

M-043

## モバイル IP による AODV アドホックネットワークとインターネットの 相互接続方式に対する制御オーバーヘッドの評価

Evaluation of Control Message Overhead for Interconnection Scheme of AODV

Ad hoc Network Internet Based on Mobile IP

有本 俊礼†      加藤 聰彦†      伊藤 秀一†  
Toshinori Arimoto      Toshihiko Kato      Shuichi Itoh

### 1. まえがき

近年、一時的に集合した移動端末(MN: Mobile Node)が端末およびルータとして機能し、マルチホップ通信を行うアドホックネットワークに関する検討が広く行われている[1]。しかし、アドホックネットワーク内のルーチングに関する検討に比較すると、インターネットとの相互接続方式に関する検討は少ない。筆者らは AODV [2]を用いたアドホックネットワークとインターネットを、Mobile IP [3]を用いて相互接続する方式について検討している[4]。この方式はこれまでの方式[5,6]と比較して、AODV の移動管理機能を積極的に利用することにより、既存方式で用いられている、FA からの Agent Advertisement のフラッディングのオーバーヘッドを減らすことを特徴としている。本稿では、具体的なネットワークを想定して、アドホックネットワークにおける AODV と Mobile IP の制御メッセージのオーバーヘッドを評価し、既存方式と筆者らの提案する方式との比較を行った結果を示す。

### 2. 提案方式

筆者らが提案する方式の概要は以下のとおりである。

(1) 想定するネットワーク構成では、MN は通常は自身のホームネットワークに接続されており、一時的に移動してアドホックネットワークに参加する。その際にもホームネットワークで割り当てられている IP アドレスを用いる。ホームネットワークには Home Agent (HA)が配置されている。一方移動先のアドホックネットワークには Foreign Agent (FA)が配置されており、インターネットとのゲートウェイ機能を併せ持つ。アドホックネットワーク内では AODV によるマルチホップ通信が行われ、FA を通じてインターネットと相互接続する。

(2) ホームネットワークからの移動検出は、MN がアドホックネットワーク用のプロトコルスタックを使って起動された時点で、ホームネットワークから移動したと判断することにより行う。

(3) FA 情報の取得のために、起動された MN は AODV の経路要求(Route Request: RREQ)メッセージに類似した FA 要求(FA Request: FREQ)メッセージをフラッディングして、FA を検索する。これに対して、FA 自身もしくは FA の情報を持つノードが、FA へのアクティブな経路情報と、気付アドレス(Care-of Address: CoA)をはじめとする Agent Advertisement に相当する情報を AODV の経路応答(Route Reply: RREP)に類似した FA 応答 (FA Reply: FREP)として返す。FA 以外のノードが RREP を返す場合は、FA へ向けて Gratuitous RREP を送信して双方向の経路を確立する。

(4) また、起動直後に MN の無線伝播範囲内に他の MN が存在しない場合は FA の検出ができない。これに対応するために、各 MN は FA へのアクティブルートの情報を含む Hello メッセージを周囲にブロードキャストする。これを FA の検索をできなかった MN がその後移動した際に聞くことにより FA への情報を得ることとする。

(5) FA を検出すると MN は、FA を介して自分の HA に対して Registration Request を送信する。HA は MN の正当性を確認すると、FA を介して Registration Reply を返送する。このとき、MN と FA 間は AODV に従った IP 転送が、FA と HA 間は通常のインターネットにおける IP 転送が、それぞれ行われる。

(6) MN がインターネット内に存在する CN (Correspondent Node)と通信する場合には、MN と FA の間では AODV に基づくマルチホップ転送が行われ、FA と CNの間では Mobile IP に基づく三角ルーチングにより通信が行われる。

(7) MN がさらに移動した場合や、FA へのアクティブルート上に存在するノードが移動して FA までのパスが切断された場合は、近隣ノードからの Hello メッセージが受信されないことまたは AODV の経路エラー(Route Error: RRER)メッセージが通知されることにより、移動を検出して FREQ メッセージを新たに送信して移動処理を行う。

### 3. 評価方法

評価をするにあたり、以下のような評価方針を立てた。

(1) 想定ネットワーク構成図を図 1 に示す。はじめから までの MN と、FAa・FAb が AODV を用いてアドホックネットワークを形成している。円は各ノードの無線伝播範囲を表す。方式に関わらず、各 MN と FA は Hello を 1 秒に 1 回送出し、近隣のノードとの接続性を確立している

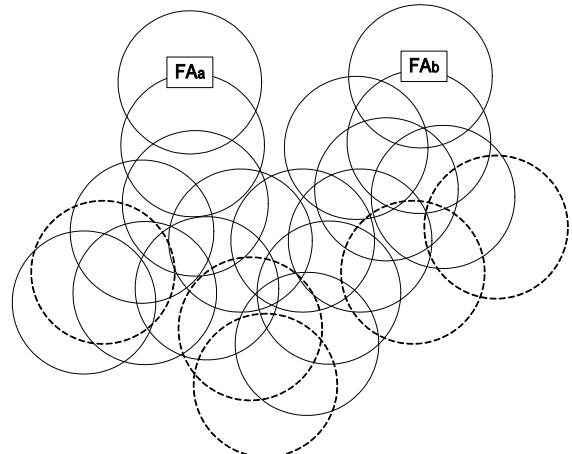


図1 評価のためのネットワーク構成

† 電気通信大学 情報システム学研究所  
† University of Electro-Communications

ものとする。また、このはじめの 15 個の MN は移動しないものとする。評価開始時刻から 1 分間はこれらのノードのみが動作する。開始時刻から 1 分の時点でノードがアドホックネットワークに参加する。さらに 30 秒後にノードが参加し、以後 30 秒毎にノードまでが 1 つずつ参加する。ノードが参加してから 30 秒間が経過した時点の計 3 分間を評価時間とする。また、新たに参加した 5 個のノードも起動した時点からは移動しないものとする。

(2) 既存方式では、2 つの FA は 1 秒に 1 回ずつ Agent Advertisement を送出し、それがすべての MN によりフラッディングされる。Agent Advertisement にはシーケンス番号が付与され、過去に再転送したものは再度フラッディングされないこととする。また FA は別の FA からの Agent Advertisement を受信した時はこれを破棄して再転送は行わないものとする。

(3) 各 MN は、動作開始時点から通信すべき FA を検索する。FA を発見すると、既存方式では、Registration Request を送出するために、FA への経路を検索するために、RREQ を送出する。一方、提案方式では FREQ に対応する FREP によって経路を知ることができる。ここで、MN が FA への経路を検出する順序は、

・ ・ ・ ・ ・  
・

であるとする。

(4) 各ノードが Registration Request を送信する FA は、MN からのホップ数が少ないものとし、以下のように割り当てられることとする。

- FAa: , , , , , , , , , , ,
- FAb: , , , , , , , , , , ,

提案方式で定義されている FREQ メッセージは送信先 IP アドレスを持たないため[4]、別の FA へのアクティブルートを持っている MN からの FREP を受ける可能性があるが、ここでは使用する FA への情報を持った FREP のみが生成されることとする。また Registration Reply によって許可される Lifetime は 30 秒とする。

(4) RREQ および FREQ には、AODV に規定された無駄な RREQ を抑える方法である Expanding Ring Search を用いることとする。この時の TTL\_START の値は 1 であり、TTL\_INCREMENT の値は 2 とする。

#### 4. 評価結果

上記の評価方針により、制御メッセージが送出または転送された回数を数え上げた結果を表 1 と 2 に示す。ここで、この回数は、同一メッセージをフラッディングした場合は、それぞれの MN からの再転送を個別に累積した値である。総メッセージ送信回数の比較により、提案方式はその数をおよそ 4 割程度に抑えていることがわかる。この要因となっているのが既存方式における Agent Advertisement である。提案方式ではこれを Mobile IP における Agent Solicitation に相当する FREQ とその応答である FREP によって、気付アドレスをはじめとする FA 情報取得と経路設定を同時に行うことでこのオーバーヘッドを軽減している。また提案方式においては、FA への経路の確立に FREQ・RREP と、RREQ・RREP の双方が利用される。しかし、その総数は既存方式における RREQ・RREP の数と同一になっている。

表 1 既存方式の制御メッセージ数

Hello メッセージ	4,020 回
Agent Advertisement メッセージ	7,620 回
RREQ メッセージ	49 回
RREP メッセージ	33 回
Gratuitous RREP メッセージ	59 回
Registration Request メッセージ	347 回
Registration Reply メッセージ	347 回
<b>総メッセージ送信回数</b>	<b>12,475 回</b>

表 2 提案方式の制御メッセージ数

Hello メッセージ	4,020 回
FREQ メッセージ	40 回
FREP メッセージ	24 回
RREQ メッセージ	9 回
RREP メッセージ	9 回
Gratuitous RREP メッセージ	59 回
Registration Request メッセージ	347 回
Registration Reply メッセージ	347 回
<b>総メッセージ送信回数</b>	<b>4,855 回</b>

#### 5. おわりに

本稿では Mobile IP による AODV アドホックネットワークとインターネットの相互接続方式について、既存の方式において、Agent Advertisement のフラッディングが大きなオーバーヘッドとなっているとの予想の下で、AODV の機能を積極的に用いる提案方式と、既存方式の制御メッセージのオーバーヘッドを比較した結果を示した。20 個の移動端末と 2 つの FA から構成されるネットワークを用いて、それぞれの方式における制御メッセージを数え上げることにより、提案方式では、制御メッセージ数を 4 割程度に減らしてオーバーヘッドを小さくすることが可能になることを示した。

#### 文 献

- [1]: "Mobile Ad Hoc Networking (MANet)," [http://protean.itd.nrl.navy.mil/manet/manet\\_home.html](http://protean.itd.nrl.navy.mil/manet/manet_home.html).
- [2]: C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," RFC3561, Jul. 2003.
- [3]: C. Perkins, Ed., "IP Mobility Support for IPv4," RFC 3344, Jan. 2002.
- [4]: 有本, 加藤, 伊藤, "AODV の機能を活用したアドホックネットワーク上での Mobile IP 通信方式の検討," 情報処理学会研究報告, 2004-MBL-29(25), May 2004.
- [5]: H. Lei and C. Perkins, "Ad Hoc Networking with Mobile IP," in Proc. of European Personal Mobile Communications Conference, Sep. 1997.
- [6]: Y. Tseng, et al., "Mobile IP and Ad Hoc Networks: An Integration and Implementation Experience," IEEE Computer, Vol. 36, No.5, May 2003.