

# LTE基地局装置の開発

## LTE Base Station (Evolved Node B)

勝 又 貞 行      寺 田 賢 司      田 部 井      康      前 田 智 志  
Sadayuki Katsumata Kenji Terada      Yasushi Tabei      Satoshi Maeda

### 要 旨

当社が開発した小型・低消費電力の屋外設置型LTE基地局装置 (Evolved Node B, 以下eNodeBと記す) は, 3GPP LTE Release 9準拠であり, 帯域幅として5, 10, 15, および20MHz, 複信方式としてFDDとTDDの両方に対応する。無線部のみをカスタマイズすることで, 各国通信事業者の様々なバンドクラス要求に柔軟に対応することが可能である。

### Abstract

JRC has developed small, low power consumption, and outdoor installable LTE eNodeB (Evolved Node B), which provides fast and simple LTE system building and operation and also contributes minimized CAPEX and OPEX for small and middle class (Tier 2 and 3) operators. The eNodeB complies 3GPP LTE release 9, and supports 5MHz, 10MHz, 15MHz, and 20MHz bandwidth and both TDD and FDD duplex mode. The eNodeB enables operators to deploy LTE system flexibly by customizing RF circuit only for customer's requirement such as LTE band class.

### 1. まえがき

近年, 各国の主要な通信事業者が提供する携帯電話サービスは第3世代 (3G) から第4世代 (4G, LTE, LTE-Advanced) が主流となり, さらに将来の第5世代 (5G) へと発展を続けている。当社は中小規模の通信事業者向けにシステム構築と運用の簡易化ならびに設備投資コストと運用コストの最小化を実現するコンパクトLTEシステムを開発した。本稿では, 当社コンパクトLTEシステムを実現するために開発した小型・低消費電力の屋外設置型LTE基地局について, ハードウェア構成, 機能, ユーザインタフェースについて紹介する。

### 2. ハードウェア構成

本装置は, 3GPPで策定されたLTE Release 9に準拠した屋外設置型eNodeBである。図1に装置外観を, 図2にハードウェアの構成を示す。インタフェース回路, 電源回路, デジタルベースバンド回路, 無線パワーアンプ回路, および送受信フィルタ回路で構成される。

#### (1) インタフェース回路

コア網と接続するためのコア網インタフェース (RJ-45) と, アクティブGPSアンテナと接続するためのGPSインタフェースを有する。コア網インタフェースにはEMIフィルタが, コア網インタフェースおよびGPSインタフェースには避雷回路が実装され, 主要回路の誤動作や破壊を防止する。

#### (2) 電源回路

AC入力電源から2次側DC電圧を生成し各回路に供給する。



図1 LTE基地局装置外観  
Fig.1 LTE eNodeB

#### (3) デジタルベースバンド回路

専用のSystem-on-a-chip (SoC) を有し, LTE端末と通信するための無線インタフェースプロトコル処理とLTEコア網 (EPC) と通信するためのコア網インタフェースプロトコル処理を実行する。SoC内部のハードウェアプロセッサ, 専用マルチコアDSPおよびCPUにより, レイヤ1であるPHYと, MAC (Media Access Control), RLC (Radio Link Control), PDCP (Packet Data Convergence Protocol) からなるレイヤ2, およびレイヤ3であるRRC (Radio Resource Control) の一連の処理が, 全てソフトウェアで実行される。これらの一連の処理は, 近年の著しいマルチプロセッサの性能向上により, 全てソフトウェア処理で動作する。

また, GPS受信機と周波数シンセサイザを有し, 各回路に基準クロック信号を供給する。

(4) 無線部／パワーアンプ回路

無線部／パワーアンプ回路は、送信部と受信部から構成され、送信部はデジタル送信処理回路、2つのDAコンバータとパワーアンプ、およびゼロIF方式に基づく2つの直交変調器、受信部は2つの直交復調器と2つのADコンバータおよびデジタル受信処理回路から構成される。

送信部では、デジタルベースバンドI/Q信号をデジタル送信処理回路で補正処理し、D/Aコンバータでアナログ変調波に変換した後、パワーアンプで増幅して送受信フィルタ回路へ出力する。この際、パワーアンプ出力の一部をデジタル送信処理回路へフィードバックする事で、DPD (Digital Pre-distortion) 回路が動作し、パワーアンプの非線形歪み (AM-AM, AM-PMひずみ) が補償される。パワーアンプ保護のため、デジタル送信処理回路にオーバードライブプロテクション機能が実装される。

一方、受信部では、送受信フィルタ回路から出力されるアナログ変調波をデジタルI/Q信号に変換し、デジタル受信処理回路でI/Qゲイン・位相・DCオフセット補償処理を実行してデジタルベースバンド回路に出力する。

(5) 送受信フィルタ回路

2系統の送受信動作に対応してそれぞれ2つの送信フィルタと受信フィルタを有し、送信側のスプリアスと受信側イメージ周波数を除去する。FDD装置の場合デュプレクサフィルタ、TDD装置の場合バンドパスフィルタで構成される。

表1に装置仕様概要を示す。

表1 仕様概要  
Table 1 General specifications

項目	仕様
複信方式	FDD/TDD
周波数	LTE Band Class : 12, 13, 28, 41 (2015年8月現在)
送信電力	5W×2アンテナポート
チャンネル帯域幅	5, 10, 15, 20MHz
アンテナ数	2
受信雑音指数	4dB以下
準拠規格	LTE Release 9
インタフェース仕様	1000BASE-T 1ポート
同時通信可能端末	最大64
無線伝送速度	ダウンリンク : FDD : 最大150Mbps (BW=20MHz時) TDD : 最大116Mbps (BW=20MHz時) アップリンク : FDD : 最大50Mbps (BW=20MHz時) TDD : 最大30Mbps (BW=20MHz時)
電源電圧	AC100~260V
消費電力	100W以下
環境条件	動作温度 : -40~+50℃ 動作湿度 : 5~100%
外形寸法	230(W) × 300(H) × 120(D) mm (突起物含まず)
質量	8kg
防塵・防水性能	IP67
冷却方式	自然空冷
設置方法	ポールまたは壁掛け設置

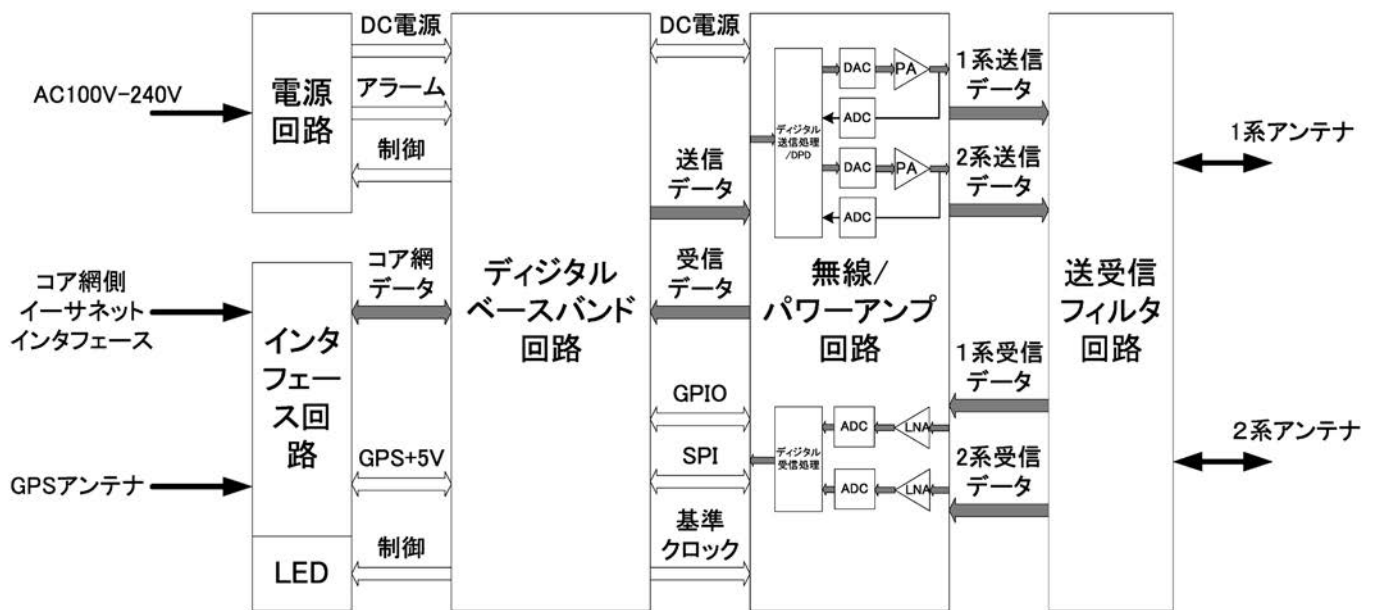


図2 ハードウェア構成  
Fig.2 Hardware diagram

3. 機能

eNodeBは、無線アクセス網 (E-UTRAN) を構成する無線基地局であり、LTE-Uuインタフェースを介してUEと無線通信するレイヤ1から3までの無線インタフェース機能、X2インタフェースを介して隣接eNodeBと通信する機能、S1インタフェースを介してLTEコア網 (EPC) 内のMMEやS-GWと通信する網側インタフェース機能を有する。さらに、無線資源の管理を行い、隣接eNodeBと自立協調的に資源情報を共有し、最適なネットワークを構成する機能を持つ。

無線インタフェース機能としては、レイヤ1 (PHY) としてOFDMA変復調、MIMOなど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。さらに高位レイヤとして、無線リソース管理やセル間干渉処理、呼受付処理を実行する。

加えて、LTEシステムでは全ての制御データとユーザデータはIPパケット化されて転送されるため、一般的なルータ機能 (IP転送、経路制御、Ethernetインタフェース機能) を有する。

ネットワーク管理上の管理対象要素として、一般的な管理インタフェース機能 (EMSとの通信機能) を具備する。図3にeNodeBの機能構成図を、表2に機能リストを示す。

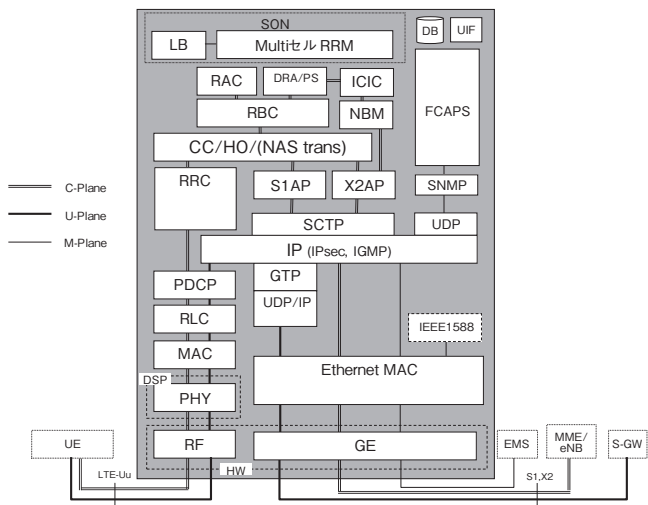


図3 eNodeB機能構成  
Fig.3 eNodeB function diagram

表2 eNodeB機能リスト

Table 2 eNodeB functions list

構成	機能名	説明
無線IF機能	RRC	無線接続制御
	PDCP	暗号, IPヘッダ圧縮
	RLC	ARQ制御
	MAC	HARQ制御, 伝送スケジューリング
	PHY	OFDMA, フレーム, 符号化, MIMO
	RF	変復調, 無線処理
無線資源管理機能	SON	自己組織化網機能
	RRM	無線リソース管理
	LB	負荷分散制御
	RAC	呼受付制御
	DRA/PS	動的無線リソース割当・スケジュール管理
	ICIC	セル間干渉制御
	RBC	無線ベアラ制御
網IF機能	CC/HO	呼・移動制御
	NAS trans	認証情報転送
	S1AP	MME インタフェース機能
	X2AP	eNodeB間インタフェース機能
	NBM	隣接BS管理
IP転送基盤	SCTP	高信頼性 (順序, 完全性保証) トランスポート層プロトコル
	UDP	順序, 完全性を保証しないトランスポート層プロトコル
	IP	IPパケット転送機能
	PTP	高精度時刻同期プロトコル (IEEE1588)
	Ethernet MAC	Ethernetフレーム転送機能
	GTP	IPトンネル終端機能
	装置管理機能	FCAPS
SNMP		網管理用通信プロトコル

4. ユーザインタフェース

中小規模の通信事業者向けの装置として、設定の複雑化と煩雑さを避け、簡単かつ迅速に無線通信を開通させるための必要な設定項目を最小限に厳選し、極めてシンプルなWebベースのユーザインタフェースを提供する。

(1) IP設定

eNodeBのネットワーク設定と接続先MMEのネットワーク設定を提供する。

(2) RF設定

LTEバンドクラスに応じた帯域幅と周波数の設定を提供する。

(3) eNodeBパラメータの設定

当社のLTEシステムを動作させるために最低限必要なeNodeBパラメータとして、eNodeB名称、eNodeBの識別子であるeNodeB ID、物理セルの識別子であるPhysical Cell ID、通信事業者の識別子であるMNC (Mobile Network Code)、運用地域を示すMCC (Mobile Country Code)、位置登録エリアを示すTAC (Tracking Area Code) の設定を提供する。

その他の詳細設定は、ネットワーク管理システム (EMS) において提供される。

(4) 運用中のパラメータ変更

送信電力設定と無線送信のON/OFF設定を提供する。

図4にWeb設定画面例を示す。



図4 eNodeB Web設定画面例

Fig.4 eNodeB Configuration Web GUI screenshot

業者の要望 (バンドクラスや通信容量) に柔軟に対応し迅速なLTEシステム構築を提供すると共に、LTE-Advancedなどの高機能化やパブリックセーフティ向けに特化した機能開発にも取り組んでいく。

参考文献

- (1) 佐藤克彦, 勝又貞行, 丹下透, 江川祐介, 佐々木孝義, “日本無線の4Gモバイルブロードバンドソリューション”, 日本無線技報, No.67, pp.46-51, 2016.
- (2) 勝又貞行, 丹下透, 新井国充, 木村建夫, 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.

用語一覧

- 3GPP: Third Generation Partnership Project
- CC: Call Control
- DRA: Dynamic Resource Assignment
- EMS: Element Management System
- EPC: Evolved Packet Core
- E-UTRAN: Evolved UTRAN
- FCAPS: Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security
- FDD: Frequency Division Duplexing
- GPIO: General Purpose Input/Output
- GPS: Global Positioning System
- GTP: GPRS Tunneling Protocol
- HO: Handover
- ICIC: Inter-cell Interference Coordination
- IF: Intermediate Frequency
- IMT: International Mobile Telecommunications
- IP: Internet Protocol
- IQ: In-phase and Quadrature
- LB: Load Balancing
- LTE: Long Term Evolution
- MAC: Media Access Control
- MIMO: Multiple Input and Multiple Output
- MME: Mobility Management Entity
- NAS: Non-Access Stratum
- NBM: Neighbor BS Management
- OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access
- PDCP: Packet Data Convergence Protocol
- PHY: Physical Layer
- PTP: Precision Time Protocol
- RAC: Radio Admission Control
- RBC: Radio Bearer Control
- RF: Radio Frequency
- RLC: Radio Link Control
- RRR: Radio Resource Control
- RRM: Radio Resource Management
- S1AP: S1 Application Protocol
- SCTP: Stream Control Transmission Protocol
- S-GW: Serving Gateway
- SNMP: Simple Network Management Protocol
- SON: Self Organizing Network
- SPI: Serial to Peripheral Interface
- TDD: Time Division Duplexing
- UDP: User Datagram Protocol
- UE: User Equipment
- X2AP: X2 Application Protocol

5. あとがき

今回紹介したLTE基地局装置を含む当社のコンパクトLTEシステムは、今春にバルセロナで開催されたMWC2015などの展示会で大変好評をいただき、既に海外の通信事業者において試運用が開始されている。今後は、国内外の通信事