

2. 4GHz帯無線LAN等の技術基準等の 見直しに係る報告（案）

令和5年XX月XX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.....	7
2.3. 占有周波数帯幅の許容値.....	8
2.4. 拡散帯域幅及び拡散率.....	9
2.5. 不要発射の強度の許容値.....	16
2.6. 空中線電力.....	17
2.7. 空中線電力の許容偏差.....	28
2.8. 周波数滞留時間.....	29
2.9. 空中線の絶対利得（調整中）.....	30
2.10. 水平面の主輻射の角度幅.....	32
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 等の測定方法の見直しについて	50
3.1. 一般事項	50
3.1.1. 試験場所の環境条件	50
3.1.2. 電源電圧.....	50
3.1.3. 試験周波数	50
3.2. 周波数の偏差（無線 LAN/BLE 及び BT（BR/EDR））.....	51
3.3. 占有周波数帯幅.....	51
3.3.1. 無線 LAN/BLE について.....	51
3.3.2. BT について.....	51
3.4. スプリアス発射又は不要発射の強度.....	52
3.5. 空中線電力の偏差.....	53
3.5.1. 無線 LAN について.....	53
3.5.2. BLE について.....	54
3.5.3. BT について.....	55
3.6. 副次的に発する電波等の限界.....	56
3.7. キャリアセンス機能（無線 LAN/BLE のみ）.....	57
3.8. 送信空中線の絶対利得及び主輻射の角度幅.....	57
3.9. 混信防止機能（無線 LAN/BLE 及び BT）.....	57
3.10. ホッピング周波数滞留時間（BT のみ）.....	57
第 4 章 検討結果	59
別表	60
参考資料	61

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測定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 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 第 3 回（令和 5 年 1 月 17 日）

技術基準の見直しに向けた考え方については、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。

④ 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、一定の技術基準をみ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（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、特に無線 LAN 等については、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、電波の公平且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、規定また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または課題となるのか。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。

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 IEEE802.11 や Bluetooth SIG でも規定があり、我が国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、IEEE802.11 や Bluetooth SIG では規定されており、我が国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、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になった。

割当周波数 及び 周波数の許容偏差

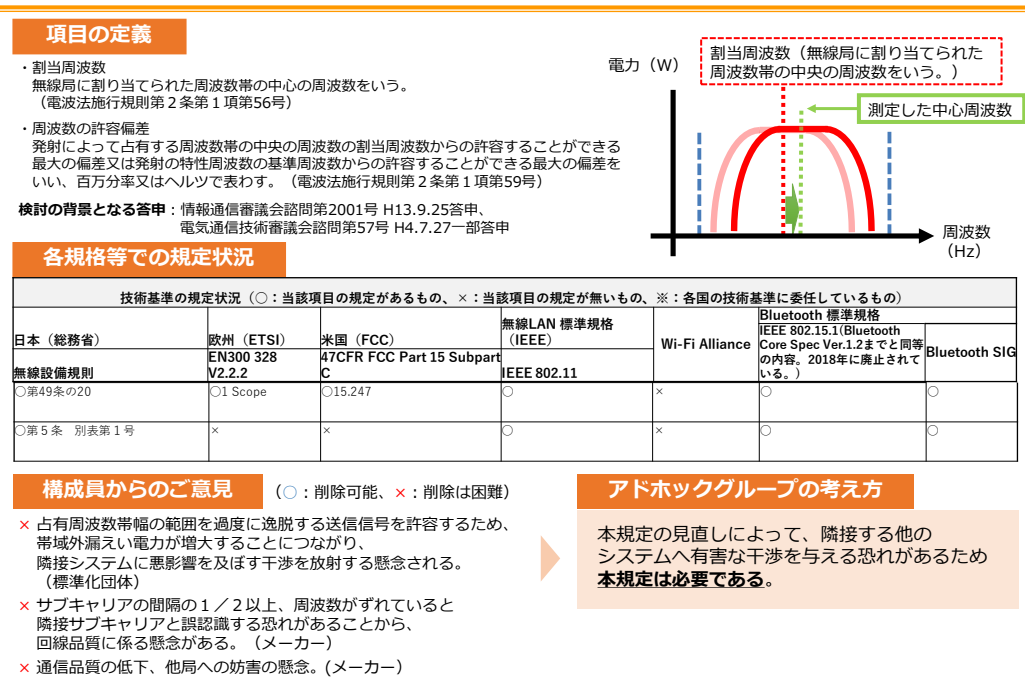


図1 割り当て周波数及び周波数の許容偏差の見直し

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、我が国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、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）や無線 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との結論になった。

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発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
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)

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 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つ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定める技術基準である。本基準は、米国及び IEEE802.11 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 IEEE802.11 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が、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、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。

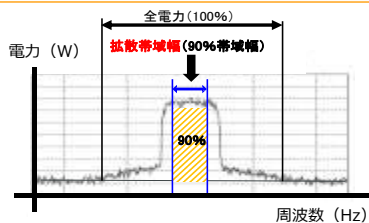
議論の結果、スペクトル拡散方式を使用する無線設備の拡散帯域幅及び拡散率の技術基準をなくしたとしても、占有周波数帯域幅や空中線電力の値は今回見直さないため、他の無線局との周波数の共用条件に変化は生じないことから、拡散帯域幅及び拡散率の値を定める技術基準を削除しても特段の支障はないものとする。なお、特定の周波数にとどまって送信する無線設備の占有周波数帯幅は 26MHz、空中線電力は 10mW 以下が適用されることとなり、さらに、特定の周波数に滞留して次の周波数へ移動する時間間隔が長い事例に対しては、周波数滞留時間の技術基準を引き続き残すことにより、懸念はないものとするとの結論になった。

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項子)

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 ○第49条の20第1号子	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C ○15.247(a)(1)(FH) 15.247(a)(2)(非FH)	IEEE 802.11	×	×	×
○第49条の20第1号リ	×	○15.247(a)(1)(iii)(FH)	○	×	×	×

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いと考えます。(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)
- 占有周波数帯域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、**本規定は削除可能である。**

図3 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。

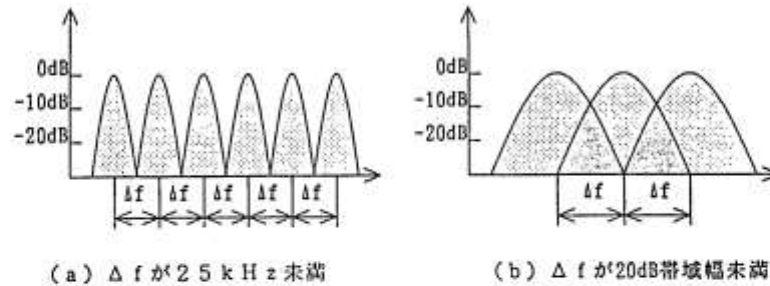


図1 FH方式において認可されない送信スペクトラム

- (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型、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。
- ② 100kHz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。

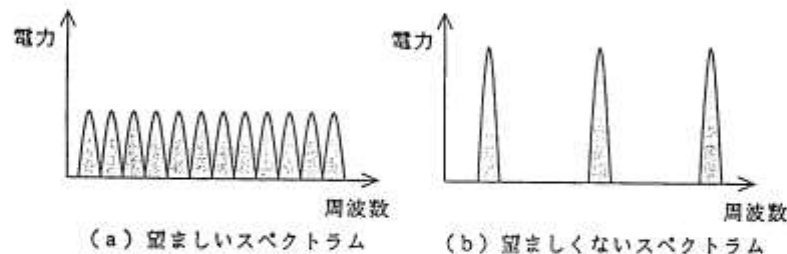


図2 総電力と占有帯域幅が等しく、密度電力が異なる2つのシステムの比較

- (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)の註、(d)(e)(f)の註 1990年8月24日改訂)

(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、我が国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、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）や別システムに対する干渉が懸念されている、隣接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との結論になった。

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	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7条 別表第3号第3項 注26	○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 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、我が国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及びその許容偏差に関しては、「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、我が国における無線 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。

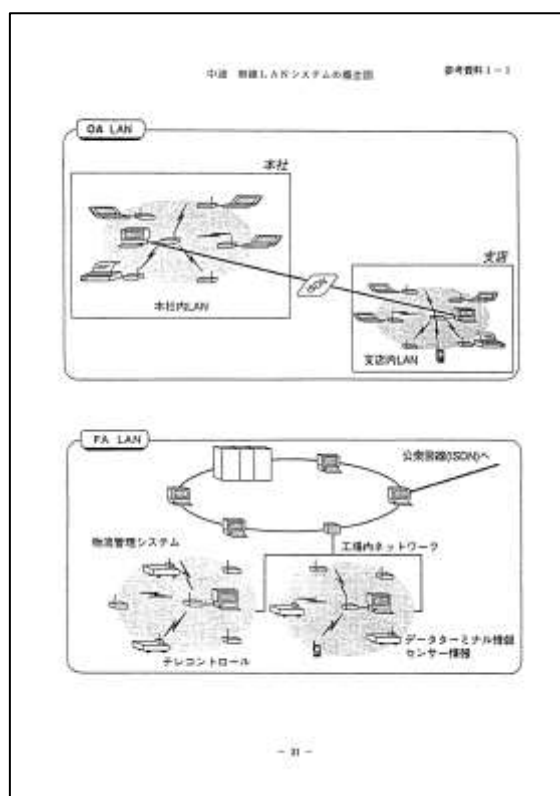


図5 中速無線 LAN システムの概念図 (平成 4 年委員会報告書から抜粋)

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。

(参考) 電気通信技術審議会無線 LAN システム委員会報告書 (抜粋)

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	符号	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 帯の電力)
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 / N o

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、

$$\begin{aligned} B_{cor} &= 1/\sigma \\ &= 1/20 \times 10^{-3} \\ &= 50 \text{ [MHz]} \end{aligned} \quad (2)$$

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、

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

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。

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

$B_s = 26 \times 10^6$ 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/Hz]
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。

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

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、

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

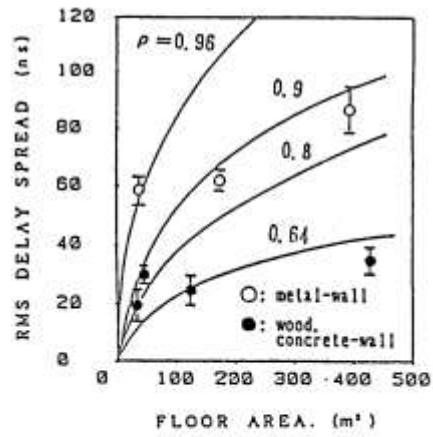
である。 P_{td} の計算結果を表 3 に示す。

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
	3.2	-0.5
	25.6	8.5
F H / B F S K	9.6	2.3
	3.2	6.5
	25.6	15.5

D S 方式で 25.6 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)

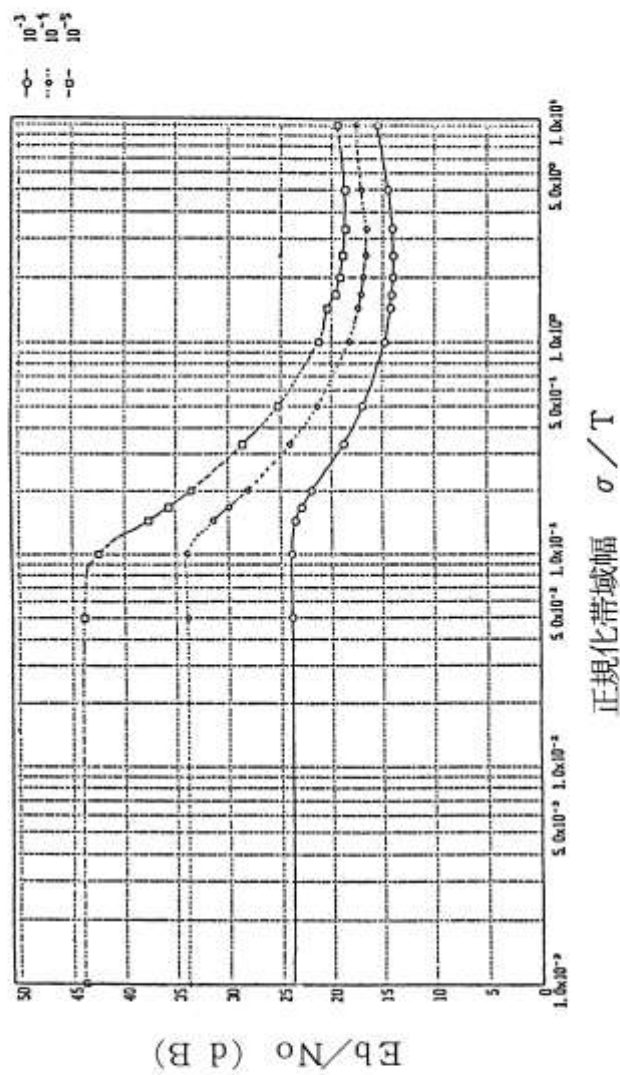


図 2

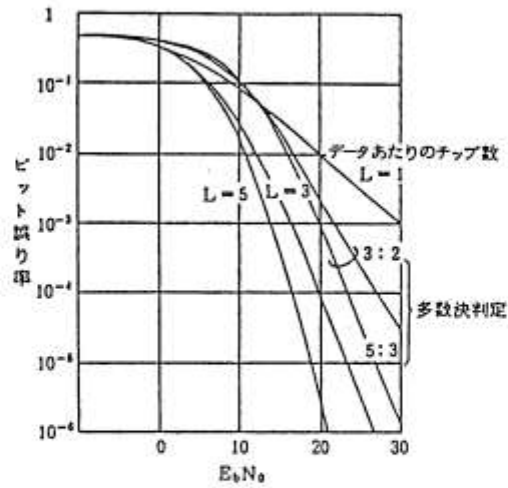
IEICE 通信技報 Vol. 91 No. 509 SST91-45 1992年 3月10日

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

Fig 3

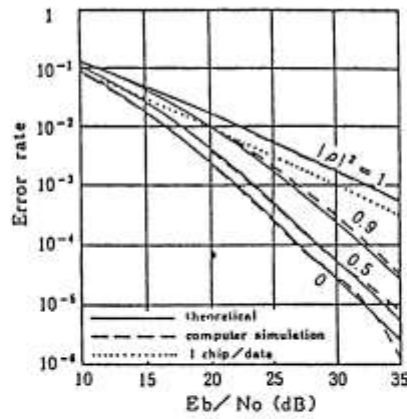
IEEE Comm. Magazine, pp.15-24, May 1989



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 1 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 70-30 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 2 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、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、FCC 規則 Part 15(意図的放射器)の下で開放 (3) ISM 帯(902-928MHz, 2,400-2483.5MHz, 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, 2400-2483.5MHz, 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以上の場合は、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FCC規則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FCC規則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FCC規則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。 <p>➢ 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。</p> <p>➢ 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)</p>

※: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、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、見直しによって他の無線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になった。

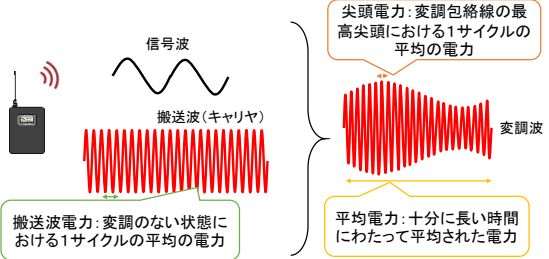
空中線電力

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(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号ホ	EN300 328 V2.2.2 ○4.3.1.2.3(FH) 4.3.2.2.3(非FH)	47CFR FCC Part 15 Subpart C ○15.247(b)(3)、15.247(e)	IEEE 802.11	×	※	○

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)、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 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、IEEE802.11で規定があることから、我が国独自の基準ではない。

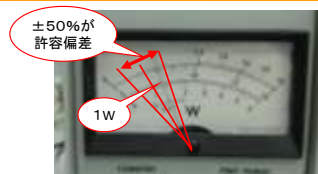
本項目について構成員へのアンケートの結果、上限値の制限が無いと、干渉レベルが極端に高くなる事象を許容することとなり、他の無線局との共存運用に悪影響を与えることが懸念される（標準化団体）、下限値については、与干渉レベルの下限値を設定しないことを意味するため、共存の観点からは特段のデメリットはないと考えられる（標準化団体）、空中線電力の基準がない事になるエリアの有効活用に影響が出る、与干渉距離に影響が出る（メーカー）、許容偏差の下限を撤廃すれば、より柔軟な運用が可能になると考えられる（登録証明機関）などの意見があった。議論の結果、上限については他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため、本規定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

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（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14条	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11			
	×	×	○	×	×	×

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）

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 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、特定に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 IEEE802.11 において規定があることから、我が国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になった。

周波数滞留時間

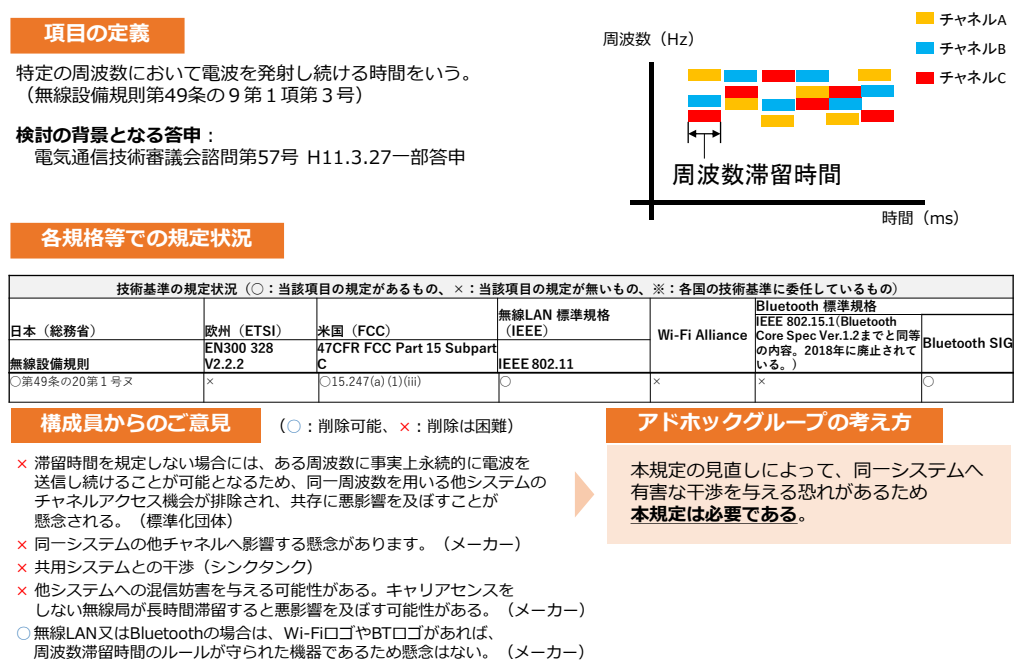


図8 周波数滞留時間の見直し

2.9. 空中線の絶対利得（調整中）

「空中線電力の絶対利得」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、我が国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になった。

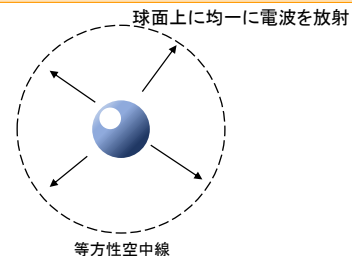
また、この際、空中線利得が低いシステムの接続性やスループットを改善するため、空中線電力の低下分を空中線電力の増加により補う見直しをすることが適当である。

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	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		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。)	
	×	○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9 空中線の絶対利得の見直し

2.4GHz帯無線LAN等の技術基準の見直し案: まとめ

送信空中線利得と空中線電力

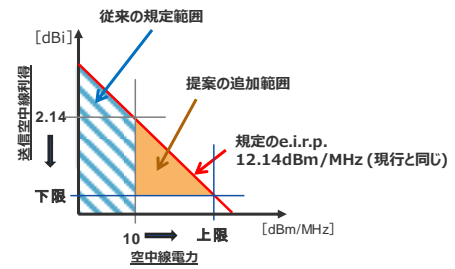
- 規定のe.i.r.p.を超えない範囲で、空中線電力の低下分について送信空中線利得を増加することに加え、送信空中線利得の低下分について空中線電力を増加することを許容する。

キャリアセンス

- 低利得アンテナ利用時に空中線電力を上げる場合は、無線LANにおいてはキャリアセンス機能具備を条件とする。
- 空中線の利得下限値と空中線電力増加の上限値については、必要に応じて民間規格（ARIB等）での検討をお願いしたい。

送信空中線の構造について

- 現行の技術基準同様、送信空中線の構造については取り外し不可等の制約をつけない。



今回のご提案

(無線LAN 20MHz幅の例、かつ空中線利得下限および空中線電力増加上限を設けた例)

図 10 低利得アンテナの利用時における空中線電力について

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、我が国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。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、最初は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。

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（IEEE802.11b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 11.1 ラストワンマイルとしての活用例

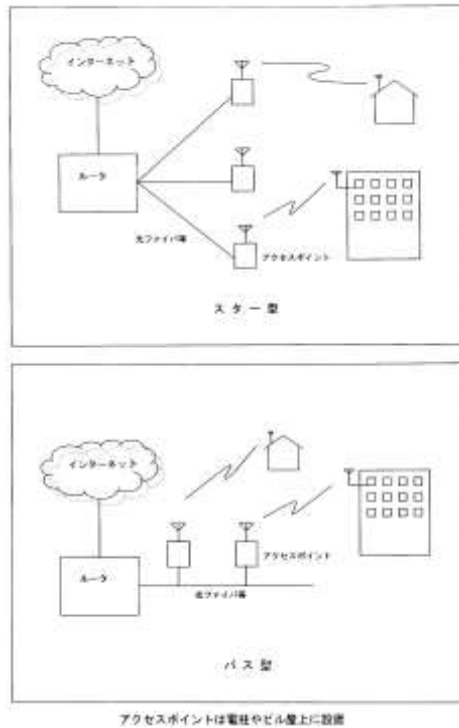


図 11 ラストワンマイルの活用例（平成 4 年委員会報告から抜粋）

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）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った。

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。

【案の 1】

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。

一方で、同時期に 2.4GHz 帯より高速通信、混信の回避、通信距離の延伸が可能であり、住宅・マンションなど各家庭でのインターネットアクセスの手段、アクセスポイントへの中継用回線などのネットワーク構築に一層の期待がされた 25GHz 帯を利用する小電力データ通信システムの技術的条件の審議が行われた。25GHz 帯小電力データ伝送システムは屋外でも 100Mbps 以上の通信が可能なシステムである。有線 LAN の伝送容量には劣るが、防犯カメラなどの高精細画像を送信するにも特に支障なく伝送できる。

当該システムは、無線設備規則等の改正が平成 14 年 2 月に公布・施行されており、今も製品が販売されるなど免許不要で利用されている。

これらの状況に鑑み、2.4GHz 帯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技術がなくても、ネットワーク構築は可能であることから、日本独自の高利得アンテナの技術基準は、今回の見直しにより削除することが適当との結論となった。

【案の 2】

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との結論になった。

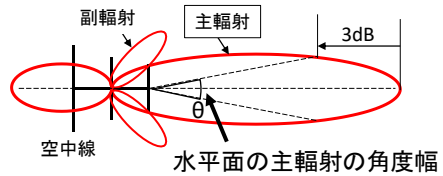
水平面の主輻射の角度幅

項目の定義

その方向における輻ふく射電力と最大輻ふく射の方向における輻ふく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 (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29第1号へ(2)	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11			
	×	×	×	×	×	×

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)
- × 同一システムの他チャ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する。(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

【案の1】
2.4GHz帯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技術がなくても、別的手段によりネットワークを構築することは可能であることから特段の支障がなく、今回の見直しにより削除可能である。

【案の2】
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か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 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	6 dBi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、建築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。

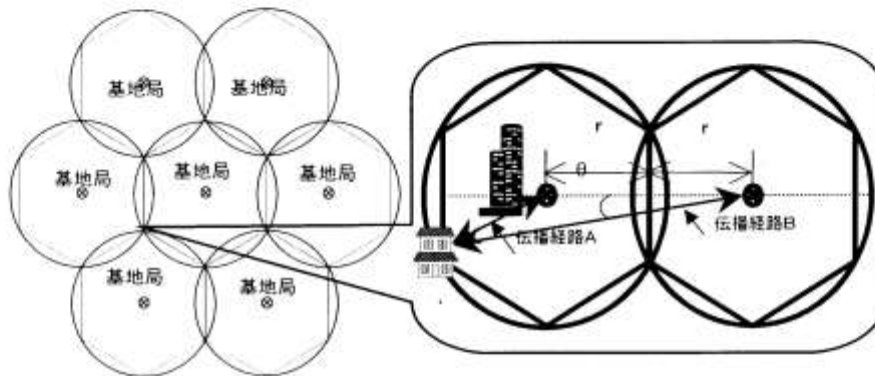


図 2.3 基地局配置と伝播経路

(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となっ

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($=10 \times \log_{10} 90/11$)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。

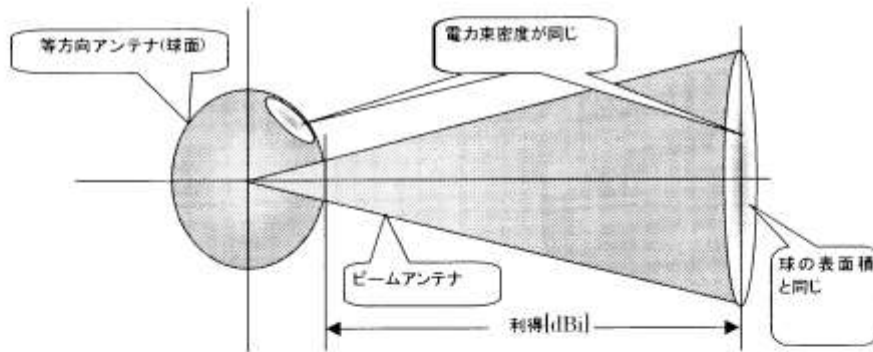


図 2.1 与干渉面積計算の概念図

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。

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。

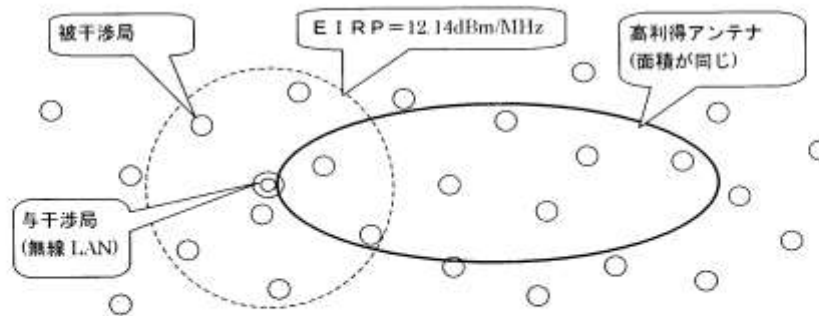


図1 無線LANから周辺局への干渉

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。

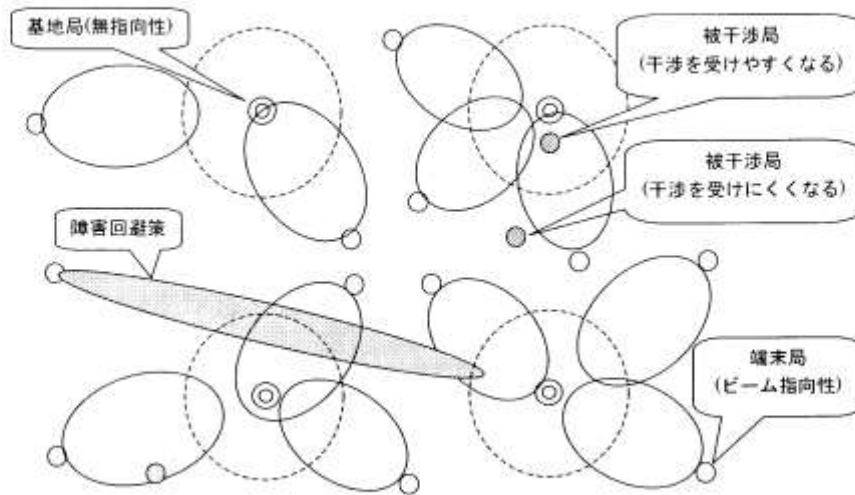


図2 面的セル配置の中の少数の被干渉局

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のようなになる（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。

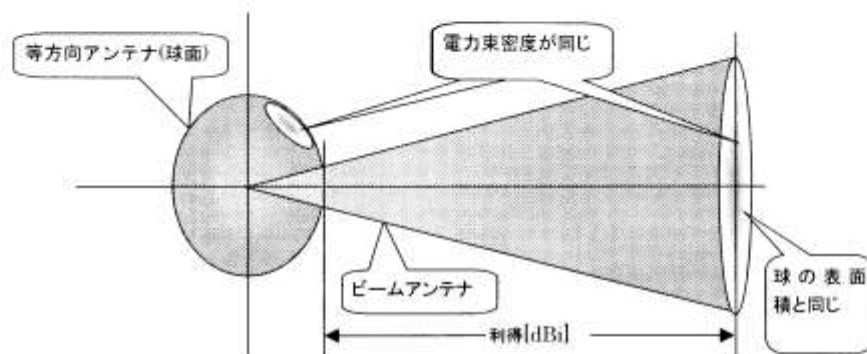


図3 与干渉面積計算の概念図

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

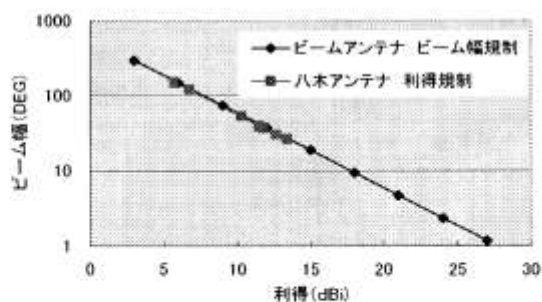
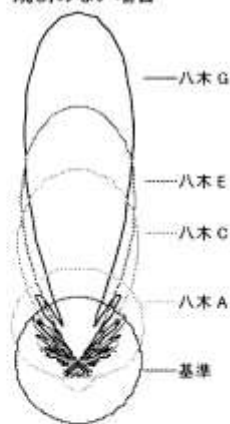


図4 アンテナ利得とビーム角

規制のない場合



与干渉面積比1の場合

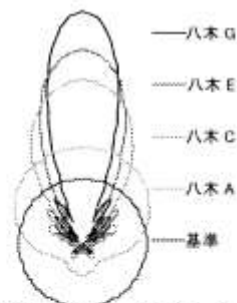


図5 八木アンテナのビームパターン図

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

$$(式5) \quad \theta \leq 360/B$$

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、我が国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）などの意見があった。議論の結果、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との結論になった。

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)

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



受信時や待ち受け時に無線機から漏れ出る電波のこと

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 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、IEEE802.11において規定があることから、我が国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）、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との結論になった。

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 (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			
○電波法第4条第1項第3号	×	×	○	×	×	×

宛先MACアドレス 11:11:11:11:11:11

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)
- × 同一システムの他チャ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)

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 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IEEE802.11において規定されていることから、我が国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。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)、無線LAN又はBluetoothの場合は、Wi-FiロゴやBT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)の意見があった。議論の結果、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との結論になった。

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

誰かが、チャネルAを使ってるから、チャネルBの電波を送信！

混信回避

チャネルAで通信中...

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又はBluetoothの場合は、Wi-FiロゴやBT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 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、IEEE802.11において規定されていることから、我が国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、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との結論になった。

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。

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号ロ	×	×	○	×	×	○

構成員からのご意見 (○：削除可能、×：削除は困難)

- 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）
- 項目の削除により認証の効率化の効果がある（メーカー）
- 他システムへの影響は少ないと考える。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）
- 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）

例：半復信通信方式

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 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、我が国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、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との結論になった。

変調方式

項目の定義

データの伝送に最適な電気信号に変換する方式をいう。

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	
	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。)	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○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)	○	×	○	○

ASK：振幅偏移変調

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 変調方式の見直し

第 3 章 2. 4GHz 帯無線 LAN 等の測定方法の見直しについて

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。

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 と呼ばれており、本文書では便宜上、以下では Bluetooth Classic は BT、Bluetooth Low Energy は BLE と表す。

3. 1. 一般事項

3. 1. 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、測定機や無線機器への影響はない、また、認証機関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、ISO17025 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。

3. 1. 2. 電源電圧

現行の試験方法では、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。

3. 1. 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 の空中線電力のチャネルによる偏差は 1 dB 程度、周波数偏差のチャネル間の偏差は 1 ppm 程度でありチャネル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、試験周波数を上下 2 つの周波数としても特段の問題はないと考えられる。

3.2. 周波数の偏差（無線 LAN/BLE 及び BT（BR/EDR））

(1) 日本・欧州・米国の試験方法について

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について

Bluetooth のうち、BT（BR/EDR）については、Bluetooth SIG での周波数の許容偏差は±75kHz 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±120kHz）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等を活用することは可能である。

3.3. 占有周波数帯幅

3.3.1. 無線 LAN/BLE について

(1) 日本・欧州・米国の試験方法について

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（公称周波数帯幅の倍数）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、技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

3.3.2. BT について

(1) 日本・欧州・米国の試験方法について

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。スペアナの 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、最小または最大チャネルの単一出力状態の信号についてスペアナを用いて測定する。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。

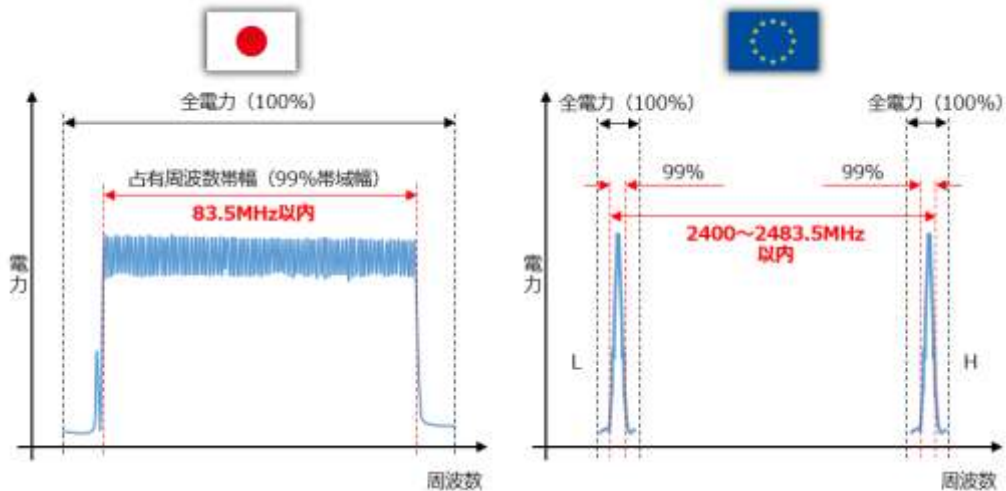


図 18 BT の占有周波数帯幅の定義（日本・欧州）

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レポートに記載されていれば、欧州基準試験データは活用可能と考えられる。

3.4. スプリアス発射又は不要発射の強度

(1) 日本・欧州・米国の試験方法について

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。「探索」は不要発射を探すが、この時、許容値を満たす場合はその値を測定結果とする。満たさない場合は、続けて「測定」を実施する。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 QP/Pos (1 GHz 以下)
 - ・Pos/Avg (1 GHz 超) 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 Pos. Peak 検波又は Average 検波。
 - ・スパンについて：欧州は日本と同じでゼロだが、米国は 2 MHz 帯域幅の積算値

(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。

欧米基準の試験レポート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。

3.5. 空中線電力の偏差

3.5.1. 無線 LAN について

(1) 日本・欧州・米国の試験方法について

ア. 日本の試験方法の概要

- ・ 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。
- ・ 試験手順は、①最大電力を与える周波数を中心にスペアナの 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（スペアナの 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）があるが、Option 2 は近年導入され、利用事例も少ないため、ここでは Option 1 を検討した。
- ・ Option 1 では、①スペアナを用いて RMS 検波により、2400～2483.5 MHz 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（ $=②-① \div 8350$ ）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 あたりの電力密度（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、スペアナの 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。
- ・ 測定時のスペアナの設定方法は 7 種類（No. 1～No. 7）規定されているが、殆どの試験レポートは No. 1 を利用するため、ここでは当該方法について検討した。スペアナの検波は Peak モード、トレースは MaxHold と設定し、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

欧州の試験手順は 2 種類 (Option1/Option2) があるが、Option2 は近年導入され、利用事例も少ないため、ここでは Option1 を検討した。

一般的に、スペアナは、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、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平均電力を測定する一方、米国では最大ピーク電力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、仮に米国の測定値を活用する場合には、 dBm/kHz から $\text{mW}/1\text{MHz}$ 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、日本の許容偏差を超過する可能性が高い。

よって、測定対象が異なること等から米国基準試験データの活用は困難である。

3.5.2. BLE について

(1) 日本・欧州・米国の試験方法について

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また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。測定対象の定義が日本と異なるため、技術基準への適合性確認に活用は困難である。

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。

3.5.3. BT について

(1) 日本・欧州・米国の試験方法について

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、スペアナを用いて単一チャン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。

イ. 米国について

米国の試験方法では、単一チャン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。

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、スペアナに具備された「電力密度を測定する機能」を用いた試験方法を我が国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。3.5.1. 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レポート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。

3.6. 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認証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。

3.7. キャリアセンス機能（無線 LAN/BLE のみ）

(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問題はない。

3.8. 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等により具体的な数値を確認出来る場合、活用可能とする。

3.9. 混信防止機能（無線 LAN/BLE 及び BT）

(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について

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 Alliance 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。

3.10. ホッピング周波数滞留時間（BT のみ）

(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の積算値を積算し、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（可否）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（可否）が記載される。

(2) 試験方法の検討結果

欧米基準の試験結果に、滞留時間の測定値が含まれる等の条件を満たす場合には、欧米基準試験データは活用可能である。

BT (BR/EDR) では、ホッピング周波数滞留時間に関する試験は行われませんが、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 BT 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 = $72 \times 0.4 = 28.8$ (sec)。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 (sec) / 79(チャンネル) = 0.36 (sec/チャンネル)となる。BT の理論上の最大 $0_n / (0_n + 0_{off})$ 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 (sec/チャンネル) \times 0.83 = 0.30 (sec/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 $0_n / (0_n + 0_{off})$ 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 (625us)
- ・ 一つのホッピング周波数で送信できる時間 (≤ 426 us)
- ・ 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
- ・ 送信また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、 $0_n / (0_n + 0_{off})$ 比 = $5 \text{ slot} / (5 \text{ slot} + 1 \text{ slot}) = 83\%$ 。

第4章 検討結果

2. 4GHz 帯を利用する無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準について検討を行い、次のとおり見直し案をとりまとめた。

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	不要発射の強度の許容値	必要周波数帯外における電波の発射であって、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	解釈の明確化
	(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発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。	(P) 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発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

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 360システム事業部 開発1グループ スペシャリスト
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	株式会社パツファロー	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 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 3 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 4 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 5 日欧米の技術基準の策定経緯について



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

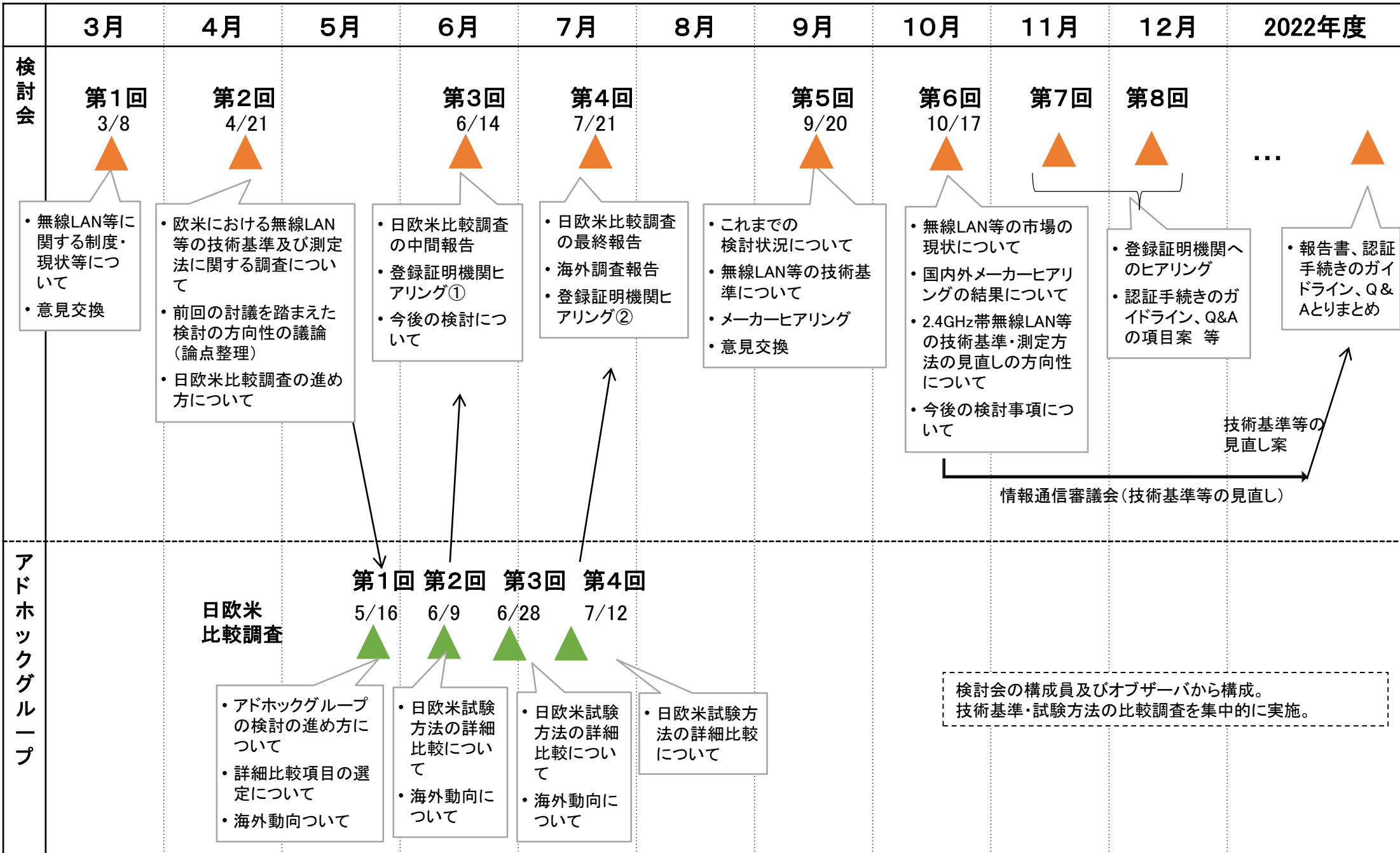
- ・ 日欧米における無線LAN等の認証に必要な技術的条件、試験項目、測定法等の比較検討
- ・ 欧米基準の無線試験データ活用等による日本の試験項目や測定法の見直しの方向性
- ・ その他上記の検討事項に関連する事項

●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

※オブザーバーとして登録証明機関、規制改革推進室も参加

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」

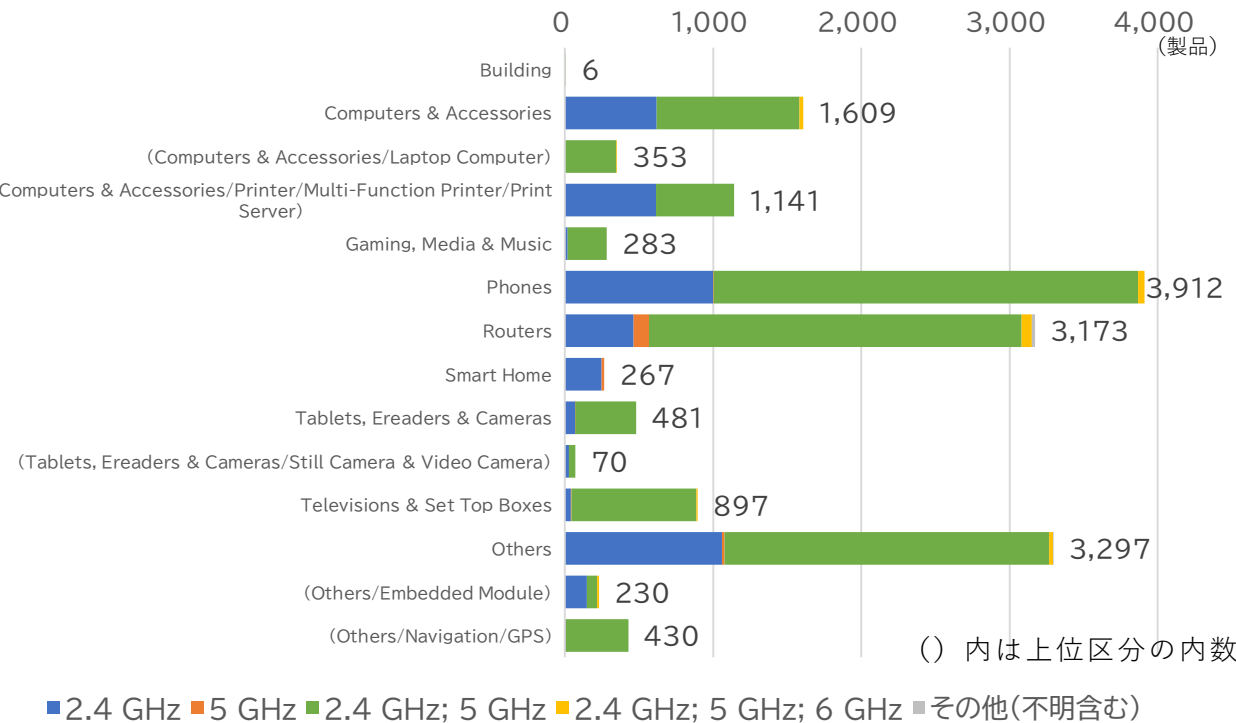
- 各国の技術基準や試験方法の差異は、各国の周波数の利用状況(割当て)や他の無線システムの運用に混信等の影響がないようにする条件(共用条件)等に起因する。
- 現状は日・欧・米の技術基準・試験方法の差異が大きく、当該基準に該当する欧米基準試験データを日本の技術基準の適合性判断に使用することは難しい。
- 欧州・米国間において試験データの受入れは実施されていない。
- 現在、シンガポールなど欧米基準試験データを受入れている国においては、自国の技術基準及び試験方法が欧州(ETSI規格)、米国(FCC規則)ベースとなっている例もある。

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。

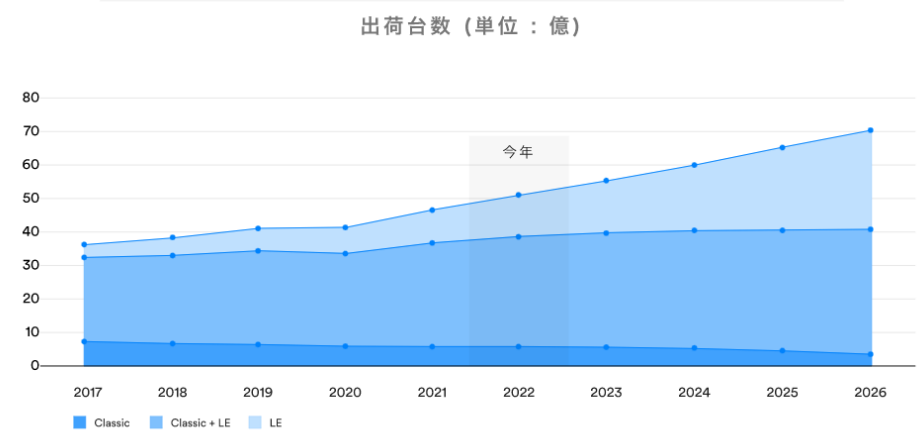
Wi-Fi CERTIFIED™製品 (2020.1.1～2022.10.1に認定された製品)の 利用周波数帯^[3]



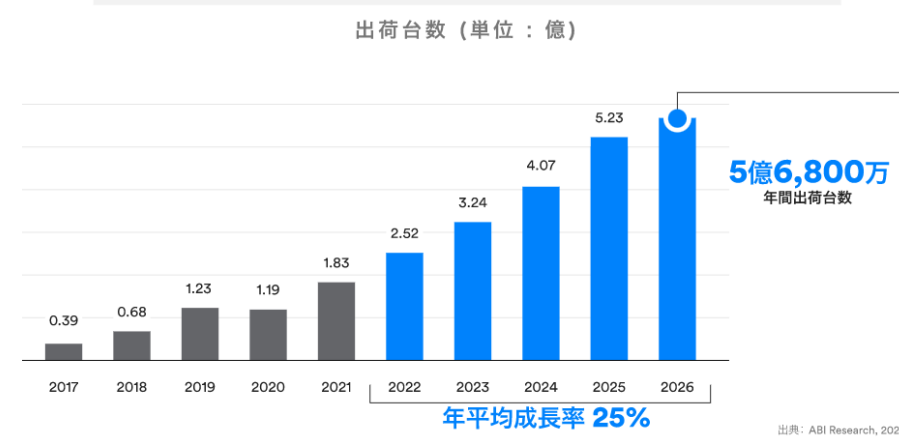
2. Bluetooth製品の市場動向

- 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

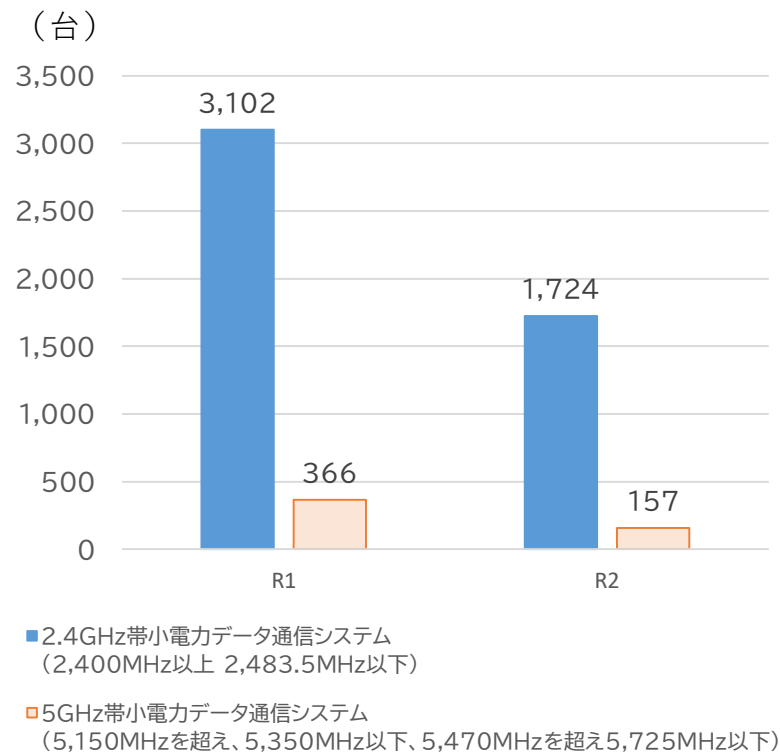


出所
 [1]Wi-Fi Alliance®, [Wi-Fi® momentum in 2022](#)、[2] Bluetooth® SIG, [2022 Market Update](#)
 [3]Wi-Fi Alliance®, [Wi-Fi CERTIFIED™ Product Finder](#)より作成

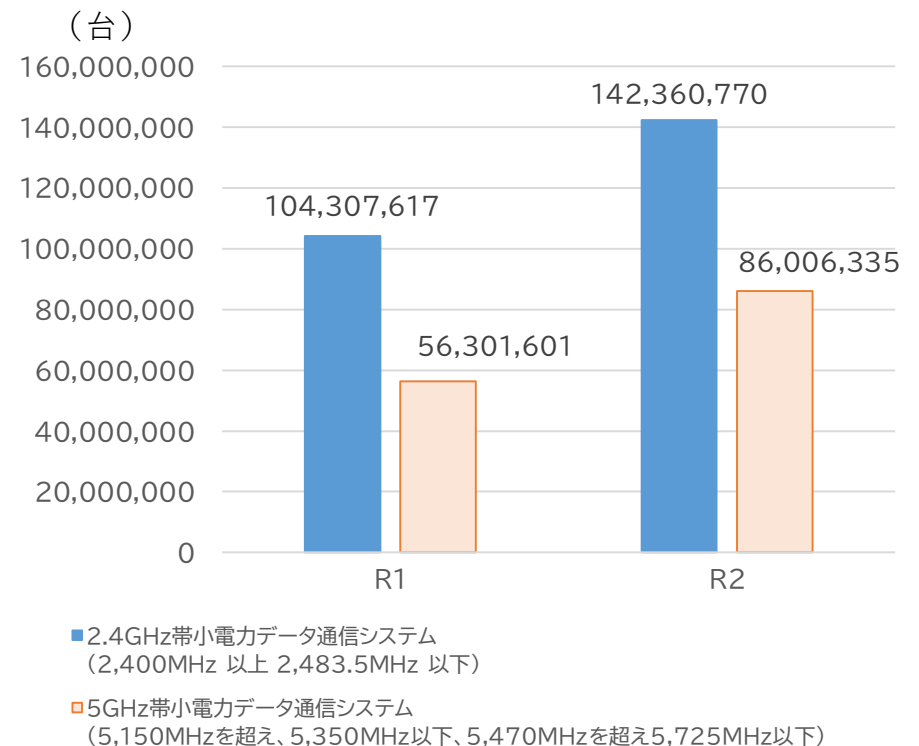
無線LAN等の技術適合証明等の取得状況

- 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



工事設計認証※2



※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。

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

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 $f_U < f \leq f_U + f_H$ 25 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
 $\pm 10 \times 10^{-6}$ 以内であること。
- (2) スプリアス発射の強度の許容値
100 μ W 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) 隣接チャンネル漏洩電力
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) 隣接チャンネル選択度
隣接チャンネル間隔 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	15
II 委員会等の構成	15
III 審議経過	15
IV 審議概要	15
1 中速無線LANシステム	15
2 高速無線LANシステム	20
V 審議結果	25
VI その他	25
「無線LANシステム委員会」の構成	26
「無線LANシステム委員会分科会」の構成	27

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。

・ $f_1 - f_0 \leq f < f_1$ 及び $f_u < f \leq f_u + f_0$ 2.5 μ W以下

・ $f_1 - f_0 > f$ 及び $f_u + f_0 < f$ 2.5 μ 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。

(オ) 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。

(カ) 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のが適当である。（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。

(ウ) 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

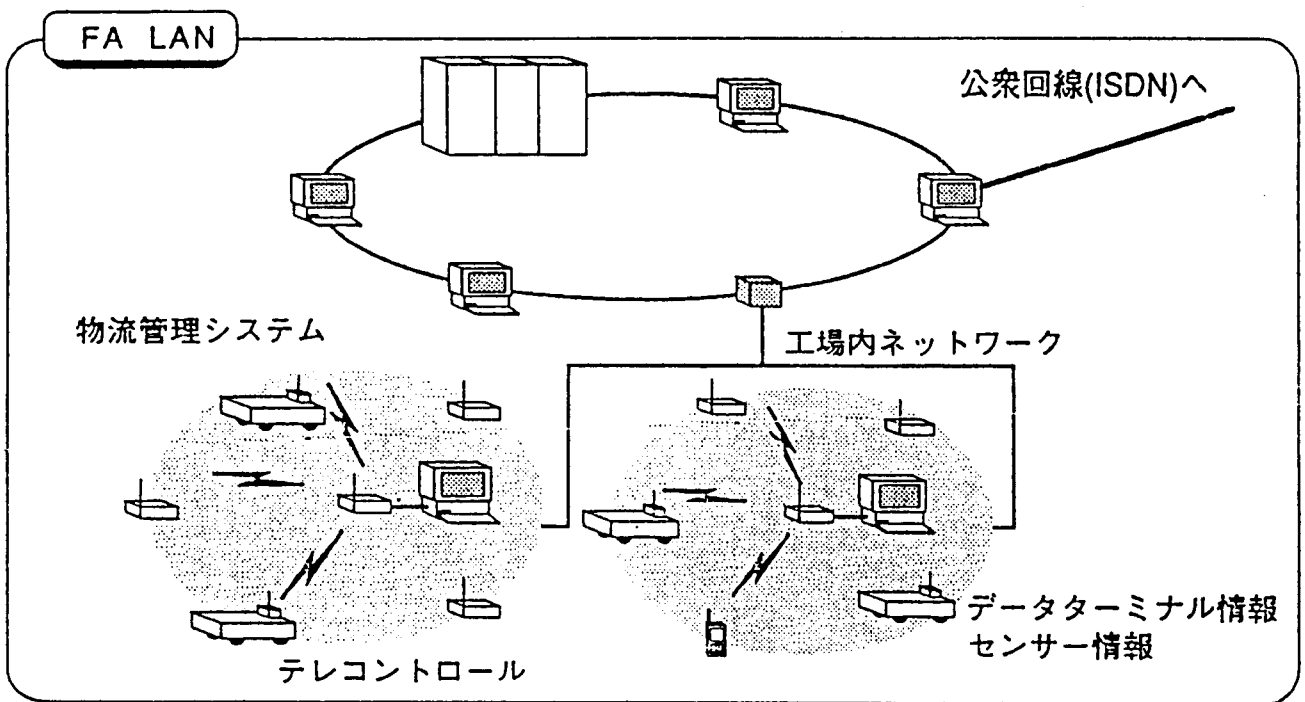
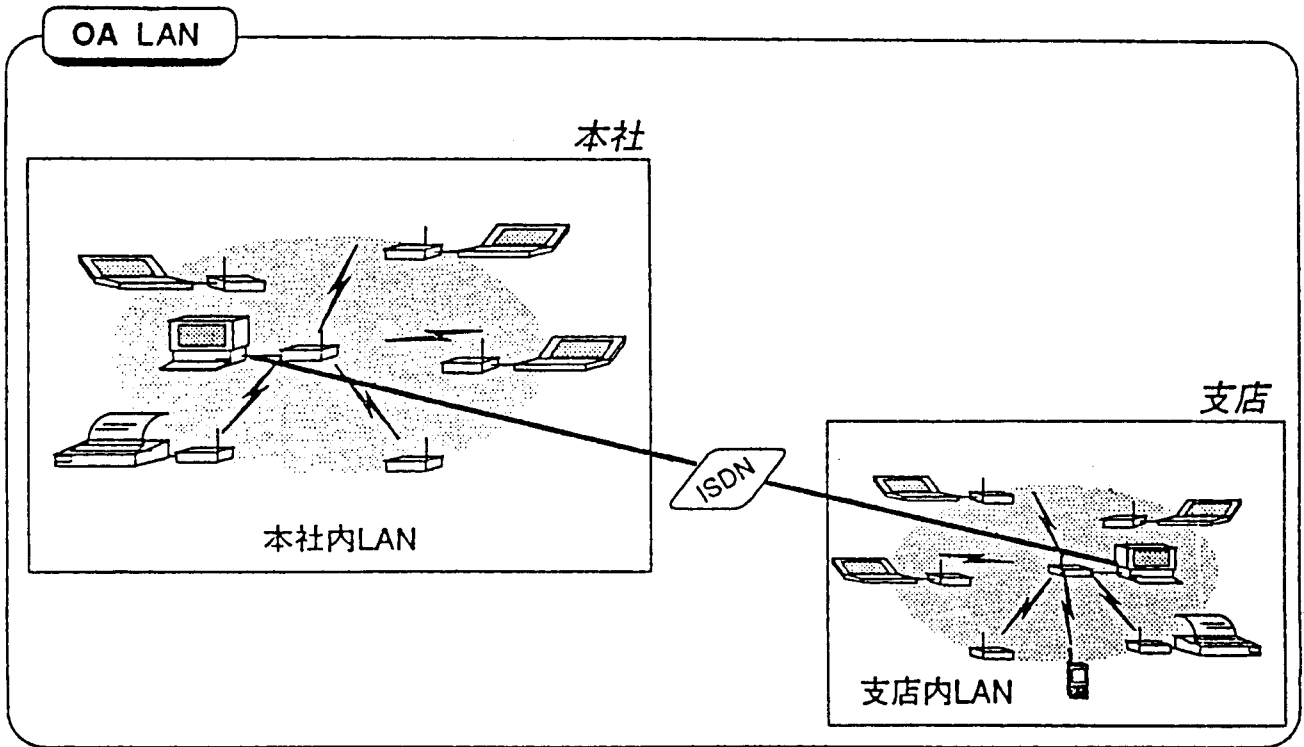
ページ

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.	出力電力(W)	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						
2 B	500	17	-	2462~2465	13	-11	4	38								
3 C	500	16	-	2473~2476	16	-28	0	44		正面	1MHz	1	12.6	水300cc		
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 方向					
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			1MHz	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	1	9.5	水300cc		
12		27 ^{※1}	-	-	-	-	-	-				1				
13 L	600	30 ^{※1}	-	-	-	-	-	-		円	※1: 検波 方向	3	9.5			
14		30 ^{※1}	-	-	-	-	-	-				5				
15		28 ^{※1}	-	-	-	-	-	-				10				
16 M	500	24	19	2445~2461	-8	-25(ノイズレベル)	32	49		円	30°スリット 方向	3	3.2	水275cc		
17 N	650	24	14	2460~2473	18	-4	6	28		垂直	45°スリット 方向	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	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	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）

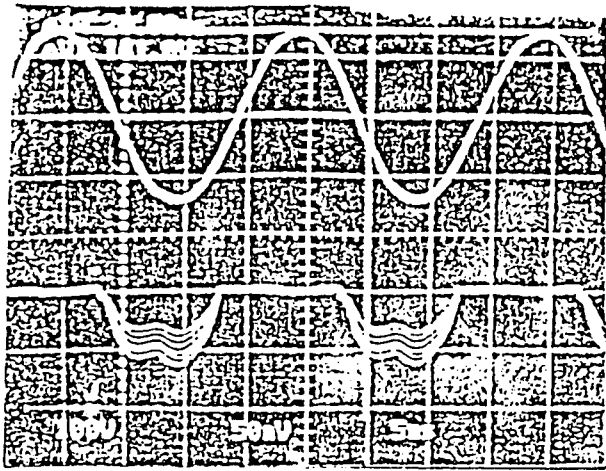


図 - 1 A社製

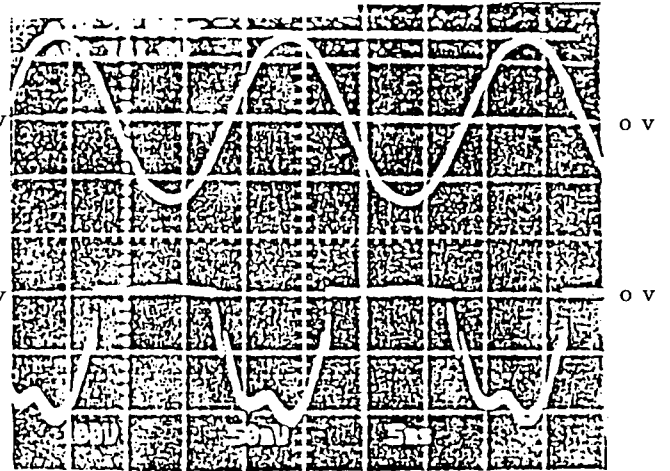


図 - 2 A社製（極性反転）

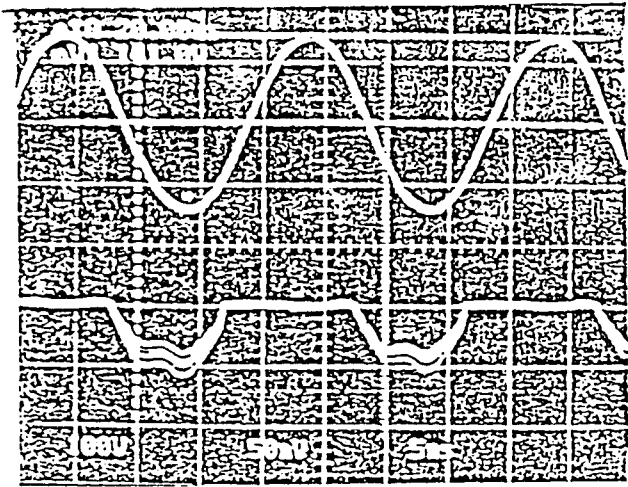


図 - 3 B社製

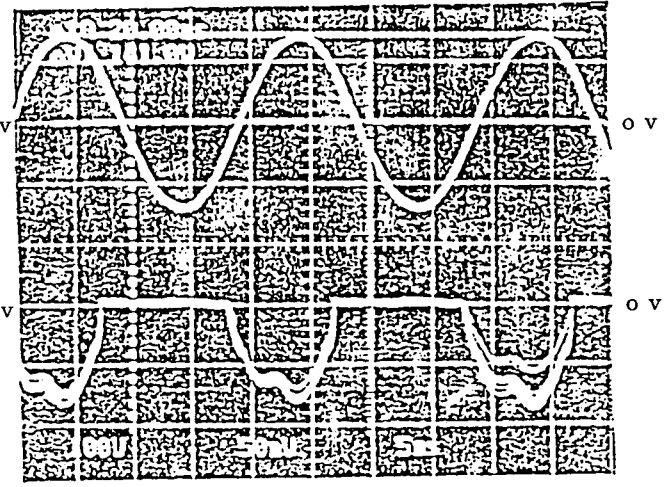


図 - 4 B社製（極性反転）

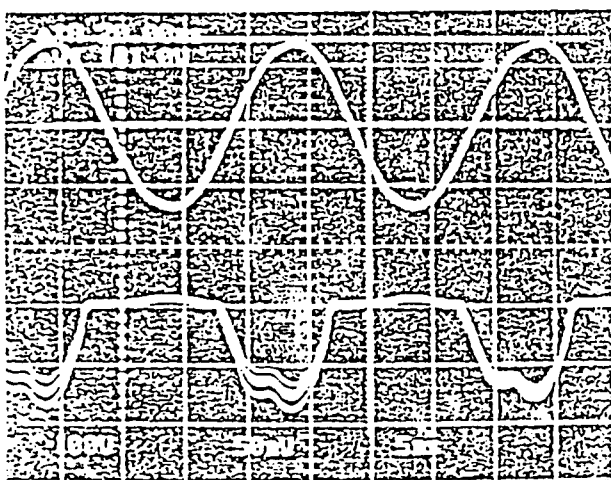


図 - 5 図 - 2 + 図 - 4

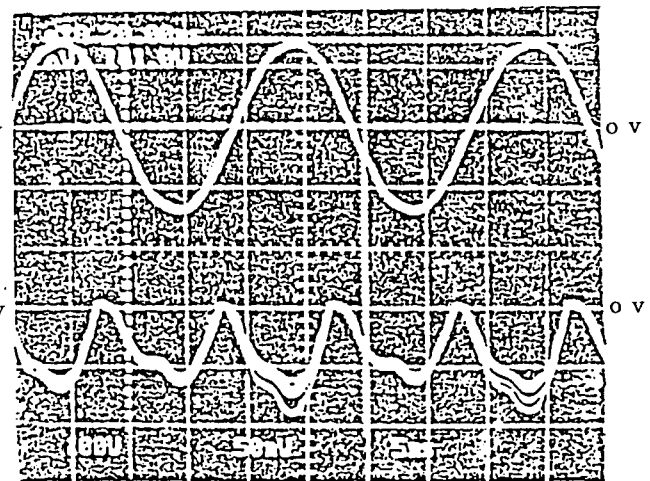


図 - 6 図 - 2 + 図 - 3

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		方位が不明	
14	福島県郡山市	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			
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			
22		S病院→K病院	9 2	2446	6 3	2 9			
23		H病院前→駅前交差点前	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大塚駅前交差点前→コンビニエンス前	1 1 2	2462	8 4	2 8		近くにガソリンスタンド	
26		Bコンビニエンススト7前(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7前(長さ10m)	1 0 5	2462	5 8	4 7			
29		Aコンビニエンススト7前(長さ100m)	8 3	2450	7 1	1 2		3車線の真中	
30	東京都 (豊田、 江戸、 江東、 大田、 品川) および 川崎市 (川崎) 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			
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			
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			
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)
シャドローイングマージン	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、

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

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、

$$\begin{aligned} P_{di} &= P_i - 10\log_{10}(29 \times 10^6) \\ &= -68.8 - 24.6 \\ &= -143 \quad [\text{dBm/Hz}] \end{aligned} \quad (3)$$

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、

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

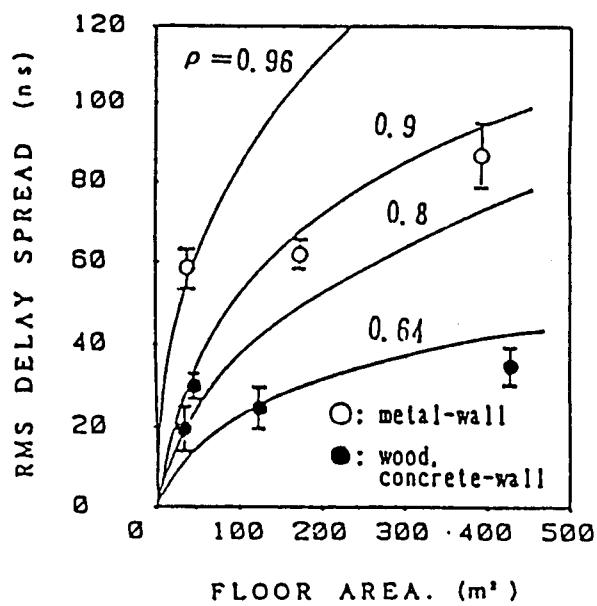
である。 P_{td} の計算結果を表 3 に示す。

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 26 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 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。

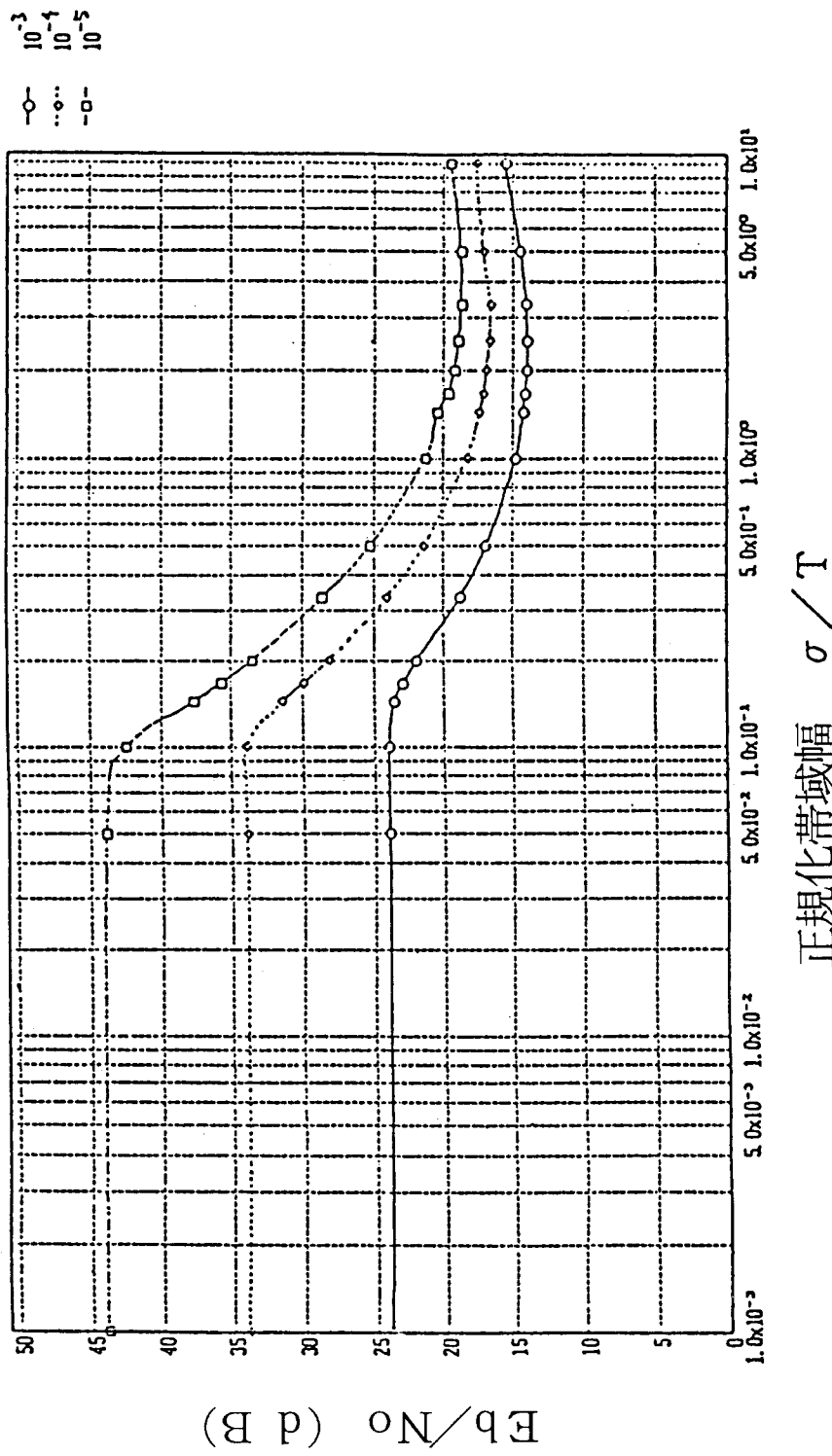


床面積と遅延スプレッド
 Relation between rms delay spread and floor area.

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)



正規化帯域幅 σ / T

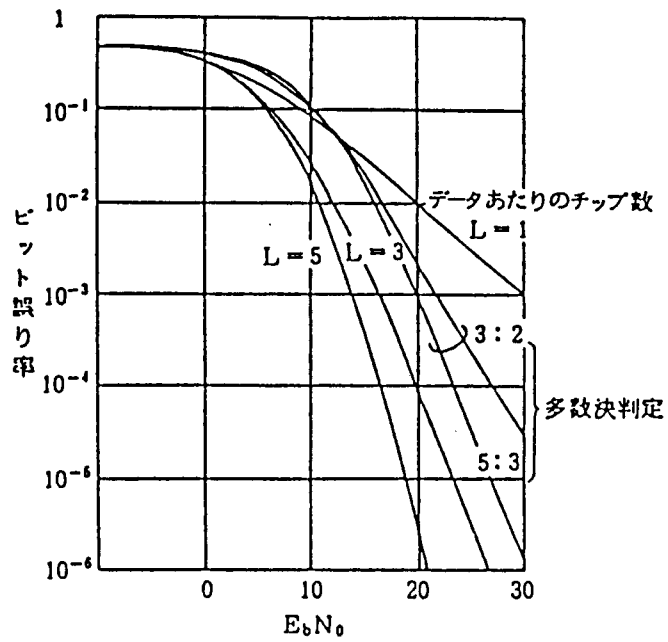
図 2

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

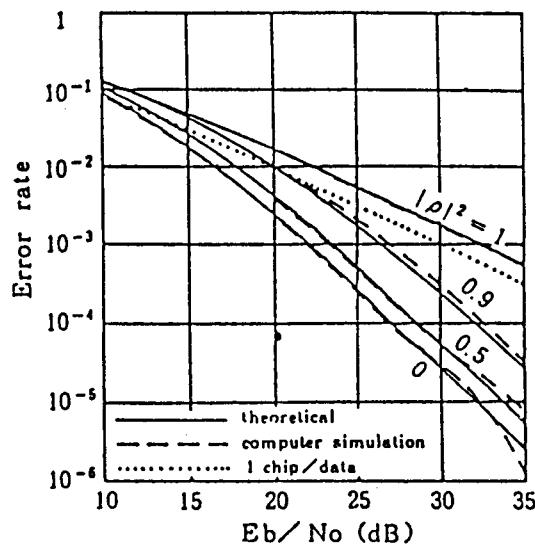
IEEE Commu. Magazine, pp.15-24, May 1989



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。

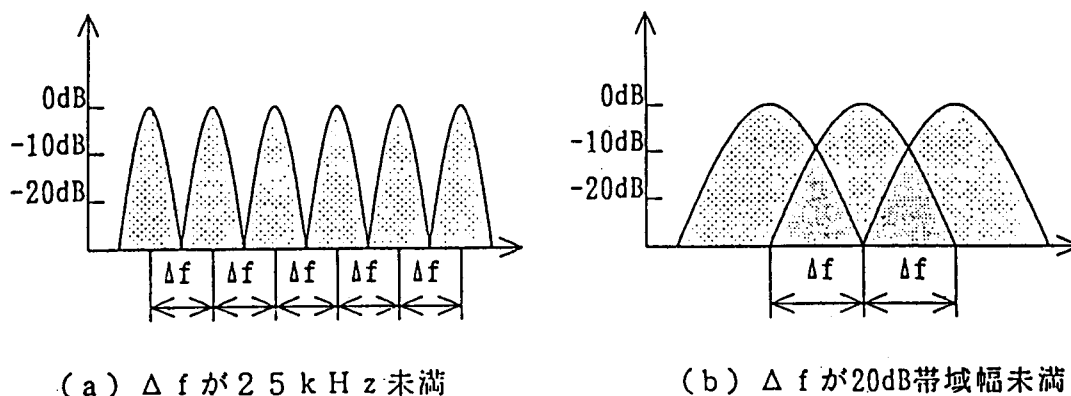


図1 FH方式において認可されない送信スペクトラム

(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。

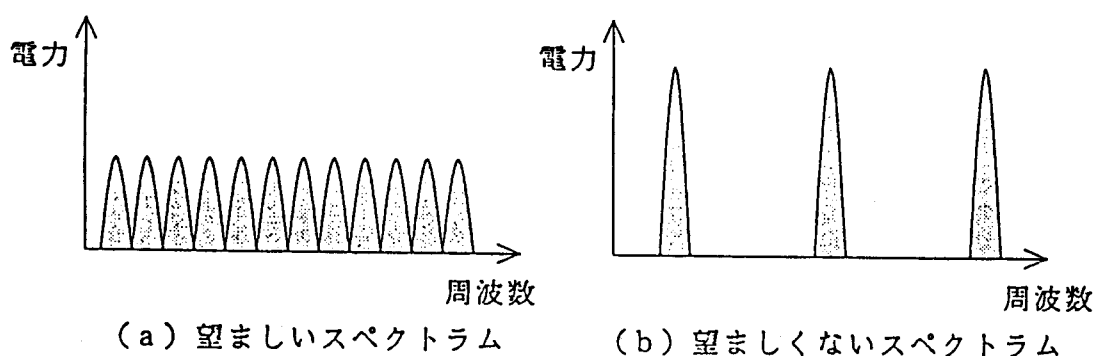


図2 総電力と占有帯域幅が等しく、密度電力が異なる2つのシステムの比較

(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。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 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。

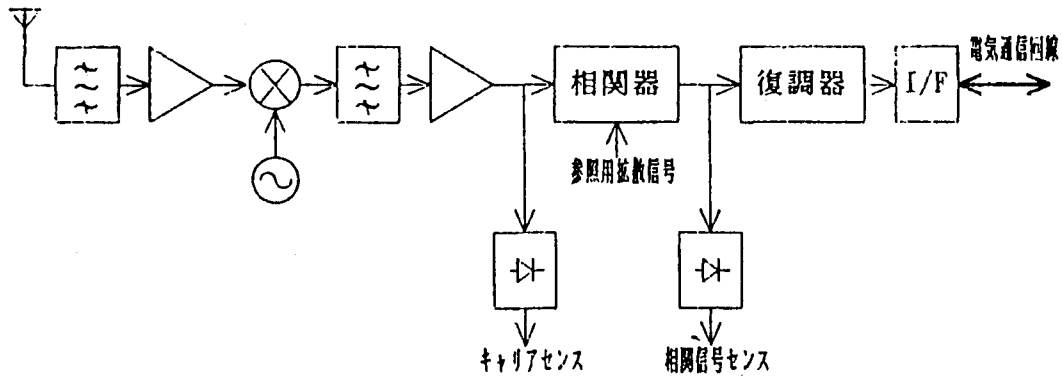


図1 受信装置におけるキャリアセンスと相関信号センス

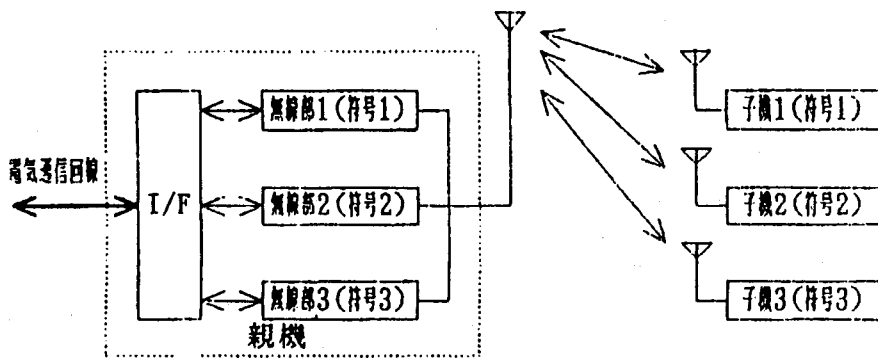


図2 CDMAの模式図

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

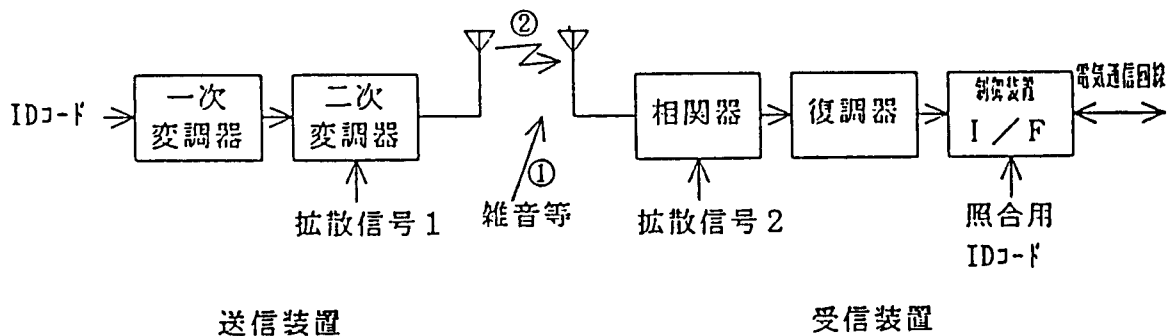


図 1. 1

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、

$$P_{ec} = 1 / 2^{L_{ID}} \quad (2)$$

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。

$$P_c = P_{cs} \cdot P_{cc_1} \cdot P_{cc_2} \cdot P_{cm} \cdot P_{cf} \quad (3)$$

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、

$$P_{cs} = 1 / 3 = 0.33 \quad (4)$$

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間値の絶対値 (1)			備考 Gold 可数 $1/2^n$ $1/2^n \times QM(n)C_1$
		各種系列の系列数 (1)					各種系列の系列数 (2)					L 系列			
		M 系列 $QM(n)$ $p(l)/n$	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 $QGP(n)$ $l+2$	クライク 系 $QG(l)$ $l+1$	K 系 列 大セツト $QKL(n)$ $(2^{n-1}+1)-1$ $(2^{n-1} \text{ or } (2^{n-1}+1))$	小セツト $QKS(n)$ 2^{n-1}	M 系列、 COMPUTER $lM(n)$	プリファード M 系 列 $lMP(n)$ $l(n)$	特殊系列 $l_{nm}(n)$ $l(n)-2$	プリファード FG 系列 $lGFP(n)$ $l(n)$	クライク 系 $lGI(n)$ $l(n)$	大セツト $lKL(n)$ $l(n)$	
3	7	2	2	17	9	16	67	4	5	5	9	9	9	7	
4	15	2	0	33	33	33	67	9	9	9	11	9	9	465	
5	31	6	3	65	65	65	520	8	23	23	23	17	17	19,431	
6	63	6	2	129	129	129	4,111	16	41	41	95	17	33	576,408	
7	127	18	6	257	257	256	4,111	16	113	113	363	33	65	31,523,800	
8	255	16	0	4,097	4,097	4,096	32,800	32	287	287	1,407	65	129	1,623 × 10 ⁷	
9	511	48	2	8,193	8,193	8,192	262,207	64	703	703	1,407	129	257	5,305 × 10 ¹⁰	
10	1,023	60	3	16,385	16,385	16,384	2,097,280	128	1,407	1,407	5,631	257	512		
11	2,047	176	4	32,769	32,769	32,768	16,777,471	256	2,047	2,047	16,385	512	513		
12	4,095	144	0	65,537	65,537	65,536	16,777,471	256	2,047	2,047	16,385	512	513		
13	8,191	630	4												
14	16,383	756	3												
15	32,767	1,800	2												
16	65,535	2,048	0												

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(10³)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_{cc1}を、

$$P_{cc1} \sim 1.0^{-3} \quad (5)$$

とする。

次にP_{cc2}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_{cc2}を、上記の信号速度の12種類の倍の逆数として、

$$P_{cc2} \sim 1 / (12 \times 2) = 4 \times 10^{-2} \quad (6)$$

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ため、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、

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

B₁ : 利用周波数帯幅 [Hz]

B₂ : 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B₁は26MHz程度と想定される。B₂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。

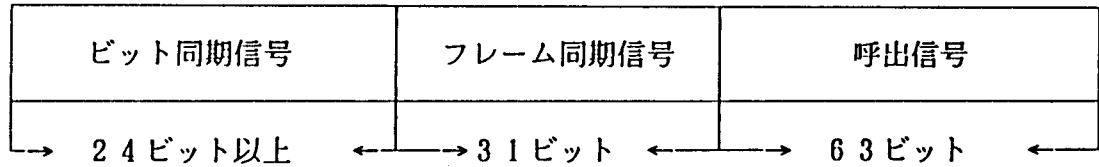
5 中継動作の必要性

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。

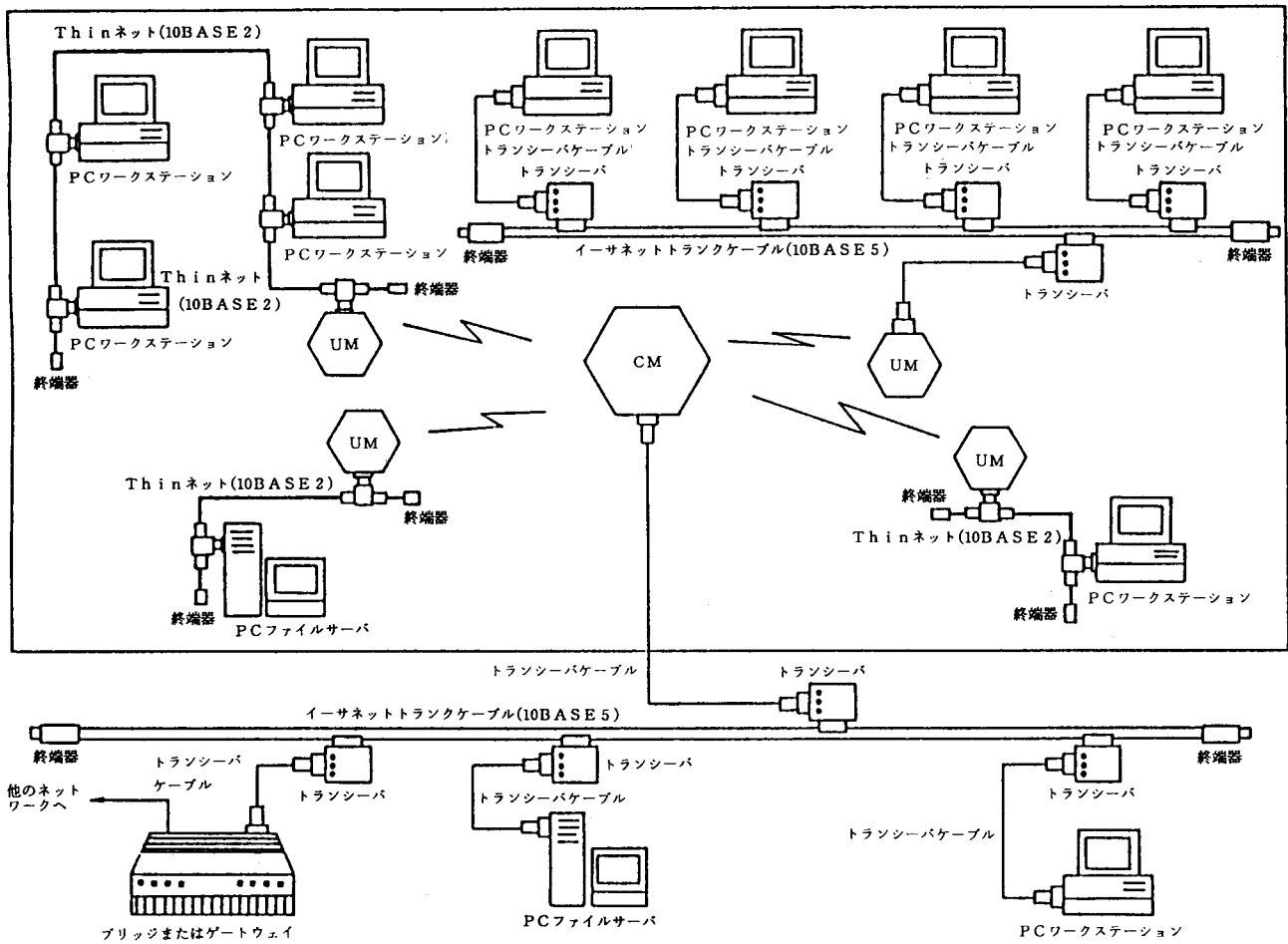
また、 $R(X)$ は、

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

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

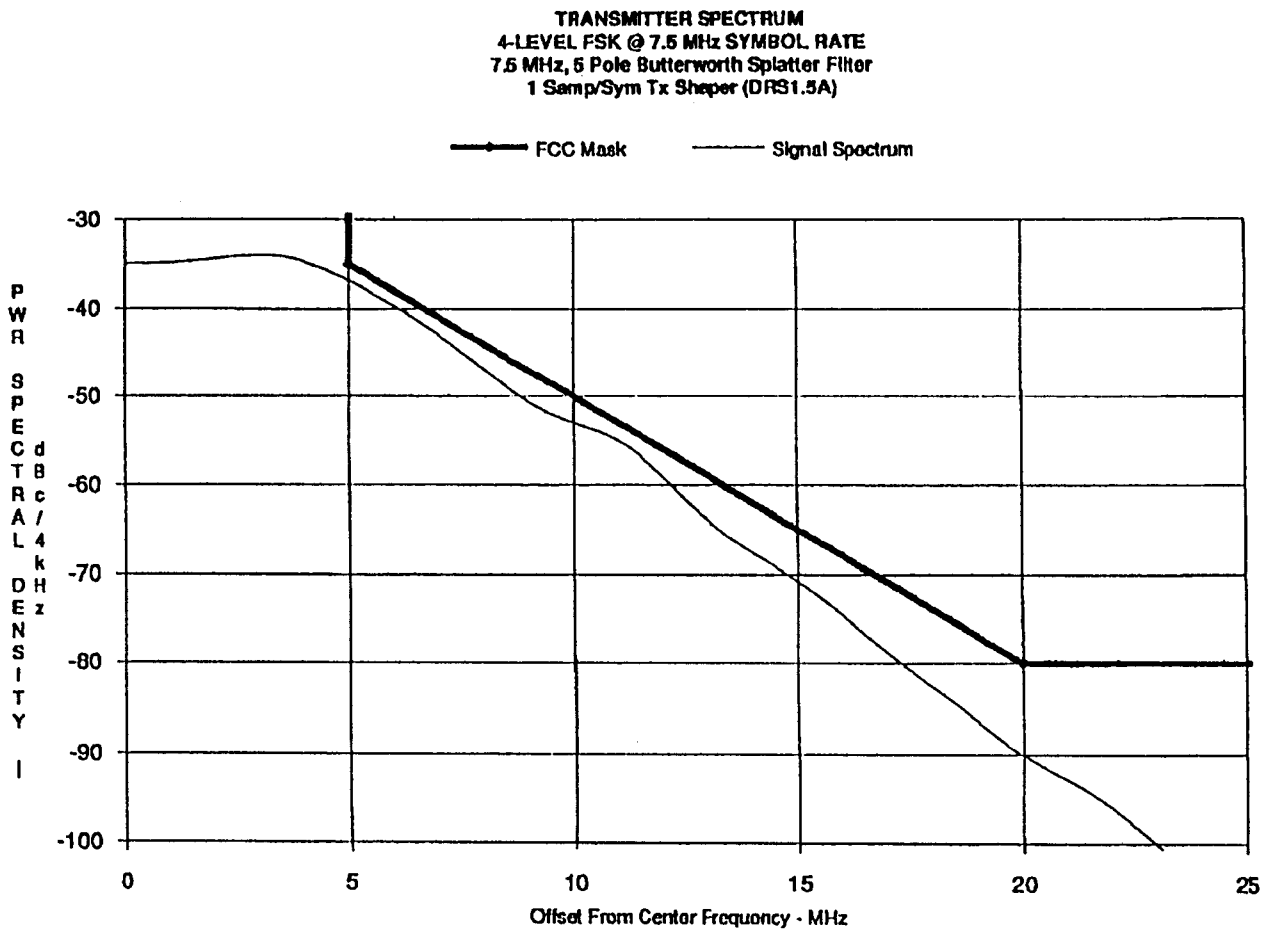
上下10MHzのインターリーブチャンネルの漏洩電力は比較的高いのでマイクロセル間で隣接チャンネルを使用する時は、干渉を避けることが必要である。よって、理想的な4セル繰り返しのセル配置ではお互いのセル間では20MHz以上の離調周波数を利用することになる。この4セル繰り返しのセル配置が可能な時は、マイクロセルが理想的な配置であり、かつ円形のサービスエリアである場合のみである。利用者の環境は部屋の内壁とか家具等により大幅に異なるため、マイクロセルは形がそれぞれに異なることになる。このように現実的な利用者環境の下で信頼性がありかつ、利用者のサービスエリアを十分カバーできるように十分な重なりをもったサー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

WAXV1EFS42B.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

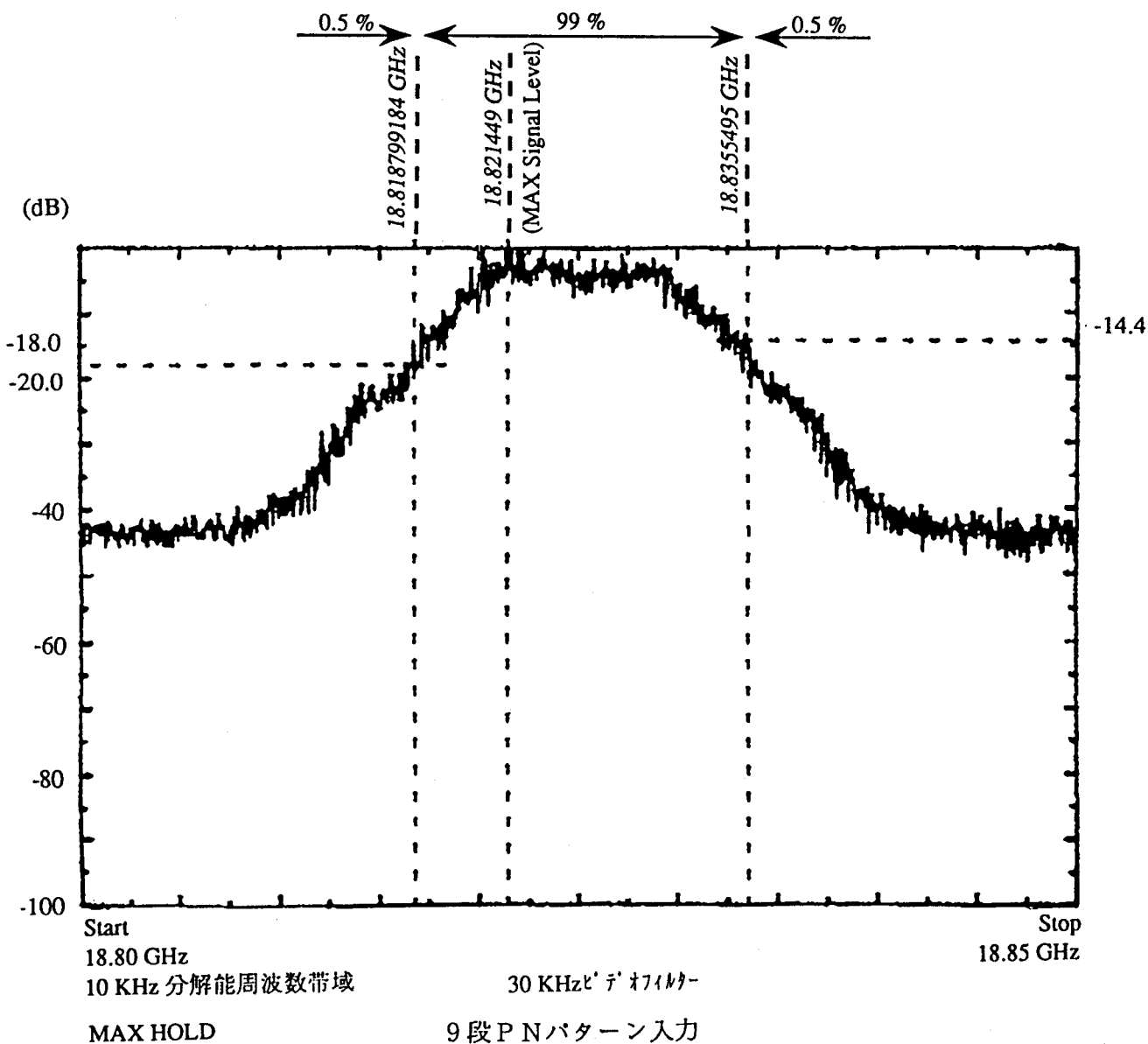


図2 占有周波数帯域幅の測定例

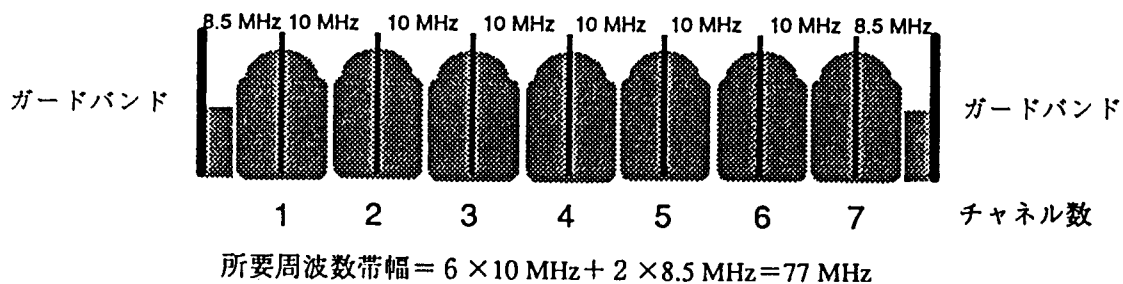
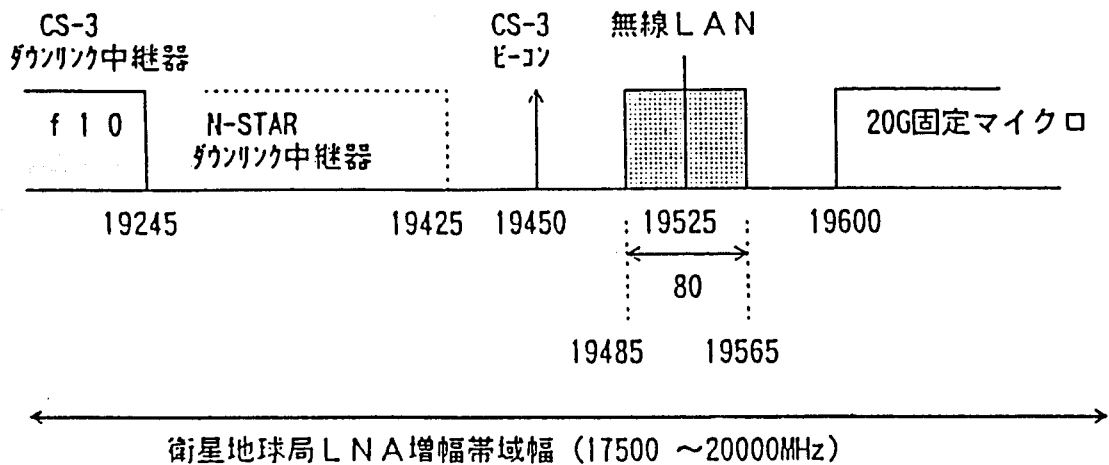


図3 チャンネル配置

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。

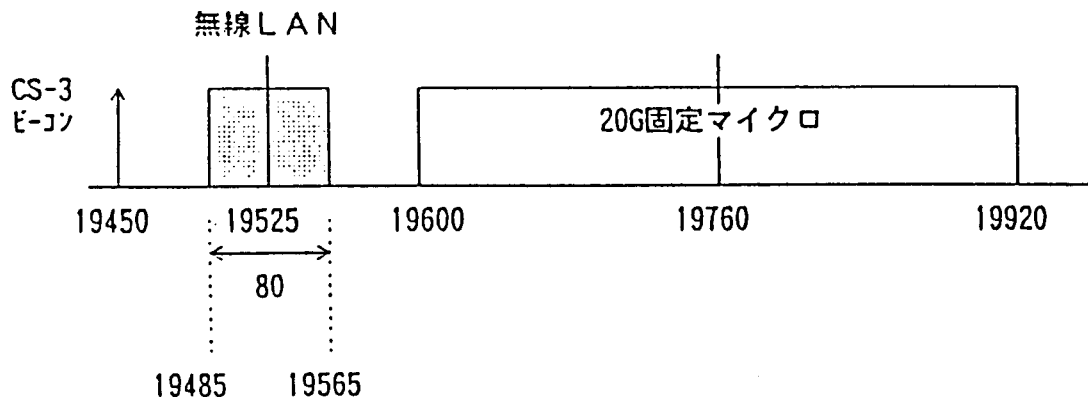
3. 地球局の低雑音増幅器 (LNA) への影響

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

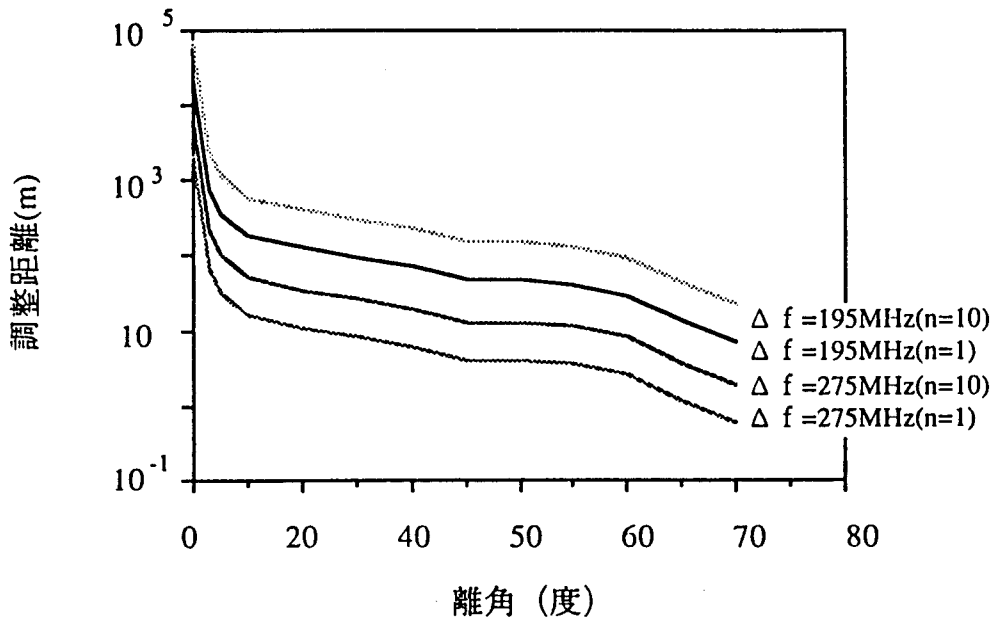
$$\text{IRF} = 47.8 \text{ dB} (\Delta f = 275 \text{ MHz } f_{\text{LAN}} = 19485 \text{ MHz})$$

調整距離計算結果 (Nは無線LANのチャネル数)

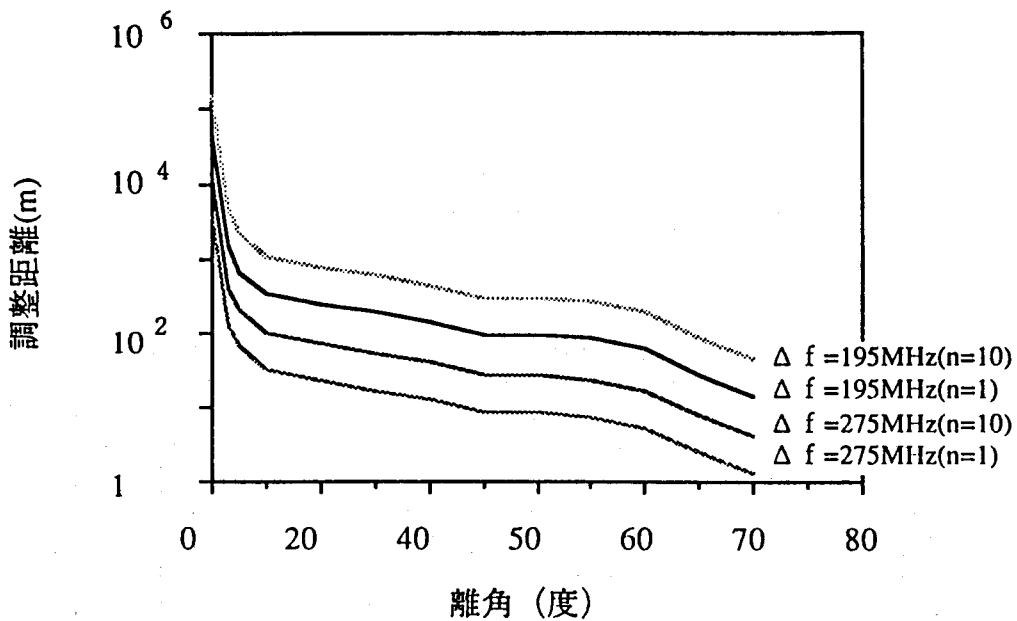
離角 (θ)	$D_{\text{20G}}(\theta)$	調整距離 (km)			
		$\Delta f = 195 \text{ MHz}$		$\Delta f = 275 \text{ MHz}$	
		N = 1	N = 10	N = 1	N = 10
0°	0 dB	22.4	70.8	2.0	6.2
3°	30 dB	0.7	2.2	0.06	0.2
30°	45 dB	0.1	0.4	0.01	0.04

無線LANと20GHz固定マイクロとの調整距離

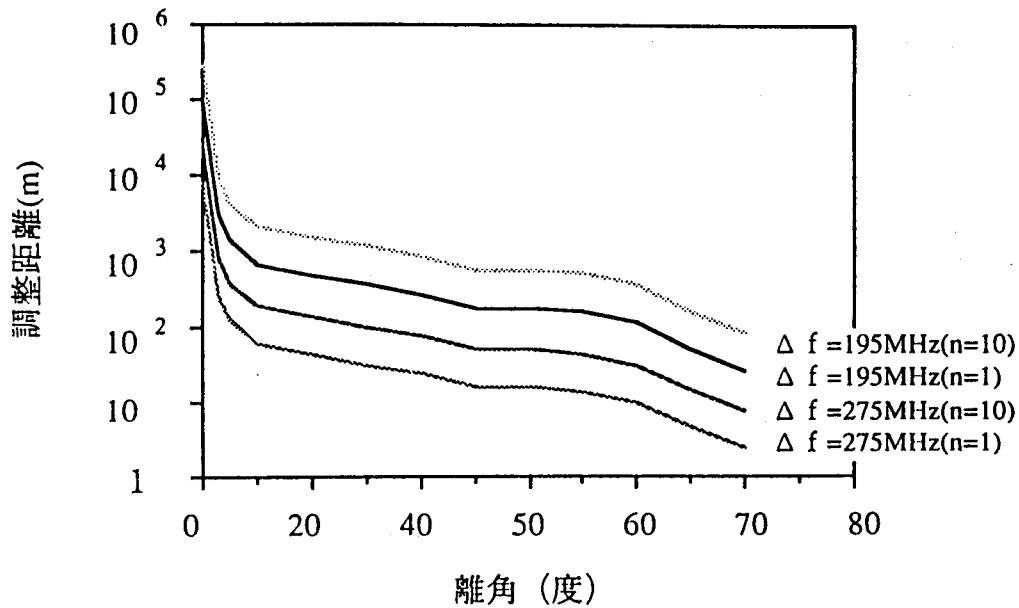
(1) 無線LAN出力：20mW



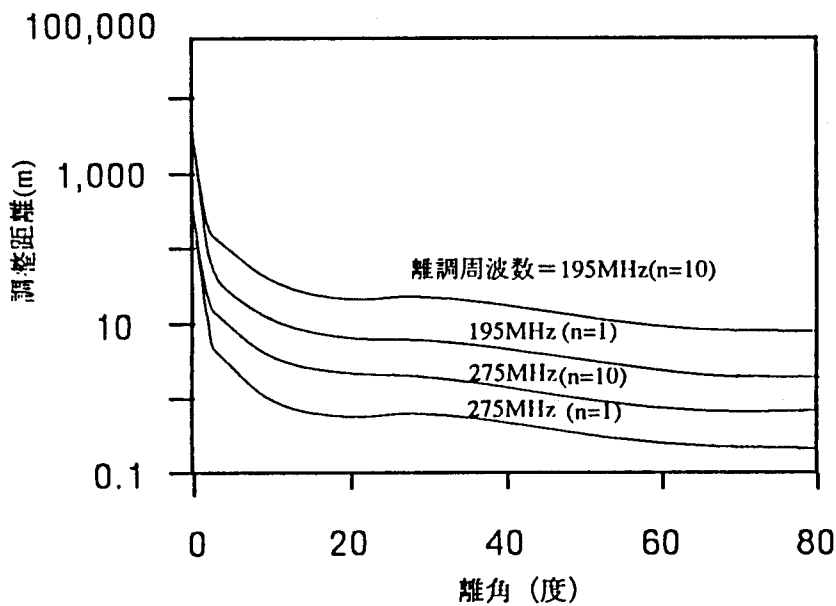
(2) 無線LAN出力：80mW



(3) 無線LAN出力：300mW



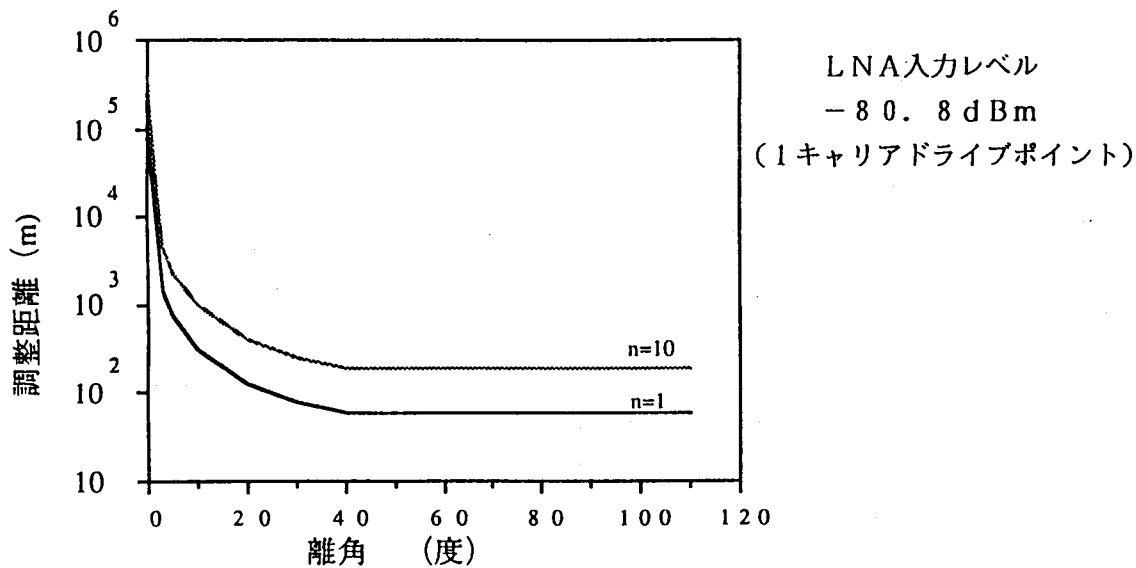
(4) チルト角付き 6 セクタアンテナを用いた無線LAN (出力 20 mW)



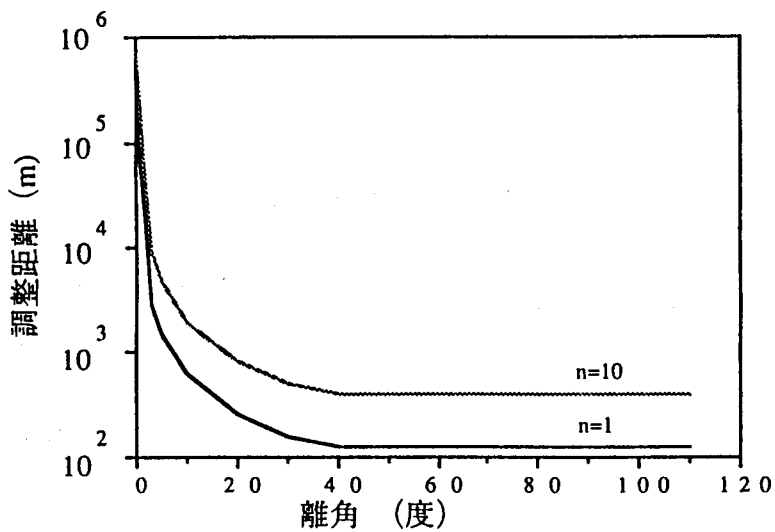
伝搬損失に以下の要素を追加。

- (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：5.4dB
- (オ) ビル外壁のガラス窓占有比：
50% = 3dB

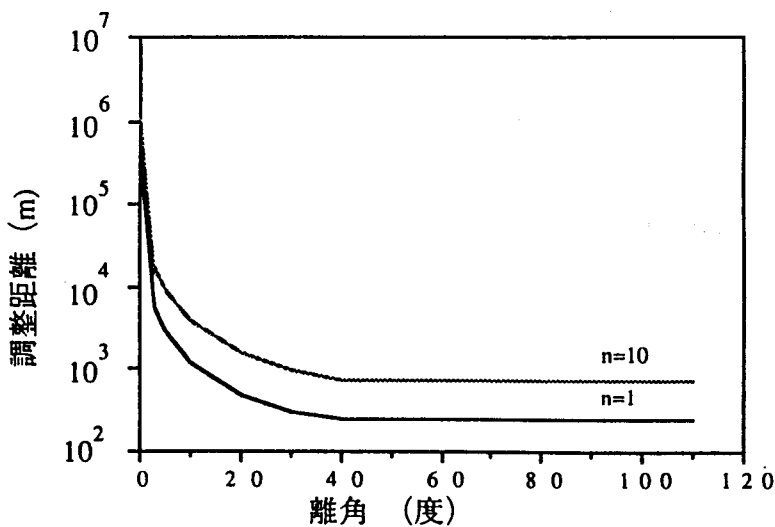
(1) 無線LAN出力：20mW



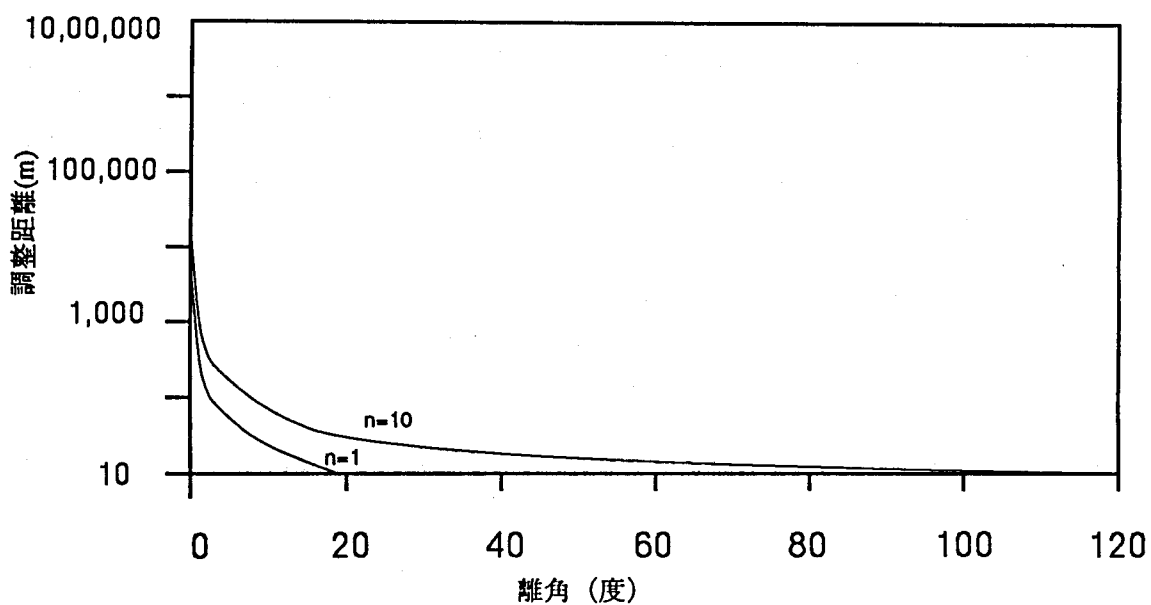
(2) 無線LAN出力：80mW



(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

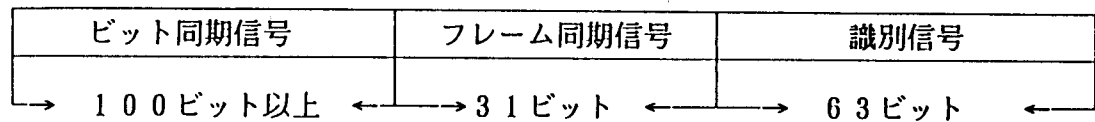
無線 LAN システムではメッセージデータは分割され宛先、誤り検出情報等の情報を付加したパケットとして送出される。無線回線の品質劣化により生じた誤りは上記の誤り検出情報により検出され、パケット誤りと判断され再送処理が行なわれる。パケット誤りの増加はシステムのスループット能力の低下を引き起こす。パケットの長さや誤り検出情報の構成は個々の無線 LAN システムにより最適化されるものとの考えで本無線 LAN システムでは一般化を行なわないことになっている、しかしこのパケット誤り率を測定することでこのシステムの受信機感度特性を客観的にシステム評価することが出来る。通常スループット能力の低下の評価基準は 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 3 Mbps 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、

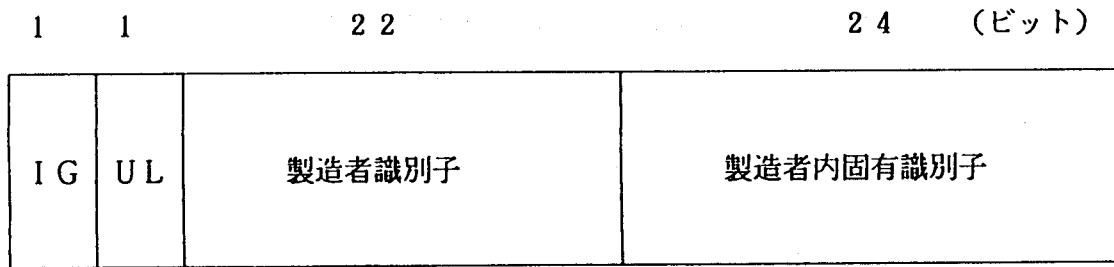
$$X^{12} \cdot \left(\sum_{i=0}^{50} b_i X^i \right) \text{を} (X^{12} + X^{10} + X^8 + X^5 + X^4 + X^3 + 1)$$

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 10Mb/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、9600b/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(2~2Mb/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10Mb/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での電波割当の難航も相俟って、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

的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た技術的条件的審議を開始し、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 10Mb/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256Kb/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2.4GHz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 sec以下 |
| (5)ビット誤り率 | 1 $\times 10^{-8}$ 以下 |
| または アドレス情報 | 3 $\times 10^{-8}$ 以下 |
| ユーザ情報 | 1 $\times 10^{-8}$ 以下 |
| (6)パケット廃棄率 | 4 $\times 10^{-3}$ 以下 |
| ただし512oct. 換算パケットにて | |
| (7)衝突検出見逃し率 | 4 $\times 10^{-3}$ 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う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。

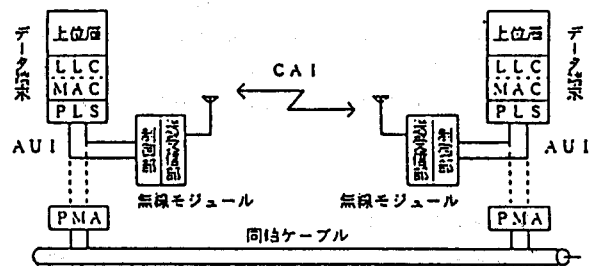


図1 無線LANシステムのレイヤ構造

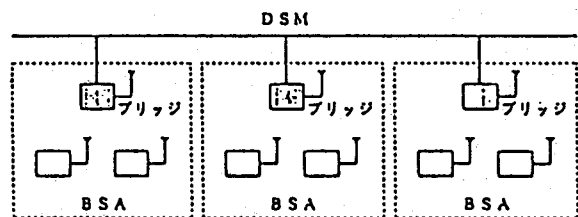


図2 無線LANシステムの構成

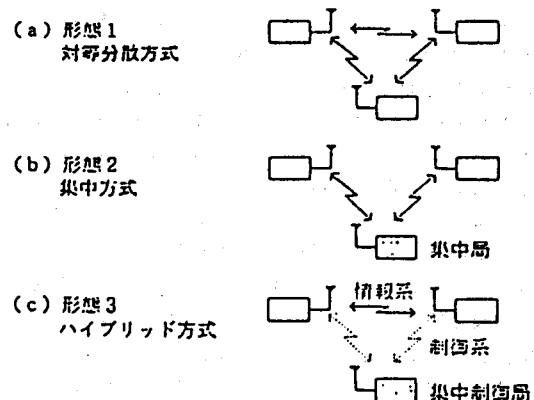


図3 無線LANシステムの通信形態

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握っ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) ダイバシティ効果

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・ダイバ

シチ効果と言い、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た方式などがある。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

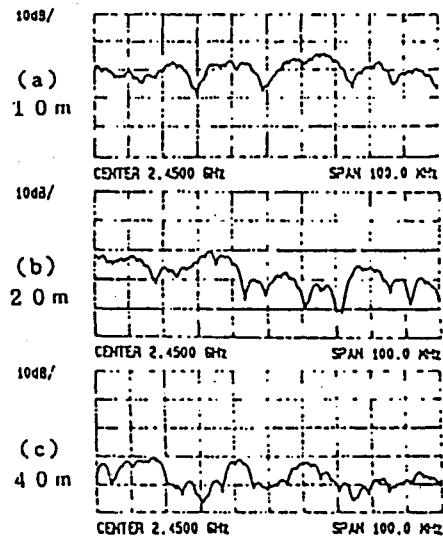


図4 周波数選択性フェージングの測定例

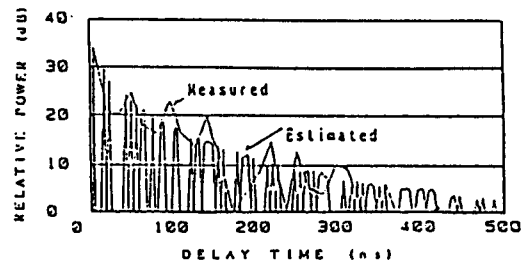


図5 遅延分散プロファイルの測定例 (文献[7]より転用)

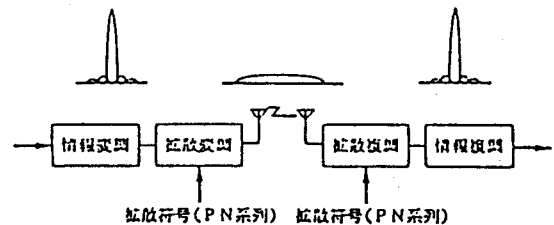


図6 スペクトラム拡散方式の原理

(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圧したり(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、プリアンプ信号を利用した判定掃退型等化器では、まず初期トレーニングにてプリアンプ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 $100 \mu\text{sec}$ オーダーの時間を要し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。

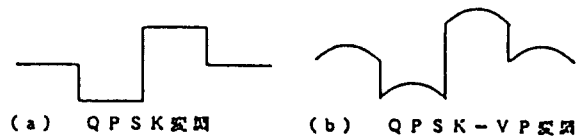


図7 QPSKとQPSK-VPの位相変化

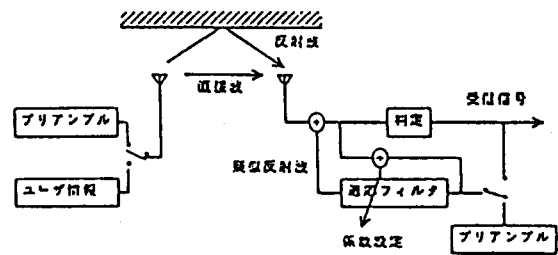


図8 判定掃退型等化器の原理

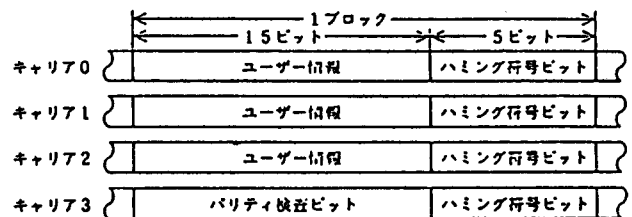


図9 マルチキャリア伝送における誤り訂正符号の例

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方式との互換性を旨と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来すことになる。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実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実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 $1/n \cdot C_r$

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]。

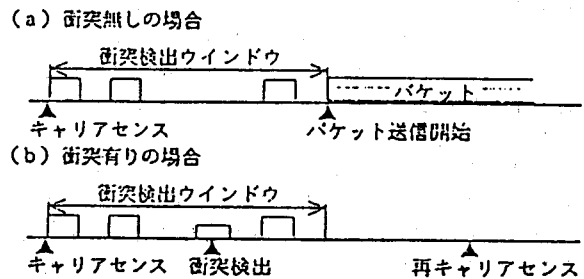


図10 ランダムパルス送出方式の原理

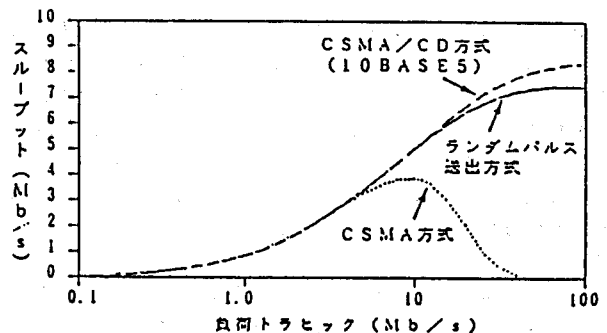


図11 ランダムパルス送出方式のスループット特性 (文献[14]より転用)

(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。

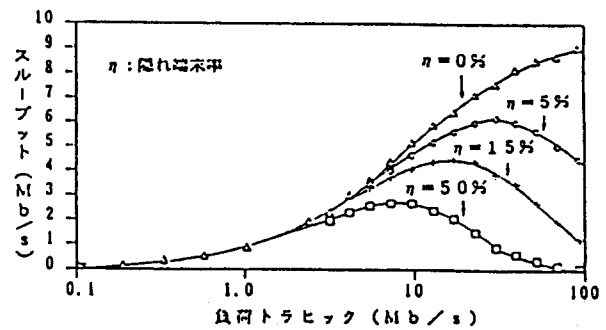


図12 隠れ端末によるスループットの劣化 (文献[15]より転用)

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。

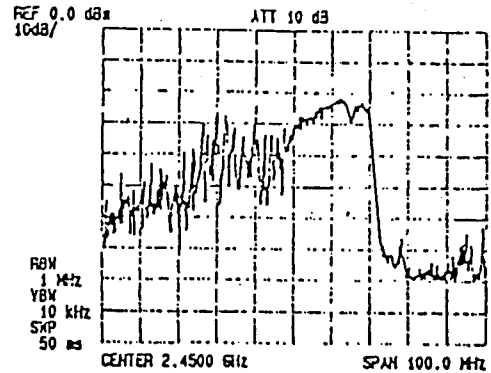
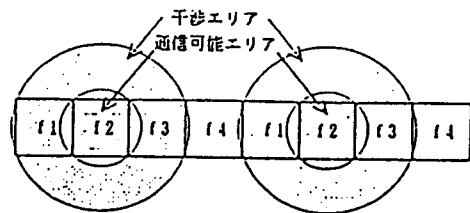


図13 電子レンジの放射スペクトル測定例



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井沢ワークショップ, 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 舘 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取りまとめた。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。

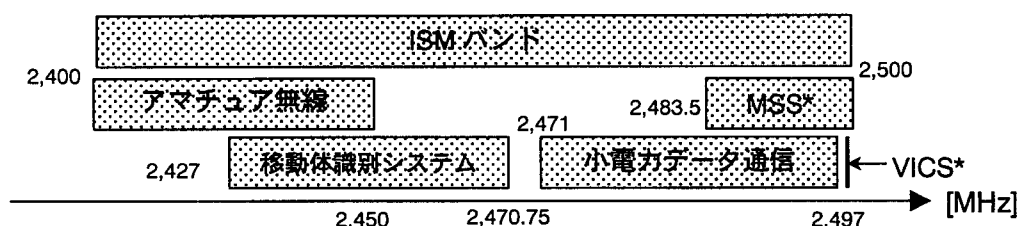


図 1.1 ISM バンド使用機器

*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

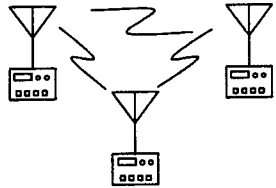
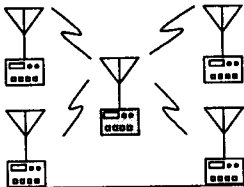
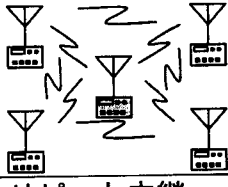
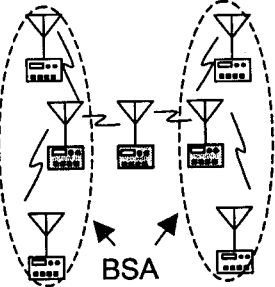
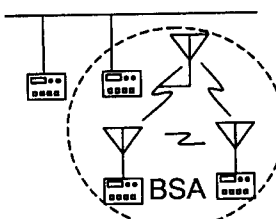
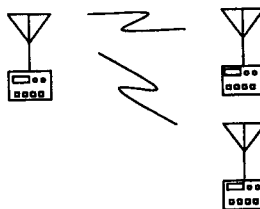
また、ISM バンドでは、電子レンジ以外にも、医療用ハイパーサーミア、木材乾燥機などのマグネトロン使用機器が使用されている。本章では、まずこれら ISM バンドを使用している各種機器のシステムイメージ、技術諸元、アプリケーション例および市場規模を説明し、諸外国の状況及び今後の傾向などを示す。

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	形態 1 対等分散通信 	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
	形態 2 ポイント・スター通信 	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
	形態 3 ポイント・メッシュ通信 	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
	形態 4 リピート中継 	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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・BSA 内は、形態 1、2、3 のいずれか
	形態 5 ポイント・スター通信 	同上	同上	同上
	形態 6 対向型通信  <p>1:1、1:N 等</p>	同上	ティー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	<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働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

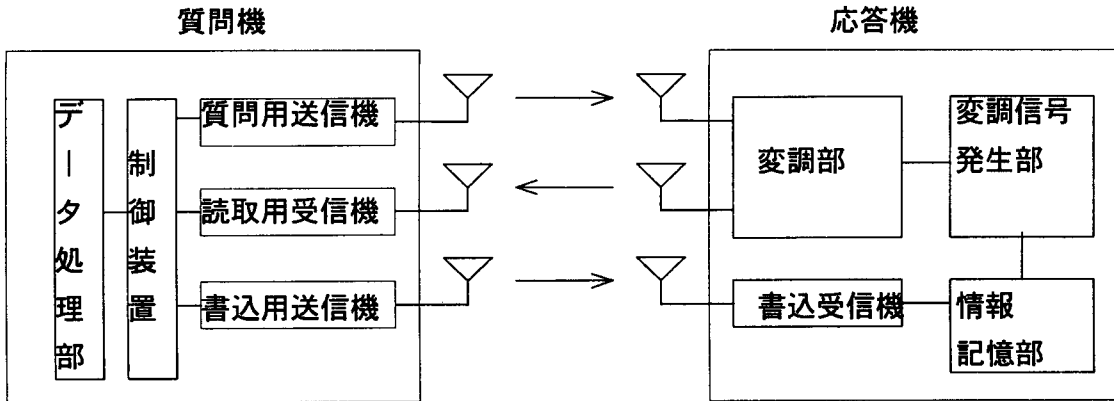


図 1.3 移動体識別システム構成モデルA

(2) システム構成モデルB

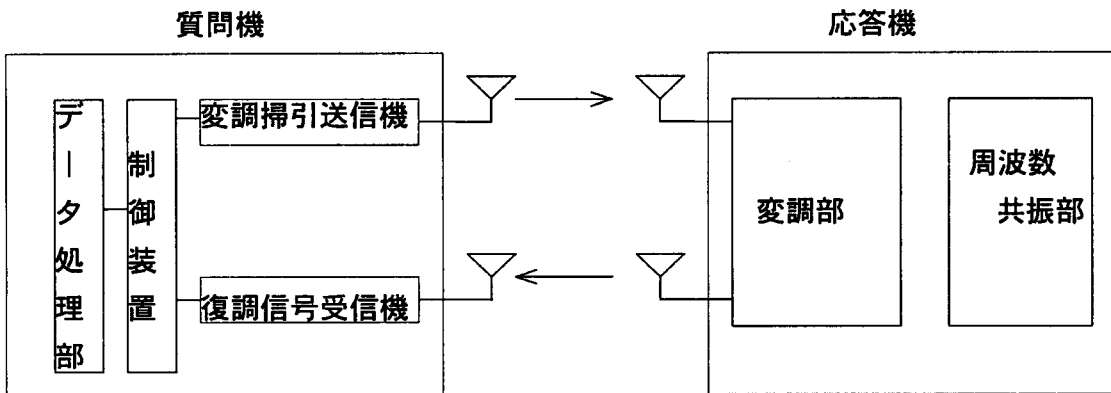


図 1.4 移動体識別システム構成モデルB

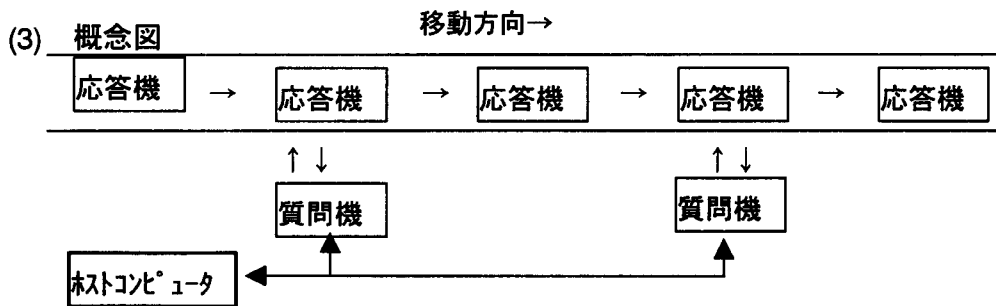


図 1.5 移動体識別システム概念図

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、国内で稼動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。

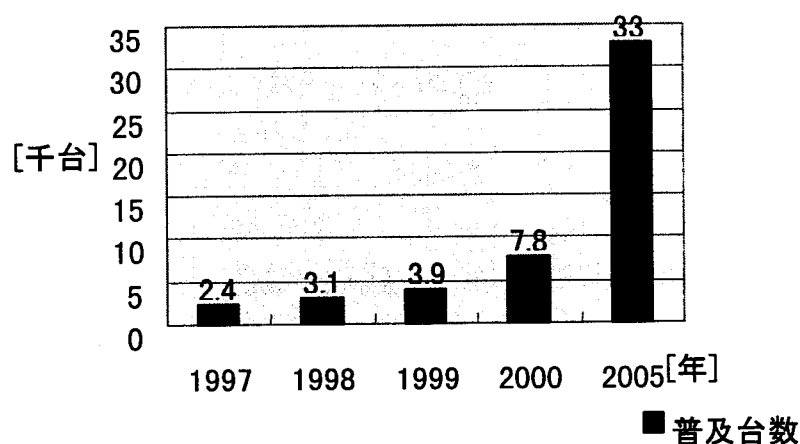


図 1.6 移動体識別装置の将来需要予測台数

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。

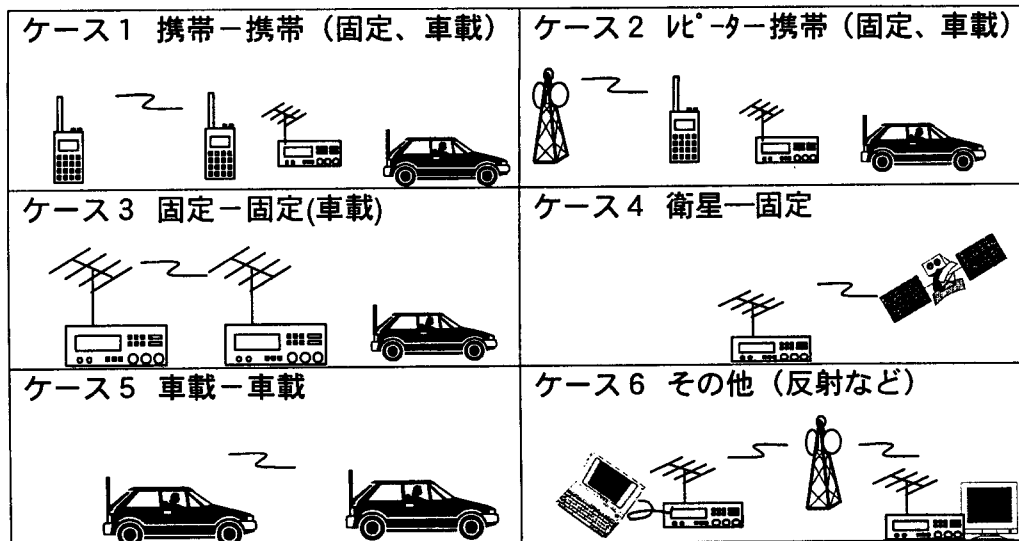


図 1.7 アマチュア無線の主なシステム構成モデル

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収容され、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。

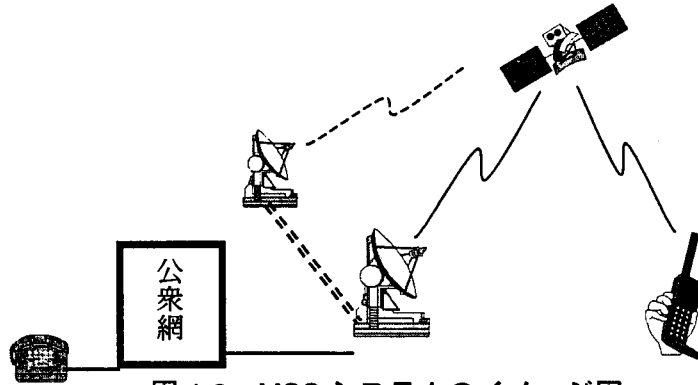


図 1.8 MSS システムのイメージ図

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
サービス周波数	2,483.5MHz~2,500MHz
サービス周波数帯域幅	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
衛星サービスアンテナ送信利得最大	13.0dB
サービスキャリア当たりの最大 EIRP	16.0dBw
サービス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。

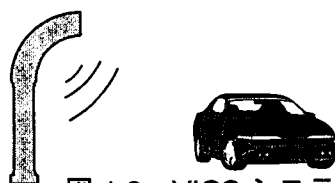


図 1.9 VICS システムのイメージ図

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。

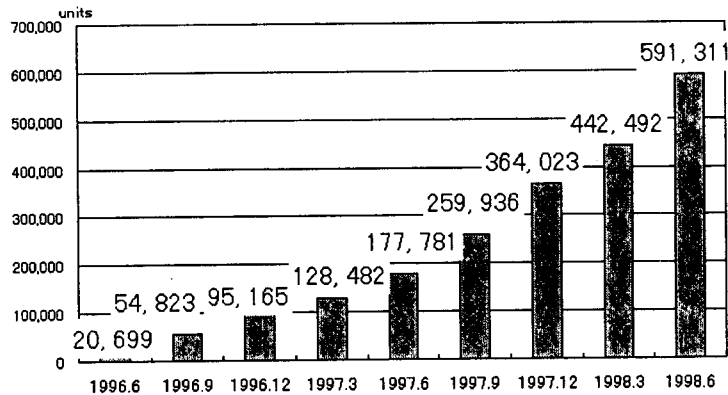


図 1.10 VICS ユニットの出荷台数累計

VICS センターより (1998.7.29 更新)

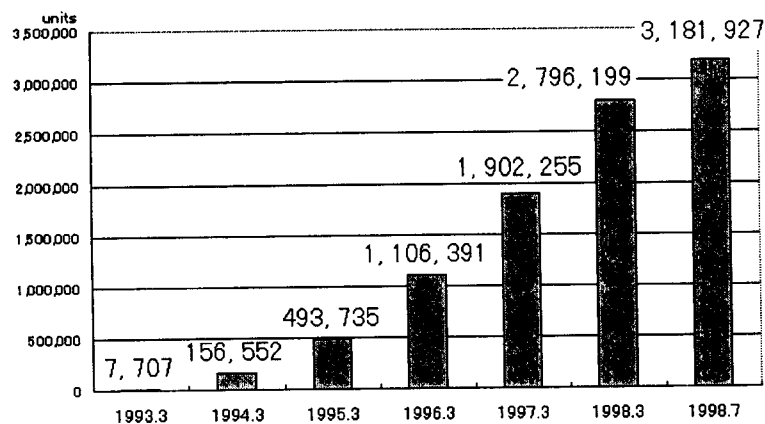


図 1.11 カーナビの出荷台数累計

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。

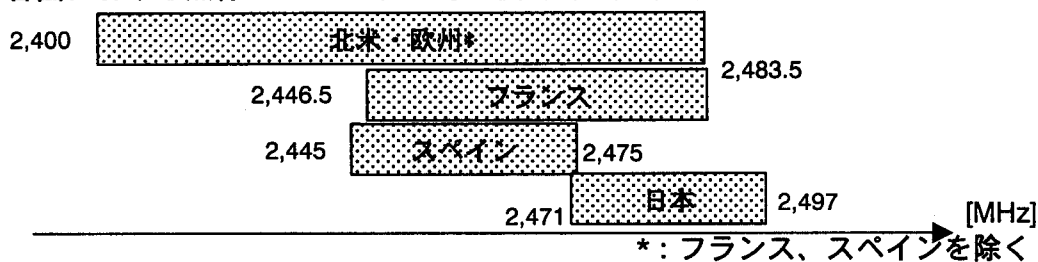


図 1.12 各国の使用周波数帯域

(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 ($\mu\text{V}/\text{m}$)	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

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	2m	69m	79m	69m	計算値 (D S) 37m
B社	10mW	2m	17m	5m	6m	
		5m	44m	—	—	
C社	10mW	2m	19m	5m	5m	
		5m	61m	—	—	
D社	3mW	2m	84m	23m	11m	
E社	10mW	3m	50m	—	—	
F社	300mW	0.7m	6m	5m	6m	

(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。

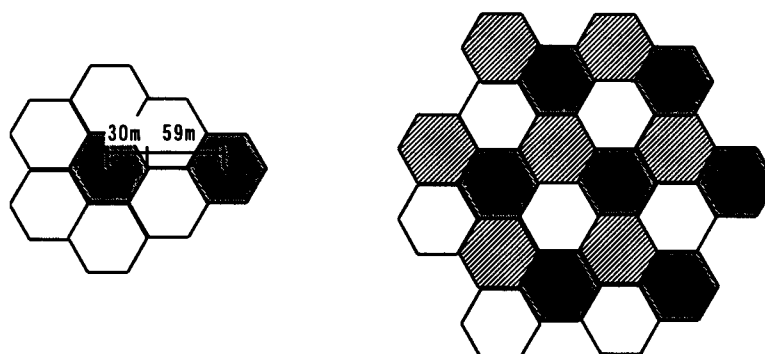


図 4.1 3チャンネルによるセル配置

(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 程度のものである。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。

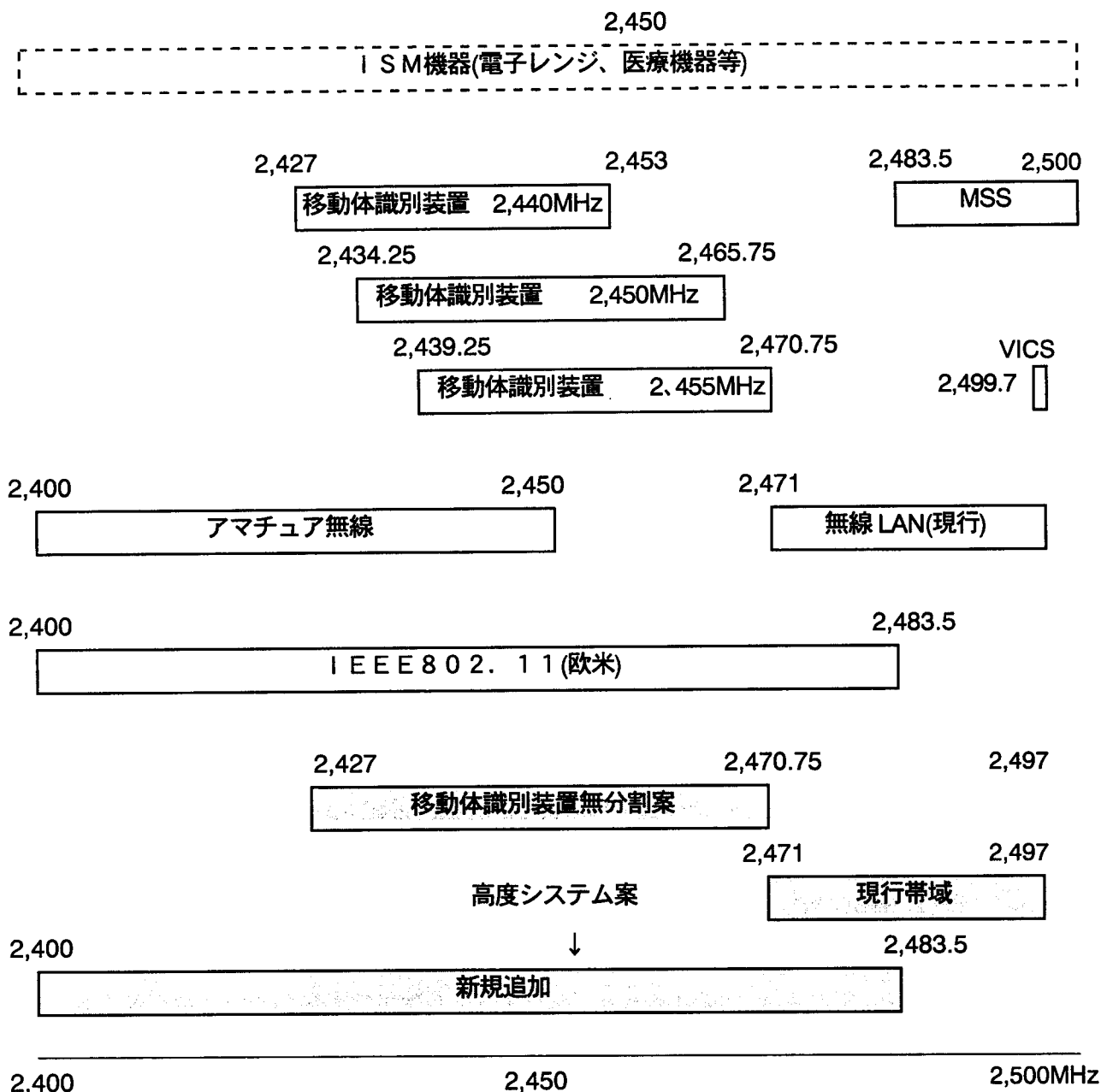


図 4.2 周波数配置 (案)

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 S S 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、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 $P_t=0.26\text{W}$ 、空中線利得 $G=2.14\text{dB}$ (約 1.6 倍) とすると、距離 $D=1\text{m}$ の地点の電力束密度は

$$\begin{aligned}\text{電力束密度} &= P_t \times G / (4 \pi \times D^2) \\ &= 0.26 \times 1.6 / (4 \pi \times 1) \\ &= 0.033[\text{W}/\text{m}^2] = 0.0033[\text{mW}/\text{m}^2]\end{aligned}$$

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、

$$\begin{aligned}\text{電力束密度}(30\text{cm}) &= 0.26 \times 1.6 / (4 \pi \times 0.09) \\ &= 0.37[\text{W}/\text{m}^2] = 0.037[\text{mW}/\text{cm}^2]\end{aligned}$$

となる。この値は防護指針の $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 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

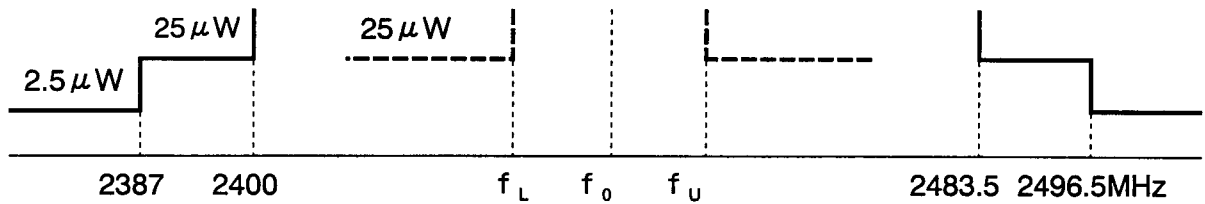


図 4.3 スペクトラムマスク

(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'ジ社協会 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)日本アマチュア無線連盟	
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~
アインシュート	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事業モバイル&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	アソシ(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プラットフォーム	
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			チャンネル		占有周波数帯幅	送信出力	アンテナ		送信時間		サービスマン	伝送速度
		構内	特小	2440	2450	2455			ch数	利得	半値角	連続		
A社	リードオンリー	○		ONON		2455	1ch, ±10MHz	15mW	3~12dBi	60~30度	○	○	5m	38.4kbps
	リードライト	○		OA1D			ストリッパイン共振	15mW	3~12dBi	60~30度	○	○	5m	9.6kbps
	リードライト	○		OA1D			30ch	10mW	12dBi	30度	○	○	5m	38.4kbps
B社	リードライト	○		OA1D			±200KHz	0.3/2.2/80 mW	3.5dBi	±45° ±60°			0.1/0.5/2 m	38.4kbps
	リードライト	○		OA1D			5ch程度 未実施	10mW	3dB	±60°	◎	○	2m	31.25kbps
C社	リードライト	○		OA1D				200mW	11dB	±45°	◎	○	10m	31.25kbps
	携帯機器 リードライト	○		ONON起動用	OA1D通信用		1ch: ±5MHz ストリッパイン共振	10mW:A1D 6mW:NON	5.8dBi:A1D 3.9dBi:NON	60°		○	3m	31.25kbps
E社	電池無しタグ リードライト	○		ONONパワ用			5MHzゼバ 3ch	300mW	14dBi	27°	◎	○	0.7m	28.8kbps
	リードライト	○		OA1D			1ch: ±5MHz 自動発振	2mW	12dBi	37°		○	0.5m 2m	10kbps
G社	国産 リードライト	○		OA1D			100ch(シフト)	10mW	8dBi	60°	○		4m	16kbps
	輸入品 リードライト	○		OA1D			1ch: ±10MHz ストリッパイン共振	10mW	4dBi		○		2m	16kbps
		○		OA1D				3mW	11dBi		○		2m	276kbps
		○		OA1D				7mW	4dBi		○		1m	3kbps
		○		OA1Dリード用	OA1Dライト用			3mW:リード 1mW:ライト	11dBi			○	○	2m
	○		OA1Dリード用	OA1Dライト用			3mW:リード 1mW:ライト	14dBi			○	○	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。

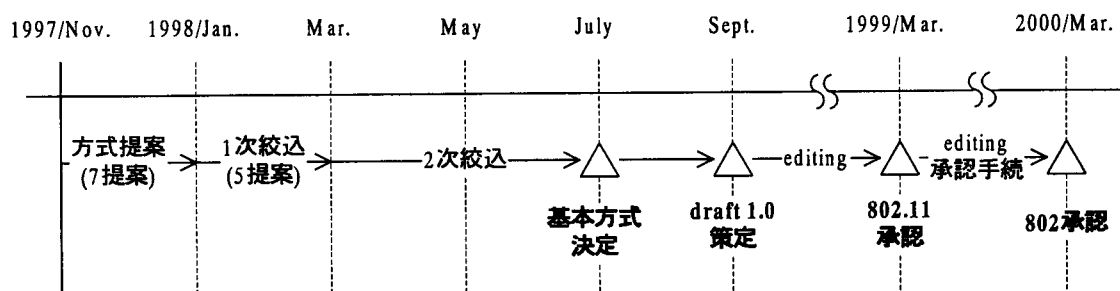


図 1 TGb の標準化スケジュール

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 章以降における検討は行わない。

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	ハイパーミア	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	

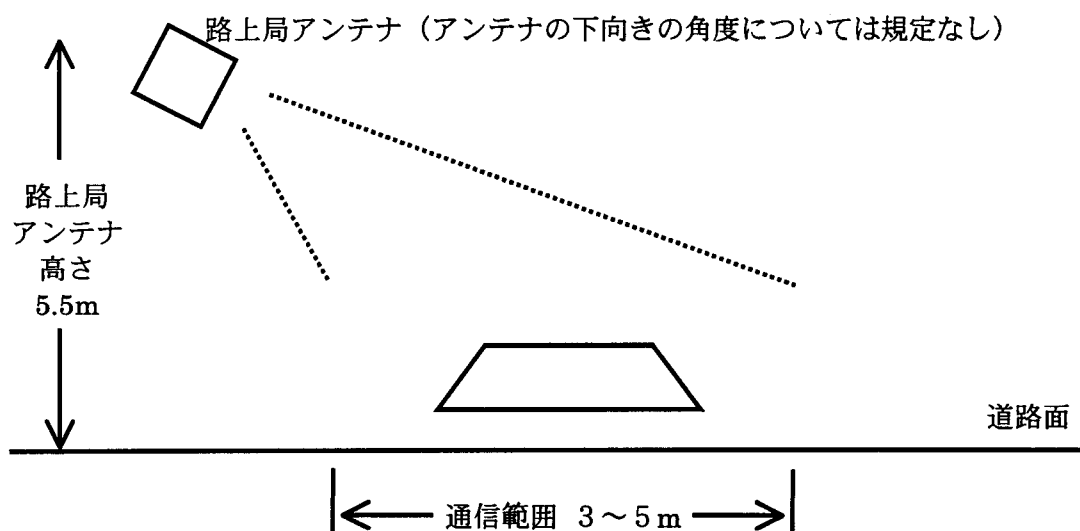


図 1.1 V I C S のモデル

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1kWとして、家庭用より3dB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

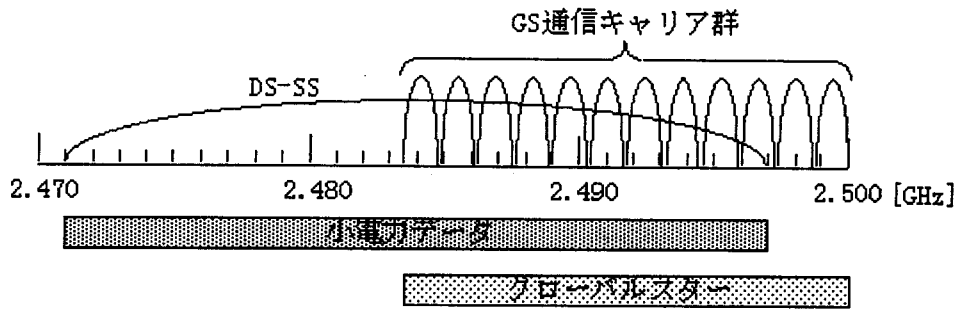
	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	備考
無線設備	中継局	固定局 1	固定局 2	固定局 3	
用 途	音声通信	音声通信	音声通信	映像通信	
変調方式	FM	FM	SSB(AM)	TV(FM)	
送信出力	2W(33dBm)	2W(33dBm)	2W(33dBm)	2W(33dBm)	
アンテナ利得	15dBi	24dBi	24dBi	24dBi	
給電損失	4dB	2dB	2dB	2dB	
送信帯域幅	16kHz	16kHz	3kHz	16MHz	
EIRP	44dBm	55dBm	55dBm	55dBm	

(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。

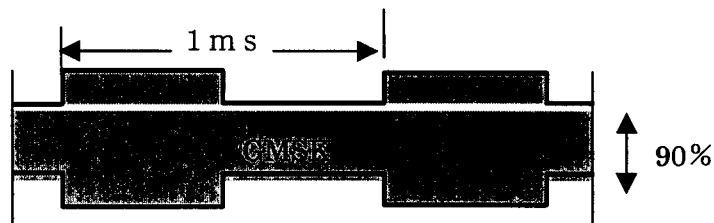


図 1.3 V I C S の送信波形

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

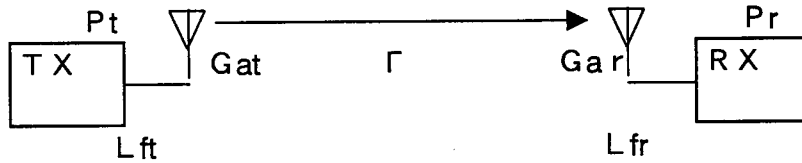


図 1.4 伝搬モデル

受信電力 Pr は、次式で与えられる。

$$Pr = Pt - L_{ft} + G_{at} - \Gamma + G_{ar} - L_{fr} \quad \dots \quad \text{式 1.1}$$

- 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、

$$P\tau = (1/\sigma) e^{(-\tau/\sigma)} \quad \dots \quad \text{式 1.2}$$

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。

$$Prd = C/N + (Pdn + 10\log Ws) + Mjam + Msys \dots\dots\dots \text{式 1.3}$$

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、

$$Pdn = 10 \times \log(kT) + NF \\ = -203 + 6 = -197[\text{dBw/Hz}] = -167[\text{dBm/Hz}] \dots\dots\dots \text{式 1.4}$$

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。

$$C/N = Eb/N0 + 10\log(Rd/Ws) \dots\dots\dots \text{式 1.5}$$

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。

$$Prd = Eb/N0 + 10\log(Rd/Ws) + (Pdn + 10\log Ws) + Mjam + Msys \dots\dots\dots \text{式 1.6}$$

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) I S M機器

I S M機器には受信装置がないので、I S M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

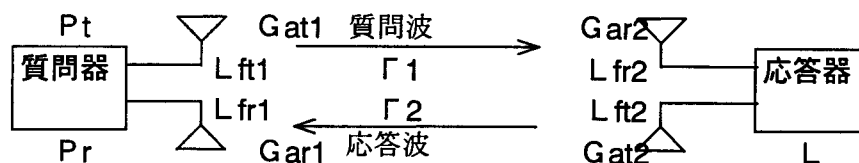


図 1.5 伝搬モデル

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
Γ ₁ /Γ ₂	伝搬損失[dB]	→ Γ ₁ =Γ ₂ 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

受信入力 = Pt + Gat1 - Γ₁(下り) + Gar2 - L + Gat2 - Γ₂(上り) + Gar1
モデル 1 : 25dBm + 11dB - 54dB + 2 dB - 10dB + 2 dB - 54dB + 11dB = -67dBm
モデル 2 : 10dBm + 11dB - 46dB + 2 dB - 10dB + 2 dB - 46dB + 11dB = -66dBm

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。

標準受信入力 モデル 1 : -77dBm
モデル 2 : -76dBm

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。

モデル 1 : -98dBm
モデル 2 : -97dBm

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

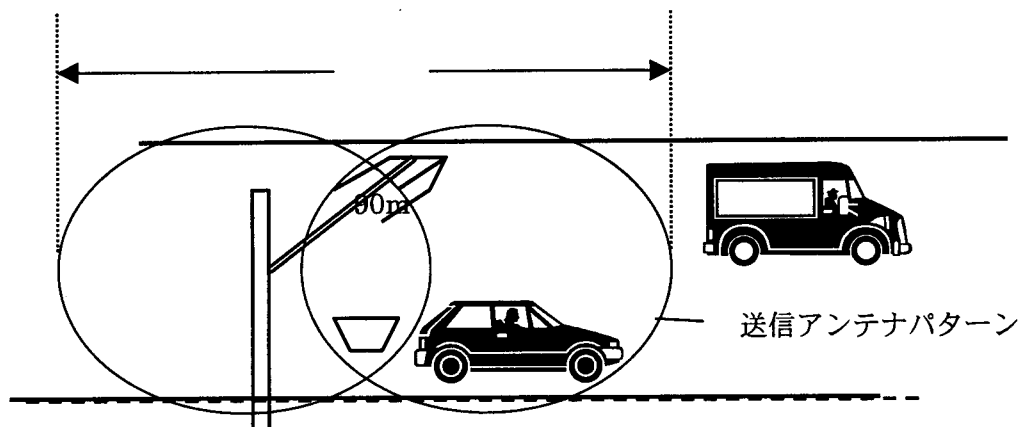


図 1.6 V I C S の標準伝搬モデル

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

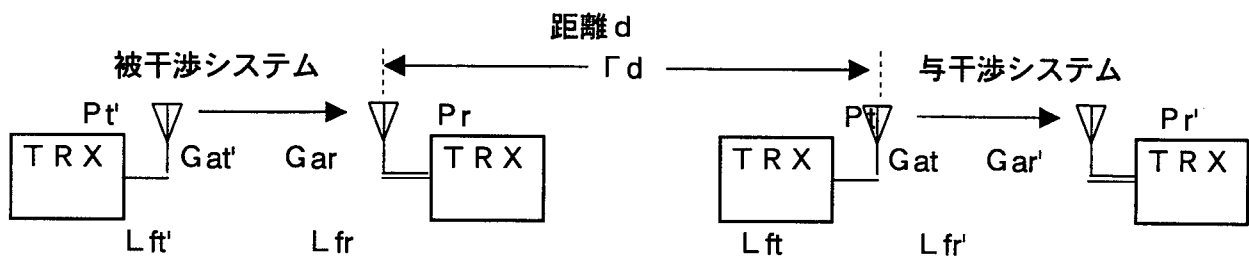


図 1.7 基本干渉モデル

干渉波の受信電力 P_r は、次式で与えられる。

$$P_r = P_t - L_{ft} + G_{at} - \Gamma_d + G_{ar} - L_{fr} \quad \dots \quad \text{式 1.10}$$

- P_t 空中線電力[dBm]
- L_{ft} 送信給電線損失[dB]
- G_{at} 送信空中線利得[dB]
- Γ_d 伝搬損失[dB]
- G_{ar} 受信空中線利得[dB]
- L_{fr} 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

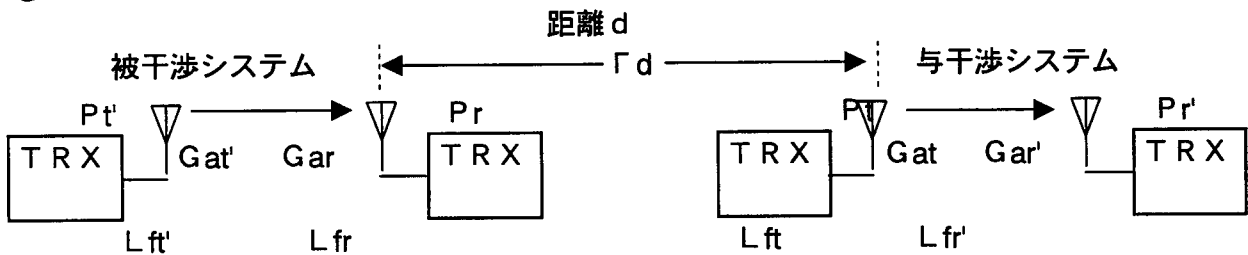
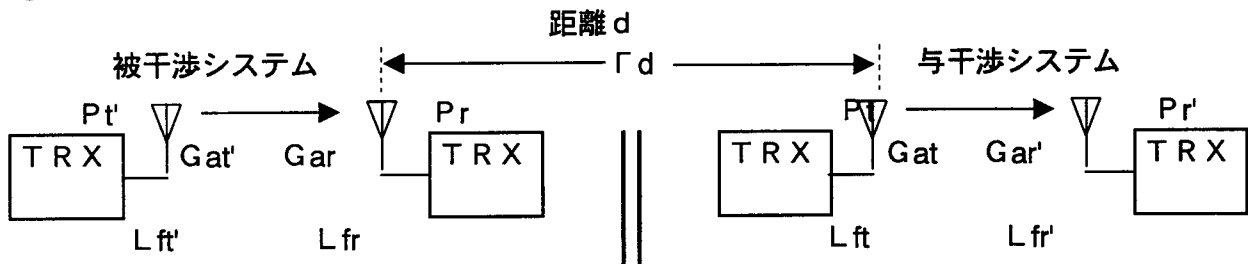


図 1.8 同一空間での干渉モデル

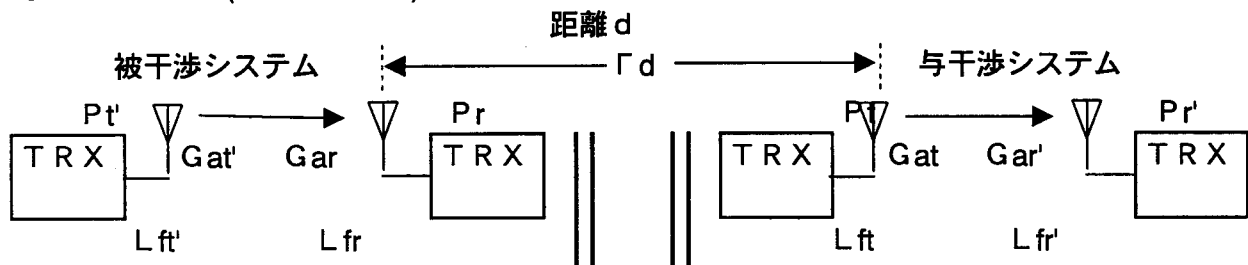
② 屋内と屋外



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。

$$\Gamma [\text{dB}] = 40\text{dB} + 10 \times 3.5 \times \log D [\text{dB}] \quad \dots \dots \dots \text{式 1.11}$$

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、1 km 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。

$$\Gamma [\text{dB}] = 20 \times \log(4\pi D / \lambda) \quad \dots \dots \dots \text{式 1.12}$$

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	30 m	3.5 乗則	92 dB	102 dB	約59 m
モデル2	屋内	30 m	3.5 乗則	92 dB	102 dB	約59 m
モデル3	屋内	30 m	3.5 乗則	92 dB	102 dB	約59 m
モデル4	屋外	100 m	奥村則(郊外)	89 dB	99 dB	約197 m
モデル5	屋外	1 km	奥村則(開放)	103 dB	113 dB	約1.9 km

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 与干渉		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 開放	312m 1.2km	641m 1.8km	641m 1.8km	561m 2.2km	3.3km 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 開放	379m 1.5km	561m 2.1km	561m 2.1km	830m 3.2km	3.99km 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
被干渉システム	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
	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
				100MHz	26MHz	2 MHz	13MHz	2 MHz
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	30dBm	26dBm	26dBm	23dBm	15dBm
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
		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

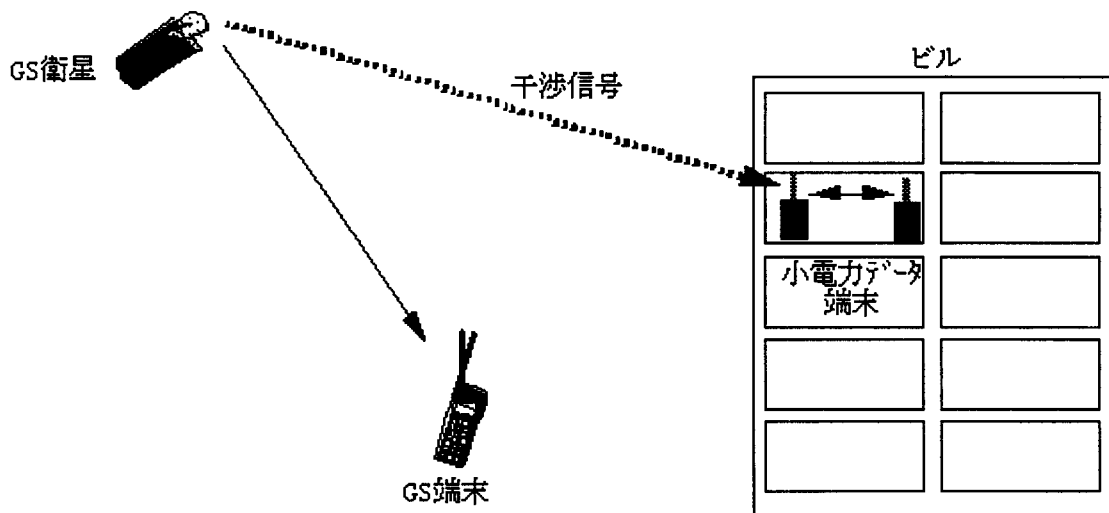


図 2.1 小電力データ端末室内利用時における MSS 衛星からの干渉

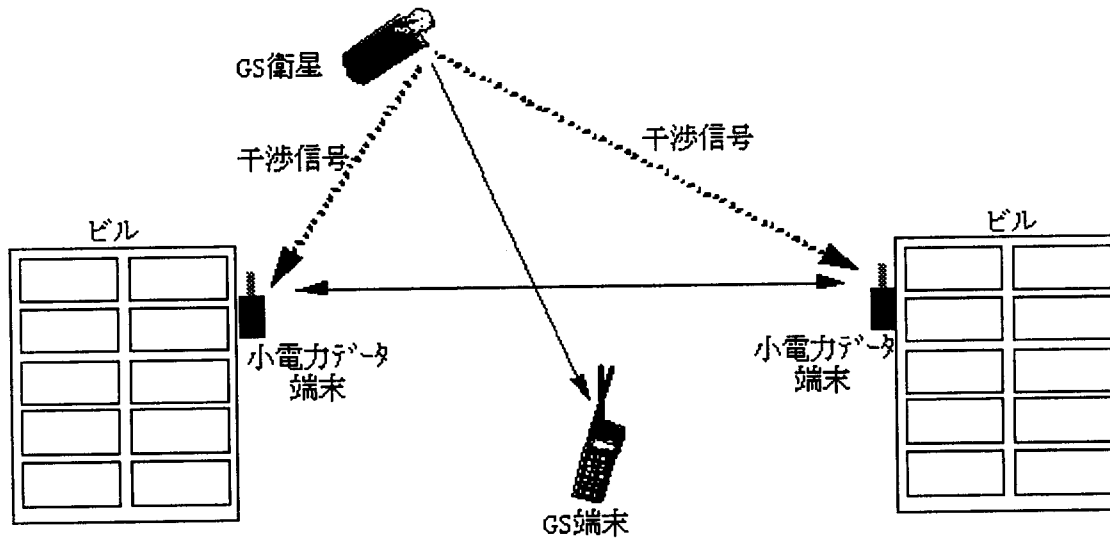


図 2.2 小電力データ端末屋外利用時における MSS 衛星からの干渉

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

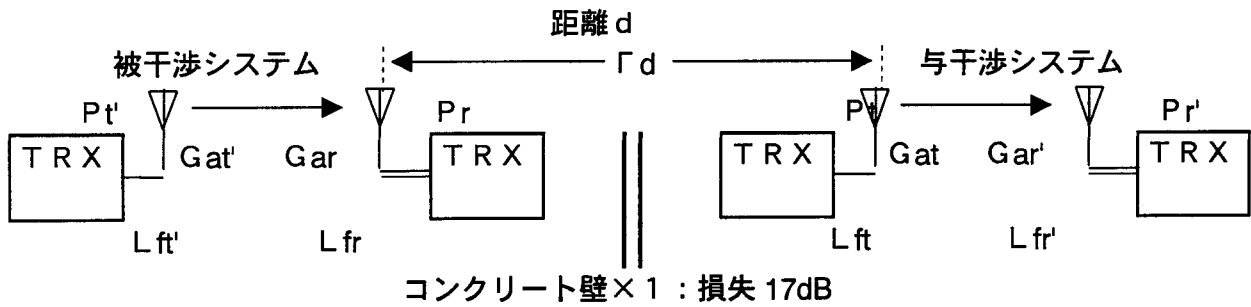


図 2.3 VICSと小電力データ通信システムの干渉モデル

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	70dBm	76dBm	76dBm	76dBm	98dBm	
EIRP		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	
				84dB	90dB	90dB	90dB	
				24m	36m	36m	36m	
被干渉システム	モデル2 車載局	受信のみ	/					

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
			E I R P	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
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 都市		146-17dB	131-17dB
				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
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				
	端末局	受信のみ			

(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. 4GHz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	—	15m	37m	432m ～1943m	81m ～430m	14m	
	モデル3	58m	—	76m	432m ～1943m	170m～ 890m	14m	
移動体識別		42 ～112m	42 ～112m	167 ～478m	291m ～2.2Km	210m～ 600m	53～ 142m	
アマチュア無		256m	256m	1.0Km ～2.2Km				
MSS		干渉レベル以下	干渉レベル以下	干渉レベル以下				
VICS		36m	36m	117m				
ISM		1.8km ～ 2.1km	1.8km ～ 2.1km	5.5km～ 7.1km				

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。

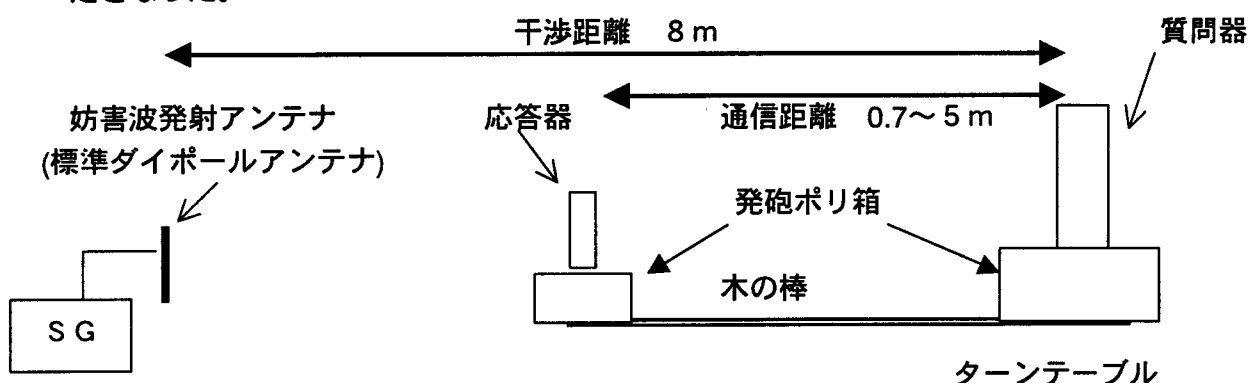
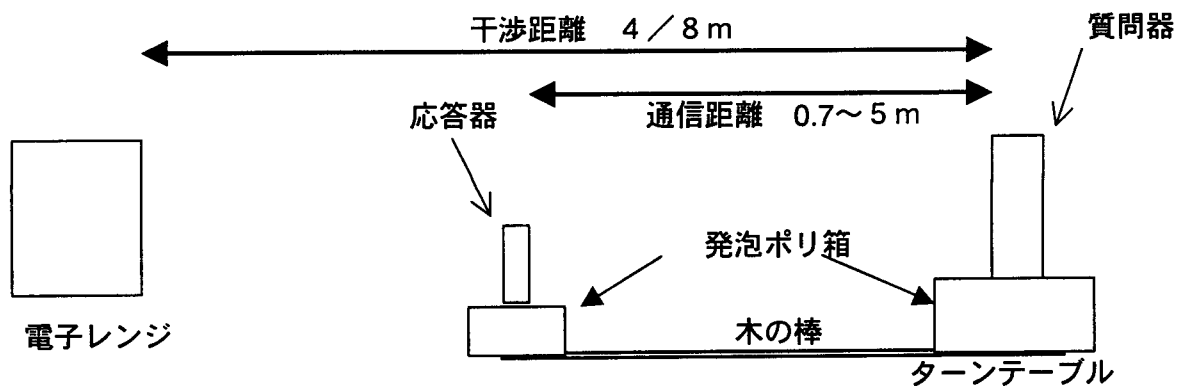


図1 SGを干渉源とした場合

(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。



電子レンジを干渉源とした場合

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	干渉距離換算値				
		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	電子レンジ(正面)			
		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。

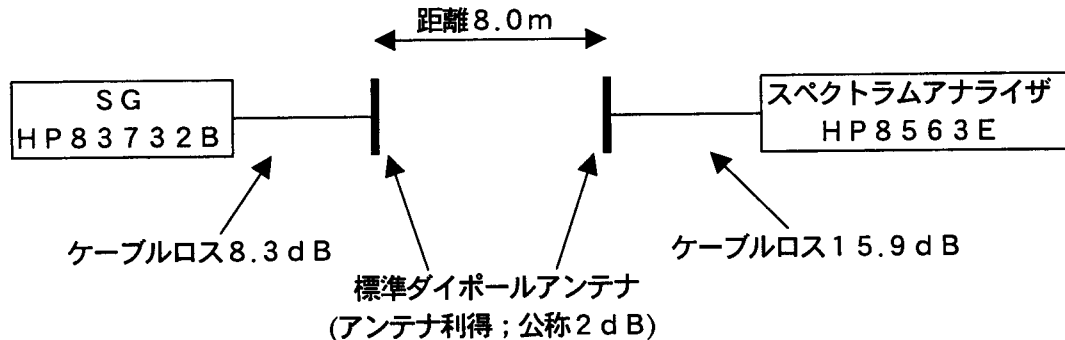
電子レンジと移動体識別装置は現在でも大きな問題がなく共存しているので、多くの場合の干渉距離は実験値、すわわち数m～数10m程度と考えるのが妥当である。

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

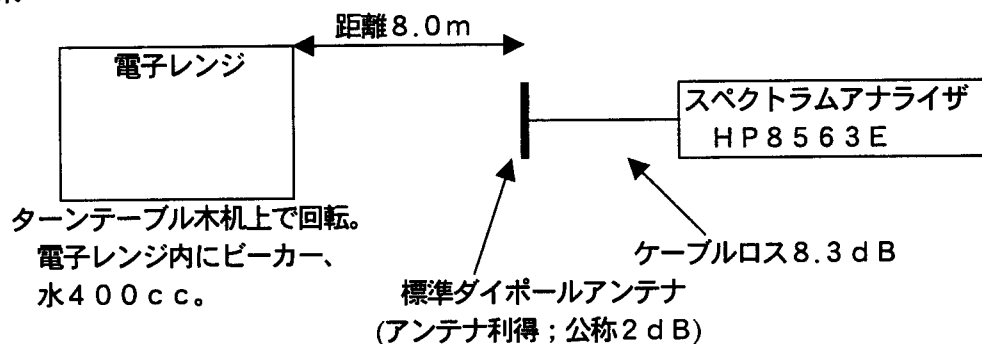


(2) 結果

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8m、正面	14.78 dBm
電子レンジ負荷なし、距離8m、正面	27.95 dBm
電子レンジ負荷あり、距離4m、正面	20.71 dBm

(b) 28日の測定

(TR27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, $\Delta f = 100\text{MHz}$, SWEEP=1sec とした)

電子レンジ負荷あり、木机上、距離8m、正面	24.75 dBm
電子レンジ負荷あり、木机上、距離8m、右側面	6.46 dBm
電子レンジ負荷あり、木机上、距離8m、左側面	13.69 dBm
電子レンジ負荷あり、木机上、距離8m、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8m、正面	24.96 dBm

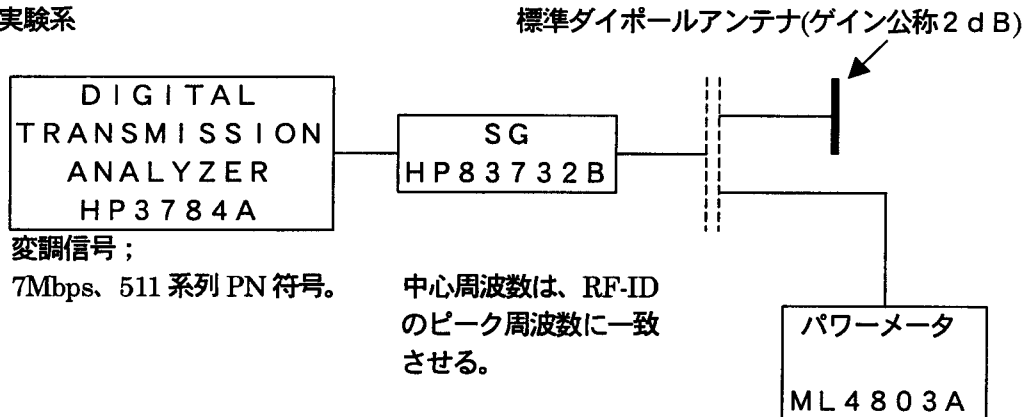
電子レンジの輻射スペクトラムのハードコピーは、別添に示す。

(4) まとめ

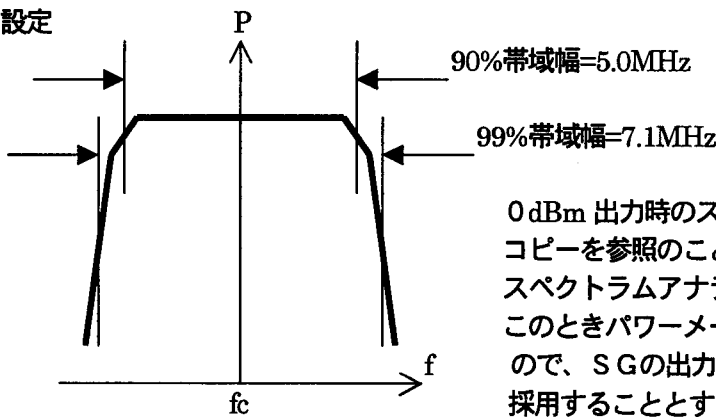
輻射は、正面側がもっとも大きいことが確認された。また、時間的に不規則で、再現性が低いことも確認された。負荷がある場合には右上がりの三角形のようなスペクトラムが観測されるが、負荷がない場合には大きなピークが2つ現れた。これは、発振周波数が異なる2本のマグネトロンが搭載されているためと考えられる。また、負荷がある場合には、電波が吸収されることによって、スペクトラムが変わるものと考えられる。

3. 疑似DSSS妨害源の設定

(1) 実験系



(2) 設定



0dBm出力時のスペクトラムは、別紙のハードコピーを参照のこと。
スペクトラムアナライザの読みは-1.73dBmだが、このときパワーメータの読みが0dBmとなったので、SGの出力値をそのままパワーの値として採用することとする。

4. RF-IDへの疑似DSSS妨害実験

(1) 各社RF-IDシステムの概要

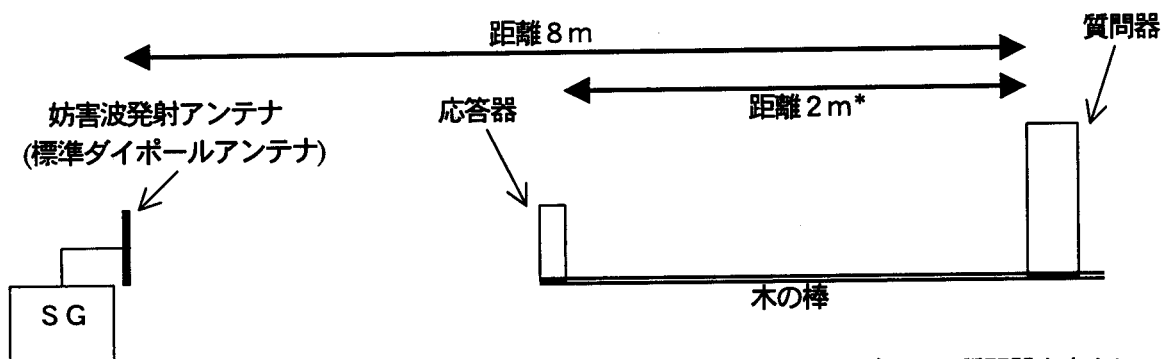
メーカー	フレーム長	伝送速度	出力	公称サービス距離
A社	約800バイト	31.25kbps	10mW	1.5m
B社	48バイト	38.4kbps	10mW	5m
C社	約200バイト	31.25kbps	10mW	5m
D社(1)	1kバイト/100バイト	276kbps	3mW	2m
D社(2)	48ビット	16kbps	10mW	3m
E社	10バイト	31kbps	300mW	70cm

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

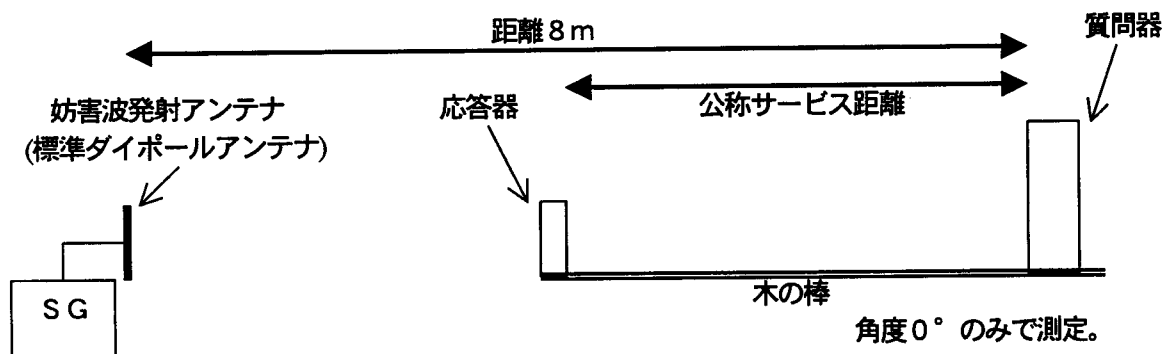
(a) RF-IDの質問器-応答器間距離が2m*の場合



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

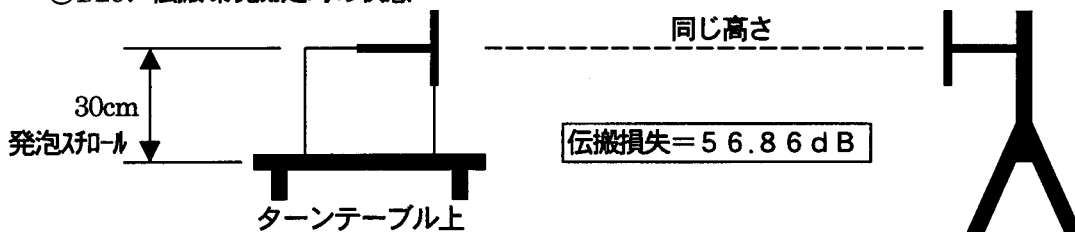
C社の測定時だけ、タグの固定方法が異なっていたので、再測定を行った。(1/27)

メーカー 角度	C社		
	NG	グレー	OK
0	-11	-12~-14	-15
45			
90			
135			
180			

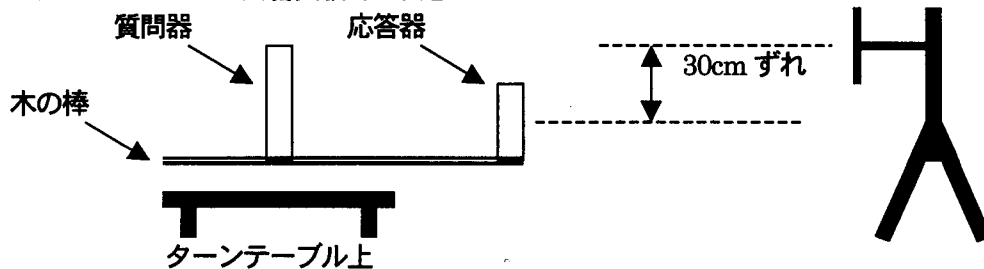
左の結果、(a)の測定結果と約14dBの違いがあることが確認されたため、伝搬系の再測定を行った。

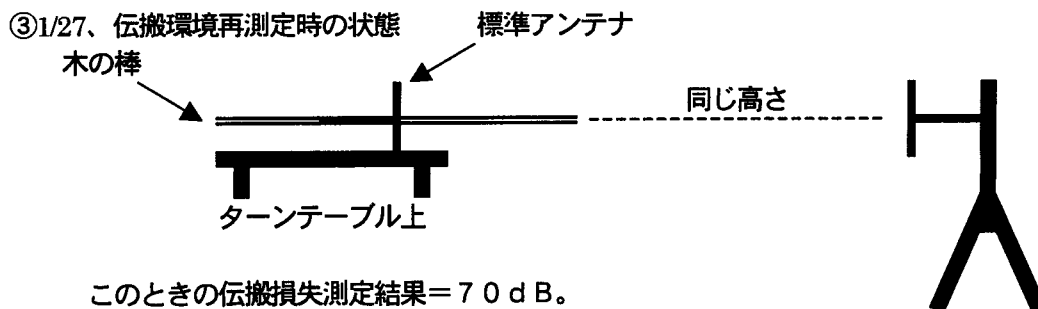
伝搬環境の再測定

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。

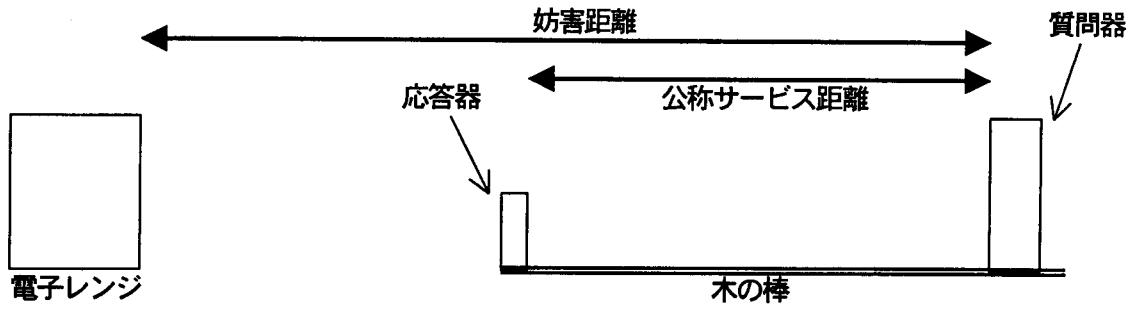
(d) (c)への追加測定

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. R F - I D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

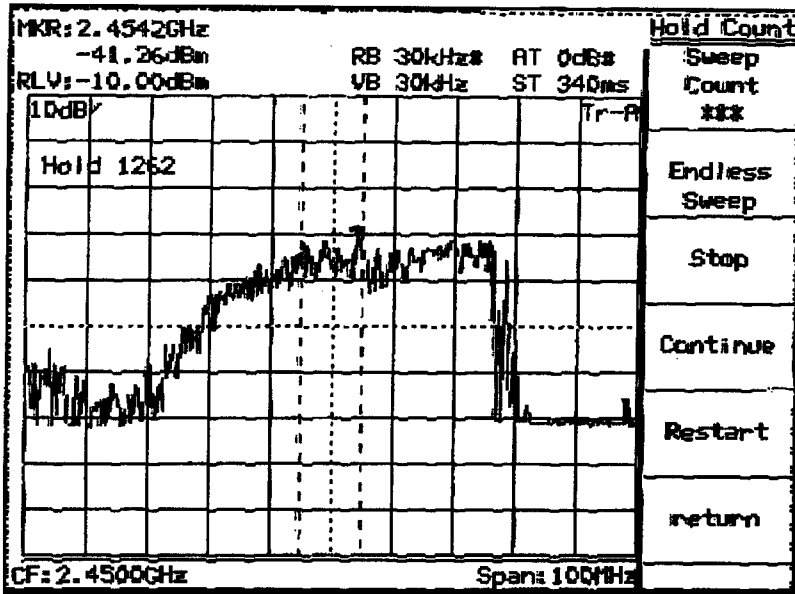
メーカー 妨害距離 角度	E社		B社	C社		A社
	8m	4m	4m	4m	8m	8m
0	エラーなし	エラーなし	エラーあり	エラーあり	エラーあり	通信不可
45			エラーあり	エラーあり	エラーあり	通信不可
90			エラーあり	エラーあり	エラーあり	通信不可
135			エラーあり	エラーあり	エラーなし	通信不可
180			エラーあり	エラーなし	エラーなし	通信不可

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

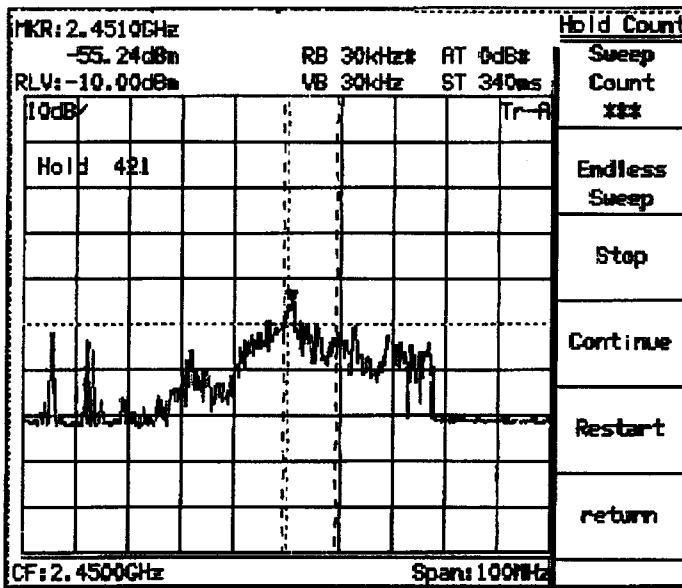
D社のバケットフォーマット
 ①データ長 1000byte,276kbps
 ②データ長 100byte,276kbps
 ③データ長 48bit,16kbps

以上

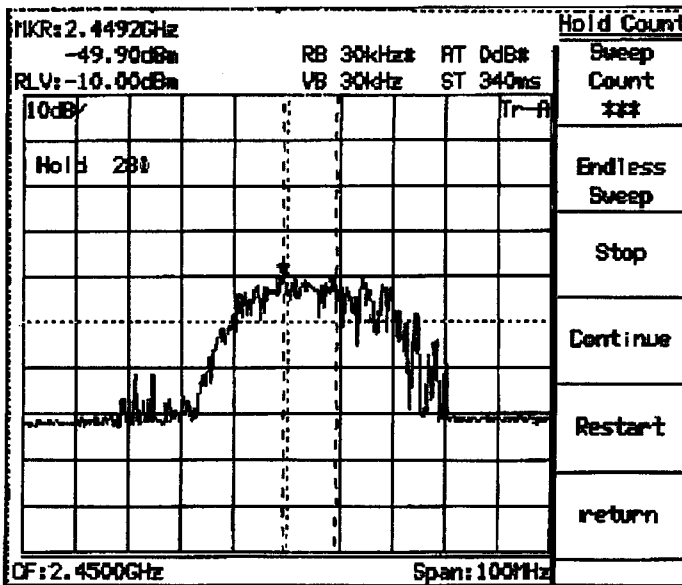
質問器一応答器間距離/角度	自由空間距離 R(m)	3 乘損距離 R(m)		3.5 乘損距離 R(m)		電磁損 (dB)		規格送信電力 P (dBm)		被干渉感度 (dBm)		S G 出力値 (dBm)		1MHz 換算電力 (dBm)		測定距離 (m)		測定電磁損 (dB)		周波数 f (MHz)		波長 λ (m)		基地高さ hb (m)		移動高さ hm (m)		送信利得 (dB)		ケーブ 伝 (dB)			
		R(m)	R(m)	R(m)	(dB)	(dB)	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(m)	(m)	(dB)	(dB)	(MHz)	(MHz)	(m)	(m)	(m)	(m)	(dB)	(dB)				
A社/2m/0° 45° 90° 135° 180°	1,652	140	69	105	10	-93	-21	-28	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
	2,080	163	79	107	10	-95	-23	-30	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3		
	2,080	163	79	107	10	-95	-23	-30	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3	
	1,652	140	69	105	10	-93	-21	-28	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3	
	1,652	140	69	105	10	-93	-21	-28	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3	
	147	28	17	84	10	-72	0	-7	-7	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	
B社/2m/0° 45° 90° 135° 180°	15	6	5	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		
	17	6	5	65	10	-53	19	12	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		
	15	6	5	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	
	21	8	6	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	2	2	8.3	
	738	82	44	98	10	-86	-14	-21	-21	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	
	165	30	19	85	10	-73	-1	-8	-8	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/2m/0° 45° 90° 135° 180°	47	13	9	74	10	-62	10	3	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		
	15	6	5	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	
	15	6	5	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	
	15	6	5	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	
	15	6	5	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	
	15	6	5	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	
C社/5m/0° D社(3mW)/2m/0° 45° 90° 135° 180°	1,312	120	61	103	10	-91	-19	-26	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		
	2,334	176	84	108	10	-96	-24	-31	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	
	233	38	23	88	10	-76	-4	-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	
	233	38	23	88	10	-76	-4	-11	8	58	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2,450	0.122	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8.3
	104	22	14	81	10	-69	3	-4	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	
	66	16	11	77	10	-65	7	0	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)/2m/0° 45° 90° 135° 180°	131	26	16	83	10	-71	1	-6	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		
	37	11	8	72	10	-60	12	5	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		
	15	6	5	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	
	15	6	5	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	
	19	7	5	66	10	-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	
	929	95	50	100	10	-88	-16	-23	-23	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
E社/70cm/0° 45° 90° 135° 180°	26	9	6	69	10	-57	15	8	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		
	19	7	5	66	10	-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	
	15	6	5	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	
	15	6	5	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	
	15	6	5	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	
	15	6	5	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	



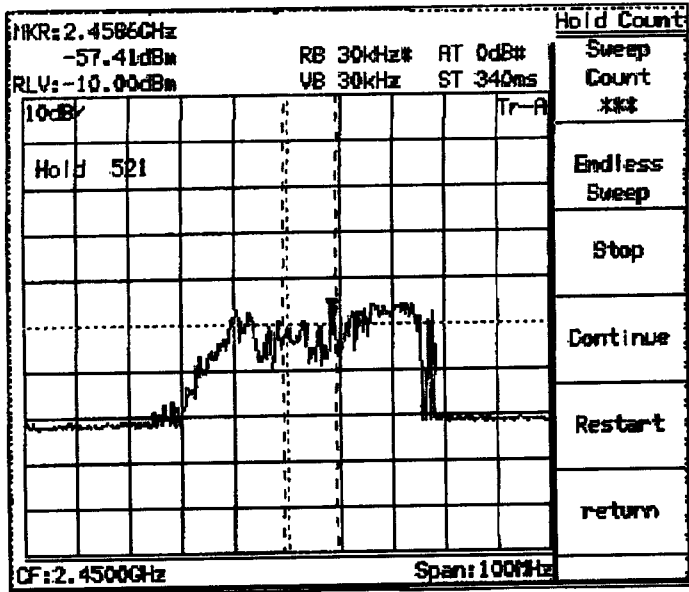
波形1
電子レンジ
1/26
正面、距離8m
負荷あり
2分間MAX HOLD



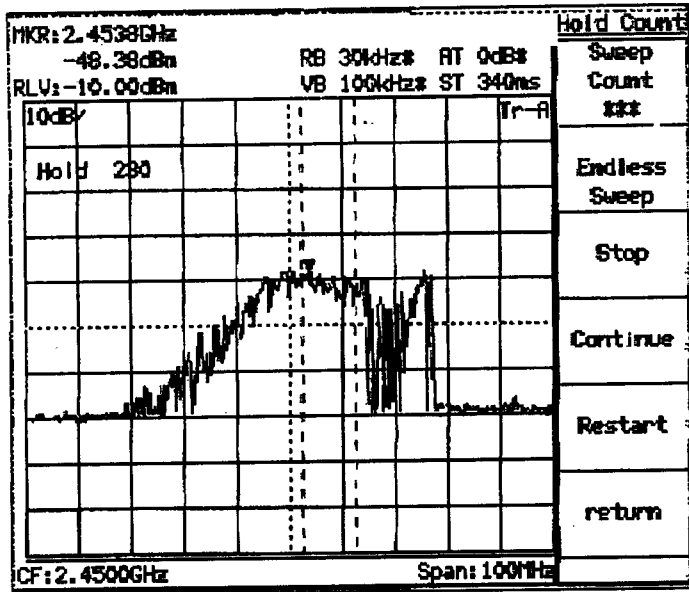
波形2
電子レンジ
1/26
右側面、距離8m
負荷あり
2分間MAX HOLD



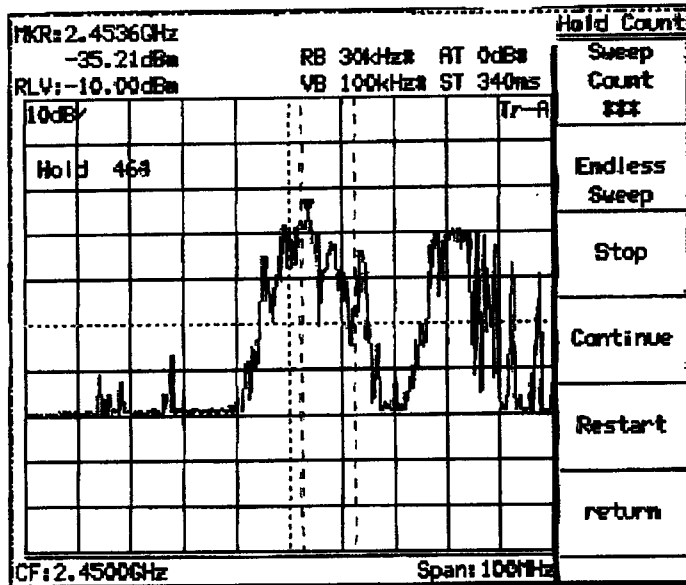
波形3
電子レンジ
1/26
左側面、距離8m
負荷あり
2分間MAX HOLD



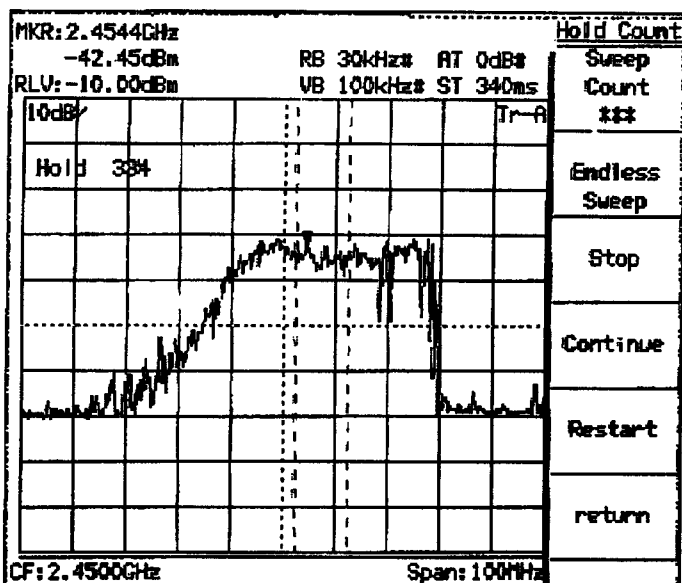
波形4
電子レンジ
1/26
背面、距離8m
負荷あり
2分間MAX HOLD



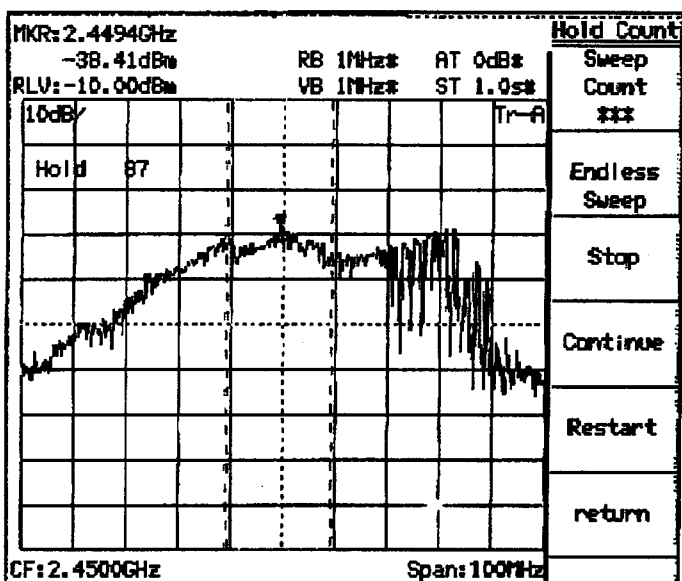
波形5
電子レンジ
1/27
正面、距離8m
負荷あり
MAX HOLD



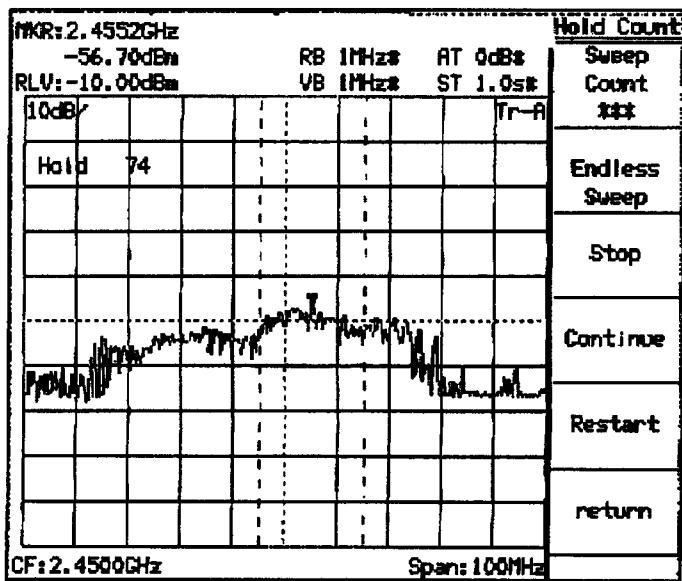
波形6
電子レンジ
1/27
正面、距離8m
負荷なし
MAX HOLD



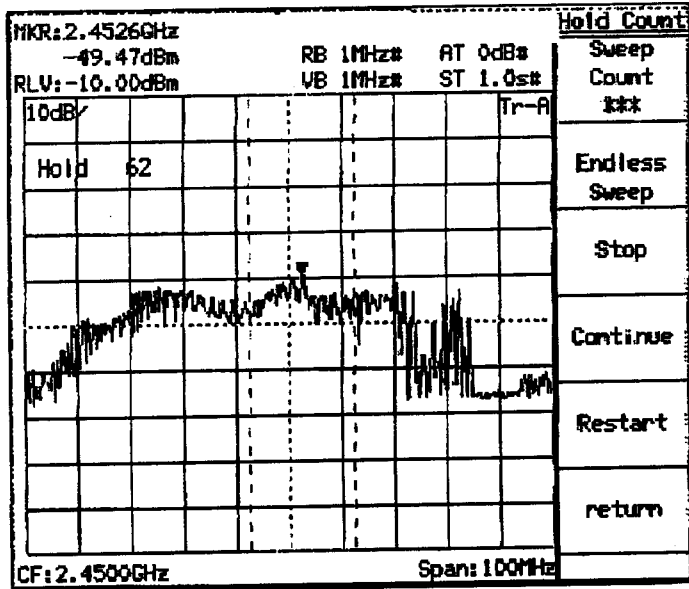
波形7
電子レンジ
1/27
正面、距離4m
負荷あり
MAX HOLD



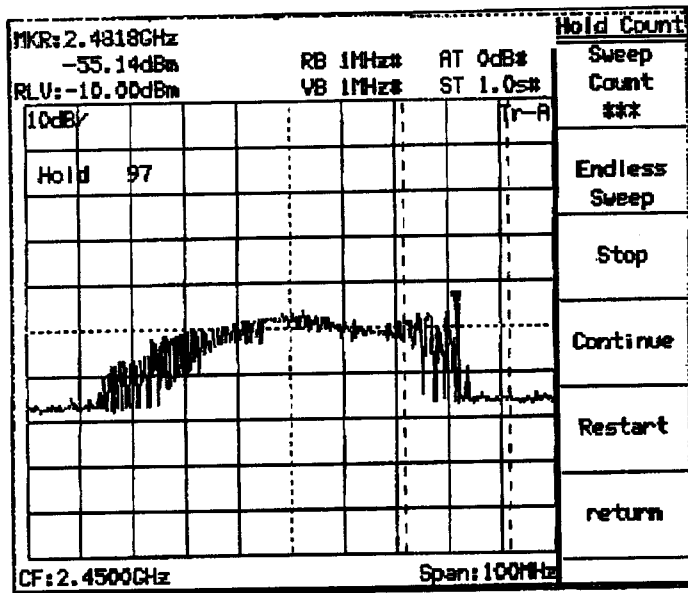
波形8
電子レンジ
1/28
正面、距離8m
木机上
負荷あり
MAX HOLD



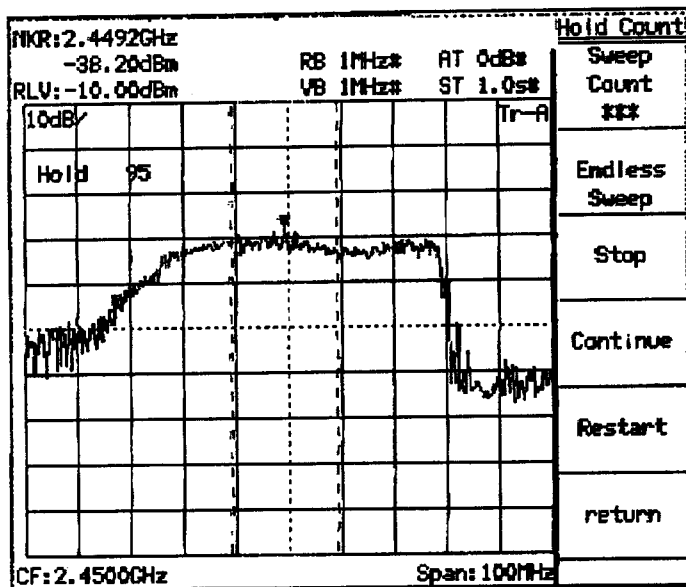
波形9
電子レンジ
1/28
右側面、距離8m
木机上
負荷あり
MAX HOLD



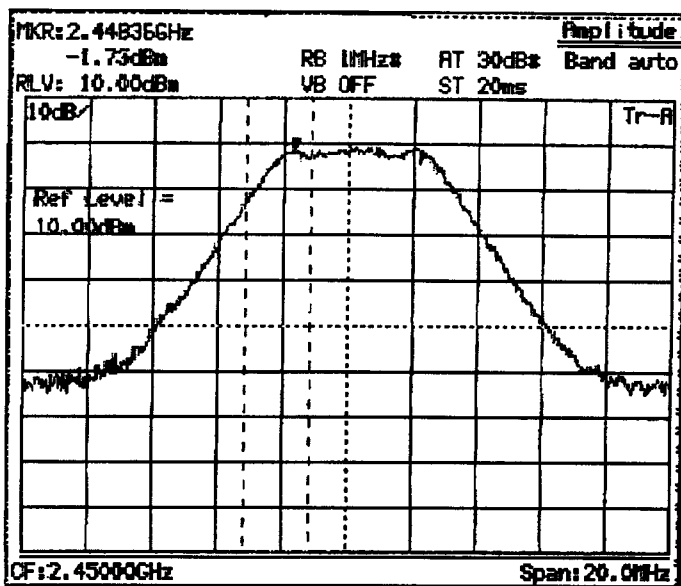
波形 10
電子レンジ
1/28
左側面、距離 8 m
木机上
負荷あり
MAX HOLD



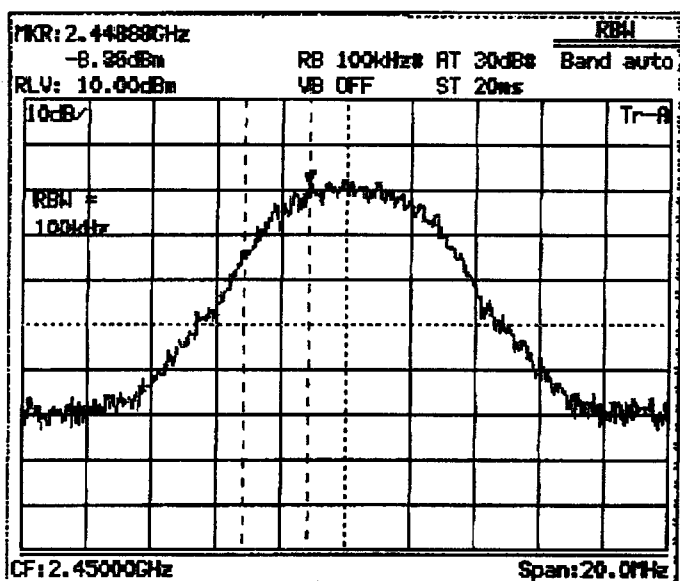
波形 11
電子レンジ
1/28
背面、距離 8 m
木机上
負荷あり
MAX HOLD



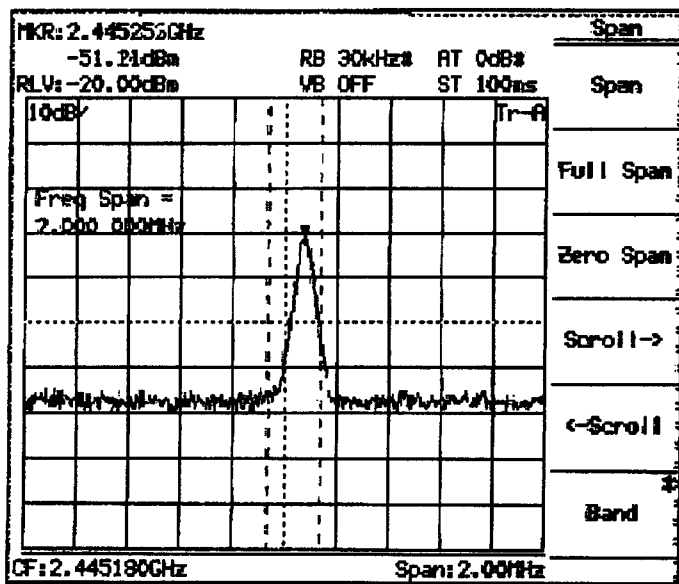
波形 12
電子レンジ
1/28
正面、距離 8 m
30cm電池スチロール上
負荷あり
MAX HOLD



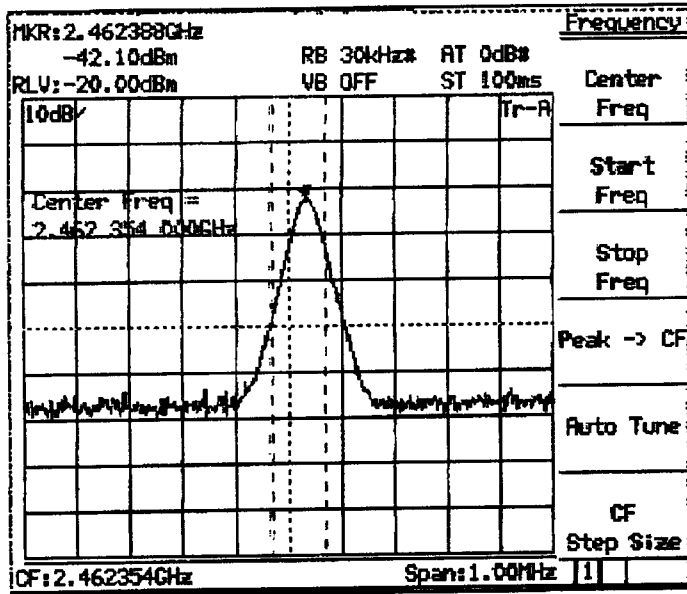
波形 13
妨害波スペクトラム
1/27
RBW=1MHz



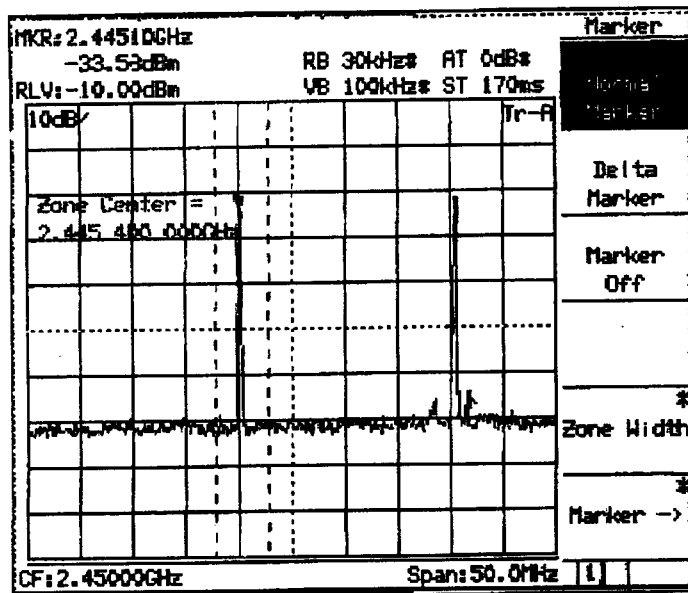
波形 14
妨害波スペクトラム
1/27
RBW=100kHz



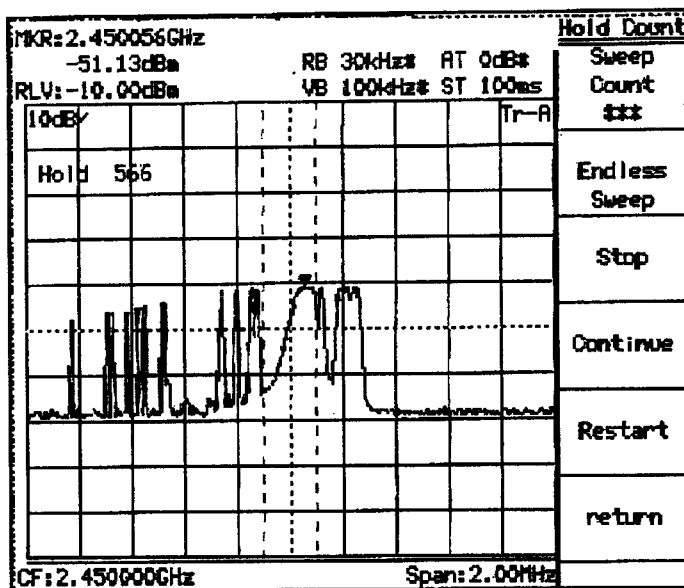
波形 15
RF-ID
A社
1/27
距離8m
キャリアのみ



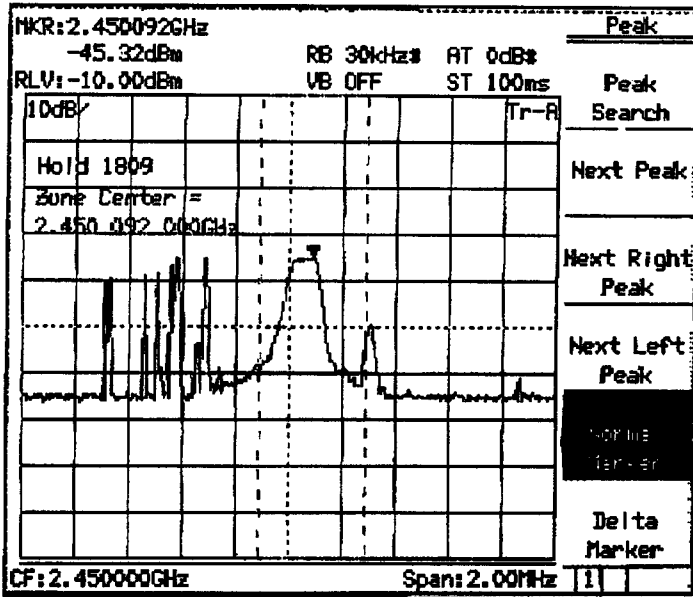
波形 16
RF-ID
B社
1/27
距離 8m



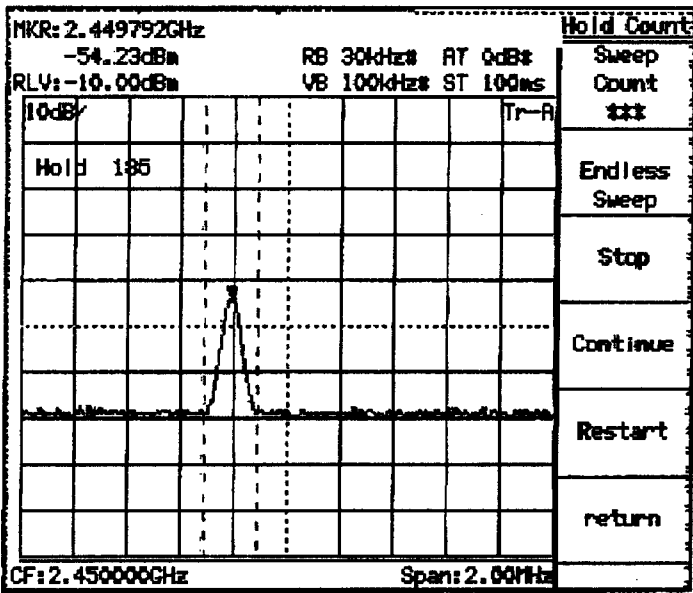
波形 17
RF-ID
E社
1/26
距離 8m
質問器スペクトラム



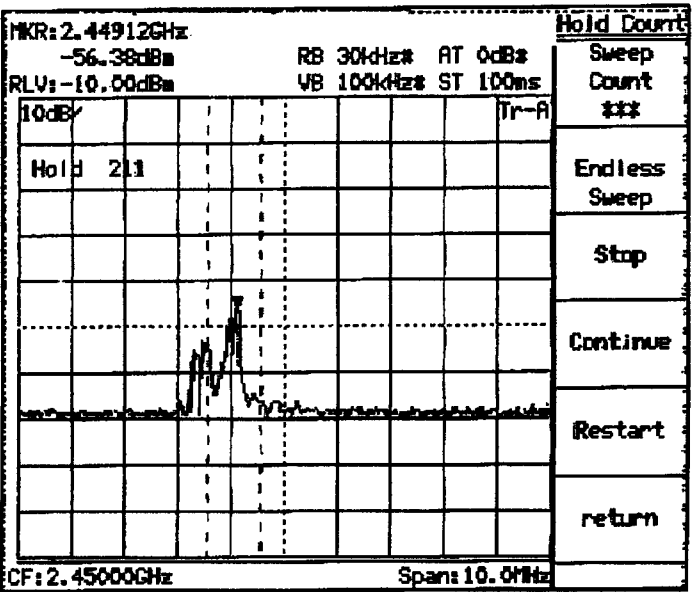
波形 18
RF-ID
C社
1/26
距離 8m



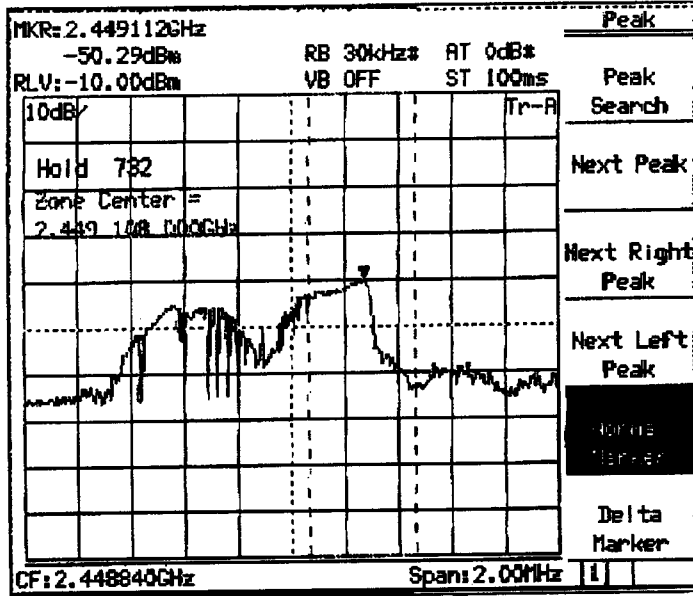
波形 19
 RF-ID
 C社
 1/28
 距離 8m
 質問器



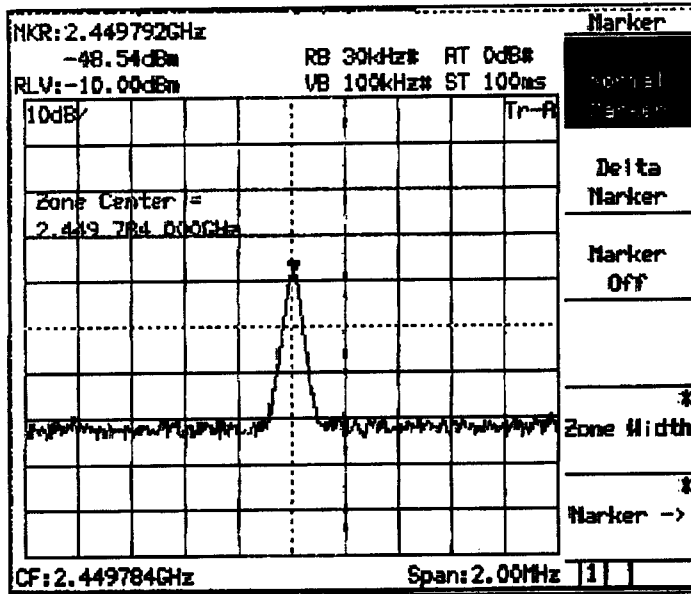
波形 20
 RF-ID
 D社(10mW)
 1/26
 距離 8m
 質問器



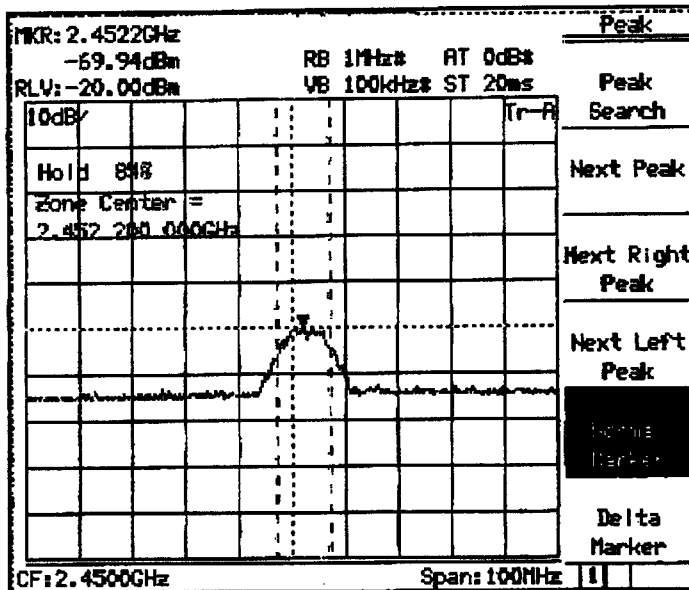
波形 21
 RF-ID
 D社(3mW)
 1/26
 距離 8m
 質問器



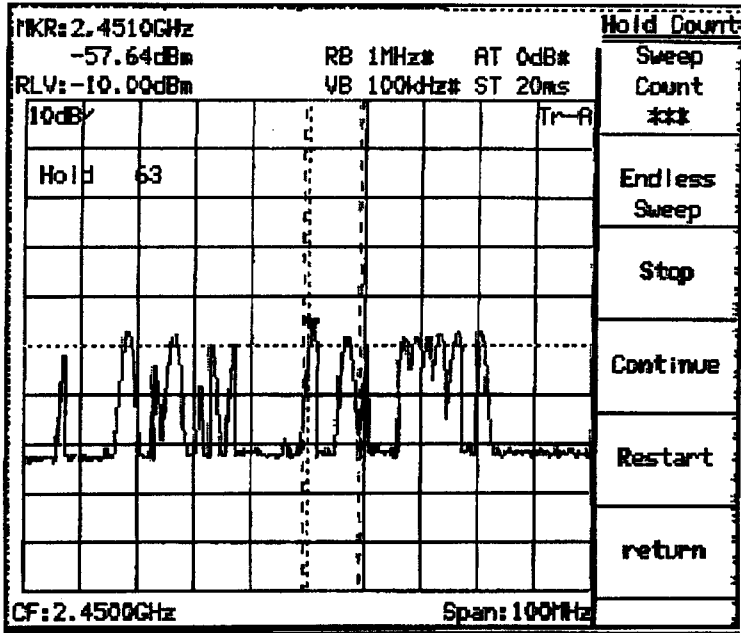
波形 2 2
 R F - I D
 D 社 (3mW)
 1 / 2 8
 距離 8 m



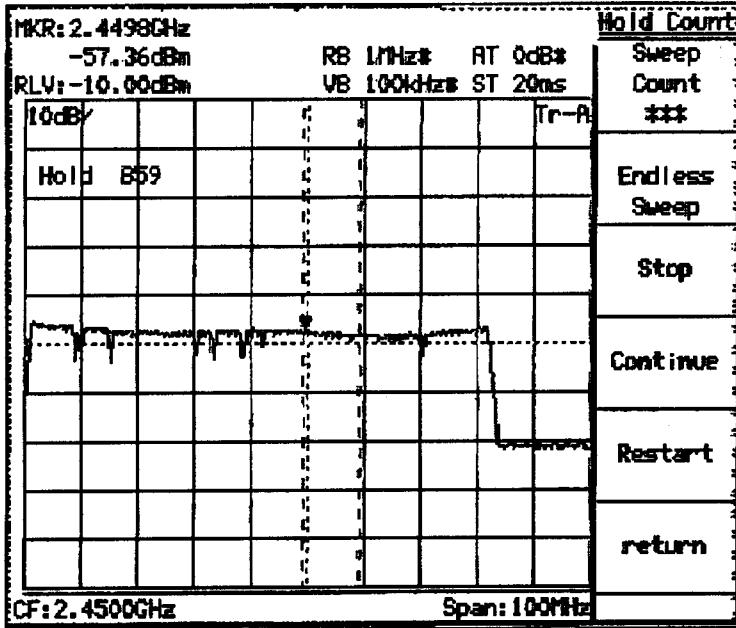
波形 2 3
 R F - I D
 D 社 (10mW)
 1 / 2 8
 距離 8 m



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 程度のもので多く、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もれる。

$$2[\text{Mbit/s}] \times 0.3 \times 0.9 = 540[\text{kbit/s}]$$

・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。

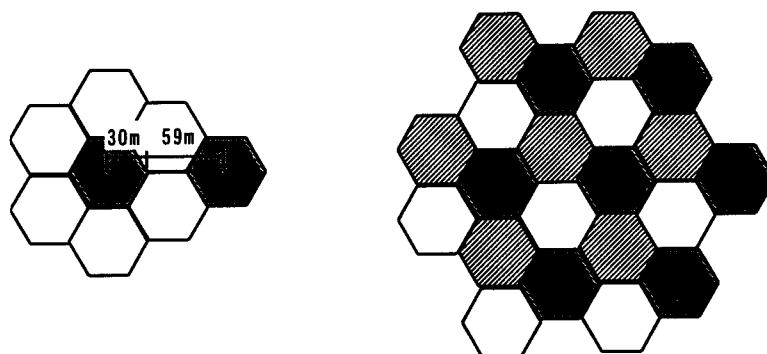


図1 3チャンネルによるセル配置

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。

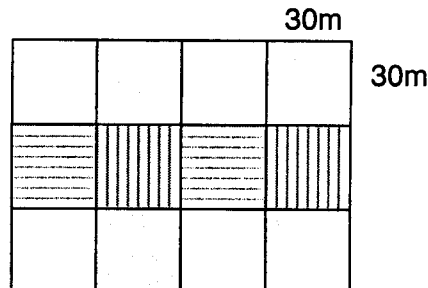


図2 4チャンネルによるセル配置

(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 符号化対象はH D T V含む
ストレージメディア			
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 想定されるトラヒ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。

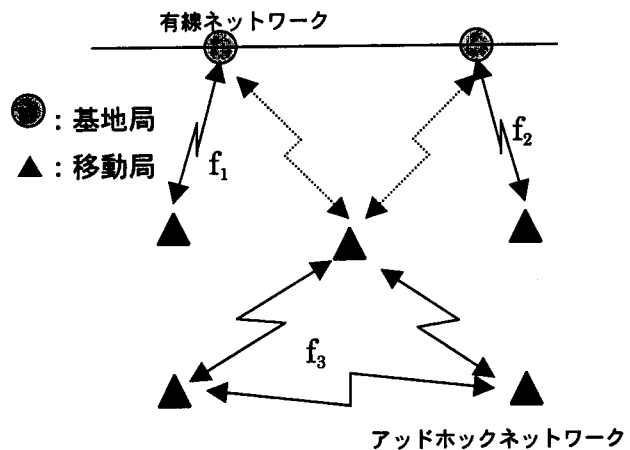


図1: 無線局配置例

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。

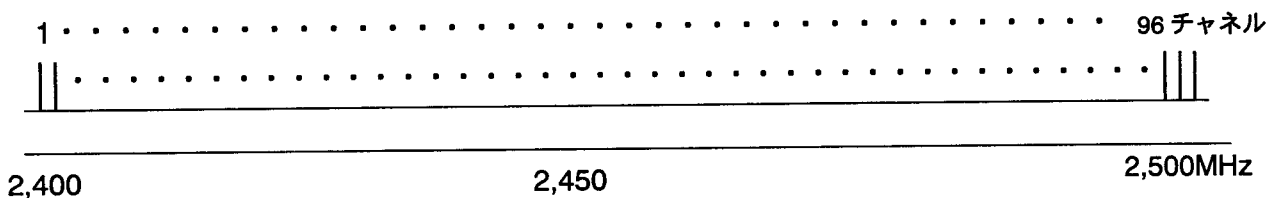


図 1 低速チャンネル案

(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。

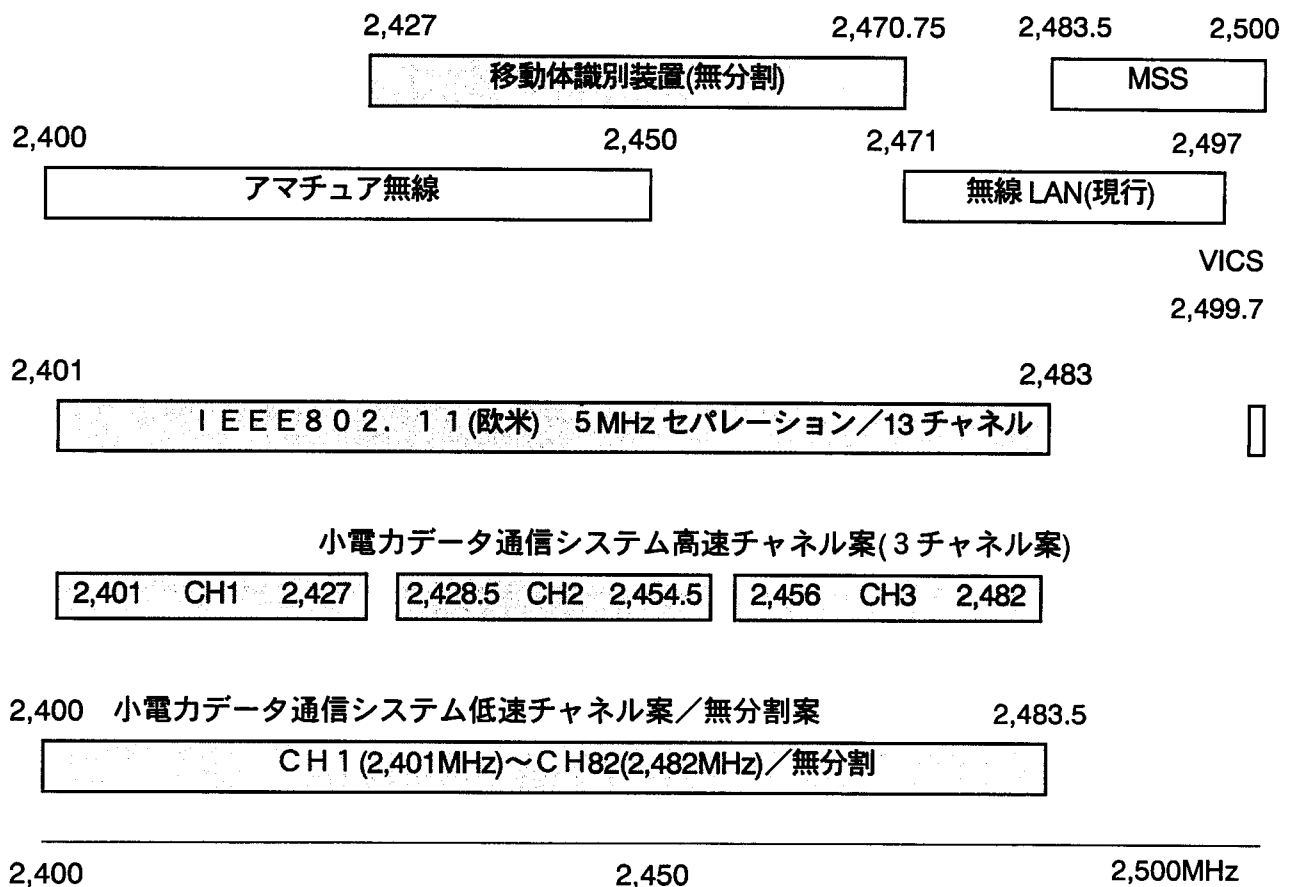


図2 チャンネル案と既存の周波数数

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	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 対応不可 	<ul style="list-style-type: none"> 対応可
既存機器との整合	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 現行どおり
海外規格との整合	<ul style="list-style-type: none"> チャンネルセパレーション 1 MHz であれば整合性あり。 	<ul style="list-style-type: none"> 必要であれば海外規格に合わせればよい。
実現性	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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

±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: $2.5 \mu W$

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 $\times \theta / 360$ (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。

(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 μ W

イ 2,387MHz以上2,400MHz未満及び2,483.5MHzを超え2,496.5MHz以下: 25 μ 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。

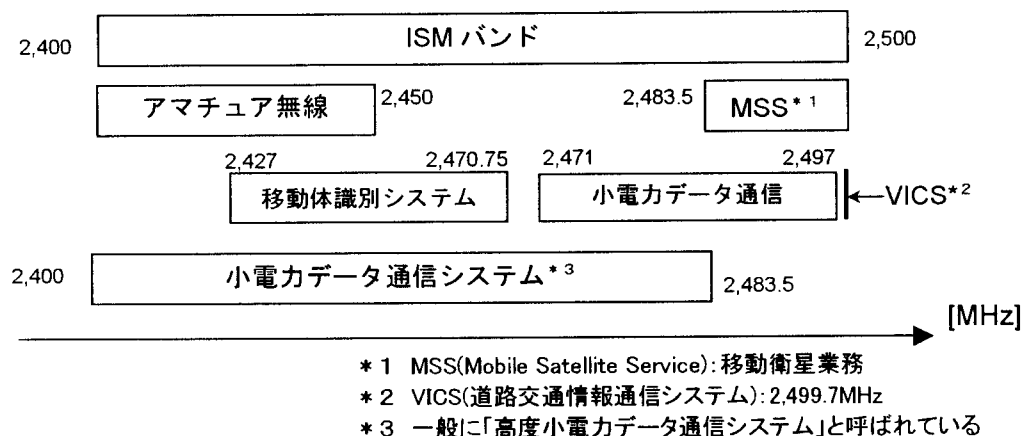


図 1.1 2.4GHz 帯の使用状況

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。

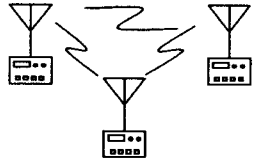
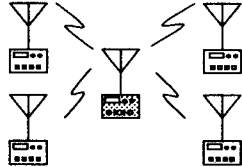
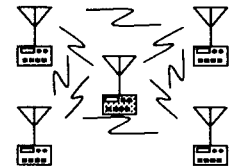
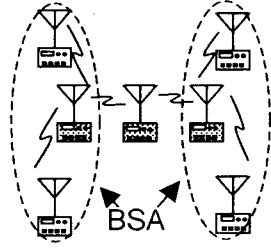
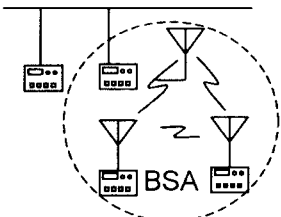
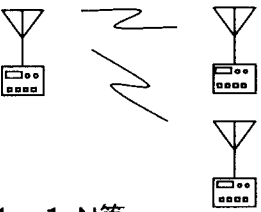
1 小電力データ通信システム

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	形態 1 対等分散通信 	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
	形態 2 ポイント・スター通信 	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
	形態 3 ポイント・メッシュ通信 	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
	形態 4 リピート中継 	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
	形態 5 ポイント・スター通信 	同上	同上	同上
標準 LAN 以外	形態 6 対向型通信  1:1、1:N等	同上	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	<ul style="list-style-type: none"> ・単信方式、半複信方式、複信方式等

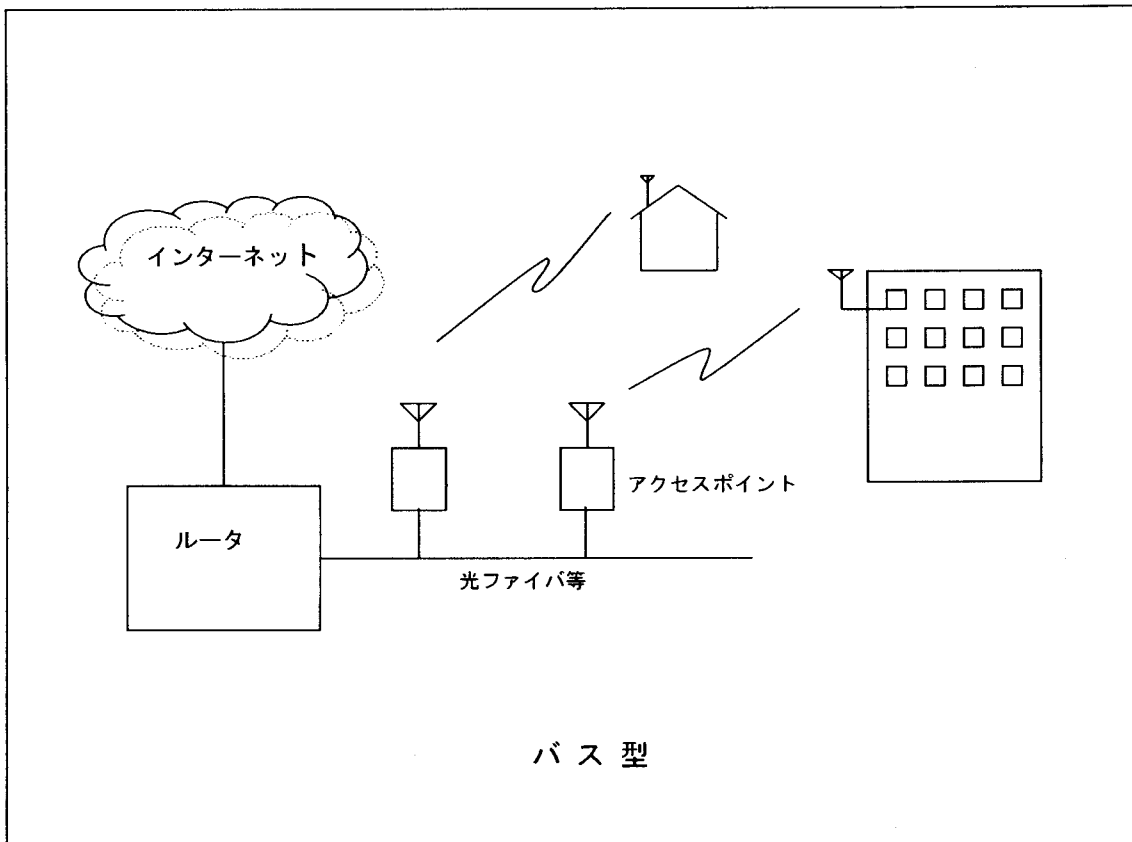
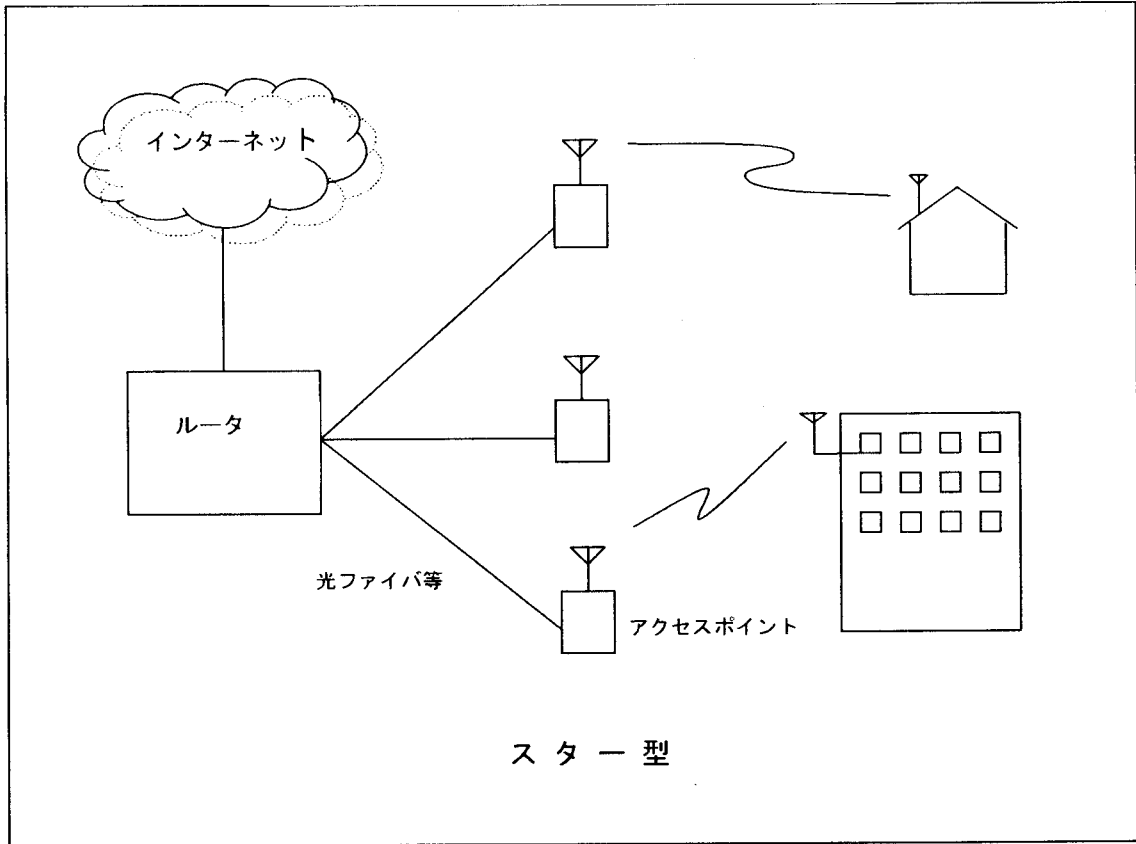
*BSA (Basic Service Area)、**CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

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

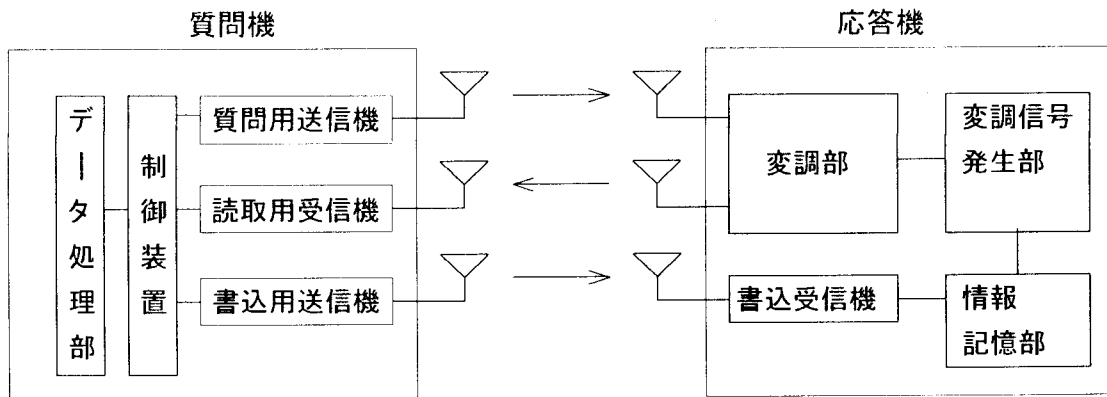


図 1.4 移動体識別システム構成モデル

(2)システム構成モデルB

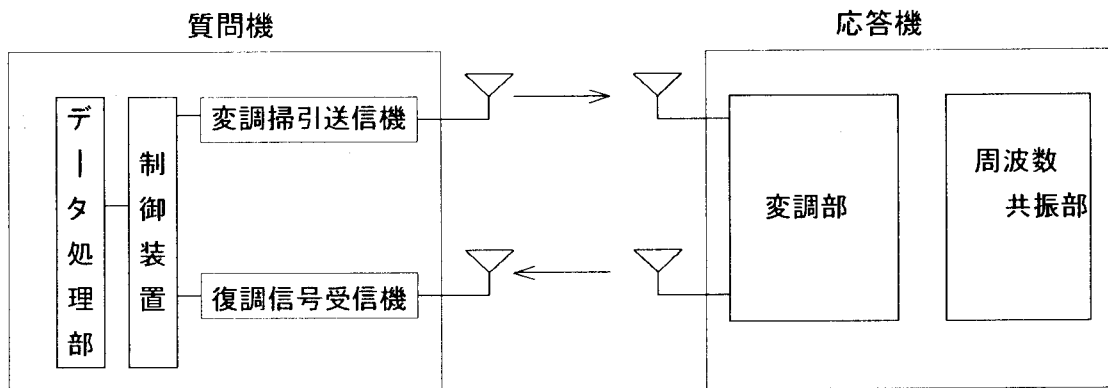


図 1.5 移動体識別システム構成モデルB

(3)概念図

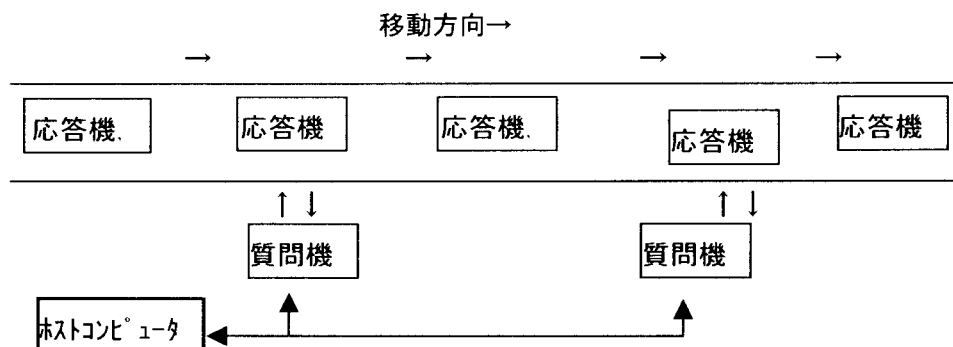


図 1.6 移動体識別システムの概念図

(4) 概念図(移動型質問機を使ったシステム)

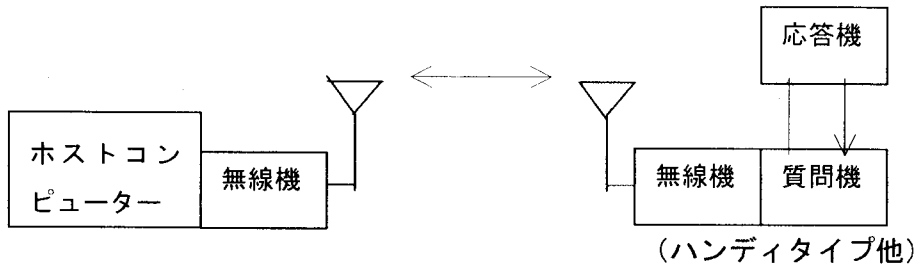


図 1.7 移動体識別システム概念図(移動型質問機を使ったシステム)

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。

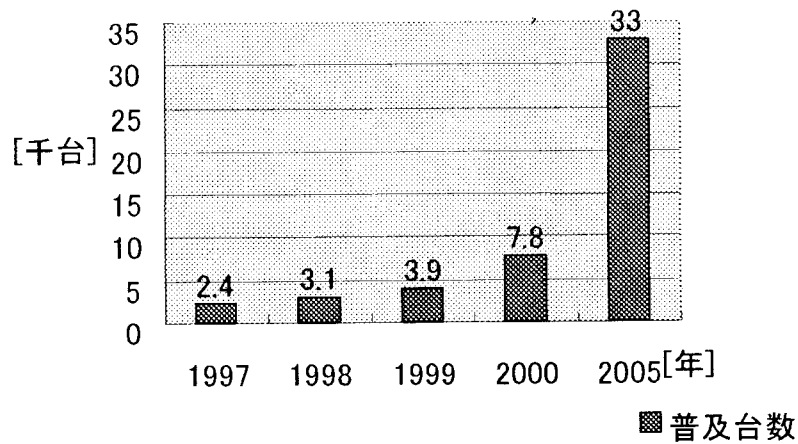


図 1.8 移動体識別装置の将来需要予測台数

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。

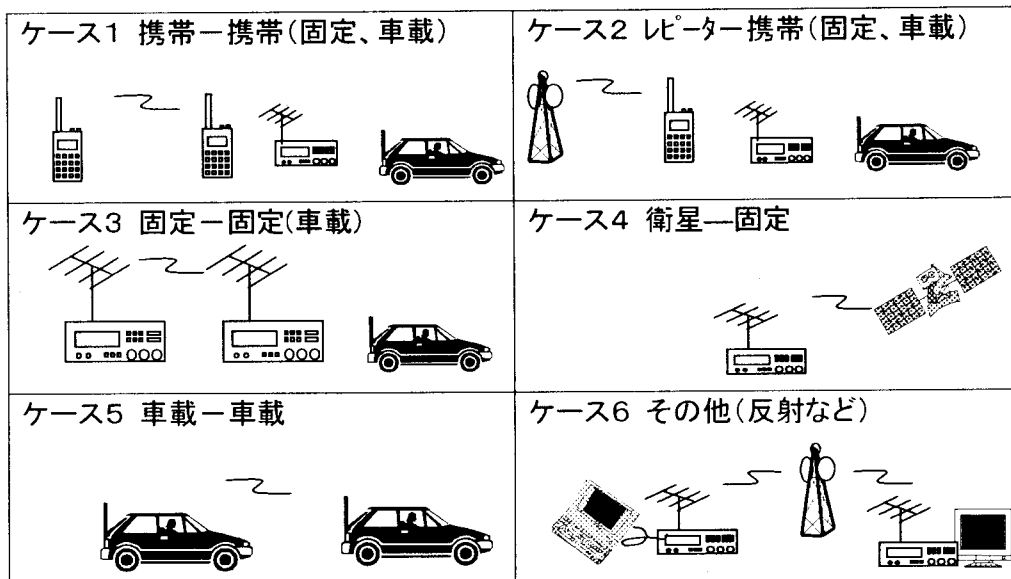


図 1.9 アマチュア無線の主なシステム構成モデル

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。

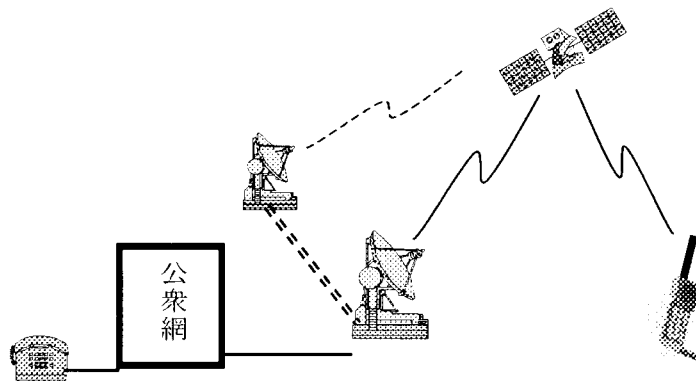


図 1.10 MSS システムのイメージ図

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。

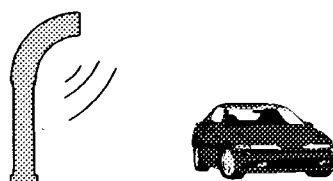


図 1.11 VICS システムのイメージ図

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。

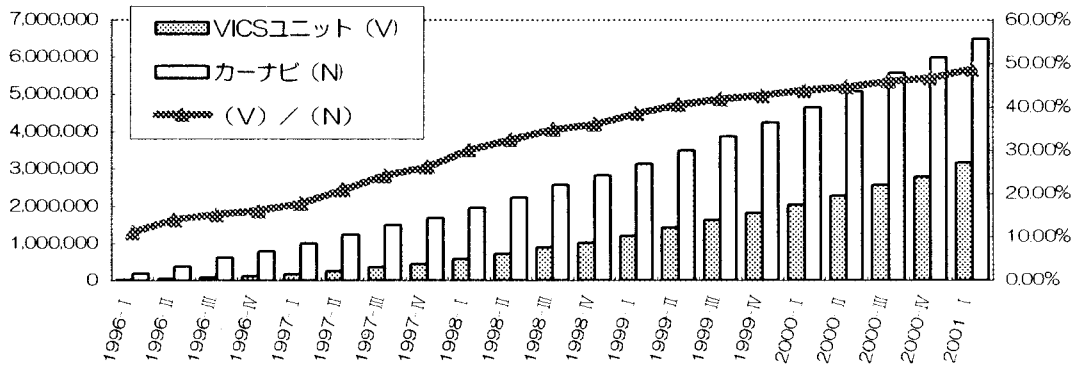


図 1.12 VICS ユニットの出荷台数累計／カーナビの出荷台数累計

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。

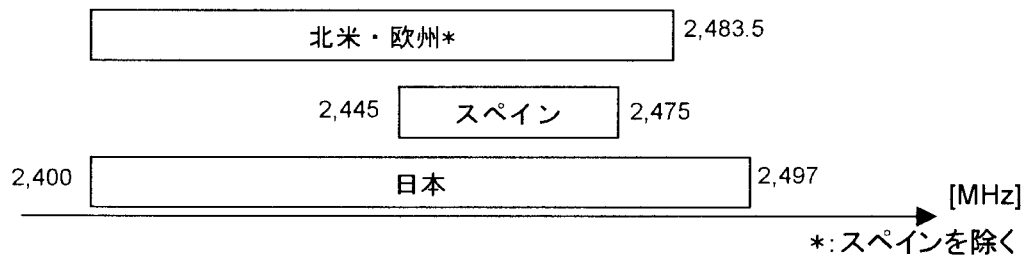


図 1.13 各国の使用周波数帯域

(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、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。 ・処理利得対干渉度抑制が何 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。

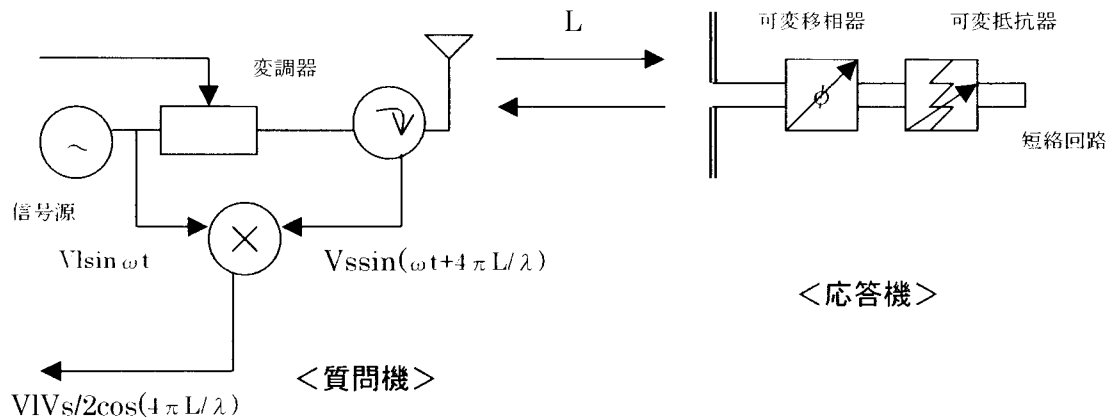


図 2.1 基本回路構成

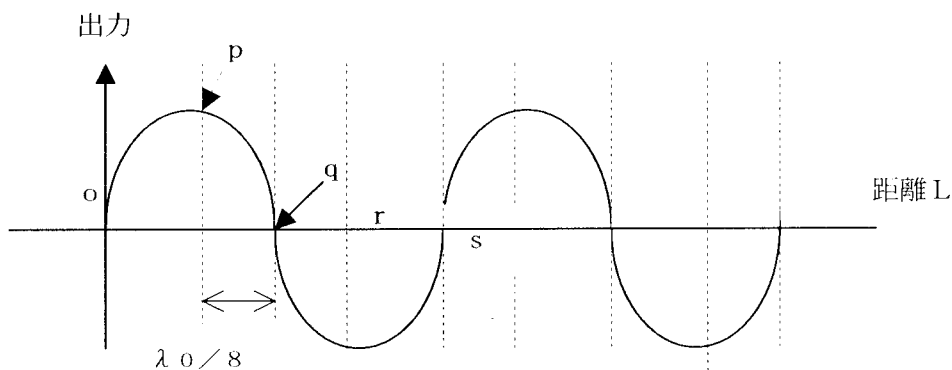


図 2.2 検波感度ゼロ地点

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 $\theta \cong 0$ 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。

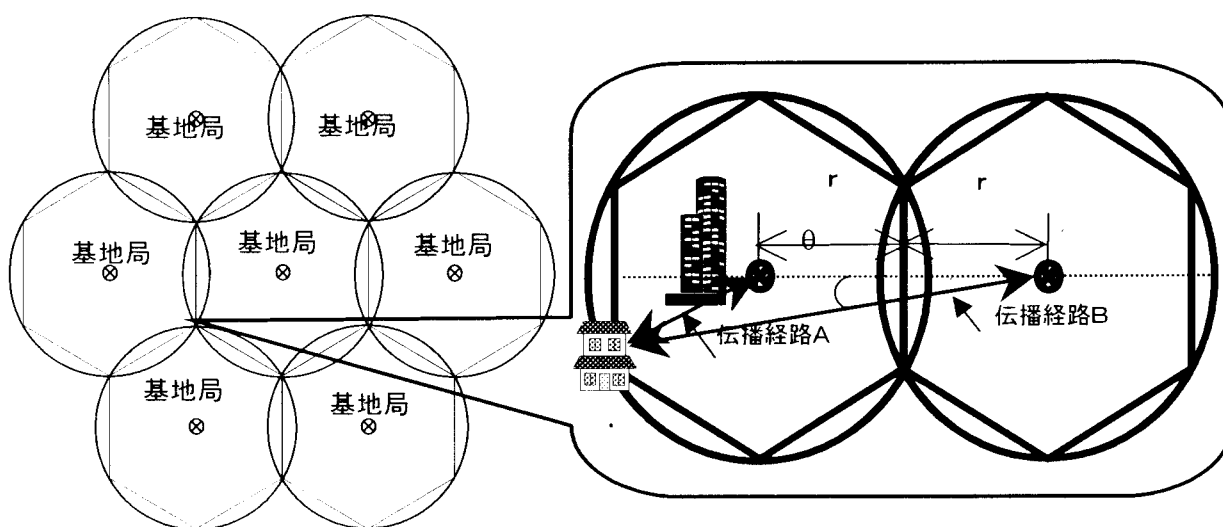


図 2.3 基地局配置と伝播経路

(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($=10 \times \log 90/11$)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。

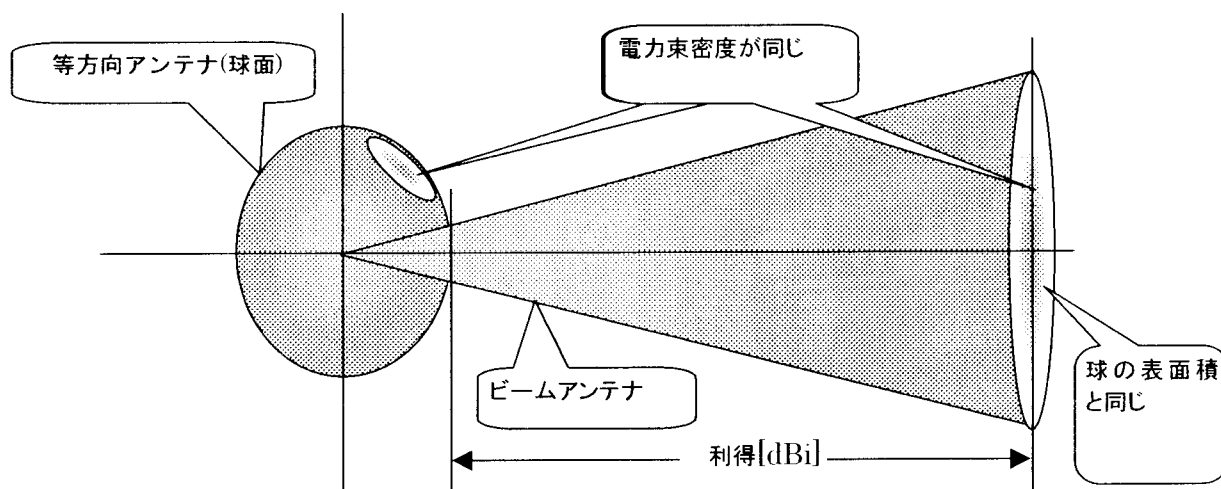


図 2.4 与干渉面積計算の概念図

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

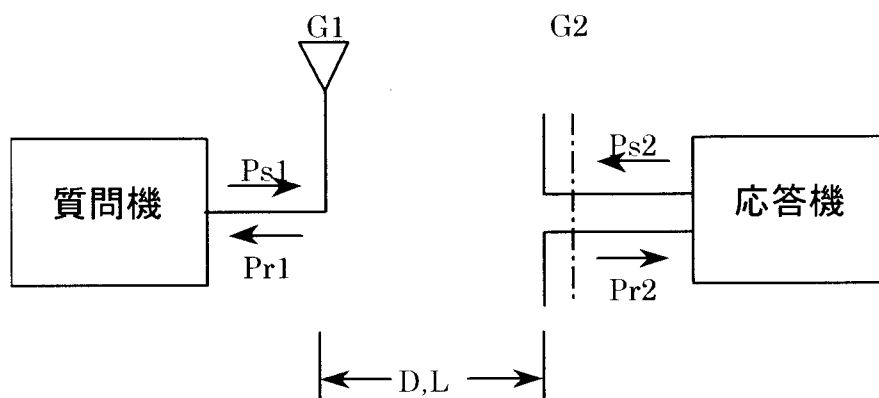
意見聴取の結果について

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。

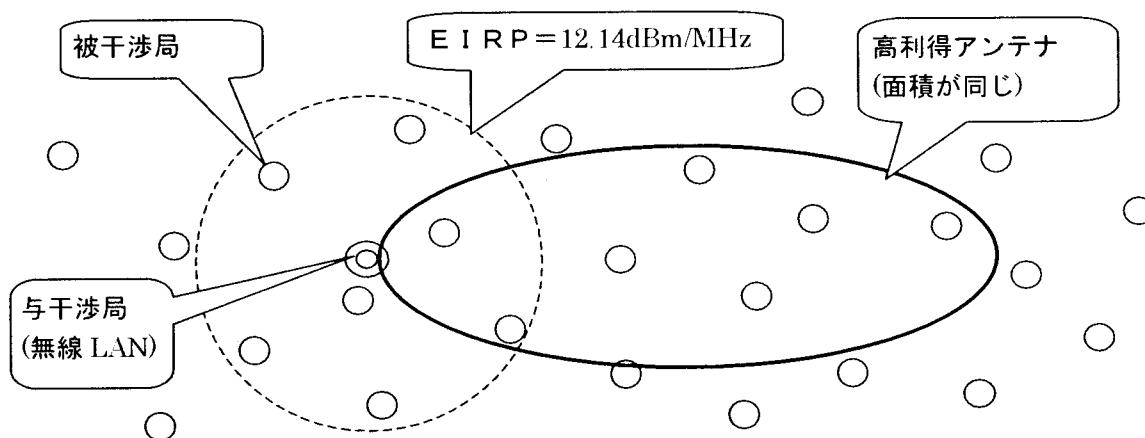


図1 無線LANから周辺局への干渉

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。

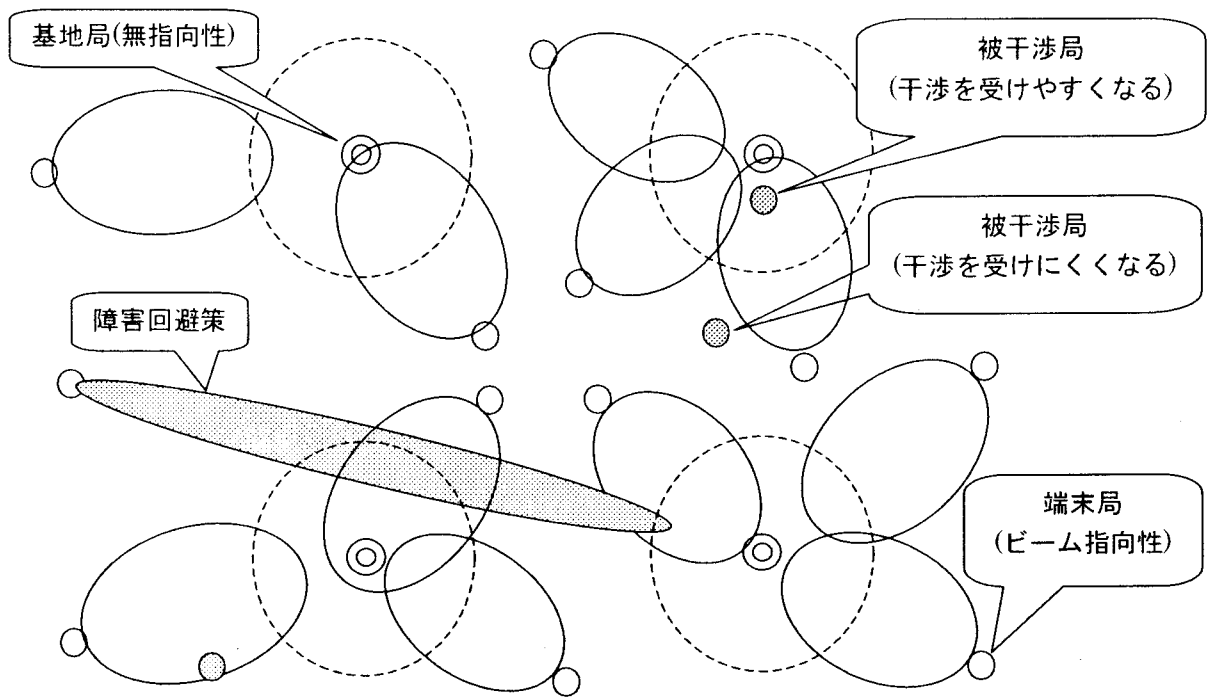


図2 面的セル配置の中の少数の被干渉局

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。

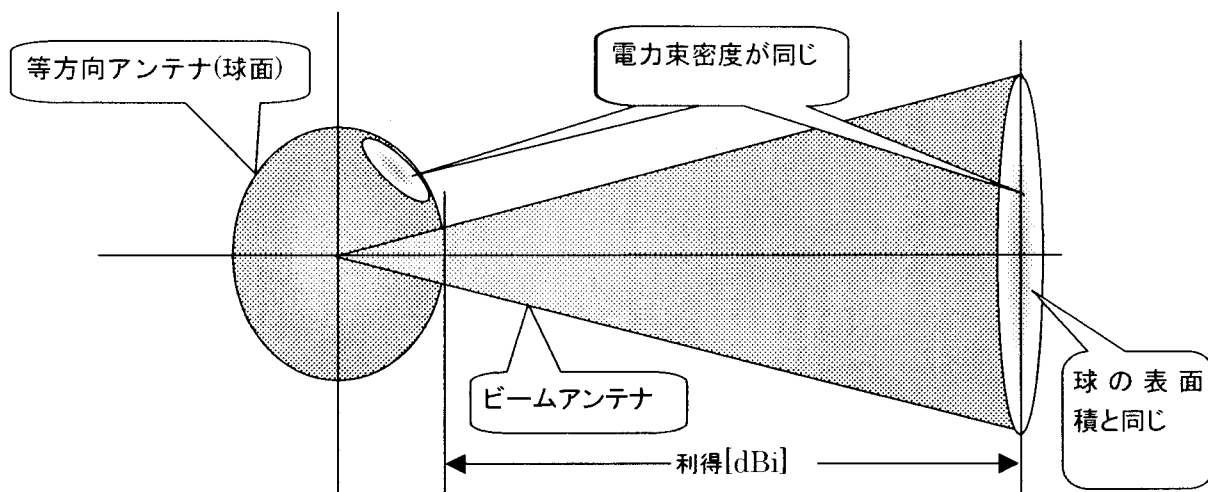


図3 与干渉面積計算の概念図

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

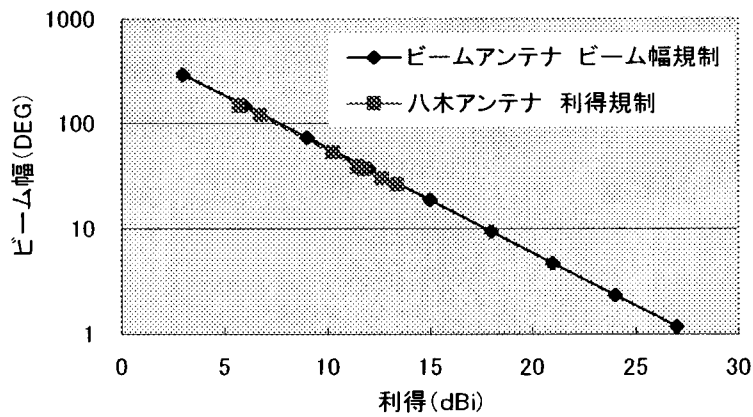
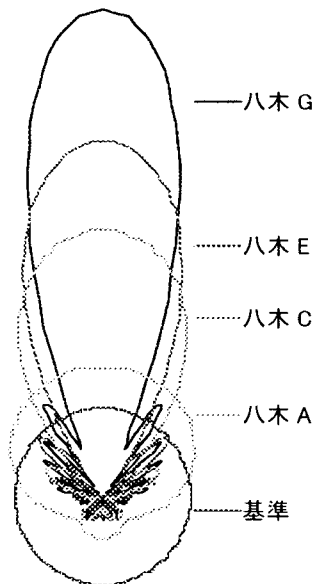


図4 アンテナ利得とビーム角

規制のない場合



与干渉面積比1の場合

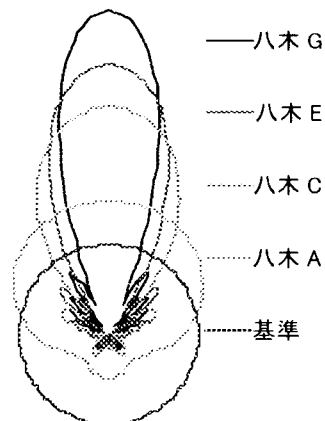


図5 八木アンテナのビームパターン図

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。

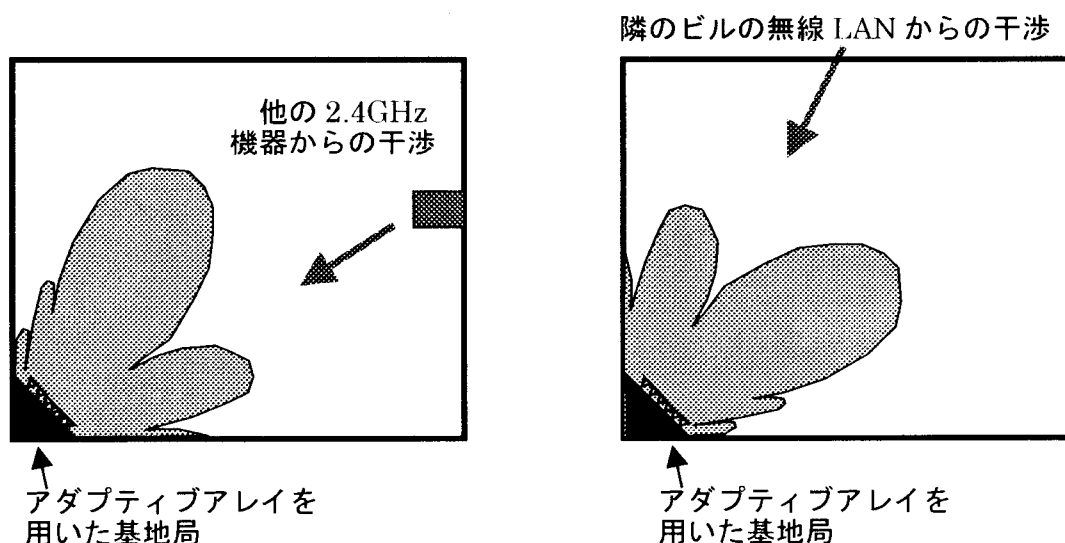


図1 アダプティブアレイを無線 LAN に使用した場合の干渉抑圧

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用する場合の利点

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。

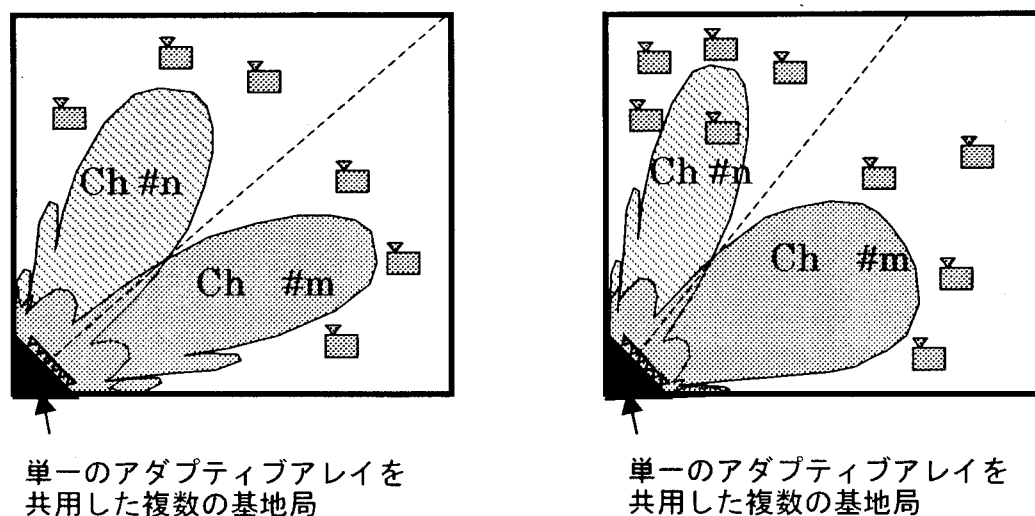


図2 単一のアダプティブアレイを複数の基地局で共用した場合の無線エリアの例

Bluetooth の動向

1 Bluetooth とは？

「多目的無線 I/O」:

- ・ 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 チャンネル
データ: Full Duplex	432.6Kbps / 432.6Kbps	
データ: Asymmetric	723.2Kbps / 57.6Kbps	
ネットワークポッド	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) R F I D

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 *WAIT 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。

日欧米の技術基準の策定経緯について(案)

MRI 三菱総合研究所




2022年11月29日

デジタル・イノベーション本部




ご報告内容

- 本年度「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・欧・米の無線LAN等の技術基準の根拠となる背景・経緯に関して調査。
 - 各国・地域において、無線機器の規制枠組み、周波数の利用状況、産業界との調整等に基づき、技術基準が策定されている。
 - 日本の技術基準は、上記に加え国際標準化や欧米の技術基準の動向を踏まえて策定されている。

無線機器の定義・要件

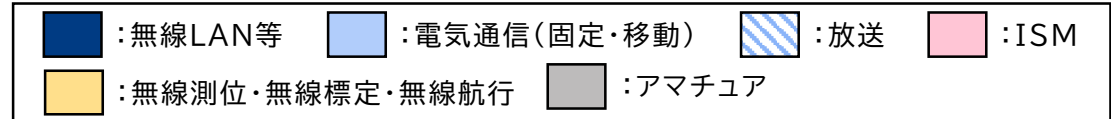
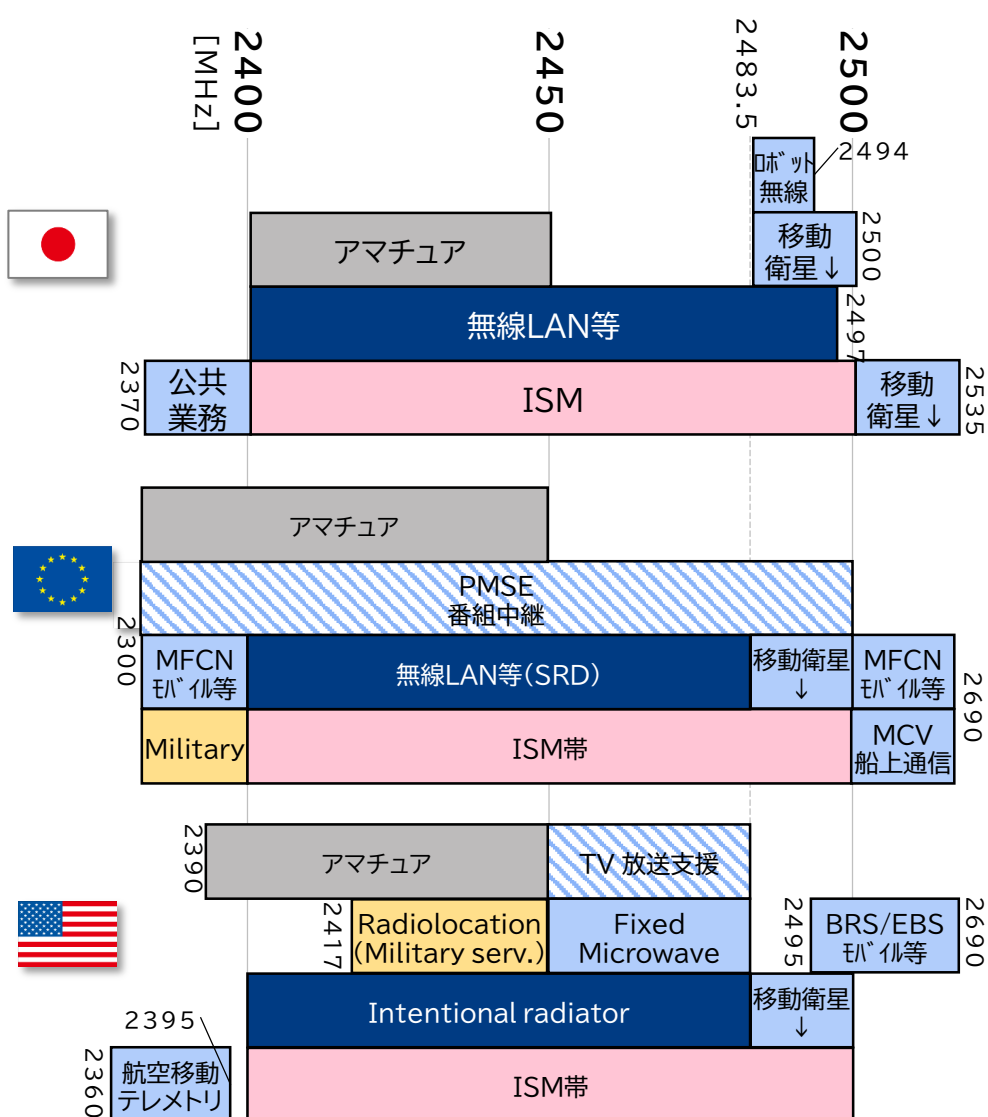
 無線設備	 Radio Equipment	 RF Device *Part15								
<p>無線電信、無線電話その他電波を送り、又は受けるための電氣的設備</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 70%;"> 送信設備 送信装置と送信空中線系から構成される電波を送る設備 </td> <td style="width: 30%;"> 受信設備 </td> </tr> </table>	送信設備 送信装置と送信空中線系から構成される電波を送る設備	受信設備	<p>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</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 60%;"> 無線サービス 免許要 (Part22～) </td> <td style="width: 40%;"> 非意図的放射器* </td> </tr> <tr> <td></td> <td> 偶発的放射器* </td> </tr> <tr> <td> 意図的放射器* 免許不要 </td> <td> ISM機器 (Part18～) </td> </tr> </table>	無線サービス 免許要 (Part22～)	非意図的放射器*		偶発的放射器*	意図的放射器* 免許不要	ISM機器 (Part18～)
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									
無線サービス 免許要 (Part22～)	非意図的放射器*									
	偶発的放射器*									
意図的放射器* 免許不要	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*								
<p>第三章 無線設備</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>*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</p> <p>上記に基づく技術基準を規定。</p>	<p>Article 3 Essential requirements</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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使用が要件。 →受信側の要求事項も規定される。</p>	<p>Subpart A § 15.5 General conditions of operation.</p> <p>(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。</p> <p>有害な干渉を発生させないことを条件とする。</p>								

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	ショートレンジデバイス(SRD)／ Wideband data transmission devices	意図的放射器／ Digital transmission systems (DTS) および Frequency hopping system
	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>	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)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。



ISM帯: Industrial Scientific and Medical Band

産業・科学・医療 (ISM) アプリケーションのための周波数帯。ISM帯で運用される無線通信サービスは、これらのアプリケーションによって引き起こされる可能性のある有害な干渉を受け入れなければならない。

移動衛星 ↓:

移動衛星通信システムの商用サービスの下りサービスリンク

ロボット無線:

ドローンを含むロボットによる高画質、長距離の画像伝送

PMSE: Programme Making and Special Events

番組中継用のポータブル/モバイルのワイヤレスビデオカメラ等

MFCN: Mobile/Fixed Communications Networks

移動/固定通信ネットワーク

MCV: Mobile communication services on board vessels

船舶の乗客や乗員が自身の携帯端末を陸上のモバイルネットワークに接続せずに利用することができるサービス

航空移動テレメトリ (US276):

航空機、ミサイルまたはそれらの主要部品の飛行試験のための航空テレメータリングおよび関連するテレコマンド操作

Fixed Microwave Service :

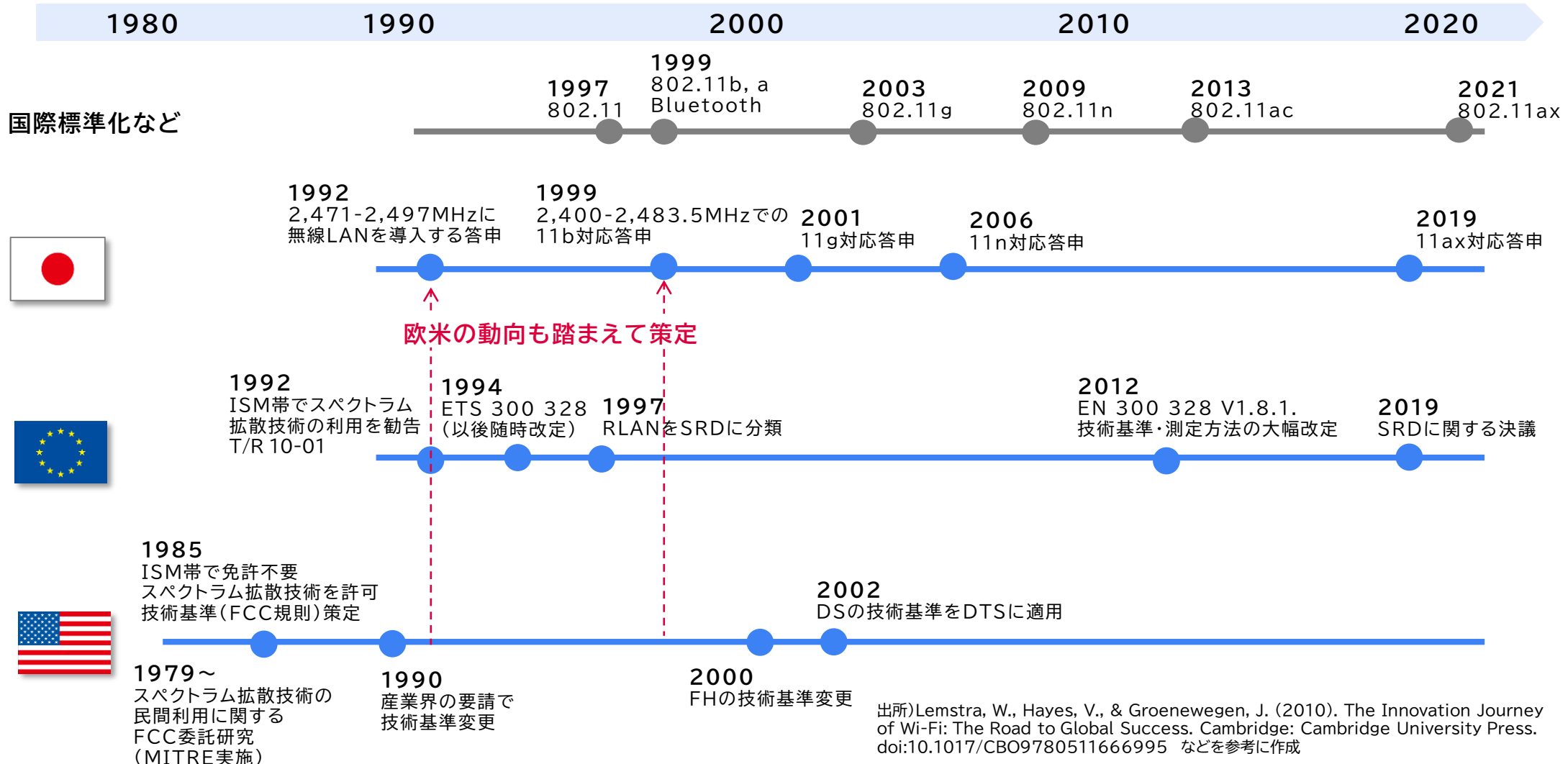
固定マイクロ波サービス

BRS (Broadband Radio Service)/EBS (Educational Broadband Service):

携帯電話システムによる双方向インターネットサービスなど、高速・大容量のブロードバンド・サービス

技術基準・試験方法の策定経緯

- 各国において1980～1990年代から、スペクトラム拡散技術の免許不要での利用を前提として技術基準が策定されている。



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 電技審諮問第57号 (1992.7.27) ↓ 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 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 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) 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 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。 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 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 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 スペクトラム拡散方式では周波数によるチャンネル形成を必要とせず、また隣接チャン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: <2,458MHz未満、2,510MHz超> $2.5 \mu\text{W}$以下 <2,458以上2,471MHz未満、2,497超2,510MHz以下> $25 \mu\text{W}$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 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 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 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 電技審諮問第57号 (1999.3.23) ↓ 郵政省省令第76号 (1999.10.8)</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 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>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> $3\text{mW}/\text{MHz}$以下※ <上記以外のSS方式> $10\text{mW}/\text{MHz}$以下 <上記以外> 10mW以下 ※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>スプリアス発射の強度の許容値(追加周波数帯): <2,387MHz未満、2,496.5MHz超> $2.5 \mu\text{W}$以下 <2,387以上2,400MHz未満、2,483.5超2,496.5MHz以下> $25 \mu\text{W}$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 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 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 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>

日本の技術基準策定経緯

(下記は全て2400MHz-2483.5MHzのシステムに関して)

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
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)	変調方式: OFDM、SS、或いはこれ以外のデジタル変調方式 スペクトラム拡散方式: DS、FH、DS/FH、OFDM/FH 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 11g (OFDM方式)への対応。 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。 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。 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。	占有周波数帯幅: <FH、DS/FH、OFDM/FH> : 83.5MHz以下 <上記以外> 26MHz以下 11g (OFDM方式)への対応。 FHの滞留時間: 0.4秒以下 FH (DS/FHとOFDM/FH除く): 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
2006年 H18年度答申 情通審諮問第2014号 (2006.12.21) ↓ 総務省令第74号 (2007.6.28)	空中線電力: <2,427-2,470.75MHzのFH、DS/FH、OFDM/FH> 3mW/MHz以下 <SS> 10mW/MHz以下 <OFDM占有周波数帯26MHz以下> 10mW/MHz以下 <OFDM占有周波数帯26MHz超~38MHz以下> 5mW/MHz以下 <上記以外> 10mW以下 5.2GHz帯に準じた11n (40MHzシステム)への対応。	占有周波数帯幅: <FH、DS/FH、OFDM/FH> : 83.5MHz以下 <OFDMで上記以外> 38MHz以下 <上記以外> 26MHz以下 5GHz帯に準じた11n (40MHzシステム)への対応。 キャリアセンス: 40MHzシステムはキャリアセンスを備える
2019年 H31年度答申 情通審諮問第2009号 (2019.4.26) ↓ 総務省令第27号 (2019.7.11)	空中線電力: <2,427-2,470.75MHzのFH、DS/FH、OFDM/FH> 3mW/MHz以下 <SS> 10mW/MHz以下 <OFDM占有周波数帯26MHz以下> 10mW/MHz以下 <OFDM占有周波数帯26MHz超~40MHz以下> 5mW/MHz以下 <上記以外> 10mW以下 11ax (40MHzシステム)への対応。	占有周波数帯幅: <FH、DS/FH、OFDM/FH> : 83.5MHz以下 <OFDMで上記以外> 40MHz以下 <上記以外> 26MHz以下 11ax (40MHzシステム)への対応。

(参考)日本の2.4GHz帯技術基準の考え方

H10年度答申 電技審諮問第57号(1999.3.23) ※2,400-2,483.5MHzの11b対応

4. 無線諸元の検討

4.1 検討方針

高度化するニーズに応え、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及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、多様化等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**にもと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。

欧州の技術基準策定経緯



● CEPT/ERCの方針に基づき、ETSIが標準化。

CEPT/ERC勧告・規格	主な技術基準の策定・導入経緯
1992年 CEPT ERC勧告 T/R 10-01	<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>
1994年 ETS規格	<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>
1997年 ERC勧告 70-03	<p>RLANをSRDに位置づけ (CEPT ERC勧告T/R 10-01)を置き換え。</p>
2000年	<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>
2012年 ETSI EN 300 328改定 (V1.8.1.)	<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

- 世界で初めて2.4GHz帯をスペクトラム拡散技術に開放。産業界の要望を基に技術基準を策定。

FCC決定	主な技術基準の策定・導入経緯
1985年 Docket No.81-413	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。 <ul style="list-style-type: none"> ● 周波数:2,400-2,483.5MHz ● 出力電力:1W以下 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。 ● 帯域外放射:帯域外のRF出力電力が100 kHz幅でキャリアから20dBc※キャリアとの相対値 <直接拡散(DS)> <ul style="list-style-type: none"> ● 6dB帯域幅:500kHz以上 <周波数ホッピング(FH)> <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
1990年 Docket No.89-354	産業界からの要望、意見募集を踏まえて技術基準を改定。 <ul style="list-style-type: none"> ● アンテナ利得:6dBi以下 <DS> <ul style="list-style-type: none"> ● パワースペクトル密度:8dBm/3kHz以下 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。 ● 受信機における処理利得:10dB以上 <FH> <ul style="list-style-type: none"> ● ホッピングチャネル帯域幅:25kHz以下→1MHz以下 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。
2000年 Docket No.99-231	新たな無線技術の開発・導入促進のため技術基準を改定。 <FH> <ul style="list-style-type: none"> ● ホッピング周波数:15以上(出力電力125mW) FHシステムの柔軟性を確保するため上記の要件を追加。
2002年 Docket No.99-231	<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