

# 複数のシンクを設置する無線センサネットワークにおける 二次電池の発電効率を考慮した通信経路構築について

武井 瑞月 神崎 映光

島根大学大学院総合理工学研究科

## 1 はじめに

無線センサネットワークでは、電池駆動のノードを設置することが一般的であるため、サービスを長期間提供するためには、ノードの省電力化が重要であり、そのための試みとして、データの集約管理を行うシンクを複数設置し、特定のノードに負荷が集中することを防ぐ研究が盛んに行われている[1]。また、省電力化とは異なるアプローチとして、センサノードに二次電池を搭載したノードを用いることで再充電が可能なノードを想定した研究も注目が高まっている[2]。しかし、複数のシンクが存在する環境において、二次電池を搭載したノードを用いて電力化を図る研究は、我々の知る限り存在しない。

本稿では、複数のシンクが設置された無線センサネットワークにおいて、二次電池を搭載したノードの発電効率を考慮し、システムを長期間に渡って運用可能とするデータ収集手法を提案する。提案手法では、残余電力、発電効率、ホップ数の情報に重みをつけることにより、特定のノードに負荷が集中することを防ぐことでネットワークの長寿命化を図る。

## 2 想定環境

観測対象となる領域に、多数のノードが密に設置されており、またシンクが領域内に複数設置されているものとする。シンク及びノードは、互いが無線通信範囲内に位置する場合に相互に通信可能である。各ノードは定期的にセンシングを行い、得られたセンサデータは、いずれかのシンクに送信できた場合に収集成功となるものとする。各ノードには、太陽電池などの二次電池が搭載されており、再充電が可能であるも

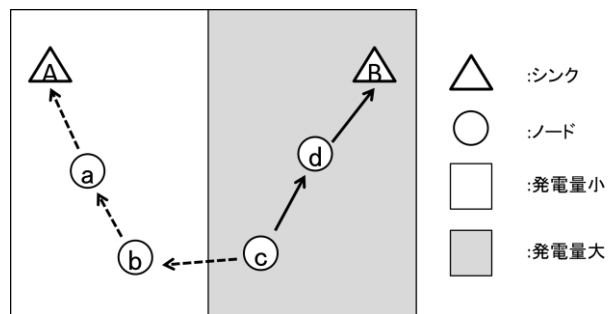


図1 経路変更の例

のとする。

## 3 提案手法

提案手法では、図1に示すように、シンクまでのホップ数が小さく、残余電力および二次電池の発電効率が良いノードを経由することが期待される経路でデータ収集を行う。具体的には、隣接ノード間において、各シンクまでの最短ホップ数、残余電力、および二次電池の発電効率に関する情報を共有する。データ収集時は、共有した情報に基づき、自身の保持するデータを転送する隣接ノードを決定する。

### 3.1 初期経路の構築

システム運用前に、まず各シンクが自身の存在を通知するパケットをネットワーク全体にフラッディングする。このメッセージには、送信元であるシンクの識別子およびシンクからのホップ数に関する情報を含んでおり、フラッディングが完了した時点で、各ノードは各シンクから自身までの最短ホップ数を記録できる。また、各ノードが発信したメッセージを通信範囲内に存在するノードが傍受することで、各ノードは全隣接ノードの識別子及び各シンクからの最短ホップ数を記録する。各ノードは記録している情報より、ホップ数が最も小さくなるシンクを送信先として決定する。これにより、初期経路が構築される。

### 3.2 データ収集

各ノードは観測したデータを収集し、シンクへと送信する。この時、送信ノードは自身の残余電力、最小ホップ数に関する情報をパケットに付与する。このパケットは送信先のノードだけでなく、通信範囲内に存在する他ノードも受信

On Communication Route Control Considering Power Generation Efficiency of Secondary Cell in Wireless Sensor Networks with Multiple Sinks

Mizuki Takei, Akimitsu Kanzaki  
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue, Shimane 690-8504, Japan

可能である。パケットを受信したノードは、自身の保有している隣接ノードの残余電力、最小ホップ数に関する情報を必要に応じて更新する。

### 3.3 経路の変更

各ノードは、更新された情報をもとに次式を用いて次データ収集周期における各ノードのデータ転送先を決定する。

$$P = \alpha \left( \frac{B_n}{B_{max}} \right) + \beta \left( \frac{R_n}{R_{max}} \right) + \gamma (H_{min} - H_{nm})$$

$$[\alpha + \beta + \gamma = 1] \quad (1)$$

ここで、 $B_n$ はノードの残余電力、 $B_{max}$ は電池容量、 $R_n$ 、 $R_{max}$ は現在の発電効率および最大発電効率、 $H_{min}$ は自ノードの最小ホップ数、 $H_{nm}$ は隣接ノードの最小ホップ数を示す。

これにより特定のノードに負荷が集中することを防ぐ。

## 4 評価

提案手法の有効性を検証するため、シミュレーション実験を行った。実験では、提案手法により、特定のノードに負荷が集中することを防ぎ、ネットワークの長寿命化ができるか検証するため、残余電力、発電量を考慮せず、ホップ数が小さくなるノードへと送信を行う単純手法との性能比較を行った。

### 4.1 評価環境および指標

実験では、1000m×1000mの対象領域に100個のセンサノードおよび2つのシンクをランダムに配置し、1,000回のデータ収集を行うシミュレーション実験を行った。センサノードの電池容量は1Jであり、1回のデータ送信に電池容量の $1.1 \times 10^{-4}\%$ の電力を消費し、受信に $1.0 \times 10^{-5}\%$ の電力を消費する。発電量の高い領域に存在するノードは1周期ごとに $2.0 \times 10^{-4}\%$ の電力を回復し、低い領域に存在するノードは $3.0 \times 10^{-5}\%$ 回復する。発電量は100周期ごとに変動するものとする。この試行を、センサノード、シンクの配置を変更しながら100回行い、各データ収集周期において電力を使い果たさず稼働していたノード数の平均値である平均生存ノード数を測定した。

### 4.2 評価結果

実験結果を図2に示す。結果より、送信先ノードの残余電力や発電効率を考慮しない標準手法と比較し、提案手法はより長時間にわたりノードが稼働し続けていることがわかる。

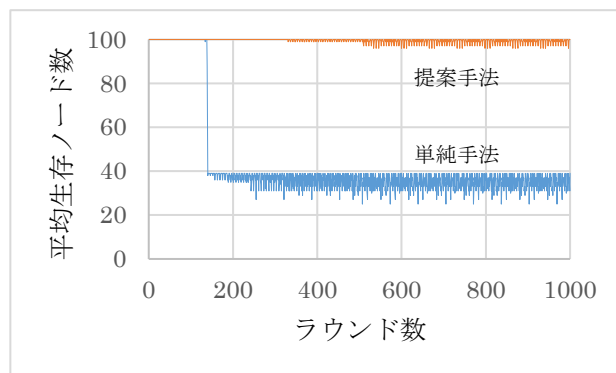


図2 実験結果

## 5 まとめと今後の課題

本稿では、複数のシンクが設置された無線センサネットワークにおいて、二次電池を搭載したノードの発電効率を考慮し、システムを長期間に渡って運用可能とするデータ収集手法を提案した。

今後は、シンクの最適な配置数の考察や、発電量の変化をより実際の環境に合わせた状態で実験を行い、手法の改良に向けた検討を行う予定である。

### 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(C)(16K07973)および東北大学電気通信研究所における共同プロジェクト研究によるものである。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- [1] H. Kim, Y. Seok, N. Choi, Y. Choi, and T. Kwon, "Optimal multi-sink positioning and Energy-efficient routing in wireless sensor networks," Proc. ICOIN 2015, pp. 264-274 (2005).
- [2] 伊尻雄太, 宮路祐一, 上原秀幸, "発電レートの地理的偏りがクラスター型無線センサネットワークの特性に与える影響," 情報処理学会研究報告(ユビキタスコンピューティングシステム 2015-UBI-45) (2015).