

落下無線センサネットワークにおける 配送遅延短縮のためのトポロジ制御手法

埴 卓也[†] 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

無線センサネットワークでは、無線通信機能を備えた無線センサノードが取得したセンサデータを、無線センサノード自身を中継無線ノードとしてシンクノードへと無線マルチホップ配送する。多数の無線センサノードからなるセンサネットワークでは、無線センサノードの配置に要するコストを削減することが求められ、散布による初期配置が広く用いられている。本論文では、重力を動力源とする落下センサノード [5] を対象として、無線センサノード群の散布を実施することで初期配置することを想定し、経路を局所的に変形することで中継無線センサノードを親ノードとする子ノード 1 つあたりのデータ量を増加させる手法を提案する。さらに、経路を局所的に変更することによって経路間でセンサデータの衝突が発生する問題に対し、相対移動速度の変更を可能とする無線センサノードの導入によって経路間衝突を回避する手法を提案する。

2 関連研究

無線センサネットワークを構成するにあたり、無線センサノードの初期配置として散布を用いる手法が広く用いられている。複数回数の散布によって、対象観測領域に無線センサノードが一様分布して落下することを実現する手法が提案されている。また、散布による初期配置における分布の偏りを検出し、もしくは検出せずに、無線センサノードを移動させることによって、一様分布を実現する手法が提案されている [1, 2]。さらに、落下中にセンサノードの水平位置を修正することによって、対象観測領域に無線センサノードを一様分布して落下させる手法が提案されている [4]。このように無線センサノードの落下中に落下後の一様分布を実現する手法が提案されている。いずれの手法においても、無線センサノードは落下によって初期位置を定めた後に落下後に観測を行なうことが想定されている。これに対して、本研究では、落下によって空中で移動しな

がら観測、収集を行なうセンサネットワーク [5] を想定する。

シンクノードと無線センサノードから構成されるスパニングツリーを構成すると、シンクノードをルートノードとするツリーが構成されることから、各無線センサノードはセンサデータを親ノードへと転送することとなるが、フラiddingによって構成された無線マルチホップ配送経路は、複数の経路が近接することによって経路間衝突が頻繁に発生する。また、無線センサノードの移動については、[1, 2] のように自身に備えた動力源により自律的に移動する無線センサノードを対象とするのではなく、重力を動力源とする受動的な移動を行なう無線センサノードを対象としている。この対象における簡易な機構を用いた相対移動速度変更可能な落下無線センサノード、相対移動速度の変更によるネットワークトポロジの変更手法を、著者らが論文 [5] で提案している。そこで、無線センサノードの移動によって経路間の衝突を回避する手法が研究されている [3]。しかし、無線センサノードをモータで移動させるために大きな電力が必要となる。本研究では、簡易な機構によってモータによる消費電力を要することなく、無線センサノードの相対移動速度の変更によって容易にセンサデータの衝突を回避する手法を提案する。

3 提案手法

3.1 近接配送経路の変更による転送可能データ量の増加

無線マルチホップ配送経路は、シンクノードからの制御メッセージのフラiddingによって無線センサノードとシンクノードからなるスパニングツリーを構成することで実現する。シンクノードをルートノードとするツリーが構成されることから各無線センサノードは、センサデータを親ノードへと転送することとなるが、フラiddingによって構成された無線マルチホップ配送経路は、多数の子ノードを持つ中継無線センサノードが存在する特徴がある。そのため、その中継無線センサノードが多数の子ノードからセンサデータを受信しようとする、1 つの子ノードが持つセンサデータから単位時間あたりに受信できるセンサデータ量が

Topology Control for Transmission Delay Reduction in Falling Wireless Sensor Networks

[†]Takuya Hanawa and [†]Hiroaki Higaki

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

少なくなる。このことから、中継無線センサノードの子ノード数を減少させることが求められる。そこで、中継無線センサノードの子ノードを他の無線センサノードに切り替えることで、中継無線センサノードの子ノードを減少させ、1つの子ノードが中継無線センサノードに転送できるセンサデータ量を増加させる(図1)。

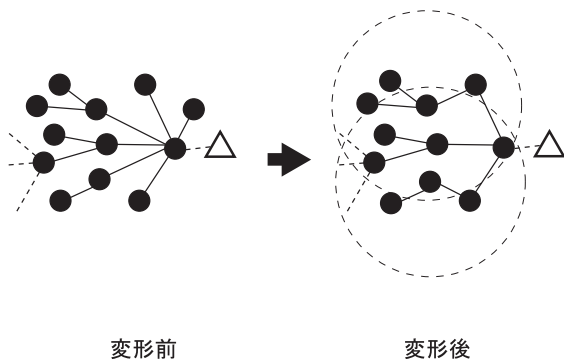


図1: ツリー変形による子ノードの減少

ツリーの末端のノードであるリーフノードは子ノードが存在せず、自身が取得したセンサデータのみを親ノードに転送する。このことから、子ノードが中継無線センサノードに転送できるセンサデータ量を増加させるために、リーフノードを切り替え先の無線センサノードとする。

3.2 無線センサノードの移動による経路間衝突の回避

3.1節で述べた、多数の子ノードを持つ中継無線センサノードの子ノードが経路を変更することでセンサデータを転送する提案手法では、多数の子ノードを持つ中継無線センサノードへ1つの子ノードが転送できるセンサデータ量を増加させることが可能である。しかし、経路を変更することによってセンサデータを転送する親ノードを変更するが、親ノードを変更した子ノードの無線信号到達範囲内には元の親ノードが存在するため、元の親ノードを親とする無線センサノードと親ノードを変更した無線センサノードが同時にセンサデータを転送しようとする、元の親ノードで複数の無線信号を同時に受信することによってセンサデータを正常に受信することができない。これにより、センサデータの再送を試みると転送時間が延長するため、センサデータをシンクノードまで配送する時間が延長することとなる。そこで、本節では、親ノードを変更した無線センサノードが元の親ノードを無線信号到達範囲に含まないように移動することで経路間衝突を回避する手法を提案する。

対象とする落下センサネットワークにおける無線セ

ンサノードは、自身の形状や運動を簡易な手法で変更することにより、落下速度を変更し、他の無線センサノードとの相対位置を変更する[5]。このため、相対的な位置変更は1次元に限定されるが、無線センサノードが経路間衝突を回避するために加速するか、減速するかは、各無線センサノードがランダムに選択するものとする。しかし、無線センサノードの速度変化がランダムに選択されると、親ノードを変更した無線センサノードが元の親ノードに近づくことが考えられるが、無線センサノードは元の親ノードが発信する無線信号の電波強度が小さくなる方向へと移動することとする。これによって、経路間衝突を回避することができる。

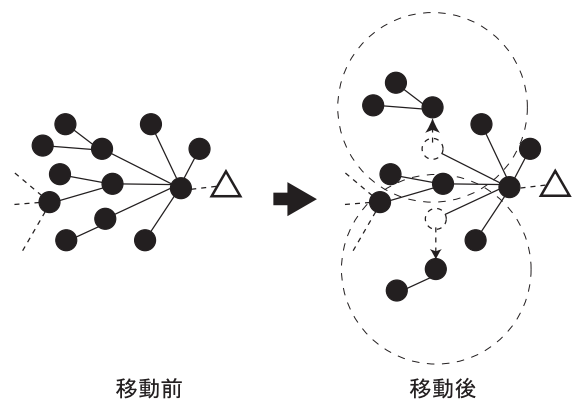


図2: 無線センサノードの移動による経路間衝突の回避

4 まとめ

本論文では、フラッディングによって構成された無線マルチホップ配送経路において、1つの子ノードが中継無線センサノードに転送できるセンサデータ量を増加する手法を提案した。さらに、相対移動速度の変更が可能な無線センサノードの導入により、経路間衝突を回避する手法を提案した。提案アルゴリズムの考案とその評価を行なうことが今後の課題である。

参考文献

- [1] Howard, A., Mataric, M.J. and Sukhatme, G.S., "An Incremental Self-Deployment Algorithm for Mobile Sensor Networks," *Autonomous Robots* (2002).
- [2] Winfield, A.F., "Distributed Sensing and Data Collection via Broken Ad Hoc Wireless Connected Networks of Mobile Robots," *Distributed Autonomous Robotics Systems*, Vol. 4, pp. 273-282 (2000).
- [3] 伊佐野, 松垣, "ノード移動による経路間衝突のない無線マルチホップ経路の検出率向上," *信学技報*, Vol. 116, No. 361, pp. 7-12 (2016).
- [4] 木谷, 谷口, "落下挙動を切替可能なセンサ端末とその空中散布法の一検討," *信学技報*, Vol. 108, No. 457, pp. 499-504 (2009).
- [5] 西野, 藤川, 松垣, "ネットワークトポロジの柔軟な変更のための速度可変落下無線センサノード," *信学技報*, Vol. 115, No. 370, pp. 119-124 (2015).