

省電力センシングにおけるデータ均質性の向上

高橋 佑吾[†]廣津 登志夫[†]法政大学大学院情報科学研究科[†]

1 はじめに

近年、ユビキタス社会を支える技術としてセンサネットワークが注目されている。センサネットワークは大量の小型センサノードがネットワークを構築し、環境情報を観測するものである。一般的にセンサネットワークを構成するセンサノードは、センシング機能、無線通信機能、データ演算機能を有し、バッテリーで稼働するため、有線ネットワークや電源などの設備を必要とせず、設置場所の制約が少ない。一方、バッテリーで稼働することから、稼働時間が有限という制約を抱えている。センサネットワークは多数のセンサノードから成り設置場所も自由度が大きいことから、そのバッテリーを頻繁に行うことは困難である。そのため情報収集の際に電力消費をできるだけ抑制し、メンテナンスなしで長時間の観測が可能な手法が必要である。

電力消費の抑制のためにはセンサの稼働を抑えることが重要になる。そこで、全てのセンサが一定の間隔でセンシングするのでなく、近傍の環境情報の相関が高い場合に、個々のセンサノードがセンシングの頻度を落とし、センサネットワーク全体でみると一定の質の情報収集を行う事を考える。本研究では観測値の相関が高いセンサノードがクラスタを形成し、互いに協調してセンシングタイミングを調整することにより、センシングに伴う消費電力を抑えつつ、収集データの質を維持する手法を提案する。

2 関連研究

センサノードの電力消費を抑えるために主に次のような手法が挙げられる。

- (1) センサノード間の無線通信距離の短縮
- (2) 送受信する情報量の削減
- (3) センシング回数の削減

これらの手法については多くの研究がなされている。

LEACH[1]は近隣のセンサでクラスタを構成し、その中の代表となるクラスタヘッドがクラスタ内の観測値を集約しベースステーションに送信する。個々のセンサノードがベースステーションに送信するより総和としての通信距離が短縮されることから全体としての電力消費が抑制される。

CAG[2]は近隣のセンサノードの間で環境情報の誤差が閾値以内だった場合クラスタを形成し、クラスタヘッドのみが環境情報を送信することにより、情報量を削減し電力消費を抑えている。

Galperti らの研究[3]では FFT を用いてサンプリング周波数を制御する手法を提案している。センサノードはそれぞれ環境情報をベースステーションに送信し、ベースステーションにおいて FFT を行い、適切なサンプリング周波数を求める。そしてベースステーションが各センサノードにサンプリング周波数を通知し、制御することで、センシング回数を抑えている。

西谷らの手法[4]では環境変動に応じてセンシング間隔を制御することでセンシング回数を抑制し、電力消費を抑えるアルゴリズムを提案している。これは環境変動が少ないとき一定間隔でセンシングを取る必要がないことを検知し、環境変動が少なければセンシングを祖に、逆に環境変動が多ければセンシングを密にすることで、センシング回数を減らしながら精度の高いデータを取得する手法である。

3 提案手法

一般的なセンサネットワークはすべてのセンサノードが一定のセンシング間隔で環境情報を取得し、ベースステーションに送信する。そのためすべてのセンサノードで一定の精度を持った環境情報を取得することができる。しかし、時間的な変動が少ない場合や空間的多様性（場所ごとに観測される値が異なること）が見られない場合、前後の時間で観測したデータや隣接するセンサノードの観測データから推測することができると考えられる。西谷らの方法は、時間方向の特性に着目して、各ノード個体でセンシング頻度の調整を実現したものである。本研究では空間方向の類似性に着目し、近傍のノード間での協調により系全体のセンシング頻度の抑制を図る。

ここでは、それぞれのセンサノードが近傍のセンサノードの観測データを受け取り、自身のデータとの相関を調べることでクラスタを形成する。そして、クラスタ内でタイミングをずらしながら、各センサのセンシング頻度を抑制する。これにより、それぞれのセンサノードのセンシングの頻度を減らしても、一定の質を保った環境情報収集を行うことができる。また全てのセンサノードが環境情報を観測するため、相関の起こり方に変化があった場合でも、素早く対応することができる。この提案手法はクラスタ形成処理とタイミング制御処理から構成される。

3.1 クラスタ形成処理

クラスタ形成処理では相関関係を持つセンサノードが自律的にクラスタを形成する。相関関係の把握のために各センサノードは近隣のセンサノードの環境情報送信パケットを定期的に傍受し、バッファに保存する。その後相関係数を求め相関関係を調べる。クラスタ形成にあたり各センサノードは大きく3つの状態を持つ。

Improved homogeneity in power-saving sensing

[†] Yugo Takahashi and Toshio Hirotsu

[†] Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University

- (1) 親：クラスタの代表
- (2) 子：クラスタに所属するノード
- (3) 単独：クラスタに所属しないノード

単独ノードは他の単独ノードと親ノードを対象に観測データの相関関係を調べる。相関関係はバッファに保存した、過去一定期間のデータから相関係数を求めることで行う。単独ノードとの間で相関が見つかった場合新しいクラスタを形成する。親ノードとの間で相関が見つかった場合にはクラスタへの加入要請を送る。

子ノードは所属するクラスタの親ノードとの相関関係を調べ相関関係が保たれていない場合、クラスタ離脱要請を送り、単独ノードとなる。また自身のクラスタよりも所属ノード数の大きいクラスタの親ノードとの相関関係を調べ、相関があった場合、離脱した後に、大きいクラスタへ加入する。

親ノードはクラスタへの加入、離脱の信号を処理し、クラスタに所属するノードの情報を保持する。所属する子ノードがいなくなった場合、単独ノードになる。

3. 2 タイミング制御処理

タイミング制御処理ではクラスタ内で均一にタイミングをずらすための処理を行う。親ノードは同期信号を定期的に発信する。同期信号にはタイミングをずらす間隔と各子ノードの順番の情報を載せる。各子ノードはこの信号によって同期をとり、センシング間隔はクラスタの所属ノード数と比例したものとする。

4 評価

実際の観測データを用いたシミュレーションにより評価を行う。比較の対象は西谷らの手法とした。

4つのセンサノードで行った場合のセンシングタイミングを図1に示す。図1上はクラスタが形成されずすべてのセンサノードが独立したタイミングでセンシングを行っている場合である。すべてのセンサノードが高頻度でセンシングを行っているため、電力消費は抑制されていない。図1下はノード2が親ノードとなり、4つのセンサノードが同一のクラスタ所属した場合のセンシングタイミングである。それぞれのセンサノードでセンシングの間隔が広がり、センシング回数が削減されているため、電力消費を抑制されている。

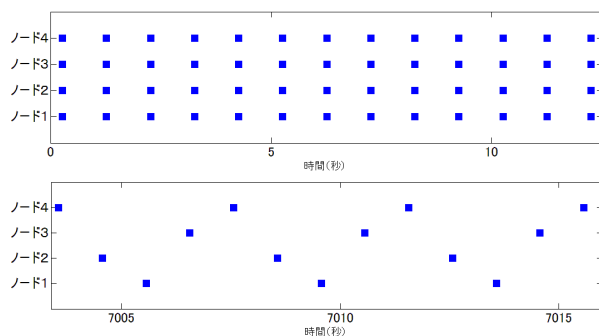


図1：センシングタイミング

(上：クラスタなし，下：クラスタ有り)

センシングの間隔が開いた場合、環境情報の変動の発見が遅れてしまうが、提案手法では系全体としては

均等な間隔でセンシングしているため、ノード毎に独自に調整していた従来手法よりも、平均的に環境の変動を補足することが期待できる。このセンシングの均質性を評価するために、12ノードのシミュレーションに対して、一定の時間区間に対するセンシング間隔の平均と標準偏差を求めた。この標準偏差が小さいことはセンシング間隔が均質であることを意味する。しかし制御手法自体がセンシング間隔を変動させるため、センシング間隔が短いときは、標準偏差も小さい値が出てしまう。そこで平均に対する比を求めるという正規化を行い従来手法とこの提案手法の比較を行った。結果を図2に示す。グラフからわかる通り提案手法の値の方が低く、均質性を保っていることが分かり、有効性が示された。

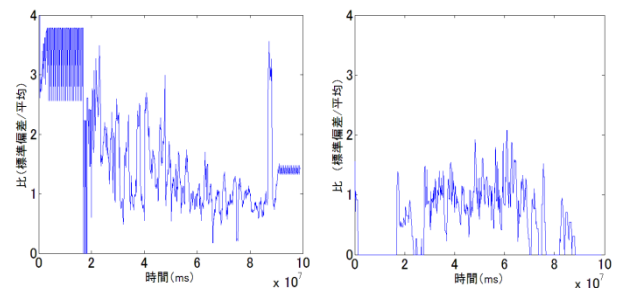


図2：均質性（左：従来手法 右：提案手法）

5 まとめ

本稿では、空間的な多様性が見られない場合、クラスタリングを行い、センシングタイミングを制御する手法を提案した。評価の結果、均質性を保ちつつ、センシング回数を減らすことができた。今後は実環境による評価を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in *Hawaii International Conference on System Sciences*, vol. 8, 2000, p. 8020.
- [2] S. Yoon, and C. Shahi. "Exploiting Spatial Correlation Towards an Energy Efficient Clustered AGgregation Technique (CAG)", In *ICC*, pp. 82-98, May 2005
- [3] C. Galperti, F. Mancini, and M. Roveri, "Adaptive sampling for energy conservation in wireless sensor networks for snow monitoring applications," in *Proceedings of IEEE International Workshop on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems for Global and Homeland Security (MASS-GHS 2007)*, October 2007.
- [4] 西谷 信之介, 廣津 登志夫, 福田 健介, 菅原 俊治, 栗原 聡, 環境の変動に自律追従する省電力情報収集基盤, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, 2008(14), 85-90 (2008-12-03)