

# W-CDMA および cdmaOne システムに対応した MS8607A デジタル移動無線送信機テスト

MS8607A Digital Mobile Radio Transmitter Tester for W-CDMA and cdmaOne System

UDC 621.3.037.3 : 621.317.75/.757/.76/.77/.78

田河千博	Chihiro Tagawa	計測器事業部 第3開発部
岡田朋久	Tomohisa Okada	計測器事業部 第3開発部
亀田圭司	Keiji Kameda	計測器事業部 第3開発部
大竹貴久	Takahisa Ootake	計測器事業部 第3開発部
中田貴浩	Takahiro Nakata	計測器事業部 第2開発部

## 1 まえがき

GSM (Global System for Mobile communication), PDC (Personal Digital Cellular) 等, 現在世界で普及しているデジタル自動車電話・携帯電話のシステムのほとんどは TDMA (Time Division Multiple Access) と呼ばれる方式を用いている。これに対し, 米国において IS-95 規格 (cdmaOne) として策定されたシステムは CDMA (Code Division Multiple Access) と呼ばれる方式を用いている。TDMA 方式は, 1 つの無線周波数を時間的に幾つかのタイムスロットと呼ばれる単位に分割し, 各ユーザは異なるタイムスロットを使用するというものである。一方, CDMA 方式はスペクトラム拡散技術を用いたもので, 1 つの無線周波数を複数ユーザが使用するという面では TDMA 方式と同じであるが, ユーザは時間的に分けられるのではなく拡散符号 (コード) により分別される。

CDMA 方式は TDMA 方式と比較して以下の利点があるため, 次世代の携帯電話として国際電気通信連合 (ITU) で標準化が行われている IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) のアクセス方式として圧倒的に支持されている。

- 周波数の再配置が容易である。
- 同じ品質を得るための C/N が小さくて良い。
- 統計多重効果が得やすいため, 加入者容量の向上が容易である。

先頃, IMT-2000 の候補として日本の標準機関である電波産業会 (ARIB) が ITU に提案した W-CDMA システムも, この

CDMA 方式を用いたものである。W-CDMA システムは NTT 移動通信網 (NTT ドコモ) の規格を基に策定されており, この NTT ドコモの規格については現在実証実験が行われている。昨年来この実証実験のための基地局および端末機の開発が進められており, そのための専用の測定器が要求されていた。

1993 年に製品化した MS8604A デジタル移動無線送信機テストは, TDMA 方式を用いる各種通信システムに対応した測定器として様々な場面に利用されてきたが, CDMA 方式には対応できなかった。CDMA 方式はコードによる拡散が行われているため, それを解析するにはコード検出およびコード同期という処理が必要となる。通常, この処理は専用ハードウェアもしくは DSP (Digital Signal Processor) により行われるのであるが, MS8604A のハードウェアでの対応は困難であった。また, W-CDMA システムは従来の携帯電話システムと比べて広帯域 (5MHz) 化されており, この点でも MS8604A を使用するの難しかった。

今回開発した MS8607A デジタル移動無線送信機テストは, この W-CDMA システムを主なターゲットとするが, IS-95 規格に基づいた cdmaOne システムのほか, PDC システムのような TDMA 方式を用いる無線機の送信特性をも簡単にかつ高速に測定できる送信機テストである。CDMA 方式における送信測定項目は, 基本的には TDMA 方式の場合と同様であるが, コードによる拡散および多重化という操作が行われるため, 波形品質やコードドメインパワーと呼ばれる新たな概念の測



図1 MS8607A デジタル移動無線送信機テスト  
External view of MS8607A

定が要求される。図1にMS8607Aの外観を示す。

## 2 開発方針

特にCDMA方式を用いた通信システムの無線機の研究・開発および製造の分野で使用できる高性能の送信機テストとすること、およびNTTドコモの実証実験のための機器開発に間に合うよう短期間で開発することを目標とし、以下の基本方針を立てた。

### (1) 送信機の主要特性を1台で測定できる

TDMA方式にも共通の以下の特性

- 周波数偏差
- 変調精度
- 空中線電力
- パーストON/OFF比
- パースト立上り/立下り特性
- 占有周波数帯幅
- 隣接チャンネル漏洩電力

に加えて、CDMA方式に特有の以下の特性を1台で測定できる。

- 波形品質
- コードドメインパワー

### (2) 主要な通信システムに使われる送信機の特性を1台で測定できる

MS8607A本体と、本体にインストールするソフトウェアの組合せで各種通信システムに対応する。対応する通信システム用測定ソフトウェアは以下の3種類とする。

- MX860701B CDMA測定ソフトウェア
- MX860702A PDC測定ソフトウェア

### MX860704A W-CDMA測定ソフトウェア

ここでCDMAとはcdmaOneシステムのことである。

### (3) 研究・開発用に必要十分な解析機能を有する

特にW-CDMAシステムは今が開発フェーズであり、各種のモニタ機能を有する必要がある。

#### 波形表示

数値結果表示に加え、コンスタレーション、アイパターン、ベクトル・位相・振幅誤差の波形表示機能を持つ。

#### IQベースバンド信号解析

デバイス・モジュールの評価用にIQのベースバンド信号での解析を可能とする。

#### スペクトラムアナライザ機能

スプリアス解析や発振回路等の特性評価ができるように、3GHzまでの汎用のスペクトラムアナライザを内蔵する。

#### W-CDMAシステム専用の機能

とまり木チャネル同期機能、送信電力制御のモニタ機能、VOX (Voice Operated Transmission) 信号の解析機能、逆拡散後の復調データの読み出し機能などW-CDMAの機器開発時に必要な各種のモニタ機能を備える。

### (4) 製造用に要求される機能と性能を有する

cdmaOneシステムは国内でもサービスが開始されるため製造ラインでの要求を満足する必要がある。

#### 簡易な操作

測定項目を選択するだけで測定が行われるように、操作性をよくする。また、送信測定項目を一括測定し、合否判定を行う機能も持たせる。

#### 高速測定

測定時間は、製造ラインのタクトタイムを考慮し、各測定ごとに1~2秒とする。特に、コードドメインパワーの高速測定を実現する。

#### 測定精度の向上

パワーメータ機能を内蔵し、校正を行うことによりパワー測定精度を高める。

### (5) 短期開発のためMT8801B ラジオコミュニケーションアナライザのプラットフォームを流用する

W-CDMAシステムの実証実験が目前に迫っており、測定器の早期リリースの要求が強いため、ハードウェアの新規開発は極力抑える。

### 3 設計の要点

#### 3.1 回路構成

図2にMS8607Aの回路構成を示す。

先にも述べたようにMS8607Aは短期開発のため、すでに開発済みのMT8801Bラジオコミュニケーションアナライザのプラットフォームを流用した。MT8801Bは10MHz～3GHzまでの帯域で使用可能な送・受信部およびスペクトラムアナライザ機能のための掃引部、GMSKおよび1/4DQPSK変調方式を用いる現行の通信システムに対して動作可能な変復調部および解析部、さらにアナログ通信に対応するためのアナログ変復調部および解析部を備えており、ソフトウェアにより機能変更ができる。

また、制御部は複数の通信システム用のソフトウェアを同時に実装できるように、大容量のフラッシュメモリカードに各種通信システム専用のソフトウェアを格納する構成となっている。(MT8801Bの詳細に関しては、アンリツテクニカル74号参照)

今回のMS8607Aの開発にあたっては、MT8801Bの受信部、解析部、制御部を利用し、5MHzのベースバンド信号の処理が可能となるよう周波数変換部および解析部を修正した。さ

らにIQ信号解析のための入力経路を追加した。

#### 3.2 測定機能

CDMA方式に対応するため開発した以下の機能について説明する。

##### (1) 波形品質およびコードメインパワー測定

CDMA方式では、変調の良否具合を判定する基準として従来用いられてきた変調精度に代わり、新たに波形品質という概念が用いられる。波形品質とは、受信した信号を逆拡散し狭帯域信号に戻した時に得られる電力と逆拡散前の全電力との比を表現する相関値であり、この値を得るためにはPN拡散コードの検出やコード同期を必要とする。また全コードチャンネルについて上記の波形品質を求めたものをコードメインパワーという。つまり、コードメインパワー測定は取り込んだ信号データと各コードチャンネルの相関値を全コードチャンネルについて求めることであり、W-CDMAシステムの場合、コードチャンネルの最大数は256となる。

cdmaOneシステムはチャンネル分割用の1次拡散コード(Walshコード)が64あるのに対して2次拡散のPN拡散コード(ショートコード)は1種類しかなく、そのショートコードがパイロットCHにそのまま乗せられる仕様になっている。つまり、パイロットCHを用いてショートコードを検出するシ

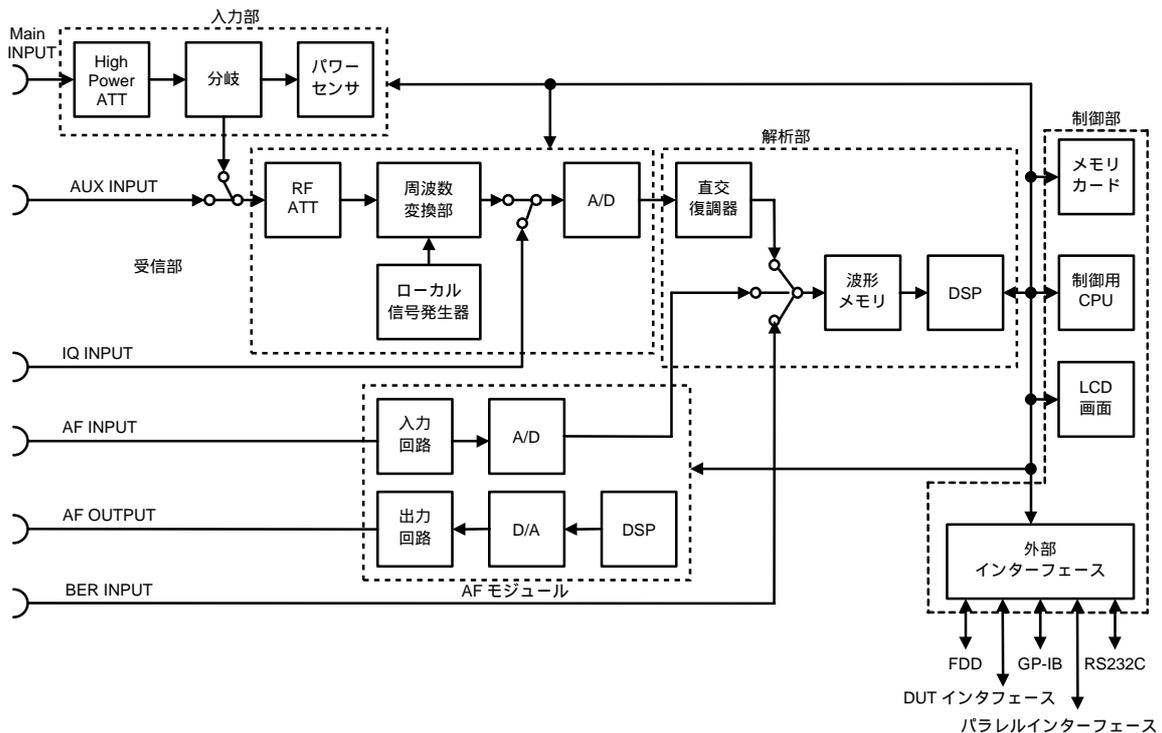


図2 MS8607Aの回路構成  
Block diagram of MS8607A

システムになっているため、コードドメインパワー測定には必ずパイロットCHを必要とする。また、波形品質測定もシステム規格でパイロットCHのみについて測定することが要求されている。

これに対しW-CDMAシステムは、データレートにより1次拡散コード(ショートコード)が4~256に変化し、2次拡散コード(ロングコード)の初期位相も基地局IDにより変更される仕様となっている。そこで、開発向けと言うこともありW-CDMAでは任意のショートコードに対する波形品質を求めることや、それを基にコードドメインパワー測定を行うことができるようにした。

波形品質測定とコードドメインパワー測定は基本的には同じ動作ブロックで実現できる。図3に動作ブロックを示す。

まず、リサンプルによりチップ点での信号を再現し、内部で作成されたショートコードとロングコードを組み合わせた拡散コードとリサンプル信号との相関を取ることでコードの位置検出を行う。コード検出ができると逆拡散が可能となり、各CHを分離できるようになる。波形品質は特定の1CHに対する演算を行い、コードドメインパワーはFHT(高速アダマール変換)を行うことにより全CHに対する値を求める。

上記ブロックにより波形品質測定誤差0.001以下、コードドメインパワー測定誤差 $\pm 0.1\text{dB}$ 以下を実現した。さらに、cdmaOneの場合、他社の測定器でおよそ1分かかっていた解析時間を2秒以下に短縮した。

### (2) とまり木CH同期機能

先にも述べたように、コードドメインパワーを測定するためにはコード検出および同期が必要である。つまり、測定器

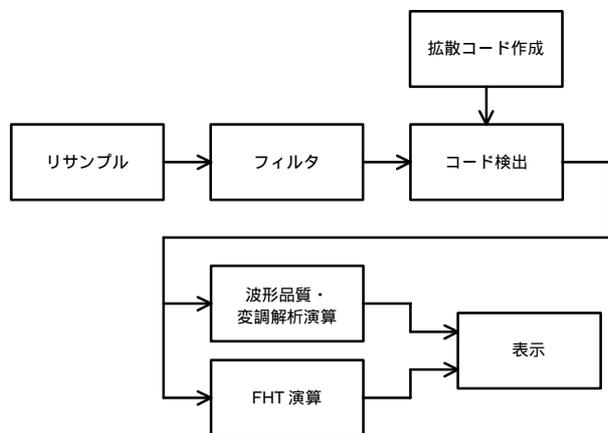


図3 波形品質測定とコードドメインパワー測定の動作ブロック  
Block diagram of waveform quality & code domain power

は拡散コードが何かを知る必要があるのだが、MS8607Aではこのために2種類のモードを用意した。1つはロングコードとショートコードを画面上で設定してもらうモードであり、もう1つはとまり木CHを用いて自動的に検出を行うモードである。

W-CDMAシステムでは、基地局IDであるロングコードをとまり木CHを利用して移動機に通知する方法が用いられる。とまり木CHのフレーム構造を図4に示す。

とまり木CHには1と2があり、とまり木CH1はスロット内の全シンボルが拡散され出力される。これに対しとまり木CH2はスロット内の最終シンボルのみが拡散出力される。さらに、とまり木CH1と2を合わせた振幅がスロット内で一定となるように最終シンボルの振幅はそれぞれ1/2となる。この最終シンボルの拡散には通常のショートコードではなく特別な拡散コードが用いられる。その値はとまり木CH1については固定、とまり木CH2ではロングコードに従う値となる。また、とまり木CH1の他のシンボルの拡散に使用されるショートコードも固定である。

とまり木CHを利用するコード検出は以下のように行われる。

- まず、とまり木CH1を利用し最終シンボルの位置を検出する。  
これによりスロットの位置を確定する。
- とまり木CH2の最終シンボルの拡散コードを検出する。  
この拡散コードからロングコードのおおよその値が確定する。
- とまり木CH1を利用し、ショートコードと全てのロングコードの組合せで相関をとり、ロングコードを確定する。

結局、ショートコードとロングコードの組合せが確定することにより、画面上から設定される場合と同様、コードドメインパワーが演算できる。



図4 とまり木CHの信号フォーマット  
Signal format of parch channel

### (3) 送信電力制御測定

CDMA方式で大きな問題となる「遠近問題」を解決するため、移動機の送信電力は高精度で制御される。特に相対値制御が重要であり、W-CDMA方式の場合、最小変化量1dBに対して±0.5dBが許容範囲となっている。移動機はこの制御を1スロット(625μs)ごとに行うこと、および許容範囲±0.5dBということから、測定器には正確なスロットの位置出しと±0.3dB以下のリニアリティ確度が要求される。また10回連続して制御した場合の許容範囲も20%と規格化されている。

そこで1フレーム(16スロット)期間の電力変化を±0.3dB以下のリニアリティ確度でモニタできる機能を実現した。もちろんスロットの正確な位置出しを行い測定している。スロットの位置出しはパイロットシンボルを検出することで行っており、さらにトリガ信号を用いることで特定の1フレーム区間を測定することが可能である。

## 4 測定例

以下に、MS8607Aを使用した測定例について述べる。

### (1) 波形品質の測定

図5に波形品質の測定例を示す。この画面では波形品質のほか、周波数誤差、ベクトル・位相・振幅誤差、原点オフセット(キャリアリーク)の数値結果が表示される。また、図6はコンスタレーションの波形表示の例である。

### (2) コードドメインパワーの測定

図7にコードドメインパワーの測定例を示す。1画面で64CH分を表示し、4画面を使用して256CHまでをサポートしている。W-CDMAのマルチレート伝送の場合、本画面でシン

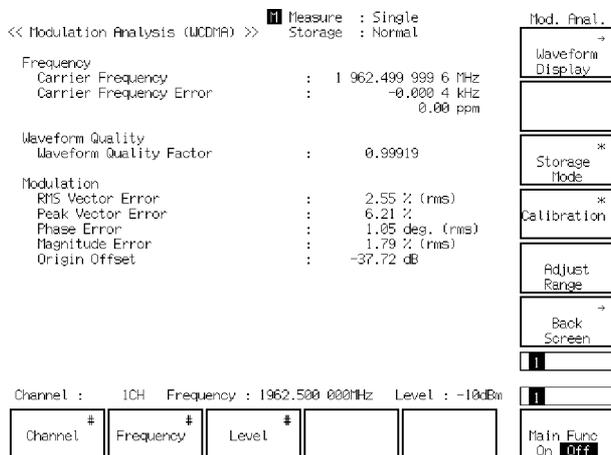


図5 波形品質測定  
Waveform quality measurement

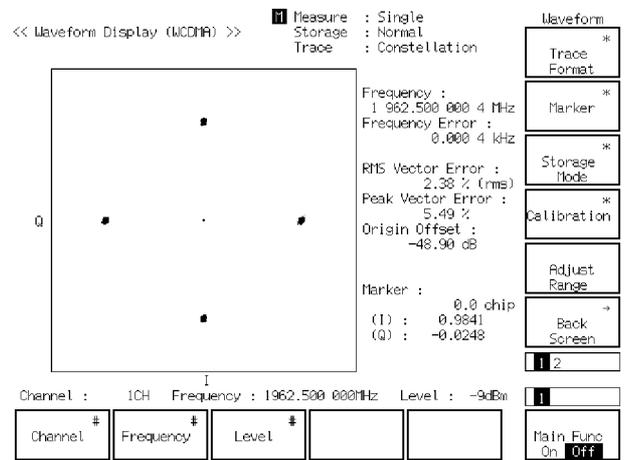


図6 コンスタレーション波形表示  
Constellation waveform

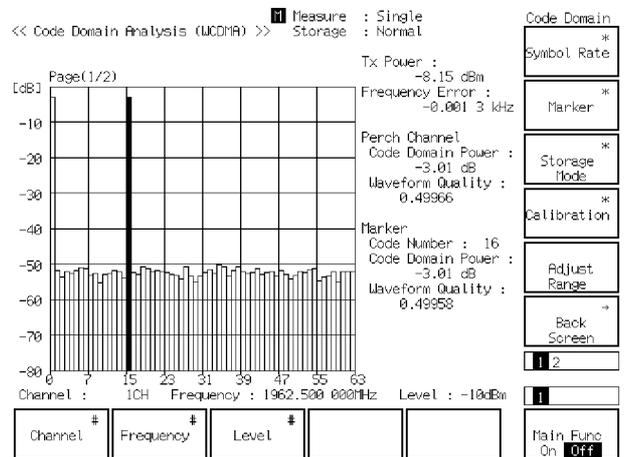


図7 コードドメインパワー測定  
Code domain power measurement

ボルレートを設定することにより各レートでのコードドメインが表示される。マーカーを使用することでCHとコードドメインパワー値を読み取る。

### (3) パースト応答の測定

図8にパースト応答の測定例を示す。本画面例はW-CDMAのVOX信号を測定しているもので、ON部およびOFF部のパワー値とON/OFF比を数値で示すほか、波形のテンプレート判定を行う。また、立上り/立下り部分の拡大表示の機能もある。

### (4) 隣接チャネル漏洩電力の測定

図9, 図10に隣接チャネル漏洩電力の測定例を示す。図9はcdmaOneの近傍スプリアス測定のものである。この場合はテンプレートによるPass/Fail判定を行うことができ、テン

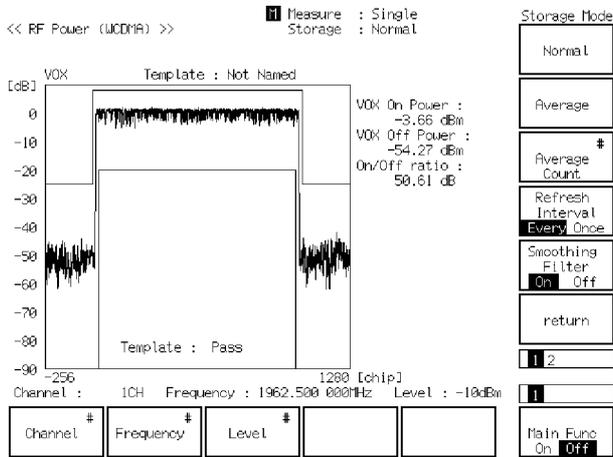


図8 バースト応答測定 (VOX信号測定)  
Burst response measurement (VOX signal measurement)

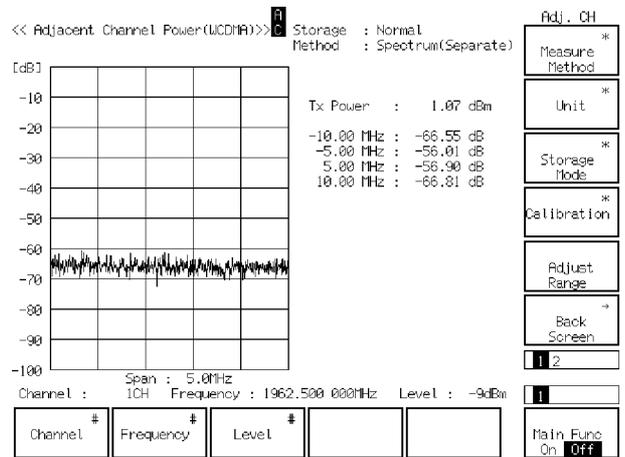


図10 隣接チャネル漏洩電力測定 (セパレート法)  
Adjacent channel power measurement (separate method)

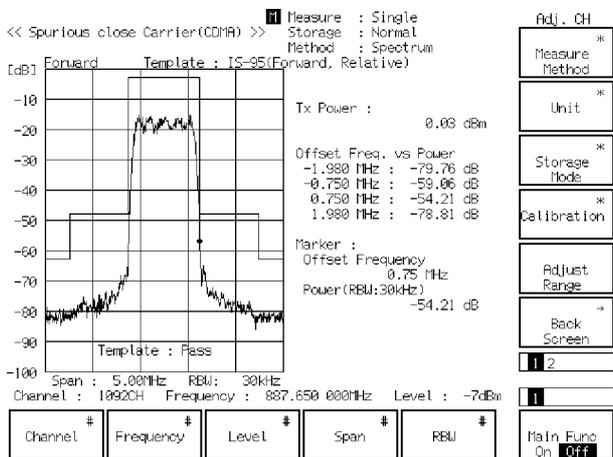


図9 近傍スプリアス測定  
Spurious close to carrier measurement

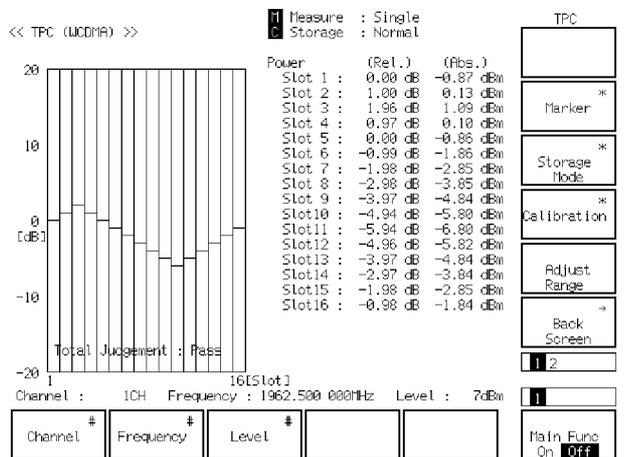


図11 送信電力制御の測定  
Transmission power control measurement

レートの設定・変更も可能である。図10はW-CDMAのセパレート法の例である。図の波形は+10MHzオフセットにおける5MHz帯域のスペクトラムアナライザで取り込んだ波形を表示している。セパレート法は各CHを個別に測定することによりダイナミックレンジを拡大するようにしたモードであり、全帯域を一度に表示するオールモードもある。このセパレート法により5MHzオフセットで55dB、10MHzオフセットで65dBの測定ダイナミックレンジを実現した。

#### (5) 送信電力制御の測定

図11に送信電力制御の測定例を示す。波形表示の1スリットは1スロットを表しており、視覚的に概略がつかめるようにした。各スロットの電力値は画面右側にスロットごとに表示している。相対値についてはスロット1を基準とした値となっている。また、Up/Downのシーケンスを設定すること

によりPass/Fail判定を行うことができる。

## 5 主要規格

表1にMS8607Aの主要規格を示す。

## 6 むすび

cdmaOneおよびW-CDMAシステムに使われる信号の周波数、空中線電力、変調精度・波形品質、占有帯域幅、隣接チャネル漏洩電力およびコードメインパワーを高速にかつ容易に測定できる送信機テストを開発した。特に、CDMA方式に特有の送信特性である波形品質およびコードメインパワーを高速・高精度に測定する方法を確立した。コードメインパワーを測定するためには拡散コードの検出、コード同期および全コードチャンネルに対する相関値演算を高速に行う必

表1 MS8607A の主要規格  
Specification of MS8607A

MS8607A 本体

周波数範囲	300kHz ~ 3GHz	
最大入力レベル	MAIN コネクタ: + 40dBm (10W), AUX コネクタ: + 20dBm (100mW)	
パワーメータ	周波数範囲: 300kHz ~ 3GHz, レベル範囲: 0 ~ + 40dBm, 測定精度: ± 10% (ゼロ校正後)	
スペクトラムアナライザ	周波数	周波数設定範囲: 0 ~ 3GHz (バンド0), 10MHz ~ 3GHz (バンド1), HPF: 1.6 ~ 3GHz スパン設定範囲: 0 および 10kHz ~ 3GHz (バンド0), 0 および 10kHz ~ 2.99GHz (バンド1) 分解能帯域幅設定範囲: 300Hz ~ 1MHz (3dB BW, 1-3 シーケンス) ビデオ帯域幅: 3Hz ~ 100kHz (1-3 シーケンス), スルー
	振幅 (バンド1) (MAIN コネクタで)	最大入力レベル 連続波平均電力: + 40dBm, 平均雑音レベル: - 90dBm (10MHz ~ 1GHz, RBW: 1kHz, VBW: 10Hz, ATT: 20dB) 総合レベル精度: ± 1.5dB (基準レベル: + 10.1 ~ + 40dBm, 基準レベルの 0 ~ - 50dB で) 周波数特性: ± 0.5dB * 100MHz を基準, 入力減衰器: 30dB, 周囲温度: 18 ~ 28 °C で ログ直線性: ± 0.5dB (0 ~ - 50dB, 分解能帯域幅: 1MHz)
	掃引	設定範囲: 100ms ~ 1,000s (周波数軸掃引), 1ms ~ 1,000s (時間軸掃引, RBW: 30kHz)
	機能	測定: 雑音電力, C/N, 占有周波数帯幅, 隣接チャネル漏洩電力, パースト内平均電力
RF アナライザ	パワー測定	レベル範囲: 0 ~ + 40dBm (MAIN コネクタ), - 40 ~ + 20dBm (AUX コネクタ: 狭帯域のみ) 広帯域 周波数範囲: 300kHz ~ 3GHz, 精度: ± 10% (ゼロ校正後) 狭帯域 周波数範囲: 10MHz ~ 3GHz, 精度: ± 10% (内蔵の広帯域パワーメータで校正後) ± 1dB (AUX コネクタ, 基準レベル: - 12dBm, 18 ~ 28 °C, 校正後)
	周波数測定	周波数範囲: 10MHz ~ 3GHz, 精度: ± (基準水晶発振器の精度 + 10Hz)
	FM 測定	周波数範囲: 10MHz ~ 3GHz, 周波数偏移: 0 ~ 20kHz, 精度: 指示値の 1% + 残留 FM
寸法・質量	426(W) × 221.5(H) × 451(D)mm, 22kg	
電源	AC100 ~ 120/200 ~ 240V (- 15% / + 10%, 最大: 250V, 電圧自動切換式), 300VA	

オプション01 AF 測定

オーディオアナライザ	AF レベル測定 レベル範囲: 1mVrms ~ 30Vrms, 精度: ± 0.5dB 歪み測定 レベル範囲: 30mVrms ~ 30Vrms, 精度: ± 1dB (周波数 1kHz, 歪み率 1% で) AF 周波数測定 周波数範囲: 30Hz ~ 20kHz, 精度: ± 0.1Hz
AF 発振器	周波数範囲: 20Hz ~ 20kHz, 出力レベル範囲: 0.1mVrms ~ 3.0Vrms (EMF, 600 のとき) 波形ひずみ: < - 50dBc (帯域: < 30kHz, 復調周波数: 1kHz, 出力レベル: 1V のとき)

MX860701B CDMA 測定ソフトウェア

変調 / 周波数測定	周波数範囲: 10MHz ~ 2.2GHz, 波形品質 ( ) 精度: < 0.001
コード・ドメイン解析	入力レベル範囲: + 10 ~ + 40dBm (MAIN コネクタ), 精度: ± 0.1dB (- 7dBc の信号に対して)
振幅測定	入力レベル範囲: 0 ~ + 40dBm (連続波, MAIN コネクタ), 精度: ± 10%
近傍スプリアス測定	測定範囲: 50dB (900kHz 離調), 60dB (1.98MHz 離調)
スプリアス測定	測定範囲: 60dB (搬送波周波数: 0.8 ~ 1GHz, 1.5GHz)
全項目測定	送信周波数, 波形品質, コードドメインパワー, 送信電力, 近傍スプリアス, スプリアス
IQ 入力	入力範囲: 0.3 ~ 1.5V peak, 測定項目: 波形品質, 振幅測定, コードドメインパワー

MX860702A PDC 測定ソフトウェア

変調 / 周波数測定	周波数範囲: 10MHz ~ 2.2 GHz, 変調精度精度: ± (指示値の 2% + 0.5%)
振幅測定	入力レベル範囲: + 10 ~ + 40dBm (パースト内平均電力, MAIN コネクタ), 精度: ± 10%
隣接CH漏洩電力測定	測定範囲: 60dB (50kHz 離調), 65dB (100 MHz 離調)
全項目測定	測定時間: 1.5s (振幅測定はノーマルモード)
IQ 入力	入力範囲: 0.3 ~ 1.5V peak, 測定項目: 変調精度, 振幅測定, 隣接CH漏洩電力測定

MX860704A W-CDMA 測定ソフトウェア

変調 / 周波数測定	周波数範囲: 20MHz ~ 2.2GHz, 波形品質精度: < 0.001, 残留ベクトル誤差: < 3.0%
コード・ドメイン解析	入力レベル範囲: + 10 ~ + 40dBm (MAIN コネクタ), 精度: ± 0.1dB (- 7dBc の信号に対して)
振幅測定	入力レベル範囲: 0 ~ + 40 dBm (連続波, MAIN コネクタ) 絶対値精度: ± 10% (MAIN コネクタ), リニアリティ: ± 0.3dB (- 20dB ~ 基準レベル)
隣接CH漏洩電力測定	測定範囲: 55dB (5MHz 離調), 65dB (10MHz 離調)
誤り率測定	測定パターン: PN7, PN9, PN15, 測定ビット数: 1 ~ 99999999,
IQ 入力	入力範囲: 0.3 ~ 1.5V peak, 測定項目: 波形品質, 振幅測定, コードドメインパワー

要がある。cdmaOneの場合、この波形品質およびコードドメインパワーの測定時間を他の測定器に対して1/10以下に抑え、かつ測定精度を1桁以上向上させた。

以上のように、CDMA方式の送信機の性能を高速・高精度に評価できるという当初の目標を達成し、また、W-CDMAについては、実証実験前に本器をリリースすることができ、短期開発という面でも目標を達成することができた。

しかし、IMT-2000についてはまだ最終的な規格が確定しておらず、国内での規格策定作業、ITUでの作業を通して変更が加えられていくと考えられる。今後はこれらの結果を随時反映させ、W-CDMA機器を開発している顧客を側面から支援したい。また、機器の製造段階ではタクトタイムが重要なファクターであり、性能・機能を向上させつつ測定速度の面でもさらに向上するよう積極的に取り組む考えである。

## 参考文献

- 1) 小川明監修：“CDMA方式と次世代移動体通信システム”，トリケッ  
ブス（1996.6）
- 2) TIA：“Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode  
Wideband Spread Spectrum Cellular System”，TIA/EIA/IS-95-A（1995.5）
- 3) 柏木ほか：“MS8604A デジタル移動無線送信機テスト”，アンリッ  
テクニカル，66号（1993.9）
- 4) 清家ほか：“世界の通信システムに対応した一体型無線機テスト  
MT8801Bの開発”，アンリッテクニカル，74号（1997.10）