

Technology Reports

LTE サービス「Xi」（クロッシィ）特集—スマートイノベーションへの挑戦—

LTEを収容するコアネットワーク（EPC）を支える技術

急増するトラフィックに対応するため、LTE無線アクセスと合わせ、次世代のコアネットワークとしてEPCを導入する。EPCの特徴的な技術として、S1-Flex, Multi TA Registration, IPv6対応が挙げられる。S1-Flexは、MMEとeNodeBとの間をフルメッシュで接続することにより、MMEの負荷均等化、信頼性向上を実現する。Multi TA Registrationは、移動端末へ個々に位置登録エリアを割り当てることにより、位置登録負荷を分散する。IPv6対応では、IPv4/v6デュアルスタックをサポートし、IPv6アドレスの割当て方法に移動網特有の考慮がなされている。

ネットワーク開発部	すずき けいすけ 鈴木 啓介	くにとも こういちろう 國友 宏一郎
無線アクセス開発部	もりた たかし 森田 崇	うちやま ただし 内山 忠

1. まえがき

LTEの標準化と同時期に、All-IPネットワークの標準化が3GPPにて実施された。その結果、各種無線システムを含むパケットネットワーク全体としてEPS（Evolved Packet System）、コアネットワークとしてEPC（Evolved Packet Core）が、3GPP Release 8仕様として規定された[1][2]。EPCでは、LTE無線アクセスのほかにも、3GPPで規定されている2G/3G無線アクセス（GSM, UMTS（Universal Mobile Telecommunications System）^{*1}）、無線LAN, WiMAX, 3GPP2無線アクセス（CDMA2000 1x EV-DOなど）が収容できる[3]。

ドコモではLTE無線アクセスの導入に合わせて、コアネットワークにおいてもEPCを導入した。EPCは、FOMAで採用しているGPRS（General Packet Radio Service）^{*2}を発展させたアーキテクチャであり、GPRSとの異無線間移動制御も容易にできるよう設計されている。

3Gでは、初版である3GPP Release 99仕様が規定された後、パケットサービスの成長に伴い、段階的に機能が追加された。EPCでは、それらの追加機能を基盤機能として具備することにより、よりシンプルかつ柔軟な制御を可能としている。

例えば、3GPP Release 5で規定されたIu Flex^{*3}[4]は、Release 5以前の移動端末が対応できる範囲で実現し

ているため、同一エリアを処理できるノード数に制約がある。移動端末/無線アクセス/コアネットワークがすべて新規設計となるLTEおよびEPCでは、基盤機能としてS1-Flexが位置付けられ、プロトコル設計がなされたため、3Gより柔軟な運用が可能となっている。

本稿では、EPCを構成する特徴的な技術として、S1-Flex, Multi TA（Tracking Area）^{*4}Registration, IPv6対応の3点について解説する。いずれの機能も、2G/3Gでの経験を基に、LTEおよびEPCにて改善が図られている。

2. S1-Flex

LTEおよびEPCでは、基地局

*1 UMTS：第3世代移動通信方式の1つ。日本・ヨーロッパを中心に広く採用されている。他の方式として、北米を中心に採用されているcdma2000がある。
*2 GPRS：GSM, UMTSで採用されているパケット通信システム。

*3 Iu Flex：同一エリアを複数のコアノードで制御する方式。
*4 TA：1つまたは複数のセルから構成され、ネットワーク上で管理される移動端末の位置を示すセル単位。

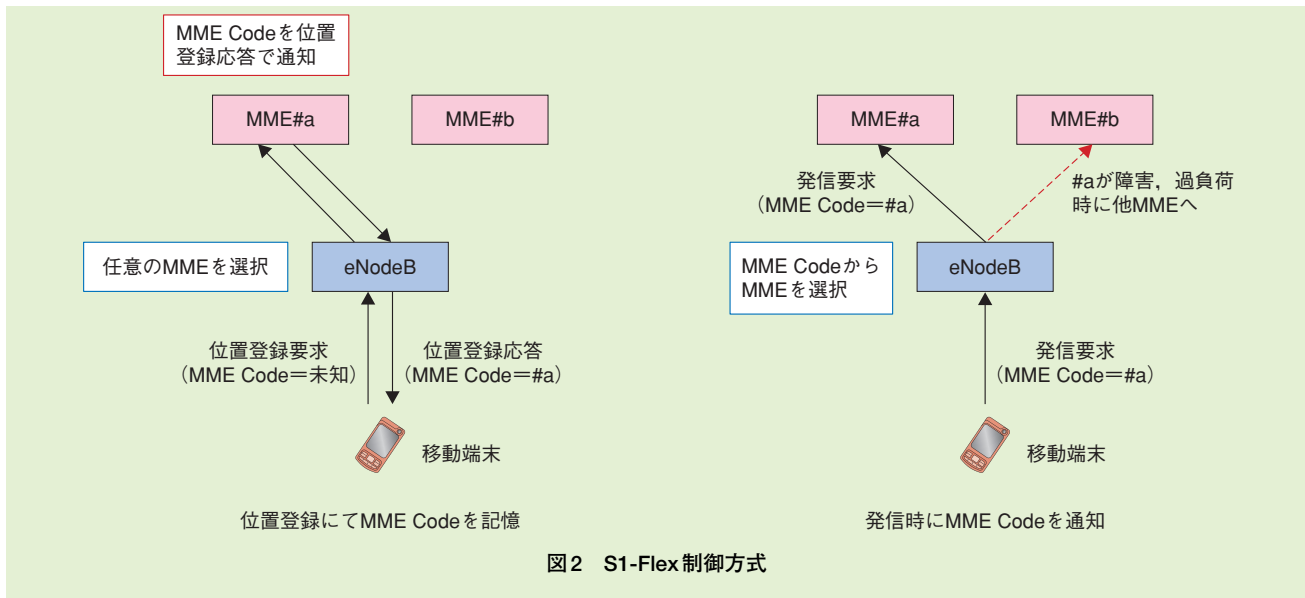
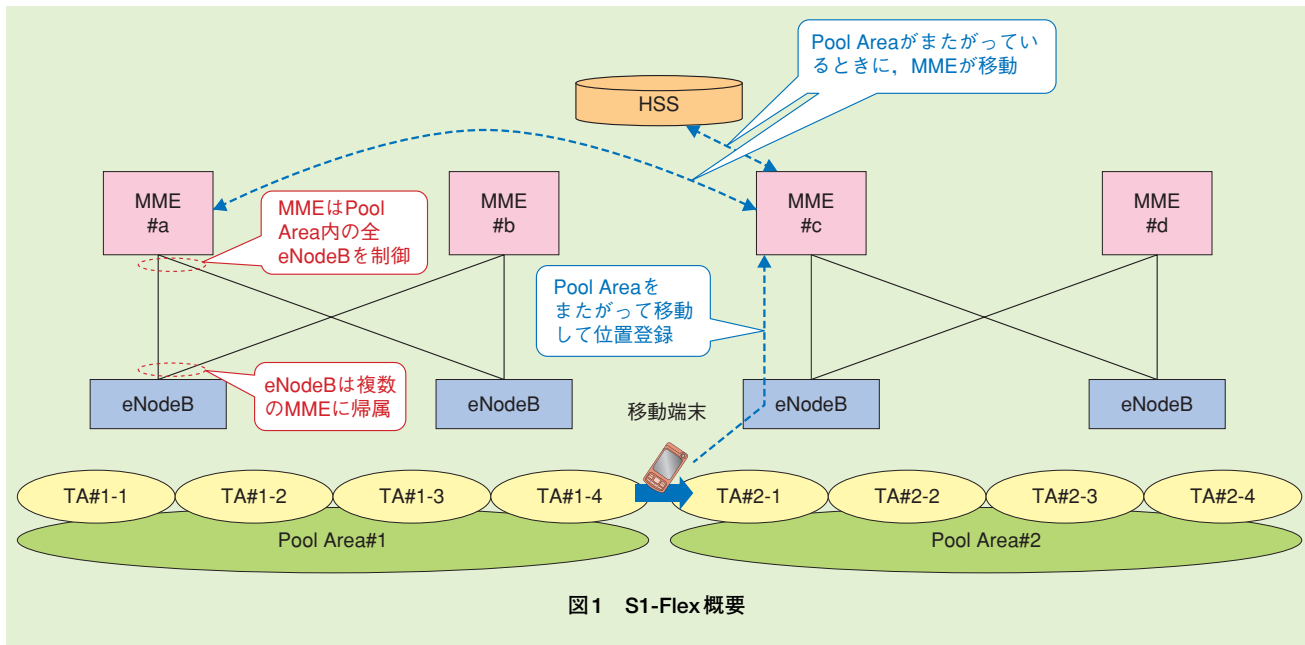
(eNodeB : evolved NodeB) が複数の MME (Mobility Management Entity) *5 に帰属可能とする S1-Flex 技術が採用されている。Pool Area *6 では TA が変わっても、MME を変更することなく呼制御が可能となる (図1)。

2.1 制御方式

位置登録時に移動端末に割り当てるユーザ識別子には、MME の識別子 (MME Code) が含まれている。移動端末内で MME Code を記憶し、次回アクセス時に、移動端末は MME Code を eNodeB に通知する。

eNodeB では、MME Code より Pool Area 内の MME を特定し、信号を転送する。MME Code から MME を特定できない場合は、eNodeB は Pool Area 内の任意の MME に信号を転送する (図2)。

また、MME は自らの処理能力を



*5 MME : eNodeB を收容し、モビリティ制御などを提供する論理ノード。
 *6 Pool Area : MME と eNodeB との間でフルメッシュ接続されるエリア。MME Pool Area と呼ばれる。

任意のタイミングでeNodeBに通知することが可能であり、eNodeBは処理能力に応じたMME選択が可能である。さらに、MME障害やMME負荷状態を検知して、他MMEを選択する論理を具備することが可能である。

2.2 S1-Flexのメリット

S1-Flexのメリットは次の3点である。

①MME負荷の均等化

比較的広いPool Areaを複数のMMEで処理するため、局所的な負荷の偏りがあっても、MME負荷の均等化が図られ、設備利用効率が向上する。

②MMEとHSS（Home Subscriber Server）^{*7}との間の位置登録数の削減

移動端末がPool Area内で移動する場合、MMEを移動することなく呼制御が可能である。そのため、MMEとHSSとの間の位置登録処理を抑制でき、結果的に設備数の削減が可能となる。

③信頼性の向上

一部のMMEが故障した場合にも、正常に動作しているMMEに新規呼を接続することができる。MMEが故障してもサービス中断を回避可能であり、ネットワークとしての信頼性が向上する。

3. Multi TA Registration

LTEおよびEPCでは、Pool Area内に複数のTAを設計することが可能であり、さらに、あるPool Area内のTAをネットワークにて、移動端末ごとにリスト化（TA-List）して割り当てることが可能である。本制御により、移動端末が位置を移動し在圏するTAが変わっても、TA-List内の変更であれば、移動端末はネットワークへ位置登録信号を送信しない。そのため、移動端末ごとにネットワークへ位置登録信号を送信するタイミングを変更することが可能となる。したがって、例えば電車移動により、多くの移動端末が一度にTAをまたがったとしても、移動端末ごとのTA-List内の移動もしくはTA-List外の移動となり、TA-List外の移動となる移動端末のみがネットワークへ位置登録信号を送信することになるため、移動端末とMMEとの間の位置登録負荷の分散が図れる。

3.1 制御方式

(1)TA-Listの割当て

あるPool Area内において、移動端末がネットワークに対して送信する位置登録要求信号には、移動端末が在圏しているTAが設定される。MMEは位置登録要求信号を受信すると、その信号に設定されたTAと自身で保持するTA-Listを比較する。次に、当信号内のTAを含むTA-Listを選択し、位置登録応答信号に設定

し、移動端末へ通知する。

(2)TA-List割当て後の移動端末の位置登録動作

TA-List割当て後の位置登録動作を、移動端末UE#aを例として、図3に示す。UE#aは、位置登録応答信号（TAU accept：Tracking Area Update accept）にてMMEからTA-List#a_1（TA#1, TA#2）が割り当てられている。UE#aがTA#1からTA#2に移動しても、前述のとおりTA-List#a_1のTA内の移動のため、UE#aはネットワークに対して位置登録信号要求（TAU）を送信しない。UE#aがTA#2からTA#3へ移動すると、TA-List#a_1のTA外の移動のため、UE#aはTA#3を設定したTAUをネットワークへ送信する。MMEはUE#aからTAUを受信すると、本例ではTA-List#a_2を選択して、TAU acceptに設定する。

(3)ページング^{*8}処理

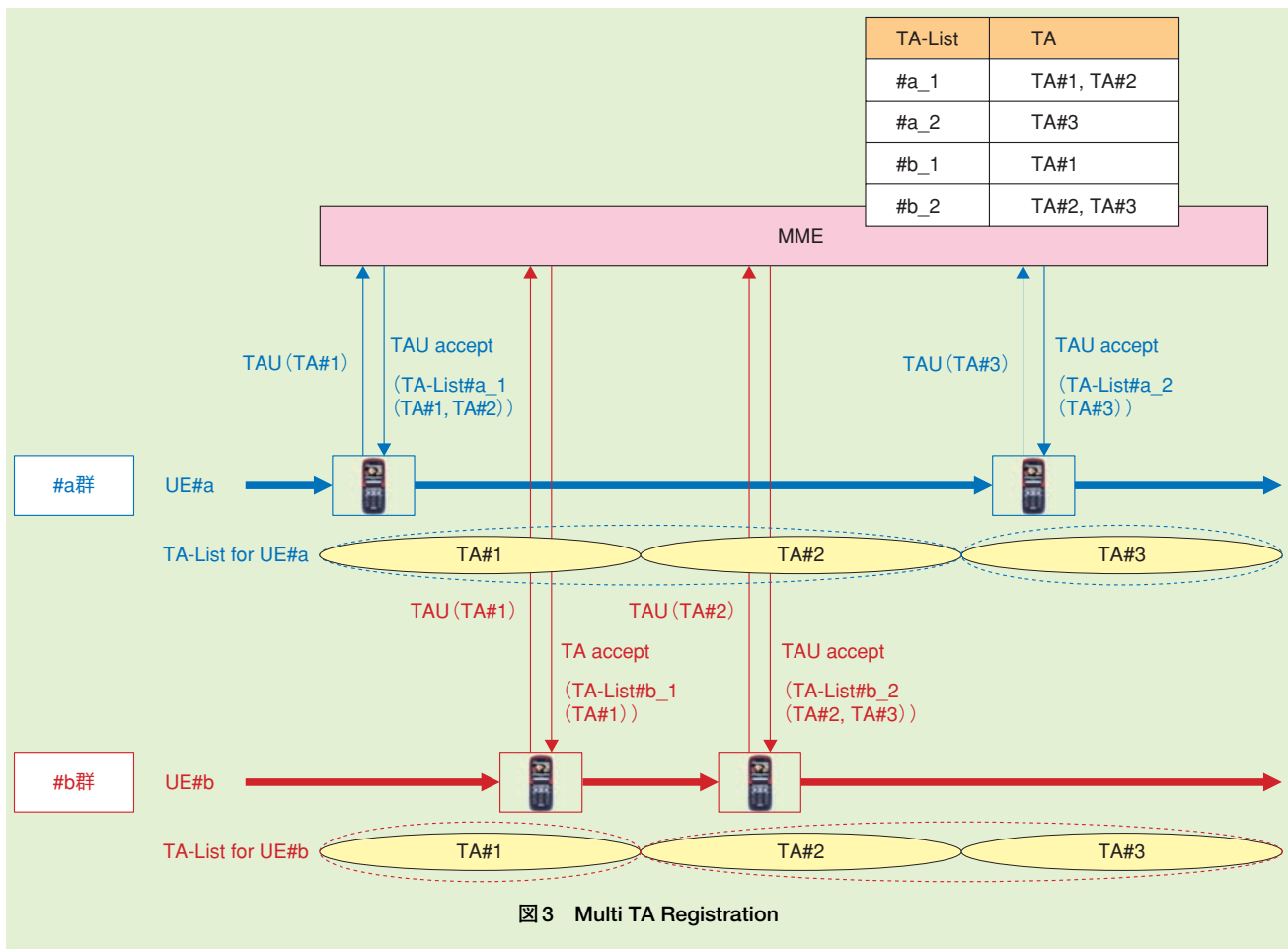
無通信状態が一定時間継続されると、移動端末との無線区間のベアラ^{*9}は解放される。その後、解放前に接続していたサーバなどから移動端末向けにユーザパケットデータが送信されると、MMEは、無線区間のベアラを再設定するためにページング処理を行う。

Multi TA Registrationを運用している場合には、移動端末のTA情報はTA-Listとして管理しているため、MMEは在圏中のTAを一意に特定できない可能性がある。そのため、MMEはTA-List内のすべてのTAに対してページング信号を送信する。移動端末はページング信号を受信す

*7 HSS：3GPP移動通信ネットワークにおける加入者情報データベースであり、認証情報および在圏情報の管理を行う。

*8 ページング：着信時に移動端末を一斉に呼び出す処理。

*9 ベアラ：本稿では、ユーザデータパケットの経路。



ると無線ペアラの設定を行い、在圏中のTAにてユーザパケットデータの受信が可能となる。

4. IPv6 対応

EPCでは、移動端末とPDN (Packet Data Network)^{*10}がIPv6に対応している場合に、IPv6アドレスを付与することができる。また、3Gと異なり、IPv4/IPv6デュアルスタックに対応している。IPv6アドレスを付与する際に、EPCは移動端末ごとに64bitのグローバルユニキャストアドレス^{*11}のIPv6 Prefix^{*12}を付与

する。EPCが移動端末に付与するIPv6 Prefixは、内部で事前に保持する方法と、PDNから取得する方法がある。IPv6 PrefixをPDNから取得する場合は、Radius^{*13}を使用する。

4.1 IPv6 アドレス設定

移動端末は、IPv6のリンクローカルアドレス^{*14}とグローバルユニキャストアドレスを保持する。それぞれの設定方法および一般的なIPv6アドレス設定との差異を次に述べる(図4)。

(1) リンクローカルアドレス

ペアラ確立の際に、EPCから移動端末に対してInterface ID^{*15}が通知される。移動端末は通知されたInterface IDを必ず用いてリンクローカルアドレスを生成する。移動端末はEUI-64^{*16}を保持していないため、EPCから通知したInterface IDを用いる点が、一般的なIPv6アドレス設定と異なる。

(2) グローバルユニキャストアドレス

ペアラの設定が完了すると、EPCは移動端末に対してRA (Router Advertisement)^{*17}を送信する。RAに

*10 PDN：EPCが接続する外部のネットワーク。

*11 グローバルユニキャストアドレス：IPv6で定義されている、インターネット上で1対1通信を行うときに使用するアドレス。

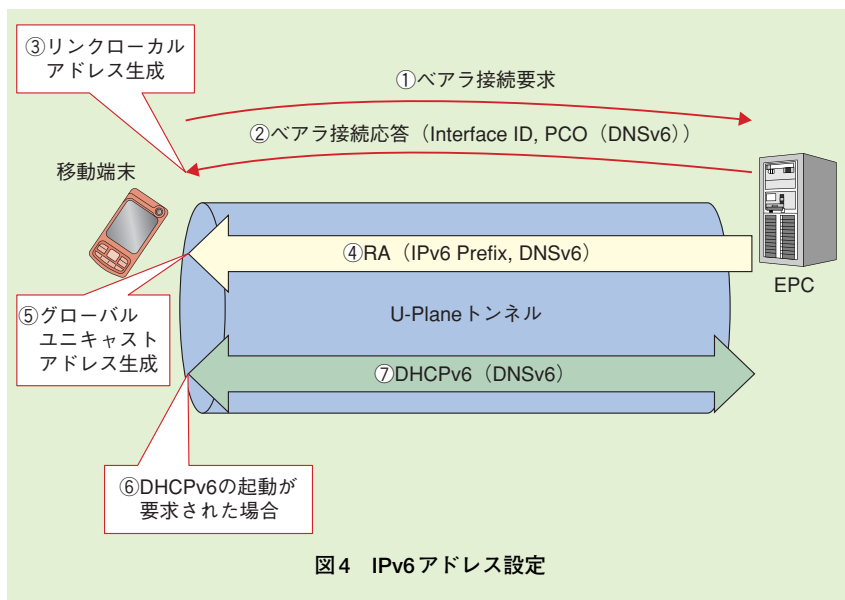
*12 IPv6 Prefix：IPv6アドレスの128bitのうち、先頭の64bitの部分。IPv4におけるネットワークアドレスに相当する。

*13 Radius：認証や課金を行うために使われるプロトコル。

*14 リンクローカルアドレス：IPv6で定義さ

れている、リンク内(同一ルータ配下のネットワーク内)で使用されるアドレス。

*15 Interface ID：IPv6アドレスの128bitのうち、後半の64bitの部分。



設定されたIPv6 Prefixを用いて、移動端末はIPv6アドレス（グローバルユニキャストアドレス）を生成する[5]。その際、どのようなInterface IDを用いてIPv6アドレス（グローバルユニキャストアドレス）を生成しても構わない。また、移動端末はネットワークに通知することなく、Interface IDを変更することができる。

4.2 IPv6パラメータ設定

EPCは移動端末に対して、IPv6のDNS (Domain Name System)^{*18}サーバアドレス (DNSv6)などのパラメータ設定を行うことができる。例えば、IPv6のDNSサーバアドレス設定方法として、次の三通りの通知方法がある。

①PCO (Protocol Configuration Options)^{*19}による通知

EPCは、ベアラ接続応答信号

のPCOにDNSv6を設定して、移動端末へ通知することができる。

②RAによる通知

EPCは、ベアラ確立後に移動端末に対して送信するRAに、DNSv6を含めて通知することができる。

③DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)^{*20}v6による通知

移動端末は、RAでDHCPv6の起動が要求された場合に、DHCPv6の要求信号をEPCへ送信する。EPCは、DHCPv6の応答信号にDNSv6を含めて通知することができる[6]。

②③は通常のIPv6環境と同様だが、①はEPCで特有の設定方法である。

5. あとがき

本稿では、EPCを支える特徴的な技術として、S1-Flex, Multi TA Registration, IPv6対応について解説した。S1-Flexの導入により、信頼性の高いネットワークが構築可能である。また、Multi TA Registrationにより、位置登録負荷の分散が図れる。さらに、IPv6に対応することで、IPv4アドレスの枯渇に備えることができる。

今後も、LTEと3Gとの間で位置登録が省略可能なISR (Idle mode Signalling Reduction)への対応など、EPCネットワークの発展を進めていく予定である。

文 献

- [1] 3GPP TS23.401 V8.12.0: "General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access," Dec. 2010.
- [2] 西田, ほか: "All-IP ネットワークを実現する SAE 基本制御技術," 本誌, Vol.17, No.3, pp.6-14, Oct. 2009.
- [3] 3GPP TS23.402 V8.9.0: "Architecture enhancements for non-3GPP accesses," Jun. 2010.
- [4] 亀崎, ほか: "3G (CS/PS) 収容エリアのサービス中断回避を目的とした Iu Flex の開発," 本誌, Vol.19, No.1, pp.49-56, Apr. 2011.
- [5] IETF RFC4862: "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," 2007.
- [6] IETF RFC3736: "Stateless Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Service for IPv6," Dec. 2004.

*16 EUI-64: MACアドレスからのマッピングで作られる、64bitのインタフェース識別子。

*17 RA: IPv6の各種情報をリンク内の端末へ通知するためにルータから送信する信号。

*18 DNS: IPネットワーク上のホスト名とIPアドレスの対応付けを行うシステム。

*19 PCO: ベアラ確立信号で、各種プロトコルのオプションを転送する。

*20 DHCP: ネットワークに接続したコンピュータに、IPアドレスなどの情報を自動

的に割り当てるプロトコル。