

マルチシンクセンサネットワークにおける 単方向型データ収集方式の提案

0681015 田中 篤史

指導教員： 屋代 智之 准教授

1. はじめに

無線通信機能を持つ小型のセンサノードで構成されるセンサネットワークは、特定の範囲でのデータ収集を低コストで行うことができるため、様々な分野での利用が期待されている。センサネットワークを実現する上で、重要な課題として最初に挙げられるのが省電力である。センサノードはバッテリー駆動であるため、その限られたリソースを効率良く利用する必要があり、特に、データ収集に伴う無線通信は、消費電力が大きく、それを抑制することは有効である。

センサネットワークでは「シンク」と呼ばれるネットワークを管理するノードへ向けて、各センサノードが無線マルチホップ通信を利用し、自身が観測したデータを送信することでデータを収集する。そのため、シンクに近いセンサノードほどデータ中継の頻度が高くなり、バッテリー枯渇が早期に発生する。よって、データ収集が不可能になる。その問題の解決策として、複数のシンクを利用することで、シンク付近に存在するセンサノードが行うデータ中継の回数を分散し、データ収集が可能な時間（ネットワーク生存時間）を長期化する方式が提案されている [1][2]。

本研究では、複数のシンクを有するセンサネットワーク（マルチシンクセンサネットワーク）において、一方のシンクから他方のシンクへ向けてデータ収集の要求と実行を同時に行うことで、データ収集に伴う通信量を抑制し、ネットワーク生存時間を長期化する方式を提案する。また、計算機シミュレーションを用いて、提案方式の有効性を評価する。

2. 関連研究

マルチシンクセンサネットワークにおけるデータ収集方式として、各センサノードがネットワーク内に複数存在するシンクの中から、自身に最も近いシンクを選択して、そのシンクへ向けてデータを送信する方式がある [1]。以後、この方式を NS (Nearest Sink) 送信方式と呼ぶ。NS 送信方式では、各センサノードが自身に最も近いシンクへ向けてデータを送信するため、シンクが単一であるセンサネットワークに比べ、センサからシンクまでのデータ中継の回数が少なくなり、データ収集に伴う通信量を抑制することが可能になる。よって、ネットワーク生存時間の長期化が見込める。

NS 送信方式によるデータ収集について説明する。まず、各シンクからデータ収集を要求するメッセージ

(以後、REQ と呼ぶ) をネットワーク全体へフラッシングする。REQ 内にはシンクからのホップ数が記憶されており、各センサノードは REQ を受信することで、各シンクまでのホップ数を把握する。そして、REQ の受信がトリガーとなって各センサノードは、自身が観測したデータを格納したメッセージ (以後、REP と呼ぶ) をホップ数が最小であるシンクへ向けて送信する。図 1 は各センサノード (図中の円) がシンク (図中の四角) へ向けて REP を送信している様子である。図中央の点線は各シンクからのホップ数の境界を示しており、点線の左にあるセンサノードはシンク A へのホップ数がシンク B へのホップ数よりも小さく、右にあるセンサノードはシンク B へのホップ数がシンク A へのホップ数よりも小さいことを表している。

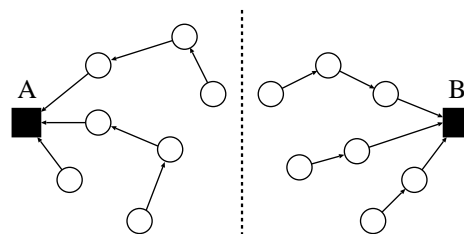


図 1: NS 送信方式におけるデータ収集の様子

3. 提案方式

3.1. アプローチ

NS 送信方式を始めとする、従来のデータ収集に伴う通信の方向として、

- シンクから各センサノードへ REQ を送信する方向
- 各センサノードからシンクへ REP を送信する方向

の 2 つが存在する。つまり、1 回のデータ収集は双方向で行われている。本研究では、一方のシンクから他方のシンクへ向けて、REQ と REP を同時に送信することで、単方向のみでデータ収集を行う方式を提案する。

3.2. 概要

各シンクは有線もしくは無線 LAN でネットワークを構成しており、シンク間の情報共有は容易にできるものと仮定した上で、提案方式におけるデータ

収集について説明する．各シンクは自身以外のシンクへ向けてREQをフラッディングする．各センサノードはREQを受信すると，REQに自身のREPを付加してから中継を行う．REQとREPの送信を同時に行うことにより，NS送信方式よりも通信量が抑制され，ネットワーク生存時間を長期化することが可能になると考えられる．図2は，シンクAからシンクBへ向けてデータ収集を行っている様子である．

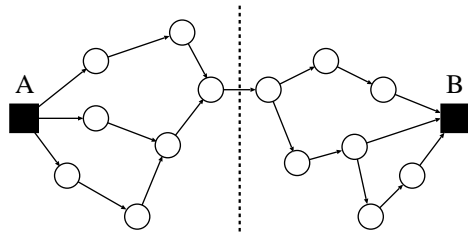


図 2: 提案方式におけるデータ収集の様子

4. 評価

提案方式の有効性を示すために，計算機シミュレーションを用いて評価を行う．評価を行うにあたり，以下の項目を定義する．

- データ到達率

データ到達率 D_a を式 (1) のように定義する．

$$D_a = \frac{D_r}{D_g} \quad (1)$$

D_g は単位時間あたりにすべてのセンサノードで発生したデータ数， D_r は単位時間あたりに各シンクが受信したデータ数の和である．本稿では，単位時間を 600 秒とする．

- ネットワーク生存時間

アプリケーションが要求するデータ到達率を維持している時間である．本稿では，データ到達率が 99%以上の時間とする．

ネットワーク生存時間の長期化を確認することができれば，センサノードの電力消費を抑制しつつ，ネットワークを維持していることになり，センサノードのバッテリーを効率良く利用していることになる．

5. シミュレーション

シミュレーションパラメータを表 1 に，シミュレーショントポロジを図 3 に示す．センサノード 100 個を 7m 間隔の格子状に配置する．これにより，各センサノードが 8 方向のセンサノードと通信可能になる．また，各センサノードは 60 秒毎に観測を行っているものとし，シンクからフラッディングされるREQの間隔は 300 秒とする．本稿では，NS送信方式とネットワーク生存時間を比較することで提案方式の有効性を評価する．

表 1: シミュレーションパラメータ

通信速度	250kbps
通信半径	10m
送信消費電流	17mA
受信消費電流	19.7mA

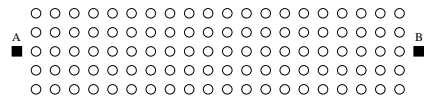


図 3: シミュレーショントポロジ

6. 結果

時間経過に伴うデータ到達率の推移を図 4 に示す．提案方式のネットワーク生存時間が NS送信方式に比べて長期化していることがわかる．また，提案方式のデータ到達率において，約 45%を維持している時間があることがわかる．これは，シンク付近に存在するセンサノードのバッテリー枯渇が NS送信方式よりも緩やかに発生しているためだと考えられる．

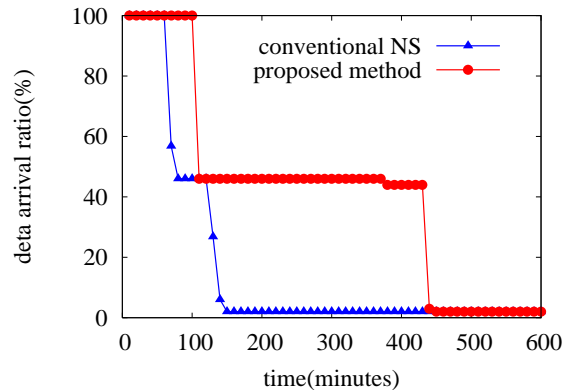


図 4: データ到達率

7. まとめ

本研究では，マルチシンクセンサネットワークにおいて，一方のシンクから他方のシンクへ向けてREQとREPを同時に送信することで，通信量を抑制するデータ収集方式を提案した．結果より，従来方式に比べてネットワーク生存時間が長期化することがわかった．このことより，提案方式は電力を効率良く利用してデータ収集を行っているといえる．

文献

- [1] E. Ilker Oyman, Cem Ersoy: Multiple-sink Network Design Problem in Large Scale Wireless Sensor Networks, Proc. ICC2004, Vol.6, pp.3663-3667(2004).
- [2] 大石忠央, 萬代雅希, 渡辺尚: ノードの負荷を考慮した複数シンクセンサネットワークの packets 配送方式について, DICOMO2007 論文集, Vol.2007, No.1, pp.957-965(2007).