

移動型センサネットワークにおける重要度に基づくノードの動的配置手法

橋高 俊[†] 横田 裕介[†] 大久保 英嗣[†][†]立命館大学情報理工学部

1 はじめに

広範囲の対象領域に対して継続的に観測を行うための有効な手段として、無線センサネットワーク (Wireless Sensor Network; WSN) が挙げられる。この WSN による観測は、センサノードと呼ばれるセンシング機能と通信機能を持つ小型ノードを観測対象範囲に配置し、無線ネットワークを構築することで実現される。WSN では、センシング資源とカバレッジの関係性の最適化を考慮する必要がある [1]。また、センシング範囲内において観測する必要性が高い場所を重点的にセンシングすることで、効率よくアプリケーションの要求を満たすようなセンシングを行うことができる。このセンシングの必要性の高い場所は、時間経過によって発生するイベント等により変動することが考えられる。これらの問題に対して、移動型ノードを用いてセンシング対象を効率よくセンシングするというアプローチが存在する。このような移動体を用いた WSN を移動型無線センサネットワーク (Mobile WSN; MWSN) と呼ぶ。

本稿では MWSN を構築し、移動型ノードが自律的に重要度を判断して移動することで、時間経過による重要度の変動に対応するシステムを提案する。

2 移動型ノードを用いたセンサネットワーク

センシング範囲内における、観測する必要性が高い場所を重点的にセンシングすることで、アプリケーションの要求を満たすようなセンシングデータを回収することができる。このようなセンシングデータの回収には固定型センサノードを用いて重要な場所に配置する手法や、移動型ノードを用いて重要な場所をセンシングして巡回する手法などが挙げられる [2, 3]。既存手法では、静的に決定された重要度に基づいたノード配置が行われているが、配置後に変更される重要度に基づいた動的配置を行うことはできない。そのため、本稿では、このような動的に変わる重要度に対応可能な手法を提案する。

3 重要度に基づいた移動手法

重要度ベースの配置手法として、アプリケーションから与えられた、場所ごとの重要度に基づいたノードの配置手法を提案する。また、各ノードが取得したセンシングデータから重要度の変化を検出し、それに基づいたノードの再配置を行う。想定環境を図 1 に示す。

各ノードは提案手法に基づき、自律的に移動する。従って、常に全てのノードがホストまたは他のノードと通信可能な状態ではない。また、提案手法では、ホストは移

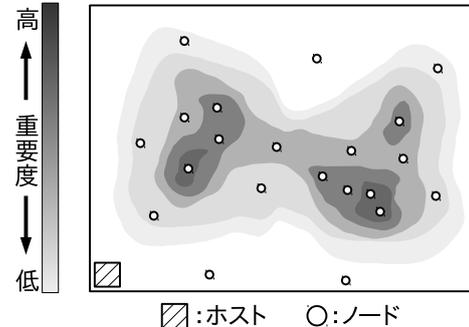


図 1 提案システムにおける想定環境

動機能を持たず固定されているものとする。隣接ノードとは、対象ノードから 1 ホップの通信範囲内に存在するノードとする。

以下、3.1 節でセンシング範囲内における重要度のモデル化について述べ、3.2 節でノードの移動モデルとなる PRI アルゴリズムについて述べる。その後、3.3 節でイベントによる重要度マップ上の重要度の変更について述べる。最後に、3.4 節でセンサノードの動作における各フェーズの概要と、スケジューリングについて述べる。

3.1 重要度マップ

センシング範囲内に存在する場所ごとの重要度を示すために、位置情報に重要度の数値データをマッピングした重要度マップを作成する。重要度マップは各ノードが独立して保持するものとする。また、マップ上の重要度は時間の経過によって変動する。

3.2 PRI アルゴリズム

重要度を考慮したノード移動手法として、PRI (PRIority-based algorithm) を提案する。これは隣接ノードと重要度の高低を考慮して動的に配置位置を変更することで、ノードの過密状態を防ぎつつ、重要度に沿ったノード配置を実現する方法である。

移動のためのベクトルの決定には、引力と斥力という二つの仮想的な力を与えることで実現する。ノードは全ての隣接ノードから斥力を受ける。斥力の向きは隣接ノードから直線的に離れるように設定される。重要度の高い場所ほど斥力は小さく、重要度の低い場所ほど大きな斥力が発生するものとする。これは、重要度の高い場所には多くのノードを配置し、重要度の低い場所のノード配置数を少なくするためである。また、斥力の大きさは隣接ノードからの距離に反比例するものとする。この斥力によって、ノードの過密状態を防ぐ。

また、ノードは重要度マップから引力を受ける。ノードは周囲の重要度を計測し、現地点よりも重要度が高い

Priority-based dynamic node placement for mobile sensor networks

[†]Shun Kittaka [†]Yusuke Yokota [†]Eiji Okubo[†]College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan Univ.

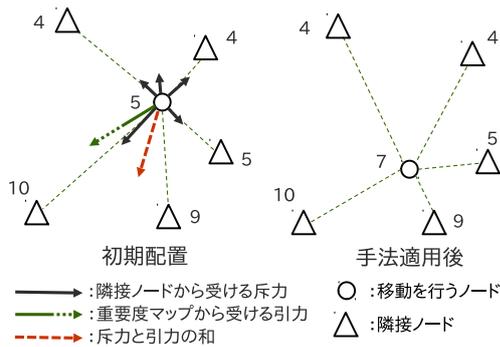


図2 PRI アルゴリズムによる移動

場所が存在する場合、その場所に移動する。この力の向きは重要度が高いと測定された場所に対して設定される。力の大きさは現地点における重要度の大きさと測定地点における重要度の大きさの2点間の勾配に従う。この引力によって、ノードは重要度マップに沿った配置を実現する。各ノードは、この引力と斥力を合計したベクトルに沿って移動する。

図2はPRIアルゴリズムを示したものである。各ノードは、重要度マップから配置されている場所の重要度を計測可能であり、計測された重要度の値をノード付近に示している。このとき、数値が大きいものほど高い重要度を示すものとする。図2の左図がノードの初期配置を示し、右図が手法を適用して移動した後の状態を示す。実線の矢印は、隣接ノードから受ける斥力を示す。部分的に破線で示されている矢印は、重要度マップの重要度から受ける引力を示す。全体が破線で示されている矢印は、斥力と引力の和を示す。ノードは初期配置から引力と斥力の和に従って移動し、移動後は図2右図で示すような配置となる。

3.3 重要度マップの変動

重要度の変動の要因として、イベントによる重要度の増減、アプリケーションからの要求の2つが考えられる。特定のノードにおいてイベントが発生した場合、観測ノード周辺の重要度の増加または減少が発生する。イベントによる重要度の増減は、イベントを観測したノードとその隣接ノードという局地的な範囲で発生する。そのため、ノードごとに重要度マップの内容に違いが生じることになる。これは、次節で述べる集合フェーズでの処理によって整合性を保つよう更新される。また、ユーザによって重要度を直接変更したいという要求がある場合、全てのノードはその要求に応じて重要度マップを更新する。

3.4 ノードにおけるスケジューリング

ノードの動作として、発見フェーズ、移動フェーズ、集合フェーズを定義する。発見フェーズでは、隣接ノードへ位置情報をブロードキャストしてノードを発見させる。これにより、隣接ノード情報の更新に必要な通信回数の減少を図る。移動フェーズでは、PRIアルゴリズムを用いて移動を行う。移動のためのベクトルのスカラ値が一定値を下回る場合、移動による有効性がないと判断してそ

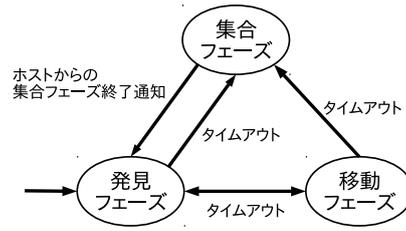


図3 ノードにおける状態遷移

の場に停止したままとする。集合フェーズでは、ノードがホストとの通信が確立できるように移動し、ホストとの通信を行う。このフェーズでは、ホストへのセンシングデータ送信と重要度マップの整合性を保つための重要度マップの更新処理を行う。ノードにおける状態遷移を図3に示す。

ノードは短い周期で発見フェーズと移動フェーズを繰り返すことで動的に再配置を行う。移動フェーズ中に新たに他の隣接ノードを発見した場合、それに伴って隣接ノード情報を更新する。また、集合フェーズは相対的に長い周期で実行されるものとする。

4 提案手法の評価

シミュレーションによって提案手法を評価する。観測環境はユークリッド距離で2000 x 2000の二次元平面上とし、観測領域内に障害物は存在しないものとする。ノード数は10個から50個程度を想定しており、個数ごとに何種類かのシミュレーションを行う。また、システム内のノードは移動型ノードのみで構築し、シミュレーション中のノード数の増減は発生しないものとする。重要度マップはユーザによって初期化されたものを使用する。シミュレーション中には重要度の増減を伴うイベントが発生するものとし、イベントの発生確率は重要度に比例するものとする。また、ユーザによる重要度の変更は発生しないものとする。

以上のようなシミュレーションを実行し、ノード数別に移動距離を比較することで観測範囲に対する最適なノード数を示す。また、重要度に沿ったノードの配置位置を評価することで提案手法の有効性を示す。

5 おわりに

本稿では移動型ノードが自律的に重要度を判断して移動することで、時間経過による重要度の変動に対応するシステムを提案した。今後は、シミュレーションによって提案手法の有効性を定量的に示す予定である。

参考文献

- [1] Chuan Zhu, Chunlin Zheng, Lei Shu, and Guangjie Han, "A survey on coverage and connectivity issues in wireless sensor networks," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 35, Issue 2, pp.619-632, 2012
- [2] Ma, C.Y.T., Yau, D.K.Y., Jren-Chit Chin, Rao, N.S.V., Shankar, M., "Matching and Fairness in Threat-Based Mobile Sensor Coverage," *Mobile Computing, IEEE Transactions on*, vol.8, no.12, pp.1649-1662, Dec. 2009.
- [3] Ronald W. Lee, James J. Kulesz, "A risk-based sensor placement methodology," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 158, issues 2-3, pp.417-429, 30 October 2008.