

M-001

アドホックネットワークにおける RTT を用いたリンク切断予測機能の開発 Development of a link failure prediction mechanism using RTT for ad hoc network

千葉 達哉†
Tatsuya Chiba

長坂 康史†
Yasushi Nagasaka

1. はじめに

現在、欲しい情報をいつでもどこでも取得できるユビキタス社会にむけて、さまざまな研究が行われている。このユビキタス社会を実現する中核技術の一つとして、アドホックネットワーク技術が注目されている。アドホックネットワークとは、従来のアクセスポイントを利用したインフラストラクチャネットワークとは異なり、端末同士の通信を繰り返して目的端末までの経路を確立するネットワークのことである。

しかし、このアドホックネットワークには端末の移動などによるリンク切断の問題があり、安定運用に向けて大きな課題となっている。

このリンク切断の課題を解決するために、多くの研究が行われている。その1つとして、隣接ノードの受信電波強度を測定して、リンク切断を予測し、他の経路に切り替える方式[1]がある。この方式では、受信電波強度をネットワーク性能と判断している。しかし、パケットの往復伝搬遅延である RTT(Round Trip Time)も、受信電波強度と同様にネットワーク性能である。また、受信電波強度が良い値を示していても、RTT が良い値となるとは限らない。すなわち、電波強度が強くて、RTT が良い値を示さなければ、その総合的なネットワーク性能は必ずしも高いとは言えない。

そこで、本研究ではネットワーク性能として電波強度ではなく、RTT に注目し、アドホックネットワークのルーティングプロトコルである AODV [2] に改良を加え、RTT を用いたリンク切断予測機能を備えた AODV ルーティングプロトコルを提案する。

2. AODV

本研究で使用する AODV は、通信開始時に経路探索を行う、Reactive 型のルーティングプロトコルである。AODV は制御メッセージとして、RREQ(Route Request)、RREP(Route Reply)、RERR(Route Error)、RREP-ACK(Route Reply Acknowledgement) の 4 種類を使用する。また、経路切断が起こったとしても、ルート修復機能により経路を再構築することができる。本研究で提案するリンク切断予測機能は、この AODV に改良を加えたものである。

3. リンク切断予測機能

提案方式では、既存の AODV が備えている Hello メッセージを用いて隣接端末の RTT を測定する。そして、RTT が一定の閾値を上回った場合は、その端末とのリンクが切断されると予測して、その端末を迂回する代替ルートを新たに構築する。ここでは、隣接端末の RTT 測定方式と代替ルートの構築について説明する。

3.1. HELLO-ACK 方式

提案方式では、リンク切断の予測を行うために、隣接ノードとの RTT を測定する必要がある。そのために、既存

の AODV が備えている Hello メッセージを用いる。

AODV では、各ノードは隣接ノードとのリンクを接続した状態に保つために、定期的に隣接ノードへ HELLO メッセージをブロードキャストしている。たとえば、図 1 に示すように、A は B、C に定期的に HELLO メッセージを送信している。本 HELLO-ACK 方式[3]では、この HELLO メッセージを受け取った B、C から ACK メッセージを返信するように変更を加える。そして、この ACK メッセージを利用して AB 間、AC 間の RTT を測定し、リンク切断予測を行う。

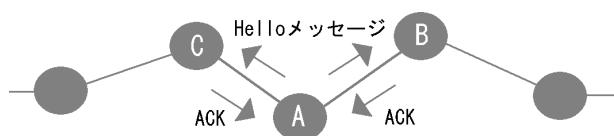


図 1. HELLO-ACK 方式

3.2. 代替ルートの構築

HELLO-ACK 方式で測定した RTT が一定の閾値を上回った場合に、リンクが切断すると判断して、その端末を迂回する新たな経路を構築する。

代替ルートの構築の例を図 2 に示す。ノード B のリンク切断を予測したノード A は、Update Route Request(URREQ) をノード B の 1 ホップ先のノード C に向けてブロードキャストする。URREQ を受信したノード C はノード A に向けて Update Route Reply(URREP) をノード A に向けてユニキャストで返信する。この手順によりノード B を迂回する代替ルートを構築することが可能になる。

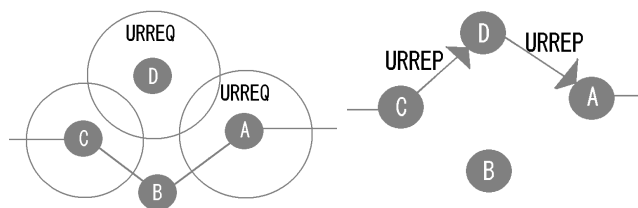


図 2. 代替ルートの構築

4. シミュレーション

提案したリンク切断予測機能の性能評価のために、シミュレーションツール NS2 を用いてシミュレーションを行った。

4.1. シミュレーションのパラメータ

シミュレーションのパラメータとしてフィールドのパラメータ(表 1)、ノードのパラメータ(表 2)を示す。また、その他の条件として、シミュレーションを行う時間を 100 sec、リンク切断を予測するための RTT の閾値を 1.5 ms、ノードの移動モデルに Random Way Point を採用している。Random Way Point とは、ノードの初期配置、移動方向、移動速度や移動時間など、ノードの移動に関する値をランダムに求めるアルゴリズムであ

†広島工業大学大学院 工学系研究科

る。このアルゴリズムを使用することで、ノードの初期配置と移動がランダムに決まるため、より実際の状況に近い環境でシミュレーションを行うことができる。また、シミュレーションは AODV と提案方式について行い、さらに、フィールド上に存在するノード数を変更して行った。

表 1. フィールドのパラメータ

フィールドサイズ	(x, y) = (500, 500) [m]
ノード数	10, 30, 50
送信元ノード位置	(x, y) = (50, 50) [m]
宛先ノード位置	(x, y) = (450, 450) [m]

表 2. ノードのパラメータ

最大移動速度	3 [m/s]
ポーズタイム	1 sec
トランスポート層	TCP
通信方式	FTP
送信バイト数	1,024,000 [byte]
パケットサイズ	1,024 [byte]

4.2. シミュレーション結果

シミュレーション結果として、パケット到着率 (図 3)、経路切断回数 (図 4)、通信遅延 (図 5) を示す。それぞれの値は 10 回実行した結果の平均値である。なお、経路切断回数は送信元ノードにおいて宛先ノードへのルートが無効になった回数とする。

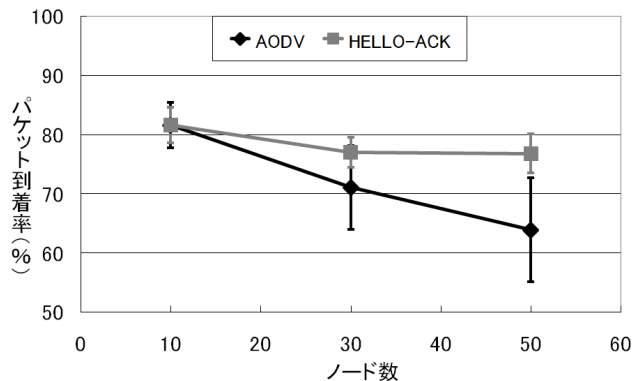


図 3. パケット到着率

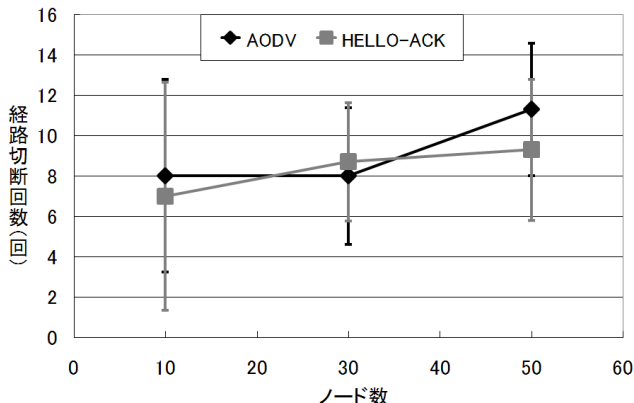


図 4. 経路切断回数

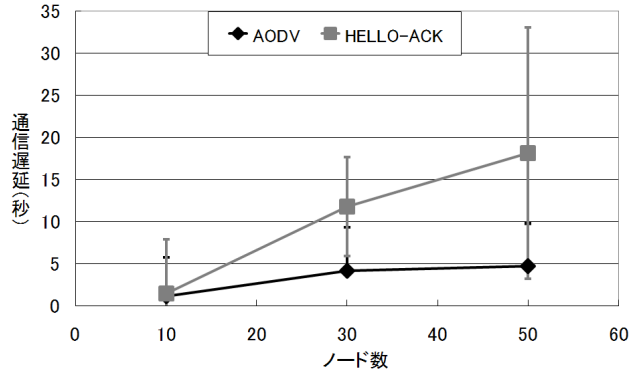


図 5. 通信遅延

4.3. 考察

図 3 より、提案方式と、既存の AODV とを比較すると、提案方式のほうが、ノード数の増加に対するパケット到着率の低下を防ぐことができることがわかる。これは提案方式が、経路切断によるパケットロスを抑制しているためであると考えられる。また、AODV と比較して、結果のばらつきも小さく、安定した通信ができると考えられる。

図 4 より、経路切断回数はノード数 50 の時に最大となり、平均で約 2 回、経路切断を抑制できていることがわかる。しかし、ばらつきが大きいので、この差は誤差の範囲であると考えられる。

最後に、図 5 より、提案方式の通信遅延が大きくなっていることがわかる。特に、提案方式がノード数 50 の時に差が一番大きくなり、約 12 秒の増加となっている。この原因として、今回のシミュレーションでは AODV が持つルート修復機能と提案したリンク切断予測機能とを併用していることが考えられる。2つの機能を併用している理由は、RTTのみを閾値とする現状の提案方式では、距離による切断以外の多様な状況を予測することができないからである。

5. まとめ

シミュレーションの結果、RTT を用いたリンク切断予測機能は、パケット到着率において一定の効果があることがわかった。これは、提案したリンク切断予測機能が、経路切断によるパケットロスを抑制しているためであると考えられる。しかし、通信遅延の増加が課題となる。

今後は通信遅延の改善を行うために、AODV のルート修復機能と提案方式との併用を改善し、既存のルート修復機能に変わるリンク切断予測修復機能を開発していく。具体的には、バッテリー残量、周辺密度、ルーティングテーブルのエントリ数などを閾値とし、多様なリンク切断の要因に対応できるようなシステムを開発する。

参考文献

- [1] Abhilash, S.P. and Stridhar, I.P., "Router Handoff: A Preemptive Route Repair Strategy for AODV", IEEE International Conference on Personal Wireless Communications (2002)
- [2] C.Perkins et al., "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", RFC 3561, July 2003
- [3] 千葉達哉, 長坂康史 "AODV におけるリンク切断予測方式の検討", 平成 19 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集 (2007)401