

MANET における経路近傍ノードによる 確率的再送制御方式

中村 亮 滋^{†1} 北須賀 輝明^{†1}
系川 剛^{†2} 有次 正義^{†1}

アドホックネットワークの技術的な課題の1つに、既存の再送制御方式におけるパケット通信の非効率性がある。IEEE.802.11 における再送制御方式では、あるリンクで通信が失敗した場合、その送信ノードが再送する。このため経路上のノードが移動して通信範囲を出ることでパケットを中継できなくなった場合などに対応できない。そこで本研究では、リンクの送信ノードのみならず、経路近傍ノードを用いた確率的再送制御方式を提案する。提案方式の有用性を確認するために、ネットワークシミュレータ ns-2 を用いて従来方式との比較を行った。シミュレーションの結果、パケット到達率を改善することができた。

A Probabilistic Retransmission Control Method Using Neighbors Nodes on Route in MANETs

RYOJI NAKAMURA,^{†1} TERUAKI KITASUKA,^{†1}
TSUYOSHI ITOKAWA^{†2} and MASAYOSHI ARITSUGI^{†1}

One of the technical challenges of ad hoc networks is how to implement efficient retransmission control methods. In IEEE802.11, a sender node on route retransmits a packet by itself when the node supposes its transmission failed. As a result, it is impossible to support many cases, e.g., a node cannot relay a packet because the node moves out of the communication range on route. This paper proposes a probabilistic retransmission control method using neighbors of nodes on route. Some results of simulation with ns-2 show that our method can improve packet delivery rates.

1. はじめに

近年、携帯電話や無線 LAN を利用して様々な場所でネットワークに接続することができるようになってきている。しかし、このようなインフラ型無線通信は、膨大なインフラ設備と費用、設置するまでの時間、地理的要因で設置できないなどの課題を抱えている。この課題を解決する技術の一手段として、アドホックネットワークが注目されている。

アドホックネットワークは多数の無線端末がアクセスポイントを介さずに直接相互接続するネットワークである。基地局がなくても、他のノードが中継することで通信範囲を拡大できるという特徴がある。アドホックネットワークの技術的な課題¹⁾の1つに、既存の再送制御方式におけるパケット通信の非効率性がある。現在のアドホックネットワークにおける再送制御方式は、ルーティングによって決定した経路内のあるリンクで送信ノードが一定時間 ACK を受信できなかった場合、その送信ノードが再送する。一定回数再送しても送信が成功しなかった場合、経路の途中までパケットを送っていたとしても、そのパケットは破棄される。このため、従来方式では経路上のあるノードが移動して通信範囲を出ることでパケットを中継できなくなった場合、経路の受信ノードにパケットは届かない。

そこで本研究では、アドホックネットワークにおいて、リンクの送信ノードのみならず、経路近傍ノードを用いた確率的再送制御方式を提案する。この提案方式は、通信範囲に存在するノードであれば宛先以外のノードもパケットを受信できるという無線通信の性質を利用する。他ノード宛のパケットを受信した場合、従来は破棄している。提案手法では、そのパケットを一定時間保持する。ACK を受信できない場合、送信ノードが再送する前に、経路近傍ノードが代わりにそのパケットを再送する。経路近傍ノードに代理再送させることにより通信品質の低いリンクを避けることができ、リンクの送信ノードからリンクの受信ノードに直接パケットを届けられない場合でも、パケットを破棄される前に受信ノードにパケットを届けることができる。

再送する経路近傍ノードを決定するために、各々のノードはパケット受信確率をもとに中継確率を計算する。パケット受信確率は、各々のノードが定期的に出す制御パケットであるビーコンの一定時間内の受信数を用いて、指数平滑関数により求められる。各ノードは

^{†1} 熊本大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

^{†2} 熊本県立技術短期大学校

Kumamoto Prefectural College of Technology

パケット受信確率の上位ノードをそのパケット受信確率とともにビーコンに付加することで情報を交換する。他ノード宛のパケットを受信した経路近傍ノードはパケット受信確率の情報をういて各々中継確率を計算する。中継確率に応じてパケットを受信したノードが確率的に中継を行うことで複数のノードが中継することを抑制している。

提案手法の有用性をシミュレーションで確認する。ノード数を10から40まで10刻みで変化させ、提案手法と従来手法をパケット到達率とパケット到達までの遅延時間で比較する。また、提案方式で経路近傍ノードの1パケットあたりのfalse positive数を示す。ここで、false positiveとは、既に受信ノードに到達しているパケットを経路近傍ノードが中継するという冗長な中継と定義する。従来手法にはIEEE802.11bの再送制御方式を用いる。

本論文の構成は次の通りである。第2章では、本研究で参考にした再送制御方式の研究を紹介する。また、アドホックネットワークの品質向上にむけた再送制御方式の研究を紹介する。第3章では、経路近傍ノードによる確率的再送制御方式を提案する。第4章では、シミュレーションにより従来方式と提案方式を比較し結果を考察する。第5章では、本論文のまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

Balasubramanianら²⁾は無線端末を搭載した移動中の車から無線基地局と通信する際のハンドオフプロトコルを提案している。現在のWiFiのハンドオフはハードハンドオフと呼ばれる。ハードハンドオフとは一番通信品質がよいと判断した基地局とだけ通信する方法である。移動する車からの無線通信によるインターネット接続の際に、車の移動によりインターネットと繋がっている無線基地局との通信品質が悪化する場合がある。通信が失敗した場合、従来のハードハンドオフプロトコルではパケット送信を行った車または無線基地局がパケットを再送するが、一度失敗したパケットを同じ端末から再送する場合のパケット受信確率は非常に低くなることをBalasubramanianらは実験を通じて示している。Balasubramanianらが提案する、ViFi (Vehicle WiFi) では、通信が失敗した場合、補助基地局が中継することで、パケットを受信者に届ける。中継する補助基地局の決定に、Balasubramanianらが提案している確率を用いる。提案する確率を用いることで、中継する補助基地局がおよそ1つになる。本論文では、この再送制御方式をアドホックネットワークの再送制御方式に利用する。

山本ら³⁾は、アドホックネットワークにおいて経路の近傍にある複数のノードを利用し、自律分散的に再送を行う再送制御方式を提案している。アドホックネットワークでは、電波

の干渉や障害物などの影響によりパケット損失が頻繁に発生する。パケット損失が頻繁に発生することにより、経路の再構築が必要になる。経路の再構築が頻繁となった場合、制御パケットが増加する。これによりネットワークの負荷が増加し、通信品質が低下する。山本らは、近傍ノードテーブルを用いた再送制御方式を提案している。近傍ノードテーブルには、通信範囲内に存在するノードの情報を記録している。パケットを受信した際に、宛先ノードが通信範囲内に存在するかどうかを判断する。パケットの宛先ノードが近傍ノードテーブルに存在する場合はパケットを一定期間保持する。パケットの宛先ノードからのACKが受信できない場合、保持していたパケットを利用して中継*¹する。この方式により、再送性能を向上させ、ネットワーク負荷を低減できることが示されている。

本論文でも同様の問題を解決する手法を提案する。山本らの方式は、受信ノードからのACKを受信できなければ、近傍ノードテーブルに宛先ノードが含まれている全てのノードが中継を行う。これに対して提案手法では、中継確率によって確率的に中継を行うことで中継する近傍ノード数を制限しているので冗長な再送パケットによるネットワークの負荷を減らしている。

3. 提案方式

本研究では、アドホックネットワークにおいて、効率的な再送を行うために経路近傍ノードを用いた再送制御方式を提案する。提案する再送制御方式では、2章で述べたBalasubramanianらの提案を参考にする。また、本提案の素案は村山ら⁴⁾によって示されている。

3.1 経路近傍ノードの利用

提案手法は、無線通信では宛先ノード以外のノードもデータを受信できることを利用して経路近傍ノードを活用する。IEEE802.11では経路上のノード間の通信品質が低下しても、図1のようにそのリンクを用いて7回まで再送を行う。この再送はBalasubramanianらが述べているのと同様に、アドホックネットワークにおいても効率的とは言いがたい。この課題を解決するために提案手法では、通信品質の低くなったリンクの代わりに図2のように経路近傍ノードを用いる。IEEE802.11では、他ノード宛であるパケットを受信した場合、そのパケットを破棄する。これに対して、提案手法では一定時間パケットを保持して、中継に用いる。経路近傍ノードを用いることで、効率の悪いリンクを避けることができるので、経路を再構築する前にパケットを受信ノードに届けることができる。経路近傍ノードを利用

*1 文献では、近傍ノードが送信することを再送と表現しているが本論文では中継という表現を用いる

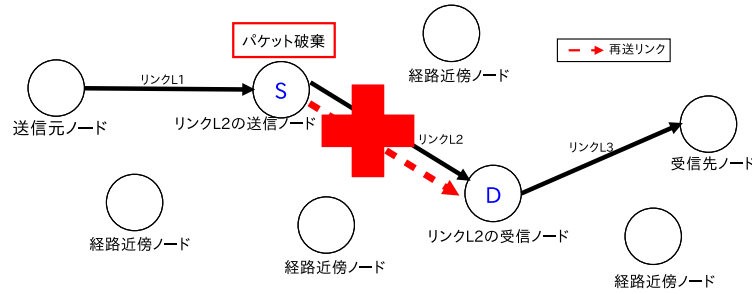


図 1 IEEE802.11 の再送リンク
Fig. 1 Retransmission link of IEEE802.11

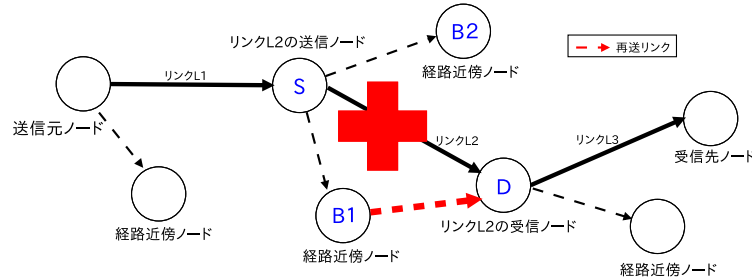


図 2 提案方式の再送リンク
Fig. 2 Retransmission link of our proposal method

するために、各ノードが制御パケットであるビーコンに互いのパケット受信確率をのせて定期的に送信し情報を交換しあう。他ノード宛であるパケットを受信した場合、その情報を用いて各々のノードが中継確率を計算する。一定時間 ACK の受信を確認できない場合、各々のノードは中継確率に応じて再送するかしないかを決定する。中継確率を計算することで中継するノードの数を制限し過剰なパケット送信を削減している。

3.2 ビーコン

各ノードはパケット受信確率の情報を交換しあうために制御パケットであるビーコンを定期的に送出する。パケット受信確率は、自ノードから他ノードへの受信確率と、他ノードから自ノードへの受信確率の 2 種類を用いる。一定時間内で受信したビーコンの数 N とノードが送信したビーコンの数 β を用いて、ある時刻 t の他ノード X から自ノード Y へのパケット受信確率 $P_{XY}(t)$ は、式 (1) で求められる。式 (1) において 4 章では $\alpha = 0.5$ とし

て受信確率を計算している。

$$P_{XY}(t) = \alpha * \frac{N}{\beta} + (1 - \alpha) * P_{XY}(t - 1) \quad (1)$$

自ノードから他ノードへのパケット受信確率は、他ノードのビーコンに付加されているパケット受信確率の情報によって知ることができる。

ビーコンにどのノードのパケット受信確率を付加するかを決めるために、他ノードから自ノードへの受信確率と自ノードから他ノードへの受信確率の和を求める。この和が大きいノードのパケット受信確率をビーコンに付加する。ビーコンに付加するパケット受信確率の数は検討すべき課題の一つであるが、4 章では上位 15 ノードの情報とし、本論文では議論しない。

各ノードはビーコンからの情報を格納する表を持っており、あるパケットにおける送信ノードの MAC アドレスと受信ノードの MAC アドレスから、表のどこに格納するかを判断し、パケット受信確率を格納する。他ノード宛のパケットを受信したとき、中継確率を計算するために読み出される。

3.3 中継確率計算

各ノードは、他ノード宛のパケットを受信した際にパケットを中継するかを判断するために、中継確率を計算する。経路近傍ノードを B_1, B_2, \dots, B_K とし、送信ノードを S 、受信ノードを D とする。 B_i が S からのパケットを受信するとパケット受信確率をもとに中継確率を計算する。他ノード宛のパケットを受信した全てのノードから、実際に中継するノードの数を絞るために式 (2) を用いる。 c_i は、 B_i がパケットを受信したが D から ACK を受信できない確率である。また、 r_i は B_i の中継確率である。

$$\sum_{i=1}^K c_i r_i = 1 \quad (2)$$

c_i は式 (3) で求められる。 P_{SB_i} は、 B_i が S からのパケットを受信する確率を表し、 $(1 - P_{SD}P_{DB_i})$ は B_i が ACK を受信できない確率を表している。ここで P_{SD} は D が S からのパケットを受信する確率、 P_{DB_i} は B_i が D からの ACK を受信する確率を表している。

$$c_i = P_{SB_i}(1 - P_{SD}P_{DB_i}) \quad (3)$$

r_i は式 (4) で求められる。式 (2) を満たすような r_i を求めるために、 r を式 (5) で求める。

$$r_i = r * P_{B_i D} \quad (4)$$

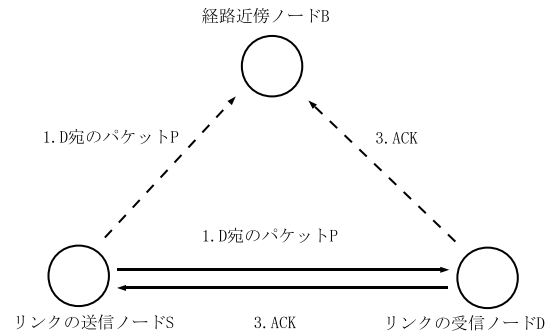


図 3 S からの送信が成功した場合の各ノードの動き

Fig. 3 Actions of each node when a transmission from S succeeded

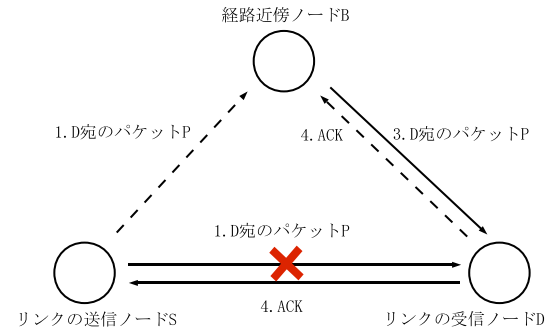


図 4 S からの送信が失敗した場合の再送時の各ノードの動き

Fig. 4 Actions of each node when a transmission from S failed

$$r = \frac{1}{\sum_{i=1}^K c_i P_{B_i D}} \quad (5)$$

式(4)で求めた r_i が 1 以上ならば $r_i = 1$ とみなす。 B_i は r_i の確率で中継する。経路近傍ノードは、他ノード宛の packets を受信したら、保持している情報を元に中継確率を計算する。中継を行うと判断したノードは、packet を一定時間保持する。一定時間経過しても D からの ACK を受信できなかった場合、packet を D に中継する。中継しないと判断したノードは、その packet を破棄する。

3.4 提案方式の流れ

ある経路上のリンクの packet 送信を例に再送制御方式を説明する。ある経路上のリンクの送信ノードを S 、受信ノードを D とし、経路近傍ノードを B 、packet を P とする。 B は中継確率にしたがって中継すると決定したノードであるとする。 S から D への packet 送信が成功した場合の各ノードの動きを、図 3 に示す。図中の番号は以下の手順に対応している。

- (1) S は、 P を D に向けて送信する。
- (2) B は、中継に備えて P を一定時間保持する
- (3) D は、 S からの P を受信した後、ACK を返す。
- (4) B が、ACK を受信した場合 P を破棄する。

S から D への packet 送信が失敗した場合の各ノードの動きを、図 4 に示す。図中の番

号は以下の手順に対応している。

- (1) S は、 P を D に向けて送信する。
- (2) B は、中継に備えて P を一定時間保持する。
- (3) B が、一定時間内に ACK を受信できなかった場合、 P を中継する。
- (4) D が、中継された P を受信して、まだ ACK を送信していなければ、ACK を送信する。既に P を受信していた場合、中継された P は破棄する。
- (5) 中継が失敗して S が一定時間内に ACK を受信できなかった場合、 S が再送する。
- (6) 1~5 を 7 回繰り返しても D が P を受信できない場合、 S は P を破棄する。

4. シミュレーション

本章では、ネットワークシミュレータ ns-2⁵⁾ を用いて、提案方式と従来方式を比較する。提案方式の有用性を示すために、動的シミュレーションと静的シミュレーションを行う。従来方式として IEEE802.11b の再送制御方式を用いる。

4.1 シミュレーション環境

今回のシミュレーションには、ns-2 のバージョン 2.34 を用いる。ns-2 のシミュレーション環境を表 1 に示す。提案方式において、RTS/CTS は通常送信時と送信を行ったノードが行う再送時には有効であるが、経路近傍ノードを用いた再送時には無効である。また、提案方式で追加したビーコンの送出は、各ノードが 0.2 ± 0.01 秒間隔で行うとする。静的シミュ

レーションのノード配置は送信元ノードと受信先ノードの間の直線上に等間隔にノードを配置する．動的シミュレーションのノードの移動モデルはランダムウェイポイントモデルを使用する．ノードの動く最高速度は 10m/s，ウェイティングタイムは 2 秒である．

提案方式の経路近傍ノードの再送タイマーは IEEE802.11b の設定と同様である．リンク間における送信ノードの再送タイマーは，IEEE802.11b の再送タイマーを 2 倍し，更に 1ms を加えた時間に設定する．

静的シミュレーションでは送信元ノードと受信先ノードの距離を 100m から 500m まで 100m 刻みで変化させる．送信元ノードと受信先ノードの間に 0 から 9 まで 1 ずつノードを増やし，等間隔に配置してシミュレーションを行う．送信元ノードと受信先ノードの距離が 100 m で，その間に 3 つのノードを配置した例を図 5 に示す．動的シミュレーションはノード数を 10 から 40 まで 10 刻みで変化させ，各ノード数に対して異なるシナリオで 10 回ずつシミュレーションを行う．ルーティングとビーコン送出のために，シミュレーション開始から 30 秒後に UDP パケットの送出を開始する．

表 1 シミュレーション環境
Table 1 Environment of simulation

	従来方式	提案方式
フィールド	500m × 500m	
ノード数	3 から 11(静的シミュレーション) 10, 20, 30, 40(動的シミュレーション)	
無線規格	IEEE802.11b	IEEE802.11b++
ルーティングプロトコル	OLSR ⁶⁾	
伝播モデル	仲上・ライスフェージング	
RTS/CTS	有効	有効(経路近傍ノードによる中継時は無効)
通信種別	CBR UDP ストリーム	
シミュレーション時間	250 秒(開始 30 秒後から 200 秒間 UDP パケット送出)	
パケットサイズ	512 バイト	
パケット送信間隔	0.2 秒	
ビーコン送信間隔	なし	0.2±0.01 秒
ノード配置	一直線(静的シミュレーション)	
移動モデル	ランダムウェイポイント(動的シミュレーション)	

4.2 シミュレーション結果

本節ではシミュレーション結果を示し，提案方式と従来方式のパケット到達率，パケット到達までの遅延時間を比較する．また，提案方式の false positive 数を示す．本論文では

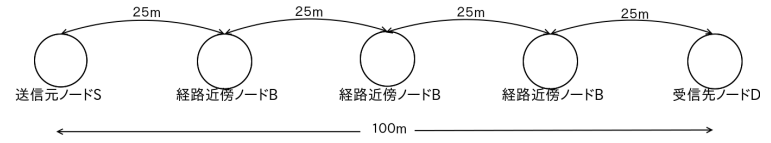


図 5 静的シミュレーションのノード配置(経路近傍ノード数 3 の場合)
Fig. 5 Node placement in static simulation

false positive は既に受信ノードに届いたパケットを経路近傍ノードが中継するという冗長な中継を意味する．

図 6 と図 7 に，各距離における静的シミュレーションのパケット到達率を示す．

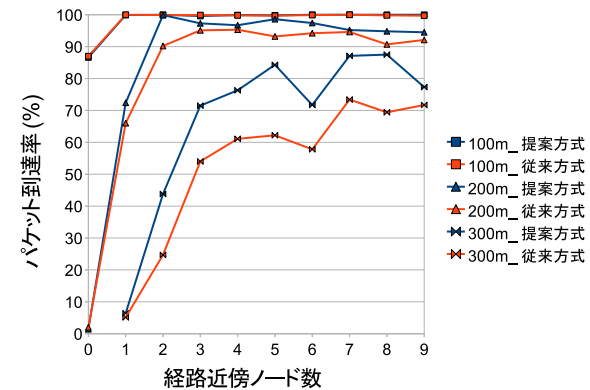


図 6 静的シミュレーションの各ノード数におけるパケット到達率
Fig. 6 Packet arrival rates in static simulation

図 6 に示す通り，ほとんどの状況で従来方式よりパケット到達率を改善していることが確認できる．ただし，送信元ノードと受信先ノードの距離 100m，200m の状況では提案方式，従来方式のパケット到達率にあまり変化はない．これは距離が近いため再送が必要な状況が少ないことや，どちらの再送方式でも成功率が高いためであると考えられる．一方，距離 300m の状況では従来方式より 1.3%から 22.1%改善された．ルーティングプロトコルに用いた OLSR⁶⁾ は，ホップ数が最短になる経路を用いるため，通信品質は考慮されていない．このため距離 300m の状況では，従来方式より効率的に再送が行われたと考えられる．

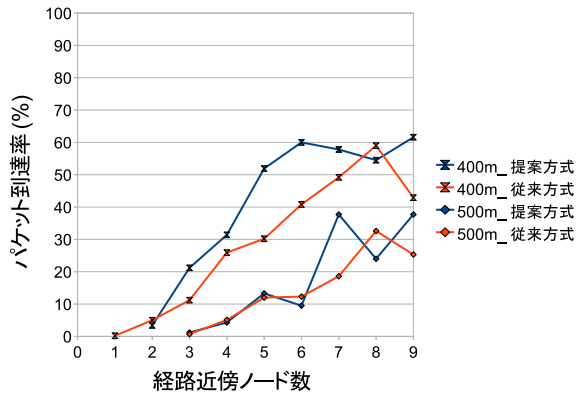


図 7 静的シミュレーションの各ノード数におけるパケット到達率
Fig. 7 Packet arrival rates in static simulation

また、経路近傍ノード数が多いほどパケット到達率が改善されるわけではないことを確認した。ノード数の増加にともないビーコンやルーティングパケットが増加し、通信が混雑する。このため、ノード数が少ないときには届いていたパケットが届かない場合があった。その結果経路近傍ノード数 6 と 9 の状況では、パケット到達率が低下している。

図 7 に示す通り、距離 400m ではほとんどの状況で従来方式よりパケット到達率は改善されているが、最大で 61%と到達率は低い。距離 500m では、従来方式と提案方式のいずれもパケット到達率は 40%を下回っている。

図 8 に、各ノード数における 10 回の動的シミュレーションのパケット到達率の平均を示す。図 8 に示す通り、提案方式は従来方式に比べて、全てのノード数でパケット到達率が向上することが確認できた。提案方式は従来方式に対してパケット到達率の平均値を 2.36%から 8.36%改善している。提案方式と従来方式のパケット到達率の平均値の差は、ノード数が 10 個の場合が最も小さい。これは、フィールドに存在するノードの数が少ないため、送受信を行うノードの通信範囲内にいる経路近傍ノードが少ないことが原因だと考えられる。しかし、ノード数が多ければ多いほど良いというわけではない。ノード数が増加することによりビーコンの送出量やルーティングパケットが増加するので、通信が混雑する。その結果、従来方式では届いていたパケットが提案方式では届かない場合があった。

図 9,10 に、各距離における静的シミュレーションの遅延時間の中央値を示す。図 11 に、

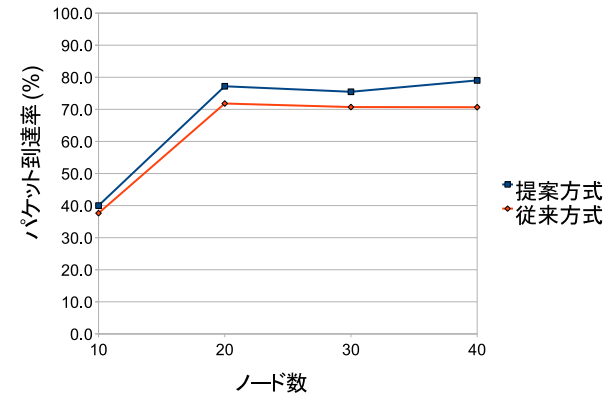


図 8 動的シミュレーションの各ノード数におけるパケット到達率の平均
Fig. 8 Average packet arrival rates in dynamic simulation

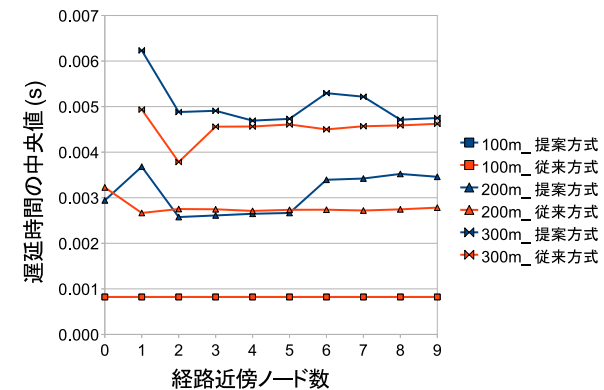


図 9 静的シミュレーションの各ノード数における遅延時間の中央値
Fig. 9 Medians of delay time node in static simulation

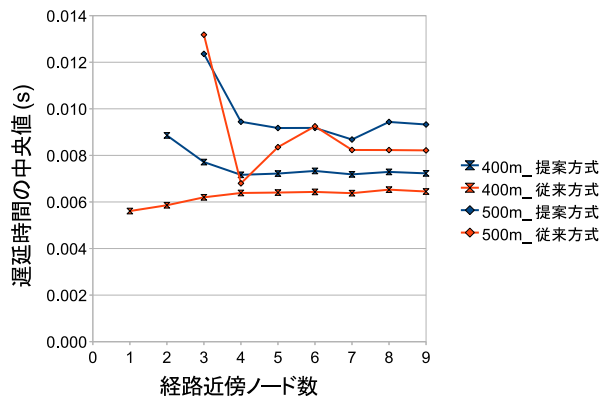


図 10 静的シミュレーションの各距離における遅延時間の中央値
Fig. 10 Median of delay time in static simulation

各ノードにおける 10 回の動的シミュレーションの packets 到達までの遅延時間の中央値の平均を示す．図??と図 10 に示す通り，ほとんどの状況で従来方式より packets 到達までの遅延が長くなっていることを確認できる．提案方式は従来方式に対して packets 到達までの遅延が最大で 2.6ms 長くなっている．

図 11 に示す通り，全ての状況で従来方式より packets 到達までの遅延が長くなっていることを確認した．提案方式は従来方式に対して packets 到達までの遅延が 0.37ms から 0.96ms 長くなった．平均遅延時間の中央値に関しては，送信ノードから受信ノードまでの距離が関わってくる．今回のシミュレーションにおいてはノードの配置がランダムであるため，ノード数の違いによる比較はできない．遅延時間の中央値は従来方式に比べ長くなった．これは，提案方式の経路近傍ノードと経路上の送信ノードそれぞれの再送タイマーが原因と考えられる．再送を行うノードが受信ノードからの ACK を受信できない場合，提案方式を用いて経路近傍ノードから再送を行うまでの時間を定めた再送タイマーよりも，従来方式で送信ノードが再送を行うまでの再送タイマーの方が短く設定している．提案方式の方が再送までに時間がかかるため，遅延時間の中央値も提案方式の方が長くなっていると考えられる．

提案方式では，経路近傍ノードが既に受信ノードに届いた packets の ACK を受信できず，その packets を中継することがある．図 12 に，各距離における静的シミュレーションにおける受信に成功した 1 packets あたりの，false positive 数を示す．図 12 に示す通り，距離

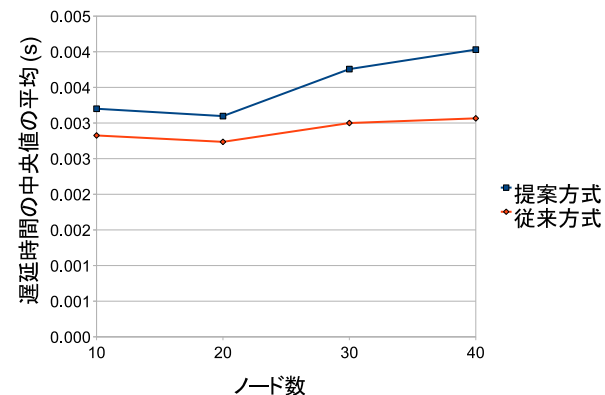


図 11 動的シミュレーションの各ノード数における遅延時間の中央値の平均
Fig. 11 Average median of delay time in node of dynamic simulation

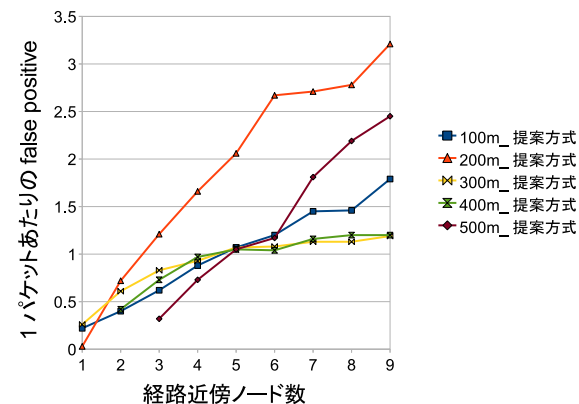


図 12 静的シミュレーションの各距離における 1 到達 packets あたりの false positive
Fig. 12 The numbers of false positives per 1 arrival packet in static simulation

100m,200m,500m のときノード数の増加にともない false positive の増加率が大きい．距離 100m, 200m の場合ノードが密集しているために，通信が混雑し経路近傍ノードが ACK を受信できない場合が増えたためだと考えられるが，特に 200m の増加率が大きいことや 500m の場合も増加率が大きいことは今後の課題とする．

図 13 に，各ノードにおける 10 回の動的シミュレーションにおける 1 到達パケットあたりの，false positive 数の平均を示す．

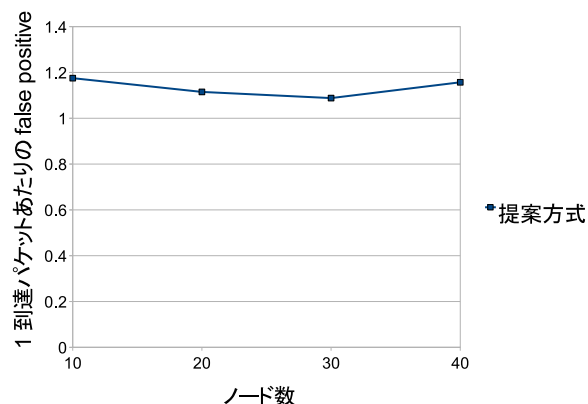


図 13 動的シミュレーションの各ノード数における 1 到達パケットあたりの false positive の平均
Fig.13 Average numbers of false positives per 1 arrival packet in dynamic simulation

図 13 に示す通り，どのノード数のときも 1 到達パケットあたり約 1 回，従来方式に比べ冗長なパケットが流れていることになる．この冗長なパケットの削減は今後の課題とする．

5. おわりに

本論文では，アドホックネットワークにおけるパケット受信確率と経路近傍ノードを用いた確率的再送制御方式を提案した．ネットワークシミュレータ ns-2 を用いて，静的シミュレーション，動的シミュレーションの 2 種類を行った．結果として静的シミュレーションでは，50 のシナリオのうち 42 のシナリオでパケット到達率を改善し，最大の改善率は 22.1%であった．残り 8 のシナリオではパケット到達率は低下し，最大の低下率は 8.6%であった．動的シミュレーションでは，2.36%から 8.36%の改善を確認した．しかしながら，パケット到

達までの遅延時間は静的シミュレーションで最大 2.6ms，動的シミュレーションでは 0.37ms から 0.96ms 長くなった．1 到達パケットあたりの false positive は静的シミュレーションで最大 3.21 パケット，動的シミュレーションでは 1.09 パケットから 1.18 パケットという結果になった．今後，パケット到達までの遅延時間の改善のための再送タイマーの設定や，false positive の削減のための中継確率の計算方法について検討する必要がある．

参 考 文 献

- 1) 蓮池 和夫, ソンブラカシュ バンディオパダイ, 植田 哲郎, ”アドホックネットワークの技術的課題”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J85-B, No.12, pp. 2007-2014, 2002.12.
- 2) A. Balasubramanian, R. Mahajan, A. Venkataramani, and B. N. Levine, ”Interactive WiFi Connectivity For Moving Vehicles”, Proceedings of the ACM SIGCOMM 2008 conference on Data communication (SIGCOMM'08), Vol.38, No.4, pp. 427-438, 2008.8.
- 3) 山本 嶺, 三好 匠, ”経路の近傍端末を利用したアドホックネットワーク分散再送制御方式”, 電気情報通信学会技術研究報告, Vol.106, No.577, pp. 295-298, 2007.3.
- 4) 村山 恒平, 糸川 剛, 北須賀 輝明, 有次 正義, ”MANET における経路外ノードを利用した確率的再送制御方式の提案”, 火の国情報シンポジウム 2010, 2010.3.
- 5) The Network Simulator - ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- 6) T. Clausen and P. Jacquet, ”Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)”, IETF Network Working Group, 2003.10.