

## 6V-3 複数経路を用いた安定なパケット配送のための アドホックルーティングプロトコル\*

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科†  
長谷部 顕司 梅島 慎吾 松垣 博章‡ §

### 1 背景と目的

近年、ノート型 PC や PDA などのモバイルコンピュータの普及が進むとともに、IEEE802.11 や HIPER-LAN といった無線 LAN プロトコル技術の開発、利用が進んでいる。これにより、イベント会場や災害現場などで一時的に構築されるアドホックネットワークへの要求が高まっている。アドホックネットワークでは、すべてのモバイルコンピュータ (以下ノードと記す) がパケット転送を行ない、かつ、これらのノードが移動するため、固定ネットワークのために開発されたプロアクティブ型ルーティングプロトコルではなく、DSR、AODV [2]、LBSR といったリアクティブ型 (オンデマンド型) ルーティングプロトコルを用いることでオーバーヘッドの低減を実現することができる。しかし、ノードの移動などによるリンクの切断の際には、単一経路検出のルーティングプロトコルでは、再度経路探索を行なわなければならない。そこで、経路探索時に迂回路となり得る複数の経路を検出するプロトコルが必要である。本論文では、AODV を拡張し、未接続状態の枝経路 (ブランチルート) を互いに接続することで複数の経路を検出する MRAODV (Multiple-Route Ad-hoc On-Demand Distance Vector) プロトコルを提案する。また、シミュレーションによって性能の比較、評価を行なう。

### 2 従来手法

#### 2.1 AODV プロトコル

AODV では、送信元  $S$  からルート要求メッセージ RREQ がフラッディングされると、中間ノードは最初に RREQ を受信したノードを上流としたリバースパスを設定し、RREQ を再ブロードキャストする。RREQ が送信先  $D$  に到達すると、 $D$  はルート応答メッセージ RREP をリバースパスに沿ってユニキャストする。RREP を受け取った中間ノードは、受信した RREP の送信ノードを下流としたフォワードパスをルーティングテーブルに登録する。RREP を受け取らなかった中間ノードは、設定したリバースパスを解除する。RREP が  $S$  に到達することで、 $S$  から  $D$  に至る経路が構築される (図 1(a))。

#### 2.2 MNH プロトコル

複数経路検出プロトコルである MNH [1] は、RREQ のフラッディングを AODV と同様の方法で行なう。こ

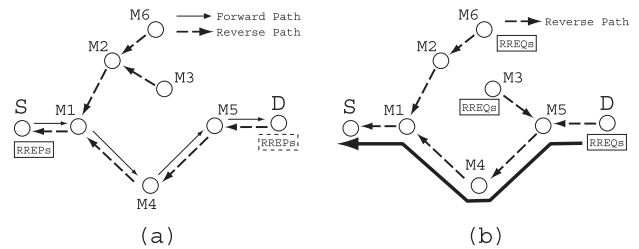


図 1: AODV と MNH

のとき、2 回目以降に受信した RREQ に対し、1 回目同様リバースパスを設定する。RREP は複数設定されたリバースパスに沿って配送される。また、中間ノードが複数回 RREP を受信する場合は、受信した RREP の送信ノードへフォワードパスを設定し、2 回目以降に受信した RREP を破棄する。これにより複数の経路が構築される。しかし、図 1(a) において、 $S \rightarrow M1 \rightarrow M2 \rightarrow M3 \rightarrow M5 \rightarrow D$  という迂回経路を構築できるのは、 $M5$  が  $M4$  からの RREQ を受信してから RREQ をブロードキャストするまでの間に  $M3$  が RREQ をブロードキャストした場合のみである。もし、 $M3$  のブロードキャストよりも  $M5$  のブロードキャストが先に行なわれたならば、リバースパスは図 1(b) のように設定され、複数経路を構築できない。

### 3 MRAODV ルーティングプロトコル

AODV は、送信元  $S$  から RREQ をフラッディングすることによって、 $S$  を最上流として中間ノードの上流、下流の関係を暫定的に決定する。このとき、 $D$  から  $S$  までの 1 つのバックワードルート (プライマリバックワードルート) と、プライマリバックワードルートに接続し、途中まで延びた複数の枝経路 (ブランチバックワードルート) が構築される (図 1(b))。AODV が単一経路検出プロトコルであるのは、作成したバックワードルートのうち、1 つのみが送信先に接続するためである。そこで、ブランチバックワードルートを互いに接続することで複数経路検出プロトコルへ拡張することが可能である。しかし、ブランチバックワードルートを接続するためには上流、下流の区別を壊すことなく接続しなければならない。図 2 のように異なるブランチバックワードルートに含まれるノード間 ( $M_2, M_3$ ) を接続する場合、送信元から遠いバックワードリンク  $M3 \rightarrow M5$  は  $S \rightarrow M1 \rightarrow M2 \rightarrow M3 \rightarrow M5 \rightarrow D$  という経路を構築するために、上流、下流の関係を反転させる必要がある。そこで、ブランチバックワードルート  $M6 \rightarrow M2 \rightarrow M1$ 、 $M3 \rightarrow M5$  は、それぞれプライマリバックワードルート上の 1 つのノードに接続してい

\*Multiple-Route AODV Routing (MRAODV) Protocol

†Tokyo Denki University

‡Kenji Hasebe, Shingo Umeshima and Hiroaki Higaki

§{namu, shin5, hig}@higlab.k.dendai.ac.jp

ることに着目する。プライマリバックワートルートは上流、下流の関係が確定したパスであり、それに接続する  $M6 \rightarrow M2 \rightarrow M1$ 、 $M3 \rightarrow M5$  のようなブランチバックワートルートは、接続点となるノード ( $M1, M5$ ) の  $S$  からのホップ数 (枝番号) を用いて上流、下流を決定することができる。

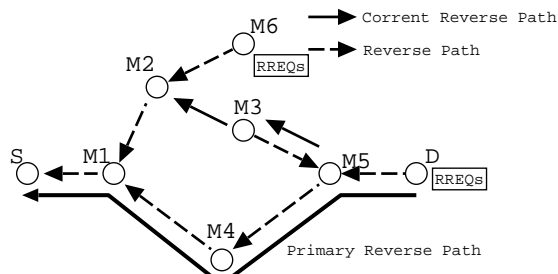


図 2: バックワードリンクの接続・反転

MRAODVでは、RREPをプライマリバックワートルートのみでなく、ブランチバックワートルートにも配送する。構築済みのプライマリバックワートルートとの接続点となるノードの  $S$  からのホップ数を枝番号とするため、MRAODVではRREPをプライマリバックワートルートに沿って配送する際に枝番号を割り当てる。プライマリバックワートルート上のノードはRREPを必ず下流ノードのうちの一つから受信し、それを唯一の上流ノードと他の下流ノードに送信する。この下流ノードはブランチバックワートルートに含まれる。このように、ブランチバックワートルートに含まれるノードは上流ノードからRREPを受け取ることを利用して、自身がプライマリバックワートルートではなくブランチバックワートルートに含まれることを認識する。RREPを上流ノードから受信したノードは、RREPに格納されたホップ数を自身の枝番号として保存する。

#### 4 性能評価

MRAODVとMNHが検出する経路数を以下の条件でシミュレーションにより計算した。

- エリアサイズ: 500(m) × 500(m)
- 信号伝達距離: 100(m)
- ノードの分布: 一様 (ランダム)

ノードの数を 20, 40, 60, 80, 100 とした場合の平均構築経路数を図 3 に、ノードの数を 50、移動速度を 0 ~ 5km/h の一様分布とし、移動方向と速度を一定時間で変化した場合の構築開始からの経過時間と構築経路数との関係を図 4 に示す。

図 3 に示すように、MRAODVの方がMNHより多くの経路を構築することができる。これは、MRAODVでは、上流、下流の区別を壊すことなく迂回経路の構築に使用することが可能であるためである。しかし、MRAODVでは比較可能な枝番号を受け取るまでブランチバックワートルートの接続処理を行わないため、図 4 に示すように複数の経路構築に要する時間が長い。しかし、最初の経路を構築するまでの時間、すなわち、メッセージ配送の開始までにかかる時間はAODV、MNHと同じである。

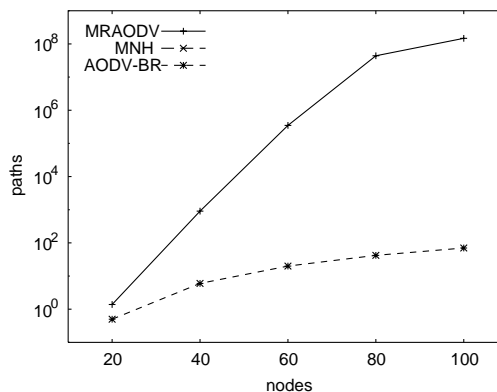


図 3: 構築経路数 (対ノード数)

また、図 4 に示すように、MRAODVによって検出された経路がすべて切断され再度経路探索を開始する必要が生じるまでの時間は、AODVの場合の11.6倍、MNHの場合1.6倍となっている。また、経路構築に用いる制御メッセージは約100msで終了する。以上より、アプリケーション実行に対して小さな時間オーバーヘッドで長時間の通信を実現できる。

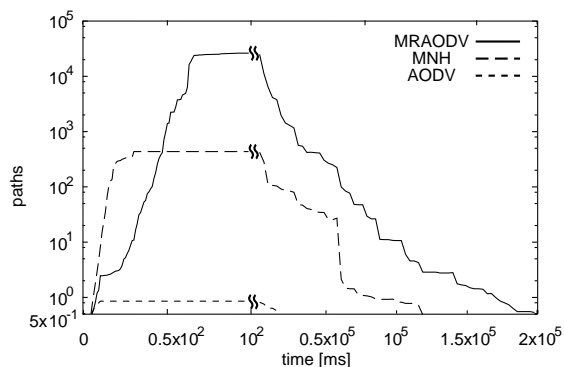


図 4: 構築経路数の時間変化

#### 5 まとめ

本論文では、AODVを拡張し、ブランチバックワートルートを相互接続することにより、複数の経路を構築するMRAODVを提案した。MRAODVではRREQ、RREPなどの制御メッセージから上流、下流の関係を保存した近隣テーブルを作成し、接続可能なノードが順次、再接続処理を行なうことで複数の経路を構築する。今後は、本プロトコル内の同期条件を緩和することで経路構築に要する時間を短縮する

#### 参考文献

- [1] Jiang, M.H. and Jan, R.H., "An Efficient Multiple Paths Routing Protocol for Ad-hoc Networks," Proc. of the 15th International Conference on Information Networking, pp. 544-549 (2001).
- [2] Perkins, C.E. and Royer, E.M., "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," Proceedings of IEEE 2nd Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100 (1999).