

無線センサネットワークにおける複数シンクを用いた 負荷分散型ネットワークの構築

後藤 典[†]能登 正人[†]神奈川大学工学部電子情報フロンティア学科[‡]

1 はじめに

近年、無線通信技術の向上により通信機能を有する超小型センサを用いてネットワークを構築し、取得したデータをこのネットワークを介して交換・収集する無線センサネットワーク (WSN: Wireless Sensor Network) の研究が進められている。WSN は、大規模数のセンサノードを用いて広範囲をセンシングすることにより、状況の変化を検出して周囲に通知することができる。このような WSN が実現すれば、環境のモニタリングや災害救助活動の支援など様々なシステムへの利用が期待される。

WSN 実現のための重要な課題の一つとして、低消費電力動作が挙げられる。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る。WSN では、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。この時、シンクに近いノードほど他のノードの packets を多く中継し、より電力を消費する。そのため、シンク付近のノードのバッテリーが他のノードのバッテリーに比べて早期に枯渇し、観測データをシンクに届けることができなくなる。既存の研究では、データ収集に伴う無線通信は消費電力が大きいことから、それを抑制する研究が盛んに行われている [1]。また、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する手法がある。しかし、各ノードごとの負荷分散性は考慮されておらず、新たなデータ転送方式が必要となっている。

本研究では、複数シンクを用いた WSN における低消費電力動作について、複数シンクに到達するデータが均衡化されるような分散送信方式を用いることで、データ収集に伴う通信量を低減し、ネットワーク寿命を延長させる方式を提案する。

2 従来手法

複数シンク WSN 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。この方式は NS (Nearest Sink) 方式と呼ばれている。NS 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 WSN 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。NS 方式によるデータ収集では、まず、各シンクからホップ数が記憶されたメッセージ (REQ) をネットワーク全体へフラッディングする。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、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 (REP) をホップ数が最小であるシンクへ向けて送信する。

3 提案手法

各シンク同士は信頼のできる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。図 1 に提案手法の packets の流れを示す。

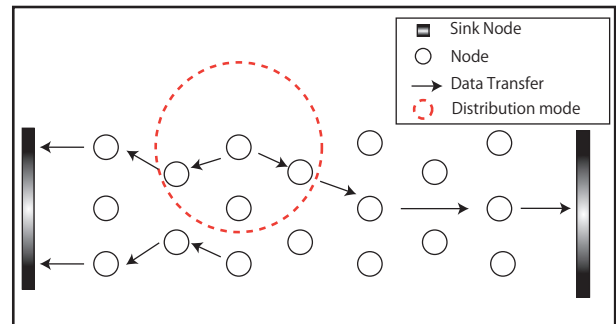


図 1: データ収集時の packets の流れ

まず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 を受信することで各シンクへのホップ数を知ることができる。このホップ数を基に、ノードは自身に最も近いシンクにデータを送信する NS 方式をとる。単位時間当たりに発生する全体のデータ量と、各シンクが受信するデータ量との比をとり、片方のシンクにデータが集中しているようであれば、分散送信方式に移行する。分散送信方式を採用の際に、ホップ数を重みづけの要素にすることで、自身に近いシンクに対してより大きな送信割合を割り当てる。

Construction of Load Distributed Network Using Multiple Sinks in Wireless Sensor Network

[†]Tsukasa Gotoh and Masato Noto

[‡]Department of Electronics and Informatics Frontiers, Kanagawa University

次に、各ノードの通信可能なノード数を重みづけの要素とする。通信可能なノードの数は、分散送信の選択肢の数となり、より負荷分散を効率化させるために用いる。これらの手法を用いて分散処理を行う。各シンクに届くデータ量を等しくし、各シンク近隣ノードのバッテリー枯渇が同時に起こすことで、ネットワーク寿命の延長を実現させる。

4 シミュレーション実験

提案手法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提案手法の評価を行った。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

$$D_a = D_r / D_g$$

- ネットワーク生存時間

全ノードからシンクへのデータ到達率

D_g は単位時間当たりすべてのセンサノードで発生したデータ数、 D_r は単位時間当たり各シンクが受信したデータ数の和である。

シミュレーションにあたり、本研究ではノードの配置はメッシュ状のものとする。また、2シンクモデルでは2つのシンクをメッシュネットワークの両端に、4シンクモデルでは4つのシンクをメッシュネットワークの4辺の中央に、それぞれNS方式にて選択されるノード数が等しくなるように配置した。また最初にランダムでノードのデータ発生量が多くなる範囲を指定し、データ発生量に偏りを持たせるようにした。シミュレーションパラメータを表1に示す。

表 1: シミュレーションパラメータ

	2シンク	4シンク
フィールドサイズ	150×150	150×150
ノード数	190	190
ノードの間隔	10[m]	10[m]
通信半径	15[m]	15[m]
シミュレーション時間	200[minute]	200[minute]

図2及び図3にシミュレーション時刻に対するデータ到達率の推移を示す。図2及び図3より、提案方式(PM)のネットワーク寿命がNS送信方式に比べて延長していることが分かる。図2では従来手法の場合データ到達率32~34%の期間がある。この期間は、片方のシンク付近のノードがバッテリー枯渇を起こしているが、他方のシンク付近のノードはバッテリー残量がある期間だと考えられる。一方、提案手法ではその期間があまりみられないことが分かる。提案手法ではデータ分散送信により、各シンク付近でのデータ通信量が等しくなるように分散送信することで、各ノードが短い期間でバッテリー枯渇を起こすからである。また、2シンクモデルと4シンクモデルを比較すると、シンク数を増やすことにより飛躍的にネットワーク寿命が延長されることが分かる。しかし、シンクの数だけ制御パケットが送られることになるので、制御パケットのオーバーヘッドが増加することが考えられる。

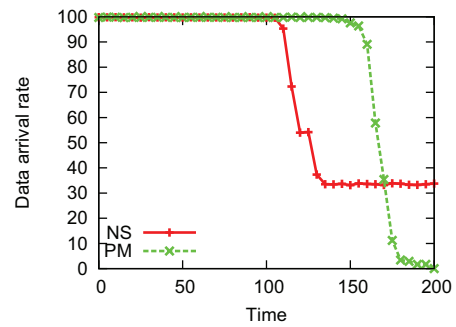


図 2: シンクを2つ用いた時のデータ到達率

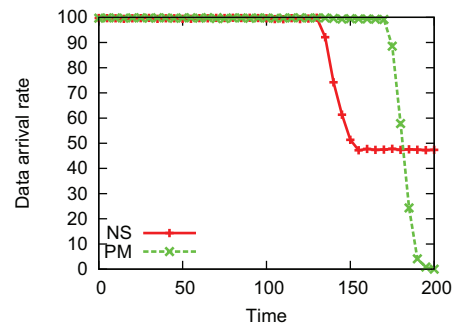


図 3: シンクを4つ用いた時のデータ到達率

以上の結果より、観測領域内にセンサノードをメッシュ状に配置した設定において、高いパケット受信率、及び低消費電力を実現しているという点で、従来方式よりも提案方式の方が有効であるといえる。また、提案手法では、観測データ発生量に偏りが存在するネットワークにおいて有効性を確認したが、ボトルネックトポロジーのようなネットワークに偏りが生じているトポロジーの場合にも、従来手法に比べて有効性が確認できた。これは、分散送信処理に、隣接するノード数を重みづけとして加えているため、ネットワークトポロジーの変化に強くなったと考えられる。

5 おわりに

本研究では、複数シンク WSN において、観測データおよびノードの通信状況に応じてパケットを複数のシンクに分散送信する手法を提案した。計算機シミュレーションにより、2シンクモデル、4シンクモデルで提案手法の性能を評価し、NS送信方式と比較してネットワーク寿命を延長することを確認した。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えていることが分かる。シンクの最適な配置数に関しては今後の課題とする。

参考文献

[1] 福原毅朗, 川合祐司, 増田直樹, 笹瀬 巖: センサネットワークにおける冗長 ACK 受信削減による低消費電力フラッディングアルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J92-B, No. 5, pp. 831-839 (2008).