3.5GHz帯TD-LTE　高密度BDE　光張出し無線装置

Technology Reports

3.5GHz帯導入

3.5GHz帯TD-LTE導入に向けた基地局装置の開発

無線アクセス開発部　藤井 昌宏（ふじい まさひろ）　諏訪 真悟（すわ しんご）　鳥羽 倫太郎（とば りんたろう）　戸枝 輝朗（とえだ てるあき）

2014年12月に，「第4世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設計画の認定」が総務省より行われ，3.5GHz帯の周波数が新たに利用可能となった．ドコモはPREMIUM 4Gのさらなる進化として3.5GHz帯を用いたTD-LTEを導入し，キャリアアグリゲーションにより既存FDD帯と組み合わせた受信最大370Mbpsの通信サービスを2016年6月に開始した．本稿では，3.5GHz帯TD-LTE導入に向けた，高密度BDEのTD-LTE対応，および新規に開発した3.5GHz帯対応SRE/RREとFHMについて，その概要を解説する．

1. まえがき

PREMIUM 4Gのさらなる進化として，3.5GHz帯を用いたTD-LTE*1を導入し，キャリアアグリゲーション（CA）*2により既存FDD（Frequency Division Duplex）*3帯と組み合わせた受信最大370Mbpsの通信サービスを2016年6月に開始した．3.5GHz帯TD-LTE導入時のNW構成を図1に示す．

PREMIUM 4Gでは，高度化C-RAN（Centralized Radio Access Network）*4を採用し，新規に高密度BDE（Base station Digital processing Equipment）*5を開発し，FDD方式のLTE-Advancedで展開してきた[1]が，TD-LTEへの対応は，この高密度BDEに対するソフトウェアによる機能追加で実現した．また，新周波数である3.5GHz帯に対応するために，スモールセル用の小型低出力光張出し無線装置（SRE：low power Small optical remote Radio Equipment）*6，マクロセル用の光張出し無線装置（RRE：Remote Radio Equipment）*7の2機種を開発した．さらに，必要な無線容量が少ない場所のエリア化において，より多くの無線装置を1台の高密度BDEに収容するために，BDEと無線装置の間のフロントホール回線*8を複数に分配するフロントホール分配装置（FHM：FrontHaul Multiplexer）*9を開発した．

本稿では，これら3.5GHz帯TD-LTE導入に向けた高密度BDEのTD-LTE対応，および新規に開発した3.5GHz帯対応SRE/RREとFHMについて，その概要を解説する．

2. 高密度BDEのTD-LTE対応

ソフトウェアによる機能追加で実現したTD-LTE対応は，ベースバンド信号処理機能部（BB：BaseBand）*10

©2016 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます．

*1 **TD-LTE**：TDD方式（上りリンクと下りリンクで同じ周波数を用い，時間スロットで分割して信号伝送を行う方式）のLTE．
*2 **CA**：複数のキャリアを用いて同時に送受信することにより，既存のLTEとのバックワードコンパチビリティを保ちながら広帯域化を行い，高速伝送を実現する技術．
*3 **FDD**：上りリンクと下りリンクで，異なるキャリア周波数，周波数帯域を用いて信号伝送を行う方式．
*4 **高度化C-RAN**：CA技術を活用し，マクロセルとスモールセルを協調させるドコモが提唱するネットワークアーキテクチャ．

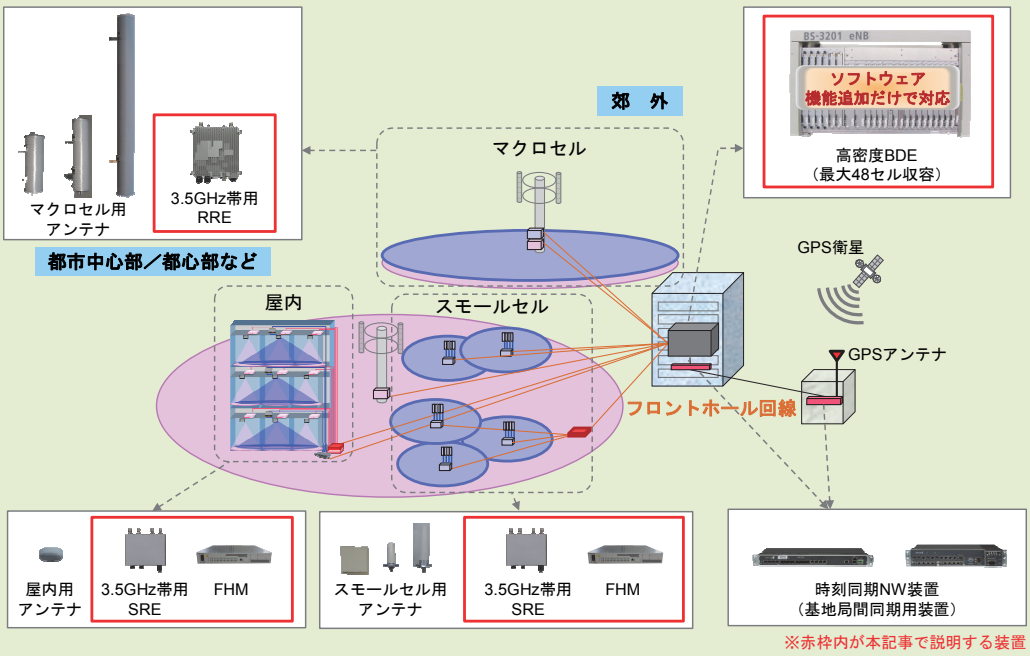


図1　3.5GHz帯TD-LTE導入時のNW構成

のTD-LTE対応，フロントホールの高速化対応，基地局間同期対応からなる．それぞれについて以下に解説する．

2.1　BBのTD-LTE対応

BBは送信信号に対して，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）*11送信などを実施し，受信信号に対して，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機能部である[2]が，TDD（Time Division Duplex）方式とFDD方式で処理が異なるのは本機能部のみであり，呼制御など上位のプロトコルは共通である[3]．今回，この機能部をソフトウェア変更によりTDD方式にも対応させた．セルごとにFDD方式とTDD方式のいずれを用いるかを設定可能とすることにより，1台の高密度BDE内で両方式の混在が可能となる．これにより，FDD帯とTDD帯を組み合わせたキャリアグリゲーションを可能とした．

2.2　フロントホールの高速化対応

BDEと無線装置間のフロントホール回線については，3.5GHz帯での広帯域幅への対応，および後述するMIMOの高度化のために，伝送レートを従来の2.4Gbpsから最大9.8Gbpsに拡張した．これにより，フロントホール回線1本で3.5GHz帯TD-LTE送受信最大4系統までの無線信号伝送に対応できる．

2.3　基地局間同期対応

TDD方式では，**図2**に示す通り上りリンクと下りリンク間の干渉を回避するために基地局間で同期をとる必要がある．また，3.5GHz帯では各通信事業者に割り当てられたバンド間にガードバンド*12がなく，各通信事業者の送信信号のスプリアス*13成分が他通信事業者の周波数帯域に与える干渉を回避するために通信事業者間の同期が必要となる．

今回，高密度BDEではGPSに同期するGPS同期機能，およびGPSに同期したサーバに対して高密度BDEがPTP（Precision Time Protocol）プロトコルを用いて同期するPTP同期機能[4]に対応し，GPSまたはPTPにより取得したUTCに，各高密度BDEが光張出し無線装置

---

*5　**BDE**：LTEシステムにおける無線基地局装置のデジタル処理部分．ベースバンド処理部や保守監視機能を備えている．

*6　**小型低出力光張出し無線装置（SRE）**：光ファイバなどを使って基地局から離れた場所に設置したスモールセル用の基地局無線装置．

*7　**光張出し無線装置（RRE）**：光ファイバなどを使って基地局から離れた場所に設置した基地局無線装置．

*8　**フロントホール回線**：BDEと無線装置間の回線であり，光ファイバなどが用いられる．各装置のインタフェースはCPRI（Common Public Radio Interface）標準仕様に準拠している．

*9　**フロントホール分配装置（FHM）**：BDEと無線装置の間のフロントホール回線を複数に分配する装置．

*10　**ベースバンド信号処理機能部（BB）**：デジタル信号処理を行う回路またはその機能ブロック．

*11　**MIMO**：複数の送受信アンテナを用いて伝送容量を増大する無線通信技術．

のアンテナ端の無線フレームの送信タイミングを同期させる．UTCへの送信タイミング同期精度としては±1.5μs以下を実現した．これにより，3GPPにて規定される基地局間同期精度3μs以下を実現し，基地局間・事業者間の干渉を回避可能とした．

3. 3.5GHz帯対応光張出し無線装置

スモールセルとマクロセルでは無線装置に求められる要件が異なるため，3.5GHz帯の無線装置としてそれぞれにスペックを最適化した，スモールセル用のSRE，マクロセル用のRREの2機種の光張出し無線装置を開発した．SREおよびRREは，主に無線送受信インタフェース機能部（TRX-INF：Transmitter and Receiver-INterFace）*14，送信増幅器（T-PA：Transmission-Power Amplifier）*15，低雑音受信増幅器（LNA：Low Noise Amplifier）*16，送受切替器*17またはサーキュレータ（CIR：CIRculator）*18，帯域通過フィルタ（BPF：Band-Pass Filter）*19から構成される．FDD方式では送受共用器（DUP：DUPlexer）*20を用いるがTDD方式では送受切替器／CIRおよびBPFを用いるという点が主に異なる．基本仕様を**表1**，外観を**図3**に示す．SRE，RREそれぞれの特徴を以下に記載する．

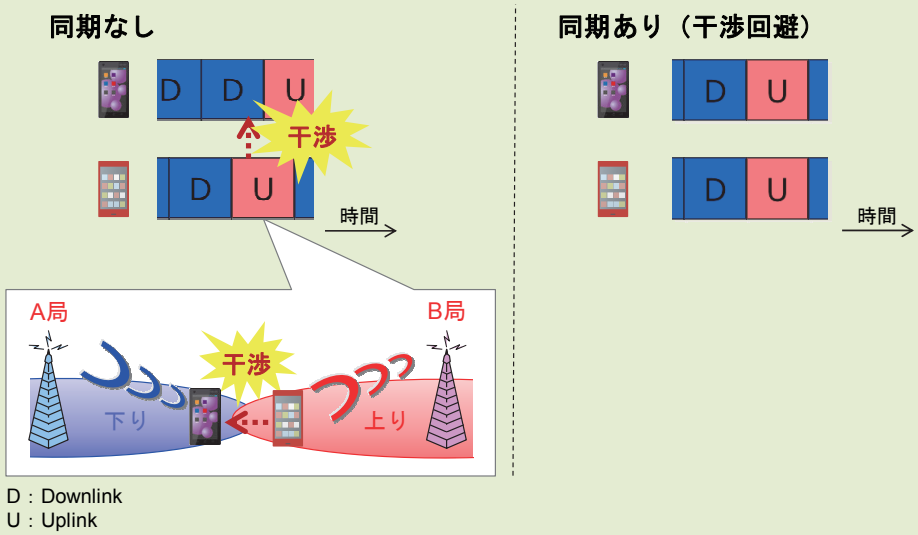


図2　基地局間同期によるTDD方式の上下リンク間干渉回避

表1　3.5GHz帯対応SRE/RREの基本仕様

項　目	3.5GHz帯	
	SRE	RRE
最大送信電力	0.48W／20MHz／ブランチ	19W／20MHz／ブランチ
ブランチ数	4	2
サイズ	4ℓ以下	9ℓ以下
装置重量	4.5kg以下	12kg以下
消費電力	100W以下	380W以下
電　源	AC 100V/200V	DC −48V

＊12 **ガードバンド**：システム間の電波干渉を防ぐため，システムごとに割り当てられる周波数帯域間に設けられる帯域．

＊13 **スプリアス**：信号を送信するときに自分の信号周波数帯以外に放射される不要波のこと．

＊14 **無線送受信インタフェース機能部（TRX-INF）**：BBとTRX間で，IQ信号，および保守監視信号をCPRIフォーマットに従って変換し，光ファイバで伝送する機能部．

＊15 **送信増幅器（T-PA）**：TRXからの送信RF信号を規定レベルまで電力増幅する機能部．

＊16 **低雑音受信増幅器（LNA）**：アンテナで受信された信号を初めに増幅する装置．増幅時に加えられる雑音レベルが低く，微弱な受信信号でも歪みが少ない状態で増幅される．

＊17 **送受切替器**：RFコネクタに接続される送信系と受信系を時間で切り替える回路．

＊18 **サーキュレータ（CIR）**：3つ以上の端子を有し，各端子の入力信号を次の端子にのみ出力する回路．

3.1　SRE

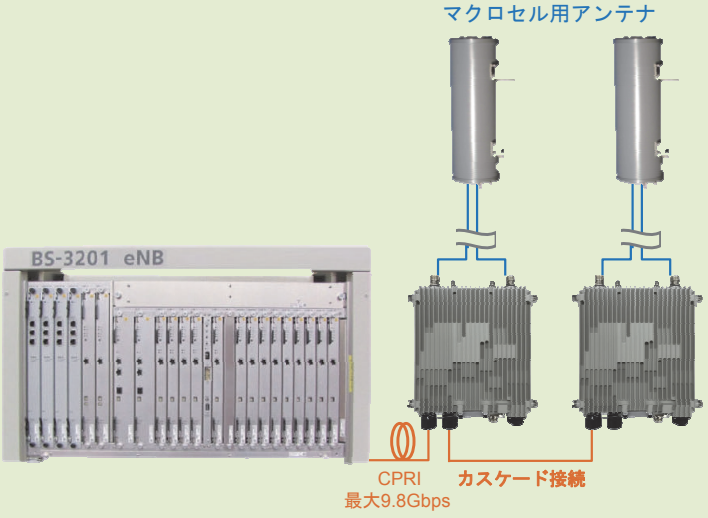
都市中心部／都心部など，人が多く集まる場所では，大容量化のためにスモールセルによるエリア展開が適している．スモールセルではマクロセルと比較してMIMO効果が期待できるという利点を活かし，SREの送受信系統数は4とし，1台でMIMOの高度化による伝送速度の向上を可能とした．また，スモールセルに最適化して装置当りの最大送信電力を3.84Wに抑えることで4ℓ以下のサイズで実現した．

3.2　RRE

郊外などでは効率的にエリア化を行うために，マクロセルによるエリア展開が適している．マクロセルのエリア半径が最大2km程度であることを考え，最大送信電力を19W／20MHz／ブランチ＊21とした．RREおよびマクロセル用アンテナの設置性を考慮してRRE1台あたりの送受信系統数を2とし，また4送信基地局としても動作可能とするため，2台のRREのカスケード接続に対応した（図4）．

(a)SRE　　(b)RRE

図3　3.5GHz帯対応SRE・RRE外観



CPRI：REとBDE間の回線で使用する標準化された無線基地局の内部インタフェース仕様

図4　カスケード構成による4送信対応

＊19 **帯域通過型フィルタ（BPF）**：特定の周波数帯域を通過させるフィルタ．

＊20 **共用器（DUP）**：送信フィルタと受信フィルタにて構成され，1本のアンテナで送信と受信を共用するための機器．

＊21 **ブランチ**：本稿では，アンテナおよびRF送受信機の総称．

4. FHM

FHMは，フロントホール上の無線信号を最大16分配・合成する機能をもつ．外観を**図5**に示す．

FHMを用いることで，複数の無線装置が1セルとして高密度BDEに収容される（**図6**）．これにより，必要な無線容量が少ない場所のエリア化において，より多くの無線装置を1台の高密度BDEに収容できる．また，FHM配下の全光張出し無線装置が同一セルの無線信号を送受信することから，光張出し無線装置間の干渉や，光張出し無線装置間を端末が移動する際のハンドオーバ（HO：Hand Over）[*22]制御の発生を抑止することができる．なお，本装置は3.5GHz帯の無線装置に加え，既存の周波数帯の無線装置でも利用可能とした．

5. あとがき

本稿では，3.5GHz帯TD-LTE導入

図5　FHM外観

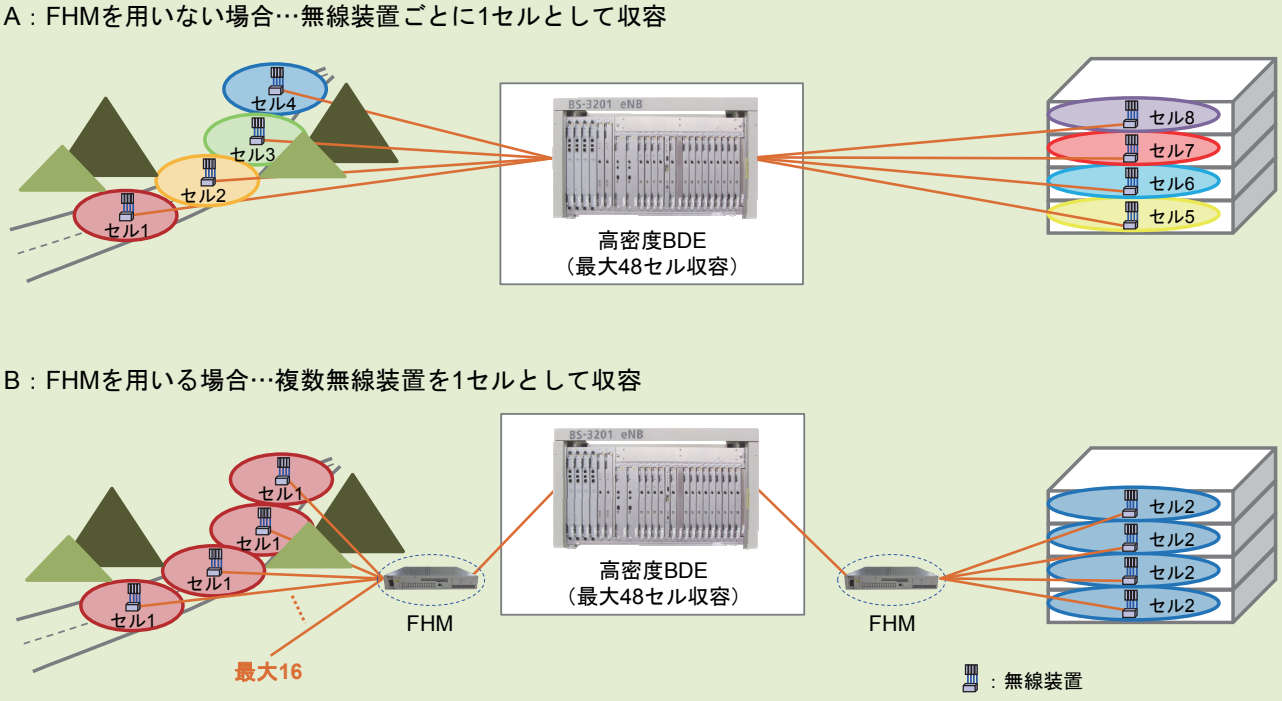


図6　FHMを用いた高密度BDEへの無線装置収容

＊22 ハンドオーバ（HO）：通信中の端末が移動に伴い基地局をまたがる際，通信を継続させながら基地局を切り替える技術．

に向けた高密度BDEのTD-LTE対応，および新規に開発した3.5GHz帯対応SRE/RREとFHMについて，その概要を解説した．今後はMIMO高度化，変調多値化，CAの同時利用バンド数の拡大などにより，引続きPREMIUM 4Gのさらなる進化に向けて開発を進める．

文　献

[1] 吉原，ほか："高度化C-RANアーキテクチャを実現する無線装置およびアンテナの開発，"本誌，Vol.23，No.2，pp.19-24，Jul. 2015.

[2] 島津，ほか："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，"本誌，Vol.18，No.1，pp.20-25，Apr. 2010.

[3] 内野，ほか："さらなる高速大容量化を実現するキャリアアグリゲーション高度化およびDual Connectivity技術，"本誌，Vol.23，No.2，pp.35-45，Jul. 2015.

[4] 横手，ほか："3.5GHz帯TD-LTE導入に向けた高精度時刻同期ネットワーク装置の開発，"本誌，Vol.24，No.2，pp.18-26，Jul. 2016.