

# Technology Reports

## SAE 標準化技術特集

# All-IP ネットワークを実現する SAE 基本制御技術

移動通信サービスにおける高速／大容量の packets 通信を実現し、今後の packets サービスの発展を支えるため、LTEをはじめ、さまざまな無線アクセスシステムを収容する All-IP ネットワークが、3GPP Release 8 SAE 標準化において新たに規定された。このネットワークは EPC と呼ばれ、packets 交換への最適化と IP 技術の導入により、異なる無線システム間の高品質なハンドオーバーの実現や、柔軟な packets 転送制御などを可能とし、従来の packets 交換ネットワークから大きく進化している。

ネットワーク開発部  
にしだ かつとし たなか いつま  
西田 克利 田中 威津馬  
こしみず たかし  
輿水 敬

## 1. まえがき

ドコモは、3GPP (3rd Generation Partnership Project) において2004年6月の検討開始より、要求条件検討から SAE (System Architecture Evolution) 標準化の完了に至るまで積極的に寄与し、IP ベースの共通コアネットワークである All-IP ネットワーク (以下、AIPN) の実現を提案してきた[1]。AIPN では、従来からの移動通信事業者の要求条件を満たしつつ、無線の大容量化など、今後の packets サービスのさらなる発展が実現可能となる。

3GPP Release 8 SAE 標準化で規定が完了した EPC (Evolved Packet Core) は、LTE (Long Term Evolu-

tion) や 3G などの 3GPP にて規定した無線アクセスシステムのみならず、WLAN (Wireless LAN) や WiMAX、さらには 3GPP2<sup>\*1</sup> の無線アクセスシステムなど、さまざまなアクセスを収容する共通コアネットワークである [2][3]。すなわち、コアネットワークが提供する移動制御<sup>\*2</sup> や QoS 制御<sup>\*3</sup> といった機能については、無線アクセスシステムに依存せず、共通のメカニズムにより実現される。また、これらの機能の提供にあたって、EPC では IP ベースの汎用プロトコルが採用されており、移動通信事業者の要求条件を満たしつつ、AIPN が目指す高い汎用性を実現している [4][5]。IP ベースの汎用的な技術で実現することによ

り、EPC は 3GPP 事業者のみならず、多様な移動系・固定系事業者においても広く利用可能なネットワークアーキテクチャとなっている [6]。

本稿では、3GPP 無線アクセスシステムである LTE および 3G を収容する EPC ネットワークアーキテクチャと、EPC 機能エンティティについて概説し、EPC が提供する機能的特長とこれを実現する基本制御技術について解説する。

## 2. LTE/3G 収容における EPC アーキテクチャ

LTE および 3G 収容に着目した EPC ネットワークアーキテクチャを図 1 に示す。

\*1 3GPP2：第3世代移動通信システム(3G)の標準化プロジェクトの1つで、IMT-2000規格のうち、cdma2000方式の技術仕様の標準化を行っている。

\*2 移動制御：端末の無線切替えなどによってコアネットワークへの接続点を変更さ

れても、発着信および通信を継続して提供可能とする制御技術。

\*3 QoS制御：パケットの優先転送など、通信の品質を制御する技術。

EPCネットワークは、主に無線アクセスに依存しないコアネットワークを構成するS-GW (Serving-Gateway), P-GW (Packet Data Network-Gateway), PCRF (Policy and Charging Rules Function)を中心に、LTE無線アクセス収容網を構成するMME(Mobility Management Entity)およびeNodeB<sup>\*4</sup>, 3G無線アクセス収容網を構成するSGSN (Serving General Packet Radio Service Support Node) およびRNC (Radio Network Controller) /NodeBなどから構成される。

S-GWは、LTEおよび3Gを収容し、ユーザデータの伝送を行うとともに、LTEと3Gの無線アクセス収容網へユーザデータ転送経路を切り替えるポイントとなる、在圏パケットゲートウェイである。

P-GWは、i-modeやパケット網にて音声サービスなどを提供するIMS (IP Multimedia Subsystem) といったコアネットワーク外のパケットネットワーク (PDN: Packet Data

Network) との接続点であり、IPアドレスの割当てなどを行うとともに、3GPPおよび非3GPP無線アクセスを収容するゲートウェイである。

PCRFは、P-GW, S-GWにおいて適用する、QoSなどのポリシー制御<sup>\*5</sup>や課金制御ルールを決定するポリシー制御装置である。P-GWおよびS-GWは、PCRFからの通知情報に基づき、パケット単位に制御を実施する。

MMEは、LTE無線アクセスシステムにおける移動端末(以下、端末)の移動管理、認証(セキュリティ制御)およびS-GWとeNodeB区間におけるユーザデータ転送経路の設定処理を行う。MMEは信号制御のみを実施する機能エンティティであり、実際のユーザデータの転送は行わない。後述するように、移動管理では、LTEと3Gの無線エリア間の移動に伴う位置登録処理を効率化するため、MMEはSGSNと連携した位置登録制御を行うことが可能である。

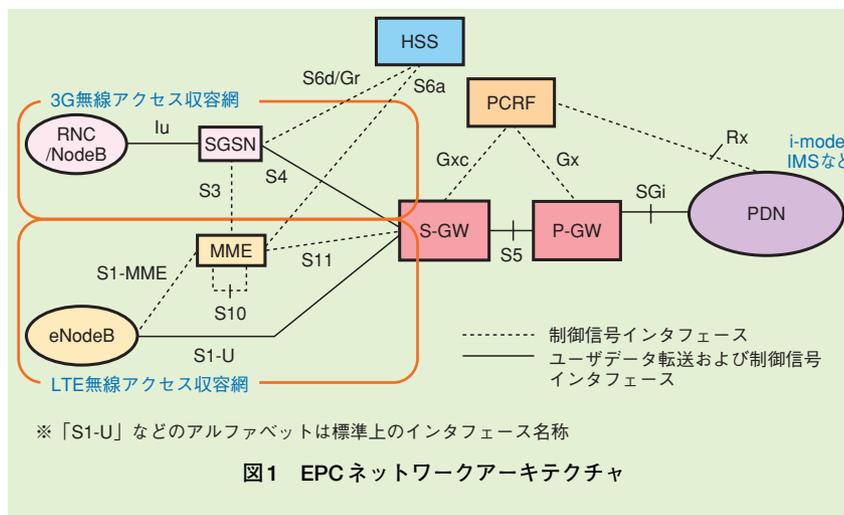
SGSNは、MMEと同様に3G無線アクセスシステムにおける端末の移動管理、認証(セキュリティ制御)などを行うとともに、LTEと3Gとの無線アクセスシステム間の切替え時にも通信の継続が可能となるように、通信経路の設定を行う。すなわち、LTE/3Gデュアル端末が3Gの無線エリアより発信した場合、SGSNはS-GWに対して通信経路を設定する[7]。

### 3. EPCの機能的特長と基本制御方式概要

EPCは発着信処理時間を短縮する常時接続機能、パケットロスなく高速な経路切替えを実現するハンドオーバー制御、LTEと3Gとの無線アクセスシステム間の切替え時の位置登録信号削減機能などの導入により、パケット交換機能の最適化を実現している。また、シンプルなモビリティ制御と柔軟なポリシー制御を実現するIP技術も採用した。

#### 3.1 常時接続を前提としたネットワーク制御

EPCにおいて、端末がLTE無線アクセスシステムに接続すると、PDNへ自動的に接続され、その接続状態が常時保持される。すなわち、LTE無線アクセスシステムを介してネットワークへの登録処理(アタッチ<sup>\*6</sup>)を行うと同時に、PDNに対する通信経路(IPコネクティビティ)が設定される。接続するPDNは、加入者ごとに事前に設定するか、あるいはアタッチ処理にお



\*4 eNodeB: LTE無線アクセスシステムにおける基地局。

\*5 ポリシー制御: ネットワークあるいは加入者情報などに基づいて、QoSやパケット転送可否などの通信制御を行う技術。

\*6 アタッチ: 端末の電源投入時などにおいて、端末をネットワークに登録する処理。

いて端末が指定することが可能である。アタッチ時に接続する PDN をデフォルト PDN と呼ぶ。

常時接続機能により、端末が通信を行わない状態が一定時間経過すると、無線区間のリソースのみを解放し、端末とネットワーク内における IP コネクティビティは保持される。これにより、端末が通信を実際に始める場合には、無線区間を再度設定するだけでよく、接続遅延の短縮が実現可能となる。また、端末は、アタッチ時に取得した IP アドレスをデタッチ<sup>\*7</sup>時まで利用することが可能となり、取得した IP アドレスに対するパケット着信が常に可能となる。

端末がネットワークにアタッチし、PDN への接続が設定されるまでの手順を図 2 に示す。

手順①～③：

端末は、eNodeB との間で制御信号を送受信する無線制御リンクを設定すると、MME に対してアタッチ要求を送信する。端末と MME は、認証・秘匿・インテグリティ<sup>\*8</sup>などのセキュリティ手順を実施する。

手順④～⑤：

MME は位置登録要求メッセージを HSS (Home Subscriber Server) へ送信し、HSS は端末が MME 配下に接続したことを記憶する (処理 A)。

手順⑥：

MME は、デフォルト PDN への通信経路の設定を開始するため、S-GW に対してベアラ<sup>\*9</sup>

設定要求を送信する。

手順⑦～⑧：

S-GW は、MME からベアラ設定要求を受信すると、P-GW に対して経路設定要求を実施する。P-GW は端末に対して IP アドレスを割り当て、この情報を経路設定応答メッセージにより S-GW へ通知する。本処理により、割り当てた IP アドレスに対して、常時保持される P-GW と S-GW 区間のコアネットワーク通信経路が設定される。

手順⑨：

S-GW は S-GW から eNodeB 方向の無線アクセスベアラを準備し、MME に対してベアラ設定応答信号を送信する。ベアラ設定応答信号には、eNodeB から S-GW 方向の無線アクセスベアラ設定に必要な S-GW が払い出した情報要素および端末に割り当てた IP アドレス情報などが含まれる。

手順⑩～⑪、⑬：

MME は、ベアラ設定応答信号に設定された情報を、コンテ

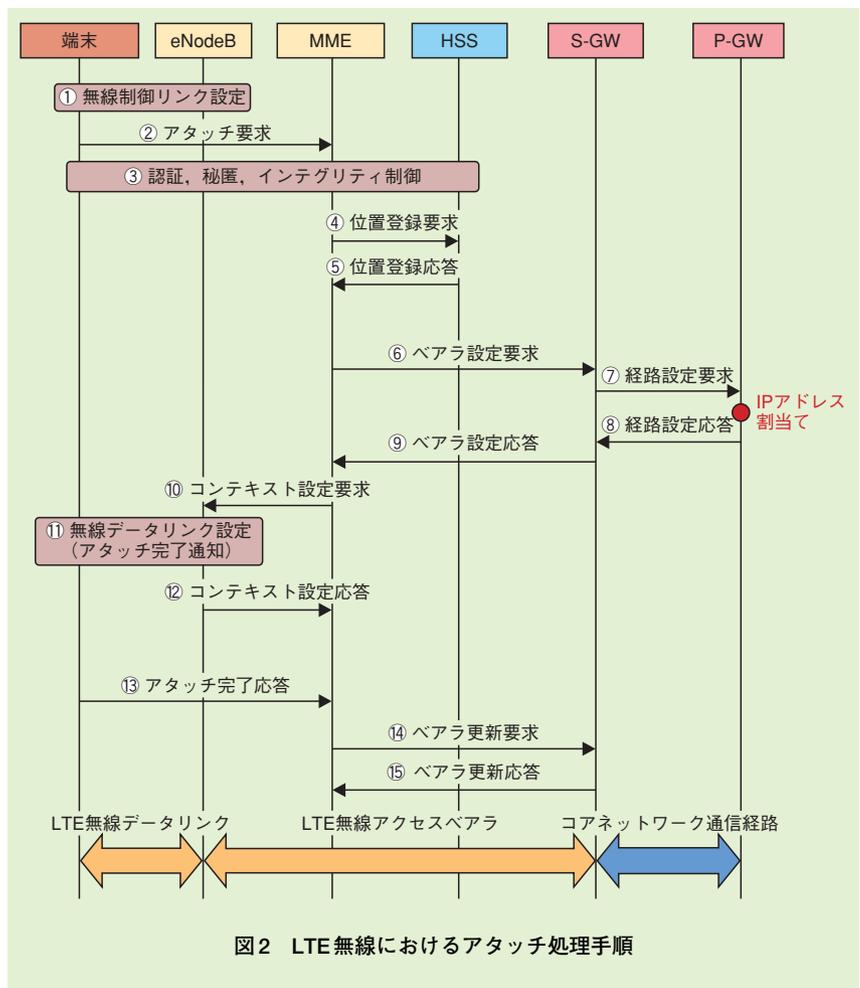


図 2 LTE 無線におけるアタッチ処理手順

\*7 デタッチ：端末の電源切断などにより、ネットワークが端末の登録状態を削除する処理。

\*8 インテグリティ：通信データが改ざんされておらず完全な状態にあること。ここでは、インテグリティを実現するための

事前処理を指す。

\*9 ベアラ：S-GW と eNodeB 間などで設定される論理的なパケット伝達経路。

キスト設定<sup>\*10</sup>要求信号に設定しeNodeBへ通知する。なお、この信号にはアタッチ要求に対する応答であるアタッチ完了通知などが含まれる。

端末は、手順⑬によりアタッチ完了通知を受信すると、MMEに対してアタッチ完了応答を送信し、処理が完了したことを通知する。

手順⑭：

eNodeBは、無線データリンクの設定を実施するとともに、端末へアタッチ完了通知を送信する。また、eNodeBは、eNodeBからS-GW方向の無線アクセスベアラを設定し、MMEに対してコンテキスト設定応答を送信する。コンテキスト設定応答には、S-GWからeNodeB方向の無線アクセスベアラ設定に必要となるeNodeBが払い出した情報要素などが含まれる。

手順⑮～⑰：

MMEは、コンテキスト設定応答に設定された情報をベアラ更新要求信号に設定し、S-GWへ通知する。S-GWは、先に準備したS-GWからeNodeB方向の無線アクセスベアラの設定を完了すると、MMEに対してベアラ更新応答を送信する。

これらの処理により、端末からP-GWまでの通信経路設定が完了し、デフォルトPDNとの通信が可能となる。

端末が通信を一定時間行わなかった場合、前述の常時接続機能により、無線制御リンク、LTE無線データリンクおよびLTE無線アクセスベアラが解放され、コアネットワーク通信経路は維持される。

また、端末はデフォルトPDNへの接続が完了した後に、デフォルトPDN以外へのPDNへ発信することが可能である。これにより、例えばデフォルトPDNはパケット網において音声サービスなどを提供するIMS用のPDNとし、インターネットアクセス時には異なるPDNに接続してサービス提供するといった、サービスごとにPDNを使い分ける制御が可能となる。

デフォルトPDN以外のPDNへの発信時には、図2に示したアタッチ手順のうち、手順④、⑤を除いて同様の処理が実施される。

## 3.2 通信中の異種無線間 ハンドオーバ

### (1) ハンドオーバ動作概要

EPCでは、端末が異なる無線アクセスシステムへの切替えを行っても、通信を継続することが可能である。

具体的には、3GPP無線アクセスシステム間の切替えの場合はS-GWが、3GPP無線アクセスシステムと非3GPPアクセスシステム間の切替えの場合はP-GWが、それぞれモビリティ制御のアンカー機能<sup>\*11</sup>を提供し、接続する無線アクセスシステムの変更に伴うネットワーク内の経路切替えが実現される。これによって、端末は無線切替え前に割り当て

られたIPアドレスを変更することなく、無線切替え後も、通信を継続することができる。

LTEと3Gといった、3GPP無線アクセスシステム間の切替えでは、無線アクセス間の連携により、無線を実際に切り替える前に、切替え先の無線アクセスシステムにおけるリソース確保などの、ハンドオーバ準備処理を実施する(図3(a)①)。そして、実際の無線切替え発生時には、ネットワーク内の経路切替えのみを実施することで、ハンドオーバ処理時間の低減を実現する(図3(a)②)。また、ハンドオーバ中に、切替え前の無線アクセスへ到着したデータを、切替え先無線アクセスシステムまで転送するデータフォワーディング機能により、パケットロスを回避することが可能である(図3(b))。

このように、無線アクセス間の連携により、LTE/3G無線アクセスシステムのように、同時利用ができない無線アクセスシステム間の切替えでも、パケットロスのない、高速なハンドオーバが可能である。

### (2) ハンドオーバにおける準備処理 手順(図3(a)①)

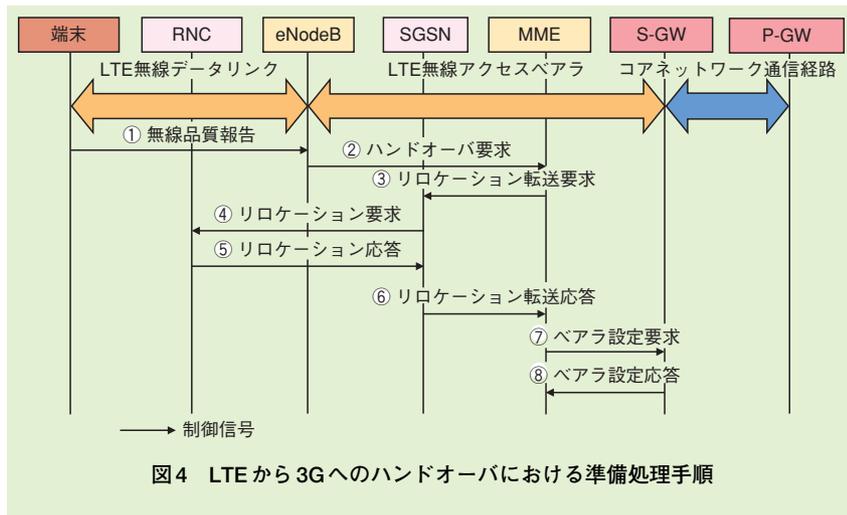
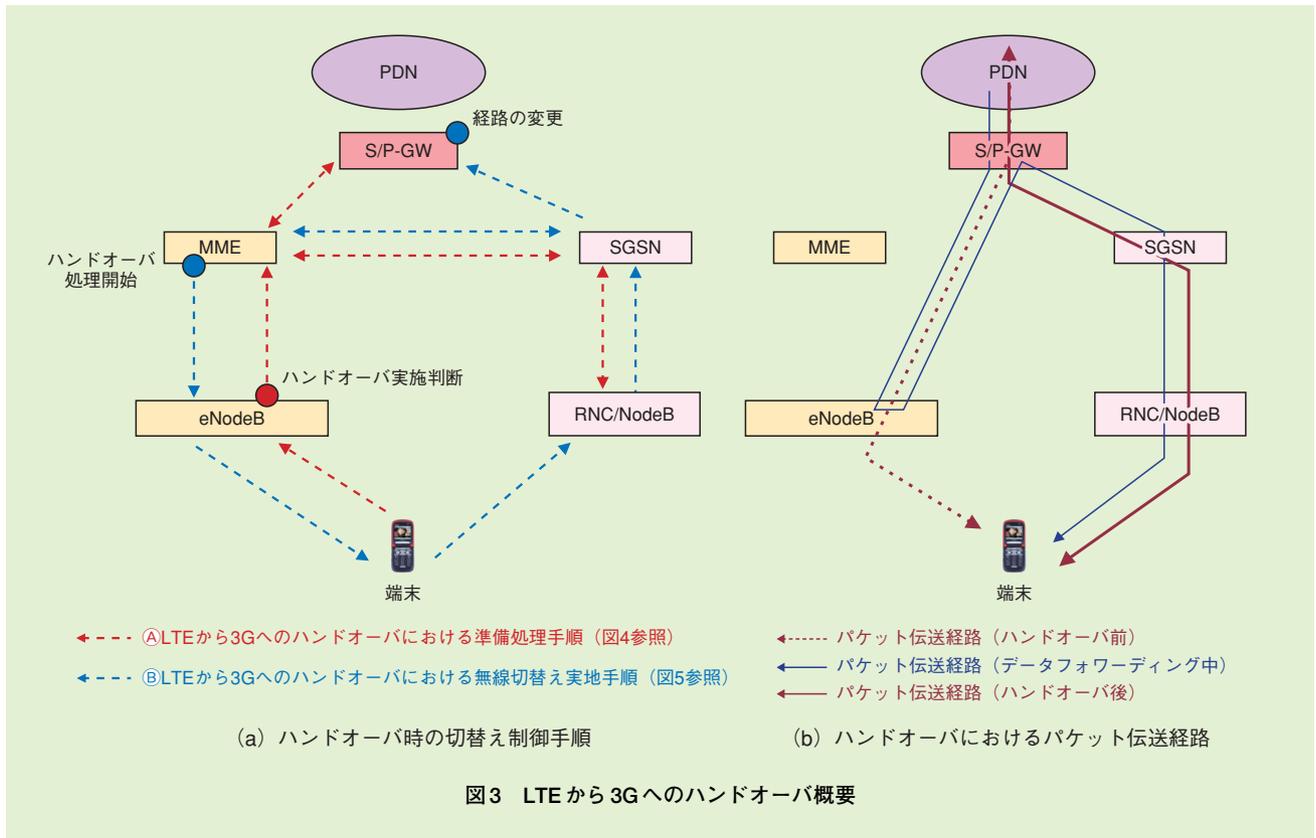
LTEから3Gへの無線アクセスシステム切替え時のハンドオーバ準備手順を図4に示す。

手順①：

端末は、ハンドオーバ候補となる基地局情報などの無線品質報告をeNodeBに対して通知する。eNodeBは報告された情報に基づき、ハンドオーバ要否を判断し、切替え先基地局およ

\*10 コンテキスト設定：通信経路および通信制御に必要な情報の設定。

\*11 アンカー機能：端末の在圏エリアに合わせて、通信経路の切替えを行い、端末あての packets を在圏エリアへ転送する機能。



びRNCを特定して、ハンドオーバー準備処理を開始する。  
 手順②～③：  
 eNodeBは、MMEへハンド

オーバー要求を送信し、切替え先無線アクセスのRNC識別子や通信制御情報などを送信する。  
 MMEは、受信したRNC識別子

より、切替え先RNCが接続するSGSNを特定して、eNodeBから受信した通信制御情報などをリロケーション<sup>\*12</sup>転送要求信号により、SGSNへ通知する。このとき、MMEはハンドオーバー完了後にパケットが転送される、S-GWとSGSNの区間の通信経路設定に必要な情報要素も併せて通知する。

手順④～⑤：

SGSNはRNCに対して、リロケーション要求を転送し、eNodeBから転送された通信制御情報などを通知する。RNCは、受信した情報を基に、無線にかかわる設定処理を実施し、

\*12 リロケーション：通信中における在圏交換機などの通信装置の切替え。

SGSNに対してリロケーション応答を送信する。なお、この手順により、SGSNとRNCの区間の3G無線アクセスベアラが準備される。

手順⑥：

SGSNはリロケーション手順が完了したことを通知するため、リロケーション転送応答をMMEに対して送信する。この信号には、データフォワーディングで利用するS-GWからSGSN方向の通信経路の設定に必要な、SGSNが払い出した情報要素などが含まれる。

手順⑦～⑧：

MMEは、S-GWに対して、ベアラ設定要求を送信し、先に

受信したSGSNが払い出した情報要素を通知する。S-GWは受信した情報より、データフォワーディング用のS-GWからSGSN方向の通信経路を設定し、MMEに対してベアラ設定応答を送信する。

これらのハンドオーバー準備処理により、移動先の3G無線アクセスにおけるリソース準備、SGSNとRNCの区間の無線アクセスベアラ設定、S-GWからSGSNへのデータフォワーディング用の通信経路設定が完了する。

(3)ハンドオーバーにおける無線切替え実施手順 (図3(a)③)  
無線切替え後のハンドオーバー手順

を図5に示す。

手順①～②：

MMEは、図4で述べたハンドオーバー準備処理が完了すると、eNodeBに対してハンドオーバー指示信号を送信する。eNodeBは、この信号を受信すると、端末に無線切替え指示を通知する。なお、eNodeBはMMEから受信したハンドオーバー指示に従い、S-GWから受信するパケットについてデータフォワーディングを開始する。以降、S-GWまで到着した端末あてパケットは、S-GW、eNodeB、S-GW、SGSN、RNC、という経路により、端末まで転送（フォワード）される。

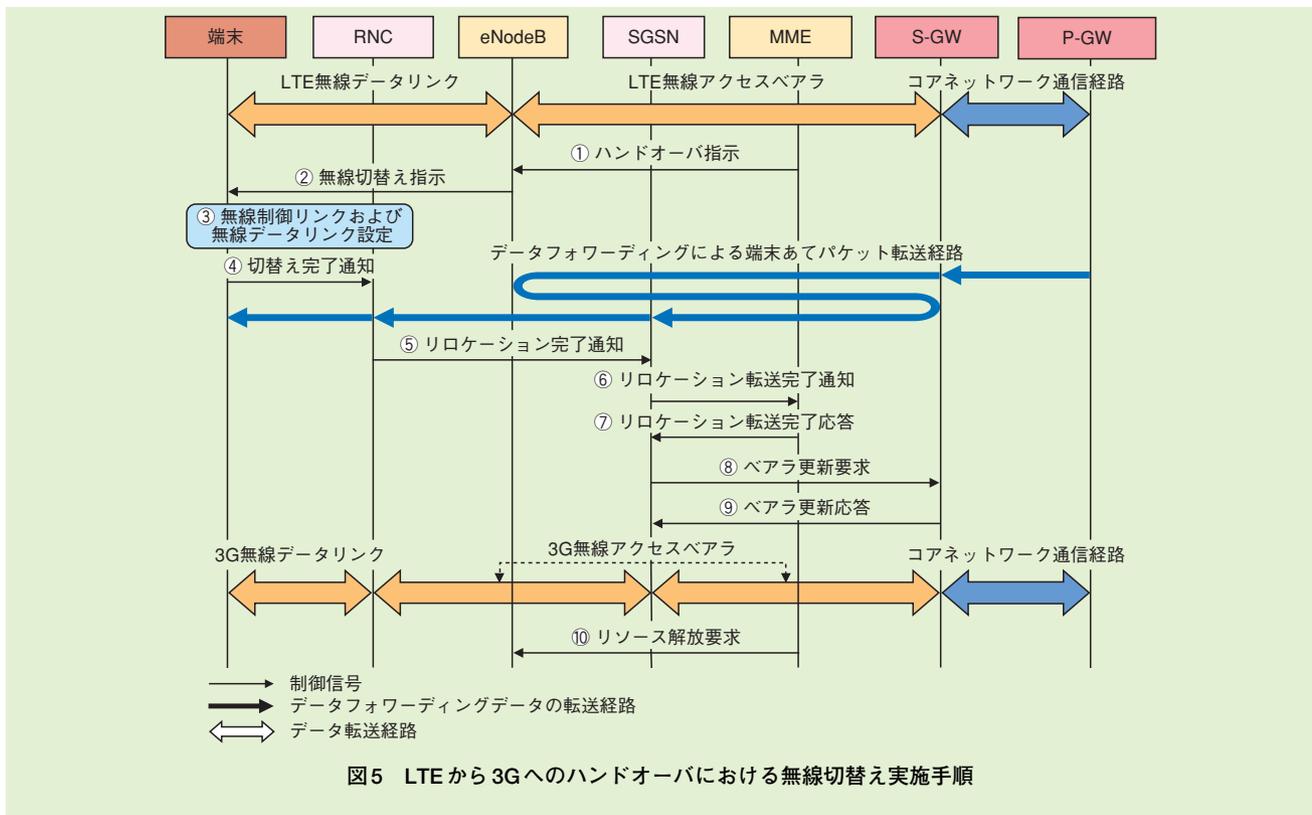


図5 LTEから3Gへのハンドオーバーにおける無線切替え実施手順

手順③～⑥：

端末は無線を3Gへ切り替え、無線区間の設定を完了すると、端末からRNC、RNCからSGSN、SGSNからMMEへと、各々の区間における完了通知信号により、MMEまで、端末が3G無線アクセスシステムへ接続したことが通知される。これによりMMEは、一定時間が経過後、後述するeNodeBリソース解放処理手順⑩を実施する。

手順⑦：

MMEはSGSNに対して、リロケーション転送完了応答を送信する。SGSNはこの信号を受信すると、一定時間経過後に、データフォワーディングにかかわるリソース解放処理を実施する。

手順⑧：

SGSNは、ハンドオーバー前のS-GWとeNodeB間の通信経路を、S-GWとSGSNの間へと変更するため、S-GWに対してベアラ更新要求を送信する。この信号には、S-GWからSGSN方向の通信経路の設定に必要な、SGSNが払い出した情報要素などが設定される。S-GWは、この信号を受信すると、S-GWからSGSN方向の通信経路を設定する。これにより、通信経路はS-GW、SGSN、RNC、端末という経路となり、切替え先の3G無線アクセスシステムへデータ転送が開始される。

なお、この時点以降、データフォワーディングが不要となるため、S-GWはeNodeBへ“End Marker”と呼ばれる情報を付加したパケットを送信し、これを受信したeNodeBはデータフォワーディングにかかわるリソースを解放する。

手順⑨～⑩：

S-GWは、SGSNに対して、ベアラ更新応答を通知し、ハンドオーバー処理が完了したことを通知する。また、MMEは、不要となったeNodeBのリソース解放処理を実施する。

これらのハンドオーバー実施処理により、端末が無線を切替え中のデータフォワーディング、無線アクセスベアラの経路切替えが完了し、P-GWから端末までの通信経路が更新される。

前述の例は、S-GWが変わらない場合における3GPP無線アクセスシステム間ハンドオーバー制御手順であるが、S-GWをまたがるハンドオーバーも可能である。この場合、非3GPPアクセスシステム間の切替えと同様に、P-GWが経路切替えのアンカー機能を提供する。

### 3.3 LTE/3G間切替え時の位置登録信号削減機能

EPCはLTEのみならず、3G無線アクセスシステムも収容し、端末は無線状態に応じて無線を切り替えることが可能である。LTE導入シナリオとしては、LTE導入当初は、3G

無線エリアに重複するように、徐々にLTE無線エリアが展開されることが想定される。この場合、LTEが利用可能なエリアが十分でないため、LTE無線エリアの末端などでは、端末が移動しない状況でも、LTEと3G無線アクセスシステムの切替えが頻繁に発生することが想定される。頻繁に無線切替えが発生すると、位置登録処理によるネットワーク処理負荷の増加や、端末の電池消費などといった影響が懸念される。

そこで、EPCでは、LTEと3Gとで無線アクセスシステムを切り替えた場合でも、LTEおよび3Gで以前に登録した位置登録エリアから変更がない限り、位置登録を省略することが可能となる。LTE/3G位置登録省略機能（ISR：Idle mode Signaling Reduction）が規定されている。LTE/3G位置登録省略機能は、端末、MMEおよびSGSNが同一のPDN接続状態（接続するPDNや、通信経路に設定されるQoS条件など）を保持することで、無線を切り替えても通信状態の引継ぎが不要になる機能である。

本機能により、例えば非通信中の端末が3GからLTEへ無線切替えを実施した場合、端末が、すでにそのLTE無線エリアに位置登録を行っており、またPDN接続状態も前回LTE無線エリアにいたときと変更がなければ、位置登録を実施しない。

なお、LTE無線に在圏中に、3G回線交換サービスの発着信を可能とするメカニズム（CS Fallback）も用意されている。この機能により、

EPCへの移行期においても、既存の3G回線交換サービスを提供することができる。CS Fallbackは、LTEと3G回線交換において位置登録を連携させることにより実現されるが、詳細については、[8]を参照されたい。

### 3.4 柔軟なポリシー／課金制御

EPCにおけるIPベースモビリティ制御[9]は、通信経路の管理機能に特化しており、ポリシー／課金制御は、PCC (Policy and Charging Control) という独立した制御手法により提供される[10]。これにより、NGN (Next Generation Network) \*13などの3GPP以外のAIPNと共通なアーキテクチャ構成が実現できる。このPCCは、IMSを利用した音声通信などのユーザが利用するアプリケーションに応じて、QoS制御やゲートウェイにおけるパケットフィルタリングなどの柔軟なポリシー制

御および課金制御を実現する。

IPベースモビリティ制御による通信経路管理と、PCCによるポリシー／課金制御の概要を図6に示す。

IPベースモビリティ制御は、モビリティ制御におけるアンカー機能を提供するLMA (Local Mobility Anchor) \*14と、LMAとの間で通信経路の確立・解放制御を、端末に代わり行うMAG (Mobility Access Gateway) \*15により実現される。詳細は[9]を参照されたい。

PCCは、次に述べるPCRF、PCEF (Policy and Charging Enforcement Function) およびBBERF (Bearer Binding and Event Reporting Function) の3つの論理エンティティから構成される。

PCRFは、ユーザの契約情報やユーザが利用するアプリケーションに応じて、パケットに適用するポリシー情報 (優先制御やゲートウェイにおける転送可否ルール) や課金

ルール (例えば、パケット量に応じた課金) と、これらの情報に基づく制御の対象となるパケットを特定する情報 (送信元／宛先IPアドレス、ポート番号など) を決定する。

PCEFは、PCRFより通知された情報に従い、IPフロー単位にポリシー制御の実施および課金を行う。BBERFは、PCEFと同様の処理を行うが、課金処理は行わない。また、BBERFはアクセスシステム固有のQoS制御との連携処理 (例えば、P-GW から受信したパケットをeNodeBへ転送するLTE無線アクセスペアラの特定など) を実施する。

## 4. あとがき

本稿では、3GPP Release 8 SAEで標準化が完了したEPCについて、LTEおよび3G無線アクセスシステム収容時のアーキテクチャを概説し、その機能的特長ならびにこれを実現する基本制御技術について解説した。

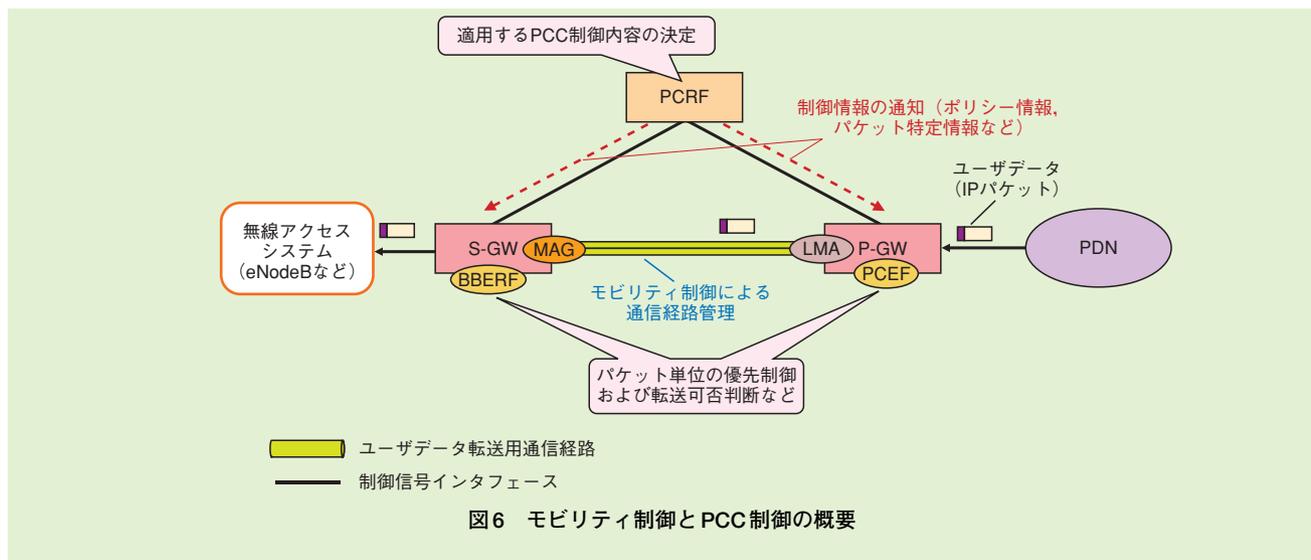


図6 モビリティ制御とPCC制御の概要

\*13 NGN：従来の電話網がもつ信頼性・安定性を確保しながら、IPネットワークの柔軟性・経済性を備えた、次世代の情報通信ネットワーク。

\*14 LMA：モビリティ制御におけるアンカー機能を提供する機能エンティティ。

\*15 MAG：モビリティ制御におけるLMA-MAG間の通信経路の確立・解放制御を、端末に代わりLMAに対して行う機能エンティティ。

3GPP無線アクセスシステムを収容したEPCでは、常時接続機能による発着信処理時間の低減や、通信中の無線切替え時にパケットロスのない高速なハンドオーバーが実現できる。また、位置登録省略機能により、円滑なLTEの導入が可能となる。さらに、PCCメカニズムの適用による柔軟なポリシー／課金制御が可能である。

3GPPでは、EPCのさらなる発展に向けて、Release 9標準化が進められている。Release 9は2009年12月に仕様化完了見込みであり、LTE無線アクセスシステム上での位置情報サービスの提供[11]、ホームeNodeBの収容[12]、IMS緊急呼に対する通信の優先制御[13]などの機

能が追加される予定である。

#### 文 献

- [1] 中村, ほか: “3GPP LTE/SAE 仕様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 TS23.401 V8.6.0: “General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access,” Jun. 2009.
- [3] 3GPP TS23.402 V8.6.0: “Architecture enhancements for non-3GPP accesses,” Jun. 2009.
- [4] 3GPP TR22.278 V8.8.0: “Service requirements for the Evolved Packet System (EPS),” Jun. 2009.
- [5] 3GPP TR22.258 V8.0.0: “Service Requirements for the All-IP Network (AIPN); Stage 1,” Mar. 2006.
- [6] Chris, ほか: “3GPPにおけるAll-IP Networkの標準化動向,” 本誌, Vol.14, No.1, pp.85-91, Apr. 2006.
- [7] 3GPP TS23.060 V8.5.1: “General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2,” Jun. 2009.
- [8] 田中, ほか: “LTEと3G回線交換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.
- [9] Laganier, ほか: “オールIPコアネットワークを実現する移動管理技術,” 本誌, Vol.17, No.3, pp.34-39, Oct. 2009.
- [10] 3GPP TS 23.203 V8.6.0: “Policy and charging control architecture,” Jun. 2009.
- [11] 3GPP TS 23.271 V9.0.0: “Functional stage 2 description of Location Services (LCS),” Jun. 2009.
- [12] 3GPP TR 23.830 V0.5.0: “Architecture aspects of Home NodeB/Home eNodeB,” Jun. 2009.
- [13] 3GPP TS 23.167 V9.1.0: “IP Multimedia Subsystem (IMS) Emergency Sessions,” Jun. 2009.