

# トレードオフを考慮したノード移動による 経路間衝突のない配送経路の検出率向上

伊佐野 皓士 梶垣 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

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、データメッセージの衝突を回避するために、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手法が提案されている。ただし、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、経路検出確率が低下する問題がある。

## 2 関連研究

無線マルチホップ配送経路  $\mathcal{R} := \{N_0 \dots N_n\}$  および  $\mathcal{R}' := \{N'_0 \dots N'_n\}$  において  $N_i \in \mathcal{R}$  と  $N'_i \in \mathcal{R}'$  とが互いに無線信号到達範囲に含まれるならば、 $N_i$  では  $N'_i$  が  $N'_{i+1}$  へと転送したデータメッセージと  $N_{i-1}$  が  $N_i$  へと転送したデータメッセージとが衝突する可能性があり、 $N'_i$  では  $N_i$  が  $N_{i+1}$  へと転送したデータメッセージと  $N'_{i-1}$  が  $N'_i$  へと転送したデータメッセージとが衝突する可能性がある。このような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 [1] とすることによって解決される。すなわち、新たに探索される無線マルチホップ配送経路は、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中継移動無線ノードを無線信号到達範囲に含まない移動無線ノードのみによって構成されるものとする [2]。

## 3 提案手法

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、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

ブ配送経路を構成しなければならない。一般に、無線マルチホップ配送経路による送信元無線ノードと送信先無線ノードとの接続性は、無線ノード分布密度に対して単調に増加する。この問題を解決する方法として、本論文では、検出された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は、これらの無線信号到達範囲外へと移動する方法を提案する (図 1)。これによって他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。

ただし、多くの自律移動無線ノードがモータ、エンジン等の移動動力源を駆動することによってその位置を変えることから、移動後の無線ノードが他の無線マルチホップ配送経路の一部として機能しない場合には、移動に要したコストが無駄になる。経路探索要求メッセージ  $Rreq$  のフラッディングによって限定された全域情報を用いることで配送経路長の短い経路を選択するルーティングプロトコルでは、凸状の分布領域にある移動無線ノードは無線マルチホップ配送経路の中継無線ノードにはなりにくく、凹状の分布領域にある移動無線ノードが中継無線ノードになりやすい (図 2)。一般に無線マルチホップ配送経路は、送信元無線ノー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い。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」にある無線ノードを経路の内側の無線信号到達範囲外へと移動させても移動先の位置は図 2 でいうところの凸領域となり、接続性の向上には貢献しにくい。一方、曲線経路の「外側」にある無線ノードを経路の外側の無線信号到達範囲外へと移動させれば移動先の位置は図 2 でいうところの凹領域となり、接続性向上への貢献が期待できる。

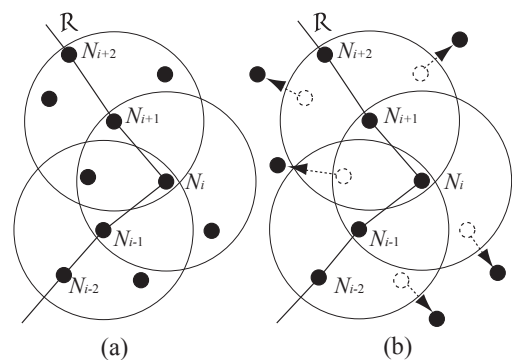


図 1: ノード移動による接続性改善.

この「内側」「外側」の判定をルーティングプロトコ

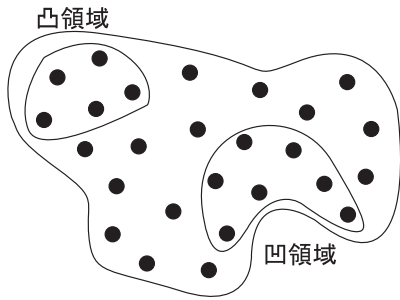


図 2: 凸状分布領域と凹状分布領域.

ルを変更することなく実現する手法として、各隣接無線ノードが自身に隣接する中継無線ノード数をカウントし、その結果に基づいて「内側」「外側」を判定することが考えられる。隣接する中継無線ノード数と「内側」「外側」への存在確率との関係性を評価した結果を表 1 に示す。表 1 に示す算出結果から次の移動要否決定手法が導かれる。

[移動要否決定手法]

隣接中継無線ノード数が 2 以下である隣接無線ノードは曲線経路の「内側」に存在するものと判断し、3 以上である場合には「外側」に存在するものと判断する。この判断に基づいて個々の隣接無線ノードが移動の可否を決定する。□

表 1: 隣接中継無線ノード数と内側/外側確率.

隣接中継無線ノード数		1	2	3	4
存在確率	内側	6.7	31.9	73.2	94.5
	外側	93.3	68.1	26.8	5.5

4 評価

本論文で提案する検出された無線マルチホップ配送経路の中継無線ノードに隣接する無線ノードを中継無線ノードの無線信号到達範囲外へ移動する手法について、他の無線マルチホップ配送経路の検出率向上にどれだけ寄与するかをシミュレーション実験によって評価する。シミュレーション領域は一辺の長さが 1,000m の正方形領域であり、各無線ノードの無線信号到達範囲は半径 100m の円領域であるとする。図 3 に示すような 3 ホップ目で直角に方向を変える 5 ホップの無線マルチホップ配送経路がシミュレーション領域の中央付近に存在するとき、次の経路を検出する場合の経路検出率、検出される経路長、また、無線信号到達領域外へと移動した無線ノードの総移動距離を測定する。

図 4 に経路検出数の測定結果を示す。無線ノードを移動させない手法と他の無線ノードを移動させる方法との比較から、無線ノードの移動が追加無線マルチホップ配送経路の検出率の改善に貢献していることがわかる。また、このときの総移動距離は、すべての隣接無線ノードを移動する場合と比較して平均で 34.5%削減されていることから提案手法の有効性が示されている

といえる。

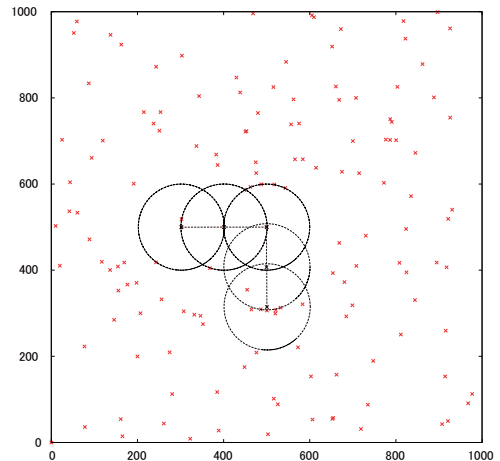


図 3: シミュレーション実験設定.

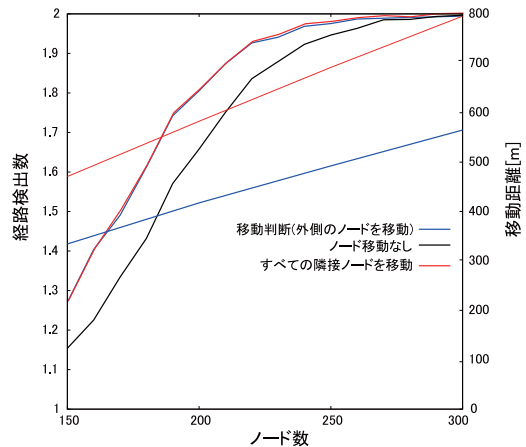


図 4: シミュレーション実験結果.

5 まとめ

本論文では、無線マルチホップネットワークにおけるデータメッセージの無線マルチホップ配送において、経路間衝突を回避する無線マルチホップ配送経路探索の経路検出率を無線ノードの移動によって実現する手法を提案した。また、曲線経路の外側の無線ノードを移動させることが経路検出率の改善に有効であることを示し、外側隣接無線ノードを隣接中継無線ノード数によって検出する方法を示した。

参考文献

[1] 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).  
 [2] Waharte, S. and Boutaba, R., "Totally Disjoint Multipath Routing in Multihop Wireless Networks," Proceedings of the IEEE International Conference on Communications, pp. 5576–5581 (2006).