

# モバイル IP と AODV を組み合わせた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関する一考察\*

有本 俊礼†

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所 ‡

## 1. まえがき

近年、無線インターフェースを持った移動端末(MN: Mobile Node)が一時的に集合して構成される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]。ここでは、アドホックネットワーク内のルーチングプロトコルに関する検討は精力的に行われているが、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はあまり積極的には検討されていない。筆者らは、通常のネットワークを離れた端末が、IP アドレスを変更せずにアドホックネットワークに参加するというネットワーク構成を対象として、Mobile IP [2]を用いたアドホックネットワークとインターネットの相互接続を提案している[3]。この方式では、ルーチングプロトコルである AODV[4]を組み合わせ、端末移動管理手順を相互利用することを基本方針としている。本稿では、メッセージフォーマット等を含む、本方式の詳細手順について述べる。

## 2. 基本アプローチ

本方式の基本方式として以下を採用した。

- (1) ネットワーク構成としては以下を想定する。移動端末(MN)は通常自身の Home Agent (HA)を持つネットワークに接続されている。移動先のアドホックネットワークには、インターネットとのゲートウェイ機能を併せ持つ Foreign Agent (FA) が設置されている。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を行い、FA を通じてインターネット内の CN (Correspondent Node)と通信を行う。
- (2) AODV の手順を活用して Mobile IP における移動検出機能を実現する。まず最初は、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移動したと判断し、FA を検索する処理を開始する。また検出された FA への経路が切断された時点で、FA を移動したと判断し、新たな FA の検索手順を起動する。さらに、FA へのアクティブな経路を保持するノードからの Hello メッセージに FA の情報を追加し、隣接ノードからこの情報入手することにより、FA に関する情報を取得可能とする。これにより Agent Advertisement をネットワーク全体にフラッディングする従来の方式に比べて制御メッセージ数を削減することが期待される。
- (3) FA の検索手順では、最初に検索するノードが、FA 要求(FA Request: FREQ)メッセージをアドホックネットワーク内にフラッディングする。このメッセージに対して、FA の情報を保持するノードが、FA へのアクティブな経路情報と気付けアドレス(Care-of Address: CoA)をはじめとする Agent Advertisement に相当する情報を FA 応答(FA Reply: FREP)として返す。FA 以外のノードが FREP を返す場合は、

FA に向けて AODV の Gratuitous RREP (Route Reply)を返す。(4) FA を発見した MN は、その後 FA に向けて Mobile IP 手順の Registration Request を送信し、HA からの Registration Reply を受けて登録を行う。

(5) MN と CN が通信する時、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。

## 3. メッセージフォーマット

FREQ メッセージのフォーマットを図 1 に示す。このフォーマットは AODV の RREQ (Route Request)メッセージから宛先に関する情報を取り除いたような形式である。ホップ数はこのメッセージが転送されたホップ数であり、FREQ ID は無駄なフラッディングを防止するために用いられ、オリジネータ IP アドレスとオリジネータシーケンス番号は FREQ を送信したノードへのリバース経路を確立するための情報である。

FREP メッセージのフォーマットを図 2 に示す。このメ

0																	1																	2																	3																
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1																																																																			
Type (17)																	GD																	reserved																	ホップ数																
FREQ ID																																																																			
オリジネータIPアドレス																																																																			
オリジネータシーケンス番号																																																																			

図 1 FREQ メッセージフォーマット

ッセージは、FA に関する情報を通知するとともに、FA へのフォワード経路を確立することを目的としており、フォーマットは、RREP メッセージに Agent Advertisement の FA に関する情報 (Mobility Agent Advertisement Extension)を付加した形式となっている。ホップ数はこのメッセージの転送回数を示す。FA アドレスは FA となるノードのアドホックネットワーク内のアドレスであり、FA シーケンス番号とともに、FA へのフォワード経路を確立するために用いられる。オリジネータ IP アドレスは対応する FREQ を送信したノードのアドレスであり、Lifetime は FA への経路

0																	1																	2																	3																
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1																																																																			
Type (18)																	reserved																	ホップ数																																	
FAアドレス																																																																			
FAシーケンス番号																																																																			
オリジネータIPアドレス																																																																			
Lifetime																																																																			
Registration Lifetime																	M G T																	reserved																																	
1つ以上の気付けアドレス																																																																			

図 2 FREP メッセージフォーマット

\* A Study on Interconnection between Ad Hoc Network and Internet by Combining Mobile IP and AODV

† Toshinori Arimoto, Toshihiko Kato and Shuichi Itoh

‡ University of Electro-Communications

情報の生存時間を示す。Registration Lifetime はその FA が許可する最大の登録の有効期間である。M と G のフラグはそれぞれ FA が Minimal または GRE カプセル化をサポートすることを示し、T フラグは逆方向トンネリングを行うことを示す。その後複数の気付けアドレスを格納している。FA アドレスと気付けアドレスは必ずしも同一でなくてもよい。

Hello メッセージのフォーマットを図 3 に示す。FA へのアクティブな経路を保持するノードは、通常の Hello メッセージ(TTL = 1 でブロードキャストされる RREP メッセージ)に FA 用の Extension を付加して送信する。この情報には FREP メッセージと同様に、FA への経路の情報と気付けアドレスを含む FA の情報を含む。これにより、起動時に FA を発見できなかった MN も、FA を利用可能な地点に移動した時点で FA 情報を取得することができる。

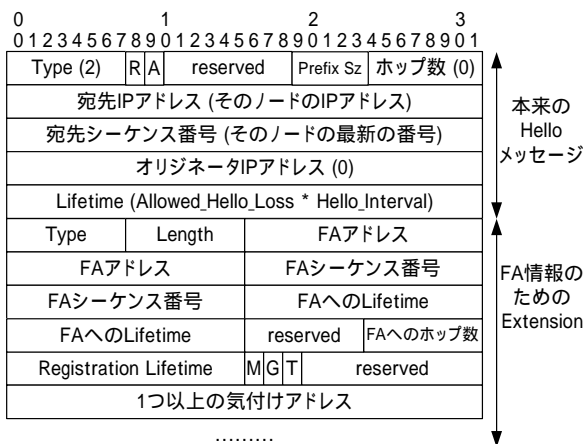


図 3 Hello メッセージフォーマット

#### 4 . 通信シーケンス

通信シーケンスの例を図 4 に示す。ここでは、まず MN<sub>1</sub> がアドホックネットワークに参加して FA へのアクティブな経路を獲得している。次に MN<sub>2</sub> が起動され、FA の検出を試みたが失敗し、その後 MN<sub>1</sub> の近くに移動し、MN<sub>1</sub> からの Hello メッセージにより FA の情報を獲得し CN との通信を開始している。なお、MN<sub>1</sub> と MN<sub>2</sub> はそれぞれ HA<sub>1</sub> と HA<sub>2</sub> に属していると想定している。

まず MN<sub>1</sub> がアドホックネットワークに参加すると、MN<sub>1</sub> は FREQ を周囲にブロードキャストする。MN<sub>3</sub> が FA へのアクティブな経路を持っているので、MN<sub>3</sub> は MN<sub>1</sub> に向けて FREP を送信し、また FA へ向けて Gratuitous RREP を送信して、FA から MN<sub>1</sub> への経路を確立する。次に MN<sub>1</sub> は FA を通じて、HA<sub>1</sub> に向けて Registration Request を送信し、Registration Reply を受信して HA<sub>1</sub> への登録を行う。

次に MN<sub>2</sub> がアドホックネットワークに参加するために起動される。MN<sub>2</sub> はアドホックネットワーク用のプロトコルにより FREQ をブロードキャストするが、他のノードが無線伝播範囲に存在していないため、FREP を受信することができずにタイムアウトして失敗する。その後、MN<sub>2</sub> は MN<sub>1</sub> の近くに移動して、MN<sub>1</sub> の出す Hello メッセージを受信する。MN<sub>2</sub> はそこから CoA を含む FA の情報を取得する。その後 Registration Request を FA 経由で HA<sub>2</sub> に向けて送信する。MN<sub>1</sub> および MN<sub>3</sub> は FA へのフォワード経路を保持しているた

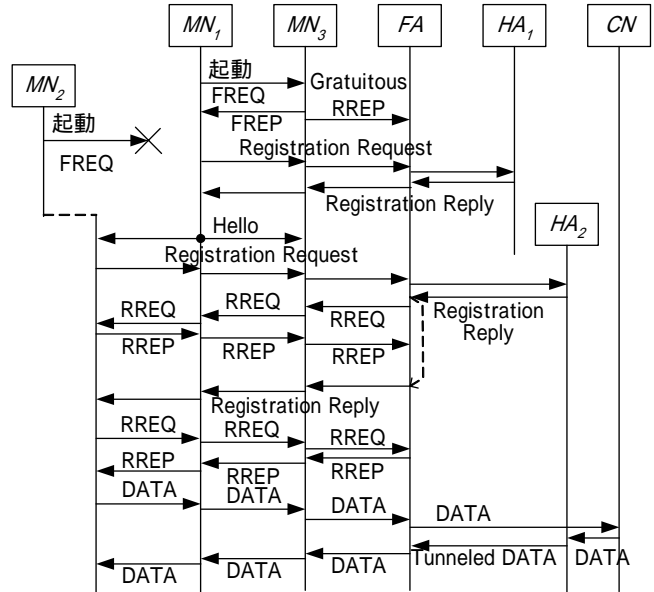


図 4 シーケンス例

め、このメッセージは FA に転送され、さらに HA<sub>2</sub> に到達する。

続いて、HA<sub>2</sub> がその応答として Registration Reply を FA 宛に送信する。FA はさらにこのメッセージを MN<sub>2</sub> に送信しようとするが、MN<sub>2</sub> への経路情報は有していない。そこで FA から RREQ がフラッディングされ、MN<sub>2</sub> がそれを RREP で応答した後に Registration Reply がアドホックネットワーク内を MN<sub>2</sub> まで転送される。

次に MN<sub>2</sub> が CN との通信を開始する。この時、CN がアドホックネットワーク内に存在する場合があるので、まず MN<sub>2</sub> は CN を宛先 IP アドレスとして持つ RREQ をアドホックネットワーク内にフラッディングする。FA はすべての RREQ に対して常に、許される最大値(35)ホップ数として RREP を返す。この場合 CN はこのアドホックネットワーク内には存在しないため、その RREP が有効となり、FA に向けてデータが送信され通信が開始される。FA と MN<sub>2</sub> の間では AODV に従ったマルチホップにより通信データが転送される。FA から CN へは通常のインターネットのルーティングによりデータが転送され、CN から FA への通信は HA<sub>2</sub> を経由して、IP トンネリングにより FA へデータが送信される。

#### 5 . おわりに

本稿では Mobile IP と AODV の機能を組み合わせて、アドホックネットワークからのインターネット相互接続を可能にする提案方式について検討を行い、本方式で新しく導入される FREQ / FREP メッセージのフォーマットや、詳細な通信手順を示した。

#### 参考文献

[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, Ed., "IP Mobility Support for IPv4," RFC 3344, Aug. 2002.  
 [3]: 加藤, 伊藤, "モバイル IP を用いた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," FIT2003, M-082, Sep. 2003.  
 [4]: C. Perkins, et al., "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," RFC 3561, Jul. 2003.