電子機械工業会 (EIAJ) 小電界機器・システム委員会」より

(1) 企業内 LAN への普及予測条件

- ・ LAN に接続される機器は、パーソナルコンピュータとプリンタが大半とする。
- ・ 両機器の将来の出荷台数を現状と同等とし、両機器で 1000 万台/年とする。
- ・ 企業内の両機器の需要を 7 割とする。
- ・ 企業内の保有台数を 3 年間の出荷台数と等しいとする。
- ・ 企業内の LAN 構築率を表 1.3 とする。
- ・ 2.4GHz 帯の無線 LAN の利用率を表 1.4 とする。
- ・ 普及台数=LAN 接続機器保有台数×LAN 構築率×2.4GHz 無線 LAN 利用率

表 1.3 企業における LAN 構築率

年度	1995 年	1996 年	1997 年	2000 年	2005 年
平均構築率	53.2 %	66.6 %	75.2 %	83 %*	90 %*

*印は予測値

表 1.4 無線 LAN の利用率

年度	1995 年	1996 年	1997 年	2000 年	2005 年
無線 LAN	—	3.3 %	4.7 %	10 %*	25%*
2.4G	—	3.3%	4.7%	4~6 %*	12~18 %*

*印は予測値

(2) 企業内 LAN 以外への普及予測条件

- ・ LAN に接続される機器は、パーソナルコンピュータとプリンタが大半とする。
- ・ 両機器の将来の出荷台数を現状と同等とし、両機器で 300 万台/年とする。
- ・ POS 端末やハンディターミナルの出荷台数も考慮する。
- ・ モバイルコンピューティング環境への適用も考慮する。
- ・ 企業外 LAN の普及台数を、企業内の予測の 2 割とする。

以上の想定により、2.4GHz 帯の無線 LAN の市場予測は、表 1.5 と予測できる。但し、普及台数は、その時点で実際に稼動している台数とする。

表 1.5 無線 LAN の市場規模予測 (単位：万台)

年	2000	2005
普及台数	70~120	230~400

1.2. 移動体識別システム

1.2.1 システムイメージとその応用

質問機から応答機に向けて電波を発射し、それを受けた応答機でデータを確認後、移動体データを質問機に送信することで、同データより移動体を識別する装置である。実際の応用例は、工場でのライン上を流れてくる生産物の識別による生産指示、研究所などにおけるドアの出入/開閉、通過できる/できないの判断、列車通過確認やポイント切替指示など多方面に応用されている。

主なシステム構成図は次のとおり。

(1) システム構成モデルA

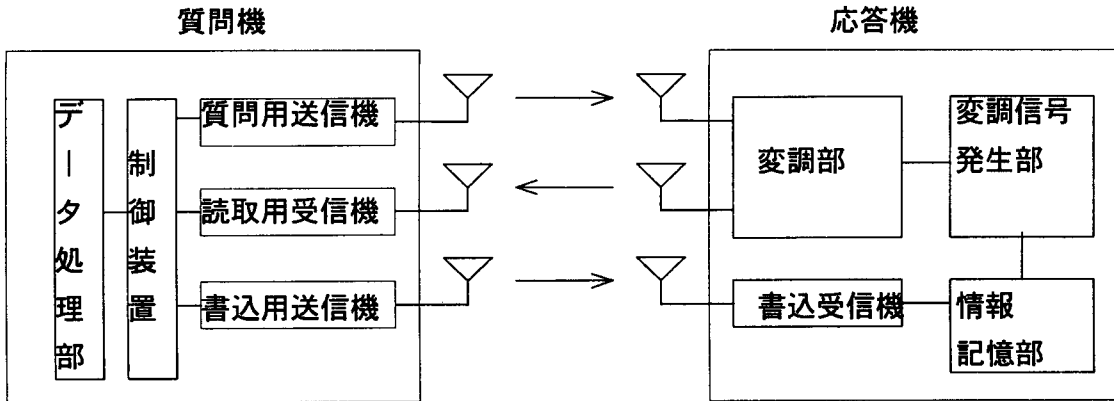


図 1.3 移動体識別システム構成モデルA

(2) システム構成モデルB

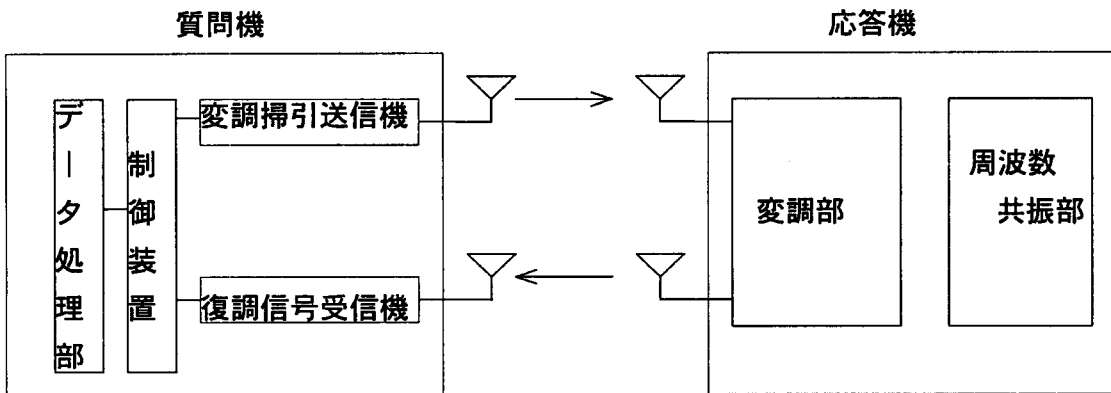


図 1.4 移動体識別システム構成モデルB

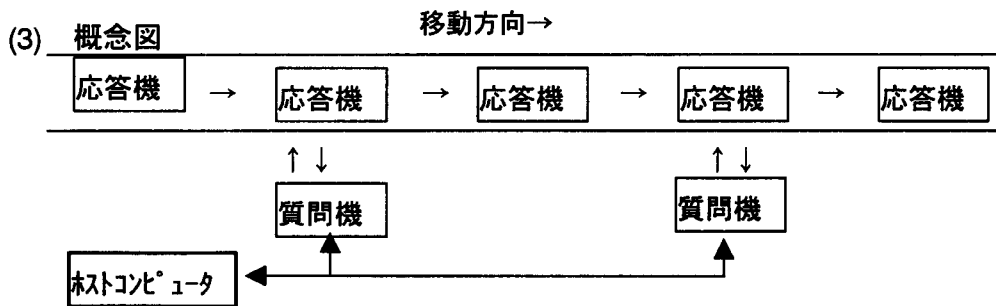


図 1.5 移動体識別システム概念図

1.2.2 制度、技術諸元

移動体識別システムは、特定小電力無線局のシステムが制度化される以前は、免許を要する無線局として電波法施行規則第4条第1項第26号の構内無線局として認可されていた。構内無線局移動体識別システムは、無線局免許は必要とさ

れているものの、無線従事者免許は不要な無線局として認められている。その後、1992年5月に電波法施行規則第6条第4項第2号の特定小電力無線局の中で移動体識別システムが認可され、現在に至っている。

システムの技術基準は表 1.6 のとおり。

表 1.6 移動体識別システムの技術基準

		移動体識別	
		特定小電力無線設備	構内無線設備
送信周波数		2,440MHz 帯 2,450MHz 帯 2,455MHz 帯	
伝送形式	伝送形式	データ	
	電波の型式	NON、 A1D/AXN/F1D/F2D/G1D	NON、 A1D/AXN/F1D/F2D/G1D
送信出力		10mW	300mW
免許条件		必要なし	必要あり
使用有効範囲		3m 未満	3m 以上
空中線利得		絶対利得 20dB 以下	
空中線電力の許容偏差		+50%、-50%	
変調信号		無変調、データまたは掃引信号	
変調方式		電波型式に適合するもの	
占有周波数帯幅		5.5MHz 以下	
スプリアス発射の強度		100 μ W 以下(平均電力)	
副次的に発射する電波の限度		4,000 μ W	
その他		特定小電力無線局の混信防止機能として、次のいずれかの機能を有すること ① 主として同一の構内において使用される無線局の無線設備であって、識別符号を自動的に送信し、又は受信する機能 ② 利用者による周波数の切り替え、又は電波の発射の停止が容易に行うことができる機能	

注：質問機と応答機の技術基準は、基本的に同等。

1.2.3 システムの特徴

特定小電力の移動体識別システムは、構内無線局システムと比較して送信出力が小さいため認識距離が3m未満と短い、運用上、特段支障はない。

現在のシステムは、産業用システムが主であり、生産現場において混在した種類の製品の区別を非接触カードにより指示し、生産品目別の部品供給、仕向地毎の内容変更など、コンピュータと組合せて指示を行うことで混在生産の自動化の重要なツールとなりつつある。また、個人に所有させることでゲートの通過管理、通過量や通過時間管理ができるなど利用は無限に考えられる。

現在、国内で稼働している主な移動体識別装置の仕様を参考資料2に示す。

1.2.4 市場分野及び用途の動向

小電力の移動体識別装置は、工場や倉庫のベルトコンベア、駐車場入出管理などにおいて、コンピュータと組合せることにより、非接触で通過する物体を認識し、流れの制御、作業指示などを行うものである。

従来、このような制御は、接触によるものがほとんどであったが、接触部分の管理が大変であった。しかしながら、無線による非接触のデータ交換の実現によって、作業指示やデータコードの読み取り及びロボットによる自動化生産でコンピュータからロボットなどの制御指示が簡単に行えるようになり、オートメーションシステム作りに必要なものとなってきている。

さらに、小型軽量化された小電力システムの取り扱いが比較的容易になったこと、またニーズが多岐にわたっていることなどから、現在は産業用が主流となっているものの、今後は多方面に応用拡大し使用され、市場が拡大される方向にあると考えられる。

(1) 主要市場分野

主な市場は、運輸、自動車、機械、ビル管理、建設業等における使用である。

(2) 利用用途、形態、動向

ア 運輸 貨物の仕分作業において、仕分別に応答機を設置し自動仕分および運送料金の自動計算や、請求書の自動発行など。

利用はN(質問機)：M(移動応答機「貨物」)

イ 自動車 生産現場において、多品種少量生産が可能なように部品流入の仕分を行い最適な生産を行うためのシステムとして使用など。

利用はN(質問機)：M(移動応答機「部品」)

ウ 機械 製鉄、機械加工の業種において、人間が行なうと危険が伴う重量物での移動運搬、機械化作業による運搬先の指定や運搬方法の指定、自動化機器の管理など。

利用はN(質問機)：M(移動応答機「部材」)

エ ビル管理 ビルの管理において、人間の流入のチェックや入退出時間の確認。警備の見回りにおいて、通過ポイントの時間確認やチェックなど。 利用はN(質問機)：M(移動応答機「人間、ガードマン」)

オ 建設業 資材搬入確認や工事業者の入退出管理など。

利用はN(質問機)：M(移動応答機「建設資材、工事業者」)

カ 鉄道輸送 貨物列車の行先指示やポイント切替え、列車組替えなど。

利用はN(質問機)：M(移動応答機「列車」)

以上のように、移動体識別システムは様々な分野において利用されているが、その活用方法はソフト次第で無限に広がるものであり、今後市場の拡大が期待される分野であると考えられる。例えば、列車の入替え、ポイント切替え、列車ダイヤの組替えなどにも利用が可能で、省力化・無人化が進むと思われる。

1.2.5 市場規模動向

移動体識別装置には、電磁結合式、電磁誘導式、光通信式、マイクロ波式等があるが、マイクロ波を使用することにより、通信速度が高速化され複数のタグの同時読取り、アンテナの小型化とプリント化による薄型化、回路の1チップIC化による小型軽量化が可能と予想される。

このIC化、小型化は今後の利用分野の拡大と低価格化の可能性を飛躍的に高める可能性がある。また、SS方式を用いた移動体識別装置も開発され、ノイズに強くより悪環境下での利用も可能となりはじめている。

この小型、軽量、低価格、高耐環境性により、現在のFA市場中心から、2000年には、物流・流通市場へ本格的に展開され、宅配便だけでも10億枚以上の無線タグの需要があり、現在より1桁上の市場規模になると思われる。これが一層の低価格化を実現する要因となり、今後さらなる利用分野の拡大を促進するという好循環をもたらすことが期待される。

以上から、2005年までの移動体識別装置の将来需要予測台数を図1.6に示す。

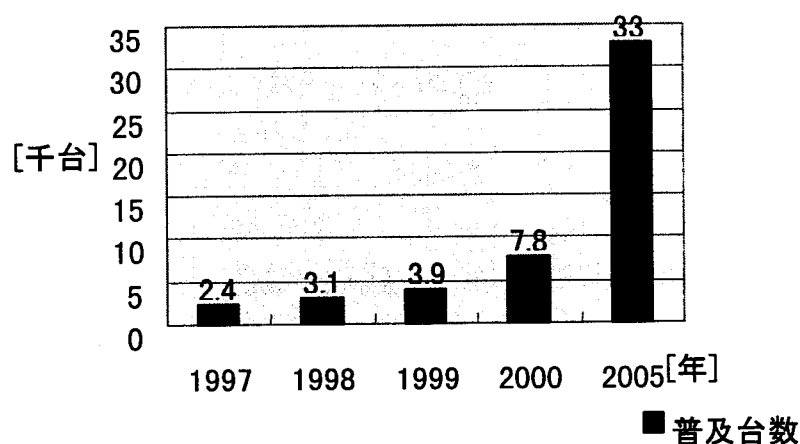


図 1.6 移動体識別装置の将来需要予測台数

1.3. アマチュア無線

1.3.1 システムイメージと応用例

アマチュア無線の特徴は、電波法の範囲で運用の自由度が大きく、固定、車載、携帯すべての運用形態で使用されていることである。FMの音声通信、電信のほか、中継局を介した通信、広いバンドを生かした動画像伝送、衛星通信、月面反射による通信の他、デジタル通信やSS方式の実験などが行われている。

アマチュア無線の主なシステム構成モデルを図1.7に示す。

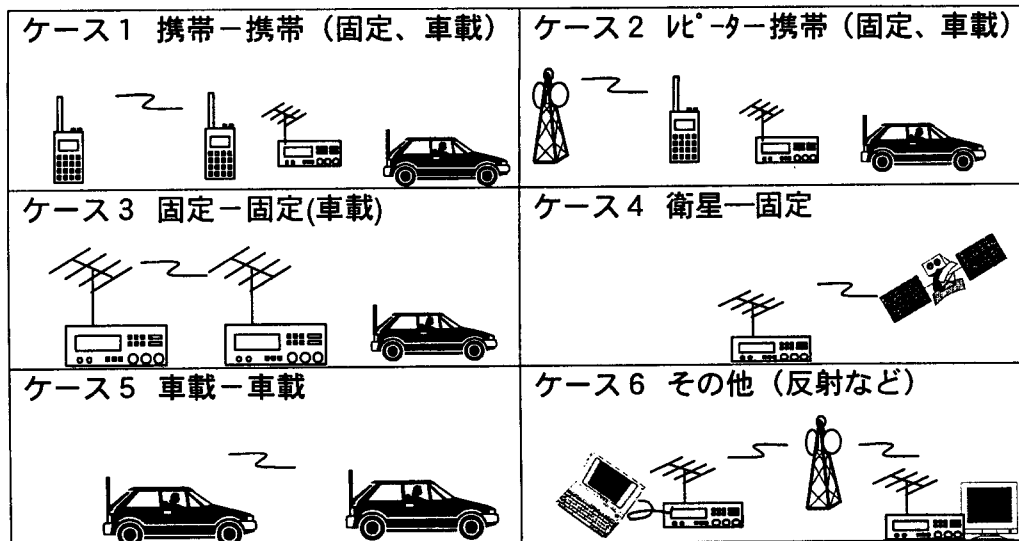


図 1.7 アマチュア無線の主なシステム構成モデル

1.3.2 制度、技術諸元 (2.4GHz 帯)

(1) 周波数別の電波型式、使用形態等の条件

表 1.7 アマチュア無線の周波数別の変調方式、使用形態等の条件

周波数[MHz]	使用形態等	変調方式及び占有周波数帯幅
2,400 ~2,405	衛星通信 (上り、下り)	制限なし
2,405 ~2,407	レピータへの上り通信	F M系 (約 20kHz)
2,407 ~2,422	T V信号	A M系 (6~9MHz) F M系 (15MHz 以下) 混在
2,422 ~2,424	データ通信及び RTTY	A2、F1、F2
2,424 ~2,424.5	データ通信、月面反射通信	RTTYを除くすべて
2,424.5~2,425.0	標識信号の送信のみ	A1、F2
2,425 ~2,427	レピータからの下り通信	F M系 (約 20kHz)
2,427 ~2,431	データ通信を除く	F M系 (6kHz 以上)
2,431 ~2,442	T V信号	A M系 (6~9MHz) F M系 (11MHz 以下) 混在
2,442 ~2,450	制限なし	制限なし

(2) 空中線電力等

空中線電力は、空中線に供給される電力としてのみ規定されており、最大値は 2Wである。空中線の型式は、多素子 (10~15 × 2 程度) の八木アンテナが多いが、レピータ局においては無指向性とするため、通常多段のコリニア・アンテナを使っている

(3) 局数

レピータ局の数を表 1.8 に示す。

表 1.8 アマチュア無線の全国レピータ数

関東	25	東北	1
東海	27	北海道	12
近畿	42	北陸	4
中国	7	信越	9
四国	8		
九州	9	合計	144

(4) 運用の傾向

運用の傾向は、大きく 3 分類され、

ア FM 系電話で、主にレピータを介して日常的な通信を行う

イ FM 系電話、TV で移動運用し、長距離通信の記録達成／更新を図る

ウ SS を含む新しい通信方式、高速のデータ通信に関し技術的研究を行う

が挙げられる。現在のところ、1,200MHz 帯以下の周波数帯のように、移動体(車等で移動しながらの)通信を行う例はあまりない。また、イについては、移動しての運用が主だが、見晴らしのよい山頂等へ移動し半ば固定的に設営しての運用になる。

1.3.3 システムの特徴

アマチュア無線局は、アマチュア業務としての運用に制限されており、他の業務のために使用したり第三者のための通信はできない。また、このバンドはアマチュア無線に二次業務として割り当てられており、「周波数が既に割り当てられ、または後日割り当てられる一次業務の局に有害な混信を生じさせてはならない。」、あるいは「周波数が既に割り当てられ、または後日割り当てられる一次業務の局からの有害な混信に対して保護を要求することができない。」とされ、更に、電波法施行規則 第 13 条の 2 及び関連告示により、「この周波数帯の使用は、国際周波数分配表に従って運用しているアマチュア業務以外の業務の無線局に妨害を与えない場合に限る。」、「2,400MHz から 2,450MHz までの周波数帯の使用に際しては、産業科学医療用装置の運用によって生じる有害な混信を容認しなければならぬ。」と規定されている。

1.3.4 市場分野及び用途の動向

販売されているアマチュア無線局としては、固定機型(オプションユニットを装着して運用)1 機種 (1W)、車載機型 1 機種 (1W)、周波数変換型送受信機 数

機種（2W）であり、製品が少ないこともあり、機器を自作して運用している局もあるものと思われる。用途としては、音声通信、テレビジョン通信、衛星通信、パケットデータ通信のほか、この周波数帯独特の月面反射（EME）通信などがあり、最近では、一部で SS 通信の実験を行ったり、デジタル化に向けた実験も計画されている。

1.3.5 市場規模動向

現在、このバンドで実際に運用しているアマチュア無線局数の正確な把握はできないが、これまでに販売されたメーカー製無線機器（3 メーカーの数機種に留まる）の販売台数の累計は、1万台以下と推定される。また、中継局は全国に144局（表1.9参照）設置、運用されているが、他のアマチュア帯と比較して稼働率は低い。

しかし、日本アマチュア無線連盟（JARL）では、中継局の設置を推進するなど、このバンドの活性化に向けて活動を行っている。また、1,200MHz帯以下の周波数帯は現在利用度が極めて高い。特に144～1,200MHz帯では、デジタル変調技術等の導入など、狭帯域化をはかって収容力の増加に努めなければならない状態であり、混雑を避けようとするアマチュア局の2.4GHz帯への移行も活発化してきている。

その他、例えば先進的な技術的研究、特に高速大容量の通信の実験をする場合など、十分な周波数帯幅を得るために、特に2,442～2,450MHzが用いられている。この周波数帯で、アマチュアが容易に入手可能な素子や機材が近年豊富になってきたことも、その要因として挙げられる。

さらに、空中線のサイズが小さいこと、あるいは同サイズのアンテナで高い利得が得られること及び雑音などの面から衛星通信に有利であるため、現在打上げ計画が進められている。衛星については、この周波数帯のトランスポンダが搭載されることになっている。

以上のように、この周波数帯は、まだ1,200MHz帯以下の周波数帯ほどの運用者はいないが、既に一般のアマチュアにも手の届く範囲になっており、また、衛星の実現により国際的にも活況を呈してくるものと予想される。

1.3.6 諸外国の状況

諸外国のアマチュア無線の用途は、基本的に日本と同じであるが、メーカー製造機器はほとんど無く、活発に運用されている周波数帯ではない。海外においては、2,300～2,450MHzがアマチュア無線に割り当てられているが、やはり二次業務であり運用が制限されている。更に、国際電気通信連合（ITU: International Telecommunication Union）の無線通信規則において、「2,400～2,450MHzの周波数帯においては、アマチュア衛星業務は、他の業務に有害な混信を生じさせないことを条件として、運用することができる。この使用を許可する主管庁は、アマ

チュア衛星業務の局の発射によって生じるいかなる有害な混信も直ちに除去することを確保する。」と規定されている。

1.4 ISM 機器

1.4.1 システムイメージと応用例

ISM 機器は、電子レンジ、医療用ハイパーサーミアおよび加熱器など、通信を目的としない高周波利用設備である。

1.4.2 制度、技術諸元

ISM バンドにおける制度としては、郵政省告示（昭和 46 年第 257 号）において定められており、無線設備規則第 65 条の規定により通信設備以外の高周波利用設備から発射される基本波又はスプリアス発射による電界強度の最大許容値の特例が 2.4GHz 帯で定められている。ISM 機器の技術的条件を表 1.9 に示す。

表 1.9 ISM 機器の電界強度

周波数帯	2,450MHz±50MHz
基本波による電界強度	特に規定なし
スプリアス発射による電界強度	特に規定なし

また、電子レンジに関しては、電波法施行規則第 46 条の 7 において、表 1.10 のとおり規定されている。

表 1.10 電子レンジの技術的条件

周波数帯	2,450MHz±50MHz
高周波定格値	2kW 以下 かつ動作状態における高周波出力の最大値が定格値の 115%を超えないもの
スプリアス発射	周波数帯内では、規定なし
漏洩電波の電力束密度	耐久試験後、5mW/cm ² 以下
筐体	高圧電気により充電される機器及び電線が、絶縁遮蔽体または、接地できる構造の金属遮蔽体内に收容され、外部より容易に触れられないもの

1.4.3 市場規模動向及び用途の動向

電子レンジ、医療用ハイパーサーミアおよび加熱器などは、家庭内や病院など、主に屋内の限られた場所での使用を目的としている。市場規模も電子レンジなどは、既に一般家庭に普及済のため、市場での今後の急激な需要はないと思われる。

1.5 MSS(Mobile Satellite Service)

1.5.1 イメージと応用例

2.4GHz 帯の中・低軌道衛星を用いる移動体衛星通信システムは、1999 年後半からサービス開始予定であり、48 個の低軌道衛星により、南極、北極を除く全世界でのサービスが計画されている。通話料金は地域によって異なるが、世界平均で1分1ドル程度が見込まれている。

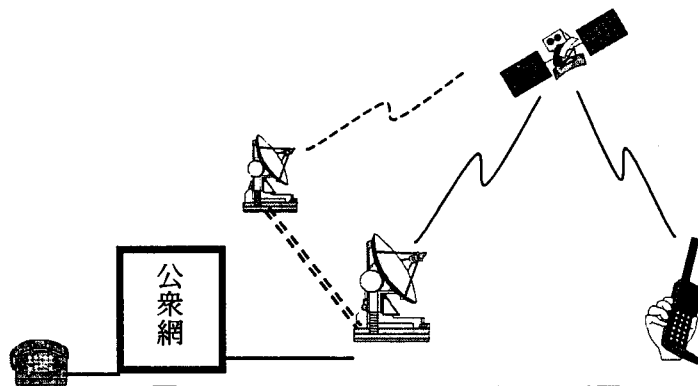


図 1.8 MSS システムのイメージ図

1.5.2 制度、技術諸元

表 1.11 MSS システムの一例

衛星高度	1,414km
衛星基数	48 機
軌道面数	8(Walker “delta-pattern” constellation)
軌道面当たりの衛星基数	6
最低可視衛星仰角	10 度
最大衛星 - ユーザ間距離	3、504km
衛星傾斜角	52 度
サービス用下り回線運用周波数	2,483.5MHz~2,500MHz
サービス用下り回線運用帯域幅	16.5MHz
スポットビーム数	16
セル再利用	毎セルごと
多元接続方式	CDMA
伝送レート	2,400bps
チップレート	1.2288Mcps
キャリア当たりの帯域幅	1.25MHz
キャリア数	13 キャリア
衛星サービス用アンテナ送信利得最大	13.0dB
サービス用キャリア当たりの最大 EIRP	16.0dBw
サービス用スポットビーム当たりの最大 EIRP	$16.0 \times 13 \text{ キャリア} = 27.14\text{dBW}$
衛星 - 地表間の自由空間ロス最小値	-163.4dB
衛星 - 地表間の自由空間ロス最大値	-171.3dB
大気等の影響によるロス	-1.0dB
ボイスアクティビティ	0.4(-4.0dB)

1.5.3 市場分野及び用途の動向

市場分野は、携帯電話である。地上波を用いた通信方式の場合、経済的制限よりグローバルな通信を提供するには不向きであるため、低軌道周回衛星等によるグローバルな通信を必要とする市場が発生している。また、目的別に利用できる衛星携帯電話と通常の携帯電話が両方使用できる端末の開発などが進められている。

1.5.4 市場規模動向

市場規模は、サービスが始まっていない今、統計的な予想はできないが、日本での想定ユーザ数は、数 10 万程度と想定されている。

1.6 VICS(Vehicle Information and Communication System)

1.6.1 イメージと応用例

VICS(道路交通情報通信システム)は、ドライバーに道路交通情報をリアルタイムに提供することを特徴としたシステムである。

高速道路の路側に設置した電波ビーコン(電波発信信号塔)から送信されたVICS情報は、走行中の車の車載機で受信される。受信された道路交通情報は、VICS対応のカーナビゲーション等に「地図表示型」、「簡易図形表示型」、「文字表示型」の3種類のスタイルで処理される。

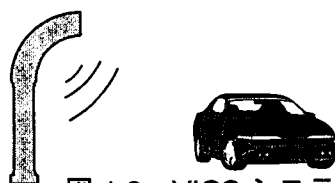


図 1.9 VICS システムのイメージ図

1.6.2 制度、技術諸元

表 1.12 VICS の技術的条件

		送信機	受信機
用途		交通情報データ伝送	
変調方式		二重変調 データ：GMSK*、位置検出：AM	
周波数範囲		2,499.7MHz	
送信帯域幅		85kHz	
伝送速度		GMSK:64kbps、AM:1kHz 方形波	
送信出力		10mW(10dBm)×2	
アンテナ利得	送信	7dBi	
	受信		2dBi 程度
給電損失	送信	3dB	
	受信		
使用環境		屋外	車内
通信距離		90m	
キャリア検出レベル			-65Bm

*GMSK: Guassian filtered Minimum Shift Keying

1.6.3 市場分野及び用途の動向

VICSは、その用途より屋外での使用を前提としている。主な市場分野は、道路・交通・車両分野である。VICSで受信可能な情報としては、①渋滞情報・渋滞時間、②所要時間情報、主要地点間の所要時間、③交通障害情報(事故、工事等)・交

通規制情報、④駐車場情報（満車・空車状態）等がある。

今後、家庭、オフィス等での「交通関連情報の提供」や目的地での「目的地情報の提供」については、サービス内容の充実を行いつつ順次拡大されていくと考えられる。

オンデマンドに対応した車載機等への情報提供サービスについては、21世紀初頭までの実用化を目途に研究開発を推進し、全国へ展開される予定である。

1.6.4 市場規模動向

VICS は、ITS (Intelligent Transportation Systems) の一環として推進されており、今後も需要は高まると予測される。

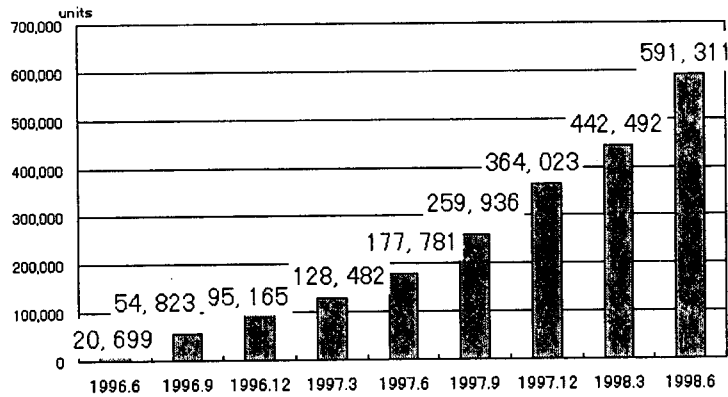


図 1.10 VICS ユニットの出荷台数累計

VICS センターより (1998.7.29 更新)

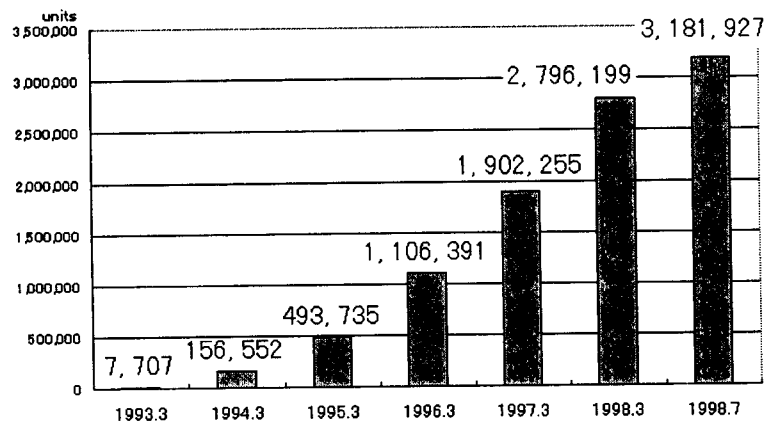


図 1.11 カーナビの出荷台数累計

VICS センターより (1998.9.1 更新)

1.7 諸外国の状況

無線 LAN の国際的な民間規格については、IEEE*802.11 が ISO**/IEC*** 8802-11 として規格化されている。また、移動体識別の規格では、ISO/IEC JTC1/SC31/WG 4 が 2.4GHz 帯を含む RF-ID (Radio Frequency IDentification) の標準化を進めている。RF-ID は、ISO/IEC JTC1/SC17/WG8 をはじめとした、他の委員会と密接に絡んでおり、今後の協力体制が重要視されている。

*IEEE:米国電気電子技術者協会(Institute of Electrical and Electronics Engineers)

**ISO:国際標準化機構(International Organization for Standardization)

***IEC:国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission)

1.7.1 2.4GHz 帯無線 LAN の状況

(1) 周波数帯域

各国における無線 LAN システム等の使用周波数帯域を図 1.14 に示す。

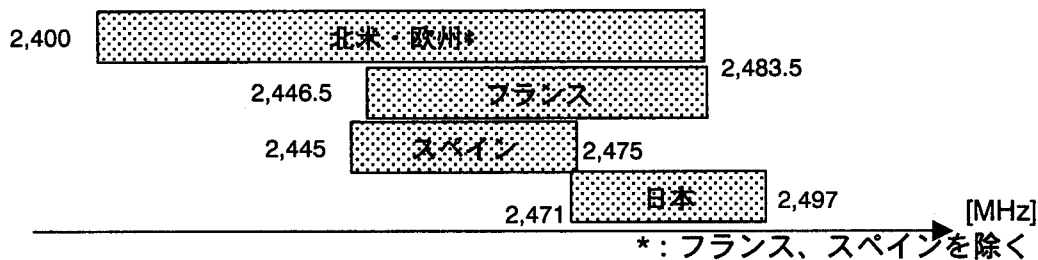


図 1.12 各国の使用周波数帯域

(2) FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)方式の比較

FHSS(1 or 2Mbps)の場合の周波数配置は、次表のとおり。

表 1.13 ISO/IEC8802-11 の FHSS 周波数配置

国 (地域)	チャンネル番号*	ホッピングシーケンス	動作チャンネル中心周波数数
北米、欧州 (除く、仏、西)	2-80	26	79
日本	73-95	4	23
スペイン	47-73	9	27
フランス	48-82	11	35

*チャンネル番号：周波数下二桁をチャンネル番号と定義 (1MHz 間隔)

(3) DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)方式の比較

DSSS(1 or 2Mbps)の場合の使用可能なチャンネルは、次表のとおり。

表 1.14 ISO/IEC8802-11 の DSSS 周波数配置

国 (地域)	チャンネル数
北米	11
欧州 (除く、仏、西)	13
日本	1
スペイン	2
フランス	4

(4) 送信電力の比較

送信電力は、ISO/IEC8802-11 では特に規定されていないが、各国の規定に従うことになっている。各国の送信電力規定は次表のとおり。

表 1.15 各国の送信電力値

国 (地域)	規定	備考
米国 (FCC)	総電力 1W	総電力で規定
欧州 (ETSI)	FHSS : 100mW/0.1MHz Other : 10mW/MHz	密度電力で規定
日本 (電波法)	10mW/MHz (理論的には 260mW)	密度電力で規定

(5) 10Mbps 機器への対応

IEEE802.11 では、現在 2.4GHz 帯を想定した 10Mbps 程度の高速度無線 LAN の標準化作業が'99 年末完了の目標で進められている (参考資料 3)。しかし、当該技術は、32Mcps の拡散クロックを使用するため、日本では適応できず、16Mcps に拡散を抑えた 5Mbps までの伝送レートとなっている。一方、日本では、独立な情報信号に対し、同一の拡散符号によりスペクトル拡散変調し、かつ、搬送波周波数を情報伝送速度で規定される量の整数倍だけ互いに離して同時送信を行う方式 (CFO-SSMA: The carrier frequency offset spread spectrum multiple access) の開発が行われている。本方式を適用することにより、26MHz 帯域幅内で 2Mbps の DS 信号を 5 チャンネル分多重化して伝送速度 10Mbps を実現する機器が登場している。

1.7.2 RF-ID の状況

現在、ISO では、参考資料 4 にあるように、RF-ID の運用周波数帯として 135kHz, 13.56MHz, 2.45GHz 及び 5.8GHz の 4 周波数が決定され、標準化作業が進められつつある。

現在、審議の中心は同じ ISM バンド 13.56MHz の周波数を使用する RF-ID の標準化となっている。

基本的には、本会議が召集されての全体会議がまだ第 2 回を経過した時点であ

り、各 I S O / W G の審議の進捗状況にも大きな変化はない。いずれにしても 1 9 9 9 年中は 1 3 . 5 6 M H z の周波数を使用するものの審議がなされ、その後
に 2 . 4 G H z 帯の審議が開始されるものと予測され、 2 0 0 0 年末に標準化
(案)の取りまとめが行われるものと考えられる。

1.7.3 米国連邦通信委員会 (FCC :Federal Communications Commission) の状況

米国においては、FCC part15.247 項(周波数拡散装置)、 15.245 項(電界攪乱検
知装置)及び 15.249 項(その他)に 2.4GHz 帯を含む ISM バンドのデータ通信の技
術的条件についての規定が記述されている。米国の RF-ID は構成によって、15.2
47 項、15.249 項 あるいは 15.245 項を適応した機器が存在する。表 1.16 にその
規定(2.4GHz 帯のみ)の主な点を示す。

表 1.16 FCC の主な規定

	DS 無線 LAN	FH 無線 LAN	RF-ID 等
FCC 項目	15.247		15.245 / 15.249
変調方式	DS および FH(同変調方式の RF-ID も適用される)		規定なし
周波数領域	2,400-2,483.5MHz (電界攪乱検知装置の場合は 2,435-2,465MHz)		
放射強度	<ul style="list-style-type: none"> ・1W 以下であること。(尖頭値) ・6dBi 以上の指向性利得を有する送信アンテナを用いる場合は、6dBi を超える分だけ小さくすること。ただし2地点間の固定式専用通信機器の場合には、6dBi を超える分について3dB あたり1dB 減少させること。 ・一般大衆が FCC で定めたガイドラインに規定した値を超える無線周波エネルギーの照射を受けることがない様に十分保護すること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・3m の距離において 50mV/m 以下であること。 ・電界攪乱検知装置の場合は、3m の距離において 500mV/m 以下であること。
周波数あたりの放射強度	<ul style="list-style-type: none"> ・いかなる 3kHz 帯域においても 8 dBm 以下であること。 		
スプリアス	<ul style="list-style-type: none"> ・使用している周波数帯域以外の周波数帯域においては、帯域幅のいずれの 100kHz 帯域においても、最大出力を含んでいる 100kHz の帯域幅よりも 20dB 以上低いこと。 ・15.205a¹⁾に規定した制限帯域での空中放射の値は 15.209²⁾の一般妨害許容値まで減衰していること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・高調波の電界強度は、3m 離れた点で 500 μV/m 以下であること。 ・電界攪乱検知装置の高調波の場合は、1.6mV/m 以下であること。 ・高調波を除き、帯域外の周波数においては、基本波より 50dB 減衰しているか、15.209²⁾項の一般妨害許容値まで減衰しているか、いずれか小さい値を満足していること。
その他の技術的条件	<ul style="list-style-type: none"> ・6dB の帯域幅が少なくとも 500kHz 以上であること。 ・処理利得(逆放散処理時)何 dB の SN 比を改善できるかという比は 10dB 以上であること。(受信機雑音の出力実則又は CW ジャムマージン法により計測する) DS、FH の複合の場合は、17dB 以上の処理利得を持つこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホッピングチャンネル幅は、最低 25kHz または、ホッピングチャンネルの 20dB 帯域幅のいずれか広い周波数だけ離れているホッピングチャンネル搬送周波数を持っていること。ホッピングチャンネルの選択は擬似的無作為抽出順序から得られた順番でホッピングすること。各チャンネルは、平均的に等しく利用しなければならない。 ・75 以上のホッピング周波数を使用すること。 ・ホッピングチャンネルの最大 20dB 帯域幅を 1MHz とする。 ・任意の周波数を占有する平均時間は 30 秒間につき 0.4 秒を超えないこと。 	

注1) 64 個所の制限周波数領域が定められている。たとえば、2.4GHz 帯に近いところでは、2,200-2,300MHz、2,310-2,390MHz、2,483.5-2,500MHz、2,655-2,900MHz などがある。詳細は FCC 本文参照。

注2) 一般妨害許容値は、FCC 15.206 において各周波数帯により表 1.17 のように定められている。

表 1.17 一般妨害許容値

周波数(MHz)	許容電界強度 ($\mu\text{V/m}$)	測定距離 (m)
0.009-0.490	2400/F(kHz)	300
0.490-1.705	24000/F(kHz)	30
1.705-30	30	30
30-88	100	3
88-216	150	3
216-960	200	3
960 を超えて	500	3

米国においても、技術の進歩と産業界からの要望に伴い、逐次改正を行っている。たとえば、処理利得については CW ジャムマージン法のような実際の理論処理利得値によらず実際の雑音除去能力を測定する方法が追加された (FCC97-114)。

1.7.4 欧州電気通信標準化機構 (ETSI: European Telecommunications Standards Institute) の状況

ヨーロッパにおいては、ETSI 300 328 に 2.4GHz ISM-Band のデータ通信について規定されている。この ETSI 300 328 は 1996 年 11 月に制定され、1997 年 7 月に若干改訂されている。表 1.18 にその規定の主な点を示す。

表 1.18 ETSI 300 328 の主な規定

項目	DSSS とその他	FHSS	
変調方式	DSSS および FHSS		
周波数領域	2,400-2,483.5MHz		
伝送レート	250kbps 以上		
放射強度	100mW (EIRP) 以下		
瞬間最大電力密度	10mW/MHz(eirp)以下	100mW/100kHz(eirp)以下	
周波数幅	チャンネル幅は-30dBm/100kHz(eirp)以上の帯域。		
スプリアス	送信狭帯域スプリアス		
	周波数	送信時	スタンバイ時
	30MHz~1GHz	-36dBm	-57dBm
	1GHz~12.75GHz	-30dBm	-47dBm
	1.8~1.9GHz、5.15~5.3GHz	-47dBm	-47dBm
	送信広帯域スプリアス		
	周波数	送信時	スタンバイ時
	30MHz~1GHz	-86dBm/Hz	-107dBm/Hz
	1GHz~12.75GHz	-80dBm/Hz	-97dBm/Hz
	1.8~1.9GHz、5.15~5.3GHz	-97dBm/Hz	-97dBm/Hz
	受信狭帯域スプリアス		
	周波数	受信時	
	30MHz~1GHz	-57dBm	
	1GHz~12.75GHz	-47dBm	
	受信広帯域スプリアス		
	周波数	受信時	
30MHz~1GHz	-107dBm/Hz		
1GHz~12.75GHz	-97dBm/Hz		
条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ DSSS を含む FHSS の規格に合わない SS。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ チャンネルは20以上あること。チャンネルとは、オーバーラップしない周波数チャンネルまたはピークパワーから 20dB 低い値で測定した周波数帯域幅で分離されたホッピング位置で規定。 ・ 任意の周波数を占有する時間は 0.4 秒を超えないこと。 ・ 1ホップの時間とチャンネル数の4倍以内に全てのチャンネルを使用すること。 	

2 小電力無線局の高度化に対する要求条件

2.4GHz帯の小電力無線局の高度化利用に関して実施されたアンケート結果を基に要求条件を明らかにする。このアンケートは企業サイドからのシステムの高度化に対する意見を調査し、現実的なニーズを明確にすることを目的として行われた。(参考資料5)

2.1 小電力データ通信システムの高度化に関するニーズ

2.1.1 無線システムの高速化への対応

有線系の通信速度の高速化に対応し無線システムへの通信速度の高速化の要求は益々強くなっている。とくにコンピュータのCPU能力の高速化とコンテンツの大容量化が進むにつれて無線通信と言えども通信速度の高速化が非常に重要になっている。現在では2Mbps程度が2.4GHz帯無線LANの実用化の主体であるが、現行規格内でも10~11Mbps程度の高速化が実現しており、従来の電話系の数十Kbps程度の低速の通信システムでは実現が難しかった多くの用途で今後多様な利用が考えられる。

しかしながら、有線系のネットワークは既にギガビットオーダーの領域に到達しており、このような高速通信系の中で通信する情報の多くはマルチメディア等に対応したより大容量のコンテンツが大半を占める。

このような状況から、有線系・無線系を意識することなくデータアクセスにおいてストレスのない快適な環境が実現できることが望まれており、より高速のシステム(例えば25Mbps以上)の要求についても、以下のような用途での対応が求められている。

- ① 高速で多彩なマルチメディアサービスを提供
- ② 基地局と複数の端末局から構成され、各端末がMPEG2(約6Mbps)等を利用
- ③ ATMバックボーンとの本格的接続
- ④ ニュースを売店で買うイメージで短時間に大容量データを伝送
- ⑤ 100Baseイーサネットの無線接続
- ⑥ IEEE1394の無線接続
- ⑦ 家庭内機器の無線接続(ホームリンク)

TV、電話、パーソナルコンピュータ等の通信/放送接続、部屋内および部屋間接続、機器間接続

これらのニーズは必ずしも2.4GHz帯に限ったものではないが、低コスト化への要求や現状の実現可能性などを考慮すると2.4GHz帯でこのような高速のシステムを実現する可能性を持たせることは有益であると考えられる。

どの程度高速化が可能であるかについては、現段階において高速化への要求が

日々増大することからこれを定めることは困難であるが、数 100kbps から 10 数 Mbps 程度を基本としつつ 10 数 Mbps 以上の伝送容量を確保するため、広い周波数帯域の確保、SS 方式の拡散率の制限緩和及び SS 方式のほか多様な伝送方式の採用等が望まれている。

2.1.2 マルチメディア通信

①のマルチメディア通信の中では大容量のコンテンツとして画像情報が挙げられ、特に FA の分野での利用が期待されている。

以下に幾つかの応用例を示す。

ア. 建築用クレーン用モニタシステム

建築用クレーンの先端に取り付けると高層ビル、煙突、コンビナートのタンク等人命に危険のある高層建築物の状態確認ができる。

イ. 天井走行式マニピュレータ用モニタシステム

栽培プラントの天井走行式マニピュレータに取り付けると、植物の生育状態を確認して、テレコントロールで施肥、灌水、薬剤散布、出荷作業を行ったり、画像処理装置と組み合わせて自動化を行うこともできる。また、天井走行式マニピュレータほどの設備としなくても天井に電動ズームレンズ付きカメラを旋回台と一緒に取り付けることで植物の生育状態を事務所で確認することができるようになる。

ウ. 自動搬送車用モニタシステム

自動搬送車は、その使用形態から無線化が必須であった。これまでは、テレコントロールなど制御信号だけを無線化していたが、画像伝送装置を取り付けることで、事務所にいながらにして自動搬送車の走行領域内を画像で確認できるようになる。この使い方ができると、これまで単に荷物の運搬だけに使われていた自動搬送車の機能が広がり、搬送後の荷物の確認や、生産ラインの稼働状況、機器の動作状況などを搬送の合間に画像で確認できる。いわば自動走行画像確認システムとなる。

エ. 特殊な場所で利用するモニタシステム

化学プラントなどで電氣的、機械的に問題は無いが人命に危険がある場所で、目視確認をしたいが現状ではそれができない場所、または建築中の物件や工事現場の視察等、有線で固定設置するほどではないが時々状況を画像で確認したい場所で用いるモニタシステムへの利用が期待できる。

2.1.3 無線ホームリンク

⑦の家庭内機器の無線接続(ホームリンク)においては、HomeRF やパーソナルコンピュータの周辺機器の接続手段としてのシステムが外国で検討されている。これ

らのシステムは個人で購入して利用されることが多く、隣の部屋で使われたり、携帯電話のようにすぐ側で使われたりするため F A 用機器に比べて混信によるトラブルを発生する可能性が高くなることが予想される。

従って、現在の 2.4GHz 帯無線 LAN で使用できる周波数帯では端末収容能力が低いため、複数チャンネルが設定できる環境を整備しておくことも必要である。このような観点からは利用可能帯域の拡大が望まれる。

2.2 小電力データ通信システムの制限の緩和に関する要求

2.2.1 変調方式の制限の緩和について

2.4GHz 帯の小電力無線および移動体識別装置には、それぞれ変調方式が規定されている。例えば小電力データ通信システムは、SS 方式であることが条件であり、また移動体識別システムにおいては対象となる電波の型式が規定されている。

現在 2.4GHz 帯は ISO/IEC8802.11 の無線 LAN などの S S システムが世界的規模で利用されようとしているような状況であるが、より有効に 2.4GHz 帯を利用するには SS 方式のほかシステムの要求に適した変調方式を選択できる可能性を持たせて設計の自由度を高めることが望ましいと考えられる。

さらに 2.4GHz 帯が ISM バンドであると言う特殊性を考慮し、他の周波数帯では難しい自由度の高い無線周波数帯域が確保されることにより、より安価で、よりユーザーニーズを満足できる製品の開発が促進されるものと予想される。

2.2.2 拡散率の制限の緩和について

現行の小電力データ通信システムは、拡散率が 10 以上と規定されている。この制限により今後新たな国際的な規格が現われた場合などに対応することができないことが予想される。特にデファクト標準に対しては国際標準よりもその制定速度が早く、これに対応して国内の関係諸規定を変更することも困難が予想される。

現在、IEEE802.11 において、無線 LAN の新たな仕様を 99 年末の承認を目標に作業中であり、拡散率は「8」前後になる見込みである。

このため拡散率に関する制限を緩和することが望まれている。ただし、拡散率の制限の必要性を含めて、SS の場合に他のシステムとの周波数共用可能な範囲で拡散率をどの程度まで低減すべきかについても検討する必要がある。

2.2.3 チャンネルセパレーションの設定について

2.4GHz 帯の無線システムを考えると、約 100MHz にわたる帯域をどのように使い分けるかについて周波数の有効利用の観点からチャンネルを設定すべきか、否か、もし、チャンネルを設定する場合どのように区分すべきかを検討する必要がある。

今後の高速化や高機能化ニーズへの対応を図るためには、SS 方式のほか、多様

な伝送方式、変調方式及び伝送速度を可能とすることが望まれており、画一的なチャンネル設定をしないことが望ましい。周波数資源の有効利用及び多様な伝送方式等の採用の観点からのチャンネルセパレーションの検討については第4章において行うこととした。

2.3 諸外国の無線LANシステムの導入の要望について

2.4GHz帯はISMバンドとして世界的に共通性の高い帯域である。この2.4GHz帯を用いた無線システムは既に幾つかのシステムが利用されているが、1998年頃から無線LANやコンピュータの周辺機器の接続システムなどの分野において世界的な共用性を特徴とする新しいシステムの開発が活発に行われるようになった。

現在、国内のOA用無線LANの大半が外国で開発された製品である。従来は各社独自のプロトコルを用いていたため相互に通信することはできなかった。しかしながら無線LANの場合、端末機器は移動が容易なため相互接続性については以前から強く望まれていた。このため相互接続性を考慮した代表的な無線LANとしてISO/IEC8802.11が開発され、'98年5月に承認された。このシステム仕様を開発した米国IEEE(The Institute of Electrical and Electronics Engineers)ではより高速化を目指した新たな仕様を現在審議中である。この新しい仕様に基づく製品も今後日本に導入される可能性は高いと予想される。

また、家庭内のネットワーク化の市場はインターネットや情報家電機器の普及と相まって今後大きな市場となることが予想されている。

米国においては複数のパーソナルコンピュータを持つ家庭が増えており、またインターネットの利用も急増している。このため複数のパーソナルコンピュータを接続してネットワーク化する動きも活発である。有線配線の煩わしさから無線によるネットワーク化のニーズも高まったが、無線機器が高価であったり十分な通信速度を確保できていなかったため、あまり普及していなかった。

更に、近年のパーソナルコンピュータの小型・軽量化とビジネスにおける道具としての必要性の高まりにより、国内だけでなく外国への出張においてもパーソナルコンピュータを携帯することは珍しいことではなくなってきた。また、携帯性や操作性の向上のためにパーソナルコンピュータの周辺機器のコードレス化は強いユーザーニーズの1つでもある。

以上のような諸外国の新しい無線システムの開発状況を考えると、このような機器が、国内で利用される機会は今後高まるであろうと予想される。携帯電話の場合と同じように国際的な規格の調和を可能にする環境の整備が強く望まれている。

2.4 移動体識別システムに関する要求条件

移動体識別は、FA分野での応用から始まったが、92年に特定小電力移動体識別装置が制度化されて以来、駐車場管理、入退出管理、物流管理などの分野への利用が広まっており高周波デバイスの低廉化に伴いシステムコストの低下で、市場は毎年10～20%の成長を続けている。しかしながら、この移動体識別の市場が広がるとともに、混信などのトラブルが多少発生している。

このような問題は、今後ますます増加するものと危惧されており早期の改善が期待されている。

このようなトラブルの原因の一つに移動体識別の周波数が固定のものとして登録・管理されていることが挙げられる。

例えば、ある場所で移動体識別を導入したが、エリアの拡大のため新たにシステムを増設したり、他のシステムを併設しようとする場合、変更申請なしで簡単にチャンネルを変更することが出来ないため、混信が避けられない状況にある。

このような問題を解決するためには、周波数が固定しないで、定められたバンドの中で設定・変更可能な柔軟性のある内容に変更することが望まれている。

3 システム間の共用条件

3.1 概 説

現在、2.4GHz 帯の I S Mバンドを使用している機器は、無線LANを代表とする小電力データ通信システム、電子レンジを代表する I S M機器、無線タグを使った移動体識別装置、V I C Sとアマチュア無線で、各システムは多少の周波数の重複はあるものの用途別に周波数帯を分けて運用している。しかし、第1章、第2章の需要動向、高度化のニーズから明らかかなように各システムに割り当てられた現在の帯域幅ではこれらに対応することが困難である。さらに、M S Sが今後この帯域を使う予定であることも考慮し、現在の用途別の帯域制限を見直し各システムの要求を満足するための共用化策を検討する。

同一周波数帯域内で周波数を共用する方法として、①空間離隔、②時間離隔、③周波数離隔、④コード分割があげられる。しかし、無線仕様や動作条件の異なるシステム間で②時間離隔、③周波数離隔、④コード分割を実施するのは極めて困難である。そのため、①空間離隔によってシステム間分離を図る方法を主体に検討を進めるものとする。つまり、各システムの無線局間の距離を確保することで相互の干渉を避けることができ、かつ、その距離が実際の運用上で実現可能な長さであれば、共用可能と判断できる。

3.2 検討手順

I S Mバンドで周波数を共用する可能性のある機器の標準モデルを想定し、各モデル間の与干渉・被干渉距離の計算を行い、共用化の検討材料とする。

(1) モデル化

各システム内でも多くの機種があり、それらすべてに対して検討を加えるのは困難である。そこで、表 3.1 に示すように各システムごとにモデルを想定し、モデル間での干渉を検討するものとした。各モデルの詳細諸元は参考資料 6 に示す。

表 3.1 モデル化

	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5
小電力データ通信システム	高速無線 LAN DS	中速無線 LAN DS	中速無線 LAN FH	中速モデム DS	低速モデム DS
I S M機器	家庭用電子レンジ	業務用電子レンジ	医療器	加熱器	—
移動体識別装置	構内無線局	特定小電力	—	—	—
アマチュア無線	音声、中継局	音声、固定局	音声、固定局	映像、固定局	—
M S S	衛星局	端末局	—	—	—
V I C S	路上局	車載局	—	—	—

(2) 与干渉電力の想定

システムモデルごとの送信電力およびアンテナ利得から E I R P を想定する。たとえば、アンテナ利得 10dBi、給電線損失 2 dB のとき、送信機のアンテナ端子で 30dBm であれば、E I R P は 38dBm となる。

(3) 耐干渉入力の想定

システムモデルごとに標準通信モデルを想定し、その状態での受信入力を計算する。この

標準受信入力からジャミングマージン分下げたレベルを耐干渉入力とする。ジャミングマージンは各モデルごとに想定する。耐干渉入力はアンテナ利得を含めた絶対値(dBm)で表現する。たとえば、アンテナ利得 10dBi、給電線損失 2 dB のとき、受信機のアンテナ端子で -80dBm であれば、耐干渉入力は -88dBm となる。

なお、アマチュア無線のように通信距離が不定の場合は標準受信入力を想定できないので、受信機内部雑音や外部雑音から想定される最高受信感度を耐干渉入力とする。

(4) 伝搬損失モデルの想定

各システムごとに適当な伝搬損失モデルを想定する。伝搬環境が同一であれば、原則的には希望波および干渉波の伝搬損失モデルは同一とする。

- ① 自由空間損失 自由空間として計算
- ② 奥村カーブ・秦式 開放地、郊外、都市(大、中小)で、1 km 以上のとき
- ③ n 乗 屋内のとき。n は 3.5 程度

また、コンクリート壁の損失は、壁 1 枚あたり -17dB とする。

(5) 干渉条件

小電力データ通信システムの S S 変調波は他システムにとって疑似雑音であり、他システムの狭帯域変調波は小電力データ通信システムで逆拡散されるので疑似雑音として扱える。したがって、干渉レベルの計算は白色雑音として扱うものとする。

干渉波の送信帯域幅より希望波の受信帯域幅が広い場合は、干渉波の E I R P が干渉電力となる。逆に、干渉波の送信帯域幅より希望波の受信帯域幅が狭い場合は、干渉電力を次の式で計算する。

$$\text{干渉電力} = \text{干渉波の E I R P} \times \text{希望波受信帯域幅} / \text{干渉波占有周波数帯幅}$$

(6) 与・被干渉の計算

E I R P、耐干渉電力(絶対値)および送受信帯域幅が分かれば、適当な伝搬モデルを想定して伝搬損失を計算するだけで干渉の有無あるいは被干渉距離を計算することができる。

(7) 干渉実験による確認

想定条件の正確性を検証するため、小電力データ通信システムおよび電子レンジから、移動体識別装置への干渉特性を電波暗室内で測定した。

3.3 干渉距離の計算結果

(1) 干渉距離

想定したモデルシステムとその動作条件(ただし、使用周波数帯が同一であると仮定している。)によって計算した干渉距離を表 3.2 に示す。又、詳細な計算結果は、参考資料 6 に示す。なお、この表の小電力データ通信システムは次の理由でモデル 2 (D S) および 3 (F H) に限定した。

- ① モデル 1 は全帯域を使用するが総空中線電力はモデル 2 と同一なので、モデル 2 で代表できる。
- ② モデル 4 および 5 は帯域が狭く総空中線電力はモデル 2 より小さいので、モデル 2 で代表できる。

表 3.2 干渉距離と 2.4GHz 帯周波数共用条件の検討

被干渉 与干渉		小電力データ通信システム		移動体識別	アマチュア無線	MSS	VICS
		チャネル 2 (DS)	チャネル 3 (FH)	チャネル 1,2	チャネル 1~4	チャネル 2(端末)	チャネル 2(車載)
小電力 データ 通信 システム	モデル 2 (DS)	— 面配置条件	15m 面配置条件	37m 共用条件	432~1943m 共用条件	81~430m 共用条件	14m 共用可 (個別割当)
	モデル 3 (FH)	58m 面配置条件	— 面配置条件	76m 共用条件	432~1943m 共用条件	170~890m 共用条件	14m 共用可 (個別割当)
移動体 識別 装置	モデル 1,2	42~112m 共用条件	42~112m 共用条件	167~478m 面配置条件 (共用中)	291~22km 共用可 (共用中)	— 共用可 (個別割当)	53~142m 共用可 (個別割当)
アマチ チュア 無線	モデル 1 ~4	256m 共用条件	256m 共用条件	1.0k~2.2km (共用中) 共用条件	許可条件	210~600m 共用可 (個別割当)	— 共用可 (個別割当)
MSS	モデル 2 (端末)	干渉パル以下 共用可	干渉パル以下 共用可	— 共用可 (個別割当)			
VICS	モデル 2 (車載)	36m 共用可 (個別割当)	36m 共用可 (個別割当)	117m 共用可 (個別割当)			
ISM	モデル 1,2 (電子 レンジ)	1.8k ~ 2.1k m 共用条件	1.8k ~ 2.1k m 共用条件	5.5k ~ 7.1k m 共用条件 (共用中)			

注：干渉距離は、使用周波数帯が同一であると仮定して計算している。

(2) 共用の可否の判断

小電力データ通信システムや移動体識別装置は主として構内で使用するものであるため、干渉距離が構内の大きさより短い場合は空間離隔することによって共用可能と判断する。また、これまで共用してきたシステム、たとえば移動体識別装置とアマチュア無線などは今後とも共用可能と考えるのが妥当である。当然、同一システムどうしは共用を前提に構築されているので、改めて共用条件を考える必要はない。

さて、一般的な構内の大きさを明確にすることは困難であるが、数 10m 以内の干渉距離であれば、多くの場合は空間離隔が可能と思われる。しかし、用途の異なるシステム間においては、必ずしも干渉距離だけでは共用できないものもあり得る。たとえば、小電力データ通信システムと移動体識別装置は、同一構内で近接して運用されることも考えられる。そのため、表中の「共用条件」とかかかれている部分(網掛けの部分)は、空間離隔だけではなく、それ以外の共用条件の検討および干渉対策が必要である。とくに、使用周波数を拡張した小電力データ通信システムが与干渉側となる場合は、小電力データ通信システム側で干渉対策を考慮する必要がある。

3.4 確認実験

3.4.1 実験の目的及び方法

使用周波数帯を拡張した場合の小電力データ通信システム並びに I S M 機器が移動体識別に与える干渉を測定し、計算による干渉距離等の妥当性について確認するための実験を行った。

実験の方法は、電波暗室内に移動体識別装置及び干渉源を設置し、干渉レベル及び干渉方向を変化させ、6種類の移動体識別装置について動作の正常・異常の確認を行った。その詳細については、参考資料7に示す。

なお、今回の実験においては、F H方式から移動体識別装置への送信タイミングが機種ごとに異なるため、定量的な評価が困難であると考えられる。従って、F H方式については、ホッピングを停止した状態で移動体識別装置に対する干渉を与えた最悪値をD S方式の測定結果から算出して評価できるため、F H方式の装置を用いた実験は実施していない。

3.4.2 実験の結果

(1) 小電力データ通信システムからの干渉

小電力データ通信システムから移動体識別装置への干渉距離については、実験値と計算値がほぼ一致しており、想定条件及び計算過程が妥当であると考えられる。また、移動体識別装置側については、一部のものを除き正面以外の干渉の場合は、アンテナの指向性により、干渉を受けにくく、アンテナ利得が10dB程度のものにあつては、指向性による干渉レベルに20dB程度の差が生じている。

表 3.3 無線LAN(SG)に関する実験結果

移動体識別装置の条件			干渉距離換算値			備考
	送信出力	通信距離	正面	側面	背面	
A社	10mW	2 m	69m	79m	69m	計算値 (D S) 37m
B社	10mW	2 m	17m	5 m	6 m	
		5 m	44m	—	—	
C社	10mW	2 m	19m	5 m	5 m	
		5 m	61m	—	—	
D社	3 mW	2 m	84m	23m	11m	
E社	10mW	3 m	50m	—	—	
F社	300mW	0.7m	6 m	5 m	6 m	

(2) I S M機器からの干渉

I S M機器の代表として電子レンジを実験に用いたが、それからの干渉距離は、計算値に比べ実験値の方が大幅に短く、想定条件及び計算過程について、現実より厳しい条件で計算していると考えられる。これは、電子レンジの輻射電力が想定条件より低いことが起因していると考えられる。

電子レンジと移動体識別装置については、現在、特段支障無く共用していることから、多くの場合の干渉距離は、実験値である数 m~数十 m 程度と考えるのが妥当である。

表 3.4 電子レンジに関する実験結果

移動体識別装置の条件			電子レンジ(正面)		備考
	送信出力	通信距離	4 m	8 m	
A社	10mW	2 m	×	×	計算値 5.5k ~ 7.1km
B社	10mW	2 m	-	-	
		5 m	△	-	
C社	10mW	2 m	-	-	
		5 m	△	△	
D社	3 mW	2 m	-	△	
E社	10mW	3 m	-	△	
F社	300mW	0.7m	○	○	

- : 未実施、○ : 干渉なし、△ : エラー有り、× : 通信不可

3.5 小電力データ通信システムと他システム間の共用化条件の検討

小電力データ通信システムと他システム間との共用化条件の検討について以下に示す。なお、それぞれの詳細な検討については、参考資料 8 に示す。

3.5.1 对小電力データ通信システム

無線 LAN システムはランダム送信であるが、画像伝送などは、連続送信である。また、変調方式や伝送速度、拡散コードなどが個々に異なることから、時間離隔、コード分割は困難であり、空間離隔あるいは周波数離隔で対応することが適当と考えられる。

3.5.2 対 ISM 機器

ISM 機器は通信装置ではなく、高周波エネルギーを利用するための装置であり、一般的な通信装置と同様に検討することは適当ではないと考えられることから、距離による空間離隔とすることが適当と考えられる。

3.5.3 対移動体識別装置

移動体識別装置については、使用周波数を拡張した場合の小電力データ通信システムと周波数帯が重なることから、空間離隔、周波数離隔によることとし、干渉距離内における他装置の配置にあたっては、干渉についての対策をとることが適当と考えられる。

なお、干渉対策についての検討は、以下のとおり。

(1) 移動体識別装置への干渉対策

小電力データ通信システムから移動体識別装置への干渉距離は、おおよそ 40m~80m であり、同一建物構内で運用される場合等においては、同一の運用管理者のもとで空間的な周波数共用が可能となるケースが多くなると考えられる。しかし、移動体識別装置は、無線局免許を有する構内無線局であるケースがあるため、保護されなければならない。

小電力データ通信システムから移動体識別装置への保護の方法としては、次のような方法が考えられる。

- ① 利用者による周波数の切り替え又は電波の発射の停止が容易に出来ること。
- ② 他の無線局から発射された電波によって生じる伝送誤りを検知した場合、当該電波の発射を自動的に停止する機能によること。
- ③ キャリアセンスした場合、当該電波の発射を自動的に停止する機能によること。

- ④ 相関信号検出した場合、当該電波の発射を自動的に停止する機能によること。
- ⑤ 通信相手局以外の局の識別符号を検知する機能によること。

表 3.5 小電力データ通信システムから移動体識別システムへの保護方法の効果

	DS			FH			マルチキャリア			シングルキャリア		
	実現性	効果	海外製品の対応	実現性	効果	海外製品の対応	実現性	効果	海外製品の対応	実現性	効果	海外製品の対応
①CH変更/電波停止	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
②エラーセンス機能	○	○	×	○	×	×	○	×	?	○	×	?
③キャリアセンス機能	×	○	×	×	○	×	×	○	?	○	○	?
④相関センス機能	○	○	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⑤識別符号の送信または受信機能	○	×	○	○	×	○	○	×	○	○	×	○

○：有/対応可 ×：無/対応不可 ?：不明 -：対象外

これらの方法の効果を表 3.5 に示す。この比較検討結果から①の方法を共用化のための条件とすることが望ましい。

(2) その他の干渉対策

さらに、移動体識別装置への干渉を極力低減するため、FH方式の空中線電力を必要最小限とすること及び帯域内スプリアスの規定を検討することが望ましい。

また、混信回避を確実とするため、民間レベルでガイドライン等の運用ルールを定め、民間レベルでの啓蒙活動を促進することを含めて共用条件とすることが望ましい。

3.5.4 対アマチュア無線

2.4G帯のアマチュア無線については、普及台数が多くないため、利用者の運用に委ねることが適当と考えられる。また、当該周波数帯のアマチュア業務は、2次業務であり、他の無線局に混信を与えない場合に限り運用することが可能である。

3.5.5 対MSS

MSS端末機器への干渉距離は、計算上80m~900m程度であり、現在の規格による小電力データ通信システムにおいては、距離による空間離隔となる。また、MSS端末は、主に屋外使用であり、小電力データ通信システムを屋内使用に限定すれば壁の遮蔽効果が期待できるが、一部屋外で使用されている例もあり限定することは困難と考えられる。

今後、MSS端末機器が増加することが想定されており、将来的には、MSS端末機器との周波数離隔となる2483.5MHzを小電力データ通信システムの周波数の範囲の上限とすることが望ましいと考えられる。

3.5.6 対VICS

周波数離隔であり、特段支障は無い。

3.6 移動体識別装置と他システムの共用化条件の検討

3.6.1 対ISM機器

ISM機器は通信装置ではなく、高周波エネルギーを利用するための装置であり、一般的な通信装置と同様に検討することは適当ではないと考えられることから、距離による空間離隔とすることが適当と考えられる。

なお、これまで、電子レンジと干渉した事例も報告されているが、距離や指向性を考慮することにより回避されており、今後とも特段大きな支障とならないと考えられる。

3.6.2 対移動体識別装置

基本的には、距離又は指向性による空間離隔及び周波数離隔によると考えられる。ただし、移動体識別装置には、間欠動作のものもあり、この場合は、時間離隔によることも併用できるものと考えられる。

4 無線諸元の検討

4.1 検討方針

高度化に対するニーズに応え、2.4GHz 帯 ISM バンドを利用する小電力データ通信システム用無線局および移動体識別用無線局の無線設備の諸元を検討する上で、以下の項目を基本的な考え方とする。

(1) 周波数利用効率向上

限られた周波数資源の有効利用を図らなければならない。

(2) 高度化対応

高速化、大容量化、高密度化、多様化などに対応するよう検討されなければならない。

(3) 国際的標準化動向との調和

2.4GHz 帯を使用するシステムにおいては、可能な限り国際的な技術動向等を踏まえた上検討されなければならない。

(4) 既存無線局への干渉防止

他のシステムと周波数を共用することから、既存の他システムの無線局等（特に免許必要局）に混信を与えないよう検討されなければならない。

(5) ISM 機器からの混信

2.4GHz 帯は ISM 周波数帯であり、ISM 機器からの混信を前提とした上で、システムの技術的条件が検討されなければならない。

(6) 小電力無線設備に対応すること。

現行の無線設備が、小電力無線設備の混信防止の思想に基づいて規定されていることから、その思想ができる限り尊重されなければならない。

4.2 周波数利用に関する検討

4.2.1 小電力データ通信システムのニーズ及び需要動向からみた所要周波数帯域幅

小電力データ通信システムのニーズ及び需要動向を考慮、同一通信エリア内にある複数の端末が同時に通信するシステムと、一つの端末がある高速のデータを単独で伝送するシステムの二つのシステムで検討を行った。その詳細については、参考資料 9 に示す。

(1) 面的セル配置による周波数の有効利用

モバイルコンピューティングへの対応などから、複数のセルによりサービスエリアを面的に拡張することへの期待がある。全セルでチャンネルを共用するこ

とも可能であるが、高スループットを得るためには、各セルで異なるチャンネルを使用できることが好ましい。

前述の干渉条件より、セル半径を30mとして六角形セルを仮定すると、同一チャンネルを使用するためには次隣接以上の距離を必要とする。(ここでは、セル周辺の端末が基地局から干渉を受けるとした)

よって、理論的にはクラスターサイズ=3のチャンネル繰り返しが可能となるが、これは最適なセル配置を仮定した場合である。よって、面的にセルを構成するためには最低限3チャンネル相当の周波数帯域が必要となる。

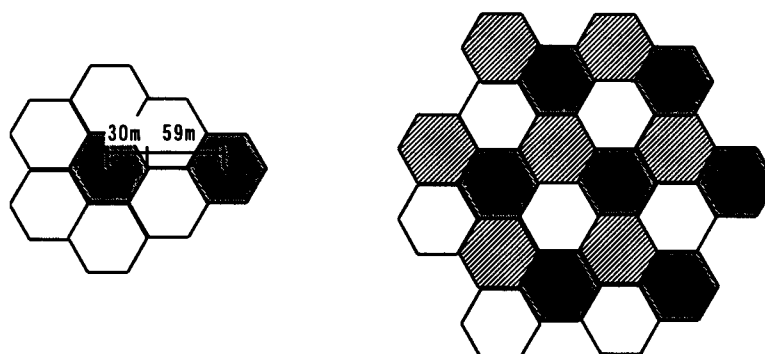


図 4.1 3チャンネルによるセル配置

(2) 1ユーザによる広帯域運用と現行帯域運用の比較

1ユーザによる広帯域運用した場合と現行程度の帯域で複数チャンネル運用した場合の得失を下表に示す。1ユーザの高速性を取るか、多数ユーザの運用を

表 4.1 広帯域化と現行の比較

	広帯域化	現行占有帯域幅	備考
用途	動画像伝送、LAN	LAN、動画像伝送	
チャンネル数	1チャンネル	4チャンネル	
占有帯域幅	83.5MHz	22~25MHz	
伝送速度	30~40Mbpsが可能	11Mbps程度まで	
製品コスト	高価		
収容ユーザ数	1セル内では多数の端末が収容可	複数セルを考慮すると1チャンネルに比べて4倍程度多い	条件によって異なるので、単純比較は困難
実現性	有り	既存	

注 収容ユーザ数の比較は次の方式によった。

- ・隣接するセルには異なった周波数を割り当てる
- ・セル形状は正方形とする
- ・一つのセル内の端末数は同数とする

取るかは、直接の比較ができないので判断が困難である。実際には、11Mbps以上の伝送速度を必要とするユーザ数は比較的少ないと思われる。また、LANの場合は、常時大容量データ伝送をしているわけではなく、時間的にも限定されると思われる。したがって、FH方式以外の方式の場合、1ユーザによる広帯域運用より現行帯域程度で複数チャネル運用を可能とすることが望ましい。

(3) 所要周波数帯域

- ① 想定されるトラフィック量や動画像伝送等の高速伝送に対応し、かつ、面的セル配置による周波数有効利用を図るためには、最低限現行帯域幅の3チャネル相当の周波数帯域とすることが望ましい。

なお、無線LANシステムにおいて複数チャネルを設定し、周囲の周波数利用状況に応じて自律的に周波数を選択し運用する技術が検討されており、周波数を有効に利用可能とする技術として今後の導入が期待されている（参考資料10）。同技術は、移動体識別システムやアマチュア無線、ISM機器等の他システムとの周波数共用の際にも有効に動作することが技術試験で確認されているところである。

- ② 高速化システムは現行規格の帯域幅で10Mbps以上を実現できるので、FH方式以外の方式の場合これを積極的に利用することが望ましい。
- ③ ただし、ビル間伝送のような限定された用途には、2.4GHz帯でも高速化が有用であるし、今後の技術の発展を阻害しないためかつ、国際的な動向に調和させるためにも、83.5MHz程度の周波数帯域が必要であると考えられる。

4.2.2 「高度小電力データ通信システム(仮称)」の制度化

小電力データ通信システムの使用周波数帯について、平成4年度電技審答申では、電子レンジ等からの雑音を回避する観点から、ISMバンドの高い周波数帯を小電力データ通信用周波数として設定した経緯がある。

しかしながら、複数チャネル設定に対するニーズ、諸外国とのハーモナイゼーションに対する要望等に対応する観点から、ユーザ及びメーカーが電子レンジ等のISM機器からの混信を前提とするというISMバンド利用上の制約を容認し、かつ移動体識別システムへの混信を最大限回避することを条件として、小電力データ通信システムの高度化のため、ISMバンドのより低い周波数帯も使用できるよう措置することができ問うと考えられる。

具体的には、現行小電力データ通信システムのほかに新たに「高度小電力データ通信システム(仮称)、以下「高度システム」という。」を制度化することにより、

高度化ニーズへの対応、国際動向との調和を図ることが望ましい。

なお、第3章における周波数共用条件の検討では、現行小電力データ通信システムと MSS サービスリンクとの周波数共用は可能とされているが、将来の MSS 需要増により周波数共用が困難になった場合、小電力データ通信システムを高度小電力データ通信システムに移行させ、高度小電力データ通信システムのみを存続させることについて、再度検討することが必要と考えられる。

(1) 高度システム

2,400～2,483.5MHz の周波数の電波を使用するもの

(2) 現行システム：技術的条件を変更しない

2,471～2,497MHz の周波数の電波を使用するもの

4.2.3 移動体識別装置の周波数範囲

現行規格の周波数範囲は 2,427～2,470.75MHz(約 43MHz 幅)で、一部を重複して配置した 26MHz～31MHz 幅の 3 チャンネルが割り当てられている。移動体識別装置は 1 チャンネルあたりの伝送データ量が少なく、伝送速度は 32kbps 程度のものが多い。そのため、多くの装置は占有周波数帯域幅が数 10kHz～数 100kHz 程度で済み、現行の周波数の範囲のままであっても将来的な需要等を満たすには十分であると考えられる。なお、占有周波数帯域幅に比べて指定周波数帯幅が広いのは、装置の簡略化・低価格化のために周波数変動の大きい自励発振器を開発当初から採用しているためである。現在においては、水晶制御のシンセサイザによって安定化を図るとともに、簡単に周波数を変更できる構成とすることが容易と考えられる。

移動体識別装置は 1 つの装置で 2 ないし 3 チャンネルを使用するので、一般には空間分割で運用されてきた。移動体識別装置の性格上近接して配置されることも多く、空間分割が困難な場合は指定された周波数帯域幅のなかで中心周波数を変更させるといった変則的な周波数分割方式を併用して対応してきた。しかし、装置ごとに中心周波数が固定されているため、即応性にかけるという問題点があった。それを解決するためには、使用周波数帯を固定的にチャンネル分割せずに、システムごとに自由に分割できるようにすることが望ましい。その際、あらかじめチャンネルセパレーションを指定する方法も考えられるが、移動体識別装置の伝送速度や占有周波数帯幅はシステムによって異なるので、一律に規定するのは困難である。

したがって、移動体識別装置の周波数範囲は 2,427～2,470.75MHz とし、その

中で任意の2ないし3チャンネルを使用できることとすることが適当と考えられる。

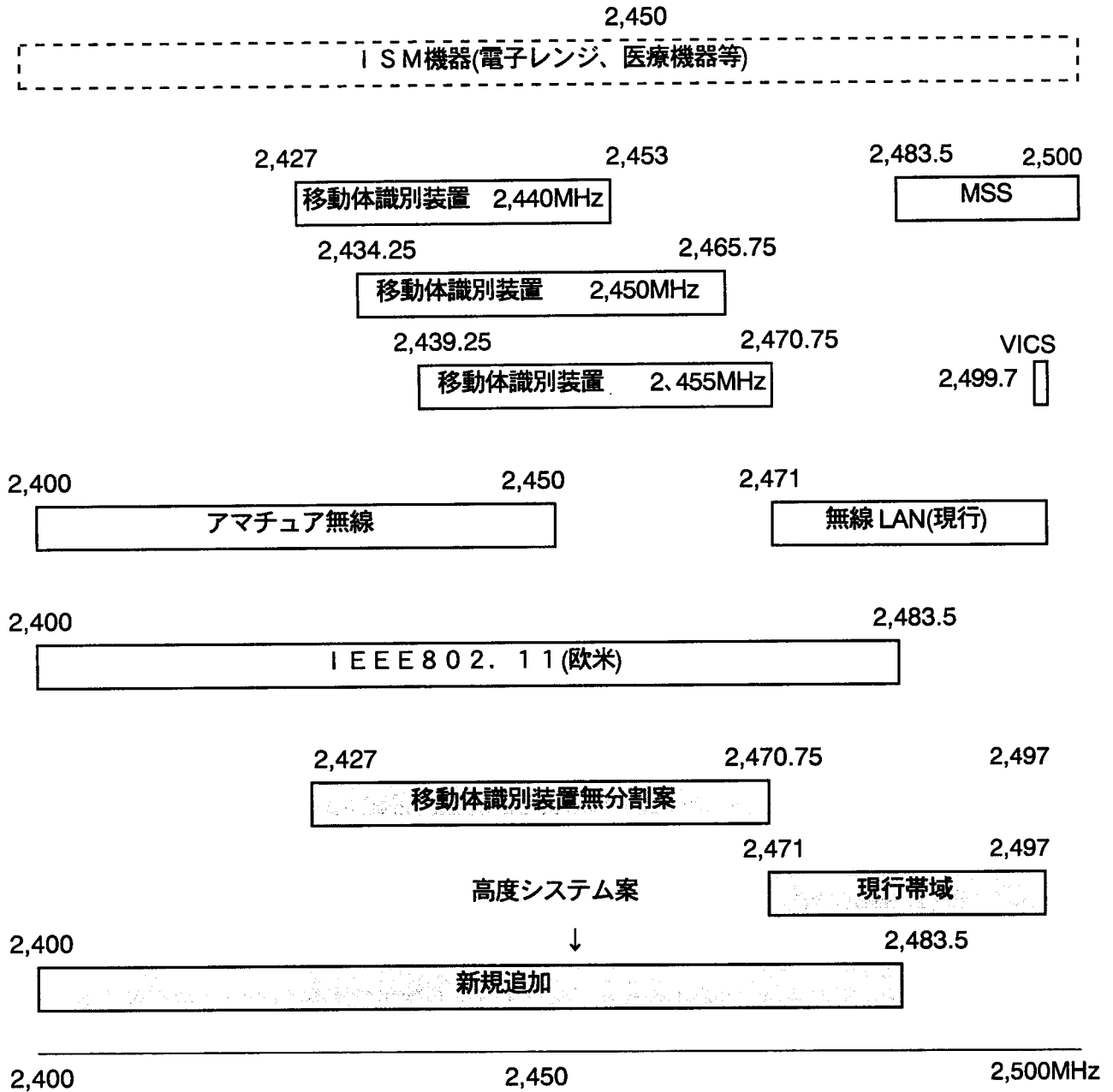


図 4.2 周波数配置 (案)

4.3 高度システムの変調方式

電子レンジなどの ISM 機器が存在する 2.4GHz 帯において、数 10m 程度の通信エリアで無線 LAN あるいは画像伝送などに必要な通信品質を確保するためには SS 方式の採用が望ましいと思われる。一方で、マルチキャリア方式のように SS 信号と同様に電力密度的に拡散されている変調方式が開発されており、ISM 帯でも必要十

分な通信品質が得られる可能性がある。

また、2.4GHz 帯のニーズは必ずしも高速大容量で、長い通信距離のもののみが必要とされるとは限らない。そのような用途にまで構成が複雑で消費電力の大きい SS 変調方式に限定するのは、周波数有効利用の面等からも好ましくない。

そのため、高度システムの変調方式は原則として SS 方式とし拡散率の下限を定めるものとするのが適当である。ただし、10mW 以下という限定された空中線電力内においては、変調方式の規制を緩和し、より簡略なシングルキャリアによるデジタル変調方式を採用できるようにすることが適当と考えられる。

4.4 高度システムのチャンネル分割

現行規格では、26MHz 幅の周波数帯域を割り当てられ、かつチャンネルという規定がない。そのため、実際の製品の多くは、全体域を 1 チャンネルとして使っているが、なかには適当に分割して多チャンネルで使っているものもある。伝送速度が 2Mbps の場合は、26MHz の全帯域を占有してしまうため、チャンネルを設定することが困難であった。

ここで、2,400MHz～2,483.5MHz の高度システムのチャンネル分割方法案とその適否を検討した。以下の理由により、チャンネルを規定しないことが望ましい。

なお、詳細を参考資料 11 に示す。

- ① 多様な変調方式、伝送速度を可能にするには、チャンネルセパレーションを規定しない方が良い。
- ② チャンネルセパレーションを規定しない場合、漏洩電力が規定できない等の理由により、チャンネル設定の必要性がなくなる。
- ③ チャンネルを規定する場合、20Mbps 以上の超高速伝送が実現困難になる。
- ④ 国際的な標準化の動向があり、製品の多数は、それに従った設計となることが期待でき、特段の支障は生じないものと考えられる。
- ⑤ FH 方式やチャープ方式は中心周波数の概念にそぐわない。

チャンネル設定に関する比較検討結果を表 4.2 に示す。

表 4.2 チャンネル設定の得失

	チャンネル設定あり	チャンネル設定なし
周波数利用効率	・占有周波数帯幅を統一すれば効率的な周波数配置が可能。	チャンネル設定した方が効率的。 ・キャリアセンスが困難。
全帯域使用可否	・対応不可	・対応可
既存機器との整合	・既存機器はメーカー独自で設定してきたのでチャンネルセパレーションを100kHz以下にする必要あり。	・現行どおり
海外規格との整合	・チャンネルセパレーション1MHzであれば整合性あり。	・必要であれば海外規格に合わせればよい。
実現性	・伝送速度や変調方式の統一が困難なので、実効性を期待できない	・現行どおり

4.5 空中線電力等

4.5.1 高度システムの空中線電力

SS 変調方式の高度システムの空中線電力は、現行システムと同様に電力密度で規定する必要がある。FH 方式のように周波数が時間的に変化するものに対しては、時間的平均化した場合の空中線電力密度で規定することが望ましい。共用モデルによる検討の結果、空中線電力密度が 10mW/MHz であれば、他の無線局に対し適当な距離を置き、かつ、混信防止機能を有することによって有害な干渉を与えることなく周波数共用が可能である。

(1) FH-SS 変調方式の場合

FH-SS 変調方式は、周波数を時分割して広帯域に拡散させる SS 方式であることから、特定の短時間に着目した場合のピーク電力が周波数を共用する移動体識別に対し干渉を与えないよう、その制限値に配慮することが必要である。

従って、2.4GHz 帯高度小電力データ通信システムの場合、移動体識別システムと周波数を共用しないものについては、従来どおり、10mW/MHz 以下、周波数を共用する場合においては、3mW/MHz 以下を制限値とすることが適当である。

(2) DS-SS 変調方式の場合

DS-SS 変調方式は、周波数軸上で広帯域にエネルギーを拡散させる方式であることから、移動体識別システムと周波数共用した場合でも、同システムに干渉を与える可能性は低い。このため、移動体識別システムと周波数を共用するか否かに関わらず、制限値は従来どおり 10mW/MHz 以下とすることが適当である。

(3) SS 変調方式以外の狭帯域変調の場合

従来のシステムと同様、通常の空中線電力で 10mW 以下と規定することが適当である。

4.5.2 占有周波数帯幅

(1) FH-SS 変調方式の場合

FH-SS 変調方式の占有周波数帯幅については、諸外国で検討されているシステムとのハーモナイゼーションの観点から、最大 83.5MHz とすることが適当である。広い占有周波数帯幅を利用することによって、高速大容量伝送に対応することができ、拡散率を上げることによって高信頼性によるデータ通信が可能となる。

なお、空中線電力が 3mW/MHz 以下に制限されること、及び短時間にホッピングしながら時分割によりごく狭い周波数を使用するシステムであることから、1システムで 83.5MHz を占有しても周波数利用効率の低下は押さえられるものと考えられる。

(2) DS-SS 変調方式及びその他の変調方式の場合

DS-SS 変調方式等の占有周波数帯幅については、83.5MHz までの広帯域システムを認めることにより、20Mbps 以上の高速データ通信をサポートするよう措置することも考えられるが、①周波数利用効率の低下の可能性のある広帯域システムの実現ニーズよりも、従来程度の帯域幅で複数チャネルを設定しサービスエリアを面的に拡張させるニーズの方が大きいこと、②20 数 Mbps 以上の伝送速度については、5GHz 帯広帯域移動アクセスシステムにおいて実現される予定であること③現行の占有周波数帯幅でも 10 数 Mbps 程度の伝送速度で通信することは可能であり、想定トラフィック量や動画像伝送等の高速伝送へ対応が可能であることから、現行システム同様、最大 26MHz とすることが適当である。

4.5.3 電波防護指針

周波数範囲を 2,400~2,483.5MHz まで拡張した場合、電力密度を 10mW/MHz 以下とした場合においても総電力は最大約 260mWになる。電波防護指針として、電波法施行規則第 21 条の 3 (表 4.3 参照)において、電界強度・磁界強度・電力束密度が規定されている。空中線電力 $P_t=0.26W$ 、空中線利得 $G=2.14dB$ (約 1.6 倍) とすると、距離 $D=1m$ の地点の電力束密度は

$$\begin{aligned} \text{電力束密度} &= P_t \times G / (4 \pi \times D^2) \\ &= 0.26 \times 1.6 / (4 \pi \times 1) \\ &= 0.033 [W/m^2] = 0.0033 [mW/m^2] \end{aligned}$$

となる。無線 LAN はパソコンなどに装着され、通常、人体から 30cm 以上の距離で使用されるため、30cm の地点の電力束密度を計算すると、

$$\begin{aligned} \text{電力束密度}(30\text{cm}) &= 0.26 \times 1.6 / (4 \pi \times 0.09) \\ &= 0.37 [W/m^2] = 0.037 [mW/cm^2] \end{aligned}$$

となる。この値は防護指針の $1mW/cm^2$ 以下であるので、総電力 260mW は問題ないものと考えられる。

表 4.3 電波防護指針 (抜粋)

周波数	電界強度	磁界強度	電力束密度	平均時間
1.5GHz を越え 300GHz 以下	61.4 V/m	0.163 A/m	1 mW/cm ²	6 分

注 表では電界強度・磁界強度・電力束密度の数値がそれぞれ規定されているが、真空中(または空気中)の電波伝搬であれば電波インピーダンスは $120\pi[\Omega]$ であるので、各数値の意味は同一であると考えられる。

4.6 高度システムの拡散率の緩和

4.6.1 拡散率緩和の比較検討

SS 変調方式の利点は通信品質の面で干渉波・ノイズに強く、マルチパスフェージングに強いということである。さらに、拡散/逆拡散を簡略化できれば、変復調器の規模や消費電力を低減することができ、送信機終段も非直線増幅器が使用できるので消費電力が少なくてすむ。そのため、広帯域のもの等に比べ、安価にシステムを構築し、かつ、より高速伝送を可能とすることができることから、大幅な利用の増加が見込まれる。

低拡散率 SS 方式の用途としては、次のようなものがある。

- ア 移動体識別装置 アクティブ方式
- イ 画像伝送 光ファイバ幹線のアクセス回線

災害現場、危険地帯の監視

工事現場、工事機器の監視

ウ 高速伝送 高速テレメータシステム、研究・実験用システム

エ 位置検知 ローカル的な位置検知システム、自然河川流量観測用無線浮子

また、必要最小限の周波数帯域と空中線電力を使用することによって無線システム設置密度を増加させることができ、周波数の有効利用を図れることになる。

したがって、低拡散率のメリット及び国際的動向を勘案し、高度システムのSS拡散率は、現行システムの「10以上」から「5以上」に緩和することが望ましい。

ただし、低拡散率SS方式(狭帯域変調を含む)システムの利用者は、ISM機器や他のSS無線局からの干渉を受けやすいことをあらかじめ考慮してシステムを構築する必要がある。

4.6.2 低拡散率SS方式等から移動体識別装置への干渉

移動体識別装置との干渉距離の計算においては小電力データ通信システムのモデル(モデル1～5)を想定して計算したが、いずれも干渉電力は1MHz幅に均等に分布するものとしてきた。低拡散率SS変調方式(狭帯域変調を含む)の場合はより狭い範囲に電力が集中することがあり、移動体識別装置のように等価受信帯域幅が狭いシステムへの干渉条件が異なってくる。たとえば、等価受信帯域幅が32kHzとした場合、1MHzあたりの空中線電力は同じ10mWであっても、1MHz幅に均等に分布した場合と32kHz以内に集中した場合を比べると、干渉電力は集中した方が約15dB($=10 \times \log(32\text{kHz} / 1\text{MHz})$)大きくなる。しかし、FH方式のような周波数が時間的に変化するSS変調方式においては、1MHz幅に均等に分布した10mWの場合より干渉電力が大きくなる。たとえば、モデル3のように拡散帯域幅を26MHzとしたときは、均等に分布したときに比べて干渉電力が約14dB($=10 \times \log 26$)大きくなる。この数値はほぼ同等であり、低拡散率SS変調方式(狭帯域変調を含む)を許容したからといってFH方式に対し干渉条件が悪化することはない。

FH方式の干渉確率は時間的なもので連続する干渉にならないが、必ずある割合で干渉を起こす。一方、低拡散率SS変調方式(狭帯域変調を含む)は周波数が合致してしまうと連続的な干渉になってしまうが、合致しなければまったく干渉にならないので、適当にチャンネルを設定すれば多数の利用者が同一周波数帯を利

用できる。時間的確率と周波数合致確率を同列に比較するのは困難だが、少なくとも干渉条件によって低拡散率 SS 変調方式(狭帯域変調を含む)を除外する理由はないと考えるのが妥当である。

4.7 高度システムのスプリアス発射の強度の許容値

小電力データ通信システムの周波数帯においては、使用周波数帯域内スプリアスを規定していなかったが、拡張予定の周波数帯に移動体識別装置が含まれるので、使用周波数帯域内スプリアスを規定しないと有効な周波数共用が困難である。占有周波数帯幅やチャンネルセパレーションが固定であれば、隣接チャンネル漏洩電力として帯域内スプリアスを規制できるが、変調方式や変調速度が固定されていない小電力データ通信システムの周波数帯では、使用周波数帯域内スプリアスの規制数値を一律に決定できない。そこで、変調速度(シンボルレート)から帯域内スプリアス規定する方法を検討する。詳細は、参考資料に示す。

4.7.1 基本的考え方

- (1) 帯域外スプリアスは、現行小電力データ通信システムと同様の技術的条件を強制規格として規定することが望ましい。
- (2) 周波数の有効利用及び移動体識別装置への干渉軽減を図るため、帯域内スプリアスに関する技術的条件を民間規格として規定し、かつ、帯域外スプリアスの許容値と連続性を有することが望ましい。

4.7.2 帯域内スプリアスに関する民間規格

(1) スペクトルマスク

帯域内スプリアスについては、図 4.3 に示すように、2,400MHz 以上 f_L 以下及び f_U 以上 2,483.5MHz 以下(スペクトルマスク外)の周波数帯におけるスプリアス発射強度の許容値は、 $25\mu W$ とする事が望ましい。ここで、

f_0 : 当該電波の中心周波数

R_s : 変調速度

FH方式以外の場合

$$f_U : f_0 + (R_s \times 1.2)$$

$$f_L : f_0 - (R_s \times 1.2)$$

FHの場合

$$f_U: \text{最高チャネル周波数} + (R_s \times 2 \times 1.2)$$

$$f_L: \text{最低チャネル周波数} - (R_s \times 2 \times 1.2)$$

R_s は変調速度(sps)に等しい周波数として計算する

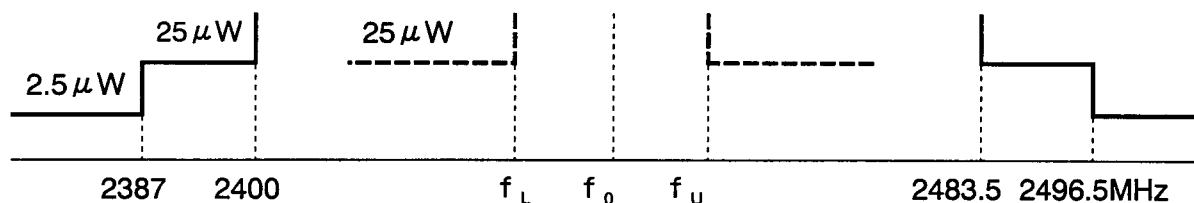


図 4.3 スペクトラムマスク

(2) 25 μW の適否

無線設備規則第7条第14項で小電力データ通信システムのスプリアス発射の強度の許容値は給電線に供給される周波数毎の平均電力が、2,457MHz未満及び2,510MHzを超える周波数帯においては、2.5 μW以下、2,458MHz以上2,471MHz未満及び2,497MHzを超え2,510MHz以下の周波数帯においては、25 μW以下としている。この帯域外スプリアス許容値との整合を図ることが望ましい。当該周波数帯はISMバンドであり、一般規則の100 μWを採用する方法も考えられるが、中心周波数が周波数帯の端に位置したときに矛盾を生じるので、25 μWが妥当と考える。

4.8 高度システムのその他の無線諸元

4.8.1 S S方式の拡散帯域幅

現行システムにおいては、現在拡散帯域幅500kHz以上と規定されており、高度システムの拡散帯域幅も同様とすることが適当と考えられる。

4.8.2 FH方式における特定周波数での滞留時間

FH方式の場合は平均電力の瞬間最大値が大きくなるので、ホッピングレートが遅くなると特定の周波数に長時間滞留してしまい、他の無線局に干渉を与えるおそれがある。そのため、同一周波数への滞留時間を制限する必要がある。干渉の面からはできるだけ滞留時間が短い方が望ましいが、極端に短くするのは技術的に困難であるし、ホッピングパターンの同期に必要な時間の割合が多くなるので周波数利用効率が落ちる。そのため、国際的な技術動向も踏まえ新たに滞留時間を0.4秒以下と規定することが適当と考えられる。

4.9 今後の検討課題

(1) OFDM 方式の検討

現在、5GHz 帯広帯域移動アクセスシステムや地上デジタルテレビジョン放送方式において導入が検討されている OFDM(Orthogonal Frequency Division MultiPlex)方式については、高度小電力データ通信システムにおける導入の要望の動向を踏まえつつ、今後検討することが適当である。

(2) 狭帯域変調方式等の空中線電力の規定方法

一定の通話品質を確保し、かつ、より高速通信を可能としたいというニーズに対応するため、狭帯域変調方式あるいは拡散率の低いSS変調方式においても密度電力による空中線電力の規定が可能かどうかについて、周波数利用効率を踏まえつつ、今後検討することが適当である。

V 審議結果

無線LANシステムの技術的条件のうち、準マイクロ波帯を使用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件について検討を行い、別添のとおり答申をまとめた。

電 気 通 信 技 術 審 議 会
無線LANシステム委員会 構成員

氏 名	所 属	
清水 康敬	東京工業大学 大学院社会理工学研究科長	[委員長]
秋山 正樹	松下通信工業(株) 専務取締役	
飯田 徳雄	(社)電信電話技術委員会 専務理事	~H10.12
堀崎 修宏	(社)電信電話技術委員会 専務理事	H10.12~
伊藤 泰彦	国際電信電話(株) 事業開発本部移動通信事業部審査役	
奥原 弘夫	(株)東芝 取締役情報通信・制御システム事業本部本部長	
加藤 孝雄	(株)日立製作所 取締役情報通信事業部長	
倉本 實	NTT 移動通信網(株) 常務取締役研究開発部長	~H10.12
酒匂 一成	NTT 移動通信網(株) 取締役設備企画部長	H10.12~
久留 勇	日本エコー(株) 代表取締役社長	
田中 和則	日本電信電話(株) 技術開発支援センタ担当部長	
田中 好男	(財)電気通信端末機器審査協会 専務理事	
トマス P.ロガン	米国電子協会 日本担当部長兼日本事務所長	
長谷川 徹	(財)テレコムエンジニアリングセンター 専務理事	
ハトリック キヨル	欧州E'ジ'ネ協会 通信・情報処理ア'パ'イ'	
馬場 征彦	日本電気(株) 常務取締役交換移動通信事業本部長	
林 豊	通信機械工業会 専務理事	
原 昌三	(社)日本アマチ17無線連盟	
宮原 英明	(社)電気通信事業者協会 専務理事	
森寺 章夫	富士通(株) 取締役移動通信・ワイヤレス事業本部長	
若尾 正義	(社)電波産業会 常務理事	
事務局	郵政省電気通信局電波部移動通信課	

別表2

電気通信技術審議会無線LANシステム委員会
無線LANシステム・小電力無線設備合同分科会 構成員

氏名	所属	
内田 國昭	(社)電波産業会 研究開発本部次長	[主任]
相原 重信	通信機械工業会 第二技術部長	~H11.2
吉村 裕光	通信機械工業会 サービス部	H11.2~
アインソフト	グローバルスタージャパン(株) 日本代表	~H10.12
鈴木 一夫	グローバルスタージャパン(株) アドバイザ	H10.12~
青木 直孝	日本アイ・ビー・エム(株) ES事業E-ビル&ネットワーク製品部長	
伊藤 泰宏	日本放送協会 技術局開発センター	
今久 喜寿	(株)東芝 コンピュータネットワークプロダクト事業部参事	
岩沢 修	国際電気(株) 仙台研究所所長	
小田 尚	日本無線(株) システム機器事業部技術第3部	
岡坂 定篤	(株)日立製作所 情報通信事業部	
北村 良之	アソック(株) 産業機械事業部第2開発部課長	
久保 泰章	日本テレビ放送網(株) 技術局技術部送信担当副部長	
栗原 猛	(財)電気通信端末機器審査協会 企画調査部	
小松原 道正	ソニー(株) メディアプロセッシング研究所通信ラトリー	
児山 淳弥	三菱電機(株) 通信システム開発センター	
篠永 英之	KDD(株) 技術企画部研究グループリーダー	
高橋 恒雄	インテル(株) コンシューマプラットフォーム開発本部本部長	
高橋 正雄	松下通信工業(株) コミュニケーションシステム事業部	
玉眞 博義	(社)日本アマチュア無線連盟 業務部業務課	
徳田 清仁	沖電気工業(株) 社会基盤システム事業部高速無線ネット開発チーム 担当部長	
内藤 秀之	郵政省通信総合研究所 標準計測部測定技術課長	
野田 弘志	(財)テレコムエンジニアリングセンター 第二証明部部長	
橋本 明	NTT 移動通信網(株) 無線リンク開発部長	
本田 正徳	富士通(株) 移動通信ワイヤレス事業本部・ワイヤレスシステム事業部	
元吉 茂	(社)電信電話技術委員会 第三技術部	
守倉 正博	日本電信電話(株) ワイヤレスシステム研究所ワイヤレスマルチメディア研究部 主幹研究員	
山本 雅男	クリオ(株) 情報通信技術部	
横田 知治	昭和電線電纜(株) ネットワークシステム開発室	
若山 郁夫	日本電気株 LAN 事業部専任部長	
事務局	郵政省電気通信局電波部移動通信課	

参 考 资 料

参考資料目次

参考資料 1	HomeRFとBluetooth の概要	7 1
参考資料 2	現状の移動体識別装置の仕様	7 2
参考資料 3	IEEE802.11/TGbの状況	7 3
参考資料 4	ISO/IECJTC/SC31/WG4(RFID) について RFID国際標準化分科会 (SC31) の審議概要	7 5
参考資料 5	小電力無線局の高度化に対するアンケート等	7 8
参考資料 6	周波数の共用化とシステム共存条件	8 7
参考資料 7	干渉実験に係る検討	1 1 9
参考資料 8	周波数共用に係る検討	1 3 8
参考資料 9	周波数の利用方法	1 4 5
参考資料 1 0	適応周波数割当制御方式 (PDCA:Packet Dynamic Channel Allocation)	1 5 2
参考資料 1 1	高度小電力データ通信システム (仮称) の チャンネルの検討	1 5 4

HomeRF と Bluetooth の概要

表 HomeRF と Bluetooth の概要

	HomeRF/SWAP*	Bluetooth
目的	家庭、オフィス内無線 LAN	PC・周辺機器（携帯電話など）間の無線接続
サービスエリア	30m 程度	10m 程度
ネットワーク構成	Infrastructure Network	Ad Hoc Network が基本
サービス内容	音声+データ	音声 or データ
プロトコル	IEEE 802.11 + DECT*	独自
音声符号化	ADPCM* 32kbps	CVSD*または Log PCM* 64kbps
誤り訂正	音声：再送 データ：上位層の ARQ*	音声：FEC* データ：FEC+上位層の ARQ
FH 速度	50 hop/s	1600 hop/s
発表	3'98 末 米国	5/20'98 英国

*SWAP: Shared Wireless Access Protocol

*CVSD: Continuous Variable Slope Delta modulation

*DECT: Digital Enhanced Cordless Telephone

*PCM: Pulse Code Modulation

*ADPCM: Adaptive Differential Pulse Code Modulation

*FEC: Forward Error Correction

*ARQ: Automatic Repeat reQuest

表 現状の移動体識別装置の仕様

メーカー	特徴	無線局種別			チャネル		占有周波数帯幅	送信出力	アンテナ		送信時間	サービスマ	伝送速度	
		構内	特小	2440	2450	2455			ch数	利得				半値角	偏波
A社	リードオンリー	○		ONON		2455	約2MHz	15mW	3~12dBi	60~30度	円偏波	○	5m	38.4kbps
	リードライト	○			OA1D		約2MHz	15mW	3~12dBi	60~30度	円偏波	○	5m	9.6kbps
	リードライト	○			OA1D		約1MHz	10mW	12dBi	30度	円偏波	○	5m	38.4kbps
B社	リードライト	○			OA1D		±200KHz	0.3/2.2/80 mW	3.5dBi	±45° ±60°	円偏波		0.1/0.5/2 m	38.4kbps
	リードライト	○			OA1D		5ch程度 未実施	10mW	3dB	±60°	円偏波	◎	2m	31.25kbps
C社	リードライト	○			OA1D			200mW	11dB	±45°	円偏波	◎	10m	31.25kbps
	携帯機器 リードライト		○	ONON起動用		OA1D通信用								
D社	携帯機器 リードライト		○	ONON起動用		OA1D通信用	300KHz	10mW:A1D 6mW:NON	5.8dBi:A1D 3.9dBi:NON	60°	円偏波	○	3m	31.25kbps
	電池無しタグ リードライト		○	ONONパワ用		OA1D信号用	5MHzゼバ 3ch	300mW	14dBi	27°	円偏波	◎	0.7m	28.8kbps
F社	リードライト		○			OA1D	±300KHz	2mW	12dBi	37°	垂直・水平	○	0.5m 2m	10kbps
	国産 リードライト		○		OA1D		300KHz	10mW	8dBi	60°	円偏波	○	4m	16kbps
G社	輸入品 リードライト		○		OA1D		1MHz	10mW	4dBi		円偏波	○	2m	16kbps
			○		OA1D			3mW	11dBi		円偏波	○	2m	276kbps
			○		OA1D			7mW	4dBi		円偏波	○	1m	3kbps
			○		OA1Dリード用		OA1Dライト用	3mW:リード 1mW:ライト	11dBi		水平:リード 垂直:ライト	○	2m	3kbps
		○		OA1Dリード用		OA1Dライト用	3mW:リード 1mW:ライト	14dBi		水平:リード 垂直:ライト	○	5m	3kbps	

干渉事例
 移動体識別装置同士
 マイクロ波乾燥機
 マイクロ波医療機
 電子レンジ(1~2m離せば問題無い)

干渉時の解決策
 アンテナの設置位置を変更
 連続送信を間欠に変更した
 電波吸収体を設けた
 干渉問題で導入を断念した事例はない

IEEE802.11/TGb の状況

IEEE 802.11 の概要

IEEE 802.11 は、北米における LAN/MAN の地域標準化団体である IEEE 802 内の無線 LAN の標準化を目的とするワーキンググループとして、1990 年に設立された。IEEE 802.11 は、無線 LAN に適した MAC 層と PHY 層の標準化作業を中心とした活動を行い、MAC 層として CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)をベースとしたアクセス方式、PHY 層として 1/2Mbps を実現する 2.4GHz 帯の FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)、DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)方式及び赤外線の高周波数拡散方式を標準化し、IEEE Std 802.11-1997 標準として策定した。この標準は、1997 年に ISO において、国際標準 (ISO/IEC DIS 8802-11) として認められた。さらに、IEEE 802.11 は、今後の新しい高速データサービスへの対応、広範な無線 LAN の普及を目指し、より高速な PHY 層の標準化作業を開始した。この標準化作業を推進するため、IEEE 802.11 は、1997 年に 2 つのタスクグループ(タスクグループ A(TGa)、タスクグループ B(TGb))を設けた。これらのタスクグループは、

- ・ TGa:5GHz 帯で 20Mbps 程度の伝送速度を実現する PHY
- ・ TGb:2.4GHz 帯において、FHSS では 3Mbps 以上、DSSS では 8Mbps 以上の伝送速度を実現する PHY

をターゲットとし、IEEE 802 のコンセプトである”同一 MAC/複数 PHY”に従い、IEEE 802.11 で定めた MAC に適した新しい PHY の標準化作業を進めている。

図 1 に、TGb のこれまでの活動内容及びスケジュールを示す。1997 年 11 月～1998 年 1 月に日・米・欧を中心とした企業から 2.4GHz 帯の高速無線 LAN 用基本変調方式として、7 方式が提案された。これらの提案について、

- ・ 雑音やマルチパスフェージングに対する耐性
- ・ 無線 LAN の広い普及にも耐えられるシステムキャパシティの実現性
- ・ 現状の ISO/IEC DIS 8802-11 標準準拠システムとの互換性・共存性
- ・ コスト、実装等、無線機器の実現性

を中心とした観点から、共通の評価基準に基づいたシミュレーション等による比較検討を行い、1998 年 7 月に CCK(Complementary Code Keying)*方式が基本変調方式として定められ、同年 9 月には CCK 方式に基づいた最初の標準化文書案(draft 1.0)が策定された。その主要パラメータを表 1 にまとめる。今後、TGb の活動スケジュールは、図 1 に示すように、1999 年 3 月の IEEE 802.11 での承認、2000 年 3 月の IEEE

802 の承認に向けた作業が行われる。

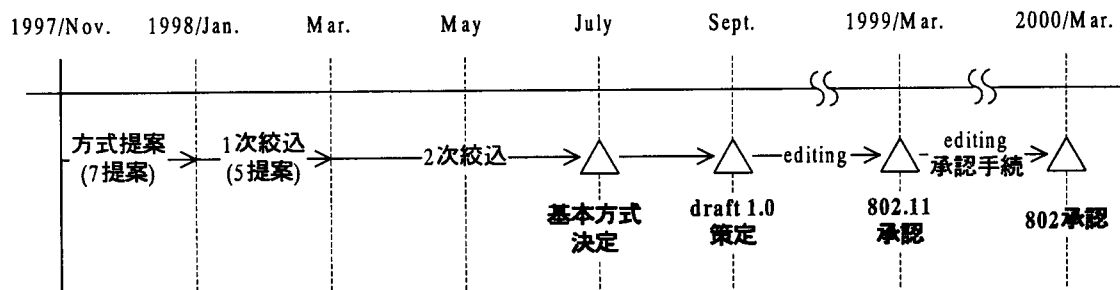


図 1 TGb の標準化スケジュール

表 1 現状の TGb 方式の主要パラメータ

変調方式	CCK (Complementary Code Keying)
チップ変調方式	QPSK/11Mchip/sec
チップシンボル数/CCK シンボル	8
サポートする伝送速度	11Mbps, 5.5Mbps, 2Mbps, 1Mbps
帯域幅(FCC)	83.5MHz(2400-2483.5MHz)
チャンネル数	3 チャンネル(5MHz セパレーションのうちの同時使用可能数)

* : CCK (Complimentary Code Keying)

CCKでは、高いBit-rateを得るため固定の拡散符号ではなく、複数の拡散符号を用いて周波数拡散を行っている。従来考えられていた直接拡散方式同様、拡散符号により周波数拡散させた信号を、受信時には逆拡散の処理利得によって特定周波数からの干渉を効果的に排除するという基本動作を行っている。このため、CCK方式も直接拡散方式の一方式と考えられる。

ISO/IEC JTC1/SC31/WG4(RFID)について RFID 国際標準化分科会(SC31)の審議概要

1. はじめに

SC31/WG4への取り組みは、その審議内容が日本にとって利用の歴史やその技術的分野におけるレベルが高いこともあって、日本からも積極的に参画してきている。

RFIDは日本ではデータキャリア(*1)と呼ばれ、国内では(社)日本電子工業振興協会(JEIDA)、エーアイエムジャパンのRFID部会で10年ほど前から関連諸活動がなされており、今回の国内取り組みは、この部会活動との共同の作業として日本の対応及び審議がなされてきている。

以下、ISO会議の開催経過及び日本の対応について述べる。

*1：JIS X0500 用語

2. 会議の開催経過

1998年1月のISO/IEC JTC1 リオデジャネイロ総会でSC31の中に新規にワーキンググループ4(WG4)の設置についての活動と作業エリアの発表がされ、6月にJTC1の正式承認を得る。

従って正式会議としては1998年、平成10年8月26-27日の両日開催された東京会議がSC31/WG4の正式、第一回会議となる。

それ以前では過去3回のアドホック会議がWG4の設置と正式会議へのアプローチとして開催されている。

Adhoc-1. コペンハーゲン会議	(1997. 09)
Adhoc-2. ロンドン会議	(1997. 12)
Adhoc-3. オスロ会議	(1998. 07)
第1回 東京会議	(1998. 08)

3. 日本の対応

3.1 コペンハーゲン会議 (Adhoc-第1回)

日本提案としては、まず標準化の全体構造を示唆することを目的とし、これらの理解として既に他の応用分野でのRFIDの存在を認めた上でSC31(ADC)に於けるRFIDの理解を示した上で、〈物用〉のRFIDと位置づけた。

具体的には、SC31(RFID)のシンタックス等のコモンアイテムは、これまでのバーコード、2次元コード等で決まっているコードを継承し、RFインター

フェースはSC17、TC204等で決まっている規格が流用できるところは、これを尊重し流用する。

標準化構造として3レイヤー構造（コモンアイテム層、RFインターフェース層、アプリケーション層）を提案、広く支持を得ることができた。

尚、この構造案はこの会議に先立ち、同年6月、AIM/EU（ヨーロッパ）のRFID関係者の会合がロンドンで開催され、AIM Japanから発表し、出席者の多数の賛同を得ている。

3.2 ロンドン会議（Adhoc-第2回）

・ アプリケーションの紹介

日本における最近のスマートカードとRFIDのアプリケーションについて紹介をした。

RFIDによる実際のアプリケーションの大きなポテンシャルを示したが、実際にこの利便性を獲得するためには、世界的な規格が必要であることを強調した。

またRFIDの通信に使用する周波数としては、日本のメーカーに中波帯の400-500kHzを使用し製品化している事例があり、下記周波数のうち5.8GHzの代わりにこの中波を提案したが、欧州では船舶用に使用している国があり、標準化の周波数としないこととした。

RFIDの標準化の使用周波数としては国際的に使用が認められている4周波数を決定した。

- | | |
|-------------|-------------|
| 1) 135kHz以下 | 2) 13.56MHz |
| 3) 2.45GHz | 4) 5.8GHz |

である。

3.3 オスロ会議（Adhoc-第3回）

日本からは特別の提案事項はなかったが、RFID機器の標準仕様の審議については、具体的な適用事例が必要との判断が示され、同時開催のSC31/WG2とのリエゾン会合も持たれ、東京会議への課題とされた。

過去3回のアドホック会議を経て議題は第1回東京会議へ引き継がれた。

3.4 東京会議（第1回）

記念すべき第1回会議が東京で開催されたこともあって、日本からは総勢21名の出席者となった。また提案と日本のRFID現状紹介を含め下記4テーマのプレゼ

ンテーションを日本から行った。

1) Present situation of RFID in Japan

「日本に於けるRFIDの現状」と題して、以下の3項目について説明を行った。

- ① ISO/IEC JTC1/SC31/WG4活動への取り組みを説明。
また活動主体としてADC及びADC/WG4委員会の構成企業についても説明。
- ② RFIDアプリケーションの方向性としてカード型とタグ型について説明。
- ③ 日本に於ける関連法規制として、電波法とRFIDの運用周波数及び出力規制また人体曝露指針について欧米規制と日本の現状比較について説明。

2) Proposal for RFID Application in Supply Chain Model

サプライチェーンモデルにおけるRFID応用事例の提案
本提案内要については、2章で詳述されているので省略する

3) RFID Market and Applications in Japan

日本に於けるRFID市場と応用事例
本提案内要については、4章で詳述されているので省略する。

4) Necessity of RFID Measurement Standardization

「RFIDの性能評価測定法にかんする国際標準化の必要性」と題して、SC31/WG4への追加作業アイテムの位置づけとして日本提案を行う。

4. むすび

標準化の最終目標は、国際並びに国内の異なったメーカーで製造されたRFID機器が相互に一定の性能を有し、かつ互換性を持ち、もってユーザのRFIDシステムでの混在使用を可能にし、かつより信頼性の高い安全な機器の標準仕様を確立することである。

従って今後の提案への取り組みとしては、大規模アプリケーションはもとより、小さいながら数多くのRFID応用展開を計っている日本のRFID市場を背景に、

「Item Management」用RFIDの要求事項を十分に把握した上で、これらを標準化の基本条件として位置づけ、ユーザ側に立った標準仕様を提案していかねばならない。

また数多くのメーカーを有する日本ならではの技術面でも大きく寄与できると考える日本での審議は常にこれらの点に着眼し、今後の提案を展開していくつもりである。

小電力無線局の高度化に対するアンケート等

2.4GHz 帯の小電力無線局の高度化利用に関するアンケート結果を示す。アンケートは企業サイドからのシステムの高度化に対する意見を調査し、現実的なニーズを明確にすることを目的とする。

調査は、主として「高度化の提案」、「ニーズ」について行われた。

1 アンケート調査の方法

1.1 調査項目

「2.4GHz 帯システムのアプリケーションの高度化に対する要求条件」及び「システムに対する要求条件」について調査を行った。調査結果の概要を表 1 及び表 2 に示す。

表 1 : 2.4GHz 帯システムのアプリケーションの高度化に対する要求条件

表 2 : システムに対する要求条件

1.2 調査対象

(社)電波産業会の参加企業 25 社に対し調査を行ったところ 18 社から回答を得た。

1.3 アンケート結果の概要

また、利用ニーズについては、有線系 LAN の高速化に伴う「無線システムの高速化」や、最近の画像圧縮技術の導入による「画像情報の伝送」並びに音声、データ、画像などの「マルチメディア通信への利用」が望まれていることがわかった。

アンケートの結果、高度化利用に関しては、「無線 LAN の利用周波数帯域の拡大」が最も多く (46%)、続いて「制限事項の緩和」(32%)、「共用条件の見直し」(12%)の要望があった。

なお、高度化利用以外についてもいくつかの提案が出されていた。

2 システムに対する要求条件

2.1 無線システムの高速化

高速化の要求は有線系の通信速度の高速化に対応しより強くなっている。特にコンピュータの CPU 能力の高速化とコンテンツの大容量化が進むにつれて通信速度の高速化も非常に重要になっている。

現在では 2Mbps 程度が無線 LAN の実用化の主体であるが、11Mbps 程度の高速化の検討が進められている。

さらに、マルチメディア等に対応したより高速のシステム (例えば 25Mbps 以上) についても要求があり、対応が求められている。

2.2 画像情報の伝送

画像情報の利用は、FA の分野でのニーズが多く出されている。

(1) 建築用クレーン用モニタシステム

建築用クレーンの先端に取り付けると高層ビル、煙突、コンビナートのタンク等人命に危険のある高層建築物の状態確認ができる。

(2) 天井走行式マニピュレータ用モニタシステム

栽培プラントの天井走行式マニピュレータに取り付けると、植物の生育状態を確認して、テレコントロールで施肥、灌水、薬剤散布、出荷作業を行ったり、画像処理装置と組み合わせて自動化を行うこともできる。また、天井走行式マニピュレータほどの設備としなくても天井に電動ズームレンズ付きカメラを旋回台と一緒に取り付けることで植物の生育状態を事務所で確認することができるようになる。

(3) 自動搬送車用モニタシステム

自動搬送車は、その使用形態から無線化が必須であった。これまでは、テレコントロールなど制御信号だけを無線化していたが、画像伝送装置を取り付けることで、事務所にいながらにして自動搬送車の走行領域内を画像で確認できるようになる。この使い方ができると、これまで単に荷物の運搬だけに使われていた自動搬送車の機能が広がり、搬送後の荷物の確認や、生産ラインの稼働状況、機器の動作状況などを搬送の合間に画像で確認できる。いわば自動走行画像確認システムとなる。

(4) 特殊な場所で利用するモニタシステム

化学プラントなどで電氣的、機械的に問題は無いが人命に危険がある場所で、目視確認をしたいが現状ではそれができない場所、または建築中の物件や工事現場の視察等、有線で固定設置するほどではないが時々状況を画像で確認したい場所で用いるモニタシステムへの利用が期待できる。

2.3 マルチメディア通信への利用

マルチメディア通信としては在宅医療や防犯システムなどが挙げられる。家庭用のシステムとしては HomeRF において検討されている。

3 2.4GHz 帯システムのアプリケーションの高度化に対する要求条件

3.1 無線 LAN の利用周波数帯の拡大による周波数利用効率の拡大

近年のモバイル通信およびモバイルコンピューティングへのニーズは年々増加傾向にあり、特に WindowsCE など小型の端末に適した OS の開発と相まってノートブック型コンピュータの小型・軽量化への技術開発の結果ユーザーに広く受け入れられつつある。また、PDA などの小型の通信端末もペン入力や音声入力の機能向上により更に多くのユーザーが利用するものと考えられる。

また 2.4GHz 帯を用いるシステムとして、ベンダー独自のシステムだけでなく標準仕様に基づくシステム化が進められている。

その 1 つは ISO/IEC8802.11 である。このシステムは最大 2Mbps の情報伝送速度をもつシステムで有線系イーサネットとの互換性のあるシステムである。この国際的な標準化効果により相互接続性の向上と機器のコスト低下は更に利用者数を増加させるものと予想されている。

このシステムは 2.4GHz の ISM バンドを用いる無線システムである。ISM バンドの利用

可能帯域は各国で指定された帯域が異なるため全く同じチャンネル数を確保できるものではない。特に小電力データ通信システムにおいては 2Mbps(現在、IEEE802.11 においては 11 Mbps 程度の高速化を検討中。なお、10Mbps のシステムも一部実用化されているが)を超える高速の無線 LAN を構築する場合 DS 方式では 1 チャンネル分の帯域しか認められていないため、同一サービスエリア内でユーザー端末が増えた場合スループットの低下を招き非常に使い難いシステムとなる可能性がある。また、オフィスビル内で異なる企業がこの無線 LAN を導入した場合、アクセスポイントなどの無線局の設置の状況によっては隣り合った企業のシステムと干渉してお互いに通信を妨害する可能性も否定できない。もちろん家庭内で用いる場合にも同様の問題が発生する。一般家庭のユーザーの特性として直接的に電波の干渉を現象として理解することが難しいことを考えると、単一チャンネルしか利用できないシステムは普及の大きな妨げとなることは明白である。

無線 LAN がより高速化し、より多くのユーザーが利用することにより、まだ普及台数の少ない現時点ではあまり目立った障害とはなっていないチャンネル不足に伴うトラブルが増大するものと予想される。

このような問題を解決するには、複数チャンネルの設定等が可能なように、広帯域を利用できるようにすることが最も効果的であると考えられる。

このため複数のチャンネルが利用でき、ユーザーの増加を収容するための方策が強く望まれるところである。

ユーザ数の増加だけでなく無線通信のマルチメディア化による影響も考慮する必要がある。

家庭内無線システムとしてはマルチメディア通信の媒体として、2.4GHz 帯を利用しようとする動きがでてきている。現在 HomeRF/SWAP が標準仕様のまとめを行なっている。このシステムは音声とデータをサービスできるものである。

このシステムは動画伝送も視野に入れているが、第一段階としては、データおよび音声通信を目的とし、世界中で即時実現可能性を重視して、2.4GHz 帯の使用を決めている。

更にコンピュータの周辺機器においても無線化が進んでおり、Bluetooth がその 1 つである。このシステムは比較的近距離の無線通信を実現している。

HomeRF/SWAP と Bluetooth の概要

	HomeRF/SWAP	Bluetooth
目的	家庭、オフィス内無線 LAN	PC・周辺機器（携帯電話など）間の無線接続
サービスエリア	30m 程度	10m 程度
ネットワーク構成	Infrastructure Network	Ad Hoc Network が基本
サービス内容	音声+データ	音声 or データ
プロトコル	IEEE 802.11 + DECT	独自
音声符号化	ADPCM 32kbps	CVSD または LogPCM 64 kbps
誤り訂正	音声：再送 データ：上位層の ARQ	音声：FEC データ：FEC+上位層の ARQ
FH 速度	50 hop/s	1600 hop/s
発表	3'98 末 米国	5/20'98 英国

このようにデータだけでなく音声または画像を組み合わせたマルチメディア化が今後オフィス並びに家庭内の無線通信において急速に普及するであろうと予想される。

先に述べたが、このような広帯域通信が非常に接近した場所で使用されることが予想されるためチャンネル間の干渉を防止/軽減する方策として複数のチャンネルを利用できる周波数帯域を確保しておくことが必要と考える。

4 制限事項の緩和への要求

4.1 無線 LAN の SS 変調の制限の緩和について

この要求は短距離において高速伝送したい場合に狭帯域変調方式（例えば、シングルキャリア方式）や OFDM 等のマルチキャリア方式が選択できるためシステムに最適の方式が選定できるようになり、コストを含めた適切なシステムを提供することを目的としている。

ただし、一方では ISM バンドを使用する全てのシステムに対して SS 変調の制限をすべきとの意見もあり、複数のシステム間の周波数共用条件の検討の中で議論する必要がある。

4.2 拡散率の制限の緩和について

小電力データ通信システムにおいては、拡散率が 10 倍以上必要であると規定されている。この制限により今後新たな国際的な規格が現われた場合などに対応することができないことが予想される。特にデファクト標準に対しては国際標準よりもその制定速度が早く、しかしながらこれらに対応して国内の関係諸規定を変更することも困難であるため、この拡散率に関する制限を緩和することが望まれている。ただし、拡散率の制限をどの程度緩和できるかについては複数のシステム間の周波数共用条件の検討の中で議論する必要がある。

4.3 電気通信回線設備への接続緩和について

現行小電力データ通信システムにおいてはその用途を「主としてデータ信号の伝送のため

めの無線通信を行なうもの」との記述がある。コンピュータネットワークを考えると音声、画像、およびデータそれぞれの信号がデジタル化されている場合、いわゆるマルチメディアデータとして取り扱われるべきであるとの意見が多い。

具体的には先に紹介した HomeRF や Bluetooth のシステムがこれに該当する。勿論、これらの設備が誤接続防止機能を有することを証明したものに限り、許可されることを前提とすべきである。同じように移動体識別からも電気通信回線設備への接続要求があった。

5 共用条件の見直し

5.1 周波数割り当ての再検討

この提案は ISM バンドの全てを無線 LAN と移動体識別に解放する内容である。

例えば、

領域	優先区分
A 領域	小電力データ通信システム優先
B 領域	移動体識別優先
C 領域	小電力データ通信システム優先

のような 3 つの優先区分を設定して、運用する案が提案されている。

この提案は周波数の利用効率の拡大を目的としている。既存のシステムと新しいシステムの共存性のために変調方式などの変更も必要であると提案している。

5.2 ISM バンド全般の方式等の再構成

この提案は現行ある ISM バンドのシステムを現状のままでなく、抜本的に変更して最初から各種のシステムが共存できることを前提に規格を作り直すべきであるとの内容である。

例えば、10 年程度の猶予期間を設けて周波数の割り当てを見直す提案である。具体的な割り当てについては具体的に提案されていない。

他には ISM バンドを使用するシステムはこのバンドの持つ特殊性から全て電波干渉に強い SS 方式を採用すべきであるとの提案もあった。

これらの要望についてはいかに既存のシステムを保護するかについての配慮が必要であり、現在稼働中のシステムへの影響も大きいことが予想される。従って、これらの要望を優先もしくは前提とした検討を行うことは困難と思われる。

5.3 キャリアセンス条件の再検討

この提案は明確なセンス規定のない小電力データ通信システム間において、同じエリアにおいて共存することができない状態を想定した対策のための要望である。ISO/IEC8802.11 においてはキャリアセンスのしきい値が規定されておりこれらを参考にセンス規定を導入することを提案している。

ただし、この要求に対してはセンス規定を現行のとおり必須とすべきでないとの反対意見もある。

キャリアセンスが共存のための必須条件であるか、否かについては技術的にも実務的にも有効で且つ、効果のある基準が設定可能であるかについて第3章以降で検討する必要がある。

5.4 連続送信時間条件の再検討

この提案は上記キャリアセンスを必須条件とする場合に組み合わせて要求される内容である。現在、送信時間の制限がないため、キャリアセンスを必須とした場合、送信可能な状態を強制的に制限しておく必要がある。提案の中では3秒程度が出されているが、第3章以降の検討の中ではこの数値の妥当性についても検討する必要がある。

6 その他の要望

ここで記述する事項は2.4GHz帯の高度化利用に直接結びつくものではないが、例えばメーカーサイドからの検査検定手続きをより効率化できる等改善が希望される事項、および小電力無線局の定義に関する合理化への要望である。

6.1 小電力データ通信システムの技術的条件の緩和

ここでの提案は小電力データ通信システムの規定内容をより精選して合理的な内容にすることを目的としている。

まず、「技術基準を遵守することを主眼とする製造者責任」の考えを取り入れて例えば、周波数偏差、空中線電力の下限值などの品質に関する規定を削除しても電波障害に繋がることはないとの提案である。

次に、小電力データ通信システムでは拡散帯域幅の90%の占有帯域幅と規定されているが、一般に占有帯域幅の定義は、99%占有帯域幅で規定されているため、二重規格を避け統一すべきであるとの提案もある。

更にビット同期信号の条件については、使用する符号や通信制御ICによっては01の繰り返しが困難な場合があり条件の緩和が望まれている。

6.2 呼び出し名称の登録の緩和について

この要求は移動体識別から要望されている項目である。

移動体識別は、FA分野での応用から始まったが、92年に特定小電力移動体識別装置としての認可を受けて以来、駐車場管理、入退出管理、物流管理などの分野への利用が広まっており高周波デバイスの低廉化に伴いシステムコストの低下で、市場は毎年10~20%の成長を続けている。

しかしながら、この移動体識別の市場が広がるとともに、混信などのトラブルが出てきている。

このような問題は今後益々増加するものと危惧されており早期の改善が期待されている。

このようなトラブルの原因の1つに移動体識別の周波数は一波固定のものとして登録・管理されていることがあげられる。

例えば、ある場所で移動体識別を導入したが、エリアの拡大のため新たに呼び出し機を増設したり、他のシステム併設しようとする場合変更申請なしで簡単にチャンネルを変更することができないため、混信が避けられない状況にある。

このような問題を解決するために、周波数を固定しないで、定められたバンドの中で設定・変更可能な柔軟性のある内容に変更することが望まれている。

6.3 送信出力の規制の緩和について

この項目は単に 2.4GHz 帯の小電力無線局に限った問題ではないが、特に国際的に共通性の高い ISM バンドの特性を考慮すると送信出力を 10mW に限定されていることにより外国からの機器の導入のために共用化が進まない状況がある。これは単に外国からの導入だけでなく、外国への輸出においても個別の仕様設定を行なう必要があるため個別管理する必要がある。もし共用化が進めばこのような個別管理が不要になり、さらにコストを下げることも可能となって、結果的にユーザーに対してもメリットが期待できると考える。

このような観点から送信出力に対する規制を諸外国と同等に緩和されることを望む意見もある。

移動体識別に関する規格概要

	利用周波数範囲	出力	根拠
欧州	2400～2483.5MHz	500mW(EIRP)	I-ETS 300 400
米国	2400～2483.5MHz	1W(Max)	FCC Part 15

ただし、2.4GHz 帯の高度化の検討においてはこれ以上に検討することは検討の範囲から適当でないと判断されるため第 3 章以降においての検討は行わない。

6.4 新たな周波数帯の確保

移動通信のために割り当て可能な 2.500GHz～2.655GHz の中で、より広い周波数が利用できるように再配置する提案があった。

また、900MHz 帯と 2.4GHz 帯を併用したコードレス電話が外国で実用化されておりこのシステムの導入が可能になるようにとの要望もあった。

この要望についても 2.4GHz 帯の高度化の観点から検討の対象として適当でないと判断される。

アンケート結果をまとめ本報告書で検討すべき事項を整理すると、高度利用化のニーズに基づく検討の範囲としては表 1 中の「高度化関連」に該当する項目とする。

表 1 : 2.4GHz帯小電力無線の高度化利用に関する提案

大分類	要求項目	サブ項目	要求度数	小電力データ通信システム			移動体識別		
				電波法レベル	高度化関連	高度化以外	電波法レベル	高度化関連	高度化以外
無線LANの利用帯域の拡大	利用周波数帯を広げて、ユーザーの増加を収容可能にする		3%		○				
	利用周波数帯を広げて、マルチメディア化に対応		15%		○				
制限事項の緩和	無線LANのSS変調方式の制限の緩和		8%		○				
	拡散率の規制緩和		8%		○				
	用途規制を定めない	電気通信回線設備へ接続可能とする	8%		○			○	
	呼び出し名称登録の緩和		3%						○
	送信出力の規制緩和		5%		○			○	
共用条件の見直し	周波数割り当ての再検討	ISMバンドを3つに区分し、優先するシステムを明確化	3%		○				
	ISMバンド全般の方式などの再構成	ISM帯は全てSS方式に限定	3%		○				
	キャリアセンスの再検討		3%		○				
	連続送信時間の再検討		3%		○				
	小電力データ通信システムの技術的条件緩和	空中線電力下限の緩和	3%		○				
その他	新たな周波数の確保	周波数偏差の項目削除	3%		○				
		拡散帯域幅の定義変更	3%		○				
		ビット同期信号条件の緩和	3%		○				
		2.5GHz~2.655GHz帯の確保	3%		○				
		900MHzと2.4GHzを併用する	3%		○				

表2 2.4GHz帯小電力無線のニーズ

大分類	用途	システムの具体例
データ通信	映像系の大容量データ通信	
	CADデータ通信	
	多数の端末を収容するシステム	POS
	オフィス用高速無線LAN	
	中速FA-LAN	NCとの通信、無人台車の制御、携帯端末との通信
	バーコード機器	
	テレコン分野	
	電子式価格表示器	
	事業用アクセス系	
	画像伝送	遠隔監視システム
音声系通信	コードレス電話	
	音声/データ伝送システム	HomeRF、Bluetooth
マルチメディア通信	画像/音声伝送システム	在宅医療、防犯システム

周波数の共用化とシステム共存条件

現在、2.4GHz 帯の I S Mバンドを使用している機器は無線 LANを代表とする小電力データ通信システム、電子レンジを代表する I S M機器、無線タグを使った移動体識別装置、V I C Sとアマチュア無線で、各システムは多少の周波数の重複はあるものの用途別に周波数帯を分けて運用している。しかし、1 章、2 章の需要動向、高度化のニーズから明らかなように各システムに割り当てられた現在の帯域幅ではこれらに対応することが不可能である。さらに、M S Sが今後この帯域を使う予定であることも考慮し、現在の用途別の帯域制限を見直し各システムの要求を満足するための共用化策を検討する。

1 2.4GHz 帯共用モデルの検討

1.1 概要

I S Mバンドで周波数を共用する可能性のある機器の標準モデルを想定し、各モデル間の与干渉・被干渉距離の計算を行い、共用化の検討材料とする。

(1) モデル化するシステムの選定

- ① 小電力データ通信システム
- ② I S M機器
- ③ 移動体識別装置
- ④ アマチュア無線
- ⑤ M S S
- ⑥ V I C S

(2) 与干渉電力の想定

システムモデルごとの送信電力およびアンテナ利得から E I R Pを想定する。たとえば、アンテナ利得 10dBi, 給電線損失 2 dB のとき、送信機のアンテナ端子で 30dBm であれば、E I R Pは 38dBm となる。

(3) 耐干渉入力の想定

システムモデルごとに標準通信モデルを想定し、その状態での受信入力を計算する。この標準受信入力からジャミングマージン分下げたレベルを耐干渉入力とする。ジャミングマージンは各モデルごとに想定する。耐干渉入力はアンテナ利得を含めた絶対値(dBm)で表現する。たとえば、アンテナ利得 10dBi, 給電線損失 2 dB のとき、受信機のアンテナ端子で -80dBm であれば、耐干渉入力は -88dBm となる。

なお、アマチュア無線のように通信距離が不定の場合は標準受信入力を想定できないので、受信機内部雑音や外部雑音から想定される最高受信感度を耐干渉入力とする。

(4) 伝搬損失モデルの想定

各システムごとに適当な伝搬損失モデルを想定する。伝搬環境が同一であれば、原則的には希望波および干渉波の伝搬損失モデルは同一とする。

- | | |
|------------|---------------------------------|
| ① 自由空間損失 | 自由空間として計算 |
| ② 奥村カーブ・秦式 | 開放地, 郊外, 都市(大, 中小)で, 1 km 以上のとき |
| ③ n乗 | 屋内のとき。nは 3.5 程度 |

(5) 干渉条件

小電力データ通信システムの S S 変調波は他システムにとって疑似雑音であり、他システムの狭帯域変調波は小電力データ通信システムで逆拡散されるので疑似雑音として扱える。したがって、干渉レベルの計算は白色雑音として扱うものとする。

干渉波の送信帯域幅より希望波の受信帯域幅が広い場合は、干渉波の E I R Pが干渉電力となる。逆に、干渉波の送信帯域幅より希望波の受信帯域幅が狭い場合は、干渉電力を次の

式で計算する。

$$\text{干渉電力} = \text{干渉波の E I R P} \times \text{希望波受信帯域幅} / \text{干渉波占有帯域幅}$$

(6) 与・被干渉の計算

E I R P, 耐干渉電力(絶対値)および送受信帯域幅が分かれば, 適当な伝搬モデルを想定して伝搬損失を計算するだけで干渉の有無あるいは被干渉距離を計算することができる。

1.2.各システムのモデル化

各システム内でも多くの機種があり, それらすべてに対して検討を加えるのは困難である。そこで, 各システムごとにモデルを想定し, モデル間での干渉を検討するものとした。
なお, 干渉条件の裏付けは別章で記述する。

(1) 小電力データ通信システム用無線装置

表 1.1 小電力データ通信システム用無線装置のモデル

		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	備考	
前 提 条 件	用途	LAN	LAN	LAN	モデム	モデム		
	伝送速度	10Mbps	2 Mbps	1 Mbps	256kbps	32kbps		
	変調 方式	SS	DS	DS	FH	DS	DS	
		無線	QPSK	QPSK	BPSK	BPSK	BPSK	
	拡散率	11	11	11	31	31		
	送信 出力	/MHz	10mW/MHz	10mW/MHz	10mW/MHz	10mW/MHz	10mW/MHz	
		計	30dBm	24dBm	24dBm	21dBm	13dBm	
	アンテナ 利得	送信	2 dBi	2 dBi	2 dBi	2 dBi	2 dBi	
		受信	2 dBi	2 dBi	2 dBi	2 dBi	2 dBi	
	給電線 損失	送信	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	
		受信	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	
	使用環境		屋内	屋内	屋内	屋外	屋外	
	通信距離		30m	30m	30m	100m	1 km	
	所要BER		10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	
	NF		6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	
受信機雑音		-88dBm	-94dBm	-105dBm	-97dBm	-105dBm		
装置マージン		3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB		
干渉マージン		10dB	10dB	10dB	10dB	10dB		
干 渉 条 件	周波数範囲	2.4~2.5GHz						
	送信帯域幅	100MHz	26MHz	26/2MHz	13MHz	2 MHz		
	受信帯域幅	100MHz	26MHz	2 MHz	13MHz	2 MHz		
	E I R P	32dBm	26dBm	26dBm	23dBm	15dBm		
	耐干渉入力	-70dBm	-76dBm	-76dBm	-76dBm	-98dBm	受信アンテナ利得込み	

(2) I S M機器

表 1.2 I S M機器のモデル

		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	備 考
前 提	構 成	電子レンジ	電子レンジ	ハイパーミ	加熱器	
	用 途	家庭用	業務用	医療用	業務用	
	出 力	500W程度	1 kW 程度	150W(*1)	18kW(*2)	マグネトロン出力
干 渉 条 件	周波数範囲	2450±50MHz				
	送信帯域幅	狭帯域	狭帯域	狭帯域	狭帯域	
	受信帯域幅	—	—	—	—	
	E I R P	32dBm	35dBm			
	耐干渉入力	—	—	—	—	

*1「A l o k aハイパーサーミア装置HMS-020型」の例。

*2印刷システムに含まれる「乾燥機」の例。1.5kW出力のマグネトロンを12台装備。乾燥機を紙が通過するためのスリットから強力な漏れ電波あり。

(3) 移動体識別装置

表 1.3 移動体識別装置のモデル

		モデル1	モデル2	備 考	
前 提 条 件	無線局種別	構内無線	特定小電力		
	用 途	長距離伝送	短距離伝送		
	変調方式	NON, A1D 他	NON, A1D 他		
	送信出力	300mW(25dBm)	10mW(10dBm)		
	アンテナ利得	質 問	送信	11dBi	11dBi
			受信	11dBi	11dBi
		応 答	送信	2dBi	2dBi
			受信	2dBi	2dBi
	給電線 損 失	送信	0dB	0dB	
		受信	0dB	0dB	
	応答器損失	10dB	10dB		
	使用環境	屋内/屋外	屋内/屋外		
	通信距離	5 m	2 m	TR-1 はいずれも 2 m	
	N F	13dB	13dB	参考値	
	受信機雑音	-118dBm	-118dBm	参考値	
伝播マージン	10dB	10dB	タグの姿勢変動など		
干渉マージン	10dB	10dB			
干 渉 条 件	周波数範囲	2440MHz 帯 2427~2453MHz 2450MHz 帯 2434.25 ~ 2465.75MHz 2455MHz 帯 2439.25 ~ 2470.75MHz			
	送信帯域幅	狭帯域	狭帯域		
	受信帯域幅	32kHz	32kHz		
	E I R P	36dBm	21dBm	アンテナ利得 11dBm	
耐干渉入力	-98dBm	-97dBm	受信アンテナ利得(11dB)込み		

参考 パラメータは RCR TR-1 「移動体識別装置研究開発報告書」のモデルAの値を採用した。

(4) アマチュア無線

表 1.4 アマチュア無線のモデル

		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	備考	
前 提 条 件	構成	中継局	固定局1	固定局2	固定局3		
	用途	音声通信	音声通信	音声通信	映像通信		
	変調方式	FM	FM	SSB(AM)	TV(FM)		
	送信出力	2W(33dBm)	2W(33dBm)	2W(33dBm)	2W(33dBm)		
	アンテナ 利得	送信	15dBi	24dBi	24dBi	24dBi	
		受信	15dBi	24dBi	24dBi	24dBi	
	給電線 損失	送信	4dB	2dB	2dB	2dB	
		受信	4dB	2dB	2dB	2dB	
	使用環境	屋外	屋外	屋外	屋外		
	通信距離	不定	不定	不定	不定		
	所要S/N	10dB	10dB	10dB	20dB		
	NF	10dB	10dB	10dB	10dB		
受信機雑音	-122dBm	-122dBm	-129dBm	-92dBm			
干渉マージン	10dB	10dB	10dB	10dB			
干 渉 条 件	周波数範囲	受信 2405 ~ 2407MHz 送信 2425 ~ 2427MHz	2405 ~ 2424.5MHz 2425 ~ 2431MHz	2400 ~ 2405MHz 2424 ~ 2424.5MHz	2421 ~ 2450MHz		
	送信帯域幅	16kHz	16kHz	3kHz	16MHz		
	受信帯域幅	16kHz	16kHz	3kHz	16MHz		
	EIRP	44dBm	55dBm	55dBm	55dBm		
	耐干渉入力	-146dBm	-157dBm	-131dBm	-116dBm	受信アンテナ利得込み	

(5) MSS

MSSのサービスリンク下り回線は、2483.5 MHz～2500 MHzを使用するため、無線LANの利用周波数帯域 2471 MHz～2497 MHz と一部周波数が重複する。表 1.5 にMSSのモデルをまとめる。尚、表 1.5 の各パラメータはITUのTG 4/5 Reportに規定されているLEODを参照している。

表 1.5 MSSのモデル

		モデル1	モデル2	備考	
前提条件	構成	衛星局	端末局		
	用途	音声通話	音声通話		
	変調方式	SS	SS		
	送信電力	／CH	最大 46 dBm(EIRP)		1チャンネル当たり
		計	最大 57 dBm(EIRP)		
	チャンネル数	13			
	送信帯域幅	1.25 MHz		1チャンネル当たり	
	衛星高度	1,414 km	—		
	通信距離	1,414～3,504 km	1,414～3,504 km		
	衛星機数	48 機	—		
	軌道面数	8	—		
	可視衛星仰角	—	最低 10 度		
	ボイスアクティビティ	0.4	0.4		
所要受信入力	—				
干渉マージン	—				
干渉条件	周波数範囲	2483.5～2500 MHz		下りリンク	
	送信帯域幅	16.5 / 1.25 MHz	—		
	受信帯域幅	—	1.25 MHz		
	EIRP	最大 57 dBm/46 dBm	—		
	耐干渉入力	—		受信アンテナ利得込み	

(6) V I C S

表 1.6 V I C S のモデル

		モデル1	モデル2	備 考	
前 提 条 件	構 成	路上局	車載局		
	用 途	交通情報データ伝送			
	変調方式	データ：GMSK, 位置検知：AM		2重変調	
	伝送速度	GMSK：64bps, AM：1kHz 方形波			
	送信出力	10mW(10dBm) × 2	—	2方向に出力	
	ア ン テ ナ 利 得	送信	7 dBi	—	
		受信	—	2 dB *	*:メーカーによって異なる
	給 電 損 失	送信	3 dB	—	
		受信	—	0 dB *	*:アンテナ部に LNA があるので 0dB とした
	使用環境	屋外	車内		
	通信距離	90m			
	CDレベル	—	-65dBm		
	干渉マージン	—	10dB		
干 渉 条 件	周波数範囲	2499.7MHz			
	送信帯域幅	85kHz	—		
	受信帯域幅	—	(85kHz)		
	E I R P	14dBm	—		
	耐干渉入力	—	-75dBm	CDレベルから 10dB ダウンとした	

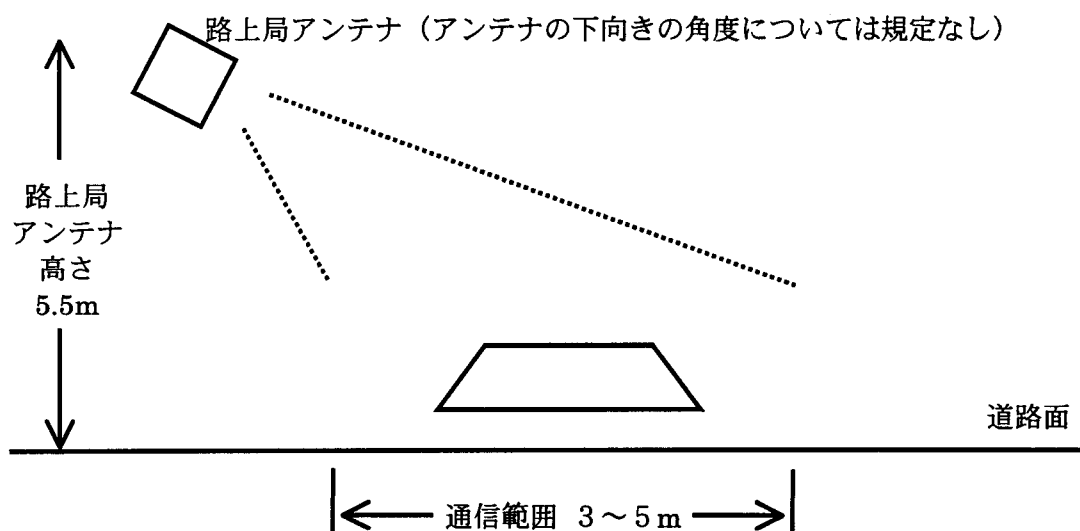


図 1.1 V I C S のモデル

1.3 与干渉電力

(1) 小電力データ通信システム用無線装置

小電力データ通信システムの規格である送信出力 10mW/MHz・アンテナ利得 2.14dB と送信帯域波から E I R P を次のように想定する。

表 1.7 小電力データ通信システムの与干渉電力

		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	備 考
変調方式		D S	D S	F H	D S	D S	
伝送速度		10Mbps	2 Mbps	1 Mbps	256kbps	32kbps	
送信出力	/MHz	10mW	10mW	10mW	10mW	10mW	
	計	30dBm	24dBm	24dBm	21dBm	13dBm	
アンテナ利得		2 dBi	2 dBi	2 dBi	2 dBi	2 dBi	
給電損失		0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	
送信帯域幅		100MHz	26 / 2MHz	26MHz	13MHz	2 MHz	
E I R P		32dBm	26dBm	26dBm	23dBm	15dBm	

① 送信電力の計算

送信電力は、送信帯域幅×MHz 当たりの電力で計算した。たとえば、モデル1の場合は
 $10\text{mW/MHz} \times 100\text{MHz} = 1\text{W} (30\text{dBm})$

となる。実際の装置では、送信スペクトラムが平坦でないのと帯域制限フィルタの偏差から、この計算値より少ない送信電力となる。

② モデル3 (F H) の送信帯域幅

F H の場合は、瞬間的に見ると送信帯域幅 2 MHz で E I R P 24dBm の送信となる。

(2) ISM機器

1) 電子レンジ

R C R T R-27の数値を基準として見直した(R C R T R-27に計算ミスがあり、実際より大きなE I R Pとなっているので訂正した)。

① 計算結果

家庭用電子レンジのE I R P=32dBm

測定値は dBm/MHz 表記であるが、電子レンジは拡散しているわけではなく、周波数変動が周波数ホッピング的なだけであるので、そのまま dBm 値を採用した。

業務用は出力電力1 kW として、家庭用より3 dB 大きくした。

業務用電子レンジのE I R P=35dBm

② 計算過程

計算過程を下表に示す。表中の数値は『R C R T R-27の107ページ表1』を用いた。

表 1.8 家庭用電子レンジの不要輻射測定結果(負荷あり)

番号	装置	出力電力 [W]	帯域内最大等価不要輻射電力		測定距離 [m]	備考
			水平面内最大値 [dBm/MHz]	2450±50MHz [mW/MHz]		
1	A	600	22	158	1	
2	B	500	17	50		
3	C	500	16	40		
4	D	500	15	32		
5	E	500	16	40		
6	F	600	27	501	3	
7	G	500	31	1259		
8	H	600	29	794		
9	I	500	19	79		
10	J	500	29	794		
11	K	500	21	126	1	
12	L	600	27	501	1	
13			30	1000	3	
14			30	1000	5	
15			28	631	10	
16	M	500	24	251	3	
17	N	650	24	251	3	
平均値m			(23.8)	442		
標準偏差σ			(5.6)	392		
m+3σ			(40.6)	1617	1617mW=32dBm/MHz	

(3) 移動体識別装置

構内無線局と特定小電力無線局の規格の最大値より EIRP を以下のように想定した。

表 1.9 移動体識別装置の与干渉電力

	モデル 1	モデル 2	備 考
無線設備	構内無線	特定小電力	
送信出力	300mW(25dBm)	10mW(10dBm)	
アンテナ利得	11dBi	11dBi	
給電損失	0 dB	0 dB	
送信帯域幅	32kHz	32kHz	
E I R P	36dBm	21dBm	

(4) アマチュア無線

送信出力を 2 W（法規上の最大値）、中継局は 22 段コリニア、固定局は 27 素子×2 の八木アンテナとして EIRP を次のように想定した。

表 1.10 アマチュア無線の与干渉電力

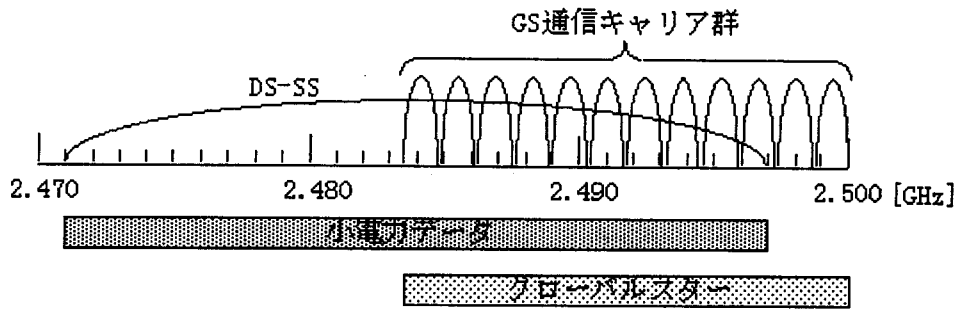
	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	備考
無線設備	中継局	固定局 1	固定局 2	固定局 3	
用 途	音声通信	音声通信	音声通信	映像通信	
変調方式	FM	FM	SSB(AM)	TV(FM)	
送信出力	2W(33dBm)	2W(33dBm)	2W(33dBm)	2W(33dBm)	
アンテナ利得	15dBi	24dBi	24dBi	24dBi	
給電損失	4dB	2dB	2dB	2dB	
送信帯域幅	16kHz	16kHz	3kHz	16MHz	
EIRP	44dBm	55dBm	55dBm	55dBm	

(5) M S S

GS では、16.5 MHz の帯域幅を 13 個の周波数スロットに分割し、各スロット毎に CDMA による複数通信チャンネルの多重化が行われているが、ここでは全周波数スロット・全チャンネルを一括して取り扱うこととし、更にスポットビームの周波数プランを無視した最悪ケースを想定して検討を行う。

この場合、サービスリンク下り回線のチャンネル当たりの最大送信 EIRP = 46 dBm より、小電力データと重複する 2483.5 MHz～2497 MHz に互る GS 衛星からの最大与干渉電力 (EIRP) は、

$$46 \text{ dBm} \times \{(2497 - 2483.5)/1.25\} = 46.0 \text{ dBm} \times 10.8 = 56.33 \text{ dBm}$$



となる。

図 1.2 小電力データと GS の使用周波数バンド

(6) V I C S

① E I R P

道路上に道路と平行して設置した2つの路上アンテナがあり、それぞれに給電線を通して10mWが供給される。給電線損失は、送信出力がアンテナ端で5mWになるように選択される。2つのアンテナの指向性は異なる方向を向いているので、E I R Pは下表ようになる。

表 1.11 V I C S の与干渉電力

	モデル1	モデル2	備 考
構 成	路上局	車載局	
送信出力	10mW(10dBm) × 2	—	2方向に出力
アンテナ利得	7 dBi	—	
給電線損失	3 dB	—	
送信帯域幅	85kHz	—	
E I R P	14dBm	—	

② 送信波形

V I C S のピーコンは、データ変調の G M S K に 1 kHz A M (変調度 10%) を重畳しているが、A M の変調度は 10% と小さいので、与干渉電力としては平均送信電力を用いても問題ないと考える。

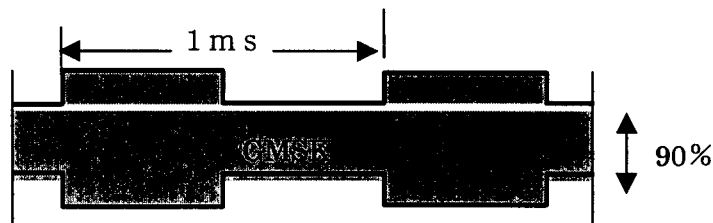


図 1.3 V I C S の送信波形

③ アンテナパターン

路上アンテナは、下向きに取り付けられ、道路に平行したまゆ型のパターン形状である。このアンテナの真下で小電力データ通信システムを運用することは極めてまれなので、与干渉電力(E I R P)はアンテナ利得を 0 dB 程度として計算してもよいと思われるが、ここでは、最悪条件を考慮して最大E I R Pを採用した。

1.4 耐干渉入力検討

(1) 小電力データ通信システム

① 標準伝搬モデル

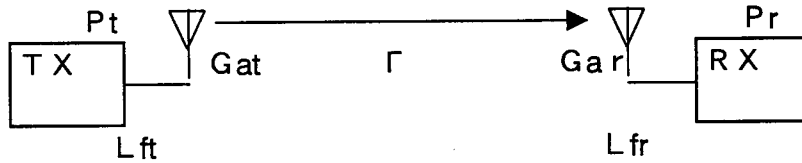


図 1.4 伝搬モデル

受信電力 Pr は、次式で与えられる。

$$Pr = Pt - L_{ft} + G_{at} - \Gamma + G_{ar} - L_{fr} \quad \text{式 1.1}$$

- Pt 空中線電力[dBm]
- Lft 送信給電線損失[dB] → 0 dB とした
- Gat 送信空中線利得[dB] → 2 dB とした
- Γ 伝搬損失[dB]
- Gar 受信空中線利得[dB] → 2 dB とした
- Lfr 受信給電線損失[dB] → 0 dB とした

② 遅延分散特性

屋内等の閉空間において、壁、屋内配置物により、遅延プロファイルは統計的に指数関数分布となり、遅延時間 τ の確率密度関数を Pτ とした時、

$$P\tau = (1/\sigma) e^{(-\tau/\sigma)} \quad \text{式 1.2}$$

と仮定できる。ここで、σ を遅延分散 (Delay Spread) と呼ぶ。

室内伝搬における遅延分散特性の測定例を表 1.12 に示す。各モデルによって貢献が異なるが、ここでは単純平均値 70ns を用いることとする。

表 1.12 屋内における遅延分散

場所	周波数	遅延分散	備考
OFC/NCO	0.85, 1.7, 4GHz	40ns	鉄筋, 121×75m
OFC/NYX	0.85, 1.9, 4, 5.8GHz	40ns	50×100m
会議室	2.4GHz	43ns	鉄筋, 10×20m, 見通し 15m
工場	2.4GHz	50ns	鉄筋, 50×50m, 反射物多し
Walnut Creek	915MHz	74ns	
	1.9GHz	94ns	
SF PacBell	915MHz	76ns	
	1.9GHz	77ns	
San Ramon	915MHz	67ns	
	1.9GHz	88ns	
見通し環境	2.4GHz	120ns	鉄筋, 26×100m
準見通し環境	2.4GHz	30~120ns	同上, 上とはアンテナ高が異なる
分散遅延の単純平均		約 70ns	

③ 所要Eb/N0

R C R T R - 2 7 「無線LANシステム研究開発報告書」同様に、所要Eb/N0を算出する。遅延分散(σ)として上記70nsを用いたときの、各モデルの所要Eb/N0を表1.13に示す。ただし、モデル4および5は屋外使用であり、遅延分散は十分長く σ/T は1程度になるものとした。

表 1.13 所要Eb/N0

	拡散符号速度	正規化帯域幅 σ/T	所要BER	所要Eb/N0	備考
モデル1	55Mcps	3.85	10^{-5}	20dB	屋内
モデル2	11Mcps	0.77	10^{-5}	23dB	屋内
モデル3	11Mcps	0.77	10^{-5}	23dB	屋内
モデル4	8Mcps	1	10^{-4}	18dB	屋外
モデル5	1Mcps	1	10^{-3}	15dB	屋外

④ 所要受信電力Prd

所要Eb/N0を得るための所要受信電力Prdは、無線区間のキャリア対雑音比(C/N)から、次式で与えられる。

$$Prd = C/N + (Pdn + 10\log Ws) + Mjam + Msys \quad \dots\dots\dots \text{式 1.3}$$

ここで、Pdnは、単位周波数あたりの雑音電力密度で、雑音が熱雑音のみであった場合は、kをボルツマン定数、Tを絶対温度とし、 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ であり、 $T = 300K$ としたとき、受信機の雑音指数NFがNF = 6dBとすれば、

$$Pdn = 10 \times \log(kT) + NF \\ = -203 + 6 = -197[\text{dBw/Hz}] = -167[\text{dBm/Hz}] \quad \dots\dots\dots \text{式 1.4}$$

となる。Wsは受信帯域幅、即ち、拡散帯域幅で、Mjamは、ジャミング・マージンで通常10dB程度取る。Msysは、システムの内部損失マージンで、通常3dB程度とされる。

また、C/NとEb/N0の関係は、次式により与えられる。

$$C/N = Eb/N0 + 10\log(Rd/Ws) \quad \dots\dots\dots \text{式 1.5}$$

ここで、Rdは情報信号の伝送速度[bps]である。

したがって、所要受信電力Prdは次式で与えられる。

$$Prd = Eb/N0 + 10\log(Rd/Ws) + (Pdn + 10\log Ws) + Mjam + Msys \quad \text{式 1.6}$$

各モデルの諸元を代入して計算した所要受信電力を表1.14に示す。なお、Rd/Wsの計算において、実際の装置のWsはたとえば22MHz程度と狭いが、大きな誤差ではないため26MHzを使用した。

表 1.14 所要受信電力

	受信帯域幅	伝送速度	Rd/Ws	所要Eb/N0	Mjam	Msys	所要受信電力
モデル1	100MHz	10Mbps	10	20dB	10dB	3dB	-64dBm
モデル2	26MHz	2Mbps	13	23dB	10dB	3dB	-68dBm
モデル3	26MHz	1Mbps	26	23dB	10dB	3dB	-71dBm
モデル4	13MHz	256kbps	50	18dB	10dB	3dB	-82dBm
モデル5	2MHz	32kbps	63	15dB	10dB	3dB	-94dBm

⑤ 伝搬損失

屋内における距離 d 離れた点での平均伝搬損失 $PL(d)$ は次式により与えられる。

$$PL(d)[dB] = PL(d_0) + 10 \times n \times \log(d / d_0)[dB] \quad \dots\dots\dots \text{式 1.7}$$

ここで、 $PL(d_0)$ は単位長さあたりの伝搬損失であり、波長を λ としたとき、

$$PL(d_0) = 20 \log(4\pi d_0 / \lambda) \quad \dots\dots\dots \text{式 1.8}$$

となる。 n は伝搬減衰の係数である。2.4GHz において、 $PL(d_0) = 40dB$ である。

室内伝搬における伝搬減衰係数の測定例を表 1.15 に示す。表 1.15 では n の平均値 3.4 であるが、周波数が 2.4GHz でないため、少し大目に見て $n = 3.5$ とする。

表 1.15 屋内における伝搬減衰係数

場 所	周波数	伝搬減衰係数	周波数	伝搬減衰係数	備 考
Walnut Creek	915MHz	2.4	1.9GHz	2.6	
SF PacBell	915MHz	2.3	1.9GHz	3.9	
San Ramon	915MHz	2.8	1.9GHz	3.8	
単純平均		2.5		3.4	

各モデルの伝搬損失計算結果を次の表に示す。

表 1.16 伝搬損失

	使用環境	伝送距離	伝搬減衰係数	伝搬損失	備 考
モデル 1	屋内	30m	3.5	92dB	
モデル 2	屋内	30m	3.5	92dB	
モデル 3	屋内	30m	3.5	92dB	
モデル 4	屋外	100m	奥村カーブ	89dB	奥村カーブは郊外部
モデル 5	屋外	1 km	奥村カーブ	103dB	奥村カーブは開放地

⑥ 標準受信入力と耐干渉入力

送信出力を 10mW/MHz としたときの各モデルの受信入力を表 1.17 に示す。受信入力は所要受信入力より大きい必要がある。ここで、送受信給電線損失を 0 dB としているのは、「給電線損失分をアンテナ利得で補うことができる」の規定によるものである。

表 1.17 受信入力

	送信出力	伝送距離	伝搬損失	アンテナ利得	受信入力	所要受信入力	耐干渉入力
モデル 1	30dBm	30m	92dB	+ 2 / + 2 dB	- 58dBm	- 64dBm	- 70dBm
モデル 2	24dBm	30m	92dB	+ 2 / + 2 dB	- 64dBm	- 68dBm	- 76dBm
モデル 3	24dBm	30m	92dB	+ 2 / + 2 dB	- 64dBm	- 71dBm	- 76dBm
モデル 4	21dBm	100m	89dB	+ 2 / + 2 dB	- 64dBm	- 82dBm	- 76dBm
モデル 5	13dBm	1km	103dB	+ 2 / + 2 dB	- 86dBm	- 94dBm	- 98dBm

注 アンテナ利得欄は送信/受信アンテナ利得を表す。給電線損失は各 0 dB としている。

(2) ISM機器

ISM機器には受信装置がないので、ISM機器の耐干渉入力は検討対象外である。

(3) 移動体識別装置

① 標準伝搬モデル

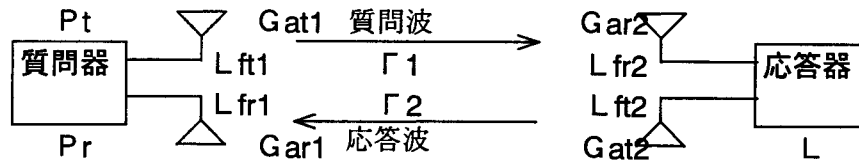


図 1.5 伝搬モデル

質問器から発射された電波は応答器で反射され再び質問器で受信し、識別コードを読み取る原理のため、受信電力 Pr は、次式で与えられる。

$$Pr = Pt - L_{ft1} + G_{at1} - \Gamma_1 + G_{ar2} - L_{fr2} - L - L_{ft2} + G_{at2} - \Gamma_2 + G_{ar1} - L_{fr1} \quad \dots \text{式 1.9}$$

Pt 空中線電力[dBm]

L_{ft1}/L_{fr1} 質問器電線損失[dB] → 0 dB とした

G_{at1}/G_{ar1} 質問器空中線利得[dB] → 送信 11 dB, 受信 11 dB とした

Γ₁/Γ₂ 伝搬損失[dB] → Γ₁=Γ₂ 自由空間損失とした

G_{ar2}/G_{at2} 応答器空中線利得[dB] → 送信 2 dB, 受信 2 dB とした

L_{fr2}/L_{ft2} 応答器電線損失[dB] → 0 dB とした

L 応答器全体損失[dB] → 10 dB とした

② 標準受信入力の計算

$$\text{受信入力} = Pt + G_{at1} - \Gamma_1(\text{下り}) + G_{ar2} - L + G_{at2} - \Gamma_2(\text{上り}) + G_{ar1}$$

$$\text{モデル 1 : } 25\text{dBm} + 11\text{dB} - 54\text{dB} + 2\text{dB} - 10\text{dB} + 2\text{dB} - 54\text{dB} + 11\text{dB} = -67\text{dBm}$$

$$\text{モデル 2 : } 10\text{dBm} + 11\text{dB} - 46\text{dB} + 2\text{dB} - 10\text{dB} + 2\text{dB} - 46\text{dB} + 11\text{dB} = -66\text{dBm}$$

近距離見通し条件なので伝搬損失は自由空間損失で計算した。カードの姿勢変動や主ビームからのずれなどの伝搬マージンを10dBして、標準受信入力を次のとおりとする。

$$\text{標準受信入力 モデル 1 : } -77\text{dBm}$$

$$\text{モデル 2 : } -76\text{dBm}$$

③ 耐干渉入力の計算

干渉マージンを10dBとすれば、利得11dBの受信アンテナでの耐干渉入力は次のとおりとなる。

$$\text{モデル 1 : } -98\text{dBm}$$

$$\text{モデル 2 : } -97\text{dBm}$$

計算に使用したパラメータの数値はRCR TR-1「移動体識別装置研究開発報告書」のモデルAの値を採用した。

(4) アマチュア無線

① 耐干渉入力

アマチュア無線の場合、局間の通信距離は不定であり、通信が成立する限界レベルに近い状態で運用されることもあり、標準受信入力を想定できないので各モデルの受信雑音電力(理論値)を基に耐干渉入力を想定する。

表 1.18 アマチュア無線の耐干渉入力

	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	備考
無線設備	中継局	固定局1	固定局2	固定局3	
用途	音声通信	音声通信	音声通信	映像通信	
変調方式	FM	FM	SSB(AM)	TV(FM)	
アンテナ利得	15dBi	24dBi	24dBi	24dBi	
給電損失	4dB	2dB	2dB	2dB	
干渉マージン	10dB	10dB	10dB	10dB	
所要 S/N	10dB	10dB	10dB	20dB	
NF	10dB	10dB	10dB	10dB	
受信雑音電力	-122dBm	-122dBm	-129dBm	-92dBm	
S/N 改善係数	13dB	13dB	-	12dB	
所要受信電力	-125dBm	-125dBm	-119dBm	-84dBm	
耐干渉入力	-146dBm	-157dBm	-131dBm	-116dBm	

(5) V I C S

① 標準伝搬モデル

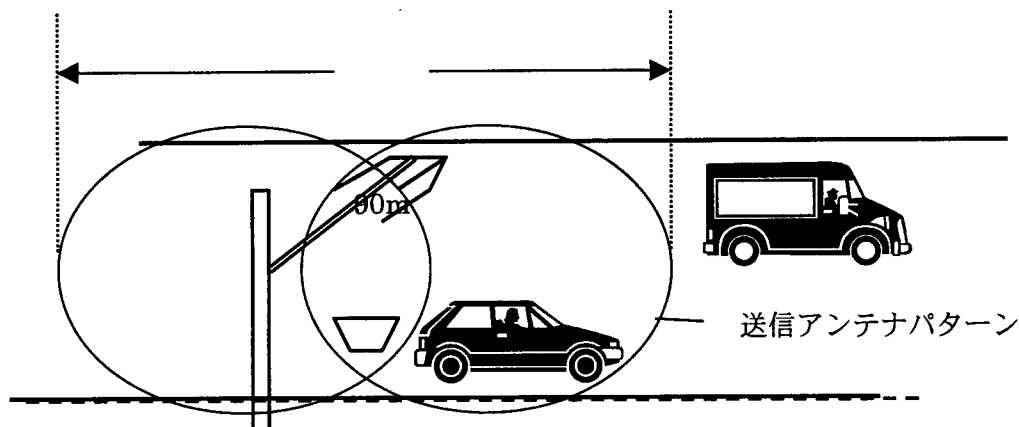


図 1.6 V I C S の標準伝搬モデル

② 所要受信電力

受信側に受信感度の規定が無いので所要受信電力が計算できず、耐干渉入力を想定できない。そこで、CD(キャリア検知)レベルの規格値から 10dB ダウンのレベルを耐干渉入力とした。また、受信アンテナの利得規格がないので、路上局の試験に使用する試験用受信ダイポールアンテナ相当とし、利得を 2 dB とした。

表 1.19 VICSの耐干渉入力

	モデル1	モデル2	備考
構成	路上局	車載局	
アンテナ利得	-	2 dB *	*:メーカーによって異なる
給電線損失	-	0 dB *	*:アンテナ部に LNA があるので 0dB とした
受信帯域幅	-	85kHz	
耐干渉入力	-	-75dBm	C/Dレベルから 10dB ダウンとした

注 モデル1は受信機非実装

1.5 干渉の検討

(1) 基本干渉モデル

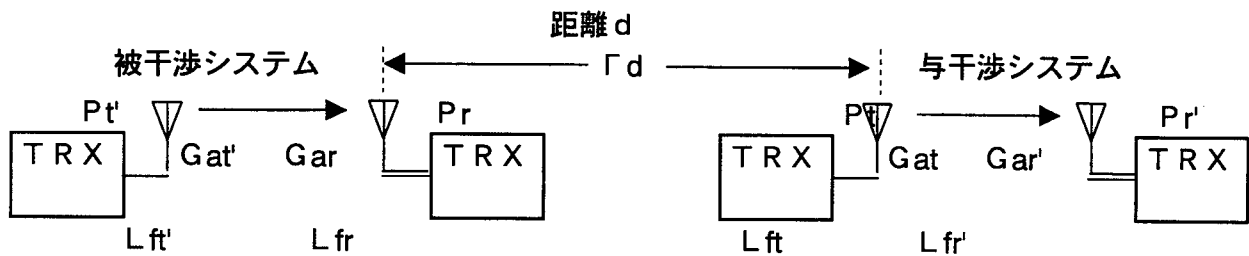


図 1.7 基本干渉モデル

干渉波の受信電力 Pr は、次式で与えられる。

$$Pr = Pt - Lft + Gat - \Gamma d + Gar - Lfr \quad \dots \quad \text{式 1.10}$$

- Pt 空中線電力[dBm]
- Lft 送信給電線損失[dB]
- Gat 送信空中線利得[dB]
- Γd 伝搬損失[dB]
- Gar 受信空中線利得[dB]
- Lfr 受信給電線損失[dB]

(2) 実際の干渉モデル

干渉検討の対象システムは屋内・屋外を問わず、いろいろな場所に存在する。与干渉システムと被干渉システムが同一空間にある場合は、干渉波の伝搬損失計算方式は非干渉システムの標準伝搬モデルと同一方式を用いればよい。しかし、与干渉システムと被干渉システムが異なる空間にある場合は、干渉波の伝搬モデルを想定しないと干渉波の伝搬損失を計算できない。

そこで、異空間における干渉波の伝搬モデルを次のように想定し、空間伝搬損失にコンクリート壁の損失を追加して計算するものとした。コンクリート壁の損失は以下の資料により、1枚当たり 17dB とした。

表 1.20 コンクリート壁の遮蔽損

遮蔽物	遮蔽損	備考
0.6m square reinforced concrete pillar	12 ~ 14dB	1,300MHz 参考 1)
concrete wall	8 ~ 15dB	1,300MHz 参考 1)
Concrete floor	10dB	1,300MHz 参考 1)
遮蔽欠損	23dB	PHS 参考 2)
単純平均	17dB	真数の平均値

参考 1) Rappaport T.S.; Indoor Radio Communication for Factories of the Future, IEEE commun.magazine.pp15-24, May 1989

参考 2) NTT 資料

① 同一空間：基本干渉モデルと同じ

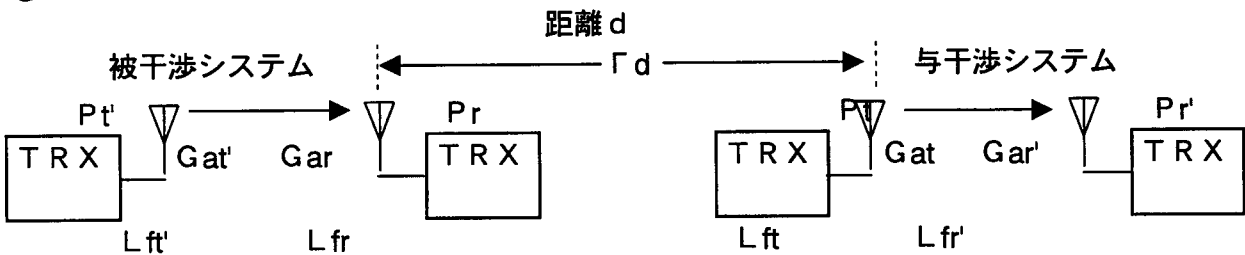
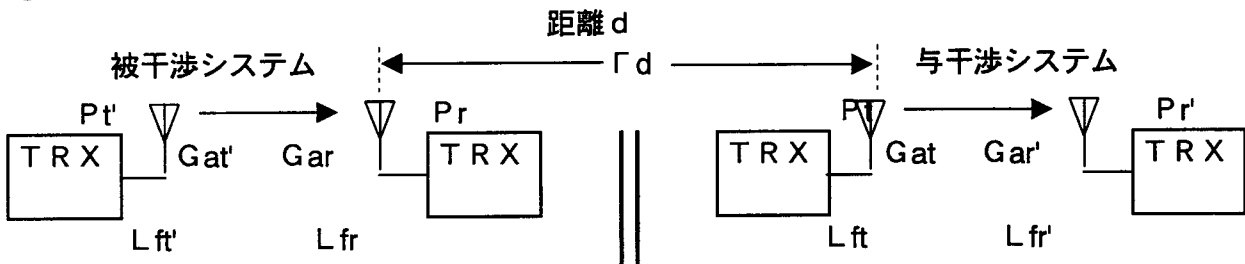


図 1.8 同一空間での干渉モデル

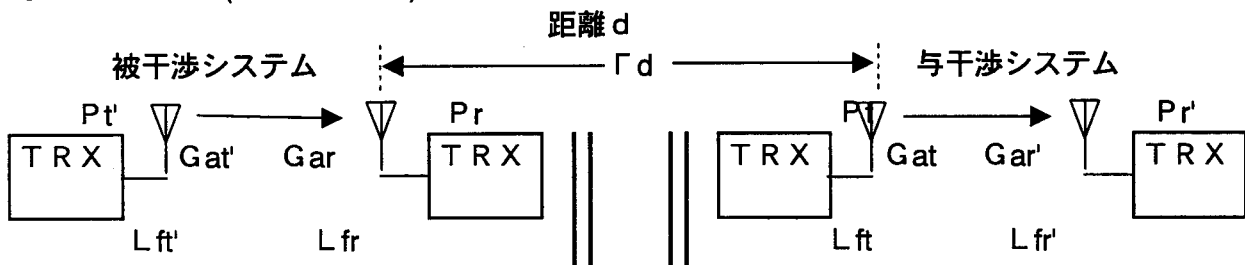
② 屋内と屋外



コンクリート壁×1：損失 17dB

図 1.9 屋内と屋外システムの干渉モデル

③ 屋内と屋内(異なる建物間)



コンクリート壁×2：損失 34dB

図 1.10 屋内と屋内システムの干渉モデル

(3) 干渉波の伝搬損失計算式

① 屋内：3.5 乗則を用いる。

$$\Gamma [\text{dB}] = 40\text{dB} + 10 \times 3.5 \times \log D [\text{dB}] \quad \dots \quad \text{式 1.11}$$

D : 距離[m]

λ : 波長[m] 周波数 : 2,450MHz

② 屋外

奥村カーブ・秦式を用い、システムの想定設置環境によって大都市、中小都市、郊外、開放地を選択する。計算結果を巻末資料に示す。なお、秦式の有効距離は1~20kmであるが、自由空間損失より秦式の損失の方が大きい範囲では、1km未満でも秦式を使用するものとした。

③ 衛星通信 : 自由空間損失を用いる。

$$\Gamma [\text{dB}] = 20 \times \log(4\pi D / \lambda) \quad \dots \quad \text{式 1.12}$$

D : 距離[m]

λ : 波長[m] 周波数 : 2,450MHz

2 小電力データ通信システムからみた干渉の検討

(1) 小電力通信システム間の干渉

① 同一システムからの干渉

同一システムからの干渉、たとえばモデル1→モデル1の場合は、干渉波をノイズとして扱える。先にジャミング・マージン $M_{jam} = 10\text{dB}$ としており、アンテナや送信電力、所要受信入力などが同一条件であるので、干渉波の伝搬損失 Γ_d が標準伝搬モデルの伝搬損失 Γ より 10dB 以上大きければよいことになる。

伝搬損失 Γ_d が 10dB 大きくなる距離を次の表に示す。

なお、FH(モデル3)の場合は相互の同期がランダムであるので、干渉を受ける時間的確立はDSより少ないといえる。

表 2.1 同一モデル間の非干渉距離

	環境	伝送距離	損失計算	伝搬損失 Γ	伝搬損失 Γ_d	非干渉距離
モデル1	屋内	30m	3.5乗則	92dB	102dB	約59m
モデル2	屋内	30m	3.5乗則	92dB	102dB	約59m
モデル3	屋内	30m	3.5乗則	92dB	102dB	約59m
モデル4	屋外	100m	奥村則(郊外)	89dB	99dB	約197m
モデル5	屋外	1km	奥村則(開放)	103dB	113dB	約1.9km

② 相互システムからの干渉

・ 占有帯域幅が希望波より狭い干渉波

干渉波の全電力が希望波の受信帯域内に入るのので、前節と同じくジャミング・マージン $M_{jam} = 10\text{dB}$ として計算する。つまり、干渉波電力が、希望波(標準モデル)の受信電力より 10dB 少なければよいことになる。

・ 占有帯域幅が希望波より広い干渉波

希望波の受信フィルタによって干渉波電力の一部は削除される。つまり、帯域比だけ削減した干渉波電力が、希望波(標準モデル)の受信電力より 10dB 少なければよいことになる。

・ 距離の計算

各モデル相互の非干渉距離を表 6.2 に示す。なお、干渉波の伝搬損失 Γ_d はすべて 3.5 乗則(式 5.4)で計算した。当然、奥村カーブや自由空間損失で計算すると数値が変わることに

なる。また、耐干渉強度(非干渉距離)は非対称になるので、各システム間の距離は長い方の数値を採用しなければならない。

$$\Gamma d[\text{dB}] = 40\text{dB} + 10 \times 3.5 \times \log d [\text{dB}] \quad \dots\dots\dots \text{式 2.1}$$

表 2.2 小電力データ通信システム相互間の非干渉距離

				与干渉システム					
				モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	
			E I R P	30dBm	26dBm	26dBm	23dBm	15dBm	
		耐干渉入力	帯域幅	100MHz	26MHz	26MHz	13MHz	2MHz	
被 干 渉 シ ス テ ム	モデル1 30m	-70dBm	100MHz		26dBm	26dBm	23dBm	15dBm	
					96dB	96dB	93dB	85dB	
					39m	39m	32m	19m	
	モデル2 30m	-76dBm	26MHz		24dBm		26dBm	23dBm	15dBm
					100dB		102dB	99dB	91dB
					51m		58m	49m	28m
	モデル3 30m	-76dBm	26MHz (2MHz)		14dBm	15dBm		15dBm	15dBm
					90dB	81dB		81dB	81dB
					26m	15m		15m	15m
	モデル4 100m	-76dBm	13MHz		21dBm	20dBm	26dBm		15dBm
					97dB	96dB	91dB		91dB
					42m	39m	28m		28m
	モデル5 1 km	-98dBm	2MHz		21dBm	20dBm	26dBm	15dBm	
					119dB	118dB	134dB	113dB	
					178m	167m	477m	120m	

上段：実効干渉波電力(被干渉側の帯域内のE I R P)

中段：必要伝搬損失(与干渉波の伝搬損失)＝

実効干渉電力－耐干渉入力

下段：必要距離

③ リミッタに関する考察

干渉の有無は送受信機がリニア系として計算している。しかし、実際の送受信機はリニア系でない。とくに受信機はリミッタ方式が一般的である。受信機がリミッタ方式の場合は、干渉波の方が希望波より大きいと、希望波が抑圧されるので、リニア系計算上では受信可能でも実際は受信できなくなる。

ただし、本検討では受信帯域内の干渉波電力は希望波より 10dB 小さいとしているので、リミッタの影響はないと考える。

(2) I S M機器からの干渉

表 2.3 I S M機器からの干渉距離

被干渉		小電力データ通信システム				
		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5
		-73dBm	-80dBm	-80dBm	-86dBm	-110dBm
モデル1 電子レンジ (家庭用) EIRP=32dBm アンテナ高：2m	所要損失	106dB	112dB	112dB	118dB	142dB
	自由空間	1.9km	3.9km	3.9km	7.7km	123km
	3.5乗則	75m	112m	112m	167m	800m
	秦式都市	133m	198m	198m	293m	1.5km
	郊外	312m	641m	641m	561m	3.3km
	開放	1.2km	1.8km	1.8km	2.2km	12km
モデル2 電子レンジ (業務用) EIRP=35dBm	所要損失	109dB	115dB	115dB	121dB	145dB
	自由空間	2.7km	5.5km	5.5km	10.9km	17.3km
	3.5乗則	92m	137m	137m	203m	985m
	秦式都市	163m	241m	241m	356m	1.7km
	郊外	379m	561m	561m	830m	3.99km
	開放	1.5km	2.1km	2.1km	3.2km	15.5km
モデル3 医療用	EIRP					
モデル4 加熱用	EIRP					

(3) 移動体識別装置との干渉

表 2.4 小電力データ通信システムから移動体識別装置への干渉

				与干渉システム				
				モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5
		EIRP		32dBm	26dBm	26dBm	23dBm	15dBm
		耐干渉入力	帯域幅	100MHz	26MHz	26MHz	13MHz	2MHz
被干渉	モデル1 構内無線	-98dBm	32kHz	-3dBm	-3dBm	8dBm	-3dBm	-3dBm
				95dB	95dB	106dB	95dB	95dB
				37m	37m	76m	37m	37m
干渉	モデル2 特定 小電力	-97dBm	32kHz	-3dBm	-3dBm	8dBm	-3dBm	-3dBm
				94dB	94dB	105dB	94dB	94dB
				34m	34m	66m	34m	34m

表 2.5 移動体識別装置から小電力データ通信システムへの干渉

				被干渉システム				
				モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5
				耐干渉入力				
		EIRP	帯域幅	70dBm	76dBm	76dBm	76dBm	98dBm
与 干 渉 シ ス テ ム	モデル 1 構内無線	36dBm	32kHz	36dBm	36dBm	36dBm	36dBm	36dBm
				106dB	112dB	112dB	112dB	134dB
				76m	112m	112m	112m	478m
	モデル 2 特定 小電力	21dBm	32kHz	21dBm	21dBm	21dBm	21dBm	21dBm
				91dB	97dB	97dB	97dB	119dB
				28m	42m	42m	42m	178m

どちらも屋内での使用が殆どのため、伝播損失は 3.5 乗則を採用した。

(4) アマチュア無線との干渉

表 2.6 小電力データ通信システムからアマチュア無線への干渉

				与干渉システム				
				モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5
				EIRP				
		耐干渉入力	帯域幅	100MHz	26MHz	2MHz	13MHz	2MHz
被 干 渉 シ ス テ ム	モデル 1	-146dBm 壁×1=17dB	16KHz	-8dBm	-6dBm	-6dBm	-6dBm	-6dBm
				121dB	123dBm	123dBm	123dBm	123dBm
				831m	947m	947m	947m	947m
	モデル 2	-157dBm 壁×1=17dB	16KHz	-8dBm	-6dBm	-6dBm	-6dBm	-6dBm
				132dB	134dBm	134dBm	134dBm	134dBm
				1705m	1943m	1943m	1943m	1943m
	モデル 3	-131dBm 壁×1=17dB	3KHz	-15dBm	-13dBm	-13dBm	-13dBm	-13dBm
				99dB	111dB	111dB	111dB	111dB
				197m	432m	432m	432m	432m
	モデル 4	-116dBm 壁×1=17dB	16MHz	22dBm	24dBm	24dBm	23dBm	15dBm
				121dB	123dB	123dB	122dB	114dB
				831m	947m	947m	887m	526m

表 2.7 アマチュア無線から小電力データ通信システムへの干渉

				被干渉システム				
				モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5
				耐干渉入力	-70dBm	-76dBm	-76dBm	-76dBm	-98dBm
		EIRP	帯域幅	100MHz	26MHz	2MHz	13MHz	2MHz
与干渉システム	モデル 1	44dBm 壁 × 1=17dB	16KHz	44dBm	44dBm	44dBm	44dBm	44dBm
				97dB	103dB	103dB	103dB	125dB
				173m	256m	256m	256m	1079m
	モデル 2	55dBm 壁 × 1=17dB	16KHz	55dBm	55dBm	55dBm	55dBm	55dBm
				97dB	103dB	103dB	103dB	125dB
				173m	256m	256m	256m	1079m
	モデル 3	55dBm 壁 × 1=17dB	3KHz	55dBm	55dBm	55dBm	55dBm	55dBm
				97dB	103dB	103dB	103dB	125dB
				173m	256m	256m	256m	1079m
	モデル 4	55dBm 壁 × 1=17dB	16MHz	55dBm	55dBm	55dBm	54dBm	46dBm
				97dB	103dB	103dB	102dB	127dB
				173m	256m	256m	240m	1230m

(5) MSSとの干渉

① 干渉モデル

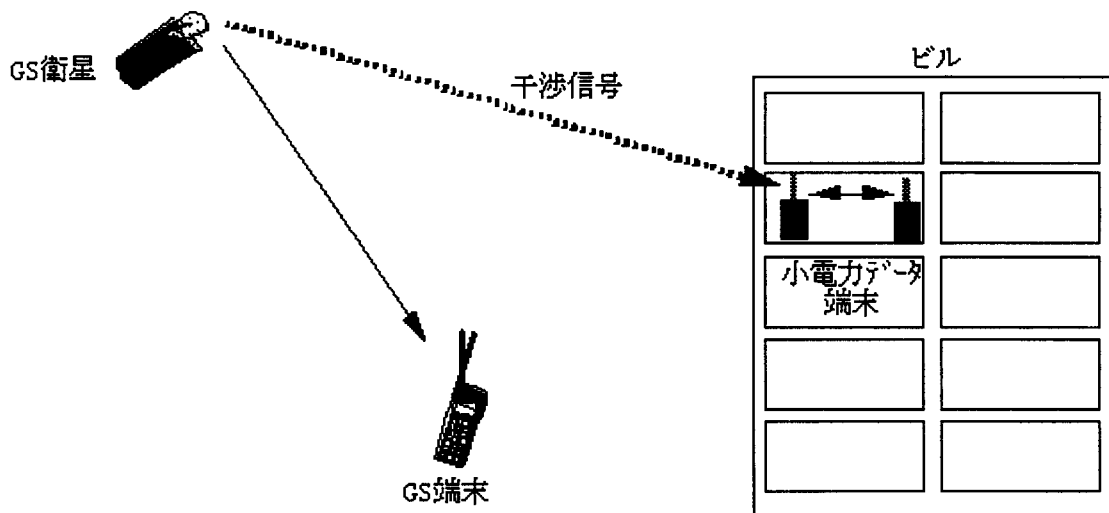


図 2.1 小電力データ端末室内利用時における MSS 衛星からの干渉

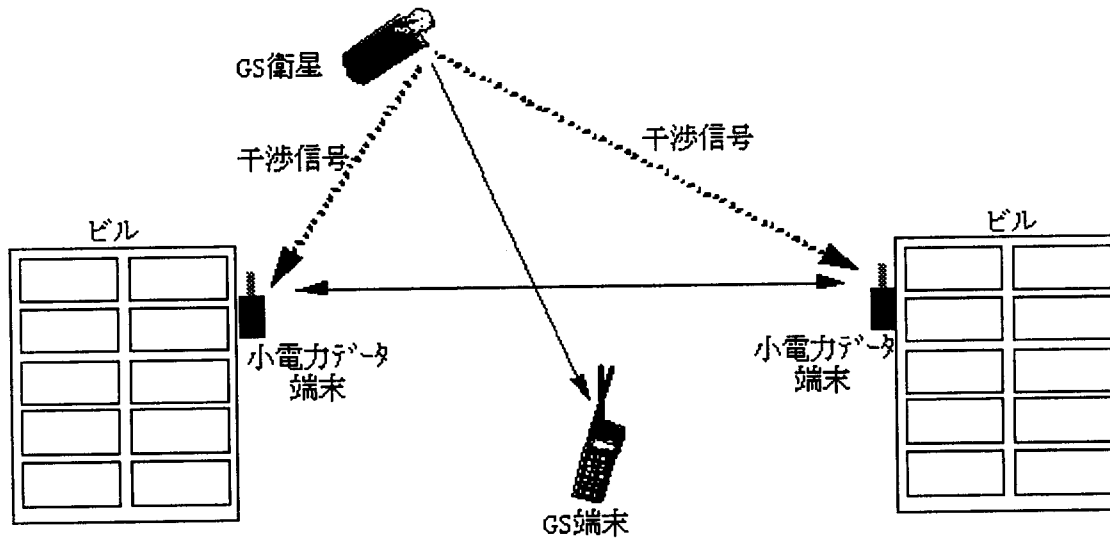


図 2.2 小電力データ端末屋外利用時における MSS 衛星からの干渉

MSS 衛星から小電力データ端末への干渉モデルとしては、図 2.1 に示す小電力データ端末室内利用時における GS 衛星からの干渉、図 2.2 に示す小電力データ端末屋外利用時における GS 衛星からの干渉の 2 通りが考えられる。GS 衛星-小電力データ端末間距離を考えると、GS 衛星が天頂方向に存在する場合に最短距離（衛星高度）となり、最低可視仰角 10 度の位置に存在する場合に最長距離（約 3504km）の関係となる。ここで、音声通話時の無音区間の割合を 60%、室内利用時における小電力データ端末のアンテナ利得を 2.14dB、ケーブルロスを 1.0dB と仮定すると、小電力データ端末における GS 衛星からの受信信号電力レベルは、

最大： $56.33 - 163.4 - 4.0 + 2.14 - 1.0 = -109.93$ dBm

最小： $56.33 - 171.3 - 4.0 + 2.14 - 1.0 = -117.83$ dBm

となる。

但し、MSS 衛星－小電力データ端末間の伝搬損失は、自由空間ロスとして計算している。更に、遮蔽欠損による 23dB の信号減衰を考慮すると、小電力データ端末における MSS 衛星からの受信信号電力レベルは、

最大： $-109.93 - 23.0 = -132.93$ dBm

最小： $-117.83 - 23.0 = -140.83$ dBm

となる。

上記の計算結果より、衛星が天頂方向にあり、かつ、回線がほぼフルに近い状態で利用されている最悪ケースを前提として考えた場合でも、GS 衛星から室内利用時における小電力データ端末への干渉電力レベルは約-133 dBm 程度である。従って、伝送速度 2 Mbit/s の小電力データ端末の耐干渉入力レベル約-80dBm (表 2.1) に比べて、その影響は完全に無視できるものと考えられる。更に、伝送速度 32 kbit/s の小電力データ端末の場合でも、所望の耐干渉入力レベル約-110 dBm より大きく下回るため、ほぼ完全に無視できるものと考えられる。

次に、小電力データ端末の屋外利用時における GS 衛星からの影響について考える。小電力データ端末をビル間等の LAN 間接続用システムとして利用する場合、一般に指向性アンテナ等の高利得アンテナの適用が想定される。そのため、小電力データ端末の受信アンテナ利得を屋内利用時よりも高く見積もる必要がある。例えば、無指向性アンテナに比較して+10 dB の利得アップを想定した場合、小電力データ端末における GS 衛星からの受信信号電力レベルは、

最大： $-109.93 + 10.0 = -99.93$ dBm

最小： $-117.83 + 10.0 = -107.83$ dBm

となる。

ここで、上記計算結果を屋外システムとして利用度の高い伝送速度 1~2 Mbit/s の小電力データ端末の耐干渉入力レベル-76dBm (表 1.1) と比較すると、約 20 dB 以上のマージンが見込めるため、GS 衛星からの干渉信号の影響はほぼ無視できるものと考えられる。更に、上記計算にて仮定したような最悪条件 (衛星が天頂方向にあり、回線がほぼフルに近い状態で利用され、かつ、指向性アンテナのビーム内に衛星が存在する条件) が同時に起こる可能性は極めて低く、GS 衛星から小電力データ端末への干渉は、屋外利用時においてもほぼ完全に無視できるものと予想される。

表 2.8 MSS からの干渉

衛星高度	1414 km
GS 衛星からの最大与干渉総電力 (EIRP)	$46.0 \times 10.8 = 56.33$ dBm
衛星－地表間の自由空間ロス最小値	-163.4 dB
衛星－地表間の自由空間ロス最大値	-171.3 dB
ボイスアクティビティ	0.4 (-4.0 dB)
小電力データ端末のアンテナ利得 (室内利用時)	2.14 dB
小電力データ端末のアンテナ利得 (屋外利用時)	12.14 dB
ケーブルロス	-1.0 dB
遮蔽欠損	23.0 dB
小電力データ端末における干渉電力レベル (屋内利用時)	最大： -132.93 dBm 最小： -140.83 dBm
小電力データ端末における干渉電力レベル (屋外利用時)	最大： -99.93 dBm 最小： -107.83 dBm

(6) VICSとの干渉

① 干渉モデル

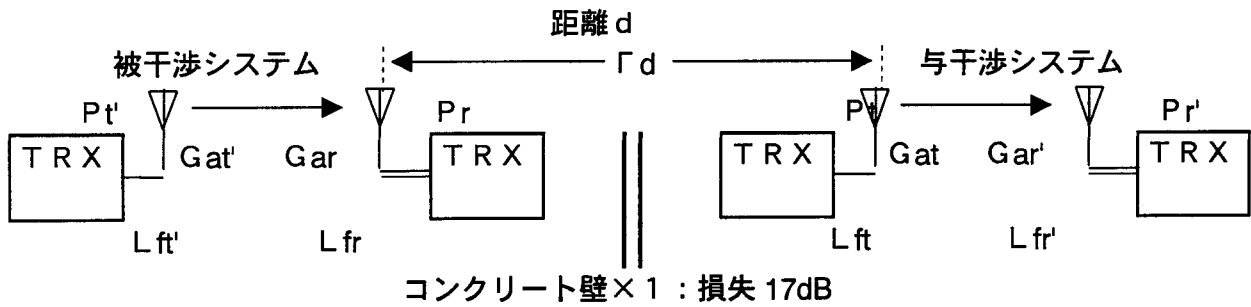


図 2.3 VICSと小電力データ通信システムの干渉モデル

② 伝搬損失計算

VICSと省電力データ通信システムが共存するのは主として都市部あるいは郊外部と思われるので秦式(郊外)を採用する。

③ 計算結果

非干渉距離を下表に示す。上段は実効EIRP, 中段は必要伝搬損失, 下段は非干渉距離である。

表 2.9 小電力データ通信システムからVICSへの干渉

			与干渉システム					
			モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	
		EIRP	32dBm	26dBm	26dBm	23dBm	15dBm	
		耐干渉入力	帯域幅	100MHz	26MHz	26MHz	13MHz	2MHz
被干渉システム	モデル1 路上局	送信のみ	—					
	モデル2 車載局	-75dBm	85kHz	1 dBm	1 dBm	1 dBm	1 dBm	1 dBm
				76dB	76dB	76dB	76dB	76dB
14m				14m	14m	14m	14m	

表 2.10 VICSから小電力データ通信システムへの干渉

			被干渉システム					
			モデル2	モデル3	モデル4	モデル5		
		耐干渉入力	—	—	—	—	—	
		EIRP	70dBm	76dBm	76dBm	76dBm	98dBm	
		帯域幅	100MHz	26MHz	2 MHz	13MHz	2 MHz	
与干渉システム	モデル1 路上局	14dBm	85kHz	14dBm	14dBm	14dBm	14dBm	14dBm
	モデル2 車載局	受信のみ	—	84dB	90dB	90dB	90dB	112dB
				24m	36m	36m	36m	151m

3 移動体識別装置からみた干渉の検討

(1) 移動体識別装置間の干渉

表 3.1 移動体識別装置相互間の干渉距離

				与干渉システム	
				モデル1	モデル2
			EIRP	36dBm	21dBm
		耐干渉入力	帯域幅	32kHz	32kHz
被干渉	モデル1 構内無線	-98dBm	32kHz	36dBm	21dBm
				134dB	119dB
				478m	178m
	モデル2 特定 小電力	-97dBm	32kHz	36dBm	21dBm
				133dB	118dB
				447m	167m

(2) ISM機器からの干渉

表 3.2 ISM機器からの干渉距離

与干渉		被干渉	移動体識別装置	
			モデル1	モデル2
			-98dBm	-97dBm
モデル1 電子レンジ (家庭用) EIRP=32dBm アンテナ高：2m	所要損失		130dB	129dB
	自由空間		3100m	2700m
	3.5乗則		367m	343m
	秦式都市		642m	601m
	郊外 開放		1500m 5800m	1400m 5500m
モデル2 電子レンジ (業務用) EIRP=35dBm	所要損失		133dB	132dB
	自由空間		4400m	3900m
	3.5乗則		447m	419m
	秦式都市		781m	732m
	郊外 開放		1800m 7100m	1700m 6600m
モデル3 医療用	EIRP			
モデル4 加熱用	EIRP			

(3) 小電力データ通信システムとの干渉

表 3.3 移動体識別装置から小電力データ通信システムへの干渉

				与干渉システム	
				モデル1	モデル2
			EIRP	36dBm	21dBm
		耐干渉入力	帯域幅	32kHz	32kHz
被干渉システム	モデル1	-70dBm	100MHz	36dBm	21dBm
	10Mbps DS			106dB	91dB
				76m	28m
	モデル2	-76dBm	26MHz	36dBm	21dBm
	2Mbps DS			112dB	97dB
				112m	42m
	モデル3	-76dBm	2MHz	36dBm	21dBm
	1Mbps FH			112dB	97dB
				112m	42m
	モデル4	-76dBm	13MHz	36dBm	21dBm
	256kbps DS			112dB	97dB
				112m	42m
モデル5	-98dBm	2MHz	36dBm	21dBm	
32kbps DS			134dB	119dB	
			478m	178m	

表 3.4 小電力データ通信システムから移動体識別装置への干渉

				被干渉システム	
				モデル1	モデル2
			耐干渉入力	-98dBm	-97dBm
		EIRP	帯域幅	32kHz	32kHz
与干渉システム	モデル1	32dBm	100MHz	-3dBm	-3dBm
	10Mbps DS			95dB	94dB
				37m	34m
	モデル2	26dBm	26MHz	-3dBm	-3dBm
	2Mbps DS			95dB	94dB
				37m	34m
	モデル3	26dBm	2MHz	8dBm	8dBm
	1Mbps FH			106dB	105dB
				76m	66m
	モデル4	23dBm	13MHz	-3dBm	-3dBm
	256kbps DS			95dB	94dB
				37m	34m
モデル5	15dBm	2MHz	-3dBm	-3dBm	
32kbps DS			95dB	94dB	
			37m	34m	

(4) アマチュア無線との干渉

表 3.5 移動体識別装置からアマチュア無線への干渉

				与干渉システム	
				モデル 1	モデル 2
				E I R P	
		耐干渉入力	帯域幅	32kHz	32kHz
被 干 渉 シ ス テ ム	モデル 1	-146dBm	16kHz	33dBm	18dBm
	中継局	壁×1=17dB		179-17dB	164-17dB
	音声通信	郊外		11km	4.5km
	モデル 2	-157dBm	16kHz	33dBm	18dBm
	固定局 1	壁×1=17dB		190-17dB	175-17dB
	音声通信	郊外		22km	9km
	モデル 3	-131dBm	3kHz	26dBm	11dBm
	固定局 2	壁×1=17dB		157-17dB	142-17dB
	音声通信	郊外		2.9km	1.1km
	モデル 4	-104dBm	16kHz	33dBm	18dBm
	固定局 3	壁×1=17dB		137-17dB	122-17dB
	映像通信	郊外		780m	291m

表 3.6 アマチュア無線から移動体識別装置への干渉

				被干渉システム	
				モデル 1	モデル 2
				耐干渉入力	
		E I R P	帯域幅	32kHz	32kHz
与 干 渉 シ ス テ ム	モデル 1	44dBm	16kHz	44dBm	44dBm
	中継局	壁×1=17dB		142-17dB	141-17dB
	音声通信	郊外		1.1km	1.0km
	モデル 2	55dBm	16kHz	55dBm	55dBm
	固定局 1	壁×1=17dB		153-17dB	152-17dB
	音声通信	郊外		2.2km	2.1km
	モデル 3	55dBm	3kHz	55dBm	55dBm
	固定局 2	壁×1=17dB		153-17dB	152-17dB
	音声通信	郊外		2.2km	2.1km
	モデル 4	55dBm	16kHz	55dBm	55dBm
	固定局 2	壁×1=17dB		153-17dB	152-17dB
	映像通信	郊外		2.2km	2.1km

(5) M S S との干渉

表 3.7 移動体識別装置からM S S への干渉

				与干渉システム	
				モデル1	モデル2
				E I R P	
		耐干渉入力	帯域幅	36dBm	21dBm
				32kHz	32kHz
被 干 渉 シ ス テ	モデル1	送信のみ	1.25MHz		
	衛星局				
	モデル2	-110dBm		36dBm	21dBm
	端末局	壁×1=17dB		146-17dB	131-17dB
		都市		600m	210m

表 3.8 M S S から移動体識別装置への干渉

				被干渉システム	
				モデル1	モデル2
				耐干渉入力	
		E I R P	帯域幅	-98dBm	-97dBm
				32kHz	32kHz
与 干 渉 シ ス テ	モデル1	57dBm	16.5MHz	57dBm	57dBm
	衛星局	壁×1=17dB		155-17dB	154-17dB
	高度	自由空間		80km	71km
		1414km			
	モデル2	受信のみ			
	端末局				

(6) VICSとの干渉

表 3.9 移動体識別装置からVICSへの干渉

				与干渉システム	
				モデル1	モデル2
				EIRP	
		耐干渉入力	帯域幅	32kHz	32kHz
被干渉システム	モデル1 路上局	送信のみ			
	モデル2 車載局	-75dBm 壁×1=17dB 郊外	85kHz	36dBm 111-17dB 142m	21dBm 96-17dB 53m

表 3.10 VICSから移動体識別装置への干渉

				被干渉システム	
				モデル1	モデル2
				耐干渉入力	
		EIRP	帯域幅	32kHz	32kHz
与干渉システム	モデル1 路上局	14dBm 壁×1=17dB 郊外	85kHz	10dBm	10dBm
				108-17dB	107-17dB
				117m	110m
	モデル2 車載局	受信のみ			

4 まとめ

2. 4 GHz 帯周波数共用モデルによる与・被干渉距離の計算結果を表 4 に示す。小電力データ通信システムは主流と考えられるモデル 2、3 を中心にシステム全体を整理した。

表 4 各システム間の干渉距離

被干渉 与干渉		小電力データ		移動体識別	アマチュア無線	MSS	VIC S	ISM
		モデル 2	モデル 3					
小電力データ	モデル 2	—	15 m	37 m	432 m ～1943 m	81 m ～430m	14 m	
	モデル 3	58 m	—	76 m	432 m ～1943 m	170m～ 890m	14 m	
移動体識別		42 ～112 m	42 ～112 m	167 ～478 m	291 m ～2.2 Km	210m～ 600m	53～ 142 m	
アマチュア無		256 m	256 m	1.0 Km ～2.2 Km				
MSS		干渉レベル以下	干渉レベル以下	干渉レベル以下				
VICS		36 m	36 m	117 m				
ISM		1.8 km ～ 2.1 km	1.8 km ～ 2.1 km	5.5 km ～ 7.1 km				

注：干渉距離は、使用周波数が同一であると仮定して計算している。

干渉実験に係る検討

1 実験目的と方法

(1) 目的

使用周波数を拡張した小電力データ通信システムが移動体識別装置に与える干渉、および電子レンジが移動体識別装置に与える干渉を測定し、計算で得た干渉距離の妥当性を確認する。

(2) 方法

電波暗室内に供試移動体識別装置と干渉波発生源を適当な距離を置いて設置し、干渉レベルおよび干渉方向を変化させて、移動体識別装置(計 6 機種)の動作の正常/異常を確認した。

干渉源としては、レベルの正確さを期すために、小電力データ通信システムの代わりに拡散変調が可能な標準信号発生器(SG)を用いた。また、電子レンジはSGで等価が困難なため、あらかじめ漏洩電力を測定した業務用電子レンジ(出力 1.4kW)を用いた。

なお、今回の実験においては、FH方式から移動体識別装置への送信タイミングが機種毎に異なるため、定量的な評価が困難であることから、FH方式については、ホッピングを停止した状態で移動体識別装置に干渉を与えた最悪値をDSの測定結果から算出し、評価しているため、FH方式の装置を用いての実験は実施していない。

干渉方向を変化させたのは、移動体識別装置のアンテナの指向性による干渉距離の変化を測定するためのもので、移動体識別装置質問器の正面を0度とし、45度間隔で180度まで変化させた。

(3) 拡散変調可能なSGを干渉源とした実験系統

移動体識別装置(RF-ID)系は、ターンテーブル上で質問器を中心に回転させた。通信距離はRF-IDのカタログ仕様に合わせた。通信距離が2mを越えるものは正面のみの測定となった。

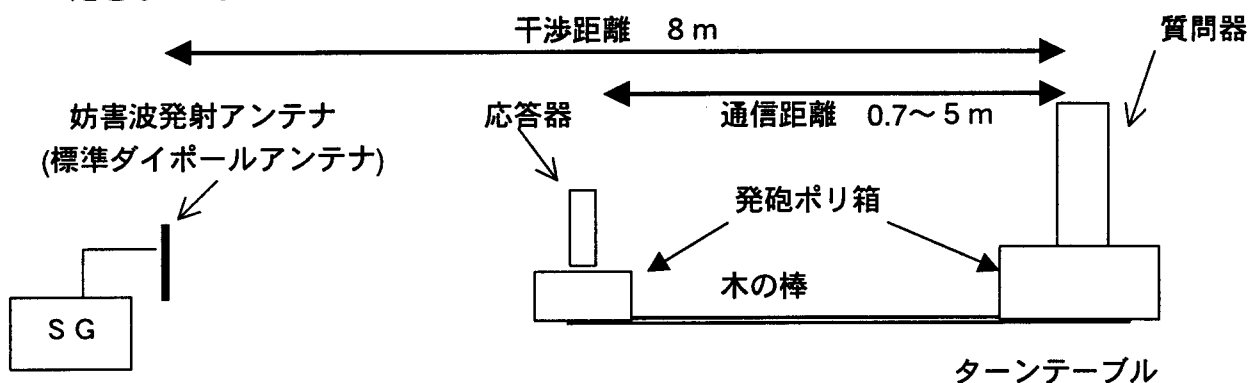
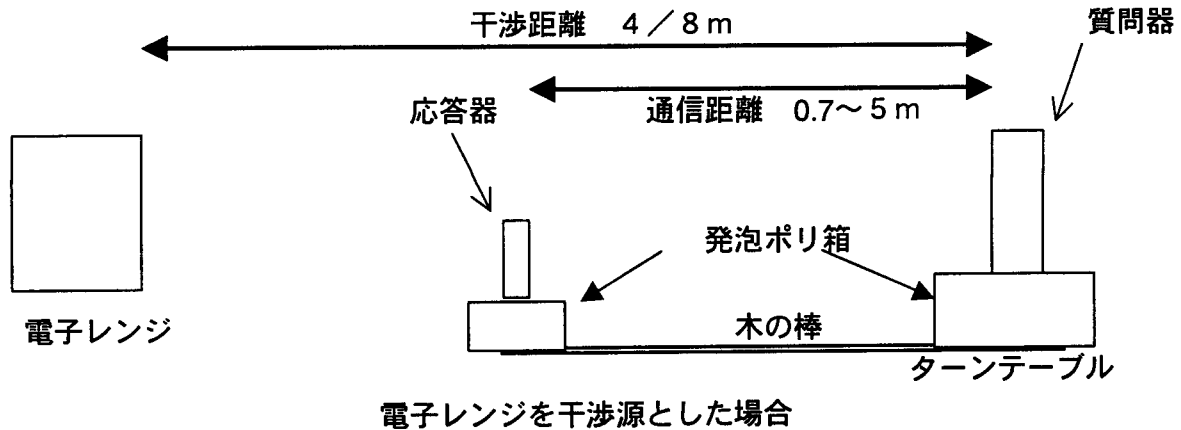


図1 SGを干渉源とした場合

(4) 電子レンジを干渉源とした実験系統

電子レンジは400ccの水を負荷として動作させた。電子レンジ正面(扉側)の輻射電力は約22dBであった。移動体識別装置(RF-ID)系は、ターンテーブル上で質問器を中心に回転させた。通信距離はRF-IDのカタログ仕様に合わせた。通信距離が2mを越えるものは正面のみの測定となった。



2 実験結果

8 mあるいは4 mの距離で干渉しないときのSGの出力を、10mW/MHzの小電力データ通信システムの干渉距離(3.5乗則)に換算した値を表1に示す。また、電子レンジについては、質問器正面からの干渉の度合いを、○：干渉を受けずに通信可能、△：干渉でエラーを生じるときもあるが通信可能、×：通信不可で表した。

表中の計算値欄は、移動体識別装置の出力10mWで通信距離2 mのときの、小電力データ通信システム(DS無線LAN)および電子レンジ(輻射電力32dBm~35dBm)からの干渉距離計算値である。なお、実験結果の詳細は別紙に示す。

表1 無線LAN(SG)に関する実験結果

移動体識別装置の条件			干渉距離換算値			備考
送信出力	通信距離	正面	側面	背面		
A社	10mW	2 m	69m	79m	69m	計算値 (DS) 37m
B社	10mW	2 m	17m	5 m	6 m	
		5 m	44m	-	-	
C社	10mW	2 m	19m	5 m	5 m	
		5 m	61m	-	-	
D社	3 mW	2 m	84m	23m	11m	
D社	10mW	3 m	50m	-	-	
E社	300mW	0.7m	6 m	5 m	6 m	

表2 電子レンジに関する実験結果

移動体識別装置の条件			電子レンジ(正面)		備考
送信出力	通信距離	4 m	8 m		
A社	10mW	2 m	×	×	計算値 5.5k ~ 7.1km
B社	10mW	2 m	-	-	
		5 m	△	-	
C社	10mW	2 m	-	-	
		5 m	△	△	
D社	3 mW	2 m	-	△	
D社	10mW	3 m	-	△	
E社	300mW	0.7m	○	○	

-：未実施、○：干渉なし、△：エラー有り、×：通信不可

3 実験の考察

(1) 小電力データ通信システムからの干渉

小電力データ通信システム(DS無線LAN)から移動体識別装置への干渉距離は、実験値と計算値がほぼ一致しており、想定条件および計算過程が適切であったと判断できる。また、正面以外からの干渉の場合はアンテナの指向性のため、干渉を受けにくくなっている。アンテナ利得が10dB程度のときは前後比、前横比(90度方向)を20dB程度確保できると思われる。

なお、A社のように計算値に比べて実験値の干渉距離の方が長いものもあるが、質問器形状が小さくてアンテナ利得が低いためと考える。アンテナ利得が低い場合は、正面以外の方向からも干渉を受けやすいことがわかる。

(2) 電子レンジからの干渉

電子レンジから移動体識別装置への干渉距離は、計算値より実験値の方が極端に短くなっている。これは、実験に用いた電子レンジの輻射出力が計算に用いた値より低いため、および電子レンジのスペクトラムが干渉にとって必ずしも最悪条件になっていないためと思われる。

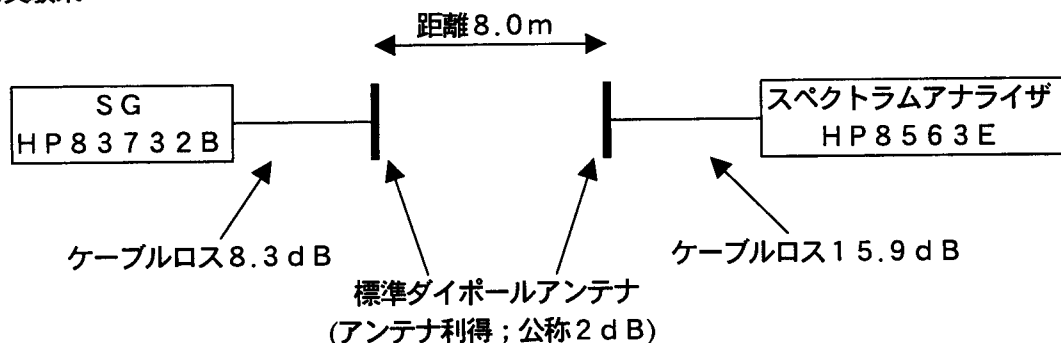
電子レンジと移動体識別装置は現在でも大きな問題がなく共存しているので、多くの場合の干渉距離は実験値、すわわち数m～数10m程度と考えるのが妥当である。

なお、詳細な測定データ、観測されたスペクトラムアナライザの波形データについては、別紙に示す。

RF-IDに対する、疑似SS電波及び電子レンジ放射による干渉実験（詳細報告）

1. 伝搬環境の確認

(1) 実験系

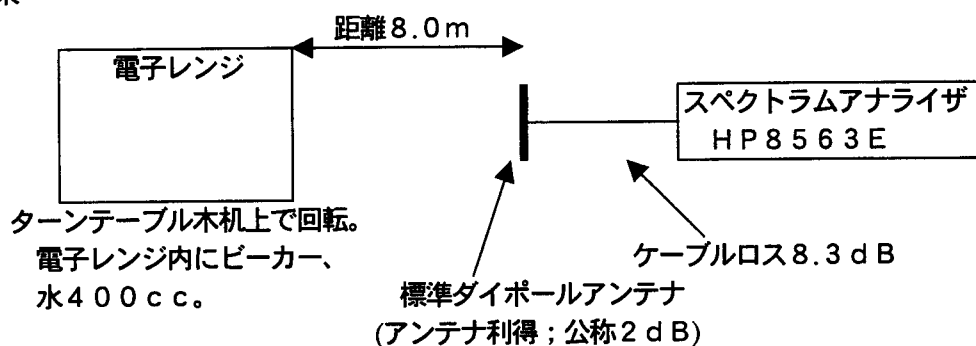


(2) 結果

SG出力 +10.0 dBmに対して、スペクトラムアナライザの読み -67.06 dBm。よって、空間の減衰は56.86 dB。自由空間における理論値(距離8.0m)は58 dB。以上から、この空間は、ほぼ自由空間に等しい伝搬環境であると判断する。1.14 dBの差は、アンテナケーブルからの漏れによる伝搬ではないかと推測される。

2. 電子レンジからの放射の測定

(1) 実験系



使用した電子レンジ

コンビニエンスストア、ファミリーレストランなどで使用される業務用。高周波定格出力1400W。マグネトロン2本使用。

(2) 結果

2分間MAX HOLDし、ピーク値をよみ、系全体のロス63.16 dBを補正し、放射電力とする。

正面	21.9 dBm
右側面	7.92 dBm
左側面	13.26 dBm
背面	5.75 dBm

(3) 追加 電子レンジからの放射については、28日になって、木机上に置いた場合と発泡スチロール上に置いた場合とで、差があることが判明したため、追加の測定を行った。また、距離4mの場合や、電子レンジ内に負荷(ビーカーの水400cc)を置かない場合についても、測定を行った。

(a) 27日の測定

電子レンジ負荷あり、距離 8 m、正面	14.78 dBm
電子レンジ負荷なし、距離 8 m、正面	27.95 dBm
電子レンジ負荷あり、距離 4 m、正面	20.71 dBm

(b) 28日の測定

(TR 27の条件と合わせるため、スペクトラムアナライザの設定を

RB=1MHz, VB=1MHz, 中心周波数=2450MHz, スパン=100MHz, SWEEP=1sec とした)

電子レンジ負荷あり、木机上、距離 8 m、正面	24.75 dBm
電子レンジ負荷あり、木机上、距離 8 m、右側面	6.46 dBm
電子レンジ負荷あり、木机上、距離 8 m、左側面	13.69 dBm
電子レンジ負荷あり、木机上、距離 8 m、背面	8.02 dBm
電子レンジ負荷あり、30cm発泡スチロール上、距離 8 m、正面	24.96 dBm

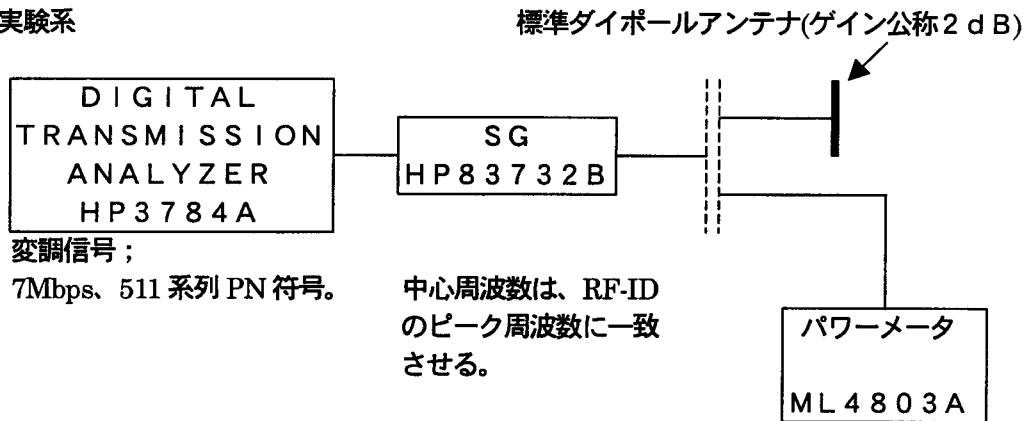
電子レンジの輻射スペクトラムのハードコピーは、別添に示す。

(4) まとめ

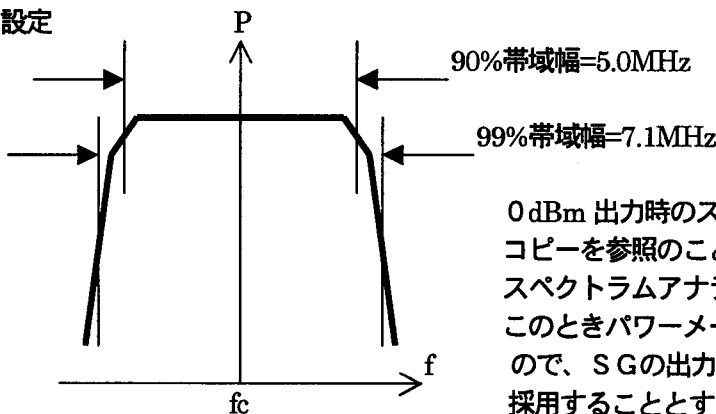
輻射は、正面側がもっとも大きいことが確認された。また、時間的に不規則で、再現性が低いことも確認された。負荷がある場合には右上がりの三角形のようなスペクトラムが観測されるが、負荷がない場合には大きなピークが2つ現れた。これは、発振周波数が異なる2本のマグネトロンが搭載されているためと考えられる。また、負荷がある場合には、電波が吸収されることによって、スペクトラムが変わるものと考えられる。

3. 疑似DSSS妨害源の設定

(1) 実験系



(2) 設定



4. RF-IDへの疑似DSSS妨害実験

(1) 各社RF-IDシステムの概要

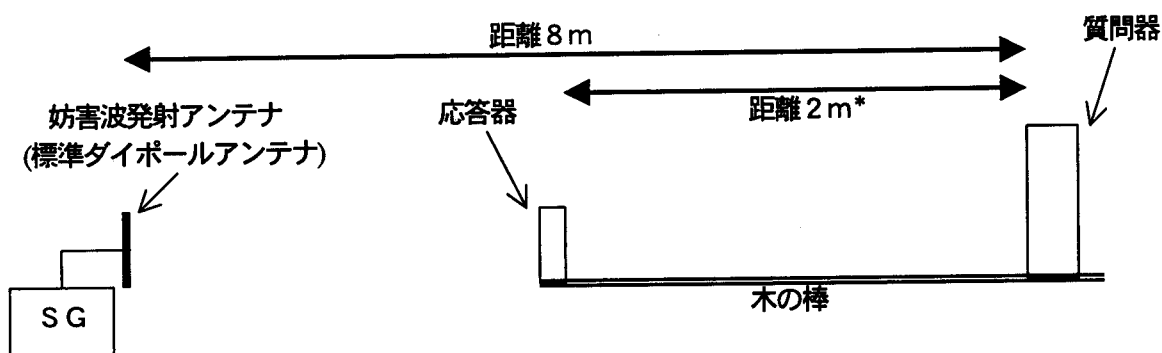
メーカー	フレーム長	伝送速度	出力	公称サービス距離
A社	約800バイト	31.25kbps	10mW	1.5m
B社	48バイト	38.4kbps	10mW	5m
C社	約200バイト	31.25kbps	10mW	5m
D社(1)	1kバイト/100バイト	276kbps	3mW	2m
D社(2)	48ビット	16kbps	10mW	3m
E社	10バイト	31kbps	300mW	70cm

B社の質問器のアンテナの指向性：半値角 = 30°

A社のサービス距離は公称1.5mだが、今回の実験は、A社内の判定基準2mで実施。

(2) 実験系

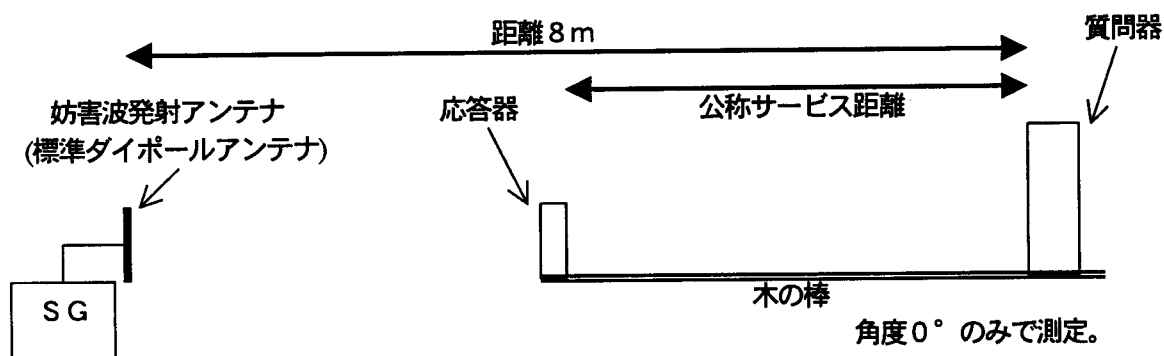
(a) RF-IDの質問器-応答器間距離が2m*の場合



RF-ID系は、ターンテーブル上で質問器を中心に回転させ、0、45、90、135、180の各角度で測定を行う。

*ただし、E社の製品については、公称サービス距離が70cmなので、質問器-応答器間距離を70cmにした。

(b) RF-IDの質問器-応答器間距離が公称サービス距離の場合



角度0°のみで測定。

* ただし、E社の製品と、D社の3mW機については、(a)の実験内容と重なるので、省略。

(3) 評価方法

RF-IDシステムは、無線LAN機器などと違って、BERやPLRを簡単に測定できるようにはなっていないので、実際の使用状態において各社の担当者が通信状況を判断し、「OK、グレーゾーン、NG」の3段階にわたる評価方法を採用した。

(4)実験結果

(a) RF-IDの質問器-応答器間距離が2m*の場合…SG出力の読みを示す。

メーカー 角度	A社			B社			C社		
	NG	グレー	OK	NG	グレー	OK	NG	グレー	OK
0	-18	-19~-20	-21	+4	+3~+1	0	+3	+2~0	-1
45	-20	-21~-22	-23		+20		+14	+13~+11	+10
90	-20	-21~-22	-23		+19				+20
135	-15	-16~-20	-21			+20			+20
180	-17	-18~-20	-21	+18		+17			+20

メーカー 角度	D社(3mW機)			D社(10mW機)			E社		
	NG	グレー	OK	NG	グレー	OK	NG	グレー	OK
0	-22	-23	-24	+5	+4~+2	+1	+18	+19~+16	+15
45	-2	-3	-4	+15	+14~+13	+12	+20	+19	+18
90	-1	-2~-3	-4			+20			+20
135	+6	+5~+4	+3			+20			+20
180	+11	+10~+8	+7		+20~+19	+18			+20

*ただし、E社の製品については、公称サービス距離が70cmなので、質問器-応答器間距離を70cmにした。

(b) (a)への追加測定と追加実験結果

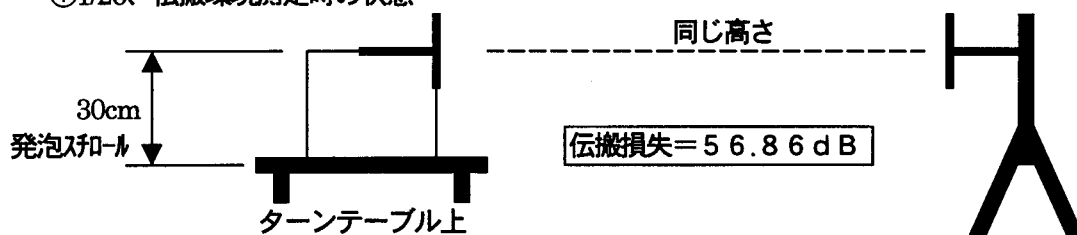
C社の測定時だけ、タグの固定方法が異なっていたので、再測定を行った。(1/27)

メーカー 角度	C社		
	NG	グレー	OK
0	-11	-12~-14	-15
45			
90			
135			
180			

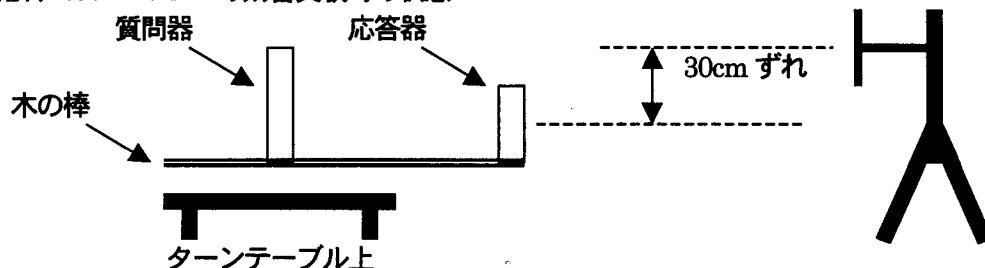
左の結果、(a)の測定結果と約14dBの違いがあることが確認されたため、伝搬系の再測定を行った。

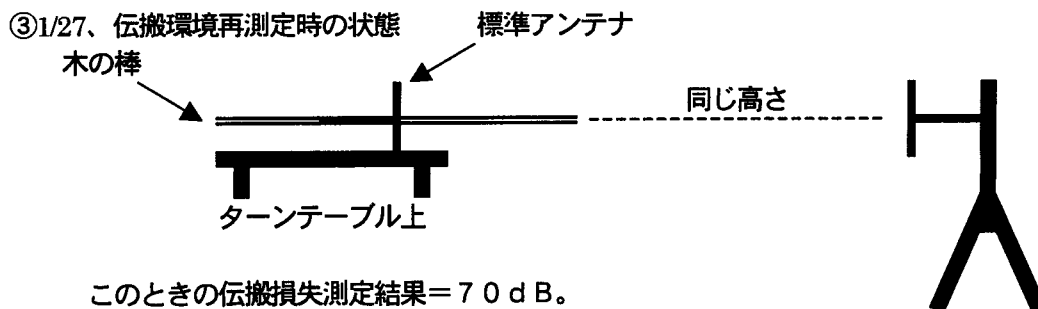
伝搬環境の再測定

①1/26、伝搬環境測定時の状態



②1/27、RF-IDへの妨害実験時の状態





このときの伝搬損失測定結果=70 dB。
すなわち、アンテナを木の棒の直近に置くと、13.14 dBの差が出ることを確認された。この結果から、横河電子機器の測定結果の相違は、アンテナの設置方法の相違によると考えられる。

(c) RF-IDの質問器-応答器間距離が公称サービス距離の場合…SG出力の読みを示す。

メーカー 公称距離 角度	A社* ¹ 1.5 m			B社* ² 5 m			C社* ² 5 m		
	NG	グレー	OK	NG	グレー	OK	NG	グレー	OK
0				-10	-11~-13	-14	-16	-17~-18	-19
45									
90									
135									
180									

メーカー 公称距離 角度	D社(3mW機)* ³ 2 m			D社(10mW機)* ² 3 m			E社* ³ 70 cm		
	NG	グレー	OK	NG	グレー	OK	NG	グレー	OK
0				-12	-13~-15	-16			
45									
90									
135									
180									

*¹ A社の公称距離は1.5 mだが、今回の実験は、A社内の判定基準2 mで行ったため、(a)の実験内容と重なるので、省略。

*² ターンテーブル上で回転させられないため、角度0°のみ測定。

*³ E社と、D社の3 mW機については、(a)の実験内容と重なるので、省略。

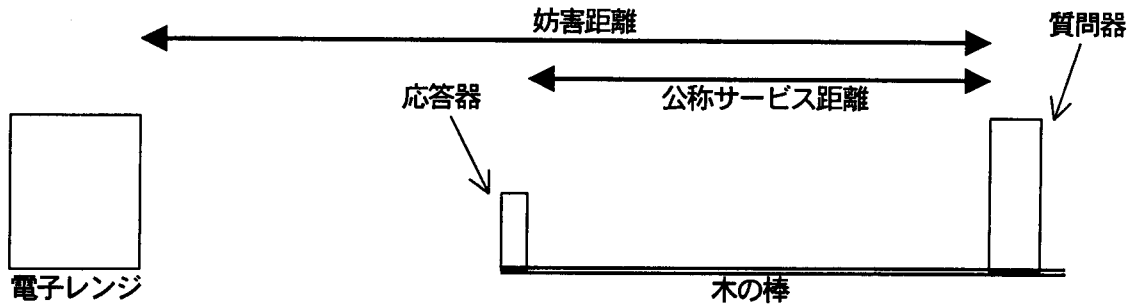
(d) (c)への追加測定

D社(10mW機)のデータが、距離が2 mから3 mになったことで、異常に悪化したので、確認のため距離2 mで追加の再測定を行った。

メーカー 測定距離 角度	D社(10mW機) 2 m		
	NG	グレー	OK
0	-3	-4~-6	-7
45			
90			
135			
180			

5. RFIDへの電子レンジからの妨害実験

(1)実験系



角度0°のみで測定。

(2)評価方法

4.(2)と同様の方法とする。表記の方法は下記の通り。

「エラーなし」…ある程度の時間測定し、エラーが発生しない、と判断された状態。

「エラーあり」…通信成功とエラー発生が混在する状態。

「通信不可」…エラーが連続的に発生し、通信がまったく成立しないと判断された状態

(3)実験結果

メーカー 妨害距離 角度	E社		B社	C社		A社
	8m	4m	4m	4m	8m	8m
0	エラーなし	エラーなし	エラーあり	エラーあり	エラーあり	通信不可
45			エラーあり	エラーあり	エラーあり	通信不可
90			エラーあり	エラーあり	エラーあり	通信不可
135			エラーあり	エラーあり	エラーなし	通信不可
180			エラーあり	エラーなし	エラーなし	通信不可

メーカー 機種 妨害距離 角度	D社		
	3mW機		10mW機
	8m ①	8m ②	8m ③
0	通信不可	エラーあり	エラーあり
45	通信不可	エラーあり	エラーあり
90	通信不可	エラーあり	エラーあり
135	エラーあり	エラーあり	エラーあり
180	エラーあり	エラーあり	エラーあり

D社のバケットフォーマット

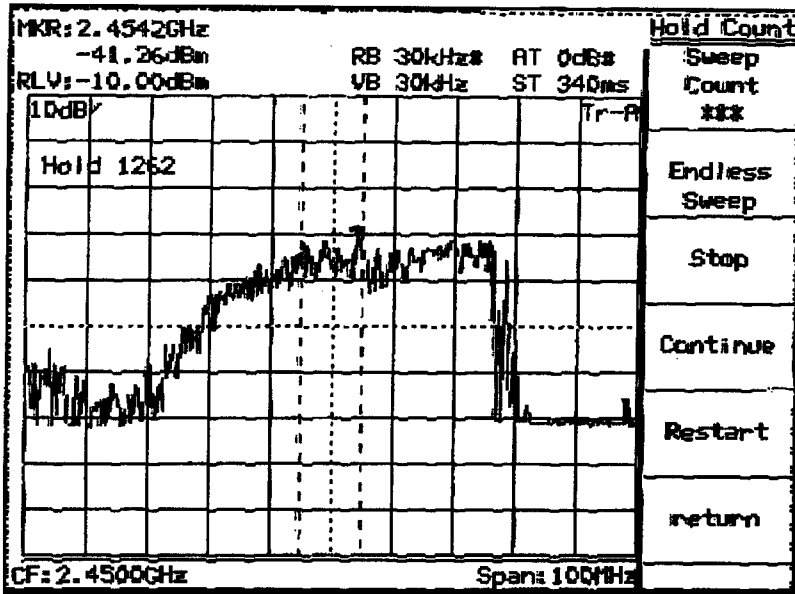
①データ長 1000byte,276kbps

②データ長 100byte,276kbps

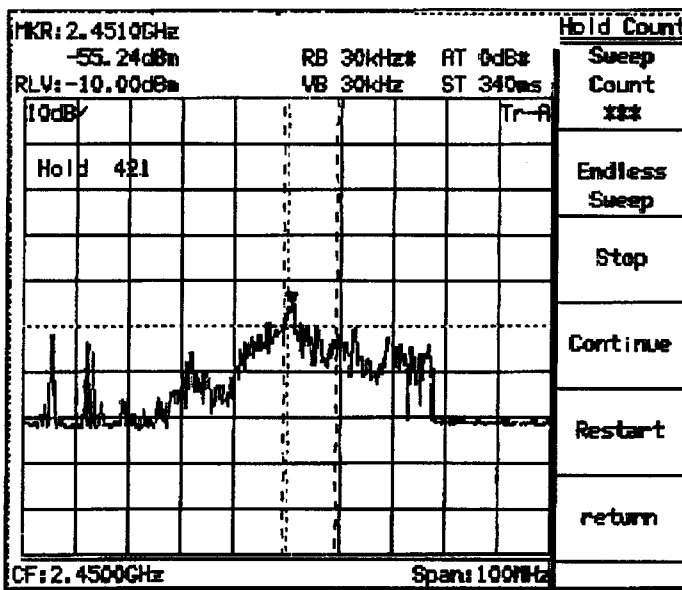
③データ長 48bit,16kbps

以上

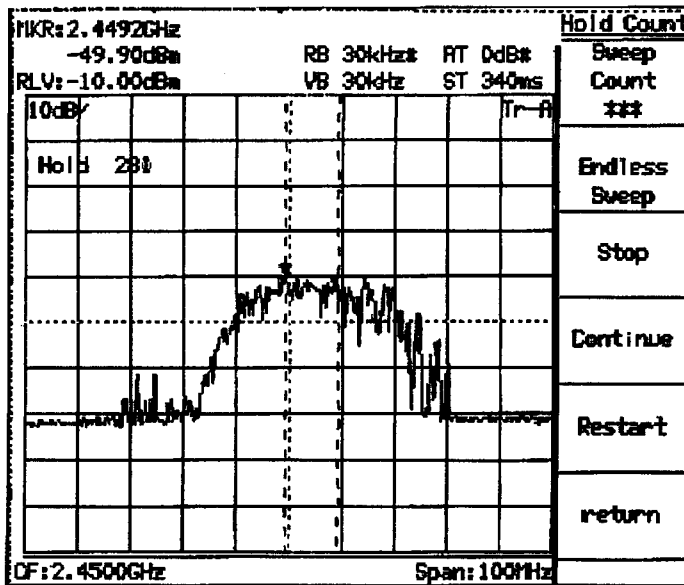
質問器一応答器間距離/角度	自由空間距離 R (m)	3 乗損距離 R (m)		3.5 乗損距離 R (m)		電磁損 (dB)		規格送信電力 (dBm)		被干渉 S/G 出力値 (dBm)		1MHz 換算電力 (dBm)		測定距離 (m)		測定電磁損 (dB)		周波数 f (MHz)		波長 λ (m)		基地高さ hb (m)		移動高さ hm (m)		送信利得 (dB)		ケーブ/吹 (dB)						
		R (m)	R (m)	R (m)	(dB)	P (dBm)	感度 (dBm)	SG (dBm)	電力 (dBm)	距離 (m)	(dB)	f (MHz)	入 (m)	hb (m)	hm (m)	(dB)	(dB)	(MHz)	λ (m)	hb (m)	hm (m)	(dB)	(dB)											
A社/2m/0°	1,652	140	69	105	10	-93	-21	-28	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	8.3						
	45°	2,080	163	79	107	-95	-23	-30	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	8.3						
	90°	2,080	163	79	107	-95	-23	-30	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3					
	135°	1,652	140	69	105	10	-93	-21	-28	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3				
	180°	1,652	140	69	105	10	-93	-21	-28	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3				
	B社/2m/0°	147	28	17	84	10	-72	0	-7	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3				
45°		15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3					
90°		17	6	65	10	-53	19	12	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3					
135°		15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3				
180°		21	8	67	10	-55	17	10	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3				
B社/5m/0°		738	82	44	98	10	-86	-14	-21	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3				
	C社/2m/0°	165	30	19	85	10	-73	-1	-8	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3				
45°		47	13	74	10	-62	10	3	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3					
90°		15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3				
135°		15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3			
180°		15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3			
C社/5m/0°		1,312	120	61	103	10	-91	-19	-26	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3			
	D社(3mW)/2m/0°	2,334	176	84	108	10	-96	-24	-31	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3			
		45°	233	38	23	88	-76	-4	-11	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3			
		90°	233	38	23	88	-76	-4	-11	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
		135°	104	22	14	81	-69	3	-4	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
		180°	66	16	11	77	-65	7	0	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
D社(10mW)/2m/0°		131	26	16	83	10	-71	1	-6	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3			
	45°	37	11	72	10	-60	12	5	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3			
	90°	15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3			
	135°	15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
	180°	19	7	5	66	-54	18	11	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
	D社(10mW)/3m/0°	929	95	50	100	10	-88	-16	-23	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
E社/70cm/0°		26	9	6	69	10	-57	15	8	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
		45°	19	7	5	66	-54	18	11	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3	
		90°	15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3	
		135°	15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3
		180°	15	6	64	10	-52	20	13	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3



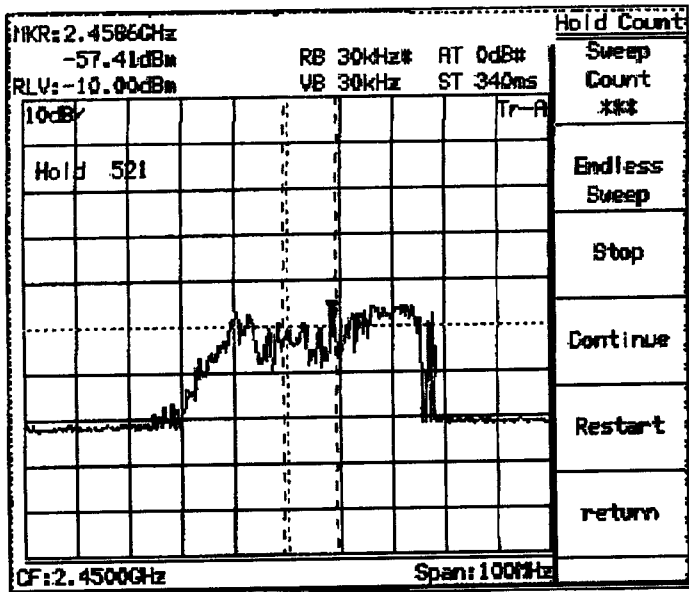
波形1
電子レンジ
1/26
正面、距離8m
負荷あり
2分間MAX HOLD



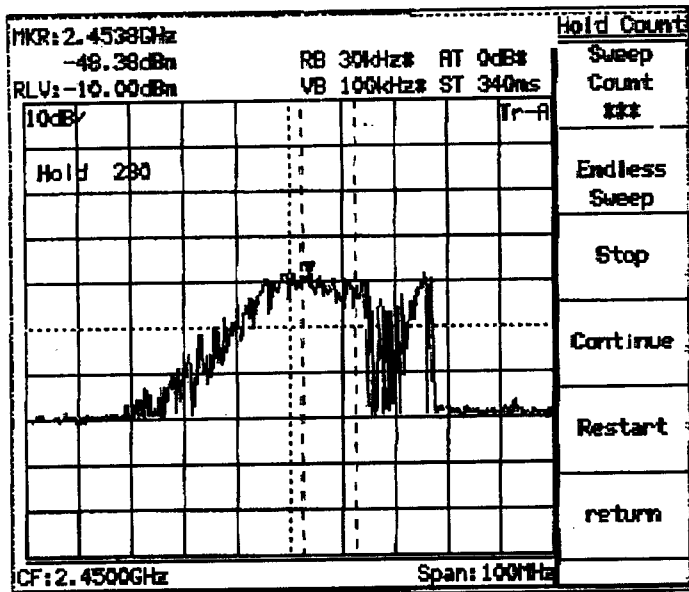
波形2
電子レンジ
1/26
右側面、距離8m
負荷あり
2分間MAX HOLD



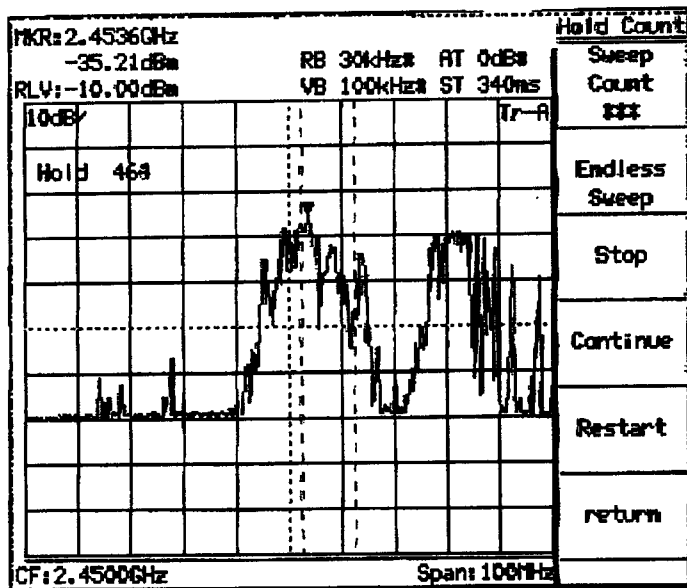
波形3
電子レンジ
1/26
左側面、距離8m
負荷あり
2分間MAX HOLD



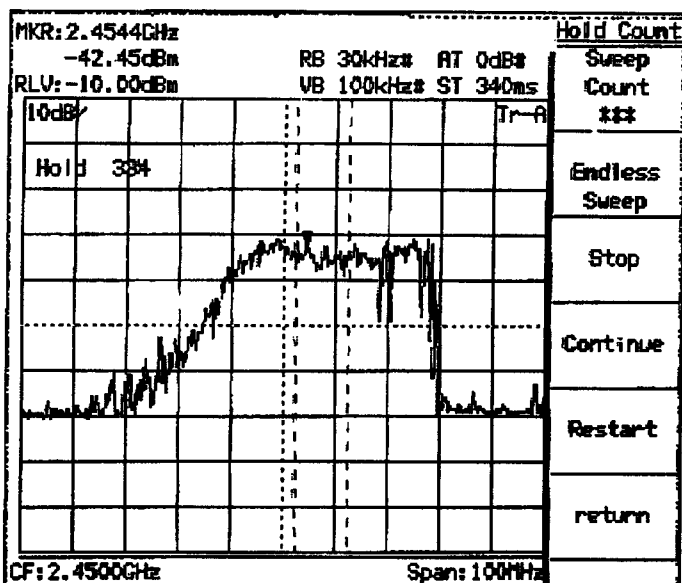
波形4
電子レンジ
1/26
背面、距離8m
負荷あり
2分間MAX HOLD



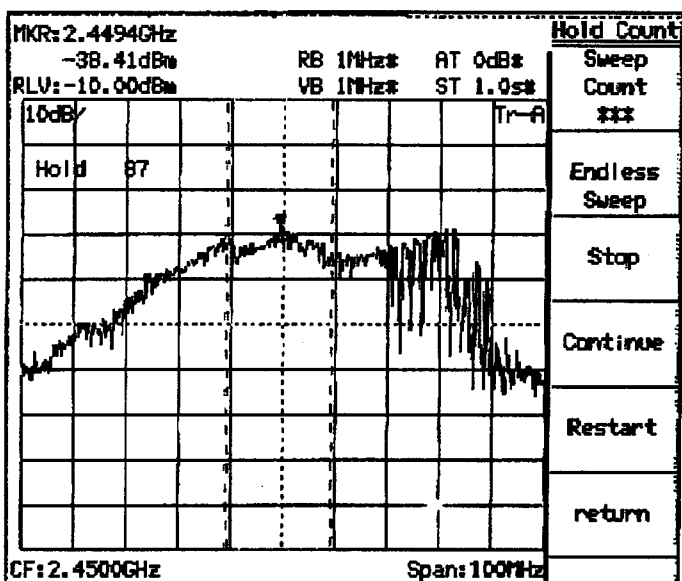
波形5
電子レンジ
1/27
正面、距離8m
負荷あり
MAX HOLD



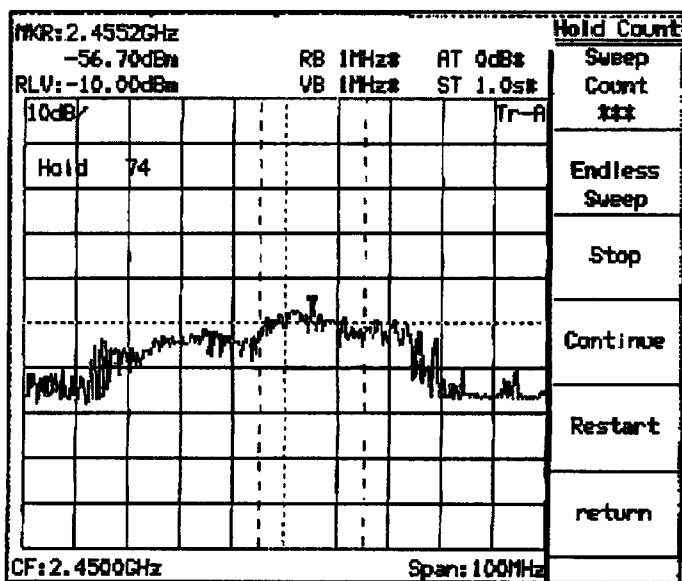
波形6
電子レンジ
1/27
正面、距離8m
負荷なし
MAX HOLD



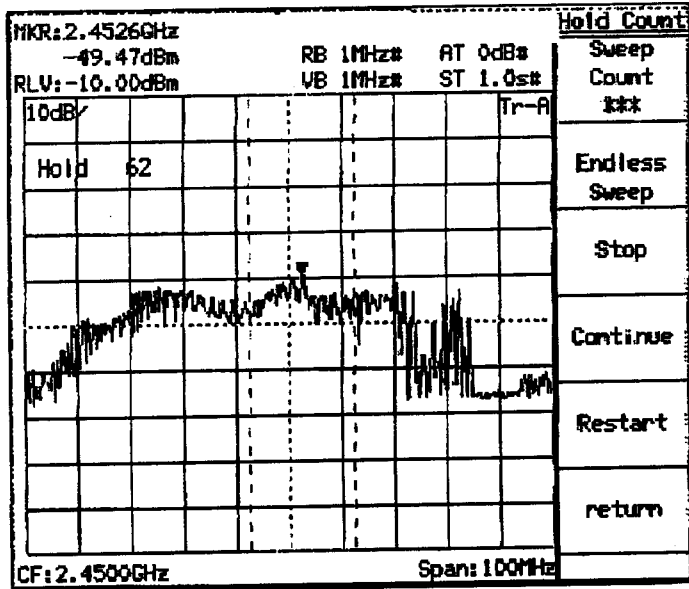
波形7
電子レンジ
1/27
正面、距離4m
負荷あり
MAX HOLD



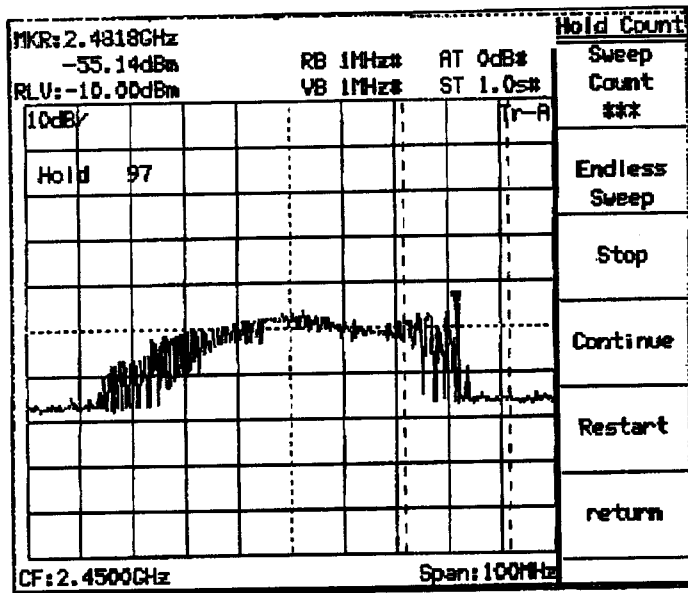
波形8
電子レンジ
1/28
正面、距離8m
木机上
負荷あり
MAX HOLD



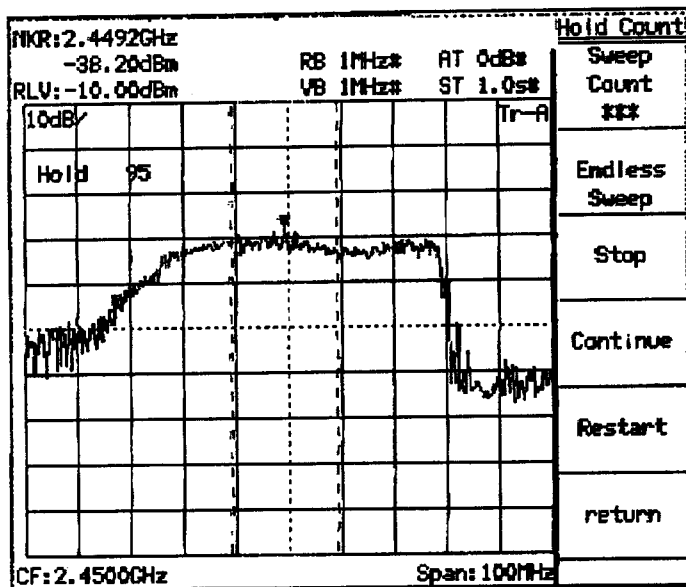
波形9
電子レンジ
1/28
右側面、距離8m
木机上
負荷あり
MAX HOLD



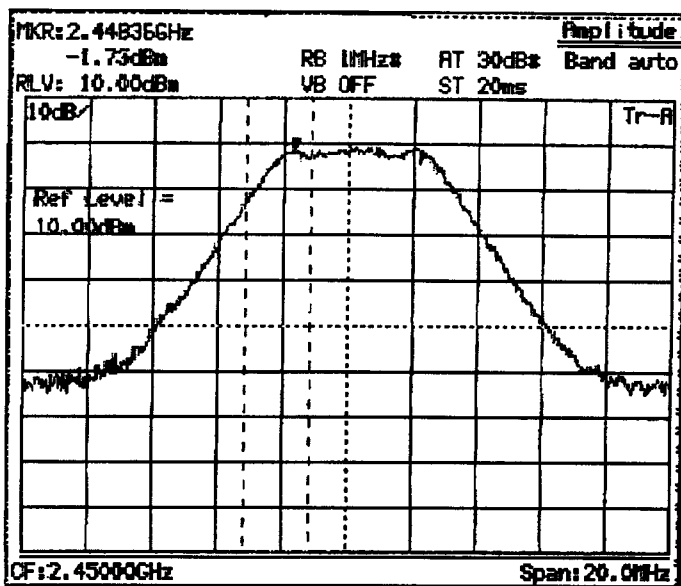
波形 10
電子レンジ
1/28
左側面、距離 8 m
木机上
負荷あり
MAX HOLD



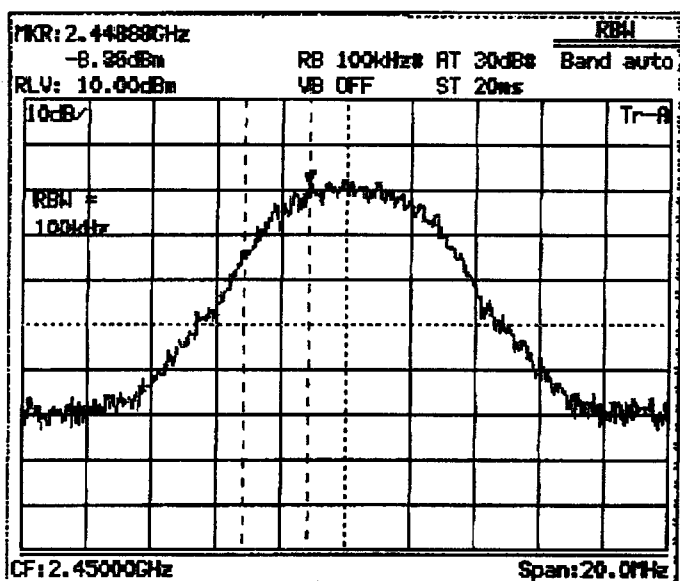
波形 11
電子レンジ
1/28
背面、距離 8 m
木机上
負荷あり
MAX HOLD



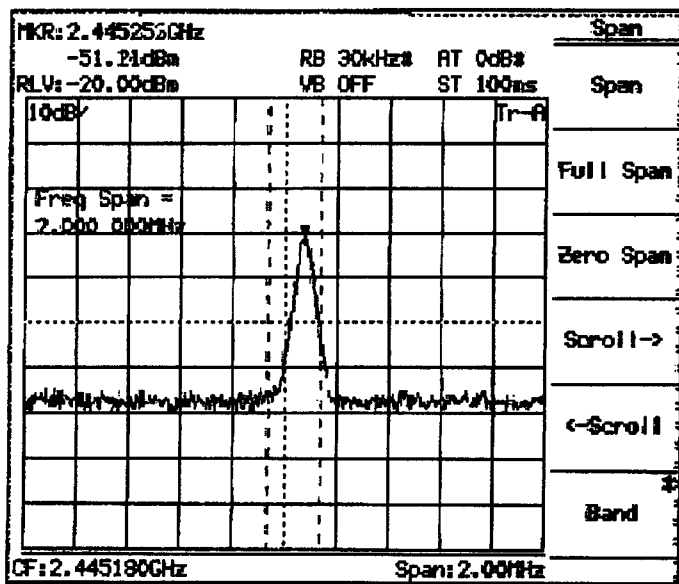
波形 12
電子レンジ
1/28
正面、距離 8 m
30cm電池スチロール上
負荷あり
MAX HOLD



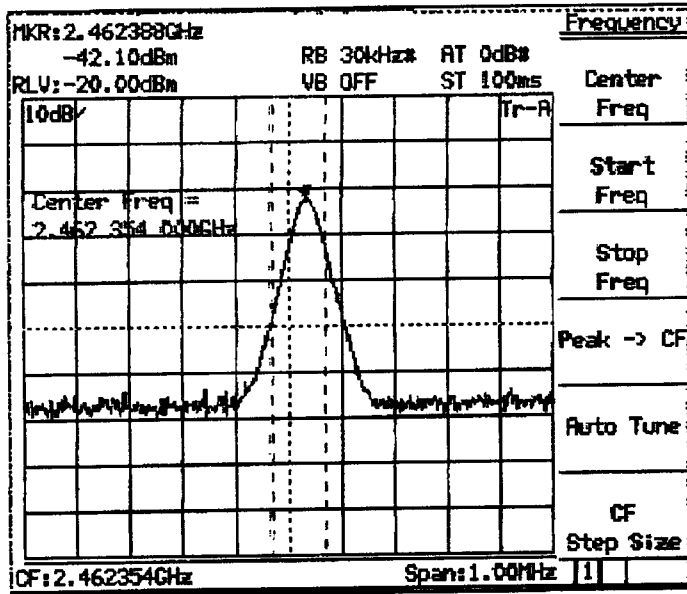
波形 13
 妨害波スペクトラム
 1/27
 RBW=1MHz



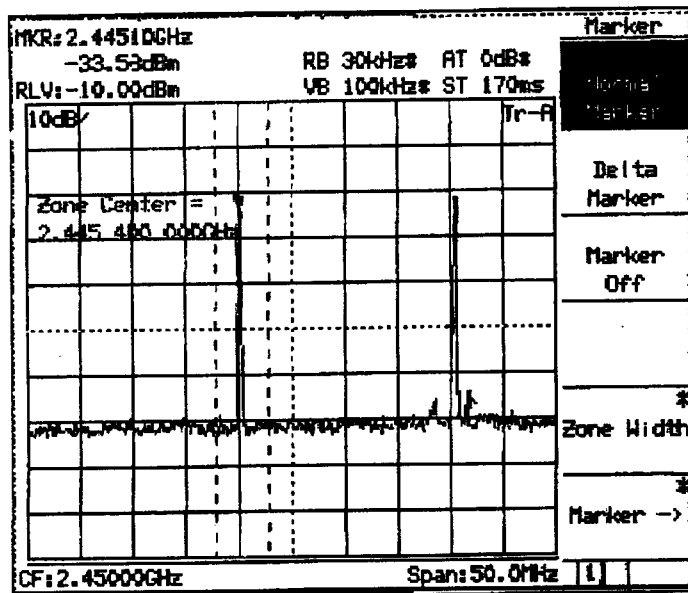
波形 14
 妨害波スペクトラム
 1/27
 RBW=100kHz



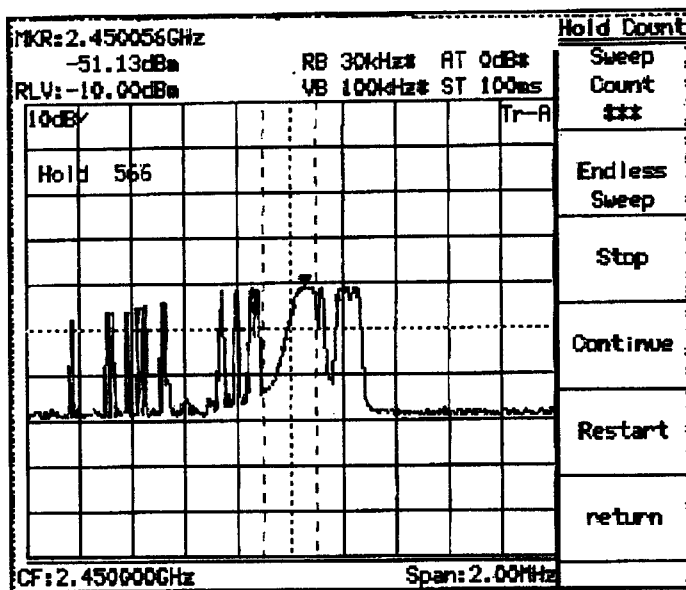
波形 15
 RF-ID
 A社
 1/27
 距離8m
 キャリアのみ



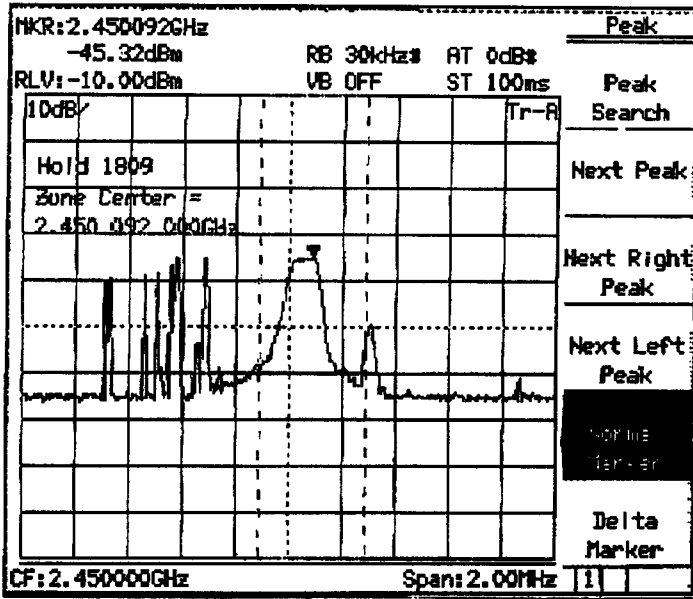
波形 16
RF-ID
B社
1/27
距離 8m



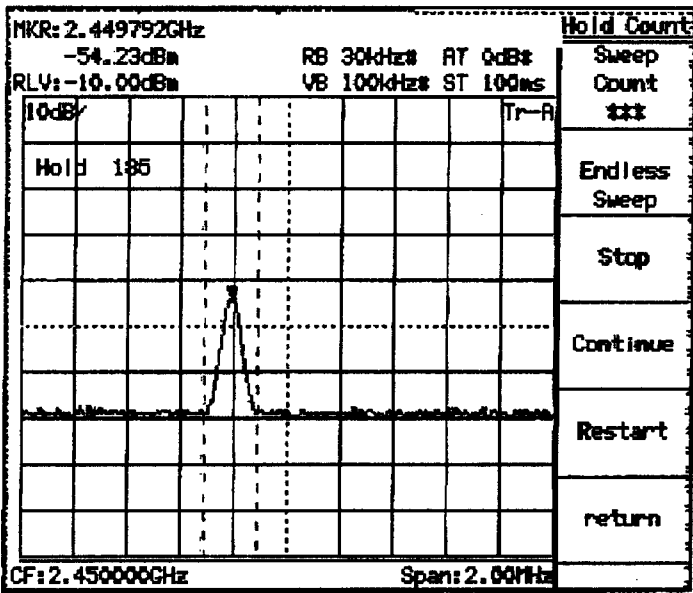
波形 17
RF-ID
E社
1/26
距離 8m
質問器スペクトラム



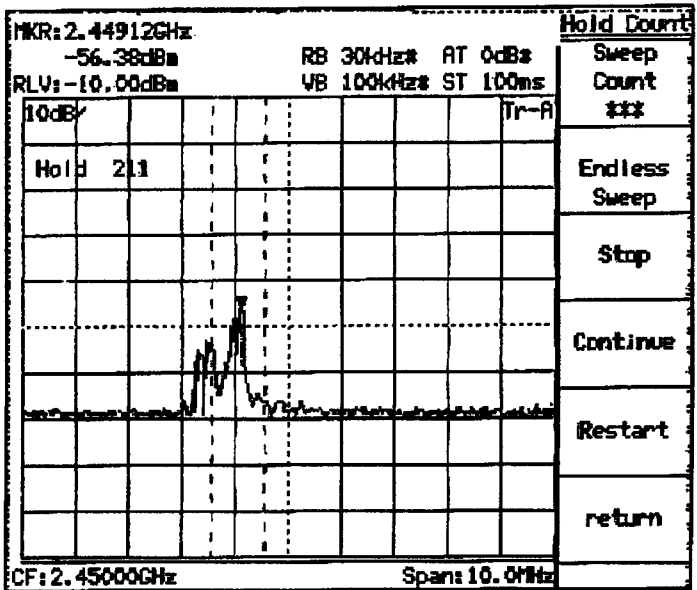
波形 18
RF-ID
C社
1/26
距離 8m



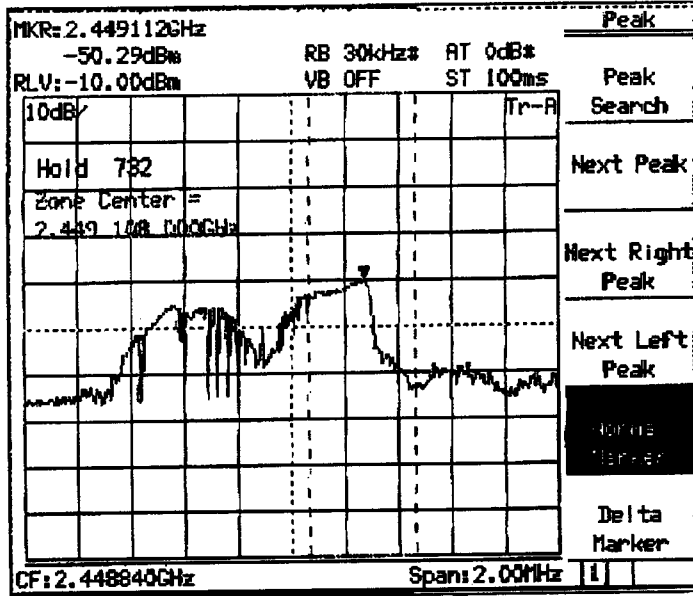
波形 19
 RF-ID
 C社
 1/28
 距離 8m
 質問器



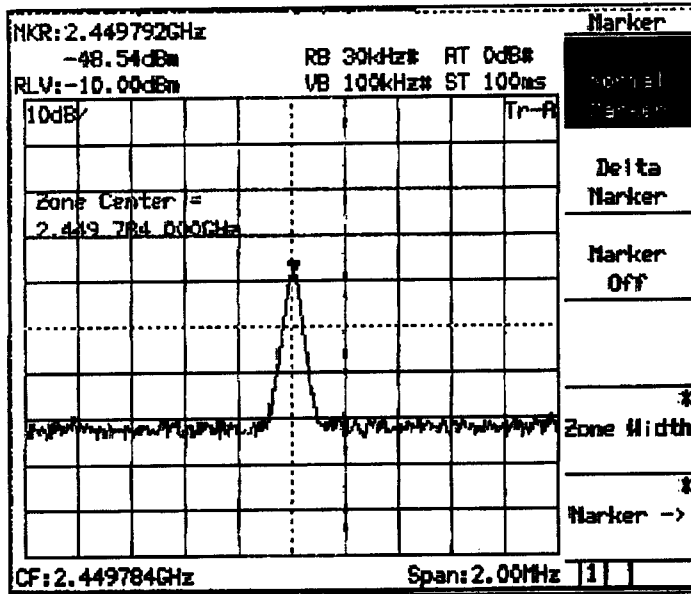
波形 20
 RF-ID
 D社(10mW)
 1/26
 距離 8m
 質問器



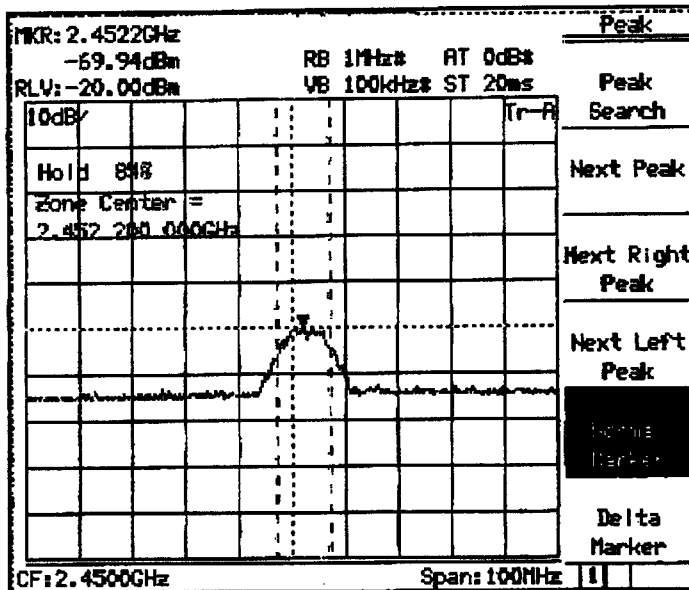
波形 21
 RF-ID
 D社(3mW)
 1/26
 距離 8m
 質問器



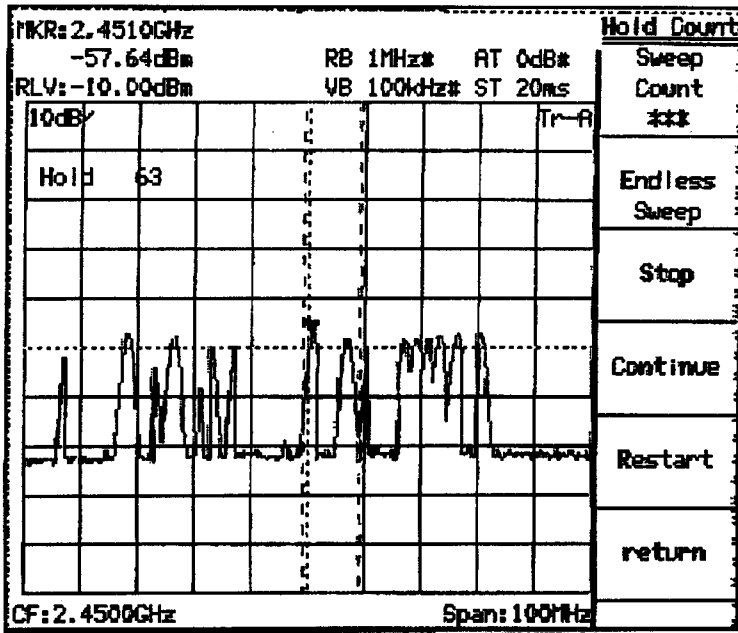
波形 2 2
 R F - I D
 D 社 (3mW)
 1 / 2 8
 距離 8 m



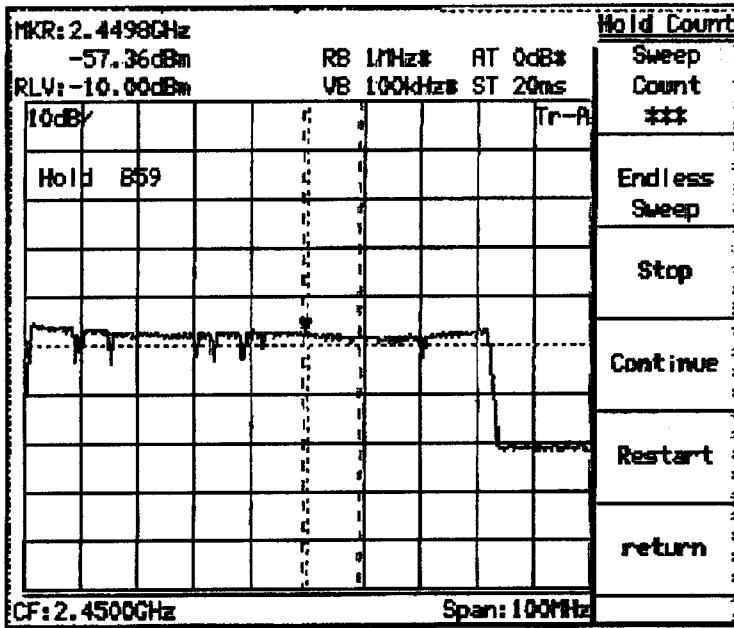
波形 2 3
 R F - I D
 D 社 (10mW)
 1 / 2 8
 距離 8 m



波形 2 4
 無線 LAN (DS)
 F 社
 1 / 2 6
 距離 8 m



波形 2 5
無線LAN(FH)
G社
1 / 2 6
短時間MAX HOLD



波形 2 6
無線LAN(FH)
G社
1 / 2 6
長時間MAX HOLD

周波数共有に係る検討

1 共有の基本的な方法

一つの周波数帯域を有限な空間で複数の利用者が共用する方法として、①空間分割(SDMA)、②時間分割(TDMA)、③周波数分割(FDMA)、④コード分割(CDMA)がある。ここでは、各方式の概要を述べ、利用方法を検討している。ただし、コード分割は異なる通信方式間の共用方法として採用困難なので、空間分割・時間分割・周波数分割を組み合わせて使用することになる。

1.1 空間分割(SDMA)

1.1.1 距離で分離

干渉を与える可能性のある複数のシステム間の距離が十分離れていれば、それぞれで同一周波数帯を使用可能である。また、建物の外壁などの遮蔽効果を併用すれば、比較的短い間隔で複数のシステムが利用可能である。

共用化対象システムの組み合わせによって被干渉・与干渉が無くなる距離が異なるので、各システムの設置条件によっては距離で分離する方法が採用可能である。

1.1.2 指向性で分離

鋭い指向性を持ったアンテナを使用することで相互の干渉を無くすことが可能である。たとえば、移動体識別装置のように短距離で特定の相手と通信するシステム間の分離に適する。

1.1.3 偏波面で分離

垂直偏波と水平偏波あるいは右旋円偏波と左旋円偏波で分離する方法である。同一利用者の同一システム間での分離に有効である。

1.2 時間分割(TDMA)

1.2.1 CSMA

他無線局のキャリア(あるいは総電力や相関信号)を検知し、そのキャリアが存在している間は送信を待機することによって送信競合を避ける方式である。相互の変調方式や送受信帯域幅あるいは通信方式が異なる場合は、キャリアの検出が困難である。なお、SS方式の場合は、その特性上拡散帯域全体の電力を検出するため、帯域内に狭帯域変調信号が妨害波として入感した場合、検知してしまう等のデメリットも存在する。

1.2.2 同期方式

各無線局の送信・受信動作のタイミングを制御して送信競合を避ける方式である。同一システムであれば同期可能であるが、異なるシステム間の同期は非常に困難である。

1.2.3 ランダム方式

各無線局の送信タイミングがランダムかつ送信時間が短い場合は、送信競合しないときが確率的に存在するので、周波数共用が可能である。しかし、送信頻度が高くなると競合頻度が高くなってしまう。また、動画像伝送のように長時間連続送信する場合は適用が困難である。

1.3 周波数分割(FDMA)

与えられた周波数帯域を複数のチャンネルに分割し、各チャンネルを利用者に割り当てる方式である。占有周波数帯幅が一律な場合はチャンネル設定が容易であるが、2.4GHz ISM帯は方式の異なる無線設備が混在するのでチャンネル設定が困難である。また、送信要求があった局に対しダイナミックにチャンネルを割り当てる方式(MCA)は、周波数利用効率を上げることができるが、占有周波数帯幅や通信方式が異なるシステム間には適用が困難である。

1.4 コード分割(CDMA)

次の条件であればコード分割が可能であるが、これらの条件を異なるシステム間で満足させるのは非常に困難である。

- ① DS-SS方式であること。
- ② 同一変調方式、伝送速度であること。
- ③ 同一伝送速度であること。
- ④ 受信電力と干渉波電力の比およびタイミングを制御できること。
- ⑤ 利用者数に対応した相互相関のよいコードが存在すること。

2 小電力システムと他システム間の共用化条件の検討

2.1 对小電力データ通信システム

無線LANの場合はランダム送信であるが、画像伝送などは連続送信である。また、変調方式や伝送速度、拡散コードなどがシステムごとに異なるので時間分割、コード分割は困難である。したがって、空間分割あるいは周波数分割で対応することが適当と考えられる。

2.1.1 空間分割

無線LANは一般的に水平面無指向性なので、指向性や偏波による分離が困難であり、距離による分離となる。干渉距離が60m程度であるので、設置密度がそれほど高くない限り、距離による空間分割が可能である。ビル間転送や画像伝送の場合は1:1通信となるので、指向性や偏波面による分離を併用できる。

2.1.2 周波数分割

複数のシステムを隣接配置する場合あるいは面状に密着して配置する場合は周波数分割を併用する必要がある。一般には伝送速度2~11Mbps程度で十分なことが多く占有周波数帯幅は25MHz程度となる。周波数分割によって周波数利用効率を上げるとともに、複数システム全体としてのトラフィックを確保することができる。

なお、与えられた周波数幅をすべて使用する高伝送速度の無線設備が存在する場合は周波数分割ができないが、このような高伝送速度無線装置の需要は現時点では低いので、空間分割を併用すれば共用が可能と考えられる。

2.2 対ISM機器

まったく異質の装置であり、空間分割(距離)とすることが適当と考えられる。なお、電子レンジのうち半サイクル発振方式のものは時分割も併用できるが、万が一、干渉距離内に多数の電子レンジが存在するときは時分割使用が困難となる。また、ハイパーサーミアや乾燥機は使用箇所・台数が極めて限定されるので、きわめて重要な問題とはならないものと考えられる。

2.2.1 空間分割

ISM機器との計算上の干渉距離は極めて長いですが、これまでの移動体識別装置と電子レンジの干渉実績から比較すると、小電力データ通信システムと電子レンジの干渉距離も実運用では、それほど長くないと考えられる。

2.2.2 周波数分割

現行帯域(2,471~2,487MHz)では、計算上の干渉距離が非常に長いにも関わらず電子レンジと共存してきた。これは、電子レンジの干渉電力を確率上の最大値として計算しているためかつ、現行帯域では、干渉電力が比較的小さいためである。これまでの例では数m程度離せば干渉を受けずに動作可能である。複数チャネルを使用可能としておけば、少なくとも高い周波数のチャネルはこれまでと同様に使用できる。

2.3 対移動体識別装置

2.3.1 空間分割

同一周波数帯で使用する場合は、基本的には空間分割(距離、指向性)が適切と考えられる。移動体識別装置は指向性の強いアンテナを用いて限られた範囲での通信となるので、指向性による分離が特に有効と思われる。

2.3.2 周波数分割

小電力データ通信システムと移動体識別装置は、工場内などの同一エリアで使用する機会が今後多くなると想定され、空間分割が困難な場合があり得る。そのため、既存の移動体識別装置とくに構内無線局に対しては、小電力データ通信システム側で干渉対策を考慮しておく必要がある。

2.3.3 干渉対策

小電力データ通信システムから移動体識別システムへの干渉距離は、計算結果及び実験結果から 40m~80m 程度であり、かつ、移動体識別システムが一般的に同一の運用管理者のもとで同一建物構内で運用されるケースが多いと思われることから、基本的には、両システムの空間的な周波数共用は可能である。しかしながら、移動体識別は、無線局免許を有する構内無線局であり、かつ、工場での生産ラインで使用されることが多いことから、干渉対策を行うことが適当である。

2,427MHz から 2,470.75MHz までの周波数を使用する場合、小電力データ通信システムから移動体識別システムへの干渉対策(保護方法)として次の①~⑤が考えられる。

- ① 利用者による周波数の切替え又は電波の発射の停止が容易にできること
- ② 他の無線局から発射される電波によって生じる伝送誤りを検知した場合、当該電波の発射を自動的に停止する機能
- ③ キャリアセンスした場合、当該電波の発射を自動的に停止する機能
- ④ 相関信号検出した場合、当該電波の発射を自動的に停止する機能(受信信号と拡散のための信号を演算し信号レベルを検出)
- ⑤ 通信相手局以外の識別符号を検知し、当該電波の発射を自動的に停止する機能

この各方法の効果を表 1 に示す。

②~⑤の対策は、小電力データ通信システムが移動体識別装置から干渉を受けた場合に検知する動作であり、移動体識別装置が一方的に干渉を受けている場合は機能しないため、効果が不十分な面も見受けられることから、①の機能を義務付けする必要がある。

なお、FH方式又はFH/DS方式については、必要最小限の空中線電力(例えば 3mW/MHz 以下)とすること及び帯域内スプリアスを規定することも有効と思われる。さらに混信を確実に回避するため、民間レベルでガイドライン等の運用

ルールを定め、民間レベル（例えば、取扱説明書等における注意書きの義務付け）での啓蒙活動を促進することを含めて共用条件とすることが望ましい。

表1 小電力データ通信システムから移動体識別システムへの保護方法の効果

	DS			FH			マルチキャリア			シングルキャリア		
	実現性	効果	海外製品の対応	実現性	効果	海外製品の対応	実現性	効果	海外製品の対応	実現性	効果	海外製品の対応
①CH変更/電波停止	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
②エラーセンス機能	○	○	×	○	×	×	○	×	?	○	×	?
③キャリアセンス機能	×	○	×	×	○	×	×	○	?	○	○	?
④相関センス機能	○	○	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⑤識別符号の送信または受信機能	○	×	○	○	×	○	○	×	○	○	×	○

○：有/対応可 ×：無/対応不可 ?：不明 -：対象外

2.4 対アマチュア無線

アマチュア無線機の普及台数が少ないので、利用者の運用に委ねることが適当と考えられる。また、アマチュア無線は2次業務であるので、他の無線局へ混信を与えない場合に限り運用することが可能である。

2.5 対MSS(グローバルスター)

MSS端末機への干渉距離の計算値では80m~900m程度となった。MSSは主に屋外で使用するものであることから、小電力データ通信システムを屋内使用に限定すれば外壁の遮蔽効果を期待できるが、既存のシステムが屋外でも一部使用されているので屋内限定は現状では困難であると考えられる。また、諸外国の規格に合わせて小電力データ通信システムの周波数範囲の上限を2,483.5MHzまでとすれば干渉を回避できるが、既存のシステムからの干渉波避けられない。

今後、MSSが増加することが想定されており、将来的には小電力データ通信シ

システムの周波数範囲の上限を 2,483.5MHz に押さえることが望ましいと思われる。

2.6 対VICS

周波数分割されているので問題ない。

3 移動体識別装置と他システムの共用化条件の検討

3.1 対ISM機器

まったく異質の装置であり、空間分割(距離、指向性)が適切と考えられる。なお、移動体識別装置が間欠動作の場合、電子レンジのうち半サイクル発振方式のものは時分割の併用も考えられるが、移動体識別装置の伝送時間は数 10ms 程度のものが多く、時分割は事実上困難である。また、ハイパーサーミアや乾燥機は使用箇所・台数が極めて限定されるので、きわめて重要な問題とはならないものと考えられる。

しかしながら、これまで移動体識別装置とISM機器は共存しており、電子レンジと干渉したこともあるが、距離を離したりアンテナ指向性方向を変更したりして解決してきており、今後とも大きな問題はないと考えられる。

3.2 対移動体識別装置

基本的には空間分割(距離、指向性)と周波数分割になる。なお、いずれの移動体識別装置も間欠動作であれば時分割(ランダム)も併用できるものと考えられる。

3.2.1 空間分割

既存のシステムで相互に干渉した場合は、距離を離したりアンテナ指向性方向を変更して解決してきており、多くの場合は今後とも大きな問題はないと考えられる。

3.2.2 周波数分割

既存のシステムでも 2～5 m 程度に近接して設置する場合は、必ずしも距離やアンテナ指向性だけでは干渉を回避できない場合があった。このような場合は、それぞれの指定周波数帯幅(2,427～2,470.75MHz)のなかで中心周波数を変えさせることで干渉を回避できる。

3.3 対アマチュア無線

アマチュア無線機の普及台数が少ないので、利用者の運用に委ねることが適切と考えられる。また、アマチュア無線は 2 次業務であるので、他の無線局へ混信を与えない場合に限り運用することが可能である。

3.4 対MSS(グローバルスター)

周波数分割されているので問題ない。

3.5 対VICS

周波数分割されているので問題ない。

周波数の利用方法

1 小電力データ通信システムのニーズ及び需要動向から見た所要帯域幅の検討

1.1 同一通信エリア内にある複数の端末が同時に通信するシステム

OA 環境で使用される無線 LAN システムを想定し、小電力データ通信システムとして必要となる所要周波数帯域を概算する。使用モデルとしては第 3 章で示した無線 LAN のモデル 2 (DS:2Mbit/s)を採用した。

(1) 現状のシステム条件

・チャンネル

2471~2497MHz の 1 チャンネル

・データレート

2 Mbps

・チャンネルスループット

アクセス方式は CSMA/CA であるが、ここでは一般的な CSMA で評価する。最大スループットは、80%程度まで到達することが可能だが、システムとして安定した遅延特性を得るためには、チャンネルスループットを 30~40%で運用する必要がある。

・実効データレート

チャンネルスループットに対し、PHY/MAC ヘッダおよび ACK 応答などのオーバーヘッドを 10%とすると、平均的な実効データレートは以下のように見積られる。

$$2[\text{Mbit/s}] \times 0.3 \times 0.9 = 540[\text{kbit/s}]$$

・干渉距離

第 3 章 3.1.6 の干渉距離計算結果より、モデル 2 の同一システム間での干渉条件は希望波のサービスエリア 30m に対して干渉距離 59m となる。

(2) 想定トラヒックへの要件

1フロアのオフィス環境に無線 LAN を構築したと仮定する。この状況から、トラヒックを想定することは困難であるが、将来的な需要も加味し、最もトラヒ

ックの高い時間帯として以下のような仮定を行う。

- ・端末利用者：100人
- ・トラヒック：100 kByte/min./人（WWW ページのダウンロード 等）

よって、総トラヒックは10 [MByte/min]=1.33[Mbit/s]となる。

すなわち、干渉条件を満たせないオフィス環境のように1フロアでチャンネルを共用しなければならない条件では、所要のチャンネル容量は $1.33[\text{Mbit/s}] / 540[\text{kb/s}] = 2.5$ 倍となる。したがってここで想定したトラヒックに対応するためには、3チャンネル相当の周波数帯域が必要となる。

(3) エリア拡大への要件

モバイルコンピューティングへの対応などから、複数のセルによりサービスエリアを面的に拡張することへの期待がある。全セルでチャンネルを共用することも可能であるが、高スループットを得るためには、各セルで異なるチャンネルを使用できることが好ましい。

前述の干渉条件より、セル半径を30mとして六角形セルを仮定すると、同一チャンネルを使用するためには次隣接以上の距離を必要とする。（ここでは、セル周辺の端末が基地局から干渉を受けるとした）

よって、理論的にはクラスターサイズ=3のチャンネル繰り返しが可能となるが、これは最適なセル配置を仮定した場合である。よって、面的にセルを構成するためには最低限3チャンネル相当の周波数帯域が必要となる。

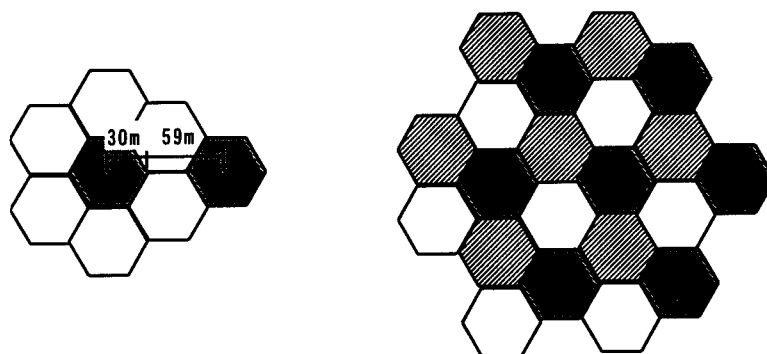


図1 3チャンネルによるセル配置

実際の無線LANシステムの構築は室内が主体であるが、建物の構造や部屋の形状の制限から六角形セルを構成するのは困難である。そのため、一般には方形セルとなることが多いと想定される。方形セルの場合に次隣接以上の距離を確保

するためには下図に示すように最低限4チャンネル相当の周波数帯域が必要となる。

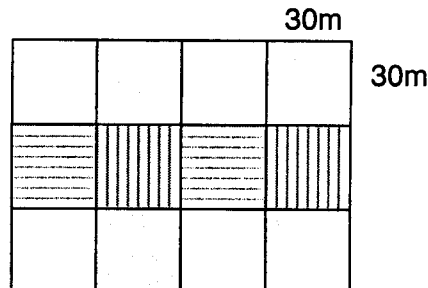


図2 4チャンネルによるセル配置

(4) 高速化システムへの要件

無線 LAN の通信エリアは 30m 四方程度の室内を想定しており、その中に収容される端末数は多くても 100 台程度と思われる。この通信エリア内のトラフィックは業務内容によって左右され、一律に想定するのは困難であるが、多くの有線 LAN(イーサネット)が 10Mbps で動作している現状から推定すると、無線 LAN も同程度の伝送速度で十分であると考えられる。なお、100Mbps のイーサネットの普及が始まっているが、無線 LAN は有線 LAN に比べて収容端末数が少ないので、必ずしも同等速度を必要とせず 10Mbps でも十分対応可能と考える。

現在、無線 LAN の実用化の主体は 2Mbps 程度がであるが、現行規格の帯域幅でも 10~11Mbps 程度の高速化が実現しており、高速化のための帯域幅拡大は必要ないと思われる。

1.2 一つの端末が高速のデータを単独で伝送するシステム

(1) データ速度からみた高速のデータを単独で伝送するシステム

リアルタイムで高速度を必要とするデータとして、①動画像、②高品質音声、③高速テレコントロールなどがあげられるが、現行規格で実現している 11Mbps を越える速度を必要とするのは動画像伝送に限定してよいと思われる。動画像伝送に必要な伝送速度を下表に示す。

表1 画像信号のビットレート

画 質	画 像 の 種 類	ビットレート	備 考
H D T V	スタジオ規格	1 Gbps	非圧縮、BTA S-001
現行テレビ	素材伝送、2次分配	120~140Mbps	非圧縮、ITU-R 601
		100Mbps	ITU-R 721、DPCM
	動画	30~45Mbps	ITU-R 723MC+DPCM
		4~10Mbps	MPEG2、H262等
ストレージメディア			符号化対象はH D T V含む
テレビ電話、会議	準動画	64kbps~1.5Mbps	H261等

出典(抜粋) マルチメディア時代のデジタル放送技術事典、NHK 放送技術研究所
編、丸善(株)、1994

上表に示す動画像のうち、テレビ会議、ストレージメディア程度(~6.3Mbps)の品質であれば、伝送速度 5.5~11Mbps で対応可能である。また、スタジオ規格動画像データのビットレートは 100Mbps を越えるので、100MHz 未満の帯域での伝送は困難であり対象外と考える。したがって、ビットレート 15~45Mbps が伝送対象データとなる。

(2) 高速化の実現性

・性能

動画像伝送用として、ビットレート 15~45Mbps が必要とされる。現在、占有帯域幅 22~25MHz 程度で 11Mbps を伝送できる技術が確立しているので、同等技術で使用周波数帯幅を拡張すれば、

使用周波数帯幅 83.5MHz の場合 : 約 37Mbps (11×83.5/25)

程度の伝送速度を確保できる。したがって、CATV/CCTV やスタジオ画像程度の品質で動画像伝送が可能である。

・コスト

100MHz 近い広帯域で高出力ニア増幅器を構成するためには、高価なマイクロ波デバイスを使用するか、あるいは新規に専用MMICの開発を要する。また、30Mbps を越える高速伝送を達成するためには高速ベースバンドプロセッサと高速CPUセットを必要とするので、製品価格は現行製品の数倍に達す

ると想定される。当然、高速化に伴って消費電力も増加するので、適用できるアプリケーションはビル間転送などごく限られたものになると思われる。

1.3 広帯域化の得失

(1) 広帯域化の課題

同一エリアあるいは近傍エリアで複数の無線LANを運用する場合は、複数チャネルを確保するために広い周波数帯域が必要である。また、高速データ伝送のためにも広い周波数帯域を必要とする。さらに、通信信頼性をあげるためにも、広い周波数帯域が有効である。つまり、DSの場合は拡散率を大きくして処理利得を向上させれば、通信信頼性を向上させることができる。FHの場合はホッピング数を多くして、他システムとの干渉確率を下げ、通信信頼性を向上させることができる。

複数チャネルで運用する場合は、多くのユーザを収容することができ電波の効率的運用が可能になる。しかし、高速伝送のため、あるいは通信信頼性をあげるため広い周波数帯域を1のユーザが占有する場合は、電波の効率的運用とは必ずしもいえない。

そこで、1ユーザが広帯域運用した場合の得失を検討する。

(2) 1ユーザによる広帯域運用と現行帯域運用の比較

広帯域運用した場合と現行程度の帯域で複数チャネル運用した場合の得失を下表に示す。1ユーザの高速性を取るか、多数ユーザの運用を取るかは、直接の比較ができないので判断が困難である。実際には、11Mbps以上の伝送速度を必要とするユーザ数は比較的少ないと思われる。また、LANの場合は、常時大容量データ伝送をしているわけではなく、時間的にも限定されると思われる。したがって、FH方式以外の方式の場合、1ユーザによる広帯域運用より現行帯域程度で複数チャネル運用を可能とすることが望ましい。

表2 広帯域化と現行の比較

	広帯域化	現行占有帯域幅	備考
用途	動画像伝送、LAN	LAN、動画像伝送	
チャンネル数	1チャンネル	4チャンネル	
占有帯域幅	83.5MHz	22~25MHz	
伝送速度	30~40Mbpsが可能	11Mbps程度まで	
製品コスト	高価		
収容ユーザ数	1セル内では多数の端末が収容可	複数セルを考慮すると1チャンネルに比べて4倍程度多い	条件によって異なるので、単純比較は困難
実現性	有り	既存	

注 収容ユーザ数の比較は次の方式によった。

- ・隣接するセルには異なった周波数を割り当てる
- ・セル形状は正方形とする

一つのセル内の端末数は同数とする

(3) 考察

- ① 想定されるトラフィック量や動画像伝送等の高速伝送に対応し、かつ、面的セル配置による周波数有効利用を図るためには、最低限現行帯域幅の3チャンネル相当の周波数帯域を必要とする
- ② 高速化システムは現行規格の帯域幅で10Mbps以上を実現できるので、FH方式以外の方式の場合これを積極的に利用する

ことが望ましい。

よって、同一通信エリア内にある複数の端末が同時に通信するシステムの場合、現状の1チャンネル分26MHzから、 $26\text{MHz} \times 3 \text{チャンネル} = 78\text{MHz}$ 以上の所要周波数帯域幅が要求される。なお、システムに応じて、さらにガードバンドを設けることを考慮する必要がある。

ただし、ビル間伝送のような限定された用途には、2.4GHz帯でも高速化が有用であるし、今後の技術の発展を阻害しないためかつ、国際的な動向に調和させるためにも、83.5MHz程度の周波数帯域が必要であると考えられる。

2 移動体識別システムのニーズ及び需要動向からみた所要周波数帯域幅

移動体識別装置の需要動向は、第1章の予測より2005年には今の十倍の市場規模となっているが、周波数帯域幅としては無線器の性能向上等で今の帯域幅で十分運用可能と思われる。

しかしながら、現在の規則では、各装置が周波数固定で使用することが義務付けられており、混信した場合でも周波数を変更できず今後の他システムとの共存が危惧される。

このため、移動体識別システム装置としてのニーズとしては、帯域幅拡大より現在の帯域内で自由に周波数変更が可能とすることと、今後スペクトラム拡散を使用したシステムの導入が可能となるよう変調方式の見直しなど現状の規制緩和が望まれている。

また、海外との調和を考えると、現状の帯域に限定せずISMバンド全体を使用可能とすることで、今後急速に普及するであろう国際的物流分野への対応も図ることが可能となる。

適応周波数割当制御方式 (PDCA: Packet Dynamic Channel Allocation)

1 適応周波数割当制御方式 (PDCA方式) の概要

PDCA方式は、システムに割り当てられた複数の周波数チャンネル (以下チャンネルという。) から通信環境の変化に応じて最適なチャンネルを選択して通信を行うことを可能とするものであり、以下のような動作をするシステムである。

- (1) 基地局に相当する親局は、起動時に他の無線ゾーンからの干渉を受けないチャンネルを動的に選択し新しい無線ゾーンを構築する。また、ネットワーク構成や通信環境の動的な変化に対応して、各親局は他の無線ゾーンからの干渉を検出してチャンネルを変更する。
- (2) 移動局である子局は、起動時に接続可能な親局において用いられているチャンネルを動的に選択する。また、無線ゾーン間の移動を検出し、移動先の無線ゾーンで用いられているチャンネルを選択し再接続を行う。

2 PDCA動作確認試験

PDCA方式の無線LANシステムの動作を確認するため、2.4GHz帯を用いたシステムにより、以下のような動作確認試験が行われており、その一例を図1に示す。

【確認方法】

あらかじめ複数の移動局が起動している状態でランダムに各基地局を起動させ、チャンネル選択状況を確認する。

この試験により、PDCA方式によって基地局が自律的に干渉回避を行うことができ、またチャンネル数の増加に伴いチャンネルを設定できる割合が向上することが確認された。

また、この環境より大規模な試験 (基地局、移動局各16台) においても、同様に動作可能であることが確認されている。

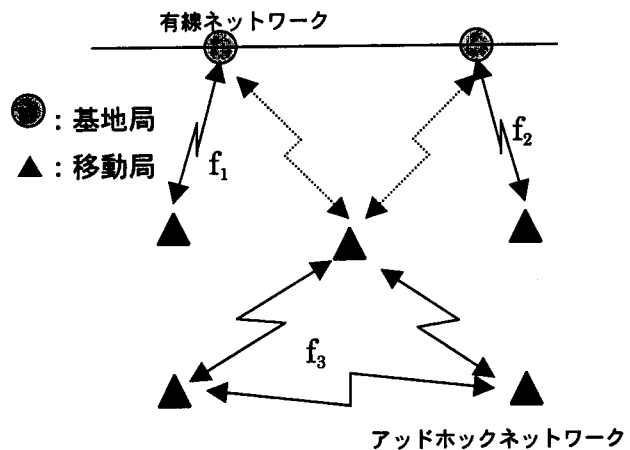


図1: 無線局配置例

3 他システムとの共用検討試験

2.4GHz帯を用いたPDCA方式の無線LANシステムと同一周波数帯を用いる他システム (小電力データ通信システム、アマチュア無線、移動体識別システム、ISM機器等) との共用について、与干渉・被干渉の観点から机上検討及び実際の評価試験の結果、当該方式を用いた無線LANシステムが、どの既存システムとも共用可能性のあることが確認されている。

4 まとめ

基地局配置や移動局数等の試験環境にも依存するが、これまでの試験環境下においては、システムに与えられたチャンネルが4~5チャンネルあれば、ほぼすべての基地局が自律的に干渉を回避しチャンネルを設定できることが確認されており、PDCA方式を用いることで、より少ないチャンネル数で効率のよい運用が可能であ

ると考えられる。

現状の無線LANシステムにおいては、基地局への周波数の割当は固定的であり、複雑な伝搬環境等を考えると、同一チャンネルを使用するセルどうしが干渉しあう可能性がある。これに対してPDCA方式は、自律的に干渉回避を行うことで、ある程度のチャンネル数があれば干渉を回避できることが確認されている。

なお、この試験検討は、平成8年度から10年度まで（社）電波産業会に設置された「マルチパス環境下における単一周波数通信技術に関する調査検討会－無線伝送における適応周波数資源利用制御－」において実施されたものである。

参考文献

「マルチパス環境下における単一周波数通信技術に関する調査検討会報告書」、
（社）電波産業会、1999.3

高度小電力データ通信システム(仮称)のチャンネルの検討

1 チャンネルセパレーション

チャンネルセパレーションは、主に占有周波数帯幅と周波数許容偏差によって定められるが、伝送速度や拡散率を規定しないため具体的数値を規定することが困難である。ここでは、低速チャンネルと高速チャンネルを想定して検討を進める。

(1) 低速チャンネルのセパレーション

周波数許容偏差が±125kHz 程度であるので、ガード周波数帯は 250kHz 以上必要である。低速チャンネルであっても、2.4GHz 帯を使用する場合は他の特定小電力無線設備よりも速い伝送速度となることが考えられる。また、ガード周波数帯とのバランス上からも 250kHz 以上の占有周波数帯幅と考えるのが妥当である。したがって、チャンネルセパレーションは 500kHz 以上とすることが妥当と考えられる。また、SS 方式の場合、空中線電力が 1 MHz あたりの電力密度で規定されることから、低速チャンネルセパレーションは 1 MHz が望ましい。中心周波数(MHz)の下 2 桁がチャンネル番号と同一になり、運用上も都合がよい。FH-SS のときは低速チャンネルがホッピング幅となるが、IEEE802.11 とも整合がとれており国際的な観点からも望ましいと考えられる。

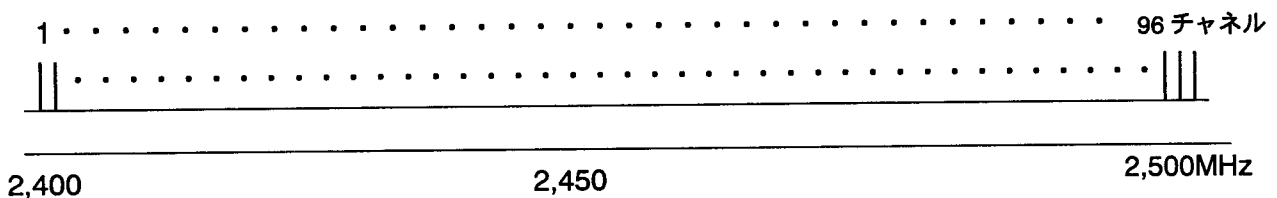


図 1 低速チャンネル案

(2) 高速チャンネルのセパレーション

高速チャンネルは伝搬特性上から DS-SS 変調方式が使用されると考えるのが妥当である。伝送速度 2 Mbps の無線設備のチップレートはほとんどが 11Mcps であ

り、より高速な伝送速度 11Mbps の伝送を行う無線設備の場合、チップレートも 11Mcps である。したがって、占有周波数帯幅は 22MHz~25MHz 程度と考えるのが妥当である。現行機器の占有周波数帯幅にあわせるとチャンネルセパレーションは 26MHz になる。周波数範囲が 83.5MHz であるので、3チャンネル案として考えるならば、重複しない配置で3チャンネルを確保できる。この場合、最も低いチャンネルは移動体識別装置の周波数帯に重複しないので、周波数分割による共用化に適していると考えられる。

なお、IEEE802.11 の高速チャンネルは 25MHz セパレーションのインターリーブ配置であり、その数値を採用する方法もあり、この場合、同時使用チャンネルは3チャンネルになるが、適当なインターリーブ配置ができれば、より自由度の高いゾーン配置が可能となる。

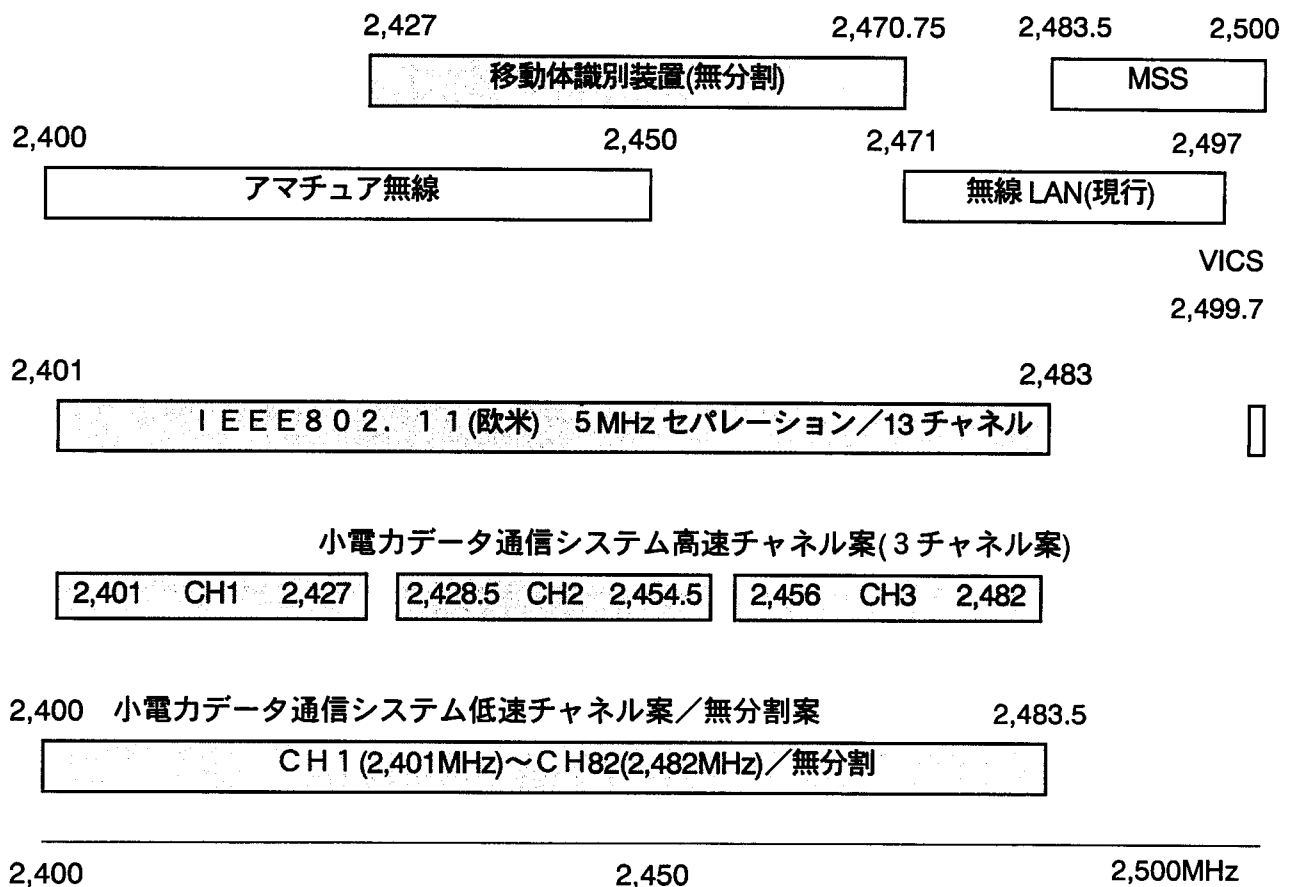


図2 チャンネル案と既存の周波数数

2 チャンネル設定の比較検討

チャンネルを設定した場合としない場合の比較検討を表 4.3 に示す。限定された条件であればチャンネル設定の効果を期待できるが、変調方式や伝送速度を規定しない場合は自由度がなくなるだけで利点は期待できない。したがって、チャンネルは規定せず個々のシステムの裁量に任せることが望ましい。たとえば、狭い地域で多地点の低速伝送が必要な場合は、狭いチャンネルセパレーションを設定すべきであると考えられる。また、汎用性が必要な場合は IEEE などの規格を準用すればよい。

なお、チャンネル設定に関する比較検討表を表 1 に示す。

表 1 チャンネル設定の得失

	チャンネル設定あり	チャンネル設定なし
周波数利用効率	・占有周波数帯幅を統一すれば効率的な周波数配置が可能。	チャンネル設定した方が効率的。 ・キャリアセンスが困難。
全帯域使用可否	・対応不可	・対応可
既存機器との整合	・既存機器はメーカー独自で設定してきたのでチャンネルセパレーションを 100kHz 以下にする必要あり。	・現行どおり
海外規格との整合	・チャンネルセパレーション 1 MHz であれば整合性あり。	・必要であれば海外規格に合わせればよい。
実現性	・伝送速度や変調方式の統一が困難なので、実効性を期待できない	・現行どおり

諮問書・諮問理由

郵 通 技 第 5 号

平成3年7月22日

電気通信技術審議会

会長 齋藤成文殿

郵政大臣 関谷勝嗣

諮 問 書

下記について諮問する。

記

諮問第57号 無線LANシステムの技術的条件

諮問第57号

無線LANシステムの技術的条件

1 審議開始の理由

2. 4GHz帯は、ISM（産業科学医療用）バンドと呼ばれ、電子レンジをはじめとした各種のISM機器に利用されている。また、この周波数帯では、小電力データ通信システム（中速無線LAN）、移動体識別等の小電力無線局が運用されている。

現在、小電力データ通信システム用については、画像伝送や高速大容量データ伝送等のニーズが増大しているため、産業界より、より高度な利用を可能とするように要望されていること及び諸外国より、我が国の無線LANに使用可能な周波数を拡張するよう要望されている等の理由により、利用可能な周波数帯域の拡大が必要となっているが、同周波数帯については、用途別に専用的に利用されており、利用帯域の拡大が困難な状況であるため、更なる周波数の有効利用方策が求められている。

このため、小電力データ通信システム及び移動体識別用無線局の周波数共用等の方策により周波数の有効利用を図るとともに、小電力データ通信システムの無線局の高度化を可能とするための技術的条件について検討する必要がある。

2 答申を希望する事項

- (1) 小電力データ通信システムに係る周波数有効利用方策
- (2) 小電力データ通信システムの高度化に必要な技術的条件

3 審議スケジュール

答申希望時期：平成11年3月頃

4 答申が得られたときの行政上の措置

関係省令等の改正に資する。

5 審議体制

準マイクロ波を使用する移動体識別用無線局の高度化について別途審議を行う小電力無線設備委員会と連携を図って審議する。

平成13年度

情報通信審議会答申

諮問第2001号

「2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」

平成13年9月25日

目 次

	ページ
1 答申書	1
2 答申書別添（諮問第2001号答申）	3
3 情報通信審議会 情報通信技術分科会	
2. 4GHz帯高度化方策委員会報告	1 3
4 参考資料	6 5
5 諮問書・諮問理由	1 1 1

情報通信審議会委員名簿

五十音順 敬称略

氏名	主要現職
会長 秋山 喜久	関西電力(株) 代表取締役会長
会長代理 齊藤 忠夫	東京大学 名誉教授
委員 有吉 孝一	安田火災海上保険(株) 相談役
〃 安西 邦夫	東京ガス(株) 代表取締役会長
〃 生駒 俊明	日本テキサス・インスツルメンル(株) 社長
〃 大山 永昭	東京工業大学 フロンティア創造共同研究センター 教授
〃 川田 隆資	松下電器産業(株) 代表取締役副社長
〃 北城 恪太郎	日本アイ・ビー・エム(株) 代表取締役会長
〃 清原 慶子	東京工科大学 メディア学部 教授
〃 國井 秀子	(株)リコー 執行役員ソフトウェア研究所 所長
〃 小館 香椎子	日本女子大学 理学部 教授
〃 鈴木 勝利	全日本電機・電子・情報関連産業労働組合連合会 中央執行委員長
〃 関口 泰治	ノキア・ジャパン(株) 顧問
〃 醍醐 聰	東京大学大学院 経済学研究科 教授
〃 多賀谷 一照	千葉大学 副学長兼法経学部 教授
〃 月尾 嘉男	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
〃 長尾 真	京都大学 総長
〃 中川 正雄	慶應義塾大学 理工学部情報工学科 教授
〃 名取 晃子	電気通信大学 電気通信学部 教授
〃 根岸 哲	神戸大学 法学部 教授
〃 根元 義章	東北大学大学院 情報科学研究科 教授
〃 羽鳥 光俊	国立情報学研究所 情報メディア研究係 教授
〃 林 敏彦	大阪大学大学院 国際公共政策研究科 教授
〃 原島 博	東京大学大学院 情報学環 教授
〃 藤井 義弘	日立造船(株) 相談役
〃 藤原 まり子	(株)博報堂 博報堂生活総合研究所 客員研究員
〃 宮崎 久美子	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
〃 村上 政敏	(株)時事通信社 相談役
〃 安田 靖彦	早稲田大学 理工学部 教授
〃 吉岡 初子	主婦連合会 事務局長

情 審 技 第 4 7 号
平成 1 3 年 9 月 2 5 日

総 務 大 臣
片 山 虎 之 助 殿

情 報 通 信 審 議 会
会 長 秋 山 喜 久

答 申 書

平成 1 3 年 3 月 2 8 日 付 け 諮 問 第 2 0 0 1 号 「 2 . 4 G H z 帯 を 使 用
す る 無 線 シ ス テ ム の 高 度 化 に 必 要 な 技 術 的 条 件 」 を も っ て 諮 問 さ れ た 事
案 に つ い て 、 審 議 の 結 果 、 別 添 の と お り 答 申 す る 。

別 添

諮問第2001号

「2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」

諮問第2001号「2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」に対する答申

2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件は、以下のとおりとすることが適当である。

1 小電力データ通信システムの技術的条件

1.1 小電力データ通信システムの無線局についての適用範囲

技術的条件の適用範囲は、送受信装置及び制御装置とする。

1.2 一般的条件

(1) 通信方式

単向、単信、半複信又は複信方式であること。

(2) 変調方式

ア スペクトラム拡散方式及び直交周波数分割多重方式

スペクトラム拡散方式については、直接拡散(DS)方式、周波数ホッピング(FH)方式又はDS方式とFH方式との複合(DS/FH)方式であること。直交周波数分割多重(OFDM)方式については、伝送データを分散させて複数のキャリアを各々変調し、それらを占有周波数帯内に均等かつ直交する周波数配置に多重して伝送を行う方式であって、1MHz当たり1本以上のキャリア数を有するもの、又はこのOFDM方式とFH方式との複合(OFDM/FH)方式であること。

イ ア以外の方式

振幅変調(ASK)方式、位相変調(PSK)方式、周波数偏移キーイング(FSK)方式又はこれらの複合方式であること。

(3) 無線周波数帯

産業科学医療用(ISM)の使用に指定されている2,400MHzから2,500MHzまでの周波数帯から選択すること。(諸外国の状況等を考慮し、2,400MHzから2,483.5MHzまでとすることが望ましい。)

(4) 空中線電力

ア スペクトラム拡散方式及び直交周波数分割多重方式

1MHzの帯域幅における平均電力が10mW以下(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式によるものは3mW以下)であること。

イ ア以外の方式

10mW以下であること。

(5) 空中線利得

ア スペクトラム拡散方式及び直交周波数分割多重方式

(ア) 絶対利得は2.14デシベル以下であること。

ただし、1MHz当たりの等価等方輻射電力が、絶対利得2.14デシベルの送信空中線に10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式によるものは3mW)の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができる。

(イ) 指向性アンテナを用いる場合に限り、1MHz当たりの等価等方輻射電力が、絶対利得2.14デシベルの送信空中線に10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式によるものは3mW)の空中線電力を加えたときの値を越えることができるが、1MHz当たりの等価等方輻射電力をこの値のA倍にする場合には、使用する空中線の半値角 θ について $\theta \leq 360/A$ (度)を満たすこと。

ただし、1MHz当たりの等価等方輻射電力の上限は、絶対利得12.14デシベルの送信空中線に10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式によるものは3mW)を加えたときの値とする。

イ ア以外の方式

(ア) 絶対利得が2.14デシベル以下であること。

ただし、等価等方輻射電力が絶対利得2.14デシベルの送信空中線に10mWの空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができる。

(イ) 指向性アンテナを用いる場合に限り、等価等方輻射電力が、絶対利得2.14デシベルの送信空中線に10mWの空中線電力を加えたときの値を越えることができるが、1MHz当たりの等価等方輻射電力をこの値のA倍にする場合には、使用する空中線の半値角 θ について $\theta \leq 360/A$ (度)を満たすこと。

ただし、等価等方輻射電力の上限は、絶対利得12.14デシベルの送信空中線に10mWを加えたときの値とする。

(6) 違法使用への対策

送信装置の主要な部分(空中線系を除く高周波部及び変調部)は、容易に開けることの出来ない構造であること。

1.3 無線設備の技術的条件

1.3.1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

$\pm 50 \times 10^{-6}$ 以内であること。

(2) スプリアス発射の強度の許容値

1MHzの帯域幅における平均電力が次の値以下であること。

ア 2,387MHz未満及び2,496.5MHz未満を超える周波数帯: $2.5 \mu W$

イ 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下: $25 \mu W$

(3) 筐体輻射

実効輻射電力がスプリアス発射の強度の許容値以下であること。なお、既に存在する小電力データ通信システムについては現行の規格を適用する。

(4) 空中線電力の許容値

上限20%、下限80%以内であること。

(5) 占有周波数帯幅の許容値

ア FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式: 83.5MHz以下

イ ア以外の方式: 26MHz以下

(6) SS方式の拡散帯域幅(全電力の90%が含まれる周波数帯幅)

拡散帯域幅の下限については、500kHz以上であること。

(7) SS方式の拡散率

5以上であること。

(8) ホッピングの一様性

FH方式においては、特定の周波数において電波を連続して発射する時間(滞留時間)は0.4秒以下であり、かつ0.4秒に拡散率を乗じた時間内で任意の周波数の滞留時間の合計が0.4秒以下であること。

1.3.2 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、平均電力が1GHz未満の周波数において4nW以下、1GHz以上の周波数において20nW以下であること。

1.3.3 電気通信回線設備との接続

電気通信回線設備に接続するものは、次の条件に適合すること。

(1) 個別識別符号(IDコード)

識別信号を利用し、48ビット以上で構成すること。

(2) インタフェース条件

混信による誤接続等を防止するため、キャリアセンス又は相関信号センスにより対策を講ずるものであること。ただし通信品質劣化時に通信路の切断を行う機能を有するものにあつては、通信路の正常性を確認することにより対策を講じることができる。

1.3.4 混信防止機能

(1) 電波法施行規則第6条の2第3号に規定する混信防止機能を有すること。

(2) 2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものは、利用者による周波数の切り替え又は電波の発射の停止が容易に出来る機能を有すること。

1.4 測定法

以下の項目を除き、平成4年度電気通信技術審議会答申第57号「無線LANシステムの技術的条件」に準ずること。

(1) 周波数

DS方式又はOFDM方式の場合はPN符号をデータとした変調波、FH方式、DS/FH方式又はOFDM/FH方式の場合は拡散変調を停止した状態で、また、その他の方式については無変調波(搬送波)を送信した状態で、周波数計を用いて平均値(バースト波にあたってはバースト内の平均値)を測定すること。

(2) 送信装置の空中線電力

ア 空中線端子付きの場合

スペクトルアナライザのIF出力に電力計を接続して、1MHzの帯域幅における平均電力を測定することが適当である。平均電力を求める際の平均時間は、FH方式又はDS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式にあつては、測定値が一定となるまでの十分な時間とすることが適当である。DS方式又はOFDM方式にあつては、バースト波の場合は、バースト内の平均電力とすること。

イ 空中線端子無しの場合

電波暗室で1MHzの帯域幅における実効輻射電力を測定し、[測定値 \times θ / 360 (θ は半値角(度))]を空中線電力とする。その他の条件は空中線端子付の場合に同じとすること。

(3) 空中線の半値角

電波暗室で供試機を回転代の上に載せて、1MHzの帯域幅における実効輻射電力が最大点から半分になる角度を測定すること。

(4) 送信装置のスプリアス発射の強度

ア 空中線端子付きの場合

スペクトルアナライザで1MHzの帯域幅における平均電力を測定すること。平均電力を求める際の平均時間は、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式にあつては、空中線電力の測定の際の平均時間と同じとすること。DS方式又はOFDM方式にあつては、バースト波の場合はバースト内の平均電力とすること。

イ 空中線端子無しの場合

電波暗室で1MHzの帯域幅における実効輻射電力を測定し、その値が次の値以下であることを確認すること。その他の条件は空中線端子付の場合に同じとすること。

(ア) 2,427MHz以上2,470.75MHz以下の電波を使用するもの

a. 2,387MHz未満及び2,496.5MHz未満を超える周波数帯:

2.5 μ W又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対

値が -31dB

- b. 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下：
25 μW 又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が -21dB

(1) (ア)以外のもの

- a. 2,387MHz未満及び2,496.5MHz未満を超える周波数帯：
2.5 μW 又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が -36dB
- b. 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下：
25 μW 又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が -26dB

(5) 受信装置の副次的に発射する電波等

空中線端子無しの場合、実効輻射電力を測定し、次の値以下であることを確認すること。

ア 2,427MHz以上2,470.75MHz以下の電波を使用するもの

(ア) 1GHz未満の周波数において4nW又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が -59dB

(イ) 1GHz以上の周波数において20nW又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が -52dB

イ ア以外のもの

(ア) 1GHz未満の周波数において4nW又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が -64dB

(イ) 1GHz以上の周波数において20nW又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が -57dB

(6) 筐体輻射

(4)イ と同様に測定すること。

2 FH方式を用いる移動体識別用無線局の技術的条件

FH方式を使用する移動体識別用無線局の技術的条件は、以下のとおりとすることが適当である。他の方式を使用する移動体識別用無線局の技術的条件については、現行の技術的条件のとおりとするのが適当である。

2.1 一般的条件

(1) 伝送方式及び変調方式

スペクトラム拡散方式(FH方式)であること。

(2) 無線周波数帯

産業科学医療用(ISM)の使用に指定されている2,400MHzから2,500MHzまでの周波数帯(ISMバンド)から選択すること。(特に諸外国の状況等を考慮し、2,400MHzから2,483.5MHzまでとすることが望ましい。)

(3) 空中線電力

1MHzの帯域幅における平均電力が10mW以下(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものは3mW以下)であること。

(4) 空中線利得

送信空中線の絶対利得は、6デシベル以下であること。

ただし、1MHz当たりの等価等方輻射電力が絶対利得6デシベルの送信空中線に10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものは3mW)の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことが可能であること。

(5) 応答機からの受信

応答機(送受信装置から独立した応答のための装置であって、送信設備が発射する電波により作動し、その受信電力の全部又は一部を同一周波数帯として発射するものをいう。)からの電波を受信できること。

(6) 違法使用への対策

送信装置の主要な部分(空中線系を除く高周波部及び変調部)は、容易に開けることの出来ない構造であること。

2.2 無線設備の技術的条件

2.2.1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

$\pm 50 \times 10^{-6}$ 以内であること。

(2) スプリアス発射の強度の許容値

1MHzの帯域幅における平均電力が次の値以下であること。

ア 2,387MHz未満及び2,496.5MHzを超える周波数帯: $2.5 \mu W$

イ 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下: $25 \mu W$

(3) 空中線電力の許容値

上限20%、下限80%以内であること。

(4) 占有周波数帯幅の許容値

83.5MHz以下であること。

(5) ホッピングの一様性

特定の周波数において電波を連続して発射する時間(滞留時間)は0.4秒以下であり、かつ2秒間における任意の周波数での滞留時間の合計が0.4秒以下であること。

(6) 筐体輻射

実効輻射電力がスプリアス発射の強度の許容値以下であること。

2.2.2 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、平均電力が1GHz未満の周波数において4nW以下、1GHz以上の周波数において20nW以下であること。

2.2.3 混信防止機能

利用者による周波数の切り替え又は電波の発射の停止が容易に出来る機能を有すること。

2.3 測定法

FH方式を用いる無線局については、小電力データ通信システムに準ずること。

情報通信審議会 情報通信技術分科会

2.4GHz帯高度化方策委員会

報 告

目 次

I 審議事項	17
II 委員会及び作業班の構成	17
III 審議経過	17
IV 審議内容	18
第1章 2.4GHz帯使用機器の現状	18
第2章 高度利用技術の導入	41
第3章 技術的条件の検討	51
第4章 今後の課題	58
V 審議結果	59
別表1 委員会構成	61
別表2 作業班構成	63

I 審議事項

2.4GHz帯高度化方策委員会は、情報通信審議会諮問第2001号「2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」（平成13年3月28日諮問）について審議を行った。

II 委員会及び分科会の構成

委員会の構成については、別表1のとおり。

なお、検討の促進を図るため、本委員会の下に作業班を設けて検討を行った。

作業班の構成については、別表2のとおり。

III 審議経過

① 第1回（平成13年4月17日）

委員会の運営方法、審議方針及び検討事項について審議を行った。また、作業班を設置することとした。

② 第2回（平成13年7月6日）

中間報告書案及び今後の検討事項について審議を行った。また、関係者からの意見聴取の機会を設けた結果、所定の期日までに意見陳述を希望する旨の申し出が5件あり、それらの意見を踏まえて審議を行うこととなった。（参考資料1）

③ 第3回（平成13年9月17日）

これまでの審議をふまえ、答申案及び委員会報告書を取りまとめた。

IV 審議内容

第1章 2.4GHz帯使用機器の現状

2.4GHz帯は、産業科学医療(ISM:Industrial, Scientific and Medical)バンドとしてISM応用機器の使用が認められており、この周波数で運用する無線通信業務は、ISM応用機器の使用によって生じ得る有害な混信を容認しなければならない。国内では、図1.1のように割り当てられている。

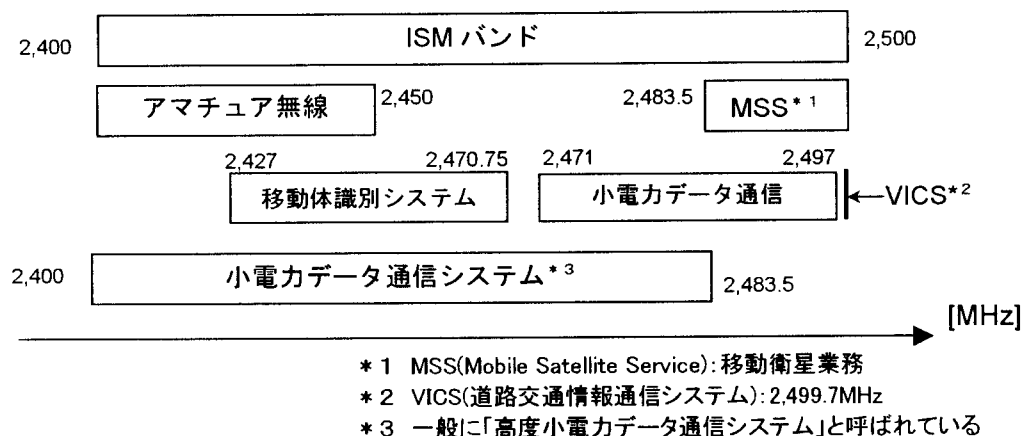


図 1.1 2.4GHz 帯の使用状況

また、ISMバンドでは、電子レンジ以外にも、医療用ハイパーサーミア、木材乾燥機などのマグネトロン応用機器が使用されている。本章では、まずこれらISMバンドを使用している各種機器のシステムイメージ、技術諸元、アプリケーション例および市場規模を説明し、諸外国の状況及び今後の傾向などを示す。

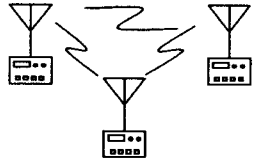
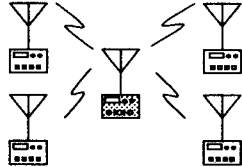
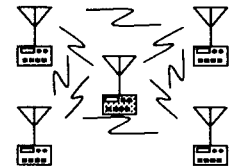
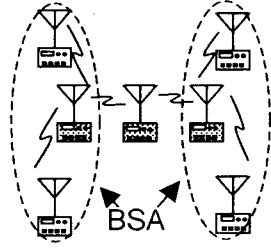
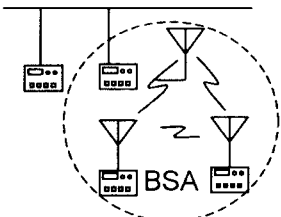
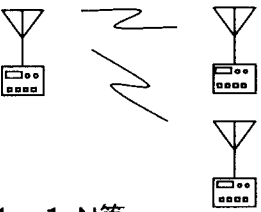
1 小電力データ通信システム

1.1 システムイメージと応用例

2.4GHz帯小電力データ通信システム(通称無線LAN)は、高速伝送能力を活かした無線通信による比較的大容量のデータ伝送が可能である。同システムは、ネットワークを構築することでシステムの高度化に用いたり、屋外などの回線工事が不可能な場所における高速データ伝送用組み込み通信装置として用いられ、近年、OA(Office Automation)、FA(Factory Automation)、SA(Service Automation)の各分野においてニーズが高まっている。主なシステム構成は図1.2のとおりである。

また、本システムは、LANの一種であるためインターネットとの親和性が良好である。このため、本システムをインターネット接続のための加入者側のアクセス手段(いわゆるラストワンマイル)として活用する電気通信事業者も現れてきている。(図1.3)

図 1.2 システム構成図

	システム構成	基本サービスエリア	利用形態	備考
標準 LAN 以外	<p>形態 1 対等分散通信</p> 	半径 20m 程度	<ul style="list-style-type: none"> ・固定型 ・半固定型 ・移動型 	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式 ・CSMA**方式
	<p>形態 2 ポイント・スター通信</p> 	同上	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式 (2波単信方式) ・アクセス制御は、集中局主導可能
	<p>形態 3 ポイント・メッシュ通信</p> 	同上	同上	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式 ・アクセス制御は、集中局主導
	<p>形態 4 リピート中継</p> 	BSA*内は形態 1、2、3と同じ	<ul style="list-style-type: none"> ・固定型 ・半固定型 ・移動型 	<ul style="list-style-type: none"> ・BSA内は、形態1、2、3のいずれか
	<p>形態 5 ポイント・スター通信</p> 	同上	同上	同上
標準 LAN 以外	<p>形態 6 対向型通信</p>  <p>1:1、1:N等</p>	同上	<p>モデムやプリンタの無線接続、その他の標準 LAN 以外のデータ伝送など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式、半複信方式、複信方式等

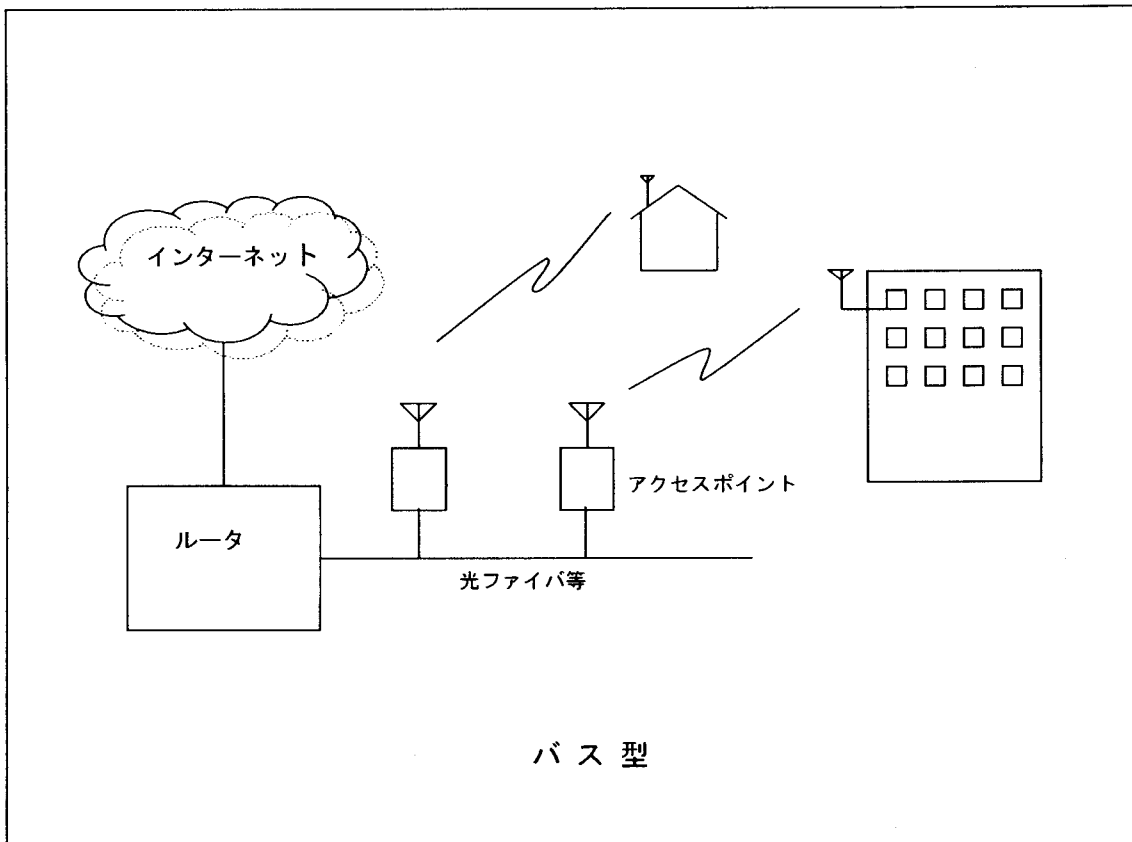
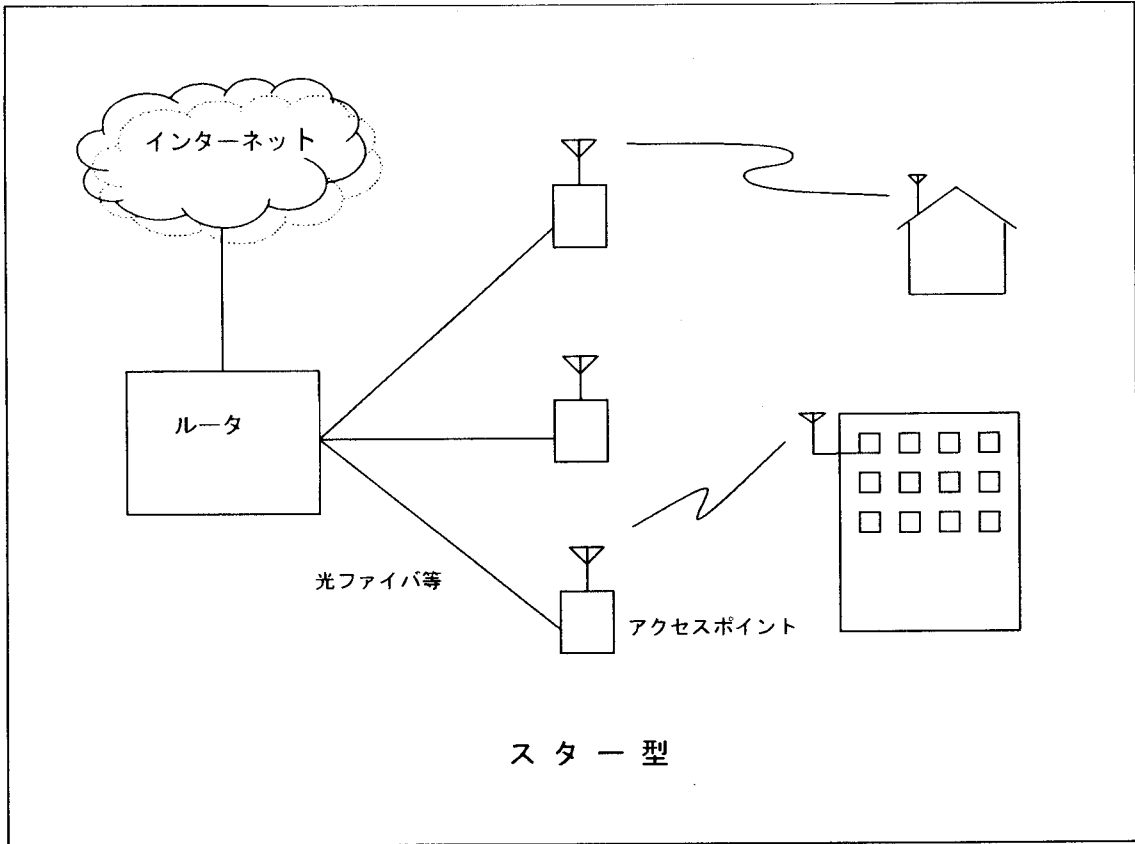
*BSA (Basic Service Area)、**CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

ここで、固定型 : 通常固定し、ロケーション変更の場合のみ移動する形態

半固定型 : 通常移動を伴うが、通信時は移動しない形態

移動型 : 通信時も移動可能な形態

図 1.3 ラストワンマイルとしての活用例



アクセスポイントは電柱やビル屋上に設置

2.4GHz ISM帯での使用を前提としているため、ある程度の干渉を許容したシステムとしてスペクトラム拡散(SS: Spread Spectrum)方式を用いている。1992年、電波法施行規則第6条第4項第4号に「小電力データ通信システムの無線局の無線設備」として規定され、免許不要なシステムとして運用されている。また、1999年には使用周波数帯が拡張された(高度)小電力データ通信システムが制度化されており、システムの技術基準は表1.1の次のとおりである。

運用においては、免許を要しない局である条件として電波法第4条に「他の無線局にその運用を阻害するような混信その他の妨害を与えないように運用することができるもの」と規定されている。

1.3 システムの特徴

小電力データ通信システムは、微弱を除く2.5GHz以下で容認されている唯一の広帯の小電力無線であり、他のシステムに対する利点は以下のとおりである。

- (1) データ伝送速度が高速なため、比較的大容量のデータ伝送に適している。
- (2) 高速伝送が可能のため、誤り訂正を行ってもスループットを確保できる。
- (3) 端末の移設・増設の際に設置工事が不要であり、経済的な回線構築が容易に実現できる。

1.4 市場分野及び用途の動向

パソコンの低価格化は、OA以外でのパソコンの使用を増加させ、SA、FAシステムがIC技術の急速な普及とともに高度化し、扱うデータ量も増大している。このような状況で、前述の技術進歩に伴ない、比較的低コストで大容量データを集計管理するシステムが実現できるようになっていることから、これらのシステムからの要求として、大容量データ伝送用無線機器に対するニーズが高まってきている。

(1) 主要市場分野

小電力データ通信システムの主要市場は、OA、SA、FA分野である。外食産業での顧客注文、注文伝票などの通知／発行システムや、商業での店舗管理用POS(Point Of Sales)システムへの導入、市街地などで有線による回線工事が困難な場所の無線回線利用などとして利用されている。また今後、携帯情報端末用Bluetoothや情報家電用HomeRF (Home Radio Frequency)/SWAPなど、主にパーソナルユースを目的とした通信方式の規格化に向けた動きに伴ない、一般家庭における情報機器間の通信機としての役割も期待されている。

また、光ファイバや専用線などと組み合わせた電気通信事業用のアクセス手段としても、今後伸びが期待されている。インターネットアクセス専用の加入者線の一部として、本システムによるラストワンマイルが実現されている。

(2) 利用用途、形態、動向

- ア 高速レスポンスを必要とするシステムでのデータ通信
バーコード、ハンディターミナル、シーケンサなど

イ 人体に厳しい環境下でのデータ通信

冷凍室、恒温室、クリーンルーム、原子炉、火山観測など

表 1.1 小電力データ通信システムの技術基準

		小電力データ通信システム	
送信周波数		2,471~2,497MHz (26MHz)	2,400~2,483.5MHz (83.5MHz)
通信方式	通信方式	単方向通信方式、単信方式、半複信方式または複信方式	
	変調方式及び伝送形式	スペクトル拡散方式 (DS、FHおよび複合方式)	デジタル信号を伝送するもの (スペクトル拡散方式を含む)
拡散率		10以上	スペクトル拡散方式を用いるものについては5以上
送信出力		10mW/MHz以下	<ul style="list-style-type: none"> ・スペクトル拡散方式を用いるものについては10mW/MHz (2,427~2,470.75MHzを使用し、FHおよび複合方式を用いるものについては3mW/MHz) ・その他については10mW
免許条件		必要なし	
空中線		絶対利得2.14dB以下であること。 ただし、実効輻射電力が、絶対利得2.14dBの送信空中線に1MHz帯域幅における平均電力が10mWの空中線電力を加えた時の値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補えるものとする。	
空中線電力の許容偏差		+20%、-80%以内	
占有周波数帯幅		26MHz以下(拡散帯域幅:500kHz以上)	FHの場合は83.5MHz以下、それ以外の場合は26MHz以下(拡散帯域幅:500kHz以上)
スプリアス発射強度		ア. $2,458\text{MHz} \leq f < 2,471\text{MHz}$ 及び $2,497\text{MHz} < f \leq 2,510\text{MHz}$ $\Rightarrow 25\mu\text{W}$ 以下 イ. $2,458\text{MHz} > f$ 及び $2,510\text{MHz} < f$ $\Rightarrow 2.5\mu\text{W}$ 以下	ア. $2,387\text{MHz} \leq f < 2,400\text{MHz}$ 及び $2,483.5\text{MHz} < f \leq 2,496.5\text{MHz}$ $\Rightarrow 25\mu\text{W}$ 以下 イ. $2,387\text{MHz} > f$ 及び $2,496.5\text{MHz} < f$ $\Rightarrow 2.5\mu\text{W}$ 以下
副次的に発射する電波の限度		1GHz未満 \Rightarrow 4ナノワット以下 1GHz以上 \Rightarrow 20ナノワット以下	
その他		主として同一の構内において使用される無線局の無線設備であって、識別符号を自動的に送信し、又は受信する混信防止機能が必要。	

DS(Direct Sequence):直接拡散方式

FH(Frequency Hopping):周波数ホッピング方式

拡散率:拡散帯域幅を変調信号の送信速度に等しい周波数で除した値

- ウ 守秘性が要求されるデータ通信
 - 金銭、経理、人事データなど
- エ 電気ノイズの厳しい環境下でのデータ通信
- オ ビル間などのデータ通信
- カ モバイル PC(Personal Computer)間のデータ通信
- キ デジタル放送 TV データと PDA(Personal Digital Assistance)又はモバイルコンピュータとの通信
- ク 画像などの高速大容量データ通信
 - 自動搬送車や自動機器などの動作状況の確認など
- ケ インターネットアクセス用加入者回線システム
- コ 地域情報化システムにおける屋外無線回線

1.5 市場規模動向

小電力データ通信システムは、近年急速に普及が進み、オフィスや家庭での使用のみならず、工場等での制御用通信、屋外のアクセス回線といった用途で幅広く利用されている。規格としてもいわゆるIEEE802.11準拠の無線LANに加え、Bluetoothやその他の独自規格の通信システム等幅広いシステムが存在し、小電力データ通信システム全体としての市場規模を推定するのは容易ではないが、現在最も台数が多いと思われる無線LANシステムについては、その稼働台数は2005年までに230～400万台と推定されている。

2 移動体識別システム

2.1 システムイメージとその応用

質問機から応答機に向けて電波を発射し、それを受けた応答機でデータを確認後、移動体データを質問機に送信することで、同データより移動体を識別する装置である。実際の応用例は、工場でのライン上を流れてくる生産物の識別による生産指示、研究所などにおけるドアの出入／開閉、通過できる／できないの判断、列車通過確認やポイント切替指示など多方面に応用されている。

従来の応答機はバッテリー内蔵タイプが多く、使用出来る期間はバッテリー寿命で決まっており、価格も高価であった。ここ1～2年の間に、半導体技術の進展により、バッテリーレスの1チップIC応答機が実用レベルで登場している。また、国際標準化が進む中、米国を中心に移動体識別システム特有の課題を改善し、耐干渉性の高い通信方式が商用化され、移動体識別システムの形態やその適用領域に大きな変化、拡大が起こりつつある。

主なシステム構成ならびに、主たる利用形態は次の図の通りである。

(1)システム構成モデルA

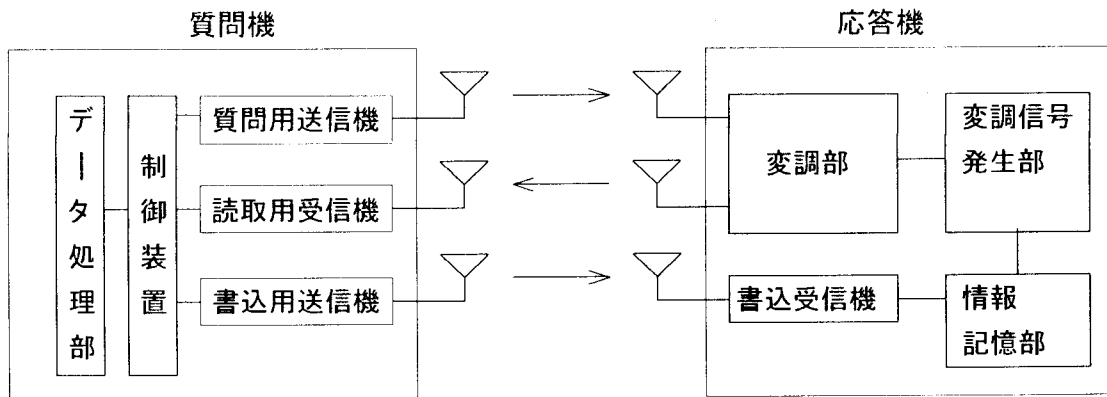


図 1.4 移動体識別システム構成モデル

(2)システム構成モデルB

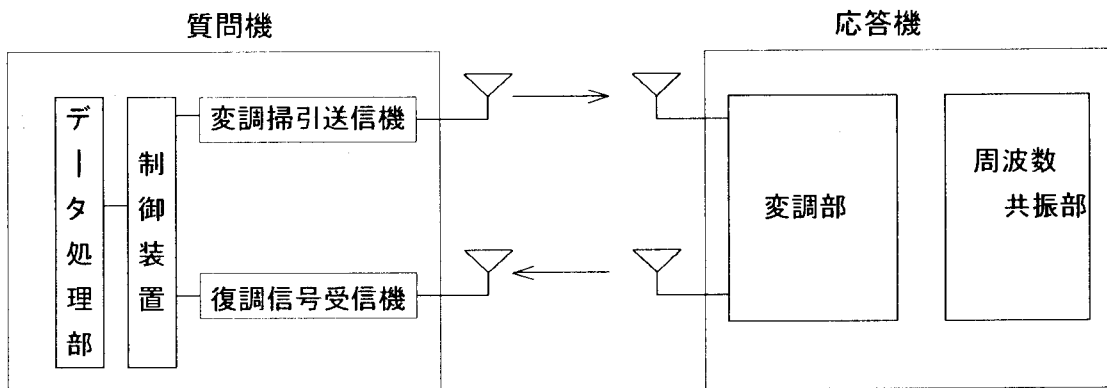


図 1.5 移動体識別システム構成モデルB

(3)概念図

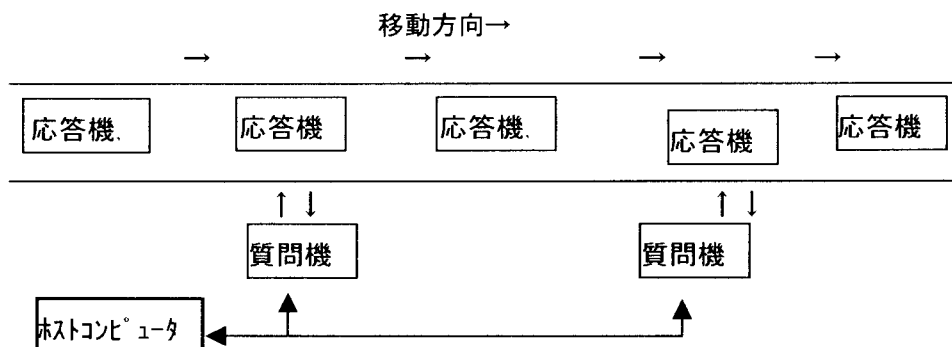


図 1.6 移動体識別システムの概念図

(4) 概念図(移動型質問機を使ったシステム)

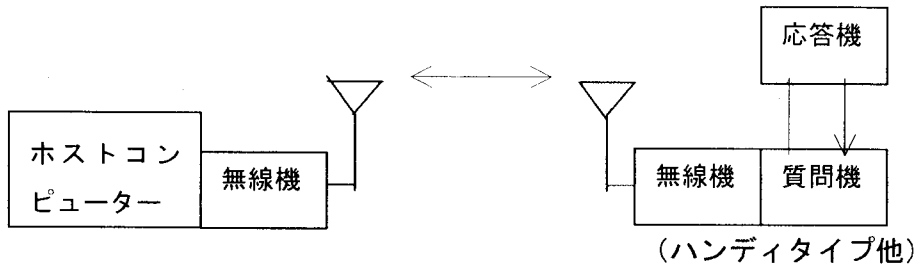


図 1.7 移動体識別システム概念図(移動型質問機を使ったシステム)

2. 2 制度、技術諸元

移動体識別システムは、特定小電力無線局のシステムが制度化される以前は、免許を要する無線局として電波法施行規則第4条第1項第26号の構内無線局として認可されていた。構内無線局移動体識別システムは、無線局免許は必要とされているものの、無線従事者免許は不要な無線局として認められている。その後、1992年5月に電波法施行規則第6条第4項第2号の特定小電力無線局の中で移動体識別システムが認可され、現在に至っている。

システムの技術基準は表1.2のとおり。

表 1.2 移動体識別システムの技術基準

		移動体識別	
		特定小電力無線設備	構内無線設備
送信周波数		2,440MHz 帯 2,450MHz 帯 2,455MHz 帯	
伝送方式	伝送形式	データ	
	電波の型式	NON、 A1D/AXN/F1D/F2D/G1D	NON、 A1D/AXN/F1D/F2D/G1D
空中線電力		10mW	300mW
免許条件		必要なし	必要あり
使用有効範囲		3m 未満	3m 以上
空中線利得		絶対利得 20dB 以下	
空中線電力の許容偏差		+50%、-50%	
変調信号		無変調、データまたは掃引信号	
変調方式		電波型式に適合するもの	
占有周波数帯幅		5.5MHz 以下	
スプリアス発射の強度		100 μW 以下(平均電力)	
副次的に発射する電波の限度		4nW	
その他		特定小電力無線局の混信防止機能として、次のいずれかの機能を有すること ①主として同一の構内において使用される無線局の無線設備であって、識別符号を自動的に送信し、又は受信する機能 ②利用者による周波数の切り替え、又は電波の発射の停止が容易に行うことができる機能	

2.3 システムの特徴

特定小電力の移動体識別システムは、構内無線局システムと比較して送信出力が小さいため認識距離はバッテリー内蔵の応答機では3m未満である。(バッテリーレスの応答機に適用した場合、数cm程度)。

従来のシステムは、産業用システムが主であり、生産現場において混在した種類の製品の区別を非接触カード(応答機)により指示し、生産品目別の部品供給、仕向地毎の内容変更など、コンピュータと組合せて指示を行うことで混在生産の自動化の重要なツールとして、また、個人に所有させることでゲートの通過管理、通過量や通過時間管理等に利用されている。

2.4 市場分野及び用途の動向

現在までの移動体識別装置は、主として、工場や倉庫のベルトコンベア、駐車場入出管理などにおいて、コンピュータと組合せることにより、非接触で通過する物体を認識し、流れの制御、作業指示などに使用されている。

一方、1チップの半導体で形成される応答機及び小型、軽量の携帯型質問機も登場し、今後、産業用途での活用範囲の更なる発展のみならず、物流管理、物品管理等幅広い新しい用途拡大の兆しをみせている。

(1) 主要市場分野

従来の主な市場である運輸、自動車、機械、ビル管理、建設業等に加え、物流管理、物品管理、履歴管理、アパレル管理等新しい市場開拓が行われつつある。

(2) 利用用途、形態、動向

ア 運輸

貨物の仕分作業において、仕分別に応答機を設置し自動仕分および運送料金の自動計算や、請求書の自動発行など。利用はN(質問機):M(移動応答器「貨物」)

イ 自動車

生産現場において、多品種少量生産が可能のように部品流入の仕分を行い最適な生産を行うためのシステム、として使用など。利用はN(質問機):M(移動応答機「部品」)

ウ 機械

製鉄、機械加工の業種において、人間が行なうと危険が伴う重量物での移動運搬、機械化作業による運搬先の指定や運搬方法の指定、自動化機器の管理など。利用はN(質問機):M(移動応答機「部材」)

エ ビル管理

ビルの管理において、人間の流入のチェックや入退出時間の確認。警備の見回りにおいて、通過ポイントの時間確認やチェックなど。利用はN(質問機):M(移動応答機「人間、ガードマン」)

オ 建設業

資材搬入確認や工事業者の入退出管理など。利用はN(質問機):M(移動応答機「建設資材、工事業者」)

カ 鉄道輸送

貨物列車の行先指示やポイント切替え、列車組替えなど。利用はN(質問機):M(移動応答機「列車」)

以上のように、移動体識別システムは様々な分野において利用されているが、更に1チップの小型、軽量、安価なタグ普及の環境が整えば、従来市場での更なる発展と従来に比べてあらゆる物品に使用できるほか、ハンディタイプの質問機とも連動し、飛躍的な発展が進むと思われる。

卸・流通小売業、倉庫業等における入出庫管理の自動化や検品データ入力の精度アップ、棚卸管理の効率化、運送業等での仕分け精度・効率のアップ、小売業等における自動検数等、その活用方法はソフト次第で無限に広がるものである。

2.5 市場規模動向

移動体識別装置には、電磁結合式、電磁誘導式、光通信式、マイクロ波式等があるが、マイクロ波を使用することにより、通信速度が高速化され複数のタグの同時読取り、アンテナの小型化、回路の1チップIC化による小型軽量化が進んでいる。この小型化、IC化は、これからの利用分野の拡大と低価格化を飛躍的に高められると思われる。また、米国を中心にSS方式(FH)を用いた移動体識別装置も開発され、移動体識別装置の課題が改善され、又、ノイズに強く、より悪環境下での利用も可能となってきている。

この小型、軽量、低価格、高耐環境性により、現在のFA市場中心から、ここ1~2年で、物流・流通市場等へ本格的に展開され、これが一層の低価格化を実現する要因となり、今後さらなる利用分野の拡大を促進するという好循環をもたらすことが期待される。宅配便だけでも10~20億枚以上の無線タグの需要があり、膨大な市場規模になるとと思われる。

将来の移動体識別装置の将来需要予測台数を図1.8に示す。

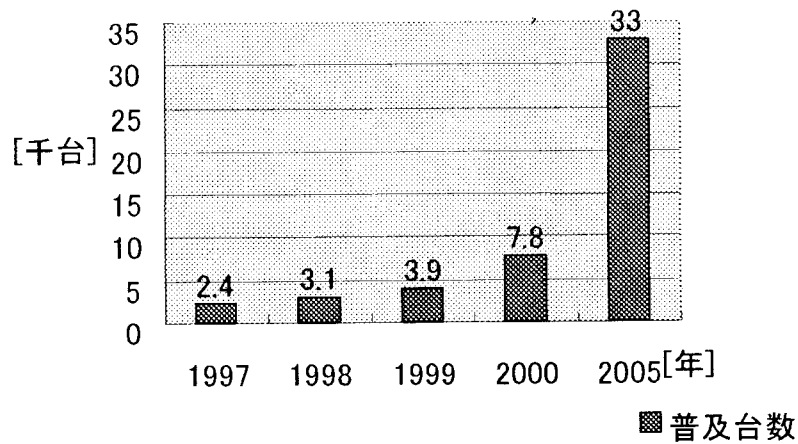


図 1.8 移動体識別装置の将来需要予測台数

3 アマチュア無線

3.1 システムイメージと応用例

アマチュア無線の特徴は、電波法の範囲で運用の自由度が大きく、固定、車載、携帯すべての運用形態で使用されていることである。FMの音声通信、電信のほか、中継局を介した通信、広いバンドを生かした動画像伝送、衛星通信、月面反射による通信の他、デジタル通信やSS方式の実験などが行われている。

アマチュア無線の主なシステム構成モデルを図 1.9 に示す。

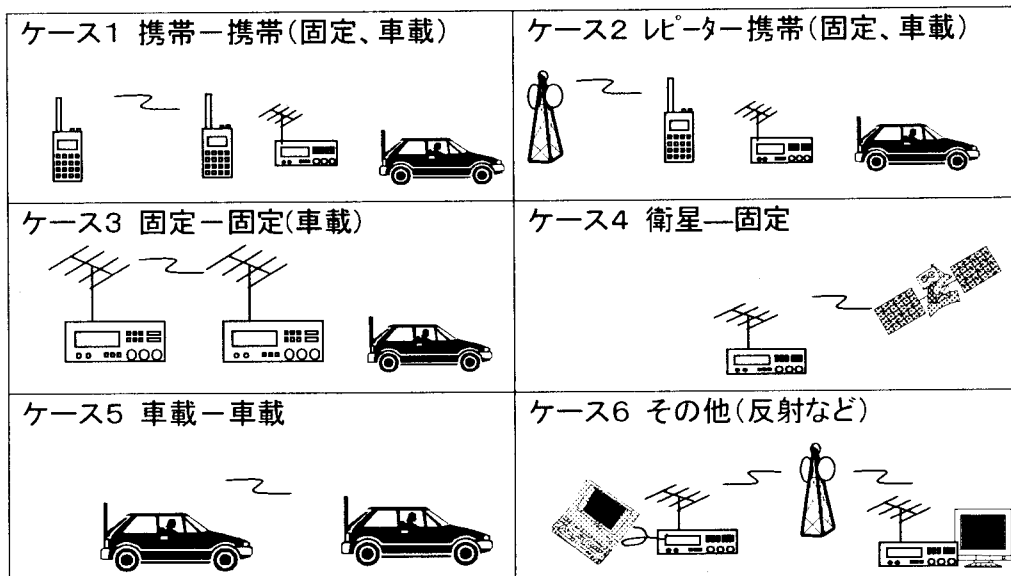


図 1.9 アマチュア無線の主なシステム構成モデル

3. 2 制度、技術諸元(2.4GHz 帯)

(1)周波数別の電波型式、使用形態等の条件

表 1.3 アマチュア無線の周波数別の変調方式、使用形態等の条件

周波数[MHz]	使用形態等	変調方式及び占有周波数帯幅
2,400~2,405	衛星通信(上り、下り)	制限なし
2,405~2,407	レピータへの上り通信	FM系(約 20kHz)
2,407~2,422	TV信号	AM系(6~9MHz) FM系(15MHz 以下)混在
2,422~2,424	データ通信及び RTTY	A2、F1、F2
2,424~2,424.5	データ通信、月面反射通信	RTTY を除くすべて
2,424.5~2,425.0	標識信号の送信のみ	A1、F2
2,425~2,427	レピータからの下り通信	FM系(約 20kHz)
2,427~2,431	データ通信を除く	FM系(6kHz 以上)
2,431~2,442	TV信号	AM系(6~9MHz) FM系(11MHz 以下)混在
2,442~2,450	制限なし	制限なし

(2)空中線電力等

空中線電力は、空中線に供給される電力としてのみ規定されており、最大値は 2W である。空中線の型式は、多素子(30 素子×2 程度)の八木アンテナが多いが、レピータ局においては無指向性とするため、通常多段のコリニア・アンテナを使っている

(3)局数

レピータ局の数を表 1.4 に示す。

表 1.4 アマチュア無線の全国レピータ数

関東	27	東北	3
東海	27	北海道	11
近畿	43	北陸	3
中国	7	信越	10
四国	8		
九州	10	合計	149

(4)運用の傾向

運用の傾向は、大きく 3 分類され、

ア FM 系電話で、主にレピータを介して日常的な通信を行う

イ FM 系電話、TV で移動運用し、長距離通信の記録達成／更新を図る

ウ SS を含む新しい通信方式、高速のデータ通信に関し技術的研究を行う

が挙げられる。現在のところ、1,200MHz 帯以下の周波数帯のように、移動体(車等で移動しながらの)通信を行う例はあまりない。また、イについては、移動しての運用が主だが、見晴らしのよい山頂等へ移動し半ば固定的に設営しての運用になる。

(5) 周波数割当て上の位置付け

アマチュア無線局は、アマチュア業務としての運用に制限されており、他の業務のために使用したり第三者のための通信はできない。また、電波法施行規則第13条の2及び関連告示により、「この周波数帯の使用は、国際周波数分配表に従って運用しているアマチュア業務以外の業務の無線局に妨害を与えない場合に限る。」及び「2,400MHzから2,450MHzまでの周波数帯の使用に際しては、産業科学医療用機器の運用によって生じる有害な混信を容認しなければならない。」と規定されている。

3. 3 市場分野及び用途の動向

販売されているアマチュア無線機器は、固定機型(オプションユニットを実装して運用)1機種(1W)、車載機型1機種(1W)、周波数変換型送受信機 数機種(2W)であり、製品が少ないこともあり、機器を自作して運用している局が多い。主な運用は、音声通信、テレビジョン通信、衛星通信、パケットデータ通信のほか、月面反射(EME)通信などがある。また近年では、一部でSS通信の実験やデジタル化に向けた実験も行われている。

3. 4 市場規模動向

現在、このバンドで実際に運用しているアマチュア無線局数の正確な把握はできないが、これまでに販売されたメーカー製無線機器(3メーカーの数機種に留まる)の販売台数の累計は2万台以下と推定される。また、中継局は全国に149局(表1.4参照)設置、運用されている。

一方、1,200MHz帯以下の周波数帯における免許数は極めて高く、混雑を避けようとするアマチュア局の2.4GHz帯への移行も活発化してきている。

日本アマチュア無線連盟(JARL)では、中継局の設置を推進するなど、このバンドの活性化に向けて活動を行っている。また、今後のアマチュア無線におけるデジタル技術の導入を推進しており、特に、1,200MHz帯及び2,400MHz帯のレピータ局を中心にその導入の検討を開始している。

その他、例えば先進的な技術的研究、特に高速大容量の通信の実験をする場合など、十分な周波数帯幅を得るために、特に2,442~2,450MHzが用いられている。この周波数帯で、アマチュアが容易に入手可能な素子や機材が近年豊富になってきたことも、その要因として挙げられる。

さらに、空中線のサイズが小さいこと、あるいは同サイズのアンテナで高い利得が得られること及び雑音などの面から衛星通信に有利である。最近では国際協力により開発された大型アマチュア衛星AO-40が平成12年11月に南米の仏領ギアナから打上げられた。この衛星には、この周波数帯のトランスポンダが搭載されており、日本をはじめとする各国のアマチュアが利用している。

以上のように、この周波数帯は、まだ1,200MHz帯以下の周波数帯ほどの運用者はいないが、既に一般のアマチュアにも手の届く範囲になっており、また、今後のデジタル衛星の実現により国際的にも活況を呈してくるものと予想される。

3.5 諸外国の状況

諸外国のアマチュア無線の用途は、基本的に日本と同じであるが、メーカー製造機器はほとんど無く、活発に運用されている周波数帯ではない。海外においては、2,300～2,450MHzがアマチュア無線に割り当てられているが、やはり二次業務であり運用が制限されている。更に、国際電気通信連合 (ITU: International Telecommunication Union)の無線通信規則において、「2,400～2,450MHzの周波数帯においては、アマチュア衛星業務は、他の業務に有害な混信を生じさせないことを条件として、運用することができる。この使用を許可する主管庁は、アマチュア衛星業務の局の発射によって生じるいかなる有害な混信も直ちに除去することを確保する。」と規定されている。

4 ISM機器

4.1 システムイメージと応用例

ISM機器は、電子レンジ、医療用ハイパーサーミアおよび加熱器など、通信を目的としない高周波利用設備である。

4.2 制度、技術諸元

ISMバンドにおける制度としては、郵政省告示(昭和46年第257号)において定められており、無線設備規則第65条の規定により通信設備以外の高周波利用設備から発射される基本波又はスプリアス発射による電界強度の最大許容値の特例が2.4GHz帯で定められている。ISM機器の技術的条件を表1.5に示す。

表 1.5 ISM 機器の電界強度

周波数帯	2,450MHz±50MHz
基本波による電界強度	特に規定なし
スプリアス発射による電界強度	特に規定なし

また、電子レンジに関しては、電波法施行規則第46条の7において、表1.6のとおり規定されている。

表 1.6 電子レンジの技術的条件

周波数帯	2,450MHz±50MHz
高周波定格値	2kW 以下 かつ動作状態における高周波出力の最大値が定格値の 115%を超えないもの
スプリアス発射	周波数帯内では、規定なし
漏洩電波の電力束密度	耐久試験後、5mW/cm ² 以下
筐体	高圧電気により充電される機器及び電線が、絶縁遮蔽体または、接地できる構造の金属遮蔽体内に收容され、外部より容易に触れられないもの

4. 3市場規模動向及び用途の動向

電子レンジ、医療用ハイパーサーミアおよび加熱器などは、家庭内や病院など、主に屋内の限られた場所での使用を目的としている。市場規模も電子レンジなどは、既に一般家庭に普及済なため、市場での今後の急激な需要はないと思われる。

5 MSS (Mobile Satellite Service)

5. 1 イメージと応用例

2.4GHz帯の中・低軌道衛星を用いる移動体衛星通信システムは、2000年4月から欧米等においてサービスが開始されている。日本でのサービス導入は2003年頃が想定されている。

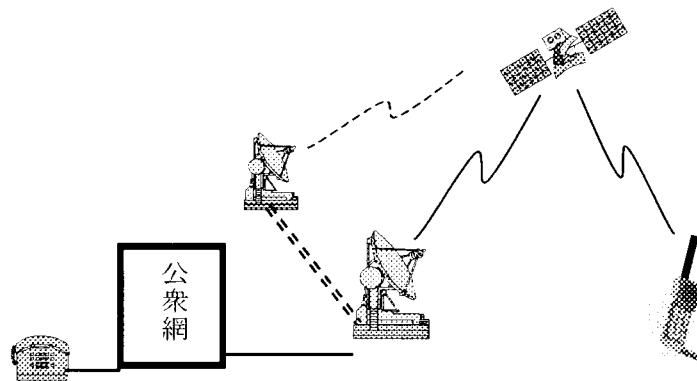


図 1.10 MSS システムのイメージ図

5. 2 制度、技術諸元

表 1.7 MSS システムの一例

衛星高度	1,414km
衛星基数	48 機
軌道面数	8(Walker “delta-pattern” constellation)
軌道面当たりの衛星基数	6
最低可視衛星仰角	10 度
最大衛星－ユーザ間距離	3,504km
衛星傾斜角	52 度
サービスリンク下り回線運用周波数	2,483.5MHz～2,500MHz
サービスリンク下り回線運用帯域幅	16.5MHz
スポットビーム数	16
セル再利用	毎セルごと
多元接続方式	CDMA
伝送レート	2,400bps
チップレート	1.2288Mcps
キャリア当たりの帯域幅	1.25MHz
キャリア数	13 キャリア
衛星サービスリンクアンテナ送信利得最大	13.0dB
サービスリンクキャリア当たりの最大 EIRP	16.0dBw
サービスリンクスポットビーム当たりの最大 EIRP	16.0 × 13 キャリア=27.14dBW
衛星－地表間の自由空間ロス最小値	-163.4dB
衛星－地表間の自由空間ロス最大値	-171.3dB
大気等の影響によるロス	-1.0dB
ボイスアクティビティ	0.4(-4.0dB)

5. 3 市場分野及び用途の動向

市場分野は、携帯電話である。地上波を用いた通信方式の場合、経済的制限よりグローバルな通信を提供するには不向きであるため、低軌道周回衛星等によるグローバルな通信を必要とする市場が発生している。また、目的別に利用できる衛星携帯電話と通常の携帯電話が両方使用できる端末の開発などが進められている。

5. 4 市場規模動向

市場規模は、サービスが始まっていない今、統計的な予想はできないが、日本での想定ユーザ数は、数10万程度と想定されている。

6 VICS(Vehicle Information and Communication System)

6.1 イメージと応用例

VICS(道路交通情報通信システム)は、ドライバーに道路交通情報をリアルタイムに提供することを特徴としたシステムである。

高速道路の路側に設置した電波ビーコン(電波発信信号塔)から送信されたVICS情報は、走行中の車の車載機で受信される。受信された道路交通情報は、VICS対応のカーナビゲーション等に「地図表示型」、「簡易図形表示型」、「文字表示型」の3種類のスタイルで処理される。

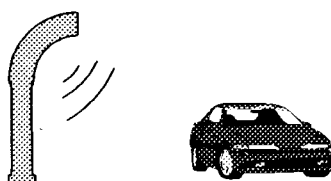


図 1.11 VICS システムのイメージ図

6.2 制度、技術諸元

表 1.8 VICS の技術的条件

		送信機	受信機
用途		交通情報データ伝送	
変調方式		二重変調 データ:GMSK*、位置検出:AM	
周波数範囲		2,499.7MHz	
送信帯域幅		85kHz	
伝送速度		GMSK:64kbps、AM:1kHz 方形波	
送信出力		10mW(10dBm)×2	
アンテナ 利得	送信	7dBi	
	受信		2dBi 程度
給電損 失	送信	3dB	
	受信		
使用環境		屋外	車内
通信距離		90m	
キャリア検出レベル			-65Bm

*GMSK: Gaussian filtered Minimum Shift Keying

6.3 市場分野及び用途の動向

VICSは、その用途より屋外での使用を前提としている。主な市場分野は、道路・交通・車両分野である。VICSで受信可能な情報としては、①渋滞情報・渋滞時間、②所

要時間情報、主要地点間の所要時間、③交通障害情報(事故、工事等)・交通規制情報、④駐車場情報(満車・空車状態)等がある。

今後、家庭、オフィス等での「交通関連情報の提供」や目的地での「目的地情報の提供」については、サービス内容の充実を行いつつ順次拡大されていくと考えられる。

オンデマンドに対応した車載機等への情報提供サービスについては、21世紀初頭までの実用化を目途に研究開発を推進し、全国へ展開される予定である。

6. 4 市場規模動向

VICSは、ITS(Intelligent Transportation Systems)の一環として推進されており、今後も需要は高まると予測される。平成2001年6月末現在で、カーナビゲーションの累計出荷実績は約760万台、うちVICSユニットの累計出荷実績は約317万台となっている。

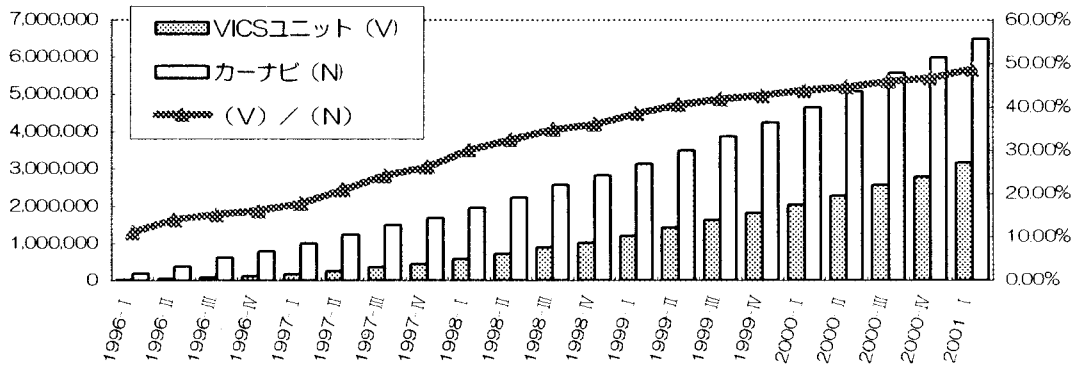


図 1.12 VICS ユニットの出荷台数累計／カーナビの出荷台数累計

VICS センターより(2001.6)

7 諸外国の状況

無線LANの国際的な民間規格については、最大2Mbpsの伝送を可能とするIEEE^{*1}802.11がISO^{*2}/IEC^{*3} 8802-11として規格化されている。その後、1999年に最大11Mbpsの伝送を可能とするIEEE802.11bが標準化され、市場に広く出回るようになっている。また、移動体識別の規格では、ISO/IEC JTC1/SC31/WG4 が2.4GHz帯を含むRFID(Radio Frequency IDentification)の標準化を進めている。

*1 IEEE: 米国電気電子技術者協会(Institute of Electrical and Electronics Engineers)

*2 ISO: 国際標準化機構(International Organization for Standardization)

*3 IEC: 国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission)

7.1 2.4GHz 帯無線 LAN の状況

(1) 周波数帯域

各国における無線LANシステム等の使用周波数帯域を図1.13に示す。

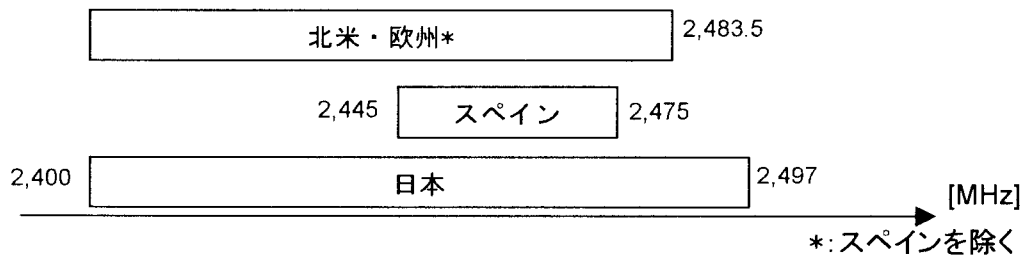


図 1.13 各国の使用周波数帯域

(2) 送信電力の比較

送信電力は、ISO/IEC8802-11では特に規定されていないが、各国の規定に従うことになっている。各国の送信電力規定は次表のとおり。

表 1.9 各国の送信電力値

国(地域)	規定	備考
米国(FCC)	総電力 1W (FH の一部は 0.125W)	総電力で規定
欧州(ETSI)	FHSS: 100mW/0.1MHz Other: 10mW/MHz	密度電力で規定
日本(電波法)	10mW/MHz (理論的には 260mW)	密度電力で規定

(3) 20Mbps 機器への対応

IEEE802.11では、現在2.4GHz帯を想定した20Mbpsを超える高速無線LANの標準化作業が進められている(参考資料7)。

7.2 RFIDの状況

現在ISOでは、RFIDの運用周波数帯として135kHz, 13.56MHz, 2.45GHz及び5.8GHzおよびUHF(900MHz帯)の5周波数が決定され、標準化作業が進められている。(参考資料8)

7.3 米国連邦通信委員会(FCC :Federal Communications Commission)の状況

米国においては、FCC part15.247項(周波数拡散装置)、15.245項(電界攪乱検知装置)及び15.249項(その他)に2.4GHz帯を含むISMバンドのデータ通信の技術的条件についての規定が記述されている。米国のRFIDは構成によって、15.247項、15.249項あるいは15.245項を適応した機器が存在する。表1.10にその規定(2.4GHz帯のみ)の主な点を示す。

米国においても、技術の進歩と産業界からの要望に伴い、逐次改正を行っている。(参考資料9)

表1.10 FCCの主な規定

	DS 無線 LAN	FH 無線 LAN	RF-ID 等
FCC 項目	15.247		15.245/15.249
変調方式	DS および FH(同変調方式の RFID も適用される)		規定なし
周波数領域	2,400-2,483.5MHz (電界攪乱検知装置の場合は 2,435-2,465MHz)		
放射強度	<ul style="list-style-type: none"> ・1W 以下(尖頭値)であること。ただしホッピング周波数が 75 未満の FH 方式は 0.125W 以下。 ・6dBi 以上の指向性利得を有する送信アンテナを用いる場合は、6dBi を超える分だけ小さくすること。ただし 2 地点間の固定式専用通話機器の場合には、6dBi を超える分について 3dB あたり 1dB 減少させること。 ・一般大衆が FCC で定めたガイドラインに規定した値を超える無線周波エネルギーの照射を受けることがない様子を十分保護すること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・3m の距離において 50mV/m 以下であること。 ・電界攪乱検知装置の場合は、3m の距離において 500mV/m 以下であること。
周波数あたりの放射強度	<ul style="list-style-type: none"> ・いかなる 3kHz 帯域においても 8 dBm を超えないこと。 		
スプリアス	<ul style="list-style-type: none"> ・使用している周波数帯域以外の周波数帯域においては、帯域幅のいずれの 100kHz 帯域幅においても、最大出力を含んでいる 100kHz の帯域幅よりも 20dB 以上低いこと。 ・15.205a¹⁾に規定した制限帯域での空中放射の値は 15.209²⁾の一般妨害許容値まで減衰していること。 		<ul style="list-style-type: none"> ・高調波の電界強度は、3m 離れた点で 500 μV/m 以下であること。 ・電界攪乱検知装置の高調波の場合には、1.6mV/m 以下であること。 ・高調波を除き、範囲外の周波数においては、基本波より 50dB 減衰しているか、15.209²⁾項の一般妨害許容値まで減衰しているかいずれか小さい値を満足していること。
その他の技術的条件	<ul style="list-style-type: none"> ・6dB の帯域幅が少なくとも 500KHz 以上であること。 ・処理利得対抗雑音比が何 dB の S/N 比を改善できるかという比は、10dB 以上であること。(受信機復調部の出力実測、又は CW ジャムマージン法により計測する) DS、FH の複合の場合は、17dB 以上の処理利得を持つこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホップチャンネル幅は、最低 25KHz または、ホッピングチャンネルの 20dB 帯域幅のいずれか広い周波数だけ離れているホッピングチャンネル搬送周波数を持っていること。擬似無作為抽出順序から得られた順番でホッピングし、各チャンネルを平均的に等しく利用すること。 ・75 以上のホッピング周波数を使用するものは、ホッピングチャンネルの最大 20dB 帯域幅が 1MHz であり、任意の周波数を占有する平均時間は 30 秒間につき 0.4 秒を超えないこと。 ・ホッピングチャンネルの最大 20dB 帯域幅が 1MHz を超え、15 以上のオーバーラップしないホッピング周波数を使用するものは、75MHz 以上の全ホッピング幅であり、任意の一チャンネルを占有する平均時間は全チャンネルをホップするのに要する時間につき 0.4 秒を超えないこと。 	

注1) 64 個所の制限周波数領域が定められている。たとえば、2.4GHz 帯に近いところでは、2,200-2,300MHz、2,310-2,390MHz、2,483.5-2,500MHz、2,655-2,900MHz などがある。詳細は FCC 本文参照。

注2) 一般妨害許容値は、FCC 15.209 において各周波数帯により表 1.11 のように定められている。

表 1.11 一般妨害許容値

周波数(MHz)	許容電界強度 ($\mu\text{V}/\text{m}$)	測定距離 (m)
0.009-0.490	2400/F(kHz)	300
0.490-1.705	24000/F(kHz)	30
1.705-30	30	30
30-88	100	3
88-216	150	3
216-960	200	3
960 を超えて	500	3

7. 4 欧州電気通信標準化機構 (ETSI: European Telecommunications Standards Institute) の状況

ヨーロッパにおいては、ETSI 300 328に2.4GHz ISM-Bandのデータ通信について規定されている。このETSI 300 328は1996年11月に制定され、最近では2000年7月に若干改訂されている。表1.12にその規定の主な点を示す。

表 1.12 ETSI 300 328 の主な規定

項目	DSSSとその他	FHSS	
変調方式	DSSSおよびFHSS		
周波数領域	2,400-2,483.5MHz		
伝送レート	250kbps以上		
放射強度	100mW(EIRP)以下		
瞬間最大電力密度	10mW/MHz(eirp)以下	100mW/100kHz(EIRP)以下	
周波数幅	チャンネル幅は-30dBm/100kHz(EIRP)以上の帯域。		
スプリアス	送信狭帯域スプリアス		
	周波数	送信時	スタンバイ時
	30MHz~1GHz	-36dBm	-57dBm
	1GHz~12.75GHz	-30dBm	-47dBm
	1.8~1.9GHz、5.15~5.3GHz	-47dBm	-47dBm
	送信広帯域スプリアス		
	周波数	送信時	スタンバイ時
	30MHz~1GHz	-86dBm/Hz	-107dBm/Hz
	1GHz~12.75GHz	-80dBm/Hz	-97dBm/Hz
	1.8~1.9GHz、5.15~5.3GHz	-97dBm/Hz	-97dBm/Hz
	受信狭帯域スプリアス		
	周波数	受信時	
	30MHz~1GHz	-57dBm	
	1GHz~12.75GHz	-47dBm	
	受信広帯域スプリアス		
	周波数	受信時	
30MHz~1GHz	-107dBm/Hz		
1GHz~12.75GHz	-97dBm/Hz		
条件	<ul style="list-style-type: none"> ・DSSSを含むFHSSの規格に合わないSS。 	<ul style="list-style-type: none"> ・チャンネルは20以上あること。チャンネルとは、オーバーラップしない周波数チャンネルまたはピークパワーから20dB低い値で測定した周波数帯域幅で分離されたホッピング位置で規定。 ・任意の周波数を占有する時間は0.4秒を超えないこと。 ・1ホップの時間とチャンネル数の4倍以内に全てのチャンネルを使用すること。 	

第2章 高度利用技術の導入

1 小電力データ通信システムへのOFDM方式の導入

1.1 背景

2.4GHz帯小電力データ通信システムについては、平成11年には使用可能な周波数帯域が拡大され、最大11Mbps程度の伝送速度が実現されるとともに、低コスト化が進んでいることから、急速に普及が進んでいる。

しかしながら有線系のネットワークは既にギガビットオーダーの領域に到達しており、このような高速通信系の中で伝送される情報の多くはマルチメディア等に対応したより大容量のコンテンツが大半を占める。このような状況から、有線系・無線系を意識することなくアクセスが可能なストレスのない快適な環境が実現できることが望まれており、より高速なシステムの導入が期待されているところである。

平成11年3月の電気通信技術審議会答申「準マイクロ波帯を使用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件」(以下、「前回答申」という)においても、5GHz帯広帯域移動アクセスシステムや地上デジタルテレビジョン方式において導入予定のOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式の導入について検討を進めることが適当とされている。また、国際動向を見ても、IEEE、FCC等において、2.4GHz帯通信システムへのOFDM方式導入について検討されているところである。

1.2 OFDM方式の特長

OFDM方式は、以下のような特長を有している。

- (1) 周波数利用効率が高い
- (2) マルチパス歪に強い
- (3) 高い誤り訂正利得が可能
- (4) 高いダイバーシティ利得が可能
- (5) リンクアダプテーションによる高速化・フォールバックが可能

これらから、QPSK等のシングルキャリア変調に比べて電力増幅器に大きなバックオフが必要という欠点はあるものの、広帯域ワイヤレスアクセスに相応しい高速化及び周波数有効利用が図れる変調方式として、5GHz帯においては米国IEEE802.11、欧州ETSI-BRAN、日本MMAC推進協議会における標準の変調方式として選定されている。

1.3 海外における検討状況について

(1) IEEE 802.11における検討

2000年3月に開催された802.11会合において、1999年に策定された最大11Mbpsが可能な802.11b方式を拡張し、更なる高速化の技術条件を検討するためのHigh Rate 802.11b Study Group (HRb SG)が発足した。このStudy Groupはその後2000年9月にIEEEより802.11 Task Group G (TGg)として承認された。

TGgの目的は802.11bのPHYを拡張し、従来方式との相互接続性を維持しつつ20Mbps以上の伝送速度を達成する方式を標準化することであり、2002年9月を目標として標準化作業が行なわれている。

(2) FCC の検討状況

2000年2月にカナダの無線機器メーカーがFCCに対し2.4GHz帯を使用するOFDM機器の認可を求めたが、当時はスペクトラム拡散の定義に適合していないとの理由で拒否された。一方、前記IEEEによる標準化作業が2000年3月より進められていたが、提案された方式はいずれも現時点におけるFCC Part15の規定を満たさないものであったため、業界からの規制緩和が求められていた。

これらの一連の動きを受けてFCCは、2001年5月に規制緩和に向けての改正案であるFurther Notice of Proposed Rule Making and Order (FCC 01-158)を発行し、意見募集を始めた。この改正案の主要な点は以下のようなものである。

- ・ スペクトラム拡散以外のデジタル変調方式を認める
- ・ DS方式のプロセスゲイン規定を削除する
- ・ FH方式の適応ホッピングルールを緩和する

さらにこの文書によって、FCCはOFDMおよび類似のデジタル変調方式の運用を、送信出力を100mWに制限することなどを条件に、改正までの間暫定的に認めることになっている。

1.4 共用条件について

前回答申では、DS方式のスペクトラムを白色雑音として扱い共用検討がなされた。OFDMのスペクトラムはより白色雑音に近いため、その検討結果をOFDMにも同様に適用してよいと考えられる。従って前回共用検討でDS方式が共用可能とされていることから、基本的にOFDMについても共用可能と考えられる。

(1) 与干渉

OFDM方式から他方式(他システム)への与干渉はOFDM方式に比べて占有帯域幅の広いもの(DS方式無線LAN)と占有帯域幅の狭いもの(FH方式無線LAN、RFID等)への干渉条件に分けて検討するのが適当であると考えられる。なお、OFDM方式の占有帯域幅については、現在IEEE802.11において17MHz程度のものが検討されている。

その場合、DS方式への与干渉は、802.11b方式を代表とするDS方式の占有帯域幅が20MHz程度であるため、OFDM方式はDS方式より帯域幅が狭い分だけ白色雑音のエネルギー量が低くなり、与干渉は低減されていると言える。また、狭帯域システムに対する与干渉条件は電力密度を同一(10mW/MHz)とすればDSと同等と考えられ、共用は可能であると考えられる。

(2)被干渉

OFDM方式ではスペクトラム拡散方式の拡散利得に相当する干渉改善効果は見込めないが、誤り訂正による改善、サブキャリア単位での干渉回避技術の導入、柔軟な可変伝送レートの特徴を生かした適応変調技術等を用いることにより、十分実用的な運用ができるものと考えられる。

1.5 その他

なお、OFDMとFHの複合方式についても、BDMA(Band Division Multiple Access)方式として、移動伝搬路で良好な性能を得ると同時に、干渉ダイバーシティ効果による大容量システムを実現できる可能性が示されている。前述のFCCの改正案においても、DS/FH複合方式に加え、その他デジタル変調(OFDM)とFH方式の複合方式が記述されている。

2 移動体識別システムへの周波数ホッピング方式導入の検討

2.1 背景

移動体識別システムは、従来バッテリー内蔵の応答機を使った活用例が多く、工場でのライン上を流れてくる生産物の識別による生産指示、研究所などにおけるドアの出入／開閉、通過可否の判断、列車通過確認やポイント切替指示など多方面に応用されてきた。

バッテリー内蔵型の応答機は、従来は一般的にタバコの箱程度の大きさがあり、使用可能期間はバッテリー寿命で決まっており、価格も高価であった。そのため、産業分野での使用に限定される傾向があった。一方、ここ1～2年の間に、半導体技術の進展により、バッテリーレスの1チップIC応答機が実用レベルで登場し、又、国際標準化が進む中、米国を中心にSS方式(FH)を用いたノイズに強い移動体識別装置も開発される等、移動体識別装置の課題の改善に向けて、新たな方式の導入が期待されている。

なお、平成11年3月の電気通信技術審議会答申「準マイクロ波帯を使用する移動体識別用無線局の高度化のための技術的条件」(以下、「前回答申」という)においては、「今後の国際的な標準化動向によって、移動体識別用無線局の高度化の必要性が生じた場合は、別途検討することが適当である。」とされており、また、FH方式の導入に関しては、「諮問第57号「無線LANシステムの技術的条件」のうち、準マイクロ波帯を使用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件において答申されている無線諸元の範囲で移動体識別用無線局の高度化を行うことは可能である。」とされている。

2.2 移動体識別システムにおける周波数ホッピング方式の特長

移動体識別システムにおいては、質問機の送信周波数と応答機で反射し受信する周波数が完全に一致するため、同一のホッピングパターンでの同期検波が可能となる。このため、通常の周波数ホッピング方式(以下FH方式)に伴う受信機の複雑性がなく、他の無線業務に比べ、FH方式の特長がより有効に発揮される。

また、FH方式の導入により、移動体識別システムに特有のデッドポイントの問題が解決される。デッドポイント問題とは、質問機と応答機間の距離がある特定の値となった場合、応答機からの信号を復調することが出来ない現象である。

図2.1は同期検波方式を使った一般的な質問機と応答機の基本機能構成であるが、最も簡易な構成の質問機において固定した周波数の信号源を使った場合、質問機と応答機間の距離Lに対して同期検波復調器の出力特性は図2.2のようになる。同図のp点においてはPM変調波に対して検波感度はなく、又q点においてはAM変調波に対して検波感度が得られない。現在、これらの回避のために回路構成が複雑化しているが、FH方式を使った場合、周波数の変化によりこれらの問題が解決され、装置構成の簡略化・小型化・低コスト化が可能となる。

また、様々な環境において質問機から発射された直接波と、各種の周辺障害物か

らの反射による定在波やマルチパスで到来した間接波(反射波)が打ち消しあうことによるデッドポイントの問題も、FH方式の導入により回避することが可能になる。

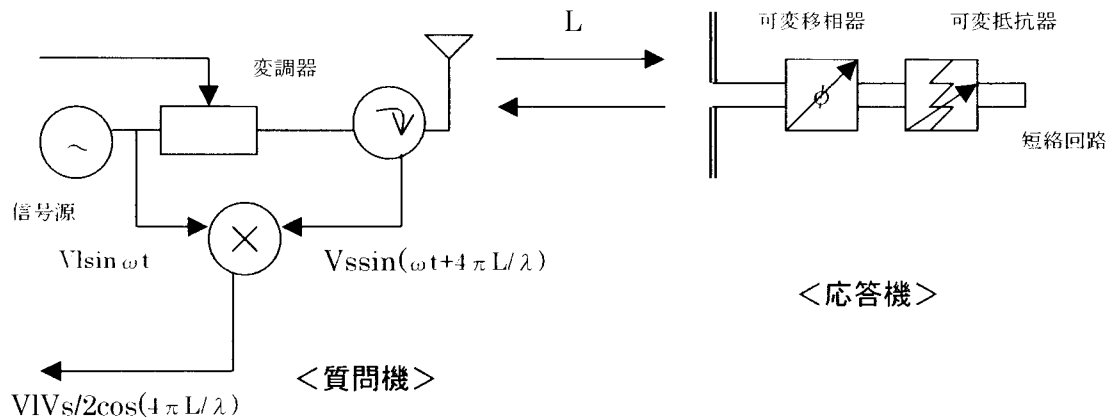


図 2.1 基本回路構成

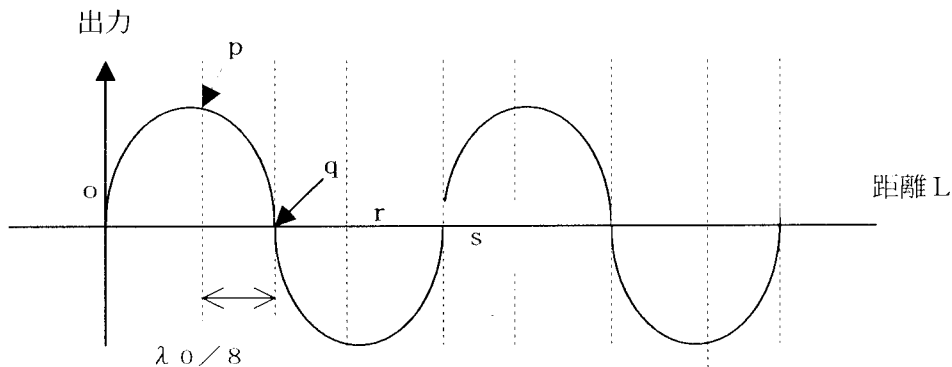


図 2.2 検波感度ゼロ地点

2.3 海外での動向

米国においては、FCC part15.247項(周波数拡散装置)、15.245項(電界攪乱検知装置)及び15.249項(その他)に2.4GHz帯を含むISMバンドのデータ通信の技術的条件についての規定が記述されている。米国のRF-IDは構成によって、15.247項、15.249項 あるいは15.245項を適応した機器が存在する(表1.16)。また、ヨーロッパにおいては、ETSI 300 328に2.4GHz ISMバンドのデータ通信について規定されている。これら欧米の規格においては、移動体識別システムにおけるFH方式の使用が可能となっている。

また、現在ISO(国際標準化機関)では、2.4GHz帯を使用した移動体識別システムについて、ISO/IEC JTC1/WG4のWD(Working Draft)段階にあり、今後の審議を経て2001年末にはCD(Committee Draft)段階となる予定であるが、現在候補となっている提案には全てFH方式が導入されている。

2.4 他システムとの共用条件について

移動体識別システムについては、前回答申において、FH方式を導入して他の無線システムと共用することが可能とされている。

アンテナ利得については、利用形態及び普及動向を考慮すれば、等価等方輻射電力が現行移動体識別システムの特定小電力無線設備と同程度以下となるものであれば問題はないと考えられる。また、当周波数帯においては、主にバッテリーレス方式の利用が想定されていることから、適度な通信距離の確保のために、2.14dBiを越えるアンテナ利得を認めることが適当である。

現行の移動体識別用特定小電力無線設備の技術基準では、送信出力が10mW、空中線利得が絶対利得20dBi以下と規定されており、一方、現行の無線LANのFH方式では、1MHz当たりの空中線電力が10mW(3mW)、帯域幅が26MHz(83.5MHz)のものが認められている。したがって、FH方式を用いる移動体識別システムについては、アンテナの絶対利得を6dBiとすれば、等価等方輻射電力は現行のシステムと同等になり、導入にあたり問題はないと考えられる。(回線設計例については参考資料2を参照)

3 小電力データ通信システムにおける高指向性アンテナの利用

3.1 背景

2.4GHz帯を使用する小電力データ通信システムは、免許不要であり、経済的に高速伝送無線回線を構築することができる。そのため、屋内有線LANの置き換えだけでなく、屋外でのISP(Internet Service Provider)事業のアクセス回線(いわゆるラスト1マイル)としての利用や、地域情報化システムにおける拠点間通信としての利用が進んでいる。

屋内無線LANにおける通信エリアは半径数十m程度であったが、ISP事業ではエリア内に含まれる加入者数との関係から半径数百m以上(P-MP)が望まれており、地域情報化システムにおいては数km以上(P-P)の通信距離が望まれている。とくに、過疎地や離島間通信では数kmを越える通信距離の需要は少なくない。これら長距離の通信を実現する手段として、高指向性アンテナは有効であると考えられる。

また、2.4GHz帯は無線LAN以外にも多くの電波利用機器が運用されており、種々の干渉回避の手段を用意することが望ましい。その一つの有効な方法としてアンテナ指向性による空間的分離がある。しかしながら、現行法では利得が2.14dBiを越えるアンテナを使用する場合、空中線電力を低減した無線装置を用いるか、アッテネータの挿入や給電線の延長等によってEIRPを抑制する必要があり、利得条件の緩和が期待されているところである。

3.2 海外での動向

欧米での無線LANの規格は、日米欧とも電力及びアンテナ利得以外に顕著な違いはない。電力及びアンテナ利得について、日米欧の比較を表2.1にまとめた。米国では屋外の固定通信用としての使用も含めて規定しており、その場合には利得の高いアンテナの使用が可能となっている。

	日本	米国(FCC)	欧州(ETSI)
空中線電力の規定	・DS、FH及び複合 10mW/MHz (2427-2470.75MHz で FH及び複合を使用の 場合は、3mW /MHz) ・その他 10mW	1W	規定はない。 (EIRP=100mW で 規定)
アンテナ利得	2.14dBi 以下 ただし、電力を下げれば 等価的に利得の高い アンテナの利用も可	6dBi以下 ただし、電力を下げれば 等価的に利得の高い アンテナの利用も可(固定 通信用として使用する 時は等価以上の高利得 のものが使用できる。)	規定はない。 (EIRP=100mW で 規定)

表 2.1 無線LANに関する規定の日米欧比較

3.3 等価等方輻射電力(EIRP)の検討

以下の理由から現行より10dB程度の増加が期待されている。

(1) 面的セル配置時の補完

面的セル配置によってサービスエリアを構成する場合に、建造物などの障害物により、加入者局が最寄りの基地局から見通せないことがある。

図2.3を例にとると、ベランダ等アンテナを設置する場所が限られている場合、伝搬路A上に遮蔽物が存在しているとすると、基地局にアクセスするために例えば伝搬路Bを選択することになる。セル半径を r とすれば、伝搬路A、Bの狭角 $\theta \cong 0$ のとき、伝搬路Bの長さ $L = 3r$ (最大値)となる。この通信距離の増加は、EIRPに換算すると約10dBの増加となる。

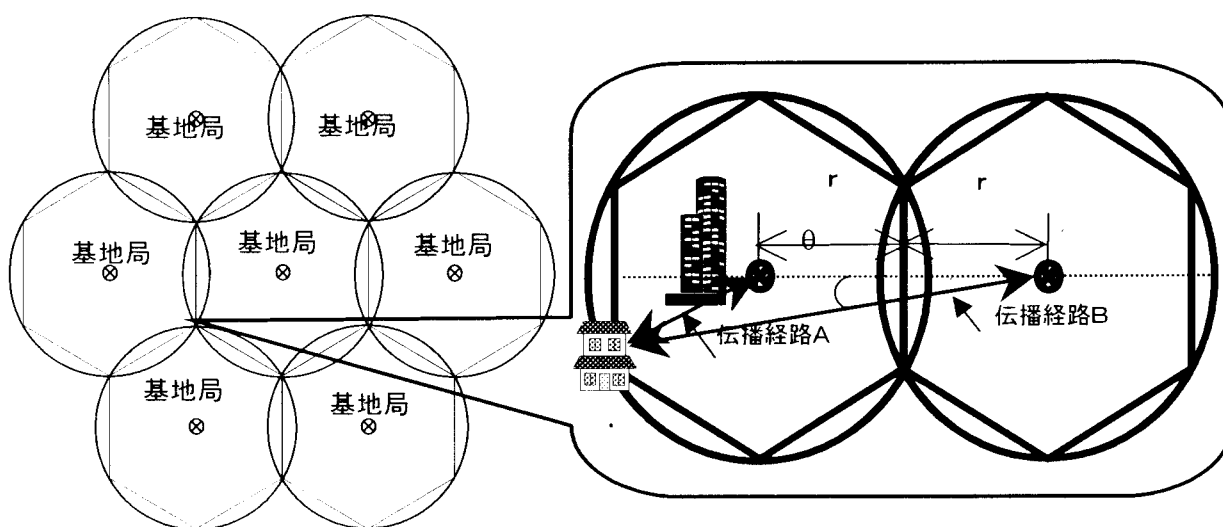


図 2.3 基地局配置と伝播経路

(2) アンテナの経済性

無線LANシステムの端末局にはパッチアンテナあるいは3～8素子の八木アンテナが使用されることが多い。パッチアンテナ(1素子)の利得は9dBi程度、8素子八木アンテナの利得は12dBi程度であるので、EIRPの制限を現行より10dB程度大きくすればアッテネータ等を挿入することなくこれらのアンテナを接続することができ、システムの構築が経済的に行える。

(3) 今後想定される伝送速度

現行無線LANの伝送速度はほとんどが11Mbps以下であるが、動画像伝送などコンテンツ容量の増大により、さらなる高速化が期待されている。例えば、IEEE802.11gにおいてはOFDM方式で最大伝送速度54Mbpsの標準化検討が進められており、これらが実用化された場合に、同等のセル半径(P-MP)あるいは通信距離(P-P)を確保するには9dB程度の利得増加が必要となる。(IEEE802.11a方式の伝送速度はデータ速度で最大54Mbpsのものが規定され、無線区間の伝送速度は最大90Mbpsとなつ

ている。11MbpsSS方式(IEEE802.11b)の無線伝送速度は11Mbpsであるので、EIRPを約9dB(=10×log90/11)増加すればビットあたりのエネルギーが同一になり、同一の通信距離を確保できることになる。)

3.4 共用条件について

2.4GHz帯を用いるシステム間の共用条件については、電気通信審議会「準マイクロ波帯を使用する無線LANの高度化のための技術的条件」において詳細に検討され、それをもとに空中線利得は2.14dBi(ダイポールアンテナの絶対利得に等しい値)以下、空中線電力は10mW/MHz(一部3mW/MHz)以下との現行の規定が定められた。新たに利得の高いアンテナを導入してEIRPを増加させる場合、干渉を与える面積がダイポールアンテナと同等以下であれば、周波数共用条件については現行のものから大きな相違は生じないものと考えられる。

与干渉面積を一定に保つには、ダイポールアンテナが水平面無指向性であることを考えると、アンテナの水平面のビーム角度をアンテナ利得に応じて規制する方法がある(参考資料3)。以下に概要をしめす。

与干渉面積の理論値は、下図のように電力束密度が等方向アンテナ(理想アンテナ)と等しい円錐状ビームを仮定し、地表面への投影面積を計算した。与干渉距離は2乗則(自由空間)を採用する。

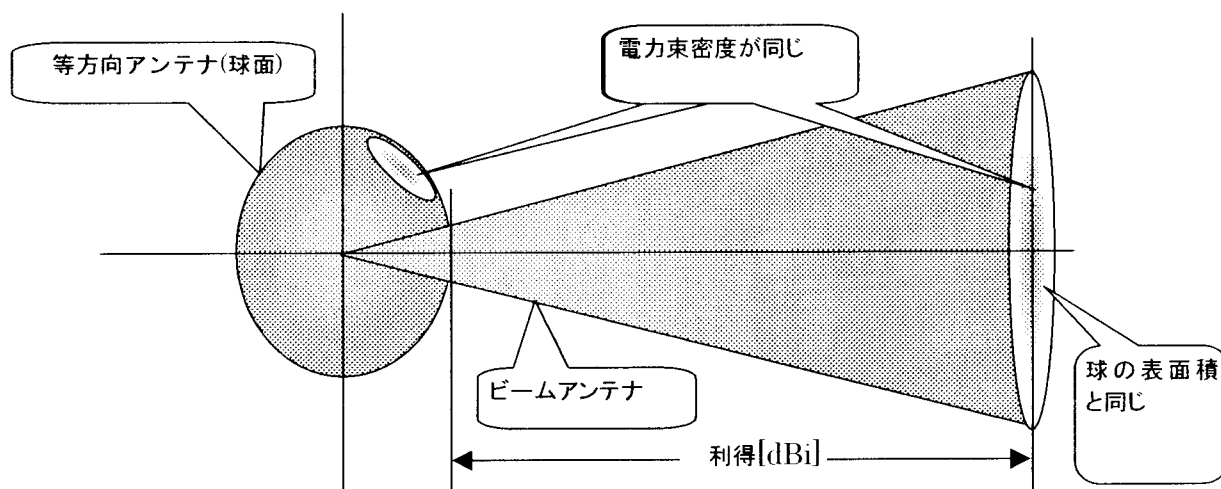


図 2.4 与干渉面積計算の概念図

この場合、円錐形ビームアンテナの地表面投影面積と、ダイポールアンテナの地表面投影面積の比Aは、次の式で計算できる。

$$(式1) \quad A = L^2 \times \theta / 360$$

L: ダイポールアンテナとの与干渉距離比

θ : ビーム角(半値幅に相当)

ダイポールアンテナとの与干渉距離比Lは、2乗則によるとすれば、次の式で計算

できる。

$$(式2) L=10^{((G-2.14)/20)}$$

G: 絶対利得[dBi]

ここで、ダイポールアンテナとの投影面積比を1以下とした場合、 θ とGの関係は次の式3で表される。

$$(式3) 1 \geq 10^{((G-2.14)/10)} \times \theta / 360$$

書き直すと

$$(式4) \theta \leq 360 / 10^{((G-2.14)/10)}$$

となる。たとえば、利得12.14dBiのアンテナのときは、ビーム角(半値幅)が36度以下であれば、与干渉面積がダイポール比で1以下となる。

以上の検討から、高指向性アンテナの導入に当たっては、アンテナ利得に応じて半値角を規制することによって与干渉面積の増加を抑制できるものと考えられる。

3.5 高指向性アンテナの運用にあたっての考え方

高指向性アンテナには通信路確保や干渉低減等のメリットがある一方で、これまで検討してきた共用条件の考え方にそぐわない使用方法もありうる。メリットを発揮するには、使用するアンテナが適正に通信の相手方を向いていることや、被干渉局を極力少なくすることが必要であるが、逆に使用方法が不適切な場合には、干渉低減に寄与しないことも考えられる。このため、高指向性アンテナの導入にあたっては、適切な使用方法や注意事項等を整理し、それらを使用者に適切に知らせることが必要である。

共用条件の考え方にそぐわない例としては、

- ・ 電氣的、機械的または手動により指向性を変化させ、通信の相手方を切り替えて使用する場合に、指向方向の正確な調整が困難なアンテナを用いること
- ・ 一箇所を中心にしてP-P通信路を多方向に配置するセクタアンテナの使用を、特に屋外で行うこと

などが挙げられ、このような使用は望ましくない。

以上検討を行ってきたように、高指向性アンテナの導入に当たっては、技術面及び運用面の双方において配慮を行うことが必要である。さらに、2.4GHz帯を用いる小電力データ通信システムは、免許を要しない無線局として、アマチュア局や移動体識別システム等の他の無線局に対してそれらの運用を阻害するような混信を与えないように運用されるものとの規定がされている。したがって、民間レベルでガイドライン等の運用ルールを定め、啓発活動を促進する等によって、混信回避をより確実なものとするのが望まれるとともに、万一混信またはその他の障害が生じた際には、混信の回避に向けて関係者が協調して対応することが望ましい。

第3章 技術的条件の検討

1 小電力データ通信システムの技術的条件

現行の小電力データ通信システムにOFDM方式の追加および高指向性アンテナの利用を可能にするために必要な修正を加えたものであるが、基本的に電気通信審議会諮問第57号に対する答申「準マイクロ波帯を使用する無線LANシステムの高度化のための技術的条件」を用いている。

1.1 小電力データ通信システムの無線局についての適用範囲

技術的条件の適用範囲は、送受信装置及び制御装置とする。

1.2 一般的条件

(1) 通信方式

単向、単信、半複信又は複信方式であること。

(2) 変調方式

変調方式に関しては、国内のニーズ、国際状況等を踏まえ、直交周波数分割多重方式を追加して以下のとおりとするのが適当である。

ア スペクトラム拡散方式及び直交周波数分割多重方式

スペクトラム拡散方式については、直接拡散(DS)方式、周波数ホッピング(FH)方式又はDS方式とFH方式との複合(DS/FH)方式であること。直交周波数分割多重(OFDM)方式については、伝送データを分散させて複数のキャリアを各々変調し、それらを占有周波数帯内に均等かつ直交する周波数配置に多重して伝送を行う方式であって、1MHz当たり1本以上のキャリア数を有するもの、又はこのOFDM方式とFH方式との複合(OFDM/FH)方式であること。

イ ア以外の方式

振幅変調(ASK)方式、位相変調(PSK)方式、周波数偏移キーイング(FSK)方式又はこれらの複合方式であること。

(3) 無線周波数帯

産業科学医療用(ISM)の使用に指定されている2,400MHzから2,500MHzまでの周波数帯(ISMバンド)のうち、諸外国の状況等を考慮し、2,400MHzから2,483.5MHzまでとすることが適当である。

(4) 空中線電力

ア スペクトラム拡散方式及び直交周波数分割多重方式

ISMバンドを利用することから、1MHzの帯域幅における平均電力で規定すること適当であり、当該電力が10mW以下(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式によるものは3mW以下)であることとする。

イ ア以外の方式

10mW以下であることとする。

(5) 空中線利得

ア スペクトラム拡散方式及び直交周波数分割多重方式

(ア) 送信空中線の絶対利得は2.14デシベル以下であることとする。

ただし、1MHz当たりの等価等方輻射電力が、絶対利得2.14デシベルの送信空中線に10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式によるものは3mW)の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができることとする。

(イ) 指向性アンテナを用いる場合に限り、1MHz当たりの等価等方輻射電力が、絶対利得2.14デシベルの送信空中線に10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式によるものは3mW)の空中線電力を加えたときの値を越えてもよいものとし、1MHz当たりの等価等方輻射電力をこの値のA倍にする場合には、使用する空中線の半値角 θ について $\theta \leq 360/A$ (度)を満たすこととする。

ただし、1MHz当たりの等価等方輻射電力の上限は、絶対利得12.14デシベルの送信空中線に10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものであって、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式によるものは3mW)を加えたときの値とする。

イ ア以外の方式

(ア) 送信空中線の絶対利得は2.14デシベル以下であることとする。

ただし、等価等方輻射電力が絶対利得2.14デシベルの送信空中線に10mWの空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことが可能であることとする。

(イ) 指向性アンテナを用いる場合に限り、等価等方輻射電力が、絶対利得2.14デシベルの送信空中線に10mWの空中線電力を加えたときの値を越えてもよいものとし、1MHz当たりの等価等方輻射電力をこの値のA倍にする場合には、使用する空中線の半値角 θ について $\theta \leq 360/A$ (度)を満たすこととする。

ただし、等価等方輻射電力の上限は、絶対利得12.14デシベルの送信空中線に10mWを加えたときの値とする。

(6) 違法使用への対策

送信装置の主要な部分(空中線系を除く高周波部及び変調部)は、容易に開けることの出来ない構造であること。

1.3 無線設備の技術的条件

1.3.1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

±50×10⁻⁶以内であること。

(2) スプリアス発射の強度の許容値

1MHzの帯域幅における平均電力が次の値以下であること。

ア 2,387MHz未満及び2,496.5MHz未満を超える周波数帯: 2.5 μW

イ 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下: 25 μW

(3) 筐体輻射

実効輻射電力がスプリアス発射の強度の許容値以下であること。なお、既に存在する小電力データ通信システムについては現行の規格を適用する。

(4) 空中線電力の許容値

上限20%、下限80%以内であること。

(5) 占有周波数帯幅の許容値

ア FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式: 83.5MHz以下

イ ア以外の方式: 26MHz以下

(6) SS方式の拡散帯域幅(全電力の90%が含まれる周波数帯幅)

拡散帯域幅の下限については、500kHz以上であること。

(7) SS方式の拡散率

5以上であること。

(8) ホッピングの一様性

FH方式においては、特定の周波数において電波を連続して発射する時間(滞留時間)は0.4秒以下であり、かつ0.4秒に拡散率を乗じた時間内で任意の周波数の滞留時間の合計が0.4秒以下であること。

1.3.2 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、平均電力が1GHz未満の周波数において4nW以下、1GHz以上の周波数において20nW以下であること。

1.3.3 電気通信回線設備との接続

電気通信回線設備に接続するものは、次の条件に適合すること。

(1) 個別識別符号(IDコード)

識別信号を利用し、48ビット以上で構成すること。

(2) インタフェース条件

混信による誤接続等を防止するため、キャリアセンス又は相関信号センスにより対策を講ずるものであること。ただし通信品質劣化時に通信路の切断を行う機能を有するものにあつては、通信路の正常性を確認することにより対策を講じることができる。

1.3.4 混信防止機能

- (1) 電波法施行規則第6条の2第3号に規定する混信防止機能を有すること。
- (2) 2,427MHz 以上 2,470.75MHz 以下の周波数の電波を使用するものは、利用者による周波数の切り替え又は電波の発射の停止が容易に出来る機能を有すること。

1.4 測定法

以下の項目を除き、平成4年度電気通信技術審議会答申第57号「無線LANシステムの技術的条件」に準ずること。

(1) 周波数

DS方式又はOFDM方式の場合はPN符号をデータとした変調波、FH方式、DS/FH方式又はOFDM/FH方式の場合は拡散変調を停止した状態で、また、その他の方式については無変調波(搬送波)を送信した状態で、周波数計を用いて平均値(バースト波にあたってはバースト内の平均値)を測定すること。

(2) 送信装置の空中線電力

ア 空中線端子付きの場合

スペクトルアナライザのIF出力に電力計を接続して、1MHzの帯域幅における平均電力を測定することが適当である。平均電力を求める際の平均時間は、FH方式又はDS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式にあつては、測定値が一定となるまでの十分な時間とすることが適当である。DS方式又はOFDM方式にあつては、バースト波の場合は、バースト内の平均電力とすることが適当である。

イ 空中線端子無しの場合

電波暗室で1MHzの帯域幅における実効輻射電力を測定し、 $[\text{測定値} \times \theta / 360]$ (θ は半値角(度)) を空中線電力とする。その他の条件は空中線端子付の場合に同じとすることが適当である。

(3) 空中線の半値角

電波暗室で供試機を回転代の上に載せて、1MHzの帯域幅における実効輻射電力が最大点から半分になる角度を測定する。

(4) 送信装置のスプリアス発射の強度

ア 空中線端子付きの場合

スペクトルアナライザで1MHzの帯域幅における平均電力を測定することが適当である。平均電力を求める際の平均時間は、FH方式、DS/FH複合方式又はOFDM/FH複合方式にあつては、空中線電力の測定の際の平均時間と同じとすることが適当である。DS方式又はOFDM方式にあつては、バースト波の場合はバースト内の平均電力とすることが適当である。

イ 空中線端子無しの場合

電波暗室で1MHzの帯域幅における実効輻射電力を測定し、その値が次の値以下であることを確認する。その他の条件は空中線端子付の場合に同じとするこ

とが適当である。

(ア) 2,427MHz以上2,470.75MHz以下の電波を使用するもの

a. 2,387MHz未満及び2,496.5MHz未満を超える周波数帯:

2.5 μ W又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が-31dB

b. 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下:

25 μ W又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が-21dB

(イ) (ア)以外のもの

a. 2,387MHz未満及び2,496.5MHz未満を超える周波数帯:

2.5 μ W又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が-36dB

b. 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下:

25 μ W又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が-26dB

(5) 受信装置の副次的に発射する電波等

空中線端子無しの場合、実効輻射電力を測定し、次の値以下であることを確認する。

ア 2,427MHz以上2,470.75MHz以下の電波を使用するもの

(ア) 1GHz未満の周波数において4nW又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が-59dB

(イ) 1GHz以上の周波数において20nW又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が-52dB

イ ア以外のもの

(ア) 1GHz未満の周波数において4nW又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が-64dB

(イ) 1GHz以上の周波数において20nW又は基本波の1MHz帯域幅における実効輻射電力との相対値が-57dB

(6) 筐体輻射

(4)イと同様に測定することが適当である。

2 FH方式を用いる移動体識別用無線局の技術的条件

FH方式を使用する移動体識別用無線局の技術的条件は、以下のとおりとすることが適当である。現行の小電力データ通信システムの技術的条件を元にして、移動体識別に適応するために必要な修整を施したものである。また、他の方式を使用する移動体識別用無線局の技術的条件については、現行の技術的条件のとおりとするのが適当である。

2.1 一般的条件

準マイクロ波帯を用いる移動体識別用無線局のうちFH方式を用いる設備についての一般的条件は、以下の通りとするのが適当である。

(1) 伝送方式及び変調方式

スペクトラム拡散方式(FH方式)であること。

(2) 無線周波数帯

産業科学医療用(ISM)の使用に指定されている2,400MHzから2,500MHzまでの周波数帯(ISMバンド)から、特に諸外国の状況等を考慮し、2,400MHzから2,483.5MHzまでとすることが適当である。

(3) 空中線電力

ISMバンドを利用することから、1MHzの帯域幅における平均電力で規定すること適当であり、当該電力が10mW以下(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものは3mW以下)であることとする。

(4) 空中線利得

送信空中線の絶対利得は、6デシベル以下であることとする。

ただし、1MHz当たりの等価等方輻射電力が絶対利得6デシベルの送信空中線に10mW(2,427MHz以上2,470.75MHz以下の周波数の電波を使用するものは3mW)の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことが可能であることとする。

(5) 応答機からの受信

応答機(送受信装置から独立した応答のための装置であって、送信設備が発射する電波により作動し、その受信電力の全部又は一部を同一周波数帯として発射するものをいう。)からの電波を受信できること。

(6) 違法使用への対策

送信装置の主要な部分(空中線系を除く高周波部及び変調部)は、容易に開けることの出来ない構造であること。

2.2 無線設備の技術的条件

技術的条件については現行の小電力データ通信システムにならい、以下のとおりとすることが適当である。

2. 2. 1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

±50×10⁻⁶以内であること。

(2) スプリアス発射の強度の許容値

1MHzの帯域幅における平均電力が次の値以下であること。

ア 2,387MHz未満及び2,496.5MHzを超える周波数帯: 2.5 μW

イ 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下: 25 μW

(3) 空中線電力の許容値

上限20%、下限80%以内であること。

(4) 占有周波数帯幅の許容値

83.5MHz以下であること。

(5) ホッピングの一様性

拡散率5の小電力データ通信システムと同等ととすることとし、特定の周波数において電波を連続して発射する時間(滞留時間)は0.4秒以下であり、かつ2秒間における任意の周波数での滞留時間の合計が0.4秒以下であること。

(6) 筐体輻射

実効輻射電力がスプリアス発射の強度の許容値以下であること。

2. 2. 2 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、平均電力が1GHz未満の周波数において4nW以下、1GHz以上の周波数において20nW以下であること。

2. 2. 3 混信防止機能

利用者による周波数の切り替え又は電波の発射の停止が容易に出来る機能を有すること。

2. 3 測定法

FH方式を用いる無線局については、小電力データ通信システムに準ずることが適当である。

第4章 今後の課題

2. 4GHz帯を用いる無線システムについては、特に無線LAN等については免許を要しない局であることも要因となり、コミュニティエリアや家庭におけるインターネットアクセスに利用されるなど、利用方法が多様化し、利用者数の伸長も著しい。また、さらなる高速伝送を可能とするOFDM方式の導入が世界的な潮流になるなど、技術的にも急速に発展している分野である。一方で、利用者の増加に伴い、混信のケースの増加が懸念されていることも事実であり、利用者間の協調運用が期待される。

2. 4GHz帯はISMバンドと呼ばれ、ISM機器の使用によって生じ得る有害な混信を容認しなければならないことから、必ずしも良好な通信状況が確保されるわけではなく、主として干渉に強くまた他のシステムとの共用が実現しやすい方式を用いて運用されることが望ましい周波数帯である。このような現状を踏まえて、同周波数帯の利便性の向上をはかるためには、干渉の確率を増加させないように配慮しつつ、干渉に強い変調方式やアダプティブアレイアンテナ等干渉低減に寄与する新しい技術に迅速かつ柔軟に対応していくことが望ましい。また、他周波数帯の技術開発や利用動向も踏まえ、利便性を向上させるためのさらなる技術的検討を行っていくことが必要である。

また、移動体識別システムについては、今後国際物流分野における利用の拡大が期待されることから、国際標準化動向を踏まえグローバルな利便性を確保していくために、必要に応じて高度化の検討を行うことが望まれる。

V 審議結果

2.4GHz 帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件について検討を行い、別添のとおり答申案をとりまとめた。

情報通信審議会 情報通信技術分科会
2. 4GHz帯高度化方策委員会の構成

(敬称略)

氏名	所属	
中川 正雄	慶応義塾大学理工学部教授	主査
若尾 正義	(社)電波産業会常務理事	主査代理
酒匂 一成	(株)NTTドコモ取締役ネットワーク企画部長	～H13.7
相上 義明	(株)NTTドコモ取締役ネットワーク企画部長	H13.7～
新本 孫宏	シャープ(株)代表取締役副社長	
神崎 慶治	(財)テレコムエンジニアリングセンター専務理事	
久保 勲	(株)東芝上席常務モバイルコミュニケーション社社長	
倉本 實	松下通信工業(株)専務取締役技術本部長	
竹中 俊幸	日本電気(株)モバイル・ワイヤレス事業本部長	
田中 和則	日本電信電話(株)第三部門担当部長	
田中 好男	(財)電気通信端末機器審査協会専務理事	
築山 宗之	東京電力(株)常務取締役	
原 昌三	(社)日本アマチュア無線連盟会長	
辻村 省治	日本無線(株)顧問担当	～H13.7
平出 賢吉	日本無線(株)常務取締役	H13.7～
伊藤 泰彦	ケイディーディーアイ(株) 執行役員常務 IP事業本部本部長	～H13.7
平林 立彦	ケイディーディーアイ(株) ネットワーク技術本部 ワイヤレスシステム部次長	H13.7～
古川 享	米国マイクロソフト社副社長	
堀崎 修宏	(社)電信電話技術委員会専務理事	
本多 美雄	欧州ビジネス協会通信・情報処理アドバイザー	
松尾 益次郎	日本テレコム(株)専務取締役技術本部長・情報統括	
森尾 稔	ソニー(株)取締役副会長	

情報通信審議会 情報通信技術分科会
2.4GHz 帯高度化方策委員会 2.4GHz 帯高度化方策作業班の構成

(敬称略)

氏名	所属	
若尾 正義	(社)電波産業会 常務理事	主任
長谷川 孝明	埼玉大学 工学部 助教授	主任代理
猪崎 徹	シャープ(株) 情報システム事業本部 システム機器事業部 参事	
伊藤 健司	シーメンス(株) 移動通信技術推進部 部長代理	
岡坂 定篤	(株)日立製作所 通信事業部 主管技師	
若山 郁夫	日本電気(株) NECソリューションズ 第二コンピュータ事業本部 LAN事業部 製品技術部長	～H13.6
岡ノ上 和広	日本電気(株) ネットワーキング研究所 研究マネージャー	H13.6～
小川 伸郎	アイコム(株) 取締役 ソリューション事業部長	
荻野 博	東京電力(株) 電子通信部 副長	
小口 卓郎	富士通(株) ネットワーク事業本部 専任部長	
福田 邦夫	ソニー(株) 通信研究所 2部 統括部長	～H13.7
北久保 和人	ソニー(株) 通信研究所 バリューワイヤレスクリエーション部 3課 無線技術マネージャー	H13.7～
小林 英男	(社)電信電話技術委員会 第3技術部長	
佐々波 浩一	(財)テレコムエンジニアリングセンター 研究開発部長	
佐藤 利夫	松下通信工業(株) モバイルコミュニケーションカンパニー 通信ネットワーク事業部 技術三部 システム技術課 主任システム技師	
佐藤 英昭	キャノン(株) プラットフォーム技術開発センター 主席研究員	
篠永 英之	ケーディーディーアイ(株) 研究開発統括部 次長	
長澤 東四郎	(財)電気通信端末機器審査協会 理事 機器審査部長	
中村 光	(株)NTTドコモ 研究開発本部 無線リンク開発部 主幹技師	
間中 信一	マイクロソフト プロダクトディベロップメントリミテッド モバイルデバイス開発統括部 グループシニアマネージャ	～H13.9
新居 直明	マイクロソフト プロダクトディベロップメントリミテッド モバイルデバイス開発統括部 シニアマネージャ	H13.9～
馬場 博幸	スピードネット(株) 常務取締役	
平野 忠彦	(株)ウェルキャット 無線研究部 部長	
藤田 昇	日本無線(株) 無線ネットワークグループ 担当部長	
船橋 好一	日本アイ・ビー・エム(株) 通信渉外 次長	
松谷 寛	(株)東芝 モバイルコミュニケーション社 モバイルコンピューティング&コミュニケーション開発センター 開発第三部 開発第二担当 グループ長	
真野 浩	ルート(株)代表取締役	
水野 光彦	独立行政法人 通信総合研究所 無線通信部門 横須賀無線通信研究センター 研究主管 無線統合ネットワークグループリーダー	
森 章和	(社)日本アマチュア無線連盟 技術研究所 所長	
守倉 正博	日本電信電話(株) NTT アクセスサービスシステム研究所 主幹研究員	
山崎 吉晴	日本テレコム(株) 情報通信研究所 開発部門 担当部長	

参 考 资 料

参考資料目次

参考資料 1	意見聴取の結果について	69
参考資料 2	FH 方式を使用した移動体識別用無線局の回線設計例	71
参考資料 3	指向性アンテナの利得とビーム角度の規定についての技術的検討 ...	73
参考資料 4	電波防護指針への適合性について	79
参考資料 5	小電力データ通信システムにおけるアダプティブアレイアンテナの利用	81
参考資料 6	Bluetooth の動向	83
参考資料 7	IEEE における標準化検討状況	85
参考資料 8	ISO における RFID の検討状況	87
参考資料 9	FCC ルール改正動向	91

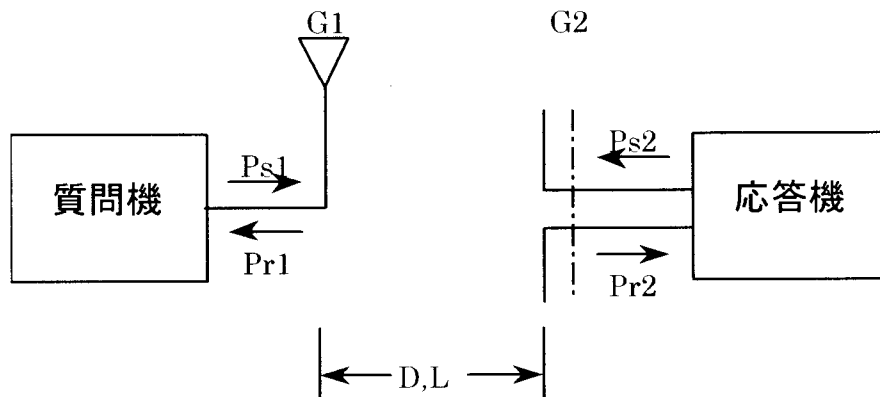
意見聴取の結果について

第2回委員会（平成13年7月6日開催）において実施された意見の聴取において、5件の意見陳述があった。概要は以下のとおりである。

- (1) 種々のシステムが共存する2.4GHz帯は、現在すでに混信が起きている状況であり、その深刻化を避けるために無線LANについて、以下のような提案を行う。
 - ①以下のように使用区分を制定する。
 - 2400～2483.5MHz 屋内用
 - 2450～2483.5MHz 屋内及び屋外用
 - ②前項の法制化まで、電波産業会の定める標準規格（STD-T66）中に使用区分を記載して自主的な運用を求める。
 - ③同標準規格中にアマチュア局との混信について記載する。
 - ④狭帯域変調方式の採用、多値化、など周波数の有効利用を促進する。
- (2) （アマチュアリピータからの受信状況を録音したテープを再生。）現在、ビル間通信によると思われる混信を受けている状況である。2次業務であることは理解するが、未来の技術者を育てる場であるアマチュアバンドでの混信が現在以上に深刻にならないように検討をお願いする。
- (3) 当該バンドでのアマチュア通信に、近年無線LANによるビル間通信が原因と思われるノイズが入るようになった。一昨年までは、東京一宇都宮間で100キロ程度の通信実験が可能であったが、昨年夏ごろから東京一さいたま市間の25キロ程度、最近では東京一戸田市間の14キロ程度まで通信距離が縮まっている。この状況の悪化が懸念されることから無線LANのアンテナ規制緩和は適当ではないと考える。
- (4) （1.2mパラボラアンテナで受信した2.4GHz帯のスペクトラム図をもとに、アマチュア無線局がビル間通信によると思われる混信を受けている状況を説明。また、アマチュアリピータからの受信状況を録音したテープを再生。）アマチュアに配慮した検討をお願いしたい。
- (5) 実効輻射電力の増加は干渉の増加を招くと懸念される。高利得アンテナを複数使用して全方向を埋め尽くす結果となり、全体的な電界強度を持ち上げることになると思われる。また、拡散利得の低いSS通信は干渉を受けやすく、アマチュア無線局が無線LANに干渉を与えることを理由に活動制限されないことを希望する。今後、性急な変更は行わず、現状の枠内での新たな方式や効率のよい技術の開発に期待したい。

FH方式を使用した移動体識別用無線局の回線設計例

FH方式を使用した移動体識別用無線局の質問器の回線設計は以下のように行うことができる。バッテリーレス応答器を使用した場合、応答器の動作限界は、応答器の起動電力($Pr2$)で決定され、(1)式によれば通信距離はおよそ 53.2cm となる。(現行の移動体識別用小電力無線設備の場合、およそ 7.0cm となる。)



[条件]

質問器送信電力 : $Ps1 = 23.7\text{dBm}$ ※

質問器受信感度 : $Pr1 = -50\text{dBm}$

質問器アンテナ利得 : $G1 = 6\text{dBi}$

伝搬損失 : $L\text{dB}$

通信距離 : $D\text{cm}$

応答器受信感度 : $Pr2 = -3\text{dBm}$

応答器損失 : $ML = 10\text{dB}$

応答器送信電力 : $Ps2 = Pr2 - ML$

応答器アンテナ利得 : $G2 = 2\text{dBi}$

$$Pr2 = Ps1 + G1 - L + G2 \quad (1)$$

$$Pr1 = Ps2 + G2 - L + G1 \quad (2)$$

※ 帯域幅 79MHz、送信電力 3mW/MHz を想定

指向性アンテナの利得とビーム角度の規定についての技術的検討

1 与干渉面積を用いた共用条件の考え方

無線LANや移動体識別装置などの2.4GHz帯無線装置の地表面における分布はランダムと仮定する。あるD/U以上の強度をもつ領域を地表面に投影した面積がダイポールアンテナと同等であれば、下記のように被干渉局数はこれまでと同等になると考えられる。

○無線LANから周辺局への干渉

被干渉局が下図のようにランダムに分布する場合は、与干渉面積が同じであれば有害な干渉を受ける無線局数は確率的に同等である。

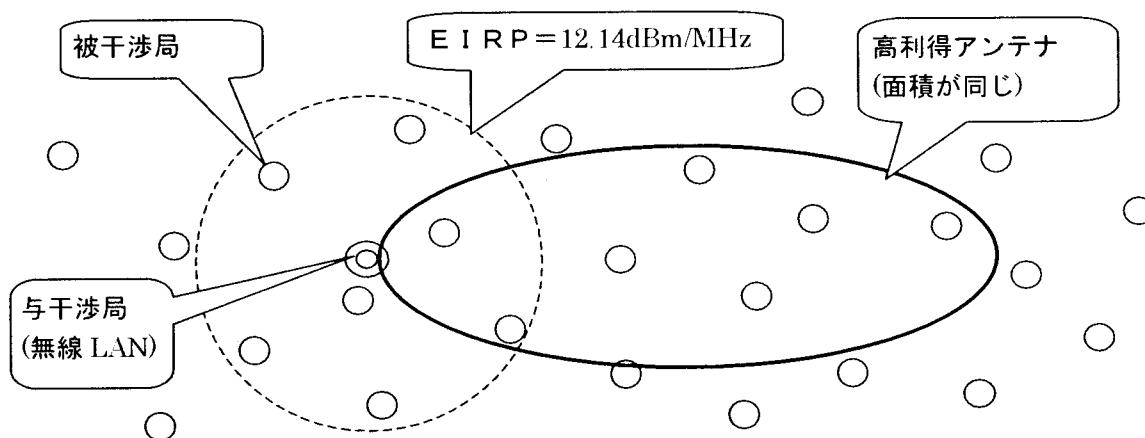


図1 無線LANから周辺局への干渉

なお、面的セル配置の無線LANシステムの中に小数の被干渉局がランダムに分布する場合は、位置によって干渉が増加する場合と減少する場合があります。広いエリアで見れば、確率的には同等である。また、アンテナの指向性をあげることにより、干渉・障害の回避が可能となる場合もある。

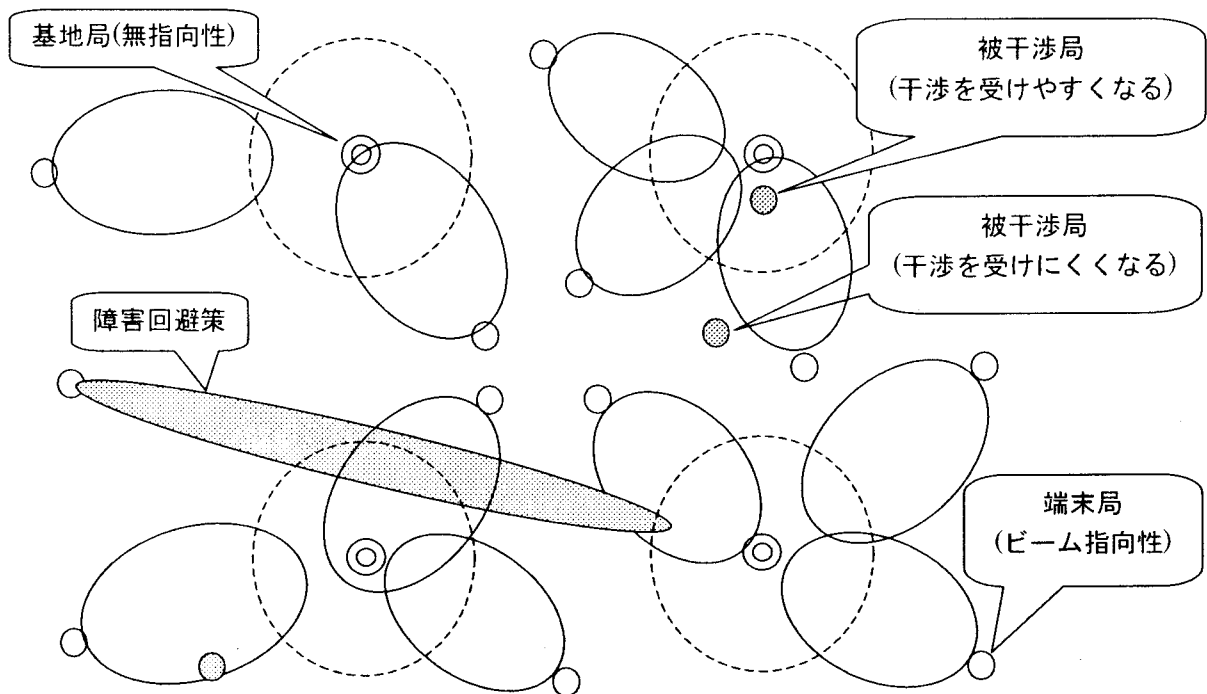


図2 面的セル配置の中の少数の被干渉局

2 与干渉面積の検討方法

ビーム形状を円錐形として、水平面への投影面積を計算すると表1のようになる（計算条件は次節で述べる）。表2は、一般に広く用いられている八木アンテナを例に取り、そのパターン図から与干渉面積比(ダイポール比)を計算したものである。ビーム角と半値角を対応させれば、各項目の数値は概ね一致しており、円錐形ビームで理論値を検討するのは妥当であると言える。

表1 円錐ビームのアンテナ利得と与干渉面積（理論値）

ビーム角[度]	—	180	120	83	58	41	29	20	14	10
利得[dBi]	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
与干渉面積比	0.63	0.62	0.83	1.15	1.60	2.25	3.17	4.47	6.31	8.92

表2 八木アンテナの利得と与干渉面積（パターン図から積算）

アンテナ	基準	八木A	八木B	八木C	八木D	八木E	八木F	八木G
半値角[度]	—	148	120	53	39	37	30	26
利得[dBi]	2.14	5.5	6.6	11.7	13.6	14.2	15.58	17
与干渉面積比	1	0.95	0.97	1.41	1.64	1.76	2.07	2.31

3 与干渉面積の計算条件

与干渉面積の理論値は、下図のように電力束密度が等方向アンテナ(理想アンテナ)と等しい円錐状ビームを仮定し、地表面への投影面積を計算した。与干渉距離は2乗則(自由空間)を採用した。

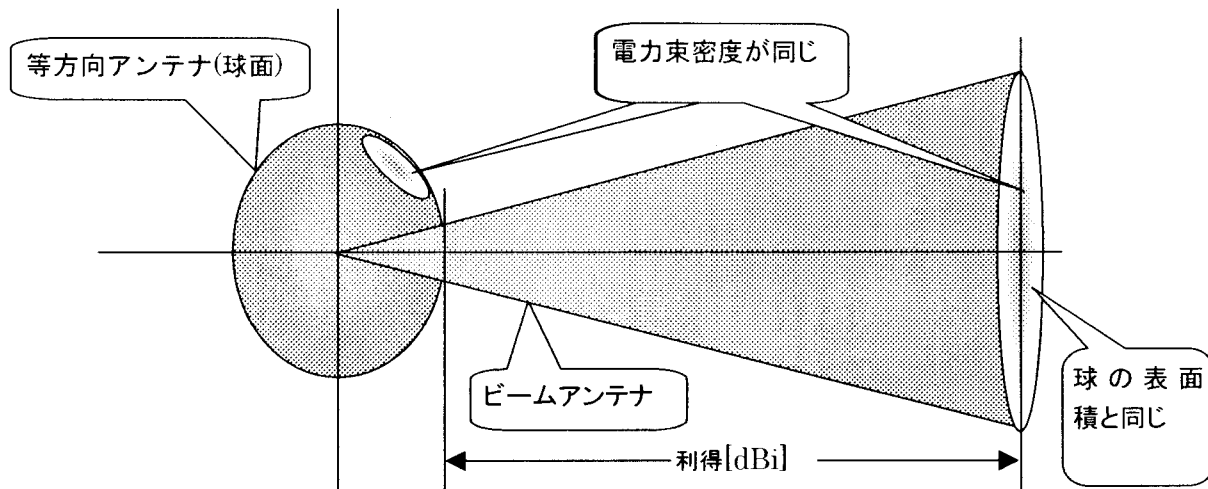


図3 与干渉面積計算の概念図

4 与干渉面積の規定方法

円錐形ビームアンテナの地表面投影面積と、ダイポールアンテナの地表面投影面積の比Aは、次の式で計算できる。

$$(式1) \quad A = L^2 \times \theta / 360$$

L : ダイポールアンテナとの与干渉距離比

θ : ビーム角 (半値幅に相当)

ダイポールアンテナとの与干渉距離比Lは、2乗則によるとすれば、次の式で計算できる。

$$(式2) \quad L = 10^{((G-2.14)/20)}$$

G : 絶対利得[dBi]

ここで、ダイポールアンテナとの投影面積比を1以下とした場合、 θ とGの関係は次の式3で表される。

$$(式3) \quad 1 \geq 10^{((G-2.14)/10)} \times \theta / 360$$

書き直すと

$$(式4) \quad \theta \leq 360 / 10^{((G-2.14)/10)}$$

となる。

たとえば、利得12.14dBiのアンテナのときは、ビーム角(半値幅)が36度以下であれば、与干渉面積がダイポール比で1以下となる。面積比を1とした場合の、円錐ビームアンテナの利得と式4から算出される規制角度の関係を表3、図4に示す。

また、参考として、八木アンテナの場合に、給電線損失等でアンテナ利得を調節することによって与干渉面積(ダイポール比)を1とした例を表4、図4に示す。これらのアンテナが式4の関係をよく満たすことから、高利得アンテナを導入する際に半値角制限を課すことによって、与干渉面積をほぼ保つことが実際に可能であることがわかる。参考に、図5に、規制の有無による八木アンテナのビーム範囲の違いを示した。

表3 規制アンテナの利得と与干渉面積（ビームアンテナ理論値）

利得[dBi]	6	9	12	15
旧ビーム角[度]	120	83	58	41
規制ビーム角[度]	148	74.18	37.18	18.63
与干渉面積比	1	1	1	1

表4 規制アンテナの利得と与干渉面積（八木アンテナ）

アンテナ種類	基準	八木A	八木B	八木C	八木D	八木E	八木F	八木G
旧利得[dBi]	2.14	5.5	6.6	11.7	13.6	14.2	15.58	17
調節後利得[dBi]	—	5.7	6.73	10.25	11.44	11.78	12.65	13.37
半値角[度]	—	148	120	53	39	37	30	26
与干渉面積比	1	1	1	1	1	1	1	1

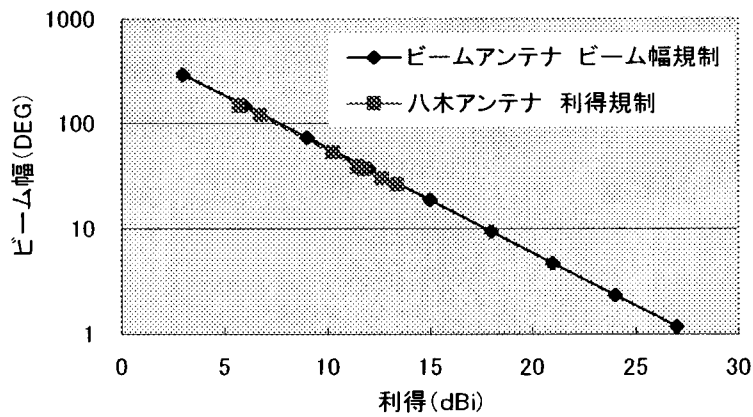
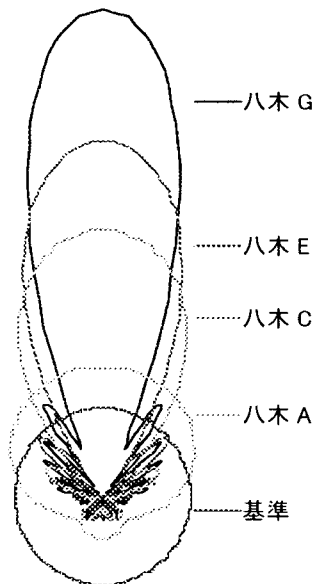


図4 アンテナ利得とビーム角

規制のない場合



与干渉面積比1の場合

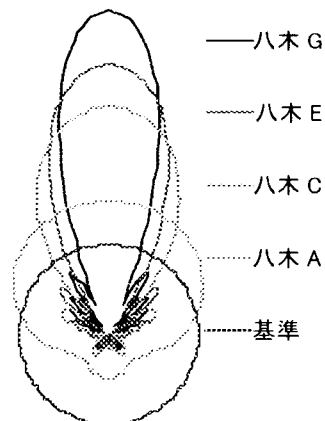


図5 八木アンテナのビームパターン図

なお、ここではアンテナの絶対利得を用いて議論したが、EIRPで考えると以下のようなになる。EIRPの基準値を、絶対利得2.14dBiのアンテナに規定の空中線電力を加えた値として、その値からB倍する場合を考える。このとき θ についての条件（式4）は、アンテナの絶対利得とEIRPの関係から

$$(式5) \quad \theta \leq 360/B$$

となる。

以上の検討から、与干渉面積を増加させることなく高利得アンテナを導入することは技術的に可能であるといえる。ただし、高利得アンテナをセクタ化して使用することについては、混信のケースの増加が懸念され、望ましくないものと考えられる。

電波防護指針への適合性について

本システムでの電波防護指針（※）の適合性について、①小電力データ通信システムにおいて固定的に使用される場合、②その他の場合、について確認を行った。いずれの場合にも、送信時の等価等方輻射電力（eirp）Pt[W]が最大になるのは、空中線電力が 1MHz あたり 3mw、送信帯域幅が 83.5MHz、空中線利得が 12.14dBi のときである。

① 固定的に使用される場合

本システムが固定的に使用される場合は、通常の利用形態では人体から 1m 以上の距離で使用される。アンテナからの距離が 1m の点における電力束密度 S は

$$S[mW/cm^2] = \frac{Pt}{40\pi R^2} = \frac{0.003 \times 83.5 \times 10^{1.214}}{40\pi \times 1} = 0.0326[mW/cm^2]$$

である。ここで、本システムを固定的に使用する場合に適用できる電波防護指針は電磁界強度指針（表 1）であり、アンテナからの距離が 1m 以上の場合は電磁界強度指針を満たしている。

表 1 一般環境における電磁界強度（平均時間 6 分間）の指針値

周波数	電界強度の実効値	磁界強度の実効値	電力束密度
1.5GHz～300GHz	61.4[V/m]	0.163[A/m]	1[mW/cm ²]

② その他の場合

本システムが可搬の機器に取り付けて使用される場合に、無線端末がパソコンとなどに装着して利用され、人体に近接することが想定されるが、通常の利用形態では人体から 30cm 以上の距離で使用される。アンテナからの距離が 30cm の点における電力束密度 S は

$$S[mW/cm^2] = \frac{Pt}{40\pi R^2} = \frac{0.003 \times 83.5 \times 10^{1.214}}{40\pi \cdot 0.3^2} = 0.36[mW/cm^2]$$

である。ここで、本システムを可搬の機器に取り付けて使用する場合に適用できる電波防護指針は人体が局所的に電波にさらされる場合であることから補助指針（表 2）であり、アンテナからの距離が 30cm 以上の場合は補助指針を満たしている。（なお、実際には、12.14dBi の高利得アンテナが可搬機器に装着されることはない想定される。）

表 2 人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の補助指針（一般環境）

周波数	電磁界強度の空間的最大値	平均時間
1GHz～3GHz	四肢以外 4[mW/cm ²]	6分間

以上のことから、このシステムの通常の利用形態では電波防護指針を満足していると言える。

※ 電波防護指針：平成 2 年電気通信技術審議会「電波利用における人体の防護指針」及び平成 9 年電気通信技術審議会答申「電波利用における人体防護の在り方」をいう。

小電力データ通信システムにおけるアダプティブアレイアンテナの利用

1 背景

2.4GHz 帯を用いた無線 LAN の普及につれ、同一チャネルを用いた複数の無線 LAN が隣接するオフィスやビルに用いられるケースが増えており、相互干渉によるスループットの低下等の例が見られるようになっている。また、同周波数帯は、無線 LAN 以外にも多種の電波利用機器が存在することから、干渉を回避する技術の開発が大きな課題となっている。

干渉回避のための有効な方法の一つとして、第2章で検討されているようなアンテナ指向性による空間的分離があるが、さらに、高指向性アンテナを発展させた、指向性ビームを適応的に制御できるアダプティブアレイアンテナを用いれば、新たな無線 LAN の増設など干渉環境の変化に応じて干渉回避を行うことができ、さらなる周波数利用効率の向上を期待できる。

2 アダプティブアレイアンテナと小電力データ通信システムでの効果

アダプティブアレイの適切なアルゴリズムを用いることにより、所望信号への利得の劣化を抑えつつ、干渉波の到来方向にヌル（指向性の谷）を形成することができる（図1）。これにより、2.4GHz を用いる他の機器や隣接する無線 LAN 機器からの干渉を低減することが可能になる。また、同一の周波数を用いる繰り返し距離を短縮でき、多種多様な機器が用いられている 2.4GHz 帯の周波数利用効率の向上にも貢献することになる。

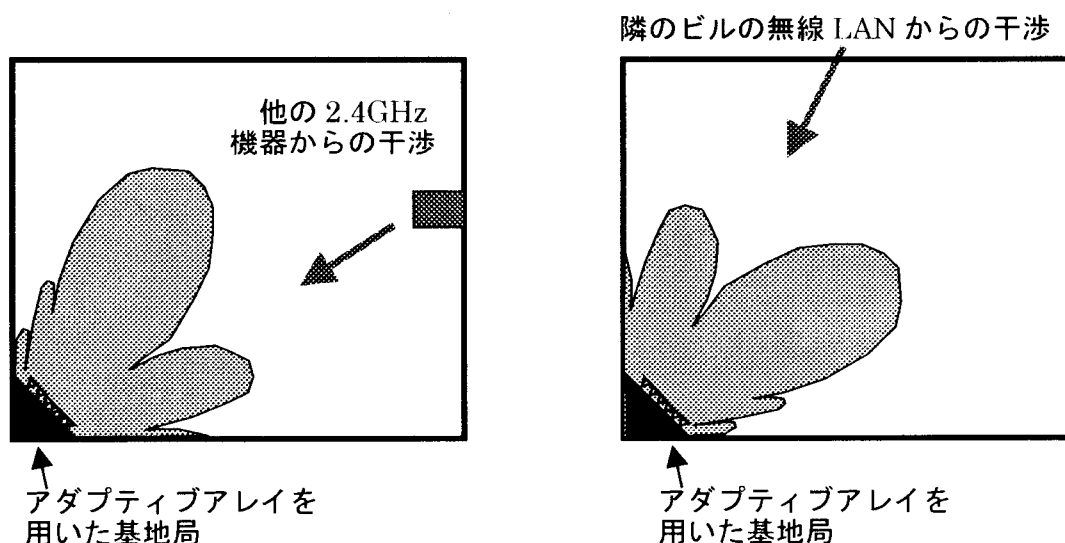


図1 アダプティブアレイを無線 LAN に使用した場合の干渉抑圧

3 単一のアダプティブアレイアンテナを異なる周波数チャンネルを用いるアクセスポイントにより共有する場合の利点

2で示したアダプティブアレイは、一般に2.4GHzの素子アンテナを2分の1波長以上離して複数ならべるためにサイズがやや大きくなるが、PHS等の基地局のように一つのアダプティブアンテナを複数の無線局で共有することが可能である。すなわち、複数の基地局の送信信号あるいは受信信号を、アレイアンテナの素子数だけ合成あるいは分割し、単一のアダプティブアレイに接続して使用することができる(図2)。これにより、オフィス等の限られた空間を有効に活用し、また機器のコストを低減することもできる。

図2では、アダプティブアレイのウェイト制御に工夫をし、複数のチャンネルを異なるエリアで使用するように、空間的分離を行っている。オフィス内の配置換え等により端末の配置密度が変わった場合、この変化を自動的に検出し、アダプティブアレイの複数の指向性を図2の右図のように最適なものに変更する、といった利用も考えられる。すなわち、アダプティブアレイを用いることにより、適応的に負荷の分散を行い、スループットや周波数利用効率の局所的低下を防ぐことができるようになる。

なお、指向性利得の上限値に配慮することにより、高利得アンテナの場合と同様に干渉面積を抑えることも可能である。また、上では屋内の無線LANへの使用における周波数利用効率向上を述べたが、屋外での使用時にアダプティブアレイを用いる場合でも同様の効果を期待することができる。

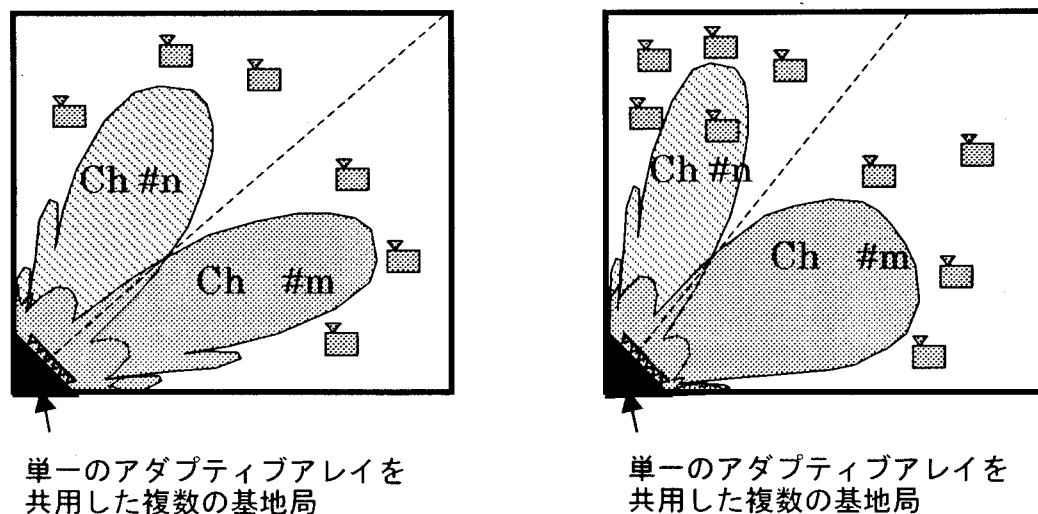


図2 単一のアダプティブアレイを複数の基地局で共有した場合の無線エリアの例

Bluetooth の動向

1 Bluetooth とは？

「多目的無線 I0」:

- ・ PC、携帯端末機器(携帯電話、PDA)、PC 周辺機器(プリンタ、プロジェクタ、デジカメ)、HMI 機器(キーボード、マウス)、AV 機器(ヘッドセット、BS デジタル TV)等のあらゆる機器間を多目的に無線接続するグローバル規格。
- ・ 単なるコードレス通信方式でなく、分散協調ネットワーク環境を構築可能。
- ・ 携帯電話などのモバイル機器と PC 間の通信に重点が置かれている。
- ・ Bluetooth 接続された装置は、マスターとスレーブの関係となる。
- ・ Bluetooth は無線 LAN とは異なり、常時接続ではなく Ad-Hoc 接続が可能。これにより低消費電力、無線帯域の有効利用が可能。
- ・ マスタ 1 台に対し、最大 7 台のスレーブ(アクティブ)を接続するピコネットを構築。
- ・ ピコネット同士を接続しスキャターネットに拡張可能。
- ・ プロファイルとは、アプリケーション別のソフトウェアスタックの実装手法を明記したものの。プロファイルに従ったソフトウェアを実装することにより、同一プロファイルを持つ他社機器との相互接続が可能となる。

2 Bluetooth の仕様概要

Bluetooth の主要緒言

項目	内容	備考
周波数帯	2.400MHz~2.4835MHz	ARIB STD-T66 ISM バンド
使用周波数帯	2.402MHz~2.4800MHz	日・米・欧: 免許不要。
周波数帯域	78MHz 幅	
キャリア幅	1MHz	
出力	1mW(クラス 3: 0dBm; パワーコントロールはオプション)	100mW(クラス 1: +20dBm; 0dBm を超過するとパワーコントロールが必要) 2.5mW(クラス 2: +4dBm; パワーコントロールはオプション)
通信距離	半径 10m(クラス 3)	半径 100m(クラス 1)
変調方式	GFSK/FH-SS	
FH レート	1,600 回/秒	
端末数	8 Terminals/piconet	
データ転送速度	1Mbps	Ver2.0 で 2~10Mbps
音声: Synchronous	64Kbps	最大 3 チャネル
データ: Full Duplex	432.6Kbps / 432.6Kbps	
データ: Asymmetric	723.2Kbps / 57.6Kbps	
ネットワークトポロジー	Point to Point / Point to Multi-point	

3 最近の動向

Bluetooth Spec. Ver1.0 (Core プロトコル+13個のプロファイル策定)

- ・99年7月 V.1.0a 仕様一般公開(初回一般リリース)
- ・同12月 V1.0b 仕様一般公開(V.1.0aの Errata 修正)
- ・01年3月 V.1.1 仕様一般公開(主にセキュリティに関する相互接続性の問題点を解決。その他 V.1.0b の Errata 修正)
- ・約2500社が Bluetooth SIG に参加

Bluetooth2.0 (9個の新プロファイル策定+高速化仕様策定)

- ・99年12月 Bluetooth の仕様強化と使用範囲の拡大を目指して活動開始。
- ・現在仕様1.1 対応チップセット、モジュール、対応製品のロゴ取得が盛ん。
- ・Bluetooth2.0 関連のプロファイルが今後リリースされる。

4 Bluetooth の将来

現在、Bluetooth の高速化、QoS の改良、データ保存性の強化を目的として仕様改定作業が進行中である。変調方式や伝送速度については各種案が検討されており、Radio1.0 の改善として 2Mbps および高速化として 10Mbps が目標となっている。仕様リリース時期は明確にされていない。

Radio1.0 の改善

- ・RF, BB, LMP 仕様の改善
- ・2Mbps での変調方式をサポート

高速伝送モード

- ・10Mbps の伝送速度をサポート(10m 範囲)
- ・耐干渉性の強化
- ・Bluetooth と無線 LAN との共存

IEEE 802.11 における無線 LAN 標準化検討状況

2000 年 3 月に開催された 802.11 会合において、1999 年に策定された最大 11Mbps が可能な 802.11b 方式を拡張し、更なる高速化の技術条件を検討するための High Rate 802.11b Study Group (HRb SG)が発足した。この Study Group はその後 2000 年 9 月に IEEE より 802.11 Task Group G (TGg)として承認された。

TGg の目的は 802.11b の PHY を拡張し、従来方式との相互接続性を維持しつつ 20Mbps 以上の伝送速度を達成する方式を標準化することであり、2002 年 9 月を目標として標準化作業が行なわれている。

TGg には当初 4 方式が提案され、現在これらを投票により一つに絞る作業がおこなわれている。2001 年 5 月会合における投票では最終的に残っていた二つの方式 (OFDM 方式および PBCC 方式) のうち、OFDM 方式が過半数の票を得たが、標準化に必要な 75%には届かなかった。続く 7 月会合では、残った OFDM 方式が規定の 75%の票を得られなかった場合に方式選定をやり直すか、再度投票の機会を与えるかという議論に終始し、方式選択は行われなかった。結局、投票の機会を複数回認めることが決議され、次回 9 月会合に方式決定の判断は持ち越された。

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式

5GHz 帯で採用された OFDM 方式の 802.11a 標準を基本にし、無線周波数を 2.4GHz 帯に変更したもの。プリアンプルを 802.11b に合わせることで従来方式との互換性を維持している。FFT のサンプルレートは当初 802.11b との整合性から 22MHz とされていたが、最終的には 802.11a と同じ 20MHz に修正され、5GHz 帯とのデュアルバンド化も視野に入れている。伝送速度は最大 24Mbps であるが、オプションとして最大 54Mbps まで規定されている。

PBCC (Packet Binary Convolutional Coding)方式

2.4GHz 帯の現行 DS 方式である 802.11b 標準(BPSK,QPSK)に 8-PSK 変調モードを追加して最大 22Mbps の伝送速度を達成するもの。DS 方式を踏襲しており、スペクトラム形状も 802.11b と同様である。

I S OにおけるR F I Dの検討状況
—RFID 国際標準化分科会 (ISO/IEC JTC1/SC31/WG4) での審議概要

1 はじめに

SC31/WG4への取り組みは、その審議内容が日本にとって利用の歴史やその技術的分野におけるレベルが高いこともあって、日本からも積極的に参加している。国内では(社)電子情報技術産業協会(JEITA)が実質的SC31審議母体となり、また(社)日本自動認識システム協会(AIMJ)においてはRFID専門委員会で10年ほど前から関連諸活動がなされてきた。今回の国内取り組みは、審議母体であるJEITAとAIMJのRFID専門委員会の共同活動として日本の対応及び審議がなされてきている。

以下、ISO会議の開催経過及び日本の対応について述べる。

2 会議の開催経過

1998年1月のISO/IEC JTC1リオデジャネイロ総会でSC31の中に新規にWG4の設置についての活動と作業エリアの発表がされ、6月にJTC1の正式承認を得て発足した。それ以前では過去3回のアドホック会議がWG4の設置と正式会議へのアプローチとして開催されているが、正式会議としては1998年、平成10年8月26-27日の両日開催された東京会議がSC31/WG4(RFID)の正式第一回会議となる。尚、参考までにSC31(ADC:オートマチック・データ・キャプチャ)は、1996年6月第1回SC31ブリュッセル会議において、WG1~3の設立を承認され、以下の作業エリアとなっている。

- ・SC31/WG1 : データキャリア(バーコード、2次元コード)
- ・SC31/WG2 : データストラクチャー
- ・SC31/WG3 : コンフォーマンス
- ・SC31/WG4 : RFID:物の管理用(Item Management)RFID

3 会議経過概要

3.1 使用周波数

RFIDの標準化の使用周波数としては国際的に使用が認められている4周波数(135kHz以下、13.56MHz、2.45GHz、5.8GHz)を決定した。(後にUHFを追加。)

3.2 会議の構成

WG4は以下の5グループの活動単位で構成されている。

1. ARP(アプリケーション)
2. SG1(データシンタックス)
3. SG2(固有ID)
4. SG3(エアインタフェース)
5. SG4(規定類)

この内、電波法に関連するSG3、SG4について、その活動概要を述べる。

3.3 SG3 (エアインタフェース) の発足と活動概要

1998年の第1回 SC31/WG4 東京会議で、ARP、SG1、SG2、SG3 の設置が承認され、SG3 では、135kHz 以下、13.56MHz、2.45GHz、5.8GHz の4つの周波数の審議をすることを承認。(途中で米国の要望により UHF 帯を追加)以下 1999 年以降 2000 年末までの審議概要を述べる。

1) SG3 の審議経緯

No	年月	場所	審議概要
1	1999.1	Zandvoort オランダ	13.56MHz の Tag Talks First(TTF) と Reader Talks First(RTF) について審議。UHF 帯を追加する要求意見が出た。
2	1999.3	Freising ドイツ	56MHz について、ISO15693-2 の提案あり。 TTF については、RTF と干渉せずかつ ISO14443/15693 と共存できることが証明された場合に標準化を進めることを決議
3	1999.4	Bandol フランス	引き続き TTF と RTF の審議。日本では ARIB 規格により TTF は認められていないことを説明。UHF 帯を作業項目に追加することを承認(日本は、電波法により UHF 帯は使用できない為、反対表明)
4	1999.8	Paris フランス	TTF は RTF を干渉することを実験で証明。13.56MHz に、Gemplus と Checkpoint が新規提案。また 2.45GHz に SCS が提案
5	1999.12	San Diego アメリカ	すべての周波数 (<135kHz・13.56MHz・2.45GHz・5.8GHz・UHF) の WD を 2000 年 12 月 25 日までに完成されることを決定
6	2000.3	Birmingham イギリス	Gemplus と Checkpoint が、各種方式の共存のための Universal Wake-up コマンドを提案
7	2000.5	London イギリス	UHF 帯については、ヨーロッパでも周波数割当が難しい状況であることが報告
8	2000.9	Singapore シンガポール	<135kHz、13.56MHz、2.45GHz について新規提案を締切り、12 月 25 日までに WG を完成させることを決議。 5.8GHz、UHF については 12 月末まで提案を受け付け、2001 年 3 月の WD 完成を目指すことを決議。
9	2000.12	Boca Raton アメリカ	<135kHz、13.56MHz、2.45GHz について投票を行い、WD を 12 月までに作成する提案を採択した。日本から、125kHz を新たに提案。(未投票)。5.8GHz と UHF は 12 月末まで提案を受け付け、3 月までに WD を完成させる予定。 5.8GHz については日本からの提案が期待されている。

なお、2001年の審議概要は以下の通りである。

(1) 2001.02 Orlando (USA)

ISO18000-3 (13.56MHz)

Mode1: ISO15693、Mode2: Gemplus、Mode3: Checkpoint、Mode4: SCS、Mode5: Magellan について WD を作成した。CD 化は、6 月中に Draft を完成し、2001 年 12 月までに CD 承認の予定。

ISO18000-4 (2.45GHz)

Mode1: Intermec、Mode2: SCS、Mode3: Siemens、Mode4: TagMaster、Mode5: UPU について WD を作成した。これらは全て FH (周波数) 方式を用いたもの。CD 化は、6 月中に Draft を完成し、2001 年 12 月までに CD 承認の予定。

(2) 2001.04 Adelaide (Australia)

ISO18000-3 (13.56MHz)

Gemplus (Mode 2) が Mode 1 (ISO15693) の基本パルスを採用する融合方法を提案。但し、Mode 5 (Magellan) は機能が大きく異なる為、融合は不可。CD 案を 6 月末までにまとめる予定。

ISO18000-4 (2.45GHz)

Mode 6 (NEDAP) が、オーストラリアの賛同が得られたことから復活した。今後、融合方式で CD 案を 6 月末までにまとめる予定。

(3) 2001.06 Marseille (France)

CD 化のスケジュールは各周波数のプロジェクトエディタは 8 月中旬までに、最終 WD を作成し National Body に送付。各国の投票を得て、10 月 18-19 日の SG3 会議(ケニア会議/オランダ)で CD へ移行。

ISO18000-3 (13.56MHz)

絞込み案が芳しくなく議長の判断で本会議中に絞込みの方向性を SG3 レベルの票決で方向を決める。決まらない場合は、議長として決める。」とされた。

ISO18000-4 (2.45GHz)

NEDAP/Siemens が電池ありで Intermec のものについて得票をえたが、過半数に達せず WG4 の意向を再度確認して次期会合で結論を出す。他の提案は却下された。

2) 審議スケジュール

ISO/IEC18000	WD	CD	FCD	FDIS	IS
-1, Generalparameter	2000-12	2001- 9	2002- 9	2002- 11	2002- 12
-2, <135kHz	2000-12	2001-12	2002-12	2003- 2	2003- 3
-3, 13.56MHz	2000-12	2001-12	2002-12	2003- 2	2003- 3
-4, 2.45GHz	2000-12	2001-12	2002-12	2003- 2	2003- 3
-5, 5.8GHz	2001- 3	2002- 3	2003- 3	2003- 5	2003- 6
-6, UHF	2001- 3	2002- 3	2003- 3	2003- 5	2003- 6

WD : Working Draft, CD : Committee Draft, FCD : Final CD,

FDIS : Final Draft of IS, IS : International Standard

3) 2001 年の今後の SG3 会議

現在、13.56 及び 2450MHz は WD ステージから CD ステージに入り、本年末には実質上の技術審議の最終段階に入れる予定である。

- ・ 2001-10-15/16 Groenlo (NL)
- ・ 2001-12-4/5 San Diego (USA)

3. 4 SG4 (規定類) の発足と活動概要

1999 年 9 月の WG4 会議において、従来 SG3 の中で審議してきた電波に関する電波法・安全規格・等の規定類については、新たに SG4 を設置して審議することとなった。

日本に於ける関連法規制として、電波法と RFID の運用周波数及び出力規制また人体曝露指針について欧米規制と日本の現状比較について活動を行っている。

1) SG4 の審議経緯

No	年月	場所	審議概要
1	2000. 2	Phoenix アメリカ	SG4 の役割として、「RFID 用に使用する周波数の世界的な調和を進めるために、各国の電波法と規格を修正しかつ、世界的な周波数戦略を開発すること」を戦略として立案。 13. 56MHz については、アメリカ (FCC)・ヨーロッパ (ETSI)・日本 (ARIB) で規格が異なるが、FCC は 2001 年 3 月までには ETSI と同等になる予定。
2	2000. 9	Singapore シンガポール	UHF 帯 (周波数 : 862-928MHz、帯域 : 6MHz、出力 : 4W ERP、通信距離 : 2m 以上) は日本とデンマークが反対。ヨーロッパでは TETRA プロジェクトで使用している周波数のため、割当は当分不可能。 新たに 820MHz 帯と 433MHz の追加が承認。 日本では 828-830MHz が空いている (実験局) が、帯域が 2MHz と狭い。
3	2000. 12	Barcerona スペイン	900MHz 帯については米国から強い要求が出ているが、日本とデンマークが強行に反対している。日本では次世代携帯電話用に周波数割当の整理を行う予定であり、UHF 帯の RFID 用途の使用は認められない。また、ヨーロッパでは現在この周波数帯は TETRA プロジェクトで使用されており、見直しは早くとも 2003 年。このような状況から、SC31/WG4 の作業項目から UHF 帯をはずしたらという意見も出てきている。

2) 今後の SG4 会議予定

- ・ 2001. 10. 13 Amsterdam (NL)
- ・ 2001. 12. 08 San Diego (USA)

4 むすび

現在、2. 4GHz 帯の移動体識別システムにおいて最も急がれている用途の一つとしてパレット管理、海上コンテナ、航空貨物、航空手荷物等大陸間、または国境を越えて移動する国際物流分野があげられる。これらは国境を越えるシステムであり、今後国際標準化の必要性はますます必要になっている。

標準化の最終目標は、国際並びに国内の異なったメーカーで製造された RFID 機器が相互に一定の性能を有し、かつ互換性を持ち、もってユーザの RFID システムでの混在使用を可能にし、かつより信頼性の高い安全な機器の標準仕様を確立することである。

従って今後の提案への取り組みとしては、大規模アプリケーションはもとより、小さいながら数多くの RFID 応用展開を計っている日本の RFID 市場を背景に、「物」を管理する「Item Management」用 RFID の要求事項を十分に把握した上で、これらを標準化の基本条件として位置づけ、ユーザ側に立った標準仕様を提案していく方針である。また数多くのメーカーを有する日本ならではの技術面でも大きく寄与できると考える。

日本での審議は常にこれらの点に着眼し、今後の提案を展開していく必要がある。

FCC における 2.4GHz 帯を使用するシステムの検討状況

2000年2月にカナダの無線機器メーカーがFCCに対し2.4GHz帯を使用するOFDM機器の認可を求めたが、当時はスペクトラム拡散の定義に適合していないとの理由で拒絶されていた。一方、前記IEEEによる標準化作業(TGg)が2000年3月より進められていたが、提案された方式(OFDM、PBCC)はいずれも現時点におけるFCC Part15の規定を満たさないものであったため、業界からの規制緩和が求められていた。

これらの一連の動きを受けてFCCは、2001年5月に規制緩和に向けての改正案 Further Notice of Proposed Rule Making and Order (FCC 01-158)を発行し、意見募集を始めた。この文書での主な改正点は以下のようなものである。

- スペクトラム拡散以外のデジタル変調方式を認める
- DS方式のプロセスゲイン規定を削除する
- FH方式の適応ホッピングルールを緩和

さらにこの文書によって、FCCはOFDMおよび類似のデジタル変調方式の運用を、送信出力を100mWに制限することなどを条件に、改正までの間暫定的に認めることになっている。また、OFDMとFHとの複合方式については、DS/FH複合方式に加え、その他のデジタル変調方式/FH複合方式として記述されている。

(次ページから、FCC 01-158 本文)

**Before the
Federal Communications Commission
Washington, D.C. 20554**

In the Matter of)	
)	
Amendment of Part 15 of the Commission's Rules)	
Regarding Spread Spectrum Devices	)	ET Docket No. 99-231
)	
Wi-LAN, Inc	)	DA 00-2317
Application for Certification of an Intentional)	
Radiator Under Part 15 of The Commission's)	
Rules)	

**FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULE MAKING AND
ORDER**

Adopted: May 10, 2001

Released: May 11, 2001

Comment Date: [75 days after publication in the Federal Register]

Reply Comment Date: [105 days after publication in the Federal Register]

By the Commission:

INTRODUCTION

1. By this action, we propose to amend Part 15 of the Commission's rules to improve spectrum sharing by unlicensed devices operating in the 2.4 GHz band (2400 - 2483.5 MHz), provide for introduction of new digital transmission technologies, and eliminate unnecessary regulations for spread spectrum systems. Specifically, this Further Notice proposes to revise the rules for frequency hopping spread spectrum systems operating in the 2.4 GHz band to reduce the amount of spectrum that must be used with certain types of operation, and to allow new digital transmission technologies to operate pursuant to the same rules as spread spectrum systems. It also proposes to eliminate the processing gain requirement for direct sequence spread spectrum systems, which will provide manufacturers with increased flexibility and regulatory certainty in the design of their products. We take these actions to facilitate the continued development and deployment of new wireless devices for businesses and consumers.

2. We also find that our Office of Engineering and Technology (OET) acted properly in denying an application for equipment certification filed by Wi-LAN, Inc. ("Wi-LAN") under the current spread spectrum rules for a system using wideband orthogonal frequency division multiplexing modulation (W-OFDM).¹ We agree with the staff's finding that this technology does not qualify for operation under the current spread spectrum rules. We will, however, grant an interim waiver to allow Wi-LAN's equipment and similar devices from other manufacturers to be certificated at reduced power levels during the pendency of this rule making.

¹ FCC ID:K4BAP01

We note that the proposals we are making in this Further Notice, if adopted, would accommodate devices such as Wi-LAN's.

BACKGROUND

3. Part 15 of the FCC's rules provides for the operation of unlicensed devices. As a general condition of operation, Part 15 devices may not cause any harmful interference to authorized services and must accept any interference that may be received.² In addition, all services and devices operating in the 915 MHz (902 - 928 MHz), 2.4 GHz, and 5.7 GHz (5725 - 5850 MHz) bands must accept any interference received from industrial, scientific and medical equipment. Section 15.247 contains rules governing the operation of spread spectrum devices in the 915 MHz, 2.4 GHz, and 5.7 GHz bands.³ Operation under these rules is limited to frequency hopping and direct sequence spread spectrum systems. In frequency hopping systems, an information signal, usually a data stream, modulates a radio frequency carrier that is hopped among a number of frequencies in concert with a receiver. In direct sequence systems, the information data stream is combined with a high speed digital spreading code that is used to modulate a radio carrier, producing a radio signal that has a bandwidth covering anywhere from 1 to 100 megahertz. Both frequency hopping and direct sequence systems are permitted to use output powers of up to 1 watt in the above bands, however, most devices use lower power for various design reasons, such as conserving battery life. Spread spectrum modulation reduces the power density of the transmitted signal at any frequency, thereby reducing the possibility of causing interference to other signals occupying the same spectrum. Similarly, at the receiver end, the power density of interfering signals is minimized, making spread spectrum systems relatively immune to interference from outside sources.

4. The original *Notice of Proposed Rule Making* ("Notice") in this proceeding, which was initiated in response to a request from the Home RF working group, proposed to amend the rules to allow frequency hopping spread spectrum systems operating in the 2.4 GHz band to use hopping channel bandwidths wider than 1 MHz.⁴ The *Notice* also proposed to adopt a new method for determining compliance with the requirement that direct sequence systems exhibit a minimum of 10 dB processing gain. The *First Report and Order* ("*First R&O*") in this proceeding amended the spread spectrum rules to allow frequency hopping spread spectrum transmitters in the 2.4 GHz band to use bandwidths between 1 MHz and 5 MHz at a reduced power output of up to 125 mW.⁵ Frequency hopping systems with a bandwidth of up to 1 MHz are required to use at least 75 non-overlapping hopping frequencies. Use of 75 hopping frequencies is generally not feasible for systems having a bandwidth in excess of 1 MHz because the 2.4 GHz band, which covers 2400-2483.5 MHz, provides only 83.5 megahertz of spectrum. Accordingly, the rules were amended to permit systems using a bandwidth greater than 1 MHz but less than or equal to 5 MHz to use as few as 15 non-overlapping channels provided that the total span of hopping channels be at least 75 MHz.⁶ Therefore, while a system using 5 MHz hopping channel bandwidths is permitted to use as few as 15 hopping frequencies, one using 3 MHz hopping channel bandwidths must use at least 25 hopping frequencies to comply with the rules. In the *First R&O*, the Commission stated that it would

² 47 C.F.R. § 15.5.

³ 47 C.F.R. § 15.247

⁴ *Notice of Proposed Rule Making*, ET Docket 99-231, 14 FCC Rcd 13046 (1999).

⁵ *First Report and Order* in ET Docket 99-231, 15 FCC Rcd 16244 (2000).

⁶ Manufacturers typically avoid operation near 2483.5 MHz in order to meet restrictions on out-of-band emissions to protect mobile satellite service operations in the upper adjacent spectrum. Therefore, frequency hopping systems that employ a bandwidth of 5 MHz generally could not use more than 15 hopping frequencies without repeating operation in the same spectrum. The requirement to hop over a minimum number of channels ensures that the transmissions are spread over a wide range of frequencies to reduce the risk of interference to other systems.

address the processing gain issue in a future Report and Order.⁷

5. Thirteen parties ("Petitioners") filed a Joint Petition for Clarification or, in the Alternative, Partial Reconsideration ("Joint Petition") of the *First R&O*.⁸ The Petitioners request that the rules be clarified to allow frequency hopping systems in the 2.4 GHz band with bandwidths of 1 MHz or less to use as few as 15 hopping channels. The petitioners state that such operations should be subject to an output power limit of 125 mW and should be required to use adaptive hopping techniques to avoid operating on occupied frequencies.

6. We observe that there have been several other recent developments relevant to the spread spectrum rules. One such development is the Wi-LAN application for certification of a W-OFDM system under the spread spectrum rules as discussed further below. Another is a recent announcement by Texas Instruments that it plans to introduce a new high data rate, digital transmission system called packet binary convolutional coding ("PBCC") for operation in the 2.4 GHz band under the spread spectrum rules. While Texas Instruments claims that this technology will meet the current rules, at this juncture compliance has not been demonstrated. We are also aware that the IEEE Working Group 802.11 is in the process of developing standards for a new generation of wireless networks capable of operating at data speeds of at least 20 MB/s.⁹ There has been much debate within this standards group centered on whether certain technologies meet the FCC's spread spectrum rules.

DISCUSSION

7. The Commission's spread spectrum rules have been a tremendous success. A wide variety of devices have been introduced under these rules for business and consumer use including cordless telephones and computer local area networks. Moreover, the past few years have witnessed the development of industry standards, such as IEEE 802.11b, Bluetooth, and Home RF, that promise to greatly expand the number and variety of devices that will operate in the 2.4GHz band. We anticipate the introduction of wireless headsets and computer connections for cellular and PCS phones, wireless computer peripherals such as printers and keyboards, and a host of new wireless Internet appliances that will use this band as well as the other bands that provide for unlicensed operation.

8. Since the time the spread spectrum rules were first introduced some 15 years ago, the Commission has amended the rules several times to accommodate technology developments and promote new and innovative use of the 915 MHz, 2.4 GHz, and 5.7 GHz bands.¹⁰ Over the years, the data rates achievable by spread spectrum devices have increased from a few kilobits per second to 20 megabits per second, and more. These high data rates were not envisioned when the rules were first drafted. In fact, the original rules were crafted in a manner to highlight the interference immunity characteristics of spread spectrum devices, even at the expense of higher speeds. It appears that our current rules may unnecessarily restrict system designs that could otherwise achieve data rates of more than 20 megabits per second.

⁷ *First Report and Order* in ET Docket 99-231, *supra* at footnote 1.

⁸ *Joint Petition For Clarification or, in the Alternative, Partial Reconsideration*, submitted on October 25, 2000, by 3Comm, Apple Computer, Cisco Systems, Dell Computer, IBM, Intel Corporation, Intersil, Lucent Technologies, Microsoft, Nokia Inc., Silicon Wave, Toshiba America Information Systems, and Texas Instruments.

⁹ The IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) is a non-profit technical professional organization. Among other activities, the organization develops operating standards for communication equipment. The IEEE 802.11 Working Group, in particular, develops standards for wireless local area networking devices.

¹⁰ *First Report and Order*, *GEN Docket 81-413*, 1 FCC 2nd 419 (1985), 58 RR 2nd 251 (1985).

9. The Commission initiated this proceeding to provide for the continued development of spread spectrum technology. In light of the Joint Petition and other recent technology developments, we are initiating this Further Notice to relax or eliminate rules that impede efficient use of the spectrum and introduction of new technologies. Specifically, we propose to further relax the frequency hopping spread spectrum rules as requested in the Joint Petition. We also propose to amend the rules to accommodate new digital transmission systems that have spectrum characteristics similar to spread spectrum systems. In addition, we propose to eliminate the processing gain requirement for direct sequence spread spectrum systems. Finally, in conjunction with our analysis of these proposals, we address Wi-LAN's Application for Review of OET's denial of its application for equipment certification.

10. **Frequency Hopping Spread Spectrum Systems.** Petitioners argue that frequency hopping spread spectrum systems in the 2.4 GHz band that have a bandwidth of 1 MHz or less should be permitted to use as few as 15 hops as was permitted for systems having a bandwidth greater than 1 MHz. They also argue that the requirement that the total span of hopping channels shall be 75 MHz should not be applied to systems using bandwidths of 1 MHz or less. They state that the current requirements exacerbate interference because they effectively compel multiple systems to operate to a large extent in the same spectrum. Further, they submit that the requirements effectively negate the opportunity for frequency hopping systems to use adaptive hopping techniques as allowed in Section 15.247(h) because there is only 83.5 MHz of spectrum available in the 2.4 GHz band. Accordingly, petitioners request that the Commission clarify the rules adopted in the *First R&O* to specify a minimum of 15 hopping channels for any system that uses adaptive hopping techniques as allowed under Section 15.247(h) and limits its output power to 125 mW, regardless of hopping channel bandwidth. Similar to the rules adopted in the *First R&O*, the request would require systems with 5 MHz hopping channel bandwidths to use at least 75 MHz of spectrum. However, systems with smaller bandwidths will be able to use less spectrum.

11. Petitioners refer to the results of studies which they assert show that facilitating use of adaptive hopping techniques in the 2.4 GHz band would help to ameliorate interference by allowing frequency hopping systems to avoid transmitting on frequencies used by direct sequence systems that may be operating at the same location or nearby.¹¹ Petitioners state that interference avoidance is beneficial to both frequency hopping and direct sequence systems. They note that the Commission has previously determined that adaptive hopping techniques can be used to mitigate interference. For example, in the 915 MHz band (902 - 928 MHz), the rules permit frequency hopping spread spectrum systems to employ a minimum number of hopping channels with bandwidths narrow enough, in comparison to the available bandwidth, to allow the systems to adapt their hopsets to avoid other users.¹²

12. We agree with comments filed by Proxim Inc. ("Proxim) and Mobilian Corporation that the relief requested by the Petitioners cannot be afforded on the basis of a clarification or reconsideration. Although the request was proposed in an *ex parte* filing shortly before the *First R&O* was adopted, we do not believe there has been an adequate notice and comment on this proposal. We note that there are a very large number of users of the 2.4 GHz spectrum, including Amateur radio operators and fixed and mobile operations, that could be effected by this rule change and may not be aware it is being considered because it was not proposed in the

¹¹ Joint Petition at 3. Copies of these studies were not submitted with the Joint Petition. If Petitioners wish for the Commission to consider these studies in the context of this proceeding, they should submit copies for inclusion in the docket of this proceeding.

¹² See 47 C.F.R. § 15.247(a)(1)(i). Frequency hopping systems in the 902-928 MHz band that use hopping channels at least 250 kHz wide are permitted to use as few as 25 channels. A system operating in this fashion would be able to use as little as 6.25 MHz of the available 26 MHz, allowing it to avoid occupied portions of the spectrum.

*Notice.*¹³ We do, however, believe that the petitioners' request has merit and therefore will consider it pursuant to this Further Notice.

13. Accordingly, we propose to amend Section 15.247 by incorporating the changes proposed in the Joint Petition. The proposed rule modification is shown in Appendix B, Section 15.247(a)(1)(iii). Specifically, we propose to allow use of as few as 15 hops, as provided by our current rules, irrespective of the bandwidth utilized, provided that the output power does not exceed 125 mW and the device uses adaptive hopping techniques, as proposed in the Joint Petition. Interested parties are invited to comment on the acceptability of this proposal. Commenters are encouraged to include technical analyses that support claims that this change will either improve or degrade sharing of this spectrum. We particularly invite comment as to whether use of adaptive hopping techniques should be mandatory and how we should determine compliance with this requirement when evaluating specific devices for purposes of equipment certification. Commenters are also encouraged to examine alternative operating parameters or conditions that may achieve the same goals. For example, the operating conditions in the Joint Petition would allow a system using 1 MHz bandwidth hopping channels to use as little as 18% of the available spectrum at 2.4 GHz to implement adaptive hopping techniques. Could the Commission realize the goals of the petitioners by requiring that adaptive hopping systems use a minimum of 25% or 50% of the band with a power reduction in relationship to amount of spectrum used? Could even fewer hops be used efficiently and effectively with a corresponding reduction in power? Those commenters who do not agree that the rule changes would be beneficial to operation in the 2.4 GHz band should provide an explanation.

14. We are not proposing to reduce the minimum number of hopping channels required for frequency hopping spread spectrum systems in the 915 MHz or 5.7 GHz bands. We note that the Commission has previously reduced the required minimum number of hopping channels in the 915 MHz band from 50 to 25.¹⁴ The Commission indicated that the modified rules would facilitate improved sharing of the band.¹⁵ With regard to the 5.7 GHz band, 125 MHz of spectrum is available to accommodate the required 75 hopping channels. Therefore, there are generally a sufficient number of frequencies available to avoid interfering with other users. We invite comment on the on whether it is appropriate to consider modifications to the minimum number of hopping channels for these bands.

15. **Digital Transmission Systems.** We observe that new digital transmission technologies have been developed that have spectrum characteristics similar to spread spectrum systems. Indeed, proponents of some of these technologies allege that their systems meet the processing gain requirement of Section 15.247(e) for direct sequence spread spectrum

¹³ See the Table of Frequency Allocations, 47 C.F.R § 2.106. The 2400-2402 MHz band is allocated to the Amateur service on a secondary basis; the 2402-2417 MHz band is allocated to the Amateur service on a primary basis; the 2417-2450MHz band is allocated on a secondary basis to the Amateur service and on a secondary basis to the federal government for the Radiolocation service; and, the 2450-2483.5 MHz band is allocated to the Fixed and Mobile services on a primary basis and to the Radiolocation service on a secondary basis. Part 15 devices may not cause any harmful interference to these services and must accept any interference that may be received. See 47 C.F.R § 15.5. In addition, all services and devices operating in the 2400-2483.5 MHz band must accept any interference received from industrial, scientific and medical equipment.

¹⁴ See *Report and Order* in ET Docket 96-8, 12 FCC Rcd 7488 (1997).

¹⁵ *Id* at paragraph 27.

systems.¹⁶ The Wi-LAN device is one example. Other examples include the technology advanced by Texas Instruments and technologies considered by standards organizations such as IEEE 802.11. However, the current rules only provide for specific types of spread spectrum technology and do not provide latitude to permit other types of technologies that have similar spectrum characteristics.¹⁷ This situation not only has the potential to block the introduction of new and perhaps beneficial technologies, but also can create confusion as to whether a particular device may meet the rules and thereby can discourage investment and potentially lead to inequities in competition among equipment manufacturers. In comments responding to Wi-LAN's Application for Review, Intersil Corporation ("Intersil") contends that the Commission should draft an alternate set of rules to authorize digitally modulated equipment operating in the 2.4 GHz band.¹⁸ Intersil states that the rules could specify a suitable power level and power spectral density that would ensure that the devices not cause harmful interference to other users in the band.

16. We agree that the rules should be modified to permit the operation of alternative digital technologies that have spectrum characteristics similar to spread spectrum systems. We do not believe that it is necessary to adopt a separate rule section for digitally modulated radios as Intersil suggests. Instead, it appears that alternative digital technologies can be accommodated with appropriate modifications to the existing spread spectrum rules in Section 15.247. Specifically, we propose to amend Section 15.247 to provide for use of spread spectrum or digital technologies. This proposed change would apply for operations in the current spread spectrum bands at 915 MHz, 2.4 GHz and 5.7 GHz. Digital technologies would be required to meet the same technical requirements as spread spectrum systems, as modified in this proceeding. We believe that this proposal will allow more and more diverse products to utilize those bands and thereby increase consumer choice. It would provide the flexibility and certainty needed to promote the introduction of new, non-interfering products into the band, without the need for frequent rule changes to address each specific new technology that may be developed.

17. The rules for Part 15 spread spectrum systems limit maximum peak output power to 1 watt. In addition, the rules for direct sequence systems limit peak power spectral density conducted to the antenna to 8 dBm in any 3 kHz band during any time interval of continuous operation. This peak power density limit is intended to control interference by ensuring that the transmitted energy in a direct sequence system is not concentrated in any one portion of the emission bandwidth. In considering the appropriate power limits for digital modulation systems, it appears that the spectrum characteristics of these systems are very similar to the characteristics of direct sequence spread spectrum systems. Accordingly, it appears that digital systems may exhibit no more potential to cause interference to other devices than direct sequence systems. With this in mind, we invite comment on whether digitally modulated systems should be allowed to operate at the same power levels as direct sequence spread spectrum systems, namely 1 watt maximum output power with power spectral density not exceeding 8 dBm in any 3 kHz band. However, we also invite comment as to whether the flexibility we are allowing for digitally modulated systems warrants a reduction in permitted power levels to reduce the likelihood of any adverse impact on other systems operating in this spectrum, similar to the reduced power levels adopted for wide-band frequency hopping

¹⁶ 47 C.F.R. § 15.247(e).

¹⁷ See 47 C.F.R. § 15.247(a).

¹⁸ *Reply Comments of Intersil Corporation*, in DA 00-2317, November 30, 2000.

systems.¹⁹ If we find it necessary to reduce the allowed power for digitally modulated systems, should we make any changes in the power level adjustments for point-to-point operation in Section 15.247(b)(3)?²⁰

18. The proposals made herein would more closely align the Section 15.247 rules with the U-NII rules. We seek comment on whether the same result would be achieved by amending the U-NII rules to include the 915 MHz and 2.4 GHz bands. The upper limit of the 5.725 - 5.825 GHz U-NII band would also need to be expanded to 5.850 GHz in order to realign the standards with those presently permitted under Section 15.247. We specifically invite comment on any detrimental impact this could have on manufacturers.

19. **Direct Sequence Processing Gain.** The rules currently require direct sequence systems to have a processing gain of at least 10 dB.²¹ Processing gain may be determined using the "CW (continuous wave) jamming margin test" by stepping a signal generator in 50 kHz increments across the system passband. The jamming level required to produce the recommended Bit Error Rate (BER) and the system output power are recorded at each point. The "jammer to signal" ratio is then calculated from these measurements. Processing gain is calculated as: $G_p = (S/N)_o + M_j + L_{sys}$, where G_p = processing gain of the system, $(S/N)_o$ = signal to noise ratio required for the chosen BER, M_j = jammer to signal ratio, and L_{sys} = system losses (not more than 2 dB.)

20. In the *Notice*, the Commission observed that the CW jamming margin test may not measure the true processing gain for certain types of direct sequence spread spectrum systems where a portion of the information signal is embedded in the spreading code. The Commission proposed to instead require use of a Gaussian noise signal in the jamming margin test. It stated that a Gaussian interferer is likely to give a more accurate measure of processing gain because it is more closely related to the noise a system would encounter in a real-world environment.²²

21. In response to the *Notice*, commenters identified a number of questions that would need to be answered before the Commission could allow the use of a Gaussian interferer in the jamming margin test set-up. Particularly, commenters questioned how the Gaussian noise interferer should be generated, what bandwidth should be used, and how will the test be performed.²³ Similarly, in its comments in the matter of Wi-LAN's Application for Review, Intersil contends that the diversity of opinion within the industry as to the definition of processing gain makes it difficult to develop a test to measure the parameter. Intersil also states that, while the Gaussian noise test may be easier to implement, it may not give a true indication of whether the system actually has 10 dB of processing gain.²⁴ Home Wireless Networks suggests that the processing gain requirement is no longer necessary and that the

¹⁹ See *First R&O* at paragraph 15.

²⁰ See 47 C.F.R. § 15.247(b)(3).

²¹ See 47 C.F.R. § 15.247(e).

²² See *Notice* at paragraphs 13-14.

²³ See, generally, Lucent Technologies, Inc. comments; Aironet Wireless Communications, Inc. comments; Proxim, Inc. and Micrilor, Inc. reply comments.

²⁴ See *Reply Comments of Intersil Corporation* in DA 00-2317, November 30, 2000, at 5.

Commission should only address the emissions characteristics of such devices.

22. The processing gain requirement was adopted more than ten years ago as a means to ensure that manufacturers would not take advantage of the higher power levels afforded spread spectrum devices by designing systems with wide bandwidths where much of the energy transmitted is not needed for communication. As the spread spectrum industry has matured it is not clear that this requirement continues to be necessary. Manufacturers have an incentive to design their systems to include processing gain in order for their devices to operate properly when located near other radio frequency devices. In addition, it has become increasingly difficult to determine the true processing gain of certain direct sequence spread spectrum systems. The comments filed in response to the Notice suggest there is no agreement on a reliable method of measuring processing gain. We observe that uncertainties about the processing gain requirement can be a significant impediment to the introduction of new technologies. In light of these factors, we are now proposing to eliminate the processing gain requirement for direct sequence spread spectrum systems. We invite comment on this proposal.

23. **Wi-LAN Application for Review.** On February 17, 2000, Wi-LAN filed an application for equipment certification for its Wideband Orthogonal Frequency Division Multiplexing (W-OFDM) transmitter under the rules for direct sequence spread spectrum systems. The Commission's Office of Engineering and Technology ("OET") denied that application on the basis that Wi-LAN's W-OFDM device did not meet the definition of a direct sequence spread spectrum system as set forth in Section 2.1 of the rules.²⁵ Section 2.1 of our rules defines a spread spectrum system as, "[A]n information bearing communications system in which . . . the bandwidth is deliberately widened by means of a spreading function over that which would be needed to transmit the information alone."²⁶ As stated above, Section 2.1 provides for only two specific types of spread spectrum systems: direct sequence and frequency hopping. Section 2.1 defines a direct sequence systems as, "[A] spread spectrum system in which the carrier has been modulated by a high speed spreading code and an information data stream. The high speed code sequence dominates the "modulating function" and is the direct cause of the wide spreading of the transmitted signal." OET found that the Wi-LAN device does not meet this definition because it, among other things, does not use a high speed spreading code to modulate a single radiofrequency (RF) carrier and, further, the spreading function that is used does not dominate the modulation function. It therefore denied Wi-LAN's application for certification on the basis that the W-OFDM device could not be authorized as a direct sequence spread spectrum system. Subsequently, OET denied Wi-LAN's Petition for Reconsideration of that decision for the same reasons.²⁷

24. Wi-LAN has filed an Application for Review of the staff action.²⁸ In this filing,

²⁵ See letter from Joe Dichoso to Wi-LAN, Inc. regarding application for FCC ID: K4BAP01, May 12, 2000. See also, 47 C.F.R. § 2.1.

²⁶ 47 C.F.R. §2.1(c).

²⁷ Letter from Dale N. Hatfield, Chief of the Office of Engineering and Technology, to Mitchell Lazarus, August 18, 2000.

²⁸ *Application for Review*, September 20, 2000. The Commission gave public notice of receipt of the *Application for Review*. See DA 00-2317, October 17, 2000.

Wi-LAN argues that its device meets all the technical requirements explicitly stated in the rules for direct sequence spread spectrum systems and should be granted certification. Wi-LAN states that its W-OFDM system accomplishes the spreading function required by the spread spectrum definition through the addition of forward error correction codes and the use of an Inverse Fast Fourier Transform (IFFT) sequence. It contends that this transform function is closely analogous to the high speed spreading code used in other direct sequence systems. Wi-LAN argues that this transform function widens the occupied bandwidth from 6.875 MHz to 25 MHz, or a factor of 3.6, over that needed for the digital information alone, and that this meets the spreading requirement in the rules. It does not provide data on the processing gain of its system. Wi-LAN further contends that OET's assertion that it has turned down similar requests from others is not supported by any specific references, and in any event may not be used for denial of certification for a device that meets the letter and intent of the rules. In an Opposition to the Application for Review, Proxim does not raise substantive objections to the propriety of the technology proposed, but argues that Wi-LAN's technology is not permitted under the current rules and must be addressed through rule making. In comments and replies, Cisco Systems, Inc., Metricom, Inc., and Intersil support Wi-LAN's application.

25. Initially, we find that OET acted properly in denying Wi-LAN's application for certification. In this regard, we agree with OET that Wi-LAN's W-OFDM device does not meet the definition of a direct sequence spread spectrum system as set forth in Section 2.1 of the rules. As OET observes, this device does not use a high speed data code to accomplish wide spreading of the transmitted signal. Rather, it adds forward error correction data to widen the bandwidth, and it does so by only a relatively modest amount, *i.e.*, 12.5 MHz or a factor of 1.8, over that necessary to transmit the information alone. The additional spreading to 25 MHz is a product of the modulation process that does not add to the system's processing gain. This does not comport with the requirements that the high speed code sequence dominate the modulating function or that it is the direct cause of the wide spreading of the transmitted signal. Wi-LAN's argument that the Commission has previously accepted transforms as spreading functions when it certified the Fast Walsh transform used in 11 Mbps Complementary Code Keying (CCK) systems is incorrect. The approval of that system was based on the fact that, while it did incorporate a transform, it also used a high speed spreading code and therefore could be characterized as a direct sequence spread spectrum systems. We reiterate that, as indicated above, operation under the Part 15 spectrum rules is limited to frequency hopping and direct sequence systems. The Wi-LAN system is neither of these types but rather is a digital modulation system, as discussed above, that resembles a spread spectrum system only in its spectrum characteristics.

26. Notwithstanding our finding that Wi-LAN's W-OFDM system is not a spread spectrum system as defined in our rules, we find that it will serve the public interest to allow grant of equipment certification now for this system and similar systems that operate in the 2.4-2.483 GHz band if they meet the existing rules for direct sequence spread spectrum systems in Sections 15.247(a), (b), (c), and (d), conditioned on their compliance with any final rules that may be adopted in this proceeding.²⁹ Accordingly, the Commission will waive, on an interim basis, the restriction of Section 15.247(a) that limits operation pursuant to the remaining portions of Section 15.247 to frequency hopping and direct sequence spread spectrum systems.³⁰ We find that there is good cause to waive the cited rule during the pendency of this proceeding

²⁹ See 47 C.F.R. §§15.257(a), (b), (c), and (d).

³⁰ 47 C.F.R. §1.3 grants the Commission authority to waive any provision of its rules provided good cause is demonstrated. See also *WAT Radio v. FCC*, 418 F.2d 1153, 1157 (D.C. Cir. 1969).

because such devices have generally the same emission mask as currently authorized devices and thus will not undermine the existing rules. Digital modulation systems closely resemble spread spectrum systems in terms of their spectrum occupancy characteristics, and therefore are not likely to pose any increased risk of interference over that posed by spread spectrum systems. We believe that compliance with the rules listed above, which address spectrum occupancy, power, out-of-band emissions, and antennas, will ensure that digital modulation systems operating in the 2.4 GHz band will operate with the same spectrum occupancy characteristics as spread spectrum systems. We also observe that such systems appear to offer capabilities in terms of broadband data transmission capacity that are likely to make them more desirable than traditional spread spectrum systems for many users. Allowing authorization of digital modulation systems now will avoid the delays otherwise imposed by our rulemaking process and thereby substantially speed the process for implementation of these new system designs. In this regard, our decision to waive the restrictions which prevent authorization of such systems reflects our view that it is appropriate and desirable to take steps wherever possible to facilitate the timely and efficient introduction of new technologies and equipment, and particularly those that will support the development and deployment of broadband infrastructure without threat to incumbent operations and devices. For the reasons indicated above, we believe that authorization of Wi-LAN's device and other digital modulation systems prior to our adoption of final rules will not result harm to other radio operations. Consistent with Wi-LAN's application for equipment certification, we will require that any devices granted prior to the adoption of new rules pursuant to the provisions of this paragraph comply with a maximum peak output power limit of 100 mW. In addition, any devices so conditionally authorized will have to comply with whatever rules we ultimately adopt for digital modulation systems in the 2.4 MHz band. Accordingly, we are instructing OET to re-examine the Wi-LAN application for certification of its W-OFDM system for its compliance with the above listed portions of Section 15.247 of the rules and the power limits indicated above. OET shall also accept applications for equipment certification under Section 15.247 for other devices using digital modulation techniques if the equipment complies with the provisions stated above. Such applications submitted pursuant to the above provisions need not be accompanied by a formal waiver request, but should state that they fall within the terms of this Order as to the waiver. Any such applications will be subjected to the conditions set forth herein, including that operation is conditioned on compliance with any final rules that may be adopted in this proceeding.

PROCEDURAL MATTERS

A. Regulatory Flexibility Act

27. As required by Section 603 of the Regulatory Flexibility Act, 5 U.S.C. § 603, the Commission has prepared an Initial Regulatory Flexibility Analysis (IRFA) of the expected impact on small entities of the proposals suggested in this document. The IRFA is set forth in Appendix A. Written public comments are requested on the IRFA. These comments must be filed in accordance with the same filing deadlines as comments on the rest of the Further Notice, but they must have a separate and distinct heading designating them as responses to the IRFA. The Secretary shall send a copy of this Further Notice, including the IRFA, to the Chief Counsel for Advocacy of the Small Business Administration in accordance with Section 603(a) of the Regulatory Flexibility Act, 5 U.S.C. § 603(a).

B. *Ex Parte* Rules -- Permit-But-Disclose Proceedings

28. This is a permit-but-disclose notice and comment rule making proceeding. *Ex parte* presentations are permitted, except during any Sunshine Agenda period, provided they are disclosed as provided in the Commission's rules. *See generally* 47 C.F.R. §§ 1.1200(a), 1.1203, and 1.1206.

C. Authority

29. This action is taken pursuant to Sections 4(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r) of the Communications Act of 1934, as amended, 47 U.S.C. Sections 154(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r).

D. Comment Dates

30. Pursuant to Sections 1.415 and 1.419 of the Commission's rules, 47 C.F.R. §§ 1.415, 1.419, interested parties may file comments on or before [75 days after publication in the Federal Register], and reply comments on or before [105 days after publication in the Federal Register]. Comments may be filed using the Commission's Electronic Comment Filing System (ECFS) or by filing paper copies. See Electronic Filing of Documents in Rulemaking Proceedings, 63 Fed. Reg. 24,121 (1998).

31. Comments filed through the ECFS can be sent as an electronic file via the Internet to <<http://www.fcc.gov/e-file/ecfs.html>>. Generally, only one copy of an electronic submission must be filed. If multiple docket or rulemaking numbers appear in the caption of this proceeding, however, commenters must transmit one electronic copy of the comments to each docket or rulemaking number referenced in the caption. In completing the transmittal screen, commenters should include their full name, Postal Service mailing address, and the applicable docket or rulemaking number. Parties may also submit an electronic comment by Internet e-mail. To get filing instructions for e-mail comments, commenters should send an e-mail to ecfs@fcc.gov, and should include the following words in the body of the message, "get form <your e-mail address>." A sample form and directions will be sent in reply.

32. Parties who choose to file by paper must file an original and four copies of all comments, reply comments and supporting comments. If participants want each Commissioner to receive a personal copy of their comments, an original plus nine copies must be filed. If more than one docket or rulemaking number appear in the caption of this proceeding, commenters must submit two additional copies for each additional docket or rulemaking number. All filings must be sent to the Commission's Secretary, Magalie Roman Salas, Office of Secretary, Federal Communications Commission, 445 12th Street, SW, Washington, DC 20554. Comments and reply comments will be available for public inspection during regular business in the FCC Reference Center (Room CY-A257), 445 12th Street, SW, Washington, DC 20554.

ORDERING CLAUSES

33. IT IS ORDERED that, pursuant to Sections 4(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r) of the Communications Act of 1934, as amended, 47 U.S.C. Sections 154(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r), this Further Notice of Proposed Rule Making is hereby ADOPTED.

34. IT IS FURTHER ORDERED that, pursuant to Sections 4(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r) of the Communications Act of 1934, as amended, 47 U.S.C. Sections 154(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r), the Application for Review filed by Wi-LAN, Inc. on September 20, 2000 is hereby DENIED.

35. IT IS FURTHER ORDERED that, pursuant to Sections 4(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r) of the Communications Act of 1934, as amended, 47 U.S.C. Sections 154(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r), OET shall process applications for certification of digital modulation systems that operate in the 2400 - 2483.5 MHz band for compliance with the proposals in this Further Notice of Proposed Rule Making.

36. IT IS FURTHER ORDERED that the Commission's Consumer Information Bureau, Reference Information Center, SHALL SEND a copy of this Further Notice of Proposed Rule Making, including the Initial Regulatory Flexibility Act, to the Chief, Counsel for Advocacy of the Small Business Administration.

37. For further information concerning this Further Notice, contact Neal L. McNeil, Office of Engineering & Technology, (202) 418-2408, TTY (202) 418-2989, email nmccneil@fcc.gov.

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION

Magalie Roman Salas
Secretary

APPENDIX A

Initial Regulatory Flexibility Analysis

As required by Section 603 of the Regulatory Flexibility Act,³¹ the Commission has prepared an Initial Regulatory Flexibility Analysis (IRFA) of the expected significant economic impact on small entities by the policies and rules proposed in this Further Notice of Proposed Rule Making and Order (Further Notice). Written public comments are requested on the IRFA. Comments must be identified as responses to the IRFA and must be filed by the deadlines for comments on the Further Notice of Proposed Rule Making provided above in paragraph 27.

A. Need for and Objectives of the Proposed Rules

This Further Notice proposes changes that remove unnecessary regulatory barriers to the introduction of new wireless devices using spread spectrum and other digital technologies. The proposals will also improve sharing of the spectrum by wireless devices operating in the 2.4 GHz band (2400 - 2483.5 MHz). Specifically, the Further Notice proposes to relax the frequency hopping spread spectrum rules in Section 15.247 in accordance with a Joint Petition for Clarification, or in the Alternative, Partial Reconsideration filed by thirteen parties.³² The proposed changes would permit all frequency hopping systems in the 2.4 GHz band to use as few as fifteen hopping channels instead of the seventy-five hopping channels some systems are now required to use. Systems using the minimum number of channels will be required to employ adaptive hopping techniques in order to avoid transmitting on occupied frequencies.

The Further Notice seeks comments regarding alternative operating parameters or conditions for frequency hopping systems that may achieve the same goals. For example, the operating conditions in the Joint Petition would allow a system using 1 MHz bandwidth hopping channels to use as little as 18% of the available spectrum at 2.4 GHz to implement adaptive hopping techniques. The Further Notices asks whether the Commission could realize the goals of the petitioners by requiring that adaptive hopping systems use a minimum of 25% or 50% of the band with a power reduction in relationship to amount of spectrum used.

The Further Notice also proposes to modify the rules for non-frequency hopping spread spectrum systems in the 915 MHz (902 - 928 MHz), 2.4 GHz, and 5.7 GHz (5725 - 5850 MHz) bands to accommodate developing systems that use digital modulation techniques. Systems using digital modulation techniques would be required to meet the same technical requirements as spread spectrum systems, as modified in this proceeding. The Commission believes that this proposal will allow more and more diverse products to utilize those bands and thereby increase consumer choice. It would also provide the flexibility and certainty needed to promote the introduction of new, non-interfering products into the band, without the need for frequent rule changes to address each specific new technology that may be developed. This proposal would more closely align the Section 15.247 spread spectrum rules with the Section

³¹ 5 U.S.C. § 603.

³² See *Joint Petition for Clarification or, in the Alternative, Partial Reconsideration* filed October 25, 2000 in ET Docket 99-231 on behalf of 3Comm, Apple Computer, Cisco Systems, Dell Computer, IBM, Intel Corporation, Intersil, Lucent Technologies, Microsoft, Nokia Inc., Silicon Wave, Toshiba America Information Systems, and Texas Instruments.

15.407 U-NII rules. Therefore, we seek comment on whether the same result would be achieved by amending the U-NII rules to include the 915 MHz and 2.4 GHz bands.

Finally, the Further Notice proposes to eliminate the processing gain requirement for direct sequence spread spectrum systems. The processing gain requirement was adopted more than ten years ago as a means to ensure that manufacturers would not take advantage of the higher power levels afforded spread spectrum devices by designing systems with wide bandwidths where much of the energy transmitted is not needed for communication. As the spread spectrum industry has matured it is not clear that this requirement continues to be necessary. Manufacturers have an incentive to design their systems to include processing gain in order for their devices to operate properly when located near other radio frequency devices.

B. Legal Basis

The proposed action is taken pursuant to Sections 4(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r) of the Communications Act of 1934, as amended, 47 U.S.C. Sections 154(i), 301, 302, 303(e), 303(f), and 303(r).

C. Description and Estimate of the Number of Small Entities to Which the Proposed Rules Will Apply

The RFA directs agencies to provide a description of, and, where feasible, an estimate of the number of small entities that may be affected by the proposed rules, if adopted.³³ The Regulatory Flexibility Act defines the term "small entity" as having the same meaning as the terms "small business," "small organization," and "small business concern" under section 3 of the Small Business Act.³⁴ A small business concern in its field of operation; and (3) satisfies any additional criteria established by the SBA.³⁵

The Commission has not developed a definition of small entities applicable to unlicensed communications devices manufacturers. Therefore, we will utilize the SBA definition applicable to manufacturers of Radio and Television Broadcasting and Communications Equipment. According to the SBA regulations, unlicensed transmitter manufacturers must have 750 or fewer employees on order to qualify as a small business concern.³⁶ Census Bureau data indicates that there are 858 U.S. companies that manufacture radio and television broadcasting and communications equipment, and that 778 of these firms have fewer than 750 employees and would be classified as small entities.³⁷ We do not believe this action would have a negative impact on small entities that manufacture unlicensed spread spectrum devices. Indeed, we believe the actions should benefit small entities because it

³³ 5 U.S.C. § 603(b)(3).

³⁴ *Id.* § 601(3).

³⁵ *Id.* § 632.

³⁶ See 13 C.F.R. § 121.201, NAICS Code 334220 (SIC Code 3663). Although SBA now uses the NAICS classifications, instead of SIC, the size standard remains the same.

³⁷ See U.S. Dept. of Commerce, *1992 Census of Transportation, Communications and Utilities* (issued May 1995), SIC category 3663 (NAICS Code 334220).

should make available increased business opportunities to small entities. We request comment on these assessments.

D. Description of Projected Reporting, Recordkeeping and Other Compliance Requirements

Part 15 transmitters are already required to be authorized under the Commission's certification procedure as a prerequisite to marketing and importation. *See* 47 C.F.R. §§ 15.101, 15.201, 15.305, and 15.405. Additionally, manufacturers of direct sequence spread spectrum systems must submit a determination of system processing gain to the Commission in order to obtain product certification.

The proposed regulations will add permissible methods of operation for frequency hopping spread spectrum systems. No new reporting or recordkeeping requirements are proposed for the manufacturers of frequency hopping spread spectrum devices. However, the rules proposed in the Further Notice would eliminate the requirement that manufacturers of direct sequence systems submit evidence of compliance with a minimum processing gain. Therefore, the proposed rules reduce the reporting and recordkeeping burdens placed on all manufacturers, including small entities. None of the proposals would require alteration of any existing products.

E. Steps Taken to Minimize Significant Economic Impact on Small Entities, and Significant Alternatives Considered

The RFA requires an agency to describe any significant alternatives that it has considered in reaching its proposed approach, which may include the following four alternatives: (1) the establishment of differing compliance or reporting requirements or timetables that take into account the resources available to small entities; (2) the clarification, consolidation, or simplification of compliance or reporting requirements under the rule for small entities; (3) the use of performance, rather than design standards; and (4) an exemption from coverage of the rule, or any part thereof, for small entities.

At this time, the Commission does not believe the proposals contained in this Further Notice will have a significant economic impact on small entities. The Further Notice does not propose new device design standards. Instead, it relaxes the rules with respect to the types of devices which are allowed to operate pursuant to the spread spectrum regulations. There is no burden of compliance with the proposed changes. Manufacturers may continue to produce devices which comply with the former rules and, if desired, design devices to comply with the new regulations. The proposed rules will apply equally to large and small entities. Therefore, there is no inequitable impact on small entities. Finally, this Further Notice does not recommend a deadline for implementation. We believe that the proposals are relatively simple and do not require a transition period to implement. An entity desiring to take advantage of the relaxed regulations may do so at any time.

For the reasons stated above, unless our views are altered by comments, we find that the proposed rule changes contained in this Further Notice will not present a significant economic burden to small entities. Therefore it is not necessary at this time to propose alternative rules. Notwithstanding our finding, we request comment on alternatives that might minimize the amount of adverse economic impact, if any, on small entities.

F. Federal Rules that May Duplicate, Overlap, or Conflict With the Proposed Rule

None.

APPENDIX B

Proposed Rule Changes

Authority: 47 U.S.C. 154, 302, 303, 304, 307, and 544A.

We propose to amend Title 47 of the Code of Federal Regulations, Part 15, as follows:

Section 15.247 is proposed to be amended by revising paragraphs (a), (a)(1)(ii), (a)(1)(iii), (c), and (d); re-designating paragraphs (b)(3) and (b)(4) as (b)(4) and (b)(5), respectively; adding a new paragraph (b)(3); deleting paragraph (e); revising paragraph (f); and re-designating paragraphs (f), (g), and (h) as paragraphs (e), (f), and (g), respectively.

Section 15.247 Operation within the bands 902-928MHz,2400-2483.5MHz, and 5725-5850 MHz.

(a) Operation under the provisions of this section is limited to frequency hopping and direct sequence spread spectrum systems and digitally modulated intentional radiators that comply with the following provisions:

(1) * * *

(i) * * *

(ii) Frequency hopping systems operating in the 5725-5850 MHz band shall use at least 75 hopping frequencies. The maximum 20 dB bandwidth of the hopping channel is 1 MHz. The average time of occupancy on any frequency shall not be greater than 0.4 seconds within a 30 second period.

(iii) Frequency hopping systems in the 2400 - 2483.5 MHz band shall use at least 75 non-overlapping channels, except that as few as 15 non-overlapping channels may be used for systems that intelligently modify their hopsets in accordance with Section 15.247(g). Hopsets modified in this manner must be re-determined at least once every 30 seconds. The average time of occupancy on any channel shall not be greater than 0.4 seconds within a period of 0.4 seconds multiplied by the number of hopping channels employed.

(2) Systems using direct sequence spread spectrum and digital modulation techniques may operate in the 902 - 928 MHz, 2400 - 2483.5 MHz, and 5725 - 5850 MHz bands.

(b) * * *

(1) for frequency hopping systems in the 2400 -2483.5 MHz band employing at least 75 hopping channels, and all frequency hopping systems in the 5725-5850 MHz band: 1 Watt. For all other frequency hopping systems in the 2400 - 2483.5 band: 0.125 Watt

(2) * * *

(3) For systems using digital modulation in the 902 - 928 MHz, 2400 - 2483.5 MHz, and 5725 - 5780 MHz bands: 1 Watt.

(4) Except as shown below, if transmitting antennas of directional gain greater than 6 dBi are used, the peak output power from the intentional radiator shall be reduced below the above stated values by the amount in dB that the directional gain of the antenna exceeds 6 dBi.

(i) Systems operating in the 2400-2483.5 MHz band that are used exclusively for fixed, point-to-point operations may employ transmitting antennas with directional gain greater than 6 dBi provided the maximum peak output power of the intentional radiator is reduced by 1 dB for every 3 dB that the directional gain of the antenna exceeds 6 dBi.

(ii) Systems operating in the 5725-5850 MHz band that are used exclusively for fixed, point-to-point operations may employ transmitting antennas with directional gain greater than 6 dBi without any corresponding reduction in transmitter peak output power.

(iii) Fixed, point-to-point operation, as used in paragraphs (b)(4)(i) and (b)(4)(ii) of this section, excludes the use of point-to-multipoint systems, omnidirectional applications, and multiple co-located intentional radiators transmitting the same information. The operator of the spread spectrum intentional radiator or, if the equipment is professionally installed, the installer is responsible for ensuring that the system is used exclusively for fixed, point-to-point operations. The instruction manual furnished with the intentional radiator shall contain language in the installation instructions informing the operator and the installer of this responsibility.

(5) Systems operating under the provisions of this section shall be operated in a manner that ensures that the public is not exposed to radio frequency energy levels in excess of the Commission's guidelines. See § 1.1307(b)(1) of this Chapter.

(c) In any 100 kHz bandwidth outside the frequency band in which the spread spectrum or digitally modulated intentional radiator is operating, the radio frequency power that is produced by the intentional radiator shall be at least 20 dB below that in the 100 kHz bandwidth within the band that contains the highest level of the desired power, based on either an RF conducted or a radiated measurement. Attenuation below the general limits specified in § 15.209(a) is not required. In addition, radiated emissions which fall in the restricted bands, as defined in § 15.205(a), must also comply with the radiated emission limits specified in § 15.209(a) (see § 15.205(c)).

(d) For direct sequence spread spectrum and digitally modulated systems, the peak power spectral density conducted from the intentional radiator to the antenna shall not be greater than 8 dBm in any 3 kHz band during any time interval of continuous transmission.

(e) For the purposes of this section, hybrid systems are those that employ a combination of both frequency hopping and direct sequence or digital modulation techniques. The frequency hopping operation of the hybrid system, with the direct sequence or digital modulation operation turned off, shall have an average time of occupancy on any frequency not to exceed 0.4 seconds within a time period in seconds equal to the number of hopping frequencies employed multiplied by 0.4. The direct sequence or the digital modulation operation of the hybrid system, with the frequency hopping operation turned off, shall comply with the power density requirements of paragraph (d) of this section.

(f) Frequency hopping systems are not required to employ all available hopping channels during each transmission. However, the system, consisting of both the transmitter and the receiver, must be designed to comply with all of the regulations in this section should the transmitter be presented with a continuous data (or information) stream. In addition, a system employing short transmission bursts must comply with the definition of a frequency hopping system and must distribute its transmissions over the minimum number of hopping channels specified in this section.

(g) The incorporation of intelligence within a frequency hopping system that permits

the system to recognize other users within the spectrum band so that it individually and independently chooses and adapts its hopsets to avoid hopping on occupied channels is permitted. The coordination of frequency hopping systems in any other manner for the express purpose of avoiding the simultaneous occupancy of individual hopping frequencies by multiple transmitters is not permitted.

諮問書・諮問理由

諮問第2001号
平成13年3月28日

情報通信審議会
会長 秋山 喜久 殿

総務大臣
片山 虎之助

諮 問 書

下記について諮問する。

記

2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件について

諮問第2001号

2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件

1 諮問理由

2.4GHz帯は、小電力データ通信システム（無線LAN）及び移動体識別といった小電力無線設備等が運用されているほか、電子レンジをはじめとした各種ISM（産業科学医療用）機器に利用されている。

現在、小電力データ通信システムについては、無線インターネットアクセスのニーズの増大に伴い、大容量データ伝送技術等の開発・検討が行われている。また、移動体識別システムについては、耐干渉性に優れた新たな方式を国際的な標準とする検討がなされている。これらの動きを受けて、小電力データ通信システムや移動体識別システムのより高度な利用について、産業界からも大きな期待が寄せられている。

このため、この周波数帯を利用する他の無線システムとの共用条件等も踏まえ、小電力データ通信システム及び移動体識別の無線局の高度化を可能とするための技術的条件について検討を行う必要がある。

2 答申を希望する事項

小電力データ通信システム及び移動体識別の無線局の高度化に必要な技術的条件

3 答申を希望する時期

平成13年9月頃

4 答申が得られたときの行政上の措置

関係省令等の改正に資する。

高速無線 LAN の 2.4GHz 帯への導入について

高速無線 LAN については、2.4GHz 帯への導入も想定され、その場合の技術的な条件は、5GHz 帯高速無線 LAN の技術的条件に近いものになると考えられる。

IEEE802.11n における検討においても、対象周波数帯として 2.4GHz 帯が含まれており、5GHz 帯の規格と同等の規格が検討されている。

以上のことから、本委員会では、高速無線 LAN の 2.4GHz 帯への導入についても調査を行った。

1 国外における 2.4GHz 帯の状況

(1) IEEE802.11n における検討状況

IEEE802.11n における検討状況については、参考資料 1 - 2 に示すとおりである。特に 2.4GHz 帯への 40MHz システムの導入については、使用可能な周波数帯域が 83.5MHz 幅と 5GHz 帯に比較し狭く、各国で 20MHz システムとして主に使用されるチャンネル配置¹が ch1、ch6、ch11 と 25MHz 間隔であることから、既存の 20MHz への干渉について慎重な検討が行われているところである。

図 3-5.1 欧米における 20MHz システムのチャンネル配置

チャンネル番号	中心周波数	日本	米国	欧州
1	2412	◎	◎	◎
2	2417	○	○	○
3	2422	○	○	○
4	2427	○	○	○
5	2432	○	○	○
6	2437	◎	◎	○
7	2442	○	○	◎
8	2447	○	○	○
9	2452	○	○	○
10	2457	○	○	○(仏・ス)
11	2462	◎	◎	○(仏・ス)
12	2467	○	-	○(仏)
13	2472	○	-	◎(仏)
14	2484	◎	-	-

※1 IEEE では、2.4~2.4835GHz のうちの 1~13 までのチャンネルを設定。チャンネルは 5MHz 間隔で設定されているが、実際の運用はオーバーラップしないよう各国において「◎」のように 25MHz 間隔で使用。

※2 14 チャンネル (2.471~2.497GHz) については、日本のみ使用 (スペクトル拡散方式のみ、空中線利得は 2.14dBi)。

※3 フランスは 2.457~2.472GHz の 4 チャンネル、スペインは 2.457~2.462GHz の 2 チャンネルに限定。

¹ $2412+5(n-1)$ [MHz] $n=1\sim 13$ ch

図 3-5. 1 欧米における 2.4GHz 帯 40MHz システムのチャンネル配置

Regulatory domain	N _{control_ch}		Center Frequency (MHz)
	Extension=1	Extension=-1	
United States Canada Europe	1	5	2422
	2	6	2427
	3	7	2432
	4	8	2437
	5	9	2442
	6	10	2447
	7	11	2452

① Draft 1.0 の規定について

本年 3 月に策定された Draft 1.0 においては、制御チャンネルでの CCA (Clear Channel Assessment: プリアンブル検出まで行う方法)が必須とされる一方、拡張チャンネルでの CCA は、Legacy および IEEE802.11n の全ての端末がアソシエーションするメインチャンネルであることから、オプション項目との扱いとされている。

これに対し、Draft 1.0 策定後の 2006 年 3 月及び 6 月の IEEE の TGn 会合では、拡張チャンネルの CCA がオプション扱いであることへの反対意見が多く、現在は、以下のいずれかの方向でコンセンサス形成が進行中である。

- 拡張チャンネルは CCA を義務化（現在の CCA のオプション扱いは変更される可能性が高い）
- 拡張チャンネルは電力検出（Energy Detection）を義務化
- CCA にせよ電力検出にせよ、そのレベルについては未定（以下、現時点における規定案を示す）
 - ・ -62dBm：制御チャンネルにおけるプリアンブルを検出できなかった際の電力検出レベルと同等
 - ・ -72dBm
 - ・ -82dBm：制御チャンネルにおけるプリアンブル検出レベルと同等

② 9 月会合における状況

20MHz/40MHz の共存を扱う ad-hoc グループでの非公式の straw poll では、2.4GHz における 40MHz 使用禁止に対して、賛成・反対・棄権はほぼ同数であった。その後も、一部メンバーから具体的な解決策を提案する動きも見られるが、決着には至っていない。以下、現在提案されている具体的な解決策の例を示す。

【解決策の例】

- ・ 拡張チャンネルまたはその付近に substantial load が無い場合に限り、40MHz 動作を認める。
- ・ Load がある場合には、（例えば）5 分間は 20MHz 動作のみを認める。
- ・ IEEE802.11n 全体の 40MHz 動作での secondary channel（拡張チャンネル）のキャリアセンス方法に関しては、2006 年 9 月会合において複数社による共同提案が審議されたが、まだ有力メンバーの反対や棄権があり、11 月会合に引き続き審議される予定。

(2) WiFi アライアンスにおける状況

IEEE802.11n 規格の無線 LAN に係る WiFi アライアンスの認証業務については、IEEE802.11n 規格の策定を待たず、2007 年前半に、その時点での IEEE における最新のドラフトをベースに開始される予定である。ただし、2.4GHz 帯の 40MHz システムについては、認証業務の対象としないとの情報がある。一方、IEEE802.11 委員会では、こうした WiFi アライアンスの動きに関わりなく、標準化作業は進すむものと思われる。

(3) 米国市場の動向

米国においては、Belkin、Buffalo、Linksys、Netgear 等の無線機器メーカーが IEEE 802.11 TGn Draft 1.0 に基づく 40MHz システム対応機器の販売を開始しているが、こうした実状に対し、既存システム (IEEE802.11b/g) との相互干渉が懸念されている。

2 我が国における 2.4GHz 帯の状況

(1) 2.4GHz 帯を使用する無線システムについて

2.4GHz 帯 (2.4~2.5GHz) は、産業科学医療用 (ISM) の帯域とされており、この周波数帯で運用する無線通信業務は、ISM からの有害な混信を許容することとなっている。

一方で、当該周波数帯は、特定小電力無線局や小電力データ通信システムの無線局が免許不要で運用を行うことができるため、無線 LAN や Bluetooth を始めとする様々な無線システムに使用されているところである。

(2) 2.4GHz 帯無線 LAN に関する規定

当該周波数帯における無線 LAN の技術基準は、以下のとおりになっている。

使用場所： 屋内外

チャンネル間隔： 規定なし

最大空中線電力： 周波数ホッピング方式の場合 3mW/MHz 以下

OFDM-DS 方式の場合 10mW/MHz 以下

それ以外の方式の場合 10mW 以下

最大空中線利得： 12.14dBi

3 本委員会における検討状況

近年は、公衆無線スポットやラストワンマイルにおける加入者系無線アクセス等屋外において無線 LAN を活用する事例が増えてきているが、こういった利用形態においても、ブロードバンドの進展に合わせて、より高速な通信が求められているところである。

2.4GHz 帯は、5GHz 帯に比べ伝播損失が少なく、より通信距離を確保できるといったメリットがあることから、屋外での利用に適しており、前述のニーズを踏まえて、2.4GHz 帯無線 LAN の高速化への要求が高まっているところである。

また、国外においても、IEEE における検討と平行して、2.4GHz 帯の高速化への取り組みが行われているところである。

一方で、2.4GHz 帯は既存の無線 LAN やその他の無線システムが混在しており、限りある周波数帯域を有効に活用するため、可能な限り他のシステムへの影響を低減することが必要である。特に、高速無線 LAN において 40MHz という広い帯域を使用する場合には、既存システムへの広い影響が懸念される。

このため、40MHz システムによる高速化を行う場合には、無線 LAN のチャネル配置が特段規定されていないこと、Bluetooth 等無線 LAN 以外の無線システムも多数存在すること等も勘案し、物理層における電界強度レベルのキャリアセンスを送信帯域全体で行うことが適当であると考えられる。

以上のことから、既存の無線システムへの影響を最小限とした上で、2.4GHz 帯へ高速無線 LAN を導入することは可能であり、その場合の技術的条件は別紙のとおりすることが適当であるとされた。

2.4GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件について

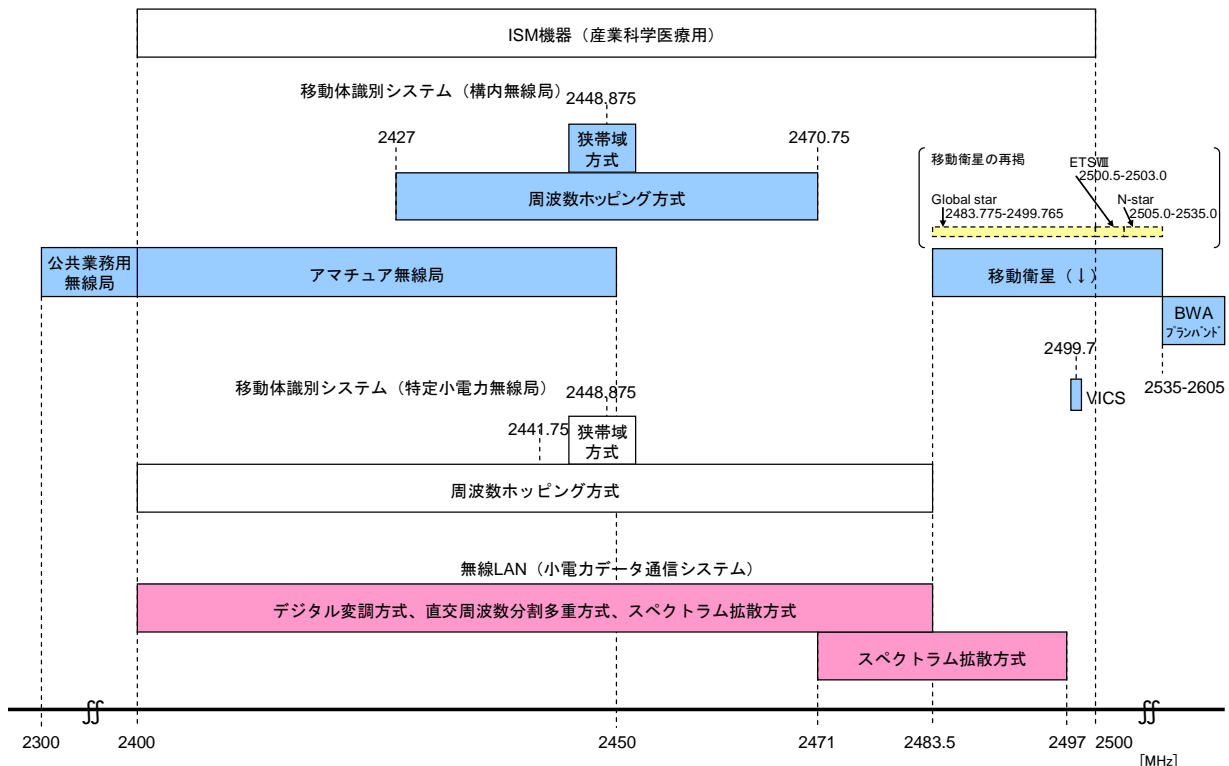
1.1 一般的条件

1.1.1 無線周波数帯

2.4GHz 帯 (2400-2483.5MHz) とすることが適当である。ただし、周波数チャネル配置については、特段規定しないことが適当である。

なお、国内における 2.4GHz 帯の利用状況については、下図のとおりである。

図 3-5.3 2.4GHz 帯の利用状況



1.1.2 情報伝送速度 (周波数利用効率)

5GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.1.3 通信方式

5.2GHz 帯 (5150-5250MHz) を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.1.4 接続方式

5.2GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.1.5 変調方式

5GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.1.6 監視制御機能等のシステム設計上の条件

誤り訂正機能、監視制御機能、システム設計上の条件について、5.2GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

加入者局の制御について、無線機器製造の柔軟性を確保する必要から、特段規定しないことが適当である。

事業者間の共用方策について、40MHz システムについては、送信しようとする帯域全域について、電界強度レベルのキャリアセンスを行うことが適当である。

その他、非通信時のパワーセービング機能、高速化技術について、5GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが望ましい。

1.2 無線設備の技術的条件

1.2.1 送信装置

1.2.1.1 周波数の許容偏差

現行どおり、50ppm 以下とすることが適当である。

1.2.1.2 占有周波数帯幅の許容値

5.2GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.2.1.3 空中線電力（平均電力）

5.2GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.2.1.4 空中線電力（平均電力）の許容偏差

現行どおり、+20%、-80%以下とすることが適当である。

1.2.1.5 送信空中線

(1) 送信空中線利得

現行どおり、12.14dBi 以下とすることが適当である。

(2) 送信空中線の主輻射の角度の幅

現行どおり、送信空中線の水平面及び垂直面の主輻射の角度の幅が、 $360/A$ 度以下（Aは、等価等方輻射電力を絶対利得 2.14dB の送信空中線に平均電力が 10mW の空中線電力を加えたときの値で除したもの(1 を下回るときは 1)。）とすることが適当である。

1.2.1.6 隣接チャネル漏えい電力

現行どおり、特段規定しないことが適当である。

1.2.1.7 帯域外領域における不要発射の強度の許容値

現行どおりとすることが適当である。

1.2.1.8 スプリアス領域における不要発射の強度の許容値

現行どおり、以下のとおりとすることが適当である。

- ① 2387 MHz未満及び 2496.5 MHzを超える周波数をスプリアス領域とし、この領域における不要発射の強度の許容値（変調時において給電線に供給される周波数ごとの不要発射の平均電力により規定される許容値）は、任意の 1 MHzの帯域幅における平均電力が 2.5 μ W/MHz以下とする。
- ② 2387 MHzを超え 2400 MHz以下かつ 2483.5 MHzを超え 2496.5 MHz以下の周波数をスプリアス領域とし、この領域における不要発射の強度の許容値は、任意の 1 MHzの帯域幅における平均電力が 25 μ W/MHz以下とする。

1.2.2 受信装置

5GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.2.3 電気通信回線設備との接続

5GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.2.4 混信防止機能

5GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件に準ずることが適当である。

1.3 電波防護指針

空中線電力及び空中線の絶対利得に変更はないため、これまでと同様である。

なお、5GHz 帯を使用する高速無線 LAN のうち小電力データ通信システムの電波防護指針と同様に、今後においては、人体が電波に均一又は不均一に暴露される場合の空間的電磁界強度の基準値を前提に安全性を考慮することの他、人体頭部における比吸収率を考慮する必要があるものと考えられる。

1.4 測定法

5GHz 帯を使用する高速無線 LAN の技術的条件のうち小電力データ通信システムの技術的条件に準ずる（動的周波数選択機能（DFS）に係る項目を除く。）ことが適当である。

1.5 他の無線システムとの周波数共用条件

他の無線システムとの周波数共用について、空中線電力及び空中線の絶対利得を変更するものではないため、無線局あたりのスペクトル占有率が既存のシステムと等価であって、単位帯域あたりの尖頭電力が 3dB 低減することから、キャリアセンスを具備することにより、他の無線システムに対しては、特段の支障はないものと考えられる。

したがって、40MHz システムについては、送信しようとする帯域全域について、電界強度レベルのキャリアセンスを行うことが適当である。ただし、具体的な手法、キャリアセンスを行う電界強度レベルについては、特段規定しないことが適当である。

This content is from the eCFR and is authoritative but unofficial.

Title 47 - Telecommunication

Chapter I - Federal Communications Commission

Subchapter A - General

Part 15 - Radio Frequency Devices

Authority: 47 U.S.C. 154, 302a, 303, 304, 307, 336, 544a, and 549.

Source: 54 FR 17714, Apr. 25, 1989, unless otherwise noted.

Subpart C Intentional Radiators

- § 15.201 Equipment authorization requirement.
- § 15.202 Certified operating frequency range.
- § 15.203 Antenna requirement.
- § 15.204 External radio frequency power amplifiers and antenna modifications.
- § 15.205 Restricted bands of operation.
- § 15.207 Conducted limits.
- § 15.209 Radiated emission limits; general requirements.
- § 15.211 Tunnel radio systems.
- § 15.212 Modular transmitters.
- § 15.213 Cable locating equipment.
- § 15.214 Cordless telephones.

Radiated Emission Limits, Additional Provisions

- § 15.215 Additional provisions to the general radiated emission limitations.
- § 15.216 *[Reserved]*
- § 15.217 Operation in the band 160-190 kHz.
- § 15.219 Operation in the band 510-1705 kHz.
- § 15.221 Operation in the band 525-1705 kHz.
- § 15.223 Operation in the band 1.705-10 MHz.
- § 15.225 Operation within the band 13.110-14.010 MHz.
- § 15.227 Operation within the band 26.96-27.28 MHz.
- § 15.229 Operation within the band 40.66-40.70 MHz.
- § 15.231 Periodic operation in the band 40.66-40.70 MHz and above 70 MHz.
- § 15.233 Operation within the bands 43.71-44.49 MHz, 46.60-46.98 MHz, 48.75-49.51 MHz and 49.66-50.0 MHz.
- § 15.235 Operation within the band 49.82-49.90 MHz.
- § 15.236 Operation of wireless microphones in the bands 54-72 MHz, 76-88 MHz, 174-216 MHz, 470-608 MHz and 614-698 MHz.
- § 15.237 Operation in the bands 72.0-73.0 MHz, 74.6-74.8 MHz and 75.2-76.0 MHz.
- § 15.239 Operation in the band 88-108 MHz.
- § 15.240 Operation in the band 433.5-434.5 MHz.

- § 15.241 Operation in the band 174-216 MHz.
- § 15.242 Operation in the bands 174-216 MHz and 470-668 MHz.
- § 15.243 Operation in the band 890-940 MHz.
- § 15.245 Operation within the bands 902-928 MHz, 2435-2465 MHz, 5785-5815 MHz, 10500-10550 MHz, and 24075-24175 MHz.
- § 15.247 Operation within the bands 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, and 5725-5850 MHz.
- § 15.249 Operation within the bands 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, 5725-5875 MHz, and 24.0-24.25 GHz.
- § 15.250 Operation of wideband systems within the band 5925-7250 MHz.
- § 15.251 Operation within the bands 2.9-3.26 GHz, 3.267-3.332 GHz, 3.339-3.3458 GHz, and 3.358-3.6 GHz.
- § 15.252 Operation of wideband vehicular radar systems within the band 23.12-29.0 GHz.
- § 15.253 [Reserved]
- § 15.255 Operation within the band 57-71 GHz.
- § 15.256 Operation of level probing radars within the bands 5.925-7.250 GHz, 24.05-29.00 GHz, and 75-85 GHz.
- § 15.257 Operation within the band 92-95 GHz.
- § 15.258 Operation in the bands 116-123 GHz, 174.8-182 GHz, 185-190 GHz and 244-246 GHz.

Subpart C - Intentional Radiators

§ 15.201 Equipment authorization requirement.

- (a) Intentional radiators operated as carrier current systems, devices operated under the provisions of §§ 15.211, 15.213, and 15.221, and devices operating below 490 kHz in which all emissions are at least 40 dB below the limits in § 15.209 are subject to Suppliers Declaration of Conformity pursuant to the procedures in subpart J of part 2 of this chapter prior to marketing.
- (b) Except as otherwise exempted in paragraph (c) of this section and in § 15.23, all intentional radiators operating under the provisions of this part shall be certified by the Telecommunication Certification Bodies pursuant to the procedures in subpart J of part 2 of this chapter prior to marketing.
- (c) For devices such as perimeter protection systems which, in accordance with § 15.31(d), are required to be measured at the installation site, each application for certification must be accompanied by a statement indicating that the system has been tested at three installations and found to comply at each installation. Until such time as certification is granted, a given installation of a system that was measured for the submission for certification will be considered to be in compliance with the provisions of this chapter, including the marketing regulations in subpart I of part 2 of this chapter, if tests at that installation show the system to be in compliance with the relevant technical requirements. Similarly, where measurements must be performed on site for equipment subject to Supplier's Declaration of Conformity, a given installation that has been found compliant with the applicable standards will be considered to be in compliance with the provisions of this chapter, including the marketing regulations in subpart I of part 2 of this chapter.

- (d) For perimeter protection systems operating in the frequency bands allocated to television broadcast stations operating under part 73 of this chapter, the holder of the grant of certification must test each installation prior to initiation of normal operation to verify compliance with the technical standards and must maintain a list of all installations and records of measurements. For perimeter protection systems operating outside of the frequency bands allocated to television broadcast stations, upon receipt of a grant of certification, further testing of the same or similar type of system or installation is not required.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 68 FR 68546, Dec. 9, 2003; 82 FR 50834, Nov. 2, 2017]

§ 15.202 Certified operating frequency range.

Client devices that operate in a master/client network may be certified if they have the capability of operating outside permissible part 15 frequency bands, provided they operate on only permissible part 15 frequencies under the control of the master device with which they communicate. Master devices marketed within the United States must be limited to operation on permissible part 15 frequencies. Client devices that can also act as master devices must meet the requirements of a master device. For the purposes of this section, a master device is defined as a device operating in a mode in which it has the capability to transmit without receiving an enabling signal. In this mode it is able to select a channel and initiate a network by sending enabling signals to other devices. A network always has at least one device operating in master mode. A client device is defined as a device operating in a mode in which the transmissions of the device are under control of the master. A device in client mode is not able to initiate a network.

[70 FR 23040, May 4, 2005]

§ 15.203 Antenna requirement.

An intentional radiator shall be designed to ensure that no antenna other than that furnished by the responsible party shall be used with the device. The use of a permanently attached antenna or of an antenna that uses a unique coupling to the intentional radiator shall be considered sufficient to comply with the provisions of this section. The manufacturer may design the unit so that a broken antenna can be replaced by the user, but the use of a standard antenna jack or electrical connector is prohibited. This requirement does not apply to carrier current devices or to devices operated under the provisions of §§ 15.211, 15.213, 15.217, 15.219, 15.221, or § 15.236. Further, this requirement does not apply to intentional radiators that must be professionally installed, such as perimeter protection systems and some field disturbance sensors, or to other intentional radiators which, in accordance with § 15.31(d), must be measured at the installation site. However, the installer shall be responsible for ensuring that the proper antenna is employed so that the limits in this part are not exceeded.

[82 FR 41559, Sept. 1, 2017]

§ 15.204 External radio frequency power amplifiers and antenna modifications.

- (a) Except as otherwise described in paragraphs (b) and (d) of this section, no person shall use, manufacture, sell or lease, offer for sale or lease (including advertising for sale or lease), or import, ship, or distribute for the purpose of selling or leasing, any external radio frequency power amplifier or amplifier kit intended for use with a part 15 intentional radiator.

- (b) A transmission system consisting of an intentional radiator, an external radio frequency power amplifier, and an antenna, may be authorized, marketed and used under this part. Except as described otherwise in this section, when a transmission system is authorized as a system, it must always be marketed as a complete system and must always be used in the configuration in which it was authorized.
- (c) An intentional radiator may be operated only with the antenna with which it is authorized. If an antenna is marketed with the intentional radiator, it shall be of a type which is authorized with the intentional radiator. An intentional radiator may be authorized with multiple antenna types. Exceptions to the following provisions, if any, are noted in the rule section under which the transmitter operates, e.g., § 15.255(b)(1)(ii) of this part.
 - (1) The antenna type, as used in this paragraph, refers to antennas that have similar in-band and out-of-band radiation patterns.
 - (2) Compliance testing shall be performed using the highest gain antenna for each type of antenna to be certified with the intentional radiator. During this testing, the intentional radiator shall be operated at its maximum available output power level.
 - (3) Manufacturers shall supply a list of acceptable antenna types with the application for equipment authorization of the intentional radiator.
 - (4) Any antenna that is of the same type and of equal or less directional gain as an antenna that is authorized with the intentional radiator may be marketed with, and used with, that intentional radiator. No retesting of this system configuration is required. The marketing or use of a system configuration that employs an antenna of a different type, or that operates at a higher gain, than the antenna authorized with the intentional radiator is not permitted unless the procedures specified in § 2.1043 of this chapter are followed.
- (d) Except as described in this paragraph, an external radio frequency power amplifier or amplifier kit shall be marketed only with the system configuration with which it was approved and not as a separate product.
 - (1) An external radio frequency power amplifier may be marketed for individual sale provided it is intended for use in conjunction with a transmitter that operates in the 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, and 5725-5850 MHz bands pursuant to § 15.247 of this part or a transmitter that operates in the 5.725-5.825 GHz band pursuant to § 15.407 of this part. The amplifier must be of a design such that it can only be connected as part of a system in which it has been previously authorized. (The use of a non-standard connector or a form of electronic system identification is acceptable.) The output power of such an amplifier must not exceed the maximum permitted output power of its associated transmitter.
 - (2) The outside packaging and user manual for external radio frequency power amplifiers sold in accordance with paragraph (d)(1) of this section must include notification that the amplifier can be used only in a system which it has obtained authorization. Such a notice must identify the authorized system by FCC Identifier.

[69 FR 54034, Sept. 7, 2004, as amended at 78 FR 59850, Sept. 30, 2013]

§ 15.205 Restricted bands of operation.

- (a) Except as shown in paragraph (d) of this section, only spurious emissions are permitted in any of the frequency bands listed below:

MHz	MHz	MHz	GHz
0.090-0.110	16.42-16.423	399.9-410	4.5-5.15
¹ 0.495-0.505	16.69475-16.69525	608-614	5.35-5.46
2.1735-2.1905	16.80425-16.80475	960-1240	7.25-7.75
4.125-4.128	25.5-25.67	1300-1427	8.025-8.5
4.17725-4.17775	37.5-38.25	1435-1626.5	9.0-9.2
4.20725-4.20775	73-74.6	1645.5-1646.5	9.3-9.5
6.215-6.218	74.8-75.2	1660-1710	10.6-12.7
6.26775-6.26825	108-121.94	1718.8-1722.2	13.25-13.4
6.31175-6.31225	123-138	2200-2300	14.47-14.5
8.291-8.294	149.9-150.05	2310-2390	15.35-16.2
8.362-8.366	156.52475-156.52525	2483.5-2500	17.7-21.4
8.37625-8.38675	156.7-156.9	2690-2900	22.01-23.12
8.41425-8.41475	162.0125-167.17	3260-3267	23.6-24.0
12.29-12.293	167.72-173.2	3332-3339	31.2-31.8
12.51975-12.52025	240-285	3345.8-3358	36.43-36.5
12.57675-12.57725	322-335.4	3600-4400	(²)
13.36-13.41			

¹ Until February 1, 1999, this restricted band shall be 0.490-0.510 MHz.

² Above 38.6

- (b) Except as provided in paragraphs (d) and (e) of this section, the field strength of emissions appearing within these frequency bands shall not exceed the limits shown in § 15.209. At frequencies equal to or less than 1000 MHz, compliance with the limits in § 15.209 shall be demonstrated using measurement instrumentation employing a CISPR quasi-peak detector. Above 1000 MHz, compliance with the emission limits in § 15.209 shall be demonstrated based on the average value of the measured emissions. The provisions in § 15.35 apply to these measurements.
- (c) Except as provided in paragraphs (d) and (e) of this section, regardless of the field strength limits specified elsewhere in this subpart, the provisions of this section apply to emissions from any intentional radiator.
- (d) The following devices are exempt from the requirements of this section:
- (1) Swept frequency field disturbance sensors operating between 1.705 and 37 MHz provided their emissions only sweep through the bands listed in paragraph (a) of this section, the sweep is never stopped with the fundamental emission within the bands listed in paragraph (a) of this section, and the fundamental emission is outside of the bands listed in paragraph (a) of this section more than 99% of the time the device is actively transmitting, without compensation for duty cycle.

- (2) Transmitters used to detect buried electronic markers at 101.4 kHz which are employed by telephone companies.
 - (3) Cable locating equipment operated pursuant to § 15.213.
 - (4) Any equipment operated under the provisions of §§ 15.255 and 15.256 in the frequency band 75-85 GHz, § 15.257 in the 92-95 GHz band or § 15.258.
 - (5) Biomedical telemetry devices operating under the provisions of § 15.242 of this part are not subject to the restricted band 608-614 MHz but are subject to compliance within the other restricted bands.
 - (6) Transmitters operating under the provisions of subparts D or F of this part.
 - (7) Devices operated pursuant to § 15.225 are exempt from complying with this section for the 13.36-13.41 MHz band only.
 - (8) Devices operated in the 24.075-24.175 GHz band under § 15.245 are exempt from complying with the requirements of this section for the 48.15-48.35 GHz and 72.225-72.525 GHz bands only, and shall not exceed the limits specified in § 15.245(b).
 - (9) Devices operated in the 24.0-24.25 GHz band under § 15.249 are exempt from complying with the requirements of this section for the 48.0-48.5 GHz and 72.0-72.75 GHz bands only, and shall not exceed the limits specified in § 15.249(a).
 - (10) White space devices operating under subpart H of this part are exempt from complying with the requirements of this section for the 608-614 MHz band.
- (e) Harmonic emissions appearing in the restricted bands above 17.7 GHz from field disturbance sensors operating under the provisions of § 15.245 shall not exceed the limits specified in § 15.245(b).

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 55 FR 46791, Nov. 7, 1990; 56 FR 6288, Feb. 15, 1991; 57 FR 13048, Apr. 15, 1992; 58 FR 33774, June 21, 1993; 60 FR 28068, May 30, 1995; 61 FR 14503, Apr. 2, 1996; 62 FR 4655, Jan. 31, 1997; 62 FR 58658, Oct. 30, 1997; 67 FR 34855, May 16, 2002; 68 FR 68546, Dec. 9, 2003; 69 FR 3265, Jan. 23, 2004; 69 FR 72031, Dec. 10, 2004; 79 FR 12678, Mar. 6, 2014; 80 FR 73069, Nov. 23, 2015; 84 FR 25691, June 4, 2019]

§ 15.207 Conducted limits.

- (a) Except as shown in paragraphs (b) and (c) of this section, for an intentional radiator that is designed to be connected to the public utility (AC) power line, the radio frequency voltage that is conducted back onto the AC power line on any frequency or frequencies, within the band 150 kHz to 30 MHz, shall not exceed the limits in the following table, as measured using a 50 µH/50 ohms line impedance stabilization network (LISN). Compliance with the provisions of this paragraph shall be based on the measurement of the radio frequency voltage between each power line and ground at the power terminal. The lower limit applies at the boundary between the frequency ranges.

Frequency of emission (MHz)	Conducted limit (dBµV)	
	Quasi-peak	Average
0.15-0.5	66 to 56*	56 to 46*
0.5-5	56	46
5-30	60	50

*Decreases with the logarithm of the frequency.

- (b) The limit shown in paragraph (a) of this section shall not apply to carrier current systems operating as intentional radiators on frequencies below 30 MHz. In lieu thereof, these carrier current systems shall be subject to the following standards:
 - (1) For carrier current system containing their fundamental emission within the frequency band 535-1705 kHz and intended to be received using a standard AM broadcast receiver: no limit on conducted emissions.
 - (2) For all other carrier current systems: 1000 μ V within the frequency band 535-1705 kHz, as measured using a 50 μ H/50 ohms LISN.
 - (3) Carrier current systems operating below 30 MHz are also subject to the radiated emission limits in § 15.205, § 15.209, § 15.221, § 15.223, or § 15.227, as appropriate.
- (c) Measurements to demonstrate compliance with the conducted limits are not required for devices which only employ battery power for operation and which do not operate from the AC power lines or contain provisions for operation while connected to the AC power lines. Devices that include, or make provisions for, the use of battery chargers which permit operating while charging, AC adapters or battery eliminators or that connect to the AC power lines indirectly, obtaining their power through another device which is connected to the AC power lines, shall be tested to demonstrate compliance with the conducted limits.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 56 FR 373, Jan. 4, 1991; 57 FR 33448, July 29, 1992; 58 FR 51249, Oct. 1, 1993; 67 FR 45671, July 10, 2002]

§ 15.209 Radiated emission limits; general requirements.

- (a) Except as provided elsewhere in this subpart, the emissions from an intentional radiator shall not exceed the field strength levels specified in the following table:

Frequency (MHz)	Field strength (microvolts/meter)	Measurement distance (meters)
0.009-0.490	2400/F(kHz)	300
0.490-1.705	24000/F(kHz)	30
1.705-30.0	30	30
30-88	100 **	3
88-216	150 **	3
216-960	200 **	3
Above 960	500	3

** Except as provided in paragraph (g), fundamental emissions from intentional radiators operating under this section shall not be located in the frequency bands 54-72 MHz, 76-88 MHz, 174-216 MHz or 470-806 MHz. However, operation within these frequency bands is permitted under other sections of this part, e.g., §§ 15.231 and 15.241.

- (b) In the emission table above, the tighter limit applies at the band edges.
- (c) The level of any unwanted emissions from an intentional radiator operating under these general provisions shall not exceed the level of the fundamental emission. For intentional radiators which operate under the provisions of other sections within this part and which are required to reduce their unwanted emissions to

the limits specified in this table, the limits in this table are based on the frequency of the unwanted emission and not the fundamental frequency. However, the level of any unwanted emissions shall not exceed the level of the fundamental frequency.

- (d) The emission limits shown in the above table are based on measurements employing a CISPR quasi-peak detector except for the frequency bands 9-90 kHz, 110-490 kHz and above 1000 MHz. Radiated emission limits in these three bands are based on measurements employing an average detector.
- (e) The provisions in §§ 15.31, 15.33, and 15.35 for measuring emissions at distances other than the distances specified in the above table, determining the frequency range over which radiated emissions are to be measured, and limiting peak emissions apply to all devices operated under this part.
- (f) In accordance with § 15.33(a), in some cases the emissions from an intentional radiator must be measured to beyond the tenth harmonic of the highest fundamental frequency designed to be emitted by the intentional radiator because of the incorporation of a digital device. If measurements above the tenth harmonic are so required, the radiated emissions above the tenth harmonic shall comply with the general radiated emission limits applicable to the incorporated digital device, as shown in § 15.109 and as based on the frequency of the emission being measured, or, except for emissions contained in the restricted frequency bands shown in § 15.205, the limit on spurious emissions specified for the intentional radiator, whichever is the higher limit. Emissions which must be measured above the tenth harmonic of the highest fundamental frequency designed to be emitted by the intentional radiator and which fall within the restricted bands shall comply with the general radiated emission limits in § 15.109 that are applicable to the incorporated digital device.
- (g) Perimeter protection systems may operate in the 54-72 MHz and 76-88 MHz bands under the provisions of this section. The use of such perimeter protection systems is limited to industrial, business and commercial applications.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989; 54 FR 32339, Aug. 7, 1989; 55 FR 18340, May 2, 1990; 62 FR 58658, Oct. 30, 1997]

§ 15.211 Tunnel radio systems.

An intentional radiator utilized as part of a tunnel radio system may operate on any frequency provided it meets all of the following conditions:

- (a) Operation of a tunnel radio system (intentional radiator and all connecting wires) shall be contained solely within a tunnel, mine or other structure that provides attenuation to the radiated signal due to the presence of naturally surrounding earth and/or water.
- (b) Any intentional or unintentional radiator external to the tunnel, mine or other structure, as described in paragraph (a) of this section, shall be subject to the other applicable regulations contained within this part.
- (c) The total electromagnetic field from a tunnel radio system on any frequency or frequencies appearing outside of the tunnel, mine or other structure described in paragraph (a) of this section, shall not exceed the limits shown in § 15.209 when measured at the specified distance from the surrounding structure, including openings. Particular attention shall be paid to the emissions from any opening in the structure to the outside environment. When measurements are made from the openings, the distances shown in § 15.209 refer to the distance from the plane of reference which fits the entire perimeter of each above ground opening.

- (d) The conducted limits in § 15.207 apply to the radiofrequency voltage on the public utility power lines outside of the tunnel.

§ 15.212 Modular transmitters.

- (a) Single modular transmitters consist of a completely self-contained radiofrequency transmitter device that is typically incorporated into another product, host or device. Split modular transmitters consist of two components: a radio front end with antenna (or radio devices) and a transmitter control element (or specific hardware on which the software that controls the radio operation resides). All single or split modular transmitters are approved with an antenna. All of the following requirements apply, except as provided in paragraph (b) of this section.

- (1) Single modular transmitters must meet the following requirements to obtain a modular transmitter approval.
 - (i) The radio elements of the modular transmitter must have their own shielding. The physical crystal and tuning capacitors may be located external to the shielded radio elements.
 - (ii) The modular transmitter must have buffered modulation/data inputs (if such inputs are provided) to ensure that the module will comply with part 15 requirements under conditions of excessive data rates or over-modulation.
 - (iii) The modular transmitter must have its own power supply regulation.
 - (iv) The modular transmitter must comply with the antenna and transmission system requirements of §§ 15.203, 15.204(b) and 15.204(c). The antenna must either be permanently attached or employ a “unique” antenna coupler (at all connections between the module and the antenna, including the cable). The “professional installation” provision of § 15.203 is not applicable to modules but can apply to limited modular approvals under paragraph (b) of this section.
 - (v) The modular transmitter must be tested in a stand-alone configuration, *i.e.*, the module must not be inside another device during testing for compliance with part 15 requirements. Unless the transmitter module will be battery powered, it must comply with the AC line conducted requirements found in § 15.207. AC or DC power lines and data input/output lines connected to the module must not contain ferrites, unless they will be marketed with the module (see § 15.27(a)). The length of these lines shall be the length typical of actual use or, if that length is unknown, at least 10 centimeters to insure that there is no coupling between the case of the module and supporting equipment. Any accessories, peripherals, or support equipment connected to the module during testing shall be unmodified and commercially available (see § 15.31(i)).
 - (vi) The modular transmitter must be equipped with either a permanently affixed label or must be capable of electronically displaying its FCC identification number.
 - (A) If using a permanently affixed label, the modular transmitter must be labeled with its own FCC identification number, and, if the FCC identification number is not visible when the module is installed inside another device, then the outside of the device into which the module is installed must also display a label referring to the enclosed module. This exterior label can use wording such as the following: “Contains Transmitter Module FCC ID: XYZMODEL1” or “Contains FCC ID: XYZMODEL1.” Any similar wording that expresses the same meaning may be used. The Grantee may either provide such a label, an example of which must be included in the application for equipment authorization, or, must provide

adequate instructions along with the module which explain this requirement. In the latter case, a copy of these instructions must be included in the application for equipment authorization.

- (B) If the modular transmitter uses an electronic display of the FCC identification number, the information must be readily accessible and visible on the modular transmitter or on the device in which it is installed. If the module is installed inside another device, then the outside of the device into which the module is installed must display a label referring to the enclosed module. This exterior label can use wording such as the following: "Contains FCC certified transmitter module(s)." Any similar wording that expresses the same meaning may be used. The user manual must include instructions on how to access the electronic display. A copy of these instructions must be included in the application for equipment authorization.
- (vii) The modular transmitter must comply with any specific rules or operating requirements that ordinarily apply to a complete transmitter and the manufacturer must provide adequate instructions along with the module to explain any such requirements. A copy of these instructions must be included in the application for equipment authorization.
- (viii) Radio frequency devices operating under the provisions of this part are subject to the radio frequency radiation exposure requirements specified in §§ 1.1307(b), 1.1310, 2.1091, and 2.1093 of this chapter, as appropriate. Applications for equipment authorization of modular transmitters under this section must contain a statement confirming compliance with these requirements. The modular transmitter must comply with any applicable RF exposure requirements in its final configuration. Technical information showing the basis for this statement must be submitted to the Commission upon request.
- (2) Split modular transmitters must meet the requirements in paragraph (a)(1) of this section, excluding paragraphs (a)(1)(i) and (a)(1)(v), and the following additional requirements to obtain a modular transmitter approval.
 - (i) Only the radio front end must be shielded. The physical crystal and tuning capacitors may be located external to the shielded radio elements. The interface between the split sections of the modular system must be digital with a minimum signaling amplitude of 150 mV peak-to-peak.
 - (ii) Control information and other data may be exchanged between the transmitter control elements and radio front end.
 - (iii) The sections of a split modular transmitter must be tested installed in a host device(s) similar to that which is representative of the platform(s) intended for use.
 - (iv) Manufacturers must ensure that only transmitter control elements and radio front end components that have been approved together are capable of operating together. The transmitter module must not operate unless it has verified that the installed transmitter control elements and radio front end have been authorized together. Manufacturers may use means including, but not limited to, coding in hardware and electronic signatures in software to meet these requirements, and must describe the methods in their application for equipment authorization.
- (b) A limited modular approval may be granted for single or split modular transmitters that do not comply with all of the above requirements, e.g., shielding, minimum signaling amplitude, buffered modulation/data inputs, or power supply regulation, if the manufacturer can demonstrate by alternative means in the

application for equipment authorization that the modular transmitter meets all the applicable part 15 requirements under the operating conditions in which the transmitter will be used. Limited modular approval also may be granted in those instances where compliance with RF exposure rules is demonstrated only for particular product configurations. The applicant for certification must state how control of the end product into which the module will be installed will be maintained such that full compliance of the end product is always ensured.

[72 FR 28893, May 23, 2007, as amended at 85 FR 18149, Apr. 1, 2020]

§ 15.213 Cable locating equipment.

An intentional radiator used as cable locating equipment, as defined in § 15.3(d), may be operated on any frequency within the band 9-490 kHz, subject to the following limits: Within the frequency band 9 kHz, up to, but not including, 45 kHz, the peak output power from the cable locating equipment shall not exceed 10 watts; and, within the frequency band 45 kHz to 490 kHz, the peak output power from the cable locating equipment shall not exceed one watt. If provisions are made for connection of the cable locating equipment to the AC power lines, the conducted limits in § 15.207 also apply to this equipment.

§ 15.214 Cordless telephones.

- (a) For equipment authorization, a single application form, FCC Form 731, may be filed for a cordless telephone system, provided the application clearly identifies and provides data for all parts of the system to show compliance with the applicable technical requirements. When a single application form is submitted, both the base station and the portable handset must carry the same FCC identifier. The application shall include a fee for certification of each type of transmitter and for certification, if appropriate, for each type of receiver included in the system.
- (b) A cordless telephone that is intended to be connected to the public switched telephone network shall also comply with the applicable regulations in part 68 of this chapter. A separate procedure for approval under part 68 is required for such terminal equipment.
- (c) The label required under subpart A of this part shall also contain the following statement: "Privacy of communications may not be ensured when using this phone."
- (d) Cordless telephones shall incorporate circuitry which makes use of a digital security code to provide protection against unintentional access to the public switched telephone network by the base unit and unintentional ringing by the handset. These functions shall operate such that each access of the telephone network or ringing of the handset is preceded by the transmission of a code word. Access to the telephone network shall occur only if the code transmitted by the handset matches code set in the base unit. Similarly, ringing of the handset shall occur only if the code transmitted by the base unit matches the code set in the handset. The security code required by this section may also be employed to perform other communications functions, such as providing telephone billing information. This security code system is to operate in accordance with the following provisions.
 - (1) There must be provision for at least 256 possible discrete digital codes. Factory-set codes must be continuously varied over at least 256 possible codes as each telephone is manufactured. The codes may be varied either randomly, sequentially, or using another systematic procedure.
 - (2) Manufacturers must use one of the following approaches for facilitating variation in the geographic distribution of individual security codes:

- (i) Provide a means for the user to readily select from among at least 256 possible discrete digital codes. The cordless telephone shall be either in a non-operable mode after manufacture until the user selects a security code or the manufacturer must continuously vary the initial security code as each telephone is produced.
 - (ii) Provide a fixed code that is continuously varied among at least 256 discrete digital codes as each telephone is manufactured.
 - (iii) Provide a means for the cordless telephone to automatically select a different code from among at least 256 possible discrete digital codes each time it is activated.
 - (iv) It is permissible to provide combinations of fixed, automatic, and user-selectable coding provided the above criteria are met.
- (3) A statement of the means and procedures used to achieve the required protection shall be provided in any application for equipment authorization of a cordless telephone.

[56 FR 3785, Jan. 31, 1991, as amended at 63 FR 36603, July 7, 1998; 66 FR 7580, Jan. 24, 2001]

RADIATED EMISSION LIMITS, ADDITIONAL PROVISIONS

§ 15.215 Additional provisions to the general radiated emission limitations.

- (a) The regulations in §§ 15.217 through 15.257 provide alternatives to the general radiated emission limits for intentional radiators operating in specified frequency bands. Unless otherwise stated, there are no restrictions as to the types of operation permitted under these sections.
- (b) In most cases, unwanted emissions outside of the frequency bands shown in these alternative provisions must be attenuated to the emission limits shown in § 15.209. In no case shall the level of the unwanted emissions from an intentional radiator operating under these additional provisions exceed the field strength of the fundamental emission.
- (c) Intentional radiators operating under the alternative provisions to the general emission limits, as contained in §§ 15.217 through 15.257 and in subpart E of this part, must be designed to ensure that the 20 dB bandwidth of the emission, or whatever bandwidth may otherwise be specified in the specific rule section under which the equipment operates, is contained within the frequency band designated in the rule section under which the equipment is operated. In the case of intentional radiators operating under the provisions of subpart E, the emission bandwidth may span across multiple contiguous frequency bands identified in that subpart. The requirement to contain the designated bandwidth of the emission within the specified frequency band includes the effects from frequency sweeping, frequency hopping and other modulation techniques that may be employed as well as the frequency stability of the transmitter over expected variations in temperature and supply voltage. If a frequency stability is not specified in the regulations, it is recommended that the fundamental emission be kept within at least the central 80% of the permitted band in order to minimize the possibility of out-of-band operation.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 62 FR 45333, Aug. 27, 1997; 67 FR 34855, May 16, 2002; 69 FR 3265, Jan. 23, 2004; 70 FR 6774, Feb. 9, 2005; 79 FR 24578, May 1, 2014]

§ 15.216 [Reserved]

§ 15.217 Operation in the band 160-190 kHz.

- (a) The total input power to the final radio frequency stage (exclusive of filament or heater power) shall not exceed one watt.
- (b) The total length of the transmission line, antenna, and ground lead (if used) shall not exceed 15 meters.
- (c) All emissions below 160 kHz or above 190 kHz shall be attenuated at least 20 dB below the level of the unmodulated carrier. Determination of compliance with the 20 dB attenuation specification may be based on measurements at the intentional radiator's antenna output terminal unless the intentional radiator uses a permanently attached antenna, in which case compliance shall be demonstrated by measuring the radiated emissions.

§ 15.219 Operation in the band 510-1705 kHz.

- (a) The total input power to the final radio frequency stage (exclusive of filament or heater power) shall not exceed 100 milliwatts.
- (b) The total length of the transmission line, antenna and ground lead (if used) shall not exceed 3 meters.
- (c) All emissions below 510 kHz or above 1705 kHz shall be attenuated at least 20 dB below the level of the unmodulated carrier. Determination of compliance with the 20 dB attenuation specification may be based on measurements at the intentional radiator's antenna output terminal unless the intentional radiator uses a permanently attached antenna, in which case compliance shall be demonstrated by measuring the radiated emissions.

§ 15.221 Operation in the band 525-1705 kHz.

- (a) Carrier current systems and transmitters employing a leaky coaxial cable as the radiating antenna may operate in the band 525-1705 kHz provided the field strength levels of the radiated emissions do not exceed 15 uV/m, as measured at a distance of $47,715 / (\text{frequency in kHz})$ meters (equivalent to $\lambda / 2\pi$) from the electric power line or the coaxial cable, respectively. The field strength levels of emissions outside this band shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209.
- (b) As an alternative to the provisions in paragraph (a) of this section, intentional radiators used for the operation of an AM broadcast station on a college or university campus or on the campus of any other education institution may comply with the following:
 - (1) On the campus, the field strength of emissions appearing outside of this frequency band shall not exceed the general radiated emission limits shown in § 15.209 as measured from the radiating source. There is no limit on the field strength of emissions appearing within this frequency band, except that the provisions of § 15.5 continue to comply.
 - (2) At the perimeter of the campus, the field strength of any emissions, including those within the frequency band 525-1705 kHz, shall not exceed the general radiated emission in § 15.209.
 - (3) The conducted limits specified in § 15.207 apply to the radio frequency voltage on the public utility power lines outside of the campus. Due to the large number of radio frequency devices which may be used on the campus, contributing to the conducted emissions, as an alternative to measuring conducted emissions outside of the campus, it is acceptable to demonstrate compliance with this provision by measuring each individual intentional radiator employed in the system at the point where it connects to the AC power lines.

- (c) A grant of equipment authorization is not required for intentional radiators operated under the provisions of this section. In lieu thereof, the intentional radiator shall be verified for compliance with the regulations in accordance with subpart J of part 2 of this chapter. This data shall be kept on file at the location of the studio, office or control room associated with the transmitting equipment. In some cases, this may correspond to the location of the transmitting equipment.
- (d) For the band 535-1705 kHz, the frequency of operation shall be chosen such that operation is not within the protected field strength contours of licensed AM stations.

[56 FR 373, Jan. 4, 1991]

§ 15.223 Operation in the band 1.705-10 MHz.

- (a) The field strength of any emission within the band 1.705-10.0 MHz shall not exceed 100 microvolts/meter at a distance of 30 meters. However, if the bandwidth of the emission is less than 10% of the center frequency, the field strength shall not exceed 15 microvolts/meter or (the bandwidth of the device in kHz) divided by (the center frequency of the device in MHz) microvolts/meter at a distance of 30 meters, whichever is the higher level. For the purposes of this section, bandwidth is determined at the points 6 dB down from the modulated carrier. The emission limits in this paragraph are based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35(b) for limiting peak emissions apply.
- (b) The field strength of emissions outside of the band 1.705-10.0 MHz shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209.

§ 15.225 Operation within the band 13.110-14.010 MHz.

- (a) The field strength of any emissions within the band 13.553-13.567 MHz shall not exceed 15,848 microvolts/meter at 30 meters.
- (b) Within the bands 13.410-13.553 MHz and 13.567-13.710 MHz, the field strength of any emissions shall not exceed 334 microvolts/meter at 30 meters.
- (c) Within the bands 13.110-13.410 MHz and 13.710-14.010 MHz the field strength of any emissions shall not exceed 106 microvolts/meter at 30 meters.
- (d) The field strength of any emissions appearing outside of the 13.110-14.010 MHz band shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209.
- (e) The frequency tolerance of the carrier signal shall be maintained within $\pm 0.01\%$ of the operating frequency over a temperature variation of -20 degrees to $+ 50$ degrees C at normal supply voltage, and for a variation in the primary supply voltage from 85% to 115% of the rated supply voltage at a temperature of 20 degrees C. For battery operated equipment, the equipment tests shall be performed using a new battery.
- (f) In the case of radio frequency powered tags designed to operate with a device authorized under this section, the tag may be approved with the device or be considered as a separate device subject to its own authorization. Powered tags approved with a device under a single application shall be labeled with the same identification number as the device.

[68 FR 68546, Dec. 9, 2003]

§ 15.227 Operation within the band 26.96-27.28 MHz.

- (a) The field strength of any emission within this band shall not exceed 10,000 microvolts/meter at 3 meters. The emission limit in this paragraph is based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.
- (b) The field strength of any emissions which appear outside of this band shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209.

§ 15.229 Operation within the band 40.66-40.70 MHz.

- (a) Unless operating pursuant to the provisions in § 15.231, the field strength of any emissions within this band shall not exceed 1,000 microvolts/meter at 3 meters.
- (b) As an alternative to the limit in paragraph (a) of this section, perimeter protection systems may demonstrate compliance with the following: the field strength of any emissions within this band shall not exceed 500 microvolts/meter at 3 meters, as determined using measurement instrumentations employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply where compliance of these devices is demonstrated under this alternative emission limit.
- (c) The field strength of any emissions appearing outside of this band shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209.
- (d) The frequency tolerance of the carrier signal shall be maintained within $\pm 0.01\%$ of the operating frequency over a temperature variation of -20 degrees to $+ 50$ degrees C at normal supply voltage, and for a variation in the primary supply voltage from 85% to 115% of the rated supply voltage at a temperature of 20 degrees C. For battery operated equipment, the equipment tests shall be performed using a new battery.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 55 FR 33910, Aug. 20, 1990]

§ 15.231 Periodic operation in the band 40.66-40.70 MHz and above 70 MHz.

- (a) The provisions of this section are restricted to periodic operation within the band 40.66-40.70 MHz and above 70 MHz. Except as shown in paragraph (e) of this section, the intentional radiator is restricted to the transmission of a control signal such as those used with alarm systems, door openers, remote switches, etc. Continuous transmissions, voice, video and the radio control of toys are not permitted. Data is permitted to be sent with a control signal. The following conditions shall be met to comply with the provisions for this periodic operation:
 - (1) A manually operated transmitter shall employ a switch that will automatically deactivate the transmitter within not more than 5 seconds of being released.
 - (2) A transmitter activated automatically shall cease transmission within 5 seconds after activation.
 - (3) Periodic transmissions at regular predetermined intervals are not permitted. However, polling or supervision transmissions, including data, to determine system integrity of transmitters used in security or safety applications are allowed if the total duration of transmissions does not exceed more than two seconds per hour for each transmitter. There is no limit on the number of individual transmissions, provided the total transmission time does not exceed two seconds per hour.

- (4) Intentional radiators which are employed for radio control purposes during emergencies involving fire, security, and safety of life, when activated to signal an alarm, may operate during the pendency of the alarm condition
 - (5) Transmission of set-up information for security systems may exceed the transmission duration limits in paragraphs (a)(1) and (a)(2) of this section, provided such transmissions are under the control of a professional installer and do not exceed ten seconds after a manually operated switch is released or a transmitter is activated automatically. Such set-up information may include data.
- (b) In addition to the provisions of § 15.205, the field strength of emissions from intentional radiators operated under this section shall not exceed the following:

Fundamental frequency (MHz)	Field strength of fundamental (microvolts/meter)	Field strength of spurious emissions (microvolts/meter)
40.66-40.70	2,250	225
70-130	1,250	125
130-174	¹ 1,250 to 3,750	¹ 125 to 375
174-260	3,750	375
260-470	¹ 3,750 to 12,500	¹ 375 to 1,250
Above 470	12,500	1,250

¹ Linear interpolations.

- (1) The above field strength limits are specified at a distance of 3 meters. The tighter limits apply at the band edges.
 - (2) Intentional radiators operating under the provisions of this section shall demonstrate compliance with the limits on the field strength of emissions, as shown in the above table, based on the average value of the measured emissions. As an alternative, compliance with the limits in the above table may be based on the use of measurement instrumentation with a CISPR quasi-peak detector. The specific method of measurement employed shall be specified in the application for equipment authorization. If average emission measurements are employed, the provisions in § 15.35 for averaging pulsed emissions and for limiting peak emissions apply. Further, compliance with the provisions of § 15.205 shall be demonstrated using the measurement instrumentation specified in that section.
 - (3) The limits on the field strength of the spurious emissions in the above table are based on the fundamental frequency of the intentional radiator. Spurious emissions shall be attenuated to the average (or, alternatively, CISPR quasi-peak) limits shown in this table or to the general limits shown in § 15.209, whichever limit permits a higher field strength.
- (c) The bandwidth of the emission shall be no wider than 0.25% of the center frequency for devices operating above 70 MHz and below 900 MHz. For devices operating above 900 MHz, the emission shall be no wider than 0.5% of the center frequency. Bandwidth is determined at the points 20 dB down from the modulated carrier.
- (d) For devices operating within the frequency band 40.66-40.70 MHz, the bandwidth of the emission shall be confined within the band edges and the frequency tolerance of the carrier shall be ±0.01%. This frequency tolerance shall be maintained for a temperature variation of -20 degrees to + 50 degrees C at normal

supply voltage, and for a variation in the primary supply voltage from 85% to 115% of the rated supply voltage at a temperature of 20 degrees C. For battery operated equipment, the equipment tests shall be performed using a new battery.

- (e) Intentional radiators may operate at a periodic rate exceeding that specified in paragraph (a) of this section and may be employed for any type of operation, including operation prohibited in paragraph (a) of this section, provided the intentional radiator complies with the provisions of paragraphs (b) through (d) of this section, except the field strength table in paragraph (b) of this section is replaced by the following:

Fundamental frequency (MHz)	Field strength of fundamental (microvolts/meter)	Field strength of spurious emission (microvolts/meter)
40.66-40.70	1,000	100
70-130	500	50
130-174	500 to 1,500 ¹	50 to 150 ¹
174-260	1,500	150
260-470	1,500 to 5,000 ¹	150 to 500 ¹
Above 470	5,000	500

¹ Linear interpolations.

In addition, devices operated under the provisions of this paragraph shall be provided with a means for automatically limiting operation so that the duration of each transmission shall not be greater than one second and the silent period between transmissions shall be at least 30 times the duration of the transmission but in no case less than 10 seconds.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989; 54 FR 32340, Aug. 7, 1989, as amended at 68 FR 68546, Dec. 9, 2003; 69 FR 71383, Dec. 9, 2004]

§ 15.233 Operation within the bands 43.71-44.49 MHz, 46.60-46.98 MHz, 48.75-49.51 MHz and 49.66-50.0 MHz.

- (a) The provisions shown in this section are restricted to cordless telephones.
- (b) An intentional radiator used as part of a cordless telephone system shall operate centered on one or more of the following frequency pairs, subject to the following conditions:
 - (1) Frequencies shall be paired as shown below, except that channel pairing for channels one through fifteen may be accomplished by pairing any of the fifteen base transmitter frequencies with any of the fifteen handset transmitter frequencies.
 - (2) Cordless telephones operating on channels one through fifteen must:
 - (i) Incorporate an automatic channel selection mechanism that will prevent establishment of a link on any occupied frequency; and
 - (ii) The box or an instruction manual which is included within the box which the individual cordless telephone is to be marketed shall contain information indicating that some cordless telephones operate at frequencies that may cause interference to nearby TVs and VCRs; to minimize or prevent such interference, the base of the cordless telephone should not be placed near or on top of a TV or VCR; and, if interference is experienced, moving the cordless telephone farther

away from the TV or VCR will often reduce or eliminate the interference. A statement describing the means and procedures used to achieve automatic channel selection shall be provided in any application for equipment authorization of a cordless telephone operating on channels one through fifteen.

Channel	Base transmitter (MHz)	Handset transmitter (MHz)
1	43.720	48.760
2	43.740	48.840
3	43.820	48.860
4	43.840	48.920
5	43.920	49.020
6	43.960	49.080
7	44.120	49.100
8	44.160	49.160
9	44.180	49.200
10	44.200	49.240
11	44.320	49.280
12	44.360	49.360
13	44.400	49.400
14	44.460	49.460
15	44.480	49.500
16	46.610	49.670
17	46.630	49.845
18	46.670	49.860
19	46.710	49.770
20	46.730	49.875
21	46.770	49.830
22	46.830	49.890
23	46.870	49.930
24	46.930	49.990
25	46.970	49.970

- (c) The field strength of the fundamental emission shall not exceed 10,000 microvolts/meter at 3 meters. The emission limit in this paragraph is based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.
- (d) The fundamental emission shall be confined within a 20 kHz band and shall be centered on a carrier frequency shown above, as adjusted by the frequency tolerance of the transmitter at the time testing is performed. Modulation products outside of this 20 kHz band shall be attenuated at least 26 dB below the level of the unmodulated carrier or to the general limits in § 15.209, whichever permits the higher emission levels. Emissions on any frequency more than 20 kHz removed from the center frequency shall consist solely of unwanted emissions and shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209. Tests to determine compliance with these requirements shall be performed using an appropriate input signal as prescribed in § 2.989 of this chapter.

- (e) All emissions exceeding 20 microvolts/meter at 3 meters are to be reported in the application for certification.
- (f) If the device provides for the connection of external accessories, including external electrical input signals, the device must be tested with the accessories attached. The emission tests shall be performed with the device and accessories configured in a manner which tends to produce the maximum level of emissions within the range of variations that can be expected under normal operating conditions.
- (g) The frequency tolerance of the carrier signal shall be maintained within $\pm 0.01\%$ of the operating frequency. The tolerance shall be maintained for a temperature variation of -20 degrees C to $+ 50$ degrees C at normal supply voltage, and for variation in the primary voltage from 85% to 115% of the rated supply voltage at a temperature of 20 degrees C. For battery operated equipment, the equipment tests shall be performed using a new battery.
- (h) For cordless telephones that do not comply with § 15.214(d) of this part, the box or other package in which the individual cordless telephone is to be marketed shall carry a statement in a prominent location, visible to the buyer before purchase, which reads as follows:

NOTICE: The base units of some cordless telephones may respond to other nearby units or to radio noise resulting in telephone calls being dialed through this unit without your knowledge and possibly calls being misbilled. In order to protect against such occurrences, this cordless telephone is provided with the following features: (to be completed by the responsible party).

An application for certification of a cordless telephone shall specify the complete text of the statement that will be carried on the package and indicate where, specifically, it will be located on the carton.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989; 54 FR 32340, Aug. 7, 1989, as amended at 56 FR 3785, Jan. 31, 1991; 56 FR 5659, Feb. 12, 1991; 60 FR 21985, May 4, 1995]

§ 15.235 Operation within the band 49.82-49.90 MHz.

- (a) The field strength of any emission within this band shall not exceed 10,000 microvolts/meter at 3 meters. The emission limit in this paragraph is based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.
- (b) The field strength of any emissions appearing between the band edges and up to 10 kHz above and below the band edges shall be attenuated at least 26 dB below the level of the unmodulated carrier or to the general limits in § 15.209, whichever permits the higher emission levels. The field strength of any emissions removed by more than 10 kHz from the band edges shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209. All signals exceeding 20 microvolts/meter at 3 meters shall be reported in the application for certification.
- (c) For a home-built intentional radiator, as defined in § 15.23(a), operating within the band 49.82-49.90 MHz, the following standards may be employed:
 - (1) The RF carrier and modulation products shall be maintained within the band 49.82-49.90 MHz.
 - (2) The total input power to the device measured at the battery or the power line terminals shall not exceed 100 milliwatts under any condition of modulation.
 - (3) The antenna shall be a single element, one meter or less in length, permanently mounted on the enclosure containing the device.

- (4) Emissions outside of this band shall be attenuated at least 20 dB below the level of the unmodulated carrier.
- (5) The regulations contained in § 15.23 of this part apply to intentional radiators constructed under the provisions of this paragraph.
- (d) Cordless telephones are not permitted to operate under the provisions of this section.

§ 15.236 Operation of wireless microphones in the bands 54-72 MHz, 76-88 MHz, 174-216 MHz, 470-608 MHz and 614-698 MHz.

- (a) **Definitions.** The following definitions apply in this section.

- (1) **Wireless Microphone.** An intentional radiator that converts sound into electrical audio signals that are transmitted using radio signals to a receiver which converts the radio signals back into audio signals that are sent through a sound recording or amplifying system. Wireless microphones may be used for cue and control communications and synchronization of TV camera signals as defined in § 74.801 of this chapter. Wireless microphones do not include auditory assistance devices as defined in § 15.3(a) of this part.
- (2) **600 MHz duplex gap.** An 11 megahertz guard band at 652-663 MHz that separates part 27 600 MHz service uplink and downlink frequencies.
- (3) **600 MHz guard band.** Designated frequency band at 614-617 MHz that prevents interference between licensed services in the 600 MHz service band and channel 37.
- (4) **600 MHz service band.** Frequencies in the 617-652 MHz and 663-698 MHz bands that are reallocated and reassigned for 600 MHz band services under part 27.

Note to paragraphs (a)(2), (3) and (4): The specific frequencies will be determined in light of further proceedings pursuant to GN Docket No. 12-268 and the rules will be updated accordingly pursuant to a future public notice.

- (5) **Spectrum Act.** Title VI of the Middle Class Tax Relief and Job Creation Act of 2012 (Pub. L. 112-96).
- (b) Operation under this section is limited to wireless microphones as defined in this section.
- (c) Operation is permitted in the following frequency bands.
 - (1) Channels allocated and assigned for the broadcast television service.
 - (2) Frequencies in the 600 MHz service band on which a 600 MHz service licensee has not commenced operations, as defined in § 27.4 of this chapter. Operation on these frequencies must cease no later than the end of the post-auction transition period, as defined in § 27.4 of this chapter. Operation must cease immediately if harmful interference occurs to a 600 MHz service licensee.
 - (3) The 657-663 MHz segment of the 600 MHz duplex gap.
 - (4) [Reserved]
 - (5) The 614-616 MHz segment of the 600 MHz guard band.

- (6) Prior to operation in the frequencies identified in paragraphs (c)(2) through (5) of this section, wireless microphone users shall rely on the white space databases in part 15, Subpart H to determine that their intended operating frequencies are available for unlicensed wireless microphone operation at the location where they will be used. Wireless microphone users must register with and check a white space database to determine available channels prior to beginning operation at a given location. A user must re-check the database for available channels if it moves to another location.
- (d) The maximum radiated power shall not exceed the following values:
 - (1) In the bands allocated and assigned for broadcast television and in the 600 MHz service band: 50 mW EIRP
 - (2) In the 600 MHz guard band and the 600 MHz duplex gap: 20 mW EIRP.
- (e) Operation is limited to locations separated from licensed services by the following distances.
 - (1) Four kilometers outside the following protected service contours of co-channel TV stations.

Type of station	Protected contour		
	Channel	Contour (dBu)	Propagation curve
Analog: Class A TV, LPTV, translator and booster	Low VHF (2-6)	47	F(50,50)
	High VHF (7-13)	56	F(50,50)
	UHF (14-51)	64	F(50,50)
Digital: Full service TV, Class A TV, LPTV, translator and booster	Low VHF (2-6)	28	F(50,90)
	High VHF (7-13)	36	F(50,90)
	UHF (14-51)	41	F(50,90)

- (2) The following distances outside of the area where a 600 MHz service licensee has commenced operations, as defined in § 27.4 of this chapter.

Type of station	Separation distance in kilometers	
	Co-channel	Adjacent channel
Base	7	0.2
Mobile	35	31

- (f) The operating frequency within a permissible band of operation as defined in paragraph (c) must comply with the following requirements.
 - (1) The frequency selection shall be offset from the upper or lower band limits by 25 kHz or an integral multiple thereof.

- (2) One or more adjacent 25 kHz segments within the assignable frequencies may be combined to form a channel whose maximum bandwidth shall not exceed 200 kHz. The operating bandwidth shall not exceed 200 kHz.
- (3) The frequency tolerance of the carrier signal shall be maintained within $\pm 0.005\%$ of the operating frequency over a temperature variation of -20 degrees to $+50$ degrees C at normal supply voltage, and for a variation in the primary supply voltage from 85% to 115% of the rated supply voltage at a temperature of 20 degrees C. Battery operated equipment shall be tested using a new battery.
- (g) Emissions within the band from one megahertz below to one megahertz above the carrier frequency shall comply with the emission mask in § 8.3 of ETSI EN 300 422-1 V1.4.2 (2011-08), *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Wireless microphones in the 25 MHz to 3 GHz frequency range; Part 1: Technical characteristics and methods of measurement*. Emissions outside of this band shall comply with the limits specified in section 8.4 of ETSI EN 300 422-1 V1.4.2 (2011-08).

[80 FR 73069, Nov. 23, 2015, as amended at 81 FR 4974, Jan. 29, 2016; 82 FR 41559, Sept. 1, 2017]

§ 15.237 Operation in the bands 72.0-73.0 MHz, 74.6-74.8 MHz and 75.2-76.0 MHz.

- (a) The intentional radiator shall be restricted to use as an auditory assistance device.
- (b) Emissions from the intentional radiator shall be confined within a band 200 kHz wide centered on the operating frequency. The 200 kHz band shall lie wholly within the above specified frequency ranges.
- (c) The field strength within the permitted 200 kHz band shall not exceed 80 millivolts/meter at 3 meters. The field strength of any emissions radiated on any frequency outside of the specified 200 kHz band shall not exceed the general radiated emissions limits specified in § 15.209. The emission limits in this paragraph are based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 57 FR 13048, Apr. 15, 1992; 78 FR 34927, June 11, 2013]

§ 15.239 Operation in the band 88-108 MHz.

- (a) Emissions from the intentional radiator shall be confined within a band 200 kHz wide centered on the operating frequency. The 200 kHz band shall lie wholly within the frequency range of 88-108 MHz.
- (b) The field strength of any emissions within the permitted 200 kHz band shall not exceed 250 microvolts/meter at 3 meters. The emission limit in this paragraph is based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.
- (c) The field strength of any emissions radiated on any frequency outside of the specified 200 kHz band shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209.
- (d) A custom built telemetry intentional radiator operating in the frequency band 88-108 MHz and used for experimentation by an educational institute need not be certified provided the device complies with the standards in this part and the educational institution notifies the Office of Engineering and Technology, in writing, in advance of operation, providing the following information:
 - (1) The dates and places where the device will be operated;
 - (2) The purpose for which the device will be used;

- (3) A description of the device, including the operating frequency, RF power output, and antenna; and
- (4) A statement that the device complies with the technical provisions of this part.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989; 54 FR 32340, Aug. 7, 1989; 80 FR 53750, Sept. 8, 2015]

§ 15.240 Operation in the band 433.5-434.5 MHz.

- (a) Operation under the provisions of this section is restricted to devices that use radio frequency energy to identify the contents of commercial shipping containers. Operations must be limited to commercial and industrial areas such as ports, rail terminals and warehouses. Two-way operation is permitted to interrogate and to load data into devices. Devices operated pursuant to the provisions of this section shall not be used for voice communications.
- (b) The field strength of any emissions radiated within the specified frequency band shall not exceed 11,000 microvolts per meter measured at a distance of 3 meters. The emission limit in this paragraph is based on measurement instrumentation employing an average detector. The peak level of any emissions within the specified frequency band shall not exceed 55,000 microvolts per meter measured at a distance of 3 meters. Additionally, devices authorized under these provisions shall be provided with a means for automatically limiting operation so that the duration of each transmission shall not be greater than 60 seconds and be only permitted to reinitiate an interrogation in the case of a transmission error. Absent such a transmission error, the silent period between transmissions shall not be less than 10 seconds.
- (c) The field strength of emissions radiated on any frequency outside of the specified band shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209.
- (d) In the case of radio frequency powered tags designed to operate with a device authorized under this section, the tag may be approved with the device or be considered as a separate device subject to its own authorization. Powered tags approved with a device under a single application shall be labeled with the same identification number as the device.
- (e) To prevent interference to Federal Government radar systems, operation under the provisions of this section is not permitted within 40 kilometers of the following locations:

DoD Radar Site	Latitude	Longitude
Beale Air Force Base	39°08'10" N	121°21'04" W
Cape Cod Air Force Station	41°45'07" N	070°32'17" W
Clear Air Force Station	64°55'16" N	143°05'02" W
Cavalier Air Force Station	48°43'12" N	097°54'00" W
Eglin Air Force Base	30°43'12" N	086°12'36" W

- (f) As a condition of the grant, the grantee of an equipment authorization for a device operating under the provisions of this section shall provide information to the user concerning compliance with the operational restrictions in paragraphs (a) and (e) of this section. As a further condition, the grantee shall provide information on the locations where the devices are installed to the FCC Office of Engineering and Technology, which shall provide this information to the Federal Government through the National Telecommunications and Information Administration. The user of the device shall be responsible for submitting updated information in the event the operating location or other information changes after the initial registration. The grantee shall notify the user of this requirement. The information provided by the

grantee or user to the Commission shall include the name, address, telephone number and e-mail address of the user, the address and geographic coordinates of the operating location, and the FCC identification number of the device. The material shall be submitted to the following address: Experimental Licensing Branch, OET, Federal Communications Commission, at the address of the FCC's main office indicated in 47 CFR 0.401(a), ATTN: RFID Registration.

[69 FR 29464, May 24, 2004, as amended at 85 FR 64406, Oct. 13, 2020]

§ 15.241 Operation in the band 174-216 MHz.

- (a) Operation under the provisions of this section is restricted to biomedical telemetry devices.
- (b) Emissions from the device shall be confined within a 200 kHz band which shall lie wholly within the frequency range of 174-216 MHz.
- (c) The field strength of any emissions radiated within the specified 200 kHz band shall not exceed 1500 microvolts/meter at 3 meters. The field strength of emissions radiated on any frequency outside of the specified 200 kHz band shall not exceed 150 microvolts/meter at 3 meters. The emission limits in this paragraph are based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.

§ 15.242 Operation in the bands 174-216 MHz and 470-668 MHz.

- (a) The marketing and operation of intentional radiators under the provisions of this section is restricted to biomedical telemetry devices employed solely on the premises of health care facilities.
 - (1) A health care facility includes hospitals and other establishments that offer services, facilities, and beds for use beyond 24 hours in rendering medical treatment and institutions and organizations regularly engaged in providing medical services through clinics, public health facilities, and similar establishments, including governmental entities and agencies for their own medical activities.
 - (2) This authority to operate does not extend to mobile vehicles, such as ambulances, even if those vehicles are associated with a health care facility.
- (b) The fundamental emissions from a biomedical telemetry device operating under the provisions of this section shall be contained within a single television broadcast channel, as defined in part 73 of this chapter, under all conditions of operation and shall lie wholly within the frequency ranges of 174-216 MHz and 470-668 MHz.
- (c) The field strength of the fundamental emissions shall not exceed 200 mV/m, as measured at a distance of 3 meters using a quasi-peak detector. Manufacturers should note that a quasi-peak detector function indicates field strength per 120 kHz of bandwidth ± 20 kHz. Accordingly, the total signal level over the band of operation may be higher than 200 mV/m. The field strength of emissions radiated on any frequency outside of the television broadcast channel within which the fundamental is contained shall not exceed the general limits in § 15.209.
- (d) The user and the installer of a biomedical telemetry device operating within the frequency range 174-216 MHz, 470-608 MHz or 614-668 MHz shall ensure that the following minimum separation distances are maintained between the biomedical telemetry device and the authorized radio services operating on the same frequencies:
 - (1) At least 10.3 km outside of the Grade B field strength contour (56 dBuV/m) of a TV broadcast station or an associated TV booster station operating within the band 174-216 MHz.

- (2) At least 5.5 km outside of the Grade B field strength contour (64 dBuV/m) of a TV broadcast station or an associated TV booster station operating within the bands 470-608 MHz or 614-668 MHz.
 - (3) At least 5.1 km outside of the 68 dBuV/m field strength contour of a low power TV or a TV translator station operating within the band 174-216 MHz.
 - (4) At least 3.1 km outside of the 74 dBuV/m field strength contour of a low power TV or a TV translator station operating within the bands 470-608 MHz or 614-668 MHz.
 - (5) Whatever distance is necessary to protect other authorized users within these bands.
- (e) The user and the installer of a biomedical telemetry device operating within the frequency range 608-614 MHz and that will be located within 32 km of the very long baseline array (VLBA) stations or within 80 km of any of the other radio astronomy observatories noted in footnote US385 of Section 2.106 of this chapter must coordinate with, and obtain the written concurrence of, the director of the affected radio astronomy observatory before the equipment can be installed or operated. The National Science Foundation point of contact for coordination is: Spectrum Manager, Division of Astronomical Sciences, NSF Room 1045, 4201 Wilson Blvd., Arlington, VA 22230; tel: (703) 306-1823.
- (f) Biomedical telemetry devices must not cause harmful interference to licensed TV broadcast stations or to other authorized radio services, such as operations on the broadcast frequencies under subparts G and H of part 74 of this chapter, land mobile stations operating under part 90 of this chapter in the 470-512 MHz band, and radio astronomy operation in the 608-614 MHz band. (See § 15.5.) If harmful interference occurs, the interference must either be corrected or the device must immediately cease operation on the occupied frequency. Further, the operator of the biomedical telemetry device must accept whatever level of interference is received from other radio operations. The operator, *i.e.*, the health care facility, is responsible for resolving any interference that occurs subsequent to the installation of these devices.
- (g) The manufacturers, installers, and users of biomedical telemetry devices are reminded that they must ensure that biomedical telemetry transmitters operating under the provisions of this section avoid operating in close proximity to authorized services using this spectrum. Sufficient separation distance, necessary to avoid causing or receiving harmful interference, must be maintained from co-channel operations. These parties are reminded that the frequencies of the authorized services are subject to change, especially during the implementation of the digital television services. The operating frequencies of the part 15 devices may need to be changed, as necessary and in accordance with the permissive change requirements of this chapter, to accommodate changes in the operating frequencies of the authorized services.
- (h) The manufacturers, installers and users of biomedical telemetry devices are cautioned that the operation of this equipment could result in harmful interference to other nearby medical devices.

[62 FR 58658, Oct. 30, 1997, as amended at 77 FR 76248, Dec. 27, 2012]

§ 15.243 Operation in the band 890-940 MHz.

- (a) Operation under the provisions of this section is restricted to devices that use radio frequency energy to measure the characteristics of a material. Devices operated pursuant to the provisions of this section shall not be used for voice communications or the transmission of any other type of message.

- (b) The field strength of any emissions radiated within the specified frequency band shall not exceed 500 microvolts/meter at 30 meters. The emission limit in this paragraph is based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.
- (c) The field strength of emissions radiated on any frequency outside of the specified band shall not exceed the general radiated emission limits in § 15.209.
- (d) The device shall be self-contained with no external or readily accessible controls which may be adjusted to permit operation in a manner inconsistent with the provisions in this section. Any antenna that may be used with the device shall be permanently attached thereto and shall not be readily modifiable by the user.

§ 15.245 Operation within the bands 902-928 MHz, 2435-2465 MHz, 5785-5815 MHz, 10500-10550 MHz, and 24075-24175 MHz.

- (a) Operation under the provisions of this section is limited to intentional radiators used as field disturbance sensors, excluding perimeter protection systems.
- (b) The field strength of emissions from intentional radiators operated within these frequency bands shall comply with the following:

Fundamental frequency (MHz)	Field strength of fundamental (millivolts/meter)	Field strength of harmonics (millivolts/meter)
902-928	500	1.6
2435-2465	500	1.6
5785-5815	500	1.6
10500-10550	2500	25.0
24075-24175	2500	25.0

- (1) Regardless of the limits shown in the above table, harmonic emissions in the restricted bands below 17.7 GHz, as specified in § 15.205, shall not exceed the field strength limits shown in § 15.209. Harmonic emissions in the restricted bands at and above 17.7 GHz shall not exceed the following field strength limits:
 - (i) For the second and third harmonics of field disturbance sensors operating in the 24075-24175 MHz band and for other field disturbance sensors designed for use only within a building or to open building doors, 25.0 mV/m.
 - (ii) For all other field disturbance sensors, 7.5 mV/m.
 - (iii) Field disturbance sensors designed to be used in motor vehicles or aircraft must include features to prevent continuous operation unless their emissions in the restricted bands, other than the second and third harmonics from devices operating in the 24075-24175 MHz band, fully comply with the limits given in § 15.209. Continuous operation of field disturbance sensors designed to be used in farm equipment, vehicles such as fork lifts that are intended primarily for use indoors or for very specialized operations, or railroad locomotives, railroad cars and other equipment which travels on fixed tracks is permitted. A field disturbance sensor will be considered not to be operating in a continuous mode if its operation is limited to specific activities of limited duration (e.g., putting a vehicle into reverse gear, activating a turn signal, etc.).

- (2) Field strength limits are specified at a distance of 3 meters.
- (3) Emissions radiated outside of the specified frequency bands, except for harmonics, shall be attenuated by at least 50 dB below the level of the fundamental or to the general radiated emission limits in § 15.209, whichever is the lesser attenuation.
- (4) The emission limits shown above are based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 55 FR 46792, Nov. 7, 1990; 61 FR 42558, Aug. 16, 1996; 68 FR 68547, Dec. 9, 2003]

§ 15.247 Operation within the bands 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, and 5725-5850 MHz.

- (a) Operation under the provisions of this Section is limited to frequency hopping and digitally modulated intentional radiators that comply with the following provisions:
 - (1) Frequency hopping systems shall have hopping channel carrier frequencies separated by a minimum of 25 kHz or the 20 dB bandwidth of the hopping channel, whichever is greater. Alternatively, frequency hopping systems operating in the 2400-2483.5 MHz band may have hopping channel carrier frequencies that are separated by 25 kHz or two-thirds of the 20 dB bandwidth of the hopping channel, whichever is greater, provided the systems operate with an output power no greater than 125 mW. The system shall hop to channel frequencies that are selected at the system hopping rate from a pseudo randomly ordered list of hopping frequencies. Each frequency must be used equally on the average by each transmitter. The system receivers shall have input bandwidths that match the hopping channel bandwidths of their corresponding transmitters and shall shift frequencies in synchronization with the transmitted signals.
 - (i) For frequency hopping systems operating in the 902-928 MHz band: if the 20 dB bandwidth of the hopping channel is less than 250 kHz, the system shall use at least 50 hopping frequencies and the average time of occupancy on any frequency shall not be greater than 0.4 seconds within a 20 second period; if the 20 dB bandwidth of the hopping channel is 250 kHz or greater, the system shall use at least 25 hopping frequencies and the average time of occupancy on any frequency shall not be greater than 0.4 seconds within a 10 second period. The maximum allowed 20 dB bandwidth of the hopping channel is 500 kHz.
 - (ii) Frequency hopping systems operating in the 5725-5850 MHz band shall use at least 75 hopping frequencies. The maximum 20 dB bandwidth of the hopping channel is 1 MHz. The average time of occupancy on any frequency shall not be greater than 0.4 seconds within a 30 second period.
 - (iii) Frequency hopping systems in the 2400-2483.5 MHz band shall use at least 15 channels. The average time of occupancy on any channel shall not be greater than 0.4 seconds within a period of 0.4 seconds multiplied by the number of hopping channels employed. Frequency hopping systems may avoid or suppress transmissions on a particular hopping frequency provided that a minimum of 15 channels are used.
 - (2) Systems using digital modulation techniques may operate in the 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, and 5725-5850 MHz bands. The minimum 6 dB bandwidth shall be at least 500 kHz.
- (b) The maximum peak conducted output power of the intentional radiator shall not exceed the following:

- (1) For frequency hopping systems operating in the 2400-2483.5 MHz band employing at least 75 non-overlapping hopping channels, and all frequency hopping systems in the 5725-5850 MHz band: 1 watt. For all other frequency hopping systems in the 2400-2483.5 MHz band: 0.125 watts.
 - (2) For frequency hopping systems operating in the 902-928 MHz band: 1 watt for systems employing at least 50 hopping channels; and, 0.25 watts for systems employing less than 50 hopping channels, but at least 25 hopping channels, as permitted under paragraph (a)(1)(i) of this section.
 - (3) For systems using digital modulation in the 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, and 5725-5850 MHz bands: 1 Watt. As an alternative to a peak power measurement, compliance with the one Watt limit can be based on a measurement of the maximum conducted output power. Maximum Conducted Output Power is defined as the total transmit power delivered to all antennas and antenna elements averaged across all symbols in the signaling alphabet when the transmitter is operating at its maximum power control level. Power must be summed across all antennas and antenna elements. The average must not include any time intervals during which the transmitter is off or is transmitting at a reduced power level. If multiple modes of operation are possible (e.g., alternative modulation methods), the *maximum conducted output power* is the highest total transmit power occurring in any mode.
 - (4) The conducted output power limit specified in paragraph (b) of this section is based on the use of antennas with directional gains that do not exceed 6 dBi. Except as shown in paragraph (c) of this section, if transmitting antennas of directional gain greater than 6 dBi are used, the conducted output power from the intentional radiator shall be reduced below the stated values in paragraphs (b)(1), (b)(2), and (b)(3) of this section, as appropriate, by the amount in dB that the directional gain of the antenna exceeds 6 dBi.
- (c) Operation with directional antenna gains greater than 6 dBi.
- (1) Fixed point-to-point operation:
 - (i) Systems operating in the 2400-2483.5 MHz band that are used exclusively for fixed, point-to-point operations may employ transmitting antennas with directional gain greater than 6 dBi provided the maximum conducted output power of the intentional radiator is reduced by 1 dB for every 3 dB that the directional gain of the antenna exceeds 6 dBi.
 - (ii) Systems operating in the 5725-5850 MHz band that are used exclusively for fixed, point-to-point operations may employ transmitting antennas with directional gain greater than 6 dBi without any corresponding reduction in transmitter conducted output power.
 - (iii) Fixed, point-to-point operation, as used in paragraphs (c)(1)(i) and (c)(1)(ii) of this section, excludes the use of point-to-multipoint systems, omnidirectional applications, and multiple co-located intentional radiators transmitting the same information. The operator of the spread spectrum or digitally modulated intentional radiator or, if the equipment is professionally installed, the installer is responsible for ensuring that the system is used exclusively for fixed, point-to-point operations. The instruction manual furnished with the intentional radiator shall contain language in the installation instructions informing the operator and the installer of this responsibility.
 - (2) In addition to the provisions in paragraphs (b)(1), (b)(3), (b)(4) and (c)(1)(i) of this section, transmitters operating in the 2400-2483.5 MHz band that emit multiple directional beams, simultaneously or sequentially, for the purpose of directing signals to individual receivers or to groups of receivers provided the emissions comply with the following:

- (i) Different information must be transmitted to each receiver.
 - (ii) If the transmitter employs an antenna system that emits multiple directional beams but does not do emit multiple directional beams simultaneously, the total output power conducted to the array or arrays that comprise the device, *i.e.*, the sum of the power supplied to all antennas, antenna elements, staves, etc. and summed across all carriers or frequency channels, shall not exceed the limit specified in paragraph (b)(1) or (b)(3) of this section, as applicable. However, the total conducted output power shall be reduced by 1 dB below the specified limits for each 3 dB that the directional gain of the antenna/antenna array exceeds 6 dBi. The directional antenna gain shall be computed as follows:
 - (A) The directional gain shall be calculated as the sum of 10 log (number of array elements or staves) plus the directional gain of the element or stave having the highest gain.
 - (B) A lower value for the directional gain than that calculated in paragraph (c)(2)(ii)(A) of this section will be accepted if sufficient evidence is presented, e.g., due to shading of the array or coherence loss in the beamforming.
 - (iii) If a transmitter employs an antenna that operates simultaneously on multiple directional beams using the same or different frequency channels, the power supplied to each emission beam is subject to the power limit specified in paragraph (c)(2)(ii) of this section. If transmitted beams overlap, the power shall be reduced to ensure that their aggregate power does not exceed the limit specified in paragraph (c)(2)(ii) of this section. In addition, the aggregate power transmitted simultaneously on all beams shall not exceed the limit specified in paragraph (c)(2)(ii) of this section by more than 8 dB.
 - (iv) Transmitters that emit a single directional beam shall operate under the provisions of paragraph (c)(1) of this section.
- (d) In any 100 kHz bandwidth outside the frequency band in which the spread spectrum or digitally modulated intentional radiator is operating, the radio frequency power that is produced by the intentional radiator shall be at least 20 dB below that in the 100 kHz bandwidth within the band that contains the highest level of the desired power, based on either an RF conducted or a radiated measurement, provided the transmitter demonstrates compliance with the peak conducted power limits. If the transmitter complies with the conducted power limits based on the use of RMS averaging over a time interval, as permitted under paragraph (b)(3) of this section, the attenuation required under this paragraph shall be 30 dB instead of 20 dB. Attenuation below the general limits specified in § 15.209(a) is not required. In addition, radiated emissions which fall in the restricted bands, as defined in § 15.205(a), must also comply with the radiated emission limits specified in § 15.209(a) (see § 15.205(c)).
- (e) For digitally modulated systems, the power spectral density conducted from the intentional radiator to the antenna shall not be greater than 8 dBm in any 3 kHz band during any time interval of continuous transmission. This power spectral density shall be determined in accordance with the provisions of paragraph (b) of this section. The same method of determining the conducted output power shall be used to determine the power spectral density.
- (f) For the purposes of this section, hybrid systems are those that employ a combination of both frequency hopping and digital modulation techniques. The frequency hopping operation of the hybrid system, with the direct sequence or digital modulation operation turned-off, shall have an average time of occupancy on any frequency not to exceed 0.4 seconds within a time period in seconds equal to the number of hopping frequencies employed multiplied by 0.4. The power spectral density conducted from the

intentional radiator to the antenna due to the digital modulation operation of the hybrid system, with the frequency hopping operation turned off, shall not be greater than 8 dBm in any 3 kHz band during any time interval of continuous transmission.

Note to paragraph (f): The transition provisions found in § 15.37(h) will apply to hybrid devices beginning June 2, 2015.

- (g) Frequency hopping spread spectrum systems are not required to employ all available hopping channels during each transmission. However, the system, consisting of both the transmitter and the receiver, must be designed to comply with all of the regulations in this section should the transmitter be presented with a continuous data (or information) stream. In addition, a system employing short transmission bursts must comply with the definition of a frequency hopping system and must distribute its transmissions over the minimum number of hopping channels specified in this section.
- (h) The incorporation of intelligence within a frequency hopping spread spectrum system that permits the system to recognize other users within the spectrum band so that it individually and independently chooses and adapts its hopsets to avoid hopping on occupied channels is permitted. The coordination of frequency hopping systems in any other manner for the express purpose of avoiding the simultaneous occupancy of individual hopping frequencies by multiple transmitters is not permitted.

Note to paragraph (h): Spread spectrum systems are sharing these bands on a noninterference basis with systems supporting critical Government requirements that have been allocated the usage of these bands, secondary only to ISM equipment operated under the provisions of part 18 of this chapter. Many of these Government systems are airborne radiolocation systems that emit a high EIRP which can cause interference to other users. Also, investigations of the effect of spread spectrum interference to U. S. Government operations in the 902-928 MHz band may require a future decrease in the power limits allowed for spread spectrum operation.

- (i) Radio frequency devices operating under the provisions of this part are subject to the radio frequency radiation exposure requirements specified in §§ 1.1307(b), 1.1310, 2.1091, and 2.1093 of this chapter, as appropriate. Applications for equipment authorization of mobile or portable devices operating under this section must contain a statement confirming compliance with these requirements. Technical information showing the basis for this statement must be submitted to the Commission upon request.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 55 FR 28762, July 13, 1990; 62 FR 26242, May 13, 1997; 65 FR 57561, Sept. 25, 2000; 67 FR 42734, June 25, 2002; 69 FR 54035, Sept. 7, 2004; 72 FR 5632, Feb. 7, 2007; 79 FR 24578, May 1, 2014; 85 FR 18149, Apr. 1, 2020]

§ 15.249 Operation within the bands 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, 5725-5875 MHz, and 24.0-24.25 GHz.

- (a) Except as provided in paragraph (b) of this section, the field strength of emissions from intentional radiators operated within these frequency bands shall comply with the following:

Fundamental frequency	Field strength of fundamental (millivolts/meter)	Field strength of harmonics (microvolts/meter)
902-928 MHz	50	500
2400-2483.5 MHz	50	500
5725-5875 MHz	50	500
24.0-24.25 GHz	250	2500

- (b) Fixed, point-to-point operation as referred to in this paragraph shall be limited to systems employing a fixed transmitter transmitting to a fixed remote location. Point-to-multipoint systems, omnidirectional applications, and multiple co-located intentional radiators transmitting the same information are not allowed. Fixed, point-to-point operation is permitted in the 24.05-24.25 GHz band subject to the following conditions:
- (1) The field strength of emissions in this band shall not exceed 2500 millivolts/meter.
 - (2) The frequency tolerance of the carrier signal shall be maintained within $\pm 0.001\%$ of the operating frequency over a temperature variation of -20 degrees to $+50$ degrees C at normal supply voltage, and for a variation in the primary supply voltage from 85% to 115% of the rated supply voltage at a temperature of 20 degrees C. For battery operated equipment, the equipment tests shall be performed using a new battery.
 - (3) Antenna gain must be at least 33 dBi. Alternatively, the main lobe beamwidth must not exceed 3.5 degrees. The beamwidth limit shall apply to both the azimuth and elevation planes. At antenna gains over 33 dBi or beamwidths narrower than 3.5 degrees, power must be reduced to ensure that the field strength does not exceed 2500 millivolts/meter.
- (c) Field strength limits are specified at a distance of 3 meters.
- (d) Emissions radiated outside of the specified frequency bands, except for harmonics, shall be attenuated by at least 50 dB below the level of the fundamental or to the general radiated emission limits in § 15.209, whichever is the lesser attenuation.
- (e) As shown in § 15.35(b), for frequencies above 1000 MHz, the field strength limits in paragraphs (a) and (b) of this section are based on average limits. However, the peak field strength of any emission shall not exceed the maximum permitted average limits specified above by more than 20 dB under any condition of modulation. For point-to-point operation under paragraph (b) of this section, the peak field strength shall not exceed 2500 millivolts/meter at 3 meters along the antenna azimuth.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989, as amended at 55 FR 25095, June 20, 1990; 67 FR 1625, Jan. 14, 2002; 77 FR 4914, Feb. 1, 2012]

§ 15.250 Operation of wideband systems within the band 5925-7250 MHz.

- (a) The -10 dB bandwidth of a device operating under the provisions of this section must be contained within the 5925-7250 MHz band under all conditions of operation including the effects from stepped frequency, frequency hopping or other modulation techniques that may be employed as well as the frequency stability of the transmitter over expected variations in temperature and supply voltage.
- (b) The -10 dB bandwidth of the fundamental emission shall be at least 50 MHz. For transmitters that employ frequency hopping, stepped frequency or similar modulation types, measurement of the -10 dB minimum bandwidth specified in this paragraph shall be made with the frequency hop or step function disabled and with the transmitter operating continuously at a fundamental frequency following the provisions of § 15.31(m).
- (c) Operation on board an aircraft or a satellite is prohibited. Devices operating under this section may not be employed for the operation of toys. Except for operation onboard a ship or a terrestrial transportation vehicle, the use of a fixed outdoor infrastructure is prohibited. A fixed infrastructure includes antennas mounted on outdoor structures, e.g., antennas mounted on the outside of a building or on a telephone pole.
- (d) Emissions from a transmitter operating under this section shall not exceed the following equivalent isotropically radiated power (EIRP) density levels:
 - (1) The radiated emissions above 960 MHz from a device operating under the provisions of this section shall not exceed the following RMS average limits based on measurements using a 1 MHz resolution bandwidth:

Frequency in MHz	EIRP in dBm
960-1610	-75.3
1610-1990	-63.3
1990-3100	-61.3
3100-5925	-51.3
5925-7250	-41.3
7250-10600	-51.3
Above 10600	-61.3

- (2) In addition to the radiated emission limits specified in the table in paragraph (d)(1) of this section, transmitters operating under the provisions of this section shall not exceed the following RMS average limits when measured using a resolution bandwidth of no less than 1 kHz:

Frequency in MHz	EIRP in dBm
1164-1240	-85.3
1559-1610	-85.3

- (3) There is a limit on the peak level of the emissions contained within a 50 MHz bandwidth centered on the frequency at which the highest radiated emission occurs and this 50 MHz bandwidth must be contained within the 5925-7250 MHz band. The peak EIRP limit is $20 \log (RBW/50)$ dBm where RBW is the resolution bandwidth in megahertz that is employed by the measurement instrument. RBW shall not be lower than 1 MHz or greater than 50 MHz. The video bandwidth of the measurement

instrument shall not be less than RBW. If RBW is greater than 3 MHz, the application for certification filed with the Commission shall contain a detailed description of the test procedure, calibration of the test setup, and the instrumentation employed in the testing.

- (4) Radiated emissions at or below 960 MHz shall not exceed the emission levels in § 15.209.
- (5) Emissions from digital circuitry used to enable the operation of the transmitter may comply with the limits in § 15.209 provided it can be clearly demonstrated that those emissions are due solely to emissions from digital circuitry contained within the transmitter and the emissions are not intended to be radiated from the transmitter's antenna. Emissions from associated digital devices, as defined in § 15.3(k), e.g., emissions from digital circuitry used to control additional functions or capabilities other than the operation of the transmitter, are subject to the limits contained in subpart B of this part. Emissions from these digital circuits shall not be employed in determining the -10 dB bandwidth of the fundamental emission or the frequency at which the highest emission level occurs.

(e) Measurement procedures:

- (1) All emissions at and below 960 MHz are based on measurements employing a CISPR quasi-peak detector. Unless otherwise specified, all RMS average emission levels specified in this section are to be measured utilizing a 1 MHz resolution bandwidth with a one millisecond dwell over each 1 MHz segment. The frequency span of the analyzer should equal the number of sampling bins times 1 MHz and the sweep rate of the analyzer should equal the number of sampling bins times one millisecond. The provision in § 15.35(c) that allows emissions to be averaged over a 100 millisecond period does not apply to devices operating under this section. The video bandwidth of the measurement instrument shall not be less than the resolution bandwidth and trace averaging shall not be employed. The RMS average emission measurement is to be repeated over multiple sweeps with the analyzer set for maximum hold until the amplitude stabilizes.
- (2) The peak emission measurement is to be repeated over multiple sweeps with the analyzer set for maximum hold until the amplitude stabilizes.
- (3) For transmitters that employ frequency hopping, stepped frequency or similar modulation types, the peak emission level measurement, the measurement of the RMS average emission levels, and the measurement to determine the frequency at which the highest level emission occurs shall be made with the frequency hop or step function active. Gated signals may be measured with the gating active. The provisions of § 15.31(c) continue to apply to transmitters that employ swept frequency modulation.
- (4) The -10 dB bandwidth is based on measurement using a peak detector, a 1 MHz resolution bandwidth, and a video bandwidth greater than or equal to the resolution bandwidth.
- (5) Alternative measurement procedures may be considered by the Commission.

[70 FR 6774, Feb. 9, 2005]

§ 15.251 Operation within the bands 2.9-3.26 GHz, 3.267-3.332 GHz, 3.339-3.3458 GHz, and 3.358-3.6 GHz.

- (a) Operation under the provisions of this section is limited to automatic vehicle identification systems (AVIS) which use swept frequency techniques for the purpose of automatically identifying transportation vehicles.

- (b) The field strength anywhere within the frequency range swept by the signal shall not exceed 3000 microvolts/meter/MHz at 3 meters in any direction. Further, an AVIS, when in its operating position, shall not produce a field strength greater than 400 microvolts/meter/MHz at 3 meters in any direction within ± 10 degrees of the horizontal plane. In addition to the provisions of § 15.205, the field strength of radiated emissions outside the frequency range swept by the signal shall be limited to a maximum of 100 microvolts/meter/MHz at 3 meters, measured from 30 MHz to 20 GHz for the complete system. The emission limits in this paragraph are based on measurement instrumentation employing an average detector. The provisions in § 15.35 for limiting peak emissions apply.
- (c) The minimum sweep repetition rate of the signal shall not be lower than 4000 sweeps per second, and the maximum sweep repetition rate of the signal shall not exceed 50,000 sweeps per second.
- (d) An AVIS shall employ a horn antenna or other comparable directional antenna for signal emission.
- (e) Provision shall be made so that signal emission from the AVIS shall occur only when the vehicle to be identified is within the radiated field of the system.
- (f) In addition to the labelling requirements in § 15.19(a), the label attached to the AVIS transmitter shall contain a third statement regarding operational conditions, as follows:

*** and, (3) during use this device (the antenna) may not be pointed within \pm ** degrees of the horizontal plane.

The double asterisks in condition three (**) shall be replaced by the responsible party with the angular pointing restriction necessary to meet the horizontal emission limit specified in paragraph (b).

- (g) In addition to the information required in subpart J of part 2, the application for certification shall contain:
 - (1) Measurements of field strength per MHz along with the intermediate frequency of the spectrum analyzer or equivalent measuring receiver;
 - (2) The angular separation between the direction at which maximum field strength occurs and the direction at which the field strength is reduced to 400 microvolts/meter/MHz at 3 meters;
 - (3) A photograph of the spectrum analyzer display showing the entire swept frequency signal and a calibrated scale for the vertical and horizontal axes; the spectrum analyzer settings that were used shall be labelled on the photograph; and,
 - (4) The results of the frequency search for spurious and sideband emissions from 30 MHz to 20 GHz, exclusive of the swept frequency band, with the measuring instrument as close as possible to the unit under test.

[54 FR 17714, Apr. 25, 1989; 54 FR 32340, Aug. 7, 1989]

§ 15.252 Operation of wideband vehicular radar systems within the band 23.12-29.0 GHz.

- (a) Operation under this section is limited to field disturbance sensors that are mounted in terrestrial transportation vehicles. Terrestrial use is limited to earth surface-based, non-aviation applications.
 - (1) The -10 dB bandwidth of the fundamental emissions shall be located within the 23.12-29.0 GHz band, exclusive of the 23.6-24.0 GHz restricted band, as appropriate, under all conditions of operation including the effects from stepped frequency, frequency hopping or other modulation techniques that may be employed as well as the frequency stability of the transmitter over expected variations in temperature and supply voltage.

- (2) The -10 dB bandwidth of the fundamental emission shall be 10 MHz or greater. For transmitters that employ frequency hopping, stepped frequency or similar modulation types, measurement of the -10 dB minimum bandwidth specified in this paragraph shall be made with the frequency hop or step function disabled and with the transmitter operating continuously at a fundamental frequency following the provisions of § 15.31(m).
 - (3) For systems operating in the 23.12-29.0 GHz band, the frequencies at which the highest average emission level and at which the highest peak level emission appear shall be greater than 24.075 GHz.
 - (4) These devices shall operate only when the vehicle is operating, e.g., the engine is running. Operation shall occur only upon specific activation, such as upon starting the vehicle, changing gears, or engaging a turn signal. The operation of these devices shall be related to the proper functioning of the transportation vehicle, e.g., collision avoidance.
- (b) Emissions from a transmitter operating under this section shall not exceed the following equivalent isotropically radiated power (EIRP) density levels:
- (1) For transmitters operating in the 23.12-29.0 GHz band, the RMS average radiated emissions above 960 MHz from a device operating under the provisions of this section shall not exceed the following EIRP limits based on measurements using a 1 MHz resolution bandwidth:

Frequency in MHz	EIRP in dBm
960-1610	-75.3
1610-23,120	-61.3
23,120-23,600	-41.3
23,600-24,000	-61.3
24,000-29,000	-41.3
Above 29,000	-61.3

- (2) In addition to the radiated emissions limits specified in the table in paragraph (b)(1) of this section, transmitters operating under the provisions of this section shall not exceed the following RMS average EIRP limits when measured using a resolution bandwidth of no less than 1 kHz:

Frequency in MHz	EIRP in dBm
1164-1240	-85.3
1559-1610	-85.3

- (3) There is a limit on the peak level of the emissions contained within a 50 MHz bandwidth centered on the frequency at which the highest radiated emission occurs and this 50 MHz bandwidth must be contained within the 24.05-29.0 GHz band. The peak EIRP limit is $20 \log (RBW/50)$ dBm where RBW is the resolution bandwidth in MHz employed by the measurement instrument. RBW shall not be lower than 1 MHz or greater than 50 MHz. Further, RBW shall not be greater than the -10 dB bandwidth of the device under test. For transmitters that employ frequency hopping, stepped frequency or similar modulation types, measurement of the -10 dB minimum bandwidth specified in this paragraph shall be made with the frequency hop or step function disabled and with the transmitter operating continuously at a fundamental frequency. The video bandwidth of the measurement instrument shall not be less than RBW. The limit on peak emissions applies to the 50

MHz bandwidth centered on the frequency at which the highest level radiated emission occurs. If RBW is greater than 3 MHz, the application for certification shall contain a detailed description of the test procedure, the instrumentation employed in the testing, and the calibration of the test setup.

- (4) Radiated emissions at or below 960 MHz shall not exceed the emission levels in § 15.209.
- (5) Emissions from digital circuitry used to enable the operation of the transmitter may comply with the limits in § 15.209 provided it can be clearly demonstrated that those emissions are due solely to emissions from digital circuitry contained within the transmitter and the emissions are not intended to be radiated from the transmitter's antenna. Emissions from associated digital devices, as defined in § 15.3(k), e.g., emissions from digital circuitry used to control additional functions or capabilities other than the operation of the transmitter, are subject to the limits contained in subpart B of this part. Emissions from these digital circuits shall not be employed in determining the -10 dB bandwidth of the fundamental emission or the frequency at which the highest emission level occurs.

(c) Measurement procedures:

- (1) All emissions at and below 960 MHz are based on measurements employing a CISPR quasi-peak detector. Unless otherwise specified, all RMS average emission levels specified in this section are to be measured utilizing a 1 MHz resolution bandwidth with a one millisecond dwell over each 1 MHz segment. The frequency span of the analyzer should equal the number of sampling bins times 1 MHz and the sweep rate of the analyzer should equal the number of sampling bins times one millisecond. The provision in § 15.35(c) that allows emissions to be averaged over a 100 millisecond period does not apply to devices operating under this section. The video bandwidth of the measurement instrument shall not be less than the resolution bandwidth and trace averaging shall not be employed. The RMS average emission measurement is to be repeated over multiple sweeps with the analyzer set for maximum hold until the amplitude stabilizes.
- (2) The peak emission measurement is to be repeated over multiple sweeps with the analyzer set for maximum hold until the amplitude stabilizes.
- (3) For transmitters that employ frequency hopping, stepped frequency or similar modulation types, the peak emission level measurement, the measurement of the RMS average emission levels, the measurement to determine the center frequency, and the measurement to determine the frequency at which the highest level emission occurs shall be made with the frequency hop or step function active. Gated signals may be measured with the gating active. The provisions of § 15.31(c) continue to apply to transmitters that employ swept frequency modulation.
- (4) The -10 dB bandwidth is based on measurement using a peak detector, a 1 MHz resolution bandwidth, and a video bandwidth greater than or equal to the resolution bandwidth.
- (5) Alternative measurement procedures may be considered by the Commission.

- (d) Wideband vehicular radar systems operating in the 23.12-29.0 GHz band are subject to the transition provisions of § 15.37(l) through (n).

[70 FR 6775, Feb. 9, 2005, as amended at 82 FR 43870, Sept. 20, 2017]

§ 15.253 [Reserved]

§ 15.255 Operation within the band 57-71 GHz.

- (a) Operation under the provisions of this section is not permitted for the following products:

- (1) Equipment used on satellites.
 - (2) Field disturbance sensors, including vehicle radar systems, unless the field disturbance sensors are employed for fixed operation, or used as short-range devices for interactive motion sensing. For the purposes of this section, the reference to fixed operation includes field disturbance sensors installed in fixed equipment, even if the sensor itself moves within the equipment.
- (b) Operation on aircraft is permitted under the following conditions:
- (1) When the aircraft is on the ground.
 - (2) While airborne, only in closed exclusive on-board communication networks within the aircraft, with the following exceptions:
 - (i) Equipment shall not be used in wireless avionics intra-communication (WAIC) applications where external structural sensors or external cameras are mounted on the outside of the aircraft structure.
 - (ii) Equipment shall not be used on aircraft where there is little attenuation of RF signals by the body/fuselage of the aircraft. These aircraft include, but are not limited to, toy/model aircraft, unmanned aircraft, crop-spraying aircraft, aerostats, etc.
- (c) Within the 57-71 GHz band, emission levels shall not exceed the following equivalent isotropically radiated power (EIRP):
- (1) Products other than fixed field disturbance sensors and short-range devices for interactive motion sensing shall comply with one of the following emission limits, as measured during the transmit interval:
 - (i) The average power of any emission shall not exceed 40 dBm and the peak power of any emission shall not exceed 43 dBm; or
 - (ii) For fixed point-to-point transmitters located outdoors, the average power of any emission shall not exceed 82 dBm, and shall be reduced by 2 dB for every dB that the antenna gain is less than 51 dBi. The peak power of any emission shall not exceed 85 dBm, and shall be reduced by 2 dB for every dB that the antenna gain is less than 51 dBi.
 - (A) The provisions in this paragraph (c) for reducing transmit power based on antenna gain shall not require that the power levels be reduced below the limits specified in paragraph (c)(1)(i) of this section.
 - (B) The provisions of § 15.204(c)(2) and (4) that permit the use of different antennas of the same type and of equal or less directional gain do not apply to intentional radiator systems operating under this provision. In lieu thereof, intentional radiator systems shall be certified using the specific antenna(s) with which the system will be marketed and operated. Compliance testing shall be performed using the highest gain and the lowest gain antennas for which certification is sought and with the intentional radiator operated at its maximum available output power level. The responsible party, as defined in § 2.909 of this chapter, shall supply a list of acceptable antennas with the application for certification.
 - (2) For fixed field disturbance sensors that occupy 500 MHz or less of bandwidth and that are contained wholly within the frequency band 61.0-61.5 GHz, the average power of any emission, measured during the transmit interval, shall not exceed 40 dBm, and the peak power of any emission shall not

exceed 43 dBm. In addition, the average power of any emission outside of the 61.0-61.5 GHz band, measured during the transmit interval, but still within the 57-71 GHz band, shall not exceed 10 dBm, and the peak power of any emission shall not exceed 13 dBm.

- (3) For fixed field disturbance sensors other than those operating under the provisions of paragraph (c)(2) of this section, and short-range devices for interactive motion sensing, the peak transmitter conducted output power shall not exceed -10 dBm and the peak EIRP level shall not exceed 10 dBm.
 - (4) The peak power shall be measured with an RF detector that has a detection bandwidth that encompasses the 57-71 GHz band and has a video bandwidth of at least 10 MHz. The average emission levels shall be measured over the actual time period during which transmission occurs.
- (d) Limits on spurious emissions:
- (1) The power density of any emissions outside the 57-71 GHz band shall consist solely of spurious emissions.
 - (2) Radiated emissions below 40 GHz shall not exceed the general limits in § 15.209.
 - (3) Between 40 GHz and 200 GHz, the level of these emissions shall not exceed 90 pW/cm² at a distance of 3 meters.
 - (4) The levels of the spurious emissions shall not exceed the level of the fundamental emission.
- (e) Except as specified paragraph (e)(1) of this section, the peak transmitter conducted output power shall not exceed 500 mW. Depending on the gain of the antenna, it may be necessary to operate the intentional radiator using a lower peak transmitter output power in order to comply with the EIRP limits specified in paragraph (b) of this section.
- (1) Transmitters with an emission bandwidth of less than 100 MHz must limit their peak transmitter conducted output power to the product of 500 mW times their emission bandwidth divided by 100 MHz. For the purposes of this paragraph, emission bandwidth is defined as the instantaneous frequency range occupied by a steady state radiated signal with modulation, outside which the radiated power spectral density never exceeds 6 dB below the maximum radiated power spectral density in the band, as measured with a 100 kHz resolution bandwidth spectrum analyzer. The center frequency must be stationary during the measurement interval, even if not stationary during normal operation (e.g., for frequency hopping devices).
 - (2) Peak transmitter conducted output power shall be measured with an RF detector that has a detection bandwidth that encompasses the 57-71 GHz band and that has a video bandwidth of at least 10 MHz.
 - (3) For purposes of demonstrating compliance with this paragraph, corrections to the transmitter conducted output power may be made due to the antenna and circuit loss.
- (f) **Frequency stability.** Fundamental emissions must be contained within the frequency bands specified in this section during all conditions of operation. Equipment is presumed to operate over the temperature range -20 to + 50 degrees Celsius with an input voltage variation of 85% to 115% of rated input voltage, unless justification is presented to demonstrate otherwise.

- (g) Radio frequency devices operating under the provisions of this part are subject to the radio frequency radiation exposure requirements specified in §§ 1.1307(b), 1.1310, 2.1091, and 2.1093 of this chapter, as appropriate. Applications for equipment authorization of mobile or portable devices operating under this section must contain a statement confirming compliance with these requirements. Technical information showing the basis for this statement must be submitted to the Commission upon request.
- (h) Any transmitter that has received the necessary FCC equipment authorization under the rules of this chapter may be mounted in a group installation for simultaneous operation with one or more other transmitter(s) that have received the necessary FCC equipment authorization, without any additional equipment authorization. However, no transmitter operating under the provisions of this section may be equipped with external phase-locking inputs that permit beam-forming arrays to be realized.
- (i) Measurement procedures that have been found to be acceptable to the Commission in accordance with § 2.947 of this chapter may be used to demonstrate compliance.

[63 FR 42279, Aug. 7, 1998, as amended at 66 FR 7409, Jan. 23, 2001; 68 FR 68547, Dec. 9, 2003; 78 FR 59850, Sept. 30, 2013; 81 FR 79936, Nov. 14, 2016; 83 FR 63, Jan. 2, 2018; 85 FR 18149, Apr. 1, 2020]

§ 15.256 Operation of level probing radars within the bands 5.925-7.250 GHz, 24.05-29.00 GHz, and 75-85 GHz.

- (a) Operation under this section is limited to level probing radar (LPR) devices.
- (b) LPR devices operating under the provisions of this section shall utilize a dedicated or integrated transmit antenna, and the system shall be installed and maintained to ensure a vertically downward orientation of the transmit antenna's main beam.
- (c) LPR devices operating under the provisions of this section shall be installed only at fixed locations. The LPR device shall not operate while being moved, or while inside a moving container.
- (d) Hand-held applications are prohibited.
- (e) Marketing to residential consumers is prohibited.
- (f) The fundamental bandwidth of an LPR emission is defined as the width of the signal between two points, one below and one above the center frequency, outside of which all emissions are attenuated by at least 10 dB relative to the maximum transmitter output power when measured in an equivalent resolution bandwidth.
 - (1) The minimum fundamental emission bandwidth shall be 50 MHz for LPR operation under the provisions of this section.
 - (2) LPR devices operating under this section must confine their fundamental emission bandwidth within the 5.925-7.250 GHz, 24.05-29.00 GHz, and 75-85 GHz bands under all conditions of operation.
- (g) **Fundamental emissions limits.**
 - (1) All emission limits provided in this section are expressed in terms of Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP).
 - (2) The EIRP level is to be determined from the maximum measured power within a specified bandwidth.
 - (i) The EIRP in 1 MHz is computed from the maximum power level measured within any 1-MHz bandwidth using a power averaging detector;

- (ii) The EIRP in 50 MHz is computed from the maximum power level measured with a peak detector in a 50-MHz bandwidth centered on the frequency at which the maximum average power level is realized and this 50 MHz bandwidth must be contained within the authorized operating bandwidth. For a RBW less than 50 MHz, the peak EIRP limit (in dBm) is reduced by $20 \log(\text{RBW}/50)$ dB where RBW is the resolution bandwidth in megahertz. The RBW shall not be lower than 1 MHz or greater than 50 MHz. The video bandwidth of the measurement instrument shall not be less than the RBW. If the RBW is greater than 3 MHz, the application for certification filed shall contain a detailed description of the test procedure, calibration of the test setup, and the instrumentation employed in the testing.
- (3) The EIRP limits for LPR operations in the bands authorized by this rule section are provided in Table 1. The emission limits in Table 1 are based on boresight measurements (*i.e.*, measurements performed within the main beam of an LPR antenna).

Table 1 - LPR EIRP Emission Limits

Frequency band of operation (GHz)	Average emission limit (EIRP in dBm measured in 1 MHz)	Peak emission limit (EIRP in dBm measured in 50 MHz)
5.925-7.250	-33	7
24.05-29.00	-14	26
75-85	-3	34

- (h) **Unwanted emissions limits.** Unwanted emissions from LPR devices shall not exceed the general emission limit in § 15.209 of this chapter.
- (i) **Antenna beamwidth.**
 - (A) LPR devices operating under the provisions of this section within the 5.925-7.250 GHz and 24.05-29.00 GHz bands must use an antenna with a -3 dB beamwidth no greater than 12 degrees.
 - (B) LPR devices operating under the provisions of this section within the 75-85 GHz band must use an antenna with a -3 dB beamwidth no greater than 8 degrees.
- (j) **Antenna side lobe gain.** LPR devices operating under the provisions of this section must limit the side lobe antenna gain relative to the main beam gain for off-axis angles from the main beam of greater than 60 degrees to the levels provided in Table 2.

Table 2 - Antenna Side Lobe Gain Limits

Frequency range (GHz)	Antenna side lobe gain limit relative to main beam gain (dB)
5.925-7.250	-22
24.05-29.00	-27
75-85	-38

(k) Emissions from digital circuitry used to enable the operation of the transmitter may comply with the limits in § 15.209 of this chapter provided it can be clearly demonstrated that those emissions are due solely to emissions from digital circuitry contained within the transmitter and the emissions are not intended to be radiated from the transmitter's antenna. Emissions from associated digital devices, as defined in § 15.3(k) of this part, e.g., emissions from digital circuitry used to control additional functions or capabilities other than the operation of the transmitter, are subject to the limits contained in subpart B, part 15 of this chapter. Emissions from these digital circuits shall not be employed in determining the -10 dB bandwidth of the fundamental emission or the frequency at which the highest emission level occurs.

(l) **Measurement procedures.**

- (1) Radiated measurements of the fundamental emission bandwidth and power shall be made with maximum main-beam coupling between the LPR and test antennas (boresight).
- (2) Measurements of the unwanted emissions radiating from an LPR shall be made utilizing elevation and azimuth scans to determine the location at which the emissions are maximized.
- (3) All emissions at and below 1,000 MHz except 9-90 kHz and 110-490 kHz bands are based on measurements employing a CISPR quasi-peak detector.
- (4) The fundamental emission bandwidth measurement shall be made using a peak detector with a resolution bandwidth of 1 MHz and a video bandwidth of at least 3 MHz.
- (5) The provisions in § 15.35(b) and (c) of this part that require emissions to be averaged over a 100 millisecond period and that limits the peak power to 20 dB above the average limit do not apply to devices operating under paragraphs (a) through (l) of this section.
- (6) Compliance measurements for minimum emission bandwidth of frequency-agile LPR devices shall be performed with any related frequency sweep, step, or hop function activated.
- (7) Compliance measurements shall be made in accordance with the specific procedures published or otherwise authorized by the Commission.

[79 FR 12678, Mar. 6, 2014]

§ 15.257 Operation within the band 92-95 GHz.

- (a) Operation of devices under the provisions of this section is limited to indoor use;

- (1) Devices operating under the provisions of this section, by the nature of their design, must be capable of operation only indoors. The necessity to operate with a fixed indoor infrastructure, e.g., a transmitter that must be connected to the AC power lines, may be considered sufficient to demonstrate this.
 - (2) The use of outdoor mounted antennas, e.g., antennas mounted on the outside of a building or on a telephone pole, or any other outdoors infrastructure is prohibited.
 - (3) The emissions from equipment operated under this section shall not be intentionally directed outside of the building in which the equipment is located, such as through a window or a doorway.
 - (4) Devices operating under the provisions of this section shall bear the following or similar statement in a conspicuous location on the device or in the instruction manual supplied with the device: "This equipment may only be operated indoors. Operation outdoors is in violation of 47 U.S.C. 301 and could subject the operator to serious legal penalties."
- (b) Operation under the provisions of this section is not permitted on aircraft or satellites.
- (c) Within the 92-95 GHz bands, the emission levels shall not exceed the following:
- (1) The average power density of any emission, measured during the transmit interval, shall not exceed 9 uW/sq. cm, as measured at 3 meters from the radiating structure, and the peak power density of any emission shall not exceed 18 uW/sq. cm, as measured 3 meters from the radiating structure.
 - (2) Peak power density shall be measured with an RF detector that has a detection bandwidth that encompasses the band being used and has a video bandwidth of at least 10 MHz, or uses an equivalent measurement method.
 - (3) The average emission limits shall be calculated based on the measured peak levels, over the actual time period during which transmission occurs.
- (d) Limits on spurious emissions:
- (1) The power density of any emissions outside the band being used shall consist solely of spurious emissions.
 - (2) Radiated emissions below 40 GHz shall not exceed the general limits in § 15.209.
 - (3) Between 40 GHz and 200 GHz, the level of these emissions shall not exceed 90 pW/cm² at a distance of 3 meters.
 - (4) The levels of the spurious emissions shall not exceed the level of the fundamental emission.
- (e) The total peak transmitter output power shall not exceed 500 mW.
- (f) Fundamental emissions must be contained within the frequency bands specified in this section during all conditions of operation. Equipment is presumed to operate over the temperature range -20 to + 50 degrees Celsius with an input voltage variation of 85% to 115% of rated input voltage, unless justification is presented to demonstrate otherwise.
- (g) Radio frequency devices operating under the provisions of this part are subject to the radio frequency radiation exposure requirements specified in §§ 1.1307(b), 1.1310, 2.1091, and 2.1093 of this chapter, as appropriate. Applications for equipment authorization of mobile or portable devices operating under this section must contain a statement confirming compliance with these requirements. Technical information showing the basis for this statement must be submitted to the Commission upon request.

- (h) Any transmitter that has received the necessary FCC equipment authorization under the rules of this chapter may be mounted in a group installation for simultaneous operation with one or more other transmitter(s) that have received the necessary FCC equipment authorization, without any additional equipment authorization. However, no transmitter operating under the provisions of this section may be equipped with external phase-locking inputs that permit beam-forming arrays to be realized.

[69 FR 3265, Jan. 23, 2004, as amended at 85 FR 18149, Apr. 1, 2020]

§ 15.258 Operation in the bands 116-123 GHz, 174.8-182 GHz, 185-190 GHz and 244-246 GHz.

- (a) Operation on board an aircraft or a satellite is prohibited.
- (b) Emission levels within the 116-123 GHz, 174.8-182 GHz, 185-190 GHz and 244-246 GHz bands shall not exceed the following equivalent isotropically radiated power (EIRP) limits as measured during the transmit interval:
 - (1) The average power of any emission shall not exceed 40 dBm and the peak power of any emission shall not exceed 43 dBm; or
 - (2) For fixed point-to-point transmitters located outdoors, the average power of any emission shall not exceed 82 dBm and shall be reduced by 2 dB for every dB that the antenna gain is less than 51 dBi. The peak power of any emission shall not exceed 85 dBm and shall be reduced by 2 dB for every dB that the antenna gain is less than 51 dBi. The provisions in this paragraph (b)(2) for reducing transmit power based on antenna gain shall not require that the power levels be reduced below the limits specified in paragraph (b)(1) of this section.
 - (3) The peak power shall be measured with a detection bandwidth that encompasses the entire occupied bandwidth within the intended band of operation, e.g., 116-123 GHz, 174.8-182 GHz, 185-190 GHz or 244-246 GHz. The average emission levels shall be measured over the actual time period during which transmission occurs.
 - (4) Transmitters with an emission bandwidth of less than 100 MHz must limit their peak radiated power to the product of the maximum permissible radiated power (in milliwatts) times their emission bandwidth divided by 100 MHz. For the purposes of this paragraph (b)(4), emission bandwidth is defined as the instantaneous frequency range occupied by a steady state radiated signal with modulation, outside which the radiated power spectral density never exceeds 6 dB below the maximum radiated power spectral density in the band, as measured with a 100 kHz resolution bandwidth spectrum analyzer. The center frequency must be stationary during the measurement interval, even if not stationary during normal operation (e.g., for frequency hopping devices).
- (c) Spurious emissions shall be limited as follows:
 - (1) The power density of any emissions outside the band of operation, e.g., 116-123 GHz, 174.8-182 GHz, 185-190 GHz or 244-246 GHz, shall consist solely of spurious emissions.
 - (2) Radiated emissions below 40 GHz shall not exceed the general limits in § 15.209.
 - (3) Between 40 GHz and the highest frequency specified in § 15.33, the level of these emissions shall not exceed 90 pW/cm² at a distance of 3 meters.
 - (4) The levels of the spurious emissions shall not exceed the level of the fundamental emission.

- (d) Fundamental emissions must be contained within the frequency bands specified in this section during all conditions of operation. Equipment is presumed to operate over the temperature range -20 to + 50 degrees Celsius with an input voltage variation of 85% to 115% of rated input voltage, unless justification is presented to demonstrate otherwise.
- (e) Regardless of the power density levels permitted under this section, devices operating under the provisions of this section are subject to the radiofrequency radiation exposure requirements specified in §§ 1.1307(b), 2.1091, and 2.1093 of this chapter, as appropriate. Applications for equipment authorization of devices operating under this section must contain a statement confirming compliance with these requirements for both fundamental emissions and unwanted emissions. Technical information showing the basis for this statement must be submitted to the Commission upon request.
- (f) Any transmitter that has received the necessary FCC equipment authorization under the rules of this chapter may be mounted in a group installation for simultaneous operation with one or more other transmitter(s) that have received the necessary FCC equipment authorization, without any additional equipment authorization. However, no transmitter operating under the provisions of this section may be equipped with external phase-locking inputs that permit beam-forming arrays to be realized.
- (g) Measurement procedures that have been found to be acceptable to the Commission in accordance with § 2.947 of this chapter may be used to demonstrate compliance.

[84 FR 25691, June 4, 2019]

ETSI EN 300 328 V2.2.2 (2019-07)



**Wideband transmission systems;
Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz band;
Harmonised Standard for access to radio spectrum**

Reference

REN/ERM-TG11-12

Keywords

broadband, data, harmonised standard, LAN,
mobile, radio, regulation, spread spectrum, SRD,
testing, transmission, UHF

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

The present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org/standards-search>

The present document may be made available in electronic versions and/or in print. The content of any electronic and/or print versions of the present document shall not be modified without the prior written authorization of ETSI. In case of any existing or perceived difference in contents between such versions and/or in print, the prevailing version of an ETSI deliverable is the one made publicly available in PDF format at www.etsi.org/deliver.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>

If you find errors in the present document, please send your comment to one of the following services:

<https://portal.etsi.org/People/CommiteeSupportStaff.aspx>

Copyright Notification

No part may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm except as authorized by written permission of ETSI.

The content of the PDF version shall not be modified without the written authorization of ETSI.

The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© ETSI 2019.

All rights reserved.

DECT™, **PLUGTESTS™**, **UMTS™** and the ETSI logo are trademarks of ETSI registered for the benefit of its Members.

3GPP™ and **LTE™** are trademarks of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

oneM2M™ logo is a trademark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the oneM2M Partners.

GSM® and the GSM logo are trademarks registered and owned by the GSM Association.

Contents

Intellectual Property Rights	8
Foreword.....	8
Modal verbs terminology.....	8
Introduction	9
1 Scope	10
2 References	10
2.1 Normative references	10
2.2 Informative references.....	10
3 Definition of terms, symbols and abbreviations.....	11
3.1 Terms.....	11
3.2 Symbols.....	13
3.3 Abbreviations	14
4 Technical requirements specifications	14
4.1 Environmental profile.....	14
4.2 Equipment types.....	15
4.2.1 Wideband Data Transmission equipment types.....	15
4.2.2 Adaptive and non-adaptive equipment	15
4.2.3 Receiver categories	15
4.2.3.1 Introduction	15
4.2.3.2 Categorization	15
4.2.3.2.1 Receiver category 1	15
4.2.3.2.2 Receiver category 2	16
4.2.3.2.3 Receiver category 3	16
4.2.4 Antenna types	16
4.3 Conformance requirements	16
4.3.1 Requirements for Frequency Hopping (FHSS) equipment.....	16
4.3.1.1 Introduction.....	16
4.3.1.2 RF output power.....	16
4.3.1.2.1 Applicability	16
4.3.1.2.2 Definition.....	16
4.3.1.2.3 Limit	16
4.3.1.2.4 Conformance	17
4.3.1.3 Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap.....	17
4.3.1.3.1 Applicability	17
4.3.1.3.2 Definition.....	17
4.3.1.3.3 Limit	17
4.3.1.3.4 Conformance	17
4.3.1.4 Accumulated Transmit Time, Frequency Occupation and Hopping Sequence.....	17
4.3.1.4.1 Applicability	17
4.3.1.4.2 Definition.....	18
4.3.1.4.3 Limit	18
4.3.1.4.4 Conformance	19
4.3.1.5 Hopping Frequency Separation.....	19
4.3.1.5.1 Applicability	19
4.3.1.5.2 Definition.....	19
4.3.1.5.3 Limit	19
4.3.1.5.4 Conformance	20
4.3.1.6 Medium Utilization (MU) factor.....	20
4.3.1.6.1 Applicability	20
4.3.1.6.2 Definition.....	20
4.3.1.6.3 Limit	20
4.3.1.6.4 Conformance	20
4.3.1.7 Adaptivity (Adaptive FHSS).....	20
4.3.1.7.1 Applicability	20

4.3.1.7.2	Adaptive FHSS using LBT.....	21
4.3.1.7.3	Adaptive FHSS using DAA.....	22
4.3.1.7.4	Short Control Signalling Transmissions.....	23
4.3.1.8	Occupied Channel Bandwidth.....	24
4.3.1.8.1	Applicability.....	24
4.3.1.8.2	Definition.....	24
4.3.1.8.3	Limits.....	24
4.3.1.8.4	Conformance.....	24
4.3.1.9	Transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain.....	24
4.3.1.9.1	Applicability.....	24
4.3.1.9.2	Definition.....	24
4.3.1.9.3	Limit.....	24
4.3.1.9.4	Conformance.....	25
4.3.1.10	Transmitter unwanted emissions in the spurious domain.....	25
4.3.1.10.1	Applicability.....	25
4.3.1.10.2	Definition.....	25
4.3.1.10.3	Limit.....	25
4.3.1.10.4	Conformance.....	25
4.3.1.11	Receiver spurious emissions.....	25
4.3.1.11.1	Applicability.....	25
4.3.1.11.2	Definition.....	25
4.3.1.11.3	Limit.....	25
4.3.1.11.4	Conformance.....	26
4.3.1.12	Receiver Blocking.....	26
4.3.1.12.1	Applicability.....	26
4.3.1.12.2	Definition.....	26
4.3.1.12.3	Performance Criteria.....	26
4.3.1.12.4	Limits.....	26
4.3.1.12.5	Conformance.....	28
4.3.1.13	Geo-location capability.....	28
4.3.1.13.1	Applicability.....	28
4.3.1.13.2	Definition.....	28
4.3.1.13.3	Requirements.....	28
4.3.2	Requirements for other types of Wideband Data Transmission equipment (non-FHSS equipment).....	28
4.3.2.1	Introduction.....	28
4.3.2.2	RF output power.....	29
4.3.2.2.1	Applicability.....	29
4.3.2.2.2	Definition.....	29
4.3.2.2.3	Limit.....	29
4.3.2.2.4	Conformance.....	29
4.3.2.3	Power Spectral Density.....	29
4.3.2.3.1	Applicability.....	29
4.3.2.3.2	Definition.....	29
4.3.2.3.3	Limit.....	29
4.3.2.3.4	Conformance.....	29
4.3.2.4	Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap.....	29
4.3.2.4.1	Applicability.....	29
4.3.2.4.2	Definition.....	30
4.3.2.4.3	Limit.....	30
4.3.2.4.4	Conformance.....	30
4.3.2.5	Medium Utilization (MU) factor.....	30
4.3.2.5.1	Applicability.....	30
4.3.2.5.2	Definition.....	30
4.3.2.5.3	Limit.....	31
4.3.2.5.4	Conformance.....	31
4.3.2.6	Adaptivity (non-FHSS).....	31
4.3.2.6.1	Applicability.....	31
4.3.2.6.2	Adaptive non-FHSS using DAA.....	31
4.3.2.6.3	Adaptive non-FHSS using LBT.....	32
4.3.2.6.4	Short Control Signalling Transmissions.....	35
4.3.2.7	Occupied Channel Bandwidth.....	35
4.3.2.7.1	Applicability.....	35

4.3.2.7.2	Definition.....	35
4.3.2.7.3	Limits	35
4.3.2.7.4	Conformance	36
4.3.2.8	Transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain	36
4.3.2.8.1	Applicability	36
4.3.2.8.2	Definition.....	36
4.3.2.8.3	Limit	36
4.3.2.8.4	Conformance	36
4.3.2.9	Transmitter unwanted emissions in the spurious domain.....	36
4.3.2.9.1	Applicability	36
4.3.2.9.2	Definition.....	36
4.3.2.9.3	Limit	37
4.3.2.9.4	Conformance	37
4.3.2.10	Receiver spurious emissions	37
4.3.2.10.1	Applicability	37
4.3.2.10.2	Definition.....	37
4.3.2.10.3	Limit	37
4.3.2.10.4	Conformance	37
4.3.2.11	Receiver Blocking.....	37
4.3.2.11.1	Applicability	37
4.3.2.11.2	Definition.....	38
4.3.2.11.3	Performance Criteria	38
4.3.2.11.4	Limits	38
4.3.2.11.5	Conformance	39
4.3.2.12	Geo-location capability	39
4.3.2.12.1	Applicability	39
4.3.2.12.2	Definition.....	40
4.3.2.12.3	Requirements.....	40
5	Testing for compliance with technical requirements.....	40
5.1	Environmental conditions for testing	40
5.1.1	Introduction.....	40
5.1.2	Normal test conditions	40
5.1.2.1	Normal temperature and humidity	40
5.1.2.2	Normal power source	40
5.1.3	Extreme test conditions.....	40
5.2	Void.....	40
5.3	Definition of other test conditions	41
5.3.1	Test mode.....	41
5.3.2	Antennas and transmit operating modes	41
5.3.2.1	Integrated and dedicated antennas.....	41
5.3.2.2	Smart antenna systems and related operating modes	41
5.3.2.2.1	Introduction	41
5.3.2.2.2	Operating mode 1 (single antenna).....	41
5.3.2.2.3	Operating mode 2 (multiple antennas, no beamforming)	41
5.3.2.2.4	Operating mode 3 (multiple antennas, with beamforming)	42
5.3.2.3	Configuration for testing	42
5.3.3	Adaptive and Non-adaptive equipment.....	42
5.3.4	Presentation of equipment	42
5.3.5	Conducted measurements, radiated measurements, relative measurements	42
5.4	Test procedures for essential radio test suites.....	42
5.4.1	Product Information.....	42
5.4.2	RF output power, Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap, Medium Utilization	44
5.4.2.1	Test conditions	44
5.4.2.2	Test method.....	44
5.4.2.2.1	Conducted measurements	44
5.4.2.2.2	Radiated measurements	46
5.4.3	Power Spectral Density.....	47
5.4.3.1	Test conditions	47
5.4.3.2	Test method.....	47
5.4.3.2.1	Conducted measurement.....	47
5.4.3.2.2	Radiated measurement.....	49

5.4.4	Accumulated Transmit Time, Frequency Occupation and Hopping Sequence	50
5.4.4.1	Test conditions	50
5.4.4.2	Test method.....	50
5.4.4.2.1	Conducted measurements	50
5.4.4.2.2	Radiated measurements	51
5.4.5	Hopping Frequency Separation.....	52
5.4.5.1	Test conditions	52
5.4.5.2	Test method.....	52
5.4.5.2.1	Conducted measurements	52
5.4.5.2.2	Radiated measurements	54
5.4.6	Adaptivity (Channel access mechanism)	54
5.4.6.1	Test conditions	54
5.4.6.2	Test Method	54
5.4.6.2.1	Conducted measurements	54
5.4.6.2.2	Radiated measurements	62
5.4.7	Occupied Channel Bandwidth	63
5.4.7.1	Test conditions	63
5.4.7.2	Test method.....	63
5.4.7.2.1	Conducted measurement.....	63
5.4.7.2.2	Radiated measurement.....	64
5.4.8	Transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain	64
5.4.8.1	Test conditions	64
5.4.8.2	Test method.....	64
5.4.8.2.1	Conducted measurement.....	64
5.4.8.2.2	Radiated measurement.....	66
5.4.9	Transmitter unwanted emissions in the spurious domain	66
5.4.9.1	Test conditions	66
5.4.9.2	Test method.....	66
5.4.9.2.1	Conducted measurement.....	66
5.4.9.2.2	Radiated measurement.....	68
5.4.10	Receiver spurious emissions	69
5.4.10.1	Test conditions	69
5.4.10.2	Test method.....	69
5.4.10.2.1	Conducted measurement.....	69
5.4.10.2.2	Radiated measurement.....	71
5.4.11	Receiver Blocking	71
5.4.11.1	Test conditions	71
5.4.11.2	Test Method	71
5.4.11.2.1	Conducted measurements	71
5.4.11.2.2	Radiated measurements	73

Annex A (informative):	Relationship between the present document and the essential requirements of Directive 2014/53/EU	75
-------------------------------	---	-----------

Annex B (normative):	Test sites and arrangements for radiated measurement	77
-----------------------------	---	-----------

B.1	Introduction	77
B.2	Radiation test sites.....	77
B.2.1	Open Area Test Site (OATS)	77
B.2.2	Semi Anechoic Room.....	78
B.2.3	Fully Anechoic Room (FAR)	79
B.2.4	Measurement Distance	80
B.3	Antennas.....	81
B.3.1	Introduction	81
B.3.2	Measurement antenna.....	81
B.3.3	Substitution antenna	81
B.4	Test fixture	81
B.4.1	Conducted measurements and use of test fixture	81
B.4.2	Description of the test fixture	82
B.4.3	Using the test fixture for relative measurements	82

B.5	Guidance on the use of radiation test sites	82
B.5.1	Introduction	82
B.5.2	Power supplies for a battery-only powered UUT	82
B.5.3	Site preparation	83
B.6	Coupling of signals.....	83
B.7	Interference Signal used for Adaptivity Tests	83
Annex C (normative): Measurement procedures for radiated measurement		85
C.1	Introduction	85
C.2	Radiated measurements in an OATS or SAR.....	85
C.3	Radiated measurements in a FAR	85
C.4	Substitution measurement	86
C.5	Guidance for testing technical requirements	86
C.5.1	Introduction	86
C.5.2	Test procedures and corresponding test sites	86
C.5.3	Guidance for testing Adaptivity (Channel Access Mechanism).....	87
C.5.3.1	Introduction.....	87
C.5.3.2	Measurement Set-up	87
C.5.3.3	Calibration of the measurement Set-up.....	87
C.5.3.4	Test method	88
C.5.4	Guidance for testing Receiver Blocking.....	88
C.5.4.1	Introduction.....	88
C.5.4.2	Measurement Set-up	88
C.5.4.3	Calibration of the measurement Set-up.....	89
C.5.4.4	Test method	89
Annex D (informative): Guidance for testing 2,4 GHz IEEE 802.11™ Equipment		90
D.1	Introduction	90
D.2	Possible Modulations	90
D.2.1	Introduction	90
D.2.2	Guidance for Testing	90
D.2.2.1	Introduction.....	90
D.2.2.2	Modulation Used for Conformance Testing	90
D.3	Possible Operating Modes.....	91
D.3.1	Introduction	91
D.3.2	Guidance for Testing	91
Annex E (informative): Application form for testing.....		93
E.1	Introduction	93
E.2	Information as required by ETSI EN 300 328 V2.2.2, clause 5.4.1.....	93
E.3	Configuration for testing (see clause 5.3.2.3 of ETSI EN 300 328 V2.2.2).....	98
E.4	Additional information provided by the manufacturer.....	98
E.4.1	Modulation	98
E.4.2	Duty Cycle.....	98
E.4.3	About the UUT	98
E.4.4	Additional items and/or supporting equipment provided	99
Annex F (informative): Change History		100
History		101

Intellectual Property Rights

Essential patents

IPRs essential or potentially essential to normative deliverables may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: "*Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards*", which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<https://ipr.etsi.org/>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Trademarks

The present document may include trademarks and/or tradenames which are asserted and/or registered by their owners. ETSI claims no ownership of these except for any which are indicated as being the property of ETSI, and conveys no right to use or reproduce any trademark and/or tradename. Mention of those trademarks in the present document does not constitute an endorsement by ETSI of products, services or organizations associated with those trademarks.

Foreword

This Harmonised European Standard (EN) has been produced by ETSI Technical Committee Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM).

The present document has been prepared under the Commission's standardisation request C(2015) 5376 final [i.14] to provide one voluntary means of conforming to the essential requirements of Directive 2014/53/EU on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of radio equipment and repealing Directive 1999/5/EC [i.1].

Once the present document is cited in the Official Journal of the European Union under that Directive, compliance with the normative clauses of the present document given in table A.1 confers, within the limits of the scope of the present document, a presumption of conformity with the corresponding essential requirements of that Directive, and associated EFTA regulations.

National transposition dates	
Date of adoption of this EN:	1 July 2019
Date of latest announcement of this EN (doa):	31 October 2019
Date of latest publication of new National Standard or endorsement of this EN (dop/e):	30 April 2020
Date of withdrawal of any conflicting National Standard (dow):	31 October 2021

Modal verbs terminology

In the present document "**shall**", "**shall not**", "**should**", "**should not**", "**may**", "**need not**", "**will**", "**will not**", "**can**" and "**cannot**" are to be interpreted as described in clause 3.2 of the [ETSI Drafting Rules](#) (Verbal forms for the expression of provisions).

"**must**" and "**must not**" are **NOT** allowed in ETSI deliverables except when used in direct citation.

Introduction

The present document covers Wideband Data Transmission equipment.

Examples of Wideband Data Transmission equipment are equipments such as IEEE 802.11™ RLANs [i.3], Bluetooth® wireless technologies, Zigbee™, etc.

1 Scope

The present document applies to Wideband Data Transmission equipment.

The present document also describes spectrum access requirements to facilitate spectrum sharing with other equipment.

Wideband Data Transmission equipment covered by the present document is operated in accordance with the ERC Recommendation 70-03 [i.6], annex 3 or Commission Decision 2006/771/EC [i.7] (and its amendments).

This radio equipment is capable of operating in the band provided in table 1.

Table 1: Service frequency bands

	Service frequency bands
Transmit	2 400 MHz to 2 483,5 MHz
Receive	2 400 MHz to 2 483,5 MHz

Equipment using Ultra Wide Band (UWB) technology is not covered by the present document.

NOTE: The relationship between the present document and essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU [i.1] is given in annex A.

2 References

2.1 Normative references

References are specific, identified by date of publication and/or edition number or version number. Only the cited version applies.

Referenced documents which are not found to be publicly available in the expected location might be found at <https://docbox.etsi.org/Reference/>.

NOTE: While any hyperlinks included in this clause were valid at the time of publication, ETSI cannot guarantee their long term validity.

The following referenced documents are necessary for the application of the present document.

Not applicable.

2.2 Informative references

References are either specific (identified by date of publication and/or edition number or version number) or non-specific. For specific references, only the cited version applies. For non-specific references, the latest version of the referenced document (including any amendments) applies.

NOTE: While any hyperlinks included in this clause were valid at the time of publication, ETSI cannot guarantee their long term validity.

The following referenced documents are not necessary for the application of the present document but they assist the user with regard to a particular subject area.

[i.1] Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of radio equipment and repealing Directive 1999/5/EC.

[i.2] Void.

- [i.3] IEEE 802.11™-2016: "IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications".
- [i.4] IEEE 802.15.4™-2015: "IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)".
- [i.5] Void.
- [i.6] CEPT ERC Recommendation 70-03: "Relating to the use of Short Range Devices (SRD)".
- [i.7] Commission Decision 2006/771/EC on harmonisation of the radio spectrum for use by short-range devices.
- [i.8] ETSI TR 102 273-2 (V1.2.1) (12-2001): "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Improvement on Radiated Methods of Measurement (using test site) and evaluation of the corresponding measurement uncertainties; Part 2: Anechoic chamber".
- [i.9] ETSI TR 102 273-3 (V1.2.1) (12-2001): "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Improvement on Radiated Methods of Measurement (using test site) and evaluation of the corresponding measurement uncertainties; Part 3: Anechoic chamber with a ground plane".
- [i.10] ETSI TR 102 273-4 (V1.2.1): "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Improvement on Radiated Methods of Measurement (using test site) and evaluation of the corresponding measurement uncertainties; Part 4: Open area test site".
- [i.11] ETSI TR 100 028-2 (V1.4.1) (12-2001): "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; Part 2".
- [i.12] ETSI EG 203 367 (V1.1.1) (06-2016): "Guide to the application of harmonised standards covering articles 3.1b and 3.2 of the Directive 2014/53/EU (RED) to multi-radio and combined radio and non-radio equipment".
- [i.13] Void.
- [i.14] Commission Implementing Decision C(2015) 5376 final of 4.8.2015 on a standardisation request to the European Committee for Electrotechnical Standardisation and to the European Telecommunications Standards Institute as regards radio equipment in support of Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council.
- [i.15] ETSI TR 100 028-1 (V1.4.1) (12-2001): "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; Part 1".

3 Definition of terms, symbols and abbreviations

3.1 Terms

For the purposes of the present document, the terms given in Directive 2014/53/EU [i.1] and the following apply:

adaptive equipment: equipment using a mechanism which allows it to adapt to its radio environment by identifying frequencies that are being used by other equipment

adaptive frequency hopping: mechanism that allows FHSS equipment to adapt to its radio environment by identifying channels that are being used and excluding them from the list of available channels

adjacent channel: channels on either side of the nominal channel separated by the Nominal Channel Bandwidth

adjacent hopping frequency: neighbouring hopping frequency which is separated by the minimum hopping frequency separation

antenna assembly: combination of the antenna (integral or dedicated), its feeder (e.g. coaxial cable) and if applicable, its antenna connector and associated switching components

antenna assembly gain: in-band antenna assembly gain (G) in dBi which does not include the additional gain that may result out of beamforming.

NOTE: This term (antenna assembly) refers to an antenna connected to one transmit chain.

beamforming gain: additional (antenna) gain realized by using beamforming techniques in smart antenna systems

NOTE: Beamforming gain as used in the present document, does not include the gain of the antenna assembly.

blacklisted frequency: hopping frequency occupied by FHSS equipment without having transmissions during the dwell time

Clear Channel Assessment (CCA): mechanism used by an equipment to identify other transmissions in the channel

combined equipment: combination of a non-radio product and one or more radio equipments whereby the radio equipment(s) is (are) incorporated into the non-radio product in a permanently affixed manner

dedicated antenna: removable antenna(s) assessed together with the radio equipment against the requirements of the present document

Detect And Avoid (DAA): mechanism which mitigates interference potential by avoiding use of frequencies upon detection of other transmissions on those frequencies

dwell time: time between frequency changes for FHSS equipment

NOTE: The dwell time might comprise transmit, receive and idle phases of the equipment.

energy detect: mechanism used by an LBT based adaptive equipment to determine the presence of other devices operating on the channel based on detecting the signal level of that other device

environmental profile: range of environmental conditions for the equipment

frame based equipment: equipment where the transmit/receive structure is not demand-driven but has fixed timing

Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) equipment: equipment using a frequency hopping technique in which it occupies a number of frequencies in time, each for some period of time, referred to as the dwell time

NOTE: Transmitter and receiver follow the same frequency hop pattern. The frequency range is determined by the lowest and highest hop positions and the bandwidth per hop position.

hopping frequency: any of the (centre) frequencies defined within the hopping sequence of an FHSS equipment

idle period: period in time following a transmission sequence during which the equipment does not transmit

integral antenna: antenna designed as a fixed part of the equipment, without the use of an external connector and which cannot be disconnected from the equipment by a user with the intent to connect another antenna

NOTE: An integral antenna may be fitted internally or externally. In the case where the antenna is external, a non-detachable cable may be used. An antenna using internal connectors to connect to the internal radio part (e.g. printed circuit board) is considered to be an integral antenna.

Listen Before Talk (LBT): mechanism by which an equipment first applies CCA before using the channel

load based equipment: equipment where the transmit/receive structure is demand-driven

multi-radio equipment: combined equipment with more than one radio equipment

Nominal Channel Bandwidth: bandwidth of frequencies assigned to a single channel

NOTE: The Nominal Channel Bandwidth is declared by the manufacturer as outlined in clause 5.4.1.

non-adaptive equipment: equipment not capable of adapting to its radio environment by identifying frequencies that are being used by other equipment

operating frequency: nominal frequency at which the equipment can be operated

NOTE: Equipment may be adjustable for operation at more than one operating frequency.

plug-in radio equipment: radio equipment module intended to be used within combined or multi-radio equipment, using their control functions and power supply

power envelope: RF power versus frequency contour

receive chain: receiver circuit with an associated antenna assembly

NOTE: Two or more receive chains are combined in a smart antenna assembly.

smart antenna systems: equipment that combines multiple transmit and/or receive chains with a signal processing function to increase the throughput and/or to optimize its transmission and/or reception capabilities

NOTE: These are techniques such as spatial multiplexing, beamforming, cyclic delay diversity, MIMO, etc.

stand-alone radio equipment: equipment that is intended primarily as communications equipment and that is normally used on a stand-alone basis

transmission burst: period in time during a transmission during which the transmitter is continuously on

transmit chain: transmitter circuit with an associated antenna assembly

NOTE: Two or more transmit chains are combined in a smart antenna system.

ultra wide band technology: technology for short-range radiocommunication, involving the intentional generation and transmission of radio-frequency energy that spreads over a very large frequency range, which may overlap several frequency bands allocated to radiocommunication services

wideband data transmission equipment: equipment using modulation or spreading techniques resulting in a wideband signal

NOTE: Examples of such techniques include FHSS, DSSS, OFDM, etc.

3.2 Symbols

For the purposes of the present document, the following symbols apply:

A_{ch}	number of active transmit chains
BW_{CHAN}	Channel Bandwidth
dBm	dB relative to 1 milliwatt
dBr	dB relative to peak power
dBW	dB relative to 1 Watt
F	Frequency
F_{HS}	Hopping Frequency Separation
GHz	GigaHertz
Hz	Hertz
kHz	kiloHertz
MHz	MegaHertz
mW	milliWatt
ms	millisecond
MS/s	Mega Samples per second
N	Number of hopping frequencies
P	Power
P_{out}	RF Output Power
TxOff	Transmitter Off
TxOn	Transmitter On

3.3 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

AC	Alternating Current
AC/DC	Alternating Current/Direct Current
ACK	ACKnowledgement
BW	BandWidth
CCA	Clear Channel Assessment
CSD	Cyclic Shift Diversity
CW	Continuous Wave
DAA	Detect And Avoid
DC	Duty Cycle
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
EFTA	European Free Trade Association
e.i.r.p.	equivalent isotropically radiated power
e.r.p.	effective radiated power
FAR	Fully Anechoic Room
FER	Frame Error Rate
FFT	Fast Fourier Transformation
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
HT	High Throughput
LBT	Listen Before Talk
LPDA	Logarithmic Periodic Dipole Antenna
MCS	Modulation and Coding Scheme
MIMO	Multiple-Input/Multiple-Output
MS/s	Mega-Samples per second
MU	Medium Utilization
OATS	Open Air Test Site
OCBW	Occupied Channel Bandwidth
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OOB	Out Of Band
PER	Packet Error Rate
PFD	Power Flux Density
PSD	Power Spectral Density
RBW	Resolution BandWidth
RF	Radio Frequency
RMS	Root Mean Square
SAR	Semi Anechoic Room
TL	Threshold Level
Tx	Transmitter
UUT	Unit Under Test
UWB	Ultra Wide Band
VBW	Video BandWidth

4 Technical requirements specifications

4.1 Environmental profile

The technical requirements of the present document apply under the environmental profile for operation of the equipment, which shall be declared by the manufacturer. The equipment shall comply with all the technical requirements of the present document which are identified as applicable in annex A at all times when operating within the boundary limits of the declared operational environmental profile.

4.2 Equipment types

4.2.1 Wideband Data Transmission equipment types

The present document defines two categories of Wideband Data Transmission equipment:

- Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) equipment, further referred to as FHSS equipment.
- Other types of Wideband Data Transmission equipment, further referred to as non-FHSS equipment (e.g. DSSS, OFDM, etc.).

The manufacturer shall declare the equipment to be one of the above categories. See clause 5.4.1.

Equipment declared as the first category shall be subject to the requirements defined in clause 4.3.1.

Equipment declared as the second category shall be subject to the requirements defined in clause 4.3.2.

4.2.2 Adaptive and non-adaptive equipment

The present document covers both adaptive and non-adaptive equipment.

Adaptive equipment is capable of using an automatic mechanism which allows the equipment to adapt to its radio environment by identifying other transmissions on the operating frequency.

Non-adaptive equipment does not use such an automatic mechanism and hence is subject to certain restrictions with respect to using the medium (see clause 4.3.1.6 and clause 4.3.2.5 for Medium Utilization factor) in order to ensure sharing with other equipment.

Adaptive equipment may have more than one adaptive mode implemented. Adaptive equipment is allowed to operate in a non-adaptive mode. Equipment is allowed to switch between any of these modes.

Unless otherwise specified, the equipment shall comply with the corresponding requirements in each of the modes in which it can operate.

The manufacturer shall declare whether the equipment is adaptive equipment or non-adaptive equipment. In case of adaptive equipment, the manufacturer shall declare all adaptive modes in addition to whether the equipment can also operate in a non-adaptive mode. See also clause 5.4.1.

4.2.3 Receiver categories

4.2.3.1 Introduction

The present document covers different receiver categories for which different receiver requirements and/or corresponding limits apply.

The applicable receiver category(ies) defined by clause 4.2.3.2 shall be noted in the test report. Equipment intended to operate in different modes which would result in the equipment being categorized in different receiver categories, shall be compliant to the corresponding requirements for each applicable receiver category.

4.2.3.2 Categorization

4.2.3.2.1 Receiver category 1

The following equipment shall be categorized as receiver category 1 equipment:

- Adaptive equipment with a maximum RF output power greater than 10 dBm e.i.r.p.

NOTE: Non-adaptive equipment is categorized as receiver category 2 or receiver category 3.

4.2.3.2.2 Receiver category 2

The following equipment shall be categorized as receiver category 2 equipment:

- non-adaptive equipment with a Medium Utilization (MU) factor greater than 1 % and less than or equal to 10 % (irrespective of the maximum RF output power); or
- equipment (adaptive or non-adaptive) with a maximum RF output power greater than 0 dBm e.i.r.p. and less than or equal to 10 dBm e.i.r.p.

4.2.3.2.3 Receiver category 3

The following equipment shall be categorized as receiver category 3 equipment:

- non-adaptive equipment with a maximum Medium Utilization (MU) factor of 1 % (irrespective of the maximum RF output power); or
- equipment (adaptive or non-adaptive) with a maximum RF output power of 0 dBm e.i.r.p.

4.2.4 Antenna types

The equipment shall have either integral antennas or dedicated antennas. Dedicated antennas are to be assessed in combination with the equipment against the requirements in the present document.

4.3 Conformance requirements

4.3.1 Requirements for Frequency Hopping (FHSS) equipment

4.3.1.1 Introduction

For FHSS equipment, the requirements in clause 4.3.1.2 to clause 4.3.1.13 apply.

The requirements covered in clause 4.3.1 may be different depending on whether the FHSS equipment is adaptive FHSS equipment or non-adaptive FHSS equipment. Adaptive equipment which decided to operate in a non-adaptive mode on one or more hopping frequencies without the presence of interference, shall comply with the limit for Hopping Frequency Separation applicable to non-adaptive FHSS equipment (defined in clause 4.3.1.5.3.1, first paragraph) for these hopping frequencies as well as with all other requirements applicable to non-adaptive FHSS equipment.

4.3.1.2 RF output power

4.3.1.2.1 Applicability

This requirement applies to all types of FHSS equipment.

4.3.1.2.2 Definition

The RF output power is defined as the mean equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) of the equipment during a transmission burst.

4.3.1.2.3 Limit

The RF output power for FHSS equipment shall be equal to or less than 20 dBm.

NOTE: For Non-adaptive FHSS equipment, the manufacturer may have declared a reduced RF Output Power (see clause 5.4.1 m)) and associated Duty Cycle (see clause 5.4.1 e)) that will ensure that the equipment meets the requirement for the Medium Utilization (MU) factor further described in clause 4.3.1.6. This is verified by the conformance test referred to in clause 4.3.1.6.4.

For non-adaptive FHSS equipment, where the manufacturer has declared an RF output power lower than 20 dBm e.i.r.p., the RF output power shall be equal to or less than that declared value.

This limit shall apply for any combination of power level and intended antenna assembly.

4.3.1.2.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.2 and specifically in clause 5.4.2.2.1.2.

4.3.1.3 Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap

4.3.1.3.1 Applicability

These requirements apply to non-adaptive FHSS equipment or to adaptive FHSS equipment operating in a non-adaptive mode.

These requirements do not apply for equipment with a declared RF Output power of less than 10 dBm e.i.r.p. or for equipment when operating in a mode where the RF Output power is less than 10 dBm e.i.r.p.

4.3.1.3.2 Definition

Duty Cycle is defined as the ratio of the total transmitter 'on'-time to an observation period.

The observation period is equal to:

- the average dwell time multiplied by 100; or
- the average dwell time multiplied by 2 times the number of hopping frequencies (N);

whichever is the greater.

Tx-sequence is defined as a period in time during which a single or multiple transmissions may occur and which is followed by a Tx-gap. These multiple transmissions within a single Tx-sequence may take place on the same hopping frequency or on multiple hopping frequencies.

Tx-gap is defined as a period in time during which no transmissions occur on any of the hopping frequencies.

4.3.1.3.3 Limit

Non-adaptive FHSS equipment shall comply with the following:

- The Duty Cycle shall be equal to or less than the maximum value declared by the manufacturer.
- The maximum Tx-sequence time shall be 5 ms.
- The minimum Tx-gap time shall be 5 ms.

NOTE: For Non-adaptive FHSS equipment, the manufacturer may have declared a reduced RF Output Power (see clause 5.4.1 m)) and associated Duty Cycle (see clause 5.4.1 e)) that will ensure that the equipment meets the requirements for the Medium Utilization (MU) factors further described in clause 4.3.1.6. This is verified by the conformance test referred to in clause 4.3.1.6.4.

4.3.1.3.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.2 and specifically in clause 5.4.2.2.1.3.

4.3.1.4 Accumulated Transmit Time, Frequency Occupation and Hopping Sequence

4.3.1.4.1 Applicability

These requirements apply to all types of FHSS equipment.

4.3.1.4.2 Definition

The Accumulated Transmit Time is the total of the transmitter 'on'-times, during an observation period, on a particular hopping frequency.

The Frequency Occupation is the number of times that each hopping frequency is occupied within a given period. A hopping frequency is considered to be occupied when the equipment selects that frequency from the Hopping Sequence. FHSS equipment may be transmitting, receiving or stay idle during the dwell time spent on that hopping frequency.

The Hopping Sequence of a FHSS equipment is the pattern of the hopping frequencies used by the equipment.

4.3.1.4.3 Limit

4.3.1.4.3.1 Non-adaptive FHSS equipment

The Accumulated Transmit Time on any hopping frequency shall not be greater than 15 ms within any observation period of 15 ms multiplied by the minimum number of hopping frequencies (N) that have to be used.

In order for the FHSS equipment to comply with the Frequency Occupation requirement, it shall meet either of the following two options:

- Option 1: Each hopping frequency of the Hopping Sequence shall be occupied at least once within a period not exceeding four times the product of the dwell time and the number of hopping frequencies in use.
- Option 2: The probability that each hopping frequency is occupied shall be between $((1 / U) \times 25 \%)$ and 77 % where U is the number of hopping frequencies in use.

The Hopping Sequence(s) shall contain at least N hopping frequencies where N is either 5 or the result of 15 MHz divided by the minimum Hopping Frequency Separation in MHz, whichever is the greater.

NOTE: See also clause 4.3.1.5.3.1 for the Hopping Frequency Separation applicable to non-adaptive FHSS equipment.

Non-Adaptive FHSS equipment, may blacklist some but not all hopping frequencies. From the N hopping frequencies defined above, the equipment shall transmit on at least one hopping frequency. For the blacklisted frequencies, the equipment has to occupy these frequencies for the duration of the average dwell time (see also definition for blacklisted frequency in clause 3.1).

4.3.1.4.3.2 Adaptive FHSS equipment

Adaptive FHSS equipment shall be capable of operating over a minimum of 70 % of the band specified in table 1.

The Accumulated Transmit Time on any hopping frequency shall not be greater than 400 ms within any observation period of 400 ms multiplied by the minimum number of hopping frequencies (N) that have to be used.

In order for the FHSS equipment to comply with the Frequency Occupation requirement, it shall meet either of the following two options:

- Option 1: Each hopping frequency of the Hopping Sequence shall be occupied at least once within a period not exceeding four times the product of the dwell time and the number of hopping frequencies in use.
- Option 2: The occupation probability for each frequency shall be between $((1 / U) \times 25 \%)$ and 77 % where U is the number of hopping frequencies in use.

The Hopping Sequence(s) shall contain at least N hopping frequencies at all times, where N is either 15 or the result of 15 MHz divided by the minimum Hopping Frequency Separation in MHz, whichever is the greater.

NOTE: See also clause 4.3.1.5.3.2 for the Hopping Frequency Separation applicable to adaptive FHSS equipment.

For Adaptive FHSS equipment, from the N hopping frequencies defined above, the equipment shall consider at least one hopping frequency for its transmissions. Providing that there is no interference present on this hopping frequency with a level above the detection threshold defined in clause 4.3.1.7.2.2, point 5 or clause 4.3.1.7.3.2, point 5, then the equipment shall have transmissions on this hopping frequency. For Adaptive FHSS equipment using LBT, if a signal is detected during the CCA, the equipment may jump immediately to the next hopping frequency in the Hopping Sequence (see clause 4.3.1.7.2.2, point 2) provided the limit for Accumulated Transmit Time on the new hopping frequency is respected.

4.3.1.4.4 Conformance

The limits in clause 4.3.1.4.3 shall be verified using the conformance tests defined in clause 5.4.4. The information provided in clause 4.3.1.4.4 shall be taken into account during this verification. Alternatively, for demonstrating compliance with the Accumulated Transmit Time requirement, a statistical analysis may be provided that is able to demonstrate that the requirement can be met with a probability of 95 %. See clause 5.4.1.

For FHSS equipment implementing Option 1 in clause 4.3.1.4.3.1 or Option 1 in clause 4.3.1.4.3.2, in case compliance cannot be proven via measurements in clause 5.4.4.2.1, step 5 (as the Frequency Occupation in receive and idle modes cannot be measured), a statistical analysis shall be provided to demonstrate compliance with the Frequency Occupation requirement. This statistical analysis may be performed by simulation or mathematical analysis.

For FHSS equipment using Option 2 in clause 4.3.1.4.3.1 or Option 2 in clause 4.3.1.4.3.2, a statistical analysis shall be provided to demonstrate compliance with this requirement. This statistical analysis may be performed by simulation or mathematical analysis.

Where a statistical analysis has been provided, it shall be based on the known and/or measured parameters of the UUT. This analysis shall be included in the test report.

4.3.1.5 Hopping Frequency Separation

4.3.1.5.1 Applicability

This requirement applies to all types of FHSS equipment.

4.3.1.5.2 Definition

The Hopping Frequency Separation is the frequency separation between two adjacent hopping frequencies.

4.3.1.5.3 Limit

4.3.1.5.3.1 Non-adaptive FHSS equipment

For non-adaptive FHSS equipment, the Hopping Frequency Separation shall be equal to or greater than the Occupied Channel Bandwidth (see clause 4.3.1.8), with a minimum separation of 100 kHz.

For FHSS equipment with a maximum declared RF Output power level of less than 10 dBm e.i.r.p. or for non-adaptive FHSS equipment operating in a mode where the RF Output power is less than 10 dBm e.i.r.p., the Hopping Frequency Separation shall be equal to or greater than 100 kHz.

4.3.1.5.3.2 Adaptive FHSS equipment

For adaptive FHSS equipment, the minimum Hopping Frequency Separation shall be 100 kHz.

Adaptive FHSS equipment that switched to a non-adaptive mode for one or more hopping frequencies because interference was detected on each of these hopping frequencies with a level above the threshold level defined in clause 4.3.1.7.2.2, point 5 or clause 4.3.1.7.3.2, point 5, does not have to comply with the Hopping Frequency Separation provided in clause 4.3.1.5.3.1 for non-adaptive FHSS equipment. If the Hopping Frequency Separation is below the Occupied Channel Bandwidth but greater than 100 kHz, the equipment is allowed to continue to operate with this Hopping Frequency Separation as long as the interference remains present on these hopping frequencies. As this relaxed Hopping Frequency Separation only applies to adaptive FHSS equipment, the FHSS equipment shall continue to operate in an adaptive mode on all other hopping frequencies.

Adaptive FHSS equipment which decided to operate in a non-adaptive mode on one or more hopping frequencies without the presence of interference, shall comply with the limit for Hopping Frequency Separation for non-adaptive FHSS equipment defined in clause 4.3.1.5.3.1 (first paragraph) for these hopping frequencies.

4.3.1.5.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.5.

4.3.1.6 Medium Utilization (MU) factor

4.3.1.6.1 Applicability

This requirement does not apply to adaptive FHSS equipment unless operating in a non-adaptive mode.

In addition, this requirement does not apply for FHSS equipment with a maximum declared RF Output power level of less than 10 dBm e.i.r.p. or for FHSS equipment when operating in a mode where the RF Output power is less than 10 dBm e.i.r.p.

NOTE: Although this requirement does not apply to FHSS equipment with an RF Output power level of less than 10 dBm e.i.r.p. the actual value the Medium Utilization factor even for equipment operating at an RF Output power level of less than 10 dBm may be used elsewhere in the present document e.g. for defining the applicable receiver category in clause 4.2.3.2.

4.3.1.6.2 Definition

The Medium Utilization (MU) factor is a measure to quantify the amount of resources (Power and Time) used by non-adaptive equipment. The Medium Utilization factor is defined by the formula:

$$MU = (P_{\text{out}} / 100 \text{ mW}) \times DC$$

where: MU is Medium Utilization factor in %.

P_{out} is the RF output power as defined in clause 4.3.1.2.2 expressed in mW.

DC is the Duty Cycle as defined in clause 4.3.1.3.2 expressed in %.

The equipment may have a dynamic behaviour with regard to duty cycle and corresponding power level. See clause 5.4.1 e)).

For FHSS equipment that blacklists one or more hopping frequencies, these blacklisted frequencies are considered as active transmitting for the calculation of the MU factor of the equipment. See also clause 5.4.2.2.1.3, step 4, first bullet item and clause 5.4.2.2.1.4, step 3, first bullet item, second paragraph.

4.3.1.6.3 Limit

The maximum Medium Utilization factor for non-adaptive FHSS equipment shall be 10 %.

4.3.1.6.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.2 and specifically in clause 5.4.2.2.1.4.

4.3.1.7 Adaptivity (Adaptive FHSS)

4.3.1.7.1 Applicability

This requirement does not apply to non-adaptive FHSS equipment or adaptive FHSS equipment operating in a non-adaptive mode.

In addition, this requirement does not apply for FHSS equipment with a maximum declared RF Output power level of less than 10 dBm e.i.r.p. or for FHSS equipment when operating in a mode where the RF Output power is less than 10 dBm e.i.r.p.

Adaptive FHSS equipment uses a Detect And Avoid (DAA) mechanism which allows it to adapt to its radio environment by identifying frequencies that are being used by other equipment.

Adaptive FHSS equipment is allowed to have Short Control Signalling Transmissions without sensing the frequency for the presence of other signals. See clause 4.3.1.7.4.

Adaptive FHSS equipment shall implement either of the mechanisms provided in clause 4.3.1.7.2 or clause 4.3.1.7.3.

Adaptive FHSS equipment is allowed to switch dynamically between different adaptive modes.

4.3.1.7.2 Adaptive FHSS using LBT

4.3.1.7.2.1 Definition

Adaptive FHSS using LBT is a mechanism by which a given hopping frequency is made 'unavailable' because an interfering signal was detected before any transmission on that frequency.

4.3.1.7.2.2 Requirements & Limits

Adaptive FHSS equipment using LBT shall comply with the following minimum set of requirements:

- 1) At the start of every dwell time, before transmission on a hopping frequency, the equipment shall perform a Clear Channel Assessment (CCA) check using energy detect. The CCA observation time shall be not less than 0,2 % of the Channel Occupancy Time with a minimum of 18 μ s. If the equipment finds the hopping frequency to be clear, it may transmit immediately.
- 2) If it is determined that a signal is present with a level above the detection threshold defined in step 5 the hopping frequency shall be marked as 'unavailable'. Then the equipment may jump to the next frequency in the hopping scheme even before the end of the dwell time, but in that case the 'unavailable' channel cannot be considered as being 'occupied' and shall be disregarded with respect to the requirement of the minimum number of hopping frequencies as defined in clause 4.3.1.4.3.2. Alternatively, the equipment can remain on the frequency during the remainder of the dwell time. However, if the equipment remains on the frequency with the intention to transmit, it shall perform an Extended CCA check in which the (unavailable) channel is observed for a random duration between the value defined for the CCA observation time in step 1 and 5 % of the Channel Occupancy Time defined in step 3. If the Extended CCA check has determined the frequency to be no longer occupied, the hopping frequency becomes available again. If the Extended CCA time has determined the channel still to be occupied, it shall perform new Extended CCA checks until the channel is no longer occupied.
- 3) The total time during which an equipment has transmissions on a given hopping frequency without re-evaluating the availability of that frequency is defined as the Channel Occupancy Time. The Channel Occupancy Time for a given hopping frequency, which starts immediately after a successful CCA, shall be less than 60 ms followed by an Idle Period of minimum 5 % of the Channel Occupancy Time with a minimum of 100 μ s.

After the Idle Period has expired, the procedure as in step 1 shall be repeated before having new transmissions on this hopping frequency during the same dwell time.

EXAMPLE: An equipment with a dwell time of 400 ms can have 6 transmission sequences of 60 ms each, separated with an Idle Period of 3 ms. Each transmission sequence was preceded with a successful CCA check of 120 μ s.

For LBT based adaptive FHSS equipment with a dwell time < 60 ms, the maximum Channel Occupancy Time is limited by the dwell time.

- 4) 'Unavailable' channels may be removed from or may remain in the Hopping Sequence, but in any case:
 - apart from Short Control Signalling Transmissions referred to in clause 4.3.1.7.4, there shall be no transmissions on 'unavailable' channels;
 - a minimum of N hopping frequencies as defined in clause 4.3.1.4.3.2 shall always be maintained.

- 5) The detection threshold shall be proportional to the transmit power of the transmitter: for a 20 dBm e.i.r.p. transmitter the detection threshold level (TL) shall be equal to or less than -70 dBm/MHz at the input to the receiver assuming a 0 dBi (receive) antenna assembly. This threshold level (TL) may be corrected for the (receive) antenna assembly gain (G); however, beamforming gain (Y) shall not be taken into account. For power levels less than 20 dBm e.i.r.p., the detection threshold level may be relaxed to:

$$TL = -70 \text{ dBm/MHz} + 10 \times \log_{10} (100 \text{ mW} / P_{\text{out}}) \quad (P_{\text{out}} \text{ in mW e.i.r.p.})$$

- 6) The equipment shall comply with the requirements defined in step 1 to step 4 of the present clause in the presence of an unwanted CW signal as defined in table 2.

Table 2: Unwanted Signal parameters

Wanted signal mean power from companion device	Unwanted CW signal frequency (MHz)	Unwanted CW signal power (dBm)
sufficient to maintain the link (see note 2)	2 395 or 2 488,5 (see note 1)	-35 (see note 3)
NOTE 1: The highest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 400 MHz to 2 442 MHz, while the lowest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 442 MHz to 2 483,5 MHz. See clause 5.4.6.1.		
NOTE 2: A typical conducted value which can be used in most cases is -50 dBm/MHz.		
NOTE 3: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density (PFD) in front of the UUT antenna.		

4.3.1.7.2.3 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.6 and specifically in clause 5.4.6.2.1.2.

4.3.1.7.3 Adaptive FHSS using DAA

4.3.1.7.3.1 Definition

Adaptive FHSS using DAA is a mechanism by which a given hopping frequency is made 'unavailable' because an interfering signal was reported after transmissions on that frequency. This mechanism shall operate as intended in the presence of an unwanted signal on frequencies other than those of the operating band.

4.3.1.7.3.2 Requirements & Limits

Adaptive FHSS equipment using DAA, shall comply with the following minimum set of requirements:

- 1) During normal operation, the equipment shall evaluate the presence of a signal for each of its hopping frequencies. If it is determined that a signal is present with a level above the detection threshold defined in step 5 the hopping frequency shall be marked as 'unavailable'.
- 2) The hopping frequency shall remain unavailable for a minimum time equal to 1 second or 5 times the actual number of hopping frequencies in the current (adapted) channel map used by the equipment, multiplied with the Channel Occupancy Time whichever is greater. There shall be no transmissions during this silent period on this hopping frequency. After this, the hopping frequency may be considered again as an 'available' frequency.
- 3) The total time during which an equipment has transmissions on a given hopping frequency without re-evaluating the availability of that hopping frequency is defined as the Channel Occupancy Time.

The Channel Occupancy Time for a given hopping frequency shall be less than 40 ms. For equipment using a dwell time > 40 ms that wants to have other transmissions during the same hop (dwell time) an Idle Period (no transmissions) of minimum 5 % of the Channel Occupancy Period with a minimum of 100 µs shall be implemented.

After the Idle Period has expired, the equipment may continue its normal operation as explained in step 1.

EXAMPLE: An equipment with a dwell time of 400 ms can have 9 transmission sequences of 40 ms each, separated with an Idle Period of 2 ms.

For FHSS equipment using DAA with a dwell time < 40 ms, the maximum Channel Occupancy Time may be non-contiguous, i.e. spread over a number of Hopping Sequences (equal to 40 ms divided by the dwell time [ms]).

- 4) In case the 'unavailable' channels remain in the Hopping Sequence, apart from the Short Control Signalling Transmissions referred to in clause 4.3.1.7.4, there shall be no transmissions on these 'unavailable' channels. In case the 'unavailable channels' are removed from the Hopping Sequence, a minimum of N hopping frequencies as defined in clause 4.3.1.4.3.2 shall always be maintained.
- 5) The detection threshold shall be proportional to the transmit power of the transmitter: for a 20 dBm e.i.r.p. transmitter the detection threshold level (TL) shall be equal to or less than -70 dBm/MHz at the input to the receiver assuming a 0 dBi (receive) antenna assembly. This threshold level (TL) may be corrected for the (receive) antenna assembly gain (G); however, beamforming gain (Y) shall not be taken into account. For power levels below 20 dBm e.i.r.p., the detection threshold level may be relaxed to:

$$TL = -70 \text{ dBm/MHz} + 10 \times \log_{10} (100 \text{ mW} / P_{\text{out}}) \quad (P_{\text{out}} \text{ in mW e.i.r.p.})$$

- 6) The equipment shall comply with the requirements defined in step 1 to step 4 of the present clause in the presence of an unwanted CW signal as defined in table 3.

Table 3: Unwanted Signal parameters

Wanted signal mean power from companion device (dBm)	Unwanted signal frequency (MHz)	Unwanted CW signal power (dBm)
-30 (see note 2)	2 395 or 2 488,5 (see note 1)	-35 (see note 2)
NOTE 1: The highest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 400 MHz to 2 442 MHz, while the lowest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 442 MHz to 2 483,5 MHz. See clause 5.4.6.1.		
NOTE 2: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density in front of the UUT antenna (see example below).		

4.3.1.7.3.3 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.6 and specifically in clause 5.4.6.2.1.2.

4.3.1.7.4 Short Control Signalling Transmissions

4.3.1.7.4.1 Definition

Short Control Signalling Transmissions are transmissions used by Adaptive FHSS equipment to send management and control signals without sensing the hopping frequency for the presence of other signals.

Adaptive equipment may have Short Control Signalling Transmissions.

4.3.1.7.4.2 Limits

If implemented, Short Control Signalling Transmissions shall have a maximum TxOn / (TxOn + TxOff) ratio of 10 % within any observation period of 50 ms or within an observation period equal to the dwell time, whichever is less.

4.3.1.7.4.3 Conformance

The conformance tests for this requirement are part of the procedure for the Adaptivity testing defined in clause 5.4.6.2.1.2.

4.3.1.8 Occupied Channel Bandwidth

4.3.1.8.1 Applicability

This requirement applies to all types of FHSS equipment.

4.3.1.8.2 Definition

The Occupied Channel Bandwidth is the bandwidth that contains 99 % of the power of the signal when considering a single hopping frequency.

4.3.1.8.3 Limits

The Occupied Channel Bandwidth for each hopping frequency shall be within the band given in table 1.

In addition, for non-adaptive FHSS equipment with e.i.r.p. greater than 10 dBm, the Occupied Channel Bandwidth for every occupied hopping frequency shall be equal to or less than 5 MHz.

4.3.1.8.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.7.

4.3.1.9 Transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain

4.3.1.9.1 Applicability

This requirement applies to all types of FHSS equipment.

4.3.1.9.2 Definition

In the present document, transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain are emissions when the equipment is in Transmit mode, on frequencies immediately outside the allocated band, but excluding unwanted emissions in the spurious domain.

4.3.1.9.3 Limit

The transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain shall not exceed the values provided by the mask in figure 1.

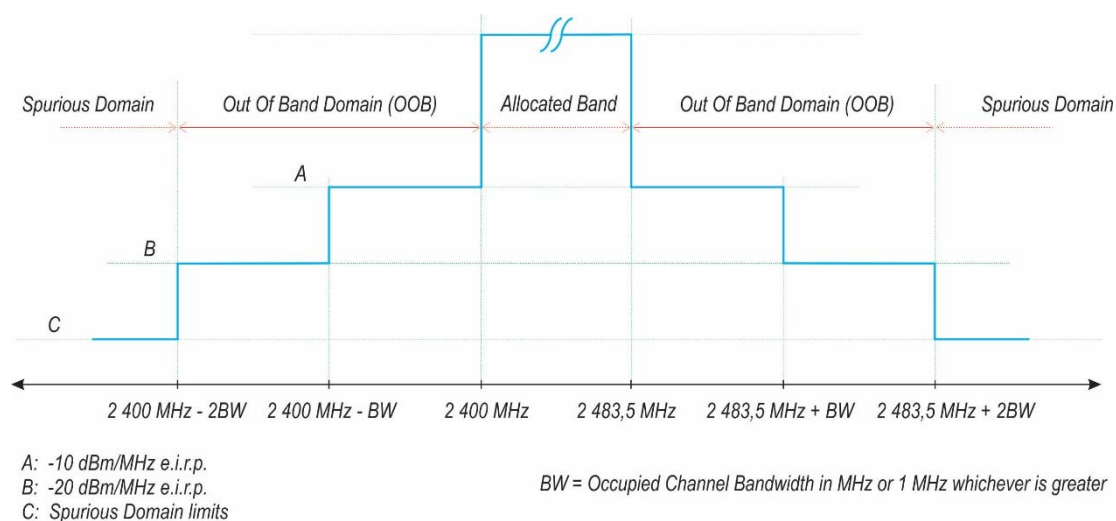


Figure 1: Transmit mask

4.3.1.9.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.8.

4.3.1.10 Transmitter unwanted emissions in the spurious domain

4.3.1.10.1 Applicability

This requirement applies to all types of FHSS equipment.

4.3.1.10.2 Definition

In the present document, transmitter unwanted emissions in the spurious domain are emissions outside the allocated band and outside the out-of-band domain as indicated in figure 1 when the equipment is in Transmit mode.

4.3.1.10.3 Limit

The transmitter unwanted emissions in the spurious domain shall not exceed the values given in table 4.

In case of equipment with antenna connectors, these limits apply to emissions at the antenna port (conducted). For emissions radiated by the cabinet or emissions radiated by integral antenna equipment (without antenna connectors), these limits are e.r.p. for emissions up to 1 GHz and e.i.r.p. for emissions above 1 GHz.

Table 4: Transmitter limits for spurious emissions

Frequency range	Maximum power	Bandwidth
30 MHz to 47 MHz	-36 dBm	100 kHz
47 MHz to 74 MHz	-54 dBm	100 kHz
74 MHz to 87,5 MHz	-36 dBm	100 kHz
87,5 MHz to 118 MHz	-54 dBm	100 kHz
118 MHz to 174 MHz	-36 dBm	100 kHz
174 MHz to 230 MHz	-54 dBm	100 kHz
230 MHz to 470 MHz	-36 dBm	100 kHz
470 MHz to 694 MHz	-54 dBm	100 kHz
694 MHz to 1 GHz	-36 dBm	100 kHz
1 GHz to 12,75 GHz	-30 dBm	1 MHz

4.3.1.10.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.9.

4.3.1.11 Receiver spurious emissions

4.3.1.11.1 Applicability

This requirement applies to all types of FHSS equipment.

4.3.1.11.2 Definition

Receiver spurious emissions are emissions at any frequency when the equipment is in receive mode.

4.3.1.11.3 Limit

The receiver spurious emissions shall not exceed the values given in table 5.

In case of FHSS equipment with antenna connectors, these limits apply to emissions at the antenna port (conducted). For emissions radiated by the cabinet or emissions radiated by integral antenna equipment (without antenna connectors), these limits are e.r.p. for emissions up to 1 GHz and e.i.r.p. for emissions above 1 GHz.

Table 5: Spurious emission limits for receivers

Frequency range	Maximum power	Bandwidth
30 MHz to 1 GHz	-57 dBm	100 kHz
1 GHz to 12,75 GHz	-47 dBm	1 MHz

4.3.1.11.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.10.

4.3.1.12 Receiver Blocking

4.3.1.12.1 Applicability

This requirement applies to all types of FHSS equipment.

4.3.1.12.2 Definition

Receiver blocking is a measure of the ability of the equipment to receive a wanted signal on its operating channel without exceeding a given degradation due to the presence of an unwanted input signal (blocking signal) on frequencies other than those of the operating band and spurious responses.

4.3.1.12.3 Performance Criteria

For equipment that supports a PER or FER test to be performed, the minimum performance criterion shall be a PER or FER less than or equal to 10 %.

For equipment that does not support a PER or a FER test to be performed, the minimum performance criterion shall be no loss of the wireless transmission function needed for the intended use of the equipment.

4.3.1.12.4 Limits

4.3.1.12.4.1 General

While maintaining the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3, the blocking levels at specified frequency offsets shall be equal to or greater than the limits defined for the applicable receiver category provided in table 6, table 7 or table 8.

4.3.1.12.4.2 Receiver Category 1

Table 6 contains the Receiver Blocking parameters for Receiver Category 1 equipment.

Table 6: Receiver Blocking parameters for Receiver Category 1 equipment

Wanted signal mean power from companion device (dBm) (see notes 1 and 4)	Blocking signal frequency (MHz)	Blocking signal power (dBm) (see note 4)	Type of blocking signal
(-133 dBm + 10 × log ₁₀ (OCBW)) or -68 dBm whichever is less (see note 2)	2 380 2 504	-34	CW
(-139 dBm + 10 × log ₁₀ (OCBW)) or -74 dBm whichever is less (see note 3)	2 300 2 330 2 360 2 524 2 584 2 674		
NOTE 1: OCBW is in Hz.			
NOTE 2: In case of radiated measurements using a companion device and the level of the wanted signal from the companion device cannot be determined, a relative test may be performed using a wanted signal up to P _{min} + 26 dB where P _{min} is the minimum level of wanted signal required to meet the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 in the absence of any blocking signal.			
NOTE 3: In case of radiated measurements using a companion device and the level of the wanted signal from the companion device cannot be determined, a relative test may be performed using a wanted signal up to P _{min} + 20 dB where P _{min} is the minimum level of wanted signal required to meet the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 in the absence of any blocking signal.			
NOTE 4: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density (PFD) in front of the UUT antenna with the UUT being configured/positioned as recorded in clause 5.4.3.2.2.			

4.3.1.12.4.3 Receiver Category 2

Table 7 contains the Receiver Blocking parameters for Receiver Category 2 equipment.

Table 7: Receiver Blocking parameters receiver Category 2 equipment

Wanted signal mean power from companion device (dBm) (see notes 1 and 3)	Blocking signal frequency (MHz)	Blocking signal power (dBm) (see note 3)	Type of blocking signal
(-139 dBm + 10 × log ₁₀ (OCBW) + 10 dB) or (-74 dBm + 10 dB) whichever is less (see note 2)	2 380 2 504 2 300 2 584	-34	CW
NOTE 1: OCBW is in Hz.			
NOTE 2: In case of radiated measurements using a companion device and the level of the wanted signal from the companion device cannot be determined, a relative test may be performed using a wanted signal up to P _{min} + 26 dB where P _{min} is the minimum level of wanted signal required to meet the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 in the absence of any blocking signal.			
NOTE 3: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density (PFD) in front of the UUT antenna with the UUT being configured/positioned as recorded in clause 5.4.3.2.2.			

4.3.1.12.4.4 Receiver Category 3

Table 8 contains the Receiver Blocking parameters for Receiver Category 3 equipment.

Table 8: Receiver Blocking parameters receiver Category 3 equipment

Wanted signal mean power from companion device (dBm) (see notes 1 and 3)	Blocking signal frequency (MHz)	Blocking signal power (dBm) (see note 3)	Type of blocking signal
(-139 dBm + 10 × log ₁₀ (OCBW) + 20 dB) or (-74 dBm + 20 dB) whichever is less (see note 2)	2 380 2 504 2 300 2 584	-34	CW
NOTE 1: OCBW is in Hz. NOTE 2: In case of radiated measurements using a companion device and the level of the wanted signal from the companion device cannot be determined, a relative the test may be performed using a wanted signal up to P _{min} + 30 dB where P _{min} is the minimum level of wanted signal required to meet the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 in the absence of any blocking signal. NOTE 3: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density (PFD) in front of the UUT antenna with the UUT being configured/positioned as recorded in clause 5.4.3.2.2.			

4.3.1.12.5 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.11.

4.3.1.13 Geo-location capability

4.3.1.13.1 Applicability

This requirement only applies to FHSS equipment with geo-location capability as defined in clause 4.3.1.13.2.

4.3.1.13.2 Definition

Geo-location capability is a feature of the equipment to determine its geographical location with the purpose to configure itself according to the regulatory requirements applicable at the geographical location where it operates.

The geo-location capability may be present in the equipment or in an external device (temporary) associated with the equipment operating at the same geographical location during the initial power up of the equipment. The geographical location may also be available in equipment already installed and operating at the same geographical location.

4.3.1.13.3 Requirements

The geographical location determined by the FHSS equipment as defined in clause 4.3.1.13.2 shall not be accessible to the user in a way that would allow the user to alter it.

4.3.2 Requirements for other types of Wideband Data Transmission equipment (non-FHSS equipment)

4.3.2.1 Introduction

Wideband Data Transmission equipment different from FHSS equipment typically operates on a fixed frequency. This equipment shall comply with the requirements in clause 4.3.2.2 to clause 4.3.2.12.

Non-FHSS equipment is allowed to change its normal operating frequency when interference is detected, or to prevent causing interference into other equipment or for frequency planning purposes.

4.3.2.2 RF output power

4.3.2.2.1 Applicability

This requirement applies to all types of non-FHSS equipment.

4.3.2.2.2 Definition

The RF output power is defined as the mean equivalent isotropic radiated power (e.i.r.p.) of the equipment during a transmission burst.

4.3.2.2.3 Limit

The RF output power for non-FHSS equipment shall be equal to or less than 20 dBm.

NOTE: For Non-adaptive FHSS equipment, the manufacturer may have declared a reduced RF Output Power (see clause 5.4.1 m)) and associated Duty Cycle (see clause 5.4.1 e)) that will ensure that the equipment meets the requirement for the Medium Utilization (MU) factor further described in clause 4.3.2.5. This is verified by the conformance test referred to in clause 4.3.2.5.4.

For non-adaptive non-FHSS equipment, where the manufacturer has declared an RF output power of less than 20 dBm e.i.r.p., the RF output power shall be equal to or less than that declared value.

This limit shall apply for any combination of power level and intended antenna assembly.

4.3.2.2.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.2 and specifically, in clause 5.4.2.2.1.2.

4.3.2.3 Power Spectral Density

4.3.2.3.1 Applicability

This requirement applies to all types of non-FHSS equipment.

4.3.2.3.2 Definition

The Power Spectral Density (PSD) is the mean equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) spectral density in a 1 MHz bandwidth during a transmission burst.

4.3.2.3.3 Limit

The maximum Power Spectral Density for non-FHSS equipment is 10 dBm per MHz.

4.3.2.3.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.3.

4.3.2.4 Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap

4.3.2.4.1 Applicability

These requirements apply to non-adaptive equipment or to adaptive equipment when operating in a non-adaptive mode. The equipment is non-FHSS equipment.

These requirements do not apply for equipment with a declared RF Output power level of less than 10 dBm e.i.r.p. or for equipment when operating in a mode where the RF Output power is less than 10 dBm e.i.r.p.

4.3.2.4.2 Definition

Duty Cycle is defined as the ratio of the total transmitter 'on'-time to a 1 second observation period.

Tx-sequence is defined as a period in time during which a single or multiple transmissions may occur and which is followed by a Tx-gap.

Tx-gap is defined as a period in time during which no transmissions occur.

4.3.2.4.3 Limit

Non-FHSS equipment shall comply with the following:

- The Duty Cycle shall be equal to or less than the maximum value declared by the manufacturer.
- The Tx-sequence time shall be equal to or less than 10 ms.
- The minimum Tx-gap time following a Tx-sequence shall be equal to the duration of that preceding Tx-sequence with a minimum of 3,5 ms.

NOTE: For Non-adaptive FHSS equipment, the manufacturer may have declared a reduced RF Output Power (see clause 5.4.1 m)) and associated Duty Cycle (see clause 5.4.1 e)) that will ensure that the equipment meets the requirement for the Medium Utilization (MU) factor further described in clause 4.3.2.5. This is verified by the conformance test referred to in clause 4.3.2.5.4.

4.3.2.4.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.2 and specifically in clause 5.4.2.2.1.3.

4.3.2.5 Medium Utilization (MU) factor

4.3.2.5.1 Applicability

This requirement does not apply to adaptive non-FHSS equipment unless operating in a non-adaptive mode.

In addition, this requirement does not apply for non-FHSS equipment with a maximum declared RF Output power level of less than 10 dBm e.i.r.p. or for non-FHSS equipment when operating in a mode where the RF Output power is less than 10 dBm e.i.r.p.

NOTE: Although this requirement does not apply to non-FHSS equipment with an RF Output power level of less than 10 dBm e.i.r.p. the actual value the Medium Utilization factor even for equipment operating at an RF Output power level of less than 10 dBm may be used elsewhere in the present document e.g. for defining the applicable receiver category in clause 4.2.3.2.

4.3.2.5.2 Definition

The Medium Utilization (MU) factor is a measure to quantify the amount of resources (Power and Time) used by non-adaptive equipment. The Medium Utilization factor is defined by the formula:

$$MU = (P_{\text{out}} / 100 \text{ mW}) \times DC$$

where: MU is Medium Utilization.

P_{out} is the RF output power as defined in clause 4.3.2.2.2 expressed in mW.

DC is the Duty Cycle as defined in clause 4.3.2.4.2 expressed in %.

The equipment may have a dynamic behaviour with regard to duty cycle and corresponding power level. See clause 5.4.1 e)).

4.3.2.5.3 Limit

The maximum Medium Utilization factor for non-adaptive non-FHSS equipment shall be 10 %.

4.3.2.5.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.2 and specifically in clause 5.4.2.2.1.4.

4.3.2.6 Adaptivity (non-FHSS)

4.3.2.6.1 Applicability

This requirement does not apply to non-adaptive non-FHSS equipment or adaptive non-FHSS equipment operating in a non-adaptive mode.

In addition, this requirement does not apply for non-FHSS equipment with a maximum declared RF Output power level of less than 10 dBm e.i.r.p. or for non-FHSS equipment when operating in a mode where the RF Output power is less than 10 dBm e.i.r.p.

Adaptive non-FHSS equipment uses a mechanism by which it can adapt to its radio environment by identifying other transmissions present within its Occupied Channel Bandwidth.

Adaptive non-FHSS equipment shall implement either of the mechanisms provided in clause 4.3.2.6.2 or clause 4.3.2.6.3.

Adaptive non-FHSS equipment is allowed to switch dynamically between different adaptive modes.

4.3.2.6.2 Adaptive non-FHSS using DAA

4.3.2.6.2.1 Definition

Adaptive non-FHSS using DAA is a mechanism for non-FHSS equipment by which a given channel is made 'unavailable' because an interfering signal was reported after the transmission in that channel.

4.3.2.6.2.2 Requirements & Limits

Adaptive non-FHSS equipment using DAA shall comply with the following minimum set of requirements:

- 1) During normal operation, the equipment shall evaluate the presence of a signal on its current operating channel(s). If it is determined that a signal is present with a level above the detection threshold defined in step 5 that channel shall be marked as 'unavailable'.
- 2) The channel(s) shall remain unavailable for a minimum time equal to 1 s after which the channel may be considered again as an 'available' channel.
- 3) The total time during which an equipment has transmissions on a given channel without re-evaluating the availability of that channel, is defined as the Channel Occupancy Time. The Channel Occupancy Time shall be less than 40 ms. Each such transmission sequence shall be followed by an Idle Period (no transmissions) of minimum 5 % of the Channel Occupancy Time with a minimum of 100 μ s. After this, the procedure as in step 1 needs to be repeated.
- 4) The detection threshold shall be proportional to the transmit power of the transmitter: for a 20 dBm e.i.r.p. transmitter the detection threshold level (TL) shall be equal to or less than -70 dBm/MHz at the input to the receiver assuming a 0 dBi (receive) antenna assembly. This threshold level (TL) may be corrected for the (receive) antenna assembly gain (G); however, beamforming gain (Y) shall not be taken into account. For power levels less than 20 dBm e.i.r.p., the detection threshold level may be relaxed to:

$$TL = -70 \text{ dBm/MHz} + 10 \times \log_{10} (100 \text{ mW} / P_{\text{out}}) \quad (P_{\text{out}} \text{ in mW e.i.r.p.})$$

- 5) The equipment shall comply with the requirements defined in step 1 to step 4 of the present clause in the presence of an unwanted CW signal as defined in table 9.

Table 9: Unwanted Signal parameters

Wanted signal mean power from companion device (dBm)	Unwanted signal frequency (MHz)	Unwanted CW signal power (dBm)
-30 (see note 2)	2 395 or 2 488,5 (see note 1)	-35 (see note 2)
<p>NOTE 1: The highest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 400 MHz to 2 442 MHz, while the lowest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 442 MHz to 2 483,5 MHz. See clause 5.4.6.1.</p> <p>NOTE 2: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density in front of the UUT antenna.</p>		

4.3.2.6.2.3 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.6 and specifically in clause 5.4.6.2.1.3.

4.3.2.6.3 Adaptive non-FHSS using LBT

4.3.2.6.3.1 Definition

Adaptive non-FHSS using LBT is a mechanism by which non-FHSS adaptive equipment avoids transmissions in a channel in the presence of an interfering signal in that channel. This mechanism shall operate as intended in the presence of an unwanted signal on frequencies other than those of the operating band.

4.3.2.6.3.2 Requirements & Limits

4.3.2.6.3.2.1 Introduction

The present document defines two types of adaptive non-FHSS equipment that uses an LBT mechanism: Frame Based Equipment and Load Based Equipment.

Adaptive non-FHSS equipment which is capable of operating as either Load Based Equipment or as Frame Based Equipment is allowed to switch dynamically between these types of operation.

4.3.2.6.3.2.2 Frame Based Equipment

Frame Based Equipment shall comply with the following requirements:

- 1) Before transmission, the equipment shall perform a Clear Channel Assessment (CCA) check using energy detect. The equipment shall observe the operating channel for the duration of the CCA observation time which shall be not less than 18 μ s. The channel shall be considered occupied if the energy level in the channel exceeds the threshold given in step 5 below. If the equipment finds the channel to be clear, it may transmit immediately. See figure 2.
- 2) If the equipment finds the channel occupied, it shall not transmit on this channel during the next Frame Period.

The equipment is allowed to switch to a non-adaptive mode and to continue transmissions on this channel providing it complies with the requirements applicable to non-adaptive equipment. See clause 4.3.2.6.1. Alternatively, the equipment is also allowed to continue Short Control Signalling Transmissions on this channel providing it complies with the requirements given in clause 4.3.2.6.4.
- 3) The total time during which an equipment has transmissions on a given channel without re-evaluating the availability of that channel, is defined as the Channel Occupancy Time. The Channel Occupancy Time shall be in the range 1 ms to 10 ms followed by an Idle Period of at least 5 % of the Channel Occupancy Time used in the equipment for the current Frame Period. See figure 2.

- 4) An equipment, upon correct reception of a transmission which was intended for this equipment can skip CCA and immediately (see also next paragraph) proceed with the transmission of management and control frames. A consecutive sequence of such transmissions by the equipment without a new CCA shall not exceed the maximum Channel Occupancy Time.

For the purpose of multi-cast, the ACK transmissions (associated with the same data packet) of the individual devices are allowed to take place in a sequence.

- 5) The energy detection threshold for the CCA shall be proportional to the transmit power of the transmitter: for a 20 dBm e.i.r.p. transmitter the CCA threshold level (TL) shall be equal to or less than -70 dBm/MHz at the input to the receiver assuming a 0 dBi (receive) antenna assembly. This threshold level (TL) may be corrected for the (receive) antenna assembly gain (G); however, beamforming gain (Y) shall not be taken into account. For power levels less than 20 dBm e.i.r.p. the CCA threshold level may be relaxed to:

$$TL = -70 \text{ dBm/MHz} + 10 \times \log_{10} (100 \text{ mW} / P_{\text{out}}) \quad (P_{\text{out}} \text{ in mW e.i.r.p.})$$

- 6) The equipment shall comply with the requirements defined in step 1 to step 4 in the present clause in the presence of an unwanted CW signal as defined in table 10.

Table 10: Unwanted Signal parameters

Wanted signal mean power from companion device	Unwanted signal frequency (MHz)	Unwanted signal power (dBm)
sufficient to maintain the link (see note 2)	2 395 or 2 488,5 (see note 1)	-35 (see note 3)
NOTE 1: The highest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 400 MHz to 2 442 MHz, while the lowest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 442 MHz to 2 483,5 MHz. See clause 5.4.6.1. NOTE 2: A typical conducted value which can be used in most cases is -50 dBm/MHz. NOTE 3: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density in front of the UUT antenna.		

An example of the timing for Frame Based Equipment is provided in figure 2.

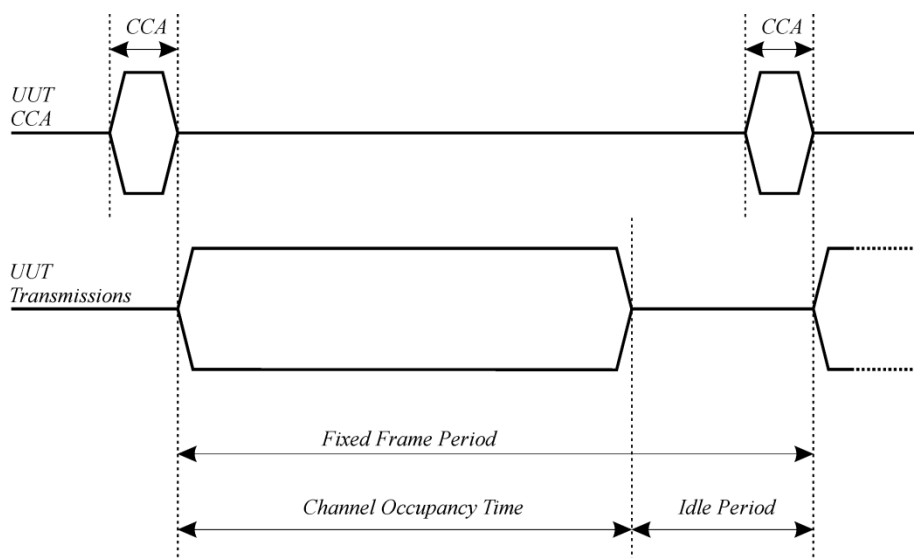


Figure 2: Example of timing for Frame Based Equipment

4.3.2.6.3.2.3 Load Based Equipment

Load Based Equipment may implement an LBT based spectrum sharing mechanism based on the Clear Channel Assessment (CCA) mode using energy detect as described in IEEE 802.11™ [i.3], clause 10 clause 11, clause 15, clause 16, clause 18 and clause 19, or in IEEE 802.15.4™ [i.4], clause 5, clause 6 and clause 10 providing the equipment complies with the conformance requirements referred to in clause 4.3.2.6.3.4. Load Based Equipment not using any of the mechanisms referenced above shall comply with the following minimum set of requirements:

- 1) Before a transmission or a burst of transmissions, the equipment shall perform a Clear Channel Assessment (CCA) check using energy detect. The equipment shall observe the operating channel for the duration of the CCA observation time which shall be not less than 18 μ s. The channel shall be considered occupied if the energy level in the channel exceeds the threshold given in step 5 below. If the equipment finds the channel to be clear, it may transmit immediately.
- 2) If the equipment finds the channel occupied, it shall not transmit on this channel (see also the next paragraph). The equipment shall perform an Extended CCA check in which the channel is observed for a random duration in the range between 18 μ s and at least 160 μ s. If the extended CCA check has determined the channel to be no longer occupied, the equipment may resume transmissions on this channel. If the Extended CCA time has determined the channel still to be occupied, it shall perform new Extended CCA checks until the channel is no longer occupied.

NOTE: The Idle Period in between transmissions is considered to be the CCA or the Extended CCA check as there are no transmissions during this period.

The equipment is allowed to switch to a non-adaptive mode and to continue transmissions on this channel providing it complies with the requirements applicable to non-adaptive equipment. Alternatively, the equipment is also allowed to continue Short Control Signalling Transmissions on this channel providing it complies with the requirements given in clause 4.3.2.6.4.

- 3) The total time that an equipment makes use of a RF channel is defined as the Channel Occupancy Time. This Channel Occupancy Time shall be less than 13 ms, after which the device shall perform a new CCA as described in step 1 above.
- 4) The equipment, upon correct reception of a transmission which was intended for this equipment can skip CCA and immediately (see also next paragraph) proceed with the transmission of management and control frames. A consecutive sequence of transmissions by the equipment without a new CCA shall not exceed the maximum channel occupancy time as defined in step 3 above.

For the purpose of multi-cast, the ACK transmissions (associated with the same data packet) of the individual devices are allowed to take place in a sequence.

- 5) The energy detection threshold for the CCA shall be proportional to the transmit power of the transmitter: for a 20 dBm e.i.r.p. transmitter the CCA threshold level (TL) shall be equal to or less than -70 dBm/MHz at the input to the receiver assuming a 0 dBi (receive) antenna assembly. This threshold level (TL) may be corrected for the (receive) antenna assembly gain (G); however, beamforming gain (Y) shall not be taken into account. For power levels less than 20 dBm e.i.r.p., the CCA threshold level may be relaxed to:

$$TL = -70 \text{ dBm/MHz} + 10 \times \log_{10} (100 \text{ mW} / P_{\text{out}}) \quad (P_{\text{out}} \text{ in mW e.i.r.p.})$$

- 6) The equipment shall comply with the requirements defined in step 1 to step 4 of the present clause in the presence of an unwanted CW signal as defined in table 11.

Table 11: Unwanted Signal parameters

Wanted signal mean power from companion device	Unwanted signal frequency (MHz)	Unwanted signal power (dBm)
sufficient to maintain the link (see note 2)	2 395 or 2 488,5 (see note 1)	-35 (see note 3)
<p>NOTE 1: The highest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 400 MHz to 2 442 MHz, while the lowest frequency shall be used for testing operating channels within the range 2 442 MHz to 2 483,5 MHz. See clause 5.4.6.1.</p> <p>NOTE 2: A typical conducted value which can be used in most cases is -50 dBm/MHz.</p> <p>NOTE 3: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density (PFD) in front of the UUT antenna.</p>		

4.3.2.6.3.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.6 and specifically in clause 5.4.6.2.1.4.

4.3.2.6.4 Short Control Signalling Transmissions

4.3.2.6.4.1 Definition

Short Control Signalling Transmissions are transmissions used by adaptive non-FHSS equipment to send control and management signals without sensing the operating channel for the presence of other signals.

Adaptive equipment may have Short Control Signalling Transmissions.

4.3.2.6.4.2 Limits

If implemented, Short Control Signalling Transmissions of adaptive non-FHSS equipment shall have a maximum TxOn / (TxOn + TxOff) ratio of 10 % within any observation period of 50 ms.

NOTE: Duty Cycle is defined in clause 4.3.2.4.2.

4.3.2.6.4.3 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.6.2.1.3 (for DAA based adaptive non-FHSS equipment) or clause 5.4.6.2.1.4 (for LBT based adaptive non-FHSS equipment).

4.3.2.7 Occupied Channel Bandwidth

4.3.2.7.1 Applicability

This requirement applies to all types of non-FHSS equipment.

4.3.2.7.2 Definition

The Occupied Channel Bandwidth is the bandwidth that contains 99 % of the power of the signal.

4.3.2.7.3 Limits

The Occupied Channel Bandwidth shall be within the band given in table 1.

In addition, for non-adaptive non-FHSS equipment with e.i.r.p. greater than 10 dBm, the Occupied Channel Bandwidth shall be equal to or less than 20 MHz.

4.3.2.7.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.7.

4.3.2.8 Transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain

4.3.2.8.1 Applicability

This requirement applies to all types of non-FHSS equipment.

4.3.2.8.2 Definition

In the present document, transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain are emissions when the equipment is in Transmit mode, on frequencies immediately outside the allocated band, but excluding unwanted emissions in the spurious domain.

4.3.2.8.3 Limit

The transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain shall not exceed the values provided by the mask in figure 3.

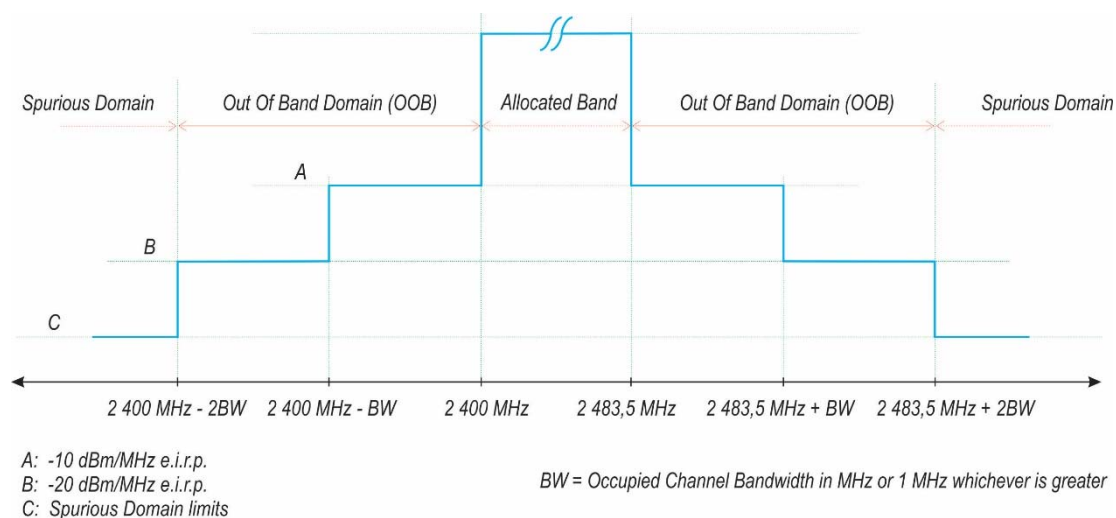


Figure 3: Transmit mask

4.3.2.8.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.8.

4.3.2.9 Transmitter unwanted emissions in the spurious domain

4.3.2.9.1 Applicability

This requirement applies to all types of non-FHSS equipment.

4.3.2.9.2 Definition

In the present document, transmitter unwanted emissions in the spurious domain are emissions outside the allocated band and outside the Out-of-band Domain as indicated in figure 3 when the equipment is in Transmit mode.

4.3.2.9.3 Limit

The transmitter unwanted emissions in the spurious domain shall not exceed the values given in table 12.

In case of equipment with antenna connectors, these limits apply to emissions at the antenna port (conducted). For emissions radiated by the cabinet or emissions radiated by integral antenna equipment (without antenna connectors), these limits are e.r.p. for emissions up to 1 GHz and as e.i.r.p. for emissions above 1 GHz.

Table 12: Transmitter limits for spurious emissions

Frequency range	Maximum power	Bandwidth
30 MHz to 47 MHz	-36 dBm	100 kHz
47 MHz to 74 MHz	-54 dBm	100 kHz
74 MHz to 87,5 MHz	-36 dBm	100 kHz
87,5 MHz to 118 MHz	-54 dBm	100 kHz
118 MHz to 174 MHz	-36 dBm	100 kHz
174 MHz to 230 MHz	-54 dBm	100 kHz
230 MHz to 470 MHz	-36 dBm	100 kHz
470 MHz to 694 MHz	-54 dBm	100 kHz
694 MHz to 1 GHz	-36 dBm	100 kHz
1 GHz to 12,75 GHz	-30 dBm	1 MHz

4.3.2.9.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.9.

4.3.2.10 Receiver spurious emissions

4.3.2.10.1 Applicability

This requirement applies to all types of non-FHSS equipment.

4.3.2.10.2 Definition

Receiver spurious emissions are emissions at any frequency when the equipment is in receive mode.

4.3.2.10.3 Limit

The spurious emissions of the receiver shall not exceed the values given in table 13.

In case of non-FHSS equipment with antenna connectors, these limits apply to emissions at the antenna port (conducted). For emissions radiated by the cabinet or for emissions radiated by integral antenna equipment (without antenna connectors), these limits are e.r.p. for emissions up to 1 GHz and e.i.r.p. for emissions above 1 GHz.

Table 13: Spurious emission limits for receivers

Frequency range	Maximum power	Bandwidth
30 MHz to 1 GHz	-57 dBm	100 kHz
1 GHz to 12,75 GHz	-47 dBm	1 MHz

4.3.2.10.4 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.10.

4.3.2.11 Receiver Blocking

4.3.2.11.1 Applicability

This requirement applies to all types of non-FHSS equipment.

4.3.2.11.2 Definition

Receiver blocking is a measure of the ability of the equipment to receive a wanted signal on its operating channel without exceeding a given degradation due to the presence of an unwanted input signal (blocking signal) at frequencies other than those of the operating band and spurious responses.

4.3.2.11.3 Performance Criteria

For equipment that supports a PER or FER test to be performed, the minimum performance criterion shall be a PER or FER less than or equal to 10 %.

For equipment that does not support a PER or a FER test to be performed, the minimum performance criterion shall be no loss of the wireless transmission function needed for the intended use of the equipment.

4.3.2.11.4 Limits

4.3.2.11.4.1 General

While maintaining the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.2.11.3, the blocking levels at specified frequency offsets shall be equal to or greater than the limits defined for the applicable receiver category provided in table 14, table 15 or table 16.

4.3.2.11.4.2 Receiver Category 1

Table 14 contains the Receiver Blocking parameters for Receiver Category 1 equipment.

Table 14: Receiver Blocking parameters for Receiver Category 1 equipment

Wanted signal mean power from companion device (dBm) (see notes 1 and 4)	Blocking signal frequency (MHz)	Blocking signal power (dBm) (see note 4)	Type of blocking signal
(-133 dBm + 10 × log ₁₀ (OCBW)) or -68 dBm whichever is less (see note 2)	2 380 2 504	-34	CW
(-139 dBm + 10 × log ₁₀ (OCBW)) or -74 dBm whichever is less (see note 3)	2 300 2 330 2 360 2 524 2 584 2 674		
NOTE 1: OCBW is in Hz.			
NOTE 2: In case of radiated measurements using a companion device and the level of the wanted signal from the companion device cannot be determined, a relative test may be performed using a wanted signal up to P _{min} + 26 dB where P _{min} is the minimum level of wanted signal required to meet the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 in the absence of any blocking signal.			
NOTE 3: In case of radiated measurements using a companion device and the level of the wanted signal from the companion device cannot be determined, a relative test may be performed using a wanted signal up to P _{min} + 20 dB where P _{min} is the minimum level of wanted signal required to meet the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 in the absence of any blocking signal.			
NOTE 4: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density (PFD) in front of the UUT antenna with the UUT being configured/positioned as recorded in clause 5.4.3.2.2.			

4.3.2.11.4.3 Receiver Category 2

Table 15 contains the Receiver Blocking parameters for Receiver Category 2 equipment.

Table 15: Receiver Blocking parameters receiver Category 2 equipment

Wanted signal mean power from companion device (dBm) (see notes 1 and 3)	Blocking signal frequency (MHz)	Blocking signal power (dBm) (see note 3)	Type of blocking signal
(-139 dBm + 10 × log ₁₀ (OCBW) + 10 dB) or (-74 dBm + 10 dB) whichever is less (see note 2)	2 380 2 504 2 300 2 584	-34	CW
NOTE 1: OCBW is in Hz. NOTE 2: In case of radiated measurements using a companion device and the level of the wanted signal from the companion device cannot be determined, a relative test may be performed using a wanted signal up to P _{min} + 26 dB where P _{min} is the minimum level of wanted signal required to meet the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 in the absence of any blocking signal. NOTE 3: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density (PFD) in front of the UUT antenna with the UUT being configured/positioned as recorded in clause 5.4.3.2.2.			

4.3.2.11.4.4 Receiver Category 3

Table 16 contains the Receiver Blocking parameters for Receiver Category 3 equipment.

Table 16: Receiver Blocking parameters receiver Category 3 equipment

Wanted signal mean power from companion device (dBm) (see notes 1 and 3)	Blocking signal frequency (MHz)	Blocking signal power (dBm) (see note 3)	Type of blocking signal
(-139 dBm + 10 × log ₁₀ (OCBW) + 20 dB) or (-74 dBm + 20 dB) whichever is less (see note 2)	2 380 2 504 2 300 2 584	-34	CW
NOTE 1: OCBW is in Hz. NOTE 2: In case of radiated measurements using a companion device and the level of the wanted signal from the companion device cannot be determined, a relative test may be performed using a wanted signal up to P _{min} + 30 dB where P _{min} is the minimum level of wanted signal required to meet the minimum performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 in the absence of any blocking signal. NOTE 3: The level specified is the level at the UUT receiver input assuming a 0 dBi antenna assembly gain. In case of conducted measurements, this level has to be corrected for the (in-band) antenna assembly gain (G). In case of radiated measurements, this level is equivalent to a power flux density (PFD) in front of the UUT antenna with the UUT being configured/positioned as recorded in clause 5.4.3.2.2.			

4.3.2.11.5 Conformance

The conformance tests for this requirement are defined in clause 5.4.11.

4.3.2.12 Geo-location capability

4.3.2.12.1 Applicability

This requirement only applies to non-FHSS equipment with geo-location capability as defined in clause 4.3.2.12.2.

4.3.2.12.2 Definition

Geo-location capability is a feature of the equipment to determine its geographical location with the purpose to configure itself according to the regulatory requirements applicable at the geographical location where it operates.

The geo-location capability may be present in the equipment or in an external device (temporary) associated with the equipment operating at the same geographical location during the initial power up of the equipment. The geographical location may also be available in equipment already installed and operating at the same geographical location.

4.3.2.12.3 Requirements

The geographical location determined by the non-FHSS equipment as defined in clause 4.3.2.12.2 shall not be accessible to the user in a way that would allow the user to alter it.

5 Testing for compliance with technical requirements

5.1 Environmental conditions for testing

5.1.1 Introduction

Tests defined in the present document shall be carried out at representative points within the boundary limits of the declared operational environmental profile.

Where technical performance varies subject to environmental conditions, tests shall be carried out under a sufficient variety of environmental conditions (within the boundary limits of the declared operational environmental profile) to give confidence of compliance for the affected technical requirements.

For each test defined in the present document, the environmental condition(s) at which the test has to be performed is specified in the clause on test conditions for that particular test.

5.1.2 Normal test conditions

5.1.2.1 Normal temperature and humidity

The normal temperature and humidity conditions for tests shall be any convenient combination of temperature and humidity within the following ranges:

- temperature: +15 °C to +35 °C;
- relative humidity: 20 % to 75 %.

The actual values during the tests shall be recorded.

5.1.2.2 Normal power source

The normal test voltage for the equipment shall be the nominal voltage for which the equipment was designed.

5.1.3 Extreme test conditions

Some tests in the present document need to be repeated at extreme temperatures. Where that is the case, measurements shall be made over the extremes of the operating temperature range as declared by the manufacturer.

5.2 Void

5.3 Definition of other test conditions

5.3.1 Test mode

Unless otherwise specified, the measurements shall be performed using normal operation of the equipment.

The equipment shall be operated under its worst case configuration (for example modulation, bandwidth, data rate, power) with regards to the requirement to be tested. For each of the requirements in the present document, this worst case configuration shall be determined and declared by the manufacturer (see clause 5.4.1 f)) and documented in the test report. Measurement of multiple data sets may be required in order to determine the worst case for each of the requirements. Special software may be used to operate the equipment in this mode.

For FHSS equipment the equipment should allow specific hopping frequencies to be selected manually to facilitate some of the tests to be performed.

5.3.2 Antennas and transmit operating modes

5.3.2.1 Integrated and dedicated antennas

As specified in clause 4.2.4, equipment can have either integral antennas or dedicated antennas. Dedicated antennas are assessed in combination with the equipment against the requirements in the present document.

An antenna assembly referred to in the present document is understood as the combination of the antenna (integral or dedicated), its feeder (e.g. coaxial cable) and if applicable, its antenna connector and associated switching components. The gain of an antenna assembly (G) in dBi, does not include the additional gain that may result out of beamforming.

Although the measurement methods in the present document allow conducted measurements to be performed, it should be noted that the equipment together with all its intended antenna assemblies shall comply with the applicable technical requirements defined in the present document.

5.3.2.2 Smart antenna systems and related operating modes

5.3.2.2.1 Introduction

Smart antenna systems may use beamforming techniques which may result in additional (antenna) gain. This beamforming gain (Y) is specified in dB. The individual antennas used by smart antenna systems are considered to have identical gain referred to as antenna assembly gain (G). Beamforming gain does not include the gain of the antenna assembly (G).

Smart antenna systems can operate in various operating modes by which the numbers of active chains (antennas) vary depending on the mode.

5.3.2.2.2 Operating mode 1 (single antenna)

The equipment uses only one antenna at any moment in time when operating in this mode.

The following types of equipment and/or operating modes are examples covered by this category:

- Equipment with only one antenna.
- Equipment with two diversity antennas operating in switched diversity mode by which at any moment in time only one antenna is used.
- Smart antenna system with two or more transmit/receive chains, but operating in a mode where only one transmit/receive chain is used.

5.3.2.2.3 Operating mode 2 (multiple antennas, no beamforming)

The equipment that can operate in this mode contains a smart antenna system using two or more transmit/receive chains simultaneously but without beamforming.

5.3.2.2.4 Operating mode 3 (multiple antennas, with beamforming)

The equipment that can operate in this mode contains a smart antenna system using two or more transmit/receive chains simultaneously with beamforming.

In addition to the antenna assembly gain (G), the beamforming gain (Y) may have to be taken into account when performing the measurements described in the present document.

5.3.2.3 Configuration for testing

Unless otherwise stated, where multiple combinations of radio equipment and antennas are intended, the configuration to be used for testing shall be chosen as follows:

- for each combination, determine the highest user selectable power level and the antenna assembly with the highest gain;
- from the resulting combinations, choose the one with the highest e.i.r.p.

5.3.3 Adaptive and Non-adaptive equipment

Equipment which can operate in both a non-adaptive and an adaptive mode (see clause 4.2.2) shall be tested in both modes. Equipment which can operate in more than one adaptive mode, shall be tested in each of these adaptive modes.

5.3.4 Presentation of equipment

Stand-alone equipment shall be tested against all requirements of the present document.

For testing combined or multi-radio equipment against the requirements of the present document, specific guidance is given by ETSI EG 203 367 [i.12], clause 6.

The manufacturer shall declare whether the UUT is stand-alone equipment, combined equipment or multi-radio equipment. See clause 5.4.1, item o).

5.3.5 Conducted measurements, radiated measurements, relative measurements

Unless otherwise specified, either conducted or radiated measurements can be used.

For integral antenna equipment, connectors may be provided to allow conducted measurements to be performed.

In the case of integral antenna equipment that has no antenna connector(s), the manufacturer may be required to supply a test fixture, to allow relative measurements to be made.

The test fixture and its use are further described in clause B.4.

5.4 Test procedures for essential radio test suites

5.4.1 Product Information

The following information shall be stated by the manufacturer in order to carry out the test suites. This information shall be included in the test report. The application form in annex E can be used for that:

- a) the type of wideband data transmission equipment: FHSS equipment, or any other type of wideband data transmission equipment (non-FHSS equipment) (see clause 4.2.1);
- b) in case of FHSS equipment: the number of hopping frequencies and the dwell time per channel. For FHSS equipment which can have a varying dwell time: the average dwell time and the maximum dwell time. For adaptive FHSS equipment, the maximum number of Hopping Frequencies and the minimum number of Hopping Frequencies;

- c) with regard to adaptivity, the type of equipment: non-adaptive equipment, adaptive equipment or equipment that can operate in both an adaptive and non-adaptive mode;
- d) for adaptive equipment: whether LBT or DAA is used (see clause 4.3.1.7 and clause 4.3.2.6) and the maximum Channel Occupancy Time implemented by the equipment; for LBT based adaptive non-FHSS equipment, whether the equipment is Frame Based Equipment (clause 4.3.2.6.3.2.2) or Load Based Equipment (clause 4.3.2.6.3.2.3);
- e) for non-adaptive equipment, the maximum duty cycle used by the equipment. For equipment with a dynamic behaviour with regard to RF Output Power and Duty Cycle, such behaviour shall be described. (e.g. the different combinations of duty cycle and corresponding power levels shall be declared);
- f) for each of the tests to be performed, the worst case configuration (see clause 5.3.1);
- g) the different transmit operating modes in which the equipment can operate (see clause 5.3.2.2);
- h) for each of the modes declared under g) the following shall be declared:
 - the number of transmit chains;
 - if more than one transmit chain is active, whether the power is distributed equally or not;
 - the number of receive chains;
 - whether or not antenna beamforming is implemented, and if so the maximum beamforming gain (Y) or the total antenna gain (G + Y) for this transmit operating mode;
- i) the operating frequency range(s) of the equipment;
- j) the Nominal Channel Bandwidth(s). For non-adaptive FHSS equipment, this is the Nominal Channel Bandwidth when operating on a single hopping frequency;
- k) the type of the equipment, for example: stand-alone equipment, combined equipment or multi-radio equipment (see also clause 5.3.4);
- l) the operational environmental profile (e.g. the normal test conditions and extreme test conditions) that applies to the equipment (see also clause 5.1);
- m) the intended combination(s) of the radio equipment power settings and one or more antenna assemblies, their corresponding maximum gain(s) (G) and the resulting e.i.r.p. levels taking also into account the beamforming gain (Y) if applicable (see also clause 5.3.2.2.4):
 - for equipment where in receive mode, the antenna assembly gain and/or beamforming gain is different from the transmit mode, the antenna assemblies, their corresponding maximum gain(s) (G) and the beamforming gain (Y) that apply in the receive mode;
- n) the nominal voltages of the stand-alone radio equipment or the nominal voltages of the combined equipment in case of plug-in radio equipment;
- o) any specific test modes available which can be used to facilitate testing;
- p) the type of technology (e.g. Bluetooth[®], IEEE 802.11[™] [i.3], IEEE 802.15.4[™] [i.4], proprietary, etc.);
- q) for FHSS equipment implementing Option 1 in clause 4.3.1.4.3.1 or Option 1 in clause 4.3.1.4.3.2 (Frequency Occupation requirement), in case compliance cannot be proven via measurements in clause 5.4.4.2.1, step 5 (as the frequency occupation in receive and idle modes cannot be measured), a statistical analysis to demonstrate compliance with the Frequency Occupation requirement shall be provided;
- r) for FHSS equipment implementing Option 2 in clause 4.3.1.4.3.1 or Option 2 in clause 4.3.1.4.3.2 (Frequency Occupation requirement), a statistical analysis to demonstrate compliance with this requirement shall be provided;
- s) whether or not the equipment supports a geo-location capability as defined in clause 4.3.1.13 or clause 4.3.2.12.

5.4.2 RF output power, Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap, Medium Utilization

5.4.2.1 Test conditions

See clause 5.1 for the environmental test conditions. Apart from the RF output power, these measurements need only to be performed at normal environmental conditions. The measurements for RF output power shall be performed at both normal environmental conditions and at the extremes of the operating temperature range.

In the case of equipment intended for use with an integral antenna and where no antenna connectors are provided, a test fixture as described in clause B.4 may be used to perform relative measurements at the extremes of the operating temperature range.

In case of Adaptive equipment, the equipment shall be operated under its worst case configuration w.r.t. RF output power. In case of non-Adaptive equipment, the equipment shall be operated under its worst case configuration w.r.t. Medium Utilization factor (see clause 5.3.1).

For FHSS equipment, the measurements shall be performed during normal operation (hopping) and the equipment is assumed to have no blacklisted frequencies (operating on all hopping frequencies).

For non-FHSS equipment, the measurement shall be performed at the lowest, the middle, and the highest channel on which the equipment can operate. These frequencies shall be recorded.

5.4.2.2 Test method

5.4.2.2.1 Conducted measurements

5.4.2.2.1.1 Introduction

In case of conducted measurements the transmitter shall be connected to the measuring equipment. The RF power as defined in clause 4.3.1.2 or clause 4.3.2.2 shall be measured and recorded.

5.4.2.2.1.2 RF Output Power

The test procedure shall be as follows:

Step 1:

- Use a fast power sensor with a minimum sensitivity of -40 dBm and capable of minimum 1 MS/s.
- Use the following settings:
 - Sample speed 1 MS/s or faster.
 - The samples shall represent the RMS power of the signal.
 - Measurement duration: For non-adaptive equipment: equal to the observation period defined in clause 4.3.1.3.2 or clause 4.3.2.4.2. For adaptive equipment, the measurement duration shall be long enough to ensure a minimum number of bursts (at least 10) is captured.

For adaptive equipment, to increase the measurement accuracy, a higher number of bursts may be used.

Step 2:

- For conducted measurements on devices with one transmit chain:
 - Connect the power sensor to the transmit port, sample the transmit signal and store the raw data. Use these stored samples in all following steps.
- For conducted measurements on devices with multiple transmit chains:
 - Connect one power sensor to each transmit port for a synchronous measurement on all transmit ports.

- Trigger the power sensors so that they start sampling at the same time. Make sure the time difference between the samples of all sensors is less than 500 ns.
- For each individual sampling point (time domain), sum the coincident power samples of all ports and store them. Use these summed samples as the new stored data set.

Step 3:

- Find the start and stop times of each burst in the stored measurement samples.

The start and stop times are defined as the points where the power is at least 30 dB below the highest value of the stored samples in step 2.

In case of insufficient sensitivity of the power sensor (e.g. in case of radiated measurements), the value of 30 dB may need to be reduced appropriately.

Step 4:

- Between the start and stop times of each individual burst calculate the RMS power over the burst using the formula below. The start and stop points shall be included. Save these P_{burst} values, as well as the start and stop times for each burst.

$$P_{burst} = \frac{1}{k} \sum_{n=1}^k P_{sample}(n)$$

with k being the total number of samples and n the actual sample number.

Step 5:

- The highest of all P_{burst} values (value A in dBm) will be used for maximum e.i.r.p. calculations.

Step 6:

- Add the (stated) antenna assembly gain G in dBi of the individual antenna.
- In case of smart antenna systems operating in mode with beamforming (see clause 5.3.2.2.4), add the additional beamforming gain Y in dB.
- If more than one antenna assembly is intended for this power setting, the maximum overall antenna gain (G or G + Y) shall be used.
- The RF Output Power (P_{out}) shall be calculated using the formula below:

$$P_{out} = A + G + Y$$

- This value, which shall comply with the limit given in clause 4.3.1.2.3 or clause 4.3.2.2.3, shall be recorded in the test report.

5.4.2.2.1.3 Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap

The test procedure, which shall only be performed for non-adaptive equipment, shall be as follows:

Step 1:

- Use the same stored measurement samples from the procedure described in clause 5.4.2.2.1.2.
- The start and stop times are defined as the points where the power is at least 30 dB below the highest value of the stored samples. In case of insufficient sensitivity of the power sensor (e.g. in case of radiated measurements), the value of 30 dB may need to be reduced appropriately.

Step 2:

- Between the saved start and stop times of each individual burst, calculate the TxOn time. Save these TxOn values.

Step 3:

- Duty Cycle (DC) is the sum of all TxOn times between the end of the first gap (which is the start of the first burst within the observation period) and the start of the last burst (within this observation period) divided by the observation period. The observation period is defined in clause 4.3.1.3.2 or clause 4.3.2.4.2.

Step 4:

- For FHSS equipment using blacklisting, the TxOn time measured for a single (and active) hopping frequency shall be multiplied by the number of blacklisted frequencies. This value shall be added to the sum calculated in step 3 above. If the number of blacklisted frequencies cannot be determined, the minimum number of hopping frequencies (N) as defined in clause 4.3.1.4.3 shall be assumed.
- The calculated value for Duty Cycle (DC) shall be recorded in the test report. This value shall be equal to or less than the maximum value declared by the manufacturer.

Step 5:

- Use the same stored measurement samples from the procedure described in clause 5.4.2.2.1.2.
- Identify any TxOff time that is equal to or greater than the minimum Tx-gap time as defined in clause 4.3.1.3.3 or clause 4.3.2.4.3. These are the potential valid gap times to be further considered in this procedure.
- Starting from the second identified gap, calculate the time from the start of this gap to the end of the preceding gap. This time is the Tx-sequence time for this transmission. Repeat this procedure until the last identified gap within the observation period is reached.
- A combination of consecutive Tx-sequence times and Tx-gap times followed by a Tx-gap time, which is at least as long as the duration of this combination, may be considered as a single Tx-sequence time and in which case it shall comply with the limits defined in clause 4.3.1.3.3 or clause 4.3.2.4.3.
- It shall be noted in the test report whether the UUT complies with the limits for the maximum Tx-sequence time and minimum Tx-gap time as defined in clause 4.3.1.3.3 or clause 4.3.2.4.3.

5.4.2.2.1.4 Medium Utilization

The test procedure, which shall only be performed for non-adaptive equipment, shall be as follows:

Step 1:

- Use the same stored measurement samples from the procedure described in clause 5.4.2.2.1.2.

Step 2:

- For each burst calculate the product of ($P_{\text{burst}} / 100 \text{ mW}$) and the TxOn time. P_{burst} is expressed in mW. TxOn time is expressed in ms.

Step 3:

- Medium Utilization is the sum of all these products divided by the observation period (expressed in ms) which is defined in clause 4.3.1.3.2 or clause 4.3.2.4.2. This value, which shall comply with the limit given in clause 4.3.1.6.3 or clause 4.3.2.5.3, shall be recorded in the test report.

If, in case of FHSS equipment, operation without blacklisted frequencies is not possible, the power of the bursts on blacklisted hopping frequencies (for the calculation of the Medium Utilization) is assumed to be equal to the average value of the RMS power of the bursts on all active hopping frequencies.

5.4.2.2.2 Radiated measurements

When performing radiated measurements, the UUT shall be configured and antenna(s) positioned (including smart antenna systems and equipment capable of beamforming) for maximum e.i.r.p. towards the measuring antenna. This position shall be recorded.

A test site as described in annex B and applicable measurement procedures as described in annex C shall be used.

Taking into account the calibration factor from the measurement site, the test procedure for RF Output Power is further as described under clause 5.4.2.2.1.2, step 1 to step 5. The RF Output Power (P_{out}) is equal to the value A obtained in step 5. The test procedure for Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap is further as described in clause 5.4.2.2.1.3 and the test procedure for Medium Utilization is further as described in clause 5.4.2.2.1.4.

5.4.3 Power Spectral Density

5.4.3.1 Test conditions

See clause 5.1 for the environmental test conditions. These measurements shall only be performed at normal test conditions.

The configuration of the equipment shall not change from the configuration done in clause 5.4.2.1.

The measurement shall be repeated for the equipment being configured to operate at the lowest, the middle, and the highest frequency of the stated frequency range. These frequencies shall be recorded.

For the duration of the test, the equipment shall not change its operating frequency.

5.4.3.2 Test method

5.4.3.2.1 Conducted measurement

Option 1: For equipment with continuous and non-continuous transmissions

The transmitter shall be connected to a spectrum analyser and the Power Spectral Density (PSD) as defined in clause 4.3.2.3 shall be measured and recorded.

The test procedure shall be as follows:

Step 1:

Connect the UUT to the spectrum analyser and use the following settings:

- Start Frequency: 2 400 MHz
- Stop Frequency: 2 483,5 MHz
- Resolution BW: 10 kHz
- Video BW: 30 kHz
- Sweep Points: > 8 350; for spectrum analysers not supporting this number of sweep points, the frequency band may be segmented
- Detector: RMS
- Trace Mode: Max Hold
- Sweep time: For non-continuous transmissions: $2 \times \text{Channel Occupancy Time} \times \text{number of sweep points}$

For non-adaptive equipment use the maximum TX-sequence time in the formula above instead of the Channel Occupancy Time

For continuous transmissions: 10 s; the sweep time may be increased further until a value where the sweep time has no further impact anymore on the RMS value of the signal

For non-continuous signals, wait for the trace to stabilize.

Save the data (trace data) set to a file.

Step 2:

For conducted measurements on smart antenna systems using either operating mode 2 or operating mode 3 (see clause 5.3.2.2), repeat the measurement for each of the transmit ports. For each sampling point (frequency domain), add up the coincident power values (in mW) for the different transmit chains and use this as the new data set.

Step 3:

Add up the values for power for all the samples in the file using the formula below.

$$P_{Sum} = \sum_{n=1}^k P_{sample}(n)$$

with k being the total number of samples and n the actual sample number

Step 4:

Normalize the individual values for power (in dBm) so that the sum is equal to the RF Output Power (e.i.r.p.) measured in clause 5.4.2 and save the corrected data. The following formulas can be used:

$$C_{Corr} = P_{Sum} - P_{e.i.r.p.}$$

$$P_{Samplecorr}(n) = P_{Sample}(n) - C_{Corr}$$

with n being the actual sample number

Step 5:

Starting from the first sample $P_{Samplecorr}(n)$ (lowest frequency), add up the power (in mW) of the following samples representing a 1 MHz segment and record the results for power and position (i.e. sample #1 to sample #100). This is the Power Spectral Density (e.i.r.p.) for the first 1 MHz segment which shall be recorded.

Step 6:

Shift the start point of the samples added up in step 5 by one sample and repeat the procedure in step 5 (i.e. sample #2 to sample #101).

Step 7:

Repeat step 6 until the end of the data set and record the Power Spectral Density values for each of the 1 MHz segments.

From all the recorded results, the highest value is the maximum Power Spectral Density (PSD) for the UUT. This value, which shall comply with the limit given in clause 4.3.2.3.3, shall be recorded in the test report.

Option 2: For equipment with continuous transmission capability

This option is for equipment that can be configured to operate in a continuous transmit mode (100 % DC).

Step 1:

- Connect the UUT to the spectrum analyser and use the following settings:
 - Centre Frequency: The centre frequency of the channel under test
 - RBW: 1 MHz
 - VBW: 3 MHz
 - Frequency Span: At least $2 \times$ Occupied Channel Bandwidth
 - Detector Mode: Peak
 - Trace Mode: Max Hold

Step 2:

- When the trace is complete, find the peak value of the power envelope and record the frequency.

Step 3:

- Make the following changes to the settings of the spectrum analyser:
 - Centre Frequency: Equal to the frequency recorded in step 2
 - Frequency Span: 3 MHz
 - RBW: 1 MHz
 - VBW: 3 MHz
 - Sweep Time: 1 minute
 - Detector Mode: RMS
 - Trace Mode: Max Hold

Step 4:

- Wait until the trace has stabilized, the trace shall be captured using the "Hold" or "View" option on the spectrum analyser.
- Find the peak value of the trace and place the analyser marker on this peak. This level is recorded as the highest mean power (power spectral density) D in a 1 MHz band.
- Alternatively, where a spectrum analyser is equipped with a function to measure power spectral density, this function may be used to display the power spectral density D in dBm / MHz.
- In case of conducted measurements on smart antenna systems operating in a mode with multiple transmit chains active simultaneously, the power spectral density of each transmit chain shall be measured separately to calculate the total power spectral density (value D in dBm / MHz) for the UUT.

Step 5:

- The maximum Power Spectral Density (PSD) e.i.r.p. is calculated from the above measured power spectral density D, the applicable antenna assembly gain G in dBi and if applicable the beamforming gain Y in dB, according to the formula below. This value shall be recorded in the test report. If more than one antenna assembly is intended for this power setting, the gain of the antenna assembly with the highest gain shall be used.

$$\text{PSD} = D + G + Y \text{ (dBm / MHz)}$$

5.4.3.2.2 Radiated measurement

When performing radiated measurements, the UUT shall be configured and antenna(s) positioned (including smart antenna systems and equipment capable of beamforming) for maximum e.i.r.p. towards the measuring antenna. This configuration/position shall be recorded for future use (see clause C.5.3.4 and clause C.5.4.4).

A test site as described in annex B and applicable measurement procedures as described in annex C shall be used.

Taking into account the calibration factor from the measurement site, the test procedure is further as described under clause 5.4.3.2.1.

5.4.4 Accumulated Transmit Time, Frequency Occupation and Hopping Sequence

5.4.4.1 Test conditions

See clause 5.1 for the environmental test conditions. These measurements shall only be performed at normal test conditions.

The equipment shall be configured to operate at its maximum dwell time and maximum Duty Cycle.

The measurement shall be performed on a minimum of two (active) hopping frequencies chosen arbitrary from the actual Hopping Sequence. The results as well as the frequencies on which the test was performed shall be recorded in the test report.

5.4.4.2 Test method

5.4.4.2.1 Conducted measurements

The test procedure shall be as follows:

Step 1:

- The output of the transmitter shall be connected to a spectrum analyser or equivalent.
- The analyser shall be set as follows:
 - Centre Frequency: Equal to the hopping frequency being investigated
 - Frequency Span: 0 Hz
 - RBW: ~ 50 % of the Occupied Channel Bandwidth
 - VBW: \geq RBW
 - Detector Mode: RMS
 - Sweep time: Equal to the applicable observation period (see clause 4.3.1.4.3.1 or clause 4.3.1.4.3.2)
 - Number of sweep points: 30 000
 - Trace mode: Clear/Write
 - Trigger: Free Run

Step 2:

- Save the trace data to a file for further analysis by a computing device using an appropriate software application or program.

Step 3:

- Identify the data points related to the frequency being investigated by applying a threshold.

The data points resulting from transmissions on the hopping frequency being investigated are assumed to have much higher levels compared to data points resulting from transmissions on adjacent hopping frequencies. If a clear determination between these transmissions is not possible, the RBW in step 1 shall be further reduced. In addition, a channel filter may be used.

- Count the number of data points identified as resulting from transmissions on the frequency being investigated and multiply this number by the time difference between two consecutive data points.

Step 4:

- The result in step 3 is the Accumulated Transmit Time which shall comply with the limit provided in clause 4.3.1.4.3.1 or clause 4.3.1.4.3.2 and which shall be recorded in the test report.

Step 5:

This step is only applicable for equipment implementing Option 1 in clause 4.3.1.4.3.1 or Option 1 in clause 4.3.1.4.3.2 for complying with the Frequency Occupation requirement.

- Make the following changes on the analyser and repeat step 2 and step 3.

Sweep time: $4 \times \text{dwell time} \times \text{Actual number of hopping frequencies in use}$.

The hopping frequencies occupied by the equipment without having transmissions during the dwell time (blacklisted frequencies) should be taken into account in the actual number of hopping frequencies in use. If this number cannot be determined (number of blacklisted frequencies unknown) it shall be assumed that the equipment uses the maximum possible number of hopping frequencies.

- The result shall be compared to the limit for the Frequency Occupation defined in clause 4.3.1.4.3.1, Option 1 or clause 4.3.1.4.3.2, Option 1. The result of this comparison shall be recorded in the test report.

Step 6:

- Make the following changes on the analyser:

- Start Frequency: 2 400 MHz
- Stop Frequency: 2 483,5 MHz
- RBW: $\sim 50\%$ of the Occupied Channel Bandwidth (single hopping frequency)
- VBW: \geq RBW
- Detector Mode: Peak
- Sweep time: 1 s; this setting may result in long measuring times. To avoid such long measuring times, an FFT analyser may be used
- Number of sweep points: $\sim 400 / \text{Occupied Channel Bandwidth (MHz)}$; the number of sweep points may need to be further increased in case of overlapping channels
- Trace Mode: Max Hold
- Trigger: Free Run

- Wait for the trace to stabilize. Identify the number of hopping frequencies used by the Hopping Sequence.
- The result shall be compared to the limit (value N) defined in clause 4.3.1.4.3.1 or clause 4.3.1.4.3.2. This value shall be recorded in the test report.

For equipment with blacklisted frequencies, it might not be possible to verify the number of hopping frequencies in use. However, they shall comply with the requirement for Accumulated Transmit Time and Frequency Occupation assuming the minimum number of hopping frequencies (N) defined in clause 4.3.1.4.3.1 or clause 4.3.1.4.3.2 is used.

Step 7:

- For adaptive FHSS equipment, it shall be verified whether the equipment uses 70 % of the band specified in table 1. This verification can be done using the lowest and highest -20 dB points from the total spectrum envelope obtained in step 6. The result shall be recorded in the test report.

5.4.4.2.2 Radiated measurements

A test site as described in annex B and applicable measurement procedures as described in annex C may be used. Alternatively, a test fixture may be used.

The test procedure is further as described under clause 5.4.4.2.1.

5.4.5 Hopping Frequency Separation

5.4.5.1 Test conditions

See clause 5.1 for the environmental test conditions. These measurements shall only be performed at normal test conditions.

The measurement shall be performed on two adjacent hopping frequencies. The frequencies on which the test was performed shall be recorded.

5.4.5.2 Test method

5.4.5.2.1 Conducted measurements

5.4.5.2.1.1 Introduction

The Hopping Frequency Separation as defined in clause 4.3.1.5 shall be measured and recorded using any of the following options. The selected option shall be stated in the test report.

5.4.5.2.1.2 Option 1

The test procedure shall be as follows:

Step 1:

- The output of the transmitter shall be connected to a spectrum analyser or equivalent.
- The analyser shall be set as follows:
 - Centre Frequency: Centre of the two adjacent hopping frequencies
 - Frequency Span: Sufficient to see the complete power envelope of both hopping frequencies
 - RBW: 1 % of the span
 - VBW: $3 \times$ RBW
 - Detector Mode: Max Peak
 - Trace Mode: Max Hold
 - Sweep time: Auto

Step 2:

- Wait for the trace to stabilize.
- Use the marker function of the analyser to define the frequencies corresponding to the lower -20 dBr point and the upper -20 dBr point for both hopping frequencies F1 and F2. This will result in $F1_L$ and $F1_H$ for hopping frequency F1 and in $F2_L$ and $F2_H$ for hopping frequency F2. These values shall be recorded in the report.

Step 3:

- Calculate the centre frequencies $F1_C$ and $F2_C$ for both hopping frequencies using the formulas below. These values shall be recorded in the report.

$$F1_C = \frac{F1_L + F1_H}{2} \quad F2_C = \frac{F2_L + F2_H}{2}$$

- Calculate the Hopping Frequency Separation (F_{HS}) using the formula below. This value shall be recorded in the report.

$$F_{HS} = F_{2C} - F_{1C}$$

- Compare the measured Hopping Frequency Separation with the limits defined in clause 4.3.1.5.3.
- See figure 4.

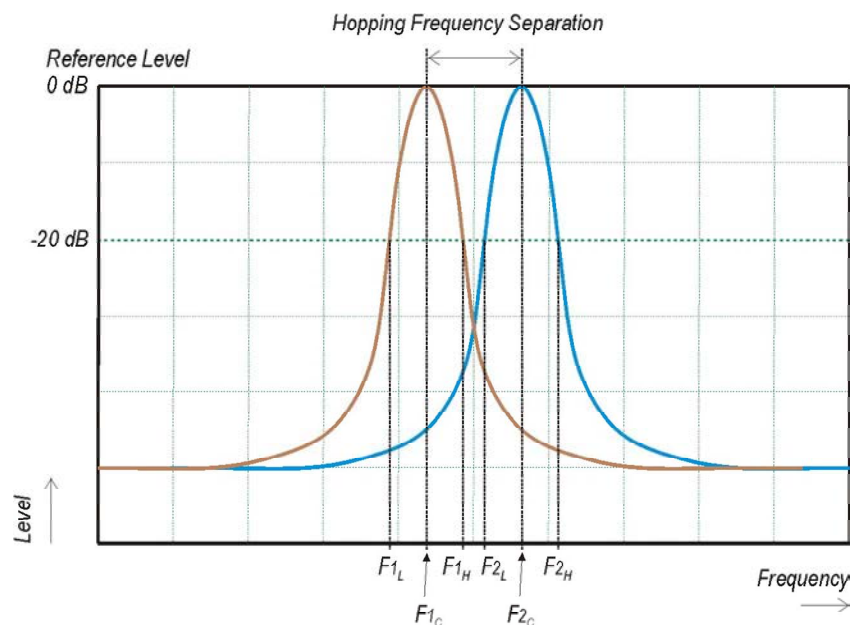


Figure 4: Hopping Frequency Separation

For adaptive equipment, in case of overlapping channels which prevents the definition of the -20 dB reference points F_{1H} and F_{2L} , a higher reference level (e.g. -10 dB or -6 dB) may be chosen to define the reference points F_{1L} ; F_{1H} ; F_{2L} and F_{2H} .

Alternatively, special test software may be used to:

- force the UUT to hop or transmit on a single Hopping Frequency by which the -20 dB reference points can be measured separately for the two adjacent Hopping Frequencies; and/or
- force the UUT to operate without modulation by which the centre frequencies F_{1C} and F_{2C} can be measured directly.

The method used to measure the Hopping Frequency Separation shall be documented in the test report.

5.4.5.2.1.3 Option 2

The test procedure shall be as follows:

Step 1:

- The output of the transmitter shall be connected to a spectrum analyser or equivalent.
- The analyser shall be set as follows:
 - Centre Frequency: Centre of the two adjacent hopping frequencies
 - Frequency Span: Sufficient to see the complete power envelope of both hopping frequencies
 - RBW: 1 % of the span
 - VBW: $3 \times$ RBW

- Detector Mode: Max Peak
- Trace Mode: Max Hold
- Sweep Time: Auto

Step 2:

- Wait for the trace to stabilize.
- Use the marker-delta function to determine the Hopping Frequency Separation between the centres of the two adjacent hopping frequencies (e.g. by identifying peaks or notches at the centre of the power envelope for the two adjacent signals). This value shall be compared with the limits defined in clause 4.3.1.5.3 and shall be recorded in the test report.

5.4.5.2.2 Radiated measurements

A test site as described in annex B and applicable measurement procedures as described in annex C may be used. Alternatively a test fixture may be used.

The test procedure is further as described under clause 5.4.5.2.1.

5.4.6 Adaptivity (Channel access mechanism)**5.4.6.1 Test conditions**

See clause 5.1 for the environmental test conditions. These measurements shall only be performed at normal test conditions.

When supported by the operating frequency range of the equipment, this test shall be performed on two operating (hopping) frequencies randomly selected from the operating frequencies used by the equipment. The first (lower) frequency shall be randomly selected within the range 2 400 MHz to 2 442 MHz while the second (higher) frequency shall be randomly selected within the range 2 442 MHz to 2 483,5 MHz. The equipment shall be in a normal operating (hopping) mode. In case of FHSS equipment, it shall be ensured that none of the test frequencies are blacklisted, otherwise another test frequency shall be selected.

For equipment which can operate in an adaptive and a non-adaptive mode, it shall be verified that prior to the test, the equipment is operating in the adaptive mode.

The equipment shall be configured in a mode that results in the longest Channel Occupancy Time.

5.4.6.2 Test Method**5.4.6.2.1 Conducted measurements****5.4.6.2.1.1 Test set-up**

Figure 5 describes an example of the test set-up.

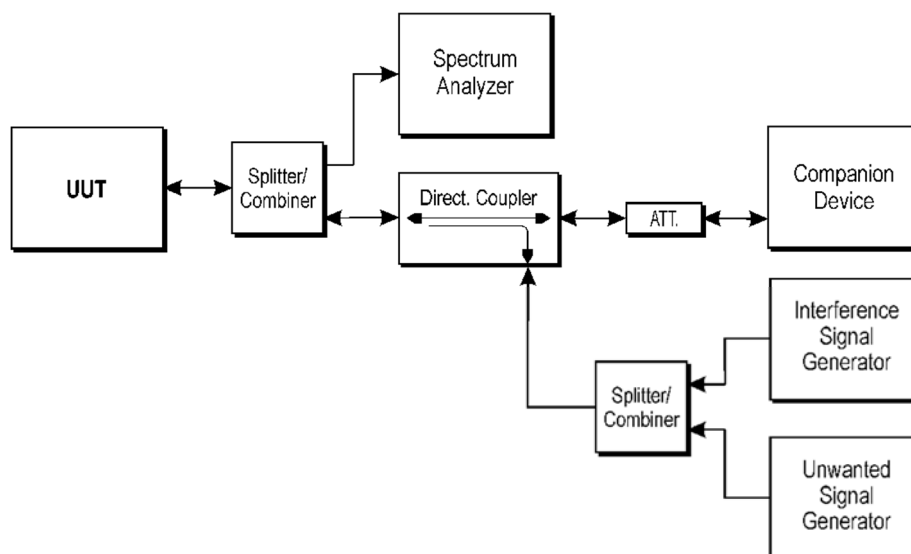


Figure 5: Test set-up for verifying the adaptivity of an equipment

5.4.6.2.1.2 FHSS equipment using DAA or LBT

Step 1 to step 7 below define the procedure to verify the efficiency of the DAA or LBT based adaptive mechanisms for FHSS equipment. These mechanisms are described in clause 4.3.1.7.

For systems using multiple receive chains only one chain (antenna port) need to be tested. All other receiver inputs shall be terminated.

Step 1:

- The UUT shall connect to a companion device during the test. The interference signal generator, the unwanted signal generator, the spectrum analyser, the UUT and the companion device are connected using a set-up equivalent to the example given by figure 5, although the interference and unwanted signal generators do not generate any signals at this point in time. The spectrum analyser is used to monitor the transmissions of both the UUT and the companion device and it should be possible to distinguish between either transmission. In addition, the spectrum analyser is used to monitor the transmissions of the UUT in response to the interfering and the unwanted signals.
- For the hopping frequency to be tested, adjust the received signal level (wanted signal from the companion device) at the UUT to the value defined in table 2 and table 3 (clause 4).

Testing of Unidirectional equipment does not require a link to be established with a companion device.

- The analyser shall be set as follows:
 - RBW: Use next available RBW setting below the measured Occupied Channel Bandwidth
 - Filter type: Channel Filter
 - VBW: \geq RBW
 - Detector Mode: RMS
 - Centre Frequency: Equal to the hopping frequency to be tested
 - Span: 0 Hz
 - Sweep time: $>$ Channel Occupancy Time of the UUT. If the Channel Occupancy Time is non-contiguous (DAA based equipment), the sweep time shall be sufficient to cover the period over which the Channel Occupancy Time is spread out
 - Trace Mode: Clear/Write
 - Trigger Mode: Video

Step 2:

- Configure the UUT for normal transmissions with a sufficiently high payload resulting in a minimum transmitter activity ratio ($TxOn / (TxOn + TxOff)$) of 0,3. Where this is not possible, the UUT shall be configured to the maximum payload possible.
- Using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that, for equipment with a dwell time greater than the maximum allowable Channel Occupancy Time, the UUT complies with the maximum Channel Occupancy Time and minimum Idle Period defined in clause 4.3.1.7.2.2 or clause 4.3.1.7.3.2. When measuring the Idle Period of the UUT, only transmissions from the UUT shall be considered.

Step 3: Adding the interference signal

- An interference signal as defined in clause B.7 is injected centred on the hopping frequency being tested. The power spectral density level (at the input of the UUT) of this interference signal shall be equal to the detection threshold defined in clause 4.3.1.7.2.2 or clause 4.3.1.7.3.2.

Step 4: Verification of reaction to the interference signal

- The spectrum analyser shall be used to monitor the transmissions of the UUT on the selected hopping frequency with the interfering signal injected. This may require the spectrum analyser sweep to be triggered by the start of the interfering signal.
- Using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that:
 - i) The UUT shall stop transmissions on the hopping frequency being tested.

The UUT is assumed to stop transmissions on this hopping frequency within a period equal to the maximum Channel Occupancy Time defined in clause 4.3.1.7.2.2 or clause 4.3.1.7.3.2. As stated in clause 4.3.1.7.3.2, step 3, the Channel Occupancy Time for DAA based FHSS equipment may be non-contiguous.

- ii) For LBT based FHSS equipment, apart from Short Control Signalling Transmissions (see iii) below), there shall be no subsequent transmissions on this hopping frequency, as long as the interference signal remains present.

For DAA based FHSS equipment, apart from Short Control Signalling Transmissions (see iii) below), there shall be no subsequent transmissions on this hopping frequency for a silent period defined in clause 4.3.1.7.3.2, step 2. After that, the UUT may have normal transmissions again for the duration of a single Channel Occupancy Time period (which may be non-contiguous). Because the interference signal is still present, another silent period as defined in clause 4.3.1.7.3.2, step 2 needs to be included. This sequence is repeated as long as the interfering signal is present.

In case of overlapping channels, transmissions in adjacent channels may generate transmission bursts on the channel being investigated; however, they have a lower amplitude as on-channel transmissions. Care should be taken to only evaluate the on-channel transmissions. The Time Domain Power Option of the analyser may be used to measure the RMS power of the individual bursts to distinguish on-channel transmissions from transmissions on adjacent channels. In some cases, the RBW may need to be reduced.

To verify that the UUT is not resuming normal transmissions as long as the interference signal is present, the monitoring time may need to be 60 s or more. If transmissions are detected during this period, the settings of the analyser may need to be adjusted to allow an accurate assessment to verify the transmissions comply with the limits for Short Control Signalling Transmissions.

- iii) The UUT may continue to have Short Control Signalling Transmissions on the hopping frequency being tested while the interference signal is present. These transmissions shall comply with the limits defined in clause 4.3.1.7.4.2.

The verification of the Short Control Signalling transmissions may require the analyser settings to be changed (e.g. sweep time).

- iv) Alternatively, the equipment may switch to a non-adaptive mode.

Step 5: Adding the unwanted signal

- With the interfering signal present, a 100 % duty cycle CW signal is inserted as the unwanted signal. The frequency and the level are provided in table 2 of clause 4.3.1.7.2.2, step 6 or table 3 of clause 4.3.1.7.3.2, step 6.
- The spectrum analyser shall be used to monitor the transmissions of the UUT on the selected hopping frequency. This may require the spectrum analyser sweep to be triggered by the start of the unwanted signal.
- Using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that:
 - i) The UUT shall not resume normal transmissions on the hopping frequency being tested as long as both the interference and unwanted signals remain present.

To verify that the UUT is not resuming normal transmissions as long as the interference and unwanted signals are present, the monitoring time may need to be 60 s or more. If transmissions are detected during this period, the settings of the analyser may need to be adjusted to allow an accurate assessment to verify the transmissions comply with the limits for Short Control Signalling Transmissions.

- ii) The UUT may continue to have Short Control Signalling Transmissions on the hopping frequency being tested while the interference and unwanted signals are present. These transmissions shall comply with the limits defined in clause 4.3.1.7.4.2.

The verification of the Short Control Signalling transmissions may require the analyser settings to be changed (e.g. sweep time).

Step 6: Removing the interference and unwanted signal

- On removal of the interference and unwanted signal, the UUT is allowed to re-include any channel previously marked as unavailable; however, for DAA based equipment, it shall be verified that this shall only be done after the silent period defined in clause 4.3.1.7.3.2, step 2.

Step 7:

- Step 2 to step 6 shall be repeated for each of the hopping frequencies to be tested.

5.4.6.2.1.3 Non-FHSS equipment using DAA

The different steps below define the procedure to verify the efficiency of the DAA based adaptive mechanism of non-FHSS equipment.

For systems using multiple receive chains only one chain (antenna port) need to be tested. All other receiver inputs shall be terminated.

Step 1:

- The UUT shall connect to a companion device during the test. The interference signal generator, the unwanted signal generator, the spectrum analyser, the UUT and the companion device are connected using a set-up equivalent to the example given by figure 5 although the interference and unwanted signal generator do not generate any signals at this point in time. The spectrum analyser is used to monitor the transmissions of both the UUT and the companion device and it should be possible to distinguish between either transmission. In addition, the spectrum analyser is used to monitor the transmissions of the UUT in response to the interfering and the unwanted signals.
- Adjust the received signal level (wanted signal from the companion device) at the UUT to the value defined in table 9 (clause 4.3.2.6.2.2).

Testing of Unidirectional equipment does not require a link to be established with a companion device.

- The analyser shall be set as follows:
 - RBW: \geq Occupied Channel Bandwidth (if the analyser does not support this setting, the highest available setting shall be used)

- VBW: $3 \times \text{RBW}$ (if the analyser does not support this setting, the highest available setting shall be used)
- Detector Mode: RMS
- Centre Frequency: Equal to the centre frequency of the operating channel
- Span: 0 Hz
- Sweep time: $>$ Channel Occupancy Time of the UUT
- Trace Mode: Clear/Write
- Trigger Mode: Video

Step 2:

- Configure the UUT for normal transmissions with a sufficiently high payload resulting in a minimum transmitter activity ratio ($\text{TxOn} / (\text{TxOn} + \text{TxOff})$) of 0,3. Where this is not possible, the UUT shall be configured to the maximum payload possible.
- Using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that the UUT complies with the maximum Channel Occupancy Time and minimum Idle Period defined in clause 4.3.2.6.2.2. When measuring the Idle Period of the UUT, only transmissions from the UUT shall be considered.

Step 3: Adding the interference signal

- An interference signal as defined in clause B.7 is injected on the current operating channel of the UUT. The power spectral density level (at the input of the UUT) of this interference signal shall be equal to the detection threshold defined in clause 4.3.2.6.2.2, step 4.

Step 4: Verification of reaction to the interference signal

- The spectrum analyser shall be used to monitor the transmissions of the UUT on the selected operating channel with the interfering signal injected. This may require the spectrum analyser sweep to be triggered by the start of the interfering signal.
- Using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that:

- i) The UUT shall stop transmissions on the current operating channel being tested.

The UUT is assumed to stop transmissions within a period equal to the maximum Channel Occupancy Time defined in clause 4.3.2.6.2.2, step 3.

- ii) Apart from Short Control Signalling Transmissions (see iii) below), there shall be no subsequent transmissions on this operating channel for a (silent) period defined in clause 4.3.2.6.2.2, step 2. After that, the UUT may have normal transmissions again for the duration of a single Channel Occupancy Time period. Because the interference signal is still present, another silent period as defined in clause 4.3.2.6.2.2, step 2 needs to be included. This sequence is repeated as long as the interfering signal is present.

To verify that the UUT is not resuming normal transmissions as long as the interference signal is present, the monitoring time may need to be 60 s or more.

- iii) The UUT may continue to have Short Control Signalling Transmissions on the operating channel while the interference signal is present. These transmissions shall comply with the limits defined in clause 4.3.2.6.4.2.

The verification of the Short Control Signalling transmissions may require the analyser settings to be changed (e.g. sweep time).

- iv) Alternatively, the equipment may switch to a non-adaptive mode.

Step 5: Adding the unwanted signal

- With the interfering signal present, a 100 % duty cycle CW signal is inserted as the unwanted signal. The frequency and the level are provided in table 9 of clause 4.3.2.6.2.2.
- The spectrum analyser shall be used to monitor the transmissions of the UUT on the selected operating channel. This may require the spectrum analyser sweep to be triggered by the start of the unwanted signal.
- Using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that:

- i) The UUT shall not resume normal transmissions on the current operating channel as long as both the interference and unwanted signals remain present.

To verify that the UUT is not resuming normal transmissions as long as the interference and unwanted signals are present, the monitoring time may need to be 60 s or more.

- ii) The UUT may continue to have Short Control Signalling Transmissions on the operating channel while the interference and unwanted signals are present. These transmissions shall comply with the limits defined in clause 4.3.2.6.4.2.

The verification of the Short Control Signalling transmissions may require the analyser settings to be changed (e.g. sweep time).

Step 6: Removing the interference and unwanted signal

- On removal of the interference and unwanted signal the UUT is allowed to start normal transmissions again on this channel however, it shall be verified that this shall only be done after the period defined in clause 4.3.2.6.2.2, step 2.

Step 7:

- Step 2 to step 6 shall be repeated for each of the frequencies to be tested.

5.4.6.2.1.4 Non-FHSS equipment using LBT

Step 1 to step 7 below define the procedure to verify the efficiency of the LBT based adaptive mechanism of non-FHSS equipment. This method shall be applied to Load Based Equipment and Frame Based Equipment.

For systems using multiple receive chains only one chain (antenna port) need to be tested. All other receiver inputs shall be terminated.

Step 1:

- The UUT shall connect to a companion device during the test. The interference signal generator, the unwanted signal generator, the spectrum analyser, the UUT and the companion device are connected using a set-up equivalent to the example given by figure 5 although the interference and unwanted signal generator do not generate any signals at this point in time. The spectrum analyser is used to monitor the transmissions of both the UUT and the companion device and it should be possible to distinguish between either transmission. In addition, the spectrum analyser is used to monitor the transmissions of the UUT in response to the interfering and the unwanted signals.
- Adjust the received signal level (wanted signal from the companion device) at the UUT to the value defined in table 10 (clause 4.3.2.6.3.2.2) for Frame Based Equipment or in table 11 (clause 4.3.2.6.3.2.3) for Load Based Equipment.

Testing of Unidirectional equipment does not require a link to be established with a companion device.

- The analyser shall be set as follows:
 - RBW: \geq Occupied Channel Bandwidth (if the analyser does not support this setting, the highest available setting shall be used)
 - VBW: $3 \times$ RBW (if the analyser does not support this setting, the highest available setting shall be used)

- Detector Mode: RMS
- Centre Frequency: Equal to the centre frequency of the operating channel
- Span: 0 Hz
- Sweep time: > maximum Channel Occupancy Time
- Trace Mode: Clear Write
- Trigger Mode: Video

Step 2:

- Configure the UUT for normal transmissions with a sufficiently high payload resulting in a minimum transmitter activity ratio (TxOn / (TxOn + TxOff)) of 0,3. Where this is not possible, the UUT shall be configured to the maximum payload possible.
- For Frame Based Equipment, using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that the UUT complies with the maximum Channel Occupancy Time and minimum Idle Period defined in clause 4.3.2.6.3.2.2, step 3. When measuring the Idle Period of the UUT, only transmissions from the UUT shall be considered.
- For Load Based equipment, using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that the UUT complies with the maximum Channel Occupancy Time and minimum Idle Period defined in clause 4.3.2.6.3.2.3, step 2 and step 3. When measuring the Idle Period of the UUT, only transmissions from the UUT shall be considered.

For the purpose of testing Load Based Equipment referred to in the first paragraph of clause 4.3.2.6.3.2.3 (IEEE 802.11™ [i.3] or IEEE 802.15.4™ [i.4] equipment), the limits to be applied for the minimum Idle Period and the maximum Channel Occupancy Time are the same as defined for other types of Load Based Equipment (see clause 4.3.2.6.3.2.3, step 2 and step 3). The Idle Period is considered to be equal to the CCA or Extended CCA time defined in clause 4.3.2.6.3.2.3, step 1 and step 2.

Step 3: Adding the interference signal

- An interference signal as defined in clause B.7 is injected on the current operating channel of the UUT. The power spectral density level (at the input of the UUT) of this interference signal shall be equal to the detection threshold defined in clause 4.3.2.6.3.2.2, step 5 (frame based equipment) or clause 4.3.2.6.3.2.3, step 5 (load based equipment).

Step 4: Verification of reaction to the interference signal

- The spectrum analyser shall be used to monitor the transmissions of the UUT on the selected operating channel with the interfering signal injected. This may require the spectrum analyser sweep to be triggered by the start of the interfering signal.
- Using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that:
 - i) The UUT shall stop transmissions on the current operating channel.
The UUT is assumed to stop transmissions within a period equal to the maximum Channel Occupancy Time defined in clause 4.3.2.6.3.2.2 (frame based equipment) or clause 4.3.2.6.3.2.3 (load based equipment).
 - ii) Apart from Short Control Signalling Transmissions, there shall be no subsequent transmissions while the interfering signal is present.
To verify that the UUT is not resuming normal transmissions as long as the interference signal is present, the monitoring time may need to be 60 s or more.
 - iii) The UUT may continue to have Short Control Signalling Transmissions on the operating channel while the interfering signal is present. These transmissions shall comply with the limits defined in clause 4.3.2.6.4.2.

The verification of the Short Control Signalling transmissions may require the analyser settings to be changed (e.g. sweep time).

- iv) Alternatively, the equipment may switch to a non-adaptive mode.

Step 5: Adding the unwanted signal

- With the interfering signal present, a 100 % duty cycle CW signal is inserted as the unwanted signal. The frequency and the level are provided in table 10 (clause 4.3.2.6.3.2.2) for Frame Based Equipment or in table 11 (clause 4.3.2.6.3.2.3) for Load Based Equipment.
- The spectrum analyser shall be used to monitor the transmissions of the UUT on the selected operating channel. This may require the spectrum analyser sweep to be triggered by the start of the unwanted signal.
- Using the procedure defined in clause 5.4.6.2.1.5, it shall be verified that:
 - i) The UUT shall not resume normal transmissions on the current operating channel as long as both the interference and unwanted signals remain present.

To verify that the UUT is not resuming normal transmissions as long as the interference and unwanted signals are present, the monitoring time may need to be 60 s or more.
 - ii) The UUT may continue to have Short Control Signalling Transmissions on the operating channel while the interfering and unwanted signals are present. These transmissions shall comply with the limits defined in clause 4.3.2.6.4.2.

The verification of the Short Control Signalling transmissions may require the analyser settings to be changed (e.g. sweep time).

Step 6: Removing the interference and unwanted signal

- On removal of the interference and unwanted signals the UUT is allowed to start transmissions again on this channel; however, this is not a requirement and, therefore, does not require testing.

Step 7:

- Step 2 to step 6 shall be repeated for each of the frequencies to be tested.

5.4.6.2.1.5 Generic test procedure for measuring channel/frequency usage

This is a generic test method to evaluate transmissions on the operating (hopping) frequency being investigated. This test is performed as part of the procedures described in clause 5.4.6.2.1.2 to clause 5.4.6.2.1.4.

The test procedure shall be as follows:

Step 1:

- The analyser shall be set as follows:
 - Centre Frequency: Equal to the hopping frequency or centre frequency of the channel being investigated.
 - Frequency Span: 0 Hz.
 - RBW: ~ 50 % of the Occupied Channel Bandwidth (if the analyser does not support this setting, the highest available setting shall be used).
 - VBW: \geq RBW (if the analyser does not support this setting, the highest available setting shall be used).
 - Detector Mode: RMS.

- Sweep time: > the Channel Occupancy Time.

It shall be noted that if the Channel Occupancy Time is non-contiguous (for DAA based FHSS equipment), the sweep time shall be sufficient to cover the period over which the Channel Occupancy Time is spread out.

- Number of sweep points: The time resolution has to be sufficient to meet the maximum measurement uncertainty of 5 % for the period to be measured. In most cases, the Idle Period is the shortest period to be measured and thereby defining the time resolution. If the Channel Occupancy Time is non-contiguous (DAA based FHSS equipment), there is no Idle Period to be measured and therefore the time resolution can be increased (e.g. to 5 % of the dwell time) to cover the period over which the Channel Occupancy Time is spread out, without resulting in too high a number of sweep points for the analyser.

EXAMPLE 1: For a Channel Occupancy Time of 60 ms, the minimum Idle Period is 3 ms, hence the minimum time resolution should be < 150 μ s.

EXAMPLE 2: For a Channel Occupancy Time of 2 ms, the minimum Idle Period is 100 μ s, hence the minimum time resolution should be < 5 μ s.

EXAMPLE 3: In case of a FHSS equipment using the non-contiguous Channel Occupancy Time approach (40 ms) and using 79 hopping frequencies with a dwell time of 3,75 ms, and transmitting at 100 % duty cycle with no receive periods or Idle Periods, the total period over which the Channel Occupancy Time is spread out is 3,2 s. With a time resolution 0,1875 ms (5 % of the dwell time), the minimum number of sweep points is ~ 17 000.

- Trace mode: Clear/Write
- Trigger: Video

In case of FHSS equipment, the data points resulting from transmissions on the hopping frequency being investigated are assumed to have much higher levels compared to data points resulting from transmissions on adjacent hopping frequencies. If a clear determination between these transmissions is not possible, the RBW in step 1 shall be further reduced. In addition, a channel filter may be used.

Step 2:

- Save the trace data to a file for further analysis by a computing device using an appropriate software application or program.

Step 3:

- Identify the data points related to the frequency being investigated by applying a threshold.
- Count the number of consecutive data points identified as resulting from a single transmission on the frequency being investigated and multiply this number by the time difference between two consecutive data points. Repeat this for all the transmissions within the measurement window.
- For measuring idle or silent periods, count the number of consecutive data points identified as resulting from a single transmitter off period on the frequency being investigated and multiply this number by the time difference between two consecutive data points. Repeat this for all the transmitter off periods within the measurement window.

5.4.6.2.2 Radiated measurements

When performing radiated measurements on equipment with dedicated antennas, measurements shall be repeated for each alternative dedicated antenna.

The power levels specified in table 2, table 3, table 9, table 10 and table 11 can be converted to a corresponding power flux density (PFD) value using the formula below:

$$\text{PFD} = P + 11 - 20 \times \log_{10}(300 / F)$$

'P' is the power level in dBm

'F' is the frequency in MHz

A test site as described in annex B and applicable measurement procedures as described in annex C shall be used.

The test procedure is further as described under clause 5.4.6.2.1.

5.4.7 Occupied Channel Bandwidth

5.4.7.1 Test conditions

See clause 5.1 for the environmental test conditions. These measurements shall only be performed at normal test conditions.

In case of conducted measurements on smart antenna systems (equipment with multiple transmit chains) measurements need only to be performed on one of the active transmit chains (antenna outputs).

For FHSS equipment having overlapping channels, special software might be required to force the UUT to hop or transmit on a single Hopping Frequency.

The measurement shall be performed only on the lowest and the highest frequency within the stated frequency range. The frequencies on which the tests were performed shall be recorded.

If the equipment can operate with different Nominal Channel Bandwidths (e.g. 20 MHz and 40 MHz), then each channel bandwidth shall be tested separately.

5.4.7.2 Test method

5.4.7.2.1 Conducted measurement

The measurement procedure shall be as follows:

Step 1:

Connect the UUT to the spectrum analyser and use the following settings:

- Centre Frequency: The centre frequency of the channel under test
- Resolution BW: ~ 1 % of the span without going below 1 %
- Video BW: $3 \times \text{RBW}$
- Frequency Span: $2 \times \text{Nominal Channel Bandwidth}$
- Detector Mode: RMS
- Trace Mode: Max Hold
- Sweep time: 1 s

Step 2:

Wait for the trace to stabilize.

Find the peak value of the trace and place the analyser marker on this peak.

Step 3:

Use the 99 % bandwidth function of the spectrum analyser to measure the Occupied Channel Bandwidth of the UUT. This value shall be recorded.

Make sure that the power envelope is sufficiently above the noise floor of the analyser to avoid the noise signals left and right from the power envelope being taken into account by this measurement.

5.4.7.2.2 Radiated measurement

The test set up as described in annex B and the applicable measurement procedures described in annex C shall be used. Alternatively, a test fixture may be used.

The test procedure is as described under clause 5.4.7.2.1.

5.4.8 Transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain

5.4.8.1 Test conditions

See clause 5.1 for the environmental test conditions.

These measurements shall only be performed at normal test conditions.

For FHSS equipment, the measurements shall be performed during normal operation (hopping).

For non-FHSS equipment, the measurement shall be performed at the lowest and the highest channel on which the equipment can operate. These operating channels shall be recorded.

The equipment shall be configured to operate under its worst case situation with respect to output power.

If the equipment can operate with different Nominal Channel Bandwidths (e.g. 20 MHz and 40 MHz), then each channel bandwidth shall be tested separately.

5.4.8.2 Test method

5.4.8.2.1 Conducted measurement

The applicable mask is defined by the measurement results from the tests performed under clause 5.4.7 (Occupied Channel Bandwidth).

The Out-of-band emissions within the different horizontal segments of the mask provided in figure 1 and figure 3 shall be measured using the procedure in step 1 to step 6 below. This method assumes the spectrum analyser is equipped with the Time Domain Power option.

Step 1:

- Connect the UUT to the spectrum analyser and use the following settings:
 - Measurement Mode: Time Domain Power
 - Centre Frequency: 2 484 MHz
 - Span: Zero Span
 - Resolution BW: 1 MHz
 - Filter mode: Channel filter
 - Video BW: 3 MHz
 - Detector Mode: RMS
 - Trace Mode: Max Hold
 - Sweep Mode: Single Sweep
 - Sweep Points: Sweep time [μ s] / (1 μ s) with a maximum of 30 000
 - Trigger Mode: Video
 - Sweep Time: > 120 % of the duration of the longest burst detected during the measurement of the RF Output Power

Step 2 (segment 2 483,5 MHz to 2 483,5 MHz + BW):

- The measurement shall be performed and repeated while the trigger level is increased until no triggering takes place.
- For FHSS equipment operating in a normal hopping mode, the different hops will result in signal bursts with different power levels. In this case the burst with the highest power level shall be selected.
- Set a window (start and stop lines) to match with the start and end of the burst and in which the RMS power shall be measured using the Time Domain Power function.
- Select RMS power to be measured within the selected window and note the result which is the RMS power within this 1 MHz segment (2 483,5 MHz to 2 484,5 MHz). Compare this value with the applicable limit provided by the mask.
- Increase the centre frequency in steps of 1 MHz and repeat this measurement for every 1 MHz segment within the range 2 483,5 MHz to 2 483,5 MHz + BW. The centre frequency of the last 1 MHz segment shall be set to 2 483,5 MHz + BW - 0,5 MHz (which means this may partly overlap with the previous 1 MHz segment).

Step 3 (segment 2 483,5 MHz + BW to 2 483,5 MHz + 2 BW):

- Change the centre frequency of the analyser to 2 484 MHz + BW and perform the measurement for the first 1 MHz segment within range 2 483,5 MHz + BW to 2 483,5 MHz + 2 BW. Increase the centre frequency in 1 MHz steps and repeat the measurements to cover this whole range. The centre frequency of the last 1 MHz segment shall be set to 2 483,5 MHz + 2 BW - 0,5 MHz (which means this may partly overlap with the previous 1 MHz segment).

Step 4 (segment 2 400 MHz - BW to 2 400 MHz):

- Change the centre frequency of the analyser to 2 399,5 MHz and perform the measurement for the first 1 MHz segment within range 2 400 MHz - BW to 2 400 MHz. Reduce the centre frequency in 1 MHz steps and repeat the measurements to cover this whole range. The centre frequency of the last 1 MHz segment shall be set to 2 400 MHz - BW + 0,5 MHz (which means this may partly overlap with the previous 1 MHz segment).

Step 5 (segment 2 400 MHz - 2 BW to 2 400 MHz - BW):

- Change the centre frequency of the analyser to 2 399,5 MHz - BW and perform the measurement for the first 1 MHz segment within range 2 400 MHz - 2 BW to 2 400 MHz - BW. Reduce the centre frequency in 1 MHz steps and repeat the measurements to cover this whole range. The centre frequency of the last 1 MHz segment shall be set to 2 400 MHz - 2 BW + 0,5 MHz (which means this may partly overlap with the previous 1 MHz segment).

Step 6:

- In case of conducted measurements on equipment with a single transmit chain, the declared antenna assembly gain G in dBi shall be added to the results for each of the 1 MHz segments and compared with the limits provided by the mask given in figure 1 or figure 3. If more than one antenna assembly is intended for this power setting, the antenna with the highest gain shall be considered.
- In case of conducted measurements on smart antenna systems (equipment with multiple transmit chains), the measurements need to be repeated for each of the active transmit chains. The declared antenna assembly gain G in dBi for a single antenna shall be added to these results. If more than one antenna assembly is intended for this power setting, the antenna with the highest gain shall be considered. Comparison with the applicable limits shall be done using any of the options given below:
 - Option 1: the results for each of the transmit chains for the corresponding 1 MHz segments shall be added. The additional beamforming gain Y in dB shall be added as well and the resulting values compared with the limits provided by the mask given in figure 1 or figure 3.
 - Option 2: the limits provided by the mask given in figure 1 or figure 3 shall be reduced by $10 \times \log_{10}(A_{ch})$ and the additional beamforming gain Y in dB. The results for each of the transmit chains shall be individually compared with these reduced limits.

NOTE: A_{ch} refers to the number of active transmit chains.

It shall be recorded whether the equipment complies with the mask provided in figure 1 or figure 3.

5.4.8.2.2 Radiated measurement

The test set up as described in annex B and the applicable measurement procedures described in annex C shall be used. Alternatively a test fixture may be used.

The test procedure is as described under clause 5.4.8.2.1.

5.4.9 Transmitter unwanted emissions in the spurious domain

5.4.9.1 Test conditions

See clause 5.1 for the environmental test conditions. These measurements shall only be performed at normal test conditions.

The level of spurious emissions shall be measured as, either:

- a) their power in a specified load (conducted spurious emissions) and their effective radiated power when radiated by the cabinet or structure of the equipment (cabinet radiation); or
- b) their effective radiated power when radiated by cabinet and antenna in case of integral antenna equipment with no antenna connectors.

For FHSS equipment, the measurements may be performed when normal hopping is disabled. In this case measurements need to be performed when operating at the lowest and the highest hopping frequency. When this is not possible, the measurement shall be performed during normal operation (hopping).

For non-FHSS equipment, the measurement shall be performed at the lowest and the highest channel on which the equipment can operate. These operating channels shall be recorded.

The equipment shall be configured to operate under its worst case situation with respect to output power.

If the equipment can operate with different Nominal Channel Bandwidths (e.g. 20 MHz and 40 MHz), then the equipment shall be configured to operate under its worst case situation with respect to spurious emissions.

5.4.9.2 Test method

5.4.9.2.1 Conducted measurement

5.4.9.2.1.1 Introduction

The spectrum in the spurious domain (see figure 1 or figure 3) shall be searched for emissions that exceed the limit values given in table 4 or table 12 or that come to within 6 dB below these limits. Each occurrence shall be recorded.

The measurement procedure contains 2 parts.

5.4.9.2.1.2 Pre-scan

The procedure in step 1 to step 4 below shall be used to identify potential unwanted emissions of the UUT.

Step 1:

The sensitivity of the measurement set-up should be such that the noise floor is at least 12 dB below the limits given in table 4 or table 12.

Step 2:

The emissions over the range 30 MHz to 1 000 MHz shall be identified.

Spectrum analyser settings:

- Resolution bandwidth: 100 kHz

- Video bandwidth: 300 kHz
- Filter type: 3 dB (Gaussian)
- Detector mode: Peak
- Trace Mode: Max Hold
- Sweep Points: $\geq 19\,400$; for spectrum analysers not supporting this high number of sweep points, the frequency band may be segmented.
- Sweep time: For non continuous transmissions (duty cycle less than 100 %), the sweep time shall be sufficiently long, such that for each 100 kHz frequency step, the measurement time is greater than two transmissions of the UUT, on any channel.

For FHSS equipment operating in a normal operating (hopping not disabled) mode, the sweep time shall be further increased to capture multiple transmissions on any of the hopping frequencies.

The above sweep time setting may result in long measuring times in case of FHSS equipment. To avoid such long measuring times, an FFT analyser may be used.

Allow the trace to stabilize. Any emissions identified during the sweeps above and that fall within the 6 dB range below the applicable limit or above, shall be individually measured using the procedure in clause 5.4.9.2.1.3 and compared to the limits given in table 4 or table 12.

Step 3:

The emissions over the range 1 GHz to 12,75 GHz shall be identified.

Spectrum analyser settings:

- Resolution bandwidth: 1 MHz
- Video bandwidth: 3 MHz
- Filter type: 3 dB (Gaussian)
- Detector mode: Peak
- Trace Mode: Max Hold
- Sweep Points: $\geq 23\,500$; for spectrum analysers not supporting this high number of sweep points, the frequency band may be segmented.
- Sweep time: For non continuous transmissions (duty cycle less than 100 %), the sweep time shall be sufficiently long, such that for each 1 MHz frequency step, the measurement time is greater than two transmissions of the UUT, on any channel.

For FHSS equipment operating in a normal operating (hopping not disabled) mode, the sweep time shall be further increased to capture multiple transmissions on any of the hopping frequencies.

The above sweep time setting may result in long measuring times in case of FHSS equipment. To avoid such long measuring times, an FFT analyser may be used.

Allow the trace to stabilize. Any emissions identified during the sweeps above that fall within the 6 dB range below the applicable limit or above, shall be individually measured using the procedure in clause 5.4.9.2.1.3 and compared to the limits given in table 4 or table 12.

FHSS equipment may generate a block (or several blocks) of spurious emissions anywhere within the spurious domain. If this is the case, only the highest peak of each block of emissions shall be measured using the procedure in clause 5.4.9.2.1.3.

Step 4:

- In case of conducted measurements on smart antenna systems (equipment with multiple transmit chains), step 2 and step 3 need to be repeated for each of the active transmit chains (A_{ch}). The limits used to identify emissions during this pre-scan need to be reduced by $10 \times \log_{10}(A_{ch})$.

5.4.9.2.1.3 Measurement of the emissions identified during the pre-scan

The procedure in step 1 to step 4 below shall be used to accurately measure the individual unwanted emissions identified during the pre-scan measurements above. This method assumes the spectrum analyser has a Time Domain Power function.

Step 1:

The level of the emissions shall be measured using the following spectrum analyser settings:

- Measurement Mode: Time Domain Power
- Centre Frequency: Frequency of the emission identified during the pre-scan
- Resolution Bandwidth: 100 kHz (< 1 GHz) / 1 MHz (> 1 GHz)
- Video Bandwidth: 300 kHz (< 1 GHz) / 3 MHz (> 1 GHz)
- Frequency Span: Zero Span
- Sweep Mode: Single Sweep
- Sweep Time: > 120 % of the duration of the longest burst detected during the measurement of the RF Output Power
- Sweep Points: Sweep time [μ s] / (1 μ s) with a maximum of 30 000
- Trigger Mode: Video (burst signals) or Manual (continuous signals)
- Detector Mode: RMS

Step 2:

Set a window where the start and stop indicators match the start and end of the burst with the highest level and record the value of the power measured within this window. If the spurious emission to be measured is a continuous transmission, the measurement window shall be set to match the start and stop times of the sweep.

Step 3:

In case of conducted measurements on smart antenna systems (equipment with multiple transmit chains), step 2 needs to be repeated for each of the active transmit chains (A_{ch}).

Sum the measured power (within the observed window) for each of the active transmit chains.

Step 4:

The value defined in step 3 shall be compared to the limits defined in table 4 or table 12.

5.4.9.2.2 Radiated measurement

The test site as described in annex B and applicable measurement procedures as described in annex C shall be used.

The test procedure is further as described under clause 5.4.9.2.1.

5.4.10 Receiver spurious emissions

5.4.10.1 Test conditions

See clause 5.1 for the environmental test conditions. These measurements shall only be performed at normal test conditions.

The level of spurious emissions shall be measured as, either:

- a) their power in a specified load (conducted spurious emissions) and their effective radiated power when radiated by the cabinet or structure of the equipment (cabinet radiation); or
- b) their effective radiated power when radiated by cabinet and antenna in case of integral antenna equipment with no temporary antenna connectors.

Testing shall be performed when the equipment is in a receive-only mode.

For non-FHSS equipment, the measurement shall be performed at the lowest and the highest channel on which the equipment can operate. These frequencies shall be recorded.

For FHSS equipment, the measurements may be performed when normal hopping is disabled. In this case measurements need to be performed when operating at the lowest and the highest hopping frequency. These frequencies shall be recorded. When disabling the normal hopping is not possible, the measurement shall be performed during normal operation (hopping).

5.4.10.2 Test method

5.4.10.2.1 Conducted measurement

5.4.10.2.1.1 Introduction

In case of conducted measurements, the radio equipment shall be connected to the measuring equipment via an attenuator.

The spectrum in the spurious domain (see figure 1 or figure 3) shall be searched for emissions that exceed the limit values given in table 5 or table 13 or that come to within 6 dB below these limits. Each occurrence shall be recorded.

The measurement procedure contains 2 parts.

5.4.10.2.1.2 Pre-scan

The procedure in step 1 to step 4 below shall be used to identify potential unwanted emissions of the UUT.

Step 1:

The sensitivity of the spectrum analyser should be such that the noise floor is at least 12 dB below the limits given in table 5 or table 13.

Step 2:

The emissions over the range 30 MHz to 1 000 MHz shall be identified.

Spectrum analyser settings:

- Resolution bandwidth: 100 kHz
- Video bandwidth: 300 kHz
- Filter type: 3 dB (Gaussian)
- Detector mode: Peak
- Trace Mode: Max Hold

- Sweep Points: $\geq 19\,400$
- Sweep time: Auto

Wait for the trace to stabilize. Any emissions identified during the sweeps above and that fall within the 6 dB range below the applicable limit or above, shall be individually measured using the procedure in clause 5.4.10.2.1.3 and compared to the limits given in table 5 or table 13.

Step 3:

The emissions over the range 1 GHz to 12,75 GHz shall be identified.

Spectrum analyser settings:

- Resolution bandwidth: 1 MHz
- Video bandwidth: 3 MHz
- Filter type: 3 dB (Gaussian)
- Detector mode: Peak
- Trace Mode: Max Hold
- Sweep Points: $\geq 23\,500$; for spectrum analysers not supporting this high number of sweep points, the frequency band may be segmented
- Sweep time: Auto

Wait for the trace to stabilize. Any emissions identified during the sweeps above that fall within the 6 dB range below the applicable limit or above, shall be individually measured using the procedure in clause 5.4.10.2.1.3 and compared to the limits given in table 5 or table 13.

FHSS equipment may generate a block (or several blocks) of spurious emissions anywhere within the spurious domain. If this is the case, only the highest peak of each block of emissions shall be measured using the procedure in clause 5.4.10.2.1.3.

Step 4:

- In case of conducted measurements on smart antenna systems (equipment with multiple receive chains), step 2 and step 3 need to be repeated for each of the active receive chains A_{ch} . The limits used to identify emissions during this pre-scan need to be reduced by $10 \times \log_{10} A_{ch}$.

5.4.10.2.1.3 Measurement of the emissions identified during the pre-scan

The procedure in step 1 to step 4 below shall be used to accurately measure the individual unwanted emissions identified during the pre-scan measurements above. This method assumes the spectrum analyser has a Time Domain Power function.

Step 1:

The level of the emissions shall be measured using the following spectrum analyser settings:

- Measurement Mode: Time Domain Power
- Centre Frequency: Frequency of the emission identified during the pre-scan
- Resolution Bandwidth: 100 kHz (< 1 GHz) / 1 MHz (> 1 GHz)
- Video Bandwidth: 300 kHz (< 1 GHz) / 3 MHz (> 1 GHz)
- Frequency Span: Zero Span
- Sweep mode: Single Sweep

- Sweep time: 30 ms
- Sweep points: $\geq 30\,000$
- Trigger: Video (for burst signals) or Manual (for continuous signals)
- Detector: RMS

Step 2:

Set a window where the start and stop indicators match the start and end of the burst with the highest level and record the value of the power measured within this window. If the spurious emission to be measured is a continuous transmission, the measurement window shall be set to the start and stop times of the sweep.

Step 3:

In case of conducted measurements on smart antenna systems (equipment with multiple receive chains), step 2 needs to be repeated for each of the active receive chains A_{ch} .

Sum the measured power (within the observed window) for each of the active receive chains.

Step 4:

The value defined in step 3 shall be compared to the limits defined in table 5 and table 13.

5.4.10.2.2 Radiated measurement

The test site as described in annex B and applicable measurement procedures as described in annex C shall be used.

The test procedure is further as described under clause 5.4.10.2.1.

5.4.11 Receiver Blocking**5.4.11.1 Test conditions**

See clause 5.1 for the environmental test conditions. These measurements shall only be performed at normal test conditions. For non-FHSS equipment, having more than one operating channel, the operating channels on which the testing has to be performed shall be selected as follows:

- For testing blocking frequencies less than 2 400 MHz, the equipment shall operate on the lowest operating channel.
- For testing blocking frequencies greater than 2 500 MHz, the equipment shall operate on the highest operating channel.

Equipment which can change their operating channel automatically (adaptive channel allocation), and where this function cannot be disabled, shall be tested as a FHSS equipment.

If the equipment can be configured to operate with different Nominal Channel Bandwidths (e.g. 20 MHz and 40 MHz) and different data rates, then the combination of the smallest channel bandwidth and the lowest data rate for this channel bandwidth which still allows the equipment to operate as intended shall be used. This mode of operation shall be aligned with the performance criteria defined in clause 4.3.1.12.3 or clause 4.3.2.11.3 and shall be described in the test report.

5.4.11.2 Test Method**5.4.11.2.1 Conducted measurements**

For systems using multiple receive chains only one chain (antenna port) need to be tested. All other receiver inputs shall be terminated.

Figure 6 shows the test set-up which can be used for performing the receiver blocking test.

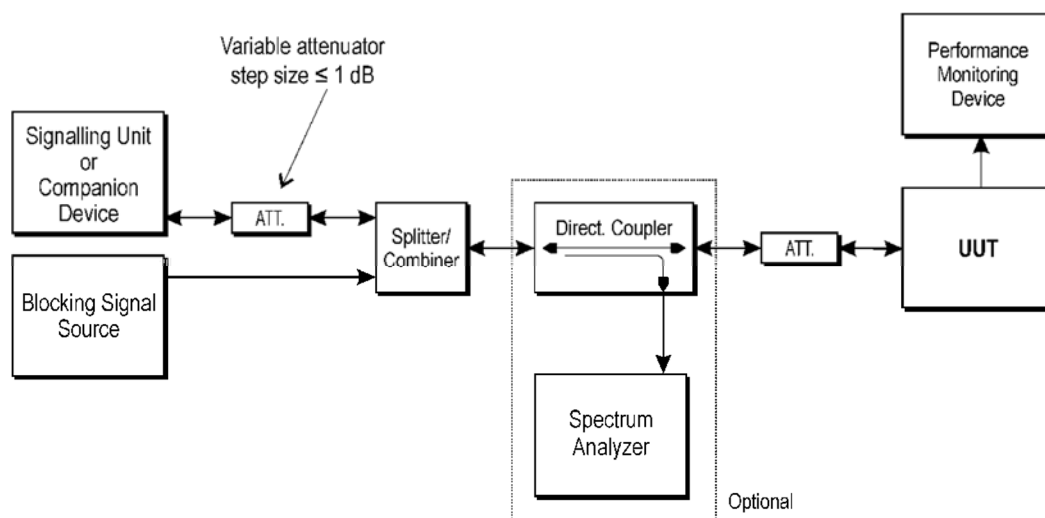


Figure 6: Test Set-up for receiver blocking

The procedure in step 1 to step 6 below shall be used to verify the receiver blocking requirement as described in clause 4.3.1.12 or clause 4.3.2.11. The performance monitoring device is capable of verifying the performance criteria as defined in clause 4.3.1.12.3 or clause 4.3.2.11.3.

Table 6, table 7 and table 8 in clause 4.3.1.12.4 contain the applicable blocking frequencies and blocking levels for each of the receiver categories for testing Receiver Blocking on FHSS equipment.

Table 14, table 15 and table 16 in clause 4.3.2.11.4 contain the applicable blocking frequencies and blocking levels for each of the receiver categories for testing Receiver Blocking on non-FHSS equipment.

Step 1:

- For non-FHSS equipment, the UUT shall be set to the lowest operating channel on which the blocking test has to be performed (see clause 5.4.11.1).

Step 2:

- The blocking signal generator is set to the first frequency as defined in the appropriate table corresponding to the receiver category and type of equipment.

Step 3:

- With the blocking signal generator switched off, a communication link is established between the UUT and the associated companion device using the test setup shown in figure 6.
- Unless the option provided in note 2 of the applicable table referred to in clause 5.4.11.2.1 is used, the level of the wanted signal shall be set to the value provided in the table corresponding to the receiver category and type of equipment. The test procedure defined in clause 5.4.2, and more in particular clause 5.4.2.2.1.2, can be used to measure the (conducted) level of the wanted signal however no correction shall be made for antenna gain of the companion device (step 6 in clause 5.4.2.2.1.2 shall be ignored). This level may be measured directly at the output of the companion device and a correction is made for the coupling loss into the UUT. The actual level for the wanted signal shall be recorded in the test report.
- When the option provided in note 2 of the applicable table referred to in clause 5.4.11.2.1 is used, the attenuation of the variable attenuator shall be increased in 1 dB steps to a value at which the minimum performance criteria as specified in clause 4.3.1.12.3 or clause 4.3.2.11.3 is still met. The resulting level for the wanted signal at the input of the UUT is P_{\min} . This signal level (P_{\min}) is increased by the value provided in note 2 of the applicable table corresponding to the receiver category and type of equipment.

Step 4:

- The blocking signal at the UUT is set to the level provided in the table corresponding to the receiver category and type of equipment.
- If the performance criteria as specified in clause 4.3.1.12.3 or clause 4.3.2.11.3 are met then proceed to step 6.

Step 5:

- If the performance criteria as specified in clause 4.3.1.12.3 or clause 4.3.2.11.3 is not met, step 3 and step 4 shall be repeated after that the frequency of the blocking signal set in step 2 has been increased with a value equal to the Occupied Channel Bandwidth except:
 - For the blocking frequency 2 380 MHz, where this frequency offset shall be less than or equal to 10 MHz. If this frequency offset is more than 7 MHz, the level of the wanted signal shall be increased by 3 dB.
 - For the blocking frequency 2 503,5 MHz, where this frequency offset shall be less than or equal to 10 MHz. If this frequency offset is more than 7 MHz, the level of the wanted signal shall be decreased by 3 dB.
- If the performance criteria as specified in clause 4.3.1.12.3 or clause 4.3.2.11.3 is still not met, step 3 and step 4 shall be repeated after that the frequency of the blocking signal set in step 2 has been decreased with a value equal to the Occupied Channel Bandwidth except:
 - For the blocking frequency 2 380 MHz, where this frequency offset shall be less than or equal to 10 MHz. If this frequency offset is more than 7 MHz, the level of the wanted signal shall be decreased by 3 dB.
 - For the blocking frequency 2 503,5 MHz, where this frequency offset shall be less than or equal to 10 MHz. If this frequency offset is more than 7 MHz, the level of the wanted signal shall be increased by 3 dB.
- If the performance criteria as specified in clause 4.3.1.12.3 or clause 4.3.2.11.3 is still not met, the UUT fails to comply with the Receiver Blocking requirement and step 6 and step 7 are no longer required.
- It shall be recorded in the test report whether the shift of blocking frequencies as described in the present step was used.

Step 6:

- Repeat step 4 and step 5 for each remaining combination of frequency and level for the blocking signal as provided in the table corresponding to the receiver category and type of equipment.

Step 7:

- For non-FHSS equipment, repeat step 2 to step 6 with the UUT operating at the highest operating channel on which the blocking test has to be performed (see clause 5.4.11.1).

Step 8:

- It shall be assessed and recorded in the test report whether the UUT complies with the Receiver Blocking requirement.

5.4.11.2.2 Radiated measurements

When performing radiated measurements on equipment with dedicated antennas, measurements shall be repeated for each alternative dedicated antenna.

The power levels specified in table 6, table 7, table 8, table 14, table 15 and table 16 can be converted to a corresponding power flux density (PFD) value using the formula below:

$$\text{PFD} = P + 11 - 20 \times \log_{10}(300 / F)$$

'P' is the power level in dBm

'F' is the frequency in MHz

A test site as described in annex B and applicable measurement procedures as described in annex C shall be used.

The test procedure is further as described under clause 5.4.11.2.1.

The level of the blocking signal at the UUT referred to in step 4 equates to a corresponding field strength at the UUT antenna(s). The UUT shall be positioned with its main beam pointing towards the antenna radiating the blocking signal. The position recorded in clause 5.4.2.2.2 can be used.

Annex A (informative): Relationship between the present document and the essential requirements of Directive 2014/53/EU

The present document has been prepared under the Commission's standardisation request C(2015) 5376 final [i.14] to provide one voluntary means of conforming to the essential requirements of Directive 2014/53/EU on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of radio equipment and repealing Directive 1999/5/EC [i.1].

Once the present document is cited in the Official Journal of the European Union under that Directive, compliance with the normative clauses of the present document given in table A.1 confers, within the limits of the scope of the present document, a presumption of conformity with the corresponding essential requirements of that Directive, and associated EFTA regulations.

Table A.1: Relationship between the present document and the essential requirements of Directive 2014/53/EU [i.1]

Harmonised Standard ETSI EN 300 328					
Requirement				Requirement Conditionality	
No	Description	Essential requirements of Directive	Clause(s) of the present document	U/C	Condition
1	RF Output Power	3.2	4.3.1.2 or 4.3.2.2	U	
2	Power Spectral Density	3.2	4.3.2.3	C	Only for non-FHSS equipment
3	Duty cycle, Tx-Sequence, Tx-gap	3.2	4.3.1.3 or 4.3.2.4	C	Only for non-Adaptive equipment
4	Accumulated Transmit time, Frequency Occupation & Hopping Sequence	3.2	4.3.1.4	C	Only for FHSS equipment
5	Hopping Frequency Separation	3.2	4.3.1.5	C	Only for FHSS equipment
6	Medium Utilization	3.2	4.3.1.6 or 4.3.2.5	C	Only for non-Adaptive equipment
7	Adaptivity	3.2	4.3.1.7 or 4.3.2.6	C	Only for Adaptive equipment
8	Occupied Channel Bandwidth	3.2	4.3.1.8 or 4.3.2.7	U	
9	Transmitter unwanted emissions in the OOB domain	3.2	4.3.1.9 or 4.3.2.8	U	
10	Transmitter unwanted emissions in the spurious domain	3.2	4.3.1.10 or 4.3.2.9	U	
11	Receiver spurious emissions	3.2	4.3.1.11 or 4.3.2.10	U	
12	Receiver Blocking	3.2	4.3.1.12 or 4.3.2.11	U	
13	Geo-location capability	3.2	4.3.1.13 or 4.3.2.12	C	Only for equipment with geo-location capability

Key to columns:

Requirement:

No A unique identifier for one row of the table which may be used to identify a requirement.

Description A textual reference to the requirement.

Essential requirements of Directive

Identification of article(s) defining the requirement in the Directive.

Clause(s) of the present document

Identification of clause(s) defining the requirement in the present document unless another document is referenced explicitly.

Requirement Conditionality:

U/C Indicates whether the requirement is unconditionally applicable (U) or is conditional upon the manufacturer's claimed functionality of the equipment (C).

Condition Explains the conditions when the requirement is or is not applicable for a requirement which is classified "conditional".

Presumption of conformity stays valid only as long as a reference to the present document is maintained in the list published in the Official Journal of the European Union. Users of the present document should consult frequently the latest list published in the Official Journal of the European Union.

Other Union legislation may be applicable to the product(s) falling within the scope of the present document.

Annex B (normative): Test sites and arrangements for radiated measurement

B.1 Introduction

This annex introduces three most commonly available test sites and a test fixture, to be used in the radiated measurements in accordance with the present document.

Subsequently, the following items are described:

- Open Area Test Site (OATS).
- Semi Anechoic Room (SAR).
- Fully Anechoic Room (FAR).
- Test fixture for relative measurements.

The first three are generally referred to as free field test sites. Both absolute and relative measurements can be performed on these sites. They are described in clause B.2. Clause B.3 describes the antennas used in these test sites. The test fixture can only be used for relative measurements, and are described in clause B.4.

Where absolute measurements are to be carried out, the chamber should be verified. A detailed verification procedure is described in clause 6 of ETSI TR 102 273-4 [i.10] for the OATS, in clause 6 of ETSI TR 102 273-3 [i.9] for the SAR, and in clause 6 of ETSI TR 102 273-2 [i.8] for the FAR.

Information for calculating the measurement uncertainty of measurements on one of these test sites can be found in ETSI TR 100 028-1 [i.15] and ETSI TR 100 028-2 [i.11], ETSI TR 102 273-2 [i.8], ETSI TR 102 273-3 [i.9] and ETSI TR 102 273-4 [i.10].

In addition to the above, clause B.7 in this annex describes the Interference Signal to be used for the Adaptivity Tests.

B.2 Radiation test sites

B.2.1 Open Area Test Site (OATS)

An Open Area Test Site comprises a turntable at one end and an antenna mast of variable height at the other end above a ground plane which, in the ideal case, is perfectly conducting and of infinite extent. In practice, while good conductivity can be achieved, the ground plane size has to be limited. A typical Open Area Test Site is shown in figure B.1.

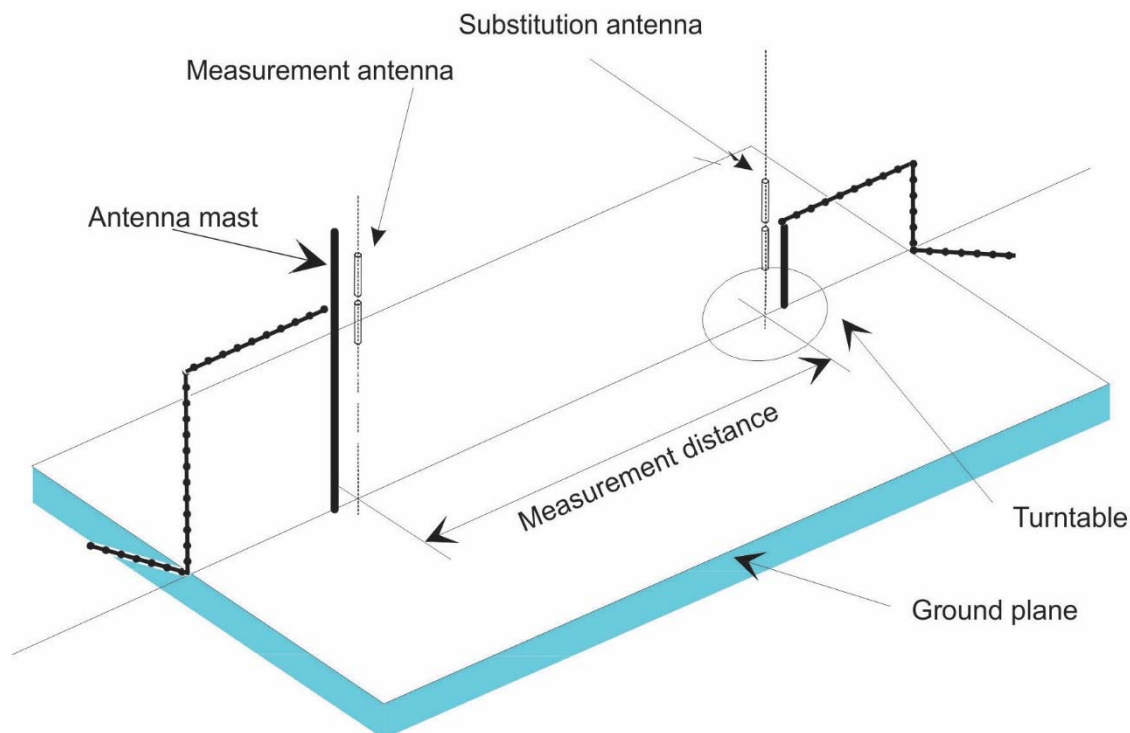


Figure B.1: A typical Open Area Test Site

The ground plane creates a wanted reflection path, such that the signal received by the receiving antenna is the sum of the signals received from the direct and reflected transmission paths. The phasing of these two signals creates a unique received level for each height of the transmitting antenna (or UUT) and the receiving antenna above the ground plane.

The antenna mast provides a variable height facility (from 1 m to 4 m) so that the position of the measurement antenna can be optimized for maximum coupled signal between antennas or between a UUT and the measurement antenna.

A turntable is capable of rotation through 360° in the horizontal plane and it is used to support the test sample (UUT) at a suitable height, usually 1,5 m above the ground plane.

The measurement distance and minimum chamber dimensions can be found in clause B.2.4. The distance used in actual measurements shall be recorded with the test results.

Further information on Open Area Test Sites can be found in ETSI TR 102 273-4 [i.10].

B.2.2 Semi Anechoic Room

A Semi Anechoic Room - or anechoic chamber with a conductive ground plane - is an enclosure, usually shielded, whose internal walls and ceiling are covered with radio absorbing material. The floor, which is metallic, is not covered by absorbing material and forms the ground plane. The chamber usually contains an antenna mast at one end and a turntable at the other end. A typical anechoic chamber with a conductive ground plane is shown in figure B.2.

This type of test chamber attempts to simulate an ideal Open Area Test Site, whose primary characteristic is a perfectly conducting ground plane of infinite extent.

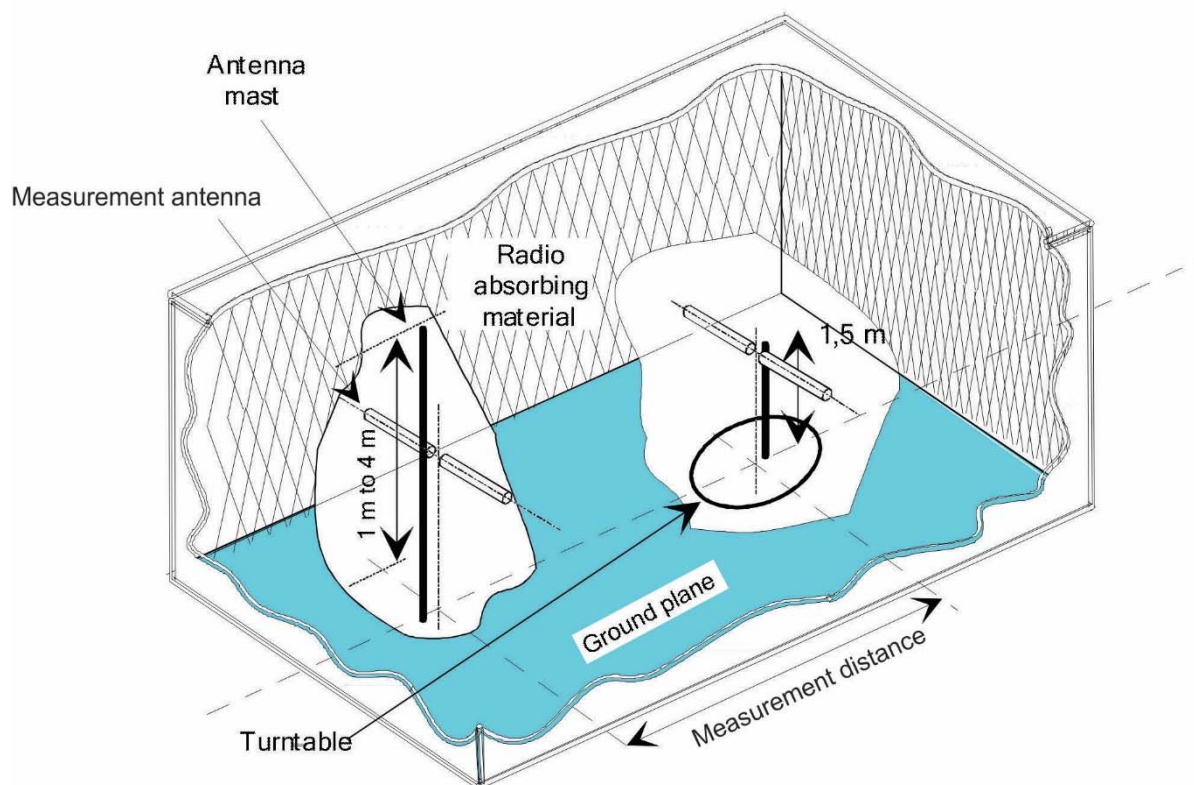


Figure B.2: A typical Semi Anechoic Room

In this facility the ground plane creates a wanted reflection path, such that the signal received by the receiving antenna is the sum of the signals received from the direct and reflected transmission paths. The phasing of these two signals creates a unique received level for each height of the transmitting antenna (or UUT) and the receiving antenna above the ground plane.

The antenna mast provides a variable height facility (from 1 m to 4 m) so that the position of the measurement antenna can be optimized for maximum coupled signal between antennas or between a UUT and the measurement antenna.

A turntable is capable of rotation through 360° in the horizontal plane and it is used to support the test sample (UUT) at a suitable height, usually 1,5 m above the ground plane.

The measurement distance and minimum chamber dimensions can be found in clause B.2.4. The distance used in actual measurements shall be recorded with the test results.

Further information on Semi Anechoic Rooms can be found in ETSI TR 102 273-3 [i.9].

B.2.3 Fully Anechoic Room (FAR)

A Fully Anechoic Room is an enclosure, usually shielded, whose internal walls, floor and ceiling are covered with radio absorbing material. The chamber usually contains an antenna support at one end and a turntable at the other end. A typical Fully Anechoic Room is shown in figure B.3.

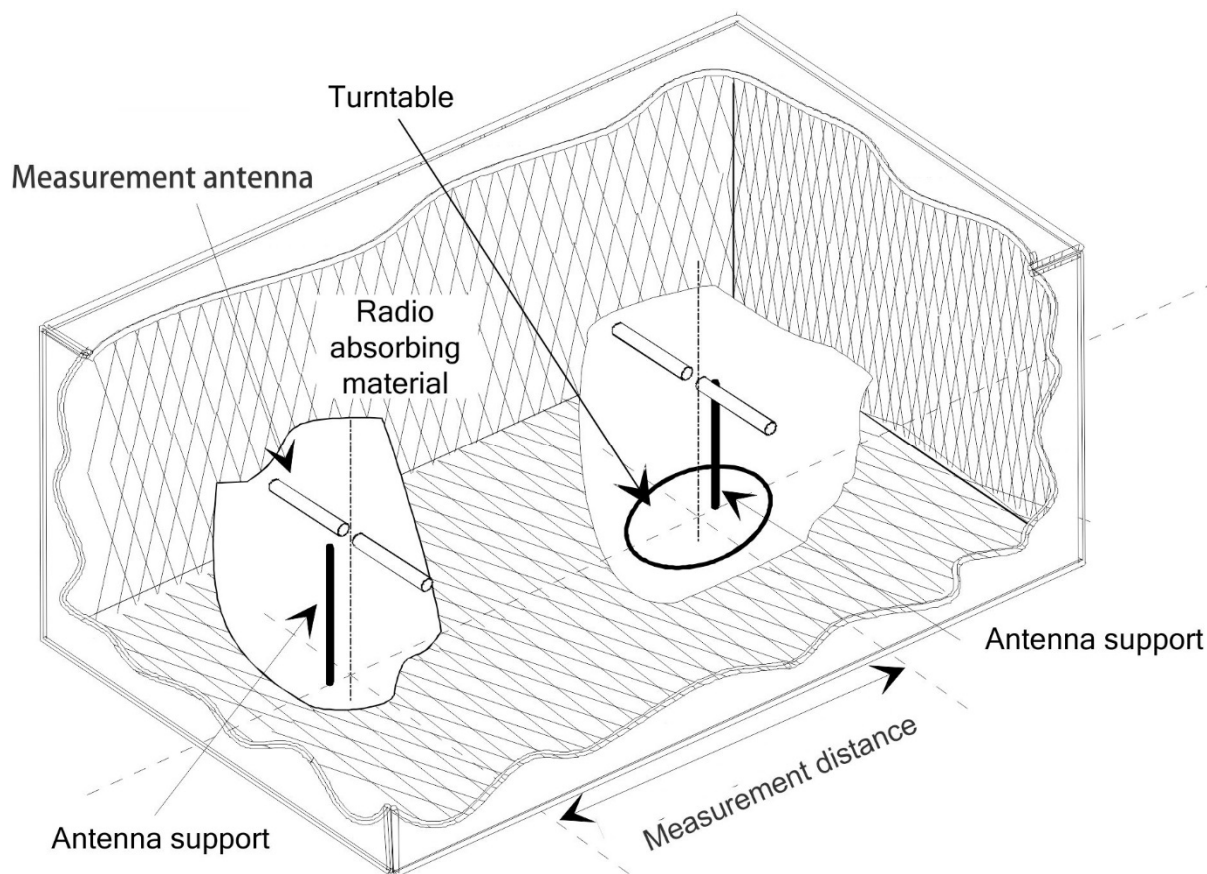


Figure B.3: A typical Fully Anechoic Room

The chamber shielding and radio absorbing material provide a controlled environment for testing purposes. This type of test chamber attempts to simulate free space conditions.

The shielding provides a test space, with reduced levels of interference from ambient signals and other outside effects, whilst the radio absorbing material minimizes unwanted reflections from the walls and ceiling which can influence the measurements. The shielding should be sufficient to eliminate interference from the external environment that would mask any signals that have to be measured.

A turntable is capable of rotation through 360° in the horizontal plane and it is used to support the UUT at a suitable height (e.g. 1 m) above the absorbing material.

The measurement distance and minimum chamber dimensions can be found in clause B.2.4. The distance used in actual measurements shall be recorded with the test results.

Further information on Fully Anechoic Rooms can be found in ETSI TR 102 273-2 [i.8].

B.2.4 Measurement Distance

The measurement distance should be chosen in order to measure the UUT at far-field conditions. The minimum measurement distance between the equipment and the measurement antenna should be λ or $r_m \gg \frac{D^2}{\lambda}$, whichever is the greater.

λ = wavelength in m

r_m = minimum measurement distance between UUT and measurement antenna in m

D = largest dimension of physical aperture of the largest antenna in the measurement setup, in m

$\frac{D^2}{\lambda}$ = distance between outer boundary of radiated near field (Fresnel region) and inner boundary of the radiated far-field (Fraunhofer region) in m, also known as Rayleigh distance

For those measurements, where these conditions cannot be fulfilled and where the measurement distance would result in measurements in the near field (e.g. while measuring spurious emissions), this should be noted in the test report and the additional measurement uncertainty should be incorporated into the results.

B.3 Antennas

B.3.1 Introduction

Antennas are needed for the radiated measurements on the three test sites described in clause B.2. Depending on its use, the antenna is designated as "measurement antenna" or "substitution antenna".

B.3.2 Measurement antenna

The measurement antenna is used to determine the field from the UUT and then from the substitution antenna. When the test site is used for the measurement of receiver characteristics, the antenna is used as the transmitting device.

The measurement antenna should be mounted on a support capable of allowing the antenna to be used in either horizontal or vertical polarization. Additionally, on an OATS or SAR, the height of the centre of the antenna above the ground should be variable over the specified range (usually 1 m to 4 m).

In the frequency band 30 MHz to 1 000 MHz, biconical or logarithmic periodic dipole antennas (LPDA) are recommended. Above 1 GHz, horn antennas or logarithmic periodic dipole antennas are recommended.

The measurement antenna does not require an absolute calibration.

B.3.3 Substitution antenna

The substitution antenna shall be used to replace the equipment under test in substitution measurements.

The substitution antenna shall be suitable for the frequency range and the return loss of the antenna shall be taken into account when calculating the measurement uncertainty.

The reference point of the substitution antenna shall coincide with the volume centre of the UUT when its antenna is internal, or with the volume centre of the dedicated antenna, or the external antenna connector.

The distance between the lower extremity of the antenna and the ground shall be at least 30 cm.

The substitution antenna shall be calibrated. For below 1 GHz, the calibration is relative to a half wave dipole, while above 1 GHz, an isotropic radiator is the reference.

B.4 Test fixture

B.4.1 Conducted measurements and use of test fixture

Conducted measurements may be applied to equipment provided with a (temporary) antenna connector, e.g. by means of a spectrum analyser.

In the case of integral antenna equipment with no antenna connector(s) provided, a test fixture can be used to allow relative measurements to be performed at the extremes of temperature.

B.4.2 Description of the test fixture

The test fixture shall provide a means of coupling to the radio frequency output(s).

The nominal impedance of the external connection to the test fixture shall be 50 Ω at the working frequencies of the equipment.

The performance characteristics of this test fixture under normal and extreme conditions shall be such that:

- a) the coupling loss shall be limited to ensure a sufficient dynamic range of the setup;
- b) the variation of coupling loss with frequency shall not cause errors exceeding 2 dB in measurements using the test fixture;
- c) the coupling device shall not include any non-linear elements.

B.4.3 Using the test fixture for relative measurements

Step 1 to step 4 below describe the procedure for performing relative measurements for those requirements where testing needs to be repeated at different temperatures.

Step 1:

Perform the measurement under normal conditions on a test site for radiated measurements as described in annex B, clause B.2. This results in an absolute value which shall be recorded.

Step 2:

Place the equipment with the test fixture in the temperature chamber. Perform the same measurement at normal conditions in this environment and normalize the measuring equipment to get the same value as in step 1.

Step 3:

Take care that the test fixture coupling remains constant during the entire test.

Step 4:

The measurements shall be repeated for the extreme temperatures. Due to the normalization performed in step 2, the obtained values are the test result for this requirement.

B.5 Guidance on the use of radiation test sites

B.5.1 Introduction

This clause details procedures, test equipment arrangements and verification that should be carried out before any of the radiated tests are performed. These procedures are common to all types of test sites described in clause B.2.

The UUT shall be placed or mounted on a non-conductive support.

B.5.2 Power supplies for a battery-only powered UUT

In case of battery-only powered UUT, the preference is to perform testing using the UUT's battery.

Where this is not practical, tests may be performed using a power supply. The power leads should be connected to the UUT's supply terminals (and monitored with a digital voltmeter). Where possible, the battery should remain present and electrically isolated.

The presence of these power cables can affect the measurements. For this reason, they should be made "transparent" as far as the testing is concerned (e.g. the leads could be twisted together, loaded with ferrite beads, etc.).

B.5.3 Site preparation

The cables to the measuring and substitution antenna should be routed appropriately to minimize the impact on the measurement.

B.6 Coupling of signals

The presence of test leads (not associated with the UUT under normal operation) in the radiated field may cause a disturbance of that field and lead to additional measurement uncertainty. These disturbances can be minimized by using suitable coupling methods, offering signal isolation and minimum field disturbance (e.g. optical coupling).

Leads which are part of the UUT shall be arranged to reflect normal operation of the UUT.

B.7 Interference Signal used for Adaptivity Tests

The inference signal used in the adaptivity tests described in clause 5.4.6.2.1.2, clause 5.4.6.2.1.3 and clause 5.4.6.2.1.4, shall be a band limited noise signal with a 100 % duty cycle.

The flatness, bandwidth and power spectral density of the interference signal can be verified with the following procedure:

Connect the signal generator for generating the interference signal to a spectrum analyser and use the following settings.

- Centre Frequency: Equal to the channel frequency to be tested
- Span: $2 \times$ the Nominal Channel Bandwidth
- Resolution BW: $\sim 1 \%$ of the Nominal Channel Bandwidth
- Video BW: $3 \times$ the Resolution BW
- Sweep Points: $2 \times$ the Span divided by the Resolution BW; for spectrum analysers not supporting this number of sweep points, the frequency band may be segmented
- Detector: Peak
- Trace Mode: Trace Averaging
- Number of sweeps: Sufficient to let the signal stabilize
- Sweep time: Auto

The 99 % bandwidth (the bandwidth containing 99 % of the power) of this inference signal shall be within a range from 120 % to 200 % of the Occupied Channel Bandwidth of the UUT with a minimum of 5 MHz, while the difference between the lowest and highest level within the Occupied Channel Bandwidth of the UUT shall be maximum 4 dB.

The level of this interference signal can be measured with a spectrum analyser using the following settings:

- Centre Frequency: Equal to the channel frequency to be tested
- Span: Zero
- Resolution BW: 1 MHz
- Video BW: $3 \times$ the Resolution BW
- Filter: Channel
- Detector: RMS
- Trace Mode: Clear Write

- Number of sweeps: Single
- Sweep time: 1 s

Annex C (normative): Measurement procedures for radiated measurement

C.1 Introduction

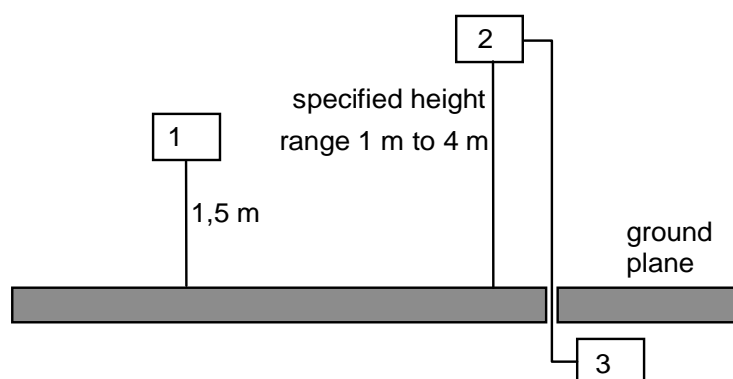
This annex gives the general procedures for radiated measurements using the test sites and arrangements described in annex B.

Preferably, radiated measurements shall be performed in a FAR, see clause C.3. Radiated measurements in an OATS or SAR are described in clause C.2.

C.2 Radiated measurements in an OATS or SAR

Radiated measurements shall be performed with the aid of a measurement antenna and a substitution antenna in test sites described in annex B. The measurement set-up shall be calibrated according to the procedure defined in this annex. The UUT and the measurement antenna shall be oriented such as to obtain the maximum emitted power level. This position shall be recorded in the test report:

- a) The measurement antenna (device 2 in figure C.1) shall be oriented initially for vertical antenna polarization unless otherwise stated and the UUT (device 1 in figure C.1) shall be placed on the support in its normal position and switched on.
- b) The measurement equipment (device 3 in figure C.1) shall be connected to the measurement antenna (device 2 in figure C.1) as shown in figure C.1.



- 1) UUT
- 2) Measurement antenna
- 3) Measurement equipment

Figure C.1: Measurement arrangement No.1

- c) The UUT shall be rotated through 360° around its azimuth until the maximum signal level is received.
- d) The measurement antenna shall be raised or lowered over the specified height range until the maximum signal level is received. This level shall be recorded.
- e) This measurement shall be repeated for horizontal measurement antenna polarization.

C.3 Radiated measurements in a FAR

For radiated measurements using a FAR, the procedure is identical to the one described in clause C.2, except that the height scan is omitted.

C.4 Substitution measurement

To determine the absolute measurement value, a substitution measurement, as described in step 1 to step 6 below, has to be performed:

- 1) Replace the UUT with the substitution antenna as shown as device 1 in figure C.1. The substitution and the measurement antenna shall be vertically polarized.
- 2) Connect a signal generator to the substitution antenna and set it to the frequency being investigated.
- 3) If an OATS or an SAR is used, the measurement antenna shall be raised or lowered, to ensure that the maximum signal is received.
- 4) Subsequently, the power of the signal generator is adjusted until the same level is obtained as recorded from the UUT (see clause C.2).
- 5) The radiated power is equal to the power supplied by the signal generator, plus the gain of the substitution antenna, minus the cable loss.
- 6) This measurement shall be repeated in horizontal polarization.

For test sites with a fixed setup of the measurement antenna(s) and a reproducible positioning of the UUT, correction values from a verified site calibration may be used alternatively.

C.5 Guidance for testing technical requirements

C.5.1 Introduction

This clause provides guidance on how the various technical requirements can be verified using radiated measurements.

C.5.2 Test procedures and corresponding test sites

Table C.1 provides guidance on the test site to be used for each of the test procedures when performing radiated measurements on integral antenna equipment.

Table C.1: Test procedures and corresponding test sites

Test procedures for essential radio test suites	Clause	Corresponding test site - Clause number(s)
RF output power	5.4.2	B.2.1, B.2.2, B.2.3
Duty Cycle, Tx-sequence, Tx-gap	5.4.2	B.4.3 or B.2.1, B.2.2, B.2.3
Medium Utilization	5.4.2	B.4.3 in conjunction with the results from RF output power or B.2.1, B.2.2, B.2.3
Power Spectral Density	5.4.3	B.4.3 in conjunction with the results from RF output power or B.2.1, B.2.2, B.2.3
Accumulated Transmit time, Frequency Occupation and Hopping Sequence	5.4.4	B.4.3 or B.2.1, B.2.2, B.2.3
Hopping Frequency Separation	5.4.5	B.4.3 or B.2.1, B.2.2, B.2.3
Adaptivity	5.4.6	C.5.3
Occupied Channel Bandwidth	5.4.7	B.4.3
Transmitter unwanted emissions in the out-of-band domain	5.4.8	B.2.1, B.2.2, B.2.3
Transmitter unwanted emissions in the spurious domain	5.4.9	B.2.1, B.2.2, B.2.3
Receiver spurious emissions	5.4.10	B.2.1, B.2.2, B.2.3
Receiver Blocking	5.4.11	C.5.4

C.5.3 Guidance for testing Adaptivity (Channel Access Mechanism)

C.5.3.1 Introduction

This clause provides guidance on how the Adaptivity (see clause 4.3.1.7 or clause 4.3.2.6) requirement can be verified on integral antenna equipment using radiated measurements.

C.5.3.2 Measurement Set-up

Figure C.2 describes an example of a set-up that can be used to perform radiated adaptivity tests. In order to ensure that the signals going into the UUT are at the correct level, it is necessary to consider field strength, polarization and direction of arrival (relative to the antenna pattern of the UUT) of each signal. Other configurations are possible, for example with the wanted signal routed through the measurement antenna using a combiner.

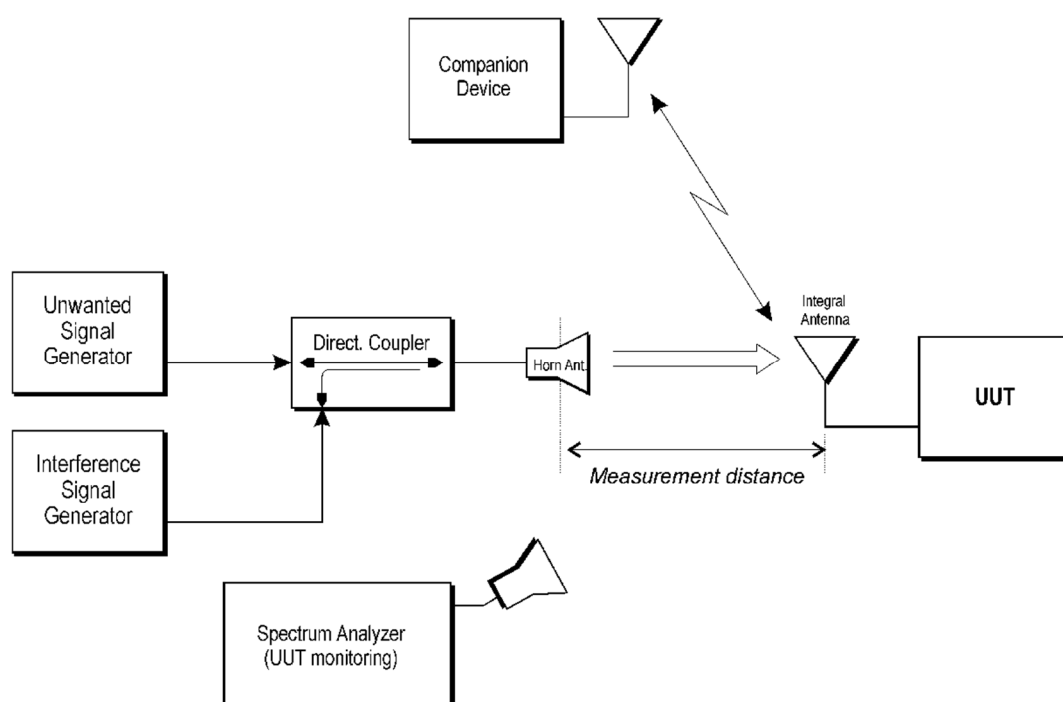


Figure C.2: Measurement Set-up

C.5.3.3 Calibration of the measurement Set-up

Before starting the actual measurement, the setup shall be calibrated. Figure C.3 shows an example of a set-up that can be used for calibrating the set-up given in figure C.2 using a substitution antenna and a spectrum analyser. It shall be verified that the levels of the interference and unwanted signals at the input of the substitution antenna correspond with the levels used for conducted measurements (see clause 5.4.6).

For test sites with a fixed setup of the measurement antenna(s) and a reproducible positioning of the UUT, correction values from a verified site calibration may be used alternatively.

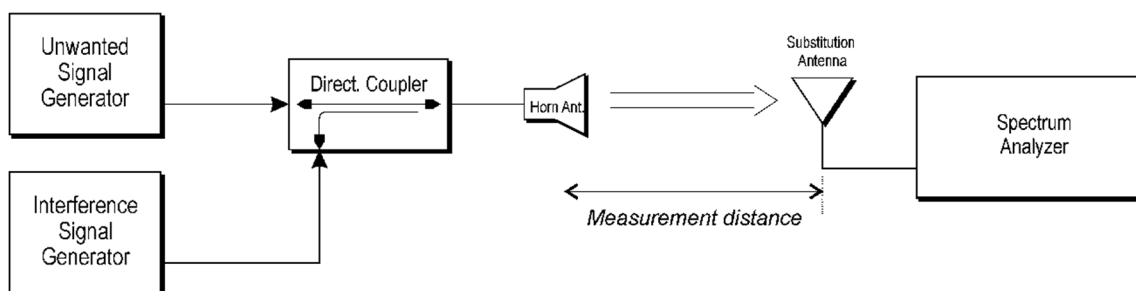


Figure C.3: Measurement Set-up - Calibration

C.5.3.4 Test method

The test procedure shall be as follows:

- Replace the substitution antenna with the UUT once the calibration is performed.
- The UUT shall be positioned for maximum e.i.r.p. towards the horn antenna. See clause 5.4.3.2.2.

The test method is further as described under clause 5.4.6.2.1.

C.5.4 Guidance for testing Receiver Blocking

C.5.4.1 Introduction

This clause provides guidance on how the Receiver Blocking (see clause 4.3.1.12 or clause 4.3.2.11) requirement can be verified on integral antenna equipment using radiated measurements.

C.5.4.2 Measurement Set-up

Figure C.4 describes an example of a set-up that can be used to perform radiated receiver blocking tests.

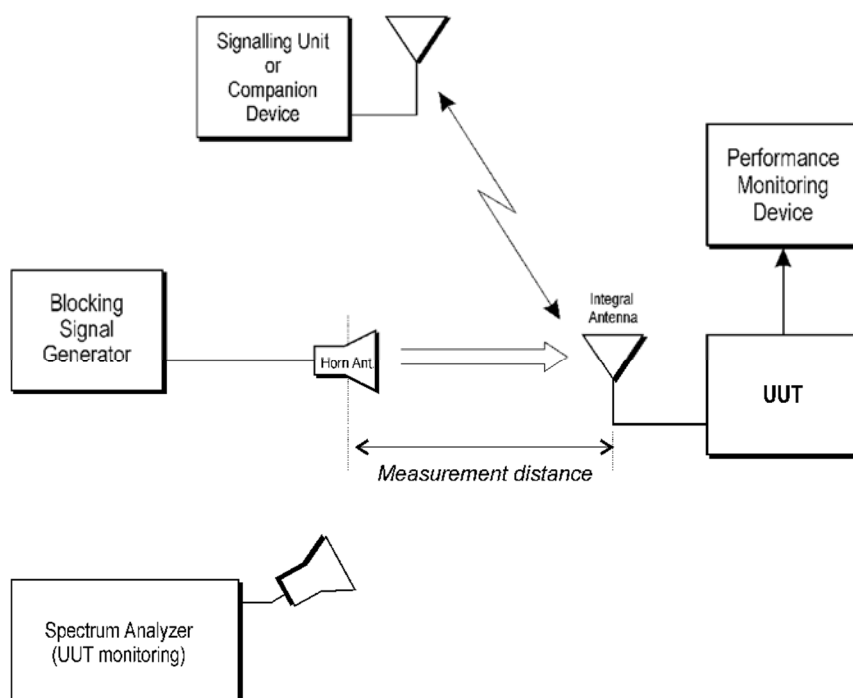


Figure C.4: Measurement Set-up

C.5.4.3 Calibration of the measurement Set-up

Before starting the actual measurement, the setup shall be calibrated. Figure C.5 shows an example of a set-up that can be used for calibrating the set-up given in figure C.4 using a substitution antenna and a spectrum analyser. It shall be verified that the level of the blocking signal at the input of the substitution antenna corresponds with the levels used for conducted measurements (see clause 5.4.11).

For test sites with a fixed setup of the measurement antenna(s) and a reproducible positioning of the UUT, correction values from a verified site calibration may be used alternatively.

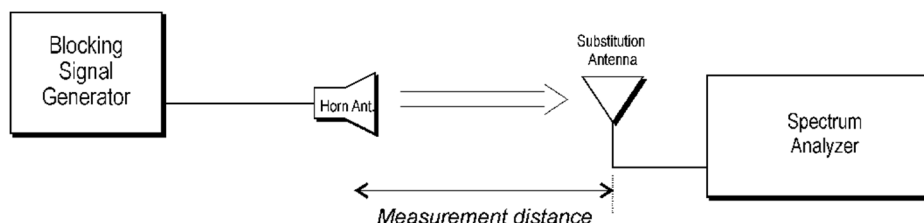


Figure C.5: Measurement Set-up - Calibration

C.5.4.4 Test method

The test procedure shall be as follows:

- Replace the substitution antenna with the UUT once the calibration is performed.
- The UUT shall be positioned for maximum e.i.r.p. towards the horn antenna. See clause 5.4.3.2.2.

The test method is further as described under clause 5.4.11.2.1.

Annex D (informative): Guidance for testing 2,4 GHz IEEE 802.11™ Equipment

D.1 Introduction

The following guidance may be used by test labs and manufacturers when evaluating compliance of 2,4 GHz IEEE 802.11™ [i.3] radio equipment to the present document. The technology-specific information in this annex does not constitute additional requirements and does not modify the technical requirements of the present document.

In addition to the mandatory and optional modes defined in the IEEE 802.11™ [i.3] technology standard, Smart Antenna Systems may utilize additional modes of operation not defined in the IEEE 802.11™ [i.3] standard. Therefore, this annex presents a non-exhaustive list of the most commonly expected modes and operating states for IEEE 802.11™ [i.3]-based equipment with the associated references to the appropriate categories for testing in the present document.

The guidance provided in this informative annex assumes that the product utilizes two or more transmit and receive chains.

D.2 Possible Modulations

D.2.1 Introduction

Listed below are the most common modulation types and channel widths used by 2,4 GHz IEEE 802.11™ [i.3] equipment:

- IEEE 802.11™ [i.3] non-HT modulations using a single or multiple transmitters with or without transmit CSD.
- IEEE 802.11™ [i.3] HT20: 20 MHz channels with one to four spatial streams (MCS 0 through MCS 76).
- IEEE 802.11™ [i.3] HT40: 40 MHz channels with one to four spatial streams (MCS 0 through MCS 76).

NOTE: A spatial stream is a stream of bits transmitted over a separate spatial dimension. The number of spatial streams is not necessarily equivalent to the number of transmit chains.

D.2.2 Guidance for Testing

D.2.2.1 Introduction

The objective is to test the equipment in configurations which result in the highest e.i.r.p. and e.i.r.p. density. These configurations are further referred to as the worst-case.

D.2.2.2 Modulation Used for Conformance Testing

One worst case modulation type for 20 MHz operation (and one worst case modulation type for 40 MHz operation, if supported) should be identified and used for conformance testing per the present document.

Where the 20 MHz and 40 MHz modes support different numbers of transmit chains and spatial streams, testing may need to be performed to identify the worst case configuration.

Comparison measurements of RF Output Power and Power Spectral Density, across all modulations can be used to establish the worst case modulation type for 20 MHz operation (and the worst case modulation type for 40 MHz if supported). If 40 MHz operation is supported, two sets of RF Output Power and Power Spectral Density conformance tests should be performed:

- Worst-case 20 MHz modulation (non-HT or HT20).

- Worst-case 40 MHz modulation (HT40).

EXAMPLE: If comparison measurements determine that HT20 MCS 0 (6,5 Mbit/s, one spatial stream) is worst-case, then this mode should be used for conformance testing and not any of the other modulations defined in IEEE 802.11™ [i.3]. One worst-case modulation for HT40 operation should be identified and used for the conformance testing.

However, if the product has different transmit power levels for non-HT vs. HT20 operation, then the worst-case modulation type for each should be identified and used for testing. The RF Output Power and the Power Spectral Density need to be repeated for both non-HT and HT20 operation. If in addition, the equipment supports 40 MHz operation, three sets of Output Power and the Power Spectral Density conformance testing should be performed:

- Worst-case non-HT modulation.
- Worst-case HT20 modulation.
- Worst-case HT40 modulation.

Non-HT operation means any of the modulations defined in clause 16, clause 17 or clause 19 of IEEE 802.11™ [i.3].

In some operating modes, the CSD feature may be disabled. Comparison testing between CSD enabled and CSD disabled determines the worse-case configuration, and this configuration is used during the conformance testing.

D.3 Possible Operating Modes

D.3.1 Introduction

Listed below are the most common operating states of multiple transmit/receive chains within Smart Antenna Systems:

- Beamforming feature implemented and enabled or disabled.
- All available transmit and receive chains enabled.
- A subset of the present transmit/receive chains temporarily disabled during normal operation (i.e. dynamically, based on link conditions or power requirements). In this case, a vendor may implement higher transmit power settings (dynamically) for the active transmit chains.
- Although not commonly expected, it is possible that an equipment may utilize different transmit power settings between one or more of the present transmit chains.

D.3.2 Guidance for Testing

Output Power and the Power Spectral Density tests should be repeated using the worst-case modulations as described in clause D.2.2 and in the following operating states when supported by the equipment:

- Where one or more of the transmit chains is manually or automatically disabled during normal operation and different target RF output power levels are used depending on the number of active transmit chains, then Output Power and the Power Spectral Density conformance testing should be performed using each configuration.

EXAMPLE 1: An equipment with three transmit chains may support an operating mode using three transmit chains at one power level and another operating mode in which one transmit chain is using a higher power level while the other transmit chains are disabled. Output Power and the Power Spectral Density conformance testing should be repeated (using the worst-case modulation types described above) for both of the above mentioned (three-transmit and single-transmit) operating modes.

EXAMPLE 2: For an equipment with three transmit chains, testing does not need to be repeated for all the transmit chains if that equipment does not change its (per transmit chain) RF Output Power based on the number of active chains.

- Where a beamforming feature is implemented, conformance testing should be performed as indicated for an equipment with a beamforming feature:
 - Where the beamforming feature may be disabled manually or automatically, conformance testing does not need to be repeated if the (per transmit chain) RF output power settings remain unchanged.
 - Where the beamforming feature may be disabled manually or automatically, conformance testing needs to be repeated if different (per transmit chain) RF output power settings are used.

Annex E (informative): Application form for testing

E.1 Introduction

Notwithstanding the provisions of the copyright clause related to the text of the present document, ETSI grants that users of the present document may freely reproduce the application form pro forma in this annex so that it can be used for its intended purposes and may further publish the completed application form.

The form contained in this annex may be used by the manufacturer to comply with the requirement contained in clause 5.4.1 to provide the necessary information about the equipment to the test laboratory prior to the testing. It contains product information as well as other information which might be required to define which configurations are to be tested, which tests are to be performed as well the test conditions.

This application form should form an integral part of the test report.

E.2 Information as required by ETSI EN 300 328 V2.2.2, clause 5.4.1

In accordance with ETSI EN 300 328, clause 5.4.1, the following information is provided by the manufacturer.

a) The type of wideband data transmission equipment:

- FHSS
 non-FHSS

b) In case of FHSS:

- In case of non-Adaptive FHSS equipment:
The number of Hopping Frequencies:
- In case of Adaptive FHSS equipment:
The maximum number of Hopping Frequencies:
The minimum number of Hopping Frequencies:
- The (average) dwell time:

c) Adaptive/non-adaptive equipment:

- non-adaptive Equipment
 adaptive Equipment without the possibility to switch to a non-adaptive mode
 adaptive Equipment which can also operate in a non-adaptive mode

d) In case of adaptive equipment:

The maximum Channel Occupancy Time implemented by the equipment: ms

The equipment has implemented an LBT mechanism

- In case of non-FHSS equipment:
 - The equipment is Frame Based equipment
 - The equipment is Load Based equipment

The equipment can switch dynamically between Frame Based and Load Based equipment

The CCA time implemented by the equipment: μ s

The equipment has implemented a DAA mechanism

The equipment can operate in more than one adaptive mode

e) In case of non-adaptive Equipment:

The maximum RF Output Power (e.i.r.p.): dBm

The maximum (corresponding) Duty Cycle: %

Equipment with dynamic behaviour, that behaviour is described here. (e.g. the different combinations of duty cycle and corresponding power levels to be declared):

.....
.....
.....

f) The worst case operational mode for each of the following tests:

- RF Output Power
.....
- Power Spectral Density
.....
- Duty cycle, Tx-Sequence, Tx-gap
.....
- Accumulated Transmit time, Frequency Occupation & Hopping Sequence (only for FHSS equipment)
.....
- Hopping Frequency Separation (only for FHSS equipment)
.....
- Medium Utilization
.....
- Adaptivity & Receiver Blocking
.....
- Nominal Channel Bandwidth
.....
- Transmitter unwanted emissions in the OOB domain
.....
- Transmitter unwanted emissions in the spurious domain
.....
- Receiver spurious emissions
.....

g) The different transmit operating modes (tick all that apply):

- Operating mode 1: Single Antenna Equipment
- Equipment with only one antenna
 - Equipment with two diversity antennas but only one antenna active at any moment in time
 - Smart Antenna Systems with two or more antennas, but operating in a (legacy) mode where only one antenna is used (e.g. IEEE 802.11™ legacy mode in smart antenna systems)
- Operating mode 2: Smart Antenna Systems - Multiple Antennas without beam forming
- Single spatial stream/Standard throughput/(e.g. IEEE 802.11™ legacy mode)
 - High Throughput (> 1 spatial stream) using Nominal Channel Bandwidth 1
 - High Throughput (> 1 spatial stream) using Nominal Channel Bandwidth 2

NOTE 1: Add more lines if more channel bandwidths are supported.

- Operating mode 3: Smart Antenna Systems - Multiple Antennas with beam forming
- Single spatial stream/Standard throughput (e.g. IEEE 802.11™ legacy mode)
 - High Throughput (> 1 spatial stream) using Nominal Channel Bandwidth 1
 - High Throughput (> 1 spatial stream) using Nominal Channel Bandwidth 2

NOTE 2: Add more lines if more channel bandwidths are supported.

h) In case of Smart Antenna Systems:

- The number of Receive chains:
- The number of Transmit chains:
- symmetrical power distribution
- asymmetrical power distribution

In case of beam forming, the maximum (additional) beam forming gain: dB

NOTE: The additional beam forming gain does not include the basic gain of a single antenna.

i) Operating Frequency Range(s) of the equipment:

- Operating Frequency Range 1: MHz to MHz
- Operating Frequency Range 2: MHz to MHz

NOTE: Add more lines if more Frequency Ranges are supported.

j) Nominal Channel Bandwidth(s):

- Nominal Channel Bandwidth 1: MHz
- Nominal Channel Bandwidth 2: MHz

NOTE: Add more lines if more channel bandwidths are supported.

k) Type of Equipment (stand-alone, combined, plug-in radio device, etc.):

- Stand-alone
- Combined Equipment
- Plug-in radio device

Other

l) The normal and the extreme operating conditions that apply to the equipment:

Normal operating conditions (if applicable):

Operating temperature: °C
 Other (please specify if applicable):

Extreme operating conditions:

Operating temperature range: Minimum: °C Maximum:°C
 Other (please specify if applicable): Minimum: Maximum:

- Details provided are for the: stand-alone equipment
 combined equipment
 test jig

m) The intended combination(s) of the radio equipment power settings and one or more antenna assemblies and their corresponding e.i.r.p. levels:

- Antenna Type:
 - Integral Antenna (information to be provided in case of conducted measurements)
 - Antenna Gain: dBi
 - If applicable, additional beamforming gain (excluding basic antenna gain): dB
 - Temporary RF connector provided
 - No temporary RF connector provided
 - Dedicated Antennas (equipment with antenna connector)
 - Single power level with corresponding antenna(s)
 - Multiple power settings and corresponding antenna(s)
 - Number of different Power Levels:
 - Power Level 1: dBm
 - Power Level 2: dBm
 - Power Level 3: dBm

NOTE 1: Add more lines in case the equipment has more power levels.

NOTE 2: These power levels are conducted power levels (at antenna connector).

- For each of the Power Levels, provide the intended antenna assemblies, their corresponding gains (G) and the resulting e.i.r.p. levels also taking into account the beamforming gain (Y) if applicable

Power Level 1: dBm

Number of antenna assemblies provided for this power level:

Assembly #	Gain (dBi)	e.i.r.p. (dBm)	Part number or model name
1			
2			
3			
4			

NOTE 3: Add more rows in case more antenna assemblies are supported for this power level.

Power Level 2: dBm

Number of antenna assemblies provided for this power level:

Assembly #	Gain (dBi)	e.i.r.p. (dBm)	Part number or model name
1			
2			
3			
4			

NOTE 4: Add more rows in case more antenna assemblies are supported for this power level.

Power Level 3: dBm

Number of antenna assemblies provided for this power level:

Assembly #	Gain (dBi)	e.i.r.p. (dBm)	Part number or model name
1			
2			
3			
4			

NOTE 5: Add more rows in case more antenna assemblies are supported for this power level.

n) The nominal voltages of the stand-alone radio equipment or the nominal voltages of the combined equipment or test jig in case of plug-in devices:

- Details provided are for the: stand-alone equipment
 combined equipment
 test jig

Supply Voltage AC mains State AC voltage V
 DC State DC voltage V

In case of DC, indicate the type of power source

- Internal Power Supply
 External Power Supply or AC/DC adapter
 Battery
 Other:

o) Describe the test modes available which can facilitate testing:

.....

p) The equipment type (e.g. Bluetooth®, IEEE 802.11™, IEEE 802.15.4™, proprietary, etc.):

.....

q) If applicable, the statistical analysis referred to in clause 5.4.1 q)

(to be provided as separate attachment)

r) **If applicable, the statistical analysis referred to in clause 5.4.1 r)**

(to be provided as separate attachment)

s) **Geo-location capability supported by the equipment:**

- Yes
- The geographical location determined by the equipment as defined in clause 4.3.1.13.2 or clause 4.3.2.12.2 is not accessible to the user
- No

E.3 Configuration for testing (see clause 5.3.2.3 of ETSI EN 300 328 V2.2.2)

From all combinations of conducted power settings and intended antenna assembly(ies) specified in clause 5.4.1 m), specify the combination resulting in the highest e.i.r.p. for the radio equipment.

Unless otherwise specified in ETSI EN 300 328, this power setting is to be used for testing against the requirements of ETSI EN 300 328. In case there is more than one such conducted power setting resulting in the same (highest) e.i.r.p. level, the highest power setting is to be used for testing. See also ETSI EN 300 328, clause 5.3.2.3.

Highest overall e.i.r.p. value:	.....	dBm	
Corresponding Antenna assembly gain:	.....	dBi	Antenna Assembly #:
Corresponding conducted power setting: (also the power level to be used for testing)	.....	dBm	Listed as Power Setting #:

E.4 Additional information provided by the manufacturer

E.4.1 Modulation

ITU Class(es) of emission:

Can the transmitter operate unmodulated? yes no

E.4.2 Duty Cycle

The transmitter is intended for: Continuous duty
 Intermittent duty
 Continuous operation possible for testing purposes

E.4.3 About the UUT

- The equipment submitted are representative production models
- If not, the equipment submitted are pre-production models?
- If pre-production equipment are submitted, the final production equipment will be identical in all respects with the equipment tested

- If not, supply full details

.....
.....

E.4.4 Additional items and/or supporting equipment provided

- Spare batteries (e.g. for portable equipment)
- Battery charging device
- External Power Supply or AC/DC adapter
- Test jig or interface box
- RF test fixture (for equipment with integrated antennas)
- Combined equipment Manufacturer:
- Model #:
- Model name:
- User Manual
- Technical documentation (Handbook and circuit diagrams)

Annex F (informative): Change History

Version	Information about changes
2.1.1	First published version covering Directive 2014/53/EU [i.1]. Major changes are: <ul style="list-style-type: none">• Inclusion of Receiver Blocking as a new requirement.• Inclusion of an alternative test method for Power Spectral Density.• Modifications required for alignment with the Directive 2014/53/EU [i.1].• Reduction of minimum number for hopping frequencies for non-adaptive FHSS equipment.
2.2.2	Major changes are: <ul style="list-style-type: none">• Revision of the Receiver Blocking requirement.• Clarification of terminology used for the two equipment types covered by the present document.

History

Document history		
Edition 1	November 1994	Publication as ETSI ETS 300 328
Edition 2	November 1996	Publication as ETSI ETS 300 328
Amendment 1	July 1997	Amendment 1 to 2 nd Edition of ETSI ETS 300 328
V1.2.2/V1.1.1	July 2000	Publication as ETSI EN 300 328 part 1 and part 2
V1.3.1/V1.2.1	December 2001	Publication as ETSI EN 300 328 part 1 and part 2
V1.4.1	April 2003	Publication
V1.5.1	August 2004	Publication
V1.6.1	November 2004	Publication
V1.7.1	October 2006	Publication
V1.8.1	June 2012	Publication
V1.9.1	February 2015	Publication
V2.1.1	November 2016	Publication
V2.1.16	October 2017	EN Approval Procedure (withdrawn) AP 20180124: 2017-10-26 to 2018-01-24
V2.2.0	November 2017	EN Approval Procedure AP 20180204: 2017-11-06 to 2018-02-05
V2.2.1	April 2019	Vote V 20190629: 2019-04-30 to 2019-07-01
V2.2.2	July 2019	Publication