

日本無線の4Gモバイルブロードバンドソリューション

JRC 4G Mobile Broadband Solution

佐藤 克彦 Katsuhiko Sato	勝又 貞行 Sadayuki Katsumata	丹下 透 Toru Tange
江川 祐介 Yusuke Egawa	佐々木 孝義 Takayoshi Sasaki	

要 旨

LTEは、ブロードバンド無線通信技術の世界標準として利用が拡大し、次世代を担う通信技術としてさらなる進化が続いている。当社は、LTE基地局装置をはじめ、LTEコアネットワークを構成する加入者アクセス制御システム、課金システム、ネットワーク管理システムを開発した。当社のLTEシステムは、コンパクト、スケーラビリティ、シンプルオペレーションなどの特長を有し、エンド・ツー・エンドのシステム機器とともに、アプリケーション、回線設計、システム構築サービスも含めたトータルソリューションを提供し、事業者の事業立ち上げ期間の短縮と初期投資・運用コストの大幅な削減に貢献する。本稿では、LTEの技術動向から当社LTEシステムの特長、アプリケーションとサービス、運用事例について紹介する。

Abstract

LTE has been expanding utilization as global standard broadband wireless technology, and still continuously evolving toward the next generation communication infrastructure. JRC has developed LTE base station, core network-subscriber access control, billing and network management systems. JRC provides not only End-to-End system equipments that have features of compact, scalability and simple operation, and also provides application, RF planning and system integration as total solution, which allows operators to startup their business quickly and reduce both initial and operational costs. This report describes general LTE technology and system architecture at first, details feature of JRC solutions at second and actual deployment example at last.

1. まえがき

LTEは、3GPP (Third Generation Partnership Project) によって規格化された世界標準の無線通信方式と移動通信システムである。3GPPは、W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) とGSM (Global System for Mobile communications) の発展形ネットワークを基本とする第三代携帯電話 (3G) システムおよびそれに続く第3.9世代移動通信システムに対応するLTE (注1) や、第4世代移動通信システムに対応するLTE-Advancedの仕様の検討・作成を行う標準化プロジェクトである。

LTEは2009年以降、北欧、米国、日本をはじめとして商用サービスが開始され、現在は、世界各国にサービスが拡大している。特に、ユーザにやさしいタッチスクリーンを備えるスマートフォンやタブレット端末の世界的な爆発的普及により、インターネットアクセスと映像を含むリッチコンテンツの利用者が急増、LTE拡大の要因の一つとなった。データトラフィックの増大に対する通信容量の確保は、世界通信事業者の直近の課題であり、LTEのさらなる普及と高速化への技術開発が求められている。

一方、米国をはじめとする世界各国で、パブリックセーフティ (公共安全) 向け通信システムにLTEを採用する検討がはじまり、周波数割当てやシステムアーキテクチャの規格化、実証実験が始まっている。3GPP仕様のリリース12ではパブリックセーフティ通信システムに対する要件の強化

を反映した機能が盛り込まれており、「プッシュ・ツー・トーク機能」「端末間直接通信機能 (D2D)」などが検討項目としてあげられている。

これらの動向を背景として、当社は、コンパクト、スケーラビリティ、シンプルオペレーションなどを特長とするLTEシステムを開発した。3GPPで規定されるLTEコア網機能がひとつのハードウェアプラットフォーム上で実行できる加入者アクセス制御システムは、高機能的な課金機能とネットワーク管理機能と相まって、事業者にとって効率的なLTEシステムの構築・運用を可能とする。基地局はコンパクトかつ軽量で、設置や運用に係るコストの低減に大きく貢献する。また、LTE技術によるモバイルブロードバンドシステムを活かすアプリケーションも開発した。加えて、専用ツールを使用して最適な回線設計を行うサービスもトータルソリューションとして提供する。

以降、2章ではLTE技術の特長と標準的なシステム構成を解説し、3章では当社LTEソリューションの特長を説明する。4章と5章では当社のコアネットワークシステムと基地局のそれぞれの仕様と特長をさらに説明し、6章では当社が開発したブロードバンドアプリケーションを紹介する。7章では回線設計と実際の運用事例を紹介し、最後に8章では今後の展開について述べる。

注1：2010年12月6日に国際電気通信連合はLTEを4Gと呼称することを認可した。

2. LTE技術の特長と標準システム構成

LTEの技術的特長は、広帯域OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) による無線多元アクセス方式である。周波数軸 (サブキャリア) と時間軸を用いて通信チャネルを多重化し、移動環境にあるユーザの無線条件に応じて伝送率の高いチャネルを割り当てる。これにより、品質の高いデータ転送を効率的に行い、周波数の利用効率を最大化する。マルチアンテナ技術としてMIMO (Multiple Input Multiple Output) を用い、通信の安定化と高速化をさらに向上させる。

ネットワーク方式は、IP (Internet Protocol) をベースとしたパケット転送・交換となっている。下位である無線通信方式やデータ交換方式に依存しないため、インターネットアプリケーションとの親和性を高めるとともに、装置機器の導入と運用に関わるコストを格段に下げることができるようになった。

近年では、マルチコアプロセッサに代表されるハードウェアの著しい性能向上により、ベースバンド信号処理がソフトウェアで実現されるようになってきており、技術開発の軸がソフトウェアに移行していることも特長の一つになっている。従来ハードウェアで実現されてきたOFDMAなどの変復調処理や符号化処理がソフトウェアで処理されるようになってきた。

図1を使って、3GPPで定められる一般的なLTEシステムの構成について説明する。LTEシステムはe-UTRAN (Evolved UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) Terrestrial Radio Access Network) と呼ばれる無線アクセス網とEPC (Evolved Packet Core) と呼ぶパケット転送・交換ベースのコア網によって構成される。e-UTRANは、eNodeB (Evolved Node B) と呼ぶ無線基地局装置から構成される。EPCは、MME (Mobile Management Entity) と呼ばれる端末接続と移動制御を実行する装置と、S-GW (Serving Gateway) と呼ばれるデータパケットを転送する装置などによって構成される。

従来の3Gシステムに対して、無線アクセス網とコア網において、データトラフィックおよび制御トラフィックが全てIP技術に基づいて転送されることが特長となっている。

3Gシステムとの接続はMMEとS-GWを介して行われ、その接続点はそれぞれS3, S4と定義され、シームレスな移動制御が実現される。また、WiMAXやWiFiなどの3GPP以外の無線システムとの接続はePDGを介して行われる。

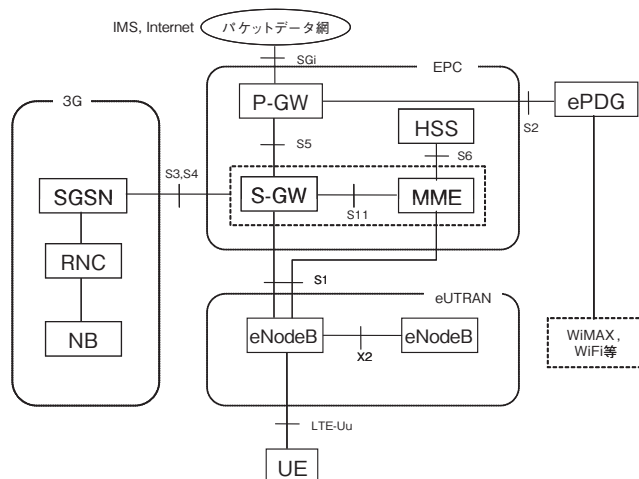


図1 LTE標準システム構成
Fig.1 LTE General System Architecture

3. 当社LTEシステムの特長

当社のLTEシステムは、事業者の初期投資と運用コストの大幅削減に貢献する。以下の各項において、その特長について説明するとともに、図2において、その特長を表すシステム全体のイメージを示す。

(1) コンパクトシステム

当社の加入者アクセス制御システムは、3GPPのリリース9で規定されるEPCに必要な機能コンポーネントを同一のハードウェアプラットフォームで実行し、汎用オペレーティングシステム上にインストールすることができる。また、当社のLTE基地局は、無線機能部とネットワーク制御機能部が屋外筐体の中に一体化された構造となっている。このようなコンパクトな装置構成と設置の容易性は、中小規模事業者にとって、少ない初期投資で短期間に事業を立ち上げることを可能にする。

(2) スケーラビリティ

加入者アクセス制御システムのソフトウェアは、ATCA (Advanced Telecommunications Computing Architecture) 規格のハードウェア上で実行することが可能であり、加入者数とトラフィックの増加に応じて、ハードウェア資源を逐次追加することが可能である。これにより事業者は、ROIを常に最大化する無駄のない設備導入と運用を行うことができる。

(3) エンド・ツー・エンドシステム

当社は、基地局と加入者アクセス制御システムだけでなく、独自ネットワーク管理システム、課金システムまでを含むエンド・ツー・エンドシステムを提供する。端末については、市場に流通するスマートフォン、タブレットを接続することが可能であり、当社が提供する屋内・屋外固定設置端末 (CPE)、ドングル、携帯ルータも接続することが可能である。これにより事業者は、事業に必

要な機器を全て当社から調達することができる。また当社は、機器だけでなく、回線設計からネットワーク設計サービスを含めた総合的ソリューションを提供する。

(4) シンプルオペレーション

システムを運用するためのオペレーションを簡単にするために、運用に必要なパラメータセットを最小化し、ユーザフレンドリなGUIを提供する。これにより、オペレータは高度な知識や特殊な経験を必要とすることなくシステムを安全に運用することが可能になる。また、遠隔拠点からシステムの監視、ファームウェアとコンフィグレーションの更新を容易に行うサービスも提供する。

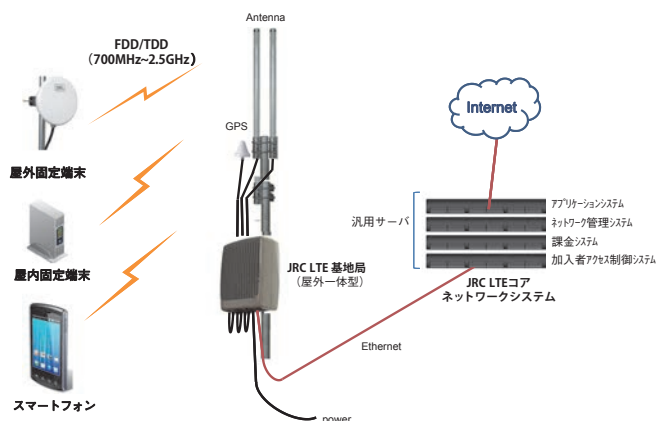


図2 JRC LTEシステム
Fig.2 JRC LTE System

4. JRC LTEコアネットワークシステム

当社のLTEコア網を構成する加入者アクセス制御システム、課金システム、ネットワーク管理システム (EMS) の機能と特長を以下の各項で説明する。

(1) 加入者アクセス制御システム

加入者アクセス制御システムは、端末の接続・切断、基地局間の移動制御、端末位置管理と呼出しを行うMME機能、加入者認証やセキュリティの管理を行うHSS機能、IPアドレス管理と伝送品質制御を行うP-GW機能、IPパケット転送を行うS-GW機能を提供。当社の加入者アクセス制御システムは、これら3GPPで規定されるLTEコア網に必要なすべてのEPC機能が、ひとつのハードウェアプラットフォーム上で実行できるように最適化されている。それぞれの機能に必要なオペレーションが、統合されたユーザインタフェースによって提供され、事業者にとって極めて効率的なLTEコアネットワークシステムの構築・運用が可能となる。図3は、統合化された操作画面の一例を示している。必要最低限のパラメータ設定によって事業者がオペレーションできるように設計されている。

当社の加入者アクセス制御システムは制御処理とパケット転送処理を同一ハードウェアプラットフォームで実行されるが、両機能を高い性能で両立させていることも大きな特長の一つとなっている。

さらに、複数の事業者、仮想事業者 (MVNO)、運用組織が当社の加入者アクセス制御システムと基地局を共有して使用したり、事業者間のローミングを実行したりすることも可能になっており、様々な運用形態に対応する。

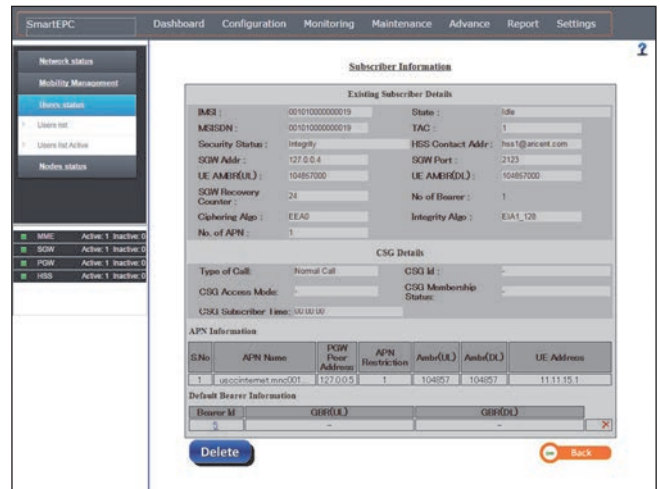


図3 加入者アクセス制御システム操作画面例
Fig.3 Subscriber Access Control System Operation Screenshot

(2) 課金システム

課金システムは、加入者単位に行われるサービス契約を管理し、加入者アクセス制御システムから報告される加入者の利用状況に応じて課金額を決定したり、加入者アクセス制御システムに対して加入者へのサービスレベルを制御したりする。加入者のプロフィール (契約内容、決済方法など) や利用と支払状況を管理するだけでなく、WEB画面を通じて、加入者自身が契約内容を確認・変更したり、利用状況を確認したりすることができるインタフェースを提供する。課金は主に、次に述べる2つの方式があり、様々な制御オプションを柔軟に組み合わせることによって事業者の多様なサービスモデルに応じることができる。

①ポストペイド課金

所定期間に加入者が通信した時間、ないしは通信したデータ量に応じて料金を支払う「従量課金」と、通信した時間やデータ量に関係なく一定料金を支払う「定額課金」がある。定額課金には、通信時間や通信データ量の上限を定めることもできる。この場合、課金システムは加入者アクセス制御システムと連携して、所定期間内に上限に達した加入者に対してサービスを停止したり、サービスレベルを下げたりすることもできる。上限は複数定めることもでき、各上限に定額料金を設定することもできる。

②プリペイド課金

加入者はサービスに先立ち、所望の通信時間ないしは通信データ量に対して料金を支払う。契約と支払はWEBサイトを通じてクレジットカード決済することもできる。またプリペイドカードを購入することによって契約と支払をすることも可能である。課金システムは加入者アクセス制御システムと連携して、上限に達した加入者に対

してサービスを停止することもできる。一方、加入者は、所望の通信時間やデータ量をWEBサイトやプリペイドカードの購入を通じて追加することができる。

(3) ネットワーク管理システム (EMS)

基地局や、課金システムを含むコアネットワーク設備の警報 (アラーム) の監視, 機能の設定 (コンフィグレーション), 統計情報や性能情報の収集などを行う。また, 各装置のファームウェアの更新を行うことができる。特に, タワーに設置された基地局に対して遠隔からファームウェアを更新できることは必要であり, 本EMSの一つの特長である。事業者の内部ネットワークに設置されたネットワーク管理システムは, セキュアなインターネットVPN回線などを通じて遠隔から操作できるほか, クラウド上に設置して, 複数の事業者が共有して利用することも可能である。基地局の接続構成 (トポロジ) と運用状態をグラフィカルに表示し, CPU負荷率やデータトラフィック量の推移をグラフ表示することにより, オペレータは視覚的にシステム全体の状態を把握することができる。また障害発生時は, オペレータにEメールで即時に知らせることができるようになっており, 事業者側のシステム運用コストを下げる工夫が盛り込まれている。図4はEMSの基地局監視画面例を紹介しており, 上部に基地局の接続構成 (トポロジ) を, 下部に基地局のCPU負荷率の推移 (グラフ) を表している。

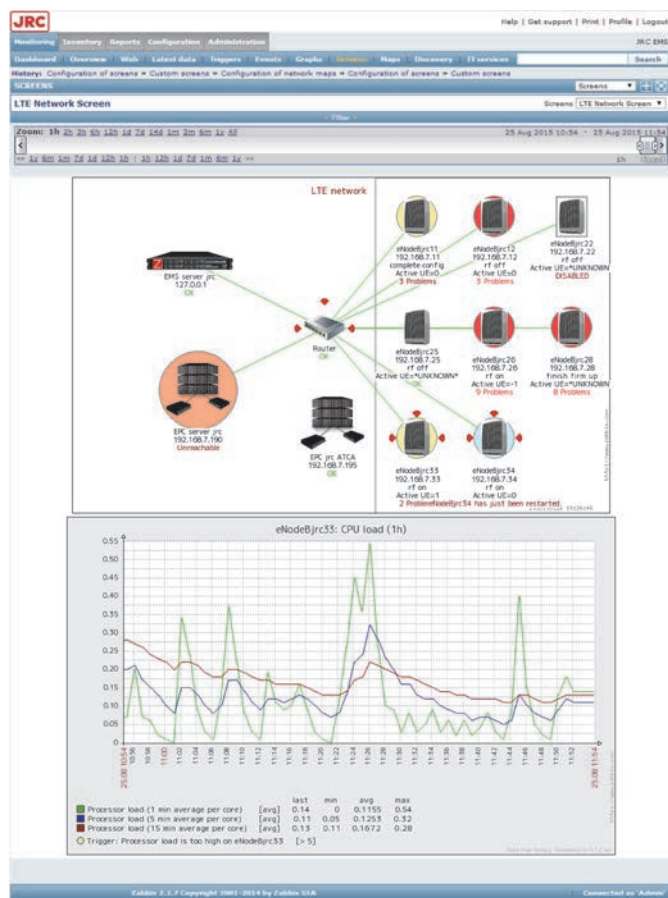


図4 ネットワーク管理システム操作画面例
Fig.4 Network Management System Operation Screenshots

5. JRC LTE基地局

当社のLTE基地局は, 3GPPで規定されるeNodeBのすべての機能 (無線機能とネットワーク機能) を一体型屋外設置用筐体に収め, コンパクト, 軽量化 (8リットル/8kg) を実現した。事業者の施工コスト, 省スペース化による運用コストの低減に大いに貢献する。主要な特長を以下に示す。

- ・オールインワンタイプで屋外設置可能
- ・高い施工性と保守性
- ・MIMO (2×2)
- ・5/10/20MHz帯域
- ・2×5W送信出力
- ・最大データ伝送速度: 150Mbps/70Mbps (下り/上り)

LTE基地局は, 図1で説明したLTE無線アクセス網 (E-UTRAN) を構成するeNodeBとして, LTE-Uuインタフェースを介して無線端末 (UE) と通信するレイヤ1から3までの無線インタフェース機能と, X2インタフェースを介して隣接基地局と通信したり, S1インタフェースを介して当社加入者アクセス制御システム (すなわちEPC) 内のMMEやS-GWと通信したりする網側インタフェース機能を持つ。

無線インタフェース機能としては, レイヤ1 (PHY) として, OFDMAの物理層処理を実行し, レイヤ2 (MAC, RLC, PDCP) として, 伝送スケジューリング, 再送制御, ヘッダ圧縮, 暗号化を実行し, レイヤ3 (RRC) として呼接続/切断, ハンドオーバーを実行する。

網側インタフェース機能としては, EPCと連携した加入者認証処理, 位置管理, IPアドレス割当, ハンドオーバーに伴うパス切替制御のほか, 無線資源管理を隣接eNodeBと協調して行い, 基地局間の電波干渉を抑制する制御をおこなう。

また, 当社ネットワーク管理システムに対して, アラームや統計情報を送信したり, ファームウェアの更新や構成情報の設定インタフェースを提供する。

6. モバイルブロードバンドアプリケーション

LTEによるモバイルブロードバンド通信を活かすアプリケーションも開発した。ここでは特に, パブリックセーフティシステムへの応用を想定したアプリケーションを2つ紹介する。アプリケーションはクラウド上のサーバで制御することが可能であるとともに, ローカルに分散設置されたサーバ上でも制御することが可能である。これによって, よりセキュアで, かつ障害に対しても強い運用が可能になる。IPレイヤよりも下位の伝送基盤に依存しないため, LTE機能を持たない端末, 例えばWiFi端末なども本アプリケーションを利用することができる。アプリケーションは, WebRTC (Web Real-Time Communications) 技術を使用して実装した。

(1) ビデオ・プッシュ・ツー・トーク

スマートフォン上で動作するプッシュ・ツー・トークアプリケーションである。画面をタッチしている間, トランシーバのように相手と通話できるアプリケーション

である。音声だけでなくリアルタイム映像の伝送も可能であり、1対Nの一斉配信やグループ通信にも対応する。図5は、ビデオ・プッシュ・ツー・トークの通信イメージと、ユーザ端末上の画面例を表す。

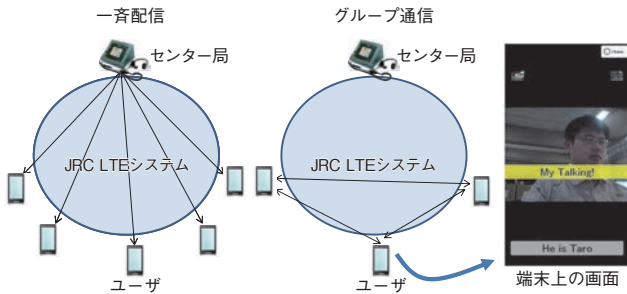


図5 ビデオ・プッシュ・ツー・トークアプリケーション
Fig.5 Video Push to Talk Application

(2) ビデオ共有地図アプリケーション

テレビ電話のように相手と通信でき、さらに相手の位置と撮像しているリアルタイム映像を地図上に表示、共有する機能を有している。本アプリケーションは、司令室と現場間の相互の状況認識で使用することを想定しており、車載端末やウェアラブル端末への実装にも応用することができる。1対Nの通信にも対応している。図6は、端末で撮像されたリアルタイム映像が地図上で表示されている様子を示している。

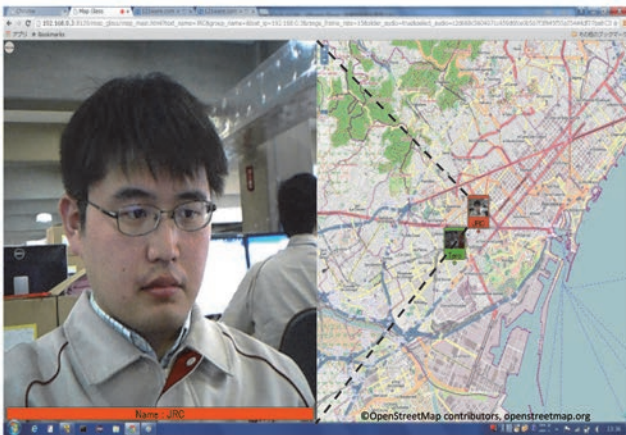


図6 ビデオ共有地図アプリケーション
Fig.6 Video Sharing Application

7. 回線設計と運用事例

LTEシステムを構成する機器だけの提供ではなく、回線設計、システムインテグレーションを含めたトータルソリューションを提供する。

回線設計では、専用のツールを使用してアンテナ設置数、設置場所の検討を行う。ツールは、サービスエリアの信号電力を計算する機能のほか、適切なコストでシステム設計と運用を行うための多様な最適化機能を用意している。移

動通信の場合には、正確な地図データ、サイト情報、アンテナパターンをツールに入力し、エリア内の通信品質を顧客要求に近づけるように各サイトのアンテナ角度や送信パワーを最適化する。LTEではフェージングや干渉による品質劣化を回避するために、多くの高度なテクニックを組合わせて運用する。そのため、各機能の設定調整とその実質的な効果も考慮し、ユーザ収容数・通信速度の向上とコストを両立させるシミュレーションが求められる。

図7に回線設計のシミュレーション結果と実際のフィールド測定結果を比較した例を示す。シミュレーションで得られた信号の強度が12段階に色分けされて衛星写真地図に重ねられている。実際にフィールド測定した信号強度の結果は線状の濃い色で表されている。

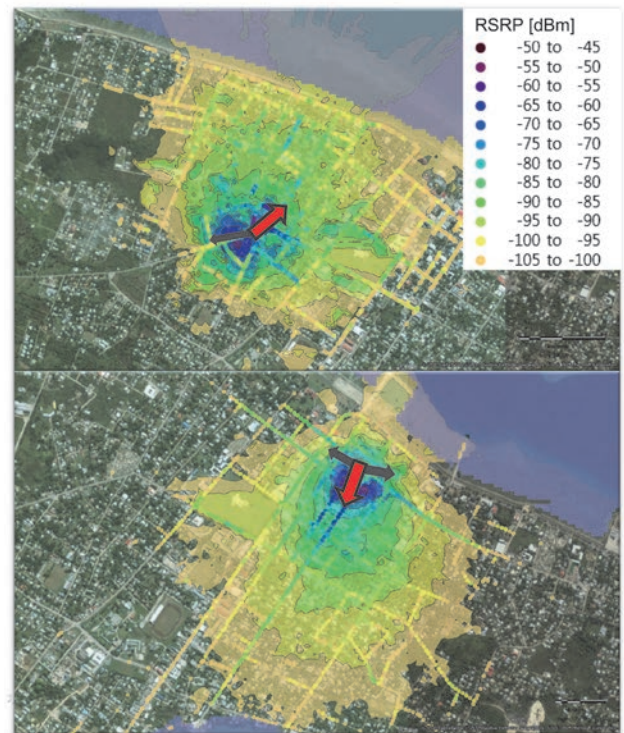


図7 回線設計シミュレーションとフィールド測定結果の比較
Fig.7 RF Planning Simulation and Field Test Results

当社は既に、世界数か国においてLTEシステムの屋外での運用を実施している。市街、ルーラルエリアにおけるシミュレーション結果と実環境における端末上での信号受信強度、データ伝送速度を比較し、回線設計の有効性とシステム性能を確認している。また実際の運用を通じて加入者収容能力、システムの安定性を確認するとともに、高速移動制御やセキュリティ制御など、安全なモバイルブロードバンドサービスを提供する機能を実現している。図8は、実際に設置、運用されているコアネットワーク設備 (左上) と基地局とアンテナ (右上と下) を示す。



図8 コアネットワークシステムとアンテナ・基地局の設置運用例

Fig.8 Core system, Antenna and Base station Installation Example

用語一覧

3GPP: 3rd Generation Partnership Project
ATCA: Advanced Telecommunications Computing Architecture
CPE: Customer Premises Equipment
EMS: Element Management System
eNB: Evolved Node B
EPC: Evolved Packet Core
ePDG: Enhanced Packet Data Gateway
e-UTRAN: Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network
GUI: Graphical User Interface
HSS: Home Subscriber Server
IP: Internet Protocol
LTE: Long Term Evolution
MAC: Media Access Control
MME: Mobility Management Entity
MVNO: Mobile Virtual Network Operator
PDPC: Packet Data Convergence Protocol
PHY: Physical Layer
P-GW: Packet Data Network Gateway
RLC: Radio Link Control
RNC: Radio Network Controller
ROI: Return On Investment
RRC: Radio Resource Control
SI: System Integration
SGSN: Serving GPRS Support Node
S-GW: Serving Gateway
UE: User Equipment
WiFi: Wireless Fidelity
WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access
X2AP: X2 Application Protocol

8. あとがき

本稿では、当社が開発したLTEシステムの概要とソリューションについて紹介した。

近年のLTE技術開発の特長のひとつは、その技術のオープン性であり、さまざまなベンダーの装置を相互接続したり、またハードウェア、ソフトウェアコンポーネントを統合したりすることによって、経済的なシステム構築や効率的な開発ができることにある。開発期間が短縮化されていく一方で、新しいLTE仕様の研究開発、標準化への取り組みも世界規模で行われており、第五世代移動通信システムに向けた進化を続けている。当社は、さらに高性能、多機能かつコンパクトなトータルシステムとソリューションの開発を続けるとともに、パブリックセーフティ通信システムに特化した機能の開発にも取り組んでいく。

参考文献

- (1) 勝又 貞行, 寺田 賢司, 田部井 康, 前田 智志, “LTE基地局装置の開発”, 日本無線技報, No.67, pp.52-55, 2016.
- (2) 勝又 貞行, 丹下 透, 新井 国充, 木村 健夫, 中野 雅俊, “LTEコアネットワークシステムの開発”, 日本無線技報, No.67, pp.56-60, 2016.