

ME7871T 3G 移動体通信テストシステム (W-CDMA) の開発

Development of ME7871T 3G Mobile Communications Test System (W-CDMA) UDC No. 621.3.037.3 : 621.317.75/.757/.76/.77/.786 : 826.621.3.029.7

遠藤 貴晴	Takaharu Endo	メジャメントソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第1開発部
登立 章裕	Akihiro Noboritachi	メジャメントソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第1開発部
宮本 雅史	Masafumi Miyamoto	メジャメントソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第1開発部
久保田 隆	Takashi Kubota	メジャメントソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第1開発部

1 まえがき

国際電気通信連合 (ITU) において標準化が進められている第3世代移動通信システム (IMT-2000) は、グローバルサービスの実現やマルチメディア通信サービスなどを提供する次世代の移動通信システムとして期待されており、2001年10月からIMT-2000の一方式であるW-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 方式のサービスが日本国内で開始されている。

アンリツは、NTT DoCoMoが行う実証実験の段階から、W-CDMA用計測器の開発・供給を手がけており、W-CDMA方式の標準化団体である3GPP (3rd Generation Partnership Project) の規格に準拠した新しい計測器としてMG3681A デジタル変調信号発生器、MS8609A デジタル移動無線送信機テスト、MD8480A シグナリングテストを開発してきた。

このような背景により、3GMCTS (3rd Generation Mobile Communications Test System) 開発プロジェクトがスタートし、W-CDMAテストシステムの開発が進められてきた。このテストシステムは端末機メーカーの開発および品質管理部門での使用ばかりでなく各種証明試験機関も対象にしており、3GPP準拠の業界標準テストシステムを最終目標としている。

2000年春、財団法人テレコムエンジニアリングセンター (TELEC) によりW-CDMA方式の技術基準適合証明試験 (以下、技適試験と表記) 法^{1), 2)}の検討が開始された。アンリツも早くからこの試験法に着目し、その試験法に基づいたテストシステムを開発してきた。2000年秋にW-CDMA方式無線設備の最初の技適試験が実施されることになり、その試験用設備としてアンリツのテストシステムが

TELECに採用されることになった。今回紹介するのは、この時に納入したME7871T 3G 移動体通信テストシステム (W-CDMA) である。図1に本テストシステムの外観を示す。

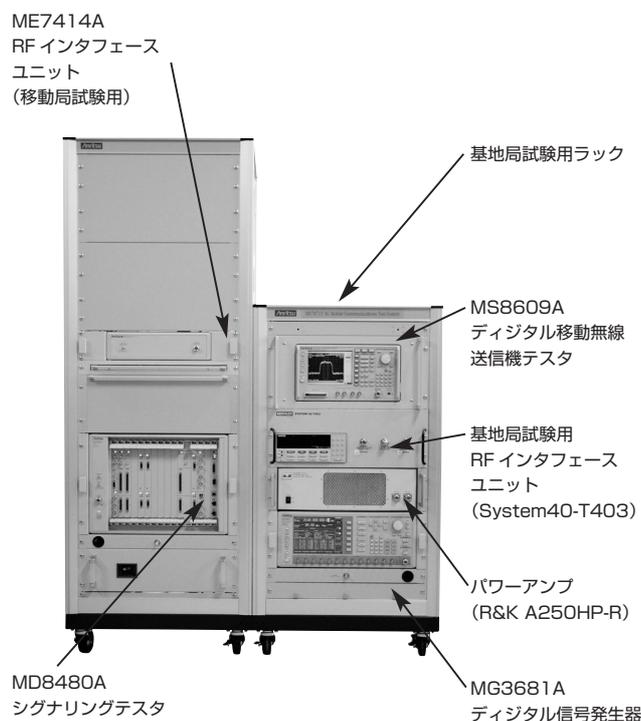


図1 ME7871T テストシステム外観
External view of ME7871T Test System

2 開発方針

W-CDMA方式の技適試験を実現するため、下記方針に基づいて本テストシステムを開発した。

- (1) 基地局無線設備、陸上移動局無線設備の自動試験
W-CDMA方式の基地局無線設備 (以下、基地局

と表記)、陸上移動局無線設備(以下、移動局と表記)両方の技適試験に対応する。

両方で共通に使用するMS8609AとMG3681AはRF接続を切り換えて使用する。

通常、基地局試験は出張試験という形態で実施されるため、その試験のために最低限必要な測定器だけを切り離して搬出可能とするようなラックの設計とした。

(2) ハイパワー(160W)入力に対応した基地局試験

特定無線設備の技術基準適合証明に関する規則により、技適試験の対象となるW-CDMA基地局の空中線電力の公称最大送信電力は160W以下と規定されている。この非常に高いレベルの入力信号の試験が可能なRFインタフェースユニットを設計する。

さらに、送信相互変調の試験のために高いレベルの妨害波信号を出力することも必要となる。

(3) テストモード/コールプロセッシングによる移動局試験

移動局の技適試験のために、PDC/PHSの場合と同様に受験者が外部制御器により移動局を試験状態にする「テストモード試験」と、cdmaOneの場合と同様な「コールプロセッシング試験」の両方に対応可能とする。

(4) 新規ソフトウェアプラットフォーム

1つのパーソナルコンピュータ上で基地局および移動局試験を実現し、さらに将来の新たな通信システムへの対応も容易なソフトウェアプラットフォームを開発する。

(5) 3GPP対応を見据えたハードウェア・ソフトウェア設計

さらに、本テストシステムを3GPPのテスト仕様に完全準拠させた移動局総合テストシステムへと発展拡張することも考慮する。

3 ハードウェア構成

3.1 概要

本テストシステムは基地局試験と移動局試験を1システムで実現するほか、基地局の出張試験を考慮する必要があった。このため、テストシステム全体を基地局試験用の可搬ラックと移動局試験時に必要となる固定ラックに分離可能としている。RFインタフェースユニットもそれぞれの試験項目の違いにより、基地局用と移動局用を専用を用意した。以下、テストシステムブロック構成、RFインタフェースユニット等について詳細を説明する。

3.2 テストシステムブロック構成

図2に本テストシステムのブロックを示す。

(1) 基地局試験時

基地局試験に必要な機器(MS8609A, MG3681A, アンプ, RFインタフェースユニット)をまとめて小型ラックに搭載することで、切り離し可能となっている(図1参照)。この可搬性のある基地局ラックを構成することにより出張試験時の輸送が簡便になる。さらに、計測器の操作パネル部は破損保護カバーの取付が可能である。

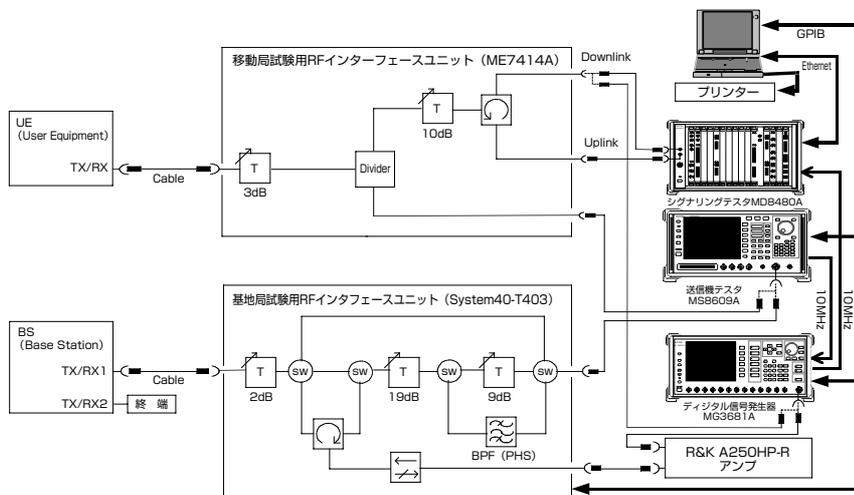


図2 ME7871T テストシステムブロック
Block diagram of ME7871T Test System

(2) 移動局試験時

移動局試験時は基地局ラックと結合して使用するが、MS8609A および MG3681A は基地局試験と共用しているため両者の RF 接続ケーブルをつなぎ変えてセットアップする。また、10MHz 基準信号用の BNC コネクタがラックのフロントパネルに設けてあり、ラック間の基準信号の接続を容易にしている。さらに、固定ラック部には、将来の通信システムへの対応を可能とするための拡張用スペースを確保している。

3.3 基地局試験用 RF インタフェースユニット

本ユニットは基地局試験用に開発したもので最大入力レベル 160W に対応できる。経路の切り換えには SPDT (Single Pole Double Throw) または SPTT (Single Pole Triple Throw) の RF スイッチを採用した。

(1) 160W 対応アッテネータ

RF インタフェースのトップに挿入されるアッテネータには、大電力 (160W) を入力可能とする放熱性および耐熱性が求められる一方で、スプリアス測定時に 13GHz までフラットな周波数特性を確保する必要がある。今回はその仕様に合致した他社製品を採用した。

(2) PHS 帯域スプリアス測定用 BPF

高レベル (+52dBm) の搬送波信号に対し、PHS 帯域のスプリアス測定は -41dBm という低レベルを測定する必要がある。スペクトラムアナライザのダイナミックレンジ (搬送波入力レベルとノイズレベルの比) として 90dB 以上を必要とするため、搬送波抑圧を目的とするバンドパスフィルタを設計した。(図 3 参照)

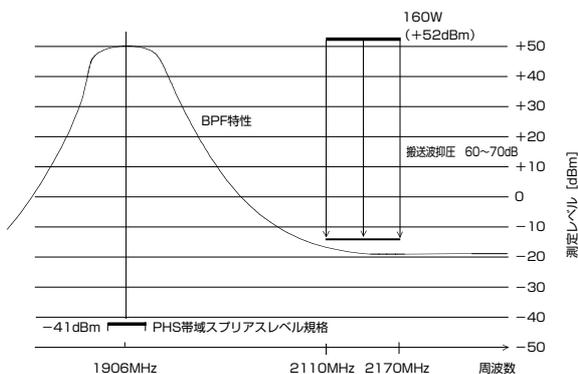


図 3 BPF 特性
Characteristics of BPF

(3) 変調妨害波経路用サーキュレータ・アイソレータ

送信相互変調測定用に妨害波と搬送波を結合するサーキュレータ (アイソレーション: 23dB) は 100W 入力に対応するもので、MS8609A への妨害波入力を抑える。また、搬送波が高レベルでアンプに入力されると内部で相互変調が発生するため、アンプ側はサーキュレータに加えてアイソレータを直列接続することでこれを抑制している。

(4) 副次発射測定用直結経路

副次的に発する電波等の限度試験では非常に低レベル (-78dBm/3.84MHz 以下) での測定を規定している (副次的に発する電波等の限度 7 技術基準¹⁾²⁾)。このため、挿入損失が最小 (約 4dB 程度) となるような RF 経路を追加し、副次発射測定時はその経路を使用することにした。

3.4 パワーアンプ

変調妨害波信号は MG3681A から出力するのであるが、高出力 (約 +22dBm) で基地局へ入力させるためにはパワーアンプを必要とする。レベルダイヤグラム上は約 30dB のゲインが必要であるが、W-CDMA のようなコード多重される信号ではクレストファクタが大きくなるため、より高いゲインを必要とする。このため 40dB ゲインのアンプを採用した。

3.5 移動局試験用 RF インタフェースユニット

スペクトラムアナライザへの経路は、スプリアス測定のため広帯域 (9kHz ~ 12.75GHz) でフラットな周波数特性を必要とする。一方、ループバック試験時にはシグナリングテストの Downlink および Uplink 信号経路をスペクトラムアナライザ経路と結合させる必要があり、広帯域の 50 Ω パワーデバイダ (アンリツ製 K240B) を用いている。しかし、搬送波抑圧用のサーキュレータは通過帯域外でのインピーダンスマッチングが悪く、このまま結合させるとスペクトラムアナライザ経路の周波数特性を悪化させてしまう。そこで、結合部に 10dB のアッテネータを挿入しフラットな周波数特性を広帯域 (DC ~ 13GHz) で実現している。

4 ソフトウェア構成

4.1 概要

本テストシステムは基地局試験と移動局試験の両方に対応するマルチテストシステムである。図 4 にマルチテスト

システムのハードウェア構成のイメージを示す。

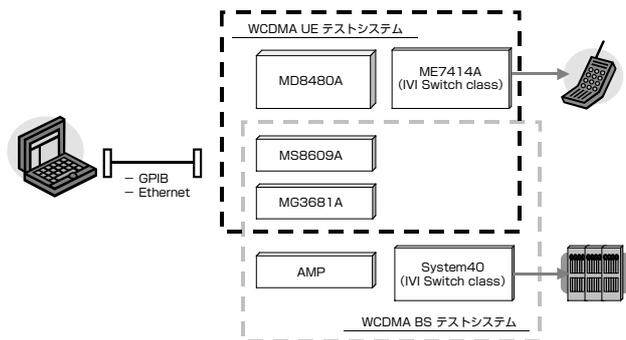


図4 マルチテストシステムのイメージ
Image of Multi Test System

本ソフトウェアは、ソフトウェア内部でそれぞれの試験に必要なモジュールまたは、そのモジュールが扱うデータのみをアクティブにすることにより複数の試験動作を切り替えることを可能にした。

4.2 ソフトウェア構造

本ソフトウェアは“プラットフォーム部”，“テスト部”，“ドライバ部”の3つに分類される。図5にソフトウェア構造を示す。

4.2.1 プラットフォーム部

プラットフォーム部は、すべての試験に共通に利用されるライブラリ・モジュールの集合であり、画面表示のため

の“オペレータインタフェース”，共通の機能を提供する“共通モジュール”を含む。プラットフォーム部に含まれるモジュールはそれぞれ“モード”と呼ばれる情報によりアクティブな動作およびパラメータを切り替えることが可能である。“モード”の情報はクラス化されており、複数のモードで共通の動作およびパラメータを定義することも可能である。

4.2.2 テスト部

テスト部では、テスト手順や制御すべき測定器の情報が記述された“シーケンスファイル”と個々のテスト項目における測定方法が記述された“テストモジュール”があり、これらは前述の“モード”に応じて、アクティブになるシーケンスファイルやモジュールが切り替わり、全く異なるテスト手順での測定器制御を可能にしている。この動作を実現する実行エンジンとして National Instruments 社製の TestStand™ を採用した。

TestStand™ は、複数の異なるテスト手順をシーケンスファイルというスクリプトファイルの記述により、容易に編集・管理する機能を持つ。これによりモジュール管理のための複雑なプログラムを開発することが不要となり、本ソフトウェアの開発コストを削減できた。また、モジュールの独立性を高く設計することも可能となるため、今後本テストシステムが新たな通信システムに対応するために必

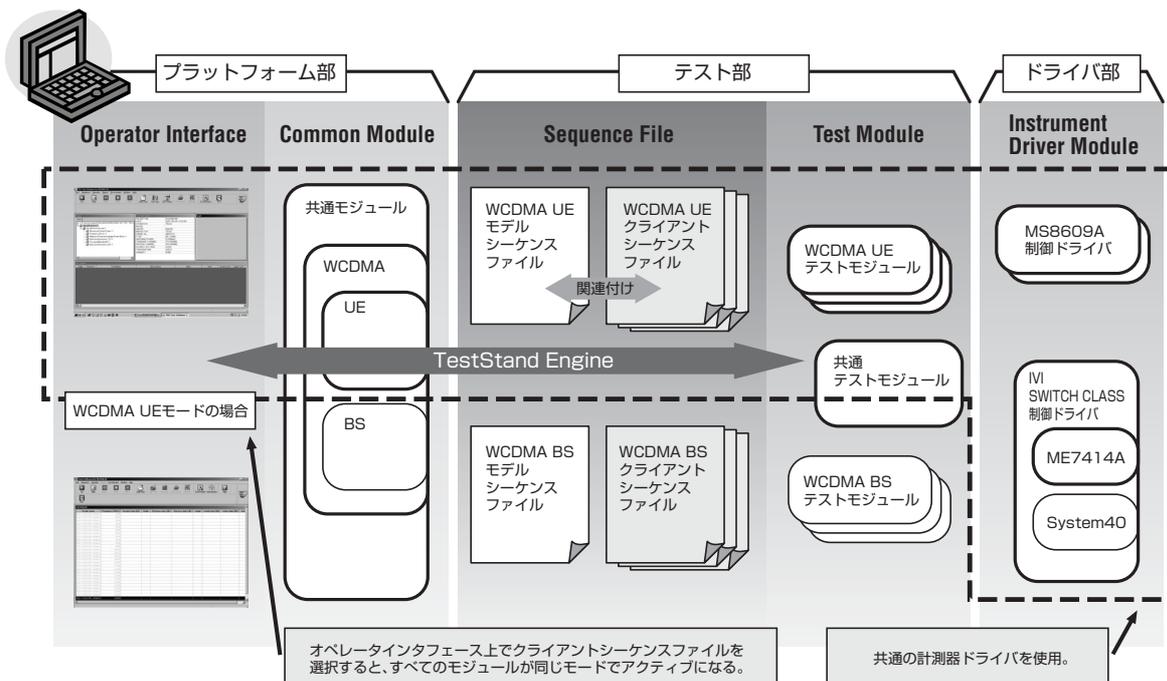


図5 テストシステムソフトウェア構造
Structure of Test System Software

要な開発コストを抑えることができ、かつ短期間でのテストシステム供給が可能になると考えている。

4.2.3 ドライバ部

ドライバ部にはすべての測定器を制御するためのモジュールがあり、ドライバは測定器ごとに用意され、各テストモジュールから共通に利用される。

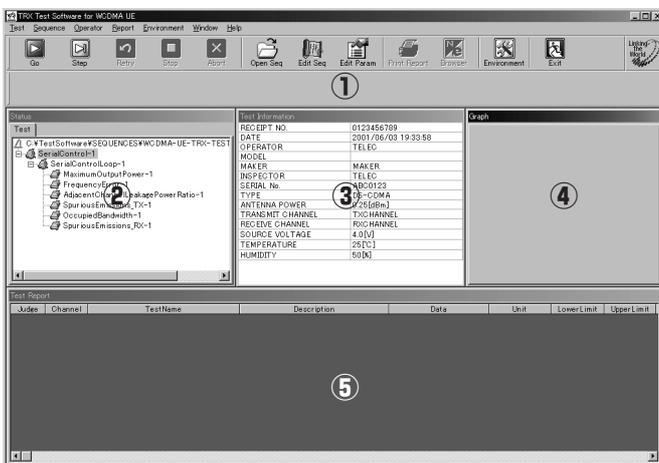
4.3 操作例

本ソフトウェアのユーザインタフェースをテストの実行手順に沿って示す。

(1) ソフトウェアの起動

ソフトウェアを起動するとメイン画面が表示される。

(図 6 参照)



①	操作ボタン	試験開始/停止等の操作
②	試験項目表示	試験項目をツリー表示試験の進行状況
③	試験条件表示	試験条件等
④	波形データ表示	スペクトラム波形等
⑤	試験結果表示	試験結果データ

図 6 メイン画面
Main window

(2) ロスデータの入力

本テストシステムと被試験機を接続する RF ケーブルの挿入損失を補正するため、予めその周波数特性を Cable Loss 画面上で入力する。(図 7 参照)

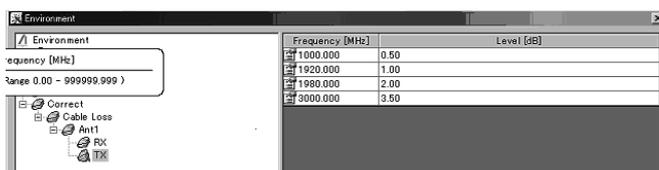


図 7 Cable Loss 画面
Cable Loss window

(3) 試験パラメータの入力

試験パラメータを Property 画面上で入力する。

(図 8 参照)

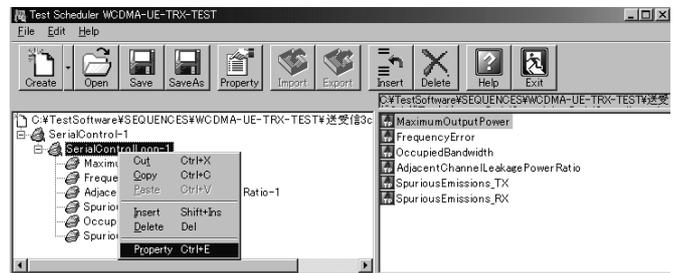


図 8 Property 画面
Property window

(4) 試験条件の入力

受験者名、無線機タイプ等の情報を Information 画面上で入力する。(図 9 参照)

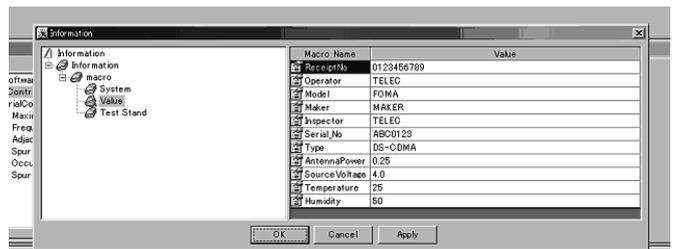


図 9 Information 画面
Information window

(5) 試験開始

操作ボタンによってテストを開始する。(図 10 参照)

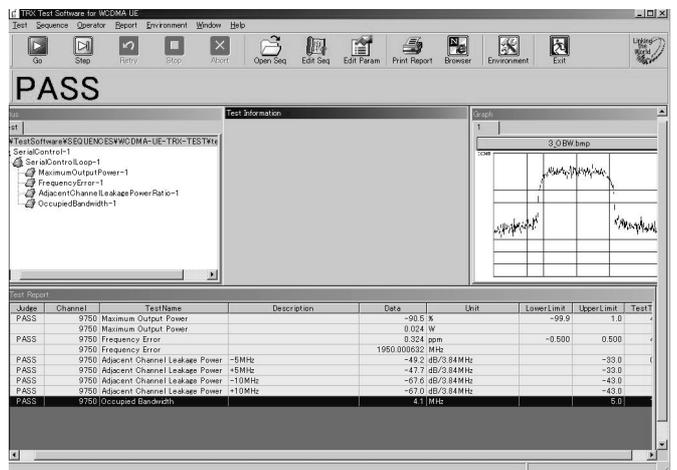


図 10 試験実行中画面
Test implementation window

(6) 試験結果データの出力

Browser ボタンを押すと試験結果のデータが Web ブラウザで表示される。(図 11 参照)

表 1 試験項目一覧
Test items

試験項目	基地局試験	移動局試験	備考
空中線電力の偏差	○	○	
周波数の偏差	○	○	
占有周波数帯幅	○	○	
隣接チャンネル漏洩電力	○	○	
スプリアス発射の強度	○	○	
送信相互変調特性	○	—	
送信速度 (データ伝送速度)	—	○	回線接続
副次的に発する電波等の限度	○	○	
総合動作特性			・発呼/着呼 ・ソフトハンドオーバー ・移動機固有番号の読み出し ・空中線電力低下動作

クトラムアナライザのカウンタ機能を、「1 次変調されたパイロットチャンネルを拡散」の場合は MS8609A の変調解析機能を使用して周波数偏差を測定する。

(2) 隣接チャンネル漏洩電力

搬送波および隣接チャンネル漏洩電力を 3.84MHz 帯域当たりで測定することが規定されている (隣接チャンネル漏洩電力 4 測定操作手順に規定²⁾)。

スペクトラムアナライザで得られた波形データに、RRC フィルタ (ロールオフ率 0.22) の特性に相当する補正係数をかける機能を、MS8609A の隣接チャンネル漏洩電力測定機能に追加して規格への適合性を実現した。

(3) スプリアス発射の強度

9kHz ~ 12.75GHz の広帯域測定に加えて、PHS 帯域での高感度測定が規定されている (スプリアス発射の強度 7 技術基準に「- 41dBm/300kHz 以下」と規定²⁾)。この PHS 帯域については許容値が厳しいため、RF インタフェースユニット内蔵のバンドパスフィルタで搬送波を減衰させることにより性能を確保した。

(4) 副次的に発する電波等の限度

受信帯域の測定は 30kHz の分解能帯域幅で掃引し、読み込んだ波形データから 3.84MHz 当たりのパワーに帯域換算する (副次的に発する電波等の限度 4 測定操作手順に規定²⁾)。スペクトラムアナライザのノイズレベルは、許容値に対するマージンが非常

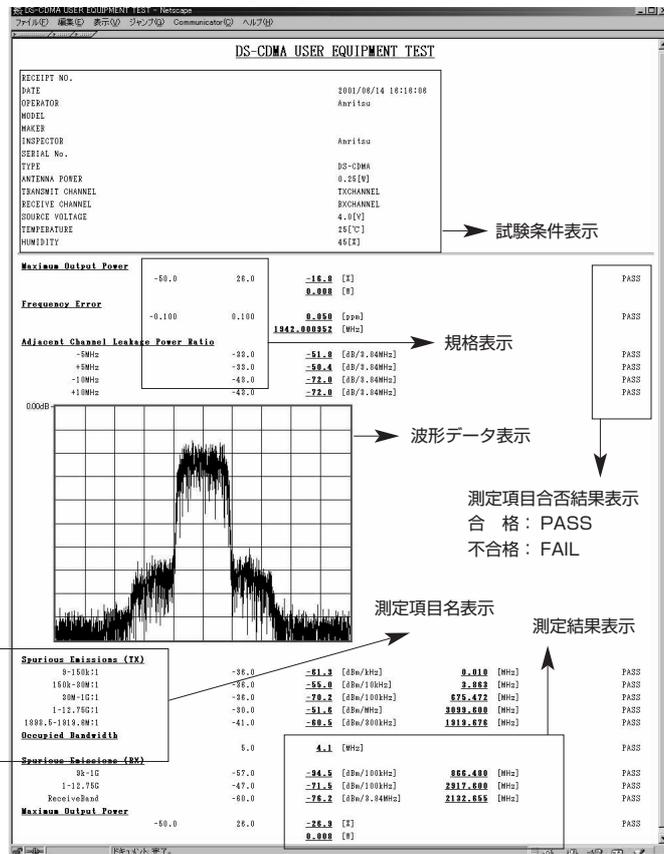


図 11 試験結果例
Example of test result

5 試験機能

以下に技適試験における基地局および移動局試験の技術的要点を述べる。また、試験項目の一覧を表 1 に示す (参考文献^{1) 2)} より抜粋)。

5.1 基地局試験

(1) 周波数の偏差

基地局の送信状態は、「カウンタまたはスペクトルアナライザで測定する場合は、拡散停止、無変調の状態 で送信する。波形解析器で測定する場合は、1 次変調 (オール “0” の信号) されたパイロットチャンネルを拡散して送信する。」(周波数の偏差 3 試験機器の状態 (2) に規定²⁾) と規定されている。「拡散停止、無変調」の場合は MS8609A 内蔵のスペ

に小さいため、挿入損失が最小となるように RF インタフェースユニットを設計し、さらに MS8609A 内蔵のプリアンプを使用して性能を確保した。

5.2 移動局試験

(1) 隣接チャネル漏洩電力

搬送波および隣接チャネル漏洩電力を 3.84MHz 帯域当たりで測定することが規定されている（隣接チャネル漏洩電力 4 測定操作手順に規定¹⁾）。MS8609A の隣接チャネル漏洩電力測定機能に基地局試験と同様の機能を追加して規格への適合性を実現した。

(2) 総合動作特性

接続・ハンドオーバー・移動機固有番号読出（総合動作特性 4 測定操作手順に規定¹⁾）の試験については、すべて MD8480A の基本機能で実現した。空中線電力低下動作は MS8609A 内蔵のスペクトラムアナライザで測定する。

システム（W-CDMA）を開発した。テストシステムソフトウェアは、モジュールの独立性を大幅に高め、TestStand™ を実行エンジンとしたことによりマルチテストシステム対応を可能にした。

本テストシステムの拡張版テストシステムの開発は現在も続いている。今後、測定精度を高める機能等を追加し、世界標準を目指したコンフォーマンステストシステムとして完成する予定である。

最後に、本テストシステムの開発にあたりご助言頂いた財団法人テレコムエンジニアリングセンターの関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) “符号分割多元接続方式携帯無線通信のうち拡散符号速度が毎秒 3.84 メガチップの陸上移動局の無線設備の試験方法（DS-SS-SSMA 携帯無線通信陸上移動局）平成 12 年 11 月 9 日制定”
- (財) テレコムエンジニアリングセンター
- 2) “符号分割多元接続方式携帯無線通信のうち拡散符号速度が毎秒 3.84 メガチップの基地局の無線設備の試験方法（DS-SS-SSMA 携帯無線通信基地局）平成 12 年 8 月 30 日制定”
- (財) テレコムエンジニアリングセンター
- 3) 松井他：“PDC、PHS 生産用の ME2632A/B/C デジタル移動無線機テストシステム” アンリツテクニカル、No.68 Sept. 1994

6 規格

本テストシステムの主要規格を表 2 に示す。

7 むすび

W-CDMA 用基地局および移動局の送信特性試験を、高速かつ容易に測定できる ME7871T 3G 移動体通信テストシ

表 2 ME7871T 主要規格
Main specifications of ME7871T

● ME7871T 本体

周波数範囲	移動局試験： 1920 ~ 1980MHz (Uplink 入力) 2110 ~ 2170MHz (Downlink 出力) 基地局試験： 2110 ~ 2170MHz (Downlink 入力) 2100 ~ 2180MHz (妨害波出力)
最大入力レベル (副次発射試験を除く)	移動局試験： + 31dBm (1.26W) 基地局試験： + 52dBm (160W)
入出力コネクタ (専用接続ケーブル端)	移動局試験： N 形, 50 Ω, VSWR ≤ 1.3 (1920 ~ 1980MHz : 空中線電力測定時) 基地局試験： N 形, 50 Ω, VSWR ≤ 1.3 (2110 ~ 2170MHz : 空中線電力測定時)
搬送波出力レベル範囲 (移動局試験)	- 107 ~ - 30dBm/3.84MHz
妨害波出力レベル範囲 (基地局試験)	- 60 ~ + 22dBm/3.84MHz
基準発振器	基準として MS8609A (Option01 高安定基準水晶発振器付) を使用 外部基準信号入力可 (周波数: 10 or 13 MHz, BNC connector)
電源 (定格) (コントローラ PC を除く)	100 ~ 132Vac, 50/60Hz 基地局試験部： ≤ 1300VA 全体： ≤ 1700VA

●移動局試験項目

周波数の偏差	測定範囲： - 45 ~ + 31dBm
空中線電力の偏差	測定範囲： - 5 ~ + 31dBm
占有周波数帯幅	測定範囲： - 45 ~ + 31dBm, Spectrum 法, グラフ出力 (Spectrum 波形)
隣接チャンネル漏洩電力	測定範囲： + 5 ~ + 31dBm, Spectrum (Separate) 法, グラフ出力 (Spectrum 波形)
スプリアス発射の強度	測定範囲： $\geq -36\text{dBm/kHz}$ (9 ~ 150kHz) $\geq -36\text{dBm/10kHz}$ (150kHz ~ 30MHz) $\geq -36\text{dBm/100kHz}$ (30MHz ~ 1GHz) $\geq -30\text{dBm/MHz}$ (1 ~ 12.75GHz) $\geq -41\text{dBm/300kHz}$ (1893.5 ~ 1919.6MHz) Search 法, グラフ出力 (Spectrum 波形)
副次的に発射する電波等の限度	測定範囲： $\geq -60\text{dBm/3.84MHz}$ (2110 ~ 2170 MHz) $\geq -57\text{dBm/100kHz}$ (9k ~ 1GHz) $\geq -47\text{dBm/100kHz}$ (1 ~ 12.75GHz) Search 法, グラフ出力 (Spectrum 波形)
総合動作特性	発呼動作または着呼動作, 空中線電力低下動作

●基地局試験項目

周波数の偏差	測定範囲： - 22 ~ + 52dBm
空中線電力の偏差	測定範囲： + 18 ~ + 52dBm
占有周波数帯幅	測定範囲： - 22 ~ + 52dBm, Spectrum 法, グラフ出力 (Spectrum 波形)
隣接チャンネル漏洩電力	測定範囲： + 28 ~ + 52dBm, Spectrum (Separate) 法, グラフ出力 (Spectrum 波形)
スプリアス発射の強度	測定範囲： $\geq -13\text{dBm/kHz}$ (9 ~ 150kHz) $\geq -13\text{dBm/10kHz}$ (150kHz ~ 30MHz) $\geq -13\text{dBm/100kHz}$ (30MHz ~ 1GHz) $\geq -13\text{dBm/MHz}$ (1 ~ 12.75GHz) $\geq -41\text{dBm/300kHz}$ (1893.5 ~ 1919.6MHz) Search 法, グラフ出力 (Spectrum 波形)
スプリアス発射の強度 (送信相互変調特性)	測定範囲： $\leq 45\text{dB/3.84MHz}$ (5MHz 離調, 搬送波電力比) $\leq 50\text{dB/3.84MHz}$ (10MHz 離調, 搬送波電力比) $\leq -13\text{dBm/MHz}$ (15MHz 離調)
副次的に発射する電波等の限度	測定範囲： $\geq -78\text{dBm/3.84MHz}$ (1920 ~ 1980MHz) $\geq -57\text{dBm/100kHz}$ (9 ~ 1GHz) $\geq -47\text{dBm/100kHz}$ (1 ~ 12.75GHz) Search 法, グラフ出力 (Spectrum 波形)

●W-CDMA 試験ソフトウェア (コントローラにインストールして使用)

MX787101A	移動局試験用
MX787121A	基地局試験用
試験実行	コールプロセッシング試験 (移動局試験のみ) とシリアルコントロール (USB, RS-232C) 試験 任意設定チャンネルの連続試験 実行モード選択 (連続, Fail ストップ, Fail 終了, 項目 Step)
試験実行条件の管理	条件パラメータ, 選択項目をファイル管理
試験データの出力	ディスプレイ, プリンタ, ディスク
被試験機の制御	USB, RS-232C インタフェース (制御用テキストファイルの組込みが必要)
媒体	ソフトウェア本体: CD-R 1 校正データ: FD 1

●コントローラ (パーソナルコンピュータ)

OS	Windows2000 Professional
Browser	Internet Explorer または Netscape Communicator
ディスプレイ解像度	1024 × 768 ドット以上
CD-ROM ドライブ	ソフトウェアインストール, バージョンアップ時に必要
Ethernet インタフェース	100BASE-T (MD8480A 制御用)
GPIB インタフェース	National Instruments PCMCIA-GPIB
USB, RS-232C インタフェース	被試験機の制御に必要
Sentinel Connector 用インタフェース	USB またはプリンタポート (セントロニクス準拠, D-sub25 ピンコネクタ)
プリンタ	上記規定 OS で動作可, A4 サイズ印刷可