

## 無線センサネットワークにおける ネットワーク長寿命化のための負荷分散方式の提案

Load Distribution Method for Prolonging Network Lifetime in Wireless Sensor Networks

後藤 典†

Tsukasa GOTO

能登 正人†

Masato NOTO

### 1. はじめに

近年、ユビキタス情報化社会を発展させる重要なネットワーク技術として、無線センサネットワーク (WSN: Wireless Sensor Networks) に注目が集まっている。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が可能であり、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1つとして、シンク付近のノードやボトルネックノードに通信負荷が集中する問題がある [1]。

本研究では、ノード分布に偏りのある無線センサネットワークにおける省電力化を目的とした、ネットワーク長寿命化手法を提案する。提案手法は、近接ノードの残余電力減少率及び近接ノードからのパケット受信状況を基に、負荷集中ノードを経由するルーティングを制限させる。各ノードの中継負荷を分散することで負荷の高いノードの消費電力を抑制し、負荷集中ノードとシンク付近のノードの負荷を均衡化させる。

### 2. 従来手法

WSN では、センサノードのバッテリー量が限られているため、稼働時間に限界がある。このため、各ノードの負荷分散を目的とした省電力化の研究が行われている。負荷分散に有効な手法として複数シンクを用いる方式がある。複数のシンクを利用することで、シンク付近のノードの負荷を分散させることが可能となる。この複数シンク WSN における方式として、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、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をネットワーク全体へフラディングする。各センサノードはメッセージを受信することで、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ホップ数が最小であるシンクへ向けて送信する。しかし、既存の研究では、単に最小ホップルーティングに残余電力を考慮しただけのものとの違いが明確にされていない。また、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を考慮していないという問題がある。

### 3. 提案手法

提案手法におけるデータ収集の概略について説明する。図1に提案手法のパケットの流れを示す。本研究で提案する手法は、ネットワーク寿命延長のために、シンクノードへのデータパケットの負荷分散を行う。負荷分散にあたって、本提案手法では、分散送信移行処理、分散評価値決定処理の2つの処理を行わしている。

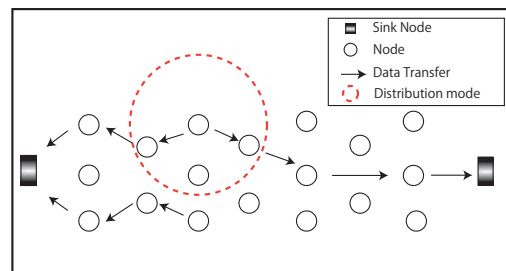


図1: データ収集時のパケットの流れ

#### ● 分散送信移行処理

分散送信移行処理では、まず、ボトルネックノードのような負荷が集中しているノードを検出し、そのノードの電力消費速度を近接ノードと比較し、負荷集中度合を求める。また、各シンクが受信するデータ数との比をとり、片方のシンクに到達するデータが集中しているようであれば、分散評価値決定処理に移行をする。分散送信移行ノードの決定はノードごとに行わせる。

#### ● 分散評価値決定処理

分散評価値決定処理移行後、各ノードは以下の4つを評価値決定のための重みづけ要素にする。

- 各シンクへのホップカウント数
- 自身の全近接ノード数と自身に最も近いシンクの方向にある近接ノード数
- 自身の電力消費速度
- 負荷集中ノードからのホップカウント数

† 神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻, Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

このうち、(c)は、ある期間の自身の電力消費速度を、自身の残余電力減少率から求めるものである。(d)では、分散評価値決定の際に、負荷集中ノードをNSエリアに持つシンクを選択する場合において、分散送信をやめさせるかどうかの判断を行っている。負荷集中ノードを無闇に分散経路に加えることは、返って効率の悪化につながると考えられる。よって負荷集中ノードからのホップ数に応じて分散評価値を更新する。これらの手法を用いることで、ノードの中継負荷の分散と最も負荷の高いノードの消費電力抑制を適宜行い、各シンク近隣ノード及び負荷集中ノードの電力消費速度を等しくさせ、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

提案手法がノード分布に偏りを持つネットワークにおいて有効であることを示すために、計算機シミュレーションを用いてNS方式、提案手法を比較評価する。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

$D_g$  は一定時間当たりすべてのセンサノードで発生したデータ数であり、 $D_r$  は一定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おいて、本研究ではボトルネックトポロジーを用意し、用いるシンクの数はいくつかとしている。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。

図2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3にはボトルネックリンクになっている特定のノードの電力消費特性を示す。またこれらの図において、NS (Nearest Sink 方式) は従来手法であり、PM (Proposed Method) は提案手法を意味する。

図2では、提案手法のネットワーク寿命がNS方式に比べて延長していることが分かる。これは、提案手法では、ホップカウントのみで宛先シンクを決定しておらず、ボトルネックリンクになっているノードに分散送信の負荷がかからないように、近接ノード数を考慮した分散評価値を定めるため、効率のよい分散送信が行われたと考えられる。

図3は、ボトルネックリンクになっている2つのノードの消費電力特性を表したものである。この結果をみる

表1: シミュレーションパラメータ

フィールドサイズ [m]	100×100
ノード数	60
ノードの間隔 [m]	10
通信半径 [m]	15
シミュレーション時間 [minutes]	700
データ発生量 [byte]	32,256

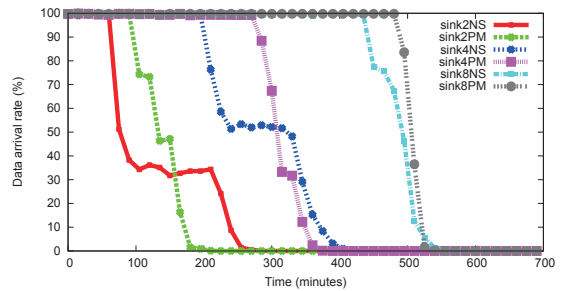


図2: シンクを複数用いた時のデータ到達率

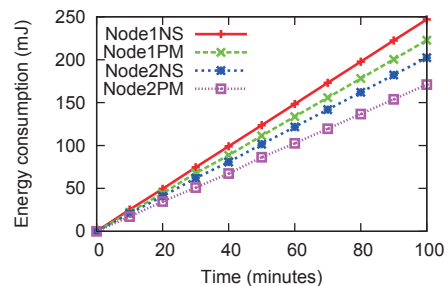


図3: 消費電力特性

と、提案手法の方がノードの消費電力が少なく、効率の良い通信をしていることが分かる。提案手法では、ボトルネックリンクになっている個所を、無闇に通信させないことにより有効性が見られたと考えられる。

以上の結果より、ネットワークに偏りが生じているトポロジーにおいて、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手法の方が有効であるといえる。これは、分散送信処理に、隣接するノードの数及び電力消費状況を重みづけとして加えていることや、分散処理をあえて行わせないような処理を用いているため、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、観測データ量及び近接ノード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、複数シンクボトルネック型モデルで提案手法の性能を評価し、NS方式と比較してネットワーク寿命の延長を確認した。このことより、提案手法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。今後の課題は、シンクの最適な配置数及び配置位置に関して検討する。

#### 参考文献

- [1] 福原毅郎, 川合裕司, 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 (2009).