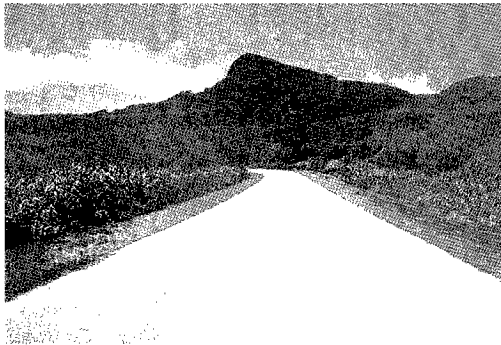


道しるべ： パーソナル・ワイヤレス通信の世界の動向



齊藤忠夫／東京大学
田中 博／NTT

■はじめに

電話が線に拘束され、場所に依存していたのに対して、通信の主体は個人であり、個人が場所に拘束されずに通信できるようにしたいというのがパーソナル通信である。無線は大きな伝送容量、回線設定の迅速性、容易性を特徴とし、長く基幹中継回線に広く用いられてきたが、最近では機器の小型化、軽量化が可能となり、パーソナル通信を無線で実現するパーソナル・ワイヤレス通信（PWC）として大きな需要を形成している。我が国では携帯電話・PHSを合わせたPWC加入者は本稿を書く段階で4000万を超え、なお急速に増大している。PWCシステムについてはさらにマルチメディア化に向けた開発が急速に進められている。本年4月に当学会とIFIPの共催による第3回PWCワークショップが東京で開催されたのを機会に先端の動向をとりまとめる。

■PWC技術の展開

□セルラーシステムとコードレスシステム

PWC技術は従来2つの方向から発展してきた。すなわち、1つはセルラー方式とも呼ばれているもので、自動車電話をベースとした出発から現在は端末の小型化を実現し、携帯電話として普及している。一方はコードレス電話をベースとした展開であり、家庭用、事業用などのコードレス端末を持ち出して、公衆用にも使用可能というコンセプトで開発された。本システムは、セルサイズとして数百m程度のマイクロセルにより利用エリアが構成されている。このため、携帯電話に比べて端末の送信電力が小さく使用可能時間が長い、移動性として歩行速度程度までをサポートしているなどの特徴を持つ。その他、両者の比較は本会誌の解説記事¹⁾に詳述されているのでそれを参照されたい。

セルラー、コードレスシステムの展開を図-1に示す。アナログシステムであった第一世代、デジタル化を実現した第二世代を経て、現在の開発フェーズはより高速通信を実現してマルチメディア化を可能とすると

表-1 デジタルセルラーシステムの主要諸元

地域	日本	米国		欧州
方式名	PDC	IS-54	IS-95	GSM
周波数	800M/1.5GHz帯	800MHz帯	800MHz帯	900MHz帯
アクセス方式	3 (6*) ch TDMA	3 (6*) ch TDMA	CDMA	8 (16*) ch TDMA
変調方式	$\pi/4$ QPSK	$\pi/4$ QPSK	(O**) QPSK	GMSK
伝送速度	42kbps	48.6kbps	1.23Mcps	270.833kbps
音声符号化方式	VSELP	VSELP	QCELP	RPE-LTP

*) ハーフレート, **) 上り回線

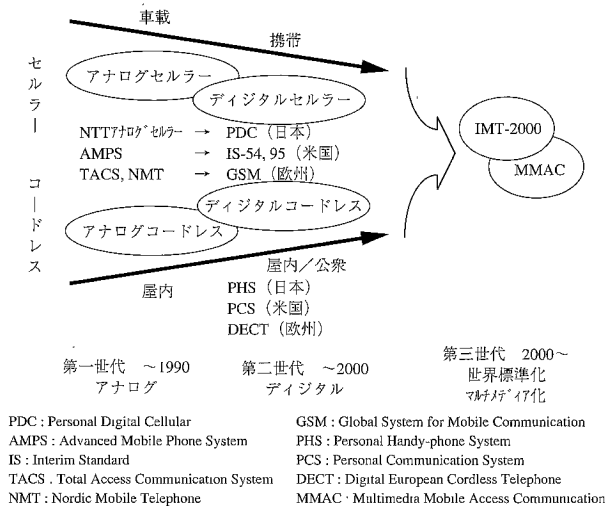


図-1 セルラー、コードレスシステムの展開

ともに、方式を標準化し端末が世界中のどこでも使用できる、いわゆるグローバルローミングを実現する第三世代の入口にあると考えられる。代表的なセルラーシステムの主要諸元を表-1に示す。基本的に現状はセルラー、コードレスシステムともに日本、米国および欧州が独自に開発したシステムが普及し、標準化は地域ごとになっており、1つの端末によるグローバルローミングは困難である。なお、全世界におけるセルラーの加入者数は1997年末現在で2億747万人となっている²⁾。

(1) 日本の動向

日本では、1979年に自動車電話サービスが開始されたのを皮切りに、1985年にはショルダーホン、1993年にはデジタル携帯電話 (PDC)、1995年にはPHSサービスが開始された。1998年7月末での携帯電話の契約台数は3497万台、PHSは647万台となっており、両者合わせると一般電話加入者数の2/3に達し、なお増加の傾向にある。

(2) 米国の動向

米国のセルラーシステムの加入者数は1997年末現在で5600万人である。デジタルセルラーの普及は日本ほどではなく、AMPSと呼ばれるアナログシステム (1981年導入) がほぼ90%を占めている。基本的にはアナログ方式で対応し、トラフィックが高い地域においてはデジタル方式を導入している。デジタル方式においてもTDMA (Time Division Multiple Access: 時分割多元接続) を用いたIS-54システムとCDMA (Code Division Multiple Access: 符号分割多元接続) を用いたIS-95システムが混在している。

米国では日本、欧州とは標準化に対する姿勢が異なり、FCC (米国連邦通信委員会) は統一された標準方式を積極的に決定する政策はとらず、さまざまなシ

表-2 IMT-2000における最低性能要求条件

	室内環境	歩行環境	車両環境	衛星環境
ユーザ情報速度	2048kbps	384kbps	144kbps	9.6kbps
誤り率	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶

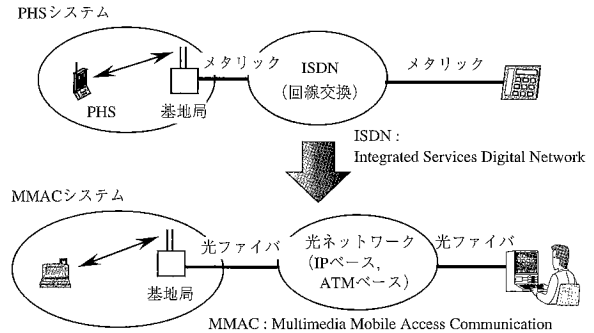


図-2 MMACにおけるネットワーク構成の一例

ステムのうち競争を通して真によいシステムが標準として生き残るというデファクトスタンダードの考えによっている。

(3) 欧州の動向

欧州のセルラーシステムの加入者数は1997年末現在で5898万人であり、人口普及率の点ではフィンランド、ノルウェー、スウェーデンが30%を超える高率となっている。また、欧州標準のGSMシステムはアジア、オセアニア、アフリカなどでも使用されるなど、現在最も世界に普及しているシステムとなっており、一部では国際ローミングも実現している。

□IMT-2000の動向

上述したようにセルラーシステムは現状3つの地域にそれぞれの方式が併存しているが、次世代携帯電話サービスとして世界的な統一に向けたIMT-2000 (International Mobile Telecommunication-2000, ここでの2000は導入目標とした2000年と使用周波数2000MHz帯の意味を持つ) の標準化³⁾ がITU (国際電気通信連合) で進められ最終段階に入っている。

IMT-2000の基本コンセプトは、

- 音声、データ、画像を含む多様なサービスの提供
- 固定網にできるだけ近い通信品質の実現
- 広いサービスエリアの確保
- グローバルローミングの実現

である。その最低性能要求条件を表-2に示す。

提案方式の評価基準として、周波数利用効率、同一エリアでの所要基地局数、技術の複雑さ (建設、運用コストへの影響)、品質 (伝送遅延、音声品質、ハンドオーバー品質、最大ユーザ情報速度など)、網インタフェースへの影響などを定めているが、主観的な要素も多いこと、各提案機関のこれまでの経緯、思惑もあることから一本化は困難と考えられる。現時点でみる

表-3 MMACの目標諸元

	高速無線アクセス	超高速無線LAN
サービスエリア	屋内および屋外	屋内
接続網	公衆網, 自営網	自営網
情報伝送速度	10Mbps程度	156Mbps
接続端末	ノートPC	デスクトップ端末
モビリティ	静止～歩行程度	静止
伝送品質	10 ⁻⁶	有線網と同程度

表-4 計画中の衛星通信システム

システム名	Iridium	Globalstar	ICO	Teledesic
衛星数	66	48	10	288
軌道高度	780km	1389km	10355km	1400km
使用周波数	L/L帯	L/S帯	S/S帯	Ka/Ka帯
提供サービス	音声・データ・ページャーなど	音声・データなど	音声・データなど	高速通信の提供 ～2Mbps
サービス予定	1998	1999	2000	2003

と日欧が提案しているW-CDMAと米国を中心としたcdma2000とに2分される可能性が高いと予想されている。

なお、従来のアクセス方式としてTDMA, CDMAの2方式があるが、IMT-2000では統計多重効果によるチャンネル容量の増大, TDMAに比べてピーク電力の低減が可能であること, RAKE受信のパスダイバーシティ効果による耐マルチパス性の向上, 容易な周波数管理(同じ周波数を隣接セルで使用できるため, 周波数配置計画や複雑なチャンネル割当の必要がない)などの点からCDMA方式の採用で一致している。

□MMACの動向

IMT-2000での当面のサービスは384kbpsが限界であることもあり, 開発のもう1つの方向として高速伝送の実現に向けた無線LANシステムの移動性, 携帯性向上がある。将来の基幹ネットワークとして光ケーブルによるネットワーク構成が進められており, この有線システムとシームレスに接続し, 屋内/屋外, 公衆網/自営網の双方へデュアルモードアクセス機能を持つシステムを目標としたMMAC(マルチメディアモバイルアクセスコミュニケーション)の開発が進んでいる^{4), 5)}。既存のメタリック回線(ISDN)によるPHSと比較したMMACにおけるネットワーク構成の一例を図-2に示す。MMACシステムではMPEG2などの動画像を含むマルチメディア要求に対応する。現在MMAC推進協議会が設立され, ユーザあたり10Mbps以上の伝送速度の実現に向けて技術検討, 標準化が進められている。本システムの仕様目標を表-3に示す⁶⁾。

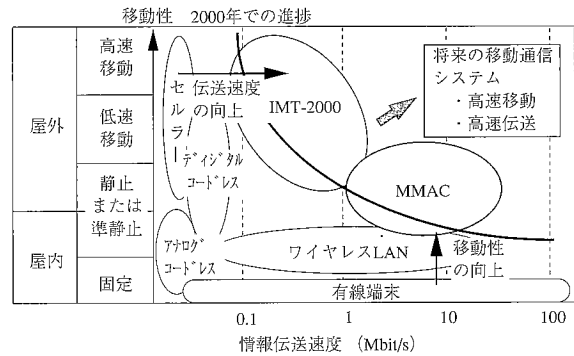


図-3 パーソナル・ワイヤレス通信の開発の方向

同様なシステムとしての検討は, 欧州においてはHIPERLAN (High PERFORMANCE radio LAN) として5GHz帯を用いて検討されている。また, 米国でもワイヤレスにATM技術を適用するための技術検討グループが設立され, 主として5GHz帯を用いたマイクロセルを想定したワイヤレスATMの標準仕様化が進められている。

□パーソナル衛星通信の動向

従来衛星通信としては, 伝搬距離が大きいこと(36000km), 搭載アンテナの開口径および供給電力上の制約から, パーソナルユースは困難であり, 主として中継回線, 離島, 非常時用として使用されてきたが, 1995年のN-Starの打上げにより我が国でも2kg程度のポータブル端末による衛星通信が可能となった。

現在は, 米国の通信事業者により端末の携帯化, 伝搬遅延の影響が低減できる低軌道, 中軌道システムが構築中である。これらのシステムは, 複数の衛星により地球全体をカバーし, 世界中のどこにおいても通信を実現するものである。代表的な衛星通信システムを表-4に示す。一方で, サービスエリアは限定されるものの開口径10m以上のアンテナを静止衛星に搭載し, 携帯電話とほぼ同等の端末で通信を実現するシステムも計画されている⁷⁾。

■今後の方向と技術課題

現状と今後の開発の方向を図-3に示す。現在は, IMT-2000を中心としたモビリティを確保しつつ高速伝送が可能なシステムの開発と無線LANの高速伝送を維持しつつ移動性を向上させるMMACという2つの流れが存在している。これらの開発後は, 両者の機能を統合した高速移動をサポートし, かつ高速伝送を実現するシステムへの開発へ向かっていくものと考えられる。

技術課題については目標とするシステムによって異

表-5 今後の技術開発課題

要求項目	技術課題
周波数有効利用	高能率無線アクセス, アダプティブアレイアンテナ
伝送品質向上	誤り制御, 高能率符号化
高速移動時のサポート	フェージング補償, ハンドオーバー, 位置管理
マルチメディア通信	マルチレート伝送, 適応変復調
サービスエリアの拡張	立体網構成 (地上/衛星)
小型・軽量化, 長時間使用	MMIC技術, 低電圧駆動, 低消費電力化
ユニバーサルモビリティ	国際標準化
周波数管理・置局の簡素化	基地局自立分散制御

なるが、ここではワイヤレス通信における今後の共通の技術課題として表-5に示す。増大する加入者を収容するためのこれまで以上の周波数利用効率の向上、モビリティをとともなう場合特に顕著となるフェージングという急激な受信レベル変動に対する対策、多様なユーザ速度を提供できる機能、周波数/置局設計の簡素化、高品質化とともに誤り発生時においても極力スループットの低下を抑える誤り制御技術、高速移動サポートを実現する技術などを確立していく必要がある。

■参考書・会議など

移動通信の基盤技術および現状のシステムについては文献8)に詳述されており、この本ではほぼ全領域を網羅できる。その他、技術全体をカバーしている教科書として文献9), 10), 11)がある。文献9)は回線制御, ネットワーク技術, 文献10)は誤り制御, 文献11)は伝搬, アンテナ, 回路技術に関して他の文献に比べて紙面を割いて説明が加えられている。変復調技術に関しては文献12), アクセス方式 (TDMA, CDMA) については文献13), 14)がある。CDMAの概要の把握には文献15)が適当であろう。また、現状のシステム開発の最前線の把握には文献16)が、各種統計結果は郵政省のホームページ¹⁷⁾が参考となる。

最新の研究動向のサーベイには、電子情報通信学会が主催しほぼ月1回の頻度で開催されている研究会¹⁸⁾が有効である。国際会議としてはIFIP TC6 Workshop on Personal Wireless Communications, IEEE VTC (Vehicular Technology Conference), WCNC (Wireless Communication & Network Conference), IJICUPC (International Conference on Universal Personal Communications) および AIAA ICSSC (International Communications Satellite Systems Conference) が参考になる。

■おわりに

本稿では、パーソナル・ワイヤレス通信の現状と今後の展開について、世界の開発動向も含めて述べた。人間の活動領域の広がりやインターネットの驚異的な発展の背景もあり、「いつでも、どこでも、誰とでも」という究極の通信を実現するためにワイヤレス通信への要求は今後もますます高度化、多様化すると考えられる。そして、研究開発のキーワードは「パーソナル化」, 「マルチメディア化」, 「グローバル化」, 「インテリジェント化」に集約できるものと思われる。その中でユーザ側の立場に立った利便性向上のための標準化は不可欠であり、研究者、開発者間の競争と協調がこれまで以上に重要な時代となっている。

参考文献

- 1) 渡辺文夫: ケータイとPHS, 何がちがうの, 情報処理, Vol.39, No.5, pp.476-481 (May 1998).
- 2) FINANCIAL TIMES, Mobile Communications, Issue number 242 (June 11 1998).
- 3) 渡辺文夫, 秦 正治, 佐々木秋穂: IMT-2000の無線方式標準化プロセス, 電子情報通信学会誌, Vol.81, No.5, pp.473-478 (May 1998).
- 4) Murase, T., Matsue, H., Umehira, M. and Aikawa, S.: Current Status and Future Trend of an ATM Wireless Access System, 3rd Workshop on Personal Wireless Communications, pp.45-56 (April 1998).
- 5) 梅比良正弘, 松江英明, 村瀬武弘: ATMワイヤレスアクセスシステムの開発と今後の展開, NTT R&D, Vol.47, pp.649-656 (June 1998).
- 6) <URL: <http://www.arib.or.jp/mmac/>>.
- 7) Satellites free the mobile phone, IEEE SPECTRUM, pp.26-35 (March 1998).
- 8) 齊藤忠夫, 立川敬二: 移動通信ハンドブック, オーム社 (1995).
- 9) 小椋山賢二他: わかりやすいパーソナル通信技術, オーム社 (1995).
- 10) 飯田尚志: 衛星通信, オーム社 (1997).
- 11) 奥村善久, 進士昌明: 移動通信の基礎, 電子情報通信学会 (1986).
- 12) 齊藤洋一: デジタル無線通信の変復調, 電子情報通信学会 (1996).
- 13) 山本平一, 加藤修三: TDMA通信, 電子情報通信学会 (1989).
- 14) Viterbi, A. J.: CDMA-Principles of Spread Spectrum Communication, Addison-Wesley Publishing Company (1995).
- 15) 日経コミュニケーション, CDMA, pp.130-137 (April 20 1998).
- 16) 日経ニューメディア別冊, モバイル・マルチメディア, 日経BP社 (1998).
- 17) <URL: <http://www.mpt.go.jp/data/index.html>>.
- 18) <URL: <http://www.ieice.or.jp/jpn/workshops.html>>.

(平成10年8月20日受付)