

アドホックネットワークに対する
ゴシップ型ブロードキャストプロトコルの信頼性の分析

Analysis on the Reliability of a Gossip-Type Broadcasting Protocol
for Ad Hoc Networks

池田 伸一†
Shinichi Ikeda

土屋 達弘†
Tatsuhiko Tsuchiya

菊野 亨†
Tohru Kikuno

1. はじめに

モバイルアドホックネットワークは、中継機能を有する移動端末(ノード)のみで構成された無線のネットワークである。ネットワークを構成する個々のノードはそれぞれ通信可能な距離が限られており、その範囲内にあるノードとは直接に通信を行う。一方、互いの通信範囲外に位置するノード間では、他の通信可能なノードを中継することによって通信を行う。

モバイルアドホックネットワーク上のルーティングプロトコルの多くでは、フラッディングと呼ばれるブロードキャスト手法によるルート探索が用いられている。フラッディングを用いたプロトコルでは様々な最適化がなされているにもかかわらず、依然大量のメッセージが余剰に通信されている。そこで、この余剰なメッセージを効率的に削減する手段として、ゴシップ型のブロードキャストプロトコルが提案されている [3]。

ゴシップとは確率的なブロードキャスト手法であり、容易な実装でフラッディングに比べ全体の通信量を小さくすることが可能である。しかし、ネットワーク内のノードすべてにメッセージが行き届くかどうかは、対象とするネットワークの形態(規模、ノードの隣接数)とゴシップの送信確率に大きく依存しており、効率よく通信量を削減するためには適切な送信確率を用いることが必要となる。しかし、文献 [3] ではゴシッププロトコルについて、その有用性は示されているものの、送信確率やその他のパラメータ値の組み合わせがブロードキャストの信頼性に与える影響については、十分な研究はされていない。

本研究では、平均ノード隣接数の異なるネットワークに対して実験を行い、ゴシッププロトコルのパラメータ値とブロードキャストの信頼性の関係性について分析を行う。

2. プロトコルの説明

アドホックネットワーク上のブロードキャスト、すなわち1つのノード(sourceと呼ぶ)で生成されたメッセージを、ネットワーク中のすべてのノードに届けることを目的とした各プロトコルの動作を以下に説明する。

2.1 フラッディング

メッセージを受信したノードが、そのメッセージを隣接ノードすべてに必ず転送を行う手法である。ネットワーク中でリンクにより接続されているノードすべてに確実にメッセージを届けることができる。しかし、各ノードは隣接ノードすべてから同一のメッセージを受信するこ

とになるため、大量のメッセージが余剰に通信されることとなる。

2.2 GOSSIP1(p, k)

メッセージを受信したノードは確率 p で隣接ノード全てに転送を行う。メッセージの早期消滅を防ぐため、メッセージが source から k ホップのノードを経由するまでは確率 1 で転送を行う。

2.3 GOSSIP2(p_1, k, p_2, n)

ネットワーク上では、ゴシッププロトコルと共に別のプロトコルが用いられていることが普通である。そこで、他のプロトコルによって隣接ノードの隣接数の情報が伝わるものと仮定し、GOSSIP1をより最適化したプロトコルが提案されている。

GOSSIP1の問題点として、送信確率が一定のため、隣接数の極めて小さいノードはメッセージを受信する確率が他のノードに比べて低いことが挙げられる。送信確率 p を大きい値にすることで受信確率は上昇するが、ネットワーク全体の通信量も大きく増加してしまう。そこで、隣接数の小さいノードに隣接しているノードのみがより高い確率で転送を行うように改良したものが GOSSIP2(p_1, k, p_2, n) である。ここでのパラメータ p_1 は GOSSIP1の p に相当し、隣接数が n 未満のノードに隣接しているノードのみ、確率 $p_2 (> p_1)$ で転送を行う。

本研究ではこの GOSSIP2(p_1, k, p_2, n) について比較実験を行った。

3. パラメータの比較実験

本実験では定義したネットワークモデルにおいて、それぞれパラメータ値の異なる GOSSIP2を適用し、シミュレーションを行う。

3.1 対象とするネットワーク

ネットワークモデルとして、ある一定の大きさの2次元平面の領域 D 上に、一定数 N 個のノードがランダムに配置されているモデルを考える。各ノードの通信可能な範囲は一定距離 r の半径の円とし、この距離はどのノードについても等しいものとする。また、各ノードは他のノードの位置情報を持たないものとする。ネットワークモデルについて、具体的に以下のように数値を設定した。

- ノード数 $N = 1000$
- 領域 $D = 7500 * 3000(\text{pixels}^2)$
- 平均隣接数 $d = 6, 8, 10$

また、ブロードキャストで伝播する時間は十分に小さく、ノードの移動による隣接関係の変化は生じないものとする。電波干渉、パケット衝突も考慮していない。

†大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻

3.2 比較パラメータ

GOSSIP2は4つのパラメータが設定可能であるが、すべてのパラメータについて比較実験を行うと組み合わせの量が膨大となってしまうため、本研究では比較対象とするパラメータを絞り込む。

GOSSIP2の大きな特徴は n というパラメータである。 n の値を変更すると、それにもなって確率 p_1 で送信を行うノードの数と、確率 p_2 で送信を行うノードの数が異なってくるため、性能、信頼性に大きな影響を与えると予想される。したがって、本実験ではパラメータ n の比較を主な目的とする。

パラメータ p_2 については、隣接数の小さいノードに確実にメッセージを届けるため極めて1に近い値を用いることが望ましく、その値の範囲は限られてくることから、比較対象とはせず文献[3]同様1に固定した。パラメータ k の値の影響は文献[3]でもすでに十分考察されており、本実験でも[3]同様 $k=4$ とした。

4. 実験結果

前節で述べたネットワークモデルに従って、10通りのネットワークを生成し、GOSSIP2のパラメータ値に関する比較実験を行った結果を示す。ここではブロードキャストの信頼性を評価するため、90%以上のノードが受信できた試行が全試行中何%あったかを基準として比較する。

図1は平均隣接数 $d=8$ の場合のパラメータ p_1 と、90%以上のノードが受信に成功した試行の割合の関係を示したものである。 p_1 の値が大きくなるにしたがって、受信率90%以上の試行が増加しており、特に p_1 がある特定の値を超えたあたりから急激にその割合が増加している。このことは無線ネットワークの連結性[1][2]とも大きな関連性があると思われる。また、 n の値が大きいほど、小さい p_1 の値でも高い受信率を達成できることが分かる。

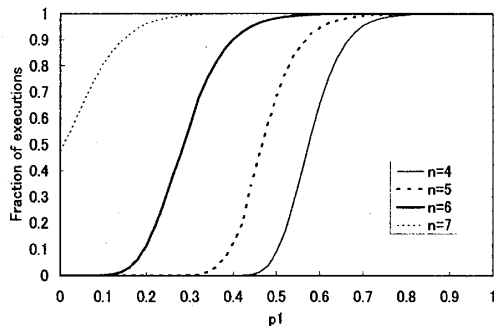


図1: p_1 と受信率90%以上の試行割合 ($d=8$)

次に、図2は図1同様 $d=8$ の場合について、 p_1 の値を変化させて得られた、フラッディング比でのメッセージ量と、90%以上のノードが受信に成功した試行の割合の関係を示したものである。メッセージ量の増加に伴い、受信率90%以上の試行の割合も増加しているが、その割

合が1に近づくにつれて増加の割合は小さくなっている。また、特に $n=6$ とした場合に小さいメッセージ量で高い受信率を達成している。

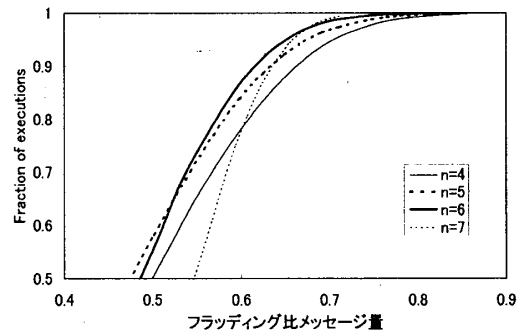


図2: メッセージ量と受信率90%以上の試行割合 ($d=8$)

ここでは $d=8$ の場合の実験結果を示したが、 $d=6, 10$ の場合も適切な値は異なっているものの、ほぼ同様の結果を得た。

以上の結果より、適用する n の値に対してある特定の値以上の p_1 を用いることによって、高い信頼性を保ったままメッセージ量を削減することが可能となる。また、 n の値も適切な値を用いることによって、メッセージ量の削減の効果を大きく得ることができる。

5. 結び

アドホックネットワークにおけるゴシップ型ブロードキャストプロトコルはフラッディングに比べ通信量の小さいプロトコルである。しかし確率的な手法であるために、受信率や通信量は用いるパラメータの値と対象とするネットワークの形態に大きく依存している。そこで、本研究では、平均隣接数の異なるランダムネットワークに対して、パラメータ値の異なる場合に関して比較実験を行い、その結果からパラメータとブロードキャストの信頼性の関係についての分析を行った。

参考文献

- [1] Olivier Dousse, Patrick Thiran and Martin Hasler, "Connectivity in Ad-Hoc and Hybrid Networks," in *Proc. IEEE Infocom*, pp. 1079-1088, June 2002.
- [2] Yuan-Chieh Cheng and Thomas G. Robertazzi, "Critical Connectivity Phenomena in Multihop Radio Models," in *IEEE Transactions on Communications*, vol. 37, no. 7, pp. 770-777, July 1989.
- [3] Zygmunt J. Haas, Joseph Y. Halpern and Li Li, "Gossip-Based Ad Hoc Routing," in *Proc. IEEE Infocom*, pp. 1707-1716, June 2002.