

センサネットワークにおける 通信傍受と空間的補間を用いた通信量削減について

飯間 悠樹† 神崎 映光† 原 隆浩† 西尾 章治郎†

†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（以下 WSN）のサービスを実現するためには、センサノード（以下ノード）の省電力化が重要である。WSN の主要な応用領域の一つである観測アプリケーションは、観測領域全体の定期的な情報収集を必要とすることが多い。その場合、単純に全ての観測データ（以下データ）を送信しては、ノードの電力消費が激しい。一方、観測アプリケーションの観測対象には一般に空間的相関性があるため、冗長なデータの発信を抑えることで、ノードの消費電力を大幅に抑制できるものと考えられる。

WSN における通信量削減に関する研究は、これまでも数多く行われている。文献 [2] では、データの分布を回帰近似し、近似結果のパラメータだけを送信する手法が提案されている。また、文献 [1] では、データが持つ様々な相関性を基に構築した統計モデルを用いてデータの冗長性を判断し、通信量を抑える手法が提案されている。しかしこれらの手法では、通信量削減のために、冗長な情報を含むデータを WSN 内で交換する必要がある。

そこで本研究では、ノードの無線通信を近隣ノードが傍受できることに着目し、冗長な情報交換なしに通信量を削減する手法を提案する。提案手法では、傍受した近隣ノードの情報を基に、空間的相関性の観点から見て冗長なデータを持つノードのデータ発信を抑える。これにより、電力消費の大きい処理の一つであるデータ送信の冗長性を低減でき、WSN 全体の電力消費を抑えることができる。さらに本稿では、シミュレーション実験によって提案手法の有効性を示す。

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観測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、一般に、全ノードが、一定間隔ごとに一斉にセンシングを行い、その

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

†Yuuki IIMA, Akimitsu KANZAKI, Takahiro HARA, Shojiro NISHIO

†Department of Multimedia Engineering, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

†{iima.yuuki, kanzaki, hara, nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

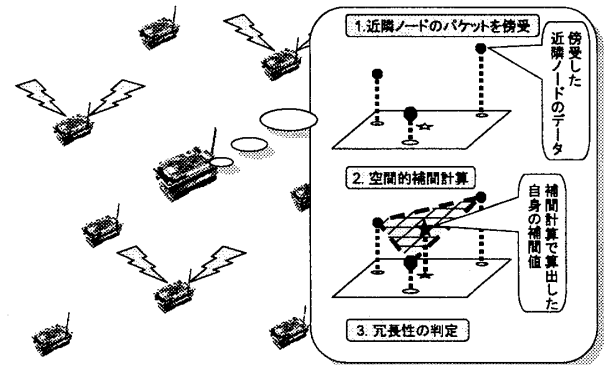


図 1: 通信傍受と空間的補間による冗長性判断の概要

結果を基地局に向けて発信する。また、センシング対象としては、気温や湿度などの、空間的相関性があるものを想定する。

提案手法の概要を図 1 に示す。各ノードは、周辺の通信を傍受することにより、近隣ノードの発信したデータを収集する。その後、複数の近隣ノードから得たデータを基に空間的補間計算を行い、自身の存在位置におけるデータの補間値を算出する。ノードは、算出した補間値と自身がセンシングした値との差が、予め指定された閾値よりも小さければ、自身のデータを冗長と判断し、その発信を行わない。

ここでデータを発信しなかったノードのデータは、そのノードが行った補間処理を基地局などが再現することによって算出できる。これにより、最終的に得られる結果は、実際の観測結果との誤差が閾値未満となることが保証される。提案手法では、センシングの間隔ごとに、上記の処理を行う。

2.1 データ発信スケジューリング

センシングを行ったノードは、乱数時間だけ待機する。そして、近隣ノードからのデータ発信を傍受することなく待ち時間が終了すると、自身のデータを発信する。一方、待機中に近隣ノードのデータ発信を傍受した場合は、次式を用いて待ち時間を再計算し、継続して待機する。この処理は、ノードが新しい近隣ノードのデータ発信を傍受するたびに繰り返し行われる。

$$W = T / |v - \hat{v}| \quad (\text{if } |v - \hat{v}| > E) \quad (1)$$

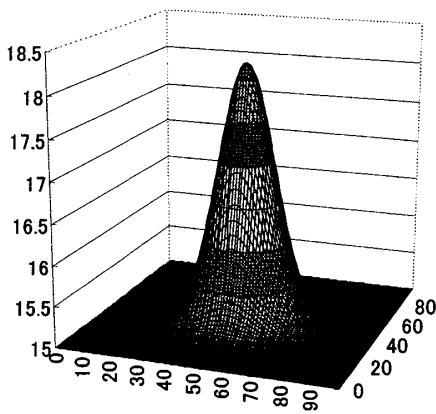


図 2: データ分布

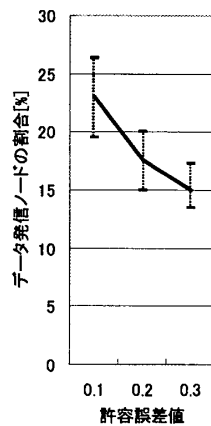


図 3: データ発信ノードの割合

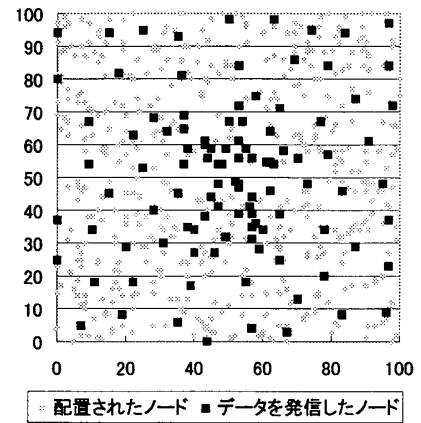


図 4: データ発信ノードの様子 (許容誤差値 0.2)

上式において T は定数, v はノードがセンシングした値, \hat{v} は次節で述べる補間計算によって算出した自身の存在位置における補間値, E はシステムによって指定された許容誤差範囲である. この式を用いることによって, 補間値との差が大きいデータを観測したノードほど早くデータを発信する.

2.2 空間的補間計算

各ノードは, データを傍受した近隣ノードから, 自身からの距離の総和が最小となるような 3 ノードを選択する. そして, それらの発信したデータから線形補間を行い, 自身の補間値を得る. データを発信した近隣ノードの数が三つ未満の場合は, 最近傍の近隣ノードが発信したデータを自身の補間値とする.

3 評価実験

提案手法におけるデータ発信ノードの削減量を検証するため, シミュレーション実験を行った. 実験では, $100[m] \times 100[m]$ の 2 次元平面上に, 600 個のノードをランダムに配置した. 各ノードの無線通信範囲は半径 $10[m]$ とした. センシング対象となるデータ分布は, 座標 $(50, 50)$ が頂点となる, 値域 $[15, 18.5]$, 分散 10 の 2 次元ガウス分布として生成した (図 2). 以上の環境において, 許容誤差値 E の値を 0.1 から 0.3 まで変化させ, データを発信したノード数の割合を, ノードの配置を 100 回変えて測定した.

実験結果を図 3 に示す. このグラフより, 提案手法によって, データを発信したノードの数を大幅に削減できていることが分かる. また, 許容誤差値を増やすことによって, データを発信したノードの数をさらに削減できることが分かる.

図 4 に, 許容誤差値を 0.2 に設定した場合の, デー

タを発信したノードの分布を示す. この図から, 分布の変化が激しい中央部分では多くのノードがデータを発信しているが, 変化が少ない周辺部分では, データを発信するノードの数が抑えられていることが分かる.

4 おわりに

本研究では, WSN における通信傍受と, 空間的補間処理とを利用することで, 冗長なデータの発信を抑制する手法を提案した. また, シミュレーション実験によってデータを発信したノードの数を評価し, 提案手法の有効性を検証した.

今後は, ノードが発信したデータを基地局に集約するための効果的なルーティング手法について検討する. また, 線形補間以外の補間手法を適用することについても検討する. さらに, 空間的相関性だけでなく, 時間的相関性の利用も検討する.

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) の研究助成によるものである. ここに記して謝意を表す.

参考文献

- [1] Chu, D., Deshpande, A., Hellerstein, J. M. and Hong, W.: Approximate Data Collection in Sensor Networks using Probabilistic Models, In *Proc. of ICDE '06*, pp. 48–59 (2006).
- [2] Guestrin, C., Bodik, P., Thibaux, R., Paskin, M., and Madden, S.: Distributed Regression: an Efficient Framework for Modeling Sensor Network Data, In *Proc. of IPSN '04*, pp 1–10 (2004).