

HA 機能を有する FA を用いたモバイル IP ソフトウェアの設計

原 正寛

加藤 聰彦

伊藤 秀一

電気通信大学 大学院 情報システム学研究科

1. はじめに

近年モバイルインターネットが発展しており、基本プロトコルとして Mobile IP [1]が採用されている。Mobile IP では、移動端末(MN: Mobile Node)は、移動した先の他ネットワークに存在する FA (Foreign Agent)から気付けアドレスを取得し、そのアドレスを MN 自身のホームネットワーク上に存在する HA (Home Agent)へと通知し移動登録を行う。その結果、MN へてに送られたトラフィックは、HA から FA へ IP によるトンネリングを用いてフォワーディングされ MN まで配送される。このため、大規模なモバイルインターネットにおいては、HA から FA のトンネリング処理のオーバヘッドが HA に集中してしまうという問題が生ずる。

これに対し筆者らは、FA にアドレス割り当て機能と HA 機能を持たせる方式を提案している[2]。この方式では、移動先のネットワークで MN が発呼する場合は、FA が発呼用の IP アドレスを割り当て、そのアドレスを使用した通信については、アドレスを割り当てた FA が HA として動作する。現在この方式を CMU で開発された Mobile IP ソフトウェア Monarch [3]上に実装している[4]。本稿では、そのソフトウェア設計について報告する。

2. 提案方式の概要

(1) MN がネットワークを移動した後に発呼を行う際は、現在の移動したネットワーク上の FA から発呼用の IP アドレスを入手し、移動先のネットワークを自身のホームであるとする。このアドレスにより MN と CN の間で HA を介さない通信が可能となる。また MN がさらにネットワークを移動する場合には発呼用の IP アドレスを割り振った FA がホームエージェントとして機能し、フォワーディングを行う。この HA の機能を持った FA を Home FA (HFA) と呼ぶ。

(2) HFA に HA の機能を持たせるためには、HFA と MN との間で互いに認証しあう必要がある。しかし不特定の FA に移動する MN に対して、HFA が事前に秘密鍵を持つことは想定できない。そのため HA が HFA と MN のための一時的共通秘密鍵を生成・配布することとする。

(3) MN が HFA と HA に対して発呼用 IP アドレスの割り当てを要求するために、HFA Registration メッセージと呼ばれる新しいメッセージを導入する。HFA Registration メッセージは、ある HFA のネットワークにその MN が存在することを通知するためにも用いる。MN がさらにネットワークを移動した際には Registration メッセージを用いて本来の HA と発呼用のアドレスを割り当てた HFA の双方に対して登録を行う。

(4) 本方式では MN が本来のホームアドレスを含めて複数のホームアドレスを持ち、セッション毎に異なる IP アド

レスを使用して通信する場合がある。各セッションの開始及び終了は個別のプロセスが管理するため、ホームアドレス対応付けはアプリケーションレイヤで行うこととする。

3. ソフトウェア設計

筆者らは CMU (現在は Rice University)で行われている Monarch プロジェクトの Mobile IP ソフトウェアをベースに提案する方式を実装している。Monarch のソフトウェアは、HA および FA の Mobile IP 手順を実現する Mipd と、MN における手順を実現する Mobiled に大別される。以下ではそれぞれに対する実現方法を述べる。

3.1 MN 用ソフトウェアの設計

図 1 に MN におけるソフトウェア構成を示す。Mobile IP の基本手順は、Mobiled と、カーネル空間内の Mobile IP 関連モジュールにより実装されている。Mobiled は Registration Request/Reply の処理を行い、Mobile IP 関連モジュールは受信した Agent Advertisement の Mobiled への通知などを行う。

図に示すように、アプリケーションプロセスと Mobiled と計算機内のローカルなデータグラムソケットにより接続されている。アプリケーションプロセスは、起動時またはセッション開始時に Mobiled に対して、発呼に使用するアドレスを要求し、その返答を待つ。その後、開始するセッションに対応するソケットを生成し、そのソケットと Mobiled から通知された IP アドレスとを、bind()システムコールを用いて関連付け、セッションを開始する。TCP を使用する場合は、セッションを開始するたびに、インターネット用の INET ストリームソケットを割り当て、発呼用 IP アドレスを関連付け、connect()システムコールにより TCP コネクションを確立するという処理を繰り返す。一方 UDP を使用する場合は、アプリケーションがセッションを開始すると判断した時点で、Mobiled に発呼用 IP アドレスを要求し、インターネット用のデータグラムソケットと関連付け、UDP データグラムの送信を行う。一方、セッションが終了する時点またはアプリケーションプロセスが終了する時点で、そのセッションまた

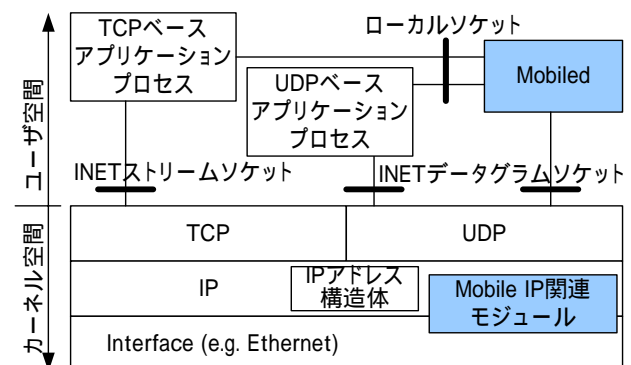


図 1 MN におけるソフトウェア構成

“Design of Mobile IP Software Using FA with HA Functionality”

Masahiro Hara, Toshihiko Kato and Shuichi Itoh
University of Electro-Communications

はプロセスで使用した発呼用 IP アドレスの解放を MObiled に要求する。

MObiled は上記の処理を実現するために、カーネルの Mobile IP 関連モジュールから通知される Agent Advertisement により検出したその時点の HFA のサブネットアドレスと、使用されている発呼用 IP アドレスと、アドレスとそれを利用しているアプリケーションプロセスの対応を管理する。アプリケーションプロセスからアドレスの要求があると、現在のサブネットに対して発呼用 IP アドレスを所有しているかをチェックし、あればそれをアプリケーションプロセスに返し、アドレスとプロセスとの対応を記録する。なければ、HFA Registration Request を HFA に送信する。対応する HFA Registration Reply を受信すると、それに含まれる発呼用 IP アドレスをカーネルに登録し、その IP アドレスとプロセスとの対応を記録し、要求元のプロセスに返す。カーネルへの登録は、カーネル内の IP モジュールが持つ、IP アドレスとインタフェースとを管理する構造体に、IP アドレスを追加するシステムコールまたはコマンドを実行することにより実現可能である。

一方、アプリケーションプロセスから、使用した発呼用 IP アドレスの解放を要求され、そのアドレスを使用しているプロセスがなくなった場合は、その IP アドレスをカーネル内の IP アドレスの管理用の構造体から消去する。

MObiled は発呼用 IP アドレスを管理するために、発呼用 IP アドレスが現在の HFA のサブネットに対応する場合は、R フラグが 0 の HFA Registration Request を送信し、そうでない場合は、通常の Registration Request をその IP アドレスを割り当てた HFA に対して送信する。

このような実装方法により、トランスポートプロトコルおよび IP は複数の IP アドレスとセッションへの対応付けを自律的に管理する必要がなくなる。IP アドレス（およびポート番号）とセッション（実体はアプリケーションが使用するローカルのソケット）との対応付けは、アプリケーションプロセスによる指示に従って、通常のオペレーティングシステムの機能により実現される。

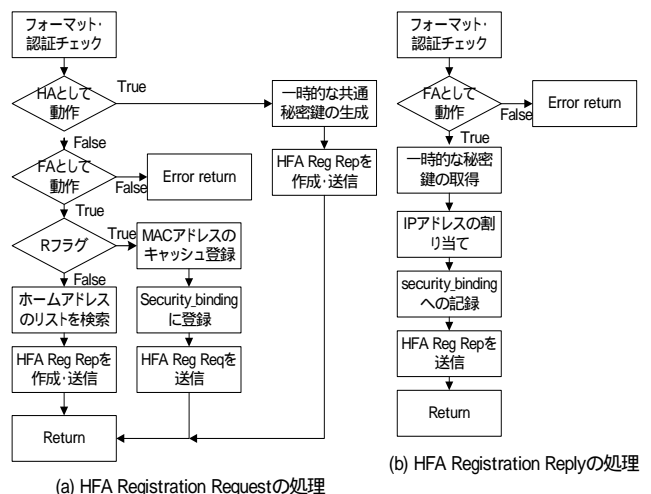
3.2 HFA および HA 用ソフトウェアの設計

本方式では HFA は、MN が移動した後に自身が HA として動作するため、従来の FA に対して HA の移動登録機能を持たせるというアプローチを用いる。一方 HA は鍵の生成のみを実装して管理機能は持たないこととする。

Monarch の Mipd では、HA 配下のネットワークで管理する端末情報リストとして security_bindings、そして移動した場合にフォワーディングを行う端末リストとして binding_tbl の 2 つのリストを制御することで、HA 機能を実現している。また、ビジュリスト binding_table により FA 機能を実現している。security_binding はあらかじめ、利用する端末情報として、IP アドレス、Security Parameter Index、タイムスタンプ、鍵情報などを起動時に設定ファイルから読み込んでプログラム内で保持するようになっている。しかし HFA では登録する端末情報は動的に変化してしまうため、HFA Registration メッセージによってリストを動的に生成し、端末情報にライフタイムを追加して管理するようになった。

Mipd の実装は 2 つの処理に分かれている。一つは select によって Registration メッセージを受信した場合に

呼ばれる処理、他は 1 秒毎に呼ばれる登録のライフタイムを監視する処理である。この内、メッセージの受信処理の中に、HFA Registration と Reply を受信した場合の処理を追加する。それぞれの処理のフローを図 2 に示す。



(a) HFA Registration Requestの処理

(b) HFA Registration Replyの処理

図 2 HFA Registration Request/Reply の処理の流れ

HFA Registration Request に対しては、HA として動作する場合は、MN と HFA が使用する一時的な共通秘密鍵を生成し、それを HFA Registration Reply に入れて送信する。HFA が HFA Registration Request を受信した場合は、そのメッセージに R フラグが設定されている場合は、新たに IP アドレスを要求しているため、そのメッセージを HA に転送する。一方 R フラグが設定されていない場合は、対応するホームアドレスのエントリを検索し、ライフタイムを延長し、HFA Registration Reply を返送する。HFA Registration Reply の受信は、HFA において実行され、HA から通知された一時的な共通秘密鍵を取り出して、MN に割り当てる IP アドレスを生成し、その値を HFA Registration Reply に設定して、MN に送信する。

また、select でのタイムアウトが 1 秒に設定されており、タイムアウトになる度に実行されて security_bindings、binding_tbl、binding_table の各エントリのライフタイムは 1 秒ずつ減らされ、ライフタイムが 0 になったエントリは削除される。

4. おわりに

本稿では、筆者らが提案している、移動先で MN が発呼する場合は、移動先の FA (HFA) がホームアドレスを生成しホームエージェントとして動作する方式について、CMU の Monarch プロジェクトで開発された Mobile IP ソフトウェアに実装する場合の設計について述べた。

参考文献

- [1]: C. Perkins, Ed., "IP Mobility Support for IPv4," RFC 3344, Aug. 2002.
- [2]: 原 他, "発呼トラヒックのための HA 機能を FA に持たせるモバイル IP プロトコル," 情報処理学会 MBL 研究会, MBL-25, Jul. 2003.
- [3]: D. Johnson, "David Johnson's Home Page," <http://www.cs.rice.edu/~dbj/>.
- [4]: 原 他, "HA 機能を有する FA を用いたモバイル IP プロトコルの実装に関する検討," FIT2003, M-083, Sep. 2003.