

広帯域コヒーレントDS-CDMA無線アクセス特集

Special Issue on Wideband Coherent DS-CDMA Mobile Radio Access

1. 次世代移動通信の実現に向けた 広帯域コヒーレントDS-CDMAの研究開発

1. Research into Wideband Coherent DS-CDMA toward Realization of Next Generation Mobile Radio Communications

移動通信特有のマルチパスフェージングの克服、高速マルチメディアサポート、柔軟なシステム拡張性を目指して広帯域コヒーレント直接拡散符号分割多元接続（DS-CDMA）の研究を進めている。その技術的目標および特徴について概説する。

Wideband coherent DS-CDMA is currently being researched to overcome multipath fading, to support a variety of high speed multimedia communications, and to enable flexible system deployment. A technology target of radio access for third generation mobile radio access and technical features of wideband coherent DS-CDMA are described.

安達 文幸
Fumiyuki Adachi

佐々木秋穂
Akio Sasaki

まえがき

アナログセルラ方式は第1世代、PDC（日本標準）、GSM（欧州標準）、IS54（米国TDMA標準）やIS95（米国CDMA標準）などのデジタルセルラは第2世代とよばれている。第2世代までは音声サービスが中心で、アナログ/デジタル狭帯域変復調技術を駆使して限られた無線帯域を有効利用する方向がとられてきた。狭帯域無線チャンネルでは劣悪なフェージング環境のために固定網と同程度の品質を確保するのが大変難しい。次世代では、図1に示すように、音声ばかりでなく、ファクス、電子メール、コンピュータ間通信や静止画、動画などさまざまな情報（マル

チメディア情報）サービスを提供できることが重要で、かつ移動網であると意識させないような高品質通信の提供が望まれている。広帯域DS-CDMAはこのような次世代無線アクセスの有力候補として注目を集めている。なお、米国標準のIS95は狭帯域（1.25MHz）CDMAとして初めてセルラ方式に適用された¹⁾。欧州では欧州版第3世代（UMTS）の実現に向けたRACE-ACTSプロジェクト（1995年でRACEは終了、現在はACTSプロジェクト）でCDMAの研究開発を展開している^{2), 3)}。本稿では、当社で研究中の広帯域コヒーレントCDMA^{4), 5)}について概説する。

なぜCDMAか？

無線アクセスにはCDMAの他に時分割多元接続（TDMA）および周波数分割多元接続（FDMA）があるが、FDMAはTDMAやCDMAと組み合わせて用いるのが一般的である。表1は、高品質化、大容量化、マルチレート化を実現する技術についてTDMAとCDMAと比較して示している。

割り当てられた無線帯域幅が同一ならTDMAとCDMAで可能な伝送品質、容量は理論的には同じであり、それらに適用される個別技術が異なるだけである。しかしながら実現性の点で以下に示す差異がある。CDMAでは既知の拡散系列を用いて、情報信号を広い無線帯域に拡散する。このため、この冗長性を使って、受信側で容易にマルチパスフェージング波を分離合成できるので、フェージングの影響を大幅に低減できる。さらに、冗長の一部を誤り訂正符号化に割り振ることもできる。一方、TDMAでは変調の冗長度がほとんど無いため、CDMAに比べてより複雑な等化処理が必要で、かつフェージング変動への追従が極めて難しい。

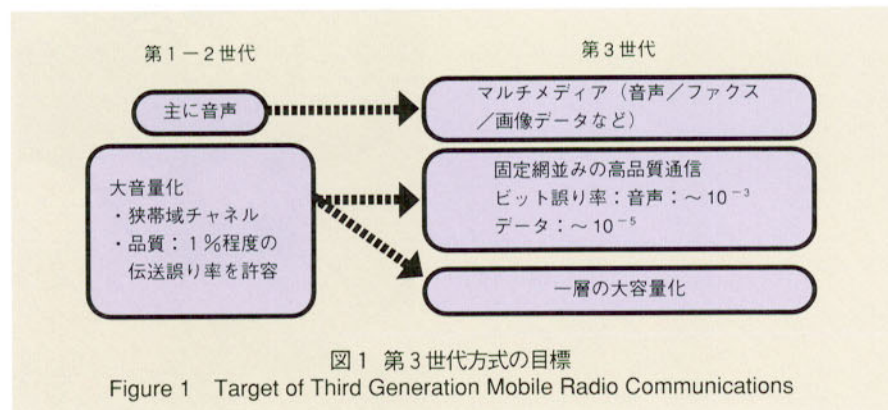


表1 CDMA/TDMAの技術比較
Table 1 Comparison between CDMA and TDMA

		CDMA	TDMA
品質	伝送	RAKE, アンテナダイバーシチ, 誤り訂正	等化器, アンテナダイバーシチ, 誤り訂正
	エリア	ダイバーシチハンドオフ	切り替え型ハンドオフ
容量		送信電力制御	ダイナミックチャネル割当
マルチレート		直交マルチレート	周波数/スロット割当
セル間チャネル管理		ほぼフリー	周波数/スロット管理

CDMAではすべての無線セルで同一周波数を用いるため、セル周辺の移動局がその周辺の複数基地局と同時通信を行える。これはソフトハンドオフ（ダイバーシチハンドオフ）とよばれ、TDMAの周波数切り換え型のハンドオフより伝送品質の劣化確率を低減できる。

CDMAは干渉限界型の通信であり、どのユーザがどの拡散符号を使用しているかに依存せず、総合の干渉電力で伝送品質が決まる。送信電力制御を導入することにより、TDMAでのダイナミックチャネル（周波数、スロット）割当などの複雑な制御がなくとも、無線リソースを有効に利用できる。さらに、伝送レートが時々刻々変動する通信（音声信号の有／無はその一例）の場合、同一無線帯域を共有するCDMAでは統計的多重化効果が期待できる。これらによりTDMAに比べて大容量なシステムを実現しやすい。また、低速から高速にわたるマルチレートの伝送を実現しやすいという利点もある。

広帯域コヒーレントCDMAの特徴

CDMAではマルチパスを分離・合成する。合成されるマルチパス数が多くなるほどフェージング低減効果が大い。拡散帯域幅を広くすれば分解できるマルチパス数が多くなる。広帯域CDMAを目指す理由のひとつはこれにある。もうひとつの理由は、次世代では高速マルチメディアサービスの提供が必須であるからである。さらに、移動通信では同期検波（コヒーレント）系の適用が難しいが、送信電力の低減あるいは容量の増大の観点からは同期検波系の実現は重要な技術課

題である。米国標準IS95では下りリンク（基地→移動局）はコヒーレント系であるが、上りリンク（移動→基地局）は非同期検波系を採用している。当社で研究中の広帯域コヒーレントCDMAと、欧州のRACEプロジェクトで検討されていたCODITおよび米国標準IS95の無線インタフェースの特徴を表2に比較して示す。広帯域コヒーレントCDMAの特徴を整理すると以下ようになる。

- (1) 屋内/外を連続的にサポートするための基地局間非同期システム（このため、2重拡散コード配置を用いている）
- (2) 伝送データに周期的に挿入したパイロットシンボルを用いる上りリンク同期検波RAKE受信
- (3) パイロットシンボルを利用した信号対干渉電力比（SIR）測定に基づく高精度瞬時送信電力制御
- (4) チャネル間の直交性を保持したまま可変レート伝送を実現する直交マルチレート伝送
- (5) 異なる品質条件（誤り率、遅延時間）の通信を効率良く行うための接続誤り

表2 CDMA方式無線インタフェースの比較
Table 2 Comparison of Various CDMA Air Interfaces

	ドコモ	欧州CODIT	米国IS95
アクセス方式	広帯域コヒーレントCDMA	可変拡散率CDMA	MアレーCDMA
キャリア間隔	1.25/5/10/20 MHz	1/5/20 MHz	1.25 MHz
変調	コヒーレントQPSK（パイロット挿入）	疑似コヒーレントOPSK（並列コード）	非同期Mアレー変調
最大ユーザーレート	2Mb/s	2Mb/s	9.6kb/s
マルチレート伝送法	直交マルチレート	可変拡散率	
フェージング対策	ダイバーシチRAKE＋パワコン＋誤り訂正	RAKE＋パワコン＋誤り訂正	ダイバーシチRAKE＋パワコン＋誤り訂正
基地局間同期	非同期	非同期	同期（GPS）
大容量化技術	干渉キャンセラ＋適応ダイバーシチ		

訂正符号化

CDMAは干渉限界型の無線アクセスなので、SIR測定に基づく送信電力制御により、所要の品質条件を保ったままで、通信中のユーザ数に応じて移動局送信電力を適応的に制御できる。さらに、(2)、(4)および(5)の採用により、常に必要最少限の送信電力での通信が可能である。

むすび

広帯域コヒーレントCDMAについて概説した。本特集号では、無線伝送系の構成、野外伝送実験、高速信号（2Mb/s）伝送、およびRAKE受信や高速セルサーチに適用する低消費電力マッチトフィルタについて紹介している。今後は、世界標準の実現に向けて、伝送技術の高度化と共に、無線機ハードウェア、ネットワーク系や無線制御系の開発が必須である。

文献

- 1) Padovani, R., "Reverse link performance of IS-95 based cellular systems", IEEE Personal Communications, pp. 28-34, 3rd Quarter, 1994.
- 2) Baier, A., Fiebig, U.-C., Granzow, W., Koch, W., Teder, P., and Thielecke, J., "Design study for a CDMA-based third-generation mobile radio system", IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. SAC-12, pp.733-743, May 1994.

- 3) T. Stefansson and M. Allkins, "Real-time testbed for assessing a CDMA-based system," IEEE Personal Communications, vol. 2, pp. 75-80, Oct. 1995.
- 4) Ohno, K., Sawahashi, M., and Adachi, F., "Wideband coherent DS-SS-CDMA", Proc. IEEE VTC, pp. 779-783, Chicago, U.S.A., July 1995.
- 5) 奥村, 東, 土肥, 大野, 安達 "コヒーレントマルチコードDS-SS-CDMAを用いる移動無線アクセスの伝送実験" 信学技報 AP95-55, RCS95-80(1995-10).