

無線センサネットワークにおける スリープ制御とデータ補間を用いた通信量削減について

近藤 真也† 神崎 映光‡ 原 隆浩‡ 西尾章治郎‡

†大阪大学工学部電子情報工学科

‡大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻

1 はじめに

無線センサネットワーク(以降, WSN)では, ノードの消費電力抑制のため, 通信量の削減が効果的であることが知られている. 筆者らの研究グループでは, WSN 内の通信量を削減する手法として, ODAS(Overhearing based Data Aggregation method using Spatial interpolation)を提案している [1]. ODAS では, データの空間的相関性を考慮したデータ発信の抑制により, ネットワーク内の通信量を削減する. しかし ODAS では, データを発信しないノードが多数発生するにも関わらず, 全てのノードがネットワークに参加し, 通信を行うため, 無駄な電力を消費してしまう. また ODAS では, 観測領域のデータ分布によっては, ノードごとにデータの発信頻度が大きく異なり, センサノードの消費電力に偏りが生じてしまう可能性がある.

そこで本研究では, WSN におけるさらなる通信量の削減と, 消費電力の均一化を実現する手法を提案する. 提案手法では, ネットワーク内の一部のノードを休止状態とするスリープ制御手法を ODAS に適用し, 余分なノードの起動を抑制することで, ネットワーク全体の消費電力をさらに削減する. また, 起動状態および休止状態の推移を, 各ノードの残余電力に基づいて行うことで, WSN 内の消費電力を均一化する.

2 提案手法

提案手法では, ノードを密に配置し, 領域全体を定期的にセンシングするアプリケーションを想定する. このようなアプリケーションでは, 全ノードが一定間隔(以降, サイクル)ごとに一斉にセンシングを行い, その結果を基地局に向けて発信する. 各ノードは, 全ノード共通の通信範囲をもち, 自身の通信範囲内に存在する全ノードの識別子および位置情報を把握しているものとする. また, 通信範囲とは別に観測範囲をもち, この半径も全ノードで共通であるものとする.

On a Traffic Reduction using Sleep Scheduling and Spatial Interpolation in Wireless Sensor Networks

†Shinya KONDO

†Div. of Electrical, Electronic and Information Eng., Osaka Univ.

†kondo.shinya@ise.eng.osaka-u.ac.jp

‡Akimitsu KANZAKI, Takahiro HARA, Shojiro NISHIO

‡Dept. of Multimedia Eng., Grad. Sch. of Information Science and Technology, Osaka Univ.

‡{kanzaki, hara, nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

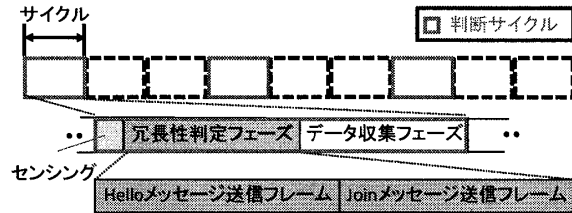


図 1: 提案手法概要 ($f=3$ の場合)

提案手法の概要を図 1 に示す. 提案手法では, 一つのサイクルを冗長性判定フェーズ (RDP) とデータ収集フェーズ (DGP) の二つのフェーズから構成する. RDP では, いくつかのノードがデータを発信し, このデータを傍受したノードが, 傍受したデータを用いて自身のデータが冗長 (近隣ノードのデータから予測可能) かどうか判定する. 判定には, 傍受したデータから導出される平面に基づく補間処理を用いる. この結果, 自身のデータが冗長であると判定した場合は, そのノードはデータ発信を停止する. DGP では, RDP において発信されたデータを, 基地局に収集する.

また, 提案手法では, f サイクルに一度, ノードの状態を決定するサイクル (判断サイクル) を設ける. 判断サイクルでは, 文献 [2] のスリープ制御に基づき, 領域内の任意の場所が一つ以上のノードの観測範囲に含まれる (被覆される) ように, ノードの配置密度を調整する. その際, ノードが起動する必要がある (ない) 状態を, Eligible (Ineligible) と定義し, Ineligible となったノードを休止状態に移行させる. 一方, 判断サイクル以外のサイクルでは, 直前の判断サイクルで起動状態となったノードのみがネットワークに参加する.

以降, 判断サイクルにおける動作の詳細を述べる.

2.1 冗長性判定フェーズ (RDP)

判断サイクルにおける RDP では, 全てのノードが起動状態に推移し, 以下に示す二つのフレームにおいてメッセージを交換する. なお, 本フェーズで交換されるメッセージには, 送信ノードの識別子および残余電力に関する情報を含む.

Hello メッセージ送信フレーム: 前サイクルまで起動状態にあった全ノードが Hello メッセージを送信する. Hello メッセージを傍受したノードは, 送信元が起動状態であることを認識すると同時に, 自身の観測範囲の

うち、送信元に被覆されている範囲を認識する。本フレーム終了後、各ノードは、傍受した Hello メッセージに基づき、自身の観測範囲全体が近隣ノードにより被覆できている場合、自身が Ineligible であると判断する。ここで、各ノードは、傍受した Hello メッセージのうち、自身より残余電力が小さいノードが発信したものは破棄する。

Join メッセージ送信フレーム: 自身が Eligible であり、休止状態から起動状態へ遷移することを決定したノードが、Join メッセージを送信する。また、Join メッセージを傍受したノードは、自身が Eligible か再判定する。

2.2 データ収集フェーズ (DGP)

DGP では、RDP で発信されたデータのみを基地局に収集する。このとき、起動状態から休止状態へ遷移することを決定したノードは、データパケットに Withdraw メッセージを付与する。Withdraw メッセージを傍受したノードは、送信元ノードが休止状態に移行することを認識し、自身の Eligibility を再判定する。

2.3 タイマの設定

提案手法では、ノードの残余電力を考慮するため、起動状態および休止状態に遷移するまでの一時的な状態である JOIN 状態、および WITHDRAW 状態を定義する。起動 (休止) 状態にあるノードは、自身が Ineligible (Eligible) である場合、即座に休止 (起動) 状態に推移せず、WITHDRAW (JOIN) 状態に遷移し、自身および近隣ノードの残余電力に基づき、以下に示すタイマ $T_w(T_j)$ を設定する。

$$T_w = \lceil T_w(0) * \rho \rceil, \quad T_j = \lceil \frac{T_j(0)}{\rho} \rceil,$$

$$\rho = \frac{\text{自身の残余電力}}{\text{近隣ノードの中で最大の残余電力}}$$

タイマを設定した各ノードは、設定したタイマと等しいサイクル数だけ WITHDRAW (JOIN) 状態を維持し、その後休止 (起動) 状態に遷移する。

3 性能評価

提案手法の性能を評価するため、シミュレーション実験を行った。実験では、100[m] × 100[m] の二次元領域に、ランダムにノードを配置した。データ分布には図 2 に示す分布を用い、各ノードの消費電力は表 1 で表わされるものとした。また、ノードの通信範囲および観測範囲の半径は、それぞれ 10[m], 5[m] とした。

まず、 $f = 10$ としたときの、RDP におけるサイクルあたりの消費電力の総和を図 3 に示す。結果から、提案手法における消費電力が ODAS を下回っており、特にノード配置が密な環境において、ノードの消費電力を効果的に削減できることがわかる。

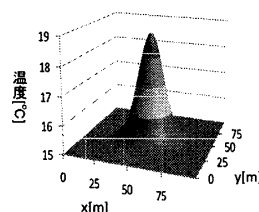


図 2: データ分布

表 1: 消費電力モデル

処理	電流 [mA]
パケット発信	22
パケット受信	22
受信待ち状態	2
休止状態	0.15

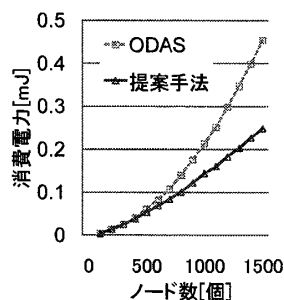


図 3: 消費電力

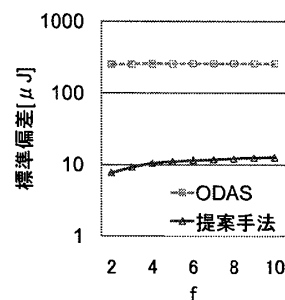


図 4: 残余電力の標準偏差

次に、ノード数を 600 としたときの、500 サイクル経過後の全ノードの残余電力の標準偏差を図 4 に示す。図の横軸は f を表す。結果から、残余電力を考慮する提案手法では、ODAS と比べて、残余電力の偏りを抑制できることがわかる。また、 f を小さくすると、さらに偏りが減少することがわかる。

4 おわりに

本研究では、WSN におけるスリープ制御およびデータ補間を利用した通信量削減手法を提案した。また、性能評価を通して、ネットワークに参加するノード数を抑え、消費電力を削減できることを確認した。

提案手法では、スリープ制御によって、各サイクルで起動状態となるノードが動的に変化する。今後は、起動状態のノードのみで効果的に基地局までデータを収集する方法について検討する。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金・特定領域研究 (18049050) および総務省委託研究「ユビキタスサービスプラットフォーム技術の研究開発」による成果である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Iima, Y., Kanzaki, A., Hara, T., and Nishio, S.: Overhearing-based Data Transmission Reduction for Periodical Data Gathering in Wireless Sensor Networks, *Proc. DMIEW'09*, pp. 1048–1053 (2009).
- [2] Leibnitz, K., Abeyweera, I., Wakamiya, N., and Murata, M.: A Heuristic Approach for K-Coverage Extension with Energy-Efficient Sleep Scheduling in Sensor Networks, *Proc. TAIS'08*, No.43 (2008).