

IMT-2000 を支える広帯域 CDMA 技術

武内良男

(株) KDD 研究所

●携帯から IMT-2000 への移行

今でこそ国内で4000万を超える携帯電話が使われているが、そのルーツは1979年にサービスが開始された自動車電話である。その後1985年に初めて携帯して使用できるショルダーホンがお目見えし、1987年によく現在の携帯電話の原型が登場している。当然のことながら携帯電話の最初の方式はアナログ方式であり、第1世代の方式と呼ばれている。アナログ方式のシステムしかなかった時代は加入者はそれほど多くなかったが、それでも携帯端末の小型化が進み出してから徐々に加入者が増えていった。加入者の収容能力を高めるため、1994年に第2世代の方式であるデジタル方式が実用化された。この頃から加入者数は急激な増加に転じ、PHSとの競争による端末のさらなる小型化なども加入者増に拍車をかけた。その結果、現在のように国民の3人に1人が携帯電話を持っているような状況となっている。

携帯電話は無線を利用したシステムであり、無線通信を行うためには周波数が必要である。ところが周波数というのは限られた資源であり、携帯電話に使える周波数、テレビ放送に使える周波数、アマチュア無線に使える周波数など、それぞれ使える周波数の範囲が決められており、勝手に好きな周波数を使えるわけではない。すなわち、携帯電話の加入者が今のペースで増えつづけていくと現在携帯電話で使える周波数だけでは近いうちに加入者を収容しきれなくなってしまう。

このような状況を打開するための切り札として、新たな周波数を使って第3世代の方式を導入することが世界的に合意されている。この第3世代の方式はIMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) と呼ばれ、第2世代方式の導入より前にITU-R (International Telecommunication Union Radio Communication Sector; 国際電気通信連合無線通信部門) において検討が開始されている。第2世代までの方式は欧州・米国・日本のそれぞれで方式が開発され、たとえば同じ第2世代といっても日本ではPDC (Personal Digital Cellular) システ

ムが使われ、欧州ではGSM (Global System for Mobile communications) システムが使われるなど、地域間で互換性のない方式となってしまった。このような第2世代方式の開発に対する反省から、第3世代では世界共通のシステムを目指すことがITU-Rで合意され、以来その目標に向かってIMT-2000の開発が行われている。

IMT-2000は第2世代システムを上回る機能・性能を目指している。具体的には、

- (1) 音声からインターネットアクセスやテレビ電話までそれぞれに適した条件で通信できること
- (2) 電話線で接続して通信するのと同じくらい品質が良いこと
- (3) 屋内から高速移動までのさまざまな無線環境で使用できること
- (4) 屋内で2Mbit/s、高速移動環境で144kbit/s程度のユーザ情報速度を提供できること
- (5) 今までの携帯電話より多くの人が同時に通信できること

などが求められている。携帯電話システムでは最寄りの基地局まで無線で通信を行うが、IMT-2000についても使える無線周波数の範囲が限られていることから、要求を満たすためには無線通信の方法(無線アクセス方式)を工夫する必要がある。ここに示したような要求をすべて同時に満たすように工夫を凝らし、IMT-2000の無線アクセス方式の開発が進められてきている。

第2世代では、欧州のGSMシステムや日本のPDCシステムなど無線アクセス方式として当初はTDMA (Time Division Multiple Access; 時分割多重アクセス) 技術*1が主流であった。その後CDMA (Code Division Multiple Access; 符号分割多重アクセス) 技術を使って米国で

*1 [TDMAとは?]

CDMAは拡散符号の違いによって複数種類の信号を多重化するのに対し、TDMAは時間的なタイミングの違いによって信号を多重化する。たとえば時間を20msごとに区切って、その中をさらに5msごとの4つの区間(スロット)に分け、1番目のスロットは信号1、2番目の信号は信号2、... といつようにスロットごとに別々の信号を伝送する。この場合は1つの周波数を使って4種類の信号を同時に伝送できる(多重化できる)ことになる。

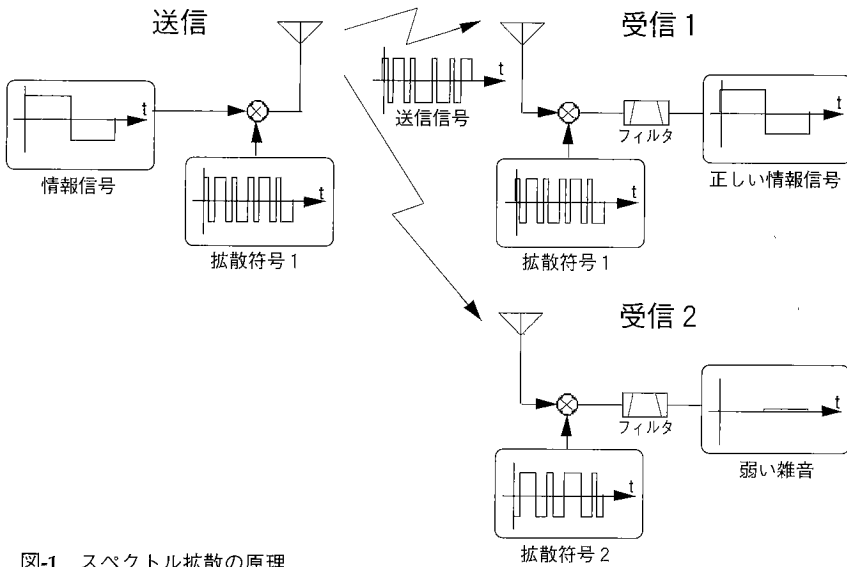


図-1 スペクトル拡散の原理

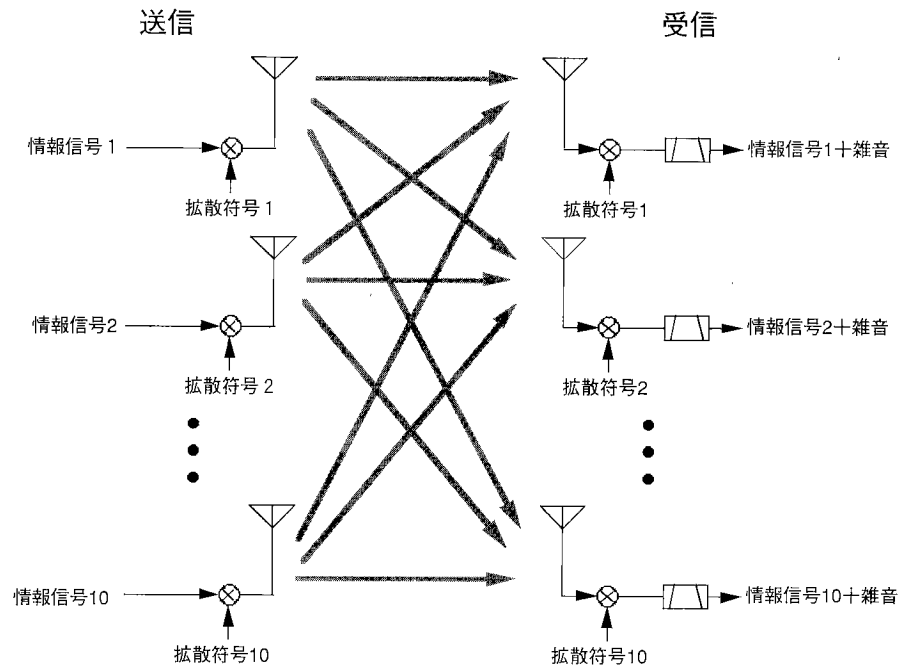


図-2 CDMA における信号の分離

開発された ANSI(American National Standard Institute) -95 システムも普及してきており、CDMA の有効性が認識されつつある。このような流れの中で、IMT-2000 の無線アクセス方式としては、広帯域CDMA 方式が有力となっている。

●CDMA の原理

CDMA 方式では、直接拡散と呼ばれる方法でスペクトル拡散を行っている。直接拡散によるスペクトル拡散の方法は図-1 のようになる。送信側では、伝送すべき情報信号に対して、情報信号よりも短いパルス周期を持つ

デジタル信号(拡散符号)をかけあわせる。このような拡散処理によって、みかけ上の信号の変化の頻度が増える。受信側では拡散された信号に対して正しいタイミングで再度拡散符号を乗ずることにより逆拡散を行う。この処理によって元の情報信号を得ることができる。このとき、送信側で使われた拡散符号と別の符号を受信側で乗ずると、情報信号は得られず、情報信号に比べて弱い雑音となる。

この性質を利用すると、たとえば10種類の情報信号1~10があるときに、それぞれに異なる拡散符号1~10をかけて重ね合わせたとすると、図-2のように、受信側で拡散符号1をかけると情報信号1だけが正しく取り出さ

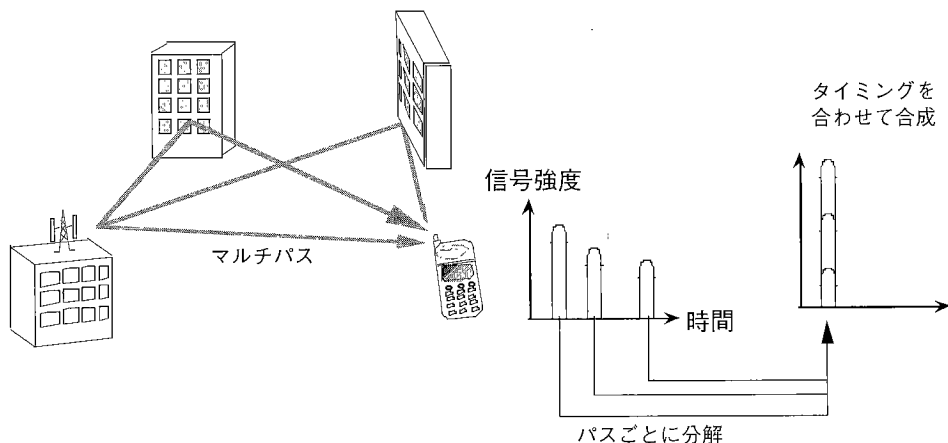


図-3 RAKE受信

れ、それ以外の信号はすべて雑音になってしまう。また同じ信号に対して受信側で拡散符号2をかけると今度は情報信号2が取り出せる。つまり携帯電話の場合に携帯端末と基地局の間の無線区間でたくさんの携帯端末向けの信号が重なってしまっても、それぞれの端末あての信号を別々に分離して取り出せることを意味する。このような無線アクセス方式をCDMAと呼んでいる。なお、情報信号が変化する速度を情報レート、拡散符号が変化速度をチップレートといい、情報レートに対するチップレートの比を拡散率と呼ぶ。広帯域CDMA方式はANSI-95によるCDMA方式よりもチップレートが高く、それが「広帯域」と呼ばれる理由となっている。

●CDMA セルラーの特長

カバーエリアが面的に連続するように基地局を配置する移動通信方式をセルラー方式と呼び、携帯電話システムで一般に使われている方式である。CDMAによるセルラー方式は次のような特長を持っている。

【多人数による同時通信が可能】

CDMAセルラーシステムで同時に収容できる端末数は、システム内の信号の相互干渉のみによって決まる。つまり、CDMAセルラーは多数の移動端末が同一の周波数帯域を共用しており、ある端末の信号に着目した場合、それ以外のすべての端末の信号は雑音のように見えることから干渉信号となる。したがってそれぞれの端末の信号の平均送信電力を減らすことができれば全体として干渉量を減らすことにつながり、その分だけ多くの端末を収容できることになる。すなわちCDMAでは干渉量を減らすことがそのまま容量増につながる。干渉量を減らす仕組みとしては、送信電力を必要最小限に抑えるための送信電力制御、無音時に送信をオフにする制御や基地局アンテナの放射エリアの分割(セクタ化)などがあり、いずれも端末の平均送信電力を減らすことに役立つ。これらによって干渉を減らせる分だけ端末収容数を増やすことができ、結果として従来の携帯電話システムより多く

の端末を同時に収容できるようになっている。

【周波数の使い方が簡単】

従来の多くの携帯電話システムでは隣り合う基地局では別々の周波数を使わなければならないというような制約があるため、基地局を増やす場合など、基地局ごとに使ってよい周波数を決め直す必要がある。一方CDMAセルラー方式では、1つの基地局と通信する複数の移動端末が、異なる拡散符号を用いることによって端末ごとのチャンネルを分別し、異なる基地局と通信するにはさらに異なる拡散符号を使用することによって複数の基地局・端末で使われる複数チャンネルが1つの周波数スペクトルを共用している。したがってCDMAセルラーでは周波数配置を行う必要がなく、従来システムより柔軟な基地局配置が可能である。

【マルチメディア通信に最適】

CDMAセルラーでは個々の端末の信号ごとに送信電力制御を行うことにより、端末ごとに任意の通信品質(誤り品質)を設定できる。また拡散率を変えることにより、情報速度が違っていても同一のチップレートの信号に拡散することができることから、多様な情報速度に対応しやすい。広帯域CDMAセルラーの場合は、たとえばある端末が8kbpsくらいでリアルタイムの音声通話をしながら同時に384kbpsの packets 通信でインターネットアクセスというようなこともこれまでの携帯電話システムより簡単にできるようになる。このように、CDMA方式ではフレキシブルな伝送が可能であり、マルチメディア通信に適している。

●CDMAの基本技術

【RAKE受信】

移動通信の環境では、建物等の障害物による反射や回折などマルチパスと呼ばれる複数の経路を経て電波が複雑な伝わり方をする。このような環境で伝送された信号

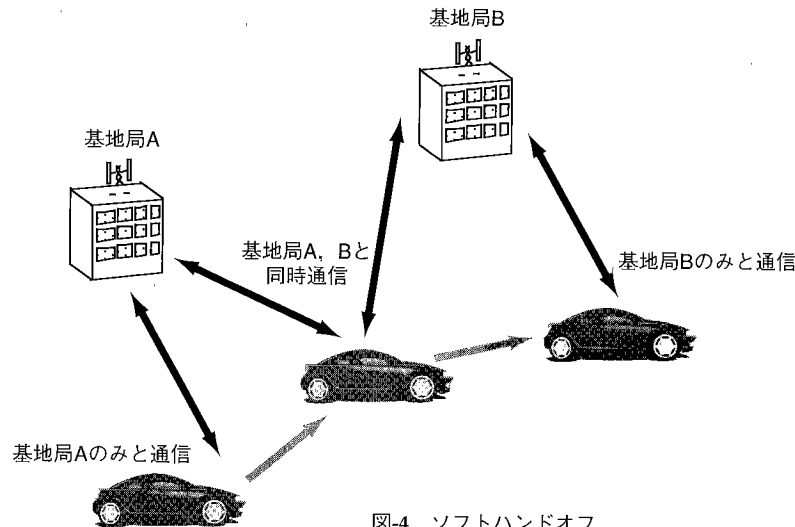


図-4 ソフトハンドオフ

は、伝搬路によって強度や到達時間が異なる信号が合成されたものとなる。また端末の移動によって伝搬路も変化するため、フェージングと呼ばれる信号の変動が生ずる。

CDMAの信号は、到達時間の異なる信号が合成されたマルチパス信号を、拡散符号を利用してパスごとに分離できるという特長がある。図-3のようにパスごとに分離した信号を、それぞれの信号強度に応じて最適に重み付けして合成することにより、受信信号の品質を高めることができる。このように信号をくま手でかき集めるような方式であることから、この方式はRAKE(くま手)受信方式と呼ばれる。RAKE方式により、フェージングの影響を低減し、受信電力の変動を軽減することができる。同時に、各マルチパスの信号エネルギーを信号情報再生に有効に利用することができる。

拡散符号の変化する速度(チップレート)を高くする、すなわち広帯域化すると、その分マルチパスを細かく分離でき、多くのマルチパスを受信できるようになるため、合成後の受信信号の品質をさらに高めることができる。受信信号の品質を高める必要がなければ、端末・基地局の送信電力を低減できることを意味しており、その場合は干渉がその分だけ減ることから、同時に収容できる端末数をさらに増やすことにつながる。

【ソフトハンドオフ】

セルラー方式の移動通信では、端末の移動に合わせて通信する基地局を順次変更していく。CDMAセルラー方式では、隣り合う基地局が同じ周波数帯域を使用しているため、1つの移動端末からの信号を複数の基地局で受信したり、複数の基地局からの信号を1つの移動端末で同時に受信することが比較的容易である。たとえば図-4のように基地局Aから基地局Bへ移動する際に、セルの境界付近で両方の基地局との同時通信を行い、徐々に基地局Bのみと通信を行うように変化していく。このように、複数の基地局と同時に接続する状態をとる切り替え方法

を、ソフトハンドオフと呼び、通信断が生じにくくなるという特長がある。この方式は、同時通話を行う際に回線状態の良い方の回線を使って通信できることから、フェージングによって回線状態が劣化するのを抑えることもできる。

【送信電力制御】

すべての移動端末が同じ帯域を共有するCDMA方式では、ある端末にとって他端末の信号はすべて干渉となる。移動端末と基地局との距離はそれぞれ異なるため伝搬損失(信号が弱くなる程度)も異なる。そのため、各端末が同じ電力を送信すると、基地局における受信信号電力が端末ごとに違う値となる。これを遠近問題といい、大勢の人が同時にしゃべっているとき近くの話はよく聞こえるが、遠くの話は聞き取りにくくなるという状況と似ている。すなわちこれは通信品質にばらつきが生じてしまうことを意味する。すべての端末の信号を同じ品質にするためには、すべての端末からの信号が基地局において同じ強さで受かる必要がある。そのため、基地局は受信した信号強度に応じて各端末に対して送信電力の増減を指示し、信号強度が一定になるようにする。前に述べたように移動通信環境ではフェージングによる激しいレベル変動が生じるため、このような送信電力制御を頻繁に(たとえば1秒間に千回程度)行う。

●広帯域CDMAは2001年に実用化予定

これまでに述べたような各種技術を使った広帯域CDMA方式によって、最初に示したようなIMT-2000に対する要求をすべて満たすことが可能となっている。広帯域CDMA方式によるIMT-2000システムは2001年にも実用化される予定であり、従来の携帯電話システムでは到底及ばないような優れた能力を生かして発展してゆくと期待される。

(平成11年7月6日受付)