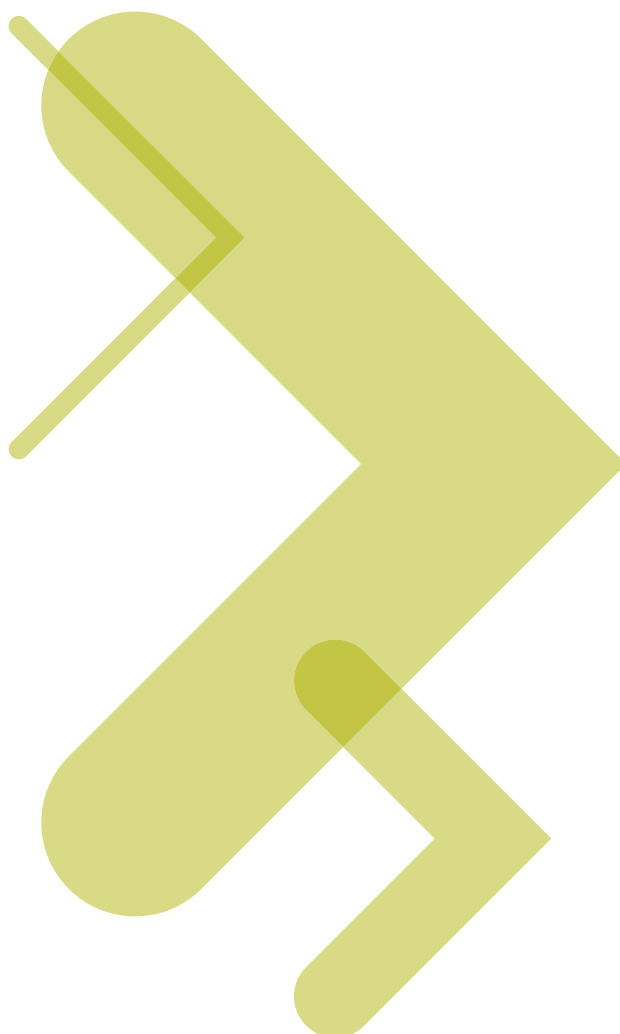




# Long Term Evolution (LTE) 技術概要





## はじめに

近年のモバイルデータ使用量の増大や、MMOG(マルチメディアオンラインゲーム)、モバイルテレビ、Web 2.0、ストリーミングコンテンツなどの新しいアプリケーションの出現が、3rd Generation Partnership Project(第3世代パートナーシッププロジェクト:3GPP)のLong Term Evolution (LTE)への取組みに刺激を与えてきました。LTEは、現在モバイル加入者全体の85%以上を占めるGSM/EDGEやUMTS/HSxPAのネットワーク技術をこれまで実現してきたモバイルネットワーク技術体系の最新の標準です。LTEは、他のセルラー技術に対する3GPPの競争優位性を保証するものとなるでしょう。

LTEは、Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)と呼ばれる無線アクセスを利用して、エンドユーザースループットとセクター容量を大幅に改善し、ユーザープレーンのレイテンシを短縮することによって、完全なモビリティを備え、大幅に改良されたユーザー体験を実現します。すべてのタイプのトラフィックの伝送に最適なプロトコルであるインターネットプロトコル(IP)に対応して、LTEは、エンドツーエンドのサービス品質(QoS)でのIPベースのトラフィックのサポートを提供する予定です。音声トラフィックは、主としてボイスオーバー IP (VoIP)としてサポートされ、他のマルチメディアサービスとのより良いインテグレーションを実現します。LTEの初期の展開は2010年までに、そしてその1~2年後に大規模な商用展開が予定されています。

Release 99 UMTSアーキテクチャの中で提供されたHSPA(High Speed Packet Access)とは異なり、3GPPはE-UTRANをサポートする新しいパケットコアであるEvolved Packet Core(進化型パケットコア:EPC)ネットワークアーキテクチャの仕様を策定しています。これは、ネットワークエレメント数の削減、より簡単な機能、冗長性の改良をもたらしますが、最も重要なことは、他の固定回線や無線アクセス技術への接続とハンドオーバーを可能にし、サービスプロバイダがシームレスなモビリティ体験を提供できるようにしていることです。

このような目標を実現するために、LTEでは直交周波数分割多重方式(OFDM)や多重入出力(MIMO)システム、スマートアンテナなどの物理レイヤー技術に依存する積極的な性能要件が規定されています。LTEの主な目的は、システムとユーザー機器(UE)の複雑さを最小限に抑え、既存および新規の周波数帯域での柔軟な周波数帯域の展開を可能にし、3GPPの他のRadio Access Technologies(無線アクセス技術:RAT)との共存を実現することです。

ほとんどの3GPPと3GPP2のサービスプロバイダがLTEを支持しており、関心を寄せている他の企業とともに、E-UTRAN標準を2007年の第4四半期までに、EPCを2008年第1四半期までに完了させることを目指し、合意しています。

## LTEの性能目標

E-UTRANでは、Webブラウジング、FTP、ビデオストリーミング、VoIP、オンラインゲーム、リアルタイムビデオ、プッシュツートーク(Push-to-Talk)およびプッシュツービュー(Push-to-View)など、様々なタイプのサービスのサポートが期待されています。このため、LTEは、表1の主要な性能基準で示されるように、高いデータ速度と低いレイテンシを実現するように設計されています。UEの帯域幅容量は、送信と受信どちらも最大20MHzになると予想されています。しかし、サービスプロバイダは、この表に挙げられている、どの帯域幅を持ったセルでも配備することができ、これによって、利用可能な周波数帯域の量に応じてサービスを柔軟に設定することや、あるいは、限定された周波数帯域を使用して低い初期コストでサービスを開始し、周波数帯域の容量を追加していくことができるようになります。

このような性能基準とは別に、LTEはまた、UMTSシステムからの逆互換性とコスト効率の高い移行を実現しながらコストと電力消費量を最小化することも目指しています。マルチキャストサービスの強化、エンドツーエンドのサービス品質(QoS)のサポート、およびアーキテクチャのオプションと冗長化機能の数を最小化することも目標としています。

LTEダウンリンク(DL)の周波数帯の効率は、Release 6 HSDPAの周波数帯の効率の3~4倍で、アップリンク(UL)では、Release 6 HSUPAの周波数帯の2~3倍になります。LTE内のハンドオーバー手順では、中断時間を、2Gネットワークの回線交換ハンドオーバーの中断時間に比べて最小限に抑える方針です。さらに、LTEから2G/3Gシステムへのハンドオーバーがシームレスになるように設計されています。

表1. LTEの性能要件

メトリック(測定基準)	要件
ピーク時データ速度	DL : 100Mbps UL : 50Mbps (20MHzの周波数帯の場合)
モビリティのサポート	最大500kmph、 ただし0 ~ 15kmphの 低速度用にも最適化
コントロールプレーンのレイテンシ(アクティブ状態への移行時間)	100ms以下 (アクティブになるまでの アイドル時間)
ユーザープレーンのレイテンシ	5ms以下
コントロールプレーンの容量	セル当たり200ユーザー以上 (5MHzの周波数帯の場合)
カバレッジ (セルサイズ)	5 ~ 100km (30km以遠は低下)
周波数帯域の柔軟性	1.25、2.5、5、10、15、20MHz

## システムアーキテクチャの説明

ネットワークの複雑さを最小限にするために現状で合意されているLTEアーキテクチャを図1 [2、3] に示します。

### 機能要素

このアーキテクチャは、次のような機能要素で構成されています。

#### Evolved Radio Access Network (RAN)

LTE用の進化型RANは、単一ノード、つまりUEとインターフェースをとるeNodeB (eNB)で構成されます。eNBには、PHYsical (物理:PHY)、Medium Access Control (媒体アクセス制御:MAC)、Radio Link Control (無線リンク制御:RLC)およびPacket Data Control Protocol (パケットデータ制御プロトコル:PDCP)のレイヤーがあり、これらのレイヤーは、ユーザープレーンのヘッダー圧縮と暗号化の機能を持っています。eNBはまた、コントロールプレーンにRadio Resource Control (無線リソース制御:RRC)機能も提供します。無線リソース管理、アドミッション制御、スケジューリング、取り決めたUL QoSの実施、セル情報のブロードキャスト、ユーザープレーンとコントロールプレーンのデータの暗号化/解読、DL/ULユーザープレーンパケットヘッダーの圧縮/解凍など多くの機能も実行します。

#### Serving Gateway (SGW)

SGWは、ユーザーデータパケットをルーティングして転送します。同時にeNB間のハンドオーバー中のユーザープレーン用のモビリティアンカー、およびLTEと他の3GPP技術(S4インターフェースを終了し、2G/3GシステムとPDN GW間のトラフィックをリレー)の間のモビリティのアンカーとしても機能します。アイドル状態のUEでは、SGWはDLデータパスを終了し、DLデータがUEに到着した時にページングをトリガーします。SGWはUEのコンテキスト、例えば、IPベアラサービスのパラメータやネットワークの内部ルーティング情報を管理し格納します。また、合法的な傍受の場合のユーザートラフィックの複製も実行します。

#### Mobility Management Entity (MME)

MMEはLTEアクセスネットワークの主要なコントロールノードで、アイドルモードのUEトラッキングおよび再送を含むページング手順を行います。ベアラのアクティベート/ディアクティベートプロセスに関与し、初期アタッチ時点、およびコアネットワーク(CN)ノードリロケーションを含むLTE内ハンドオーバー時点でのUE用のSGWの選択を行います。MMEはHSSとインタラクトしてユーザー認証を行います。Non-Access Stratum (ノンアクセスストラタム:NAS)の信号はMMEで終了し、UEへのテンポラリー IDの生成と割当でも行います。サービスプロバイダのPublic Land Mobile Network (公的地域モバイルネットワーク:PLMN)に入り、

ローミング上の制約を適用するためにUEの権限をチェックします。MMEは、NAS信号の暗号化/インテグリティ保護のためにネットワークの末端にあり、セキュリティキーの管理を行います。信号の合法的な傍受もMMEがサポートします。MMEはまた、LTEと2G/3Gアクセスネットワーク間のモビリティ用のコントロールプレーン機能に、SGSNからMMEで終了するS3インターフェースを提供します。MMEはまた、ローミングUE用のホームHSS向けのS6aインターフェースも終了します。

#### Packet Data Network Gateway (PDN GW)

PDN GWは、UEのためのトラフィックのエグジットポイントとエントリーポイントとなることによって、外部パケットデータネットワークへのUEへの接続を実現します。1つのUEは、2つ以上のPDN GWと同時接続して、複数のPDNにアクセスすることができます。PDN GWは、ポリシーの適用、各ユーザー用のパケットフィルタリング、サポートの課金、合法的傍受およびパケットスクリーニングなどを行います。PDN GWのもう1つの主要な役割は、WiMAXや3GPP2 (CDMA 1X およびEvDO)のような3GPPや3GPP以外の技術との間のモビリティのアンカーになることです。

### 主な機能

#### EPS to EPC

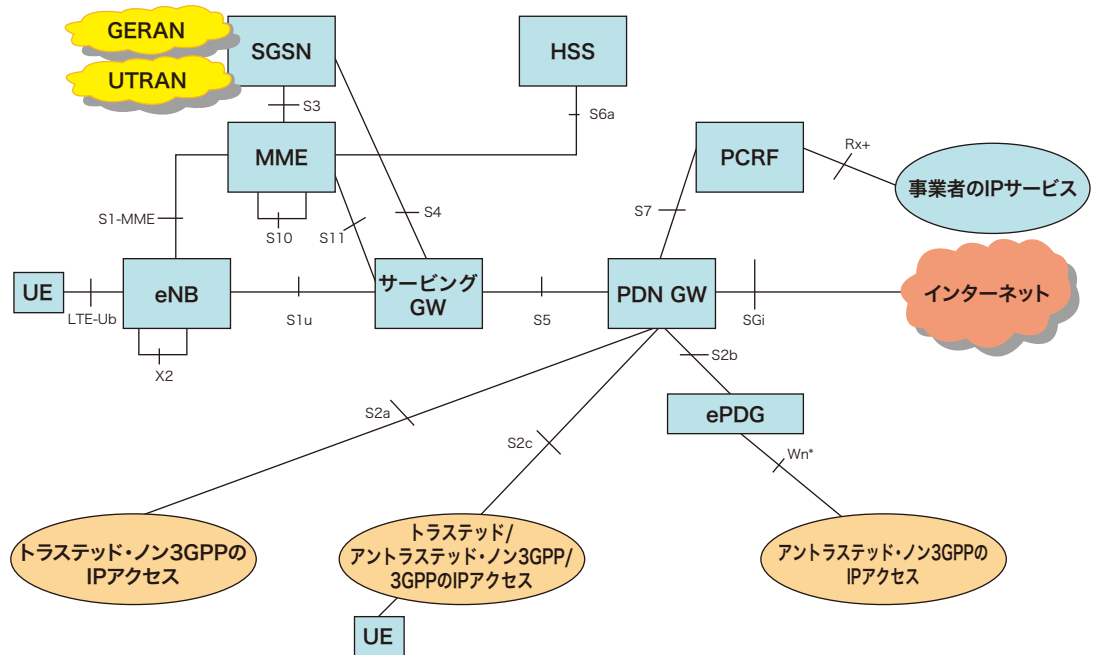
EPSの主要な機能は、コントロールプレーンの機能を実行するネットワークエンティティ(MME)と、ベアラプレーンの機能を実行するネットワークエンティティ(SGW)を、これらの間で定義されたオープンインターフェース(S11)によって分離することです。E-UTRANは、既存のサービスを改善するだけでなく、新規サービスを実現するためにより大きな帯域幅を提供するため、MMEのSGWからの分離は、MMEが信号トランザクション用に最適化されている場合、SGWが広帯域幅パケット処理用に最適化されたプラットフォームをベースにできるということを意味します。これによって、これら2つの要素のそれぞれの規模を個別に決定するだけでなく、よりコスト効率の高いプラットフォームを選択することができます。サービスプロバイダはまた、帯域幅を最適化し、レイテンシを短縮し、障害が集中してある場所に発生しないようにするために、MMEの場所に関係なくネットワーク内のSGWの最適な設置場所を選択することができます。

#### S1-flexメカニズム

S1-flexの概念は、コアネットワーク要素つまりMMEおよびSGWに対して、ネットワーク冗長性およびトラフィックの負荷分散をサポートします。これは、MMEとSGWのプールを作成し、各eNBをプール内の複数のMMEとSGWに接続可能とすることによって実現されます。

## ネットワーク共有

LTEのアーキテクチャによって、サービスプロバイダは、ネットワークの所有と運用のコストを削減することができます。これは、複数のサービスプロバイダがE-UTRAN(eNB)を共有しながら、個別にCN(MME、SGWおよびPDN GW)を持つことによって実現されます。S1-flexメカニズムを使用し、各eNBを複数のCNエンティティに接続することによって可能になります。UEがネットワークにアタッチする場合、UEから送られたサービスプロバイダのIDに基づいて、UEは適切なCNエンティティに接続されます。



(アントラステッド・ノン3GPPアクセスでは、データベースにePDGが必須)

図1. 3GPP LTE用のハイレベルアーキテクチャ(すべてのLTEインターフェースの詳細は付録Aに記載)

### プロトコルレイヤーアーキテクチャ

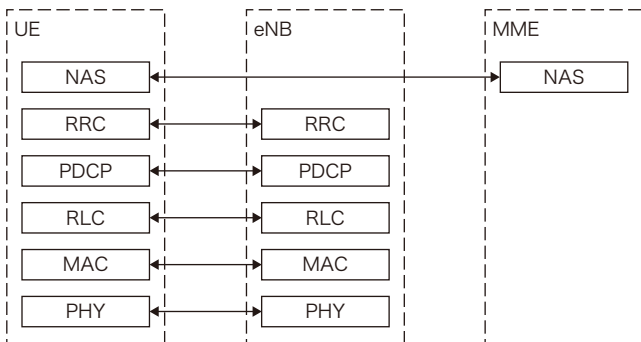


図2. コントロールプレーンのプロトコルスタック

このセクションでは、LTEアーキテクチャ内の様々なプロトコルレイヤーの機能とその場所について説明します。図2と図3はそれぞれ、コントロールプレーンとユーザープレーンのプロトコルスタックを示しています [4]。コントロールプレーンでは、MMEとUE間のNASプロトコルは、ネットワークアタッチ、認証、ベアラのセットアップおよびモビリティ管理のような制御の目的に使用されます。すべてのNASメッセージは暗号化され、MMEとUEによってインテグリティが保護されます。eNB内のRRCレイヤーは、UEから送られた近くのセルの大きさに基づいてハンドオーバーを決定し、「UE over the Air」をバージョンし、システム情報をブロードキャストし、チャンネル品質情報(CQI)レポートのようなUE測定レポートを管理し、セルレベルのテンポラリー IDをアクティブなUEに割り当てます。さらに、ハンドオーバー中に、ソースeNBからターゲットeNBへUEコンテキストを転送し、RRCメッセージのインテグリティ保護を行います。RRCレイヤーは、無線ベアラのセットアップとメンテナンスを行います。

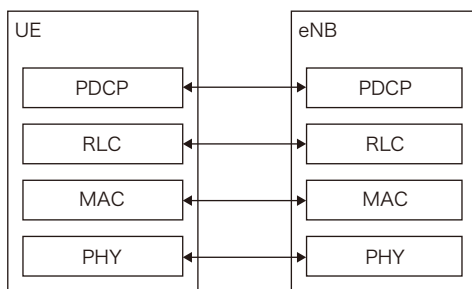


図3. ユーザープレーンのプロトコルスタック

ユーザプレーンでPDCPレイヤーは、ユーザプレーンIPパケットのヘッダーの圧縮/解凍を、Robust Header Compression(強力なヘッダー圧縮:ROHC)を使用して行い、エアインターフェース帯域幅の効率的な使用を実現します。このレイヤーはまた、ユーザプレーンとコントロールプレーンの両方のデータの暗号化も行います。NASメッセージはRRCで運ばれるため、MMEで1回、そしてeNBでもう1回、合わせて2回効率的に暗号化され、インテグリティが保護されます。

RLCレイヤーは、UEとeNBの間で、トラフィックをフォーマットして転送するために使用されます。RLCには、Acknowledged Mode(アクノレッジドモード:AM)、Unacknowledged Mode(アンアクノレッジドモード:UM)またはTransparent Mode(トランスペアレントモード:TM)の3つの異なる信頼性モードがあります。UMモードは、リアルタイム(RT)サービスのトランスポートに適しています。というのは、このようなサービスは、遅延に敏感で再送を待つことができないからです。一方、AMモードは、ファイルのダウンロードのようなNon-RT(非リアルタイム:NRT)サービスに適しています。TMモードが使用されるのは、例えばシステム情報をブロードキャストする場合にPDUサイズが推定される場合です。RLCレイヤーはまた、サービスデータユニット(SDU)を上位レイヤーに順番に配信し、SDUが重複して上位レイヤーに配信されないようにします。また無線の条件に応じてSDUの分割も行います。

さらに、信頼性を実現するための2つのレベルの再送、つまり、MACレイヤーでのHybrid Automatic Repeat reQuest(ハイブリッド自動リピートリクエスト:HARQ)とRLCレイヤーでの外部ARQがあります。外部ARQは、HARQで補正されない残留エラーを処理するために必要です。このHARQは、単一ビットエラーフィードバックメカニズムを使用して簡素化されています。NプロセスのストップアンドウェイトHARQは、DL内の非同期再送およびUL内の同期再送の場合に使用されます。同期HARQとは、HARQブロックの再送が事前設定した定期的間隔で行われることを意味します。従って、受信側に再送スケジュールを示すための明確な信号は必要ありません。非同期HARQは、エアインターフェースの条件に基づく再送を柔軟にスケジューリングします。図4と図5はそれぞれ、DLとUL用のレイヤー2の構造を示しています。PDCP、RLCおよびMACのレイヤーが一緒になって、レイヤー2を構成します。

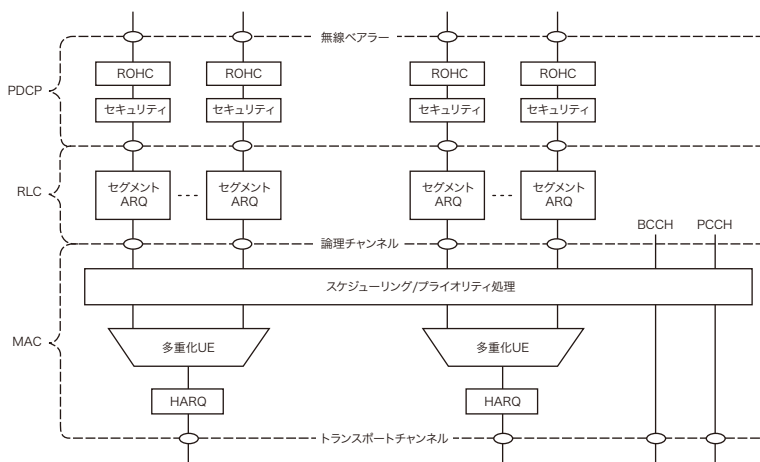


図4: DLのレイヤー2構造

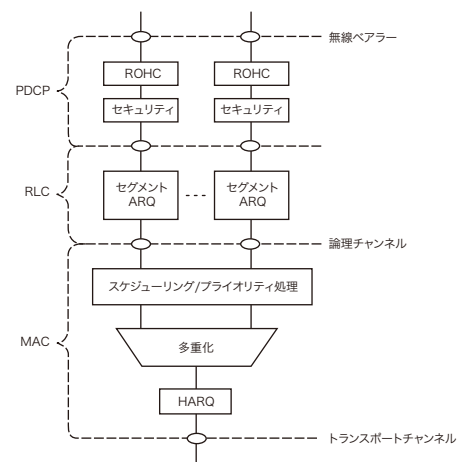


図5: ULのレイヤー2構造

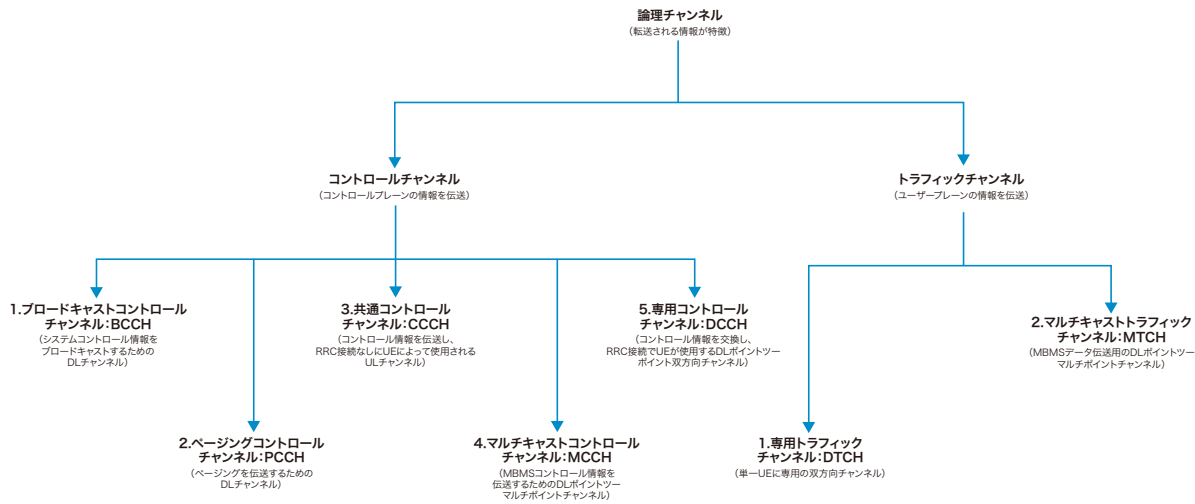


図6: LTE内の論理チャンネル

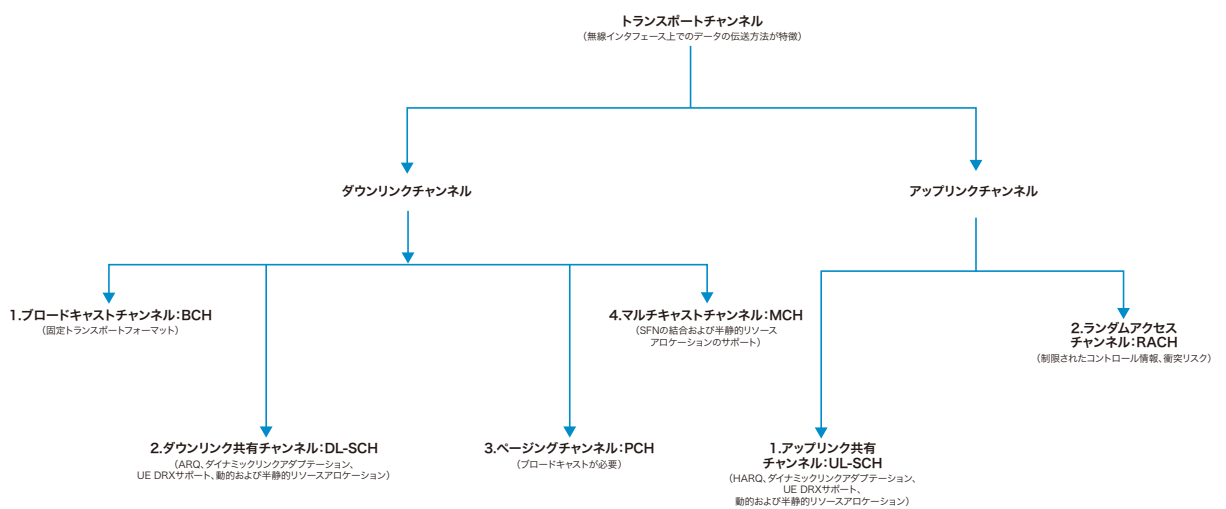


図7: LTE内のトランスポートチャンネル

LTEでは、論理チャンネルとトランスポートチャンネルの数を減らし、マッピングを簡単にするための特筆すべき努力が行われています。LTEの様々な論理チャンネルとトランスポートチャンネルを、それぞれ図6と図7に示します。各トランスポートチャンネルは、無線インターフェース上で伝送される際の特性（例えば、アダプティブ・モジュレーションとコーディング）により区別されます。MACレイヤーは、論理チャンネルとトランスポートチャンネル間のマッピングを行い、複数UE上のDL/ULの様々なサービスを、その優先度に応じてスケジューリングし、最も適切なトランスポートフォーマットを選択します。論理チャンネルは、それによって伝送される情報によって特徴づけられます。論理チャンネルのトランスポートチャンネルへのマッピングを図8に示します [4]。点線で示すマッピングは、現在も3GPPで検討中のものです。

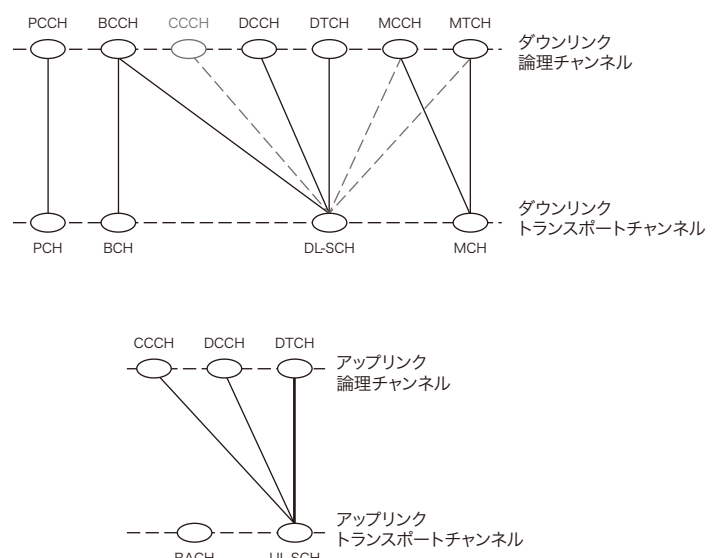


図8: 論理トランスポートチャンネルのマッピング [4]

eNBにおける物理レイヤーは、伝送チャンネルの状況に応じて、Adaptive Modulation and Coding(アダプティブモジュレーションとコーディング:AMC)を使用して、チャンネルエラーに対するデータの保護を行います。また、周波数と時間の同期を維持し、モジュレーションやディモジュレーションなどのRF処理を実行します。さらに、CQIのようなUEからの測定レポートを処理し、上位レイヤーに対して指示を与えます。スケジューリングの最小単位は、1つのサブフレーム(1ms)と12のサブキャリアに対応する時間・周波数ブロックです。スケジューリングは、制御信号数を抑えるために、サブキャリア単位では行われません。QPSK、16QAMおよび64QAMが、E-UTRAでのDLとULのモジュレーションのスキームになります。ULの場合、64-QAMはUEでのオプションです。

UEの複数アンテナは、2つの受信と1つの送信のアンテナ構成(必須)でサポートされます。MIMO(複数入力複数出力)も、基本構成構成となつている2つの送信アンテナによって、eNBでサポートされます。15kHzのサブキャリアスペーシングを使用する直交周波数分割多重アクセス(OFDMA)と単一キャリア周波数分割多重アクセス(SC-FDMA)が、それぞれDLとUL用の伝送方式として選定されています。それぞれの無線フレームは、10msの長さで、10個のサブフレームを持ち、各サブフレームは14個のOFDMシンボルを持っています。このアクセス方式に関する詳細については、参考文献 [4] を参照してください。

### モビリティ管理

モビリティ管理は、ソースセルとターゲットセルの無線技術およびUEの状態を基に分類分けされます。モビリティの観点からは、UEは、図7に示すように、LTE\_DETACHED、LTE\_IDLE、LTE\_ACTIVEの3つの状態のうちの一つです。LTE\_DETACHED状態は通常、一時的な状態であり、UEが電源オンで、ネットワークを検索して登録しようとしている状態のことです。LTE\_ACTIVE状態では、UEはネットワークに登録され、eNBとRRC接続されています。LTE\_ACTIVE状態では、ネットワークはUEが属しているセルを知っており、そのUEからデータを送受信できます。LTE\_IDLE状態は、UE用の電源節約状態で、通常UEはパケットを送受信していません。LTE\_IDLE状態では、UEに関するコンテキストはeNBに格納されません。この状態では、UEの場所は、MMEにおいて認知されるだけであり、複数のeNBで構成されるトラッキングエリア(TA)の精度でのみ認知されます。MMEは、UEが最後に登録したTAを知っており、UEをセルに位置付けるためにページングが必要です。

#### アイドルモードモビリティ

アイドルモードでは、UEは電源節約モードにあり、ネットワークに対して各セルの変化を通知しません。ネットワークは、トラッキングエリア(TA)と呼ばれる複数セルの精度でUEの位置を識別します。UE終端のコールがある場合、このUEは、最後に報告されたTAでページングされます。トラッキングエリアのメカニズムの選定に関しては、3GPPで幅広い検討

が行われました。静的でオーバーラップしないトラッキングエリアが初期の技術、例えばGSMでは使用されました。しかし、ピンポン効果を避け、TAアップデートの負荷をセル全体で分散し、TAアップデートの負荷の合計を削減する新しい技術があります。検討されたメカニズムの候補として、オーバーラッピングTA、複数TAおよび距離ベースのTAなどのスキームがあります。3GPPでは、UEを非オーバーラッピングであると仮定されている複数TAにアサインできることが合意されています。また、TAがLTE用とPre-LTE RAT用で分離されることも3GPPで合意されています。つまり、eNBとUMTS Node-Bは別個のTAに属し、UEが3GPP RATの境界を越える時にネットワークがUEのモビリティを扱うように簡素化されます。

サービスプロバイダは、LTEを段階的に展開していくと思われます。そして、HSDPA、UMTS、EDGE、GPRSなど既存の3GPP技術は今後しばらく残るでしょう。

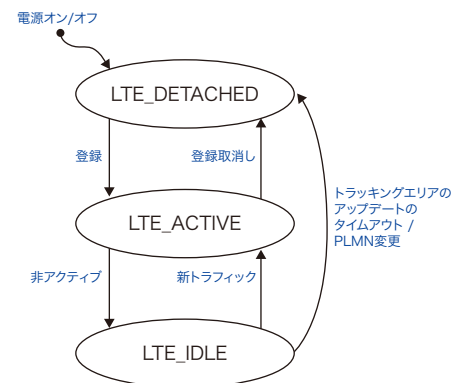


図9: LTEでのUEのモビリティ状態

これらの技術の間には継ぎ目が出てくるでしょう。これに対して3GPPは、複数のRATで送受信が可能なUEが、これらの技術の境界をアイドルモードで横断する場合にネットワーク信号を最小化する方法を考案しました。この目的は、様々な技術のアイドル状態、例えばLTEでのLTE\_IDLE、UMTS/GPRSでのPMM\_IDLEなどに、UEを保つことであり、さらに、UEがこれらの技術の間を移動するときに、TAアップデート(LTE)またはルーティングエリア(RA)アップデート(UTRAN/GERAN)を実行させないようにすることです。これを実現するために、UEにTAとRAの両方をアサインします。その後、これらと同等のTAやRAのIDの一つをブロードキャストするセル(たぶん、様々な3GPP技術のセル)の間をUEが移動する限り、このUEは、TAまたはRAのアップデートを送信しません。新しいトラフィックがUEに到着し、UEが両方の技術内でページングされる場合、そしてUEが対応する技術に合わせて、データはRATを通じて転送されます。

複数の技術で同時にページングできるという、このような密接な連携は、3GPP2やIEEEなど他の標準化団体で標準化された他のRATでは不可能です。従って、LTEと3GPP以外の技術の間のモビリティでは、技術間の移動の際には、ネットワークに信号を送る必要があります。

### 接続モードモビリティ

LTE\_ACTIVEで、UEが2つのLTEセルの間を移動する場合、「バックワード」または予測的ハンドオーバーが実行されます。このタイプのハンドオーバーでは、ソースセルは、UEからの測定レポートに基づいて、ターゲットセルを決定し、UEに提供できる十分なリソースを持っている場合、そのターゲットセルをクエリーします。ターゲットセルもまた、ソースセルがUEにターゲットセルへのハンドオーバーの命令を出す前に、無線リソースを準備します。

LTEでは、DL内のデータバッファリングはeNBで実行されます。というのは、RLCプロトコルがeNBで終端されるからです。従って、eNB間でのハンドオーバー中にデータ損失が起こらないようにするためのメカニズムは、UMTSアーキテクチャと比較した場合、より一層重要です。UMTSアーキテクチャでは、データバッファリングは集中化されたRadio Network Controller(無線ネットワークコントローラ:RNC)で行われ、RNC間ハンドオーバーの回数は少ないからです。ハンドオーバー中のデータ損失を最小化するために、バッファ転送とパイカスティングという2つのメカニズムが提案されました。バッファ転送では、一旦ハンドオーバーが決定されると、ソースのeNBはUE用にバッファされたデータをターゲットのeNBに転送します。パイカスティングでは、SGWが、次のサービングeNBになる候補のeNB(サービングeNBを含む)のセットに、パケットをパイカスト/マルチキャストします。パイカスティングソリューションでは、バックホールの帯域幅を大幅に拡張する必要があり、依然としてデータ損失を完全に無くしてしまうことはできません。さらに、いつパイカスティングを開始するかは、パイカスティングソリューションで対処すべき重要な課題です。パイカスティングの開始が早すぎると、バックホール帯域幅の要件が大幅に増加します。パイカスティングの開始が遅すぎると、パケット損失を起こします。従って、3GPPでの決定は、バッファ転送をLTE内のハンドオーバーでパケット損失を回避するメカニズムとするものです。ソースeNBは、トラフィックのタイプに応じてトラフィックを転送するかどうかを決定することができます。例えば、NRTトラフィックの場合はデータ転送を行い、RTトラフィックの場合はデータ転送を行いません。

RLCコンテキストをすべて転送するか、またはRLCをハンドオーバー毎にリセットできるかどうかという問題点について討議されてきました。RLCコンテキストの転送は複雑であるため、RLCは、ハンドオーバー中にリセットすべきだというのが多数意見です。RLCがリセットされていれば、部分的に伝送されたRLC SDUはUEに再送されなければならない、その結果E-UTRANインターフェースのリソースの使用効率は悪くなります。RLCが各ハンドオーバーのリセットを得ると仮定すると、もう1つの考慮すべき問題点は、ターゲットeNBに転送し

なければならないのは非肯定応答SDUだけか、または最初の非肯定応答SDUからスタートしたすべてのバッファコンテキストかということです。3GPPは、非肯定応答DL PDCP SDUだけが、ハンドオーバー中に、ターゲットeNBに転送されるという決定をしました。この意味は、暗号化とヘッダー圧縮は常に、パケットをOver-the-Air (OTA)で伝送するeNBによって行われるものだ、ということに注意してください。

PDCPのシーケンス番号は、ターゲットeNBに引き継がれ、UEがパケットの順序を付け直して、パケットを上位レイヤーに順序通りに届けるのを支援します。バッファとコンテキストの転送は、X2インターフェースと呼ばれる新しいインターフェースによって、SGWに関係なく、eNB間で直接行われます。未解決の問題の1つは、UEが1つのeNBからもう1つのeNBにハンドオーバーされる時に、ROHCコンテキスト転送を実行するかどうかということです。ROHCコンテキスト転送の無線効率は改善されるでしょうが、複雑さが増すことは避けられないでしょう。ROHCはLTE内のeNBで終端されるため、ROHCリセットの頻度は、PDCPプロトコルがRNCで終端されるUMTSの場合よりも多くなります。

LTEと他の3GPP技術との間でのアクティブモードのハンドオーバーの場合、Serving GPRS Support Node(サービングGPRSサポートノード:SGSN)とSGWの間にユーザプレーンインターフェースが存在すると決められています。GTP-Uが、このインターフェース上で使用されるようになります。このタイプのハンドオーバーは、LTE内ハンドオーバーよりも起こる可能性が低いにもかかわらず、3GPPは、このタイプのハンドオーバーでのパケット損失の最小化の方法についても検討し、eNBからRNCへ直接、またはSGWとSGSNを通じた間接のいずれかでバッファを転送する方式を支持することを決定しました。

LTEと3GPP以外の他の技術の間のハンドオーバーの場合、S2aインターフェースよりも、PMIPv6とクライアントMIPv4 FAモードが使用されるようになるでしょう。そして、S2bインターフェースよりもPMIPv6が採用されるでしょう。DS-MIPv6は、S2cインターフェースよりも優れたプロトコルです。3GPPと3GPP以外の技術の間のハンドオフ用のモビリティスキームでは、UEがハンドオーバーを行う前にリソースがターゲットの技術で準備されていることを想定していません。しかし、ハンドオーバーのサポートの準備が整ってシームレスなモビリティを実現しようという提案が検討されているところです。

Proxy Mobile IPv6(プロキシモバイルIPv6:PMIPv6)、Mobile IPv4 Foreign Agent(モバイルIPv4外部エージェント:MIPv4 FA)モード、およびDual-Stack Mobile IPv6(デュアルスタックモバイルIPv6:DS-MIPv6)

## 進化型マルチキャストブロードキャスト マルチメディアサービス:E-MBMS

MBMSのサポートは、LTEの仕様の最初のバージョンから含まれています。しかし、E-MBMSの仕様はまだ初期の段階です。E-MBMSに関する2つの重要なシナリオが確認されました。1つは、単一セルブロードキャスト、もう1つがMBMS Single Frequency Network (MBMS単一周波数ネットワーク:MBSFN)です。MBSFNは、LTEの仕様で発表された新機能です。MBSFNは、LTEのインフラを使用したモバイルテレビのようなサービスの提供を想定しており、DVB-Hベースのテレビ放送と競合すると予想されています。MBSFNでは、伝送は、eNBの時間同期セットから、同一リソースブロックを使用して行われます。これが、Over-the-Air (OTA) 結合を可能にし、これによって、Signal-to-Interference plus Noise-Ratio (信号対干渉プラスノイズ比: SINR)は、SFN以外の運用に比べて、大幅に改善されます。MBSFNに使用されるCyclic Prefix (周期プレフィックス: CP)は、少し長くなり、これによって、UEは様々なeNBからの伝送を結合することができますが、SFN運用の優位性のいくつかを、打ち消すことになってしまいます。MBSFN運用では、0.5msのスロットに6個のシンボルがあり、これに対して、SFN以外の運用では、0.5msのスロットに7個のシンボルがあります。

MBSFN運用の全体的なユーザープレーンアーキテクチャを図10に示します。3GPPは、E-MBMSゲートウェイとeNB間のSYNCプロトコルを定義して、同じコンテンツが、すべてのeNBからOver-the-Air送信されるようにしました。この図に示すように、eBM-SCはMBMSトラフィックのソースであり、E-MBMSゲートウェイは、トラフィックをMBSFNエリアの様々なeNBに配信します。IPマルチキャストは、トラフィックをE-MBMSゲートウェイから様々なeNBへ配信するために使用されます。3GPPは、任意のMBSFNエリアのすべてのeNBに対する任意のサービスに対して同じリソースブロックが割り当てられるようにするMBMS Coordination Entity (MBMSコーディネーションエンティティ:MCE)として知られているコントロールプレーンのエンティティを定義しました。これは、eNBのRLC/MACレイヤーが、MBSFN運用のために適切にコンフィギュレーションされていることを保証するためのMCEのタスクです。3GPPはMBMSサービス用のヘッダー圧縮はE-MBMSゲートウェイで実行されるようになるだろうと、現状では仮定しています。

単一セルMBMSとMBSFNはどちらも、通常、ポイントツーマルチポイントモードの伝送をすることになります。従って、UEフィードバック、例えばACK/NACKやCQIは、ポイントツーポイントの場合のように使用できません。しかし、アグリゲートされた統計的CQIとACK/NACKの情報は、依然としてリンクアダプテーションや再送に使用することができます。このような技術は、現在3GPPで評価中です。

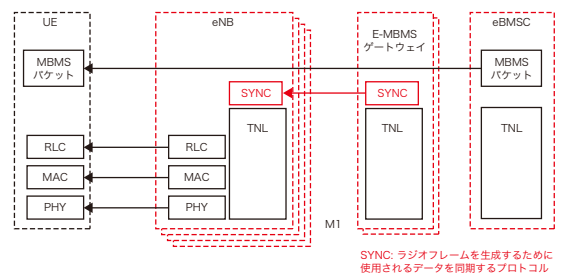


図10. MBMSコンテンツ同期の全体的なユーザープレーンアーキテクチャ [4]

## LTEの技術選択肢に関するモトローラの見解

モトローラは、LTE標準の開発に非常に積極的であり、アーキテクチャについては、すべての無線特有の機能をeNBに含ませる、つまり、セルラー特有の制御機能をコントロールプレーンのノードに含ませ、CNユーザープレーンを一般的なIPルーターベースにするよう強く要求してきました。このようなアーキテクチャが、サービスプロバイダに、設備投資(CAPEX)と運用コスト(OPEX)の低減をもたらします。

モトローラが大きな貢献を果たしたトピックには以下のものがあります。

- ・フラットRANアーキテクチャ
- ・eNB内でのRLCとPDCPプロトコルレイヤーの終端
- ・eNB対eNB直接インタラクションによる分散型無線リソース管理
- ・MMEとサービングゲートウェイ間を分割するコントロールプレーンとユーザープレーンの分離
- ・様々なインターフェースのモビリティのための、IETFモビリティプロトコル、特に(プロキシ)モバイルIPの使用
- ・サービスプロバイダ間のSGW共有の実現
- ・RLC/PDCPレイヤーでのコンテキスト転送、パケット並び替え機能など、アクティブモードのモビリティソリューション
- ・アイドルモードモビリティ用の効率的TAコンセプト
- ・MBMSおよびSFNの運用

LTEアーキテクチャに関するモトローラのポジションは、様々なテクノロジーを横断して、コンポーネントやネットワークエレメントの再利用を最大限に推進することです。わが社のポジションは、業界標準のルーターやIETFベースのモビリティプロトコルとネットワークエレメント、例えば、Home Agent (ホームエージェント:HA)やForeign Agent (外部エージェント:FA)をできるだけ多く再利用するという基本方針に基づいています。このような再利用によって、サービスプロバイダは設備投資を大幅に削減することができます。この目的に向かってモトローラは、eNBにRLC、PDCPおよびRRCのプロトコルを取り込むことで影響力を及ぼしてきました。モトローラの要望によって決定された主な成果は、eNBでのユーザープレーンの暗号化とヘッダー圧縮機能です。モトローラはまた、3GPPと3GPP以外のネットワーク間のモビリティについても積極的なサポートしてきました。これらのテクノロジーを越えてデュアルモードデバイスのシームレスなモビリティをWiMAXで実現したのは、その一例です。

モトローラはまた、セル間RRM用の集中型サーバーに関連して、集中型サーバーがUEからの測定レポートを頻繁に必要とすることを示し、セル間RRMはeNBにおいて分散形式で実行できることを説得して、このサーバーを無くすことを進めてきました。RRMが分散されていれば、eNBは、その負荷情報を、セルの負荷が90%に達するようなイベントに基づいて隣接のセルに報告することができます。この負荷情報は、この特別のeNBへのハンドオーバーが許可されるかどうかを決定するために、隣接のeNBによって使用されます。

コントロールプレーンとユーザープレーンの分離に関して、わが社は、MMEとSGWの分離を確実なものにすることに尽力してきました。これによって、セッション数を基にMMEの規模を独自に決定することが可能になり、トラフィックの量を基にSGWの規模を決定することが可能になります。これらのエンティティが分離されて、MMEとサービングゲートウェイ間で1対複数の関係が実現される場合、ネットワーク内の、これらのエンティティの配置を最適化することもできます。

LTE内のハンドオーバー中のeNB間のDLユーザープレーンコンテキスト転送の課題についてモトローラは、RLCコンテキストをすべて転送することを選択しました。完全なRLCコンテキスト転送を行わないということは、RLC SDUまたはPDCP SDUのいずれかをすべて転送することを意味します。これは、既に肯定応答されたRLC PDUがターゲットeNBから再送されている場合、エアインターフェース帯域幅を無駄遣いすることになります。通常のRLCの実装では、肯定応答は、すべての受信されたPDUには送られません。その代わりに、送信側は、受信側をポーリングして、肯定応答を持っているSTATUS PDUを獲得します。従って、ターゲットeNBから不必要に再送されるSDUの数は、ハンドオーバーの時間とハンドオーバーの速度に依存します。わが社の分析では、STATUS PDUを受信する直前にハンドオーバーが発生する最悪の場合、SDUのサイズを1500バイト、往復時間(RTT)を10ms、平均エアインターフェースデータ速度を10Mbps、ポーリング周期を200msと仮定すると、175個のPDCP SDUを不必要に再送する必要があります。ポーリング周期が長く、UE速度が速い(その結果、ハンドオーバー速度が速い)ために、ターゲットeNBからのSDUの再送にかかる時間が大きくなることも確認しました。3GPPは、ソリューションの容易さをベースに、ハンドオーバー中にPDCP SDUレベルのコンテキスト転送を実行する方法を選択しました。しかし、蓄積されたSDUの転送の代わりに、選択的にSDUの転送を実行するという、わが社の選択に3GPPが合意しました。蓄積されたSDUの転送の場合、最初の肯定応答されたSDUからすべてのSDUが、ターゲットeNBからUEに再送されることになり、エアインターフェース帯域幅の更なる無駄遣いが生じてしまいます。

モトローラは、エアーインターフェース帯域幅の効率的な使用に関する自社の他のポジションと一貫して、ROHCコンテキスト転送も有用であると信じています。しかし、ROHCコンテキスト転送のために、複雑さは増すことになります。現在モトローラは、ROHCコンテキスト転送の複雑さの増加が、その結果生じる効率性で正当化されるかどうかを評価するために、コスト効果の比較を実施しています。完全なRLCコンテキスト転送、選択したSDUの転送、およびROHCコンテキスト転送の結果、ターゲットeNBから最高の圧縮効率で非肯定応答の packets だけの伝送を開始することによって、ユーザー体験が改善されます。

LTEとUMTS/HSxPAなどの2G/3Gシステム間のアイドルモードモビリティのアイドルモード信号を削減するために、わが社は、異なるテクノロジーに切り替える明確なニーズがない場合、UEが、最後に使用されたRATに入るスキームに必要な技術間のアップデートを比較する分析を行いました。つまり、着信がある場合のみ、新しいRATが優先的な技術になる、あるいは、技術間のアップデートが、すべての技術境界の交点でUEによって送信されるスキーム(スキーム1)と比較して最後に使用されたRAT(スキーム2)のカバレッジがない地域にUEが移動する場合などです。この分析は、技術間のアップデートの比率が、UEの速度が速い時は特に、スキーム1に比べてスキーム2の方が低いことを示しました。これを、図11に示しています。ここで、 $\lambda$ はコールアクティビティレート、 $\alpha$ はエリア全体のLTEカバレッジの割合、 $\eta$ は1つのLTEカバレッジポケットの平均エリアです。この分析では、LTEカバレッジのサーキュラーポケットでの2G/3Gのアンブレラカバレッジを想定しています。さらに多くのE-UTRAポケットがある場合もそれを確認しました。つまり、 $\eta$ が固定の $\alpha$ に対して小さい場合、技術間アップデートを削減するために測定を実行するのは、さらに重要です。

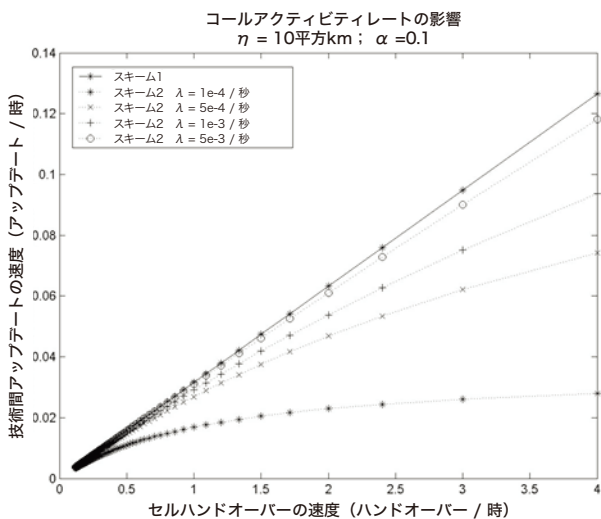


図11. 技術間アップデートに対するコールアクティビティの影響

MBSFNの運用に関して、モトローラは、SFNエリアがオーバーラッピングしないという制約を課すことによって、スケジューリングとリソースアロケーションの問題点の簡素化を支持してきました。わが社は、SFNのオーバーラップを許可することによって節約されたリソースの量が極めて小さいことを示すシミュレーション結果を提出しました。図12は、オーバーラップするSFNエリアを提供するために必要なリソースの過剰供給のパーセンテージを、サービスの伝送が必要なセルの比率の関数として示しています。この過剰供給の要件は、大き過ぎると思われます。さらに、サービスが伝送されるセルのすべてに渡って、このようなサービスが同じアロケーションを得ることを保証するための複雑さが増しています。

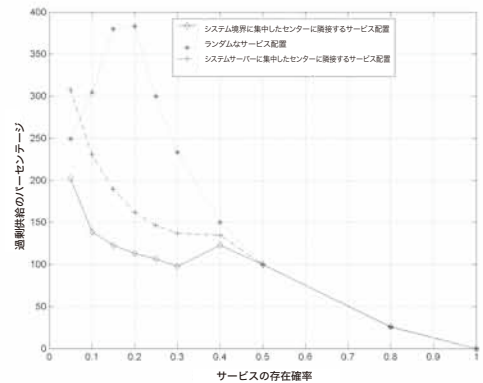


図12. オーバーラップするSFNエリアに起因する過剰供給の量

## 結論

本ペーパーでは、3GPPで開発されている次世代アクセスネットワーク技術のシステムアーキテクチャと性能目標について説明しました。

この新しいシステムで、モビリティがどのように扱われるかについても検討しました。3GPPのLTE技術の強化に関するモトローラの役割についても説明しています。

予想されるスループットとレイテンシの目標、簡素化の強化、周波数帯域の柔軟性、ビット当たりの追加容量とコスト削減に関して、LTEは大幅に改善されたユーザー体験、新しい収益生成用のエキサイティングなモバイルサービスを提供する任務が課されており、今後10年間、成熟市場および新興成長市場のどちらにおいても、他の無線技術に対する強力な競争相手であり続けるでしょう。

モトローラは、OFDM技術 (wi4 WiMAX)、セルラーネットワーク (EVDOrA、HSxPA)、IMSエコシステム、破綻したIPアーキテクチャ、標準の開発と導入、総合サービスなどのモバイルブロードバンドイノベーションでの広範囲におよぶ専門知識を活用して、クラス最高のLTEソリューションを提供します。

LTEに関するさらに詳しい情報については、モトローラの担当者にご連絡ください。

## 参考文献

- [1]. 3GPP TR 25.913 Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN). <http://www.3gpp.org>で入手可能
- [2]. 3GPP TS 23.401 GPRS enhancements on EUTRAN access. <http://www.3gpp.org>で入手可能
- [3]. 3GPP TS 23.402 Architecture enhancements for non-3GPP accesses. <http://www.3gpp.org>で入手可能
- [4]. 3GPP TS 36.300 EUTRA and EUTRAN overall description, Stage 2. <http://www.3gpp.org>で入手可能
- [5]. C. Perkins. IP Mobility Support for IPv4, RFC 3344, August 2002. <http://www.ietf.org/rfc3344.txt?number=3344>で入手可能
- [6]. S. Gundavelli et/ al. Proxy Mobile IPv6. IETF draft, April 2007. <http://www.ietf.org/internet-drafts/drafts-ietf-netlmm-proxymip6-00.txt>で入手可能
- [7]. H. Soliman. Mobile IPv6 support for dual stack hosts and routers (DSMIPv6). <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-mip6-nemo-v4traversal-04>で入手可能

## 付録A: LTEリファレンスポイント(基準点)

**S1-MME:** EUTRANとMME間のコントロールプレーンのリファレンスポイント(RP)。このRP上のプロトコルはeRANAPで、Stream Control Transmission Protocol(ストリームコントロールトランスミッションプロトコル:SCTP)をトランスポートプロトコルとして使用しています。

**S1-U:** ハンドオーバー中のパーベアラーユーザープレーントンネリングおよびeNB間パススイッチング用のEUTRANとSGW間のRP。このインターフェース上のトランスポートプロトコルは、GPRS Tunneling Protocol-User plane(トンネリングプロトコル – ユーザープレーン(GTP-U))です。

**S2a:** トラストド非3GPP IPアクセスとゲートウェイ間の関連のコントロールとモビリティサポートをユーザープレーンに提供します。S2aは、プロキシモバイルIPをベースにしています。PMIPをサポートしていないトラストド非3GPP IPアクセス経由のアクセスを可能にするために、S2aはまた、クライアントモバイルIPv4 FAモードもサポートします。

**S2b:** evolved Packet Data Gateway(進化型パケットデータゲートウェイ:ePDG)とPDN GW間の関連のコントロールとモビリティサポートをユーザープレーンに提供します。これは、プロキシモバイルIPをベースにしています。

**S2c:** UEとPDN GW間の関連のコントロールとモビリティサポートをユーザープレーンに提供します。このRPは、トラストドおよび/またはアントラストド非3GPPアクセスおよび/または3GPPアクセスの上に実装されています。このプロトコルは、クライアントモバイルIP共存モードをベースにしています。

**S3:** SGSNとMME間のインターフェースであり、これによってユーザーとベアラーは、アイドルおよび/またはアクティブの状態、3GPPアクセスネットワークモビリティ間で情報交換ができます。これは、SGSN間で定義されたGnのRPをベースにしています。

**S4:** SGSNとSGW間の関連のコントロールとモビリティサポートをユーザープレーンに提供します。これは、SGSNとGGSN間で定義されたGnのRPをベースにしています。

**S5:** SGWとPDN GW間のトンネリングとトンネル管理をユーザープレーンに提供します。UEモビリティに起因する、そしてSGWが必須のPDN接続のためにノンコロケートド(non-located)PDN GWに接続する必要がある場合、SGWリロケーション用に使用されます。この2種類のインターフェースが、使用されるプロトコルに応じて標準化されています。つまり、GTPとIETFベースのプロキシモバイルIPソリューションです。[3]

**S6a:** 進化型システムへのユーザーアクセスを認証/許可する(AAAインターフェース)のためのサブスクリプションデータと認証データのMMEとHSS間での転送を可能にします。

**S7:** (QoS)ポリシーと課金規則の、Policy and Charging Rules Function(ポリシーおよび課金規則機能:PCRF)からPolicy and Charging Enforcement Function(ポリシーおよび課金実行機能:PCEF)への転送を、PDN GW内で実現します。このインターフェースは、Gxインターフェースをベースにしています。

**S10:** MMEリロケーションとMMEからMMEへの情報転送のためのMME間のRP。

**S11:** MMEとSGW間のRP。

**SGi:** PDN GWとパケットデータネットワーク間のRP。パケットデータネットワークは、例えばIMSサービス提供のための、事業者外の公的または民間のパケットデータネットワーク、あるいは事業者間パケットデータネットワークであることがあります。このRPは2G/3GアクセスのためのGiに対応します。

**Rx+:** RxのRPは3GPP TS 23.203内のアプリケーション機能とPCRFの間に存在します。

**Wn\*:** アントラストド非3GPP IPアクセスとePDG間のRP。UEで開始されたトンネル用の、このインターフェース上のトランスポートプロトコルは、ePDGのために必須なものでなければなりません。



**MOTOROLA**

モトローラ株式会社

<http://www.motorola.com/jp>

本書に記載した情報はその正確さに万全を期しておりますが、明示・暗示を問わず、製品の機能、性能、適合性に関する保障をするものではありません。  
モトローラ、MOTOROLA、モトローラのロゴマークおよび®表示が付された商標は、米国およびその他の国におけるMotorola, Inc.の登録商標です。文中に記載されている他社の製品名やサービス名等は、各社の商標または登録商標です。  
©Motorola, Inc. 2008. All rights reserved.