

LTE-Advanced 商用端末評価に対応した MD8475B シグナリングテストの開発

佐藤 剛 Tsuyoshi Sato, 條川英也 Hideya Jokawa, 菅野博文 Hirofumi Kanno, 松山泰之 Yasuyuki Matsuyama, 佐々木理人 Masato Sasaki, 谷脇圭介 Keisuke Taniwaki, 谷蔭浩之 Hiroyuki Tanikage, 後藤拓磨 Takuma Goto, 根上勇一 Yuichi Negami

[要 旨] 最新の移動通信方式であるLTE(Long Term Evolution)並びに、LTEを発展させたLTE-Advancedの導入が、携帯電話のデータ通信量の増加を背景に世界中で加速している。これらの通信方式に加え、GSM や W-CDMA に代表される既存の移動通信システム(第 2～3.5 世代)にも対応し、第 2 世代から最新の LTE-Advanced までの主要な移動通信規格に 1 台で対応できる MD8475B シグナリングテストを開発した。本器は商用端末に求められる機能試験をはじめ、各種応用試験のためのソリューションを提供しており、商用端末の開発に貢献する。

1 まえがき

スマートフォンやIoT(Internet of Things)の普及とともに爆発的に増加するデータ通信量に対応するため、LTE(Long Term Evolution)ならびにLTEを発展させたLTE-Advancedの導入が世界中で加速している。また GSM, W-CDMA, CDMA2000, TD-SCDMAに代表される第2, 第3世代移動通信と、その発展形である HSPA, EV-DO といった第 3.5 世代移動通信も引き続き運用されている。今回我々は第2世代から最新のLTE-Advancedまでの移動通信規格にシームレスに対応し、疑似基地局として動作するMD8475B シグナリングテストを開発した(図1)。本製品は、基本的な各種呼接続試験に加えてデータ転送試験、消費電流試験、複数セル試験、また VoLTE(Voice over LTE)などに代表される IMS(Internet protocol Multimedia Subsystem)をフレームワークとした各種サービス試験機能を提供する。以下に本開発における設計方針および設計の詳細について述べる。



図1 MD8475B シグナリングテスト

2 設計方針

LTE-Advanced は、LTE のさらなる高速化を実現する無線通信方式で、複数の通信帯域を束ねる CA(Carrier Aggregation)技術の特長とし、空間多重技術である MIMO(Multiple-Input and Multiple-Output)や 256 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)といった多値変調技術と組み合わせることで 1 Gbps 以上の伝送レートに対応する。また既存の移動通信ネットワークと共存する形で運用される。これらを踏まえ、以下の方針で設計を進めた。

- 4CA 2x2 MIMO の IP データ転送に 1 台で対応するために、8 個の独立した送信 RF を実装し、将来の拡張性を考慮し送受信帯域幅を 160 MHz とする。
- LTE-U(LTE Advanced in Unlicensed Spectrum) や LAA(Licensed Assisted Access using LTE)に対応するため、LTE-U において使用される 5 GHz 帯の unlicensed spectrum をカバーできるように、上限周波数を 6 GHz とする。
- CC(Component Carrier)数増加による試験環境の複雑化を避けるため、内部に複数の CC を結合するフロントエンドユニットを実装する。
- 第 2 世代から LTE までの商用端末用測定器として実績がある MD8475A の試験アプリケーションをベースに開発することで、商用端末の総合的評価のための基本機能を踏襲したうえで、ユーザの試験環境や自動化試験環境に対する互換性を有する。
- MD8475A の測定ハードウェア資産や測定ソフトウェア資産を引き継げるアップグレードの仕組みを用意する。
- LTE-Advanced の今後の発展動向を踏まえた上で、ハードウェア的な面も含めて拡張性を有した設計とする。

3 ハードウェアシステム設計

3.1 RF ユニット

RF ユニットは、3GPP で規定されるすべての周波数と LTE-U/LAA に対応するため、350 MHz から 6 GHz という広範囲で試験可能な設計とした。また Intra-band contiguous CA に対応するため、送受信周波数帯域を 160 MHz に拡張した。さらに 4CA 2×2 MIMO, 2CA 4×4 MIMO, UL(Uplink) 2CA Mobility 試験を実現するために DL(Downlink) 8 ポート, UL 4 ポートの RF ユニットを実装した。

3.2 フロントエンドユニット

LTE-Advanced の CA 技術による高速通信パフォーマンス評価においては、測定器においても複数の CC を結合して DL 信号を出力する機能が要求されるため、MD8475B は内蔵のフロントエンドユニットによりレベル精度を保証した状態で最大 4 つの CC を結合する機能を実現した。本機能により外部結合器なしで 4CA の試験が可能となり、ユーザの利便性を向上させた。

MD8475B の Main ポートは最大 4 つの RF Unit からの信号を結合して出力可能であり、Main ポートに入力された信号は最大 4 つの RF Unit で受信可能である。また各 Aux ポートはそれぞれ最大 4 つの RF Unit からの信号を結合して出力可能であり、各 Aux ポートに入力された信号は最大 2 つの RF Unit で受信可能である(図 2)。Aux1, Aux2 を使用することで外部分配器なしで UL 2CA 状態からの Handover といった Mobility 試験が可能であり、さらに将来的に UL MIMO との組み合わせにも対応可能なハードウェア構成となっている。

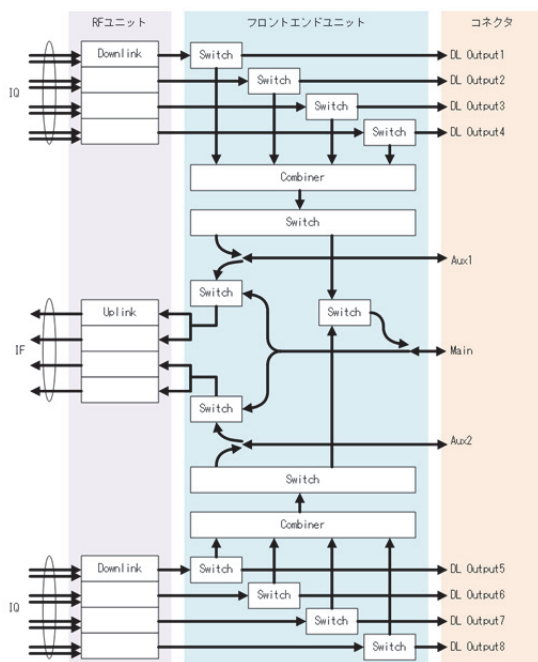


図 2 送受信ブロック図

3.3 送信ベースバンドユニット

MD8475B の送信ベースバンドユニットは、Fading IO オプションを使用した外部出力可能なベースバンド信号インタフェースに高速シリアルを採用することで通信帯域が拡張され、マルチアンテナ・マルチキャリアのフェージング環境や CC 数の増加、高次 MIMO を目的とする MD8430A を使用した拡張環境の構築を可能とした。また、高速 DA コンバータの採用と従来機種と比較して FPGA リソースを強化し、1 つの RF ユニットで 20 MHz + 20 MHz の Contiguous Component Carrier の試験環境を実現できるようにした。

3.4 CPU ユニット

MD8475B は、将来にわたって快適なシミュレーション環境を提供するためにホストプロセッサとして高性能 CPU (Intel 製 Core i7) を採用した。表示器には従来機種(MD8475A)と同様に大型 12.1 インチ高精細 LCD を用いることに加え、タッチパネルを採用したことで、ハードキーに制約されない直感的な操作を可能とした。LCD とタッチパネルの接合をガラスボンディングとすることで、見えやすさが向上するとともに、図 3 に示すように深角度からのタッチ位置精度を格段に向上させた。

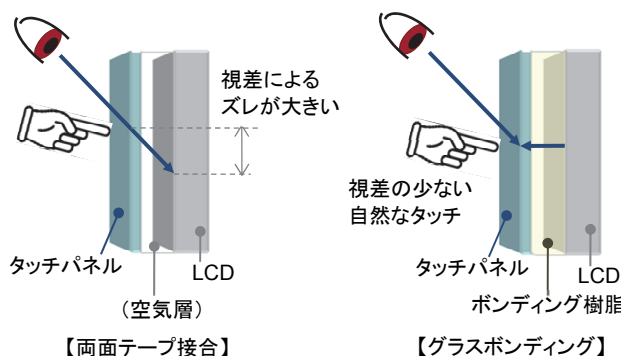


図 3 ガラスボンディングの効果

3.5 本体ハードウェア設計

MD8475B 本体内部構造を図 4 に示す。MD8475B 本体は、MD8475A との完全互換性を維持するため、MD8475A のシグナリングユニットをそのまま計 4 枚まで流用できる構造とした。この構造により MD8475A から MD8475B へのアップグレードも容易に可能となった。

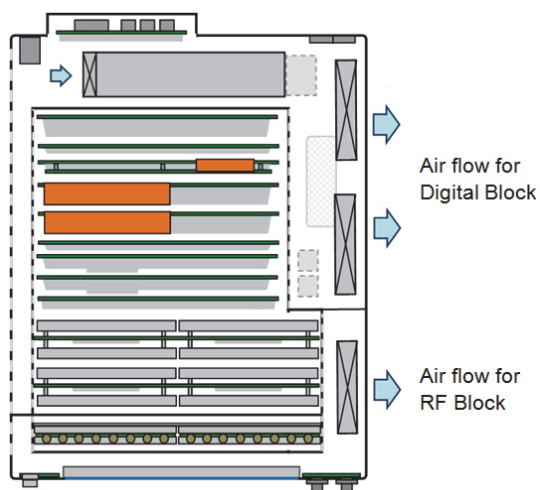


図 4 MD8475B 本体内部

空冷方式として、省スペースでの高密度実装を実現するために側方吸排気とした。これにより静音かつ効率的な内部冷却を実現した。さらに RF 部とデジタル部の FAN 回転制御を分離し、内部温度の均一化や負荷集中時の急な冷却など各部に最適な FAN 制御をできるようにした。

従来機種の音声通話試験で使用していた専用ハンドセットは入手が容易な汎用のヘッドセットに変更し、ユーザの操作性を考慮してヘッドフォン／マイクロフォンジャックは図 5 に示すように正面パネルに配置した。



図 5 ヘッドセットとの接続

4 LTE-Advanced 設計

4.1 LTE-Advanced Carrier Aggregation

3GPP Release 10 で導入された CA 技術は、3GPP Release 11 以降もトラフィック需要の増大を背景として技術拡張され、3CCs 以上に増加した条件に関する仕様策定が進められている。MD8475B は、このような 3CCs 以上の 3GPP 規格への試験需要に対応すべく機能追加を行っている。

4.1.1 LTE シミュレーションソフトウェアの設計方針

MD8475B は、従来機種である MD8475A との機能互換を保ちつつ、3CCs 以上に対応する。これらを踏まえ、LTE 用ユニットに搭載している LTE シミュレーションソフトウェアは、以下の方針で設計した。

- ・ MD8475A の LTE 用ユニットを活用して、MD8475A との機能互換を保つ。
- ・ DL 4CCs に対応する。
- ・ UL 2CCs に対応する。

4.1.2 LTE DL 4CCs

DL 4CCs は、LTE 用ユニットを 2 個用いて各々のユニットが 2CCs ずつを分担する 2 ユニット構造とした(図 6)。両ユニットを協調動作させることで HARQ(Hybrid Automatic Repeat request) 機能に対応した。

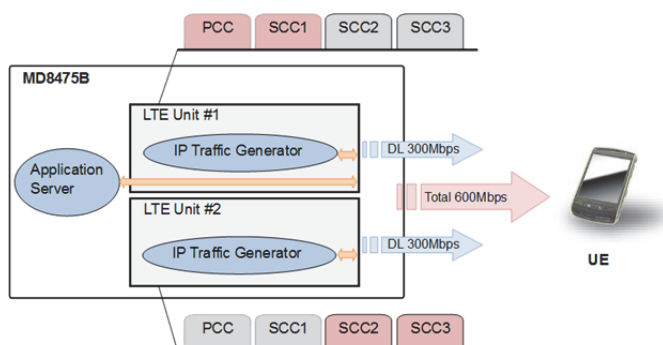


図 6 2 ユニット構造

4.1.3 IP スループット試験

LTE-Advanced 対応により高スループット通信の試験環境が今後要求されるが、スループットが高くなると Server に使用する PC の性能などが結果に影響するので、試験環境の構築が難しくなる。安定した試験環境を容易に構築できるようにするため、LTE 用ユニット内部でパケットを作成して送信する IP トラフィックジェネレータ機能を搭載した。

本機能は、iperf を使用した IP データのスループット評価に対応している。また、外部サーバ PC を用いることなく、IP データのスループット評価を可能としている。

また IP データスループット試験では、2 つの LTE 用ユニットを用いて、商用端末とネットワーク間で Default EPS Bearer と Dedicated EPS Bearer の複数の Bearer を確立し、SCC(Secondary Component Carrier)として動作するユニットの User Plane の経路を Dedicated EPS Bearer として動作させることで、4CCs 条件での IP データスループット試験を実現した。

4.1.4 将来の拡張性

DL 4x4 MIMO や 3GPP Release 12 で導入された DL 256 QAM への対応を予定している。これらの機能を CA と組み合わせることで、さらなる高スループットの需要に対応していく。

4.2 アプリケーション設計

4.2.1 SmartStudio の開発

これまでのシグナリングテストでは、試験内容に合わせたシナリオの準備が必要であり、より複雑化する商用端末の試験需要に伴う煩雑なシナリオスクリプトの作成と管理の必要性から、シミュレーション環境構築までに多大な労力を要した。これらの問題を解決するために、基地局と商用端末間のさまざまな通信状況を再現し、多岐にわたる煩雑な試験をスマートに行うためのコンセプトツールとして MD8475A/B シグナリングテストのアプリケーション・ソフトウェアである SmartStudio の開発を行った。

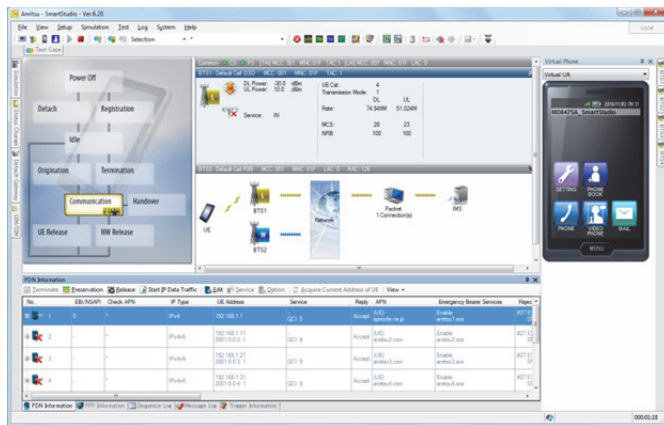


図 7 SmartStudio

SmartStudio は簡易的な基地局装置として動作することから、被測定端末の音声呼やパケット通信、SMS 送受信のような基本的な接続確認を容易に実施できる。一方で近年のスマートフォンの普及や将来スマートデバイスなどの爆発的な増加予測は、今後の周波数の効率利用観点での社会的インフラ整備と、それを実現する LTE-Advanced 規格をはじめとした最新技術を搭載した商用端末開発が重要課題であり、MD8475B の最大 8TX/4RX の RF の搭載を活かしたマルチシステムによる複数セル間の Intra/Inter RAT 環境下での多様な Mobility 試験や、CA MIMO スループット評価などのシミュレーションをサポートすることで課題解決に貢献する。

スループット高速化に向けた試験機能を提供するため、4.1.3 項にて記載の安定したスループット試験環境を実現できる IP Data Traffic ジェネレータ機能と、ネットワークスループットの測定に用いられる Iperf 相当の GUI(図 8)を具備することで、最大下り:600 Mbps, 上り:50 Mbps までのスループット試験を可能にした。TCP/UDP プロトコルや通信ポートの選択など手間のかかる外部サーバを準備する必要がないので、試験系の簡素化にも貢献している。

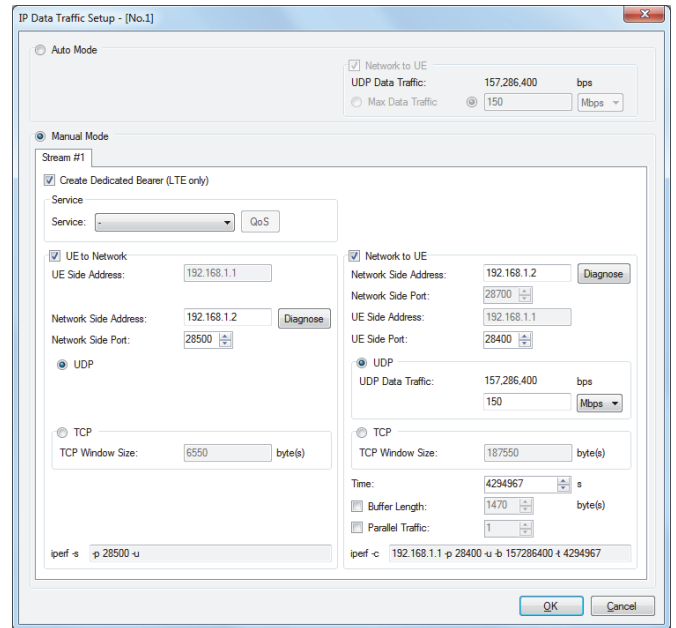


図 8 IP Data Traffic 機能

SmartStudio の接続利便性と MD8475B のテスター特性を組み合わせた応用ソリューションとして次例を挙げる。

ユーザが商用端末を選定する際の要素のひとつになるバッテリー持続時間を確認するソリューションとして、GSMA TS.09 で定義されている Battery Consumption パラメータを設定し、一定環境下で商用端末上のアプリケーションの動作確認をチェックするテストや、実際の多セル環境の情報を SmartStudio へ設定し、高速道路を周回する際の消費電力変化をモニタするドライブテストのような複雑なシミュレーション環境が容易に構築可能となる。

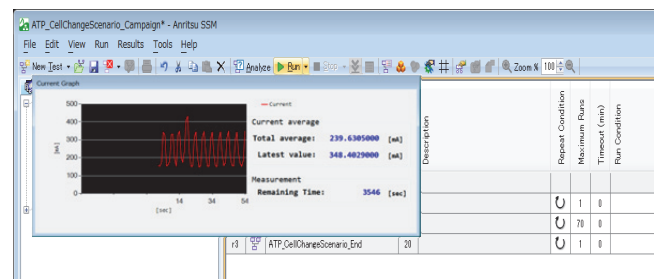


図 9 ドライブテストシミュレーション時の消費電力モニタ

また、テレマティクスサービス向けの応用例として、欧州・ロシアなどにおいて導入勧告が発表されている車両緊急通報システム (eCall, ERA-GLONASS)シミュレーションに対しても対応している (MX703330E)。今後、次世代テレマティクスやスマートインフラなど公共面利用からも価値あるシミュレーション環境を提供するとともに社会貢献を目指す。

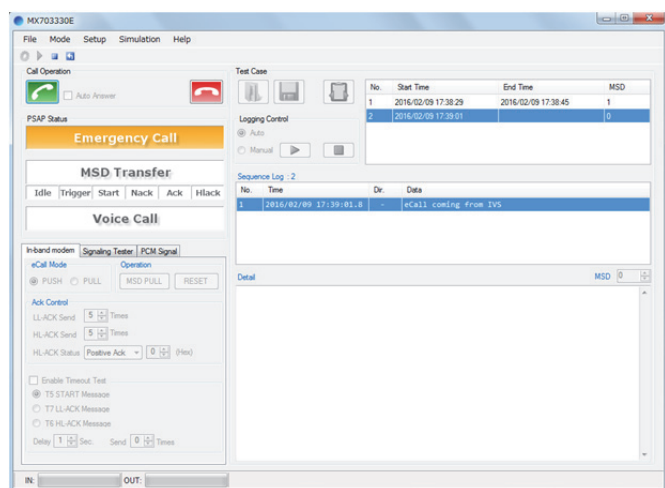


図 10 車両緊急通報システム向けソリューション

4.2.2 さまざまなサーバ群をプリインストール

LTE 導入に伴い移動通信ネットワークは、All IP 化に向けた基礎技術として IMS を採用し、VoLTE などの音声、メッセージサービスを展開している。MD8475B では、これら IMS が提供するサービスにフォーカスし、移動通信サービス向けの試験ソリューションの一端として、以下に挙げるサーバ群をプリインストールした。

表 1 サーバ群

サーバ	サービス概要
CSCF (Call Session Control Function)	VoLTE や SMS over IMS 試験を行うための標準的なサーバ機能に加え、音声データをループバックする機能を備える。
DHCPv6 (Dynamic Host Configuration Protocol v6)	ネットワークに参加するノードに IPv6 アドレスの割り当てや、DNS/SIP サーバアドレスの通知を行う。
DNS (Domain Name Server)	DNS キャッシュサーバとして動作する。
NDP (Neighbor Discovery Protocol)	RS(Router Solicitation)に対して RA(Router Advertisement)を送信する機能や、周期的に RA を送信する機能を備える。
NTP (Network Time Protocol)	NTP リクエストに対し時刻情報を送信し、端末と MD8475B の時刻を同期させる。
PSAP (Public Safety Answering Point)	IMS Emergency 試験を行うための緊急応答機関(PSAP)を模擬するための UA 機能と音声データをループバックする機能を備える。
XCAP (XML configuration access protocol)	XML 形式のファイルデータ(XCAP ドキュメント)の更新、参照、削除などの操作が行える。
BSF (Bootstrapping Server Function)	3GPP に準拠した GBA Authentication アルゴリズムを参照し、非ホームネットワークを通過してインターネットに接続するときに要求される認証手順をシミュレートする。

MD8475B 単体で完結した IMS ネットワーク環境を提供することにより、図 11 に示すような GUI 上でパラメータ設定するだけで、実ネッ

トワークでは試験が困難な準正常系、異常系の試験や、実ネットワークでは試験できない緊急呼試験、無線環境の変化によるセル間移動試験、もしくは対向ユーザの外的要因に起因する SRVCC(Single Radio Voice Call Continuity)のような Mobility 試験を手軽に行うことができる。また、最先端の通信方式である LTE-Advanced で導入された CA 状態での VoLTE のテスト環境構築も可能とした。

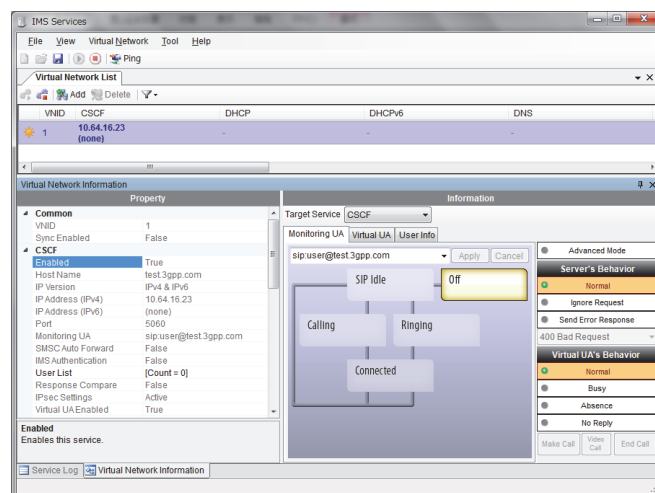


図 11 IMS Services

4.2.3 WLAN Offload 試験に対応

セルラ網のトラフィックの混雑を回避する技術として、WLAN 網へのデータオフロードが展開されている。WLAN を使用して音声通話や SMS の送受信を実現する WLAN Calling は、SIM カードに登録されている電話番号を使用して 3GPP ネットワークと同様の音声発着信が可能なサービスとなり複雑な試験が必要となる。MD8475B は、WLAN へのデータオフロードや WLAN Calling、通話中の WLAN と LTE 間の Handover 試験環境(図 12)を構築した。WLAN および LTE における端末とネットワーク間のパケット転送する機能、通信パケットを監視してグラフ表示する機能を搭載し、これにより端末の接続状態やスループットを確認することができる。

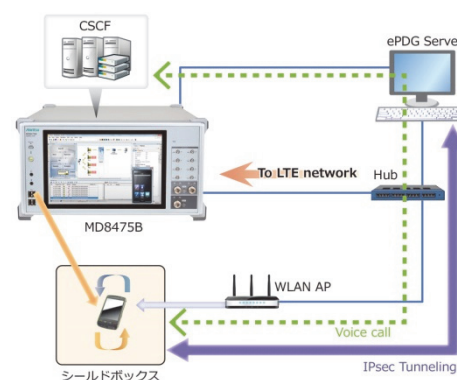


図 12 WLAN Calling 試験環境

4.2.4 自動試験に対応

商用端末開発においてソフトウェアのアップデートに伴う既存機能の確認やデグレードチェックは欠かせない。これらは、すでに決められた試験項目を実行し、不具合がないことを確認するため、試験を自動化かつ連続実行できることが開発効率化として求められる。MD8475B では、テストシーケンスとして編集する機能と作成したテストシーケンスを自動で実行することができる連続実行機能を搭載したソフトウェアとして SmartStudio Manager(図 13)を提供している。SmartStudio Manager では、図 14 のように連続試験の項目の追加・削除や順序の入れ替えを容易に設定することができる。試験を自動化することで、動作検証を無人で行うことができ、試験がより効率的に行える。また、連続実行の結果に伴う Pass/Fail の判定をレポート形式で出力できる(図 15)。

テストシーケンス編集画面

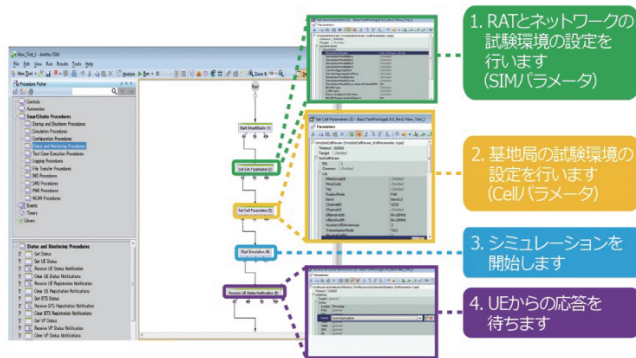


図 13 自動試験環境 - シーケンス編集

テストシーケンス連続実行画面

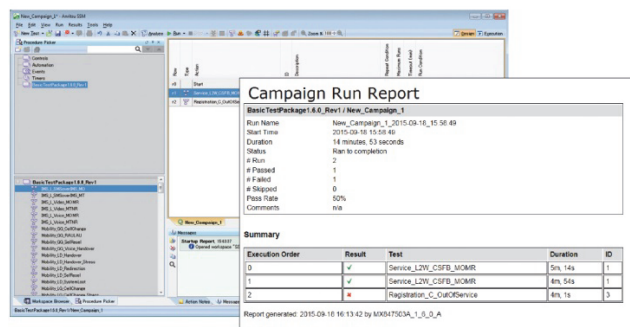


図 14 自動試験環境 - 連続実行

テストシーケンス連続実行結果の表示

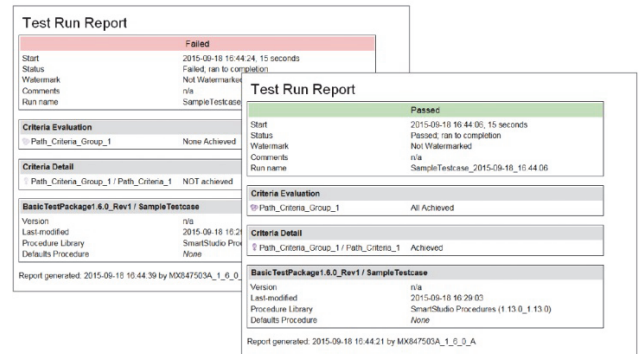


図 15 自動試験環境 - レポート出力

6 むすび

最新の移动通信である LTE-Advanced 並びに、世の中に広く普及している第 2～第 3.9 世代の従来の移动通信に対応し、商用端末の開発に貢献する MD8475B を開発した。MD8475B は、主要な移动通信規格に 1 台で対応し、基本的な呼接続試験に加えてデータ転送試験、消費電流試験、複数セル試験、IMS ベースの各種サービス機能を提供する。また本稿ではこれらベースとなる機能に基づいた、オートモティブ向けソリューション、WLAN Calling、また自動試験環境などの応用ソリューション例を紹介した。アンリツは、今後も発展を続ける 3GPP 規格や、第 5 世代移动通信システムなど日々進化を続ける新たな移动通信技術に追従することにより、移动通信の発展に貢献していく。

参考文献

- 1) GSM Association TS.09

"Battery Life Measurement and Current Consumption Technique"

執筆者



佐藤 剛
R&D 本部
第3 商品開発部



條川 英也
R&D 本部
第3 商品開発部



菅野 博文
R&D 本部
第3 商品開発部



松山 泰之
R&D 本部
第3 商品開発部



佐々木 理人
R&D 本部
第3 商品開発部



谷脇 圭介
R&D 本部
第3 商品開発部



谷 蔭 浩 之
R&D 本部
第3 商品開発部



後藤 拓磨
アンリツエンジニアリング(株)
第一事業本部
モバイルシステム部



根上 勇一
R&D 本部
第3 商品開発部

公知