

平成 4 年 度

電 気 通 信 技 術 審 議 会 答 申

諮問第 5 7 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 5 7 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	1 1
4 参考資料	2 9
5 諮問書・諮問理由	8 1

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）

500kHz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

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、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等国际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 5 1 1 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 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、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、 $[\text{拡散帯域幅 (MHz)}] \times 0.4 \div [\text{FH を停止した場合の拡散帯域幅 (MHz)}]$ (秒) とすること。各拡散帯域幅が 1 MHz 以下の場合は、1 MHz 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 値周波数偏位キーイング (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) 隣接チャネル漏洩電力

搬送波の周波数から 20 MHz 離れた周波数の ± 8.5 MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波の平均電力より 40 dB 以上低いこと。

2.3.2 受信装置

(1) 受信感度

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

(2) スプリアス・レスポンス

10 dB 以上であること。

(3) 隣接チャネル選択度

隣接チャネル間隔 20 MHz 離れた周波数において 25 dB 以上であること

(4) 不要輻射

1 GHz 未満の周波数において 4 nW 以下、1 GHz 以上 10 GHz 未満の

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

2.3.3 空中線

空中線の絶対利得は、20 dBi以下であること。

2.3.4 電気通信回線設備への接続

電気通信回線設備に接続するものは、次の条件に適合すること。

(1) 個別識別符号（IDコード）

識別信号を利用し、19ビット以上で構成すること。

(2) インタフェース条件

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

2.3.5 呼出名称記憶装置等の機能

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

2.4 測定法

国内で適用されている測定法に準ずることが適当であり、今後、IEC等の国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) 隣接チャネル選択度

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

(4) 不要輻射

IEC Pub. 483-3 19節に準ずること。

電気通信技術審議会

無線 LAN システム 委員会 報告

目 次

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

無線LANシステム委員会報告

I 審議事項

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

II 委員会等の構成

別表のとおり。

なお、審議の促進を図るため本委員会の下に分科会を設けて審議を行った。

III 審議経過

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

1 第1回（平成3年7月31日）

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

なお、審議の促進を図るため分科会で詳細な検討を進めることとした。

2 第2回（平成4年5月14日）

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

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

3 第3回（平成4年6月15日）

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

IV 審議概要

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

1 中速無線LANシステム

(1) システムの概要

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

スペクトル拡散技術を用いる理由は、次のとおりである。

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

(2) 適用範囲

技術的条件の適用範囲は、送受信装置及び制御装置とする。

(3) 一般的条件

ア 通信方式

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

イ スペクトル拡散方式

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

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

ウ 伝送速度

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

エ 無線周波数帯

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

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

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 $\times 1.2$ 倍 $\times$ 拡散帯域幅(MHz) $\div$ 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 $f_u < f \leq f_u + f_0$ 25 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 $\times 1/2$ (MHz)

(5) 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。

(6) 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。

(7) 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。

(8) 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ことが適当である。(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。

(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、 $[\text{拡散帯域幅 (MHz)}] \times 0.4 \div [\text{FH を停止した場合の拡散帯域幅 (MHz)}] \text{ (秒)}$ 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。

(I) 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以上にするのが適当である。

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値周波数偏位キーリング) 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。

(4) 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。

(4) 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。

(4) 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)

(4) 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。

(4) 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。

(4) 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。

(4) 不要輻射

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

ウ 空中線

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

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

エ 電気通信回線設備との接続

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

(7) 個別識別符号（IDコード）

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

(4) インタフェース条件

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

オ 呼出名称記憶装置等の機能

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

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

(5) 測定法

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

ア 送信装置

(7) 周波数

A 空中線測定端子付きの場合

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

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

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

B 空中線測定端子無しの場合

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

(4) スプリアス発射の強度

A 空中線測定端子付きの場合

無変調状態にし、スプリアス発射の平均電力（バースト波にあっては、バ

ースト内の平均電力) 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。

(エ) 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。

(㉔) 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 $\pm 8.5\text{ MHz}$ 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)

(i) スプリアス・レスポンス

$-71\text{ dBm} + 3\text{ dB}$ 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。

(㉕) 隣接チャネル選択度

$-71\text{ dBm} + 3\text{ dB}$ 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。

(i) 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	(社)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 コード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

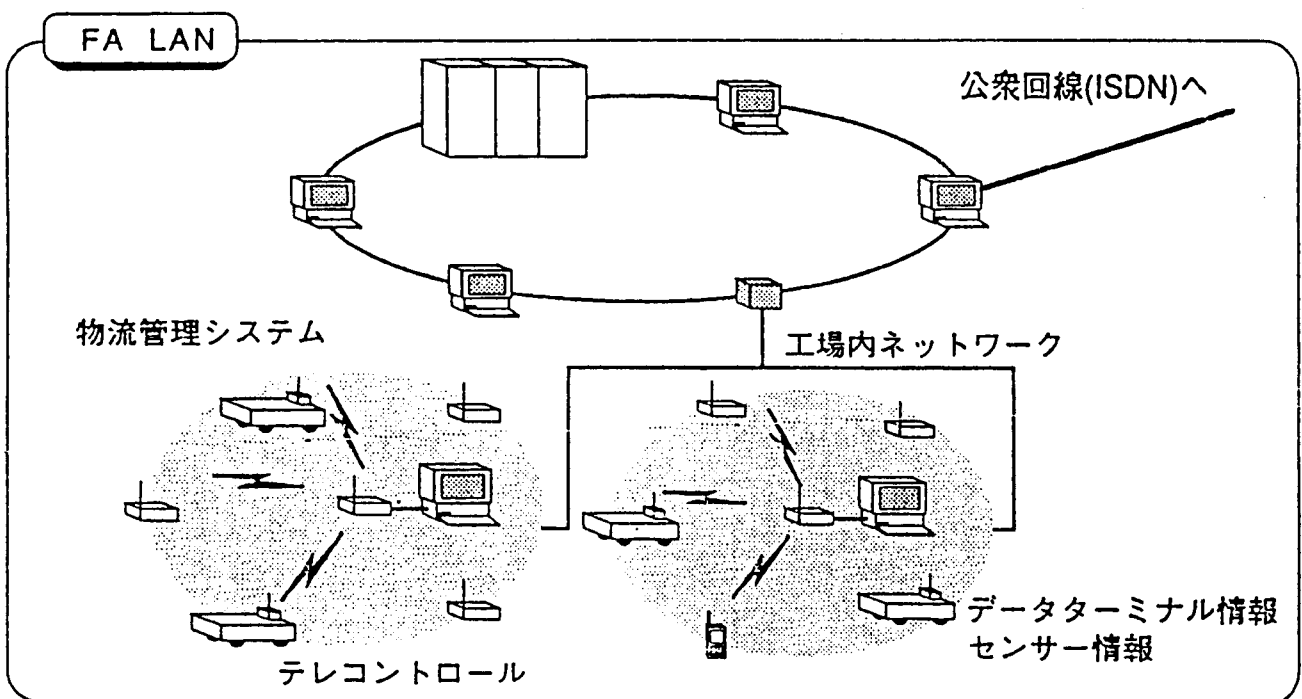
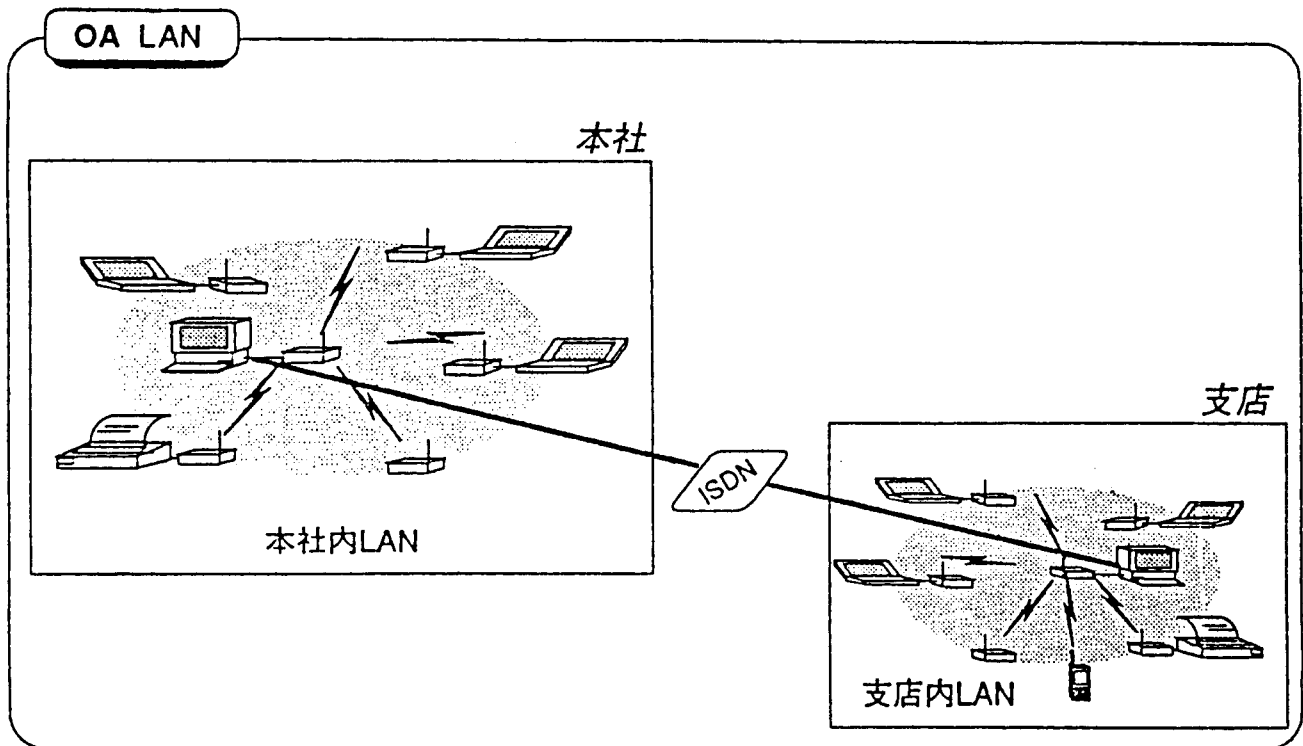
ページ

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 $90 \text{ dB } \mu\text{V}/\text{m}$ を越え、平均値でも $85 \sim 100 \text{ dB } \mu\text{V}/\text{m}$ 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	水平面	RBY	距離 [m]	70°方向 [dBi]	負荷 (器内)
		本装置内最大値(a)	本装置内平均値	最大値 [MHz]	最大値 (b)	最大値 (c)									
1 A	600	22	-	2470~2475	22	-18	0	40							
2 B	500	17	-	2462~2465	13	-11	4	38							
3 C	500	16	-	2473~2476	16	-28	0	44							
4 D	500	15	-	2468~2472	15	-21	0	36		水平	1MHz	1	12.6	水300cc	
5 E	500	16	-	2462~2465	-17	-19	33	35							
6 F	600	27±1	19±2	2460~2462	-4	-11	31	38							
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							
9 I	500	19±1	12±2	2469	3	-24(ノイズレベル)	16	43							
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: 最大値	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°・45°・90°の最大値	3	3.2	水275cc	
17 N	650	24	14	2460~2473	18	-4	6	28		垂直	45°・45°・90°の最大値	3	1.7	水275cc	
A~N	平均m	23.8	-	2467.8 ± 1	7.4	-15.3	14.9	38.4							
	標準偏差σ	5.6	-	6.2 ± 1	15.1	11.9	16.3	12.4							
	m + 3σ	40.6	-	2486.3 ± 1	52.7 ± 2	20.3	-	13.7 ± 1							
F~J	平均m	26.1	18.6	2468.2 ± 1	4.3	-19.2	21.9	43.1							
および	標準偏差σ	4.1	4.2	5.7 ± 1	16.4	6.3	16.5	8.6							
M. N	m + 3σ	38.4	31.2	2485.2 ± 1	53.4 ± 3	-0.2	-	17.5 ± 1							

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）

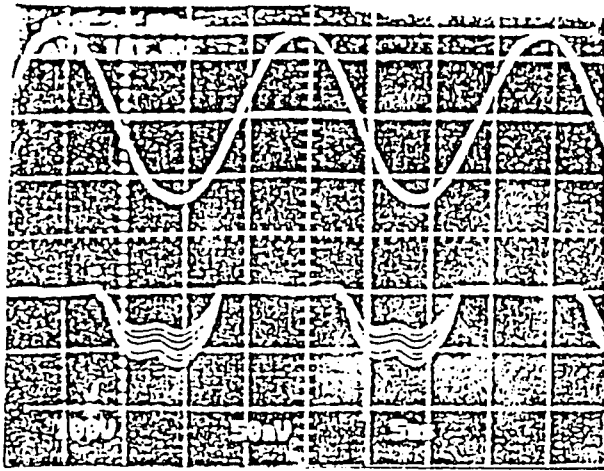


図 - 1 A社製

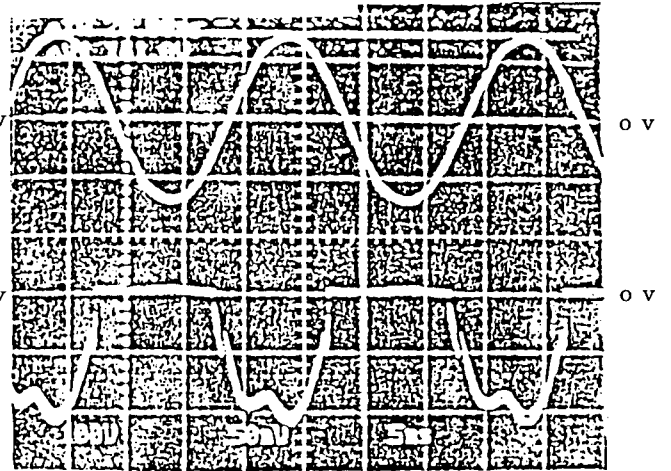


図 - 2 A社製（極性反転）

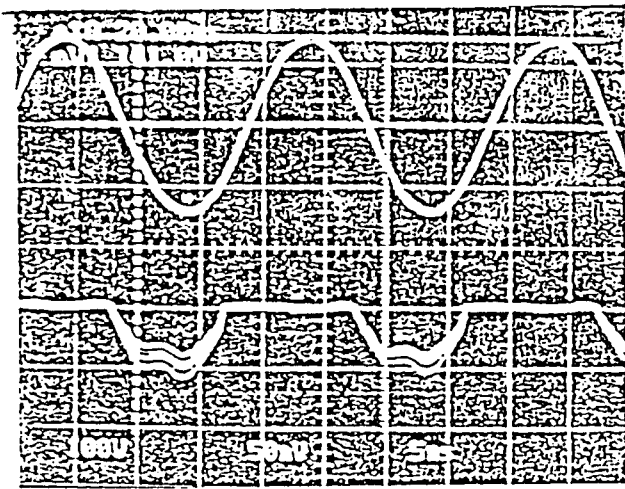


図 - 3 B社製

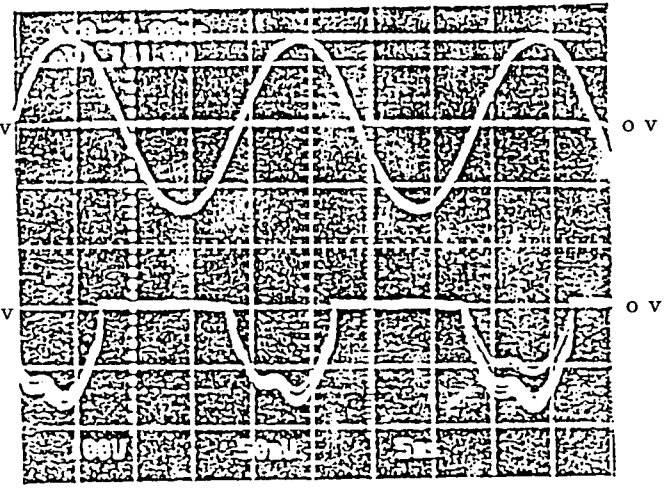


図 - 4 B社製（極性反転）

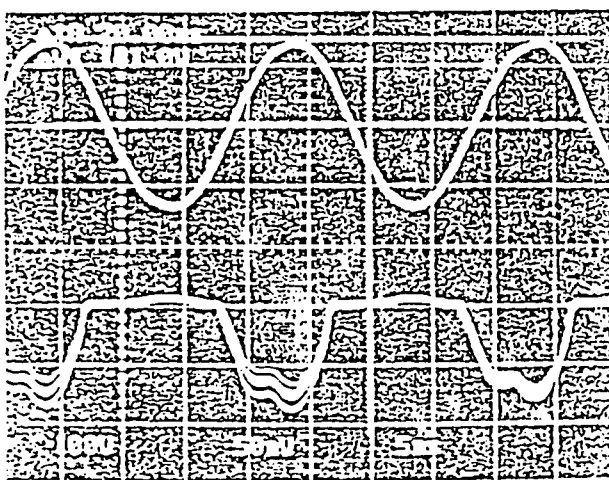


図 - 5 図 - 2 + 図 - 4

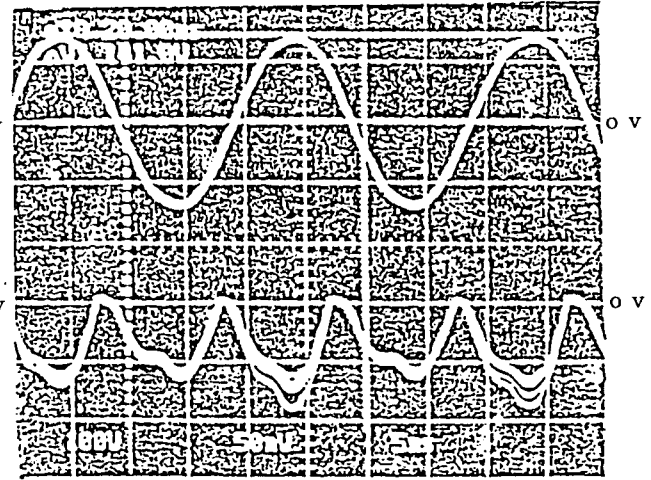


図 - 6 図 - 2 + 図 - 3

表2 電波雑音調査結果

No.	場 所	電界強度 (a, c) [dBμV/m]			電界強度差	備 考	
		2450±50MHz 最大値 (a)	(a)の周波数 [MHz] (b)	2471~2500MHz 最大値 (c)	(d)=(a)-(c) [dB]		
1	福島県 郡山市	H 総合病院前	7 5	2445~2450	< 5 5 ^{・1}	2 0	壁面より20m
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	壁面より3m
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 ^{・1}	3 4	壁面より15m
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	壁面より200m
5		S 木材店前	7 5	2450~2452	< 5 5 ^{・1}	2 5	壁面より10m
6		S 胃腸病院前	1 0 7	2446~2450	< 5 5 ^{・1}	5 7	壁面より10m
7		Sファミリーレストラン前	1 1 3	2445~2451	5 7	5 6	壁面より3m
8		Yスーパーマーケット	8 6	2448~2454	< 5 5 ^{・1}	3 6	屋上駐車場
9		A 整形外科前	1 0 8	2442~2456 (2ビ-ク)	< 5 5 ^{・1}	5 8	壁面より5m
10		Y無線(電気店)近く	9 5	2424	< 5 5 ^{・1}	4 5	設備が遠く、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}	1 8	壁面より約30m
13		郡山駅前通り	9 5	2447~2450	6 0	3 5	お昼ながら測定
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 ^{・1}	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→H 病院	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 大通り交差点→A 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番(長さ15m)	9 3	2462~2468	6 3	3 0	電子レンジ使用中
27			5 8	2422~2474	5 8	0	電子レンジ使用中
28		A コンビニエンススト7番(長さ10m)	1 0 5	2462	5 8	4 7	
29		A コンビニエンススト7番(長さ100m)	8 3	2450	7 1	1 2	3車線の真中
30	東京都 (豊田、 江戸川、 江東、 大田、 品川) および 川崎市 (川崎) の 工業地帯の 路上	首都高速駒形～四ッ木	7 8	2450	< 5 8 ^{・1}	2 5	11:00
31		首都高速四ッ木	9 4	2440~2450	< 5 8 ^{・1}	4 1	11:10
32		化学工業地帯	7 9	2440	< 5 8 ^{・1}	2 6	11:30
33		平和橋	8 6	2430	< 5 8 ^{・1}	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 ^{・1}	9	13:15
37		墨田区文花	8 9	2450	< 5 8 ^{・1}	3 6	13:30
38		墨田区業平	6 1	2450	< 5 8 ^{・1}	8	13:38
39		墨田区横川	< 5 8 ^{・1}	—	< 5 8 ^{・1}	—	13:49
40		墨田区本所	6 1	2440	6 0	1	14:00
41		墨田区本所～墨田区本所(コンビニあり)	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 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 ^{・1}	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 ^{・2}	5 9. 2 ^{・3}	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-2σ
		標準偏差σ	1 7. 7	11.2 ^{・2}	9. 1 ^{・3}	1 6. 0	
		m+3σ	1 3 8. 7	2485.5 ^{・2}	8 6. 5 ^{・3}	—	
No. 30 ～No. 46		平均値m	7 9. 3	2446.9 ^{・2}	5 7. 8 ^{・3}	2 3. 1	
		標準偏差σ	1 6. 6	12.5 ^{・2}	6. 3 ^{・3}	1 4. 1	
		m+3σ	1 2 8. 9	2484.4 ^{・2}	7 6. 8 ^{・3}	—	
No. 1～No. 46より、最大値(a)が 70dBμV/mを超える場合のみを抽出 (35件)		平均値m	9 3. 0	2451.2 ^{・2}	6 0. 2 ^{・3}	3 2. 7	
		標準偏差σ	1 3. 2	8.8 ^{・2}	9. 9 ^{・3}	1 3. 2	
		m+3σ	1 3 2. 7	2477.7 ^{・2}	8 9. 9 ^{・3}	—	
No. 1～No. 46より、最大値(a)が 90dBμV/mを超える場合のみを抽出 (20件)		平均値m	1 0 2. 0	2452.3 ^{・2}	6 3. 8 ^{・3}	3 8. 2	
		標準偏差σ	1 0. 0	9.4 ^{・2}	1 0. 8 ^{・3}	1 4. 0	
		m+3σ	1 3 1. 9	2480.6 ^{・2}	9 6. 1 ^{・3}	1 0. 3 ^{・4}	

平成三年十一月測定

建設省殿資料

平成二年十二月測定

所要空中線電力の検討

1 あらまし

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

2 検討の条件

表 1

パラメータ	シンボル	仮定した条件
周波数	f	2.4 GHz 帯
所要ビット誤り率	E _b	10 ⁻³ 以下
信号伝送速度	R _d	256 kbps
拡散変調方式／情報変調方式		DS／BPSK 及び FH／BFSK
サービスエリア（距離）	d	室内にて 30 m
遅延分散	σ	20 ns（図 1）
拡散帯域幅	B _s	2.6 MHz 程度
距離 d と伝搬損失 Γ の関係		Γ = 40.23 + 20log ₁₀ d（自由空間伝搬）
干渉電力	P _i	-68.8 dBm（2471~2500 MHz での電力）
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、

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

となる。したがって、BERを 10^{-3} とした場合の所要の E_b/N_o 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_o 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_o 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。

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

$B_s = 26 \times 10^6 \text{ Hz}$ 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、

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

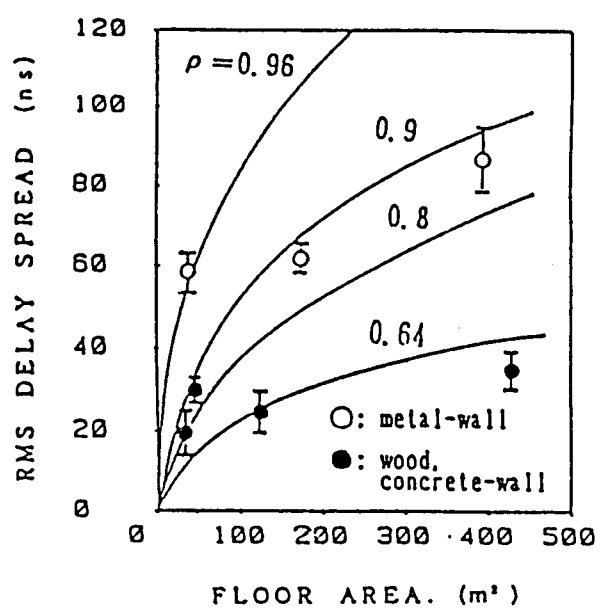
である。 P_{td} の計算結果を表 3 に示す。

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 $P_{td} [\text{dBm/MHz}]$
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_o の差が 7 dB であることに起因しているが、伝送速度を 72 k b p s とすれば所要 C/N は 5.5 dB 小さくなり、所要空中線電力は 10 dBm となる。

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



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

図 1

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

正規化帯域幅 (遅延分散) に対する E_b/N_0 特性 (計算値)

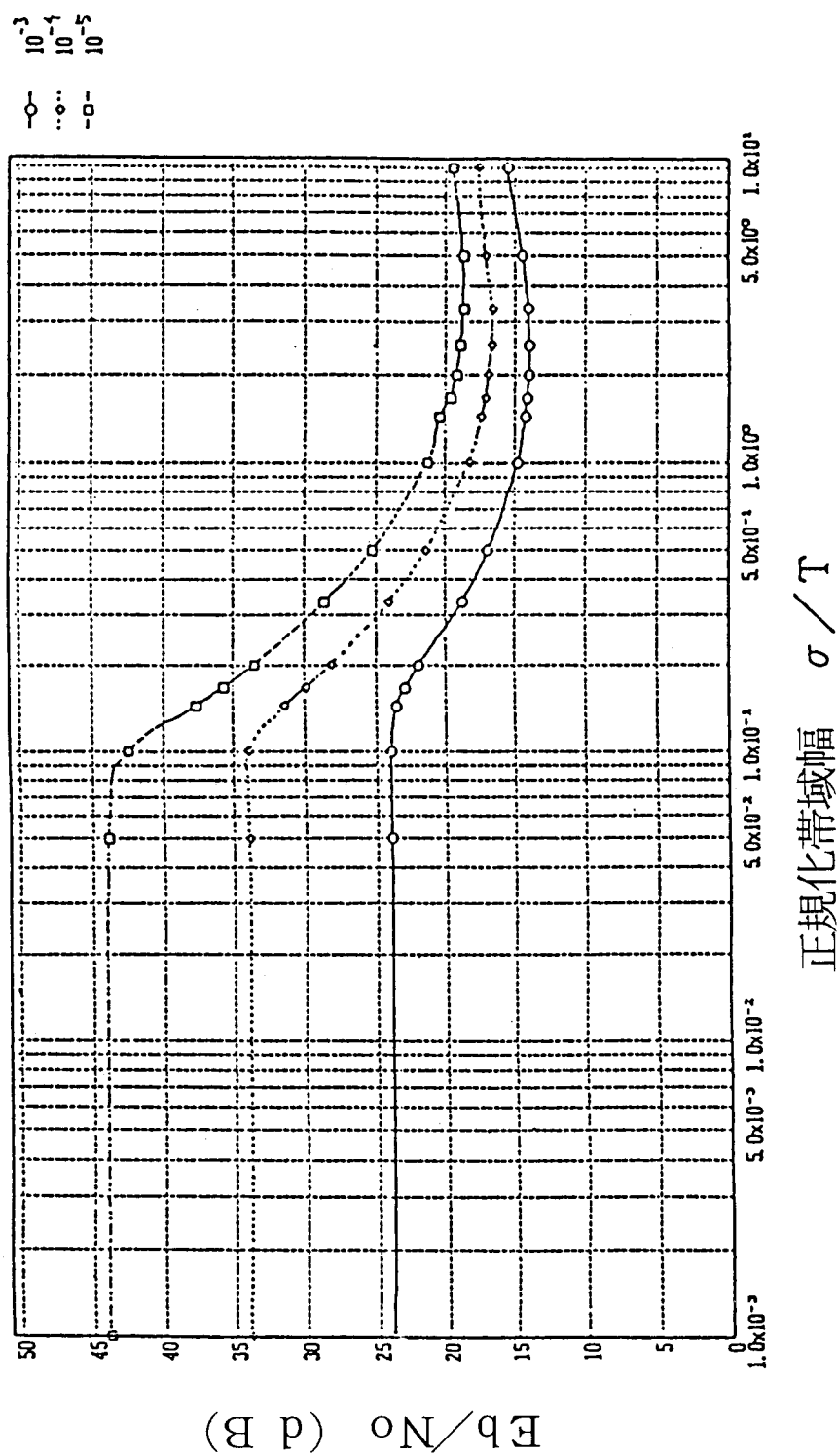


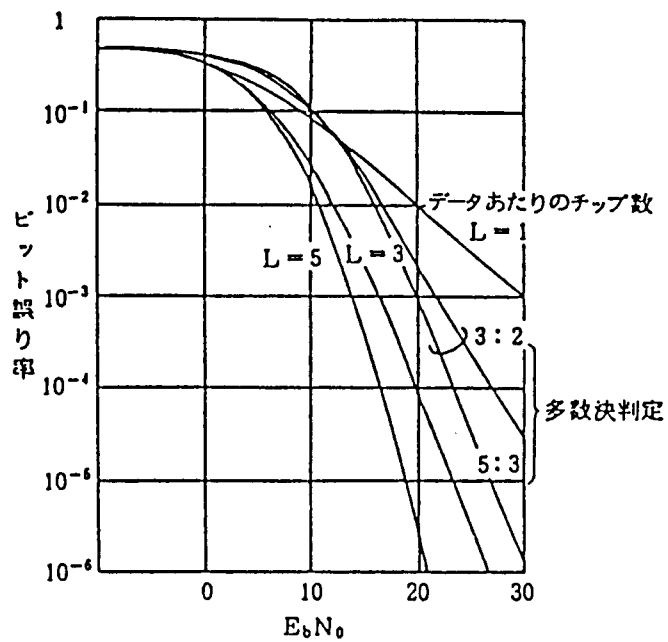
図 2

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

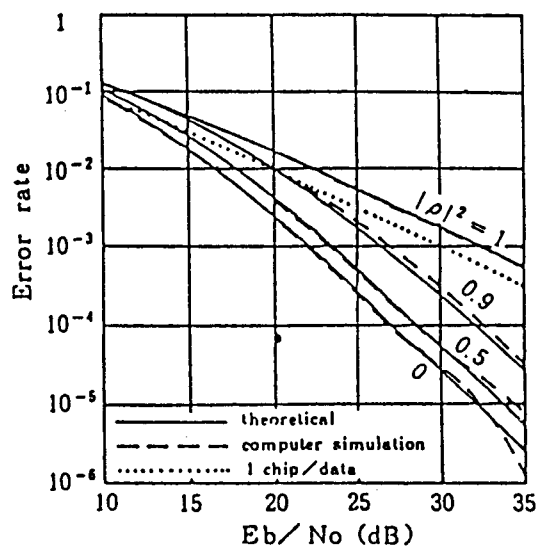
IEEE Commu. Magazine, pp.15-24, May 1989



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。

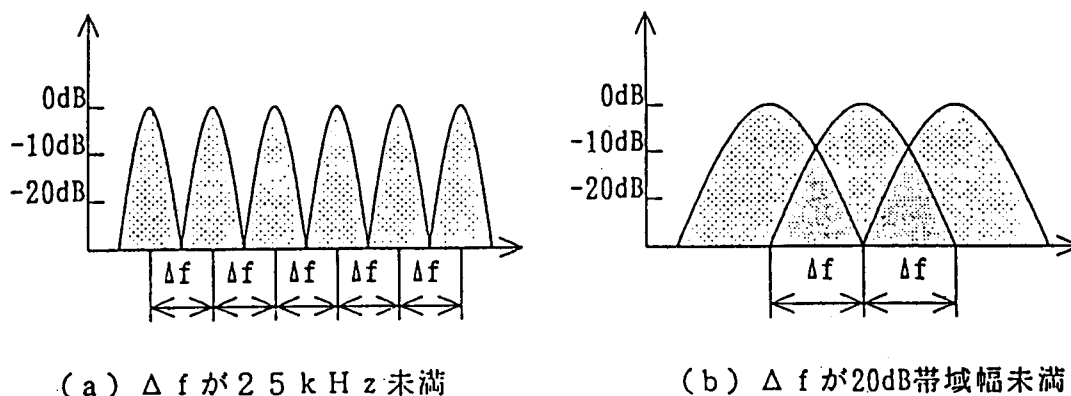


図1 FH方式において認可されない送信スペクトラム

(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。

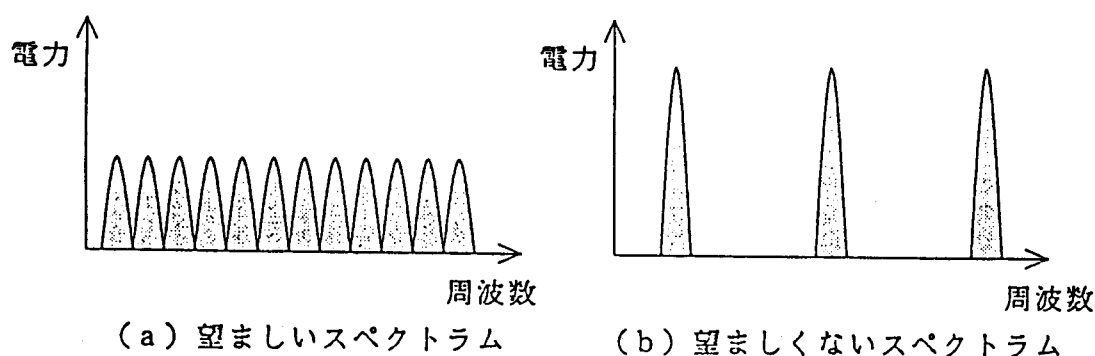


図2 総電力と占有帯域幅が等しく、密度電力が異なる2つのシステムの比較

(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）：D S / F H 方式の処理利得に関して規定している。17 d B は、F H 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）：D S / F H 方式の、F H 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、D S 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）：D S / F H 方式の D S 方式の部分の電力密度について規定している。限りなく F H 方式に近い（D S 方式による処理利得が、F H 方式のそれに比較して十分に小さい）D S / F H 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 / W G 18 による答申 T / R 1 0 - 0 1 (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 2 5 0 k b p s

(3) 空中線電力の総電力

尖頭電力で 1 0 0 m W (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 1 0 m W / M H z (e. i. r. p.) 以下

F H 方式 : 1 0 0 k H z の周波数帯幅での尖頭電力で 1 0 0 m W (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 に模擬的に示したように、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。

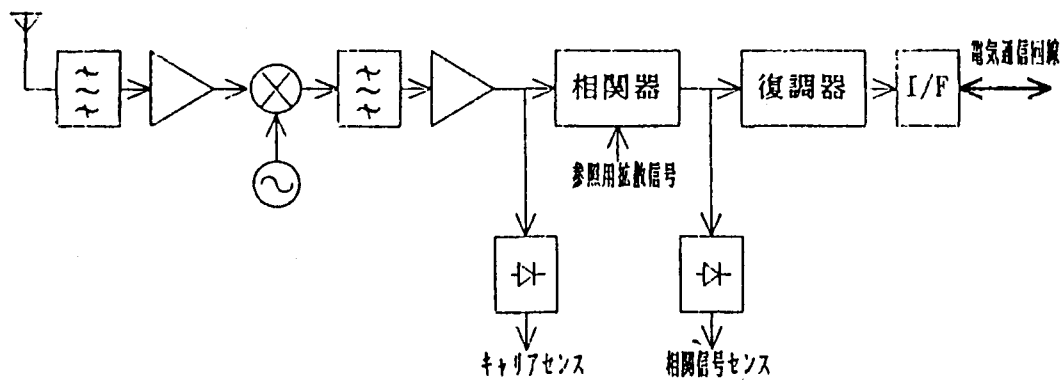


図1 受信装置におけるキャリアセンスと相関信号センス

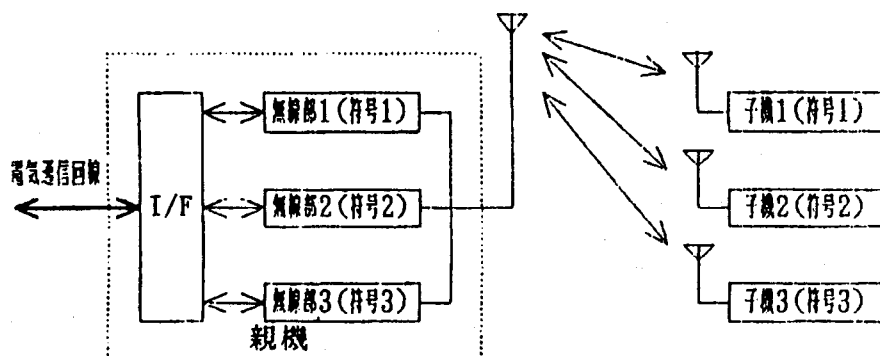


図2 CDMAの模式図

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

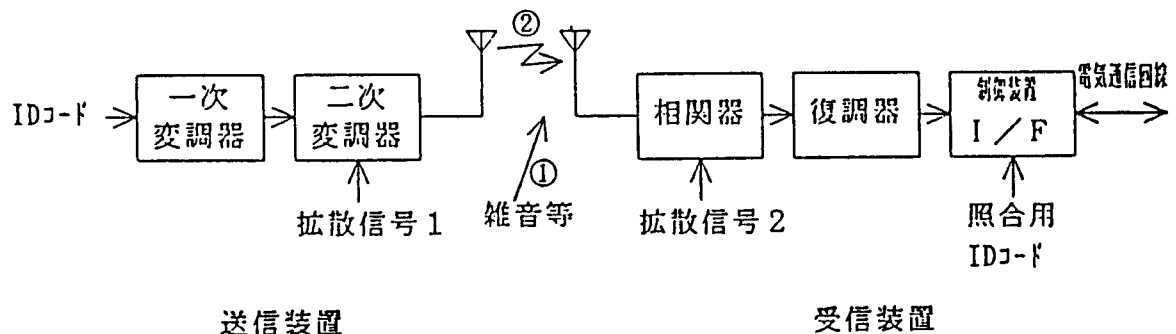


図 1. 1

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 氏 $l=2^n-1$	各 種 系 列 の 種 類 数 (10)						各 種 系 列 の 最 大 相 互 間 隔 の 絶 対 値 (1)						備 考		
		M 系 列 $QM(n)$ $p(l)/n$	プリファード M 系 列 $QMP(n)$ $M(n)$ 全組合せについて	特殊系列 $QPM(n)$ $l+2$	プリファード FG 系 列 $QGP(n)$ $l+2$	Gライク 系 列 $QGI(n)$ $l+1$	K 系 列		M 系 列 、 COMPUTER $lM(n)$ $l(n)$	プリファード M 系 列 $lMP(n)$ $l(n)$	特殊系列 $lPM(n)$ $l(n)-2$	プリファード FG 系 列 $lGFP(n)$ $l(n)$	Gライク 系 列 $lGI(n)$ $l(n)$		K 系 列	
							大 セ ッ ト $QKL(n)$ $2^{n-1}(2^n+1)-1$ $2^{n-1} \bmod (2^n+1)$	小 セ ッ ト $QKS(n)$ 2^{n-1}							大 セ ッ ト $lKL(n)$ $l(n)$	小 セ ッ ト $lKS(n)$ $l(n)$
3	7	2	2					5	$n, 4(3, 5, 15, \dots)$							Gold 符号数 $1/2 \times QM(n)C_2$
4	15	2	0	17	9	16	①	4	5	$n, 7$		9	9	9	9	465
5	31	6	3		33		②	8	9			9	17	17	17	
6	63	6	2		65		③		11			17	17			19,431
7	127	18	6		129		④	16	23	$n, 31$		17		33	33	576,408
8	255	16	0	257		256	⑤		41							
9	511	48	2		513				95			33		65	65	31,523,800
10	1,023	60	3		1,025		⑥	32	113			65		65	65	1.
11	2,047	176	4		2,049		⑦	64	393			65				1.623×10^8
12	4,095	144	0	4,097		4,096	⑧	128	287	$n, 127$		129	129	129	129	5.305×10^{10}
13	8,191	630	4		8,193		⑨	256	1,407			257	257	257	257	
14	16,383	756	3		16,385		⑩	2,091,280	703							
15	32,767	1,800	2	65,537	32,769	65,536	⑪	256	$> 5,631$							
16	65,535	2,048	0				⑫		$> 2,047$	$n, 511$						

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、D S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D S方式の場合と同等(10^3)と考えて良い。

D S/F H方式は、D S方式とF H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、D S方式又はF H方式の種類数を下回ることはない。

したがって、 P_{cc_1} を、

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

とする。

次に P_{cc_2} について検討する。S S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则认为られる。また、受信装置の相関器に与えられる拡散符号の速度は、受信信号に応じて同期化される場合が多く、多少の速度のずれは誤接続確率の低減に寄与しないと考えた方が良い。したがって、 P_{cc_2} を、上記の信号速度の12種類の倍の逆数として、

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

とする。

次に、 P_{cm} について検討する。情報信号の変復調方式として、拡散変調方式ごとに何種類の方式が出現するかを予測することは、システムの出現数にも関連するため極めて困難であるが、数種類～数十種類であろうと认为られるので、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。S S無線LANシステムの中心周波数は特に規定されないので、いかような値でも取り得る。また、中心周波数が情報信号速度程度離れたシステムからの信号は正しく復調できない。したがって、中心周波数の違いが誤照合確率の低減に役立つことになる。復調が不可能なチャンネル数 N_{ch} は、

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

B_1 : 利用周波数帯幅 [Hz]

B_2 : 占有周波数帯幅 [Hz]

R_d : 情報信号速度 [bps]

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

テムごとに異なるが、 B_2 の平均値は 10 MHz 程度、 R_d の平均値は 128 kbps 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増大することから、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200mW～1W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。

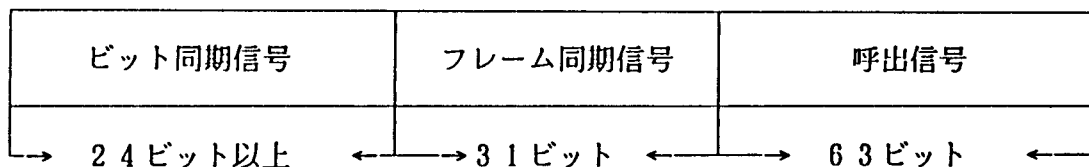
5 中継動作の必要性

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。

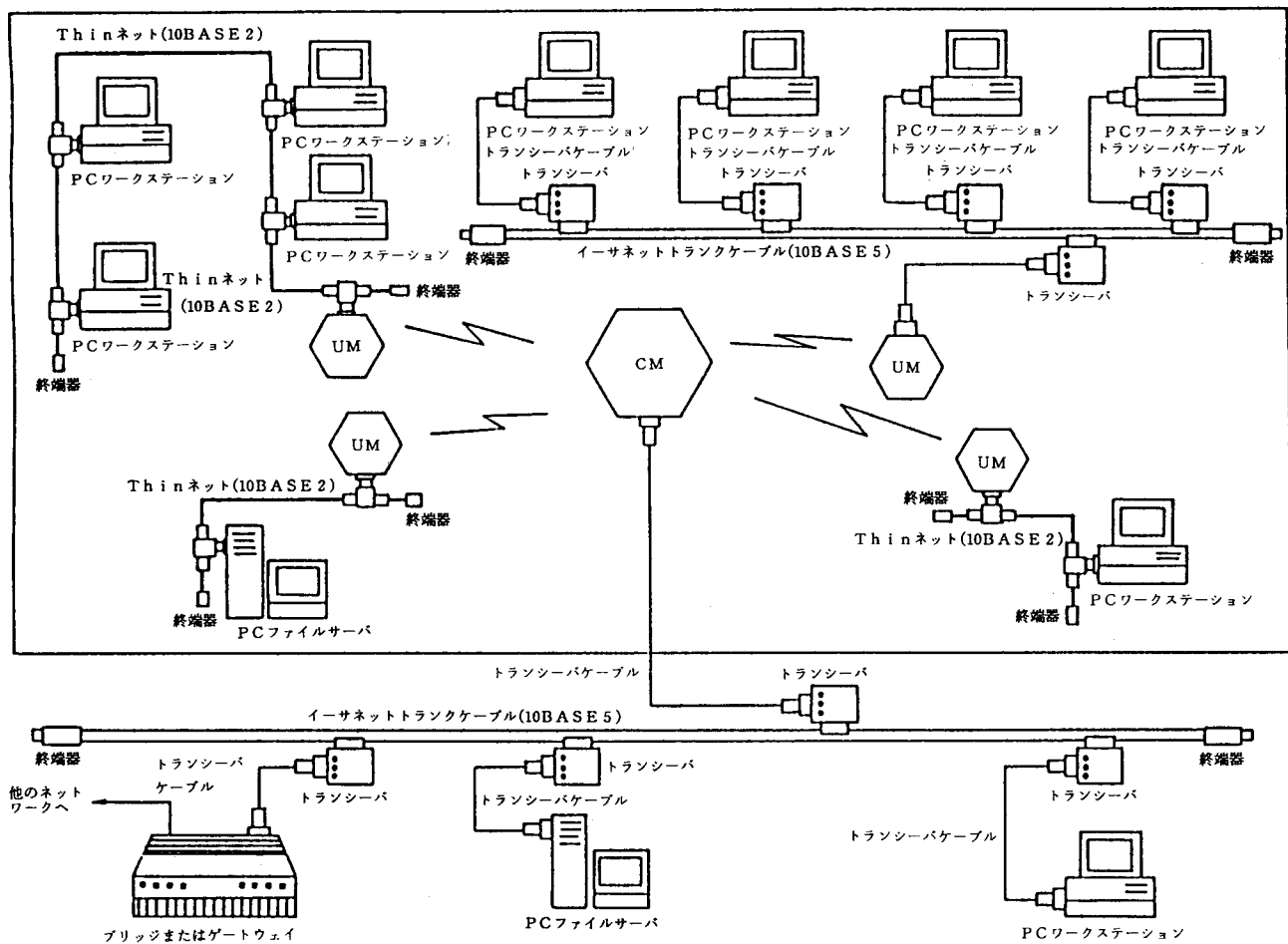
また、 $R(X)$ は、

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

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） $\pm 4.75 \text{ MHz}$ の4値FSK変調で 20 MHz 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に示す。また、 4 kHz 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に示す。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、 10 kHz の分解能周波数帯域、MAX HOLD、 50 MHz 掃引幅で測定されており 16.75034 MHz 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 10 MHz 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 20 MHz 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、 77 MHz 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、 100 MHz 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

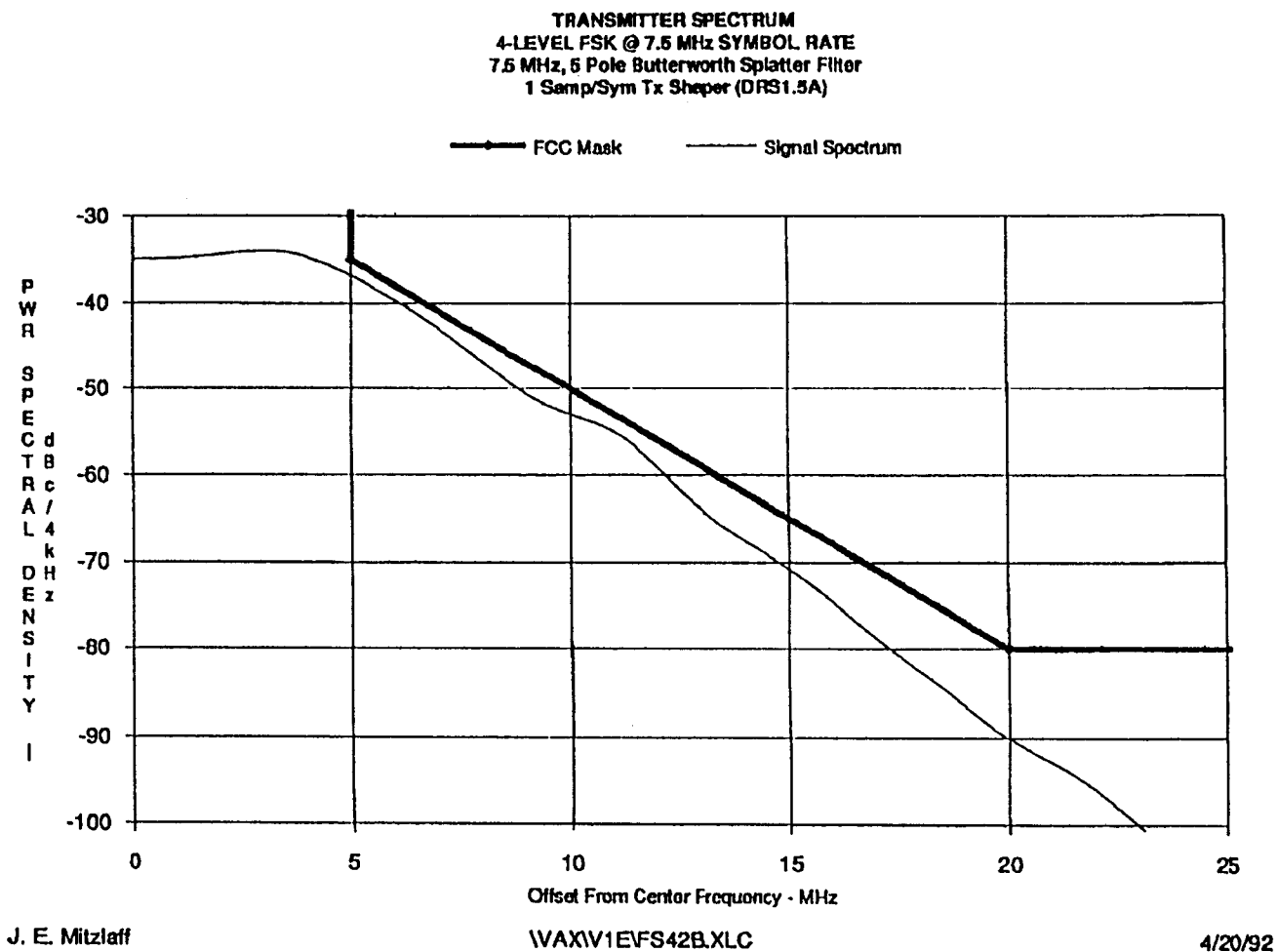


図1 4値FSK変調スペクトラムのスペクトラム強度

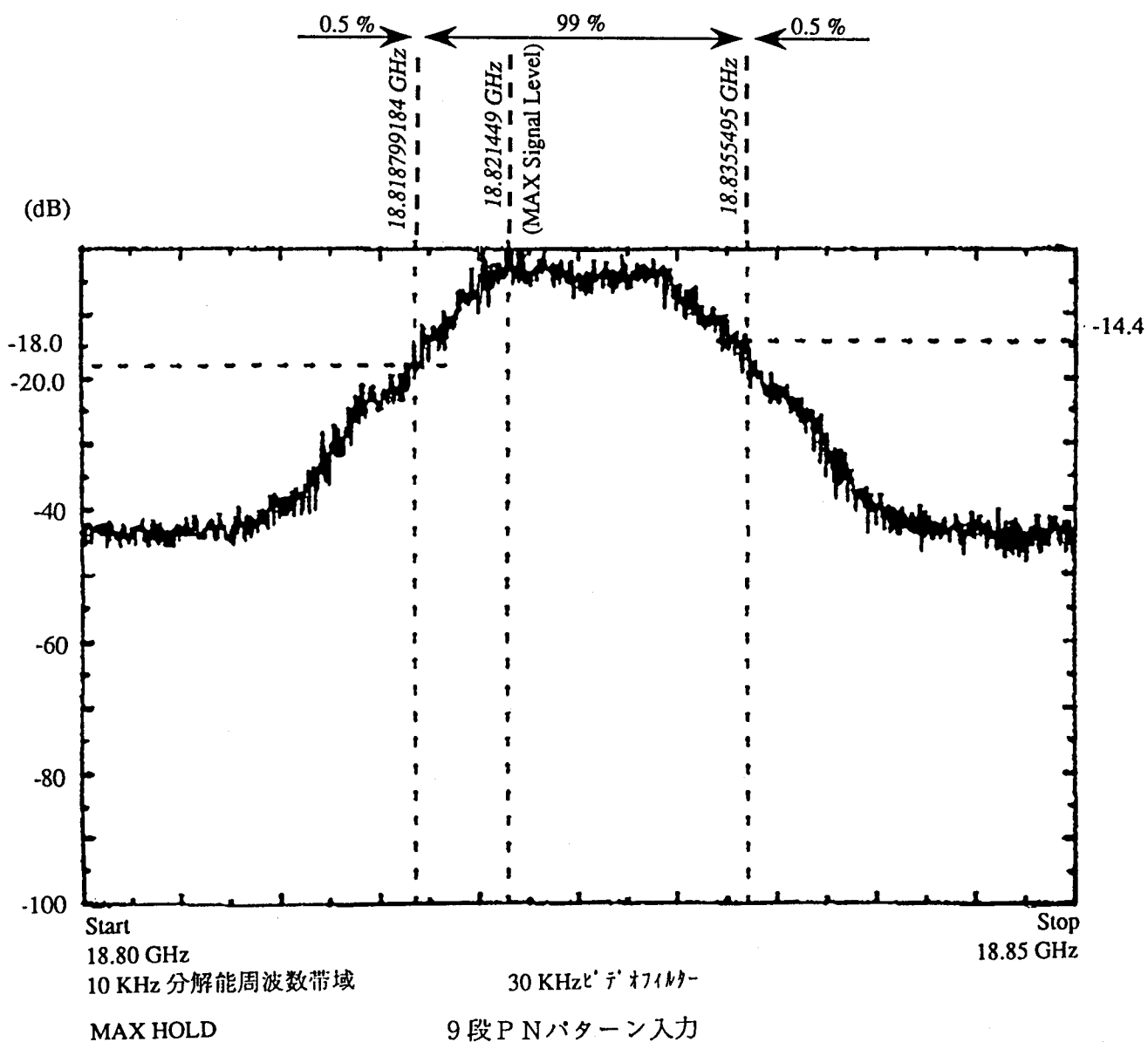


図2 占有周波数帯域幅の測定例

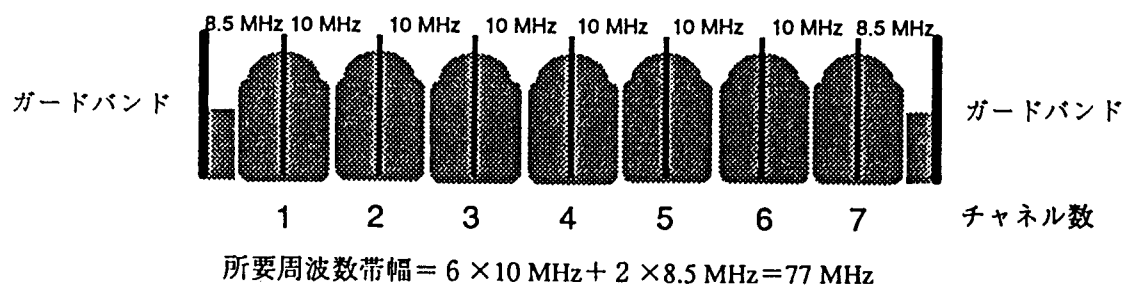
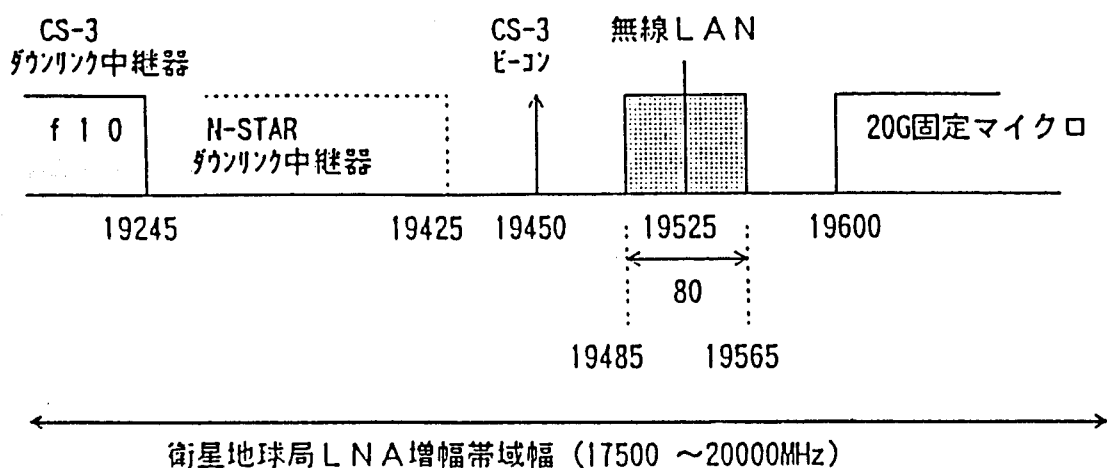


図3 チャンネル配置

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。

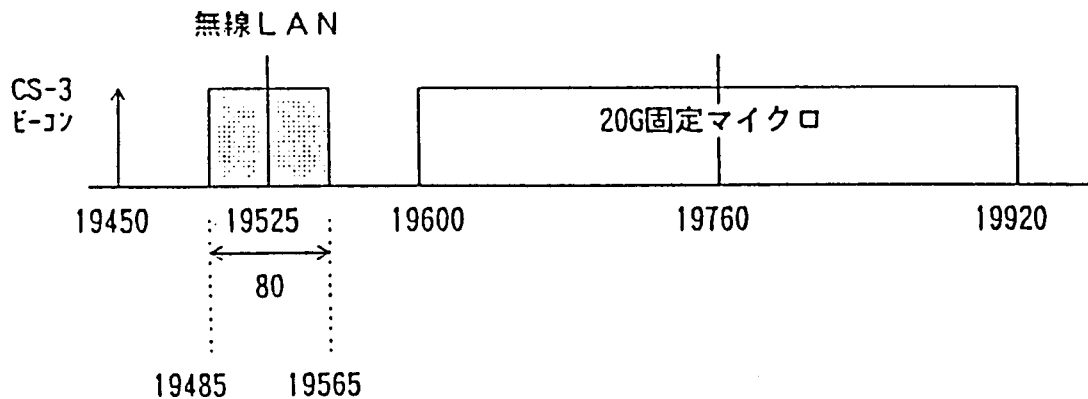
3. 地球局の低雑音増幅器 (LNA) への影響

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

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

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

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

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

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

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

$$D_{\text{20G}}(0^\circ) = 0 \text{ dB} \quad \text{IRF} = 26.7 \text{ dB} (\Delta f = 195 \text{ MHz } f_{\text{LAN}} = 19565 \text{ MHz})$$

$$D_{\text{20G}}(3^\circ) = 30 \text{ dB} \quad \text{IRF} = 47.8 \text{ dB} (\Delta f = 275 \text{ MHz } f_{\text{LAN}} = 19485 \text{ MHz})$$

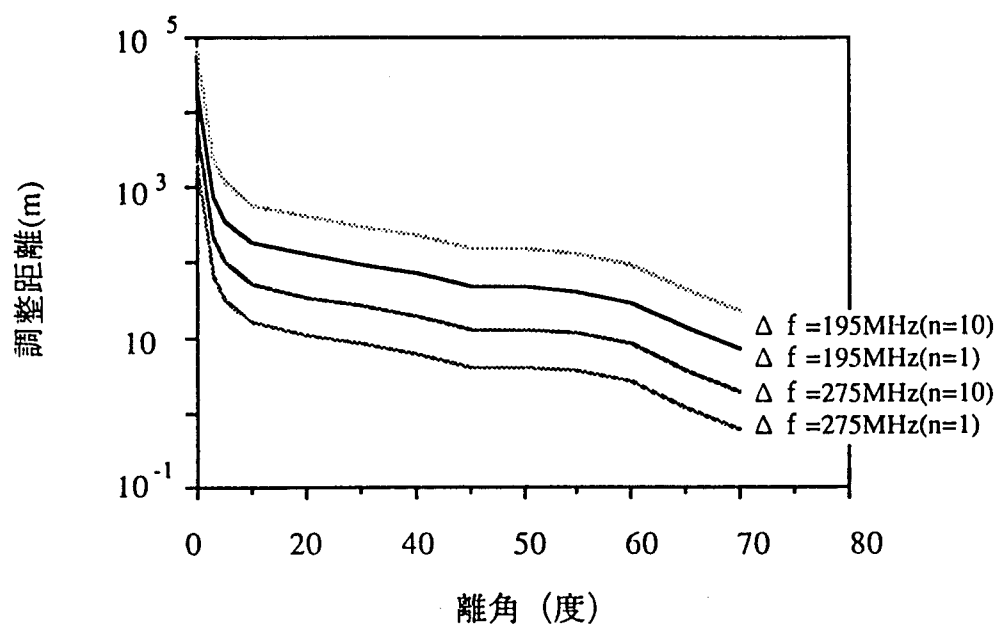
$$D_{\text{20G}}(30^\circ) = 45 \text{ dB}$$

調整距離計算結果 (Nは無線LANのチャネル数)

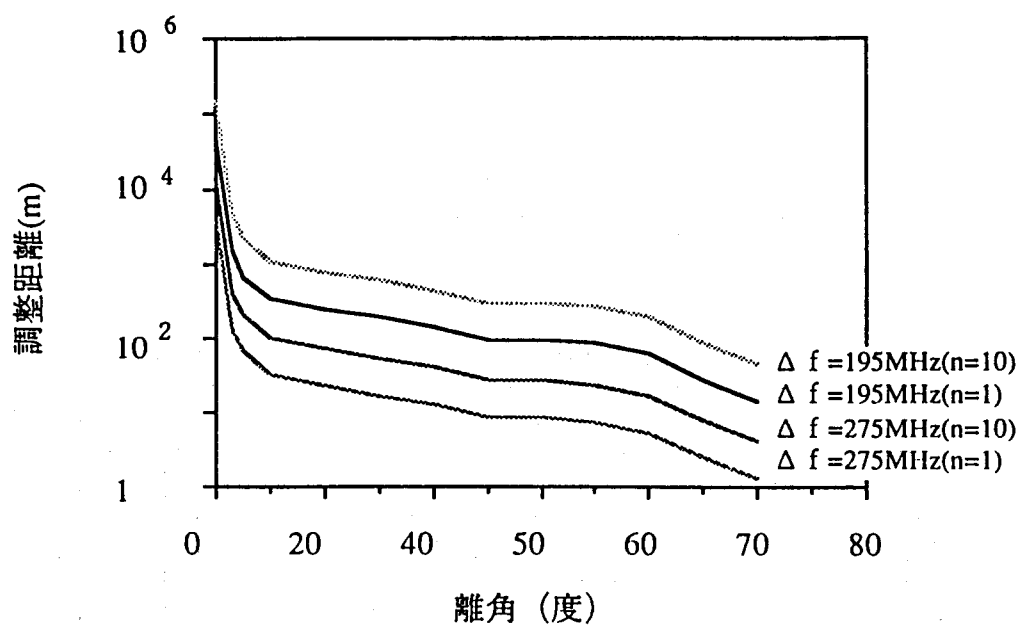
離角 (θ)	$D_{\text{20G}}(\theta)$	調整距離 (km)			
		$\Delta f = 195 \text{ MHz}$		$\Delta f = 275 \text{ MHz}$	
		N = 1	N = 10	N = 1	N = 10
0°	0 dB	22.4	70.8	2.0	6.2
3°	30 dB	0.7	2.2	0.06	0.2
30°	45 dB	0.1	0.4	0.01	0.04

無線LANと20GHz固定マイクロとの調整距離

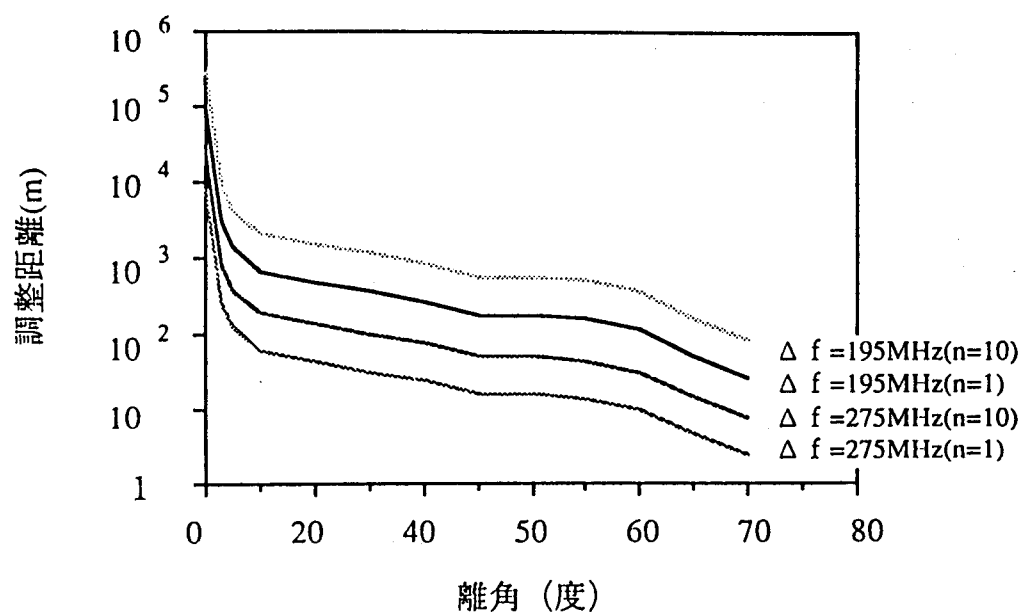
(1) 無線LAN出力：20mW



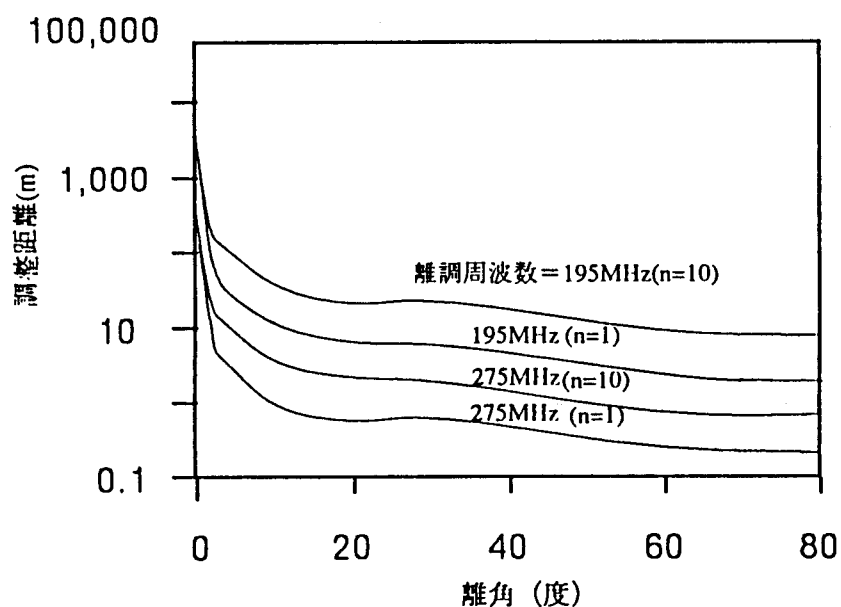
(2) 無線LAN出力：80mW



(3) 無線LAN出力：300mW



(4) チルト角付き 6 セクタアンテナを用いた無線LAN (出力 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

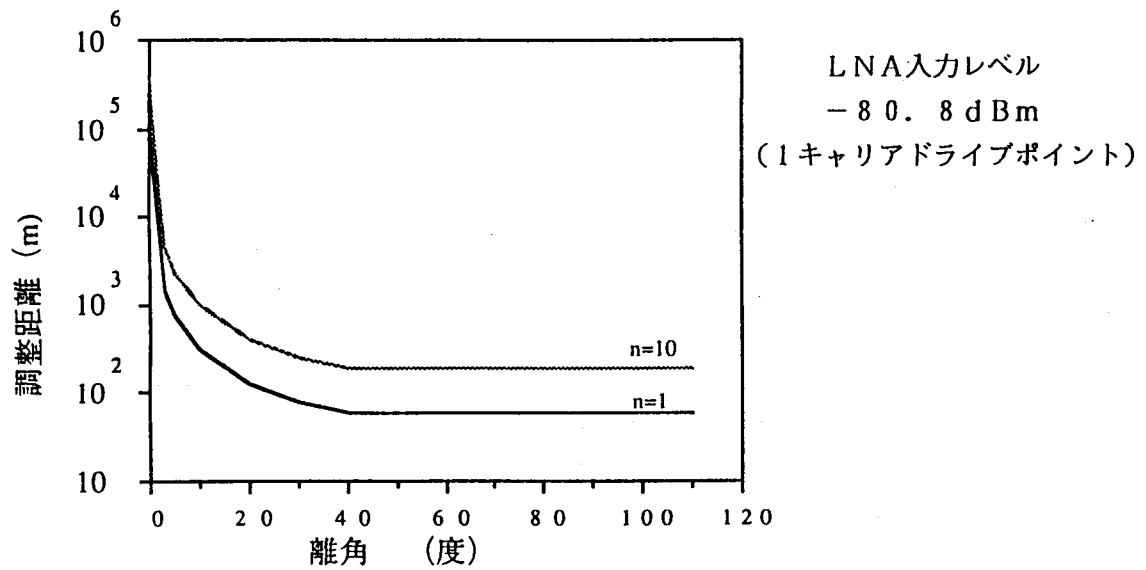
(イ) 6 セクターアンテナ構成に分散：
 $1/6 = 7.8\text{dB}$

(ウ) TDDデューティ比：50% = 3 dB

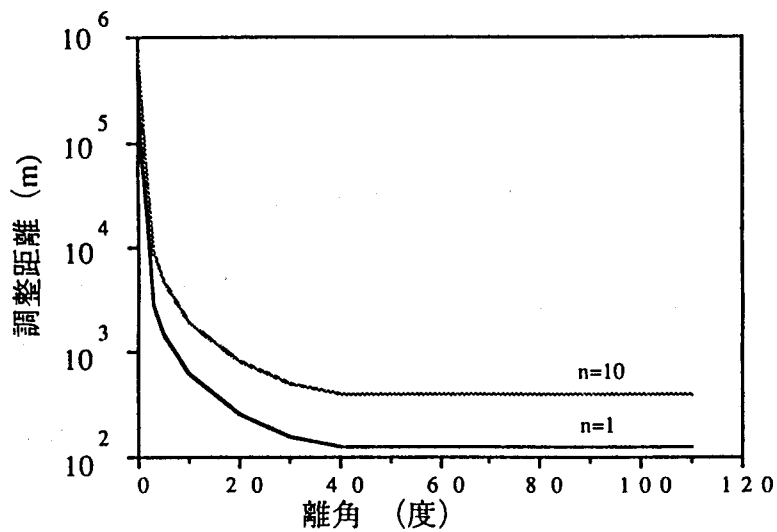
(エ) ガラス窓の損失：5.4dB

(オ) ビル外壁のガラス窓占有比：
50% = 3dB

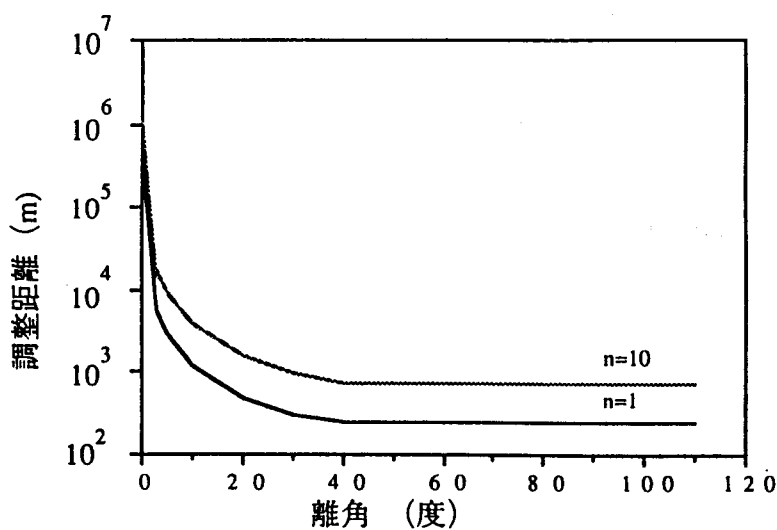
(1) 無線LAN出力：20mW



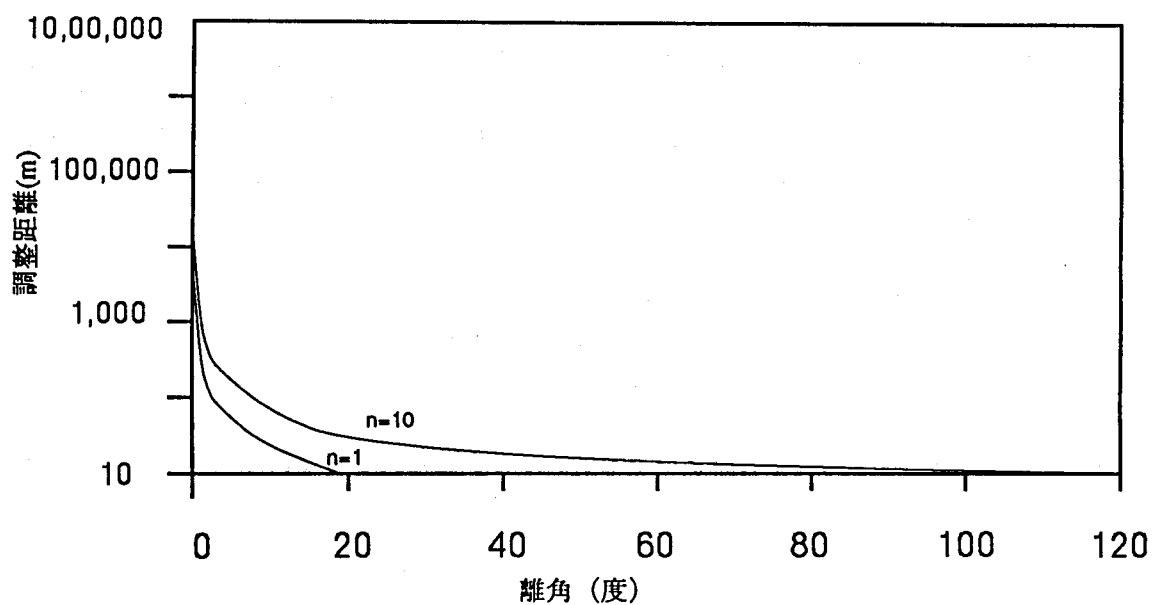
(2) 無線LAN出力：80mW



(3) 無線LAN出力：300mW



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



伝搬損失に以下の要素を追加。

(ア) チルト角付きにより水平方向利得低下：
5 d B

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

(ウ) TDDデューティ比：50% = 3 dB

(エ) ガラス窓の損失：5.4dB

(オ) ビル外壁のガラス窓占有比：
50% = 3dB

無線 LAN システムに適した受信感度の測定法

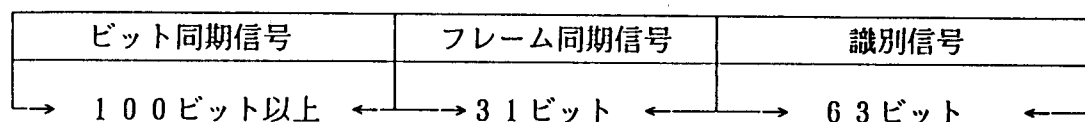
無線 LAN システムではメッセージデータは分割され宛先、誤り検出情報等の情報を付加したパケットとして送出される。無線回線の品質劣化により生じた誤りは上記の誤り検出情報により検出され、パケット誤りと判断され再送処理が行なわれる。パケット誤りの増加はシステムのスループット能力の低下を引き起こす。パケットの長さと誤り検出情報の構成は個々の無線 LAN システムにより最適化されるものとの考えで本無線 LAN システムでは一般化を行なわないことになっている、しかしこのパケット誤り率を測定することでこのシステムの受信機感度特性を客観的にシステム評価することが出来る。通常スループット能力の低下の評価基準は 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 M b p s の無線 LAN では $300 \text{ バイト} \times 8 \text{ b i t} \times 5,000 \text{ 回} / 3 \text{ M b p s} = 4 \text{ 秒}$ 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、

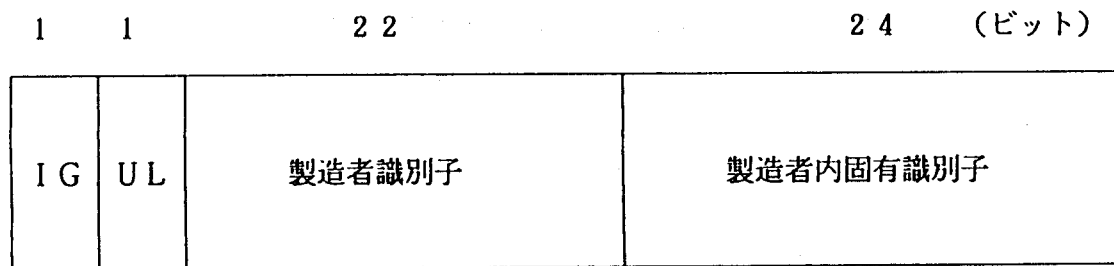
$$X^{12} \cdot \left(\sum_{i=0}^{50} b_i X^i \right) \text{ を } (X^{12} + X^{10} + X^8 + X^5 + X^4 + X^3 + 1)$$

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、48ビットで構成。（16進数を利用）

2：ビット構成の内容

- ・IG（個別／グループ・アドレス）：1ビット
(0＝個別、1＝グループ)
- ・UL（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）：22ビット
- ・製造者内固有識別子（製造番号等）：24ビット

3：上位24ビットは、IEEE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と速度は低いが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、米国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。

こうした動きに呼応して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来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(RCCR)に無線LANシステム開発部が設けられ無線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の審議を開始し、更に電信電話技術委員会(TTC)にて上位プロトコルに照準した検討を始めるなど、無線LANの実現に向けて急速な展開を見せている。

現在、IEEE802.3 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は米国と同様に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/(1-10 ⁻⁷ ・日) |
- *:IEEE802.11の目標値と同じ

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

2.3 サービスエリアと分配システム

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

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

2.4 通信形態

BSA内の通信形態には、アクセス制御系並びに情報伝送系の構成方法から、図3に示すように三つの形態が考えられる。形態1はアクセス制御系及び情報伝送系ともに分散方式で行おうとするもので、形態2は両者とも集中方式で、更に形態3はアクセス制御系は集中方式で、情報伝送系は分散方式で行おうとするものである。表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。

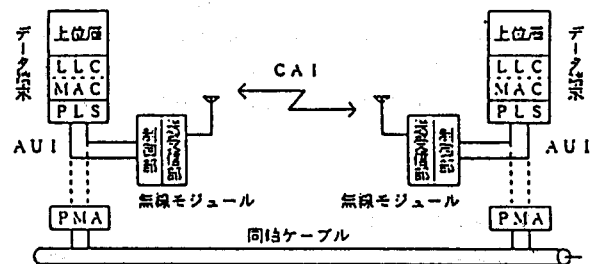


図1 無線LANシステムのレイヤ構造

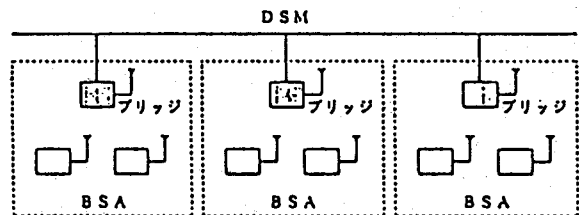


図2 無線LANシステムの構成

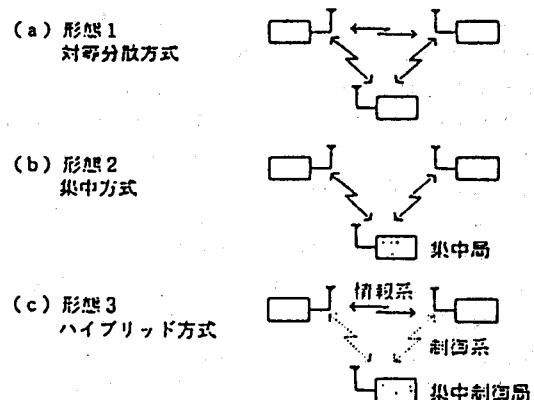


図3 無線LANシステムの通信形態

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、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ろう。従って無線モジュールの大きさは自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く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自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・グイバ

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、15 Mb/sまで伝送できる集束方式の無線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-VP:図7)、RZ

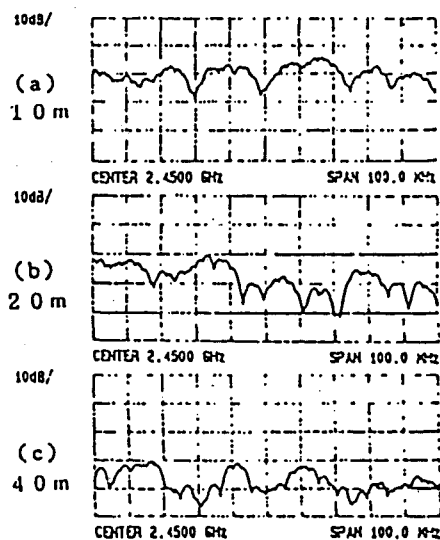


図4 周波数選択性フェージングの測定例

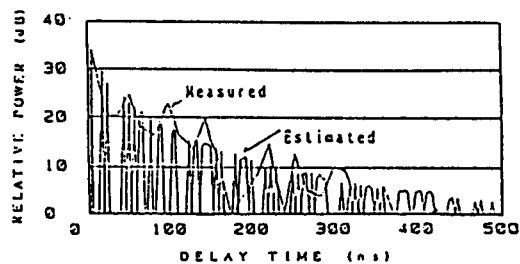


図5 遅延分散プロファイルの測定例
(文献[7]より転用)

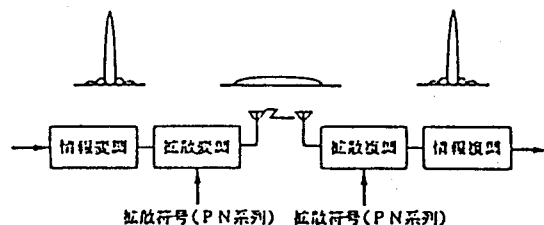


図6 スペクトラム拡散方式の原理

(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帰還型等化器では、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タに通し、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タの係数を設定する。トレーニング後は、判定(復調)結果を適応フィルタ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タ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ろう。なお、適応フィルタ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(ARQ: 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 μ secオーダの時間を要しAUI接続性に支障を来す。周波数選択性フェージングの影響が大きい時は激しいバースト誤りを生じるのに対して、緩慢な時はビット誤りを生じない(エラーフリー)など、室内無線伝搬に特有な誤り発生パターンの特徴を踏まえた処理時間の短い符号方式の選択が必要である。

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

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

(3) 多数回送方式

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

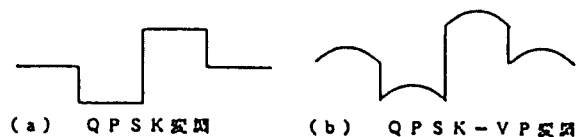


図7 QPSKとQPSK-VPの位相変化

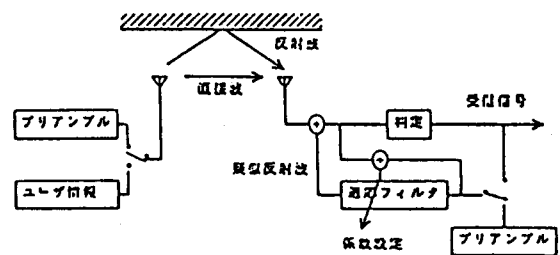


図8 判定帰還型等化器の原理

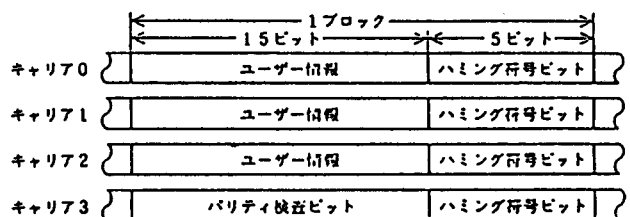


図9 マルチキャリア伝送における誤り訂正符号の例

3.3 アクセス制御技術

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

(1) 対等分散方式におけるアクセス制御

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

ところで、IEEE802標準化委員会に受け継がれている設

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

一方、“lost packet”とは、送信したパケットが何らかの原因で紛失し、これに送信側及び相手側双方が気がつかない現象を言い、相手方から誤りなく受信した旨を知らせるACKが所定の時間内に返送されないことによって、送信側が異常発生を知り再度送信を試みる。これが頻発すると送信側の極端なスループット低下を来することになる。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。

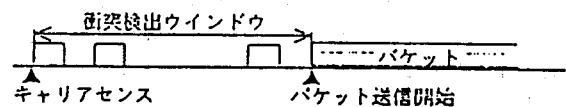
レベル検出方式は10BASE5にて採用されているもので、送信信号が直流的に一定量シフトするようマンチェスタ符号化されており、衝突によって直流成分のシフト値が変化することを利用している。衝突検出までに要する時間が短い、すなわちスループット上の劣化が少ない、ハードウェア量が少ないなどの長があるが、マルチバスにより信号レベルが大きく変化する無線LANへの適用は原理的に困難と言えよう。

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ト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 $1/n \cdot C$ 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]。

(a) 衝突無しの場合



(b) 衝突有りの場合

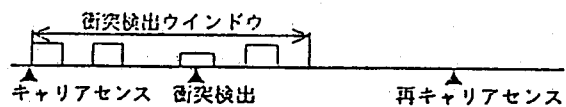


図10 ランダムパルス送出方式の原理

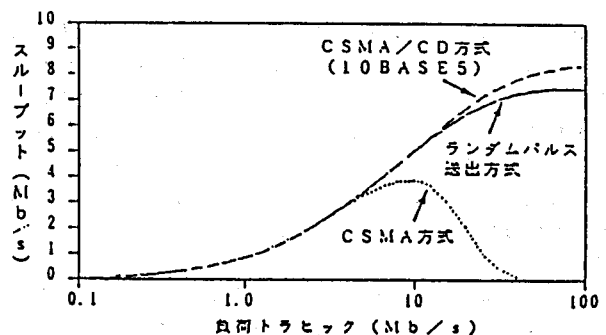


図11 ランダムパルス送出方式のスループット特性
(文献[14]より転用)

(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量のパケット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ーベーション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、ないものとみなしパケット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が)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グムパルス送出が効果的と思われる。実験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。

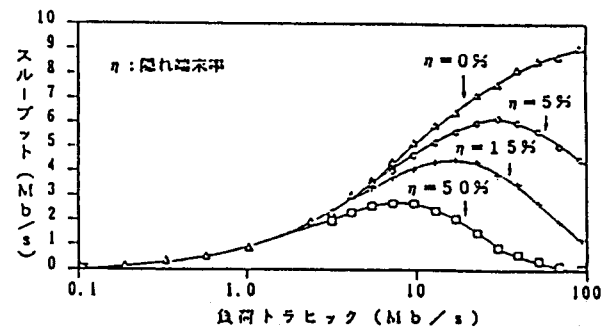


図12 隠れ端末によるスループットの劣化 (文献[15]より転用)

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共振源としており、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ばラング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保障する、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70 MHz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19.9 dB、99%値にて10.8 dB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. おわりに

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気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 河野隆二助教授、並びに電気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。

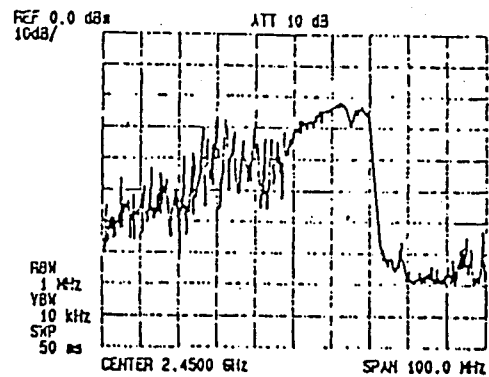
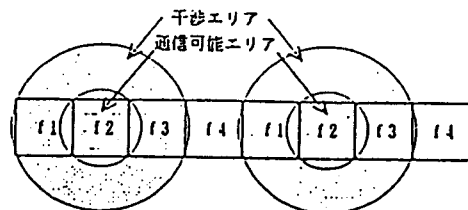


図1-3 電子レンジの放射スペクトル測定例



C/I: 平均19.0 dB、99%値: 10.8 dB

図1-4 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(スペクトラム拡散型電波放射器) (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 回路とシステム縦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", 信学第11回, 173-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の室内伝送特性", 信学春大会, 58-1-7, pp. 2-397-2-398(1991-04).
- [12]三瓶政一: "フェージング対策", 信学第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。