

# Technology Reports

LTE サービス「Xi」（クロッシィ）特集—スマートイノベーションへの挑戦—

## W-CDMA システムと共用可能な LTE システム用無線基地局装置の開発

2010年12月に東名阪地域で開始したLTEサービス「Xi」（クロッシィ）<sup>\*1</sup>を実現するために、LTEシステムを経済的かつ効率的に展開することが可能な、LTEシステム用無線基地局装置を開発した。本装置では、新技術採用により消費電力を大幅に削減し、省エネ・低コスト化を図るとともに、既存W-CDMAシステムとの共用を実現することにより、設置性、経済性の向上を図った。

無線アクセス開発部  
しまづ よしつぐ 島津 義嗣  
わたなべ たかゆき 渡辺 貴之  
すわ しんご 諏訪 真悟  
おおやね ひでひこ 大矢根 秀彦  
やじま たつろう 矢島 辰朗

### 1. まえがき

2010年12月に東名阪地域でサービスを開始したLTEシステムは、3G用周波数帯を用いて、下り100Mbit/s以上、上り50Mbit/s以上の高速データ通信が可能で、遅延の改善や周波数の利用効率向上などを実現している。

LTEシステム用無線基地局装置（eNodeB：evolved Node B）は、W-CDMAシステムにおけるW-CDMAシステム用無線基地局装置（BTS：Base Transceiver Station）と無線ネットワーク制御装置（IP-RNC：IP-Radio Network Controller）にて提供している、無線アクセス技術および無線制御技術を具備している。また、交換機（EPC：Evolved

Packet Core）とはAll-IPネットワークで接続されている。

ドコモでは、W-CDMAシステムで使われている周波数帯と同じ2GHz帯を用いてサービスを開始するため、既存のアンテナ設備などを、そのまま使用してLTEシステムを導入でき、さらにeNodeBの一部である無線装置を、W-CDMAシステムとLTEシステムで共用可能とすることは、設置性や経済性の向上において有効である。そこで、eNodeBの無線装置としては、2009年10月より商用導入を開始した2GHz帯用光張出し無線装置（RRE：Remote Radio Equipment）[1]に加えて、無線基地局装置無線処理部（BRE：Base station Radio processing Equipment）および低出

力無線装置（LRE：Low power Radio Equipment）の開発を行った。さらにeNodeBのデジタル処理部では、W-CDMAシステムとLTEシステムとの共用技術を具備している。

本稿では、eNodeBの特徴およびW-CDMAシステムとLTEシステムの共用技術について解説する。

### 2. LTE用の基地局装置開発

#### 2.1 適用エリア

eNodeBとしてさまざまな設置場所・接続形態に対応できるように、複数種類の装置を開発した（図1）。ベースバンド信号処理を行う無線基地局装置デジタル処理部（BDE：Base station Digital processing Equipment）を共通に使用する

\*1 「Xi」（クロッシィ）：「Xi」、 「Xi/クロッシィ」は、NTTドコモの商標または登録商標。

構成とすることにより、開発規模を削減し、BDEに接続される装置によって、さまざまな適用領域に対応できるようにしている。BDEに接続される装置は、次のような利用形態を考慮している。

① RRE

アンテナ近くに設置する屋外装置。RRE単位でさまざまな場所に張り出すことができるため、局所的なエリアにも対応可能である。

② BRE

アンテナ近くに設置スペースがない場合に、局舎内に設置される屋内装置。

③ LRE

屋内エリアをカバーする屋内装置。LREとRoF（Radio-over-Fiber）システム[2]を接続することで、複数分岐してビル内すべてをカバーすることも可能となる。

## 2.2 W-CDMA システムから LTE システムへのマイグレーション

LTEシステム用にすべての基地局設備を設置していくのは、設備コスト面、設置スペース面、W-CDMAシステムとの信号合成などの技術面で、課題があった。そのため、eNodeBは、W-CDMAシステムで構築した設備を最大限に流用できるように開発した（図2）。

(1)W-CDMA/LTE両システム対応の無線装置 (RRE/BRE/LRE)の開発  
W-CDMAシステム用として構築

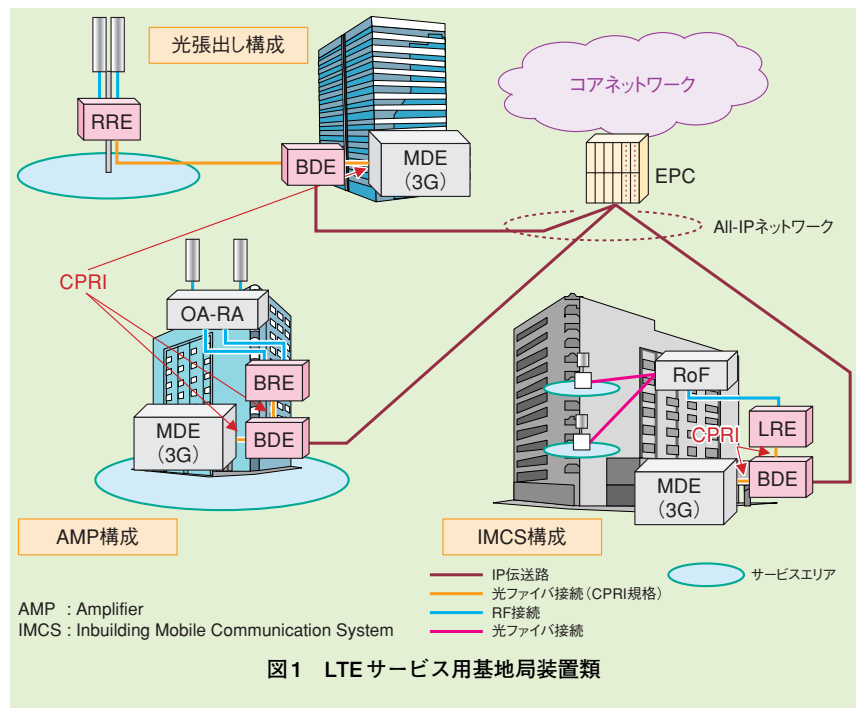


図1 LTEサービス用基地局装置類

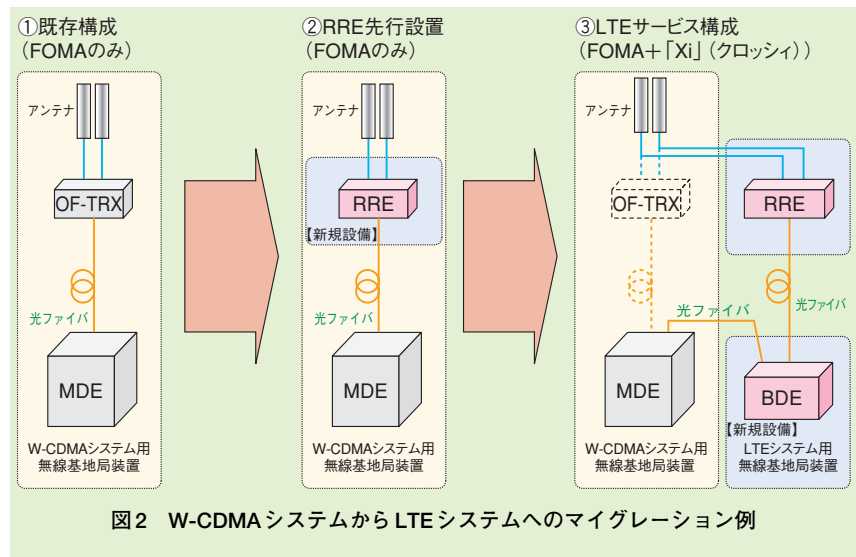


図2 W-CDMAシステムからLTEシステムへのマイグレーション例

されたアンテナなどの設備をそのまま流用するために、W-CDMA/LTE両システム対応の無線装置としてRRE/BRE/LREを開発した。また、RREを先行出荷することにより、「Xi」(クロッシィ)サービス時の事

前準備を進め、設備コストを抑えた。

(2)光インタフェースの合成技術

既設のBTSのデジタル処理部(MDE: Modulation and Demodulation Equipment)をそのまま使用す

るため、BDEには、MDEからの光インタフェースを合成する技術を採用した。これにより、RREなどの接続に必要な光ファイバ本数を削減し、設備コスト削減に貢献している。

(3)局舎内の架の共有

局舎内の設置スペースを考慮して、W-CDMAシステム用無線基地局の架に、BDE、BRE、LREを追加実装できるようなハードウェア構造とした。

表1 BDEの基本仕様

キャリア数	1キャリア
セクタ数	6セクタ
チャンネル帯域幅	5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz
スループット	下り：150Mbit/s 上り：50Mbit/s
送信系統	2×2MIMO, 送信ダイバーシチ
収容ユーザ数	210ユーザ/5MHz/セクタ
大きさ	H1,135×W600×D600mm*
装置質量	120kg以下*
消費電力	1.2kW以下
CPRIリンク接続数	最大6本
伝送路種別	1000BASE-SX：最大2回線

※収容架に実装した状態での値

2.3 無線基地局装置の省エネ・低コスト化

eNodeBは、新技術を採用することにより消費電力を大幅に削減し、かつ経済的な装置となっている。消費電力については、RRE装置では、W-CDMAシステム用光張出し装置(OF-TRX：Optical Feeder - Transmitter and Receiver)と比較して約30%削減している。また、無線基地局装置のビット単価では、W-CDMAシステムと比較して約1/3を実現した。



写真1 BDE外観例

3. 装置概要

3.1 BDE スペック

BDEは、セクタ数として最大6セクタ、チャンネル帯域幅として最大20MHz/セクタのLTEサービスを提供可能なシェルフ型の装置である(表1, 写真1)。また、BDE1台につき最大6本までのCPRI (Common Public Radio Interface)\*2リンク接続が可能となっており、それぞれのCPRIリンクに対して接続先のRE

(Radio Equipment)\*3を選択可能にすることで、柔軟なエリア展開を可能としている。

BDEは、伝送路インタフェース機能部(HWY-INF：HighWaY-INterFace)、基地局装置監視制御機能部(eNB-CNT：eNodeB-CoN-Troller)、ベースバンド信号処理機能部(BB：Base Band signal processor)、無線送受信インタフェース機能部(TRX-INF：Transmitter and

Receiver-INF)、CPRI分離多重機能部(CPRI-MUX：CPRI-MUltipleXer and demultiplexer)で構成される。

HWY-INFは、IP層以下の伝送路インタフェースの信号処理機能を有する。本機能部は、物理回線として1000BASE-SX\*4を2回線まで収容可能である。eNB-CNTは、移動端末との間で無線回線管理、回線設定・解放などの呼処理制御機能のほか、コアネットワークとの間で伝送路の

\*2 CPRI：無線基地局の内部インタフェース仕様。産業団体でもあるCPRIによって規定されている。

\*3 RE：無線基地局の無線部。無線信号の増幅、変復調、フィルタリングなどを行う。

\*4 1000BASE-SX：最高速度1Gbit/sを実現するGigabit Ethernet規格の1つ。

回線設定・解放などの局間制御機能、さらにオペレーションシステムとの間で保守監視信号の送受信を行い、eNodeBの監視制御を実施する。BBは、送信信号に対しては、誤り訂正符号化、無線フレーム化、データ変調、周波数/時間変換、MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)<sup>\*5</sup>送信などを実施し、受信信号に対しては、時間/周波数変換、データ復調、信号分離、誤り訂正符号化などを実施する。さらに、HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest)<sup>\*6</sup>、AMC (Adaptive Modulation and Coding)<sup>\*7</sup>制御、スケジューリングなどの機能を有する。TRX-INFは、ベースバンド信号、保守監視信号をCPRIフォーマットに従って変換する機能を有する。CPRI-MUXは、BTSからのCPRI信号とeNodeBのCPRI信号を、分離・多重する機能を有する。

### 3.2 RRE/BRE/LRE スペック

RRE/BRE/LREは、いずれも2GHz帯の無線周波数に対応しており、BREはセクタ数として最大6セクタに対応したシェルフ型装置、RREおよびLREは1セクタに対応した一体装置である(表2、写真2)。BREを構成する主たる機能部としては、前述したTRX-INFのほか、無線送受信機能部 (TRX)、送信増幅器 (T-PA: Transmission-Power Amplifier) がある。

TRXは、入力された送信ベースバンド信号を直行変調により、送信

RF (Radio Frequency) 信号<sup>\*8</sup>に変換する機能、受信RF信号をA/D変換後、受信ベースバンド信号へ変換する機能を有する。T-PAは、TRXからの送信RF信号を規定のレベルまで電力増幅する機能を有する。なお、受信RF信号については、送受信アンテナ直下に設置される屋外受信増幅器 (OA-RA: Open Air-

Receiver Amplifier) を用いて信号増幅を行うが、屋外受信増幅器についてもBTSで使用するOA-RAと共用可能であり、BRE設置時の施工性の向上および運用コストの削減を図っている。

これらのほか、3G RF インタフェース機能部 (3GRF-INF) をもつBRE装置についても開発を行っている。

表2 BRE/RRE/LREの基本仕様

項目	BRE*	RRE	LRE
送受信周波数帯域	2GHz帯		
キャリア数	3G : 最大4キャリア LTE : 最大1キャリア		
セクタ数	6セクタ	1セクタ	
最大送信電力	10W/5MHz/ブランチ	5W/5MHz/ブランチ	0.125mW/5MHz/ブランチ
大きさ	H : 1,135mm以下 W : 600mm以下 D : 600mm以下	20.5ℓ以下	15ℓ以下
装置質量	230kg以下	20kg以下	10kg以下
消費電力	4.5kW以下	310W以下	100W以下

※BDE/BRE併せて収容架に実装した状態

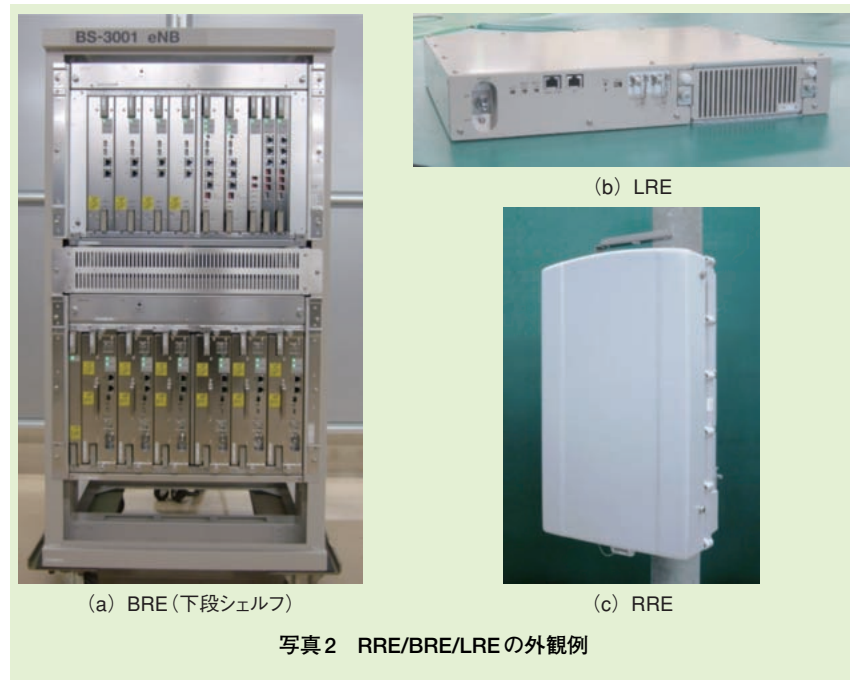


写真2 RRE/BRE/LREの外観例

\*5 MIMO : 複数の送受信アンテナを用いて信号の伝送を行い、通信品質および周波数利用効率の向上を実現する信号伝送技術。  
\*6 HARQ : 受信機側での誤り訂正復号後の受信誤り検出に基づいて、誤りの生じた

データの再送を行う伝送技術。  
\*7 AMC : 例えば、受信信号電力対干渉電力比などの受信品質に応じて、最適なデータ変調およびチャネル符号化率を選択することによって、伝送速度を適応制御する方法。

\*8 RF信号 : 無線周波数帯の信号。

3GRF-INFをもつBREでは、CPRIに対応していないBTSの信号増幅前のRF信号を、BREより入力することにより、アンテナなどの外部設備を共用することが可能である。

LREについては、TRX-INF、TRXをもち、RoFシステムなどの伝送装置との接続を実現している。

## 4. LTE用無線基地局装置の特徴的な技術

### 4.1 システム共用技術

LTEシステムを導入するにあたり、既存のW-CDMAシステムの資源をそのまま流用可能であることが望ましい。REにおいては、W-CDMAシステムとLTEシステムとで無線特性が異なるため、既存装置を流用することは不可能であったが、REC (Radio Equipment Control) においては、CPRI-MUXを搭載することで、W-CDMAシステムに対して従来のMDEを変更することなく流用することを実現した。CPRI-MUXにより、MDEは3G単独構成と3G/LTE共用構成を意識することなく、W-CDMAシステムの運用が可能である。

CPRI-MUXでは、次のような機能をもつ。

#### (1)位相補正機能

W-CDMAシステム、LTEシステムは共に、ベースバンド信号のクロック源とREにおけるクロック源が同一である必要がある。つまり、基準となるクロック源は、各システムのRECと同じである必要があるが、REは同時に複数のクロック源に従

うことはできないため、どちらかのRECのクロック源に従い、動作することになる。CPRI-MUXでは、基本的にREが基準とするクロック源として、LTEシステムのクロック源を使用している。このとき、W-CDMAシステムの信号は、異なるクロック源に従い動作することになるため、CPRI-MUXでは、両システムのそれぞれのクロック源から差分を算出し、LTEシステムのクロック源に従ってW-CDMAシステムの信号の位相補正を行っている。これにより、W-CDMAシステムにおいても、クロックタイミングがずれることなく、送受信することを可能としている。

また、CPRI-MUXは、LTEシステムのクロック源を取得できなくなった場合に、W-CDMAシステムのクロック源に切替えを行う。これにより、LTEシステムのRECが運用不可能な状態になった場合でも、W-CDMAシステムには影響を与えず、継続運用を可能としている。

#### (2)IQ<sup>\*9</sup>データマッピング

RECとREの間にて送受信可能なデータ量は限られているため、W-CDMAシステムおよびLTEシステムのキャリア数、帯域幅に応じて、ベースバンド信号 (IQデータ) の割当てを行っている。W-CDMAシステムからのIQデータとLTEシステムからのIQデータの載替は、CPRI-MUXにて実現している。

#### (3)リンク制御

システム共用構成の場合、CPRI-MUXはMDE/BDE/REとのCPRIを

終端するため、例えば、MDEはBDEとREとの間のリンク状態を知ることができない。RECとREの間にリンク状態が不一致となることを防ぐため、CPRI-MUXでは、BDEとREとの間のリンクとBDEとMDEとの間のリンクを連動した制御を行っている。

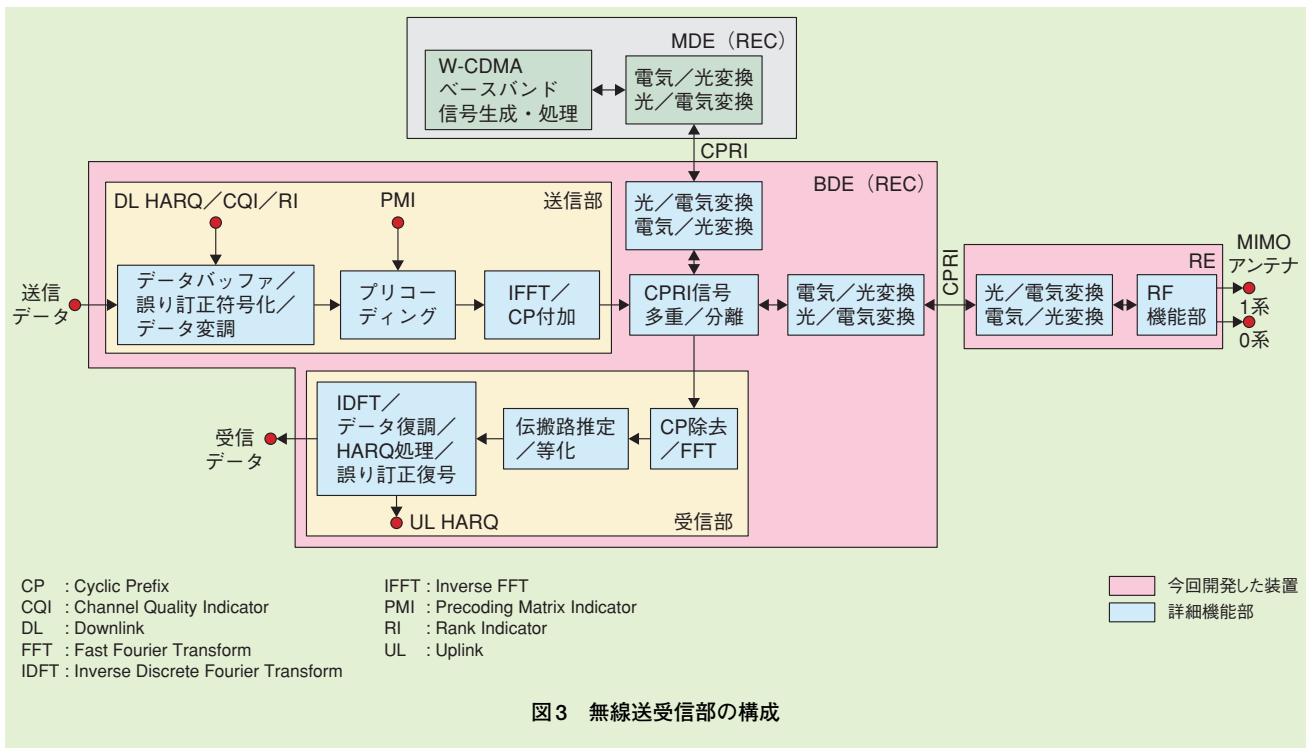
#### (4)フレームタイミング調整

MDEは、CPRI信号の送受信タイミングにより、RECとREとの間の光ケーブル遅延時間を算出するが、システム共用構成の場合、CPRI-MUXが各リンクを終端するため、このままだとMDE、CPRI-MUXの間の光ケーブル遅延時間しか求めることができない。しかし、CPRI-MUXにて、CPRI-MUXとREとの間の光ケーブル遅延時間を考慮し、MDE向けCPRI信号のフレームタイミングを調整することにより、MDEに影響を与えることなく、RECとREとの間の光ケーブル遅延量算出を可能としている。

### 4.2 無線送受信技術

RECとREの無線送受信部の構成を図3に示す。REの一例として、RREの送受信部構成については[1]、またW-CDMAシステムのMDE (REC) の送受信部構成については[3]を参照されたい。図3に示すように、RECとREの機能分担を明確にし、RF機能部についてはすべてRE側に集約することにより、RECとREとの間のさまざまな接続を可能としている。さらには、無線周波数帯、最大送信電力などの変更が発生

\*9 IQ：複素デジタル信号の同相 (In-phase) および直交 (Quadrature) 成分。



した場合においても、REのRF機能部の変更のみで容易に対応可能としている。

## 5. あとがき

本稿では、LTE サービス「Xi」(クロッシィ)を提供する、LTEシステム用無線基地局装置の特徴およびW-CDMAシステムとLTEシステム

の共用技術について解説した。LTEシステム用無線基地局装置において、本共用技術の採用および省エネ・低コスト化を行うことにより、LTEシステムを導入する際の設置性、経済性の向上を実現した。

今後は、LTEサービスの全国展開に向けて、装置ラインナップを拡充していきたい。

## 文献

- [1] 島津, ほか: “W-CDMA/LTEシステム共用の光張出し無線装置の開発,” 本誌, Vol.18, No.1, pp.33-37, Apr. 2010.
- [2] 福家, ほか: “W-CDMA/LTEシステム共用 RoFシステムの開発,” 本誌, Vol.18, No.4, pp.25-29, Jan. 2011.
- [3] 大矢根, ほか: “IP化対応無線基地局装置の開発,” 本誌, Vol.15, No.1, pp.8-13, Apr. 2007.