

# 第3世代携帯電話システムの Evolution

近藤 誠司・岩崎 玄弥  
武次 将徳・佐藤 俊文

## 要 旨

携帯電話は第2世代から第3世代への移行が進んでいます。同時に、第3世代の長期的な発展の観点から、30～100Mbpsの高速なマルチメディアサービスの実現をめざす3G RAN Long-Term Evolution (LTE)の研究が進められています。本稿では、このLTEの通信方式とネットワーク構成の要素技術とNECの取り組みについて説明します。

## キーワード

● LTE ● OFDMA ● SC-FDMA ● Evolved UTRAN

## 1. はじめに

2001年10月に日本でサービスを開始した第3世代携帯電話システム(W-CDMA)は、現在では欧州、北米、アジア地域の42ヵ国で100以上の携帯電話事業者によりサービスが開始されています。W-CDMAの標準化を進める3GPPでは、第3世代の短・中期的な発展としてHSDPA (High Speed Downlink Packet Access)やHSUPA(High Speed Uplink Packet Access)を検討しています。また、2004年11月には長期的な発展を検討する必要性が高まり、“3G RAN Long-Term Evolution (LTE)”と称するワークショップがカナダ・トロントで開催されました。この時、2006年6月までに基本検討を、2007年6月に標準仕様を完成させることが合意されました。2005年6月には要求条件(表1参照)が合意され、現在、各検討グループで、具体的な技術検討が進められています。

表1 要求条件

ピーク・データ速度	下り方向:100Mビット/秒 上り方向:50Mビット/秒
接続時間	50～100m秒以下
伝送遅延	5m秒以下
周波数利用効率	下り方向:HSDPAの3～4倍 上り方向:HSUPAの2～3倍
周波数帯域幅	1.25MHz、2.5MHz、5MHz、10MHz、15MHz、20MHz

## 2. 通信方式

### 2.1 多重アクセス方式

LTEの多重アクセス方式は、主に以下の4つの方式が比較検討されました。

- ① DS (Direct Spread)-CDMA(WCDMA)の広帯域化
- ② MC (Multi Carrier)-CDMA
- ③ OFDMA
- ④ SC (Single Carrier)-FDMA

まず、下り方向については、端末の受信回路を小さくするため、マルチパス環境での広帯域信号受信や高速化のためのMIMO受信を、簡単な回路により良好な特性で実現できるOFDMAが選択されました。DS-CDMAは広帯域化するとRAKE合成では良好な受信特性が得られにくくなります。MC-CDMAは複数のRAKE合成回路が必要となり、SC-FDMAは等化器が必要で、いずれも回路規模が増大します。

次に上り方向ですが、OFDMAは変調波のPAPR (Peak to Average Power Ratio)が大きいため端末の送信アンプの効率が低下し、最大送信電力が低下する(=セル半径が縮小する)または消費電力が増大する、という問題があります。そのため、基地局の回路規模は多少増大しますがPARを小さくできるSC-FDMAが選択されました。SC-FDMAを適用することにより、上り方向もセル内ユーザ直交化を行うことができる利点があります。なお、回路規模については、周波数軸上での等化を

適用することにより比較的小さく抑えられると考えられ、様々な方式を検討中です。

また、OFDMA・SC-FDMAとも、周波数軸および時間軸でスケジューリングが可能となり、周波数利用効率を向上することができます。

## 2.2 フレーム構成の各種パラメータ

上り・下りで多重アクセス方式は異なりますが、フレーム構成の各種パラメータは、表2のようにできるだけ共通となるように考えられています。

サブフレーム長は、伝送遅延を小さくしセル・スループットを向上させるため、HSDPA/HSUPA(2msec TTI)の1/4の0.5msecという値が選択されました。

CP長はガードインターバルに相当し、遅延スプレッドとして1~1.5km程度に対応するため、4~5usec程度という値が適用されています。なお、下りについては、MBMS (Multimedia Broadcast and Multicast Service) などの放送信号を、端末が複数セルから同時に(空間合成して)受信可能とするため、5kmの伝播遅延差に相当する16.7usecという値も定義されています(この場合はサブフレーム当たりのシンボル数が異なるフレーム構成になります)。

シンボル長は、OFDMAの場合サブキャリア間隔の逆数となります。CPによるオーバーヘッドを小さくするためには大きい方が有利ですが、FFTの点数が大きくなり、またサブキャリア間隔が小さくなると周波数誤差による劣化を招くというトレードオフがあります。そこで、オーバーヘッドが7.5%程度となる66.7usec(15kHz)が選ばれました。上りについては、ユーザごとにパイロット信号を挿入する必要がありますが、パイロット

表2 各種パラメータ

項目	下り	上り
アクセス方式	OFDMA	SC-FDMA
サブフレーム長	0.5msec	
CP(Cyclic Prefix)長	4~5usec (Short CP) 16.7usec (Long CP)	4~5usec
シンボル長/ブロック長	66.7usec	66.7usec (Long) 33.3usec (Short)
<サブキャリア間隔>	<15kHz>	
シンボル数(サブフレーム当たり)	7 (Short CP) 6 (Long CP)	6 × Long Block + 2 × Short Block

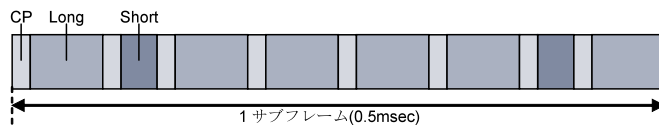


図1 上りサブフレーム構成

信号としてShort Blockをサブフレーム当たり2カ所に挿入する構成としています(図1参照)。

## 3. ネットワーク構成

LTEのネットワーク構成は、3GPP会合においてevolved UTRAN architectureとして活発な議論が行われました。

3GPP会合では、表1で示した要求条件を満たすarchitectureとして、図2のような機能配置とする方向で議論が進みました。なお、図中では、LTEに必要なとされる機能と配置候補の装置との関係を矢印で示しています。

いくつかの機能に関して、無線基地局であるevolved NodeB (eNodeB)上で実現すべきか、コアネットワーク(CN)装置であるaccess gateway (aGW)上で実現すべきかの意見が分かれてきましたが、以下の2つの構成案に大半の標準化メンバーの支持が集まりました。

構成案1

- ・aGW: Connection Mobility Control, RRC “Upper Part”, ARQ
- ・eNodeB: 上記以外の機能

構成案2

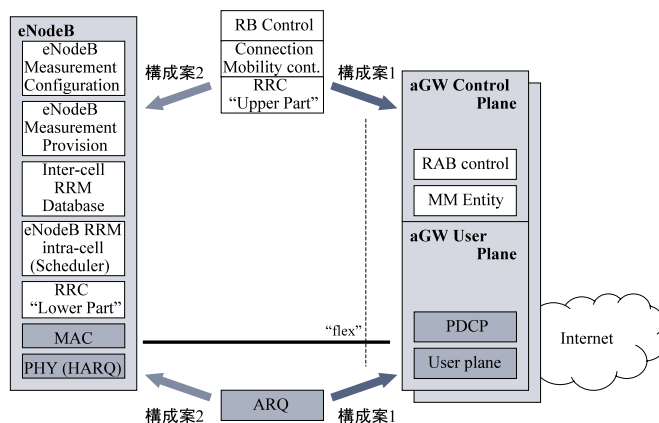


図2 evolved UTRAN architecture

表3 構成案1,2の技術的特徴

項目	構成案1	構成案2
伝送遅延	再送制御機能をaGWに配置しているため、再送時の遅延が大きい	再送制御機能をeNodeBに配置しているため、再送時の遅延が小さい
呼接時間	装置間の制御信号送受が多く、接続時間が長い	装置間の制御信号送受が少なく、接続時間が短い
無線資源管理制御	無線基地局をまたがる制御が容易であり、無線資源の効率的な利用が可能	無線基地局をまたがる制御を行わないため、無線基地局間の調整が困難

- ・aGW: Connection Mobility Control
- ・eNodeB: 配置が未確定な全機能

表3に構成案1,2の技術的特徴をまとめています。

NECは、構成案2が、エンドユーザの体感する高速伝送や低接続遅延を実現可能であると考え、数多くの提案を行いました。様々な議論を経て、2006年3月に開催された3GPP会合において、LTEのネットワーク構成として構成案2が採用されることになりました。

NECでは、構成案2のさらなる改善を図るため、図3に示すようなevolved UTRAN architectureを想定し、multi-cell RRM server (以下、MR server)の研究開発を行っています。

MR serverは、複数の無線基地局・無線チャンネルに関する情報を集約し、無線基地局間にまたがるハンドオーバを効率的に実施し、異なる無線基地局が使用する無線チャンネル間の干渉を低減させ、加入者容量の増加をめざす装置です。

NECは、MR server機能を実現するために、様々な方式の検討を行っており、検討結果をもとに、積極的に標準化貢献を行っていく予定です。

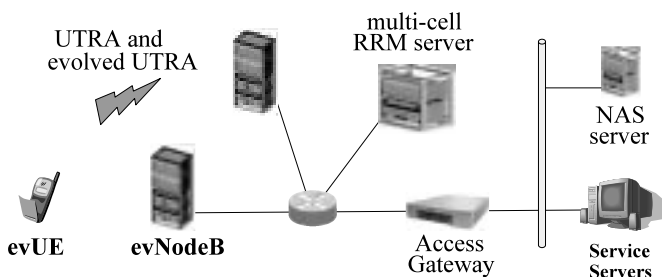


図3 MR serverを含んだevolved UTRAN architecture

#### 4. むすび

今回は、LTEに求められる要件を概観し、それを実現するため通信方式とネットワーク構成の要素技術、NECの取り組みについて説明しました。

NECは、これまでに培った移動通信・ネットワーク技術をベースとして、標準化で数多くの提案を行うとともに、第3世代システムからフレキシブルに移行できるシステムをお客様に提案してまいります。

#### 執筆者プロフィール

近藤 誠司  
モバイルネットワーク事業本部  
モバイルRAN事業部  
モバイルネットワークエキスパート

岩崎 玄弥  
モバイルネットワーク事業本部  
モバイルRAN事業部  
ベースバンド技術エキスパート

武次 将徳  
モバイルネットワーク事業本部  
モバイルRAN事業部  
グループマネージャー

佐藤 俊文  
モバイルネットワーク事業本部  
モバイルRAN事業部  
シニアアーキテクト