

4ZA-7

高密度アドホックネットワークを指向した AODV ルーチングプロトコルの評価

沖野 正宗[†] 牛島 準一[†] 加藤 聡彦[†] 伊藤 秀一[†]

[†]電気通信大学 大学院情報システム学研究所

1 はじめに

近年の無線通信技術の発展に伴い、その場に集まったノードが無線インタフェースを用いて一時的なネットワークを構築するアドホックネットワークが注目されている[1]。アドホックネットワークでは直接無線通信を行うことができないノード間の通信も、他のノードがルータとして動作しパケットを中継するマルチホップの通信が行われる。このため通常のインターネットとは異なる、アドホックネットワークのためのルーティングプロトコルが検討されている。

このようなアドホックネットワークでは、通信可能な範囲に多数のノードが存在する場合、経路を発見または伝達するためのルーティング用の制御メッセージの転送オーバーヘッドや、経路を維持するための隣接ノード間で交換される制御メッセージの転送オーバーヘッドが大きくなるという問題が生ずる。例えば、アドホックルーティングプロトコルの一つである AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) [2]では、通信時に通信相手への経路を要求する RREQ (Route Request)メッセージを隣接ノードへブロードキャストし、それを受信したノードも同様に隣接ノードへ再ブロードキャストし、宛先ノードもしくは宛先への経路を知っているノードがそれに応答する RREP (Route Reply)メッセージを発信元ノードへ送信することによって、オンデマンドに宛先との間の経路を確立する方法を用いている。また、RREQ メッセージを受信したノードによる、経路維持のための定期的な Hello メッセージの交換が必要とされている。このため、高密度なアドホックネットワークでは、これらの制御メッセージの転送オーバーヘッドが大きくなる。

そこで筆者らは、ノードの無線伝播範囲に多数のノードが存在するようなネットワークで AODV を使用する場合に、あるノードと離れたノードにのみ RREQ メッセージを再ブロードキャストすることににより、ネットワークに広がる RREQ メッセージの量を減少させる[3]とともに、双方向の経路が確立された場合にのみ Hello メッセージの転送を制限する方式を検討している。本稿では、これらの方式およびその性能評価について報告する。

2 要求条件および方式概要

方式設計に当たり、以下の要求条件を考慮した。

- 無線伝播範囲に複数のノードが存在するため、無線通信可能でなるべく離れたノードを用いて、マルチホップのための経路を確立する必要がある。
- 中継するノードを制限することにより、マルチホップ通信が不可能なノードが生じないようにする必要がある。特に、ノードの起動や移動により、新たなノードが発生した場合にも、そのノードとの通信を

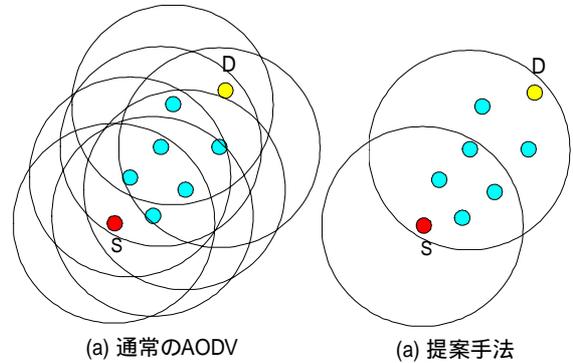


図1 方式の概念図

保証する必要がある。

- 起動直後や移動直後のように、自分自身の隣接ノードの状況が不明な場合でも、速やかに通信が開始可能である必要がある。
- すべてのノードが定期的に Hello メッセージを交換するというオーバーヘッドを導入しないようにする必要がある。

以上のような要求条件および背景を考慮し、筆者らは次のような方式を採用することとした。

2.1 RREQ メッセージの転送手順

- (1) あるノードの無線伝播範囲にあるノードのうち、離れて存在するノードをバウンダリノードとして選択し、そのバウンダリノードのみに RREQ メッセージの再ブロードキャストを行わせることを基本とする (図 1)。
- (2) バウンダリノードの選択は、各ノードの隣接ノードのリストを交換することにより、自分の 2 ホップ先のノード (2 ホップノード)の集合を入手し、自分自身の隣接ノード集合となるべく異なる隣接ノード集合を持つノードを選択することにより行う。これにより、電波伝播範囲で、なるべく離れて存在するノードがバウンダリノードとして選ばれることが期待される。
- (3) 隣接ノードのリストの通知は、RREQ メッセージにより行わせる。このため、RREQ メッセージにその送信ノードの隣接ノード IP アドレスのリストを持たせる。さらに RREQ メッセージにおいては、その RREQ を再ブロードキャストすべきバウンダリノードもあわせて通知する。
- (4) バウンダリノードは、RREQ メッセージを送信する直前に、その時点での最新の隣接ノード情報を用いて決定する。また、ノードが起動直後などで所有する隣接ノードの情報が不十分な場合に対処するために、計算されたバウンダリノードが一定数以下の場合は、十分に隣接ノード情報が集まっていないと判断し、送信する RREQ メッセージをすべての隣接ノードにより再ブロードキャストさせるようにする。

Performance Evaluation of AODV Routing Protocol Well Suited for High Density Ad hoc Networks
Masamune Okino, Junichi Ushijima, Toshihiko Kato and Shuichi Itoh University of Electro-Communications

- (5) RREQ メッセージを受信したノードは、隣接ノードリストを解析するとともに、(6)に示すような、RREQ メッセージに回答できる場合以外の場合は、以下のようにして、その RREQ メッセージを再ブロードキャストする。
- バウンダリノードリストに自分自身が指定されている場合(ブロードキャストアドレスの場合も含む)に、その RREQ メッセージを再ブロードキャストする。
 - さらに、新たなノードが起動された場合など、ネットワークの動的な変化に対応するために、次のような手順を追加する
 - 受信したノードが隣接ノードリストに含まれない場合は、送信ノードが自分の存在を認識していないと判断し、送信ノードに通知するために、RREQ メッセージを再ブロードキャストする。
 - 自身が先に RREQ メッセージを送信した時点以降に、自分自身の隣接ノード集合が変更されている場合は、バウンダリノードに指定されていない場合でも、RREQ メッセージを再ブロードキャストする。
- (6) RREQ メッセージを受信したノードが、Destination IP Address で指定された宛先ノード自身である場合は、RREP メッセージを返送する。また、宛先ノードへの経路情報を有している場合は、自分自身がバウンダリリストに含まれていれば RREP メッセージを返送するが、そうでない場合は返送しない。

2.2 Hello メッセージの転送手順

- (1) RREP メッセージを送信もしくは受信したノードのみが、その発信元ノードと宛先ノードに対する有効な経路を保持するために Hello メッセージを送信することを基本とする。
- (2) RREQ メッセージを受信したノードは、その RREQ メッセージを送信した隣接ノードへの経路と、発信元ノードに対する経路を、「RREP メッセージのみ転送可能な状態」にセットする。
- (3) RREP メッセージを受信したノードは、宛先ノードに対して「有効な状態」の経路を作成し、また発信元ノードに対する経路が「RREP メッセージのみ転送可能な状態」であれば、その経路を「有効な状態」に更新し、RREP メッセージを転送する。また、この時に発信元ノードと宛先ノードへのネクストホップに対する経路も「有効な状態」に更新する。
- (4) 「有効な状態」である経路のみに対して Hello メッセージを転送することとする。

3 性能評価

筆者らの提案する高密度アドホックネットワーク用の AODV プロトコルの評価を行うために、ns-2 [4]を用いてノードが高密度に分布している状況を想定し、ネットワーク全体で送受信されたデータパケットの総量の評価を行うこととした。ノードの分布としては 1000 メートル×1000 メートルの領域に 1000 ノードがランダムに配置された特定の状況を想定した。無線の伝播範囲は 100 メートル、伝送速度は 11Mbps とし、メディアアクセス方式は IEEE802.11 に準拠することとした。またノードは移動しないこととする。

また、バウンダリノードが 2 つ以上検出された場合に、バウンダリノードを指定した RREQ メッセージを送信す

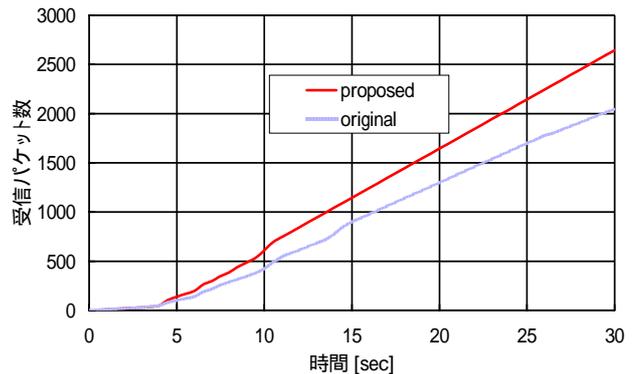


図 2. 受信パケット数の比較

ることとした。さらに、経路が確立された後は、500 バイトのパケットを 1 秒間に 10 回転送する 40Kbps の固定速度通信を行わせた。

このような状況で、10 個のノードペアをランダムに選択し、それらの間で通信を行わせることとした。測定時間を 30 秒間とし、シミュレーション開始から 10 秒以内にノードペアがランダムに通信を開始するという形で、送受信されたデータパケットの総数を計測した。このとき、ログファイルより 2660 個のデータパケットが 30 秒間で送信されたことがわかった。また、宛先ノードで受信されたデータパケットの総数を図 2 に示す。横軸は時間、縦軸はその時間までに宛先ノードで受信されたデータパケットの総数である。この図から受信されたデータパケットは、最終的に従来の AODV で 2048 個、提案方式では 2645 個となった。提案方式はほぼ 100% のデータパケットが到達できているのに対して、従来の AODV ではデータの到達率が 77% しかないことがわかる。このように、従来の AODV を高密度なアドホックネットワークで使用すると、制御メッセージの増加によりパケットロスが発生するのに対し、提案方法ではその問題を解決していることがわかる。

4 おわりに

本稿では、無線伝播範囲に多数のノードが存在するような高密度なアドホックネットワークに対して AODV を適用するプロトコルについて提案し、評価を行った。本プロトコルをネットワークシミュレータ ns-2 上で評価したところ、従来の AODV で発生したパケットロスを防ぐことができるのが明らかとなった。

文 献

- [1] Mobile Ad Hoc Networking (MANet), http://protean.itd.nrl.navy.mil/manet/manet_home.html.
- [2] C. E. Perkins, E. B. Royer and S. Das: Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing, RFC 3561, Jul. 2003.
- [3] 沖野他, “高密度アドホックネットワークのための AODV ルーチングプロトコルの提案,” 情報論, Vol.45, No.12, pp.2557-2565, Dec. 2004.
- [4] The Network Simulator - ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.