

## Mobile IP を利用した IMT-2000 網/FWA 間における IP モビリティの実現に関する一検討

井戸上 彰 加藤 聰彦

(株) KDD 研究所

より高速・広帯域の移動体通信サービスに対応する次世代移動体通信システム(IMT-2000)の標準化が進められている。IMT-2000 では、主要サービスとして IP パケット通信の提供が重要視されているが、北米 ANSI 系の標準化団体である TTA では、移動端末の位置管理方式として、IETF で規定されている Mobile IP の適用が検討されている。一方、IMT-2000 では、高速な無線回線を固定加入者アクセス回線として利用する FWA (Fixed Wireless Access)も注目されている。FWA に接続された LAN(FWA-LAN)をホームネットワークとする端末が、外出先で IMT-2000 の移動無線アクセス回線に接続する移動端末として利用される場合、外出先でもホームネットワークと同一の環境で通信できることが望まれる。そこで筆者らは、このような IMT-2000 の FWA-LAN と移動無線アクセス回線との間において、Mobile IP を利用して、シームレスな IP モビリティを実現する方法について検討を行っている。本稿ではその概要について述べる。

### A Method for Realizing IP Mobility between IMT-2000 and FWA based on Mobile IP Protocol

Akira IDOUE and Toshihiko KATO

KDD R&D Laboratories Inc.

The next generation mobile telecommunication system (called IMT-2000) is being studied and standardized. In IMT-2000, IP packet communication is considered to be an important service. Thus it is required to realize a mobility management of mobile terminal for IP communication, and Mobile IP is going to be adopted to meet such a requirement. On the other hand, FWA (Fixed Wireless Access) is also planned to support high speed fixed subscriber line for IMT-2000 network. If a mobile terminal which belongs to a LAN connected to a FWA link (FWA-LAN) moves onto an IMT-2000 mobile network, it is desired to support seamless IP mobility between FWA-LAN and mobile network. This paper proposes a method for realizing IP mobility between FWA-LAN and IMT-2000 mobile network based on Mobile IP protocol.

#### 1. はじめに

より高速・広帯域の移動体通信サービスに対応する次世代移動体通信システム(IMT-2000)の検討が進められている。IMT-2000 においては、主要サービスとして IP パケット通信の重要性が

認識されており、現在その実現方式に関する標準化作業が進められている<sup>1)</sup>。IMT-2000 における IP パケット通信の実現においては、移動端末が IMT-2000 網上を移動する際に、実行中の通信アプリケーションなどを切断することなく通

信を継続できることが必要である。このような IMT-2000 網上で移動端末の位置管理方式として、北米 ANSI 系の標準化団体である TIA (Telecommunications Industry Association) では、IETF で規定されている Mobile IP<sup>[2]</sup> の適用が検討されている。Mobile IP の適用により、移動端末固有の IP アドレスの割り当てと IMT-2000 網上でモビリティが実現され、移動端末とインターネット上のホストとの間や、移動端末間で、ビデオ会議などのピア・ツー・ピアの通信アプリケーションのサポートが可能となる。

ここで、企業 LAN に接続されているノート型パソコンなどが、外出先で IMT-2000 移動網に接続する場合を想定する。端末に IMT-2000 網が管理主体となる IP アドレスを割り当てることにより、IMT-2000 網上でモビリティを実現できるが、通常各企業 LAN には独自のアドレスが割り当てられている。このような場合、企業 LAN と IMT-2000 網との間で端末の IP モビリティを実現するためには、各企業 LAN とその端末が独自に Mobile IP を導入するなどの必要が生じ、網機能として Mobile IP を導入するという IMT-2000 の特徴を十分に生かすことができない。

そこで筆者らは、無線回線を固定加入者アクセス回線として用いる FWA (Fixed Wireless Access) を介して企業 LAN (ホームネットワーク) と IMT-2000 網を接続し、固定系と移動系の無線アクセス回線を統合した IP パケット網をコアネットワークとして構築することにより、ホームネットワークと IMT-2000 移動網との間で、

移動端末のシームレスな IP モビリティを実現する方法に関する検討を行っている。本稿では、その実現方式について述べる。以下、2 章では、IMT-2000 における Mobile IP ベースの位置管理方式の概要を示し、3 章で、FWA と IMT-2000 移動網との間での IP モビリティを実現するためのネットワーク構成と通信手順を述べる。4 章では、端末が異なる FWA 間を移動する場合の手順を示し、5 章で提案方式に関する考察を述べる。

## 2. IMT-2000 における Mobile IP ベースの位置管理方式

本章では、IMT-2000 における IP パケット通信サービスの実現に関して、現在標準化が検討されている Mobile IP ベースの位置管理方式のネットワーク構成と手順の概要を示す。

### 2.1 ネットワーク構成

IMT-2000 で想定されている IP パケット網の構成を図 1 に示す。IMT-2000 IP パケット網では、以下の機能ノードが定義される。

- 移動端末：MT (Mobile Terminal)

IMT-2000 の IP パケット網が管理主体となって割り当てた IP アドレス (ホームアドレス) を持ち、Mobile IP の移動端末 (Mobile Host) に対応する。MT は無線基地局 (BS) を介して、移動先の PDSN との間で無線アクセスリンクの設定・管理を行う。

- PDGN (Packet Data Gateway Node)

IMT-2000 IP パケット網と外部インターネッ

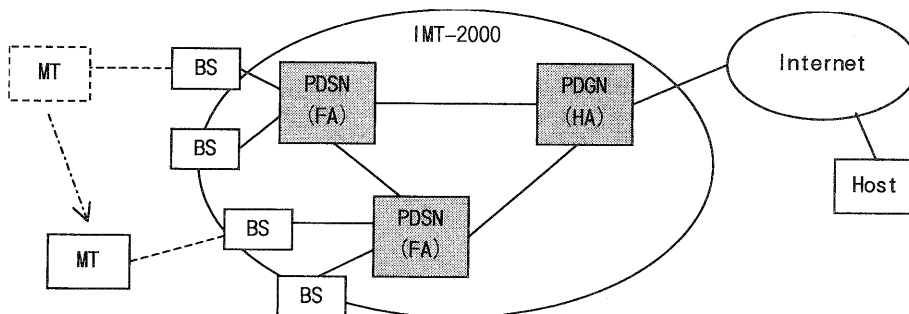


図 1 IMT-2000 における IP パケット網の構成

トなどを接続するゲートウェイルータ機能を提供するとともに、Mobile IP の HA (Home Agent) 機能をサポートする。

#### ● PDSN (Packet Data Support Node)

PDSN は特定のエリアごとに存在し、ある一定数の BS を束ねた形で設けられる。PDSN は、BS を介して接続される MT との間で、無線アクセスリンクの設定・管理を行うとともに、Mobile IP の FA (Foreign Agent) 機能をサポートする。さらに、MT から送信されるパケットに対するデフォルトルータの役割も提供する。

## 2.2 手順の概要

以下に Mobile IP ベースの位置管理方式における通信手順の概要を示す。ここでは、あらかじめグローバルな IP アドレスが移動端末(MT)に固定的に割り当てられている場合を想定する。

- ① 最初に MT は、無線基地局(BS)ごとに一意に決定される PDSN との間で、無線アクセスリンクを設定する。無線アクセスリンクの設定や、それに先立つ MT の認証は、移動網固有のシグナリング手順によって行われる。
- ② MT から PDSN に対して Mobile IP の登録要求 (Mobile IP Registration Request : MIP RR) を送信する。
- ③ PDSN において MIP RR の正当性をチェック (認証) した後、PDGN に MIP RR を転送する。
- ④ PDGN において MIP RR の正当性をチェックし、Mobile IP の登録応答 (Mobile IP Registration Reply : MIP Rep) を返す。PDGN では、MT の現在位置、すなわち MT の IP アドレスと、現在の PDSN の IP アドレス (すなわち FA としての care-of address) との対応を管理する。
- ⑤ PDSN は、PDGN から受信した MIP Rep を MT に転送し、MT の IP アドレスと無線アクセスリンクのリンク ID (必要に応じて移動網固有の MT 識別子なども含む) との対応を管理する。
- ⑥ 外部インターネットから MT 宛に受信したパケットは、すべて PDGN が補足し、MT に対

応する PDSN までトンネリングする。

- ⑦ PDSN では、PDGN からトンネリングされたパケットの内容を復元し、対応するリンク ID を持つ無線アクセスリンクを介して MT に転送する。
- ⑧ MT から送信されたパケットは、PDSN が宛先に応じてルーティング・転送する。
- ⑨ ある MT (MT1) から別の MT (MT2) 宛に送信されたパケットは、MT1 が接続されている PDSN1 から、PDGN (MT2 の HA に対応) までルーティングされ、PDGN から MT2 が接続中の PDSN2 にトンネリングされる。

なお、本方式において、MT が同一の PDSN 配下の BS 間を移動する場合は、Mobile IP 手順ではなく、無線アクセスリンクを移動網固有の手順によって移動先の BS まで延長する方法が考えられている。

## 3. IMT-2000 移動網/FWA 間の IP モビリティの実現

以下では、FWA 回線に企業 LAN などが接続された形態を FWA-LAN と呼ぶこととする。FWA-LAN が IMT-2000 IP パケット網に接続され、FWA-LAN をホームネットワークとする端末が、無線基地局(BS)を介して IMT-2000 移動網を移動する場合を想定する(図 2 参照)。このような場合、移動端末がその IP アドレス(ホームアドレス)を変更することなく、効率的に通信できることが望まれる。本章では、このような IMT-2000 移動網/FWA 間での IP モビリティの実現方式を示す。

### 3.1 想定するネットワーク構成と機能ノード

FWA-LAN と IMT-2000 移動網との間で移動端末の効率的な IP モビリティを実現するために、以下の機能ノードを導入する(図 2)。

#### ● FWA-HA

FWA-LAN をホームネットワークとする端末に対する HA 機能を提供する。簡略化のために、FWA-HA は、FWA-LAN と IMT-2000 IP パケット網を接続するゲートウェイルータの役割を兼

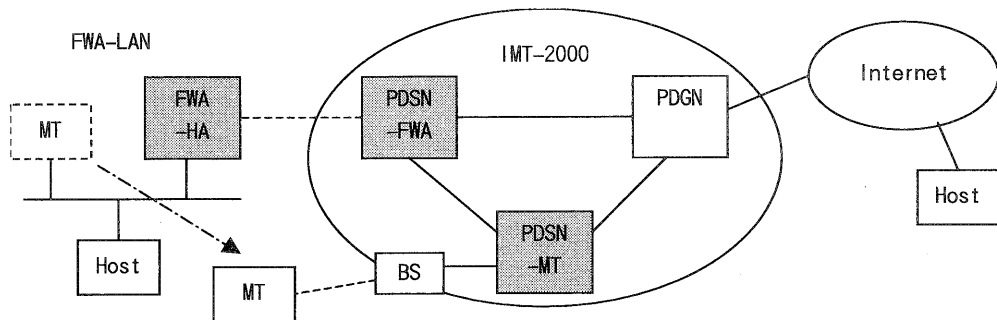


図 2 IMT-2000 移動網/FWA 間での IP モビリティの実現

ねているものとする。

● PDSN-FWA

FWA-LAN を IMT-2000 IP パケット網に収容するためのルータ機能を提供するとともに、FWA-HA と協調して移動端末の IP モビリティを実現する機能をサポートする。

● PDSN-MT

IMT-2000 移動網上を移動する移動端末のための PDSN と同様な機能をサポートし、FWA-LAN をホームネットワークとする移動端末のための FA 機能を提供する。

● PDGN

IMT-2000 IP パケット網と外部インターネットとのゲートウェイルータ機能を提供する。通常の IMT-2000 の移動端末に対する位置管理の場合とは異なり、FWA-LAN をホームネットワークとする端末に対する HA 機能は提供しない。

3.2 通信手順

FWA-LAN をホームネットワークとする移動端末の位置管理とパケット転送に関しては、FWA-LAN が使用する IP アドレスの種類に応じて、以下の 2 つのケースを考慮する必要がある。

[ケース 1]: グローバルアドレスの場合

- FWA-LAN には、IMT-2000 IP パケット網が管理主体となって割り当てたグローバルアドレス(サブネット ID)を付与する。
- FWA-LAN をホームネットワークとする端末は、FWA-LAN のサブネット ID に所属するグローバルな IP アドレスを持つ。

[ケース 2]: プライベートアドレスの場合

- FWA-LAN は独自のプライベートアドレスを使用する。
- 外部インターネットと通信するために、PDSN-FWA 内にプライベートアドレスとグローバルアドレスの変換機能(NAT: Network Address Translation)を設ける。
- IMT-2000 IP パケット網では、FWA-LAN ごとに固有のプライベート網識別子(VPN-ID)を割り当てることにより、FWA-LAN の識別を行うものとする。

通信手順を以下に示す。[ケース 1]または[ケース 2]で示される項目は、それぞれのケースに応じて異なる手順を適用することを示す。

- ① MT は移動先の PDSN-MT との間で無線アクセスリンクを確立する。
- ② MT は、PDSN-MT に Mobile IP Registration Request (MIP RR)を発行する。

[ケース 2]

- プライベート IP アドレスのみでは MT の識別が不可能なため、MIP RR には FWA-LAN のプライベート網識別子(VPN-ID)を含む独自の拡張パラメータを設定する。
- ③ PDSN-MT は、FWA-LAN に接続された PDSN-FWA と、FWA-LAN 内の HA (FWA-HA)に MIP RR を転送し、MT の位置登録を行う。ここで PDSN-FWA は、位置登録における一種の仲介エージェントの役割を提供するものと考えられることができる。
  - ④ FWA-HA は、PDSN-FWA から MIP RR を受

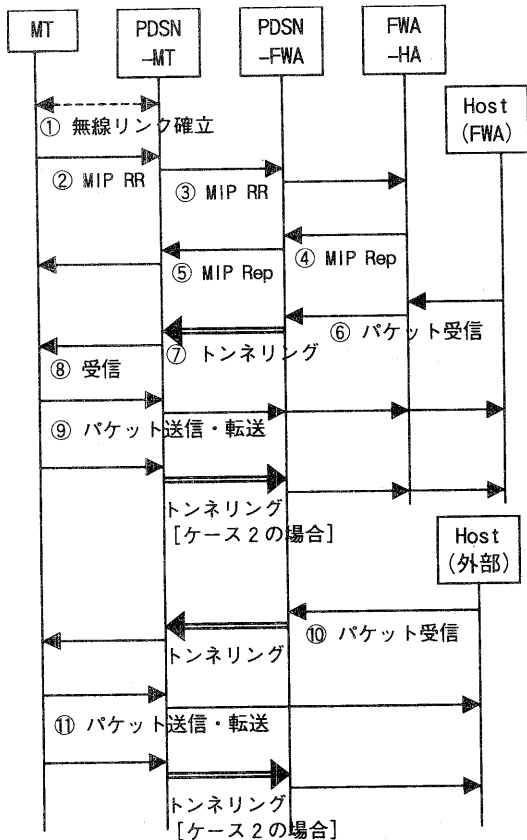


図 3 通信手順

信し、その認証後に Mobile IP Registration Reply (MIP Rep)を返送する。FWA-HA は、MT の IP アドレスと現在接続されている PDSN-MT との対応を管理する。

- ⑤ PDSN-FWA は、FWA-HA からの MIP Rep の受信により、MT の IP アドレスと接続されている PDSN-MT との対応を管理する。また、PDSN-MT は、同様に MT の IP アドレスと無線アクセスリンク ID との対応を管理する。
- ⑥ FWA-LAN 内のホストから MT 宛に送信されたパケットは、FWA-HA が捕捉して PDSN-FWA に渡す。FWA-HA と PDSN-FWA は 1 対 1 に対応しているため、無線アクセスリンク(FWA 回線)上では特にトンネリングを必要としない。
- ⑦ PDSN-FWA は、FWA-HA から受信した MT

宛のパケットを PDSN-MT までトンネリングする。

- ⑧ PDSN-MT は、トンネリングされたパケットの内容を復元し、対応する無線アクセスリンクを介して MT に渡す。
- ⑨ MT から FWA-LAN 内の他のホスト宛に送信されたパケットについては、FWA-LAN のアドレス種別に応じて以下のように処理する。

[ケース 1]

PDSN-MT から PDSN-FWA まで通常の IP ルーティングを行い、PDSN-FWA から(FWA-HA を介して)宛先ホストに渡す。

[ケース 2]

PDSN-MT から PDSN-FWA まで逆方向のトンネリングを行い、PDSN-FWA から(FWA-HA を介して)宛先ホストに渡す。

- ⑩ 外部インターネットから受信した MT 宛のパケットは、すべて PDSN-FWA が捕捉し、FWA-HA には渡さずに直接 PDSN-MT にトンネリングする。

[ケース 2]

PDSN-FWA では NAT 機能により、あらかじめグローバルアドレスからプライベートアドレスへの変換を行う。

- ⑪ MT から外部インターネット上のホスト宛に送信されたパケットの場合は、

[ケース 1]

PDSN-MT から直接 IP ルーティングを行う。

[ケース 2]

PDSN-MT から PDSN-FWA まで逆方向のトンネリングを行ない、PDSN-FWA の NAT 機能を介して外部インターネットに送出する。

#### 4. 異なる FWA-LAN 間での移動

本章では、FWA-LAN1 をホームネットワークとする MT が、IMT-2000 IP パケット網を介して接続される別の FWA-LAN2 に移動する場合を考える(図 4 参照)。このような場合の通信シーケンスを以下に示す(図 5 参照)。

- ① MT は移動先の FWA-LAN2 の FA (FWA2-FA) に接続し MIP RR を発行する。この際、2 つ

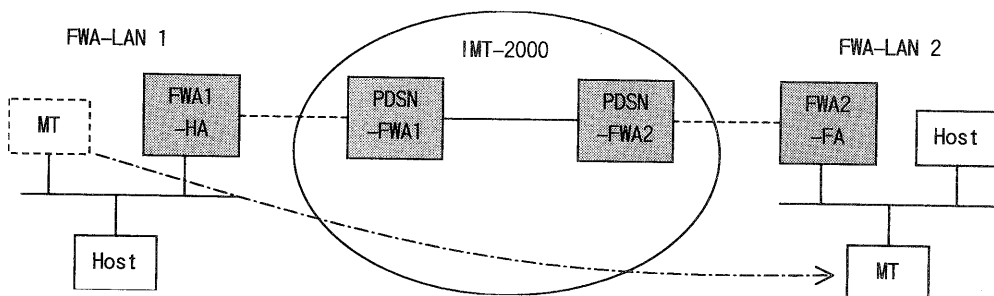


図 4 FWA-LAN 間での IP モビリティの実現

の FWA-LAN がプライベートアドレスを用いて VPN を構成する場合は、MIP RR に VPN-ID を示す拡張パラメータを含む。

- ② FWA2-FA は、PDSN-FWA1 および FWA-LAN1 内の FWA1-HA に対して、PDSN-FWA2 を介して MIP RR を転送し位置登録を行う。PDSN-FWA1 および PDSN-FWA2 は、MIP RR に関する一種の仲介エージェントとなる。
- ③ FWA1-HA は、PDSN-FWA1 から MIP RR を受信し、認証後に MIP Rep を返送する。FWA1-HA は、MT の IP アドレスと接続先の FWA2-FA との対応を管理する。3 章で述べた方式では PDSN-MT が無線アクセスリンクによって MT を一意に識別できるのに対し、PDSN-FWA2 には FWA2-FA(すなわちルータ)が接続されているため、MT の care-of address は FWA2-FA とする必要がある。FWA1-HA と同様に、PDSN-FWA1 も MT と FWA2-FA の対応を管理する。
- ④ FWA-LAN1 内のホストから MT 宛に送信されたパケットは、FWA1-HA が捕捉して PDSN-FWA1 に渡す。FWA1-HA と PDSN-FWA1 は 1 対 1 に対応しているため、無線回線では特にトンネリングを必要としない。
- ⑤ PDSN-FWA1 は、FWA1-HA から受信したパケットを FWA2-FA までトンネリングする。
- ⑥ FWA2-FA は、トンネリングされたパケットの内容を復元し、MT に渡す。
- ⑦ MT から FWA-LAN1 内のホスト宛に送信されたパケットについては、

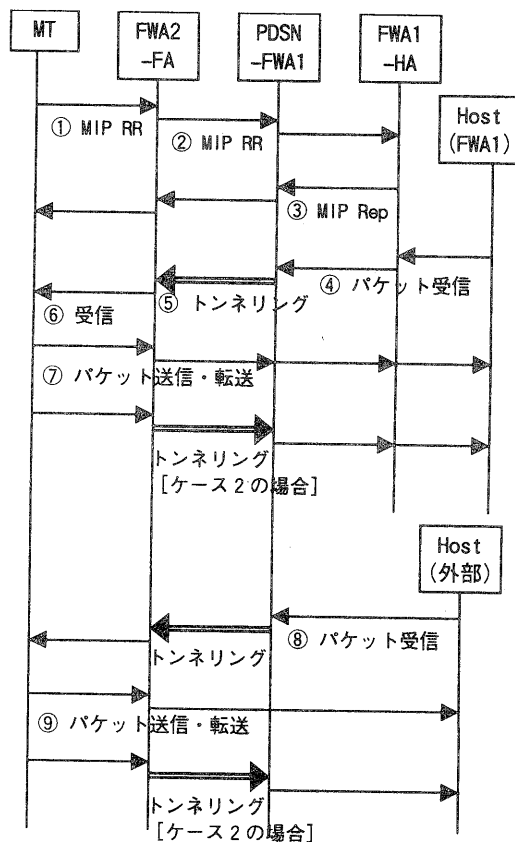


図 5 FWA-LAN 間の移動における通信手順

FWA2-FA で捕捉し、通常の IP ルーチングを行う。

[ケース 2]

FWA2-FA から PDSN-FWA1 までトンネリングし、PDSN-FWA1 から宛先ホストに渡す。

- ⑧ 外部インターネットから受信した MT 宛のパケットは、PDSN-FWA1 が捕捉し、直接 FWA2-FA にトンネリングする。
- ⑨ MT から外部インターネット上のホスト宛に送信されたパケットの場合は、
  - [ケース 1]  
FWA2-FA から通常の IP ルーチングを行う。
  - [ケース 2]  
FWA2-FA から PDSN-FWA1 までトンネリングし、NAT 機能を介して外部に送出する。

## 5. 考察

### (1) 提案方式の特徴

標準の Mobile IP 手順(RFC 2002)では、移動端末宛のパケットはすべて HA が捕捉し、FA までトンネリングを行う。一方、本稿で提案する方式では、FWA-LAN 上の HA と IMT-2000 IP パケット網内の機能ノードである PDSN-FWA が密接に連携し、外部インターネットから MT 宛の受信パケットを、FWA-LAN 内の HA まで転送することなく、PDSN-FWA から直接トンネリングを行う。これにより、無線区間上での IP パケットの往復を避けることができる。

一方、Mobile IP では、MT 自身がトンネリングの終端機能を持つ場合(co-located care-of address と呼ばれる)も規定されている。この場合、移動先の IP パケット網に FA 機能は必要ないが、何らかの方法で各 MT に co-located care-of address を割り当てる必要が生じる。IMT-2000 では、PDSN が無線アクセスリンクによって MT を一意に識別できるため、PDSN に FA 機能を持たせることにより、自然な形で Mobile IP ベースの位置管理を行うことが可能である。本稿で提案する方式は、FA 機能を持つ PDSN があらかじめ網内に配置されるという IMT-2000 の特徴を生かすとともに、PDSN に FWA-LAN からの端末の移動に対応する付加機能を設けることにより、MT に対して付加的な IP アドレスを割り当てることなく、効率的な IP モビリティを実現することができる。

### (2) 関連するインターネットドラフトについて

IETF の Mobile IP ワーキンググループでは、Mobile IP の機能拡張に関する検討が行われており、いくつかの関連するインターネットドラフトが提案されている。その一つとして Tunnel Establishment Protocol (TEP)が存在する<sup>[4]</sup>。TEP では、FA と HA の間に存在する複数のトンネルエージェント(Tunnel Agent : TA)を仲介することにより、Mobile IP のトンネリングの確立を、隣接する TA 間に対応した区間ごとに構成できるように拡張されている。提案方式における PDSN-FWA は、一種の TA と考えることができるが、HA に代わって外部からのパケットの捕捉とトンネリングを行う点が TEP における TA とは異なっている。

### (3) FWA-LAN が独自のグローバルアドレスを使用する場合

3章で述べた手順において、FWA-LAN がグローバルアドレスを使用する場合は、IMT-2000 IP パケット網のサブネットとしてアドレスが割り当てられ、外部インターネットとは IMT-2000 IP パケット網を介して接続されると仮定している。一方、IMT-2000 とは独立なグローバルアドレスが FWA-LAN に割り当てられる場合も考えられる。この場合、IMT-2000 網内では移動端末から FWA-LAN 宛のパケットを正しくルーチングできない可能性があるため、必要に応じて双方向トンネリングが要求される。さらに、FWA-LAN が IMT-2000 IP パケット網以外を介して外部インターネットと接続されている場合は、外部インターネットからの受信パケットは、FWA-LAN 内の HA で捕捉する必要がある。

### (4) ファイアウォールに関する問題

提案する手順では、FWA-LAN に対するファイアウォール(FW)の存在を考慮していない。通常 FW は、FWA-LAN の入り口、すなわち FWA 回線の終端と HA の間に設置されると考えられるが、このような場合、外部から FW を通過したパケットのみを MT に転送する場合は、無線区間上でのパケット往復が発生してしまう。そこで、PDSN-FWA に、FWA-LAN のための FW

機能を含めることが解決策として考えられる。FWをIMT-2000網側で持つ場合、各FWA-LANの要求条件に応じたFWの設定を行える必要がある。このような形態は、FWA-LANに対する一種のハウジングサービスと捉えることができるが、IMT-2000網側にFWを置くことにより、外部の悪意のあるユーザからの繰返しアタックなどにより、無線回線のリソースを占有されることを避けるなどのメリットもあると思われる。

一方、FWA-LANへのアクセスに対してより強力なセキュリティが要求される場合は、AH (Authentication Header)やESP (Encapsulating Security Payload)などのIPセキュリティプロトコルを組み合わせることも考慮する必要がある。

#### (5) パケット転送ルートの最適化について

標準的なMobile IPでは、移動端末宛のパケットはすべてHA経由となるため、ホームネットワーク以外の外部ホストからの受信パケットに関しては、IPパケットの転送ルートが最適パスと比較して冗長となる問題が存在する<sup>14)</sup>。提案方式では、外部インターネットからのパケット受信時にFWA回線上でのパケットの往復を避けているが、転送ルートが冗長となる恐れは存在する。この問題に対処する方法として、以下のような方式が考えられる

#### (i) PDSN-MTにおけるアプリケーション Proxyのサポート

PDSN-MTがアプリケーションProxyの機能をサポートし、MTが外部インターネット上のホストと通信する場合は、アプリケーション・プロトコルに応じて、MTの代理としてTCPコネクションを設定する。すなわち、MTとPDSN-MTとの間のTCPコネクションと、PDSN-MTと外部ホストとの間のTCPコネクションとの間のマッピングを行う<sup>15)</sup>。

#### (ii) IMT-2000 IPパケット網内における階層的なトンネリング設定

IMT-2000 IPパケット網内部で、PDGNとPDSNが階層的に構成されている場合には、PDGNがトンネル確立(MIP RR)の仲介エージェントとなる方法が考えられる。この場合、外部

インターネットからの受信パケットはすべてPDGNが捕捉し、対応するPDSN-MTにトンネリングすることにより、PDSN-FWAからトンネリングする場合と比較して、より最適パスに近い転送ルートを選択できる可能性がある。

いずれの方式に関しても、IMT-2000網内部のネットワーク構成やセキュリティポリシーなどにも関連する問題であり、さらに検討が必要と思われる。

## 6. おわりに

本稿では、FWAに接続されたLANとIMT-2000移動網との間で、移動端末の効率的なIPモビリティを実現する方式について述べた。提案する方式では、FWA-LAN内のHAとIMT-2000 IPパケット網内の機能ノード(PDSN-FWA)との連携により、FWA回線上における不要なパケットの往復を避けるとともに、双方向トンネリングの適用によって各FWA-LANがプライベートアドレスを使用する場合にも対応している。今後、本方式の詳細検討を進め、プロトタイプシステムの実装と検証を行っていく予定である。最後に、日頃御指導頂くKDD研究所 村谷所長、鈴木副所長に感謝する。

## 参考文献

- [1] ITU-T Draft Rec. Q.1711, "Network Functional Mode for IMT-2000," May 1998.
- [2] C. Perkins, "IP Mobility Support," RFC 2002, Oct. 1996.
- [3] G. Montenegro, "Reverse Tunneling for Mobile IP," RFC 2344, May 1998.
- [4] P. Calhoun, G. Montenegro, C. Perkins, "Tunnel Establishment Protocol," draft-ietf-mobileip-calhoun-tep-01.txt, Mar. 1998.
- [5] C. Perkins, D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," draft-ietf-mobileip-optim-07.txt, Nov. 1997.
- [6] 長谷川, 井戸上, 加藤, "IP端末の可動性を提供する仮想サブネットワークシステムに関する検討," 情報処理学会 モーバイルコンピューティング研究会 97-MBL-1-6, May 1997.