

平成 21 年 6 月 9 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19700092
 研究課題名（和文） 放送型データ配信を用いた自律移動型センサネットワークに関する研究
 研究課題名（英文） Studies on Autonomous Mobile Sensor Networks using Broadcast-based Data Delivery
 研究代表者
 小川 剛史（OGAWA TAKEFUMI）
 東京大学・情報基盤センター・講師
 研究者番号：60324860

研究成果の概要：無線通信機能および移動機能をもつ小型センサノードで形成するセンサネットワークに対し、(1)センサノードの自律的移動制御技術、(2)放送型データ配信を用いたセンサノードへの情報配信技術の2テーマを中心に研究を推進し、少数のセンサノードで効率よくデータを収集する自律移動型センサネットワークに関する研究開発を行った。本研究の成果は、学術論文誌や国際会議録等に掲載され、国内外において高い評価を得ている。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
19年度	1,500,000	0	1,950,000
20年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

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：情報システム、センサネットワーク、放送型データ配信

1. 研究開始当初の背景

近年の無線通信技術や半導体技術の発達により、近距離無線通信機能をもつセンサノードがネットワークを形成してデータを収集・利用するセンサネットワークに対する研究が国内外で盛んに行われている。センサネットワークでは、環境中の数万・数十万といった莫大な数のセンサノードが協調的に動作して、時々刻々と変化する環境情報や個人状況などを継続的にセンシングする。各センサノードは、従来のモバイル端末とは異なり、計算・通信・データの保持能力が非力であり、モバイルコンピューティングとは異なる新たなデータ収集・管理技術が必要である。ま

た、一度広大な領域に配置したセンサノードを利用中に充電することは困難であるため、電力消費を考慮することが重要となる。また、災害地や汚染地域といったセンサノードの配置が困難な環境では、十分な数のセンサを領域内に配置できず、センシング対象領域においてセンサの配置が疎となり、センシングやデータ転送が満足に行えなくなるため、移動機能を備えたセンサを用いた移動型センサネットワークの実現が期待されている。しかし、広大なセンシングエリアを対象とする場合、センサの移動コストが増大し、データの転送効率やセンシング効率が著しく低下する可能性があるため、これまでの

固定型のセンサネットワークとは異なる新たなセンサ制御方式が必要となる。

2. 研究の目的

本研究では、放送型のデータ配信技術を用いて疎に配置された移動型ノードを制御するセンサネットワークの実現を目的とする。具体的には、下記2点の要素技術に関する手法の確率を目指す。図1は想定する環境を示しており、センサノードが観測領域に粗に設置されている。

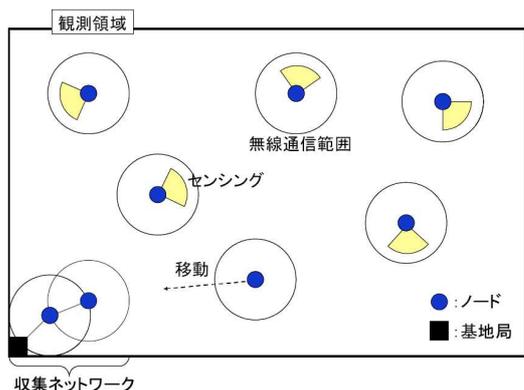


図1 想定環境

(1) センサノードの自律的移動制御方式

センシング中は他のノードとの通信が不可能なために、周囲の状況を知ることができない孤立したノード群に、データセンタとの通信経路を確立したノードの位置情報を提供することでノードの移動方式を決定する。この際、「データ転送時の消費電力を最小にする」「データ転送のために消費する移動コストを最小にする」などさまざまな要求が考えられるため、各ノードの要求事項に応じた移動方式を考案する。

(2) 放送型データ配信を用いたセンサノードへの情報配信方式

データセンタまでの経路が確保されているセンサノードの位置だけでなく、データセンタまでのホップ数を放送することで、データの転送コストを低減できると考えられるため、放送すべき情報やその情報を提供するタイミングなどについて検討し、本想定環境に特化したデータ配信方式を考案する。

3. 研究の方法

本研究では、「2. 研究の目的」で述べた各要素技術の確立をサブテーマとし、それぞれ下記に示すように研究開発を推進するものとした。

(1) センサノードの自律的移動制御方式

少数のセンサノードで観測する場合には、センサノードの密度が低いために、無線通信

範囲内に他のセンサノードが存在しないことが多い。そのため、センサノードは自らデータセンタの無線通信範囲まで移動してデータセンタに収集したデータを転送することとなるが、十分なバッテリーを搭載することが困難なセンサノードにおいては、この移動に必要な電力消費が問題となる。

そこで、まず、移動に伴う電力消費を低減するために、センサノードでアドホックにネットワークを形成し、マルチホップ通信を用いてデータをデータセンタまで転送して収集する方式を考案する。この方式では、放送型データ配信を用いて提供される情報に基づいて、データをデータセンタへ転送するための動作を決定したり、移動中に通信可能となった他のセンサノードと協調して動作を決定することで、データ収集に必要な移動コストなどの電力コストを低減する。

(2) 放送型データ配信を用いたセンサノードへの情報配信方式

データセンタから遠い位置でセンシングを行っているセンサノードの移動コストを低減するためには、全センサノードでデータ収集のためのネットワークを構築することが望ましい。しかし、自身のデータの転送が終了しているセンサノードを、ネットワークに拘束すると、センシング効率が低下する。したがって、移動コストの低減しつつ、センシング効率を向上させるようにノードを制御するため、ネットワークから離脱するか、ネットワークに接続し続けるかを判断するための情報を、放送型データ配信を用いてデータセンタより提供する。具体的には、全センサノードのネットワークへの到着時刻をデータセンタにて予想し、その予想到着時刻を考慮して各センサノードは自身の行動を決定する。

我々が想定するセンサノードの設置密度が低い環境では、多くの時間帯で各センサノードは、どのセンサノードとも通信できない状況にあるため、完全に孤立している。したがって、孤立した状態で故障などの障害で、動作が不可能となったとしても、データセンタを含めその状況を知る術がない。この放送型データ配信を利用すれば、仮にセンサノードに障害が発生したとしても、全体としてデータ収集を継続することが可能となる。

以上の考案方式の有効性を、詳細なシミュレーション実験によって多角的に検証する。さらに本研究では、試作システムを構築し、実環境にてシステムを実装する際の問題点を洗い出す。これに基づき提案方式の実現性について詳細に議論し、本研究のまとめとする。

4. 研究成果

本研究では、2つのサブテーマそれぞれについて、下記に示すような研究成果を達成した。

(1) センサノードの自律的移動制御方式

まず、省電力なデータ収集方式としては、データセンタと通信可能なセンサノードの情報のみを用いて各センサノードが自律的に移動し、移動コストやデータの送受信コストを低減しつつデータセンタへデータを転送する方式を提案した。この方式では、常にセンサノードが単独で動作するのではなく、移動中に他のセンサノードと通信可能となった場合にはセンサノード同士で協調して動作することにより、より効率のよい消費電力の削減を実現する。シミュレーション実験の結果から、センサノードが協調動作することで、消費電力を10%程度低減しつつ、10%程度データの収集効率を向上できることを確認した。これらの研究成果は、国際会議MDM2008のセンサネットワークに関するワークショップSeNTIEをはじめとして、多数の学術論文誌や国際会議録に掲載されている。図2, 3にネットワークの構成例を示す。

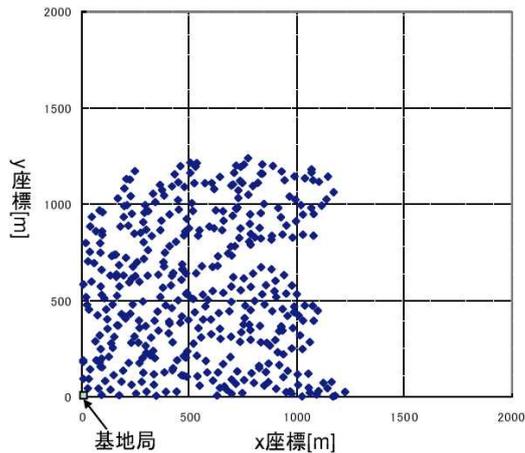


図2 データ収集用ネットワーク（放送なし）

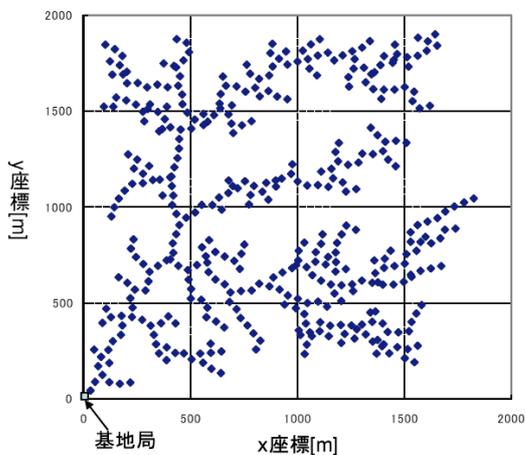


図3 データ収集用ネットワーク（提案手法）

(2) 放送型データ配信を用いたセンサノードへの情報配信方式

基地局がシミュレートした全センサノードの状況に基づいて、各センサノードが自律的に判断して行動する方式を提案した。アクチュエータを備えたセンサノードが自身で移動する場合やセンサノードの設置密度が低い場合、センサノードの通信範囲に他のセンサノードが存在しない状況が発生して、ネットワーク的に当該センサノードが孤立する。提案方式では、各センサノードが一時的なネットワークを形成するなど協調して動作するため、孤立したセンサノードの状況が不明な時には動作を決定できない。この方式では、センサノードの動作をシミュレートして、その結果から各センサノードが他センサノードの故障などを含む現在の状況を適応的に判断し、動作する。シミュレーション実験の結果から、センサノードに故障が発生する場合でも、データ収集効率を大きく下げることなく、データセンタへのデータ転送が可能となることを確認した(図4)。これらの研究成果は、複雑知能システムに関する重要国際会議であるCISIS2009のワイヤレスネットワークにおけるデータ管理に関するワークショップDMIEWをはじめとして、多数の学術論文誌や国際会議録に掲載されている。

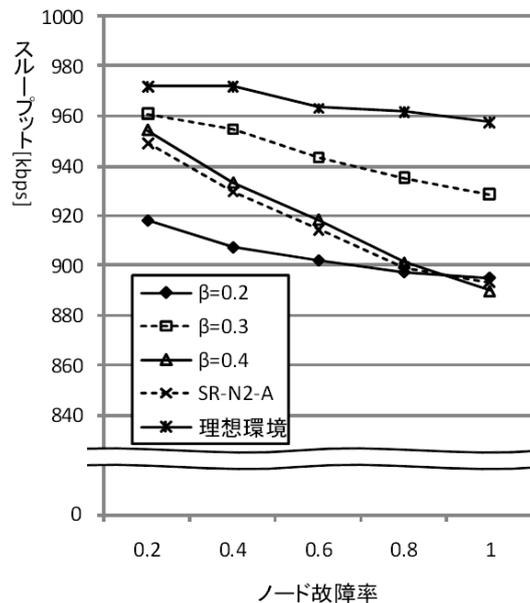


図4 ノード故障発生時のデータ収集効率

さらに本研究では、提案した方式を、実機や実環境を再現するシミュレータ上にてプロトタイプシステムを構築することで、実環境上で提案手法を動作させるための要件を洗い出した。その上で、放送型データ配信を用いた自律移動型センサネットワークの実現性や、実現のために検討すべき課題について詳細に検討した。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原隆浩, 西尾章治郎: 移動型センサネットワークにおけるプッシュ型放送を用いたノード移動制御手法に関する評価, 日本データベース学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.199-204, 2008, 査読有.

小川 剛史, 永石 博憲, 原 隆浩, 西尾章治郎, 放送型サイバースペースのためのオブジェクトの人気度と距離を考慮したスケジューリング方式, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.2, pp.739-748, 2008, 査読有.

[学会発表](計8件)

T. Shinjo, S. Kitajima, T. Ogawa, T. Hara, and S. Nishio, A Mobile Sensor Control Method Considering Node Failures in Sparse Sensor Network, International Workshop on Data Management for Information Explosion in Wireless Networks (DMIEW 2009), March 16, 2009, Fukuoka, Japan.

新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原隆浩, 西尾 章治郎, 移動型センサネットワークにおけるノードの故障を考慮したノードの移動制御手法, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2008年12月12日, 山口県萩市.

T. Shinjo, S. Kitajima, T. Ogawa, T. Hara, and S. Nishio, Mobile Sensor Control Methods for Reducing Power Consumption in Sparse Sensor Network, International Workshop on Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (SeNTIE2008), April 27, 2008, Beijing, China.

新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原隆浩, 西尾 章治郎, 移動型センサネットワークにおけるプッシュ型放送とノード間通信を用いたノードの移動制御手法に関する一考察, 電子情報通信学会データ工学ワークショップ(DEWS2008), 2008年3月10日, 宮崎県宮崎市.

新城 達也, 北島 信哉, 小川 剛史, 原隆浩, 西尾 章治郎, 移動型センサネットワークにおけるプッシュ型放送とノード間通信を用いた移動制御手法, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2007年11月1日, 石川県加賀市.

[図書](計0件)

[産業財産権]
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1)研究代表者

小川 剛史 (OGAWA TAKEFUMI)
東京大学・情報基盤センター・講師
研究者番号: 60324860

(2)研究分担者

(3)連携研究者