

柔軟な無線マルチホップネットワークのための 落下無線センサノード

埴 卓也 西野 豊 桧垣 博章

東京電機大学 未来科学部 ロボット・メカトロニクス学科

1 はじめに

無線信号到達範囲の限られた複数の無線ノードがデータメッセージを順次転送することによって、送信元無線ノードから送信先無線ノードまでのエンドエンド配送を実現する無線マルチホップ配送は、無線アドホックネットワーク、無線センサネットワーク、無線メッシュネットワークを実現する基盤技術である。このような無線ネットワークは、多数の無線ノードから構成され、その配置によって定められるネットワークポロジは、実行されるネットワークアプリケーションの機能、性能に大きな影響を与える。このような移動無線ノードによって構成される無線マルチホップネットワークでは、ノードの移動によって良い性質を備えたトポロジを獲得、維持することでネットワークアプリケーション実行による効果を向上する。[4]では、移動する対象を追跡、観測する無線センサノードの移動にともない、この移動センサノードと無線基地局とを相互接続する移動無線センサノード列による無線マルチホップ配送経路を無線センサノードの移動によって維持する手法が提案されている。[3]では、無線マルチホップネットワークに同時に存在する複数の無線マルチホップ配送経路に沿って配送されるデータメッセージ群による衝突の発生を、無線ノードの移動によって回避、低減する手法が提案されている。このように、ネットワークポロジを柔軟に変更することが可能な無線マルチホップネットワークでは、適切な無線ノード移動を実現することで、ネットワークの性能向上を実現することができる。なお、無線ノードの自律的な移動は、搭載されたモータによって車輪等を動かして実現するのが一般的である。工場等における自走車輛や農場における移動センサノード [5] 等の多様な移動無線ノードが研究開発されている。プロペラを搭載したドローンや翼を用いてはばたくオーニソプタ等も検討されている。

2 提案手法

2.1 落下/漂流速度変更手法

アプリケーションの要求に応じて無線ノードを移動し、ネットワーク構成を変更するトポロジ制御は、ブロードキャスト性を備えた無線通信を基礎とする無線マルチホップネットワークにおいて重要かつ有効な技術である。無線センサネットワークをはじめとする軽量、小型の移動無線ノードで構成される無線マルチホップネットワークでは、各無線ノードに搭載される電力源(電池)容量は限られており、継続的な電力供給源と

の接続を維持することも困難である。そこで、電力消費を低減する必要があり、無線ノードの移動においても極力省電力化することが期待される。無線ノードの移動には、通常、搭載されたモータ等の動力によるものが想定される。しかし、重力による落下や流水による漂流も、無線ノードの移動の有効な手段である。実際に、空中、水中、水面等の情報収集のための無線センサネットワーク構成において、重力、風力、河川の水流、海流等によって移動する無線センサノードの活用が検討されている [1, 2]。

本論文では、無線ノードは重力による落下や定期的な水流による漂流によって、ほぼ一定の速度で一定方向に移動する無線ノード群による無線マルチホップネットワークを想定する。このとき、ネットワークポロジを変更するには、無線ノードの移動速度を変更することが求められるが、小型で軽量の移動無線ノードの移動速度を簡易な機構で変更するために、本論文では「移動方向の速さのみを変更する」方法を用いる。これによるネットワークポロジの変更は限定的にはなるものの、図1のように、無線ノードの相対的な位置は多様に変更することが可能であり、ネットワークポロジ変更による効果を得ることができる。

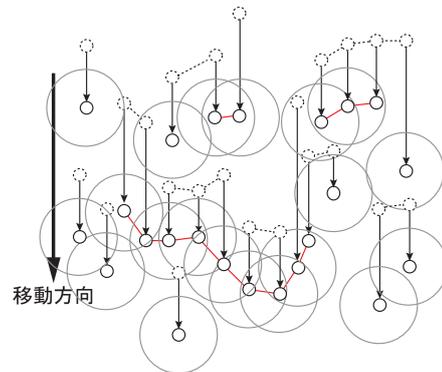


図1: 速さの変更によるネットワークポロジの変更

無線ノードの移動方向の速さは、無線ノードの形状を簡易な機構で変更することによって移動の推進力あるいは移動に対する抵抗力を変更することで実現できる。落下無線ノードでは、移動の推進力は重力であるため、これを随意に変更することは困難であるが、空気抵抗は無線ノードの形状の変更によって変更することができる。斜面を下りる無線ノードでは、路面や車輪等との摩擦力を変えることによって移動の速さが変更可能である。水流によって漂流する移動無線ノードでは、その形状を変更し、移動方向、すなわち、水流の方向に垂直な断面積を変更することで、水流から受ける推進力

を変更することで移動の速さを変えることができる。

2.2 落下無線センサノード

空中に散布され落下する無線センサノードの落下速度の変更手法として、(1)パラシュート型(図2(A)), (2)パラソル型(図2(B)), (3)プロペラ型(図2(C))を検討する。パラシュート型は、軽量で格納時の体積が小さなパラシュートを開くことによって大きな空気抵抗を受けられる点に優れているが、落下中にパラシュートを再利用することが困難である問題がある。また、パラシュートの開き方にバリエーションを与えることは難しく、柔軟な移動の速さの変更が実現し難い。パラソル型では、傘の開閉によって空気抵抗を変更し、落下の速さを変更する。傘の開き具合を変えることで、異なる空気抵抗を受けられることができるため、パラシュートと比較して柔軟な速さの変更が実現できる。空気の抵抗力によって傘をより大きく開くことが容易に実現できるが、傘を閉じるための機構の実現に工夫が必要とされる点の問題である。プロペラ型では、無線ノードに落下方向に軸を持つプロペラを搭載し、このプロペラの回転の可否を変更することで、移動の速さを変更する。回転の可否は、後述するように、回転を物理的に遮断する機構や大きな摩擦によって回転を困難にする機構によって簡易に実現することができる。また、複数のプロペラを搭載し、それらの回転の可否を変更することで、異なる速さの落下を実現することが可能である。

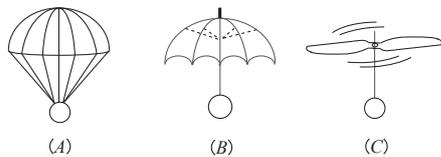


図 2: 落下型無線ノードにおける速さの変更手法

3 試作評価

本論文では、プロペラ型の落下無線センサノードを試作する。図3に4枚翼プロペラを2段搭載したプロトタイプを示す。プロペラ翼は3D設計ソフトウェアであるInventorにより設計した。1枚のプロペラ翼の大きさは50mm x 20mmである。また、2段のプロペラ間は19.2mm離れている。プロペラの回転の可否は、図4に示す形状記憶合金によるディスクブレーキ方式を用いる。ここでは、形状記憶合金に電流を流すことによって、翼の上部に取り付けたディスクブレーキが翼の上面に押し付けられ、翼の回転を停止させる手法である。

高さ4.8メートルから落下するプロペラを2段のプロペラを固定した場合、1段のプロペラを固定した場合、両プロペラを回転させた場合の落下速度を高速カメラで撮影し、測定した結果を表1に示す。これにより、プロペラを回転させることによって落下速度を低減することが可能であることが確認できる。

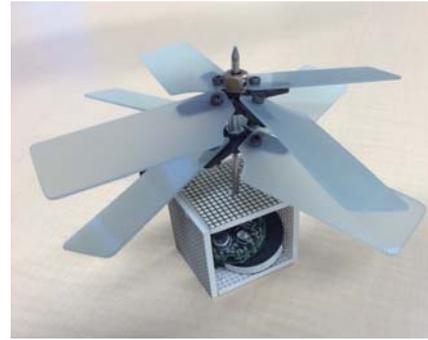


図 3: 落下型無線ノード (試作機)

表 1: 4枚翼2段のプロペラの落下速度

2段固定時 [m/s]	1段固定時 [m/s]	両段回転時 [m/s]
7.375	7.203	6.521

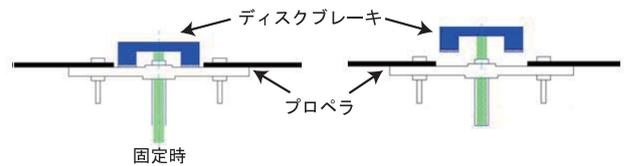


図 4: プロペラ回転制御機構

4 まとめ

本論文では、無線ノードの移動による無線マルチホップネットワークのトポロジ制御の有効性について述べ、移動に動力をとらなない落下型/漂流型移動無線ノードの適用を提案した。ここでは、無線ノードの形状を変更することによって他の無線ノードとの相対速度を変更し、これによってネットワークトポロジの変更を実現する。プロペラ型落下無線ノードを対象として、プロトタイプを試作し、プロペラの回転の可否によって落下速度が変更できることを実機実験により確認した。

参考文献

- [1] Ishihara, S. and Sato, D., "Active Node Selection in Flowing Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 6th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking, pp. 8-15 (2012).
- [2] 荒木, 荒明, 力石, 長瀬, "磁気センサとGPSによる海流測定システム," 電気学会論文誌, E, vol. 123, no. 10, pp. 450-451 (2003).
- [3] 伊佐野, 松垣, "隣接無線ノード移動による経路間衝突を回避した無線マルチホップ配送の接続性改善手法," 信学技報, Vol. 115, No. 210, pp. 7-12 (2015).
- [4] 平井, 小杉, 岡, 松垣, "観測 QoS と通信 QoS に基づく移動センサノードの自律的位置変更手法," 情報処理学会第71回全国大会論文集, no. 3, pp. 77-78 (2009).
- [5] 深津, "農業分野におけるセンサネットワーク技術の利用と課題," 電子情報通信学会誌, vol. 97, no. 8, pp. 688-694 (2014).