

xDSLの現状

梅山 伸二

名古屋めたりっく通信

愛知県名古屋市東区東桜1-13-3

概要：DSL(デジタル加入者線)技術を利用した通信の現状について、普及状況、回線品質の問題、実際の接続状況、対称通信速度のサービス、新しいxDSL方式、制度上の問題点等について報告する。

1. 普及状況

国内での公衆網上でのDSL技術の利用は、1997年に長野県で行われた一連の「xDSL利用実験」に始まり、1999年秋に商用のサービスが開始された。当初は、過度的な技術と言われ、必ずしも高い評価をうけていなかったようであり、一般への普及もあまり進まなかったが、2000年12月の、NTT(以下NTT東日本、NTT西日本をあわせてNTTと略記)の「フレッツADSL」サービス開始のアナウンスにより一躍ラスト1マイル通信の主流に踊り出た感がある。ADSL、SDSL等のいわゆるxDSLによる通信の特徴は既存の電話回線を利用することであり、新たな通信回線の敷設を必要としない。電話回線の引かれている所なら原則どこでも利用できるものであり、ラスト1マイル通信技術の中で最も早く、広く、普及できる可能性をもっている。

NTT電話網でのxDSLの利用状況は、旧郵政省(現郵政事業庁)ホームページ

<http://info.mpt.go.jp/whatsnew/dsl/>

に公表されている。2000年12月時点では、8300加入者でありまだ少ないが増加率は大きい。利用可能地域は、東京都23区、大阪、名古屋の中心部の大都市が中心だが、九州の一部、栃木県宇都宮市、千葉県の一部など地方にもサービス事業者が生まれつつある。めたりっくグループ(以下、東京めたりっく通信、大阪めたりっく通信、名古屋めたりっく通信を合わせてめたりっくグループと略記)では、東京、大阪、名古屋をあわせて2000年末で約50万加入者分の設備を用意してある。2001年末には設備は100万加入者分となる予定であり、加入者数も30万以上を見込んでいる。NTTおよび他の事業者を合わせれば、2001年中に100万加入者に届くかもしれない。

xDSLによる通信は、NTT回線を利用する大都市部でのサービスの他に、地方の「有線放送電話網」を利用したサービスが活発に行われていることも特徴である。「有線放送電話網」は、NTTの電話網が普及する以前に主に農村地域で自主的に行われてきた、放送と電話機能をあわせた通信網であり、1970年には約2000組織により300万加入者にサービスを行っていた。NTT電話網の普及とともに衰退し、現在では350組織、80万加入者になっているが、xDSLの利用にはNTT電話回線より有利な点もあり、各地でxDSLの利用が

始まっている。2000 年末で、xDSL を利用している有線放送電話網は、長野県、滋賀県、山口県、香川県、神奈川県、山形県にわたり、約40組織で3000加入者程度にサービスを行っている。特に長野県北部ではNTT回線を利用したサービスに先立ってサービスが開始され、一時期は東京をしのぐ加入者にサービスが行われた。また、これら有線放送電話網でのxDSL利用はインターネット接続にとどまらず、地域イントラネットの基盤として、行政、教育等での利用が行われており、電話局を起点とするネットワークというxDSLの特性を生かした利用がなされている。

2. 回線品質

2.1 ISDN との干渉

国内でのxDSL利用にはISDNとの干渉問題が避けられない。実際ISDN信号の漏話は大きい。図1は極端な例であるが、ピーク-90dBm/Hz程度の漏話は普通である。Annex-AによるADSLを利用した場合、開通時に5%程度の頻度で速度の低下やリンク不能が生じている。Annex-Cを利用するとほとんどはリンクできるが速度低下は残ることも多い。図1の例では、G.lite Annex-Cを用いても640kbpsの下り速度しか得られなかった。なお、xDSLからISDNへの影響については、NTTから、認められなかった、と聞いている。

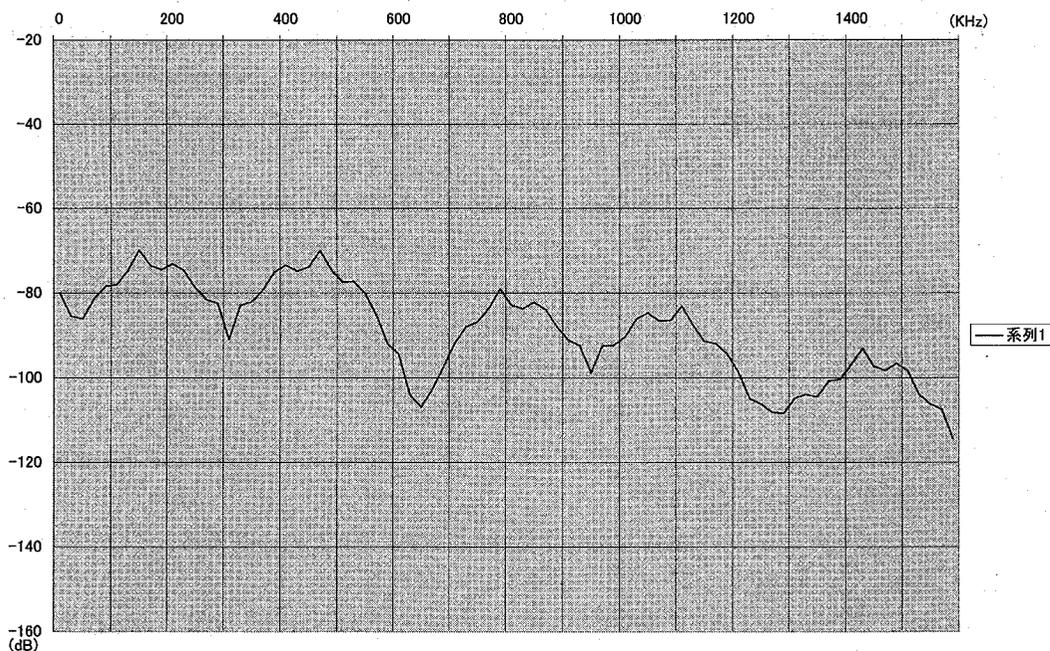


図1：ISDNからの漏話例

2.2 AMラジオ波

回線がAMラジオ波を拾うケースも多い。図2は名古屋での例であるが、東京でもこの程度の雑音はよくある。AMラジオ波の周波数は520kHz以上なので、G.liteの場合には

影響は少ないはずであるが実際には速度低下を生じることもある。SDSL や G.dmt によるサービスでは AM ラジオ波が ISDN 以上に障害となる可能性がある。

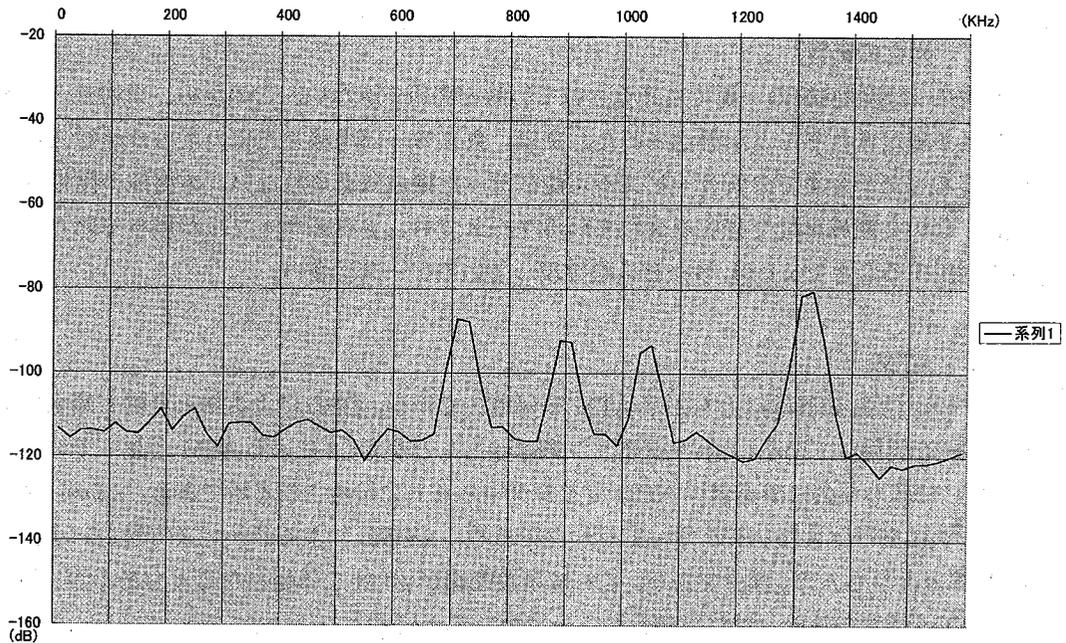


図 2 : AM ラジオ波の例

2. 3 構内配線の問題

オフィスビルや集合住宅などビル内の加入者の場合、ビルの構内配線で雑音を拾う場合が多い。ISDN との干渉も、NTT のケーブルではなく、構内ケーブルで生じている場合がある。AM ラジオ波も構内ケーブルが拾っているようである。そのほか、オフィスビル、特に店舗等の入った雑居ビルでは雑音レベルが高いことが多い。極端な例ではノイズフロアが -100 dBm/Hz もあるケースがある。様々な雑音に乗っているのであろうが原因は特定できない。

個人宅ではビルのような雑音は少ないが、宅内での電話ケーブルの使い方が開通時のトラブルの原因となる。開通時障害の 20% 近くはこれが原因である。今では電話線には様々な機器が繋がれているし、各部屋への電話線の引き回しも多い。電話ケーブル工事は業者まかせなため、加入者もよくわからない、というケースが多い。

3. 実際の接続

3. 1 通信速度

2. に述べたように電話回線の品質は決して良くはなく、ITU-T が性能評価の基準としている -140 dBm/Hz というノイズフロアはほとんどありえない。よくて -120 dBm/Hz である。このため公称の通信速度は得られないケースが多い。640kbps 未満の通信

速度しか得られない場合が数%ある。また接続不能の場合も1%程度生じている。これは、遠距離の場合および雑音レベルがあまりに高い場合である。

3. 2 光化の影響

xDSL は電話回線の一部でも光化されていると利用できない。このため、当初サービスエリアが限定されることが懸念された。実際、東京の一部地域で光化のためサービスが不可能であったが今までの所サービス不可能になった地域はあまりない。市街地や団地などでビルないし地域単位で光収容されているケースでも、メタルケーブルが残っており、これを利用することでxDSL サービスを実現しているケースは多い。

3. 3 ATM

現在のxDSL 装置はほとんどがATM を利用している。DSL による加入者側も端末までATM を使用しているし、バックボーン側はほとんどがOC3 によるATM となっている。TCP/IP に落ちるのは事業者のNOC でインターネットに接続される所である。xDSL ネットワークは実は巨大なATM ネットワークである。xDSL によるサービスで難しい点は、DSL 部分よりもATM 部分である。これは事業者側がATM に不慣れなこともあるが、使用するATM 機器の性能、特に信頼性が十分でないことにもよる。

4. 対称通信速度のサービス

ADSL はその名前のとおり下り通信速度は高速だが上り通信速度は低い。インターネットアクセスに特化した方式であって、情報発信には向いていない。企業や、いわゆるSOHO では情報発信のため対称の通信速度を希望するケースが多い。めたりっくグループの場合加入申し込み者の10%程が対称通信速度のサービスを希望している。

ITU-T 標準では一般向けの対称通信速度の方式がないため、非標準の古いSDSL 方式を利用せざるを得ない。SDSL の殆どは古い2B1Q とエコーキャンセラーの方式であるため以下のような問題がある。

- DC から使用するため電話と重畳できない。タイプ2 のいわゆるアナログ専用線が必要。
- 使用帯域のわりに速度が遅い
- 雑音に弱い。SDSL によるサービスが増えた場合相互の干渉により性能が劣化する。
- ADSL サービスに対してはISDN 以上に干渉する。

特に最後の問題点は今後影響が大きい。

5. 新しいDSL 方式

5. 1 Annex-H

正確に言うと、G.dmt のAnnex-H である。ADSL の標準方式のAnnex であるが対称通信速度といういささか奇妙な性格のものであるが、Annex-C のFBM モードという完全

に ISDN に同期した動作を、時分割多重なのだから全帯域を使おう、としたものと理解できる。時分割多重なので通信速度は対称になる。日本固有の標準ではあるが、4. でのべた対称通信速度を実現するには適した方式といえる。時分割多重は基準となるクロックがしっかりしないと困難であるが国内では ISDN という強固なクロックがあるのでこれを基準とすれば同じ帯域で非対称通信速度 (ADSL) と対称通信速度の共存が実現できる。なお、NTT の「ISDN と共存する DSL サービス」は Annex-H を使い、DMT のいくつかのトーンを ISDN の通信に割り当てるもの、と想像している。

Annex-H 標準は 2000 年秋に ITU-T で承認されたが、製品が出回るのは 2001 年 6 月以降になるだろう。

5. 2 VDSL

より高速の通信を実現しようとする VDSL は、ITU-T での標準化が中断されている。机上での議論をひとまずおいて実装による評価を行おう、ということのようである。すでに VDSL と称する製品は出回り始めており、USA や韓国、香港等での利用開始が報じられている。これらの VDSL は ITU-T の Plan997 や Plan998 に必ずしも準拠しておらずメーカー独自のものが多くある。国内メーカーも独自の方式による「VDSL」製品をラインナップしている。

VDSL は、1 km 以下の短距離で 50Mbps 程度的高速通信を実現しようとするものであり、光ファイバーの先の「ラスト 0. 1 マイル」で利用することを目的としているが、2 km 程度の距離なら 8Mbps 程度の通信を実現できる可能性があり、公衆回線上での利用も不可能ではないと思われる。

6. 制度的な問題

6. 1 端末開放

へんないい方であるが、正式に言えば、ADSL モデム (加入者側 ADSL 装置) の JATE 認定である。現在 ADSL 加入者側装置は JATE の認定をうけていないので、装置の設置は指定業者による「宅内工事」によって行わなければならない。JATE 認定を受ければ現在の ISDN ルータのようにユーザが自由に機器を購入し自分で接続できるようになる。事業者にとっては「宅内工事」の手間がはぶけ、ユーザが自由に機器を選べるようになれば市場原理によって製品の質の向上も期待できる。一方困ったこともおこるようになる。現時点では、ADSL 装置は ITU-T 標準に従った製品といえども完全な相互接続は保証されていない。JATE 認定は接続を保証するものではなく、接続しても良い、という許可であるとはいえ、ユーザが自由に製品を購入しても接続できなければ困るし、クレームが事業者に殺到するような事態になる恐れもある。JATE 認定自体はこの春にも実現するようであるが、ユーザは事業者が接続を保証する機器を選ぶようにしてもらわなければならない。JATE 認定手続き自体も若干おかしな点がある。JATE の事業者への説明では、事業者毎に申請し認定を受

けるように、とのことであるが、認定自体は事業者の区別はされないだろう。A 業者が認定を受けた製品が B 業者では認定されていない、ということになり、しかもそれが明記されなければユーザは混乱するだけである。通信事業者が NTT しかなかった時の制度をそのままあてはめることは無理であろう。

6. 2 スペクトラムマネジメント

今や電話回線には、ISDN、ADSL、SDSL といった様々な方式の通信がとびかうようになった。それぞれは異なる周波数帯域を用い多重化方式も、時分割、周波数分割、エコーキャンセラー、と異なっている。これらを相互に干渉することなく運用するためには、電波の利用と同様の「交通整理」が必要となってくる。このため、スペクトラムマネジメントの活動が始められている。

厳密に周波数帯域の棲み分けを考えようとする、これはもはや不可能である。利用可能な帯域はせいぜい 1 MHz 程度であるがこれは ADSL がすべて使いつくしている。(国内では ISDN が使いつくしている。) 新たな方式に割り当てる余地はない。VDSL は 20MHz までの帯域を使うが、これはごく近距離の場合である。ITU-T の審議では、VDSL に ADSL 帯域を使わないオプションが検討されている。なお、国内では、5. 1 にのべたように、ISDN クロックに同期させた時分割でのマネジメントがある程度可能である。

実現可能なのは、周波数帯域のマネジメントではなく、電話ケーブル内でのお互いの収容位置のマネジメントであり、この方向で検討が進められるであろう。その場合のルールはすでに稼動しているサービスを妨害しない、ということになるべきである。

6. 3 バックボーン

xDSL やその他のラスト 1 マイル技術によって、ラスト 1 マイルのいわゆるブロードバンド化は実現されようとしている。残る問題はバックボーンのプロードバンド化である。従来より 1 桁速いアクセス網を生かすも殺すもバックボーンの太さとなる。これもダークファイバの開放により進展すると期待されるが、まだ地方では中央までのバックボーンのコストが大きな負荷となっている。地方の事業者、特に有線放送電話網にとっては、重大な問題であり、新たな地域格差を生む原因、と言われている。ファイバー自体は豊富に存在している、と言われており、これが有効利用できるような環境が必要である。

情報処理学会
「分散システム/インターネット運用技術シンポジウム2001」
ハヤシ野村「ラストマイル」

無線アクセス技術の動向

— 2.4 GHz帯、5 GHz帯、ミリ波システムの展開 —

平成 13年 2月 2日

KDD 研究所
篠永 英之

ローカルアクセスの実現手段

- 光ファイバ網
- 同軸ケーブル網 (CATV網)
- マタリック (xDSL)
- 加入者系無線アクセス (FWA)
- 移動通信システム (PHS-WLL、PDC、IMT-2000)
- 無線LAN (2.4 GHz ISM/バンド、5 GHz帯)
- 衛星通信 (静止衛星、低軌道衛星)
- 光空間ビーム伝送システム
- 成層圏プラットホームシステム

3

1. はじめに

Last one mile としての通信媒体に使用しうる無線アクセス技術について以下の内容で概説する。

- 加入者系無線アクセス FWA (Fixed Wireless Access)
 - 準ミリ波・ミリ波システム (22, 26, 38 GHz帯)
- 2.4 GHz 帯ISM/バンドを使用した小電力データ通信システム (無線LAN)
- 5 GHz 帯無線アクセス
- 上層圏無線インターネット実験
- 学校インターネット2)におけるOFO-SS無線システムの展開

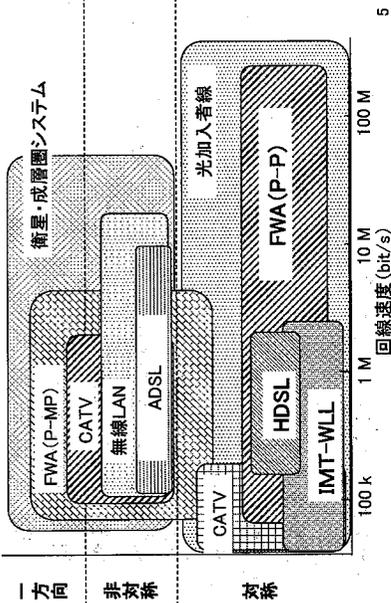
2

日本の周波数割り当て

300 GHz	180 GHz帯 — 次世代超高速無線LAN
	47 GHz帯 — 成層圏プラットホームシステム
30 GHz	38 GHz帯 — 加入者系無線アクセス (FWA)
	26 GHz帯 — 超高速無線LAN
	19 GHz帯 — 衛星インターネット
10 GHz	14/12 GHz帯 — 衛星無線LAN
	5 GHz帯 — 高速無線LAN
3 GHz	2.4 GHz帯 — 小電力データ通信システム (無線LAN) (ISM/バンド)
	2 GHz帯 — IMT-2000、衛星携帯電話 (ICO)
	1.9 GHz帯 — PHS
	1.5/1.6 GHz帯 — 衛星移動通信システム (インマルサット)
	1.5 GHz帯 — 携帯電話 (PDC)
1 GHz	900 MHz帯 — 携帯電話 (PDC)
	800 MHz帯 —
300 MHz	

4

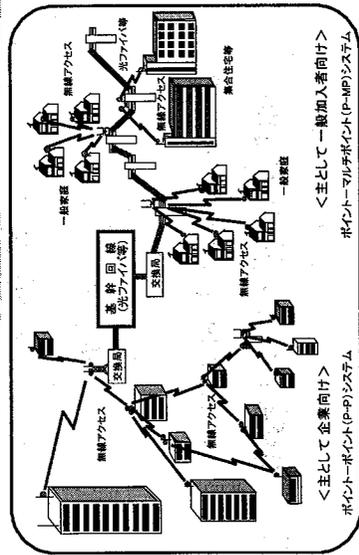
各メディアの適用領域



2. 加入者系無線アクセス FWA (Fixed Wireless Access)

● 準ミリ波・ミリ波システム (22, 26, 38 GHz)

準ミリ波・ミリ波加入者系無線アクセス(FWA)



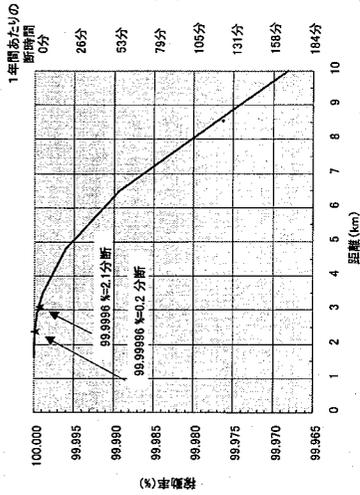
22/26/38 GHz帯の開放

準ミリ波・ミリ波加入者系無線アクセスの諸元

使用周波数帯	22 GHz帯, 26 GHz帯, 38 GHz帯	28 GHz帯, 38 GHz帯
通信方式	周波数分割複信方式	周波数分割複信方式又は時分割多重送信方式
接続方式	—	周波数分割多元接続方式又は時分割多重接続方式
変調方式	4種以上の多値変調方式 (4PSK, 4FSK, 16QAM等)	QMSK, 4種以上のPSK又は16種以上のQAM
空中線電力	0.5 W以下	0.5 W以下
伝送容量	158 Mbit/s以下 (参考値)	10 Mbit/s程度以下 (参考値)
伝送距離	最大1 km程度 (参考値)	半径1 km程度 (参考値)

- ※1 P-Pシステム (Point to Point system) : 一対一の対向通信のためのシステム主に企業向けで大容量通信が可能
- ※2 P-MPシステム (Point to Multi-Point system) : 一対多方向通信のためのシステム主に仮定, SOHO等向けで中小容量通信が可能

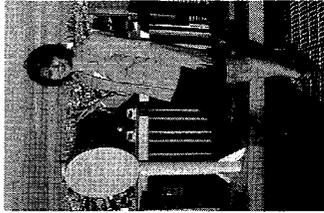
FWAの伝送品質 (22 GHz帯、0 Mbit/s、60 cmアンテナ P-Pシステム)



9

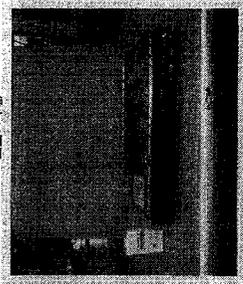
P-P FWAの装置外観例

屋外設備
 ODU (Over-the-Air Unit)
 +
 指向性アンテナ
 サイズ:
 直径393 (mm)
 奥行378 (mm)
 重量: 13 (kg)



屋内設備

IDU (In-Door Unit)
 サイズ: 幅435 × 奥行250 × 高さ45 (mm)
 重量: 4 (kg)



10

FWA免許取得事業者

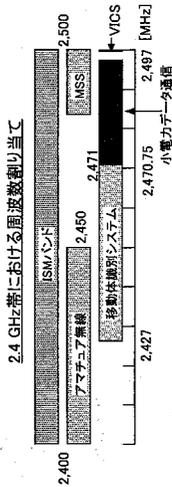
- KDDI、KDDウインスター
- 日本テレコム
- ソニー
- Worldcom
- CWC
- NTT-C
- Global Access
- 電力系NCC (TTNet、OMP、など)
- ニューセンチュリーグローバルネット
- ブロードバンドコム

11

3. 2.4 GHz帯 ISMバンドを用いた 小電力データ通信システム (無線LAN)

ISMバンドとは？

- ISMバンド: Industrial, Scientific and Medical(産業科学医療)バンド
- 電子レンジ、医療用レーザーガス、医療用ハイパーサーミア等が使用
- ISMバンドで運用する無線通信システムは、ISM機器からの干渉を容認する必要がある。



MSS: Mobile Satellite Service (移動衛星業務)
 VICS: Vehicle Information and Communication System
 (道路交通情報通信システム) : 2,499.7 MHz

日本における小電力データ通信システムの技術規格

送信周波数	2,471~2,497 MHz
伝送形式	直交振幅変調 (DS-SS, 周波数ホッピング (FH) および種別)
拡散率 (DS方式の場合)	10倍以上
送信出力	10 mW/MHz
免許条件	なし
空中線電力	絶対利得 2.14 dB 以下であること。但し、空中線電力が 10 mW/MHz 以下となる場合には、その低下分をアンテナ利得で補うことができる。
占有周波数の許容偏差	+20%、-80%以内
占有周波数帯域幅	26 MHz 以下 (帯域帯域幅 500 MHz 以上)
スプリアス抑制強度	-2,458 MHz ≤ f < 2,471 MHz 及び 2,497 MHz < f ≤ 2,510 MHz : 25 μW 以下 -2,458 MHz > f 及び 2,510 MHz < f : 2.5 μW 以下
技術適合検査	必要

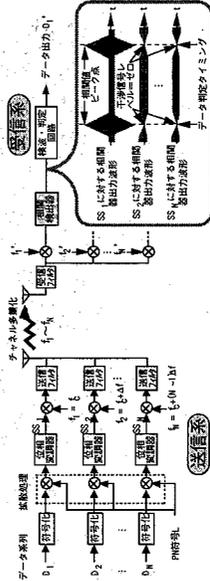
無線LANの特徴

- 郵政省令、平成4年12月に公布、施行
- 免許不要な小電力データ通信システム(技術適合検査が必要)
- 電子レンジ等からの干渉の影響を極力回避するため、スペクトル拡散技術を採用
- 通信速度: 2~18 Mbit/s
- 通信距離: 屋内で30~50 m、屋外で最大10 km強

KDD研究所の研究開発

- CFO-SS (Carrier Frequency Offset-Spread Spectrum: 搬送波周波数オフセットスペクトル拡散通信)方式

同一 PN (Pseudo Noise: 擬似ランダム) 符号により拡散された複数の同相スペクトル拡散信号を干渉しない状態で多重化する技術



CFO-SS方式の原理

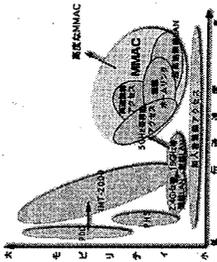
4. 5 GHz帯 無線アクセス

5 GHz帯 無線システムの動向

- 米国
 - FCCがU-NII(Unlicensed National Information Infrastructure)バンドとして1997年に5 GHz帯の300 MHzを開放
 - Lower Band : 5.15 - 5.25 GHz, Middle Band : 5.25 - 5.35 GHz,
 - Upper Band : 5.725 - 5.825 GHz
 - IEEE802.11 TGaにおいてLucentとNTTの共同提案であるOFDM方式を標準方式として採択
- 欧州
 - CEPTがHIPERLAN(High Performance LAN)として1993年に5.15~5.25 GHzを各国共通の周波数として、5.25~5.35 GHzを各国ごとの拡張用として割り当て
 - ETSIのBRAN(Broad-band Radio Access Network)が標準化中のHIPERLAN Type 2がIEEE802.11a, MMACと互換
- 日本
 - MMACにおいて、IEEE802.11a標準を取り入れる形で標準化作業中

MMACの概要

- MMAC
(Multimedia Mobile Access Communication Systems)
マルチメディアをいつでも、どこでも「扱う」ことができ、光ファイバとシームレスな接続が可能な超高速・高品質な移動通信システム



- MMACのシステム概要
 - 高速無線アクセス(屋外、屋内)
 - 超高速無線LAN(屋内)
 - 5 GHz帯移動アクセス(屋内)
 - 無線ホームリンク(屋内)

MMAC(Multimedia Mobile Access Communication Systems)

サービスエリア	高速無線サービス	超高速無線LAN	5 GHz帯移動アクセス(無線アクセス、無線LAN)	無線ホームリンク
接続種別	公共空間(屋外、屋内) / 専用線(ATM)	プライベート空間(屋外、屋内) / 専用線(ATM)	公共空間(屋外、屋内) / 専用線(ATM)	プライベート空間(屋内)
情報伝達速度	30 Mbit/s	155 Mbit/s	20~25 Mbit/s	IEEE1394等
接続種別	ノードトノード / 静止-移動 / 静止-静止 / 移動-移動 / 移動-静止	クライアント/サーバ / ノードトノード / 静止-移動 / 静止-静止 / 移動-移動 / 移動-静止	ノードトノード / ノードトノード / ノードトノード / ノードトノード	30~100 Mbit/s
使用周波数帯	25/40/60 GHz	60 GHz	5 GHz	5/25/40/60 GHz
所要帯域幅	500~1000 MHz	1~2 GHz	100 MHz~	100 MHz~
伝送品質	10 ⁻⁵ 程度	10 ⁻⁴ 程度	10 ⁻⁴ 程度	有線網と同等(10 ⁻⁴ ~10 ⁻⁵ 程度)

5. 上福岡無線インターネット実験

無線LANを利用した地域インターネット実験

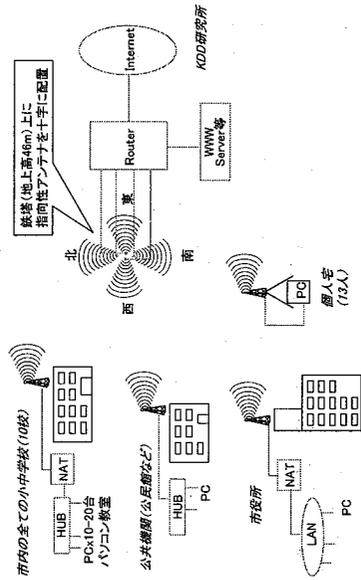


上福岡無線インターネット実験の目的と概要

- **目的:**
 - 無線LANによる地域ネットワーク構築のFeasibility Study
 - KDD研究所開発システムのField Trial
- **実験参加者:**
 - KDD研究所から半径約3 km以内を対象
 - 市内の全ての小中学校(10校)
 - 市役所および関連公共機関(5ヶ所)
 - 個人参加者(13人)
- **期間:**
 - 第1フェーズ: 1999年12月 ~ 2000年4月
 - 第2フェーズ: 2000年5月 ~ 8月

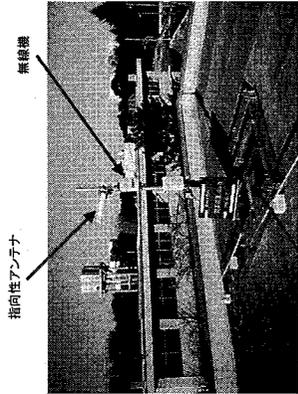
30

ネットワーク構成



31

設置例1 - 学校等屋上

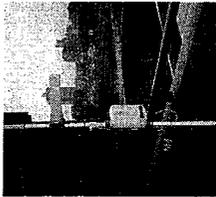


風速60 m対応を考慮した架台

32

設置例2 - 個人宅

ベランダに三脚設置



設置例：

- ・ 屋上のTVアンテナ用ポールをそのまま利用
- ・ ベランダに三脚あるいはポールを設置
(集合住宅の場合、屋上利用は管理組合等の判断が必要のため、ベランダは有効)
- ・ 屋内に三脚を設置し、窓越しで利用
(ガラス窓で、鉄線が入ってなければOK)
- ・ 概ね、CS/BSアンテナより設置は容易

33

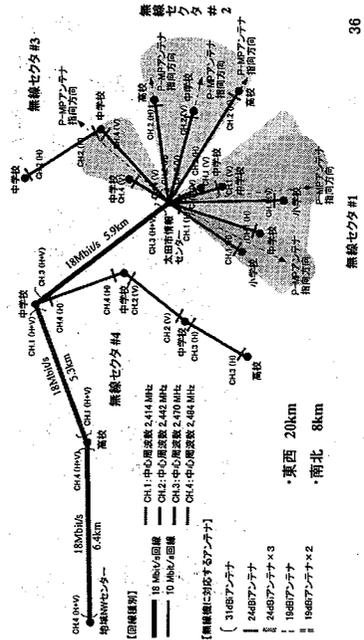
学校インターネット2でのとりくみ

- 無線アクセスとしてCFO-SSシステムを投入し、大規模無線ネットワークを構築、研究を実施
- 群馬県(太田・伊勢崎地区)
研究内容: 大規模無線ネットワークにおいて干渉を考慮した運用技術
(周波数チャネルのプランニング)
- 茨城県(潮来地区)
研究内容: CFO-SSシステムと光ビーム伝送システムの併用運用技術

35

6. 学校インターネット2におけるCFO-SS無線システムの展開

太田・伊勢崎地区におけるCFO-SSネットワーク



36

