

無線マルチホップ配送における衝突回避のためのノード移動

伊佐野 皓士 松垣 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

移動無線ノードから構成される無線マルチホップネットワークでは、送信元移動無線ノードから送信先移動無線ノードまでのデータメッセージ配送を中継無線ノードによる転送の列によって実現する。無線マルチホップネットワークにおいて、データメッセージの衝突を回避する手法として、ルーティングの工夫によって問題解決を試みるものが多数提案されている。ここでは、各無線マルチホップ配送経路の中継移動無線ノードが他の無線マルチホップ配送経路の中継移動無線ノードを無線信号到達範囲に含まないようにすることによって、衝突および衝突回避による配送遅延延長の問題を解決している。ただし、複数無線マルチホップ配送経路が並行してデータメッセージ配送に用いられることによって、新たに開始される無線マルチホップ配送のための経路に中継移動無線ノードとして含むことのできる移動無線ノード数が減少することから、経路検出率が低下する問題がある。本論文では、この接続性低下を緩和する手法を提案する。

2 関連研究

互いに無線信号到達範囲に含まれる隣接無線ノード間でデータメッセージを交換する無線ネットワークにおいては、送信無線ノードから受信無線ノードへとデータメッセージがブロードキャスト送信される無線信号によって伝達される。このため、送信無線ノードの無線信号到達範囲に含まれるすべての無線ノードにおいて受信データメッセージの衝突が発生する可能性がある。無線マルチホップネットワークにおいては、受信データメッセージの衝突を同一無線マルチホップ配送経路に含まれる移動無線ノードが送信したデータメッセージによって発生する経路内衝突と異なる無線マルチホップ配送経路に含まれる移動無線ノードが送信したデータメッセージによって発生する経路間衝突とに分類できる。経路間衝突およびこれを回避することによる配送遅延の延長の問題に対しては、無線マルチホップ配送経路が互いに無線信号独立 [2] とする手法、現在データメッセージ群の配送に用いられている無線マルチホップ配送経路のいずれかの中継移動無線ノードの無線信号到達範囲に含まれる移動無線ノードは経路探索プロトコルに参加せず、したがって、新たに探索される無線マルチホップ配送経路の中継移動無線ノードとはならない手法 [1]、このような考慮をせずに新たな無線マルチホップ配送経路を探索、検出し、データメッセージ群の無線マルチホップ配送によって経路間衝突が頻繁に

発生する場合においてのみ、互いに干渉する無線マルチホップ配送経路を中継移動無線ノードの変更、追加と無線信号到達範囲の調整によって互いに分離する手法 [4] などが提案されている。

3 提案手法

3.1 ノード移動による接続性改善

前章で述べたように、無線マルチホップネットワークにおいて、経路間衝突および衝突回避のための競合によるデータメッセージ配送遅延の延長を回避するためには、異なる経路に含まれる中継無線ノードが互いに隣接無線ノードとはならないようにすることが考えられる。ただし、このためには、無線マルチホップ配送経路 $\mathcal{R} := \{N_0, \dots, N_n\}$ に含まれるすべての無線ノード N_i の隣接無線ノード $N \in Neighbor(N_i)$ を除いた他の無線ノードのみによって他の無線マルチホップ配送経路を構成しなければならない。そこで、本論文では、データメッセージが配送されている無線マルチホップ配送経路を構成するいずれかの無線ノードの無線信号到達範囲に含まれる隣接無線ノードがこの無線信号到達範囲外へと移動することにより、他の無線マルチホップ配送経路を構成する無線ノードとなっても衝突が発生することがなくなり、そのために経路間衝突を回避する手法を提案する。例えば、図 1(a) に示すように無線マルチホップ配送経路 \mathcal{R} が検出され、これに沿ってデータメッセージが配送されるならば、 \mathcal{R} を構成する無線ノード N_i の隣接無線ノードは、図 1(b) に示すように \mathcal{R} を構成するすべての無線ノードの無線信号到達範囲外へと移動する。経路間衝突を回避するためには、他の無線マルチホップ配送経路は N_i とは隣接しない無線ノードのみで構成されなければならないことから、 N_i の隣接無線ノードが N_i の無線信号到達範囲外へと移動することによってこの配送経路を構成する無線ノードの候補数が増加し、経路検出確率が改善されることが見込まれる。

3.2 移動基準

本章で提案した無線ノードの移動手法により、従来手法では新たな無線マルチホップ配送経路の中継無線ノードとなることができなかった無線ノードが中継無線ノードの候補となることにより、無線マルチホップ配送経路の接続性が向上することが期待できる。しかし、提案手法の実現には無線ノードの移動がともない、一般的には動力発生のためのエネルギー消費を要する。この移動コストと接続性の改善にはトレードオフがあると考えられるため、 \mathcal{R} の中継移動無線ノードの無線信号到達範囲に含まれるすべての無線ノードを無線信号到達範囲外へと移動させるのではなく、接続性の改善により大きく寄与することが期待できる無線ノードを優先的に移動させることが考えられる。

一般に無線マルチホップ配送経路は、送信元無線ノード

Intentional Node Mobility for Collision Avoidance in Wireless Multihop Transmissions
Koji Isano and Hiroaki Higaki
Department of Robotics and Mechatronics, Tokyo Denki University

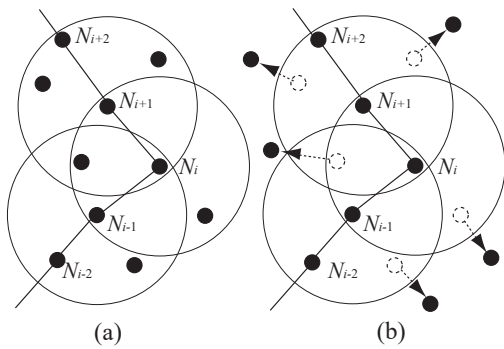


図 1: ノード移動による接続性改善.

ドから送信先無線ノードまで必ずしも直線状の経路で構成されるわけではなく、無線ノードの分布状態に依存し、特に提案手法においては、現在データメッセージ群の配送に用いられている無線マルチホップ配送経路の分布に強く依存することとなる。そこで、図2のように曲線部を含む無線マルチホップ配送経路においては、曲線経路の内側に含まれる移動無線ノードを無線信号到達範囲外へと移動させても別の無線マルチホップ配送経路に対して中継移動無線ノードとして寄与する機会が少なく、曲線経路の外側に含まれる移動無線ノードを無線信号到達範囲外へと移動させれば別の無線マルチホップ配送経路に対して中継移動無線ノードとして寄与する機会が多いと考えられる。

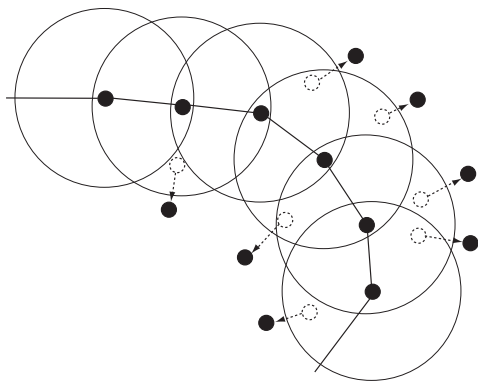


図 2: 湾曲経路の「内側」/「外側」への移動.

この「内側」「外側」の判定を行なうためには、各中継無線ノードが自身の位置情報に加えて、前後ホップ隣接移動無線ノードの位置情報を広告することとする。無線マルチホップ配送経路 \mathcal{R} の中継移動無線ノード N_i は、経路探索応答メッセージ $Rrep$ に自身の位置情報をピギーバックする。 N_i は N_{i+1} からの $Rrep$ メッセージを受信することから N_{i+1} の位置情報を取得可能である。また、 N_i は N_{i-1} が N_{i-2} へと転送する $Rrep$ メッセージを傍受することが可能であることから N_{i-1} の位置情報も取得可能である。そこで、これらの位置情報をピギーバックした移動要求メッセージ $Mreq$ を N_i が自身の無線信号到達範囲内にブロードキャスト送信する。これを受信した隣接無線ノード N は、これらの位置情報に基づいて移動の可否を判断する。

4 評価

提案手法による無線マルチホップ配送経路検出率の向上をシミュレーション実験により評価する。1,000m × 1,000m の正方形領域に各移動無線ノードの無線信号到達距離 100m の移動無線ノードをランダムに配置する。2-10 対の送信元無線ノードと送信先無線ノードの対をランダムに選択し、順次無線マルチホップ配送経路を提案手法と従来手法である AODV を応用した FARP[1] によって探索し、検出経路数を比較する。実験の結果、図 3 に示すように移動無線ノード数 600 台以上、経路要求数 6 経路以上の経路検出数が 3 本以上となる条件では従来手法より平均 49.0 ポイントの有意な経路検出率改善が確認できる。

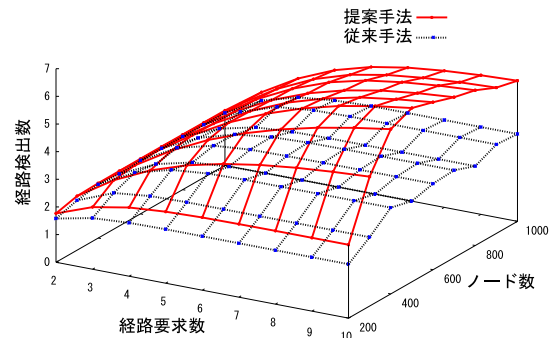


図 3: 経路検出成功率.

5 まとめ

本論文では、AODV によって検出された無線マルチホップ配送経路の中継移動無線ノードの無線信号到達範囲に含まれる他の移動無線ノードを無線信号到達範囲外へと移動することにより、この経路との経路間衝突を回避した他の無線マルチホップ配送経路の中継移動無線ノードの候補数を増加し、経路検出率を向上させる手法を提案した。今後は、湾曲する無線マルチホップ配送経路の内側/外側の判定方法を検討する。

参考文献

- [1] Abolhasan, M., Lipman, J. and Wysocki, T.A., "Load-Balanced Route Discovery for Mobile Ad Hoc Networks," Proceedings of the 3rd International Workshop on the Internet, Telecommunications and Signal Processing (2004).
- [2] Maimour, M., "Maximally Radio-Disjoint Multipath Routing for Wireless Multimedia Sensor Networks," Proceedings of the 4th ACM Workshop on Wireless Multimedia Networking and Performance Modeling, pp. 26-31 (2008).
- [3] Seyama, T. and Higaki, H., "G-AODV+PCMTAG Routing in MANET with Low Overhead Flooding and Route-Shortening," Proceedings of the 7th International Conference on Parallel and Distributed Computing and Networks, pp. 103-110 (2008).
- [4] 埴, 松垣, "送信電力変更をとまなう無線マルチホップ配送経路変更による経路間競合解消手法," 信学技報, Vol. 112, No. 405, pp. 127-132 (2013).