

中継無線ノードの移動を用いた 無線マルチホップ配送における動的な移動経路変更手法

栗原 大樹[†] 桧垣 博章[†]

東京電機大学大学院 未来科学研究科 ロボット・メカトロニクス学専攻[†]

1 はじめに

無線マルチホップネットワークでは、互いに隣接する中継移動無線ノード間で構成される無線マルチホップ配送経路に沿ってデータメッセージが順次転送される。移動無線ノードが疎に分布する場合や移動無線ノードの分布が地理的に偏っている場合には、中継移動無線ノードが通信バッファにデータメッセージを保持し、転送可能となる位置まで移動する。このように、データメッセージの転送とデータメッセージを保持した移動との組合せによって無線マルチホップ配送を実現する従来手法では、特定の中継移動無線ノードのみが移動するために消費電力が不均等となり、データメッセージを保持したままで移動しない中継移動無線ノードが存在することによって配送遅延が延長する。本論文では、転送と保持移動を組合せた無線マルチホップ配送経路を動的に変更することで、中継無線ノードの移動に要する消費電力を均等化し、データメッセージの配送遅延を短縮する手法を提案する。

2 関連研究

無線ノードの移動を含むデータメッセージの配送を実現するDTN(Delay-Tolerant Network)[2]手法が提案されている。Epidemic Routing[4]では、隣接移動無線ノード間で保持するデータメッセージの複製を行ない、データメッセージを保持した移動無線ノードが送信先無線ノードと隣接する機会を待つ。Message Ferrying[5]では、特定の移動無線ノードが無線ノード群間を巡回することで、無線マルチホップ配送経路が構成されない無線ノード間のデータメッセージ配送を実現する。

これらの手法では、単一あるいは少数のデータメッセージ配送を想定している。このため、多数のデータ

メッセージから構成される大規模データの配送や時間的に継続するストリーミングデータの配送に適用することは困難である。そこで、無線マルチホップ配送経路に沿ったデータメッセージ配送を隣接無線ノード間の転送と通信バッファに保持した移動とで実現する。

NDBAR (Node Density-Based Adaptive Routing) [1]では、経路探索時に経路探索要求制御メッセージ $Rreq$ を隣接移動無線ノードへ転送できない場合に高電力無線信号を用いる。データメッセージ配送時は、高電力無線信号を用いた無線ノードがフェリーノードとなり、データメッセージを保持して移動することを繰り返す。この方法では、特定の中継無線ノードに高電力無線信号送出に要する通信電力とデータメッセージ配送時の移動電力の負担が求められる。

3 提案手法

3.1 ルーティングプロトコル

提案手法では、 $Rreq$ を送信元無線ノード N_0 から送信先無線ノード N_n に転送と保持移動の組み合わせで到達させる(図1)。 $Rreq$ の転送にはGEDIR[3]を適用する。GEDIRでは、 $Rreq$ を受信した無線ノード N_i が N_n に最も近い自身の隣接無線ノード N_{i+1} に $Rreq$ を転送する。 N_i が自身のすべての隣接無線ノードよりも N_n に近い場合、 N_i が N_n の方向へと直進移動する。そして、他の移動無線ノードと隣接したことを検知したならば、 N_i は停止して $Rreq$ をこの隣接無線ノード N_{i+1} に転送する。このとき、 N_i と N_{i+1} は、自身と相手のIDと位置情報を交換する。

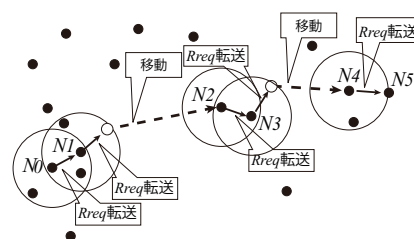


図1: ルーティングプロトコル.

Dynamic Modification of Mobility Route in Wireless Multihop Transmissions with Intermediate Node Mobility

[†]Hiroki Kuribara and [†]Hiroaki Higaki

[†]Department of Robotics and Mechatronics, Tokyo Denki University

$Rrep$ を受信した N_n は、経路探索応答制御メッセージ $Rrep$ を N_{n-1} に送信する。 $Rrep$ を N_{i+1} から受信した N_i は、 N_{i-1} が隣接する場合にはただちに、隣接しない場合には、 $Rrep$ を保持したまま N_{i-1} と隣接した位置まで移動して $Rrep$ を転送する。このとき、隣接する中継移動無線ノード間で前後ホップ中継無線ノードがその前後ホップ隣接無線ノードと隣接したときの位置情報を交換する。すなわち、 N_i が N_{i-1} と隣接した位置を LN_i^- 、 N_{i+1} と隣接した位置を LN_i^+ とすると、 N_{i-1} 、 N_{i+1} との隣接時の位置情報交換によって、 N_i は LN_{i-1}^- 、 LN_{i-1}^+ 、 LN_{i+1}^- 、 LN_{i+1}^+ を取得する。

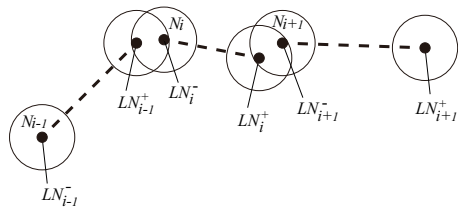


図 2: 隣接中継無線ノード間の移動位置情報。

3.2 データメッセージ配送プロトコル

前節で構成された経路に沿って、データメッセージの転送と保持移動とを組み合わせた無線マルチホップ配送が可能である。ここでは、 N_i がデータメッセージを N_{i-1} から LN_i^- で受信し、それを保持したまま移動し、 $N_{i+1} \rightarrow LN_i^+$ で転送する (N_i が移動しない場合は $LN_i^- = LN_i^+$ である)。しかし、移動距離 $|LN_i^- LN_i^+|$ は各 N_i ごとに異なるため移動電力負担が特定ノードに求められる。また、 $LN_i^- = LN_i^+$ である N_i が N_{i+1} と隣接しない場合、停止した N_i にデータメッセージが保持されることにより配送遅延が延長する。

提案手法では、データメッセージの無線マルチホップ配送において、各 N_i の移動経路である線分 $LN_i^- LN_i^+$ (以下では基本移動経路と呼ぶ) の端点である LN_i^- と LN_i^+ を更新する (図 3)。そのため、 N_i は移動経路を折線 $N_{i-1}^- N_i^- N_i^+ N_{i+1}^+$ に拡張する。そして、 N_{i-1} と隣接してデータメッセージを転送された位置を新しい N_i^- 、 N_{i+1} と隣接してデータメッセージを転送した位置を新しい N_i^+ と更新する。さらに、互いに現在の基本経路の端点位置を交換することによって更新された N_{i-1}^- と N_{i+1}^+ を取得する。その結果、 N_i の移動経路である折線 $N_{i-1}^- N_i^- N_i^+ N_{i+1}^+$ が更新される。

このように、 N_i の移動経路を基本経路である線分 $N_i^- N_i^+$ から折線 $N_{i-1}^- N_i^- N_i^+ N_{i+1}^+$ に拡張することによって、 N_i が N_{i-1} および N_{i+1} と隣接する区間を折線 $N_{i-1}^- N_i^- N_i^+ N_{i+1}^+$ および $N_i^- N_i^+ N_{i+1}^+$ に拡大する。こ

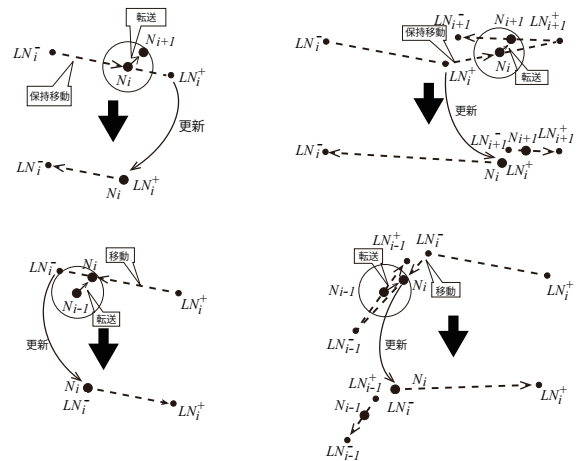


図 3: 移動, 転送, 基本移動経路更新方法。

れによって、各データメッセージの配送遅延を短縮する。また、基本経路の端点 N_i^- および N_i^+ を更新し、その更新情報を隣接中継無線ノード間で交換することによって、各 N_i の基本経路長 $|N_i^- N_i^+|$ が均等化する、もしくは、振動するものの複数データメッセージ配送に要する総移動距離が均等化する。

4 まとめと今後の課題

本論文では、無線マルチホップ配送経路に沿ったデータメッセージ配送を隣接無線ノード間のデータメッセージ転送とデータメッセージを保持した移動との組合せで構成する手法を考案した。ここでは、データメッセージ列の配送過程で、各中継移動無線ノードの移動経路を局所的に調整することにより、移動に要する消費電力を平等に負担することとした。今後は、隣接中継無線ノードが移動時に必ず隣接するための条件とその充足方法を明らかにするとともに、シミュレーション実験により提案手法の有効性を確認する。

参考文献

- [1] Chuah, M. and Yang, P., "Node Density-Based Adaptive Routing Scheme for Disruption Tolerant Networks," Military Communication Conference, pp. 1-6 (2006).
- [2] Farrel, S. and Cahill, V., "Delay- and Disruption-Tolerant Networking," Artec House (2006).
- [3] Lin, X. and Stojmenovic, I., "Geographic Distance Routing in Ad Hoc Wireless Networks," Technical Report TR-98-10, SITE, University of Ottawa (1998).
- [4] Vahdat, A. and Becker, D., "Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks," Technical Report CS-200006, Duke University (2000).
- [5] Zhao, W., Ammar, M. and Zegura, E., "A Message Ferrying Approach for Data Delivery in Sparse Mobile Ad Hoc Networking," Proceedings of the International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing, pp. 187-198 (2004).