

## LTEのさらなる発展 — LTE Release 9 —

現在ドコモでは、次世代移動通信システムの規格であるLTEの商用化に向け、3GPPで策定されたLTE Release 8仕様に準拠したシステムの開発・試験に取り組んでいる。3GPPでは、LTEのさらなる機能の高度化を図るため、フェムト基地局の無線制御や無線ネットワーク自己最適化などのRelease 8の拡張機能、位置情報サービスや同報配信サービスなどの新規機能をRelease 9仕様として策定し、2010年春にリリースを予定している。ドコモは、要求条件の取決めや技術提案を多数行うとともに、仕様文書の作成でレポートやエディタを務めるなど、Release 9の標準化活動に積極的に貢献しており、商用システムの高機能化や経済化に有益な機能の国際標準化を推進している。

### 1. まえがき

次世代移動通信システムの無線アクセス方式として、LTEが国際標準仕様策定団体である3GPPにて規格策定されている。そのRelease 8版の仕様は、2009年3月に完成した[1]。ドコモは、無線ネットワークの高効率化、高機能化、経済化を実現するために、2004年の基本コンセプト提案時から、積極的にLTEの標準化に寄与している。また、3GPPにおけるLTE標準化推進のレポート（仕切り役）を担い、その核となるいくつかの重要な仕様のエディタも務めている。さらに、要求条件の取決めや、それを実現する技術の提案、仕様文書の作成など、LTEの標準化推進に大きく

貢献している。

LTE Release 8では、OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) に基づく下りアクセス方式と、SC (Single Carrier)-FDMA に基づく上りアクセス方式、レイヤ2再送制御、発着信制御やハンドオーバー制御など、移動通信システムの核となる制御方式が規定され、従来のW-CDMA方式と比べて周波数利用効率が3~4倍と大幅に向上している。

LTE Release 8仕様に基づく商用システム開発が世界各国で進む中、3GPPでは、LTEのさらなる性能向上や機能拡張に向けた仕様の改版が進められている。そして、LTE Release 9の仕様が、2010年春には標準化完了する予定である。ドコ

無線アクセス開発部

いわむら みきお  
岩村 幹生

ウメシュ アニール

ウリ A. ハプサリ

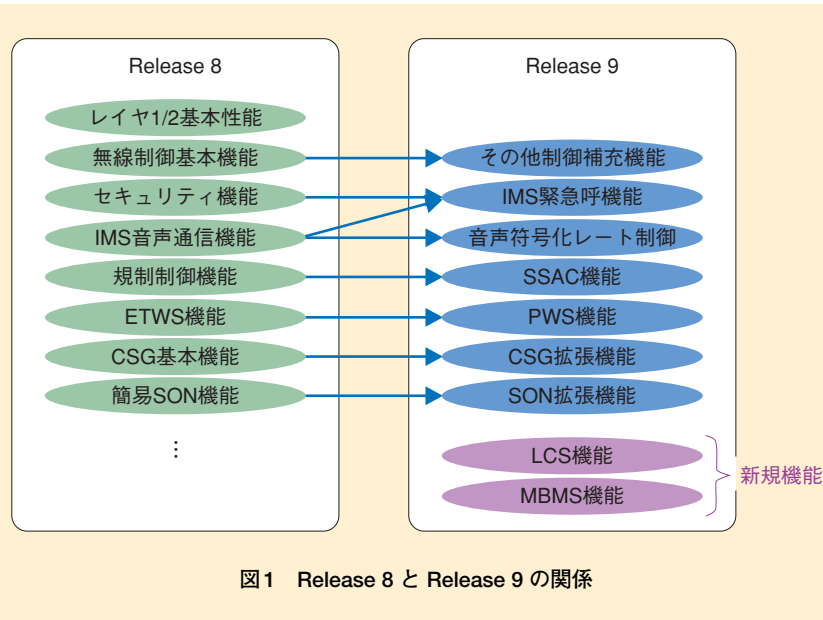
もも、多様なサービスをLTEという共通の基盤で提供し、ネットワークの効率化を実現するために、Release 9仕様の標準化推進に積極的に寄与している。LTE Release 8とRelease 9の関係を図1に示す。LTE Release 9は、Release 8で提供される基本機能のさまざまな拡張のほか、位置情報サービスや同報型配信サービスを実現するための基盤機能などが提供されている。

本稿では、LTE Release 9仕様にて導入された主要機能について解説する。

## 2. CSG 機能の拡張

### 2.1 背景

LTE Release 8では、特定ユーザにのみセルへのアクセス権を許



容するCSG（Closed Subscriber Group）と呼ばれる機能が提供されている。例えば、家庭に設置するフェムト基地局<sup>\*1</sup>（HeNB：Home eNodeB）において、家族にのみアクセス権を許容する、といった用途が想定される。

本機能によれば、移動端末（UE）は、アクセス権のあるCSG IDのリストを保持しており、CSGセルが報知するCSG IDが、そのリストに含まれるか否かに基づき、アクセス権の有無を判定する。アクセス権のないCSGセルは、当該UEにとって在圏や接続先の候補とならないが、Release 8では、このようなCSGを意識した制御は、非通信時（RRC\_IDLE）にのみ可能であった[2]。

また、Release 8では、UEはアクセス権のあるCSGセルについては、周辺にみえるセルの物理セルID（PCI：Physical Cell ID）<sup>\*2</sup>、GPS情報など任意の情報であるFingerprint情報を保持し、これに基づきCSGセルのサーチを行い、在圏する方式となっている。

## 2.2 Hybrid型アクセス

Release 8におけるCSG機能は、CSGに属する特定ユーザのみがアクセス権を有するものであった。しかし、このような「Closed型」のセルは、干渉問題を生じるため、電波の隔離が十分に行える閉空間など、利用範囲が限定されてしまう。

これに対して、Release 9では、

「Hybrid型」と呼ばれるモードが提供されている。Hybrid型のセルでは、CSG IDとともに、1 bitのフラグにて、CSGに属さないユーザにも開放されたセルであることが報知される。Release 9のUEは、これらのセルを、CSGに属する場合はCSGセル、属さない場合は通常のマクロセルと同様に扱う。よって、CSGに属さないUEであっても、これらのセルを利用することができる。CSGに属する場合は、Fingerprint情報に基づくCSGセルサーチ機能、待受セルとしてCSGセルが優先される制御やHybridセルで通信を行う際のQoS優先制御などが適用される。なお、Release 8のUEはHybrid型のセルをすべて通常のマクロセルとみなすためセルを利用することはできるが、CSGセルとして認識することができない。

このようなHybrid型のセルは、例えばオフィス、学校や公共施設における無線システムにおいて、CSGに属する従業員や生徒には特別なサービスやQoSを特別な料金で提供し、CSGに属さない来客や部外者には通常と同様なサービスを提供する、といった用途が想定されている。

## 2.3 通信中ハンドオーバー

前述のとおり、Release 8では、アクセス権を意識した制御は、非通信時（RRC\_IDLE）にのみ可能で

\*1 フェムト基地局：半径数十メートル程度の極めて小さいエリア（フェムトセル）をカバーする超小型基地局。

\*2 物理セルID（PCI）：物理的なセル識別子。LTEでは504通りのPCIが繰り返し利用される。

# Standardization

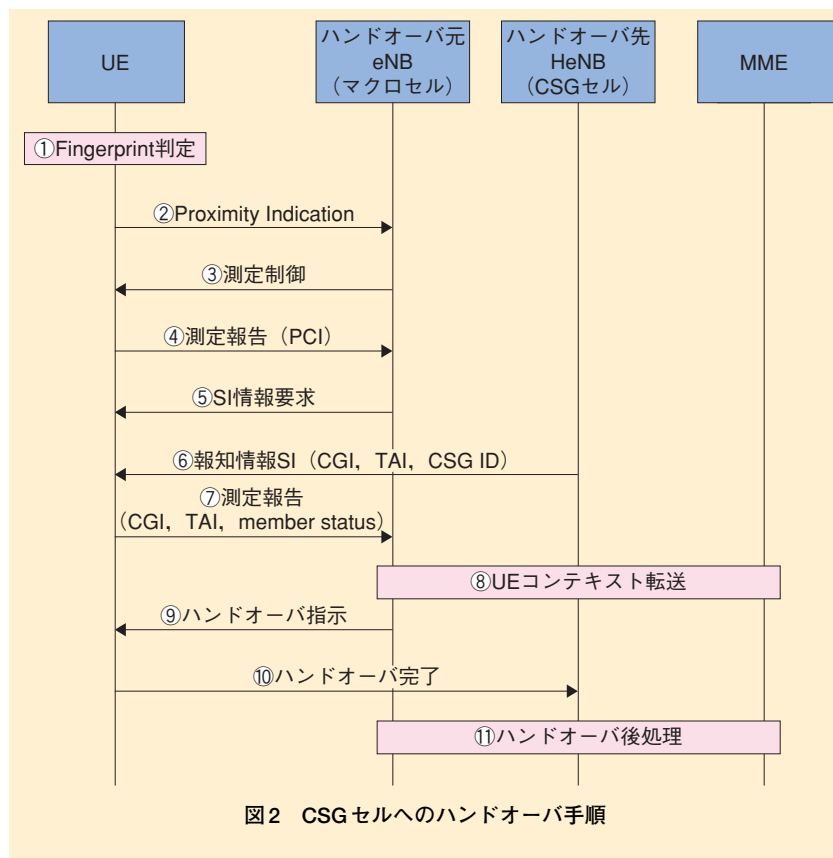
あった。すなわち、アクセス権を意識した通信時のハンドオーバー制御はサポートされていない。一方、Release 9では、これが可能となっている。

また、Release 8では、同一PCIを用いたCSGセルがマクロセルの周辺に複数存在した場合に、UEからの測定報告に含まれる周辺のCSGセルのPCIだけでは、ハンドオーバー元となる基地局 (eNB) 側でハンドオーバー先となるCSGセルを一意に特定できない課題 (PCI confusion) があった。特に今後、家庭用など

のHeNBが多数設置された場合に、この課題は顕著な問題となる。この課題を、解消できる機能がRelease 9にて提供されている。

Release 9にて実現される、CSGセルへの通信中ハンドオーバーの手順を図2に示す。まず、UEは、Fingerprint情報に基づき、アクセス権のあるハンドオーバー先候補のCSGセルの近傍に入ったことを検知した場合、Proximity Indication<sup>\*3</sup>と呼ばれるメッセージ[3]を送信する(図2①②)。これに対して、ハンドオーバー元であるeNBはCSGセルの

測定に必要な制御情報を設定する(図2③)。そして、UEが測定報告によりハンドオーバー先候補のCSGセルのPCIを報告すると(図2④)、ハンドオーバー元eNBは当該PCIがHeNBのものであるか否かを識別し、UEに対してCSGセルのSI (System Information) の報告を要求する(図2⑤)。UEは、ハンドオーバー先のCSGセルの報知情報を受信し(図2⑥)、受信したSIに含まれるCGI (Cell Global Identity)<sup>\*4</sup>、TAI (Tracking Area Identity)<sup>\*5</sup>およびCSGに属するか否かを表すmember statusをeNBに報告する(図2⑦)。eNBは、UEから報告されたCGI、TAIにより、ハンドオーバー先のHeNBを一意に特定することができ、UEコンテキストの転送が可能となる(図2⑧)。eNBは、ハンドオーバー指示をUEへ送信し(図2⑨)、UEから完了報告を受けてハンドオーバー後処理を行う(図2⑩⑪)。また、member statusに基づき、UEが当該CSGに属するか否かの確認をコアネットワーク (CN) に対して要求することができ、CNではこれらの情報を基に2.2節で示したCSG制御を行う。



## 3. 自己最適化機能拡張

ドコモでは、無線ネットワークの品質向上のため、無線パラメータの設計や最適化などを日々行っている。常に最適な状態で無線

\*3 Proximity Indication：UEがアクセス権のあるCSGセルの近傍に入ったことをeNBに通知するためのメッセージ。

\*4 CGI：全世界でセルを一意に識別できる識別子で、各セルから報知される。

\*5 TAI：LTEで位置登録を行うエリア単位、1つ以上のセルで構成され、各セルから属するTAIが報知される。



ネットワークを効率的に運用するために、自動で最適化を行うネットワーク自己最適化機能 (SON: Self Organizing Networks)<sup>\*6</sup>[4]が有益となる。Release 9では、特にネットワーク初期導入時に有益な機能を中心に、いくつかの自己最適化機能が標準化されている。

### 3.1 ロードバランシング

本機能は、eNB間の負荷状況に応じてハンドオーバーやセル選択のパラメータを最適化することで、負荷分散を図るための機能である。

eNB間で調整に必要な負荷情報を交換する手順ならびにハンドオーバー関連のパラメータを交換する手順が規格化されている。ただし、これらの情報を使って、各eNBでパラメータをどのように調整するかは実装依存である。eNB間では、次の負荷情報が交換可能となっている。

- ・LTEにおける時間周波数リソースの割当て単位であるPRB (Physical Resource Block)の使用数
- ・アクセスネットワークノードをコアネットワークにつなぐ伝送リンクであるバックホールの負荷
- ・eNBハードウェアの負荷
- ・セルの相対的な容量を示す指標であるセル容量クラス

なお、LTE内のeNB間のバランシングだけでなく、無線アクセス方式の異なる3GPPシステム間のバランシングもサポートされている。

### 3.2 モビリティ最適化

本機能は、ハンドオーバーが失敗した場合に、この事象をネットワークにて検出してパラメータを調整し、モビリティに伴う無線コネクション切断のリスクを最小化することを目的に規格化された機能である。

LTEでは、ネットワーク制御によるハンドオーバーが失敗した場合、UEがセル選択を行い、選択されたセルに対して再接続手順が試行される。このとき、再接続要求メッセージにて、接続元セルのPCIなどが報告される。この情報に基づき、再接続先のeNBと接続元のeNBとの間でネットワークインタフェース<sup>\*7</sup>を介して切断事象の情報をやりとりすることで、ハンドオーバーのしきい値やタイミングを調整する。

例えば、ハンドオーバーの実施が早すぎた場合、ハンドオーバー失敗後、UEがハンドオーバー元のセルにて再接続することが想定される。一方、ハンドオーバーが遅れた場合、ハンドオーバー失敗後、UEがハンドオーバー先のセルにて再接続することが想定される。また、ハンドオーバー失敗後、UEが他のセルで再

接続する可能性もある。これらの事象をネットワーク側にて分析し、eNB間で情報交換することで、ハンドオーバー制御にかかわるパラメータの調整を行うことができる。

### 3.3 ランダムアクセス最適化

本機能は、ランダムアクセスチャンネル (RACH: Random Access Channel)<sup>\*8</sup>のパラメータ最適化を目的に規格化された機能である。

RACHの負荷が高い場合、UE間のRACH衝突確率が增大するため、ランダムアクセスが成功するまでに必要なRACH送信回数が増大し、接続遅延が増大する。一方、RACHは専用の上り無線リソースを確保する必要があるため、必要以上にRACH本数を設定すると、上り無線リソースが無駄になる。これらの課題を解決するため、負荷状況に応じたRACH本数の最適化が重要となる。

Release 9では、RACHの最適化を補助するために、UEから、最後に行ったランダムアクセス手順に関して、ランダムアクセス成功までに要したRACH送信回数とRACH衝突検出の有無の情報を、eNBへ報告する手順がサポートされている。

## 4. 位置情報サービス (LCS) 機能

LTE Release 9では、LCS (Location Service) 機能が導入され、次の

\*6 ネットワーク自己最適化機能 (SON) : eNB設置時の自動設定やパラメータの自動最適化などを含む、無線ネットワーク自己最適化機能の通称。

\*7 ネットワークインタフェース: LTEでは、eNB間のX2インタフェース、eNBとMMEの間のS1インタフェースがある。ここではeNB間のインタフェースをいう。

\*8 ランダムアクセスチャンネル (RACH) : 上り方向の共通チャンネル。各ユーザが独立に信号をランダムに送信することにより、1つのチャンネルを複数ユーザで共通に使用する。LTEでは6 bitのプリアンプルのみが送信される。

# Standardization

3種類の測位方法がサポートされている。

①A-GNSS (Assisted-Global Navigation Satellite System)

UEが測位したGPS測位情報に対して、ネットワークで取得したGPS衛星情報を利用して補正を行う測位方法。最終的な測位結果は、ネットワーク側の測位サーバで演算したものとUE側で演算したものの2種類がある。

②OTDOA (Observed Time Difference of Arrival)

複数のeNBから受信したパイロット信号の時間差から距離を算出し、双曲線の交点から測位を行う方法。

③E-CID (Enhanced-Cell ID)

報知されるセルIDに加えて、送受信タイミング差から算出する片道伝搬遅延や信号の到来角度 (AoA : Angle of Arrival) から測位を行う方法。

Release 9のLCS機能は、制御プレーンのプロトコルとして実現されており、専用プロトコルであるLPP (LTE Positioning Protocol) [5]とLPPa (LPP annex) [6]が規定されている。

LPPは、UEと測位サーバ (E-SMLC : Enhanced Serving Mobile Location Centre) 間で終端されるプロトコルで、eNBと交換局

(MME : Mobility Management Entity) には透過である (図3)。一方、LPPaは、eNBとE-SMLC間で終端されるプロトコルで、MMEには透過である。

Release 9のLCS機能は、GERAN (GSM EDGE Radio Access Network) \*9やUTRA (Universal Mobile Telecommunications System Terrestrial Radio Access) \*10で提供される従来のLCS機能に比べて、測位サーバがコアネットワークに配置される。このため、例えばOMA SUPL (Secure User Plane Location) のような3GPP以外の標準規格の測位プロトコルをLPP上で伝送可能であるという特長がある。

## 5. 同時配信サービス (MBMS) 機能

LTE Release 9で導入されたもう1

つの機能として、MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) がある。MBMSとは、同報型配信を実現するベアラサービスであり、ある情報に興味のあるエリア内の全UEに対して、共通のベアラにて一斉にその情報を配信する伝送方式である。UTRAでは、すでにRelease 6においてMBMSを提供するための仕組みが標準規定されている。

LTE Release 9では、複雑な制御を伴わないMBMSの基本的な機能のみが規定されているが、主な特長として、MBSFN (MBMS Single Frequency Network) 送信方式のサポートが挙げられる。これは、MBSFNを構成する複数のeNBが、同一信号を一斉同期送信することで、UEが各eNBから送信された信号をRF (Radio Frequency) 合成で

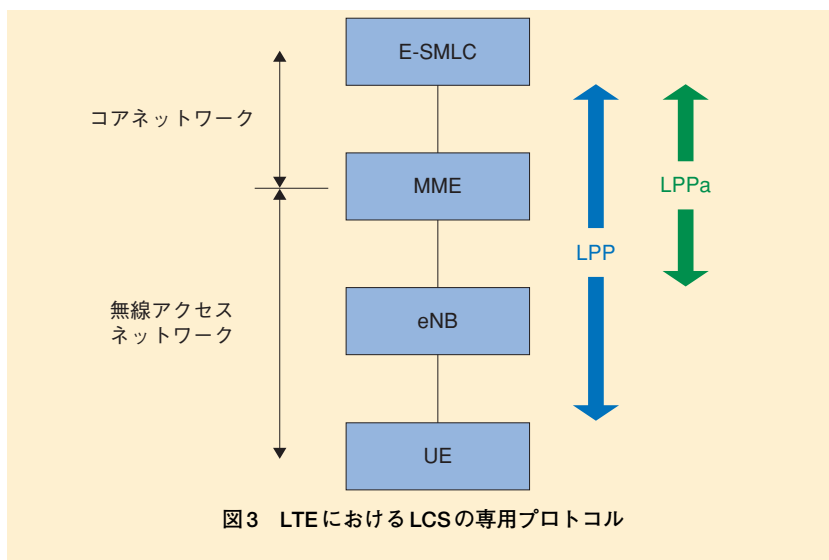


図3 LTEにおけるLCSの専用プロトコル

\*9 GERAN : GSM無線伝送方式をもつ3GPPの無線アクセスネットワーク。  
 \*10 UTRA : 第3世代の移動体通信方式の規格。W-CDMA方式に基づき、ドコモのFOMAサービスで用いられている。

きる方式である。MBSFN送信を適用することで、エリア内の95%のUEにパケット誤り率1%でデータ配信を行う条件で、3bit/s/Hz以上の周波数利用効率を実現できることが、3GPPでの検討で結論付けられている[7]。

LTEにおけるMBMS基盤の論理アーキテクチャを図4に示す。MBMS GWは、BMSC (Broadcast Multicast Service Center)<sup>\*11</sup>から配信されるMBMSデータを対象eNBにIPマルチキャストにて伝送する機能を有する。MCE (Multi-Cell Multicast Coordination Entity)は、MBSFNを構成するeNB間で、送信

する無線リソースを指定してコンテンツを同期させる役割を有する。MBMS用には、論理チャンネルであるMTCH (Multicast Traffic Channel)、MCCH (Multicast Control Channel) およびトランスポートチャンネルであるMCH (Multicast Channel) が定義されている (図5)。

## 6. その他の機能

### 6.1 IMS 緊急呼

LTE Release 8では、IMS (IP Multimedia Subsystem)<sup>\*12</sup>緊急呼に非対応のため、緊急呼を行う際には、回線交換 (CS: Circuit Switched) ドメイン<sup>\*13</sup>をサポートする他の無

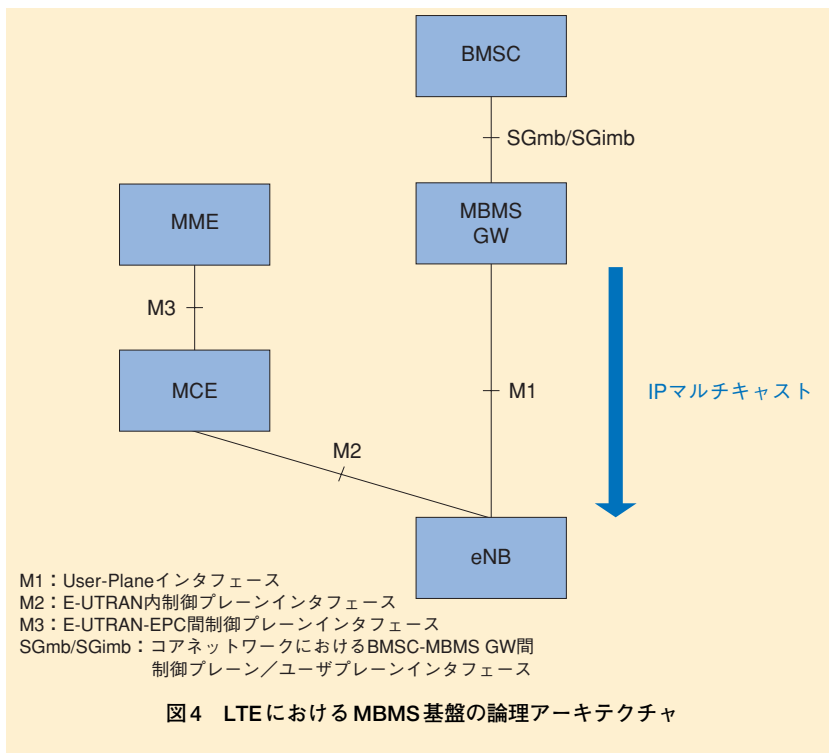
線アクセス方式に切り替える必要があった。そのため、CS fallback<sup>\*14</sup> [8][9]あるいはUEによる自律的なセル選択に頼る必要があった。

LTE Release 9では、在圏中のネットワークにて有効なUSIM (Universal Subscriber Identity Module)<sup>\*15</sup>をもたないUEによるIMS緊急呼をサポートするために、緊急アタッチ手順<sup>\*16</sup> (Emergency Attach) とセキュリティ処理<sup>\*17</sup> (NULL algorithm) が導入されている。また、IMS緊急呼の優先制御が可能となっている。

### 6.2 サービスに応じたアクセス制御 (SSAC) 機能

UTRAの場合、接続されるコアネットワークのドメインにはCSとパケット交換 (PS: Packet Switched) があり、ドメインごとの独立な規制制御を実現すべく、DSAC (Domain Specific Access Control) と呼ばれる機能がRelease 7よりサポートされている。DSACを用いることで、CSドメインを用いる音声呼と、PSドメイン<sup>\*18</sup>を用いるデータ呼との間で独立な規制を適用することが可能であった。

これを用いることにより、例えば災害時には、一般音声呼の規制率を高く設定し、優先呼の疎通を確保しつつ、データ呼はベストエフォートで許容することで、メールや伝言板による連絡手段を提供



\*11 BMSC: MBMSにて伝送するコンテンツが格納され、MBMS伝送の制御を司るネットワークノード。

\*12 IMS: 3GPPで標準化された、固定電話ネットワークや移動通信ネットワークなどの通信サービスを、IP技術やインター

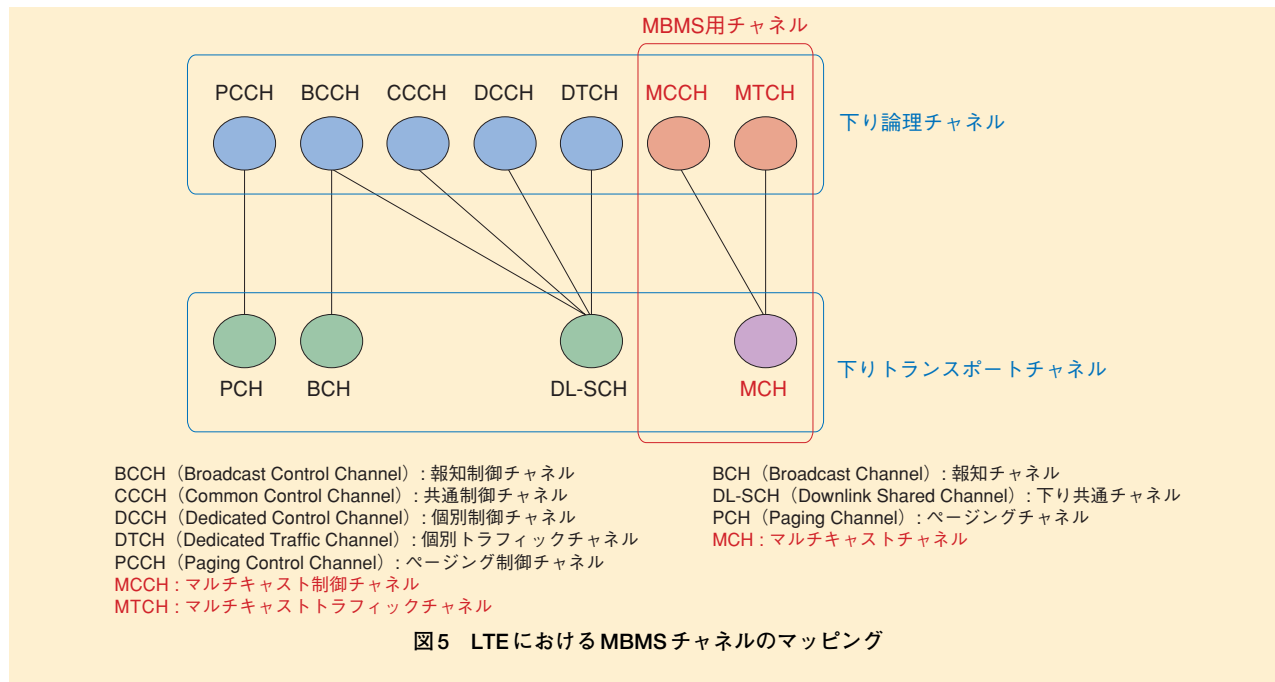
ネット電話で使われるプロトコルであるSIPで統合し、マルチメディアサービスを実現させる通信方式。

\*13 回線交換 (CS) ドメイン: 回線交換 (Circuit Switch) に基づくサービスを提供するネットワークドメイン。

\*14 CS fallback: LTE在圏中に音声などの回線交換サービスの発着信があった場合に、CSドメインのある無線アクセス方式に切り替える手順。

\*15 USIM: UMTSのUEに挿入して用いられる、顧客識別カード上のアプリケーション。

# Standardization



する、といった対応が可能となる。

一方、LTEでは、PSドメインしか存在しないため、DSACは提供されていない。しかしながら、災害時の優先呼や連絡手段の確保は重要であるため、PSドメイン内であっても、サービスに応じた規制制御を可能とする方式が必要となる。このためRelease 9では、SSAC (Service Specific Access Control) と呼ばれる機能が導入され、IMS音声・テレビ電話呼の独立な規制制御が可能となっている。

### 6.3 公衆警報システム(PWS)

PWS (Public Warning System) は、災害時などの緊急速報を伝送するための基盤である。PWSに

は、ETWS (Earthquake and Tsunami Warning System) とCMAS (Commercial Mobile Alert System) が含まれ、それぞれ日本とアメリカでの携帯電話による緊急速報に関する要求条件を満たすために、規定されている。なお、ETWSについてはRelease 8よりサポートされており、その詳細は[10]を参照されたい。

Release 9では、加えてCMASがサポートされ、その配信方式はETWSのそれと類似している。一方で、CMASとETWSでは要求条件が異なることから、次の違いがある。

- ①CMASでは、ETWSにおける Primary Notification<sup>\*19</sup>相当がな

く、ETWSにおける Secondary Notification<sup>\*20</sup>相当のみが存在する。これは、CMASではETWSのような遅延要求がないことに由来する。

- ②CMASでは、同じエリアで同時に64種までの異なる緊急速報を提供できる。ETWSでは同時に複数の緊急速報を提供する要求がなかったため、同一エリアで同時に提供される緊急速報は1つである。ただし、CMAS対応のUEが同時に受信できるCMASメッセージ数は、UEの実装に依存する。

### 6.4 音声符号化レート制御

LTE Release 9では、音声符号化

\* 16 緊急アタッチ手順：USIMをもたないUEがLTE在圏中に緊急呼発信した場合に、ネットワークに接続するための手順。  
 \* 17 セキュリティ処理：通信の秘匿や改ざん防止を行うための処理。USIMをもたないUEは通常の秘匿や改ざん防止の処理

が適用できないため、NULL algorithmを適用する。  
 \* 18 PSドメイン：パケット交換 (Packet Switch) に基づくサービスを提供するネットワークドメイン。

\* 19 Primary Notification：地震、津波などの災害種別を通知する、緊急速報の1次情報。4秒以内の伝送が求められる。  
 \* 20 Secondary Notification：災害時の避難情報などを通知する、緊急速報の2次情報。



レート制御 (Vocoder Rate Adaptation) がサポートされている。

具体的には、IMS VoIPにて適用している音声コーデックがマルチレートに対応している場合に、eNBにおいて音声データのIPパケットヘッダのECN (Explicit Congestion Notification) フィールド[11]を書き換えることにより、無線の品質・混雑度に応じて通信中に音声符号化レートを適応的に制御できる方式である。

無線リンクの通信品質が劣化あるいは無線の容量が逼迫した場合に、eNBがECNフィールドを所定値に書き換えることで、エンド間の音声符号化レートの減少を誘発する方式となっている。

## 7. あとがき

LTE Release 9で導入された主要機能について説明した。LTE Release 8では、移动通信システムの根幹となる制御方式が規定されており、基本的な通信機能が提供されている。Release 9では、さらなる高機能化を実現するために、CSG, SON, LCS, MBMSといった機能が規定・拡張され、LTEを

用いて多様なサービスを提供できるようになった。3GPPでは、すでにRelease 10に向けた議論も開始されており、IMT-AdvancedのITU-R勧告に向けたさまざまな機能拡張が検討されている。例えば、複数のキャリアを同時に用いて通信を行うCarrier Aggregationと呼ばれる機能や、より高度なMIMO伝送方式、レイヤ3レベルでの再生中継を行うRelay方式などが検討されている。

今後もLTE方式のさらなる高性能化や高機能化に向けた標準化活動を推進していく。

### 文 献

- [1] 中村, ほか: “3GPP LTE/SAE 標準仕様完成における活動と貢献,” 本誌, Vol.17, No.2, pp.36-45, Jul. 2009.
- [2] 3GPP TS36.300 V9.2.0: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2,” 2009.
- [3] 3GPP TS36.331 V9.1.0: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Radio Resource Control (RRC); Protocol specification,” 2009.
- [4] 3GPP TS36.902 V9.0.0: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Self-configuring and self-optimizing network (SON) use cases and solutions,” 2009.
- [5] 3GPP TS36.355 V9.1.0: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); LTE Positioning Protocol (LPP),” 2009.
- [6] 3GPP TS36.455 V9.0.0: “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); LTE Positioning Protocol A (LPPa),” 2009.
- [7] 3GPP TS25.912 V9.0.0: “Feasibility study for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) and Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN),” 2009.
- [8] 3GPP TS23.272 V9.2.0: “Circuit Switched (CS) fallback in Evolved Packet System (EPS); Stage 2,” 2009.
- [9] 田中, ほか: “LTEと3G回線サービスの連携を実現するCS Fallback機能,” 本誌, Vol.17, No.3, pp.15-20, Oct. 2009.
- [10] 田中, ほか: “次世代移动通信ネットワークにおける緊急情報の同報配信高度化,” 本誌, Vol.17, No.3, pp.21-26, Oct. 2009.
- [11] IETF RFC3168: “The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP,” 2001.