

解説

第3世代携帯電話 (IMT - 2000) と将来展望

諏訪 敬祐

NTT ドコモが 2001 年 10 月に本格商用サービスを開始した IMT-2000 (International Mobile Telecommunications - 2000) は世界に先駆けて実用化した第3世代移動通信方式である。IMT-2000 は、21 世紀におけるモバイルマルチメディアサービスの普及の牽引役となり、移動通信の新たな世界を開拓するものと期待される。

本稿では、日本が提案し、世界標準の無線アクセス方式として採用された W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)を用いた IMT-2000 のシステム概要及びサービス (名称 FOMA: Freedom Of Mobile multimedia Access) 事例について述べる。また、IMT-2000 以降の展望について紹介する。

キーワード：IMT-2000, モバイルマルチメディア, FOMA, W-CDMA

1 はじめに

2001 年 10 月 1 日に本格的な商用サービスを開始した第3世代移動通信方式 (IMT-2000: International Mobile Telecommunications-2000) (サービス名称 FOMA: Freedom Of Mobile multimedia Access) [1], [2] は、NTT ドコモが世界に先駆けて導入した第3世代携帯電話サービスである。「IMT-2000」は西暦 2000 年のサービス開始を目指すこと、使用周波数帯が 2000 MHz 帯であること、そして最大伝送速度が 2000 kbit/s すなわち 2 Mbit/s であることが、その名の由来となっている。この IMT-2000 の登場により、いよいよ本格的なモバイルマルチメディア時代が到来し、移動通信サービスの世界的規模での拡大が期待される。

本稿では、モバイルマルチメディアの発展に至る経緯と今後のサービス展開を明かにする。また、モバイルマルチメディアのサービス例を紹介する。さらに、IMT-2000 のシステム概要、携帯端末、FOMA サービスの事例について述べる。最後に、より広帯域・大容量伝送を実現する第4世代移動通信方式の展望について明らかにする。

2 モバイルマルチメディアサービスの進展

2.1 移動通信の変遷

日本の公衆用移動通信システムの世代変遷の様子を図 1 に示す。我国のセルラーシステムは第1世代の移動通信方式であるアナログ方式が 1979 年に自動車電話方式として最初に導入され、第2世代のデジタル方式が PDC(Personal Digital Cellular)方式として 1993 年に商用化された。携帯電話は最初に 1987 年に

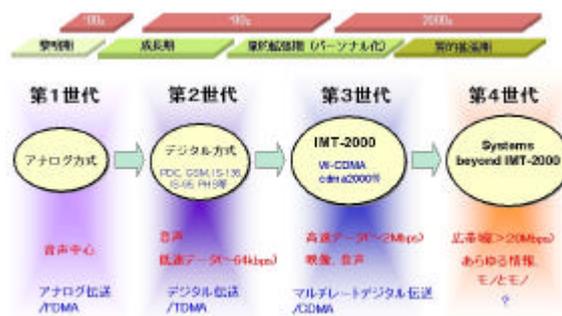


図 1 移動通信システムの移り変わり

アナログ方式が登場し、「ムーバ」の名称の端末が 1991 年に、デジタル携帯が 1993 年に登場した。2001 年には、前述のように第3世代移動通信方式 IMT-2000 が世界に先駆けて実用化された。このようにセルラーシステムは技術革新による周波数利用効率を飛躍的に高めながら約 10 年毎に世代の変遷を経てきた。最近ではデータ系サービスに対する需要増大に伴い、マルチメディアトラヒックが急速な伸びを示している。今後は、ライフスタイルの変化やビジネスのグローバル化など社会のニーズとして高速のマルチメディアサービスへの期待が一層大きくなり、動くもの全てが移動通信の対象になってくると考えられる。このため、2010 年頃には移動通信の需要者数が IMT-2000 の収容加入者数を上回る可能性が高いと想定されている。このような状況から IMT-2000 以降のシステムとして新周波数帯を用い、周波数利用効率を飛躍的に向上した大容量の第4世代移動通信方式の研究が推進されている。

IMT-2000 以後の移動通信の発展方向を図 2 に示す。ビジネス展開を考えたとき以下の3つの方向性がある。

(1) 音声から非音声へ

音声トラヒックは今後飽和傾向にあり、これに対応して映像、高速データなどの非音声系トラヒックが急増し、マルチメディア化が一層進展するようになる。

(2) 動くもの全てへ

SUWA Keisuke

NTT ドコモ研究開発本部担当部長

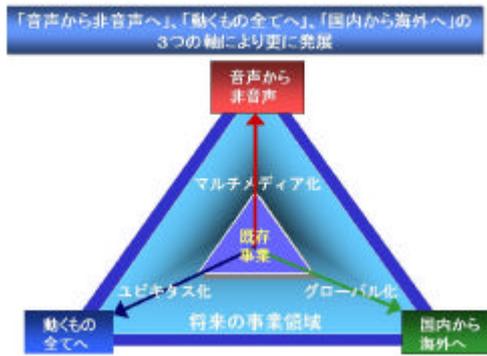


図2 移動通信の発展方向

移動通信の利用形態は「人対人」からメディア配信やインターネットアクセスのような「人対機械」の通信や、遠隔監視やモニタリングなどの「機械対機械」通信に多様化して行くものと予想される。通信端末がいたるところに同時に存在していつでも通信が可能となるユビキタス環境が実現される。

(3) 国内から海外へ

移動通信は、グローバル化により1台の端末を世界中で持ち歩いて使用できる状況となり、高品質なマルチメディアサービスを各国で受けられるようになる。

このような発展を経て移動通信サービスは時間及び空間的な広がりと同様性を示しながらますます成長していくことが期待される。

2.2 サービスの展開

将来のモバイルマルチメディアのサービスとしては、ビジネス領域、プライベート領域、公共領域の3分野での発展が考えられる。ビジネス領域では、IMT-2000をはじめとするブロードバンド移動通信システムの信号伝送の高速性を活かして画像データの利用が見込まれ、テレビ会議等、場所、時間に限定されないサービスの利用が進むものと予想される。また、携帯端末を決裁端末として使用するモバイル電子決裁の普及が期待される。位置情報サービスとしては、検出精度の一層の向上により、ユーザ位置情報及び付随する情報の提供サービスの利用が画像データを中心に利用が進むと考えられる。プライベート領域では、次世代インターネットとの連携によりモバイル双方向TVや放送サービスが開発される。映像コンテンツの配信サービスも発展が期待される。さらに携帯端末を電子財布として使用し、ショッピングなどの決裁を電子的に行うモバイルeコマースの普及、促進が図られるであろう。動画像については高精細な画像伝送が可能となるため僻地、離島などを中心に遠隔医療診断、治療が可能になると想定される。公共領域では、災害における非常用通信や防災のための遠隔監視に利用され、無線通信

の特徴を活用したサービスが可能となる。また、高齢者用や医療用などにも積極的な利用がなされ、社会生活に大きく貢献することが期待される。高度道路交通システム(ITS)では、車輛の安全性向上、輸送効率向上に有効であると考えられる。さらに、歩行者支援としてのパーソナルナビゲーションも普及するものと期待される。

図3～図5はこれらサービスの具体例である。図3の映像配信サービスはPHS回線を利用しており、ユーザ

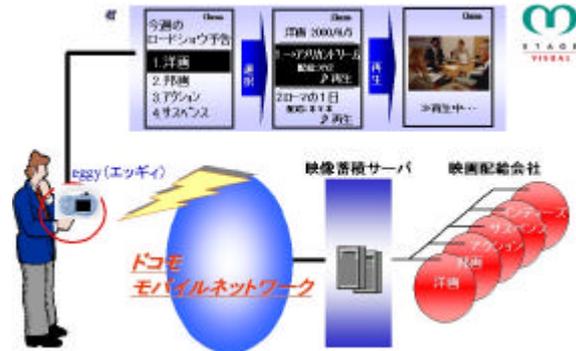


図3 映像配信サービス

の見た映画予告、ニュース、スポーツなどの画像を端末画面で見ることができる。カラー液晶端末により、約1時間表示することが可能である。図4は携帯端末を用いてキャッシュレスで清涼飲料を購入するサービス例である。自動販売機(シーモ)は通常の自動販売機に、コンピュータとディスプレイ、スピーカー、プリンタなどを搭載したマルチメディア情報端末である。個人認証を行うために2次元バーコードの読取装置も装備している。シーモに現金を投入することにより、Cmodeサーバ上の専用口座へのプリペイド入金ができ、



図4 モバイルeコマースの例(Cmode)

これによりiモードとシーモを連動させたキャッシュレスショッピングが可能となる。購入以外にシーモから、地図・クーポン・チケットやイベント・キャンペーン情報等を入手できる。さらに、清涼飲料購入やCmodeサービス利用の実績に応じてポイントが加算さ

れ、獲得ポイント数に応じて、清涼飲料や各種 Cmode サービスとの交換ができる。図 5 は遠隔監視システムの例である。モバイルネットワーク（パケット網）を利用して気象データや希少動植物の生態の画像をセンターにリアルタイムに伝送し、監視を行うものである。この方式は、自然災害防止のためのデータ収集や災害時の被災状況の把握にも有効である。



図 5 遠隔監視システム

3 IMT-2000 の概要

3.1 IMT-2000 の標準化経緯

IMT-2000 の標準化活動は 1985 年に ITU(International Telecommunication Union)の無線部門において地上系、衛星系双方のシステム概念を明らかにすることから開始され、伝送速度などのシステム要求条件を定める勧告がなされた。その後、この条件を満足する無線インタフェースが各国から提案された。各地域、各国の標準化機関の標準化活動により 2000 年 5 月には、図 6 に示す地上系移動通信システムにつ

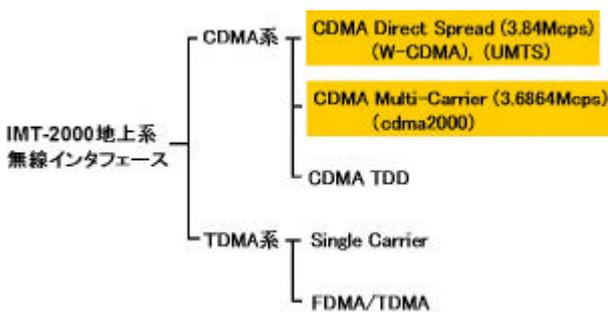


図 6 IMT-2000 の無線インタフェース

いて ITU(International Telecommunication Union)で承認された。具体的には、CDMA (符号分割多元接続)系 (DS (直接拡散)-FDD, MC (マルチキャリア)-FDD, TDD) と TDMA (時分割多元接続)系(Single Carrier, FDMA (周波数分割多元接続)/TDMA)の 5 つの標準規格である。我国では、W-CDMA 及び MC-CDMA が採用されることになった。

固定網と同等の高品質サービスの提供 屋外から屋内までの多様な運用環境



図 7 IMT-2000 の要求条件

NTT ドコモは共通の標準仕様を作成するための地域標準化団体 3 GPP(3 rd Generation Partnership Project)の活動に積極的に貢献し、無線アクセスネットワークのアクセス方式として広帯域符号分割多元接続(W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access)方式[3]を日本案として提案し、積極的な研究開発を進めた結果、世界最初の商用化に成功した。

第 3 世代移動通信方式の目標は図 7 に示すように固定網並みの高品質サービスを屋内から屋外までシームレスに提供すること、世界中で一つの端末により同一のマルチメディアサービスが受けられることである。データ通信速度については音声を含む様々なマルチメディアサービスの提供が可能のように柔軟な対応ができ、最大 2Mbit/s までの伝送速度が要求される。

3.2 CDMA の特徴

符号分割多元接続 (CDMA) は図 8 のように各ユーザに個別の符号を割り当て、1 次変調した信号を直交した拡散コードでデータ拡散を行って、基地局と移動局

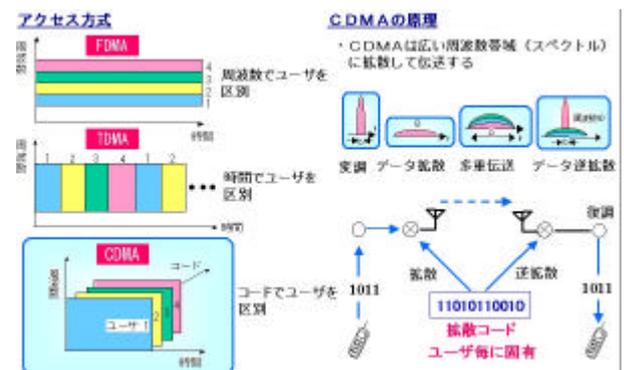


図 8 CDMA の原理

で通信を行う方式である。各局からの送信信号は、周波数軸上及び時間軸上で重畳されており、割当てられた符号により、符号空間上にて多重化されている。受信側では、送信側で用いたのと同じ符号を用いて逆拡散し、次に復調を行ってもとの信号を再生する。CDMA は同一周波数を各無線セルで使用するため、周波数管

理が容易であり、時分割多元接続方式(TDMA)に比較し、周波数利用効率が高いという特徴がある。伝送帯域を広帯域化したW-CDMAでは、さらに以下の特徴がある。

(1) 可変レートデータ伝送

符号の拡散率を変化させることにより、拡散帯域幅を一定に保ちながら情報速度を柔軟に変更できるので、各種伝送速度によるマルチメディアサービスの提供が可能となる。

(2) RAKE ダイバーシチ受信

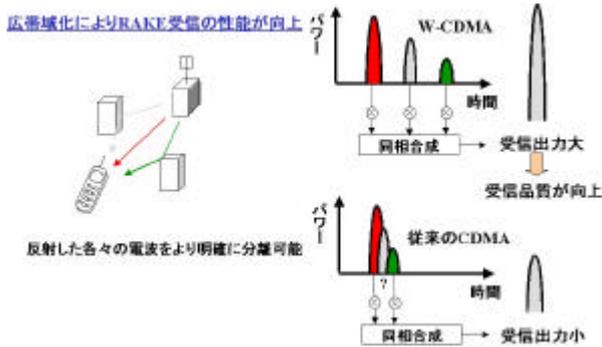


図9 RAKE 受信の原理

CDMAでは、高速の拡散符号系列で逆拡散して信号を取り出すため様々な経路を経て到来するマルチパスを個々のパスに分離し、それらを合成して受信品質を向上できるRAKE（熊手のように掻き集める意）ダイバーシチ受信が可能である。広帯域化することにより、伝搬パスの分解能が向上してパス数が増大するためさらに受信品質を向上することができる（図9）。

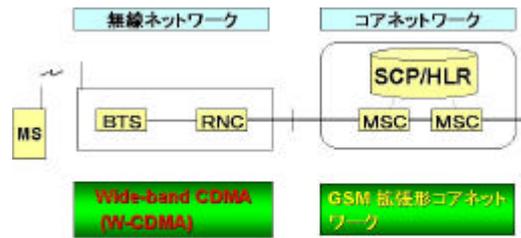
(3) ソフトハンドオーバー

各無線セルにおいて同一周波数を用いて基地局と移動機間で通信を行うため2つ以上のセルからの信号を同時にオーバーラップして送信/受信するソフトハンドオーバーが可能である。これにより、従来の無線チャンネルを切替える方式に比べ、セル端での下り回線の無瞬断化が図られ高品質化が実現できる。

3.3 システム構成

IMT-2000のシステム構成を図10に示す。

無線ネットワーク系のアクセス方式はW-CDMAである。周波数帯は2GHz帯、帯域幅は5MHzである。W-CDMAでは同一周波数の使用による干渉を常に考慮したシステム設計がなされている。すなわち、移動局 基地局（上り）、基地局 移動局（下り）では各基地局、移動局の干渉電力に対する希望の受信信号電力の比が常に一定になるように基地局及び移動局の送信電力を制御している。また、RAKE 受信機能を具備するとともに、データ信号を拡散する拡散率を変化させることにより、帯域幅を一定に保ちながら情報レートを柔軟に変更できるマルチレート伝送を実現している。



MS：移動局(携帯端末)
BTS：基地局
RNC：無線ネットワーク制御局
SCP：サービス制御ポイント
HLR：ホームロケーションレジスタ
MSC：移動サービス交換センター

図10 IMT-2000のシステム構成

コアネットワーク系としては世界的に広く導入されているGSM(Global System for Mobile Communications)をもとにIMT-2000として新たな機能・能力を追加した拡張版を採用した。GSM拡張版の採用によりW-CDMAが欧州、日本だけでなくアジア各国、それ以外の国々に導入されることが期待される。

2 GPP では世界に広く普及しているGSM/GPRS(General Packet Radio Service)をベースに回線交換機能とパケット交換機を別々に規定しており、回線交換機能とパケット交換機能を単一ノードで実現することによって音声トラヒックから大容量データトラヒックまで様々なメディアを統合して伝送・交換できるシステムが構築できる。ATM(Asynchronous Transfer Mode)方式は多種類の異なったサービス品質(QoS: Quality of Service)を要求するトラヒックに対して適切なトラヒック制御・品質制御を行うことが可能であり、IMT-2000のネットワークではATMネットワークで構成されている。

3.4 端末とサービス

IMT-2000の端末は携帯電話タイプ、動画も扱えるビデオ電話タイプ、データ専用のPCカードタイプ、携帯情報端末(PDA: Personal Digital Assistant)などがある[4]。これらは、高速の無線信号伝送、TV映像や動画などのマルチメディアアプリケーションに対応



図11 IMT-2000 端末

できる。図 11 に IMT-2000 端末の代表的な例を示す。ビジュアルタイプは小型カメラ付の TV 電話可能な端末である。データタイプは下り 384kbit/s, 上り 64kbit/s の高速パケットデータ伝送が可能である。FOMA カード付属の UIM(User Identity Module)カード (IC カード) はユーザが取り外して他の端末に内蔵することにより, ユーザ固有の電話番号を用いて用途により好みの端末を使い分けて使用することができる。

NTT ドコモが提供する IMT-2000 サービス(FOMA: Freedom Of Mobile multimedia Access)は大別して i モードサービス, TV 電話サービス, マルチアクセスサービス (音声+パケット), 高速インターネット/イントラネット接続サービス, 音楽・映像配信サ



図 12 i モーションサービス

サービスである。

図 12 は FOMA による i モードの新しいサービスとして動画クリッピングを提供する i モーションサービス [5] と端末である。本サービスでは, 従来の i アプリに加え端末から高速パケット (受信時最大 384kbit/s, 送信時最大 64kbit/s) で i モーション対応サイトに接続し, ニュース映像, スポーツのハイライトシーン, 映画予告編などを映像, 音声で楽しむことができる。コンテンツ配信形式は図に示すとおりであり, 多彩なコンテンツが提供される。端末は 2.2 インチ 65,536 色カラー液晶を搭載し, 最大 100K バイトのデータ取得が可能になっている。また, 音声通話とパケット通信を



図 13 TV 電話サービス

同時に可能としたマルチアクセス機能を備えている。

図 13 に示す TV 電話サービスは代表的なサービスであり, 当初は 64kbit/s 回線交換方式と MPEG-4 高効率映像圧縮技術を適用して毎秒 5 ~ 10 フレーム程度の動画通信を可能とする。通信形態としては図 11 のビジュアルタイプの端末同士で通信できるとともに FOMA 端末対 PHS 端末の通信や固定網に接続された TV 電話端末との通信も可能になる。利用シーンとしてはプライ

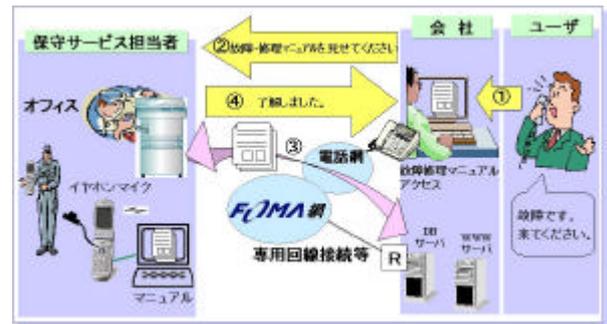


図 14 保守サービス

ベートやビジネス用途など多様な領域が考えられる。

IMT-2000 の高速データ伝送能力と音声とパケット通信の同時通信機能によるマルチアクセスサービスを活かすことにより通信相手と同一画面を見ながらの会話が可能となる。これは, 営業・保守支援, 運用支援の効率化に非常に有効である。図 14 は大容量の図面データなどをやり取りして修理・保守の時間を短縮するサービスの例である。保守者が会社に戻って図面などを参照する稼働や会社での打合せの時間が削減されるので業務の迅速化が図られる。

図 15 は託児所にカメラを設置して子供の様子を把握するサービスである。家庭や勤務先, 外出先から端末を用いて子供の様子をリアルタイムに確認することができる。

今後提供予定の FOMA サービスを図 16 に示す。2002

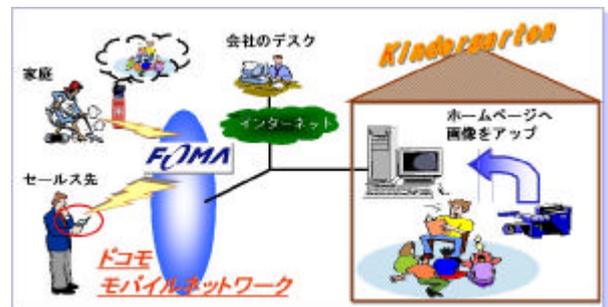


図 15 託児所の子供の様子把握

年には, 音楽・映像配信サービスや FOMA と現行携帯電話 (PDC) の両方を「同一電話番号」でネットワークを切替えながら利用できるデュアルネットワークサービスが登場する予定である。さらに, FOMA 端末を海外で利

用できる国際ローミングも提供される見込みである。

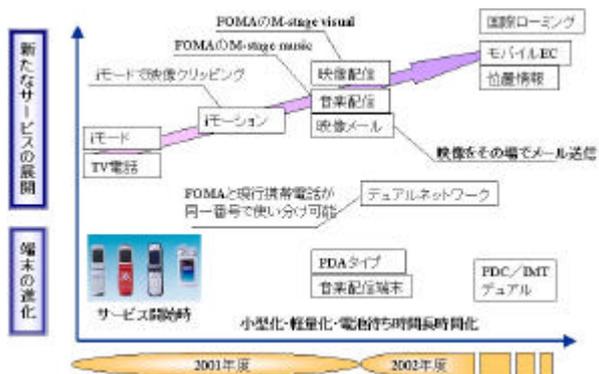


図 16 FOMA サービスの展開計画

4 将来展望

移動通信のトラヒックは音声通信から非音声通信へ着実に移行し、2010 年頃には、非音声系の割合が 70% ~ 80%になるものと予想されている。また、トラヒックの増大と併行して"anything movable"とよばれるペット、ロボット、荷物などあらゆる移動するものに無線端末が装着され、その数は飛躍的に増大するであろう。このようなトラヒック需要、端末数に対応して 2010 年頃には、新周波数帯を用い、周波数利用効率を大幅に向上した IMT-2000 以降のシステム（第 4 世代移動通信方式）の導入が必須となる。第 4 世代システムでは、

高精細な動画像伝送などを実現するため IMT-2000 の数十倍の伝送速度による通信を移動環境下で実現することが望まれる。第 4 世代方式では、伝送速度は移動時においても平均 20Mbit/s 以上、容量は第 3 世代方式の 10 倍以上を目指している。次世代インターネットの対応や公衆網とプライベート網との間でサービスの連続性を保つシームレス化や柔軟なネットワークの構築が実現する上での課題である。

5 むすび

21 世紀のモバイルマルチメディアサービスの牽引役となる IMT-2000 システムの概要、端末、サービス事例について論じた。さらに、より高精細な動画像などの広帯域伝送に適した第 4 世代移動通信方式の目標、課題について述べた。我国の携帯電話は技術面でもサービス面においても世界の最先進国であり、今後も研究開発を推進し、リードを保っていく必要がある。

参考文献

- [1] 立川監修 ,W-CDMA 移動通信方式,丸善, June 2001
- [2] IMT-2000 サービス特集(1) - モバイル新世紀の先駆け「FOMA」誕生 - ,ドコモテクニカル・ジャーナル, Vol. 9 , No. 2 , pp. 6 -26 , July 2001
- [3] F.Adachi , M. Sawahashi and H. S uda, "Wideband DS-CDMA for Next Generation Mobile Communication System , " IEEE Commun. Mag., vol.36, no. 9 , pp.56-69, Sep.1998.
- [4] IMT-2000 サービス特集(2) - モバイル新世紀の先駆け「FOMA」誕生 - ,ドコモテクニカル・ジャーナル, Vol. 9 , No. 3 , pp. 6 -70 , Oct. 2001
- [5] IMT-2000 サービス特集(3) - モバイル新世紀の先駆け「FOMA」誕生 - ,ドコモテクニカル・ジャーナル, Vol. 9 , No. 4 , pp. 6 -22 , Jan. 200

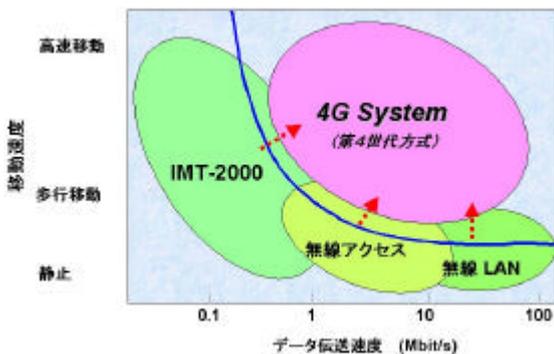


図 17 IMT-2000 以降の移動通信システム