

Technology Reports

SAE 標準化技術特集

オールIPコアネットワークを実現する移動管理技術

3GPP Release 8 SAE 標準化で採用されたPMIPv6は、ネットワーク制御型のIPベースモビリティ制御プロトコルであり、アクセスシステムの種別や、端末能力に依存することなく、端末のモビリティ制御が可能である。ドコモは、IETFにてPMIPv6標準化を完成させるとともに、SAE標準化に採用されるよう積極的に貢献した。

ドコモ欧州研究所
Julien Laganier
ひぐち たけし
樋口 健
にしだ かつとし
ネットワーク開発部
西田 克利

1. まえがき

3GPP Release 8 SAE (System Architecture Evolution) 標準化にて規定したEPC (Evolved Packet Core) 仕様では、ドコモが積極的に提案したIPベースのモビリティ制御^{*1}プロトコルであるPMIPv6 (Proxy Mobile IPv6) が採用された。PMIPv6はLTE (Long Term Evolution) 無線アクセスエリア内における端末の移動のみならず、LTE無線アクセスと3G無線アクセスあるいはWLAN (Wireless LAN), WiMAX, 3GPP2 (3rd Generation Partnership Project2)^{*2}で規格化した無線など、さまざまなアクセスシステム間をまたがる移動をサポートする、共通的なモビリティ制御方法である。PMIPv6は、移動端末に割り当てたIPアドレスに対するネットワーク内のパケット伝送

経路管理のみに特化することで、AIPN (ALL-IP Network)^{*3}に要求される効率的なパケット伝送や、PCC (Policy and Charging Control) 制御[1]による柔軟性の高いQoS^{*4}およびポリシー制御^{*5}などを実現する。また、MIPv6 (Mobile IPv6) [2]といった従来のIPモビリティ制御方式に比べ、無線リソースの有効活用やハンドオーバー性能の向上、ユーザプライバシー/ネットワークセキュリティの向上が実現される。

ドコモは、2005年からのIETF (Internet Engineering Task Force) におけるNETLMM WG (Network-Based Localized Mobility Management Working Group) の立上げから、2008年5月のPMIPv6の仕様化完了に至るまで積極的に貢献し、3GPP[3]では、EPCアーキテクチャの決定とIETFでのPMIPv6標準化の

見通しを得て、3GPP CT (Core Network & Terminals) WG4において、PMIPv6の3GPP仕様化作業を完成させた。

本稿では、AIPNのIPモビリティ制御プロトコルに対する要求条件について述べる。併せて、IETFおよび3GPPでの標準化活動について概説し、PMIPv6プロトコルの特長と動作概要についても解説する。

2. 移動通信事業者のIPモビリティ制御に対する要求条件

ドコモは、2004年より3GPP SA (Service & Systems Aspects) WG1において、無線アクセスシステムに依存しない共通コアネットワークを実現する、AIPNの基本原則および要求条件を積極的に提案してきた[4][5]。また、この活動と並行して、

*1 モビリティ制御：端末が移動しても、発着信および通信を継続して提供可能とする制御。

*2 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。

*3 AIPN：IP技術を適用し、さまざまなアクセスシステムを収容可能とする次世代コアネットワークの総称。

従来のモビリティ制御技術が、次に述べる移動通信事業者の要求条件を満足するかについても、検証を行ってきた。

第1に、AIPNのモビリティ制御には、さまざまな有線/無線アクセスシステム（3G, LTE, WLAN, WiMAXなど）を収容し、異なるアクセス間でのモビリティ制御が可能であることが求められる。これはAIPNの基本思想であり、モビリティ制御方式がアクセスシステムに非依存であることは必須である。

第2に、モビリティ制御は効率の良いパケット伝送が可能でなければならない。今後発展するリッチコミュニケーション^{*6}サービスの普及に伴うIPパケットの増大を想定すると、最小の伝送遅延で大量のIPパケットを効率よく処理できることが求められる。

第3に、無線アクセスの収容においては、無線リソース有効活用も重要である。無線リソースは同じ無線アクセスポイント下の複数のユーザーで共有されるため、中継オーバーヘッドおよびモビリティ制御に必要なシグナリング量の削減が必要である。また、無線区間のシグナリングを最小にすることで、移動端末の消費電力を低減することができる。

第4に、ユーザーサービスの観点からは、ハンドオーバー前後においても高い通信品質を提供する必要がある。すなわち、無線アクセス内および異なるシステム間をまたいで移動しても、ユーザーが通信断を感じることはない、シームレスなモビリティ

制御を実現する必要がある。

第5に、モビリティ制御がIP化しても、ネットワークセキュリティおよびユーザプライバシーが移動通信事業者の求めるレベルを満たさなければならない。このため、例えば、DDoS（Distributed Denial of Service）攻撃^{*7}などの、潜在的なセキュリティリスクを最小限にするために、ネットワークポロジ情報^{*8}の漏洩防止は重要である。また、ユーザプライバシーについては、位置にかかわる情報を表すIPアドレスなどを、ユーザの許可なしに通信相手/サーバなどに通知してはならない。

3. IPモビリティ制御に関する標準化活動

3.1 IETFでの標準化活動

ドコモは、前述の要求条件に基づき、既存のIPモビリティプロトコルを分析した結果、AIPNの要求条件を満たす新たなIPモビリティ制御技術が必要であると判断し、IP制御プロトコルの標準化を行うIETFにて標準化作業に着手した。

2006年1月、先進的な通信メーカーやドコモを含めた移動通信事業者が、IETFのInternet AreaにNETLMM WGを発足させた。NETLMM WGは、IPモビリティ制御において移動端末の介在を必要とせず、アクセスルータ間をまたがる移動を行っても、同じIPアドレスを継続して利用可能なネットワーク制御型モビリティ制御プロトコルの仕様化を目標とした。この基本理念は、NETLMM WG立上げメンバによる要求条件の

分析・検討の結果、導き出されたものである。

NETLMM WGでは、まず既存プロトコル分析[6]および要求条件の明確化[7]を行い、前述したような、ネットワーク制御型モビリティ制御プロトコルに求められる要求機能を規定した。続いて、本WGで合意された目標を満たすプロトコルを開発するために、ドコモを含むプロトコル設計チームが設立され、必要機能を提供するベースプロトコルを策定した。その後、NETLMM WGは、MIPv6との整合性を考慮するべきであるという、WiMAX, 3GPP2など標準化団体の意見を取り込み、ベースプロトコルで検討した必要機能を、MIPv6の拡張により実現するPMIPv6[8]を仕様化した。これは、AIPNを実現するプロトコルは1つであるべきというIETF基本ポリシーに基づくものである。

IETFで標準化されたPMIPv6プロトコルは、その後機能拡張が検討され、IPv4サポート[9]、GRE（Generic Routing Encapsulation）^{*9}[10]のサポート、ハートビート機能^{*10}の追加[11]などが仕様化されている。

3.2 IETFと3GPPの連携

PMIPv6に関するIETFおよび3GPPでの標準化活動は、標準化団体（IETF, 3GPP）間の連携のみならず、両団体へ参加する各社からの継続的な寄与によって実現されたものである（図1）。

ドコモは、IETFおよび3GPPでの技術的寄与、3GPPでの仕様書のラ

*4 QoS：サービスごとに設定されるネットワーク上の品質、使用帯域の制御により遅延量や廃棄率などの制御が行われる。

*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 リッチコミュニケーション：音声通信、メッセージサービス、ビデオシェアリングなど、個々のコミュニケーションを融合させた新しいコミュニケーション。

*7 DDoS攻撃：複数の端末から、Webサーバなど特定のサービス提供装置に対して

一斉攻撃を仕掛け、サービスを停止させる攻撃方法。

*8 ネットワークポロジ情報：IPアドレスなどの、ネットワーク構成にかかわる情報。

ポータ、関連仕様を完成に導くための議論のまとめおよび事前電話会議などの開催を主導し、PMIPv6仕様完成に大きく貢献した。さらに、ドコモおよび各社からのIETF/3GPPへの活動が相乗効果を発揮し、IETFでのPMIPv6プロトコルと関連仕様の完成、3GPP EPCアーキテクチャへのPMIPv6の採用[12]および3GPP固有の拡張を含むCT WG4でのPMIPv6仕様の完成[13]を3GPP Release 8の期限内に達成した。

これは、異なる複数の標準化団体がオープンな業界標準プロトコルおよびそれに基づいたアーキテクチャを開発するために協調し、成功した好例といえよう。

4. PMIPv6 最新技術の概要

PMIPv6 の概要を図2に示す。PMIPv6は、LMA (Local Mobility Anchor) とMAG (Mobility Access Gateway) との間でユーザデータ転送用トンネルを確立/解放するモビリティ制御プロトコルである。LMAは、モビリティ制御におけるアンカー機能^{*11}を提供し、端末が接続するMAGまでのパケット転送を行う。すなわち、PMIPv6を適用するIPネットワークには、1つのLMAに対して複数のMAGが配備される。

MAGは、モビリティ制御におけるエージェント機能^{*12}を提供し、LMAに対して移動端末に代わってモビリティ制御を実施するとともに、PDN (Packet Data Network)^{*13}から割り当てられるIPアドレスに

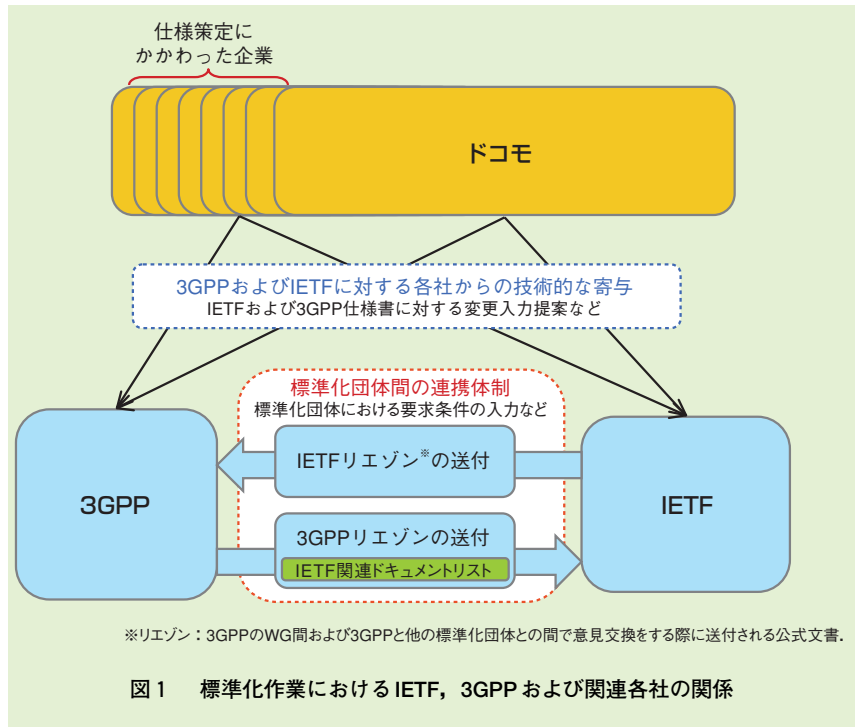


図1 標準化作業におけるIETF, 3GPPおよび関連各社の関係

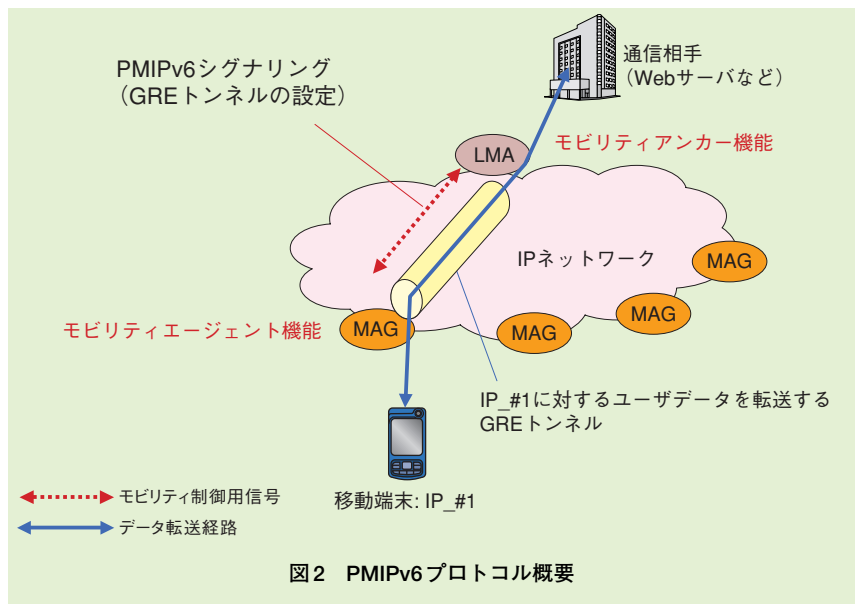


図2 PMIPv6プロトコル概要

対してユーザデータ転送用トンネルの確立や解放などを行う。また、移動端末が異なるMAGへ接続した場合、先にユーザデータ転送用トンネルを確立したLMAと、移動端末が

新たに接続したMAGとの間でユーザデータ転送用トンネルが設定される。

また、ユーザデータ転送用トンネルは先に述べたGRE[10]により提供

*9 GRE：任意のプロトコルで構成されたパケットをIPでカプセル化して転送する仕組み。
 *10 ハートビート機能：通信相手装置あるいはアプリケーションが正しく動作しているかを確認する機能。

*11 アンカー機能：移動端末の在圏エリアに合わせて通信経路の切替えを行い、移動端末あてのパケットを在圏エリアへ転送する機能。
 *12 エージェント機能：移動端末の代わりに、在圏エリア変更の通知をモビリティ

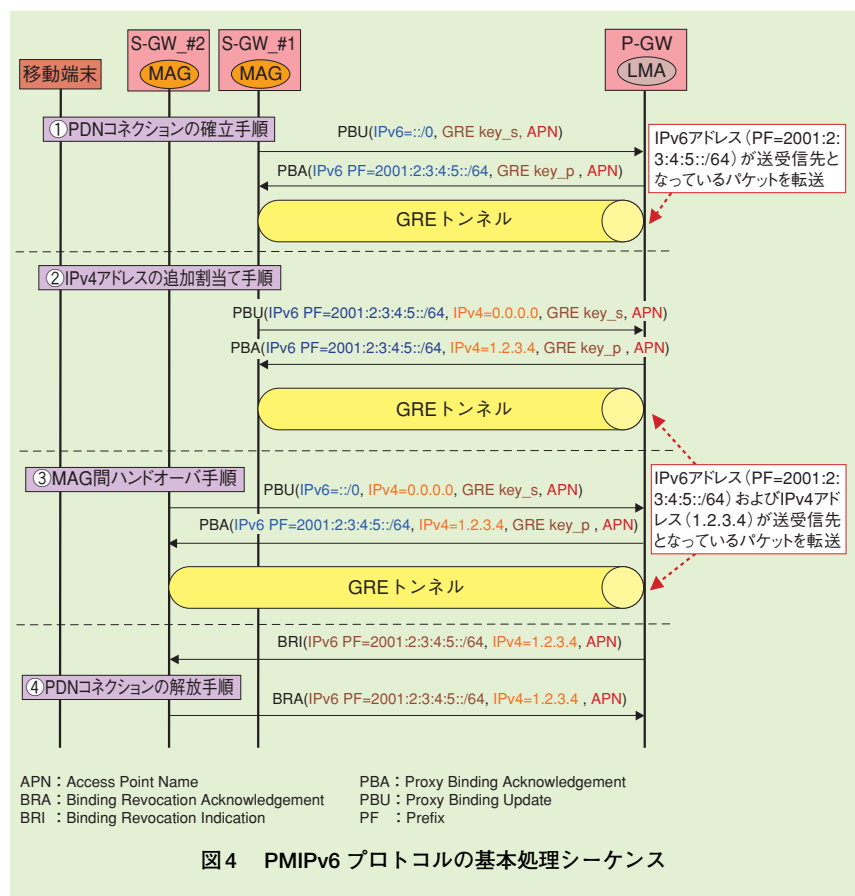
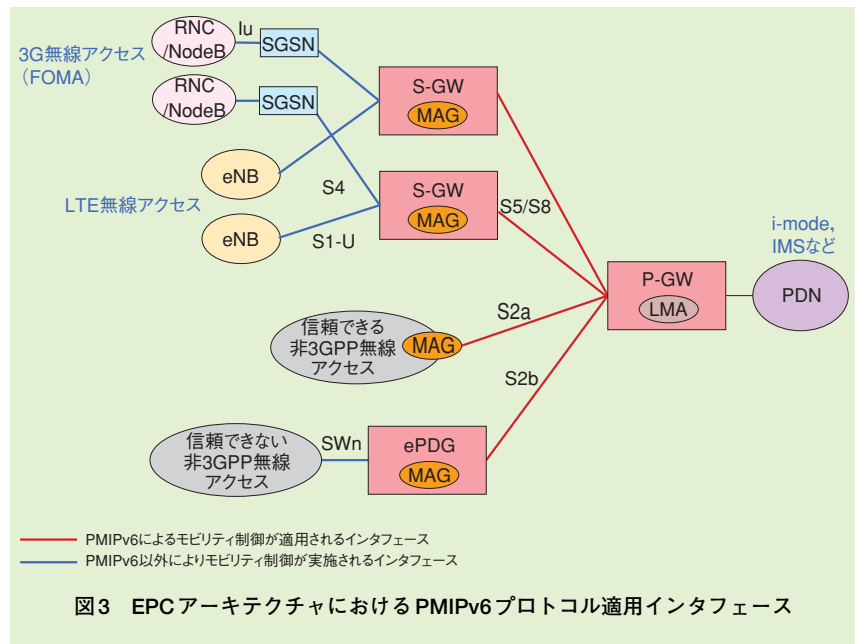
アンカーへ通知する機能。
 *13 PDN：IMSなどのパケットネットワーク。

され (GRE トンネル), IPv4 および IPv6 ユーザパケットを IPv4 および IPv6 ネットワークのいずれのネットワークでも転送することが可能である。GRE トンネルでは, LMA および MAG がそれぞれ払い出し, 事前に交換された GRE Key を, LMA および MAG がユーザデータ転送時にヘッダ情報へ付与する。これにより, 例えば LMA が移動端末から通信相手あてのパケットを受信した場合, 転送先 PDN の決定など, パケット受信後の処理を実施することが可能となる。

EPC では, コアネットワーク内のユーザデータを転送する全インタフェース (S5, S8, S2a, S2b) において, PMIPv6 によるモビリティ制御が提供される (図3)。

GPRS トネリングプロトコル (GTP : General Packet Radio System Tunneling Protocol) とは対照的に, PMIPv6 の機能はモビリティ制御に限られており, QoS などのポリシー制御機能や課金機能は, EPC の別の装置やインタフェースを通して実現される。モビリティ制御を他の機能から独立させたことは, PMIPv6 ベースの EPC の重要な特長である。こうした仕組みにより, モビリティ制御が簡素化されるだけでなく, ポリシー制御/課金機能インフラの柔軟性と拡張性を最大限に活用することができる。詳細は[14]を参照されたい。

EPC の基本的な手順のうち4つの手順を例に, PMIPv6 プロトコルの動作概要を図4に示す。



① PDN コネクションの確立

LMA (P-GW: PDN-Gateway^{*14}) と MAG (S-GW^{*15}_#1: Serving Gateway_#1) 間に GRE トンネルを確立し、移動端末の IPv6 パケットの送受信を可能とする。なお、この時点では移動端末に IPv4 アドレスは割り当てられていない。

② IPv4 アドレスの追加割当て

移動端末には IPv4 アドレスが割り当てられ、IPv4/IPv6 のいずれのアドレスでもパケット送受信が可能となる。

③ MAG 間ハンドオーバー

LMA (P-GW) と MAG (S-GW_#2) 間に GRE トンネルを生成し、新経路によりパケットの送受信が可能となる。なお、ハンドオーバーの前後で同じ IP アドレスが利用される。

④ PDN コネクションの解放

ネットワーク起動により、PDN に対して確立されている IP コネクションを解放する。

図4で示した手順のほかに、次の手順も提供される。

- ・移動端末起動のPDNコネクション解放
- ・PDNコネクションの有効期限延長
- ・IPv4アドレスの解放

この手順例では、1つのPDNに対する接続を前提としたが、MAGは移動端末が接続するPDNごとに独立してGREトンネルの管理を行う

ことができる。そのため、移動端末が同時に複数のPDNへ接続しても、同様の制御をPDN単位に実現することが可能である。

また、PMIPv6 プロトコルは、IETF で割り当てられた3GPP固有の識別子を用いることで、次に示すような、3GPPに特化した要求機能実現のための拡張を、IETFとは独立に実現する[15]。

- ・移動端末とP-GWとの間で交換されるPDNコネクション設定パラメータをS-GWとP-GWとの間で転送する機能
- ・3GPP固有PMIPv6エラーコード規定
- ・課金識別子をS-GWとP-GWとの間で転送する機能

このように、3GPPにて独立したプロトコル拡張を行った背景は、IETFとは関連性が薄い利用環境に応じた拡張については、IETF外にて規定すべきとのIETFポリシーによるものである。

5. あとがき

本稿では、3GPP EPC 標準仕様に採用されたIPベースのモビリティ制御プロトコルであるPMIPv6について、AIPNにおけるプロトコル要求条件と、ドコモが積極的に主導した、IETFおよび3GPPにおける標準化活動について述べた。さらに、PMIPv6プロトコルの特長および処理概要についても解説した。

PMIPv6は、移動通信ネットワークにおける要求条件を満足するネッ

トワーク制御型のIPモビリティ制御プロトコルであり、EPCのみならず、AIPNを目指すWiMAXや3GPP2といった、他の移動通信ネットワーク仕様においても採用されている。また、PMIPv6によるモビリティ制御をベースとするEPCは、QoS制御をモビリティ制御から分離しており、この考え方はNGN (Next Generation Network)^{*16}との整合性も高く、今後、EPCを基に、コアネットワークがAIPNとして共通化されることが期待される。また、PMIPv6を利用した国際ローミングの議論も開始されており、既存のGTP網^{*17}とのインターワーク検討が始まっている。

さらにIETFでは、PMIPv6のさらなる機能拡張検討が行われており、今後LMA-MAGセッション一括削除、LMA切替え、ユーザデータ転送トンネルの経路最適化といった機能が標準化される予定である。

文 献

- [1] 3GPP TS23.203 V8.6.0: "Policy and charging control architecture," Jun. 2009.
- [2] IETF RFC 3775: "Mobility Support in IPv6," 2004.
- [3] 3GPPホームページ.
- [4] 3GPP TS 22.278 V8.8.0: "Service requirements for the Evolved Packet System (EPS)," Jun. 2009.
- [5] 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.
- [6] IETF RFC 4830: "Problem Statement for Network-Based Localized Mobility Management (NETLMM)," 2007.
- [7] IETF RFC 4831: "Goals for Network-

* 14 P-GW: PDNとの接続点であり、IPアドレスの割当てや、S-GW (* 15参照)へのパケット転送などを行うゲートウェイ。

* 15 S-GW: 3GPPアクセスシステムを収容する在圏パケットゲートウェイ。

* 16 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。

* 17 GTP網: GTPを利用して、パケット転送を行うネットワーク。

- Based Localized Mobility Management (NETLMM),” 2007.
- [8] IETF RFC 5213 : “Proxy Mobile IPv6,” 2008.
- [9] IETF I-D draft-ietf-netlmm-pmipv4-support-14 : “IPv4 Support for Proxy Mobile IPv6,” Jul. 2009.
- [10] IETF I-D draft-ietf-netlmm-grekey-option-09 : “GRE Key Option for Proxy Mobile IPv6,” May 2009.
- [11] IETF I-D draft-ietf-netlmm-pmipv6-heartbeat-07 : “Heartbeat Mechanism for Proxy Mobile IPv6,” Apr. 2009.
- [12] 3GPP TS 23.402 V8.6.0 : “Architecture enhancements for non-3GPP accesses,” Jun. 2009.
- [13] 3GPP TS 29.275 V8.2.0 : “Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) based Mobility and Tunneling protocols; Stage 3,” Jun. 2009.
- [14] 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.
- [15] 3GPP TS 29.282 V8.1.0 : “Mobile IPv6 vendor specific option format and usage within 3GPP,” Jun. 2009.