

センサネットワークにおける MST クラスタリングを用いた経路最適化 A method of rooting optimization using minimum spanning tree based clustering in sensor network

木村 拓人[†] 小西 修[‡]
Takuto Kimura , Osamu Konioshi

1. はじめに

近年、注目される技術として音や光などのセンシング機能を持つ小型デバイスに無線機能を搭載し、実世界の情報を取得するセンサネットワークがある。

センサネットワークにおいて、センサデータベースというシステムがある。これは、センサネットワークを1つのデータベースとして扱うことで、センサノードが取得するデータをデータベース化して管理できるシステムである。

本研究ではセンサデータベースの効率化において特に総コストの削減を目標としている。まず、センサネットワーク内のセンサにおいてクラスタリングを行い、さらに階層化を適用させたアルゴリズムを提案する。そして提案アルゴリズムを適用したセンサネットワークのシミュレーションにおいて評価実験を行うことで、大規模センサネットワークにおける有効性を示す。

本提案アルゴリズムでは MST のアルゴリズムを取り入れたクラスタリングを行いクエリの集約や転送を行うクラスタヘッドを設定することで階層化適応させ、階層的な最小全域木によるクラスタリングアルゴリズムを提案した。

以下、第2章では本研究に関連する研究について述べ、第3章では本研究で提唱するアルゴリズムの概要、手順方法論を述べる。第4章で、本研究で提案するアルゴリズムの評価実験を行うための環境や手法について述べ、第5章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

この章では、階層的クラスタリングを用いた関連研究を紹介する。

2.1 PEDAP

PEDAP ではシンクノードが各センサノードの形成するチェーンの相手を決定する。シンクノードは全センサノードの性能や位置情報を把握していることが前提であり、チェーン形成に最小全域木アルゴリズム [1] である” Minimum Spanning Tree (以下 MST)”を採用している。

この MST とは、各頂点を結ぶ各辺につけられたコストを元に、最小の辺数かつ最小のコストですべての頂点を接続する最小全域木アルゴリズムであり、その中でもプリム法にて実装している。センサネットワークにおいて MST を適用させると、頂点をセンサ、辺を各センサ間のチェーンと考えた場合、辺につけられたコストは各センサノードの通信性能やバッテリー残量などに当てはまるシンクノードは全ノードの性能や位置情報を把握しているため、このような重み付けを全ノードの情報から詳細に計算し、最適な MST を割り出すことができれば、負荷分散において、高い効果が期待できるとされている。

この PEDAP ではノード数が 100 での実験で有効とされているが、本研究ではノード数が 1000 のような大規模なセンサネットワークを想定している。本研究では MST によるクラスタリングをもとに、階層的な構造を加えた独自のアルゴリズムを適用させることで大規模なセンサネットワークでも対応できるクラスタリングを提案している。

3. 提案するアルゴリズム

この章では、本研究で提案するアルゴリズムについて前提条件を確認し、アルゴリズムの概要について述べる。

3.1 前提条件と概要

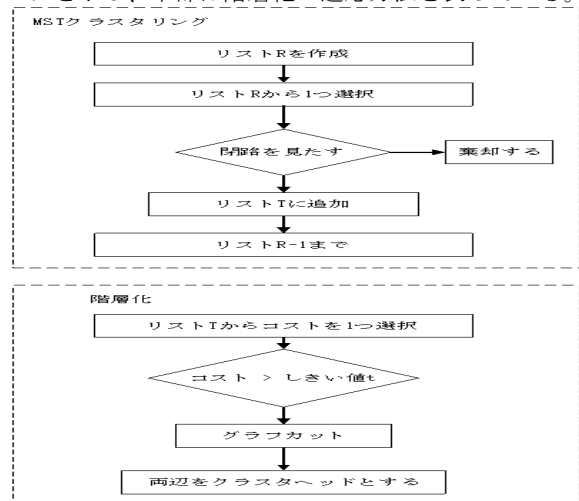
本研究で提案するアルゴリズムにおける前提条件は以下のとおりである。

- ・クエリの発行や最終的にデータを集約するシンクノードは、全てのセンサノードの位置を把握している。
- ・シンクノードの位置は、ユーザが任意に設定して良いものとする。
- ・クラスタリングによって一度構築されたルーティングは、システムが終了するか、シンクノードからの変更があるまではそれを維持する。

また、アルゴリズムの概要は以下の手順となっている。

1. 前センサノードの位置情報をもとに、最小全域木によるクラスタリングを行う。
2. 構築した最小全域木からしきい値を反映することで、データを集約するためのクラスタヘッドを決め、階層化を行う。
3. クエリの転送その応答の経路を決定する。

図 3.2 は、本提案アルゴリズムのフローチャートである。なお、フローチャート上部は最小全域木によるクラスタリングを示し、下部は階層化の適応方法を表している。



3.2 アルゴリズム手順

本提案アルゴリズムでは、PEDAP クラスタプロトコルをもとに行っているためここでは、MSTによるクラスタリングについて述べる。

MSTとは、各頂点を結ぶ各辺につけられたコストを元に、最小の辺数かつ最小のコストで全ての頂点を接続する最小全域木のアルゴリズムである。このアルゴリズムにはクラスカル法、プリム法、ブルーフカ法といった別の構築方法があり、本研究ではクラスカル法で提案している。

4. 実験と評価

4.1 プロトタイプ実験

ここでは、前章で説明したアルゴリズムの提案を行うために作成したプロトコルの実行結果について述べる。また、ノード数などについてはプロトコル専用で設定しているが、実際の実験での環境を考慮している。実行結果については、ネットワークの可視化ツールであるPajek[2]にて可視化を行った。この、Pajekは、ネットワークグラフ作成ソフトで、ノード数やネットワークの相関関係、ノードや辺の種類をユーザが自由に変更できる。

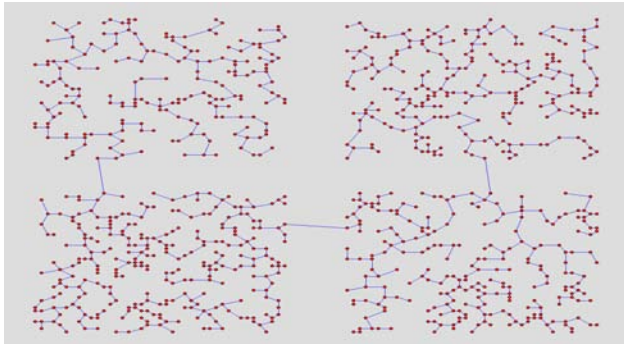


図 4.1 実行結果

このときの実験環境は、ノードは座標データによってランダムにプロットされており、ノード間のコストはユークリッド距離で計算している。また、ノード数は1000、しきい値 t は7とした。

実行結果では、最小全域木によって全てのノードがクラスタリングされていることが示された。このプロトタイプ実験によって提案アルゴリズムが想定環境にて階層的にクラスタリングされたことが示された。これをもとに本提案手法の実験を行う。

4.2 実験環境

本研究の実験では、想定環境をもとにシミュレーションすることで評価を行う。実験内容としては、全ノードの通信距離の総コストの比較を行う。通信距離の総コストが最小であれば、クエリ転送中の各ノードの負担を最小限に抑えることができるため、クエリを最適化していると仮定したためである。実験環境は、ノードを100×100の座標上にそれぞれ100~1000ノードをランダムに配置し、しきい値 t は7に固定した。

4.3 実験結果

本実験での結果を以下の図 4.3 に示す。

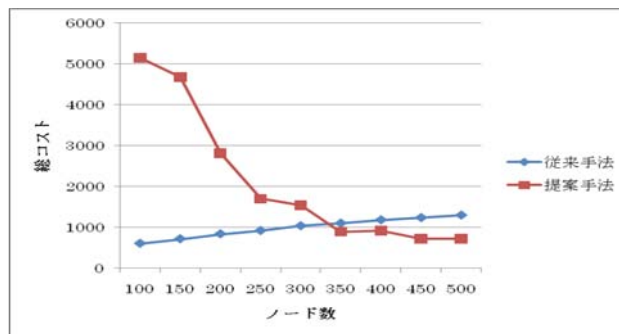


図 4.3 評価実験結果

まず、100~300ノードにおける総コストに着目すると、従来手法に比べ、本提案手法の総コストが高いことがわかる。これは少ないノードの場合は、小さなクラスタでもクラスヘッドを持つノードが発生してしまう。一方、ノードが大規模になると本提案手法の総コストは減少していることがわかる。これは対象ノードに指定があるクエリでもクエリの返答をクラスタヘッドが判断するため、全ノードが余計な転送をする必要がなくなるためである。無駄なクラスタヘッドも少なくなるため、安定した階層化ができているため総コストを削減できている。

5 おわりに

5.1 まとめ

本提案アルゴリズムでは MST のアルゴリズムを取り入れたクラスタリングを行いクエリの集約や転送を行うクラスタヘッドを設定することで階層化適応させ、階層的な最小全域木によるクラスタリングアルゴリズムを提案した。そして、このアルゴリズムの評価を全ノードの総コストの削減を目的として、実験を行った。本研究で明らかになった点を以下に挙げる。

- ・本提案アルゴリズムにおいて、大規模なセンサネットワークにおける効率的な運用が可能となる。

5.2 今後の展望

今後の展望として、ノード 500 以上のより大規模センサネットワークでの評価実験を行うことが挙げられる。そして、本研究で取り上げた提案手法があらゆる規模のセンサネットワークにおける有効性の証明する必要がある。また、提案するアルゴリズムが最も効率よく実装できた場合、プログラムも見直す必要がある。

参考文献

- [1] Huseyin Ozgur Tan, Ibrahim Korpeoglu, "Power Efficient Data Gathering and Aggregation in Wireless Sensor Networks", Proc. ACM Int. Conf. Management of Data (ACM SIGMOD), vol. 32, no. 4, pp. 66-71, Dec. 2003
 - [2] Networks Pajek Program for Large Network Analysis | <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/> (アクセス日 2011/06/4)
 - [3] Networks Pajek Program for Large Network Analysis
- † 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 複雑系科学科 Future University Hakodate Department of Complex System
- ‡ 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 複雑系知能学科 Future University Hakodate Department of Complex and Intelligent System