

次世代移動体通信システム

—広帯域CDMAシステムの試作—

Wideband CDMA System for Next-Generation Mobile Telecommunications

鈴木俊郎 *Toshirô Suzuki* 平田哲彦 *Tetsuhiko Hirata*
土居信数 *Nobukazu Doi*



電測車内の実験状況

(a) 多目的電測車

(b) 移動通信用基地局

多目的電測車での広帯域CDMAシステムの実験状況
多目的電測車に搭載した移動機(a)と移動通信用基地局(b)を使用して、高品質音声通信やテレビ電話による動画通信の屋外環境での実験状況を示す。

日立製作所は、わが国が提案している標準化方式案の母体となる広帯域CDMA(Code Division Multiple Access：符号分割多元接続)方式を用いた移動通信用基地局、移動機、および移動交換シミュレータを開発し、これらの成果を基に、国際電信電話株式会社から提示された詳細システム仕様を織り込んだテストベッドシステムを製造し、同社に納入した。同社は、このシステムを用いて、1998年11月から東京の都心部で屋外環境での実験を行い、高品質音声通信とテレビ電話による画像通信が、ソフトハンドオーバー動作を含めて、良好に実現できることを確認した。

また、日立製作所は、独自の実験により、このシステムはNTT移動通信網株式会社提供の移動機との接続が可能で、かつ屋外でのサービスエリアがシミュレーションとよく一致することを確認した。

1 はじめに

近年、電気通信の市場では、革新的な変化が進行している。すなわち、音声通信主体からインターネット通信などの非音声通信へ、固定通信網主体から無線を用いた移動通信網へのトラフィック移行が世界各国で急速に進んでいる。

これらの社会ニーズを背景に、ITU(国際電気通信連合)で“IMT-2000(International Mobile Telecommunications 2000)”と呼ばれる次世代移動通信システムの国際標準化策定作業が進んでいる¹⁾。このため、IMT-2000

向けの有力な標準化方式として、わが国や、欧州、米国などから各種の広帯域CDMA(Code Division Multiple Access：符号分割多元接続)方式が提案されている²⁾。日立製作所は、わが国提案のW-CDMA(広帯域CDMA)方式原案を基本とした移動通信用基地局、移動機、および移動交換シミュレータを開発し、これらの成果を用いて、国際電信電話株式会社から提示された仕様を織り込んだテストベッドシステムを製造し、同社に納入した。

ここでは、次世代移動体通信システムを目指した「広帯域CDMAシステム」と、その実験について述べる。

2 広帯域CDMAテストベッドシステムの構成

CDMA方式を用いた移動体通信システムとしては、米国で開発されたIS-95方式が、米国や韓国、日本などで商用サービス化している。このIS-95方式では、1.25 MHzの比較的狭い拡散帯域を使用しているため、例えば100 kビット/sを超えるような高速マルチメディア信号の伝送に対しては一定の限界がある。今回開発した広帯域CDMAテストベッドの無線方式は、4.096 MHzの拡散帯域を用いた直接拡散方式であり、128 kビット/sまでの回線交換と、384 kビット/sのパケットデータの通信を可能とする(表1参照)。この仕様は、1997年7月に社団法人電波産業会で作成された仕様原案に、国際電信電話株式会社提案の詳細仕様を追加して作成した³⁾。さらに、NTT移動通信網株式会社から提示された「W-CDMA移動通信方式システム」の実験仕様などを参考としている。

開発したテストベッドシステムは、(1) 音声・データ通信用MS(Mobile Station: 移動機)、(2) 3セクタとオムニアンテナ用のBS(Base Station: 基地局)、および(3) 基地局制御と交換機能を実現するMSC-SIM(Mobile Switching Center-Simulator: 移動交換シミュレータ)で構成する(図1参照)。

3セクタアンテナ用基地局は、各セクタアンテナ間の、ソフトハンドオーバー(後述)よりもさらにスムーズなソフトハンドオーバー合成機能を持つ。さらに、オムニアンテナ用基地局では、干渉キャンセラの搭載が可能である。

表1 広帯域CDMAテストベッド無線方式の仕様

社団法人電波産業会作成のW-CDMA仕様原案に国際電信電話株式会社提案の詳細仕様を追加して作成した表を示す。

項目	仕様	備考
無線周波数	上り: 1,920~1,940 MHz 下り: 2,110~2,130 MHz	ITU設定のIMT-2000向け周波数帯、190 MHz間隔のFDD方式
伝送周波数帯域	5 MHz	上下対称通信
チップレート	4.096 Mチップ/s	—
信号ビットレート	回線交換: 32・64・128 kビット/s パケット交換: 384 kビット/s	—
チャンネル符号化	送信側: 畳込み($R=\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, K=9$) 受信側: 軟判定ビタビ復号	データ通信時にはリードソロン符号化をさらに追加
拡散コード	ロングコード: Gold符号 ショートコード: 直交符号	—
検波方式	時間多重個別パイロットによる同期検波	—
基地局同期	同期・非同期切替が可能	—

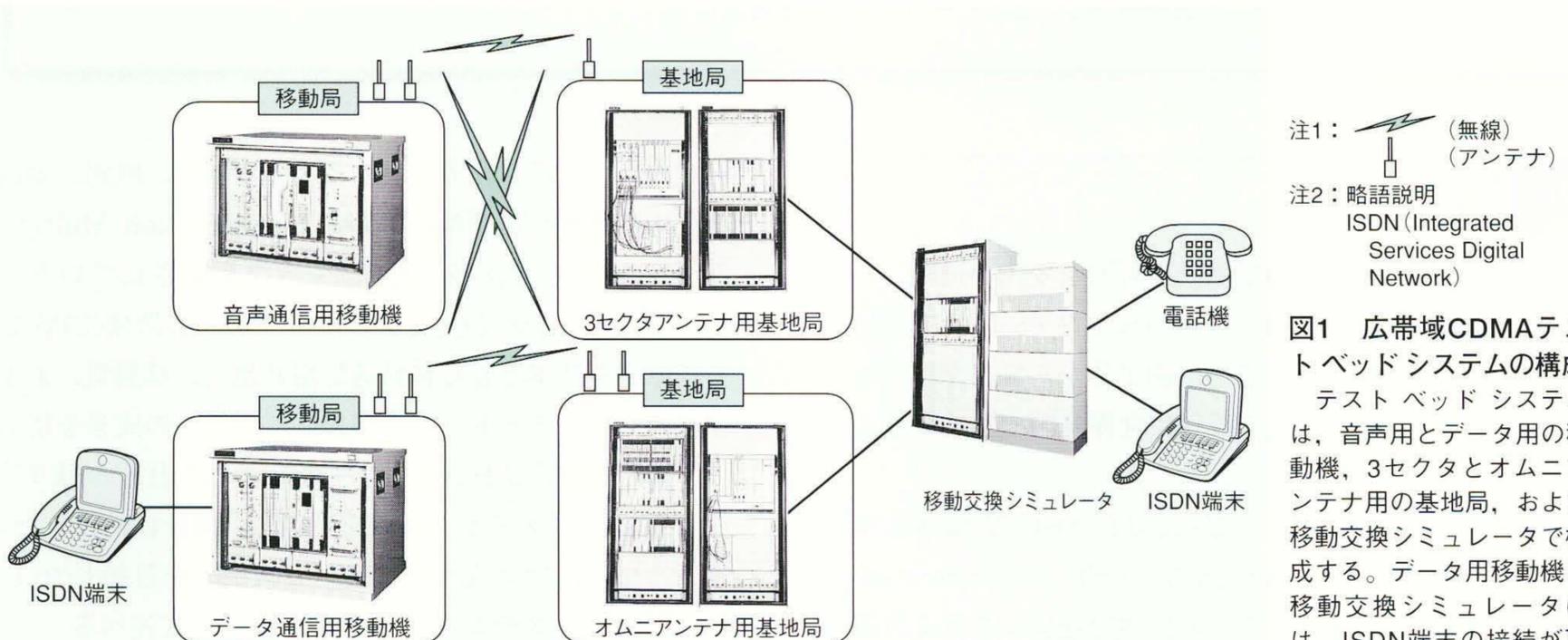
注: 略語説明 FDD (Frequency Division Duplex; 周波数分割双方向伝送), R(Rate; 符号化レート) K(Constraint bit length; 符号化拘束長)

移動交換シミュレータは各基地局からの受信信号を合成してソフトハンドオーバーを実現するとともに、移動機間と、移動機-固定端末間の交換接続を可能とする。

3 広帯域CDMAの制御技術

3.1 制御プロトコル

テストベッドの呼処理やシステム制御は、無線リンクのレイヤ3機能として、ソフトウェアで実現する。一般に、移動通信の制御プロトコルには、通信サービス制御



注1: (無線) (アンテナ)

注2: 略語説明 ISDN (Integrated Services Digital Network)

図1 広帯域CDMAテストベッドシステムの構成
テストベッドシステムは、音声用とデータ用の移動機、3セクタとオムニアンテナ用の基地局、および移動交換シミュレータで構成する。データ用移動機と移動交換シミュレータには、ISDN端末の接続が可能である。

や移動管理、無線アクセスリンク制御のシステム能力が必要となる。今回のテストベッドでは、これらのシステム能力を実現するため、以下に述べるルーチンを開発した。

(1) 呼制御

ユーザー要求に基づく呼・コネクションの制御に関するメッセージの生成と転送の実行。基本的には、ITU-T (ITU電気通信標準化部門)のQ.2931標準に準拠する。

(2) 端末アソシエーション

移動機と移動交換シミュレータとの間のアソシエーション制御に関するメッセージの生成と転送を実行するもので、例えば、移動機固有の識別子認証などがある。

(3) 移動管理

移動機によるセルサーチ結果に基づく電源投入時の位置登録や、移動機移動時の位置更新などの移動管理に関するメッセージの生成と転送を実行する。移動管理方式は各無線方式に依存する部分があるが、今回は、広帯域CDMA方式に適したプロトコルを新しく開発した。

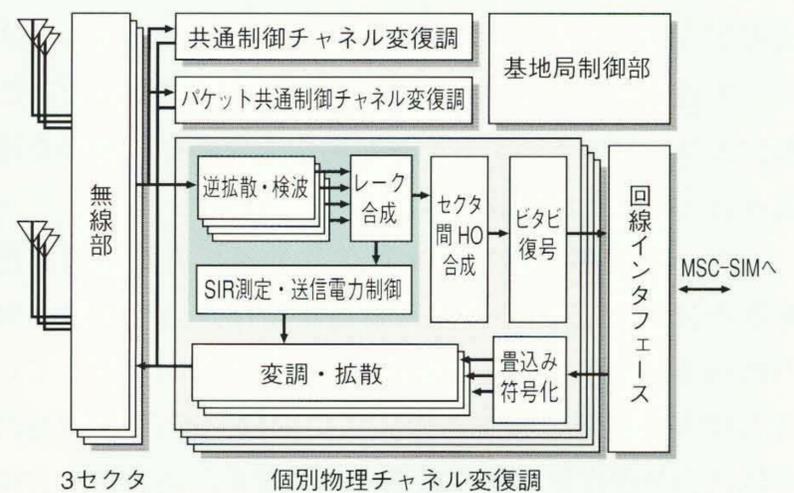
(4) 無線リソース制御

無線ベアラ制御や無線リソース管理、ハンドオーバー起動、送信電力制御時の目標値管理など、無線リソース制御に関するメッセージの生成と転送を実行する。

3.2 ソフトハンドオーバー方式

ハンドオーバーとは、通話中に移動機が移動して別の基地局のエリアに入っても、通話をとだえることなく継続する機能を指す。従来の移動無線方式では、隣接する基地局どうしは同じ周波数の電波を使用しないようにして混信を防止しているが、CDMAでは、隣接基地局との周波数は変えずに、使用する符号を変えることによって混信を防止している。したがって、無線受信機の高周波部分は共通に使用して、復調機だけを単に並列に設けることにより、複数の基地局からの電波を同時に受信することが可能となる。従来のシステムでは、受信周波数を切り替える瞬間には、信号のとだえはどうしても避けられなかった。CDMAでは、信号はまったくとだえることなく基地局を切り替えることが可能となる。これを「ソフトハンドオーバー機能」と称する。

ソフトハンドオーバーを実現するためには、複数の基地局と同時通信する機能を持つ必要がある。今回のテストベッドでは、3基地局まで常時通信できるような構成とした。また、ハンドオーバー実行に関する制御信号の伝達が不安定になる場合を想定して、今回開発したシステムには、エラー再送やリトライ起動などの障害時処理を二重、三重にかけてある。



注：略語説明

SIR (Signal to Interference Ratio)

HO (Handover)

図2 基地局の構成

3セクタ基地局の構成を示す。無線部は、各セクタアンテナごとに設置される。

4 広帯域CDMAの信号処理技術

CDMAシステムでは、送信側のアンテナから直接受信される信号のほかに、建物や山岳から反射してくる遅延波を、レーク受信と呼ばれるデジタル信号処理によって他チャンネルの信号や雑音信号から分離、抽出して、すべて信号エネルギーとして合成して利用することができる。このため、無線通信での干渉や、雑音による性能劣化を大幅に削減することができる。この機能は、基地局や移動機に実装されるDSP (Digital Signal Processor) ベースの専用信号処理LSIによって実現される。日立製作所が開発した受信専用のデジタル信号処理LSIでは、約10,000 MIPS (Million Instructions per Second) 相当の演算を1チップで実現している¹⁾。LSIは、0.5 μmテクノロジーを用いた汎用ゲートアレーをベースとして、103 kゲートを集積化している。

基地局における信号処理部の構成を図2に示す。同図中、色アミで示した部分は受信専用LSIで実現した。この図では、マルチセクタアンテナ対応の場合を示しているが、3セクタ形では、各セクタごとに2ブランチのアンテナダイバーシチと、各ブランチごとに4パスのレーク合成を行う。

5 システム実証実験

国際電信電話株式会社は、1998年11月から、東京都心の渋谷-目黒地区で、このテストベッドシステムの実証実験を開始した。実験では、移動する車両と固定基地

局間で、ITU-T G.729方式による高品質音声通信と、ITU-T H.261方式テレビ電話による音声・画像マルチメディア通信を、ダイヤル発着呼処理によって行った。これにより、ソフトハンドオーバー動作を含めて、良好な通信が行えることが確認できた。

一方、日立製作所は、次世代移動通信方式の標準化推進を目的として、NTT移動通信網株式会社が国内外の移動通信オペレータや製造メーカーと共同で行っている公開実証実験に参加した。ここでは、NTT移動通信網株式会社が提供する移動機と、国際電信電話株式会社への納入機仕様の自社基地局の間で基本接続ができることを、室内接続実験で確認した。さらに、日立製作所は、横浜市にある戸塚事業所の屋上にアンテナを設置し、1999年1月から自社機器による屋外環境でのシステム実証実験を開始した。実験システムは、(1) 3セクタアンテナ形基地局1台、(2) オムニアンテナ形基地局2台、(3) 移動交換シミュレータ1台、および(4) 6台の移動機(うち2台はデータ用)で構成する。各アンテナは、事業所屋上(約25 m)に設置した。また、移動機は多目的電測車に搭載した。

この電測車で測定した事業所周辺の基地局伝搬エリア例を図3に示す。これは、標高データと伝搬モデル⁵⁾から計算されるエリアシミュレーション結果と、実測した通

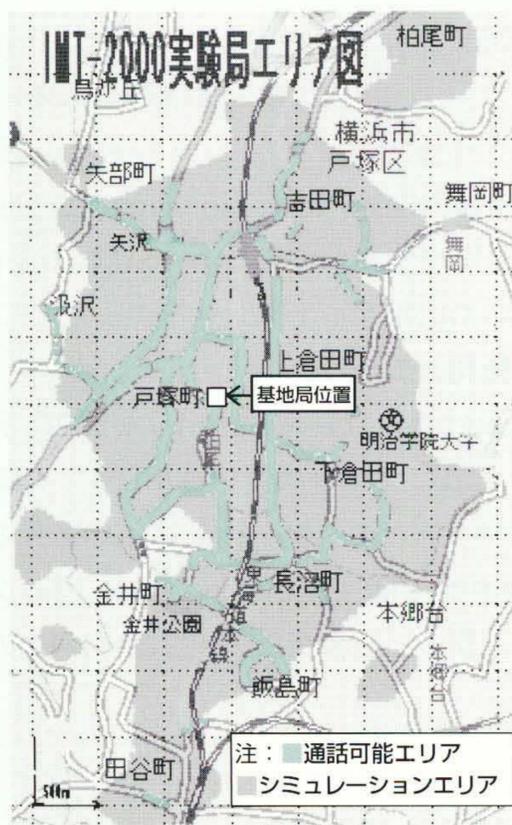


図3 戸塚地区での通話可能エリア確認実験の地図
シミュレーションによるサービスエリアと実測による通話可能エリアの比較を示す。

話可能エリアを地図上にプロットしたものである。このように、実測した通話可能エリアは、シミュレーションとよく一致していることがわかる。

6 おわりに

ここでは、次世代移動体通信システムを目指した「広帯域CDMAシステム」のために試作したテストベッドと、これを用いた実験について述べた。

今後は、このテストベッドの運用により、広帯域CDMA方式の特性や技術課題、システム構築上のノウハウ収集に努め、IMT-2000国際標準化活動に寄与するとともに、完成度の高い商用システムの早期開発を目指す考えである。

終わりに、広帯域CDMAテストベッドシステムの開発では国際電信電話株式会社の関係各位から多大のご指導をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) Recommendation ITU-R M.687-2, International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000) (1997)
- 2) 佐々木, 外: IMT-2000標準化の状況, 電子情報通信学会誌, Vol.82, No.2, pp.116~122 (1999-2)
- 3) 新井田, 外: 広帯域CDMAテストベッドの開発, 1998年電子情報通信学会通信ソサエティ大会, B-5-31 (1998-9)
- 4) 雅楽, 外: W-CDMA方式対応1チップ受信LSIの開発, 電子情報通信学会大会, B-5-132, p.496 (1998-3)
- 5) M. Hata: Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Service, IEEE Trans. VT, Vol.VT-29, No.3, pp.317-325 (1980)

執筆者紹介



鈴木俊郎

1972年日立製作所入社, 情報・通信グループ 通信システム事業本部 CDMAシステム本部 所属
現在, 次世代移動通信システムの開発に従事
電子情報通信学会会員, IEEE会員
E-mail: tsuzuki@cm.tcd.hitachi.co.jp



土居信数

1983年日立製作所入社, 中央研究所 通信システム部 所属
現在, 次世代移動通信システムの開発に従事
工学博士
電子情報通信学会会員, IEEE会員
E-mail: n_doi@crl.hitachi.co.jp



平田哲彦

1984年日立製作所入社, システム開発研究所 第4部 所属
現在, 移動体IPネットワーク, CDMAネットワークの研究に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: t_hirata@sdl.hitachi.co.jp