

モバイルセンサネットワークのための 効率的なデータ処理機構に関する研究

Studies on Efficient Data Processing Techniques
for Mobile Sensor Networks

西尾 章治郎 (NISHIO SHOJIRO)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授



研究の概要

本研究では、動くセンサノードであるモバイルセンサノードを用いて、環境に対して柔軟かつ効率的にデータ処理を行う機構の実現を目的とする。そのために、モバイルセンサネットワークのためのデータ配置技術、データ配信技術、および通信技術について、それぞれ研究を推進した。また、これらの研究で提案した手法を実現するため、センサデータを蓄積、提供するシステムを開発した。

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：スマートセンサ情報システム、移動体通信、ネットワーク、情報通信工学

1. 研究開始当初の背景

近年、温度や湿度といったセンサを持つ小型計算機（センサノード）がネットワークを形成してセンサデータを処理するセンサネットワークに対する注目が高まっている。これまでのセンサネットワークに関する研究は、その大半が環境内に設置された動かないセンサノードが取得したデータをいかに効率よく収集するかに注力するものであった。

本研究では、従来の研究で想定するノードに加え、図1に示すような動くセンサノードであるモバイルセンサノードを利用し、環境に対して柔軟かつ効率的にデータ処理を行う機構を提案する。

2. 研究の目的

本研究では、動くセンサノードであるモバイルセンサノードを利用し、環境に対して柔軟かつ効率的にデータ処理を行うことを目的とする（図2）。本目的を達成するために、研究期間内に下記3点を明らかにしてモバイルセンサネットワークのためのデータ処理機構を構築する。

- モバイルセンサネットワークのための柔軟かつ効率的な「データ配置技術」
- モバイルセンサネットワークのための柔軟かつ効率的な「データ配信技術」
- モバイルセンサネットワークのための柔軟かつ効率的な「データ通信技術」

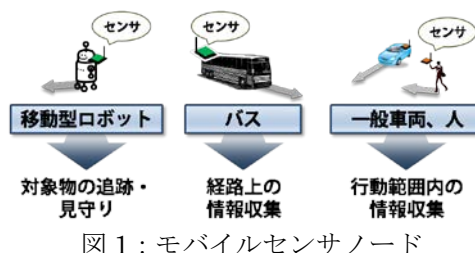


図1：モバイルセンサノード

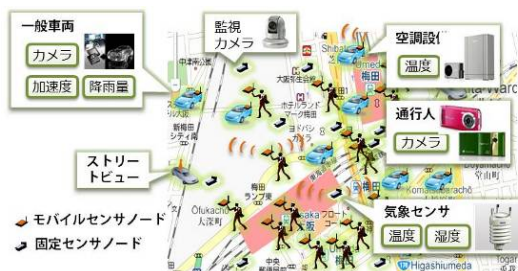


図2：モバイルセンサネットワークの例

3. 研究の方法

- データを効率的に取得・収集するため、データのアクセスされやすさ（人気）や通信状況等を考慮して、データの複製を複数のノードに配置する技術を提案する。
- データの発見・取得を高速に行うため、取得したデータを効率よく配信する技術を提案する。
- 計算資源や電力に乏しいセンサノード上で、上記二つのサブテーマで行う通信を効率よく行うための通信技術を提案する。

さらに、各サブテーマで提案した技術を統合し、モバイルセンサネットワークにおける効率的なデータ処理機構の実現を目指す。

4. これまでの成果

これまで積極的に研究を遂行した結果、各サブテーマについて当初の目標を超える研究の進展があり、今後も予定以上の成果が見込まれる。

(a) モバイルセンサネットワークにおいて頻繁に発行されるTop-k検索（ある条件に合致した上位k個のデータを取得する検索）を効率的に処理するための、複製配置方式および検索処理方式について研究を推進した。提案手法を用いることで、ほぼ100%のデータ取得率を維持したままで、従来のアプローチよりも通信量が半分以下に低減できることを確認した。本研究成果は、国際論文誌の招待論文として公表されている[1]。さらに、センサノードの移動パターンがデータの可用性（データアクセスが可能な確率）やデータ配布の拡散速度に与える影響を検証するための研究を推進し、モバイル分野および通信分野で世界最高峰の論文誌に採択された[2]。

(b) モバイルシンクノードとの通信時間内に多くのデータを公平に配信する手法について研究を推進した。具体的には、各センサノードとの通信時間や通信量に制限を与えることで、総データ配信量を維持しつつ公平にデータを配信できることを明らかにした。また、センサノードにモバイルエージェントと呼ばれるプログラムを配信してデータを処理する場合に、複数のモバイルエージェントを用いて高速に処理するため、遺伝的アルゴリズムを用いた移動経路算出手法を提案した。これらの研究成果は、通信分野で広く知られている国際論文誌に採択された[3,4]。

(c) センサノードが取得したデータを効率良く収集するための通信制御手法を提案した。提案手法では、センサノードの自律的な動作により、通信量や遅延を抑えつつ、高信頼なデータ転送を実現する。また、システムの長寿命化のためにセンサノードの消費電力を抑制しつつ、高信頼なデータ収集を実現する通信方式についても研究を進めた。本研究成果は図書にまとめられている[5]。

これまで積極的に研究を遂行した結果、各サブテーマについて当初の目標を超える研究の進展があった。具体的には、[1]～[10]をはじめとして、国際論文誌17件、国内論文誌6件、国際会議33件、図書5件、国内学会16件、図書5件、受賞13件の成果を得ており、当該分野の研究進展に非常に大きく貢献している。

5. 今後の計画

(a)については、位置依存検索を想定し、効果的なデータ配置および検索技法に関する

研究を推進する。また、実環境に即した評価実験により、考案手法の有効性を十分に検証する。(b)については、モバイルシンクノードの速度や通信履歴等を考慮し、データ配信効率のさらなる向上を目指した研究を推進する。(c)については、より実環境に即したモバイルシンクノードの移動特性を再現し、これらのノードへのデータ収集をより効率良く行うための研究を推進する。さらに、各サブテーマにおいて提案した手法を考慮して、データ処理システムの完成度を向上させる。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

- [1] T. Hara, R. Hagihara, Y. Sasaki, M. Shinohara, S. Nishio, Efficient Top-k Query Processing in Mobile Ad Hoc Networks, Int'l Journal of Next-Generation Computing (Invited Paper), Vol. 1, No. 2, 2010.
- [2] T. Hara, Quantifying impact of mobility on data availability in mobile ad hoc networks, IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 9, No. 2, pp. 241-258, 2010.
- [3] T. Yoshihisa, S. Nishio, A Communication Protocol for Sensor Database Construction by Rounding Sink, Journal of Networks, Special issue on Recent Network Technologies and its Advanced Applications, Vol. 6, No. 3, pp. 343-354, 2011.
- [4] W.Cai, M.Chen, T.Hara, L.Shu, T.Kwon, A Genetic Algorithm Approach to Multi-Agent Itinerary Planning in Wireless Sensor Networks, ACM/Springer Mobile Networks and Applications, Vol. 16, No. 6, pp. 782-793, 2011.
- [5] A. Kanzaki, N. Wakamiya, T. Hara, Springer-Verlag, Energy-Efficient Scheduling and Data Aggregation Techniques in Wireless Sensor Networks for Information Explosion Era, Book Chapter, Wireless Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (Book Series: Studies in Computational Intelligence), p. 30, 2010.
- [6] 国際会議 AP2PS 2009, 最優秀論文賞.
- [7] 国際会議 ICMU 2010, 最優秀論文賞.
- [8] 国際会議 ANT2010, 最優秀論文賞.
- [9] 原隆造, 日本データベース学会上林奨励賞, 2011.
- [10] 西尾章治郎, 情報処理学会功績賞, 2011.

ホームページ等

<http://www-nishio.ist.osaka-u.ac.jp/mobile-sensor/>