

方向変化量に基づく無線ノード位置変化広告手法の評価*

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†

尾根田 倫太郎 桧垣 博章‡

1 背景と目的

無線通信機能を備えた移動無線ノードのみから構成されるモバイルアドホックネットワーク (MANET) ではネットワークポロジが経時的に変化するため、データメッセージの配送経路を決定するルーティングプロトコルが重要となる。隣接移動無線ノードの位置情報を用いてデータメッセージごとに次ホップ移動無線ノードを決定するルーティングプロトコルを用いる場合、各中継移動無線ノードでは、送信先移動無線ノードの位置情報が必要となる。そのため、送信先移動無線ノードの位置を取得する機構が提案されている。DREAM [1] では、すべての移動無線ノードが他の移動無線ノードの位置情報を保持する完全分散型手法を用い、その更新を移動した無線ノードの近隣移動無線ノードのみに伝達することによって通信オーバーヘッドを削減する手法を提案している。本論文では、移動無線ノードの位置情報更新の伝達基準にその移動無線ノードの相対的な方向の変化を用いることで、データメッセージの無線マルチホップ配送の可用性を保ちながら位置情報更新に要する通信オーバーヘッドを削減する手法を提案する。

2 関連研究

COMPASS [3] 等のアドホックルーティングプロトコルでは、各データメッセージごとに配送経路を動的に決定する手法が用いられており、移動速度、移動頻度の高い移動無線ノードを含むアドホックネットワークへの適用可能性を備えている。これらのプロトコルでは、各中継移動無線ノード M_i が次ホップ移動無線ノード M_{i+1} を選択するために、すべての隣接移動無線ノードの位置情報に加えてデータメッセージの送信先移動無線ノード M_d の位置情報が必要とする。HRLI [2] 等では、動的に決定される複数の位置情報サーバに各移動無線ノードの位置情報を分散配置する手法が用いられている。

一方、DREAM では、各移動無線ノードにすべての移動無線ノードの位置情報を格納する完全分散型手法を採用している。データメッセージを中継する移動無線ノードは、自身に格納された隣接移動無線ノードと送信先移動無線ノードの位置情報に基づいて次ホップ移動無線ノードを選択し、データメッセージを転送する。ここでは、無線ノードの移動にともなって各移動無線ノードに格納された位置情報を更新する必要がある。各移動無線ノードの位置の変化をすべての移動無線ノードに伝達するために要する通信オーバーヘッドは大きく、これを削減することが求められる。DREAM では、各移動無線ノードの位置の変化に対する次ホップ移動無線ノード変更の必要性は、無線ノードの移動距離と移動した無線ノードまでの距離に依存すること

から、位置情報の更新を移動した無線ノードから移動距離に基づいて定められたホップ数以内に含まれる近隣移動無線ノードにのみ伝達する手法を提案している。

3 提案手法

図 1 のように座標 $(-x, 0)$ から $(x, 0)$ へ移動する無線ノード M を座標 $(r \cos \theta, r \sin \theta)$ に位置する無線ノード M' が観測する場合を考える。このとき、 M' から M への変化量 φ は以下で与えられる。

$$\varphi = \cos^{-1} \frac{r^2 - x^2}{\sqrt{(r^2 + x^2)^2 - 4r^2x^2 \cos^2 \theta}}$$

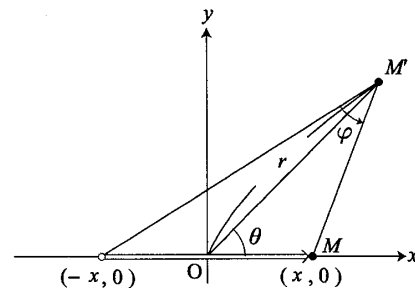


図 1: 隣接ノードから観測されるノード移動

ここで $r = \alpha x$ とすると、 α の値が大きいほど φ の値が小さい。すなわち、移動による方向の変化は移動無線ノードからの距離が大きいほど小さいという性質を持つ。例えば、図 2 において、移動する M'' からの距離が大きく方向の変化が小さな M では、 M'' への無線マルチホップ配送経路の次ホップ移動無線ノードは M'' が移動しても変化しない。したがって、 M の保持する M'' の位置情報が更新されない場合でもデータメッセージを M'' に到達させることができる。一方、 M'' からの距離が小さく方向の変化が大きな M' では、 M'' への無線マルチホップ配送経路の次ホップ移動無線ノードが変化する。このため、 M' の保持する M'' の位置情報が更新されない場合には、データメッセージが M'' に到達しなくなることが考えられる。DREAM では、この性質に基づいて M'' の移動距離に応じて更新した M'' の位置情報広告範囲をホップ数で指定している。

ところで、ある移動無線ノードからみた他の移動無線ノードの方向の変化は距離だけではなく、移動方向にも依存する。例えば、図 3 の移動無線ノード M からみた移動無線ノード M' の方向の変化は大きく、 M' への無線マルチホップ経路の次ホップ移動無線ノードが変化する。このため、 M に保持される M' の位置情報は更新することが求められる。一方、 M からみた移動無線ノード M'' の方向の変化は小さく M'' への無線マルチホップ配送経路の次ホップ移動無線ノードは変化しない。すなわち、 M'' の位置情報は更新の必要性が

*Performance Evaluation of Location Update Advertisement based on Difference of Directions among Mobile Nodes

†Tokyo Denki University

‡Rintarou Oneda and Hiroaki Higaki

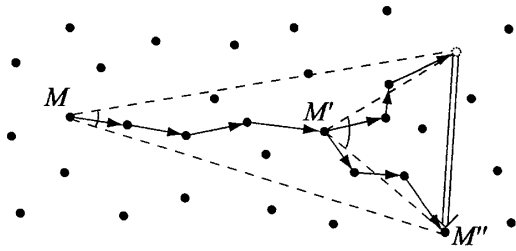


図 2: 送信先移動無線ノードからの距離と次ホップ移動無線ノード変更

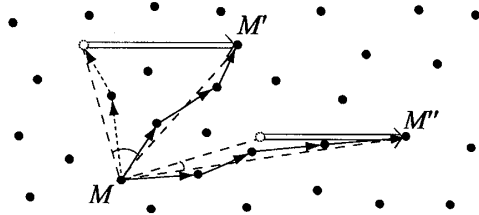


図 3: 送信先移動無線ノードへの方向の変化と次ホップ移動無線ノード変更

低い。そこで、この移動無線ノードの方向の変化を基準として位置情報広告の伝達範囲を制約する手法を導入することで、無線マルチホップ配送経路の接続性を高く維持し、要する通信オーバーヘッドを削減することができる。

- 1) 移動無線ノード M_j の位置情報を広告するためのトリガによる位置広告メッセージ $TLadv$ を隣接移動無線ノード M_k から受信した各移動無線ノード M_i は、 M_j の位置情報を更新する。
- 2) M_i は M_i から見た M_j の位置 (方向) の変化量 φ を求め、これがあらかじめ定められた閾値 φ よりも大きい場合には、 M_j の位置情報を含むトリガによる位置広告メッセージ $TLadv$ を無線信号到達範囲にあるすべての隣接移動無線ノードへブロードキャスト送信する。

4 実験評価

本章では、位置ベースルーティングプロトコルに、位置情報広告範囲を方向の変化量で制約する提案手法を適用した場合と距離で制約する DREAM の手法を適用した場合における、接続性と通信オーバーヘッドの関係を比較する。5,000m × 5,000m の正方形領域に無線信号到達距離 100m の無線ノードを 10,000 台、一様分布乱数を用いてランダムに配置する。また、送信元無線ノードと送信先無線ノードは、領域のひとつの対角線上で頂点から $1250\sqrt{2}$ m 地点に初期配置する。すべての無線ノードは、移動速度 0-10km/h、平均待機時間 10 秒のランダムウェイポイントモデルにしたがって移動する。データメッセージが COMPASS プロトコルでルーティングされる場合において、提案手法では位置情報広告の閾値角度を 20-60 度の範囲で変化させた場合の、従来手法 (DREAM) ではホップ数を 1-10 ホップの範囲で変化させた場合の接続性に対する通信オーバーヘッドを測定する。無線マルチホップ配送経路の接続率は、データメッセージが破棄されずに送信先無線ノードへ配送される確率によって評価する。また、通

信オーバーヘッドは、6 分間内にブロードキャスト送信された位置情報広告制御メッセージ数によって評価する。

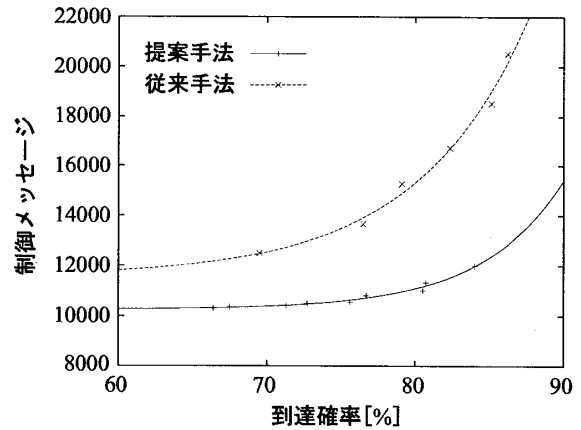


図 4: 接続率と通信オーバーヘッド

評価結果を図 4 に示す。従来手法と提案手法のいずれにおいても無線ノードの更新された位置 (方向) 情報を伝達する制御メッセージの送信を行う閾値を小さく設定する場合には、位置情報広告制御メッセージの転送頻度が上昇し位置情報転送範囲が拡大することから、高接続性が得られるが、高い通信オーバーヘッドを要する。また、閾値を大きく設定する場合には、位置情報広告制御メッセージの転送頻度が低下し、転送範囲が縮小することから通信オーバーヘッドは低下するが、各無線ノードの保持する他の無線ノードの位置 (方向) 情報が不正確になるため、データメッセージの到達率が低下する。一方、従来手法と提案手法の比較から、提案手法は同等の接続率をより低い通信オーバーヘッドで実現していることが分かる。

5 まとめ

本論文では、DREAM における移動無線ノード位置情報の保持、更新方法を基礎として、その更新に要する通信オーバーヘッドを削減する手法を提案した。ここでは、更新位置情報の伝達を角度の変化を基準に制約する。提案手法は、従来手法に対して通信オーバーヘッドの削減を見込むことができるが、更新位置情報転送の閾値の設定によって、データメッセージの到達性と要求される通信オーバーヘッドの間にトレードオフが存在する。シミュレーション実験によりこれらの間の関係を評価した。

参考文献

- [1] Basagni, S., Chlamtac, I. and Syrotiuk, V.R., "A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility (DREAM)," Proceedings of the 4th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 76-84 (1998).
- [2] Nakagawa, H., Ohta, T., Ishida, K. and Kakuda, Y., "A Hybrid Routing with Location Information for Mobile Ad Hoc Networks," Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, pp. 129-136 (2007).
- [3] Urrutia, J., "Two Problems on Discrete and Computational Geometry," Proceedings of Japan Conference on Discrete and Computational Geometry, pp. 42-52 (1999).