

ME7873L LTE RF コンフォーマンステストシステムの開発

Development of ME7873L LTE RF CONFORMANCE TEST SYSTEM

角田喜章 Yoshiaki Tsunoda, 宮本雅史 Masafumi Miyamoto, 守田 隆 Ryu Morita, 丸尾友彦 Tomohiko Maruo,
岩田光貴 Koki Iwata, 音成伸俊 Nobutoshi Otonari, 新江 大 Dai Arae, 石崎誠一 Seiichi Ishizaki

[要 旨] LTE 移動端末(FDD/TDD)に対応する LTE RF コンフォーマンステストシステムを開発した。本開発にて、周波数可変フィルタを採用した新ハードウェアは、30以上に及ぶ多彩な周波数バンドへの柔軟な対応を可能とした。また、2 ラック構成の小型筐体と短期間セットアップを達成し、メンテナンス性は大幅に向上した。モジュール構造とデータベースを採用した新プラットフォームソフトウェアは、LTE 試験に必要なとされる多彩な試験パラメータの合理的な組み立てを可能とし、業界最多の認証テストケース数を実現した。

[Summary] The LTE RF Conformance Test System was developed in order to support the test of LTE (FDD/TDD) mobile terminals. In this development, the new hardware comes with frequency variable filter, enabling flexible support of more than 30 frequency bands. The 2-rack configuration and small mainframe allowed quicker setup, resulting in the more ease in maintenance. The new platform software incorporated module-type structure and database in order to efficiently structure various test parameters that are required for LTE conformance test. In this way we have achieved the most approved test cases in the industry.

1 まえがき

3G 移動通信および、その後の HSPA(3.5G)の進展による通信速度の向上により、実用的なモバイルインターネット環境が普及した。2007 年頃より 4G 移動通信の技術を先取りし、3G の発展形とする LTE(Long Term Evolution)の仕様策定が 3GPP(3rd Generation Partnership Project)により開始され、FDD(周波数分割複信)/TDD(時分割複信)の 2 方式が並行して策定された。

FDD 方式は、W-CDMA/GSM 移動通信の発展形として検討されてきたが、北米などで CDMA2000 を運用するオペレータも LTE を採用する動きが広まってきた。また、TDD 方式についても、中国におけるサービス開始の方針が発表され、LTE 方式への期待は高まっている。このような背景の中で、アンリツでは早期から 3GPP における LTE 試験の策定に貢献すると共に、LTE 端末の開発・端末認証に対応する ME7873L LTE RF コンフォーマンステストシステムの開発に取り組んできた。

2009 年、米国および日本において、2010 年末をターゲットにした LTE のサービスインが発表され、サービス品質を確保する観点から、端末認証の早期実現が急務となった。端末認証は、欧州バンドを主な対象とした GCF(Global Certification Forum)および、北米バンドを対象とした PTCRB(PCS Type Certification Review Board)と呼ばれる端末認証団体にて承認されるが、2010 年 10 月の GCF 会合において、ME7873L は、FDD Band1, Band13 の認証テストケース数 80% をクリアした唯一のコンフォー



図1 ME7873L LTE RF コンフォーマンステストシステムの外観
External view of ME7873L RF Conformance Test System

マンステストシステムとして承認された。

その後、スマートフォンの普及と共に高速・高機能移動通信の社会的需要拡大を受けて、新たな周波数バンドの利用が検討されて

きた。ME7873L は、これらの周波数拡張の展開を想定し、周波数可変フィルタを採用した新ハードウェアおよび、多彩な試験パラメータを柔軟に拡張できる新プラットフォームソフトウェアとして新規設計した。これにより、新周波数バンドの端末認証にもいち早く対応し、2011年10月現在において、業界最多の認証テストケース数を実現した。

図1にME7873Lの外観を示す。

2 開発方針

コンフォーマンステストシステムに要求される項目は以下である。

- 3GPP 規格 TS36.521-1, TS36.521-3 に完全準拠すること
RF コンフォーマンステストを規定している規格 3GPP TS36.521-1, TS36.521-3 で要求される機能、性能、手順をすべて満たすこと。
- 3GPP 規格の変更に追従すること
3 か月ごとに開催される 3GPP 会合にて、追加・修正され続けている 3GPP 規格に追従すること。
- GCF/PTCRB にて全テストケースの認証を取得すること
現在も進行中ではあるが、GCF/PTCRB が要求するテストケースについてはすべて認証取得すること。これは規格の修正による再取得も含む。

- 周波数バンドのオプション追加が容易であること
ユーザごとに必要とする周波数バンドが異なるため、任意にバンドを選択できる構成とする。また、ユーザが周波数バンドのオプションを追加する際に、セットアップ作業のためにダウンタイムが発生しないように実装し、バンド追加が容易に行えるようにする。
- W-CDMA 方式のコンフォーマンステストシステムである ME7873F および、ME7874F からのアップグレードが可能であること

既存の ME7873F/ME7874F の構成機器を使用して、アップグレードが行えるようにする。また、W-CDMA 試験と LTE 試験を並行して実行できること。

3 システム設計

3.1 ハード設計の要点

3.1.1 マルチバンド対応インターフェースユニットの構成

LTE のテストケースは、3GPP TS36.521-1 に規定されている RF 試験の送信特性、受信特性、パフォーマンス性能、および 3GPP TS36.521-3 に規定されている RRM (Radio Resource Management) 性能の 4 つに区分できる。

ハードウェア構成図を図2に示す。

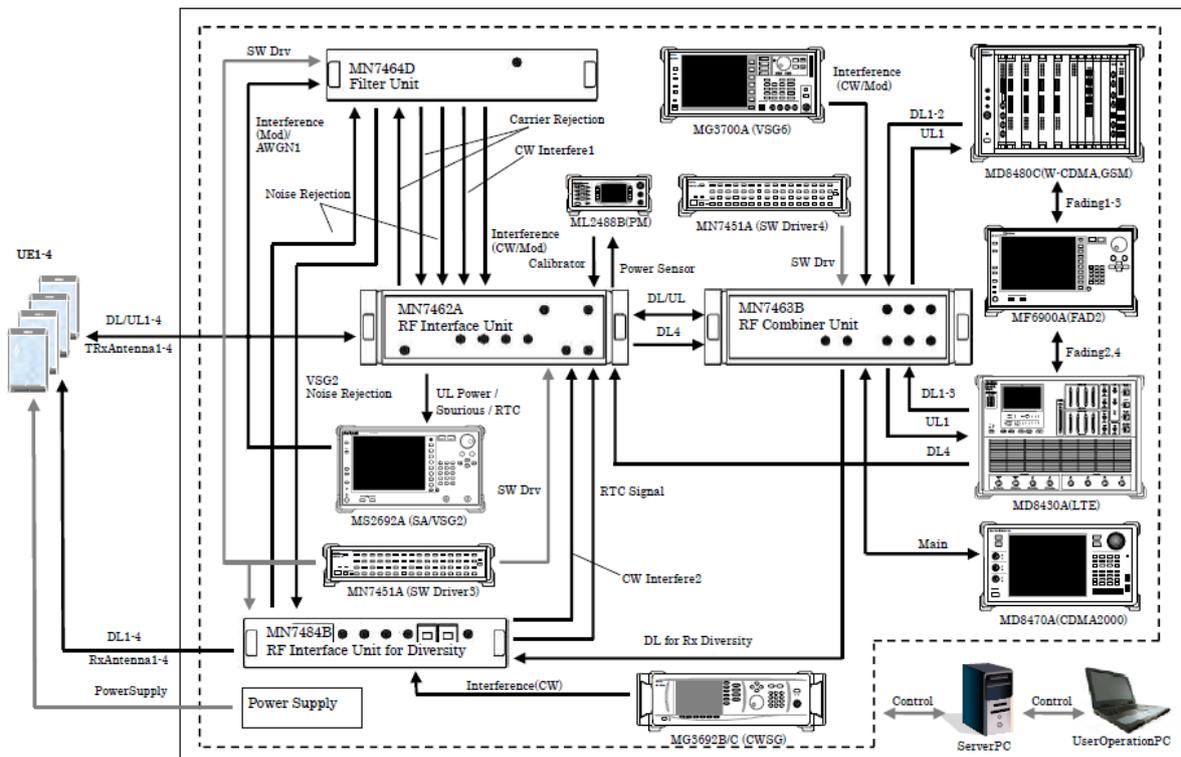


図2 テストシステムのハードウェア構成概要
Hardware Block diagram of test system

上記 4 区分のテストケースすべてを測定するためには、テストケースごとに基地局シミュレータ(MD8430A シグナリングテスト/M8480C W-CDMA シグナリングテスト/M8470A シグナリングテスト)や妨害波用信号発生器、シグナルアナライザなどの組込機器を任意に組み合わせて測定を行うことが必要となる。

また、試験内容の異なるテストケースを連続実行させることが必要のため、端末の RF 入出力と各測定機器をつなぐ経路を自動切替するインタフェースユニットと、信号合成するためのコンバイナユニットを装備した。

システム専用回路部として、主要機器を以下で説明する。

(1) MN7462A RF インタフェースユニット

端末の RF 送受信アンテナと接続するメイン入出力用のインタフェースユニットである。

本ユニットは、3GPP 規格に規定された UE パワークラスに対応するために、最大 5 W の入力とした。また、3GPP 規格に規定された信号出力確度やパワー測定確度を実現するために、内部には補正用経路を持たせた。

(2) MN7484B ダイバーシチ用 RF インタフェースユニット

端末の RF 受信アンテナと接続するダイバーシチ出力用のインタフェースユニットである。

本ユニットも、MN7462A と同様、最大 5 W の入力に対応させ、内部には補正用経路を持たせた。送受信アンテナとの経路ロス差分は、13 GHz までの周波数範囲を持つ 0.25 dB ステップアッテネータ(以下、S-ATT)を用いて微調整を行うことで、補正可能とした。

(3) MN7464D フィルタユニット

3GPP 規格に沿ったシステムを提供するためには、システムを構成する単体測定器の不要スプリアス除去性能を補完する機器が必要となる。従来のシステムでは、特定のテストケースを実施する際、Uplink や Downlink 帯域の不要波除去のために、1 つのバンド固定の BRF(Band Rejection Filter)を、バンドが増えるごとに設置していた。

機器追加作業によるユーザのダウンタイムや費用の削減の要求に応え、ME7873L では、マルチバンドに対応可能な周波数可変フィルタを内蔵し、ハードウェアの変更なく、バンド追加を可能にした。

(4) MN7463B RF コンバイナユニット

LTE 以外にも、W-CDMA/GSM/CDMA2000 など、他の基地局シミュレータとの Downlink 信号の合成や、メイン

入出力とダイバーシチ出力への分岐経路を持っている。MN7484B と同様、メイン入出力との経路ロスの差分補正のために S-ATT を内蔵した。

3.1.2 ラックの省スペース化

ME7873F/ME7874F の 3 ラック構成に対し ME7873L は、小型の周波数可変フィルタを採用することにより、多彩なバンドに対応するシステムを 2 ラック構造で実現し、1 ラック分のスペースを削減した。

また、すでに ME7873F/ME7874F を所有しているユーザには、W-CDMA 側と LTE 側の試験を同時に実行可能な、4 ラック構造のコンバインシステムとして、フレキシブルなシステム提供が可能となっている。

3.1.3 システム性能の安定化

温度モニタ機能により、温度変動に応じた実行時補正(RTC: Run-Time Correction)が動作することで、安定した試験結果を維持できるようにした。

さらに、ME7873F/ME7874F より自己診断テスト専用のケーブルを提供しているが、ME7873L では自己診断用ケーブル接続の締付けには N 型トルクレンチを用いて締付けトルクを一定にするようにした。これにより、安定した自己診断テストの結果を得ることができ、経年劣化などによる特性変化を容易に検出できる。

3.2 3GPP 規格を満足するための測定技術

3GPP 規格の厳しい Uncertainty 要求に準拠するため、以下の 2 つの補正方法を併用し、測定精度を達成した。

3.2.1 基礎補正

基礎補正とは、絶対値レベルの経路ロスや周波数特性の補正、減衰量リニアリティの補正、時間遅延特性を補正するものである。特性変化の少ない受動デバイスを対象としており、システム設置時に補正值を取得する。本補正は個別ユニットの補正值の積み上げではなく、テストシステムを 1 つの測定器として、補正するようにした。

3.2.2 実行時補正

信号発生器やシグナルアナライザ、基地局シミュレータなどの機器は、温度変化や経年変化があり、基礎補正だけでは 3GPP TS36.521-1 および、TS36.521-3 に規定された Uncertainty を満たすことが難しい。

これを解決するために、ME7873L では、測定開始前に、出力レベル等の自動補正を実施する実行時補正(RTC)機能を搭載した。RTC 機能の主な特長を以下に示す。

- (1) 出力レベルの補正(Downlink 信号用、妨害波信号用)

信号発生器の出力をインタフェースユニット内の経路を使用して、高精度の再現性を持つ ML2488B ワイドバンドパワーメータ、SC7816 サーマルセンサで測定し、温度変化などによって生じたパワー変動を補正した。

(2) プリセクタ同調の補正

MS2692A シグナルアナライザにおけるスペクトラムアナライザの 6 GHz~12.75 GHz 帯域では、内部プリセクタを用いて測定している。このプリセクタは、温度変化や経時変化により掃引同調ずれを生じてレベル測定の精度を悪化させる。

そこで、スプリアス測定にて検出した周波数における同調補正を、システム組込の信号発生器を用いて自動実行するようにした。

(3) 周波数可変フィルタの周波数特性補正

MN7464D の周波数可変フィルタを含む経路に対して、温度変化や経時変化によりフィルタの同調ずれや周波数特性の変化が生じた場合、システム組込のサーマルセンサと信号発生器を用いて、システム設置時に実施する基礎補正と同等の周波数特性の補正を実施するようにした。

(4) メイン入出力とダイバースチ出力の出力レベル補正

メイン入出力とダイバースチ出力のアンテナ端へ同時に信号出力するために、基地局シミュレータの信号を MN7463B 内部で分岐し、両アンテナ端の信号出力レベル差を MN7463B 内部の S-ATT を用いて、調整するようにした。

3.3 規格策定

3GPP 会合は現在も3か月ごとに開催され、端末および、基地局の性能(Minimum requirements)の試験仕様が RAN WG4 で策定され、端末のコンFORMANCE試験仕様は、RAN WG5 で策定されている。

W-CDMA 方式のコンFORMANCEテストシステムである ME7873F/ME7874F の開発では、設計時点で確定していた規格も多く、システムとして実現の厳しい Uncertainty 等のため、複雑な補正機構を伴う設計となっていた。

そこで、ME7873L の開発においては、LTE 試験の仕様策定の初期段階から 3GPP 会合に積極的に参加し、テストケースの完了を進めてきた。上述の Uncertainty の検討をアンリツ主導で規格化し、簡易な測定方法で実現することができた。

また、LTE プロトコル試験における端末との標準的な接続手順では、U-plane 接続および、データ送信を行う際、端末ごとの能動

的な動作に合わせたプロトコル手順が必要となり、端末の実装に応じて個別調整を要する懸念があった。

RF 試験における端末との接続手順の仕様策定において、プロトコル手順の簡略化および、メッセージの明確化を進めた。特に接続手順については、TS36.509 に規定されている テストモード・プロシージャによる接続および、MAC パディングデータ送信とすることで、端末ごとの実装に依存することなく共通の手順で接続できる仕様を策定した。

4 ソフトウェア

4.1 概要

ME7873Lのソフトウェアは、Windows Server 上で動作するアプリケーションとして実装されている。

テストシステムは、複数のテストケースの実行要求を事前にプログラムし、自動で逐次実行していくシステムである。事前の実行要求は、テストシーケンスと呼ばれる実行テストケースのリストと、パラメータの集合として本ソフトウェアのユーザーインタフェースを通じて作成する。

ソフトウェア構造を図3に示す。

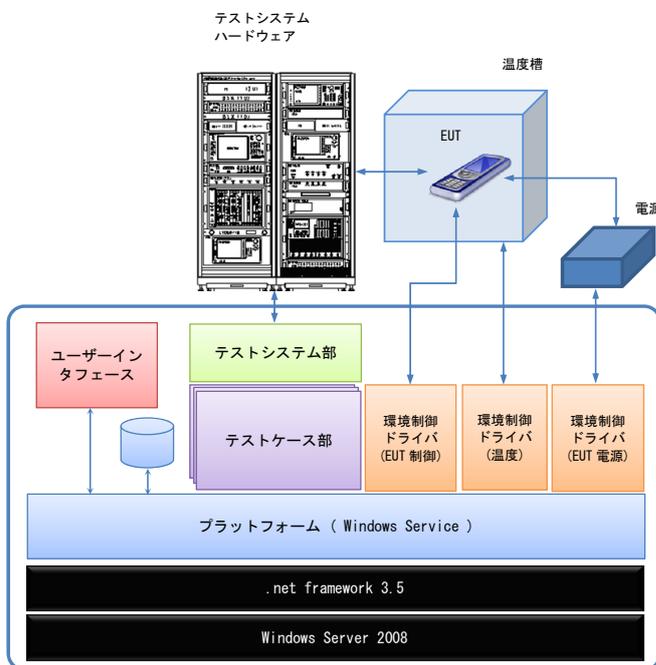


図3 テストシステムのソフトウェア構造概要
Block diagram of test system software

ソフトウェアは、機能部分として、プラットフォーム、環境制御ドライバ、ユーザーインタフェース、テストケース部、テストシステム部に大別される。

プラットフォームはソフトウェアの中核であり、テストシーケンスの解釈、実行に必要な各機能部分の生成・破棄、テストシーケンス・測定結果等のデータベースによる管理、試験結果レポートの生成などのテストシーケンスの実行に必要な共通タスクを担当する。

ユーザーインターフェースはプラットフォームと接続し、GUI (Graphical User Interface)を通じてユーザとのコミュニケーションを担当する。ユーザーインターフェースはシステムとネットワーク接続された別 PC 上で実行される。

環境制御ドライバは、テストケースから要求される温度槽(温度,湿度)の制御、EUT(Equipment Under Test)への電源(印加電圧,起動・終了等)の制御を担当する。環境制御ドライバはテストケース部および、テストシステム部からは完全に独立しており、ユーザの様々な状況に応じてカスタマイズすることができるようにした。

テストシステム部は、テストシステムハードウェアを仮想化し、前述の補正機構の実現、および、テストケース部からの測定要求を実際のテストシステムハードウェアへ伝える役割を担う。

テストケース部は、各テストケースの実行手順を定義する。テストケース部はその1つ1つが独立して存在し、テストケース単位でシステムへの追加、削除が可能である。

4.2 画面イメージ

本ソフトウェアのユーザーインターフェースのメイン画面および、レポート表示画面を図4、図5に示す。

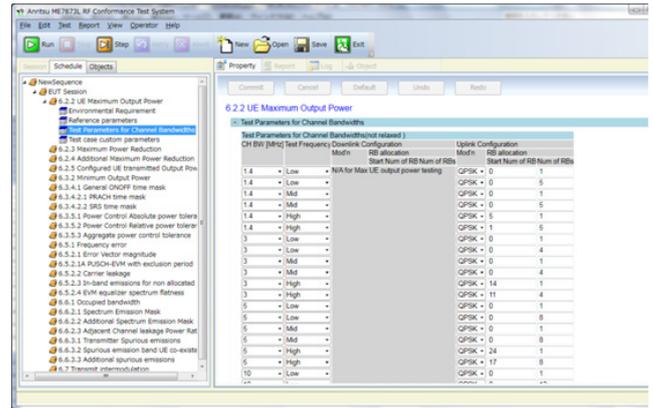


図4 メイン画面
Main screen

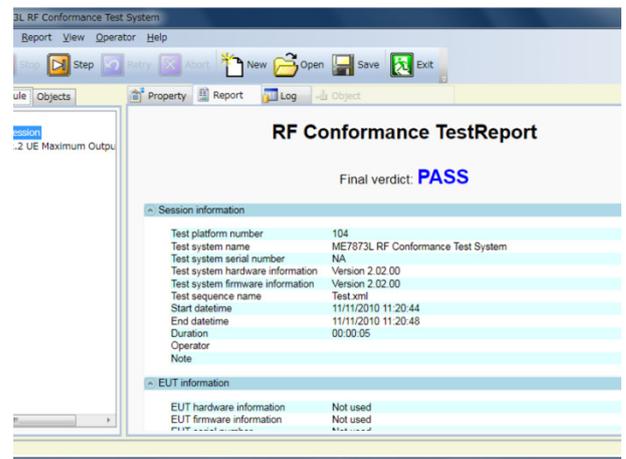


図5 レポート表示画面
Report screen

5 試験機能

5.1 TRX/パフォーマンス試験の特長

3GPP TS36.521-1 では端末の物理レイヤの性能試験が要求されており、本ソフトウェアにより 6 章 送信特性, 7 章 受信特性, 8 章 パフォーマンス特性, 9 章 チャンネル情報レポート特性の試験を FDD 方式 および, TDD 方式の端末に対して行うことができる。

送信特性は、端末から出力される Uplink 信号の RF 特性を試験し、すべての測定は MS2692A で実行され試験結果が得られる。

受信特性は、Downlink 信号と妨害波信号の合成波を端末に入力し、端末からフィードバックされた Downlink データの復調の成否を基地局シミュレータにより記録することでスループット値を測定し、受信感度などの結果を得る。

パフォーマンス特性は、MF6900A フェージングシミュレータによりフェージング状態とした Downlink 信号に、AWGN(Additive White Gaussian Noise)信号を合成して端末に入力し、端末から

フィードバックされる Downlink チャンネルの復調の成否情報により、復調精度を測定する。

チャンネル情報レポート特性は、端末から報告される Downlink のチャンネル状態情報(CSI: Channel State Information)に応じて、Downlink 環境を変化させた場合と、固定的に設定された Downlink 環境の場合との、スループット値または BLER(Block Error Rate)値を比較することにより、端末から報告されるチャンネル情報の精度を測定する。

また、本ソフトウェアでは、特に 3GPP 規格には記述されていない以下の機能も新たに装備した。

(1) Fail Retry

試験が不合格となった際に、同試験を自動的に再実行させる機能である。再実行させる回数を指定することができ、試験が不合格となった場合の端末特性の再現性を確認することができる。また、自動測定で本機能を用いることにより、無人状態で不合格試験の再試行が可能となる。

(2) サーチモード

受信特性、パフォーマンス特性の試験において、Downlink 信号や妨害波信号の出力レベル、SNR (Signal to Noise Ratio : Downlink と AWGN の信号強度比) を変化させながら繰り返し試験を実施する機能である。

試験の可否結果が変わるレベルを確認することにより、端末性能の限界値を知ることができる。信号レベル変化の設定として、試験条件が厳しくなる方向／緩くなる方向に、レベルの変化量を指定することができる。

5.2 RRM 試験の特長

3GPP TS36.521-3 の 4 章から 9 章は、端末の RRM 機能に関連する RF を含む複合性能を試験する項目である。これらの試験では規定の RF 環境における Re-selection, Handover 等の端末動作および、Downlink 信号の測定機能、応答性能を試験する。

TRX/パフォーマンス試験は、主に端末の物理レイヤの性能を試験するものであったのに対し、RRM 試験は、MAC/RLC/RRC を含む総合的な動作および、性能を試験するところに大きな特長がある。このため RRM 試験は、レイヤ 3 プロトコルのシーケンスが重要となっている。

ME7873L では、RRM 特有の試験を実現するために、以下の特長的機能を実装した。

(1) 測定器同期

大部分の RRM 試験では、時間経過に伴い RF 環境を変化させ、その変化に応じた端末動作を試験する。RF 環境の変化は、試験開始からの経過時間、またはシグナリングメッセージの送受信時間に応じて行うことが規定されている。

ME7873L では、LTE から W-CDMA/GSM/CDMA2000 への Inter-RAT 試験にも対応しており、各テストケースで規定された RF 環境に対し、必要となる複数の基地局シミュレータ (MD8430A/MD8480C/MD8470A) の同期測定を実行するようにした。これによりテストケースごとの RF 環境の時間変化に応じた端末動作の試験を実現することができた。

また、LTE/W-CDMA の RF 環境ではフェージング環境下における試験も規定されている。ME7873L では、MD8430A/MD8480C と MF6900A の Digital IQ 接続を、テストケースに応じて自動切り替えすることで、LTE/W-CDMA のフェージング環境を実現している。

(2) 実時間動作

RRM テストソフトウェアは、基地局シミュレータのフレーム

(10 ms 分解能)/サブフレーム (1 ms 分解能) を監視し、基地局シミュレータに対するプリミティブの発行や、端末の発するメッセージの解析および、条件判定などを基地局シミュレータに同期して動作させることで、系全体の実時間動作を可能にしている。

また、RF 環境変化に伴う Downlink 信号電力の変更については、基地局シミュレータのデジタルベースバンドおよび、RF アッテネータを複合した出力電力制御を行うことで出力確度を実現している。

6 むすび

3GPP 規格 TS36.521-1, TS36.521-3 に完全準拠した ME7873L LTE RF コンフォーマンステストシステムを開発した。

特に、3GPP 規格が要求する複数バンドへの対応や、RTC 機能の搭載による 3GPP 規格が要求するシステム測定精度の実現により、GCF や PTCRB といった 3GPP 端末の認証機関でのテストプラットフォームとしての認証を取得した。

2010 年 10 月、LTE RF コンフォーマンステスト用途で使用されるテストシステムでは、業界で初めて 80% の GCF 認証テストケースの提供を可能とした。さらに、2010 年 12 月には、LTE RRM 試験でも 80% の GCF 認証テストケースの提供を可能とし、端末認証を行える業界初のテストシステムとなった。

そして 2011 年 10 月 現在、認証テストケースの提供数において、業界最多を誇っている。

今後も変化を続ける 3GPP 規格に追従することで、コンフォーマンステストシステムとしての価値を維持発展させ、ユーザの開発作業および、設備負担の軽減の一助となるよう積極的に取り組んでいく。

参考文献

- 1) 田河, 土屋, 大貫, 宮本, 岩田:
“3GPP 規格に完全準拠した RF コンフォーマンステストシステムの開発”, アンリツテクニカル 82 号, pp.11-17 (2006.03)

執筆者



角田 喜章
R&D 統轄本部
第 2 商品開発部



宮本 雅史
R&D 統轄本部
第 2 商品開発部



守田 隆
R&D 統轄本部
第 2 商品開発部



丸尾 友彦
R&D 統轄本部
第 2 商品開発部



岩田 光貴
R&D 統轄本部
第 2 商品開発部



音成 伸俊
R&D 統轄本部
第 2 商品開発部



新江 大
R&D 統轄本部
第 2 商品開発部



石崎 誠一
R&D 統轄本部
第 2 商品開発部

公知