

## 大規模センサネットワークにおける複数基地局を用いたソフトウェア配送手法の研究

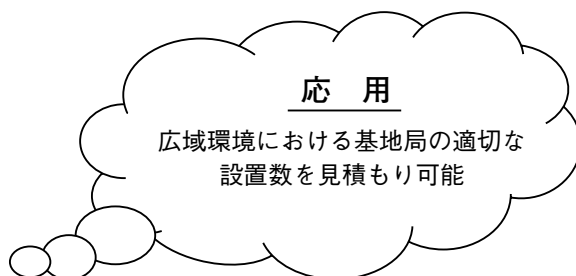
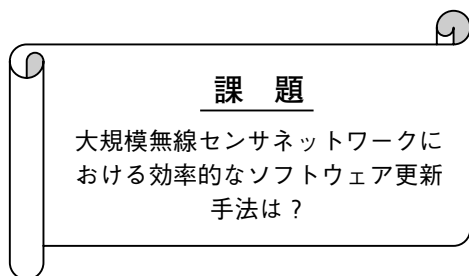
メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-09-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 峰野, 博史 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/6158">http://hdl.handle.net/10297/6158</a>

# 大規模センサネットワークにおける 複数基地局を用いたソフトウェア配送手法の研究

静岡大学情報学部情報科学科

峰野 博史

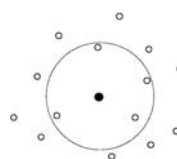
mineno@inf.shizuoka.ac.jp



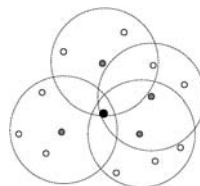
## 1. はじめに

近年、MEMS技術や低消費電力無線通信の発展により、無線センサネットワーク (WSN) を実現する環境が整備されつつある。WSN は通信機能を付加した小型センサ (センサノード) により構成される自律的ネットワークであり、ヘルスケアや省エネなど、様々なアプリケーションへの適用が期待されている。WSN は発展途上の技術を多く含んでおり、これらの技術は運用中に変更が生じる可能性が高い。そのため、センサノード上のソフトウェアを更新する技術は WSN において重要なアプリケーションの一つとなりうる。現在では、センサノード上で動作するソフトウェアを更新する手法として、無線マルチホップ通信を利用したものが研究されている [1]。このソフトウェア更新手法の動作イメージを図1に示す。

WSNにおけるソフトウェア更新はソフトウェアデータをネットワーク全体へ拡散させることを目的としており、完全なデータは基地局から配送されることを想定している。将来的に、数百、数千台の大規模WSNが実現されることを想定した際、データ配信元となる基地局は、WSN内に複数用意した方が全体の更新時間および電力消費量が削減できると考えられる。そのため、WSNの運用範囲中に複数の基地局をどのように配置することが効果的かを解明することが求められている。



(a) 基地局が自身の近隣ノードを更新する



(b) 基地局によって更新されたノードが、さらに自身の近隣ノードを更新する



(c) ネットワーク全体が更新される

図1 無線マルチホップ通信を用いたソフトウェア更新

既存研究の多くは基地局を一つに限定しており、複数の基地局を用いたソフトウェア更新は考慮されていない。また、疑似的な基地局を用いてネットワークを階層的に扱うことで高速にソフトウェア更新を行う手法が研究されているが、疑似的な基地局の配置については議論がなされていない。そこで、本研究では基地局の数と配置の観点からソフトウェア更新について検討を行った。提案手法に基づきシミュレーションを行い、ソフトウェア更新時間、ネットワー

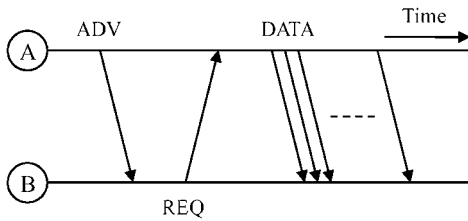


図2 スリーステージハンドシェイクを用いた配送過程

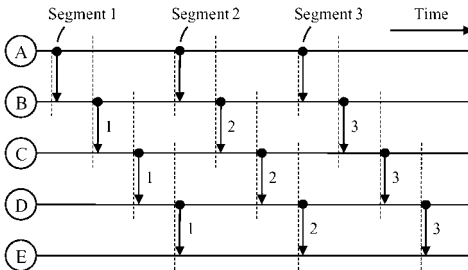


図3 パイプラインングを用いた配送過程

クトラフィック、消費電力について分析を行った結果、広域環境において基地局の適切な設置台数を見積もるのに利用できることが分かった。

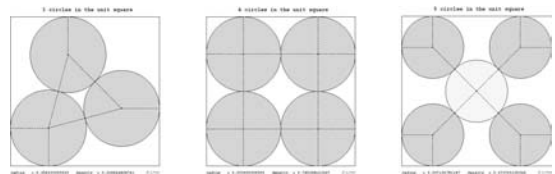
## 2. 関連研究

### 2.1 データ配送

これまでの無線マルチホップ通信を用いたソフトウェア配送手法では、主に電力消費や信頼性の改善を目指している。図2に示すネゴシエーションを用いることで不必要な部分データの送信を抑制する手法 [2] や、図3に示すパイプラインングを用いた配送を行うことでソフトウェアデータ配送を高速化する手法 [3]、制御メッセージを送信する代表ノードを選出することで高密度状態でのメッセージ衝突を回避する手法 [4] などが検討されている。しかし、いずれもデータ配送元となる基地局は一台を想定しており、複数の基地局を用いることや、複数基地局の配置に関する検討は行われていない。

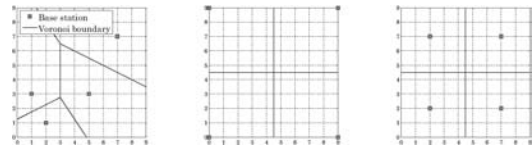
### 2.2 施設配置問題

センサネットワークの課題の一つとして、効率的なネットワークの構築があげられる。効率には複数の意味が考えられるが、ここではソフトウェア配送の高速化やネットワークトラフィックの削減、センサノードの消費電力の削減に



(a) 3 circles (b) 4 circles (c) 5 circles

図4 円の詰め込み問題



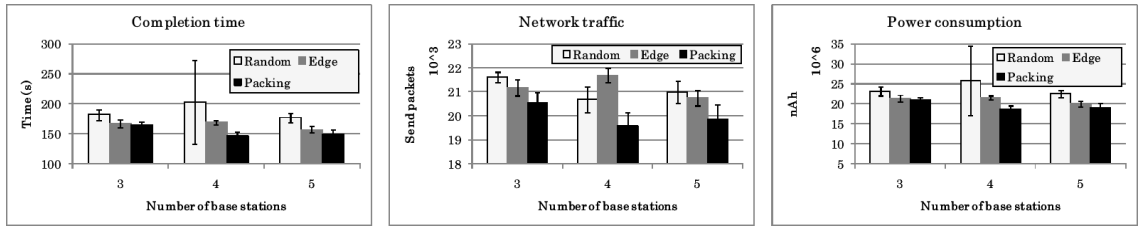
(a) Random (b) Edge (c) Packing

図5 基地局数4の場合の各トポロジ

関する効率のこととし、またネットワークの構築とは基地局の配置のこととする。この基地局の配置問題は、施設配置問題の一種と考えることができる。施設配置問題とは、対象の地域に任意の施設（学校、病院、デパートなど）を配置する際に、経済性や利便性といった観点から最適な配置を考える数理問題である。この問題を解決するために、図形の詰め込み問題や被覆問題、ボロノイ図などが利用されるが、本研究では正方形への円の詰め込み問題を応用した。

## 3. 提案手法

無数のセンサノードが存在する平面上ネットワークは、波面のように見立てることが可能である。このとき、基地局から配送されるソフトウェアデータは、基地局を中心として等速に同心円を描きながら拡散していくと仮定する。この条件下でソフトウェアデータの配送を行う際に、可能な限り無線通信の干渉を抑える基地局の配置を考えた場合、各基地局からのソフトウェア配送の波が互いに接したときに、それらの同心円の面積が最大となる配置が望ましいと考えられる。これは、円の詰め込み問題と置き換えることができる。例えば、正方形の中に互いに面積が等しい円を詰め込む場合、図4に示すように円の個数によって最適な配置を導出することが可能である。この円の数を基地局の数とし

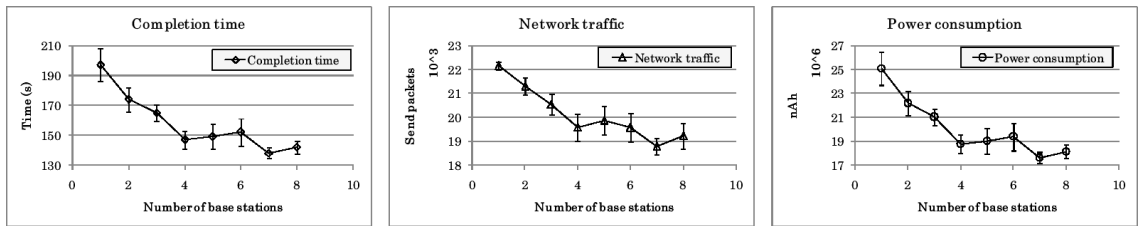


(a) ソフトウェア更新完了時間

(b) ネットワークトラフィック

(c) 消費電力

図6 基地局の配置手法の比較



(a) ソフトウェア更新完了時間

(b) ネットワークトラフィック

(c) 消費電力

図7 Packing手法による基地局数の比較

て、円の中心となる位置に基地局を配置する。以下ではこの配置手法をPackingと呼ぶ。

#### 4. シミュレーション評価

TinyOSネットワークシミュレータTOSSIMを用いてPackingをシミュレーション評価した。Packingの比較対象としてRandomとEdgeという2つの手法を用意した。図5に基地局数が4の場合における各手法のトポロジを示す。着色された正方形は基地局を表し、実直線は基地局を母点とした場合のボロノイ境界を表している。Randomは既存手法の一つであるSprinkler [5]を模したプロトコルであり、EdgeはFirecracker [6]というプロトコルを模したものである。

以下ではまずRandom、Edge、Packingの各手法を比較し、基地局の配置とソフトウェア更新性能の関係を調査する。次にPackingについて、基地局数を1から8まで変化させ、基地局数とソフトウェア更新性能の関係を調査する。調査項目はソフトウェア更新時間、ネットワークトラフィック、消費電力の3項目とする。

図6に基地局の配置手法を比較した結果を示す。全体の傾向としてPacking、Edge、Randomの順に優れているとわかる。また、すべての結果においてPackingは最も優れた値を示してい

る。このことから、提案手法は有効な基地局配置手法といえる。

図7にPacking手法を用いて基地局数を比較した結果を示す。基地局数が1から4へと増加する過程では基地局数の増加に伴いソフトウェア更新性能も向上しているとわかる。しかし、基地局数が5以上になるとソフトウェア更新性能が単調増加することはなくなり、性能変化は不安定になっている。また、基地局数が4以下の場合と比較して、性能の変化が緩やかになっている。これらのことから、あるネットワークサイズに対して効率的にソフトウェア更新性能を向上させられる基地局数には上限があると考えられる。

#### 5. 終わりに

本稿では複数の基地局を用いてソフトウェア更新を行う際の基地局配置手法について検討を行った。またシミュレーション評価により、提案手法が有効なこと、及び基地局数の増加が必ずしもソフトウェア更新性能の向上に繋がるわけではないことを確認した。

今後の課題として、対象とするネットワーク規模に適した基地局数の導出が考えられる。また、障害物のある環境など、より現実的なトポロジにおける評価を行っていく予定である。

## 謝辞

本研究の一部は、財団法人浜松科学技術研究振興会からの平成20年度村田基金研究助成金により行われました。関連する研究成果の多くは、静岡大学大学院情報学研究科（現・静岡大学大学院自然科学系教育部）の橋詰葵氏の貢献によるものです。この場を借りて感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] Q. Wang, Y. Zhu, and L. Cheng, "Reprogramming wireless sensor networks: challenges and approaches," *IEEE Network* 20(3), pp. 48-55, 2006.
- [2] J. Kulik, W. R. Heinzelman and H. Balakrishnan, "Negotiation-Based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks," *Wireless Networks* 8 (2/3), pp. 169-185, 2002.
- [3] J. W. Hui and D. Culler, "The Dynamic Behavior of a Data Dissemination Protocol for Network Programming at Scale," *In Proc. of ACM SenSys*, pp. 81-94, 2004.
- [4] S. S. Kulkarni and L. Wang, "MNP: Multihop Network Reprogramming Service for Sensor Networks," *In Proc. of IEEE ICDCS*, pp. 7-16, 2005.
- [5] V. Naik et al., "Sprinkler: A Reliable and Energy Efficient Data Dissemination Service for Wireless Embedded Devices," *In Proc. of 26th IEEE Real-Time Systems Symposium*, pp. 277-286, 2005.
- [6] P. Levis and D. Culler, "The Firecracker Protocol," *In Proc. of 11th ACM SIGOPS European Workshop*, 2004.