

アドホックネットワーク向けマルチキャスト配信率向上プロトコルの提案

Improvement of Multicast Delivery Ratio for Ad Hoc Network

森本 浩二
Koji Morimoto上野 敦志
Atsushi Ueno辰巳 昭治
Shoji Tatsumi

1. はじめに

アドホックネットワーク向けのマルチキャストプロトコルとして、様々なものが提案されている。これらのプロトコルはトラフィック量、近傍の端末数、端末の移動速度等のネットワーク環境によって性能が変化し、適した環境、適さない環境がある[1]。ネットワーク環境が大きく変化することが予想される場合、あらかじめ最適なプロトコルを決定することは困難である。本研究では、マルチキャストプロトコルとは独立に動作し、変化する環境に動的に適応しながら、任意のマルチキャストプロトコルの性能を向上させる補助プロトコル ROMI: Receiver Oriented Multicast Improvement を提案する。詳細なシミュレーションを行うことで、提案プロトコルが幅広い環境において、マルチキャストメッセージの受信率を効率よく向上させることを確認する。

2. プロトコル ROMI

提案する ROMI はトランスポート層プロトコルとマルチキャストプロトコルの間で独立に動作し、全ての通信をブロードキャストモードで行う。メンバが孤立した場合を除いて経路設定を用いた通信を行わないので、モビリティとネットワークサイズの影響を受けにくい。さらに、受信率に応じて送信データ量を調節することができるので幅広い環境に適応可能である。

2. 1. 使用するパケットタイプ

ROMI が送信するパケットのタイプとして、INDEX, CALL_x, DATA_x(x は 1 から定数 MAX_HOP までの整数)がある。マルチキャストプロトコルによって送信されるマルチキャストメッセージのタイプは DATA1 であり、DATA_x パケットにはマルチキャストメッセージの他に、ソース端末でマルチキャストメッセージが生成されてからの経過時間、ソース端末のアドレス、そしてソース端末によってマルチキャストメッセージに割り当てられるシーケンス番号が含まれる。

2. 2. 基本動作

この節では ROMI の基本動作を説明する。ここで紹介する基本動作は全て、グループのメンバだけが実行するものである。(1)受信したマルチキャストメッセージをある時間幅 t_0 の間キャッシュする。(2)一定時間間隔 t_0 毎に、近傍のメンバにキャッシュメッセージの一覧を送信する。このパケットのタイプは INDEX である。ここで送信される一覧とはマルチキャストメッセージそのものではなく、メッセージにあらかじめ割り当てられているシーケンス番号の一覧である。以下ではこの一覧のことをインデックスと呼ぶことにする。(3)INDEX パケットを受信したメンバは、受信したインデックスの内容と自身のキャッシュを比較する。

自身が持っているマルチキャストメッセージを持っていないメンバがあれば、そのメッセージを送信する。このパケットのタイプは DATA1 である。

2. 3. 分断への対応

前節で説明した動作は、直接通信可能なマルチキャストメンバでのみパケットのやりとりが行われる。このため、通信可能な領域に同じグループのメンバが存在しない端末は、マルチキャスト受信率が向上しない。本節では、非メンバ端末に中継機能を持たせることでこの問題を解決する方法を説明する。

2. 3. 1. メンバ端末に追加する動作

(1)一定時間インデックスを受信しなかったときには、パケットのタイプを CALL1 としてインデックスを送信する。(2)CALL_x を受信したときには前節の INDEX を受信したときと同じ動作をし、DATA_x を受信したときには前節の DATA1 を受信したときと同じ動作をする。

2. 3. 2. 非メンバ端末に追加する動作

(1) $x < \text{MAX_HOP}$ なる CALL_x を受信した非メンバ端末は、CALL_x のインデックスを記憶し、受信したパケットと同じ内容の CALL_{x+1} を送信する。ただし、ある CALL_x を受信した端末が一定時間内に、CALL_x を生成したものと同一メンバ端末によって生成された $x \leq y$ なる CALL_y を受信したときには何もしない。(2) $x < \text{MAX_HOP}$ なる DATA_x を受信したときには、 $1 \leq y \leq \text{MAX_HOP} - x$ なる CALL_y の受信履歴を調べる。CALL_y の受信履歴から DATA_x を必要とするメンバ端末の存在を発見すれば、DATA(MAX_HOP - x)を送信する。(3)INDEX, または $x = \text{MAX_HOP}$ なる CALL_x, DATA_x を受信したときには何もしない。

図1は、この様子を表したものである。

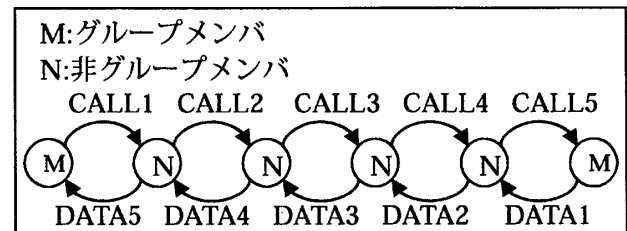


図1: CALL_xとDATA_xの転送イメージ

2. 4. 無駄な通信の削減

前節までで述べた方法によってマルチキャストメッセージの受信率を向上させることができるが、その一方で多くのパケットを送信することとなる。パケットの送信量が増加すれば、バッテリー寿命の短縮、他のアプリケーションによる通信の阻害確率の上昇が生じる。このため、少ないパケット送信回数で効率よく受信率を向上させることが望ましい。そこで、動画や音声のストリーミング配信など、必ずしも100%の受信を必要としない場合に、わずかな受信率の減少によって、配信効率を大きく向上させる方法を以下に述べる。

各メンバ端末はマルチキャストメッセージのソース端末毎に、式(1)を用いて p という値を計算する。式(1)で、 R はあるソース端末によって生成されたマルチキャストメッセージの受信率であり、 r は上位レイヤによって設定される目標配信率である。 R の値はシーケンス番号を基にして計算する。さらに、メンバ端末がインデックスを送信するときに、この p の値を添付する。インデックスを受信した端末は、自身がキャッシュしているメッセージを受信していないメンバを発見したときでも、確率 $1-p$ でそのメッセージを送信しないことにする。

$$p = \begin{cases} p - p(R-r) & (R-r > 0 \text{ の時}) \\ p + (1-p)(r-R) & (r-R > 0 \text{ の時}) \end{cases} \quad (1)$$

3. ROMI の性能評価

ROMI の性能評価を行うため、UCLA によって作成された無線通信シミュレータである、glomosim を用いて詳細なシミュレーションを行った。シミュレーション時間は 600 秒であり、地理サイズは $2 \times 2 \text{ km}$ 、端末数は非メンバ端末を含めて 100 台、マルチキャストグループ数は 1 としている。伝送速度は 2Mbps とし、伝播モデルには two-ray を用いる。この条件での最大通信距離は、およそ 376m となる。マルチキャストメッセージのサイズは 512 バイトであり、これが二つのソース端末により、0.5 秒毎に送信される。トランスポートプロトコル、MAC プロトコルにはそれぞれ UDP、IEEE802.11 を用いた。ROMI の MAX_HOP の値は 5 としている。

併用するマルチキャストプロトコルには ODMRP を用いている。ODMRP のシミュレーションプログラムは、ROMI 同様筆者が作成した。

このシミュレーションで評価した項目は、受信率と配信効率の二つである。受信率はマルチキャストグループのメンバがマルチキャストメッセージを受信できた割合の平均値である。配信効率は、送信、あるいは転送されたマルチキャストメッセージ数に対する、有効に受信されたメッセージ数の割合である。ここでいう有効に受信されたメッセージには、メンバ以外が受信したものや、同じメッセージを重複して受信したものは含まれない。

なお、図 2, 3 における ROMI α とは目標受信率を設定しない ROMI を表し、ROMI β は目標受信率を 80% とした ROMI を表している。

3. 1. 移動速度に対する適応性

グループメンバ数を 30 と固定し、移動速度を 1[m/s] から 50[m/s] まで変化させた時の様子を図 2 に示す。太線のグラフは受信率を表し、細線のグラフは配信効率を表している。移動速度が小さい環境では、ROMI β の受信率が目標受信率未満の値となっている。これは、メンバ端末が個々に 80% の受信率を目指しているためであり、目標値以下しかメッセージを受信できない端末の受信率を、目標受信率を設定することによってさらに減少させるわけではない。図 2 から、移動速度にかかわらず ROMI によって、ODMRP の受信率が向上すること、及び目標受信率を設定することで、ODMRP 単体よりも高い配信効率が獲得できることがわかる。

3. 2. グループサイズに対する適応性

移動速度を 10[m/s] と固定し、グループメンバ数を 5~100 まで変化させた時の様子を図 3 に示す。この図より、

グループサイズにかかわらず ROMI によって、ODMRP の受信率が向上すること、及び目標受信率を設定することで、適切に配信効率を向上できることがわかる。さらに、グループサイズが極端に小さな環境では大きく受信率が向上しないこともわかった。これは、ODMRP がマルチキャストメッセージの配信するときに、多くのマルチキャストメッセージがどのメンバにも配信されないためである。このような状況に対応するためには、ソースメンバが再送処理を行うなどの手法を併用する必要があると考えられる。

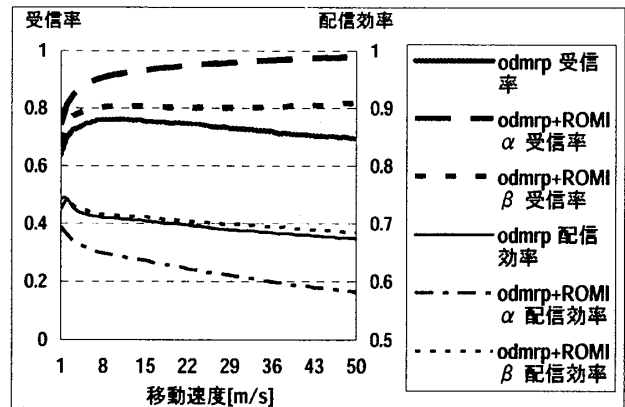


図 2: 移動速度の許容性

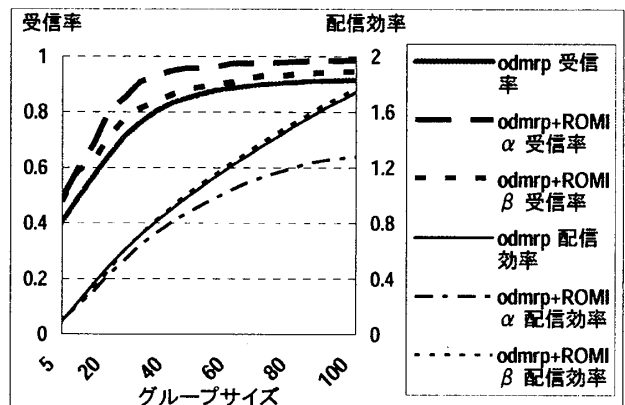


図 3: グループサイズの許容性

4. おわりに

本稿ではアドホックネットワークにおけるマルチキャストの信頼性向上プロトコルである、ROMI を提案した。ROMI は任意のマルチキャストプロトコルと組み合わせることが可能である。さらにシミュレーションを行うことで、幅広い環境で配信率を向上させることと、ROMI を併用することで配信効率が低下しないことを確認した。

今後はソース端末による再送処理等により、グループメンバ数が極端に少ない環境でも、高い配信率が獲得できる方法を検討していきたい。

参考文献

- [1] S.J. Lee, W. Su, and M. Gerla, "On-Demand Multicast Routing Protocol in Multihop Wireless Mobile Networks," *Mobile Networks and Applications*, ACM/Kluwer, vol.7, no.6, 2002, pp.441-453.