

LTE-Advanced/3G/2G に 1 台で対応した MT8821C ラジオコミュニケーションアナライザの開発

Development of MT8821C Radio Communication Analyzer which supports 2G, 3G and LTE - Advanced on one box

青木和典 Kazunori Aoki, 田中孝典 Takanori Tanaka, 栢沼豊弘 Toyohiro Kayanuma, 木原祥隆 Yoshitaka Kihara,
大谷育也 Ikuya Otani, 粟野貴之 Takayuki Awano, 後藤研司 Kenji Goto, 成瀬尚史 Naofumi Naruse

[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 MT8821C ラジオコミュニケーションアナライザを開発した。本器は呼制御を用いた RF 性能試験並びに機能試験を行うことができ、移動通信端末(移動機)やチップセットの開発に大いに貢献する。

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、その発展である HSPA, EV-DO 等の第 3.5 世代移動通信も引き続き世界中で運用されている。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呼制御を用いることで容易な移動機の RF 試験が行え、加えて IP データ転送試験, 消費電流試験, OTA(Over The Air)環境でのアンテナ試験等を行える MT8821C を開発した。今回開発した MT8821C の外観を図 1 に示す。本器は、移動機やチップセットの開発に貢献する。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 MT8821C ラジオコミュニケーションアナライザ

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、CC(Component Carrier)と呼ばれる複数の通信帯域を束ねる CA(Carrier Aggregation)技術を特長とし、ほかの要素技術である MIMO や 256 QAM といった空間多重技術や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。

- 4CCs 2x2 MIMO 600 Mbps 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各送信帯域幅を 160 MHz とする。
- 3GPP で規定される LTE-Advanced CA のすべての周波数配置(Intra-band contiguous/non-contiguous, Inter-band)に対応するとともに、束ねる CC に FDD と TDD が混在する Joint CA にも対応する。また Intra-band contiguous の送信測定を 1 測定で行うために、受信帯域幅を 160 MHz とする。
- 5 GHz 帯の unlicensed spectrum を使用した LTE-U(LTE Advanced in Unlicensed Spectrum)や LAA(Licensed Assisted Access using LTE)に対応するため、上限周波数を 6 GHz とする。
- CC 数増加による測定系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。
- 2G/3G/LTE の移動機用測定器として多大な実績がある MT8820C をベースに開発することで、ハンドオーバーにより試験条件を呼制御下で高速に切り替えられる基本機能を踏襲したうえで、3GPP や 3GPP2 で定義される測定機能や、ユーザのリモート制御ツールに対する完全な互換性を保証する。
- MT8820C 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。
- タッチパネルをベースとした直感的なユーザインタフェースを用いて、通信システムの複雑な機能を容易に設定可能とする。

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、周波数範囲を 6 GHz まで拡張した。

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 を実現するために DL(Downlink)×8/UL(Uplink)×2 の RF ユニットを実装した。複数の RF ユニットを実装することになるため、ユニットの小型化が必須の条件となったが、ダイレクトコンバージョン方式の採用による回路の最適化と、基板両面を使った高密度実装により、従来比 1/2 の小型化を実現した。

3.2 フロントエンドユニット

LTE-Advanced は複数の CC を使用した通信を特長とするが、この試験には複数の信号を結合する必要がある。この課題を解決するために最大 4 つの CC を測定器内部で結合することが可能なフロントエンドユニットを開発した。これにより外部の結合器を不要とし、測定器で結合器を含めたレベル確度を保証することにより、ユーザの利便性を向上させた。本ユニットは上記に加えて図 2 に示すように DL 信号の出力コネクタとして Main1/Main2/AUX (Auxiliary)の切り替え、ならびに Main1, 2 同時出力機能を備え、ユーザの多様な試験要求に応えられるようにした。設計面ではこの多様な結合/切替機能に加え、高い周波数帯で出力レベルが下がらないように増幅器を実装し、周波数によらず最大出力レベルを一定とするなどの考慮を加えた上で、コンパクトなパッケージサイズ (160×160×20 mm)を実現し、MT8821C の小型化に貢献した。

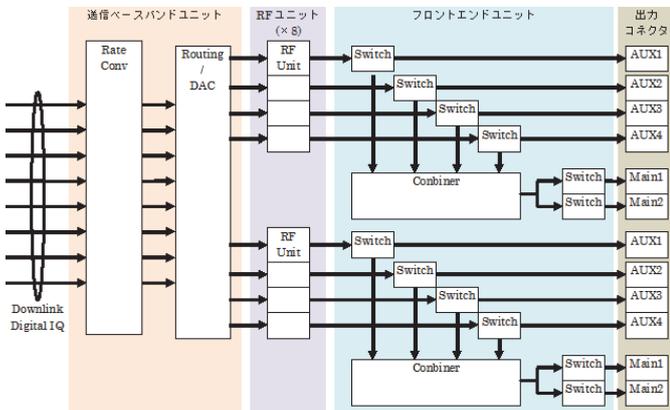


図 2 送信ブロック図

3.3 送信ベースバンドユニット

3GPP Release 12では、最大5つのDL CCを束ねることができ、その際の帯域幅の合計は最大 100 MHz となる。このため送信ベースバンドユニットは、高速の DA コンバータを採用し 160 MHz の帯域幅の信号を出力可能とした。送信帯域幅の増加による帯域内周波数特性誤差に対しては、デジタルフィルタを用いた補正回路を実装し、帯域内周波数特性をフラットにした。また帯域幅の増加により、デジタル信号のサンプリング周波数が増加し、デジタル信号

の転送レートも増大するが、3 GHz 以上の高速シリアル転送回路を実装することで、少ないバス幅でのデータ転送を実現した。

3.4 広帯域測定ユニット

3GPP Release 12 では、2 つの UL CC を束ねることができ、2 つの CC を隣接するチャンネルに送信する Contiguous CC の場合には、移動機の送信信号帯域幅は従来の LTE の 2 倍である 40 MHz となり、スペクトラム解析にはおよそ 130 MHz の周波数帯域幅が必要になる。

MT8821C に内蔵される広帯域測定ユニットは、実績のある MT8820C の測定アルゴリズムを継承し、かつ最大 160 MHz の解析帯域幅を持ち、LTE-Advanced で必要とされる周波数帯域幅を十分にカバーした。広帯域受信においては、MT8821C 自身の受信帯域内フラットネスを無視することができないため、デジタルフィルタによる帯域内補正回路を搭載した。また 2G/3G の送信測定では、それぞれに最適な帯域幅となるよう、フィルタ処理とサンプリングレート変換回路を実装した。

広帯域信号処理は単位時間あたりのデータ量が膨大になり、ソフトウェア処理に時間がかかってしまう。そこで広帯域測定ユニットで動作する信号解析ソフトウェアは並列演算処理による測定アルゴリズムを適用し、CPU 演算性能を活用することで測定処理の高速化を実現した。例えば LTE 送信信号 (チャンネル帯域幅 20 MHz) の変調解析処理の場合、MT8820C の測定時間が 600 ミリ秒であったのに対し、MT8821C では 90 ミリ秒まで短縮した。図 3 に広帯域測定ユニットのブロック図を示す。

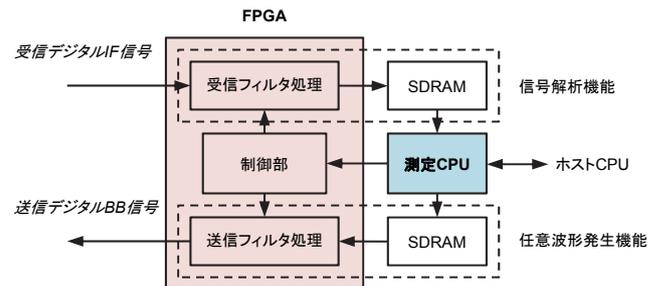


図 3 広帯域測定ユニットブロック図

3.5 CPU ユニット

MT8821C は、より快適な作業環境を提供するため、ホストプロセッサに最新の高性能 CPU および高速 SSD を採用した。表示機には大型 12.1 インチ高精細 LCD、操作系には投影型静電容量方式タッチパネルを採用し、普段使い慣れた携帯端末やタブレット端末のような、ストレスのない直感的な操作性を実現した。また LCD とタッチパネルの接合を図 4 のように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、LCD および MT8821C 本体を傾斜させることなく深角度からのタッチ位置精度を格段に向上させた。

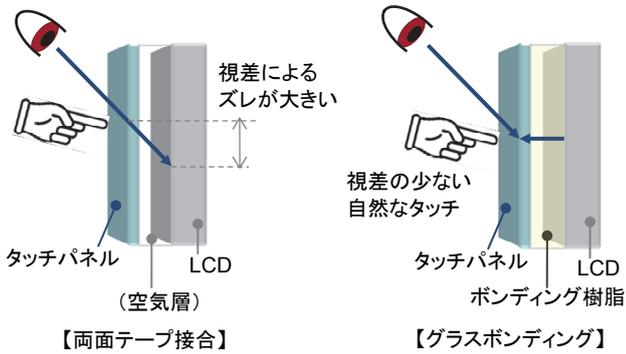


図4 グラスボンディングの効果

3.6 本体ハードウェア設計

MT8821C 本体は、MT8820C との完全互換性を維持するため、MT8820C のシグナリングユニットをそのまま流用できる構造とした。また最大 8 個の RF ユニットを実装するために RF ユニットの小型化を実施した(3.1 章参照)。これにより新規 RF ユニット 8 個と新規フロントエンドユニット 2 個をすべて実装した状態では、MT8820C 4 台分の機能を備えているにも係らず、MT8820C の筐体サイズより奥行わずか 8 cm のみの拡張に抑えることができた。本体へのユニットの実装状態を図 5 に示す。

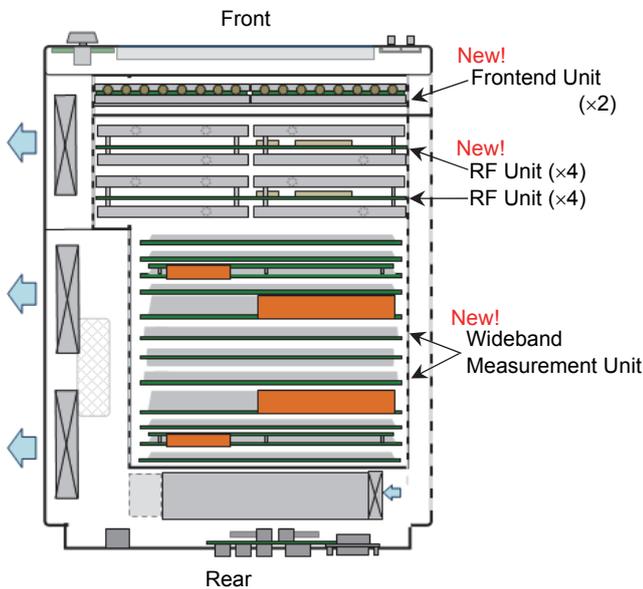


図5 MT8821C 本体内部

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の方式を採用した。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。

4 LTE-Advanced 設計

4.1 LTE-Advanced Carrier Aggregation

4.1.1 LTE 技術動向

LTE-Advanced は CA や MIMO といった技術の採用により伝送速度向上が図られている。また無線 LAN(Local Area Network)等で使用されている 5 GHz 以上の unlicensed band を LTE に適用することが提案されており、既存の 800 MHz 帯や 2 GHz 帯といった周波数帯域の獲得に縛られることなく、CA による伝送速度の高速化を図ることができる。従来、CA では同一の Frame Structure を持つ CC との CA しか許されなかったが、3GPP Release 12 より FDD と TDD が混在した Joint CA が新たに規定された。この技術によりネットワークオペレーターは所有する FDD/TDD の周波数バンドを柔軟に組み合わせることができ、ユーザの伝送速度を向上させることができる。MT8821C LTE 測定ソフトウェアは、上記の技術動向や試験需要に対応するべく機能追加を行っている。

4.1.2 MT8821C LTE-Advanced の設計方針

MT8821C は、MT8820C の LTE 測定ソフトウェア機能の完全互換性を保ちつつ、CA、MIMO 等の新たな技術に対応する。上記を踏まえ、LTE シグナリングユニットのソフトウェアは以下の設計方針とした。

- MT8820C のシグナリングユニットを活用して、LTE のシグナリング機能と測定機能を完全互換対応する。
- シグナリングユニット 1 ユニットで処理する CC 数を 1CC から 2CCs に拡張する。
- 2CCs まで処理可能となったシグナリングユニットを 2 ユニット使用することで、測定器 1 台で 4CCs に対応する。

4.1.3 LTE DL 4CCs

LTE DL 4CCs は、図 6 に示すとおり 2 つの LTE シグナリングユニットで実現した。両ユニットを協調動作させ全 CC の DL スケジューリング情報を把握して、移動機から送信される HARQ-ACK bit 数を計算することで、4CCs においても移動機からの HARQ-ACK feedback を元に DL のスループットを計算できるようにした。

また IP データスループット試験では、2 つの LTE シグナリングユニットを用いて、移動機と Network 間で Default EPS Bearer と Dedicated EPS Bearer の 2 つの Bearer を確立し、SCC 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、3/4CCs 条件での IP データスループット試験を実現した。

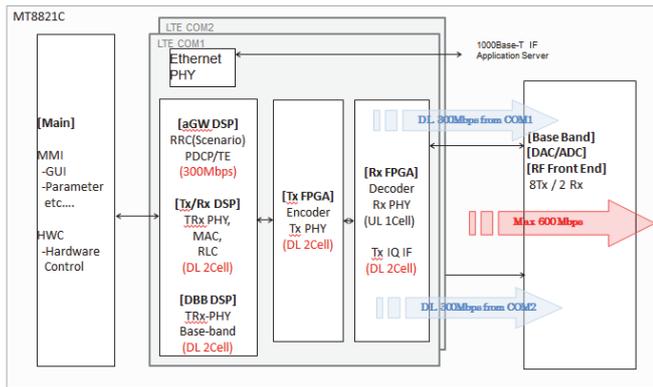


図6 2ボード構成のブロック図

4.1.4 FDD-TDD Joint CA

3GPP Release12 から、FDD と TDD の CC が混在する FDD-TDD Joint CA が定義されている。MT8821C は、2つのシグナリングユニット間の CC 構成を組み合わせることで、FDD-TDD 3DL CA のすべての組み合わせに対応した。

4.1.5 LTE-U/LAA

MT8821C は、シグナリング機能においても LTE-U/LAA に対応し、呼接続による LTE-U/LAA の受信試験を可能とした。CSAT(Carrier Sensing Adaptive Transmission)機能や LDS (LTE-U Discovery Signal)機能のような無線 LAN との干渉を避けるための LTE-U/LAA セルの DL 送信制御技術が提案されている。MT8821C は、上記のような特殊な DL スケジューリングの機能にも対応し、LTE-U/LAA の試験需要に追従した。

4.1.6 CA のハンドオーバー機能

3GPP TS36.521-1 には、PCC(Primary CC)/SCC(Secondary CC)の周波数チャネルを入れ替えて送受信試験を行うテストケースが存在するが、各 CC のパラメータを試験条件ごとに変更すると、試験手順が非常に複雑となる。そこで PCC/SCC の入れ替えを一度に行うスワップハンドオーバー機能に対応した。これによりユーザのテスト工数の削減や試験環境構築の簡易化に貢献できる。

ハンドオーバーの手順としては、ハンドオーバー時のダウンリンク出力レベルや受信リファレンスレベルの自動最適制御、SCC の出力レベルがシグナリングの干渉波にならないような内部制御を行うなど、LTE の試験で培ったハンドオーバーと同等の安定性を維持した。

4.1.7 将来の拡張性

MT8821C は、さらなる CC 数、MIMO のアンテナ数の増加によるスループット増加にも対応する。現在 3GPP Release12 で規定されている最大の CC 数である DL 5CCs への対応を予定している。MT8821C は、5CCs の Contiguous CA から inter-band CA まですべての Band Combination の試験に対応する。DL MIMO

については、4x4 MIMO に対応するだけでなく、今後の MIMO 送信技術のトレンドとなるビームフォーミングをベースとした送信モードとなる Transmission Mode 9 もサポートし、拡大する OTA 試験市場に対応していく。

4.2 IP スループット試験

MT8821C は、Windows をベースとしたシステムで、内部のアプリケーションサーバを用いることで、外部サーバー PC を用いることなく、測定器 1 台で IP データスループットの評価を可能にした。これに加え LTE 測定ソフトウェアは、IP レイヤのスループット評価が可能な iperf アプリケーションを内蔵し、ユーザインタフェースやリモート制御からの iperf 試験に対応した。

4.3 送信測定

MT8820C 同様、3GPP TS 36.521-1 で定義された従来の LTE 送信測定に対応した上で、MT8821C は、3GPP Release 12 で定義される UL CA 測定に対応した。

4.3.1 UL CA 測定の実現

一般に CA の周波数配置は、以下の 3 つの周波数配置に分類される。3 つの CC の周波数配置について、図 7 を用いて説明する。

- ① Intra-band Contiguous CCs
同じ周波数バンドの連続するキャリア (PCC と SCC(a)) を用いて通信を行うシナリオ。
- ② Intra-band non-Contiguous CCs
同じ周波数バンドのキャリア (PCC と SCC(b)) を複数用いて通信を行うシナリオ。
- ③ Inter-band non-Contiguous CCs
異なる周波数バンドのキャリア (PCC と SCC(c)) を複数用いて通信を行うシナリオ。

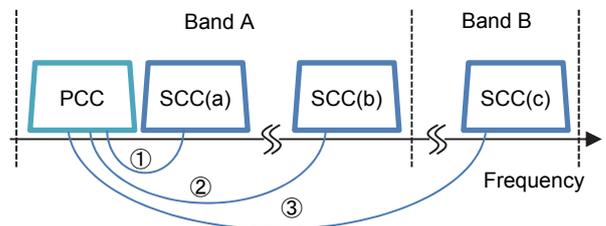


図7 CC の周波数配置

このうち CA 周波数配置①は PCC と SCC が互いに隣接しているため、より広帯域な信号解析が要求される。MT8821C は、最大 160 MHz の解析帯域幅を確保することで PCC および SCC を同時に受信し、送信パワー、送信信号品質、およびスペクトラム解析を 1 測定で行うことで、350 ms の高速測定を実現した。

また CA 周波数配置②および③では、測定器内部の受信周波

数を高速に自動制御することにより、1つの受信ポートで独立した2つのUL信号を測定することを可能とした。

さらにPCCとSCCの周波数関係をもとに、測定対象のUL信号がContiguousまたはnon-Contiguousのどちらの条件であるかを自動的に判別して測定することで、ユーザの利便性向上を図った。以下にLTE-Advancedで要求される送受信測定の詳細を示す。

4.3.2 送信パワー測定

送信パワー測定はCCの周波数配置条件により測定規格が異なる。CA周波数配置①では、2つのUL信号の合算パワーとPCC/SCCそれぞれの送信パワーで規定され、それ以外の条件では、PCC/SCCそれぞれの送信パワーでのみ規定される。MT8821Cは、それぞれの試験条件に応じた結果を一括で表示する。

4.3.3 送信パワー制御測定

3GPP Release 12で、CA周波数配置①の場合の送信パワー制御測定としてSCC power increase/decrease試験が新たに規定された。SCC power increase試験では、図8のようにPCCのRB(Resource Block)を固定し、SCCのRBを1から8に変化させた後の送信パワーを基準とし、再度RBを1に戻して8に変化させるといった処理を繰り返し、最終的に規定された送信パワーレベルに達するまで試験を繰り返す。このときの各ステップの送信パワーの差(Relative Power)を測定し規格判定をする。

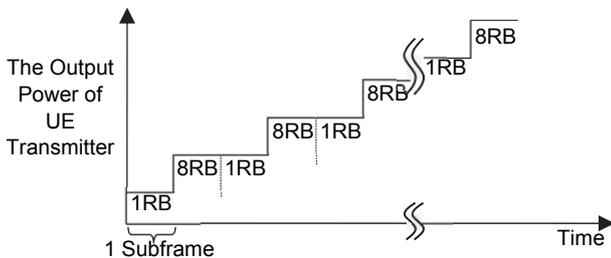


図8 SCC power increase試験の概要

反対に、SCC power decrease試験では、SCCのRBを8から1に変化させ、同様の試験を行う。

4.3.4 スペクトラム測定

占有周波数帯域幅:OBW(Occupied Band Width), スプリアス, および隣接チャネル漏洩電力測定はCCの周波数配置条件により、測定規格が異なる。CA周波数配置①では、2つのUL信号の合算で規定され、それ以外のCA周波数配置では、PCC/SCCそれぞれの信号に対して個別に規定される。MT8821Cは、広帯域な解析帯域幅を活かし、合算測定時は一度に測定を行い、個別測定時は受信周波数の高速自動制御により測定を行い、結果を図9のように一括で表示する。

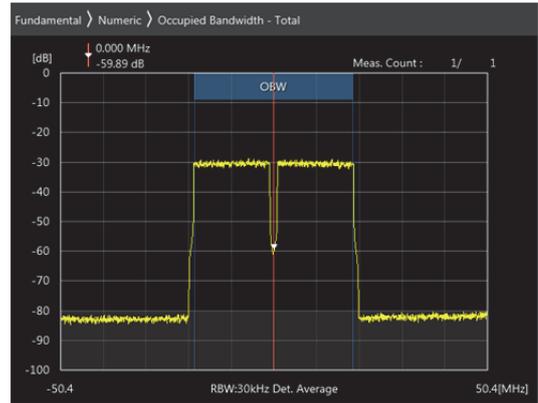


図9 20 MHz+20 MHz(FullRB)時のOBW測定結果

4.3.5 変調解析

変調解析測定は、CA周波数配置によらずPCC/SCCそれぞれのUL信号に対して独立して規定される。このとき、移動機の構造に起因するキャリアリーク的位置に対する考慮が必要となる。CA周波数配置①の場合、PCCおよびSCCが1つの送信機から出力される場合(図10の(1))と、各CCがそれぞれ別々の送信機から出力される場合(図10の(2))がある。これらの条件により、In-band emission測定とキャリアリーク測定の試験内容が異なる。

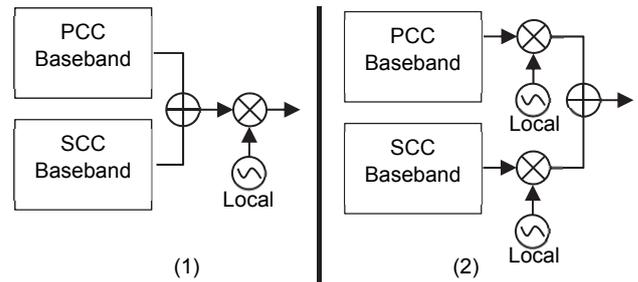


図10 ULのCA周波数配置①における移動機の送信機構造

図10の(1)の場合、図11のようにPCC/SCCでキャリアリークが1つだけ存在する。そのため、In-band emission測定はPCC/SCC両方の帯域に跨ってGeneral, Carrier Leak, IQ-Imageの各区間が設定される。測定結果を図12に示す。

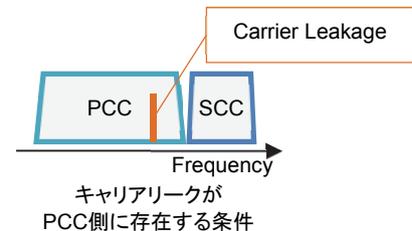


図11 PCCおよびSCCが1つの送信機から出力される場合のキャリアリーク測定条件

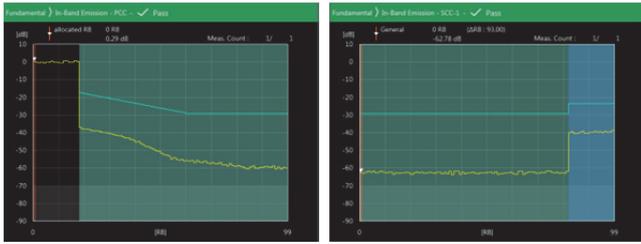


図 12 PCC および SCC が 1 つの送信機から出力される場合の In-band emission 測定結果

また図 10 の(2)の場合は、図 13 のようにキャリアリークが PCC/SCC の各 CC にそれぞれ独立して存在する。そのため、In-band emission 測定は各 CC ごとに General, Carrier Leak, IQ-Image が評価される。測定結果を図 14 に示す。

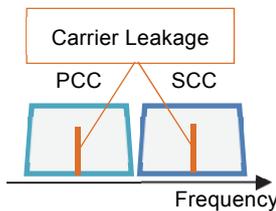


図 13 各 CC がそれぞれ別々の送信機から出力される場合の キャリアリーク測定条件

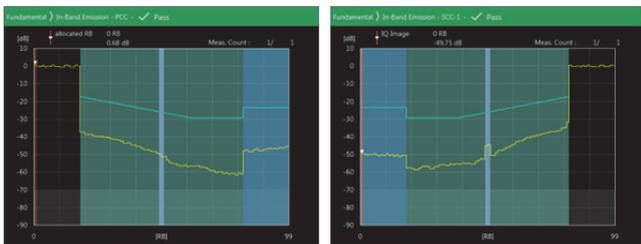


図 14 各 CC がそれぞれ別々の送信機から出力される場合の In-band emission 測定結果

4.4 受信測定

DL 2CCs の受信試験では、CA 周波数配置③の最大入力レベル試験のみ、SCC のみで規定され、それ以外の受信感度試験、最大入力レベル試験は CA 周波数配置によらず、それぞれの DL 信号に対して独立して規定される。

MT8821C は、規格に応じ結果を一覧表示するだけでなく、DL 3CCs 以上の CA や FDD-TDD Joint CA の受信試験にも対応し、さまざまな CA の Band Combination の受信測定に対応した。また新規に開発した RF フロントエンドユニットを使用することで、CC 数が増加してもシンプルな測定系にて試験を行うことができる。

4.5 VoLTE Echoback 試験

初期の LTE 移動機の音声通話は、従来の 3G 通信網による回線交換で実現していたが、LTE 網の普及に伴い LTE の IP 通信

網を使用した音声通話である VoLTE(Voice over LTE)方式が普及しつつある。MT8821C は、VoLTE 対応移動機の機能試験に対応すべく、VoLTE Echoback 試験に対応した。

VoLTE 試験は、移動機の位置登録時に IMS(IP Multimedia Subsystem)Registration や SIP(Session Initiation Protocol) による呼接続機能に対応する IMS サーバが必要となる。MT8821C は、MD8475A Signaling Tester の IMS サーバアプリケーションをベースに開発した IMS サーバを本体にインストールすることにより、1台で VoLTE Echoback 機能試験に対応した。

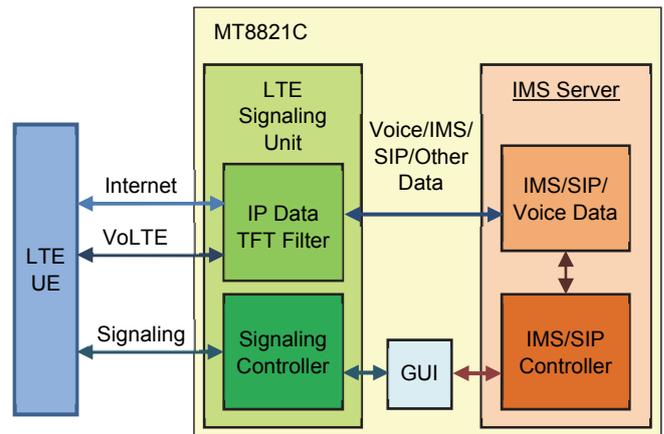


図 15 IMS サーバアプリケーション内蔵による一体化

また VoLTE の消費電流試験に対応するため、通信データや音声をそのまま折り返す Echoback だけでなく、Uplink と Downlink の一方を無音状態に制御したり、固定パターン信号を送信することも可能とした。

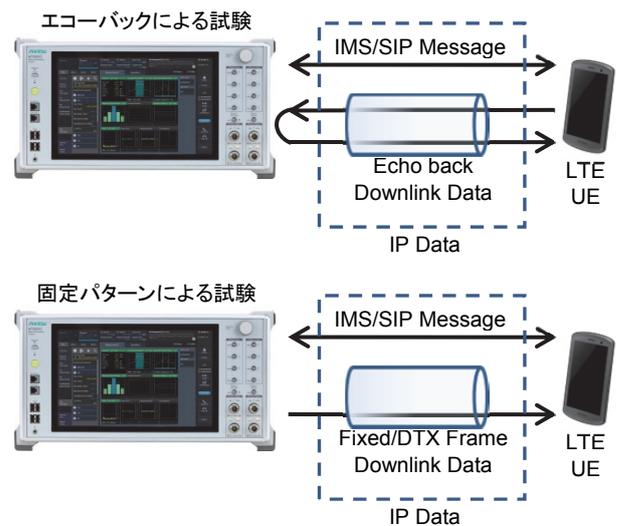


図 16 VoLTE 試験

5 プラットフォーム設計

5.1 互換設計

MT8821CはMT8820C同様に、2Gおよび3Gの送受信測定に対応した。測定ソフトウェア互換に加え、シグナリングユニットをMT8820Cと共通とした。これによりMT8820Cのハードウェアの再利用が可能となり、さらに保有ソフトウェアも含めたMT8820CからMT8821Cへのアップグレードパスを準備することで、MT8820Cユーザが最小限の投資でMT8821Cへアップグレードできるようになった。測定ソフトウェアは本体プラットフォームのWindows化に伴う対応を最小限の変更で吸収した結果、ハードウェアと同様に品質を維持しながらMT8820Cの持つ測定およびシグナリング機能のすべてをカバーした。

5.2 ユーザインタフェース設計

ユーザインタフェースには大画面スクリーンとタッチパネルを用いた直観的な操作とし、さらにエンコーダを併用することで、タッチパネル操作が苦手とする繊細な操作性を補完させた。図17にMT8821Cのメイン画面を示す。



図17 MT8821Cメイン画面

測定器が持つ多種多様なパラメータ(基地局パラメータ, 測定パラメータ, 測定器固有のパラメータ)を画面左部のパラメータエリアに整理して一元的に配置し、共通の設定手順で各パラメータを設定することにより、初めてのユーザでも直感的な操作を行えるようにした。

測定結果や呼続情報は画面右部にタブ画面として整理し、一覧から個別画面までシームレスな画面遷移を可能にした。

パラメータを左部、結果を右部とし、すべての情報を同時に表示することで画面の遷移を減らし、測定結果を確認しながら設定値を変更できるようにした。また操作に応じてヘルプとリモート制御コマンドをリアルタイム表示することで、マニュアルを確認することなく、

各種パラメータの詳細確認やリモート制御プログラムを作成できる。

図18から図21に特長的な画面を示す。

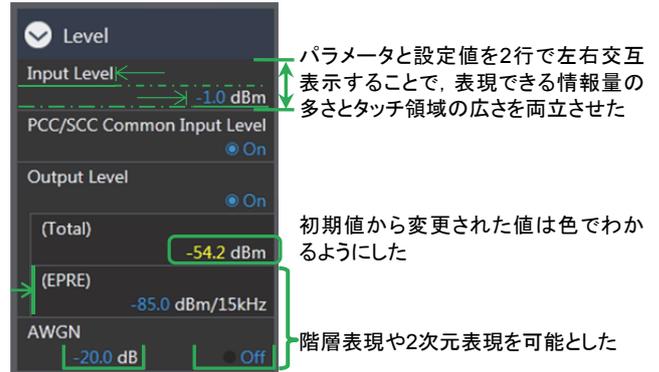


図18 情報量とタッチ領域を両立したパラメータ部



図19 パラメータのリアルタイム検索とお気に入り機能

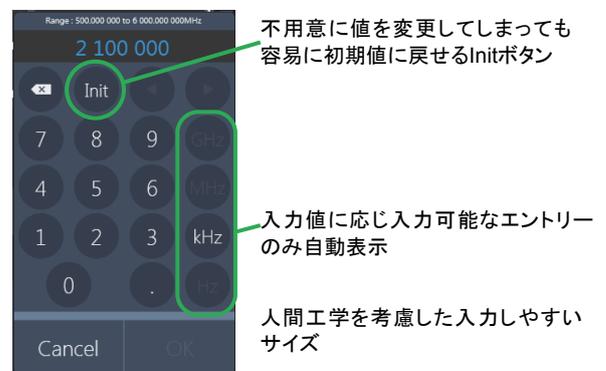


図20 多様な工夫を凝らしたパラメータエントリー画面

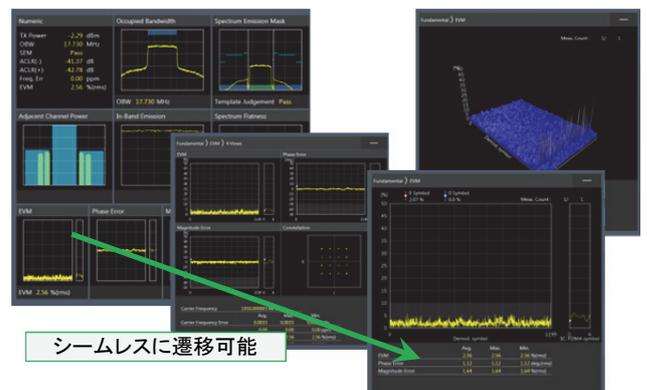


図21 一覧から個別画面までシームレスに遷移可能な結果画面

6 むすび

最新の移動通信である LTE-Advanced 並びに、世の中に広く普及している第 2～第 3.9 世代の従来の移動通信に対応し、移動機やチップセットの開発に貢献する MT8821C ラジオコミュニケーションアナライザを開発した。MT8821C は、主要な移動通信規格に 1 台で対応し、制御を用いた RF 性能試験並びに機能試験を行うことができる。MT8821C は、移動機やチップセットの最先端の開発用測定器として多くのベンダーに採用されている。アンリツは、今後も発展を続ける 3GPP 規格や、第 5 世代移動通信システムなど日々進化を続ける新たな移動通信技術に追従することにより、移動通信の発展に貢献していく。

参考文献

- 1) 田中, 栢沼, 木原, 青木, 井上, 大谷, 音羽, 栗野
"LTE/3G/2G に対応した MT8820C ラジオコミュニケーションアナライザの開発", アンリツテクニカル 88 号, pp.14-22(2013.3)
- 2) 3GPP TS36.521-1
"Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception; Part 1: Conformance testing"
- 3) 3GPP TS36.508
"Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); Common test environments for User Equipment (UE) conformance testing"

執筆者



青木 和典
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 3 商品開発部



田中 孝典
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 3 商品開発部



栢沼 豊弘
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 3 商品開発部



木原 祥隆
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 3 商品開発部



大谷 育也
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 3 商品開発部



栗野 貴之
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 3 商品開発部



後藤 研司
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 3 商品開発部



成瀬 尚史
R&D 統轄本部
商品開発本部
第 3 商品開発部

公知