

アドホックネットワークにおけるリンク切断を回避する経路制御方式の提案

田内雅之 井手口哲夫 奥田隆史
愛知県立大学大学院 情報科学研究科

1. はじめに

アドホックネットワークとはノート PC、PDA、携帯電話などのモバイルノードで構成される無線ネットワークのことである。各ノードがルーティング機能の持つことでパケットを中継するマルチホップ通信を行うため、基地局などのインフラに依存せず、安価にその場限りのネットワークを構築できる。しかし、各ノードの移動により宛先ノードまでの経路が頻繁に変更されるため、アドホック用の経路制御が必要とされている。

経路制御方式の分類の一つに、通信要求が発生してから経路を探索するオンデマンド型がある。その経路探索手順は、送信元から経路要求パケットがブロードキャストされ、各ノードがそれを中継することで宛先に到達する。そして、宛先からの経路応答パケットを送信元が受信することで経路が確立される。このためオーバーヘッドは低い、通信開始までに時間がかかり、また通信中の経路が切断されると再構築する必要があるのが欠点とされている。

本稿では、通信中の経路上にある中間ノードがノード間のリンク切断危険を判定し、切断前に再構築することで経路切断を回避する方式を提案する。そして、代表的なオンデマンド型プロトコルである AODV [1]を拡張した AODV-BA (AODV with Break Avoidance) を示し、シミュレーションによる性能評価を行う。

2. AODV-BA

提案方式では、以下の手順 ~ で経路の切断を回避する。図 1 にノード S-D 間の経路上の中間ノード B が切断危険を判定した後、経路が再構築される例を示す。

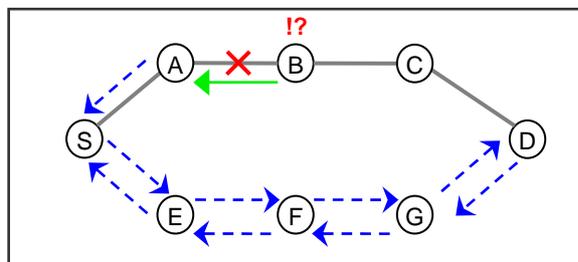


図 1：切断回避手順

通信中の経路上にある中間ノードが、以下の要素(a)~(d)からリンク切断危険を判定する。切断危険を上流ノードに通知する。切断前に再構築を行う。

(a) 受信電波

ノード間の距離に依存する受信電波から、その距離が通信レンジよりも離れることによるリンク切断を判定できる。

もし、データパケット受信時の受信電力が閾値を下回り、なおかつ前回の受信電力よりも低下している場合、上流ノードに通知する。

(b) 経路の重複

ある中間ノードが複数の通信中の経路上にあるとトラフィックが集中し、遅延が増え、バッテリーも早く消費され、またそのノードのダウンにより複数の経路が同時に切断される。

もし、経路が重複し、なおかつ単位時間当たりの受信データパケット数が(通信開始からの受信データパケット数の)平均を上回る場合、切断危険であると判定する。複数の経路の中から送信元へのホップ数が小さいものを1つ選び、その上流ノードに通知する。

(c) バッテリー残量

中間ノードのバッテリーがなくなると当然そのノードは通信不可能となる。

もし、自身のバッテリー残量が閾値を下回る場合、上流ノードに通知する。

(d) 周辺密度

アドホックネットワークのアクセス制御において、パケットを送信するノードは周辺ノードで共有する無線チャネルを獲得してからパケットを送信する。このため中間ノード周辺のノード数が増え密度が上昇すると、チャネル獲得が競合し獲得までの遅延が増加する。

AODVで各ノードが定期的にHelloパケットを送信することを用いて、切断危険を判定するための周辺密度を算出する。単位時間当たりの受信Helloパケット数をHELLO_COUNTとして定義し、それを含んだHelloパケットを定期的に送信する。そして、単位時間内に受信した各Helloパケット内のHELLO_COUNTの平均を周辺密度と推定する。

もし、自身のHELLO_COUNTが平均密度と閾値を上回る場合、上流ノードに通知する。

3. 評価

提案方式の性能評価をするために、ns-2 [2]を用いたシミュレーションを実行する。送信元ノード S と宛先ノード D を対角線上になるようにフィールド隅に固定し、この S-D 間の通信特性を求める。以下の表 1 にシミュレーション環境の詳細を示す。

パラメータとしてノード数、ノード S 以外の送信元数、各ノードの最大移動速度(m/s)の 3 つを変化させる。なお、あるパラメータを変化させる時は、その他 2 つは真ん中の値を使用する。

以下の図 2~5 に経路切断回数と総切断時間、パケット到着率、通信遅延、ルーティングオーバーヘッドを示す。

表 1: シミュレーション環境

フィールド	1000x1000 m
時間	60 sec
MAC 層	IEEE802.11 DCF
通信レンジ	250 m
データサイズ	512 byte
送信レート	4 pps (CBR)
移動モデル	Random Way Point
ポーズタイム	1 sec
バッテリー値	10 W
試行回数	各 10 回

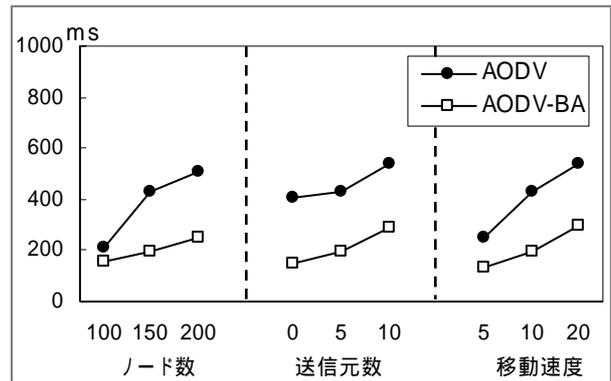


図 4: 通信遅延

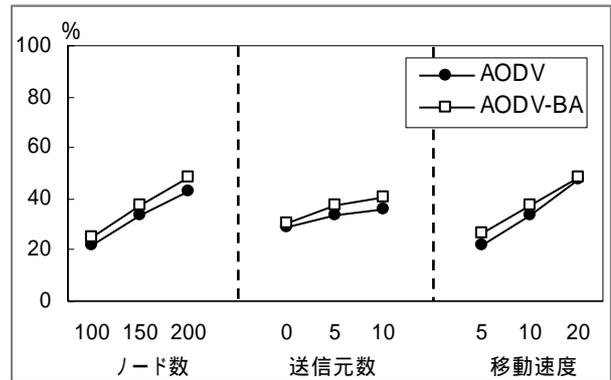


図 5: ルーティングオーバーヘッド

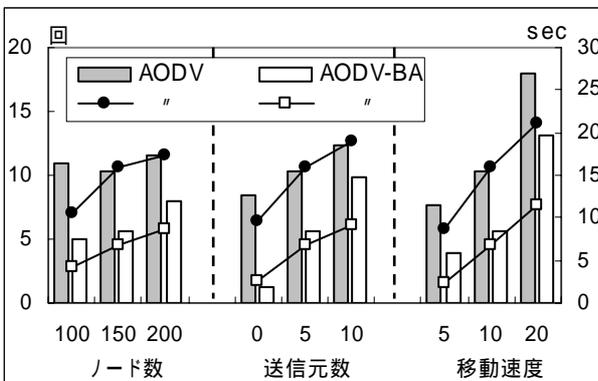


図 2: 経路切断回数 (棒) と総切断時間 (折れ線)

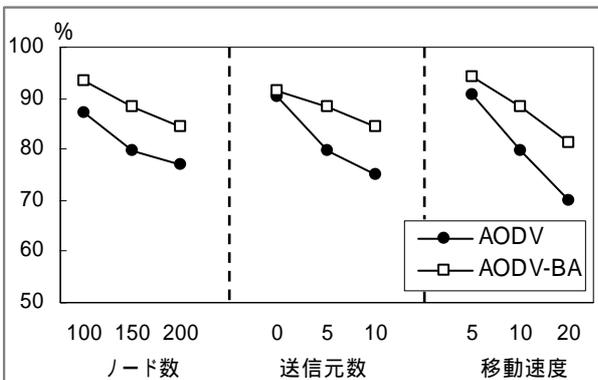


図 3: パケット到着率

4. まとめと今後の課題

本稿ではアドホックネットワークにおける経路制御方式について、リンク切断危険を判定し事前に経路の再構築を行うことで、通信中の経路切断を回避する AODV-BA を提案した。

シミュレーション評価の結果、従来の AODV と比較して経路切断回数と総切断時間が半減し、パケット到着率が 8%、通信遅延が 200 ms 向上したのに対し、ルーティングオーバーヘッドがわずか 3% の増加に抑えられたことから、提案方式の有効性を示した。

今後は、無線通信においては電波などシミュレーションでは再現が難しい点があるため、無線 LAN アダプタを備えたノート PC 上に従来方式と提案方式を実装し、実環境での評価を行う。

参考文献

- [1] AODV, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing", RFC3561
- [2] ns-2, "The Network Simulator version 2", <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [3] 田内雅之, 井手口哲夫, 奥田隆史, "リンク切断を回避するアドホックルーティングプロトコルの検討", 情報学ワークショップ 2004, September, 2004