

モバイル環境におけるMMDセッション制御高速化に関する検討

小森田賢史[†] 我妻 知典^{††} 千葉 恒彦[†] 横田 英俊[†] 井戸上 彰[†]

羽鳥 光俊^{††}

[†] KDDI 研究所

^{††} 中央大学大学院理工学研究科

あらまし 次世代ネットワークの中核技術として標準化が進められているIMS(IP Multimedia Subsystem)/MMD(MultiMedia Domain)においては、各端末の通信を制御するためにSIPを用い、特にMMDでは移動端末のモビリティサポートのためにMobile IPを利用する。しかしながら、このSIPとMobile IPを併用する方式においては、それぞれ個別に処理を行うため、セッション制御に時間を要するという問題がある。本稿では、それら2つのプロトコルを連携することにより、セッション制御を高速化する手法を提案し、その設計について述べる。さらに、提案に基づいて実装、及び評価を行い、セッション制御時間が改善されたことを示す。

A Study on the fast MMD session control methods in the mobile environment

Satoshi KOMORITA[†], Tomonori AGATSUMA^{††}, Tsunehiko CHIBA[†], Hidetoshi

YOKOTA[†], Akira IDOUE[†], and Mitsutoshi HATORI^{††}

[†] KDDI R&D Laboratories Inc.

^{††} Graduate School of Science and Engineering, Chuo University

Abstract In recent years, IMS/MMD architectures standardized by 3GPP and 3GPP2 are becoming important as the key technologies for the Next Generation Network. These architectures utilize SIP for managing connections between nodes. In addition, MMD utilizes Mobile IP for mobility support of mobile nodes. However, the simultaneous utilization of these protocols running separately causes a delay of the session controls. In this paper, we propose fast session control methods by cooperation between these protocols. Further, we implement and evaluate our proposed methods, and show the improvements in session control time.

1. はじめに

近年、固定、移動通信を統合し、より高度なサービスを提供するための基盤となるNGN(Next Generation Network)が注目されている。その中核技術として、3GPP [1]/3GPP2 [2]ではIMS(IP Multimedia Subsystem)/MMD (MultiMedia Domain)の標準化が進められている。IMS/MMDは、VoIPを含む多様なマルチメディアサービス提供基盤となるALL IPネットワークのための標準仕様であり、セッション制御をはじめ、認証

や既存回線交換網とのゲートウェイ、メディアリソース提供や変換などの機能と、その機能間のインタフェースを定めている。これらにより、IMS/MMDではQoS制御や課金、通信業者以外のサードパーティによるサービスなどを行うことができる。

IMS/MMDにおけるセッション制御には、SIP(Session Initiation Protocol) [3]が用いられ、さらにMMDにおいては異なるアクセス網へ端末が移動した場合のハンドオーバ制御にMobile IP [4]を利用する。しかしながら、MMDにおいてMobile IPとSIPを独立に基本動作させるだけでは、冗長な動作が発生しうる[5]~[7]。まず、そ

それぞれを基本動作させる場合、はじめに Mobile IP の位置登録を行い、その後 SIP の登録処理を行う [8]。この際、SIP のメッセージは先に登録した Mobile IP の Reverse Tunneling よって HA(Home Agent) を通過する冗長な通信経路を通る。また、それぞれで登録メッセージを送るためにメッセージ数が多く、認証も個別に行っている。これらにより、Mobile IP と SIP の登録などに時間を要し、ハンドオーバーの際の通信遮断時間等の遅延を招く。

Mobile IP と SIP の併用時における冗長性に対して、筆者らはそれらのプロトコルを連携させることで、MMD におけるセッション制御の高速化を行うことを検討している。本稿では、制御メッセージの経路の最適化を図ること、制御メッセージ数の最適化を図ること、及び安全性を低下させずに認証手順の最適化を図ることに着目し、SIP メッセージが HA を経由しない Selective Reverse Tunneling, Mobile IP と SIP の登録 packets をまとめる PiggyBacking, 及び Mobile IP の認証結果を SIP の認証に反映させる認証連携の 3 手法とそれらを統合した手法を提案する。

また、筆者らは提案した手法の有効性を確認するために、MMD ネットワークを構築し評価実験を行う。実験では、Mobile IP ノードと SIP ノードを MMD ネットワーク模擬した LAN 内に設置し、セッション制御時間に影響するネットワーク遅延を変動させ測定を行い、セッション制御処理速度の改善を示す。

本稿では、まず 2. で MMD のセッション制御について紹介し、Mobile IP と SIP を基本動作させた場合の動作について述べる。次いで 3. で基本動作時の問題点を述べ、4. でその問題点を解決する手法を提案する。5. で実験及びその評価について述べ、最後に 6. でまとめとする。

2. MMD セッション制御概要

2.1 ネットワーク構成

本稿で想定するセッション制御に関する MMD のネットワーク構成を図 1 に示す。本ネットワークは、通常 1 つの HN(Home Network) とアクセス種別や地域ごとに分割される複数の VN(Visited Network) により構成される。HN-VN 間は、専用線やインターネットなどのバックボーン網によって接続されており、HN-VN 間が離れている場合などには大きな遅延が生じることが想定される。

2.2 ノード構成

MMD では、移動端末である MN (Mobile Node) のモビリティ制御を行う Mobile IP に関するノードとして、HA や FA(Foreign Agent), 及び認証サーバがある。HA 及び認証サーバの AAA (Authentication Authorization Accounting) は HN に、FA は VN に配置される。

SIP のセッション制御に主に関わるノードとしては、ユーザ情報を扱う HSS(Home Subscriber Server) や SIP サーバである CSCF(Call Session Control Function) がある。MMD において CSCF はローミング機能や負荷分散を考慮し、P-CSCF(Proxy-CSCF), I-CSCF(Interrogating-CSCF), S-CSCF(Serving-CSCF) 3 種類に分かれる。P-

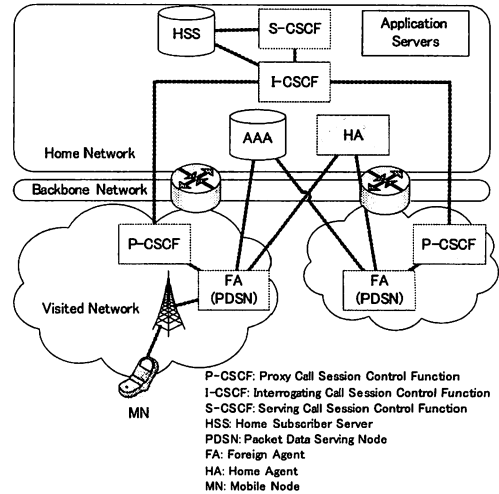


図 1 本稿で想定する MMD ネットワーク構成

CSCF は SIP プロキシサーバとして動作し、MN(Mobile Node) が送受信する SIP メッセージは全て P-CSCF を通る。I-CSCF は、管理ドメインの端に配置される SIP プロキシサーバであり、ドメイン間の SIP メッセージや、P-CSCF と S-CSCF 間の SIP メッセージを中継する。S-CSCF は中心的な SIP ノードであり、セッション制御機能やレジストラの機能を備える。I-CSCF, S-CSCF, 及び HSS は基本的に HN に配置されるが、P-CSCF については HN に配置する手法と、VN に配置する手法がある [9]。筆者らは HN-VN 間の遅延やアクセス種別ごとの管理の容易さにより、各 VN に P-CSCF を設置する手法を提案している [5]。

2.3 Mobile IP/SIP の基本動作概要

MMD では、MN が VoIP 等のサービスを利用するには、まず MMD の登録処理として Mobile IP と SIP の登録処理を行う。また、異なるネットワークへ MN が移

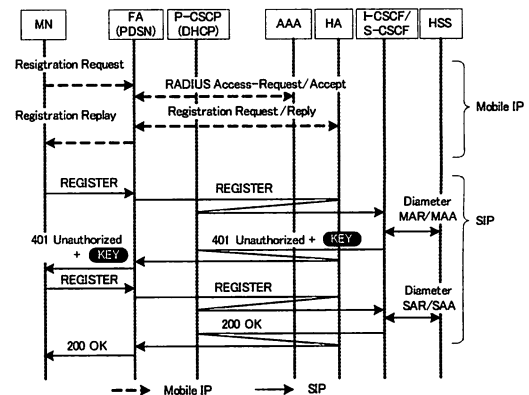


図 2 MMD における Mobile IP/SIP の基本登録シーケンス

動した際には、Mobile IP と SIP の登録処理を再度行う必要がある。

MN が、Mobile IP と SIP の登録を完了するまでの基本動作シーケンスを図 2 に示す。MN はネットワークに接続した後、Mobile IP の登録パケットを FA へ送信する。FA は、AAA と Mobile IP の認証処理を行い、認証後に HA へ登録パケットを送信する。HA は MN の登録完了後、MN へ Mobile IP 登録完了メッセージを送信する。MN は、Mobile IP の登録完了メッセージを受信後、SIP 登録メッセージを P-CSCF へ送信する。P-CSCF は I-CSCF へ、I-CSCF は S-CSCF へ SIP 登録メッセージを送信する。S-CSCF は、SIP 登録メッセージを送信したユーザの情報を HSS から取得し、取得した情報に基づいて MN とチャレンジレスポンス認証を行う。認証後、S-CSCF は HSS へユーザの登録完了処理を行い、MN へ SIP 登録完了メッセージを送信する。またチャレンジレスポンス認証の際に、MN と P-CSCF 間で通信を暗号化するための鍵を渡す。なお、Mobile IP 登録完了後であるため、MN が送受信する SIP メッセージは、Mobile IP の Reverse Tunneling によって全て HA を経由して送受信される。

3. Mobile IP/SIP 併用時の問題点

3.1 Mobile IP/SIP 基本動作の冗長性

Mobile IP/SIP の登録は、MN が異なる VN にハンドオーバーを行う毎に必要である。この登録処理が完了するまで MN は通信を再開することができないため、高速なハンドオーバーのためには登録処理の高速化が必要となる。

しかしながら、2.3 で述べた Mobile IP と SIP の独立した動作は、次の点において冗長な動作をとる。第 1 に、MN の SIP メッセージの通信相手は、基本的に同じ VN に配置された P-CSCF であるにもかかわらず、SIP メッセージが Mobile IP の Reverse Tunneling によって HA を経由し VN-HN 間を往復している点である。第 2 に、Mobile IP と SIP メッセージの登録メッセージがそれぞれ送信されている点である。MN は Mobile IP 登録完了メッセージの受信まで待機し、その後 SIP 登録メッセージを送信する必要があるが、無線区間の遅延が大きく帯域が狭い場合には、無線区間のメッセージ数は少ないほうが良い。第 3 に、同じ HN に対する認証であるにもかかわらず、Mobile IP は FA から AAA へ Radius による認証を、SIP は S-CSCF と MN 間でチャレンジレスポンス認証を個別に行っている点である。これらの冗長性により、Mobile IP と SIP の登録完了までに時間を要し、セッション制御の遅延を招く。

3.2 関連技術

登録処理を高速化するため既存の手法としては、Mobile IP の経路の最適化を図る Mobile IP Route Optimization [10] があげられるが、このプロトコルは機能を提供するために新たにシグナリングを必要とし、メッセージ数が増加してしまう。MMD の登録処理高速化は、MN がネットワークに接続した直後の短時間における処理を

高速化するものであるため、長期的に有効であってもネットワーク接続開始時に新たにシグナリングが増加することは望ましくない。そこで、新たにシグナリングを加えることなく、現在のシグナリングから冗長なメッセージを省略することを検討する。

4. セッション制御高速化手法の提案と設計

4.1 設計指針

上記の Mobile IP と SIP の並列動作時における冗長性を低減し、セッション制御を高速化するため、Mobile IP と SIP を連携手法を提案する。本手法は、第 1 に制御メッセージの経路の最適化を図ること、第 2 に制御メッセージ数の最適化を図ること、第 3 に安全性を低下させずに認証手順の最適化を図ることに着目した。それぞれの指針に対して、Selective Reverse Tunneling, PiggyBacking, 及び認証連携の 3 つの手法とそれらを統合した手法を次に提案する。

4.2 Selective Reverse Tunneling

本手法は、SIP メッセージを HA を経由する冗長な経路を通過させず直接 P-CSCF へ送信させることで、SIP メッセージのトラフィック量と遅延の削減を図る手法である。

Mobile IP の登録完了後、まず MN は P-CSCF への SIP メッセージを FA に送信する。FA は受信したパケットを解釈し同じ VN 内にある P-CSCF 宛の SIP メッセージであれば、SIP メッセージをカプセル化し、P-CSCF へ直接送信する。P-CSCF は FA からのパケットを受信し、カプセル化された内部の SIP メッセージを処理する。また、P-CSCF は内部の SIP メッセージの送信元 (IP_{MN}) とカプセル化している外部のパケットの送信元 (IP_{FA}) の対応を保持し、今後 IP_{MN} 宛にパケットを送信する場合は、カプセル化を行い IP_{FA} 宛に送信する。FA はパケットを受け取ると、カプセル化を解除し内部のメッセージの送信先である IP_{MN} へ送信する。なお、この P-CSCF が保持する IP アドレスの対応は MN が Mobile IP の登録を解除した場合、または一定時間経過後に削除される。

4.3 PiggyBacking

本手法は、MN が個別に送信している Mobile IP の位置登録パケットと SIP の登録パケットを、まとめて送信することで無線区間のメッセージ量の削減と SIP 登録の処理高速化を図る手法である。

まず MN は、Mobile IP の登録処理の際に SIP 登録メッセージを作成し、これを Mobile IP の登録メッセージの拡張部に格納して、FA へ送信する。FA では、Mobile IP の登録メッセージから SIP 登録メッセージを分離して待機させ、先に Mobile IP の登録処理を行う。FA は、HA から Mobile IP の登録処理完了メッセージを受信すると、これを契機に待機していた SIP 登録メッセージの処理を行う。

4.4 認証連携

本手法は、先に認証を行う Mobile IP の認証情報を SIP の登録メッセージに付加し、SIP の認証サーバに渡

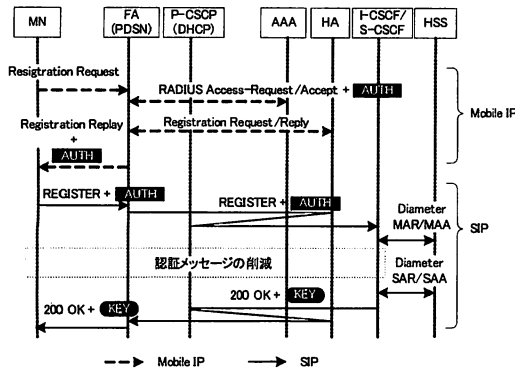


図3 認証連携手法の登録シーケンス

すことによって SIP の認証を行い、SIP メッセージ量の削減と SIP 登録処理の高速化を図る手法である。

認証を連携した場合の登録処理を図3に示す。まず Mobile IP の認証時に、AAA は認証済みとする認証情報を Radius の返信メッセージに付加して FA に返す。FA は、この認証情報を Mobile IP の登録完了メッセージに付加して MN へ返す。MN は、この認証情報を付加した SIP 登録メッセージを送信する。認証を行う S-CSCF は、この認証情報付き SIP 登録メッセージを受信すると、この認証情報の正当性を検証し、正しく確認できれば認証済みとして、チャレンジレスポンス認証を省き、SIP 登録完了メッセージを MN に返す。

しかしながら認証連携では、MN が AAA の認証情報を一度受信した後、再び送信している。そのため、悪意のある MN のユーザが AAA の認証情報を改ざんして SIP の認証を行う可能性がある。これに対し認証連携を安全に行うため、本手法では AAA と HSS の間に信頼関係があることに着目して電子署名を利用する。AAA は、認証情報を自身の秘密鍵で署名し、S-CSCF は HSS から受け取った AAA の鍵を用いてこれの正当性を検証する。

なお、通常の SIP 認証処理では MN と P-CSCF 間の通信暗号化に使用する共通鍵を、本手法において削減されるチャレンジレスポンスのシーケンス中に交換する。そこで、本手法ではこの鍵を SIP 登録完了メッセージに付加して MN へ渡す。

4.5 提案手法の統合化

4.1 で示した設計指針を同時に満足させるため、上記3手法を統合したシーケンスを図4に示す。Selective Reverse Tunneling による冗長経路の最適化、PiggyBacking による無線区間のトラフィック及び端末負荷の軽減、さらに認証連携による重複した認証処理の最適化が行われ、端末の移動に伴うセッション再確立時の時間短縮が可能となる。またこの際に、PiggyBacking と Selective Reverse Tunneling の相乗効果として、Mobile IP の認証が完了した段階で Mobile IP の登録完了を待たずして FA から SIP の登録メッセージを送信することができ、より高速化が可能となる。

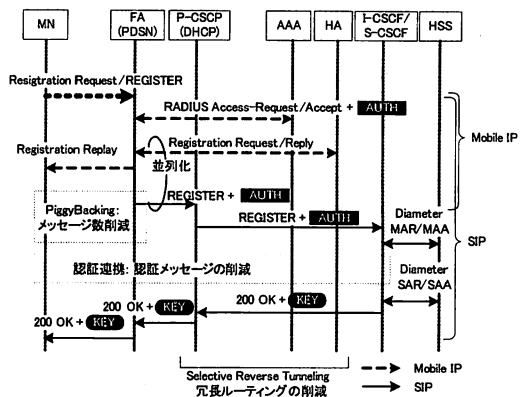


図4 統合手法の登録シーケンス

5. セッション制御高速化手法の実装と評価

5.1 実験ネットワークの構成

本稿での実験 MMD ネットワーク構成を図5に示す。本ネットワークは、HN、及び3個のVNで構成され、それらはバックボーン網を想定した Router により接続されている。VN1、VN2 は無線アクセス網、VN3 は固定網とし、HN と VN はローミング等地理的に離れた環境も想定する。また、MN は VN1、VN2 間でハンドオーバを行いながら、VN3 の CN(Correspondent Node) と双方向の音声通信を行う。このハンドオーバ際、セッション制御により継続して音声通信が可能である。

本ネットワークでは、SIP 構成ノードとして、HN に SIP サーバである I-CSCF、S-CSCF、ユーザ情報を保持する HSS を配置し、VN に P-CSCF を配置している。また、Mobile IP 構成ノードとして、HN に HA、認証サーバである AAA を配置し、VN1、VN2 に FA を配置している。MN は IEEE802.11b 無線 LAN を用いて無線アクセス網に接続する。また、無線アクセス網として想

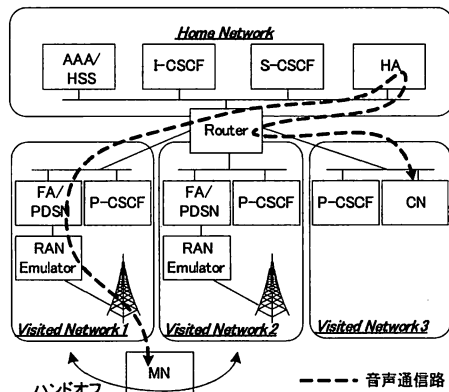


図5 MMD 実験ネットワーク構成

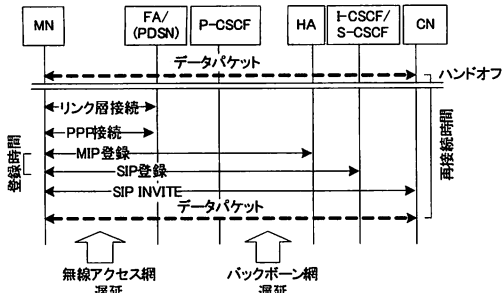


図6 セッション制御時間

定した1xEV-DO [11]におけるプロトコルや遅延を模擬するためのRAN(Radio Access Network) Emulator及びPDSN(Packet Data Serving Node)を配置した。ネットワーク上の各ノードはEthernetで接続し、HNとVN間のバックボーン網遅延はRouterにおいて変動させている。

5.2 各ノードの実装

SIPノード, Mobile IPノード, 及びMNはPC(CPU:Pentium4 2.8GHz,Memory: 2GB)を用いて実装し, OSとしてFedora Core 3を用いた。また, 遅延を入れるためのルータ, 及びRAN EmulatorはFreeBSD 5.5-RELEASEを用いている。

5.3 評価対象

本稿では, 基本動作及び提案手法のうち以下の2動作を評価対象とした。

Mode1: MMD基本動作のみ

Mode2: 認証連携手法の適用

Mode3: 全提案の統合手法の適用

なお, Selective Reverse Tunneling及びPiggyPackingについては文献[5]で述べている。評価指標は, セッション制御処理における登録時間と再接続時間を指標とした。登録時間と再接続時間の定義を図6に示す。登録時間とは, 最初のMoboile IP登録メッセージ送信からSIP登録完了メッセージを受信するまでの時間である。これはMNがVNに接続してからサービスを受けることが可能になるまでの時間になる。再接続時間とは, MNがハンドオーバー前にCNから最後のデータパケットを受信してから, MNのハンドオーバー処理を完了し, ハンドオーバー後に再びデータパケットの受信を開始するまでの時間である。これはVoIPなどで通話中にハンドオーバーした際, 音声遮断される時間になる。

5.4 測定方法

セッション制御に対する提案手法の有効性を検証するため, 無線アクセス網とバックボーン網の遅延を変化させて測定を行った。遅延パターンとして, 表1の2パターンを用いた。なお, 表1中の遅延は片方向遅延を表している。バックボーン網遅延は, HNを東京と仮定し, VNを東京からワシントンなどの主要都市にかけての距離から算出し[12], 無線アクセス網遅延は文献[13]を参照した。

表1 遅延パターン

	バックボーン網遅延	無線アクセス網遅延
パターン1	20,22,24,33,53,68,88,136,150ms	80ms 固定
パターン2	24ms 固定	40,80,110,220ms

測定は, まず図5中のVN1においてMNがMobile IP及びSIPの登録を完了させ, CNとVoIPによる音声通信を開始した後, VN2にハンドオーバーさせた。その際にMN, VN, 及びHNでパケットキャプチャを行い, 5.3で述べた登録時間と再接続時間を求めた。

5.5 測定結果と考察

登録時間と再接続時間の遅延パターン1での測定結果を図7, 遅延パターン2での測定結果を図8に示す。MMD基本動作であるMode1と比較して, 認証連携のMode2, 統合手法のMode3の順に登録/再接続時間が減少していることが確認できる。

MMD登録処理における通信遅延は, バックボーン網遅延

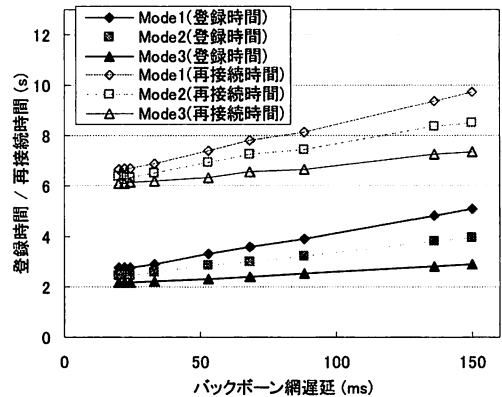


図7 遅延パターン1 登録/再接続時間

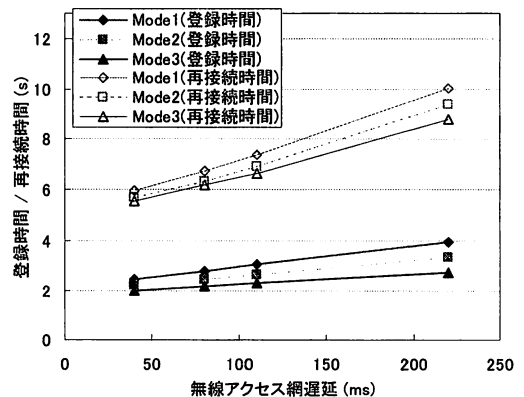


図8 遅延パターン2 登録/再接続時間

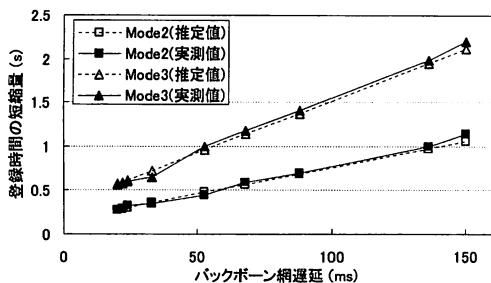


図 9 遅延パターン 1 登録時間の推定値と実測値の比較

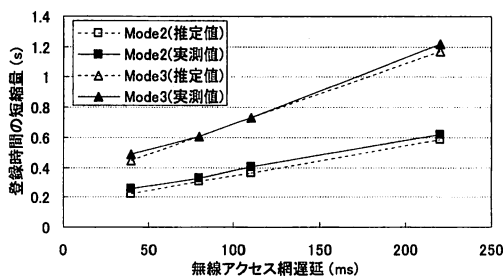


図 10 遅延パターン 2 登録時間の推定値と実測値の比較

延を D_{back} 、無線アクセス網遅延を D_{access} 、バックボーンを通過するメッセージ数を N_{back} 、アクセス網を通過するメッセージ数を N_{access} とすると、

$$D_{back} \times N_{back} + D_{access} \times N_{access} \quad (1)$$

と表される。よって、通信遅延は各網での遅延時間と各網を通過するメッセージ数に比例して線形に変化する。図 7 及び図 8 においても、登録時間と再接続時間は各網の遅延に対して、ほぼ線形に変化していることがわかる。また各モードの通過メッセージ数の変化に対しても、4 より Mode2 では N_{back} が 6、 N_{access} が 2、Mode3 で N_{back} が 12、 N_{access} が 4 だけ削減されており、これら削減数に比例して登録時間、及び再接続時間が短縮されている。

また、Mode2 及び Mode3 における登録時間の実測値と式 (1) による推定値の比較を、遅延パターン 1 と遅延パターン 2 について図 9 と図 10 に示す。実測値は推定値通りであり、概ね設計に沿った性能が得られることが確かめられた。なお、数十 ms ほど実測値が推定値よりも短縮量が大きいが、この原因としては提案手法適用での処理パケット数削減による各ノードの処理時間の減少が考えられる。

MMD における登録時間の削減を実現できたが、バックボーン網遅延 150ms、無線アクセス網遅延 80ms 時には、依然登録処理に約 3 秒、再接続には約 7 秒の時間を要する。これについて、図 11 にその際に要する時間の内訳を示す。図 11 に示すとおり、本提案手法の効果が適用されない無線リンクの切り替えや各ノードでの処理に時間を要している。これらについても、無線リンクの切り

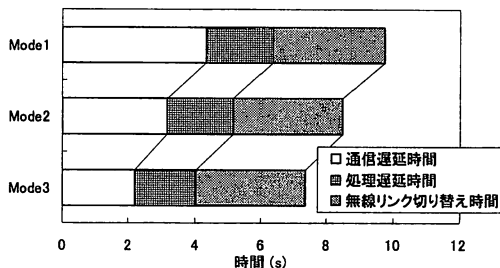


図 11 MMD 再接続時の時間内訳

替えは無線 LAN よりも高速な手法を用いることで短縮可能であり、ノード処理に関しても専用装置を用いることで高速化を図ること可能である。

6. おわりに

本稿では、P-CSCF がアクセス種別や地域ごとに分割される複数のネットワークに分散配置されている MMD の環境において、Mobile IP/SIP 併用時における冗長な動作に対する高速化手法の提案、実装及び評価を行い、その有効性を示した。日頃御指導頂く秋葉所長に感謝致します。

文 献

- [1] 3GPP, <http://www.3gpp.org/>.
- [2] 3GPP2, <http://www.3gpp2.org/>.
- [3] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler, : "SIP: Session Initiation Protocol", *RFC 3261* (2002).
- [4] C. Perkins, : "Mobile IP", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 35, No. 5, pp. 84-99 (1997).
- [5] T. Chiba, H. Yokota, and A. Idoue, : "Trombone Routing Mitigation Techniques for IMS/MMD Networks", *to appear in IEEE WCNC 2007*.
- [6] 小森田賢史, 我妻知典, 千葉恒彦, 横田英俊, 井戸上彰, 羽鳥光俊 : "モバイル環境における MMD セッション制御高速化に関する提案と設計", 情報処理学会第 69 回全国大会 2E-1 (2007).
- [7] 我妻知典, 小森田賢史, 千葉恒彦, 横田英俊, 井戸上彰, 羽鳥光俊 : "モバイル環境における MMD セッション制御高速化に関する実装と評価", 情報処理学会第 69 回全国大会 2E-2 (2007).
- [8] S. Faccin, P. Lalwaney, and B. Patil, : "IP multimedia services: analysis of mobile IP and SIP interactions in 3G networks", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 42, No. 1, pp. 113-120 (2004).
- [9] T. Chiba, H. Yokota, A. Idoue, A. Dutta, S. Das, F. Lin, and H. Schulzrinne, : "Gap Analysis and Deployment Architectures for 3GPP2 MMD Networks", *IEEE VT Magazine* (2007).
- [10] C. Perkins and D. Johnson, : "Route Optimization in Mobile IP", *draft-ietf-mobileip-optim-11.txt* (2001).
- [11] 3GPP2 X.S0011-001-C v3.0, : "cdma2000 Wireless IP Network Standard: Introduction", <http://www.3gpp2.org/Public.html/specs/index.cfm>.
- [12] ITU-T Recommendation Y.1541, : "Network performance objectives for IP-based services" (2002).
- [13] ITU-T Recommendation G.114, : "One-way Transmission Time" (2000).