

次世代システムに対応した MS8608A デジタル移動無線送信機テスタ

MS8608A Digital Mobile Radio Transmitter Tester for Next Generation Systems

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

田 河 千 博	Chihiro Tagawa	メジャメント ソリューションズ ワイヤレスコム事業部 開発部
飯 吉 勝 久	Katsuhisa Iiyoshi	メジャメント ソリューションズ ワイヤレスコム事業部 開発部
岡 田 朋 久	Tomohisa Okada	メジャメント ソリューションズ ワイヤレスコム事業部 開発部
白 居 秀 樹	Hideki Usui	メジャメント ソリューションズ ワイヤレスコム事業部 開発部
亀 田 圭 司	Keiji Kameda	メジャメント ソリューションズ ワイヤレスコム事業部 開発部

1 まえがき

2001年春、第3世代携帯電話システム（IMT-2000）として W-CDMA（Wideband Code Division Multiple Access）方式のサービスが始まる。この W-CDMA 方式規格の策定は現在 3GPP（3rd Generation Partnership Project；W-CDMA 方式専門の標準化団体）が担っているが、これは1998年 NTT 移動通信網（現 NTT ドコモ）が行った実証実験仕様を基にしている。

この実証実験のための測定器として1998年に MS8607A デジタル移動無線送信機テスタを開発した。この MS8607A は同年に行われた実証実験に間に合わせるため短期開発が必須であった。そのため、ハードウェアの新規開発を抑える目的で既存機種 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利用した。しかし、この MT8801B は第2世代携帯端末機向けの測定器であり、これを基に開発された MS8607A は研究開発段階の機器、特に基地局開発の測定器としては若干性能不足の面があった。また、今後要求されるであろう製造市場からの測定スループット向上への対応も困難と思われた。

さらに、市場から見てもモバイル・インターネットの普及に合わせて通信の広帯域化が進むことははっきりしており、次世代のテスタとしては広帯域のフロントエンドを持つ必要性があった。

このような必要性のため、今回開発した MS8608A デジタル移動無線送信機テスタではハードウェアおよびソフトウェアのプラットフォームを一新した。製品コンセプトは従来

の送信機テスタと同様であり、スペクトラムアナライザをベースに変調解析機能およびパワーメータ機能を一体化した構成となっている。送信機テスタモードは、各種方式専用の測定ソフトウェアをインストールすることにより専用測定器となり、スペクトラムアナライザ、変調解析、パワーメータを有機的に結合することで規格に準じた各種測定を1キーで実行できるようになっている。

さらに、測定ソフトウェアとして、まず 3GPP 規格の W-CDMA 方式対応のものを用意した。また、ハードウェアの構成としては解析帯域 $\geq 20\text{MHz}$ を実現しており、今後の広帯域システムへの対応を可能としたので報告する。

図1に MS8608A の外観を示す。



図1 MS8608A デジタル移動無線送信機テスタ
External view of MS8608A

2 開発方針

MS8607Aは信号帯域幅が5MHz程度であるため、将来の変調信号の広帯域化には対応できない。さらに送信機テストが使用されるW-CDMA、GSM基地局の研究・開発および製造の分野ではダイナミックレンジや測定速度に対する要求が高い。この要求に応えるためフロントエンドからソフトウェアに至るまですべての性能を見直し、さらに送信機テストだけでなくスペクトラムアナライザにも対応できるプラットフォームとして開発することを目標とし、以下の基本方針を立てた。

(1) 3GPP規格に準拠した送信機特性を1台で測定できる

- ① 周波数偏差
- ② 変調精度/波形品質
- ③ 空中線電力
- ④ 占有周波数帯幅
- ⑤ 隣接チャネル漏洩電力
- ⑥ コードドメインパワー

(2) 基地局測定に十分な性能・機能とする

- ① 広ダイナミックレンジ

W-CDMAやGSM (Global System for Mobile communications) の隣接チャネル漏洩電力を、十分なマージンで測定できるように低ひずみ・低雑音化する。

- ② 解析帯域の拡大

将来の通信システムでは更なる広帯域信号が使用されるため、20MHz程度の信号帯域幅までの解析を可能とする。

- ③ スペクトラムアナライザ機能

3倍高調波のスペリアス解析ができるように8GHzまでの汎用スペクトラムアナライザを内蔵する。

(3) 研究・開発用に必要十分な解析機能を有する

- ① 波形表示

数値結果表示のほかにコンスタレーション、アイパターン、EVM (Error Vector Magnitude)、振幅誤差、位相誤差の波形表示機能を持つ。

- ② IQベースバンド信号解析

デバイスやモジュールの評価用にIQベースバンド信号の解析を可能とする。信号は差動入力も可能とする。

(4) 製造用に要求される性能・機能を有する

- ① 簡易な操作性

従来の送信機テストのコンセプトを継承し、測定項目を選

択するだけで測定が行なわれるようにする。

- ② 測定時間の短縮

GPIBのデータ転送速度を含めて従来機の10分の1とする。

- ③ 高精度測定

パワーメータを内蔵し校正を行なうことにより電力測定を高精度に行なう。

- ④ 測定システムの高速切替

最大で3システムの測定ソフトウェアを同時にインストール可能とし、これらを高速に切り換えられる。

- ⑤ ソフトウェアのアップデート

コントローラやネットワークから測定ソフトウェアのアップデートを可能とする。

- (5) 小型・軽量・低価格

建設・保守の用途にも使用できるように小型・軽量の筐体とし、低価格化も狙う。

3 回路構成

図2にMS8608Aの回路構成を示す。

RF入力信号は受信部にて周波数変換後高分解能ADCまたは高速ADCでデジタル信号に変換され、解析部で測定が行なわれて制御部に結果が出力される。

ハイパワー入力端子にはハイパワーアッテネータを挿入して10W入力を可能にした。

パワーメータ機能は内蔵の熱電対型パワーセンサにより測定され、ハイパワー入力端子、ローパワー入力端子のどちらからの信号でも使用可能とした。

受信部は7.8GHzまでの周波数範囲を持ち、特に3GHzまでは通過帯域幅を20MHz以上とした。また、信号サンプリング用に高分解能ADCと高速ADCの2種を搭載し、高分解

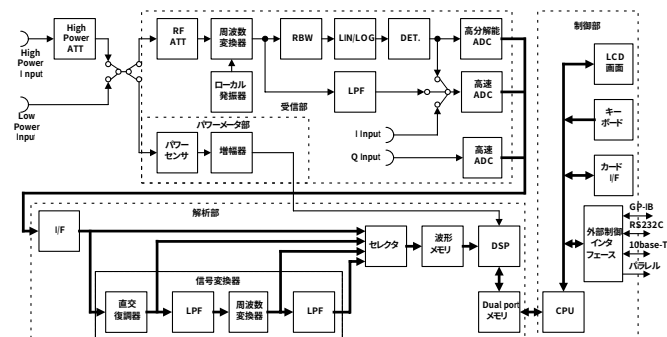


図2 MS8608Aの回路構成
Block diagram of MS8608A

能ADCはスペクトラムアナライザ機能に使用する。高速ADCはIF信号を直接デジタル信号に変換するほかに、検波信号やIQ信号の取り込みにも使用する。

解析部は検波信号、IQ信号、IF信号のそれぞれに対応した信号処理を行なう。信号処理の結果はCPU部を通じて画面や外部制御機器に出力される。

MS8608Aの開発にあたっては、受信部の通過帯域とダイナミックレンジの拡大および解析部と制御部の処理能力向上に注力した。なお、受信部の詳細は本号別掲の「広帯域、広ダイナミックレンジスペクトラムアナライザMS2683A」を参照されたい。

4 設計の要点

4.1 パワーメータ部

熱電対型センサと増幅器で構成される。センサは当社の汎用パワーメータ用センサMA4701A相当のモジュールを使用している。

増幅器は実績のある汎用パワーメータML4803Aと同様の回路構成として高信頼性を実現している。

4.2 解析部

解析部は信号変換器と波形メモリ、DSPから構成されており、データの取り込みおよび解析と受信部ハードウェアの設定を担っている。

信号変換器は直交復調器、周波数変換器、ローパスフィルタから構成されており、高分解能ADCおよび高速ADCからの出力を後段のDSPにて最適に処理できるように直交復調、周波数変換、フィルタリングおよびサンプリングレート変換を行う。高速ADCの出力は64Mspsであり、この信号変換器で最小125kspsまでのデシメーションが可能である。このようにサンプリングレートを自由に変更できる設計のため、第2世代システムのような狭帯域信号の高速解析も可能となる。

サンプリングされた信号は、信号変換器により処理された後、波形メモリに一旦蓄えられ、DSPで処理され周波数偏差、変調精度、コードドメインパワーといった各種の測定結果が得られる。DSPは3個の汎用DSPで構成され通常はパイプライン処理を行っている。ただし、これらのDSPは汎用的にも使用できるため、例えば負荷の重い処理を3つのDSPに分散処理させることにより解析時間の短縮も可能である。

解析結果はデュアルポートメモリを経由してCPUに渡される。

4.3 制御部

制御部はCPUと各種インタフェースとからなり、装置のマンマシンインタフェースの全てを担っている。そのため、操作性と測定スループットの向上を目的として以下の改善を行った。

スペクトラムアナライザとしての操作性を向上させるため、従来のスペクトラムアナライザが持つハードウェアキーをすべて用意した。

リムーバブルメディアとして今後の情報量増加（画面情報のカラー化、システムインストール用ファイルの増大）を考慮して、従来のFDに代わりPCカード（PCMCIA）を採用した。

またGPIBインタフェース高速化のための制御IC変更や10base-Tインタフェースを採用した。

最大の変更点は、従来のSISC CPUを新規採用のRISC CPUに変更したことである。これにより、従来のソフトウェア資産の流用は行い難くなったが、測定のスループットは10倍以上に向上した。

4.4 測定機能

図3に動作ブロックを示す。

W-CDMAは、データをコード間に直交性を持つ1次拡散コード（チャネライゼーションコード）で拡散し、スクランプリングコードと呼ばれる2次拡散コードでランダマイズを行う方式である。

この信号を解析するには、まずリサンプルによりチップ点での信号を再現する。さらに、チャネライゼーションコードとスクランプリングコードからなる同期コードと再現された信号との相関をとり、同期コードの位置検出を行う。同期コードの位置が検出されることによりスクランプリングコードが除去でき、チャネライゼーションコードのみで拡散された信号が得られ、コードドメインパワー、コードドメインエラーといった各コードに対する解析が可能となる。

変調解析はチップ点信号に対して行なう。

コードドメインパワーがトータルパワーに対する各チャネ

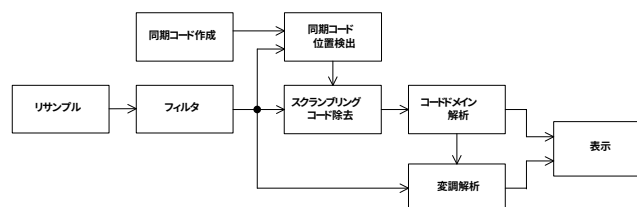


図3 コードドメイン解析と変調解析の動作ブロック

Block diagram of code domain analysis & modulation analysis

ライゼーションコードのパワーを求めるのに対し、コードドメインエラーは各チャネライゼーションコードが持つEVM（トータルパワーに対するEVM値）を求める機能である。また、複数のチャネライゼーションコードで多重された信号に対しても、各チャネライゼーションコードのコードドメインパワーをもとに理想信号を作成することにより変調精度測定を可能にした。

4.5 ソフトウェア

4.5.1 概要

MS8608Aは、スペクトラムアナライザと任意の測定ソフトウェアを最大3システムまで実装でき、このうち1つを選択して実行する。また、測定ソフトウェアを除くソフトウェア部分はソフトウェアプラットフォームとして、MS8608A送信機テストのほかに放送信号アナライザ「MS8901A」やスペクトラムアナライザ「MS2683A」と共有化しており、製品ごとに異なる測定ソフトウェアを実装することで製品別の機能を実現している。このため、ソフトウェアプラットフォームと測定ソフトウェア間には高い独立性が要求される。また測定ソフトウェアには、今後の規格や機能の追加に容易に対応できる柔軟な構造が望まれる。これらの要求を満足するために図4に示すプラットフォームを中心とするソフトウェア構造を確立した。プラットフォームはリアルタイムOSを中心に共通関数群、ドライバ/ハンドラ、機能管理モジュール、CONFIG機能モジュールから構成されている。そして、この機能管理モジュールによってプラットフォームと測定ソフトウェアを分離している。プラットフォーム上に配置する測定システムとして、測定ソフトウェアとスペクトラムアナライザが置かれ、それぞれが機能実行モジュールと測定処理

モジュールから構成されている。このうち、測定処理モジュールは主にDSP制御を行っているため、DSP制御モジュールとDSP測定モジュールから構成されている。

4.5.2 ソフトウェア構造

以下にソフトウェアの構造について説明する。

(a) リアルタイムOS

タスク管理/メモリ管理/割り込み管理を実現する本測定器のソフトウェアの核となるモジュールである。海外でのアプリケーション開発も見込まれるため、世界中で広く使用されているpSOS+を採用した。

(b) 共通関数群

すべてのソフトウェアが使用する数値演算関数や表示制御関数などである。特に表示制御関数は、測定処理の高速化と表示機能の強化のために描画LSIを2つ、表示用RAMを2倍、合計4倍の表示領域・表示色を管理する機能を持っている。

(c) ドライバ/ハンドラ

GPIO, RS-232C, イーサネットなどのハードウェアを制御してデータの入出力を管理するモジュールである。このうち、GPIOドライバには新規ソフトウェアを採用して転送速度を10倍に向上させた。

(d) 機能管理モジュール

CONFIG機能モジュール/測定ソフトウェア/スペクトラムアナライザの実行制御や処理の振分けを行うモジュールである。リモート制御の共通機能のような場合、処理を振分けずに本モジュールで実行するコマンドもある。

(e) CONFIG機能モジュール

測定に関係しない設定機能を管理するCONFIG画面の機能を実行するモジュールである。システムインストールやシステムチェンジも実行する。

(f) 機能実行モジュール

測定ソフトウェアおよびスペクトラムアナライザの双方に存在してパラメータを設定するモジュールである。パラメータ設定時に画面を書換えて測定モジュールへの指示を発行する。測定ソフトウェアの機能実行モジュールでは、機能追加などに柔軟に対応できるよう後述するT構造ソフトウェアを実現した。

(g) DSP制御モジュール

測定を管理しているDSPへのイベントを管理・調停・発行するモジュールである。また、DSPの状態に応じて測定結果を画面に表示する。

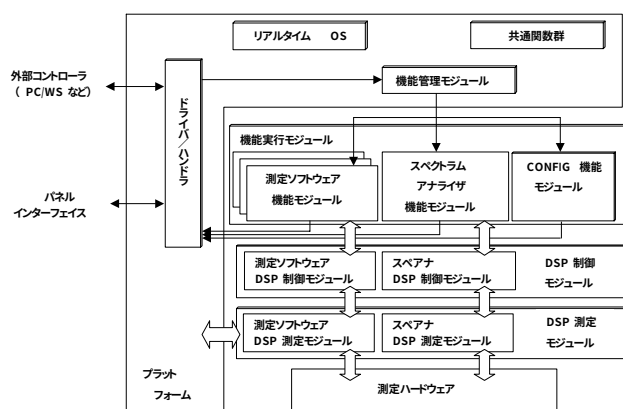


図4 ソフトウェア構造図
Structure of software

(h) DSP 測定モジュール

測定処理を実現するモジュールである。従来のスペクトラムアナライザではCPUで実現していたモジュールであるが、高速掃引を実現するためにDSPで動作させるようにした。

4.5.3 プラットフォームの独立性

従来の機種では測定システムの機能を追加する場合でもプラットフォーム側にジャンプテーブルを追加したり、データ形式に合わせて処理を追加する必要があった。MS8608Aではプラットフォームと測定システムの間に文字列データやインデックス形式のデータを採用して、データ構造に依存したインターフェイスやジャンプテーブル経由の関数呼び出しと言ったシステム固有インターフェイスを極力排除して、プラットフォームの独立性を高めた。また、ソフトウェア部品として測定ソフトウェアに提供する共通関数やドライバインターフェイスを見直し、測定機能に依存しない形式へ変更した結果、プラットフォームに対する測定ソフトウェアの依存度が低くなった。

4.5.4 仕様の追加・変更に対応できるT構造ソフトウェア

プラットフォームおよびスペクトラムアナライザのソフトウェアは、短期間での開発を実現するために既存機種からの再利用により実現した。しかし、測定ソフトウェアは今後の追加/変更が考えられるため、従来のソフトウェア構造を拡張して、図5に示すT構造と称するソフトウェアを実現した。T構造ソフトウェアは機能を縦割りにした構造を持ち、コマンド解析など必要なプログラムを部品として機能ごとに処理が完結するようにまとめている。この機能間をカーネルと呼ぶ制御モジュールが機能ごとのモジュールに対してメッセージを送って処理を実現する。この結果、機能ごとの影響項目

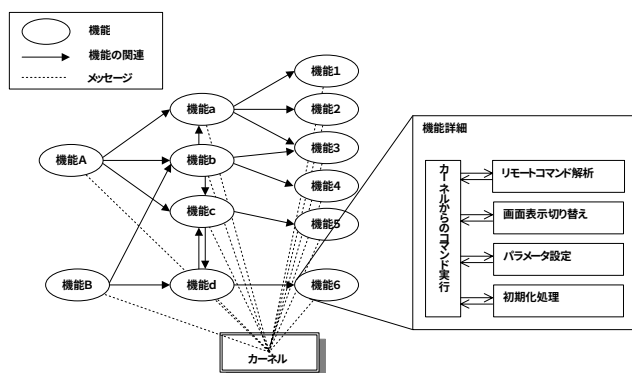


図5 T構造ソフトウェア
T-structure software

が小さくなり、機能の追加/変更に対して修正する範囲が狭くなるため、柔軟な対応が可能となった。

5 測定例

以下にW-CDMA測定ソフトウェアを使用した測定例について述べる。

(1) 変調精度/周波数測定

図6に変調精度/周波数の測定例を示す。この画面ではEVM・位相・振幅誤差、周波数誤差、原点オフセットの数値結果が表示される。また、波形表示のフォーマットを選択することにより、chip vs. EVM、コンスタレーション等の波形を表示させることができる。

MS8608A 2000/06/23 11:41:27	Measure : Single	Modulation Analysis
<< Modulation Analysis (W-CDMA) >>	Storage : Normal	#
	Trace : Non	Trace Format
Frequency		*
Carrier Frequency	: 1 922.499 330 9 MHz	Storage Node
Carrier Frequency Error	: -0.669 1 kHz	*
	-0.34 ppm	Scale Mode
Waveform Quality		*
Waveform Quality Factor	: 0.99929	Analysis Node
Modulation		Adjust Range
RMS EVM	: 1.61 % (rms)	Back Screen
Peak EVM	: 3.67 %	2.3
Phase Error	: 0.62 deg. (rms)	
Magnitude Error	: 1.19 % (rms)	
Origin Offset	: -33.45 dB	
Ch : 1CH	Input : Low	
Level : -6.00dBm	Power Cal : Off	
Freq : 1922.500 000MHz	Offset : 0.00dB	
Correction : Off		

図6 変調精度/周波数測定

Modulation analysis and Frequency measurement

(2) コードドメイン解析

図7、8にコードドメイン解析の例を示す。図7はダウンリンクの場合のコードドメインパワー測定例である。1画面で64CH分を表示し、8画面を使用して512CHまでをサポートしている。図8はアップリンクの場合のコードドメインエラー測定例である。1画面にI、Qそれぞれ32CH分を独立して表示し、8画面で256CHまでをサポートしている。

(3) 隣接チャネル漏洩電力の測定

図9、10に隣接チャネル漏洩電力の測定例を示す。図9は3GPP規格で規定されている測定法（フィルタ法）で隣接チャネル漏洩電力を測定したものである。図10は掃引法で隣接チャネル漏洩電力を測定した例である。これらの測定では、5MHz、10MHzオフセットでの数値結果と、送信パワーの数

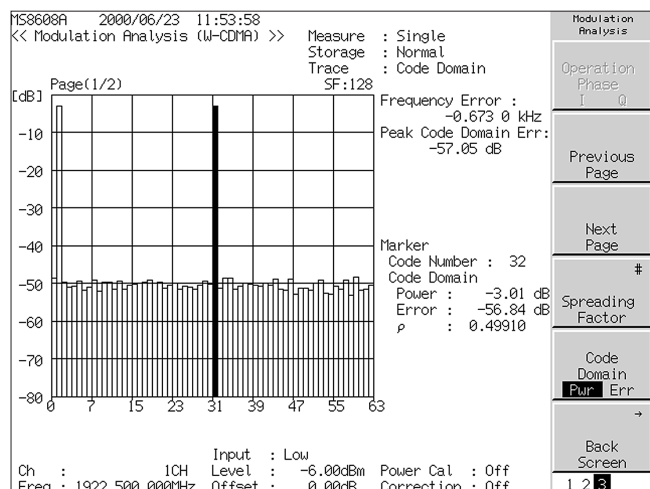


図7 コードドメインパワー測定（ダウンリンク）
Code domain power measurement (Down link)

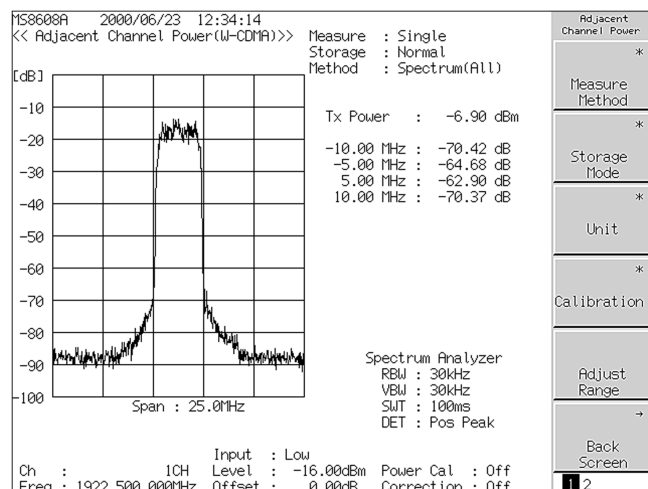


図10 隣接チャネル漏洩電力測定（掃引法）
Adjacent channel leakage power measurement (Sweep method)

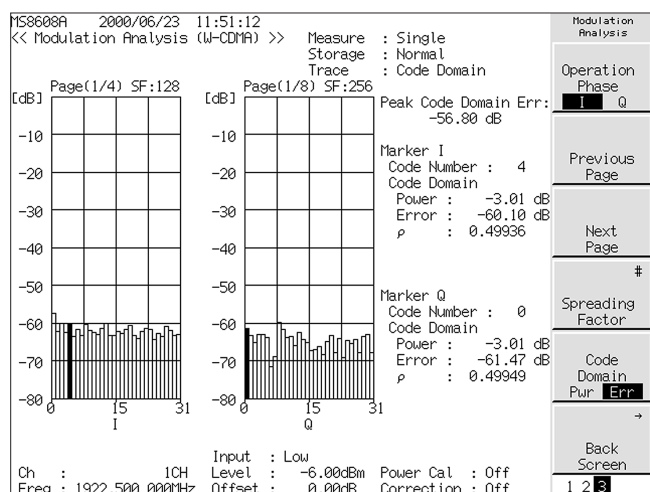


図8 コードドメインエラー測定（アップリンク）
Code domain error measurement (Up link)

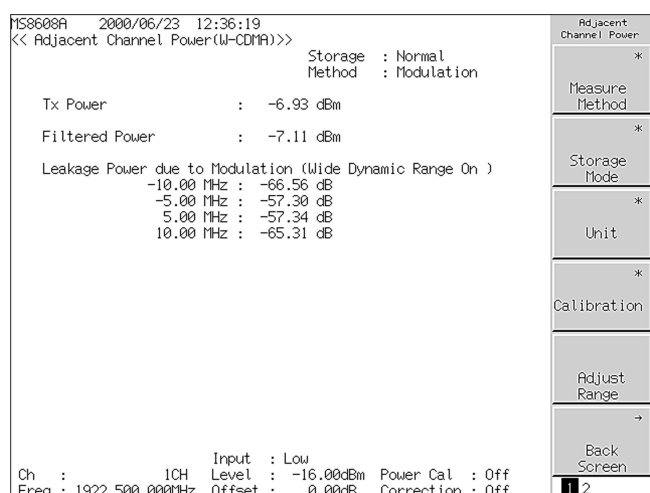


図9 隣接チャネル漏洩電力測定（フィルタ法）
Adjacent channel leakage power measurement (Filter method)

値結果が表示される。

(4) 占有帯域幅の測定

図11に占有帯域幅の測定例を示す。スペクトラム測定波形を表示し、占有周波数帯幅を2本の破線で表示している。

(5) 送信電力制御の測定

図12に送信電力制御の測定例を示す。1フレーム分の各スロットのパワー値を絶対値と相対値で表示している。相対値は一つ前のスロットを基準とした値で示している。各スロットの値の横には、予め設定しておいた電力制御のシーケンスに従って判定した合否が表示される。

(6) I/Qレベルの測定

図13にI/Qレベルの測定例を示す。この画面では、I/Qの

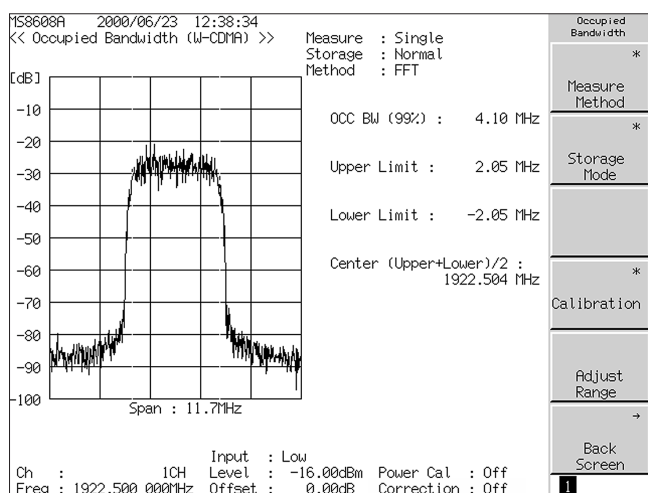


図11 占有周波数帯幅測定
Occupied bandwidth measurement

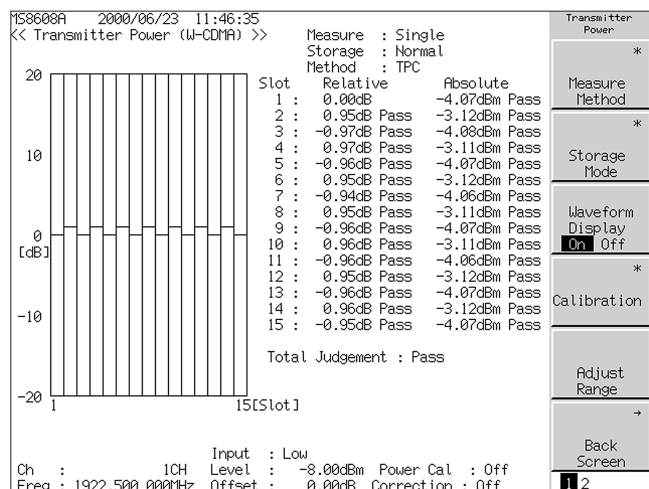


図12 送信電力制御測定
Transmitter power control measurement

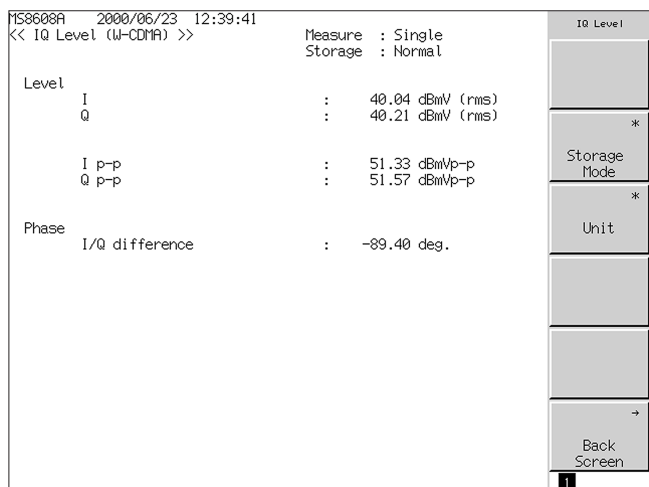


図13 I/Qレベル測定
I/Q level measurement

6 主要規格

表1にMS8608Aの主要規格を示す。

7 むすび

次世代無線機の周波数、送信電力、変調精度、コードドメインパワー、隣接チャネル漏洩電力などの送信特性を高速にかつ容易に測定できる送信機テストのプラットフォームと、アプリケーションソフトウェアの第一弾として3GPP規格W-CDMA測定ソフトウェアを開発した。特に、今後の移动通信システムの広帯域化を考慮し20MHzまでの信号帯域の解析を可能とし、またW-CDMAの隣接チャネル漏洩電力測定を十分なマージンを持って行えるよう低ひずみ・低雑音のフロントエンド開発を行った。その結果、隣接チャネル漏洩電力測定（掃引法）で65dBc（5MHz離調：代表値）以上の広ダイナミックレンジを実現した。

さらに、開発・製造向けの機能および性能に加えて、小型筐体を採用したことにより建設・保守向けの製品としても魅力のある製品に仕上がった。

今後は、cdma2000、GSM-EDGE等、ほかの第3世代携帯電話システムへの対応やPDC、cdmaOne等の第2世代システムへの対応を充実させる予定である。これにより顧客の設備負担軽減の一助となるよう積極的に取り組む考えである。

参考文献

- 1) 田河ほか：“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”，アンリツテクニカル，76号，89-96（1998.10）

レベルをRMS値およびPeak to Peak値で表示している。またI/Qの位相差も表示される。

表1 MS8608A の主要規格
Abbreviated specification of MS8608A

MS8608A 本体

周波数範囲	9kHz～7.8GHz
最大入力レベル	High Power 入力：+ 40dBm(10W)， Low Power 入力：+ 20dBm(100mW)
入力コネクタ	High Power 入力：N 型， 50 Ω， VSWR ≤ 1.3(周波数 ≤ 3GHz) Low Power 入力：SMA 型， 50 Ω， VSWR ≤ 1.5(ATT ≥ 4dB， 周波数 ≤ 3GHz)
パワーメータ	周波数範囲：30MHz～3GHz レベル範囲：0～+ 40dBm(High Power 入力)， - 20～+ 20dBm(Low Power 入力) 測定レベル確度：± 10 % (ゼロ点校正後)
I/Q 入力	Balance 入力 差動電圧範囲：0.1～1Vpp(入力端子にて) 同相電圧範囲：± 2.5V(入力端子にて) Unbalance 入力：0.1～1Vpp(入力端子にて)
スペクトラム アナライザ	周波数範囲：9kHz～3.2GHz(バンド 0)， 3.15GHz～7.8GHz(バンド 1) スパン設定範囲：0Hz， および 5kHz～7.8GHz 分解能帯域幅設定範囲：300Hz～3MHz， 1－3 シーケンス， 5MHz， 10MHz， 20MHz ビデオ帯域幅設定範囲：1Hz～3MHz， 1－3 シーケンス， OFF 表示平均雑音レベル：(RBW：300Hz， VBW：1Hz， ATT：0dB) ≤ - 124dBm + 1.5 × f [GHz] dB(1MHz～2.5GHz， バンド 0) 周波数特性：50MHz を基準， 温度範囲 18～28 °C ± 0.6dB(9kHz～3.2GHz， バンド 0) ログ直線性：± 0.5dB(0～- 20dB， RBW ≤ 1kHz) 掃引時間設定範囲：10ms～1000s(周波数軸掃引)， 1us～1000s(時間軸掃引) Measure 機能 雑音電力， C/N， チャネルパワー測定， 占有周波数帯域幅， 隣接チャネル漏洩電力， パースト内平均電力， テンプレート比較測定
寸法・質量	320(W) × 177(H) × 411(D)mm， ≤ 16kg 公称値
電 源	AC100～120/200～240V(最大：250V， 電圧自動切換式)， ≤ 400VA

MX860801A W-CDMA 測定ソフトウェア

変調精度/周波数 測定	周波数範囲：50MHz～3GHz キャリア 25 周波数確度：± (基準水晶発振器の確度 + 10Hz) 変調精度残留誤差：< 2.0 % (rms) 原点オフセット確度：± 0.50dB
コードドメイン 解析	周波数範囲：50MHz～3GHz レベル範囲：- 40～+ 40dBm(High Power 入力)， - 60～+ 20dBm(Low Power 入力) コードドメインパワー確度： ± 0.1dB(コードパワー ≥ - 10dBc)， ± 0.3dB(コードパワー ≥ - 25dBc) コードドメインエラー：(エラー - 30dBc に対して) 残留誤差：< - 50dB， 確度：± 0.5dB
振幅測定	周波数範囲：50MHz～3GHz 送信電力測定確度：± 0.40dB 電力測定リニアリティ：± 0.20dB(0～- 40dB)
隣接チャネル 漏洩電力測定	周波数範囲：50MHz～3GHz 測定範囲(フィルタ法)：≥ 55dBc (5MHz 離調)， ≥ 62dBc (10MHz 離調)