

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

Development of RF Conformance Test System Compliant with 3GPP Specifications

田 河 千 博 Chihiro Tagawa, 土 屋 征 弘 Masahiro Tsuchiya, 大 貫 誠 Makoto Oonuki,
宮 本 雅 史 Masafumi Miyamoto, 岩 田 光 貴 Koki Iwata

[要 旨]	3GPP 規格 TS34.121 に完全準拠した W-CDMA 携帯端末用の RF コンフォーマンステストシステム ME7873C を開発した。3GPP 規格が要求する複数バンドへの対応等, ユニット構成を機能別に分割することで拡張性の高いアップグレードの容易なシステムを実現した。また, RTC 機能の搭載により 3GPP 規格の要求精度である測定レベル確度 $\pm 0.7\text{dB}$ や出力レベル確度 $\pm 0.3\text{dB}$ を安定的に実現した。その結果, 3GPP 規格準拠のテストプラットフォームとして GCF や PTCRB といった 3GPP 端末の認証機関の認証を取得した。
[Summary]	We have developed the ME7873 RF Conformance Test System series, including the ME7873C W-CDMA TRX/Performance Test System and ME7874C W-CDMA RRM Test System. The ME7873 series is composed of functional units for easy upgrading and higher extensibility. For example, it supports multiple bands meeting the 3GPP specification. It can also measure a signal with an absolute level accuracy of $\pm 0.7\text{ dB}$, as well as output a signal with a relative level accuracy of $\pm 0.3\text{ dB}$. Consequently, the system has been approved by the GCF and PTCRB 3GPP UE certification organizations as a test platform meeting the 3GPP specifications.

1 まえがき

2001 年に NTT DoCoMo により, 世界で初めてサービスが開始された W-CDMA 方式による第 3 世代携帯電話システムの運用が, 欧州, 米州, アジアに順次拡大されてきている。本方式は高速性を活かした動画・データ伝送を特長とし, これまでの第 2 世代携帯電話システムでは限定的であった IP ネットワークへの接続が容易になり, 今後のコネクティクス社会の通信基盤の主流になると考えられている。

また, 本携帯電話システムは, 各地域の標準化団体や通信事業者, 機器供給者等により設立された会議体である 3GPP (3rd Generation Partnership Project) によって, ワールドワイドでの運用を目指した規格制定が行われている。

このようなワールドワイドでの運用に際しては, 複数の通信事業者間でのローミングが可能な機器が必須となる。そのため 3GPP で制定された規格には, 規格に準拠したローミング可能な端末であることを確認するための適合試験 (コンフォーマンステスト) が制定されている。

さらにこの適合試験の実効性を高めるため, 通信事業者と機器供給者により GCF (Global Certification Forum) が組織され, 端末の適合証明のための国際的な手順が決められてきている。GCF はこの手順の中で, 端末適合試験を実施する試験実施機関 (テストハウス) や試験機器 (テストプラットフォーム), 試験項目 (テストケース) を定義し, それぞれを承認するプロセスを制定している。

このうち, 特にテストプラットフォームへの性能要求やテストケースに関しては 3GPP 規格が参照されている。

アンリツは, この GCF の要求に答えるべく, 3GPP 規格に完全準拠する試験システムとして ME7873A W-CDMA TRX/パフォーマンステストシステム, ME7874A W-CDMA RRM テストシステムといった RF コンフォーマンステスト用プラットフォームを開発し, GCF の承認を取得してきた。特に 2005 年 1 月の GCF 会合において ME7873A/74A は, GCF が W-CDMA 端末の認証を開始するための基準としていた「Release1999 全テストケースの 80% 承認」を業界で唯一単独で達成し, GCF による端末認証のシステム運用を開始するに当たり大きく貢献した。

現在もサービス機能の拡充が図られ, 対応する 3GPP 規格も変更されると共に GCF が要求するテストケースの追加およびその認証作業が進められている。その拡充サービスの一つとして各地域における 2GHz 帯以外への使用周波数帯域の拡張がある。米州では規格制定当初から 2GHz 帯域の使用が困難であり, 現行 PCS (Personal Communication Services) として定義されている帯域での運用が検討されていた。また, 日本国内では急激な加入者増に対応すべく 800MHz 帯域の使用が策定されるなど, 2GHz 帯域外でのシステム運用が現実化してきた。

さらに, 米州内での端末適合試験を運用する組織である PTCRB (PCS Type Certification Review Board) が本格的に活動するにあたり, アンリツの RF コンフォーマンステストシステムに

対して各種周波数帯域への対応が強く要求されるようになってきた。

このような背景から、ME7873A/74A テストシステムの機能・性能を維持しつつ 3GPP 規格に規定される全周波数帯域に対応可能なインタフェースユニットを開発し、マルチバンド対応可能な RF コンフォーマンステストシステム ME7873C/74C を実現した。

本論文ではこのマルチバンド化の開発だけではなく、コンフォーマンステストシステムとしての開発に関しても報告する。

図 1 に ME7873A(opt10 付)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 TS34.121 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 TS34.121 で要求される機能、性能、手順をすべて満たすこと。

- 3GPP 規格の変更に対応すること

コンフォーマンステストシステムとしての価値を陳腐化させないため、現在も 3 ヶ月ごとに開催される 3GPP 会合にて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。

1 章で述べたように、当初は 2GHz 帯域への対応だけであったコンフォーマンステストシステムも、規格変更への追従や PTCRB の認証の必要性からマルチバンド対応が必要となった。このマルチバンド対応開発にあたっては、以下の方針に基づいた。

- 3GPP TS34.121 に規定される周波数バンドが測定可能となること(2004 年 6 月時点では下記 6 バンド)

Band I: 2GHz 帯域

Band II: 1.9GHz 帯域 (PCS 帯域)

Band III: 1.8GHz 帯域 (DCS 帯域)

Band IV: Uplink 1.8GHz, Downlink 2GHz

Band V: 850MHz 帯域 (米国 800M)

Band VI: 800MHz 帯域 (日本 800M)

その後、日本では 1.7GHz 帯域の要求もあり、現在是对応可能となっている。



図 1 ME7873A(opt10 付)RF コンフォーマンステストシステムの外観
External view of ME7873A RF Conformance Test System (with Option 10)

- 周波数バンドのオプション追加が容易であること
周波数バンドは、ユーザごとに必要とする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、インタフェースユニットとして全バンド共通で使用する部分と、バンド個別で使用する部分とを別ユニットとして実装し、バンド追加が容易に行えるようにする。
- シングルバンドシステムである ME7873A/74A からのアップグレードが可能であること
既存の ME7873A/74A 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。
- Release4/5 への対応、特に HSDPA 対応の際も構成機器の変更を必要としない設計とすること
特にインタフェースユニットは、今後本システムでの対応が必要と思われる Release4/5 および HSDPA(High Speed Downlink Packet Access) 対応時にも使用できる設計とする。

3 システム設計

3.1 ハード設計の要点

(1) マルチバンド対応インタフェースユニットの構成

3GPP TS34.121 に規定されている RF 試験をカテゴリに分けると送信特性、受信特性、パフォーマンス性能、RRM (Radio Resource Management) 性能の 4 つに区分できる。この 4 区分のテストケースすべてを 1 台で測定できる測定器が存在しないため、テストケースごとに使用する測定器を換える必要がある。また、テストケースによっては測

定器を組み合わせ使用しなければならない場合もあり、それらのテストケースを 1 台のシステムという形態で連続して実行するためには、複数の測定器との経路を外部制御可能とするインタフェースユニットが不可欠となる。

シングルバンドシステムでもインタフェースユニットを設計し使用してきたが、3GPP 規格が要求する不確かさを確保するためには単純に経路を切替えるという機能だけでは済まなく、特定のテストケース実行時に Uplink や Downlink 帯域専用の BRF (Band Rejection Filter) を入れるなど複雑な回路構成になっている。

このようなインタフェースユニットのマルチバンド化に際しては、各バンドに対応した BRF の組込みが必須であり、回路規模が膨大になることが想像できた。一方でバンドの組合せはフレキシブルに選択可能であることや、後付のバンド追加が現場で実行できることが要求されたため、以下のような構造でこれらの課題を克服した。

● 基本ユニット 2 筐体+バンド対応ユニットの構成

インタフェースユニットを基本部と合成信号作成部およびバンド依存部に分割し、それぞれを個別のユニットで構成した。特にバンド依存部はバンドごとに個別のユニットに分けることで異なる仕様への対応や、後から制定・追加されるバンドへの対応を容易にし、さらにそれらのユニットが一連で繋がる構造とすることでバンドの後付作業を容易にした。図 2 にインタフェースユニットの簡略図を示す。

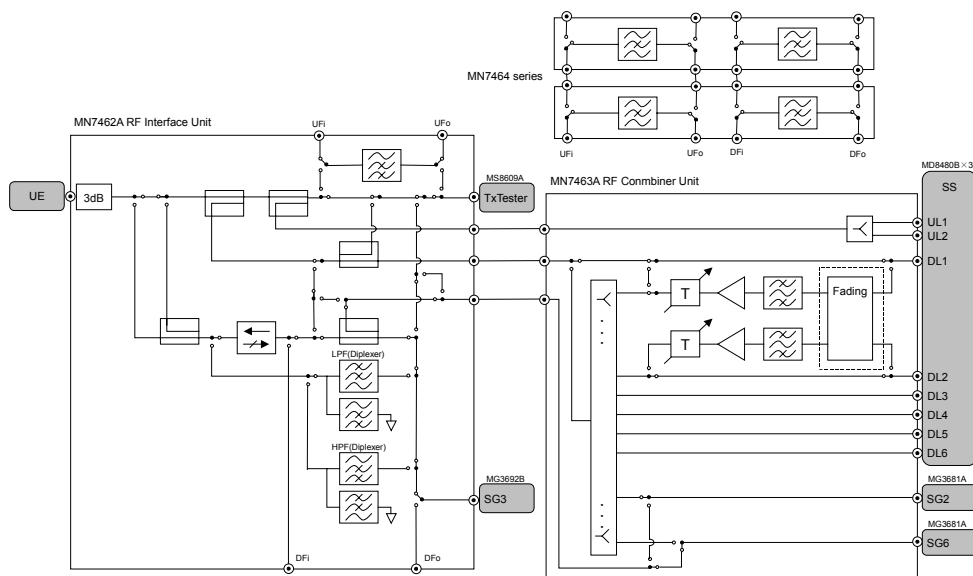


図 2 インタフェースユニット簡略図

Simple diagram of ME7873C interface unit (with Option 10)

MN7462A は全試験項目で中核となるユニットであり、下記の周波数範囲を持つ。

Uplink 帯域 : 718M~960MHz, 1710M~2700MHz

Downlink 帯域: 869M~960MHz, 1710M~2700MHz

本ユニットは端末との接続端子端(アンテナ端子端)で最大 5W 入力に対応しているほか、バンド対応ユニット用入出力端子や自己診断用端子を備えており、内部には補正用折り返し経路などを持っている。

MN7463A はパフォーマンス性能、RRM 性能試験時に必要なユニットであり、複数の基地局シミュレータの Downlink 信号の合成や AWGN 信号との合成、フェージング環境の実現のための切り替え経路を持っている。

MN7464 系のユニットはバンドごとに固有の BRf 等を搭載しており、これらが最大 8 ユニットまで一連に繋がれる設計になっている。

(2) ユニットの回路設計上の要点

妨害波試験時、Downlink レベルが -100dBm/3.84MHz 以下となるため、妨害波用信号発生器(SG)の持つノイズやスプリアスが端末の受信感度に影響することが考えられる。そのため、インタフェースユニットにはこれらのノイズを除去するダイプレクサ構造のフィルタ機構を設けている。このフィルタ機構によりブロッキング特性試験時の VSWR 改善による搬送波信号のレベル確度の確保や Uplink 信号による妨害波用 SG へのリバースパワーの問題等を解決している。

送信スプリアス試験では、GSM 帯域や他の W-CDMA 帯域におけるスプリアス要求に対するスペクトラムアナライザ(スペアナ)のダイナミックレンジ不足を補うため、バンドごとの搬送波抑圧フィルタを用意した。

また、本テストシステムは自己診断機能を持っているが、従来のシステムでは自己診断の際にケーブルの繋ぎ替えを要するなど使用に際して煩雑さが伴った。そこで、今回インタフェースユニットの新規開発に当たってはこの点を見直し、自己診断用の専用端子を設けることでアンテナ端子と自己診断用端子の接続だけで送受信試験で使用される基本経路をチェックできるようにした。これにより、自己診断が容易に短時間で実施できるようになり、いち早くシステムの故障を検出できるようになった。

3.2 3GPP 規格を満足するための測定技術

3GPP 規格の厳しい不確かさ要求に準拠するため、本システムでは以下の 2 つの補正方法を併用することで測定精度を達成している。

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。環境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取得を実施する。本補正は個別ユニットの補正值の積み上げでは無く、テストシステムを 1 つの測定器として考えて、設定値対出力値、入力値対測定値が正しくなるように補正を実施している。

3.2.2 実行時補正 (RTC : Runtime Correction)

SG やスペアナ、フェージングシミュレータ、アンプなどの機器は温度変化による特性変化(温度特性)や時間経過による特性変化(経年変化)があり、基礎補正の実施だけでは 3GPP の要求精度を満たすことは困難である。

これを解決するために、本システムは測定開始時にシステム内部での対向測定を実行することで出力レベル等の自動補正を実施する機能を搭載している。これが実行時補正(RTC)機能である。この RTC 機能として次の 3 つの補正機構がある。

(1) 出力レベルの補正(Downlink 信号用、妨害波信号用)

レベル基準として高い再現性を持つサーマルセンサー(MS8609A 内蔵)を用いて、SG 出力の対向測定をインタフェースユニット内の折り返し経路を使用して実施し、補正処理を行う。

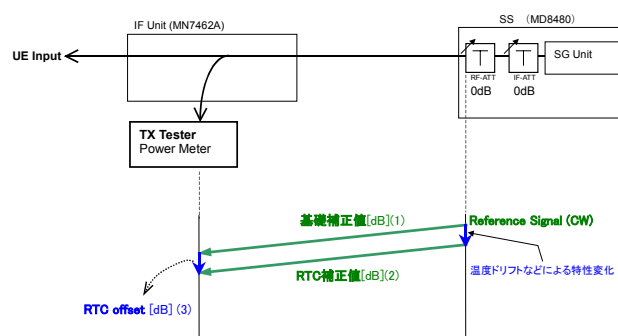
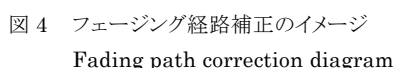


図3 出力レベル補正のイメージ
Output level correction diagram

(2) フェージング経路の補正

フェージングのシミュレーション信号は、繰り返し周期が長い一方で瞬時に急峻な振幅変動を伴うため、精度

RF 特性の補正は、フェージングをスタティック状態にして出力レベル補正と同様の RTC 処理を実行している。また、ベースバンド補正は、非フェージング時とフェージング時の伝播ゲイン差を算出することで補正値を取得している。



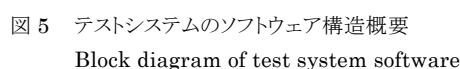
MS8609A のスペアナ部は、3.15GHz～12.75GHz
の帯域ではプリセクタを用いて測定を実行している。

そこで本システムでは、検出したスプリアス周波数のSG信号を内部折り返し経路経由でスペアナに入力することでプリセクタ使用時のレベル補正を行っている。

4.1 概要

一方で、測定を実行するテストケースに関しては、3GPP TS34.121 に準拠するシーケンスを搭載しており、測定に関する 4 つのカテゴリを MX787103C W-CDMA TRX/パフォーマンステストソフトウェア、MX787104C W-CDMA RRM テストソフトウェアの 2 種類の測定ソフトウェアと各バンド対応のソフトウェアオプションで構成している。

MX787103C, MX787104C のソフトウェア構造を図 5 に示す。



ソフトウェアの核となる実行エンジンは National Instruments 社の TestStand™である。この上に Microsoft Visual Basic により作成された GUI(Graphical User Interface)部分に乗っている。各テストケースの手順であるテストプロシーチャーは National Instruments の LabWindowsCVI によって項目ごとに作成されており、呼び出される順序が記述されているシーケンスファイルにより管理される。シーケンスファイルはテストスケジューラによって作成修正可能となっている。

バックグラウンドで MD8480B の制御ソフトである MX848000A が同時に立ち上がっており、ソフトウェア上のインターフェイス(C-API)によってテストプロシーチャー上の関数から制御を行っている。

4.2 画面イメージ

本ソフトウェアのメイン画面およびテストスケジューラ画面を図 6、図 7 に示す。

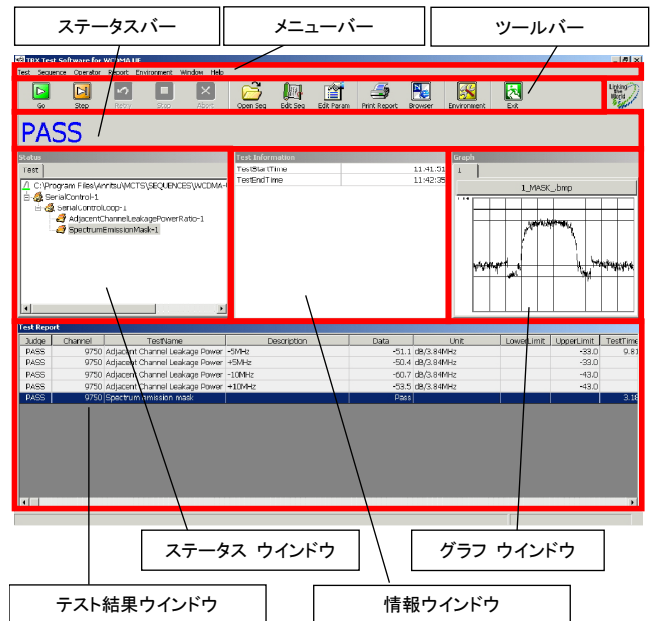


図 6 メイン画面
Main screen

5 試験機能

5.1 TRX/パフォーマンス試験の特長

3GPP TS34.121 の 5 章, 6 章, 7 章では端末の物理レイヤーの性能試験が要求されており、MX787103C W-CDMA TRX/パフォーマンステストソフトウェアにより 5 章の送信特性, 6 章の受信特性, 7 章のパフォーマンス特性が試験可能となる。

送信特性のすべての測定は MS8609A 送信機テストで実行され結果が得られる。受信特性は Downlink 信号と妨害波信号の合成波を端末に投入し折り返し信号を基地局シミュレータが復調/復号することで BER(Bit Error Ratio)値を測定し、感度の結果を得る。パフォーマンス特性は Downlink 信号をフェージングシミュレータに投入、フェージングがかかった状態の信号に AWGN(Additive White Gaussian Noise)信号が合成された場合の感度を BLER(Block Error Ratio)の指標で測定するものである。

特に感度系の試験項目に対しては 3GPP 規格には記述されていない以下の試験方法も用意した。

(1) Search 法

受信感度測定において、規格感度時の受信レベルを測定することで端末の実力性能を判定する試験機能である。BER の結果が規定値以下の場合には基地局シミュレータの出力を徐々に下げて行き、BER 結果が規定値を割るまで繰り返すことにより BER 結果が規定値となる感度時の受信レベルを得る試験方法である。

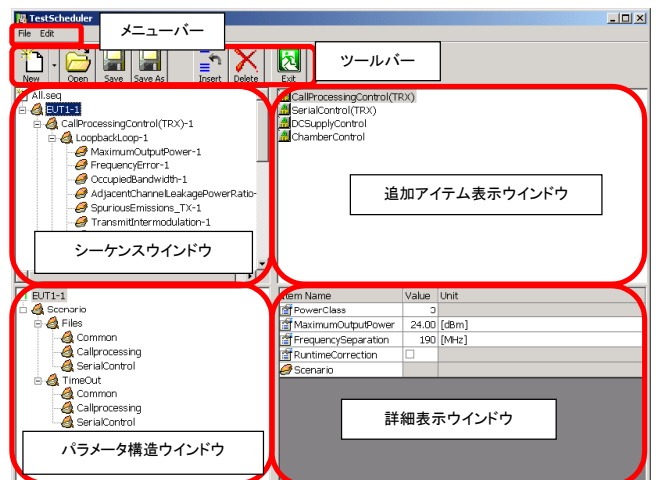


図 7 テストスケジューラ画面
Test scheduler screen

逆に BER 結果が規定値より悪い場合は基地局シミュレータの出力を徐々に上げて行き、BER 結果が規格値以下になる受信レベルを検出する。

(2) DL Level Search 法と DPCH Level Search 法

パフォーマンス測定時、BLER を基に受信感度試験の Search 法と同じ動作をするが、基地局シミュレータの出力を変更する設定と DPCH(Dedicated Physical Channel)のレベルを変更する設定が選択可能となっている。

5.2 RRM 試験の特長

3GPP TS34.121 の 8 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。本試験では、位置登録、re-selection、ハンドオーバー等セルラーシステム固有の動作そのものと、それに付随する端末自身の Downlink 信号の測定機能および性能を試験する。5 章から 7 章までが主に端末の物理レイヤーの性能を試験するものであったのに対し、本 8 章は端末内の 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、本 8 章の測定は RF 試験であるにもかかわらず、レイヤー 3 プロトコルのシーケンスが重要となっている。

RRM テストソフトウェアは RRM 特有の試験を実現するためにいくつかの特長的機能を有している。

(1) 測定器同期

RRM 試験のテストケースは、時間軸方向で RF 条件を変化させ、その変化に応じた端末の動作を検査する試験が多い。たとえば、テストケース 8.2.2.1 では時間 T1 および T2 と呼ばれる状況があり、それぞれで 6 つのセルすべての Downlink の RF 条件 (Ior および Ioc) が変更される。

この時間軸方向での RF 条件の変化は、複数の測定器を同時に制御する必要があることを意味する。また、この RF 条件の変化は シグナリングメッセージの送受を契機に変化させることも必要である。RRM 試験では最大 6 セルの信号を必要とするため、3 台の基地局シミュレータを用いて動作クロックを同期させることで、複数セルのチップレベルでの同期を可能としている。これにより RF の変化の時間軸方向での同期を実現している。

(2) 実時間動作

RRM テストソフトウェア自身も、基地局シミュレータのフレームベース (10ms 分解能) に同期し、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することで系全体の実時間動作を可能にしている。このとき PC はシグナリングテスト MD8480B から Ethernet を通じて送られる同期信号を用いて PC 自身の内部時計をリアルタイムに修正することにより、短期 (数 10ms) および長期 (数日) の同調を可能にしている。

これは、RRM の複雑なシグナリング制御と、端末から来

るメッセージの解析、結果判定を完全に実時間で行うことを意味しており、即時に結果が得られることによる応答性の向上のほか、測定時間の短縮化にも寄与している。

6 むすび

3GPP 規格 TS34.121 に完全準拠したコンフォーマンステストシステム ME7873C 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。

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、お客様の開発作業および、設備負担の軽減の一助となるよう積極的に取り組んで行く。

参考文献

- 1) 遠藤, 登立, 宮本, 久保田:
“ME7871T 3G 移動体通信テストシステム (W-CDMA) の開発”,
アンリツテクニカル 80 号, pp.52-59 (2002.1)

執筆者



田河 千博
計測事業統轄本部
ワイヤレス計測事業部
第 2 開発部



土屋 征弘
計測事業統轄本部
ワイヤレス計測事業部
業務推進部



大貫 誠
計測事業統轄本部
ワイヤレス計測事業部
第 2 開発部



宮本 雅史
計測事業統轄本部
ワイヤレス計測事業部
第 2 開発部



岩田 光貴
計測事業統轄本部
ワイヤレス計測事業部
第 2 開発部

論文

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 (2006.3) より抜粋

アンリツ株式会社