

無線センサネットワークにおける動的スリープ制御方式の提案

豊田 慎之介† 佐藤 文明‡

東邦大学大学院理学研究科情報科学専攻† 東邦大学理学部情報科学科‡

1. はじめに

無線センサネットワークにおけるセンサ端末の電源は多くの場合電池に依存しており、有限である。また、電池の交換にもコストがかかってしまうため、センサネットワークの運用には省電力化が不可欠である。筆者らは、ノードの隣接情報と電力の情報を用いて経路を構築し、クラスタヘッドでない一部のノードをスリープさせることにより、センサネットワークの省電力化を実現するクラスタリング方式を提案した。しかし、周辺のノード密度が低い場合においては、スリープするノードの割合が増え、領域カバー率を大きく損ない、逆に密度が十分に高い場合においても、1つのノードしかスリープすることができないという問題があった。そこで本稿では、周辺のノード密度に応じてスリープするノードの数を変更することでこれら問題の解決を図る。

2. 従来研究

筆者らは、ノードの隣接情報と電力残量の情報を用いて経路を構築し、クラスタヘッドでない一部のノードをスリープさせることにより、省電力化を実現するクラスタリング方式[1]を提案した。これを以下、従来手法と呼ぶ。

従来手法における経路の構築手順を述べる。まず、ラウンドの開始時に周囲のノードと Hello メッセージを 2 回フラグディングにより交換する。これにより、各ノードは 2 ホップ先までのノードの隣接情報、及び周辺ノードの電力残量の情報を得る。Hello メッセージの交換を終えると、電力残量が最も大きいノードは代表ノードに立候補し、クラスタヘッドの選出を行う。このとき、隣接する各ノード i に対して、代表ノードから 2 ホップで到達可能なノードと、 i の隣接ノード間のノード重複個数 c_i 、 i の電力 e_i 、及びすべての隣接ノード間の電力の平均 e_{ave} を用いて、

次の式(1)で評価値 v_i を計算する。

$$v_i = c_i * \left(\frac{e_i}{e_{ave}} \right)^W \quad (1)$$

ここで、 W は電力の重みを示す定数である。つまり、未到達ノードを多く含み、電力残量が大きいノードほど評価値 v_i は大きくなる。最も評価値が大きかったノードが次のクラスタヘッドに選ばれる。選ばれたクラスタヘッドも同様の手順で次のクラスタヘッドを選ぶ。このようにして階層的に経路を構築する。

経路の構築が終わると、クラスタヘッドに選ばれなかったノードは以下の 2 つの条件を満たした場合、このラウンドをスリープする。

- センシング範囲内に k 個以上他ノードが存在($k>0$)
- センシング範囲内に存在するすべてのほかノードと比較して、電力残量が最小

3. 提案するスリープ制御方式

従来手法では、ノードがスリープする際に周囲のノード密度に関係なく常に 1 つのノードしかスリープができない。このため、ノード密度が十分に大きい場合、本来スリープできるノードであってもスリープに移行できなくなってしまふ。また、密度が低い場合においては領域カバー率を大きく損なってしまうという問題がある。そこで、提案手法では周辺のノード密度によりスリープするノードの数を動的に変更可能にする新たなスリープ制御方式を導入することでこの問題の解決を図った。

提案手法におけるスリープ制御方式の詳細を述べる。従来手法同様に経路構築が完了すると、クラスタヘッドでないノード n はスリープに移行するかの判断を行う。まず、 n は自身のセンシング範囲内の他ノードの数 t_n を調べる。ここで、 t_n がしきい値 $k(k>0)$ に満たなければ n はスリープに移行しない。 t_n が k 以上だった場合、電力残量が小さい順に t_n/k 個までのノードを選択する。 n がこの中に選ばれれば n はこのラウンドをスリープする。これにより、ノードの密度に応じた動的なスリープノード数の変更を実現した。

Dynamic Sleep Control Protocol for Wireless Sensor Networks
†SHINNOSUKE TOYODA, Toho University, Graduate School of Science

‡FUMIAKI SATO, Department of Information Science, Faculty of Science, Toho University

4. 評価

提案手法の性能評価を行うため、シミュレーションにより従来研究と提案手法の比較を行った。比較方式として、LEACH[2], HEED[3], HIT[4], 従来手法を用意した。

シミュレーションの想定環境として、観測領域は 100m*100m とし、シンクは観測領域の中心から西に 175m の位置にあるものとする。また、ノードは観測領域内にランダムに配置し、移動はしないものとする。シミュレーションはすべてのノードが電力を使い果たすまで行い、ノード数 50, 100, 200 それぞれの場合についてシミュレーションを行った。

図 1 にそれぞれのノード数についてのノードの平均生存サイクル数のグラフを示す。

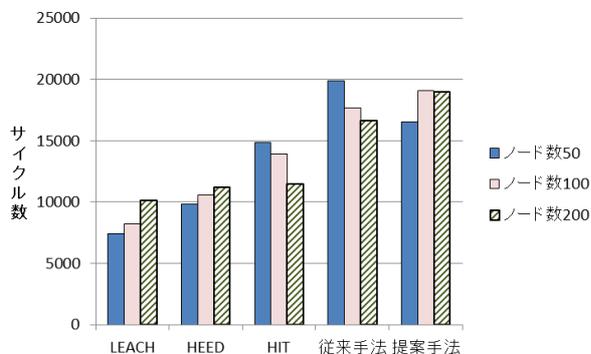


図 1 ノードの平均生存サイクル数

これを見ると、ノード数 50 の場合では従来手法より平均生存時間が下がってしまっているが、全体としては従来手法と同等のノードの寿命を得られることがわかる。

また、図 2, 図 3, 図 4 にそれぞれノード数 50, 100, 200 のときのサイクル数ごとの領域カバー率の推移のグラフを示す。

これらのグラフを見ると、提案手法ではいずれのノード数の場合でも領域カバー率をほとんど損なっていないことが分かる。特にノード数 50 の場合において従来手法と比べ顕著に差が出ていることがわかる。

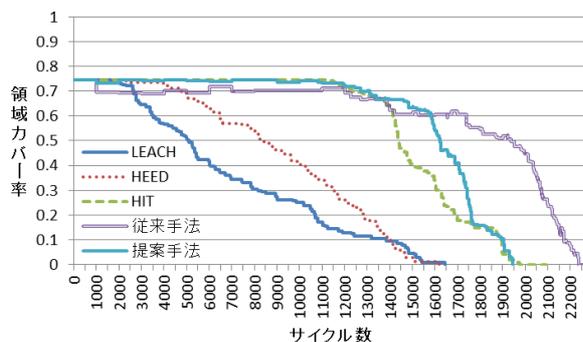


図 2 領域カバー率の推移 (ノード数 50)

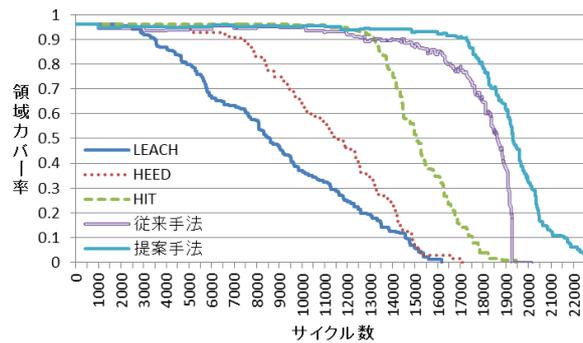


図 3 領域カバー率の推移 (ノード数 100)

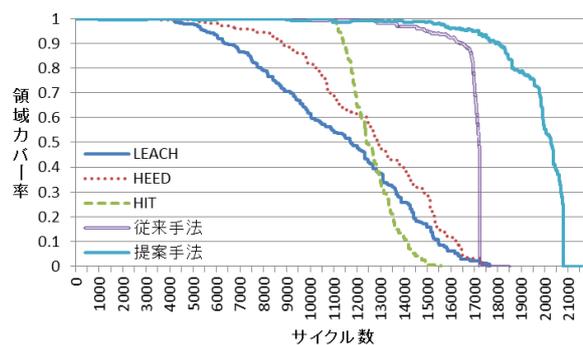


図 4 領域カバー率の推移 (ノード数 200)

これらの結果から、提案手法は領域カバー率を大きく損なわずにネットワークの寿命をのばすことが可能であるといえる。

5. おわりに

本稿では、周囲のノード密度に応じて動的にスリープするノードの数を変更する新たなスリープ制御方式を提案した。シミュレーションの結果、提案手法は従来手法よりもノードの密度に依存せず、領域カバー率をほとんど損なわずにネットワークの寿命をのばすことができた。

参考文献

- 1) 豊田慎之介, 佐藤文明: "無線センサネットワークにおける省電力クラスタリング方式の提案と評価", マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, (2012)
- 2) W.R.Heinzelman, A.Chandrakasan and H. Balakrishnan: "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 1-10, (2000).
- 3) O. Younis and S. Fahmy: "HEED: A Hybrid, Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad Hoc Sensor Networks", IEEE Transaction on Mobile Computing, vol.3, No.4, pp. 366-379, (2004).
- 4) B. J. Culpepper, L.Dung and M.Moh: "Design and Analysis of Hybrid Indirect Transmissions (HIT) for Data Gathering in Wireless Micro Sensor Networks", ACM Mobile Computing and Communications Review, vol.3, pp.61-83, (2004).