

ケータイとPHS, 何がちがうの?

渡辺文夫 / (株) KDD研究所

平成9年末現在、携帯電話の加入者数は2,874万、PHSは699万加入に達しており、固定電話加入者数の半分を超えてさらに増加し続けている。このように身近な生活必需品となった「ケータイ」*とPHS (Personal Handy-phone System) について、両者がどう違うのか、どこに両者の特徴があるのかといったことについて、技術的な観点から述べる。

自動車電話とコードレスからケータイとPHSへ

セルラーシステムは、1970年代に開発が進められ1980年代から最近まで広く使用されてきたアナログセルラーシステムが第1世代と呼ばれる。自動車電話システムとしてスタートし、端末の小型化により携帯電話として発展した。一方、コードレス電話についてもアナログの第1世代があり、家庭用の親子電話機として広く使用されている。構内に複数の親機を配置して多数の子機が移動しながら使用できる事業所用のコードレスシステムとしても発展した。第1世代では、同じ移動電話とはいえ、公衆移動通信サービスとコードレス電話機というまったく異なる分野を分担していた。

アナログの第1世代に続くのがデジタル方式となった第2世代である。1990年代の中心的システムといえる。セルラーシステムとしては、日本のPDC、欧州を中心としたGSM、米国のIS-95などの方式が使用

されている。チャンネル容量の拡大、携帯機の小型化と通話可能時間の増大、秘話性など安全性の確保、データ通信能力などがデジタル化の要点である。日本ではケータイとして個人層にまで急速に普及した。一方、コードレス電話の発展形としてもデジタルのシステムが開発され、その代表例がPHSである。同一端末が構内と公衆系で共通して使用できることが特徴で、ケータイと比べ移動速度を制限する代わりに1つの基地局のカバー範囲(セル)を小さくし、したがってより小電力で長時間使用ができること、安価なサービスが期待できることを狙いとしている。自動車電話とコードレス電話という目的も構成もまったく異なっているシステムのシステムが、第2世代ではかなり接近し、個人用携帯端末による電話サービスという意味では、本質的な差異は少なくなったといえる。

ケータイの仕組み

ケータイの概念的なシステム構成を図-1に示す。端末、基地局、基地局制御装置、移動交換機などから構成される。自動車のような高速移動体との通信に耐えられるように設計されている。そのため、1つの基地局は半径数Kmの比較的大きなセルカバレッジを有している。移動通信では、基地局と端末の間に建物や樹木、車両などさまざまな遮蔽物や反射物が存在するため、遠くまで電波を到達させることは容易ではない。そこで、本来64kbit/s必要な音声も6.7 kbit/sなどに相当に圧縮して通信している。

通話しながら高速移動するため、異なる基地局を

* 日本では、PHSに対比する用語として「ケータイ」や「携帯電話」がよく使用される。「携帯電話」は携帯できる電話という一般用語であり、PHSも携帯できる電話なので携帯電話と区別するのは奇妙である。PHSを「簡易型携帯電話」などと呼ぶ場合もあります。また、「携帯電話」は正に音声を伝える電話を指している。「携帯電話のデータ通信」という表現もちょっと奇妙である。PHSはシステムの方式名称なので、対比する用語も方式名称を使用すればこのような混乱は本来生じない。現在の日本のケータイはほとんどがPDC (Personal Digital Cellular) という方式である。しかし、PDCという名称はPHSほどなじみがないことから、本稿ではあえて「ケータイ」と表記する。国内外ではさまざまな方式のケータイが使用されているが、技術者はこれを「セルラーシステム」と呼ぶ。日本でも本年からcdmaOneという新しい技術によるセルラーシステムのサービスが開始される。

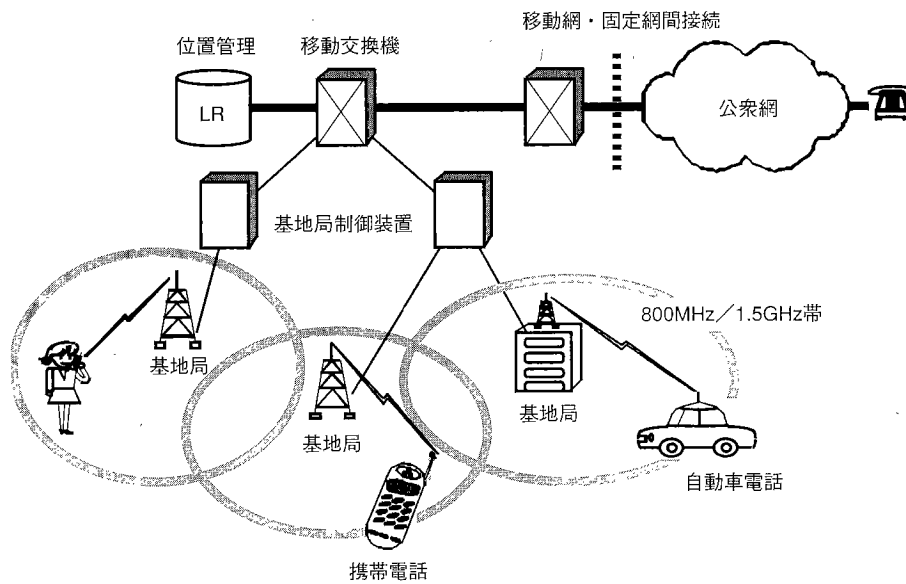


図-1 携帯電話システムの構成

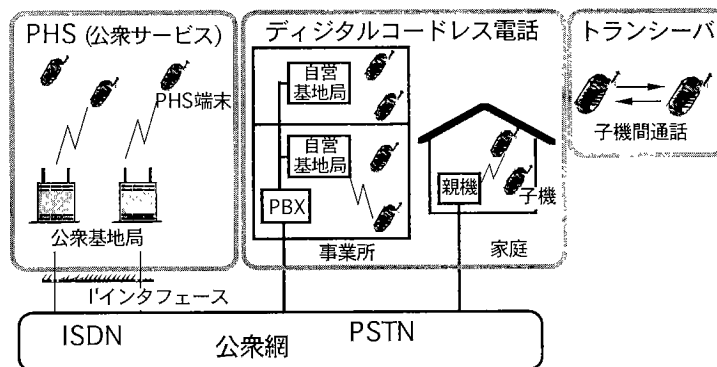


図-2 PHSとデジタルコードレス電話

次々に切り替えながら通信を継続していく必要がある。このような操作をハンドオーバーと呼び基地局制御装置が接続先基地局を切り替えていく。

端末の位置は移動交換機の位置管理データベース (Location Register) で管理されている。端末が動いてある一定のエリア (位置登録エリア) を越えて移動したときに登録位置を更新する。端末は、いつかかってくるか分からない電話を待ち受けるために、基地局が送る呼び出し信号をモニタしている。端末に着信があると、端末が登録されているエリアに呼び出しの信号を基地局が送り、それを受けた端末が応答することにより回線が設定される。

PHSの仕組み

PHSは、さまざまな場所で使用できるデジタルコードレス電話を基本コンセプトとして設計されている。図-2に概念的構成を示す。PHS端末の出力は最大10mWであり、ケータイ端末の数十分の1である。

PHSなら長電話しても端末が暖かくなることはない。基地局出力も10mW~500mW程度とケータイ基地局の数十分の1である。したがって同じ容量の電池を使用するとすればケータイ端末より大幅に通話時間を長くできる。また、ケータイの基地局が高い鉄塔と大きなシェルタが必要なのに対し、PHS基地局は電柱や公衆電話ボックス、地下街の天井などにも容易に設置できる。しかし、必然的に電波の到達距離は短く、1基地局のカバレッジは半径数百m程度に限定される。このように小さなカバレッジから構成される移動通信システムをマイクロセルラーシステムとも呼ぶ。マイクロセルラーシステムでは、高速で移動すると頻繁にハンドオーバーが生じるため元来高速移動には向いていない^{※2}。

狭義のPHSは公衆サービスとしてのシステムをさすが、「家庭のコードレス電話の子機が外でも使える」ことが基本コンセプトでもあり、デジタルコードレ

^{※2} たとえば、半径100m程度のマイクロセルを時速60km/hで通過していくと、12秒ごとに基地局を切り替えていく必要がある。

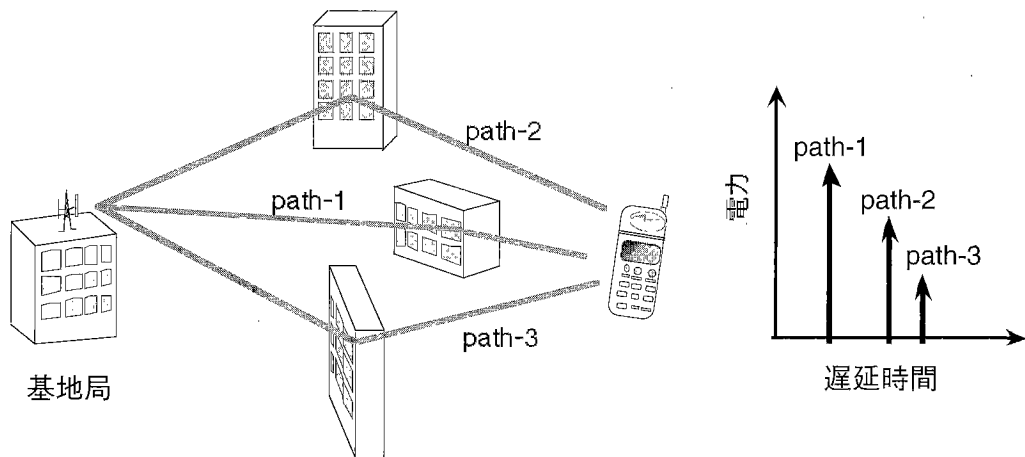


図-3 マルチパス

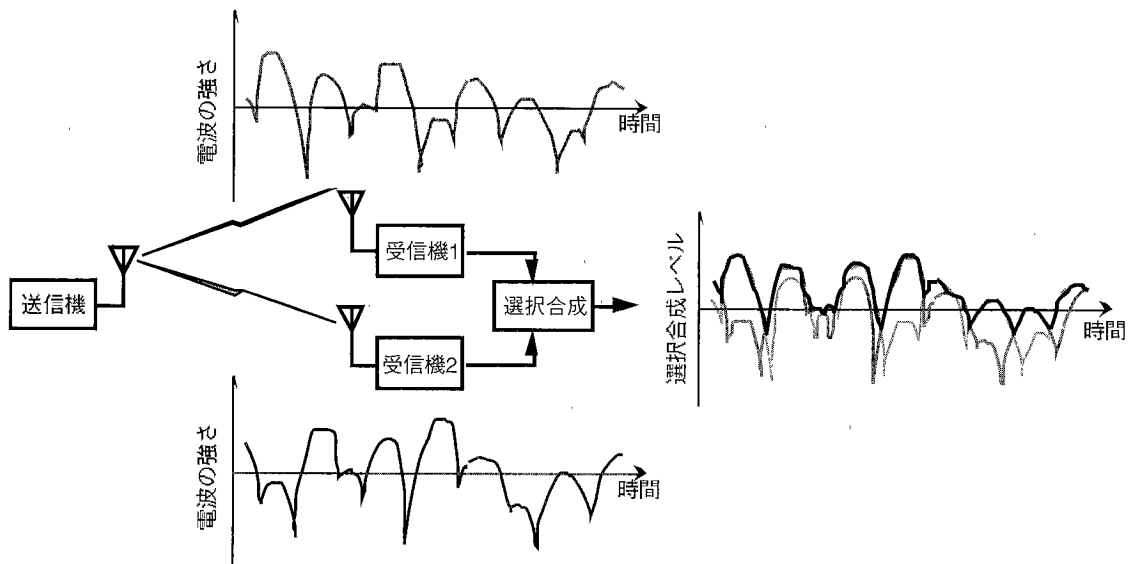


図-4 受信ダイバーシチの原理

ス電話を含めてPHSと呼ぶ場合が多い。PHS端末の多くはデジタルコードレス電話子機の機能を搭載しており、公衆との両用端末として利用可能である。両用PHS端末は、家庭内では一般加入電話線に接続されるコードレス電話機の子機として利用できる。また、PHS同士のトランシーバ機能を利用することで、2台以上のPHS端末の間で親機を介さずに見通しのよい100m～150m程度の範囲で直接通話することも可能である。

無線技術から見たケータイとPHS

ケータイは800MHz帯と1.5GHz帯を、またPHSは1.9GHz帯の周波数を使用している。移動環境では、高い周波数ほど電波の減衰が大きく、800MHzと1.9GHzの電波を同じ距離だけ伝搬させると1.9GHzの方が1/9程度に弱くなってしまふ。また、高い周波数は

ど電波は光に近い性質を帯びてくるため、建物の陰や屋内への電波の回り込みが少なくなる。この周波数の違いが1つの理由となって、PHSでは1基地局のカバレッジを半径100mから数百mに限定し、見通し内伝搬（基地局と端末が直接見える状況）を基本とするマイクロセル構成となっている。PHSの基地局のコストはケータイ基地局の数百分の1程度であるが、多くの基地局をきめ細かく設置していく必要がある。たとえば、ケータイでは数百局で東京近郊をカバーするがPHSでは数万局にも及ぶ。

ケータイではある程度離れた基地局でないと同じ周波数チャンネルを使用することはできないため、基地局で使用する周波数は通常その基地局ごとにあらかじめ決めておく。PHSでは基地局数が膨大で日々追加や移設が生じること、同じ周波数バンドをすべての事業者が共用することから、どの基地局でどの周波数を使用すべきかを事前に固定して決めておくことができない

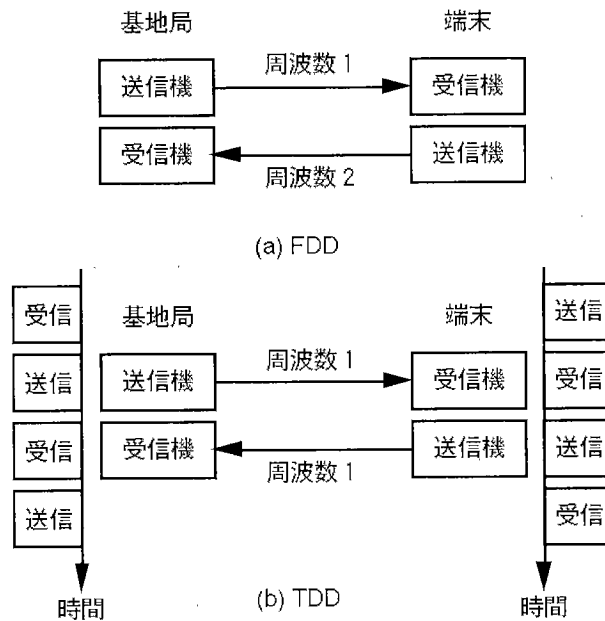


図-5 FDDとTDD

FDDでは、基地局と端末が別々の周波数を使用する。

TDDでは、基地局と端末が同じ周波数を時間的に交互に使用する。

い。それぞれの基地局は、通信の要求が発生するごとに周囲の基地局や端末の電波使用状況を観測して使用可能な通信チャンネルを見いだしてそれを使用する。このように、自立分散制御で動的にチャンネル割り当てをする方式を採用しているため、PHSは非常に周波数利用効率のよいシステムとなっている。このようなPHSの機能を応用すると、リピータと呼ばれる装置が容易に作れる。PHS電波の受けられる窓際などにリピータを置き電波を中継することにより、電波の進入が弱い建物内でも端末が使用できるようになる。このたばこの箱程度の装置により、回り込みが少ない電波を使用する課題も解決されている。

移動通信の環境では、建物による反射や回折などにより複雑な電波の伝わり方をする。基地局の電波が複数の経路を経て端末に到達するマルチパスという状況が生じる(図-3)。テレビのゴーストと同じ現象で、パスごとに到達時間が異なる(伝搬距離が異なる)ためそれらを重ねて受信すると信号品質が劣化する。このような信号劣化は、電波の送信出力を大きくしても解決しないことは容易に理解できる。信号の伝送速度が早くなるとマルチパスの時間差による影響が大きくなる。たとえば、1Mbit/sの伝送を考えると1bit分は1 μ sなので、300mの伝搬距離の差のマルチパスがあると1bit分ずれて次のビットと重なって受信される^{*3}。セルを大きくすると時間差の大きいマルチパスが受信されるようになるので、マルチパスを補償する適応等化器など特別な工夫をしない限り、高速伝送が

行いにくくなる。そのため、マイクロセルを前提とするPHSの伝送速度が384kbit/sなのに対し、PDCは42 kbit/sとかなり低速伝送になっている。

移動環境では、端末が移動したり、周囲で車両や人が動いたりすることによりマルチパスの重なり具合が時々刻々変化し、受信する信号の強度が瞬間的に1/1000にも変動するフェージングという現象が必ず生じ、伝送品質を劣化させる。フェージングへの代表的な対処方法は、複数のアンテナを用いて同時に電波を受信して受信状況のよいアンテナを選択したり、複数の受信電波を合成するなどのアンテナダイバーシチ技術である(図-4)。ある程度アンテナの距離が離れるとそれぞれのアンテナのレベルが同時に低下する確率が小さくなることを利用している。

ダイバーシチ受信を行うためには、2つのアンテナと受信系を実装して、2つの受信信号の大きい方に切り替えたり適切に合成したりする必要がある。ケータイでは、基地局→端末方向(下り)と端末→基地局方向(上り)では使用する周波数が異なるFDD(Frequency Division Duplex)方式(図-5)を採用している。周波数が異なるとフェージングの発生状況が異なるため、端末に2つのアンテナと受信系を実装して、下り方向のダイバーシチを行っている。一方、PHSでは、上りと下りで同じ周波数を使用し、2.5msごとに上り用と下り用に時間を区切って交互に通話するTDD(Time Division Duplex)方式(図-5)が採用されている。周波数が共通でしかも2.5msしか時間的にずれていないため、上り回線と下り回線のフェージングの発生状況をほぼ同一と見なすことができる。

^{*3} ここでは簡略化した説明をしている。実際は変調方式に依存する。

そこで、基地局側で受信ダイバーシチを行い、基地局受信系で最適に決定したアンテナ選択や合成の設定と同じ設定で送信を行えば、端末側では最適な状態で受信することができる。TDD方式では、基地局の送信ダイバーシチ方式によって端末の受信側で行うダイバーシチと同等の効果が得られる。そのため、端末側はアンテナや受信系が1式でよく、端末の小型化や低廉化に有利となっている。

ネットワーク技術から見たケータイとPHS

ケータイシステムは、図-1に概念的に示したように、移動交換機を含む1つの独立したネットワークとして構成されている。PHSは、ISDN網との整合性を最大限に考えたシステムである。ISDNでは、ユーザとネットワークのインタフェースをDSS1（Iインタフェース）と呼び、たとえば、64kbit/sの回線が2本と16 kbit/sの制御回線が提供される。PHSの基地局とデジタル網のインタフェースは、DSS1をベースにPHS固有の機能を追加したI'インタフェースと呼ばれる。PHS網は既存のISDNインフラストラクチャ上に位置管理など必要な機能を追加したものと考えてよい（図-6）。

このような網構成の違いに関連して、ハンドオーバーのメカニズムも異なる。ケータイ端末は、通信チャネルのレベルや品質モニタしながら必要な場合には通信中以外の基地局の報知チャネルをモニタし、基地局切り替えの要求を行う。高速移動体での通信に対応するため、基本的には瞬間なくハンドオーバーが基地局制御装置によって行われる。PHSでは、ハンドオーバー先の基地局において最初の発呼時と類似の手順で通信回線を再設定する簡易な再発呼型ハンドオーバーが採用されている。この方式では、既存のISDN網の機能がそのまま利用できる代わりに回線に若干の瞬断が生じる。セルサイズが半径数100mと小さいPHSの場合、自動車のように高速移動するとハンドオーバーが頻発し、瞬断が頻発することになる。PHSの場合1つの基地局の通信チャネルが3本程度しかない小型局がほとんどで、ハンドオーバー先の基地局通信チャネルがすべて使用中のためにハンドオーバーに失敗する確率も高速移動の場合は高くなる。しかし、ハンドオーバーが頻発しない歩行者など低速移動の場合はこのような方式で問題なく、PHSは歩行者などにチューニングされたシステムといえる。

データ通信能力から見たケータイとPHS

PHSの伝送速度は384kbit/s、PDCの伝送速度は42kbit/sである。PHSは、384 kbit/sを8スロットに

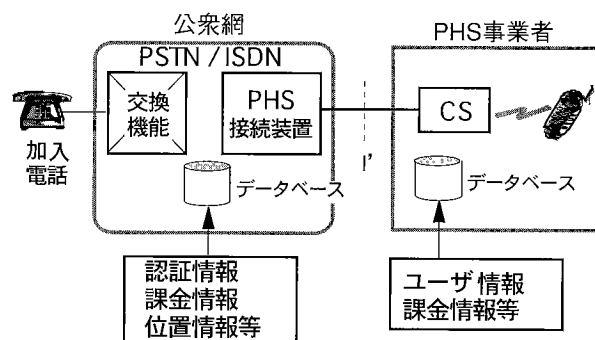


図-6 PHS網構成の一例

区切り、上り下りそれぞれ4スロットを時間分割して使用する。そのため、32 kbit/sの双方向回線が1周波数当たり4回線設定できる。音声通話用には、通常の電話に非常に近い品質であるとされる32 kbit/sのADPCM（Adaptive Differential Pulse Code Modulation）コーデックを使用している。音声帯域モデム信号をADPCMコーデックに通す場合、すなわちPHS端末のイヤホンジャックにデータモデムの信号を入れる場合は、概ね9.6kbit/s程度のデータ通信が可能である。コーデックを通さないで32kbit/sの伝送能力をそのまま使用してデジタルデータ通信も可能である。無線区間の品質をend-to-endで補償し高品質データ通信を実現するため、PIAFS（PHS Internet Access Forum Standard）と呼ばれる標準プロトコルが使用されている。PIAFSは、フロー制御、ユーザデータのフレーム化、誤り検出、再送制御等を行い、エラーフリーの全2重データ伝送路を提供する。フレーム化するため、ユーザデータの最大スループットは29.2kbit/sである。

PHSの32kbit/sのスロットを2つ組み合わせることにより、64kbit/sのデジタルデータ伝送を行うことは比較的容易であり、すでに標準化されている。32kbit/sのスロットを4つ組み合わせ、PHSの1周波数分の容量をすべて投入すれば、128kbit/s程度の双方向データ通信も可能性はある。しかし、PHSの場合、数万局にも及ぶ基地局を配置しており、ハードウェア的改修を伴う機能追加・変更は膨大な手間とコストを要するため、この種の高速データサービスがいつどの程度提供されるかは必ずしも明確ではない。

ケータイ（PDC方式）は、3ユーザ分を時間多重して42kbit/sの伝送速度としている。音声通話は、11.2kbit/sのVSELP（Vector Sum Excited Linear Prediction）コーデックを基本とし、システム容量増加のため最近ではその半分の速度のPSI-CELP（Pitch Synchronous Innovation-Code Excited Linear Prediction）コーデックが使用されている。PHSの32kbit/s ADPCMの方が音質は良好である。

表-1 技術面から見たケータイとPHSの違い

	ケータイ	PHS
移動体速度	高速移動体 (自動車)	低速移動体 (歩行)
音声品質	可 (低ビットレート)	良 (32kbit/s ADPCM)
データ通信能力	9.6kbit/s 回線交換 28.8kbit/s パケット	32kbit 回線交換 29.2kbit/s PIAFS 64kbit/s 回線交換 (予定)
送信電力 通話時間 端末小型化	大 (数100mW) 相対的に短い	小 (10mW) 長い 端末小型化に有利 (TDD)
カバレッジ	相対的に大セル 稠密なカバレッジが得やすい ビル浸透性が相対的に良い 小型基地局による地下街展開	マイクロセル カバレッジに粗密が出やすい ビル浸透性が相対的に悪い 地下街・ビル内のエリア展開 簡易なりピータが実現容易
システム形態	公衆移動通信サービス	公衆移動通信サービス 構内コードレス (自営) 家庭用コードレス電話 子機間トランシーバ機能
ハンドオーバ	シームレス	簡易 (瞬断)
付加的サービス	独立網で自由がきく メッセージサービスなど	ISDN網依存の制約 メッセージサービスなど 位置情報サービス

データ伝送は9.6kbit/s相当の回線交換がサービスされている。PIAFSの29.2kbit/sに比べると低速であるが、高速移動中やハンドオーバ時にも良好なデータ通信が可能である。

ケータイもPHSも「電話」を第1義に検討されたシステムであり、回線交換が基本となっている。インターネットを中心としたマルチメディア通信の観点からは、パケット型の移動通信サービスが重要である。ケータイ (PDC方式) ではパケットデータ通信サービスがすでに提供されている。データ伝送速度は9.6kbit/sが基本であるが、PDCの1周波数分の容量をすべて投入 (3スロット分を1ユーザに割り当て) するマルチスロット伝送の採用により、28.8kbit/sの最大スループットが得られる。パケット呼はコネクションレス型、データ端末の通信プロトコルはTCP/IPであり、パケット呼/音声呼の同時着信待ち受けが可能である。端末の移動管理制御の方法としては、通常の携帯電話としての移動管理を拡張したPMAP (Packet Mobile Application Part) と呼ばれる方法と、インターネット (IPネットワーク) におけるMobile IP機能を用いる方法が標準化されている。

第3世代システムに向けて

ケータイとPHSを技術的視点から比較概説した (表-1)。自動車電話とコードレス電話という異なるルーツのシステムが、発展的に融合してきている。最近、

ビジネスとしてのPHSに対して厳しい見方が出ているが、技術的には相補的なシステムであり、どんどん広がる移動無線通信のニーズに相補的に対応していくものと考えられる。PHSは元来、公衆移動サービスと自営 (家庭内コードレスや事業所コードレス) システムを有機的に提供できる能力がケータイにない特徴である。オフィスの無線化や家庭内のパーソナル化と呼応した展開が期待される。また、ISDN網能力を生かしたPHSは、固定有線サービスとも整合がよく、ISDNサービスの普及につれ「携帯電話」とは異なる利用形態、すなわちISDNへの無線アクセスとしての役割での発展も期待される。

2001年以降には、IMT-2000と呼ばれる第3世代システムが実用化される予定であり、そこでは無線LANに近い利用形態から高速移動体通信、さらには固定無線アクセス (FWA: Fixed Wireless Access) も包含融合していくとされている。また、IMT-2000よりも数十倍高速のデータ伝送が可能な低速移動向きのMMAC (Multimedia Mobile Access Communication) と呼ばれるシステムの研究開発も進められている。「いつでもどこでも誰もが誰とでもどんな情報でも」という通信のパーソナル化に向けた大きなニーズをさまざまな側面から実現していくことになる。今後の移動体通信の発展がますます期待される場所である。

(平成10年3月16日受付)