

## 独立な Mobile IP ネットワーク間のグローバルローミング方式

辻野 康一郎<sup>†</sup> 加藤 聡彦<sup>†</sup> 伊藤 秀一<sup>†</sup> 横田 英俊<sup>‡</sup> 井戸上 彰<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>電気通信大学 大学院情報システム学研究所 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

<sup>‡</sup>(株)KDDI 研究所 〒356-8502 埼玉県上福岡市大原 2-1-15

E-mail: <sup>†</sup>{tsujino, kato, itoh}@net.is.uec.ac.jp <sup>‡</sup>{yokota, idoue}@kddilabs.jp

**あらまし** 近年、携帯電話網、ホットスポット型無線 LAN などの様々なネットワークが提供されており、一つの端末が複数のネットワークに加入して、それらを切り替えて利用することが可能になっている。このような環境では、伝送速度の低いネットワークから伝送速度の高い局所的ネットワークに移動した場合に、移動先のネットワークにローミングし通信を継続するなど、複数のネットワークが柔軟に協調できることが望ましい。このようなグローバルローミングについては、無線伝送レベルに関する検討が行われている。しかしながらユーザの加入するネットワークは一般的に独立に管理されており、ネットワーク制御の独立性を考慮した方式の検討が必要である。本稿では、Mobile IP に基づく独立なネットワークにおいて、コロケート気付けアドレスの機能を活用し、従来の Mobile IP の手順のみでグローバルローミングを実現する方式を検討した結果を述べる。

**キーワード** モバイル IP, グローバルローミング

## Global Roaming Procedure among Independently Operated Mobile IP Networks

Koichiro TSUJINO<sup>†</sup> Toshihiko KATO<sup>†</sup> Shuichi ITOH<sup>†</sup>

Hidetoshi YOKOTA<sup>‡</sup> Akira IDOUE<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications  
1-5-1 Chofugaoka Chofu-shi Tokyo 182-8585

<sup>‡</sup> KDDI R&D Laboratories, Inc. 2-1-15 Ohara Kamifukuoka-shi Saitama 356-8502

E-mail: <sup>†</sup>{tsujino, kato, itoh}@net.is.uec.ac.jp <sup>‡</sup>{yokota, idoue}@kddilabs.jp

**Abstract** Recently, several types of mobile data networks, such as cellular phone based data network and wireless LAN based hot spot network, are available. Accordingly, it becomes common that one terminal has multiple subscriptions and switches over between those networks. In such an environment, it is required that multiple networks coordinate with each other, in such a way as continuing a communication even after switching from a low speed cellular network to a high speed hot spot network. Currently, many researches on this global roaming among networks focus only on the radio transmission level. However it is considered that multiple networks are operated independently in a network control level, and therefore a global roaming procedure considering the independence of network control scheme. In this paper, we discuss a global roaming procedure for independently operated Mobile IP networks. Our procedure exploits the co-located care of address in Mobile IP and realizes the global roaming without any modification Mobile IP network elements, such as home agents and foreign agents.

**Keyword** Mobile IP, Global Roaming

### 1. はじめに

移動体無線通信技術の発展に伴い、携帯電話網などの広域型移動通信網や、ホットスポット型無線 LAN などの局所的な高速無線ネットワークなど、さまざまなネットワークが提供されている。このような状況においては、一つの端末が複数のネットワークに加入し、状況に応じてそれらを切り替えて利用することが可能となる。

このような環境では複数のネットワークに所属する端末で、それらのネットワーク間の移動管理（ローミング管理）を実現できることが望ましい。例えば携帯電話網等の伝送速度の小さいネットワークを介して通信中であった端末が、無線 LAN 等の伝送速度の大きい別のネットワークに移動した場合には、伝送速度の大きいネットワークにローミングし、それまでの通信を継続して行うことが望まれる。また、端末が着呼を

行うピアツーピア通信において、その時点で端末が所属していないネットワークの IP アドレスあてに通信を開始するパケットが転送された場合も、別のネットワーク経由でそのパケットを受信し、着信を可能とすることが望まれる。

このようなグローバルローミングについては現在広く研究が行われている。しかしそれらの多くは、無線アクセス回線として複数のネットワークを考慮しているものの、バックボーンネットワークは共通のものを想定しているか[1]、逆にネットワーク制御とは別に、アプリケーションレベルで端末を切り替えてセッションを続けることを提案している[2]。

現実には、ユーザが加入するネットワークは独立に運用・管理されている。すなわち、端末は複数のネットワークインタフェースを用意し、それぞれに個別の IP アドレスを割り当てる必要があり、また各 IP アドレスの移動管理も、それぞれのネットワーク内のみで独立に行われている。具体的には、Mobile IP を用いて独立に管理されているネットワークでは、一方のネットワークのフォールインエージェントが他方のネットワークのホームエージェントに対して移動の登録ができないなどの制限があると考えられる。

このため、無線伝送レベルとネットワーク制御レベルの双方の独立性を考慮したグローバルローミング方式の研究が必要であると考えられる。そこで、筆者らはこれまでに、Mobile IP [3]を用いたネットワーク間でのローミングに関する検討を行ってきた[4,5]。しかしここで提案した方式では、各ネットワークにネットワークローミングを管理する GRA (Global Roaming Agent)が必要であり、またネットワーク内でのアドレス変換を必要としていた。そこで現在、コロケート気付けアドレスの機能を活用し、従来の Mobile IP の手順のみを持ちいて、グローバルローミングを実現する方式を新たに検討している[6]。本稿ではその詳細について述べる。

## 2. 設計方針

本方式を設計するにあたり以下の方針を立てた。

- 移動端末(MN: Mobile Node)は複数のインタフェースを有する。これらのインタフェースはすべて Mobile IP の手順により通信を行い、それぞれインタフェースは個別のホームアドレスを持ち、独立な HA によって管理される。
- 本方式を実装するに当たって、HA と FA には変更

を加えることなく、移動端末(MN)のみに機能を実装する。

- 複数のインタフェースの内、いずれかに対して通信が可能となると、他のインタフェースからの IP パケットの送信も、他のインタフェースの IP アドレスあての IP パケットの受信も、通信可能となったインタフェース（アクティブインタフェースと呼ぶ）を経由して行わせる。
- インタフェースに優先順位を持たせ、複数のインタフェースが同時に通信可能となると、最も優先順位の高いものをアクティブインタフェースとする。
- 前述のように、アクティブインタフェース以外のインタフェースは、アクティブインタフェース経由でデータのやり取りを行う。これはアクティブインタフェースに、フォワーディングするエンティティが存在すると解釈できる。そこで、通信を行わないインタフェースに割り当てられるホームアドレスには、アクティブインタフェースのホームアドレスをコロケート気付けアドレスとして使用させる。
- アクティブインタフェースが変更されると、各インタフェースに対応するホームアドレスは、対応する HA に対してアクティブインタフェースから登録を行う。

## 3. 詳細手順

### 3.1. 想定するネットワーク構成

図 1 に提案する方式のネットワーク構成を示す。移動端末 MN はインタフェース 1 と 2 を持ち、それぞれ

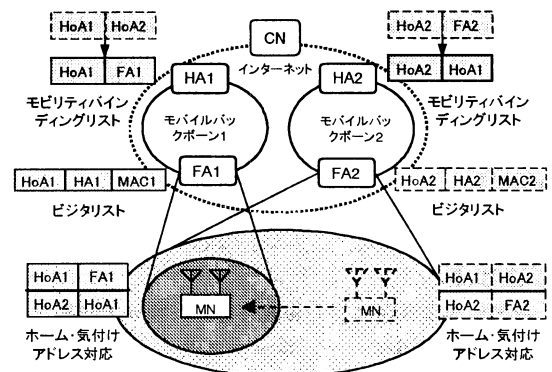


図 1 ネットワーク構成および管理情報

個別のホームアドレス HoA1 と HoA2 を持つ。対応するホームエージェントは HA1 と HA2 であり、フォーリンエージェントは FA1 と FA2 である、また MN の通信相手は CN (Correspondent Node) としている。HA1 と HA2 の属するモバイルバックボーンは独立に構成され IP アドレスもそれぞれ独立に管理されており、お互いのネットワークはグローバルなインターネットに接続されている。図では、モバイルバックボーン 1 がホットスポット型の無線 LAN を想定し、モバイルバックボーン 2 は携帯電話網を想定して、移動端末は無線 LAN のインタフェースであるインタフェース 1 の方を優先順位が高いと想定している。

MN は最初 HoA2 に対応するモバイルバックボーン 2 の FA2 の配下に移動して通信を開始し、その後 HoA1 に対応するモバイルバックボーン 1 の FA1 の配下に移動するものとする。FA1 の管理するエリアは FA2 の管理するエリアの中であるが、MN には優先順位がインタフェース 1 の方が高いと設定されているために、MN は通信をインタフェース 2 からインタフェース 1 へ切り替えて継続して通信する。この場合の各エージェントの管理情報を図 1 に示している。

### 3.2. 通信の詳細な手順

前述した一連の動作の詳細を以下に述べる(図 2、図 3、図 4 参照)。

図 2 に示すように、まず、MN はモバイルバックボーン 2 の FA2 のエリアに移動する。HoA2 に対応するインタフェース 2 より Agent Advertisement を受信し FA2 への移動を検出する。この時点ではインタフェース 1 に対しては気付けアドレスを検出していないためアクティブインタフェースは優先順位の低いインタフ

ェース 2 となる。そこでまず気付けアドレス FA2 を、HoA2 に対応する HA である HA2 に対して登録する。

一方、HoA1 に対しては、アクティブインタフェースのホームアドレスである HoA2 をコロケート気付けアドレスとして入手したと判断して HA1 へ直接 Registration Request を送信し登録する。この Registration Request はアクティブインタフェースであるインタフェース 2 から送出される。また図 4 に示すように、この場合のソース IP アドレスはコロケート気付けアドレスの HoA2 であることに注意する必要がある。これに対して HA1 は HoA2 に対して Registration Reply を返送する。Registration Reply は HA2 によって取り込まれ、モビリティバインディングリストにより気付けアドレスである FA2 へカプセル化されて転送される。その後 FA2 はカプセル化をとり MN へ配送する。以上によりインタフェース 1 と 2 の各 HA の登録が完了する。

次に MN が通信相手 CN に対して図 2 に示すように通信を開始する。MN から IP パケットは HoA2 から CN に直接転送される。また、CN からの応答は HoA2 に対して送られるために HA2 によって取り込まれ、カプセル化されて FA2 に転送される。そして FA2 はカプセル化をとり MN に配送する。

次に、MN が FA1 の配下に移動してインタフェース 1 から Agent Advertisement を受信する。MN はインタフェース 1 の方の優先順位を高く設定しているために、インタフェース 2 から Agent Advertisement を受信しているにもかかわらず、アクティブインタフェースをインタフェース 1 に切り替える。その結果、まずインタフェース 1 に対して気付けアドレス FA1 を HoA1 に対応する HA である HA1 に対して登録する。

一方、これまで通信を行ってきたインタフェース 2

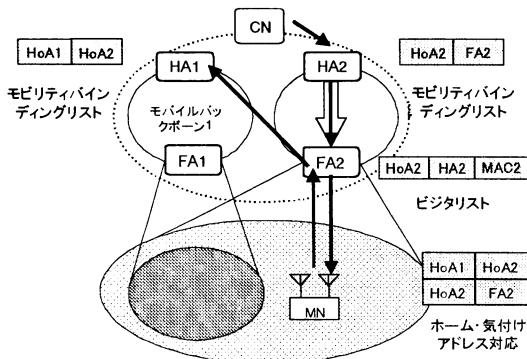


図 2 モバイルバックボーン 2 での通信の概要

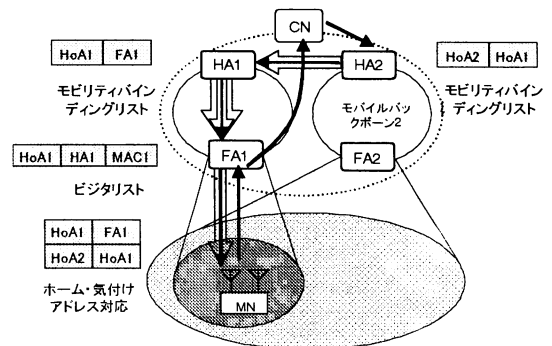


図 3 モバイルバックボーン 1 での通信の概要

についてはアクティブインタフェースでなくなったために、HoA1 をコロケート気付けアドレスとして入手し、HA2 へ直接 Registration Request を送信し登録する。この場合のソース IP アドレスはコロケート気付けアドレスの HoA1 となる。これに対して HA2 は HoA1 あてに Registration Reply を返送する。このメッセージは HA1 によって取り込まれ、その気付けアドレスである FA1 にカプセル化されて転送される。その後 FA1 はカプセル化をとりて MN へ配送する。

FA1 へ移動する前から継続している CN との通信では、MN 側の IP アドレスは HoA2 を使用していた。このために、MN から CN への IP パケットは移動後も継続して HoA2 を使用することになる。このために MN から CN への IP パケットは移動後も図3に示すように、HoA2 から CN へインタフェース 1 を使用して直接転送される。

一方、CN からの応答の IP パケットは HoA2 あてであるために、図3のように、まず HoA2 に対応する HA である HA2 によって取り込まれ、モビリティバインデ

ングリストにより移動先である HoA1 に対してカプセル化して転送される。HoA1 は MN のインタフェース 1 に対応するホームアドレスであるため、対応する HA1 によって取り込まれる。さらに HoA1 に対応する気付けアドレスは FA1 であるために、HA1 は受信したパケットをさらにカプセル化して FA1 に転送する。すなわち HA1 から FA1 へは二重のカプセル化が行われることになる。FA1 がそのパケットを受信すると外側のカプセル化をはずして MN に転送する。その際には、インタフェースの 1 の MAC アドレスを使用する。最後に MN は、HA2 から HoA1 あてのカプセル化がなされたパケットを受信して、内部でコロケート気付けアドレスである HoA1 に対応するヘッダをはずして、CN から HoA2 あての IP パケットを処理する。

FA1 の管理する通信範囲は FA2 の管理する通信範囲に含まれるために、MN は FA1 の配下で通信を行っている間も、FA2 からの Agent Advertisement を絶えず受信することができる。しかしながらインタフェース 1 の優先順位が高いために、このメッセージの処理は行われず無視される。MN がさらに移動を続け、FA1 の通信範囲を外れた場合には、MN は FA2 の配下に移動したと判断して、図4の最初の手続きが実行されて、インタフェース 2 がアクティブインタフェースに変更される。MN は気付けアドレス FA2 を用いることによって通信が継続されることになる。

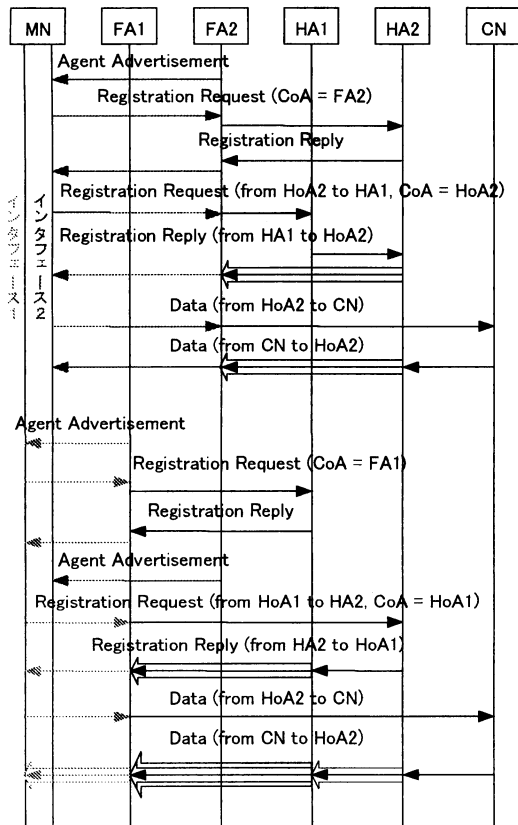


図4 通信シーケンス

#### 4. 固定網と移動網のインターワーク

##### 4.1. 想定するネットワーク構成

本稿で提案する方式を用いて、企業や学校の LAN 等の固定ネットワークと、携帯電話網や無線 LAN 等の移動ネットワークと間でのグローバルなローミングを行うことも可能である。設計に当たっての方針は前述のとおりであり、固定および移動ネットワークは共に Mobile IP によって管理されているものとする。

図5にネットワーク構成図と管理情報を示す。MN は固定ネットワークで使うインタフェース 1 と移動ネットワークで使うインタフェース 2 を持ち、それぞれ個別の HoA1 と HoA2 を持つ。固定ネットワークにはホームエージェントの HA1 が存在し、また移動ネットワークの管理はホームエージェントの HA2 が行う。また移動ネットワーク側のフォーリンエージェントは FA2 である。ここで、固定ネットワークにおいては、他の固定ネットワークに属する MN を収容することは想定しておらず、このため固定ネットワークにフォー

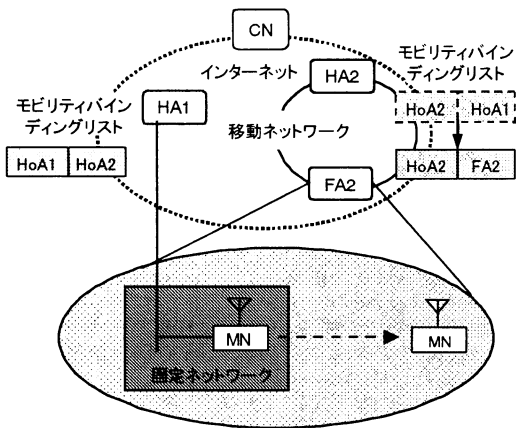


図5 固定ネットワークと移動ネットワークにおけるグローバルローミング

リンエージェントを設置してはいない。

#### 4.2. 通信の詳細な手順

MN は最初、固定ネットワーク内で CN と通信しており、その後、移動ネットワークへ移動する場合を考える。本方式により、移動後も固定ネットワークで与えられているホームアドレス HoA1 を用いて、継続して CN と通信することが可能となる。一連の動作の手順の詳細は以下に示すようになる(通信シーケンスについては図6参照)。

MN は固定ネットワークにおいてホームアドレス HoA1 で通信を開始する。まず、HA1 からの Agent Advertisement により MN がホームネットワークに戻ったことを検出する。そこで、固定ネットワークのインタフェース 1 を介して Registration Request を送信する。その気付けアドレスフィールドは固定ネットワークにおけるホームアドレスの HoA1 であり、生存時間フィールドは 0 である。これにより HA1 は MN がホームネットワークに戻ったことを検出し、Registration Reply を返す。

一方、インタフェース 2 については、HoA1 をコロケート気付けアドレスとして入手したと判断し、HA2 へ直接 Registration Request を送信し登録を行う。これに対して、HA2 は HoA1 あてに Registration Reply を返送する。このメッセージは直接 MN のインタフェース 1 あてに送られる。図6においては HA1 を経由しているが、この場合は単なるルータとして動作するのみにあることに注意する必要がある。

次に MN と CN の間で通信が開始されると、CN への IP パケットは HoA1 をソースアドレスとして直接送信される。その応答であるパケットも HoA1 あてに直接送信される。これは MN がホームネットワークに戻っているためである。

さらに MN が固定ネットワークとの接続を切断し、移動ネットワークの FA2 の配下に移動したとする。この場合は、固定ネットワークとの切断およびインタフェース 2 からの Agent Advertisement の受信により移動を検出する。その結果、まずインタフェース 2 に対する気付けアドレス FA2 を、HoA2 に対応する HA である HA2 に対して登録する。

一方、これまで通信を行ってきたインタフェース 1 についてはアクティブインタフェースでなくなったために、HoA2 をコロケート気付けアドレスとして入手し、HA1 に直接 Registration Request を送信し登録する。この場合のソース IP アドレスはコロケート気付けアドレスの HoA2 となる。これに対して HA1 は HoA2 あ

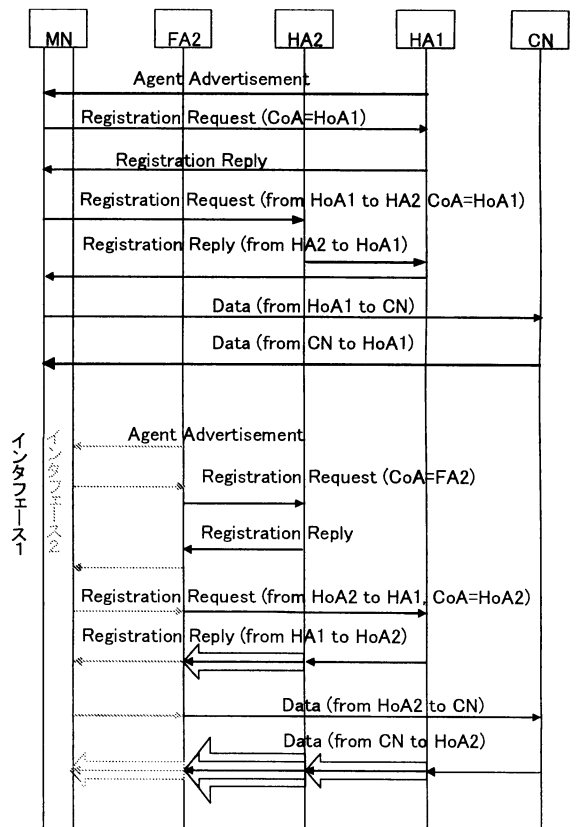


図6 通信シーケンス

てに Registration Reply を返送する。このメッセージは HA2 によって取り込まれ、その気付けアドレスである FA2 へカプセル化され転送される。その後 FA2 はカプセル化をとり MN へ配送する。

固定ネットワークから続いている通信では、移動後も、MN 側の IP アドレスは HoA1 を継続して使用する。このために MN から CN への IP パケットは移動後、HoA1 から CN へ、移動ネットワークのインタフェースであるインタフェース 2 を使用して直接転送される。

また、CN からの応答の IP パケットは HoA1 あてであるために、まず HoA1 に対応する HA である HA1 によって取り込まれ、モビリティバインディングリストにより移動先である HoA2 に対してカプセル化され転送される。HoA2 は MN のインタフェース 2 に対応するホームアドレスであるために、対応する HA2 によって取り込まれる。さらに HoA2 に対応する気付けアドレスは FA2 であるために HA2 はさらにカプセル化して、2 重のカプセル化が行われて FA2 へ転送される。FA2 はそのパケットの外側のカプセル化をはずして MN に転送する。最後に MN は HA1 から HoA2 あてのカプセル化がなされたパケットを受信して、内部でコロケート気付けアドレスである、HoA2 に対応するヘッダをはずして、CN から HoA1 あての IP パケットを処理することになる。

以上のように、本方式は移動ネットワーク間のグローバルローミングだけでなく、Mobile IP の機能を提供されているネットワーク間であれば、固定ネットワークと移動ネットワークの間であってもシームレスなグローバルローミングを実現することが可能である。

## 5. おわりに

本稿では、独立に運用・管理される Mobile IP ネットワークに属する複数のインタフェースを有する移動端末を対象として、各々のネットワークをまたがったグローバルローミングの方式を提案した。この方式では、移動端末がネットワークへの接続を変更した場合にでも、すべてのインタフェースに割り当てられたホームアドレスに対する通信を継続することができる。本方式の特徴は、すべてのインタフェースに通信の優先順位をつけて、通信を行っているアクティブインタフェース以外のインタフェースのホームアドレスに対して、アクティブインタフェースのホームアドレスをコロケート気付けアドレスに設定することで、従来の Mobile IP の手順のみを使うことによって、グローバル

ローミングを実現することが可能となることである。

## 参考文献

1. M. Inoue, K. Mahmud, H. Murakami, M. Hasegawa, "MIRAI: A solution to seamless access in heterogeneous wireless networks," IEEE ICC 2003, May 2003.
2. 蕨野, 齊藤, 杉山, 篠永, "異端末間シームレス切り換え方式の提案," 情処研報, MBL-27-15, Nov. 2003.
3. C. Perkins, Ed., "IP Mobility Support for IPv4," RFC 3344, Aug. 2002.
4. 加藤, 井戸上, 横田, "独立に管理されたネットワーク間のローミング方式に関する一考察," 信学全大, B-7-19, Sep. 2001.
5. 井戸上, 久保, 横田, 大橋, "独立に管理された Mobile IP ネットワーク間のローミング手順とその実装," 情処研報, MBL-22-6, Oct. 2002.
6. 加藤, 辻野, 伊藤, 横田, 井戸上, "モバイル IP ネットワーク間のグローバルローミング方式に関する一考察," 情処第 66 回全大, 1H-6, Mar. 2004.