

モバイルルータのための マルチホップ通信機能の設計と実装

茂木 信二[†] 磯村 学[†] 吉原 貴仁[†] 堀内 浩規[†]

(株)KDDI 研究所[†]

1. はじめに

有線および無線アクセスネットワークの普及を背景にオフィスのような固定的な施設内のみならず自動車等の移動する車両内でもインターネットに接続可能とするための研究が活発に行なわれている。車両内のネットワークは、車両と共に移動するネットワークとなる。そのような移動ネットワークとインターネット間の継続的な通信を可能とするため、Mobile IP を拡張することでネットワークの移動に対応すると共に種類の異なる複数の通信メディアを用いた通信を可能とするモバイルルータ(以下、MR と呼ぶ)の提案を行っている[1]。

本稿では、MR の通信メディアの1つである無線 LAN を対象にその通信エリアの拡張を図るため、無線 LAN 基地局と直接通信できない場合であっても他の MR の中継により通信エリアを拡張するマルチホップ通信機能を設計、実装したので報告する。

2. モバイルルータの概要と課題

MR は移動ネットワーク上のルータであり、インターネットとの新たな接続点に移動すると自身のホームエージェント(以下、HA と呼ぶ)に対してその接続点の気付けアドレス(以下、CoA と呼ぶ)を通知する。HA が移動ネットワーク宛てのパケットをその CoA に転送することで、接続点が変わっても移動ネットワークは継続して通信を行うことができる。また、MR は携帯電話、無線 LAN および PHS など種類が異なる通信メディアを切替えて通信できる。

通信メディアの1つである無線 LAN は、他の通信メディアに比べ通信速度の高速化が著しく進展しているものの通信エリアが小さい。基地局を多数設置することで対処する方法があるが設置コストの増大を伴うことから、多数の基地局を設置することなく通信エリアの拡張を行うことが課題となる。

3. MR のためのマルチホップ通信機能の設計

3.1 要求条件

(1) マルチホップでの通信に対応すること

無線 LAN 基地局を多数設置することなく通信エリアの拡張を行うためには、通信エリア外の MR が他の MR を介してマルチホップで基地局と通信することが必要となる。

(2) 無線 LAN の利用可能性を判断できること

MR において、無線 LAN 基地局と接続し外部ネットワークのルータと通信できるか否かの無線 LAN の利用可能性は、インフラストラクチャモードの無線 LAN 基地局が定期的に送信するビーコンの受信電波強度を利用して判断している。これに対し、(1)で述べたマルチホップで基地局との通信を行う場合、例

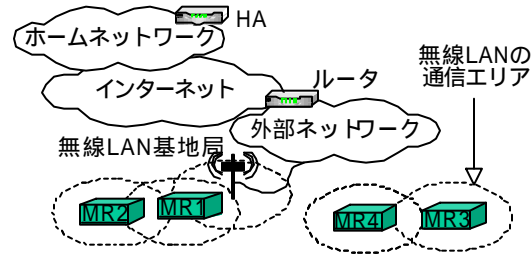


図1 基地局とMRの無線LANの通信エリア

えば図1のMR3のように、MR4からビーコンを受信できたとしてもMR4が基地局と通信できない位置にあるため、MR3はMR4を介して基地局と通信することはできない。そのため受信電波強度を用いずに利用可能性を判断する方法が必要となる。

3.2 設計方針

(1) MR間の経路制御機能の導入

MR が従来備える経路制御機能は中継を行うルータのアドレスが階層化されていることを前提とする。3.1節(1)で述べた中継を行うMRは同一の外部ネットワークに属することになるためアドレスの階層化を前提とすることができないことからそのままでは対応することができない。そこで、そのようなMRを経由して無線LAN基地局に至るまでの経路の作成を可能とする経路制御機能をMRに導入する。その機能を担うルーティングプロトコルには、中継するMRの移動等に伴う経路変更に対応するためアドホックネットワーク用のプロトコルを適用する。

また、CoAを取得するためのDHCPなどの通常の方法は無線LAN基地局との直接通信を必要とし、ここでは利用できないことからアドホックネットワーク用のルーティングプロトコルの制御メッセージにオプションを内包することでCoAの取得を行う手順[2]を利用する。

(2) 広告要請メッセージを用いた利用可能性の判断

MRは無線LANの利用可能性を検出するため広告要請メッセージを定期的に広報する。そのメッセージに対するルータからの応答メッセージの受信をもってMRは無線LANを利用可能と判断し、定期的な広報を停止する。3.2節(1)のMR間の経路制御機能が基地局に至る経路の切断を検出し、無線LANが利用できなくなった場合に広報を再開する。

3.3 処理フロー

前節の設計方針に基づく処理フロー(図2)を図1のMR2の例を用いて以下に述べる。無線LANの利用可能性を検出するためMR2は広告要請メッセージを定期的に広報する(図2(1))。この時点でMR2はCoAを取得していないため、そのメッセージの送信元には仮アドレス(MR2_Tmp)[2]を指定する。広告要請メッセージは、ルーティングプロトコルにおいて経路探索を行うための制御メッセージに接続点のル

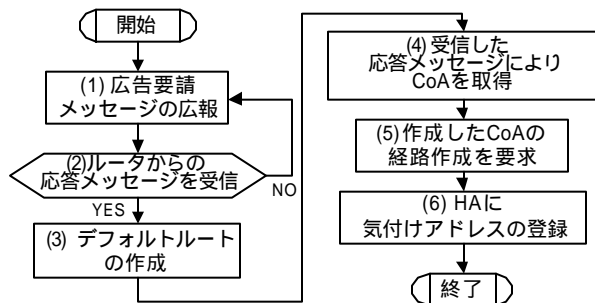


図2 通信メディア切替えまでの処理フロー

ータからの広告の要請をするオプションを内包したものとす。内包することで別途メッセージを用いる方法に比べ通信メディアの切替え時間を短縮できる。広告要請メッセージを受信したMR1はメッセージの送信元アドレスMR2_Tmpで示されるMR2への経路を作成した後に、受信したメッセージの中継を行う。MR1および無線LAN基地局が中継した広告要請メッセージを接続点のルータが受信し、同様に送信元アドレスMR2_Tmpへの経路を作成すると共にネットワークプレフィックス等の情報を含んだ広告となる応答メッセージを広告要請メッセージの送信元に向かって送信する。応答メッセージは、無線LAN基地局からMR1へ、MR1からMR2へと中継される。MR2は応答メッセージを中継した隣接するMR1をデフォルトルートとし(図2(3))、応答メッセージに含まれるネットワークプレフィックスから気付アドレスMR2-CoAを取得する(図2(4))。

なお、ルータやMR1で作成済みのMR2への経路は、MR2_Tmp宛ての packets の中継にのみ利用可能であり、そのままではMR2-CoA宛ての packets を中継できない。そこで、MR2はMR2-CoAのための経路作成を要求するルーティングプロトコルの制御メッセージをデフォルトルートに送信する(図2(5))。これよりルータとMR2間に双方向の経路が作成されることから無線LANを利用可能と判断する。その後、MR2がHAに対してMR2-CoAを登録する(図2(6))ことで、HAが受信した packets はMR2-CoAを利用してMR2に転送可能となり通信メディアの切替えが完了する。

4. マルチホップ通信機能の実装と評価

4.1 実装方針

- (1) 3章の設計に基づいて実装する。
- (2) 用いるIPのバージョンは6とする。
- (3) 先に実装したIPv6対応のMR[4]を拡張する。
- (4) MRに適用するルーティングプロトコルはAODVとする。AODVのプロトコルスタックにはAODV-UU for IPv6[3]を用いる。
- (5) 他のMRを介して通信を行うための無線LANとして、アドホックモードのIEEE802.11bをMRに新たに追加する。
- (6) ルータにMRと同様アドホックモードのIEEE802.11bを装備し無線LAN基地局を兼ねることとする。

4.2 基本性能評価

通信メディアを切替えることにより継続的な通信を実現するMRにおいて、通信メディアの利用可能性の検出および検出した通信メディアへの切替えは

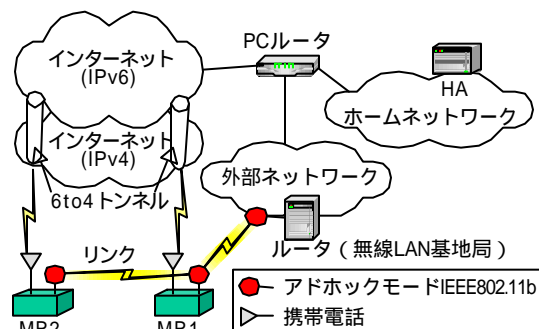


図3 システムの構成

迅速に行うことが求められる。そこで、アドホックモードの無線LANに関し利用可能性の検出時間および切替え時間の観点からの性能評価を行う。

評価は図3に示す構成で行い、評価結果は10回の測定を行った結果の平均値とする。なお、評価を行う間MR1とMR2の位置関係は固定する。

(1) 無線LANの利用可能性の検出時間

無線LANの利用可能性を検出するまでの時間として、各MRが広告要請メッセージを送信してから、そのMRとルータ間の経路作成が完了するまで(図2(1)から(5)まで)の時間を測定した。その結果、無線LAN基地局と直接通信できるMR1での検出時間は110 [ms]であった。MR1を中継して無線LAN基地局と通信するMR2の検出時間の測定は、MR1がルータの検出を完了している状態から行い、158 [ms]となった。MR2はMR1を経由するためMR1に比べ検出時間が長くなっているもののその時間は短いと言える。

(2) 通信メディアの切替え時間

各MRが無線LANを利用可能と判断した後、HAにCoAの登録を要求するメッセージを送信してから応答を受信するまでの時間を測定した。その結果、MR1およびMR2の切替え時間はそれぞれ4 [msec]、14 [msec]であった。このCoAの登録が完了するまでの時間に(1)の時間を加算した時間(msec)が通信メディアの切替え時間となる。

以上、アドホックモードの無線LANに関し、その利用可能性の検出時間および切替え時間は今回の評価においては実用的な処理時間を達成しており有効と言える。

5. まとめ

本稿では、モバイルルータが無線LAN基地局と直接通信できない場合であっても、他のモバイルルータを介して外部との通信を可能とするマルチホップ通信機能を設計し、実装結果を報告した。最後に、日頃ご指導頂く(株)KDDI研究所浅見所長および和田執行役員に感謝する。

参考文献

- [1] 磯村学他, "ネットワーク単位の移動性を提供するモバイルルータのための経路制御方式の提案", 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.2, 2004.
- [2] R. Wakikawa et al., "Global connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc Networks", IETF, Internet Draft (Work in Progress), 2002.
- [3] Uppsala University, "The AODV routing protocol implementation created at Uppsala University (AODV-UU)", <http://user.it.uu.se/~henrik/aodv/>.
- [4] 磯村学他, "IPv6対応モバイルルータの経路制御方式の提案", FIT2003, O-051, 2003.