

ワイヤレスセンサネットワークにおける 実環境を考慮したノード位置推定法

遠藤雄士[†] 川野亮平[‡] 小野寺克美[‡] 宮崎敏明[‡]

会津大学コンピュータ理工学部[†]

大学院コンピュータ理工学研究科[‡]

1. 序論

近年盛んに研究が行われているワイヤレスセンサネットワーク (WSN) において、位置情報は取得したデータの有効活用の際に非常に重要な要素といえる。現在までにさまざまな位置推定技術が提案されているが、その多くは理想的なパケット伝播を前提としたシミュレーションベースでの検証、あるいは位置推定専用のデバイスや事前のインフラを用いたものである。本稿では、特定のデバイスやインフラを使用しない実空間での利用を想定した位置推定を提案すると共に、実機における実験結果を示す。

2. WSN における位置推定

ばら撒かれたノードの位置推定手法としては、既に様々なものが提案されている。Cricket[1]に代表されるような超音波等の測距デバイス、あるいは位置情報が既知であるマーカーや GPS などのデバイスを用いた位置推定は容易に高精度の推定を実現できる反面、設置やデバイス自体のサイズ・コストの問題から大規模なセンサネットワークには向かず、ハードウェアに頼った手法には限界があると言わざるを得ない。

一方、アルゴリズムの面から推定の精度を向上させる研究も数多く存在している。しかし、複雑な手順を要求するものが多く、シミュレーションによる確認に留まっている例が多い。また、実環境においては受信電波強度・ホップ数などの情報は極めて不安定であり、これらの研究成果をそのまま実用に供することは難しい。Self-Organizing Map(SOM)を用いた位置推定手法[2]、受信信号電力による最尤位置推定法[3]などは実環境での実験を試みているが、前者は通信量が、後者は計算量が非常に大きいなどの問題を抱えている。WSN の寿命に直接関係する個々のノードの電力消費量を抑えるために、計算量・通信量は小さい方が望ましい。本観点から、ばねモデルを適応した推定方法[4]、GOMASHIO アルゴリズム[5]などは秀逸といえる。しかし、前者は精度に関しては高いものの推定不可能なノードが多いという欠点を持つ。また、いずれの手法も通信が安定して行われることを前提にするなど、実環境に直接適用するには問題がある。

3. 提案手法

2章の考察から、本稿では、簡易な手法であるが比較的精度の良い位置推定結果が得られる GOMASHIO アルゴリズムに基づき、実環境に適用するための改善を加えた位置推定手法を提案する。

3.1 GOMASHIO アルゴリズム

GOMASHIO アルゴリズムは、位置情報が既知であるランドマーク (GOMA ノード) からの情報を元にその他のノード (SHIO ノード) が自律分散的に推定を行うアルゴリズムである。各 SHIO ノードは GOMA ノードの座標、及び各 GOMA ノードからのホップ数と理想通信半径を元に自身が存在すると思われる範囲を求め、更に 1 ホップ内に存在するか否かの矛盾を計算によって求めることで範囲矩形を絞り込む。

3.2 実環境での問題点

前述したように、現在多くの位置推定アルゴリズムはシミュレーションにより評価を行っている。我々はまずオリジナルの GOMASHIO 手法に関して、crossbow 社の MOTE MICAz[6]を用いて実環境にて実験を行った。その配置及び結果が図 1 である。実験は、16 個のノードを 4 × 4 の格子状に配置し、屋外で行った。各ノード間の距離は通信半径を元に 7m、計算に用いる半径 r は 10m に設定した。図中に●で示した点が GOMA ノード、○で示した点が SHIO ノードの実座標、×で示した点が各 SHIO ノードの推定座標である。

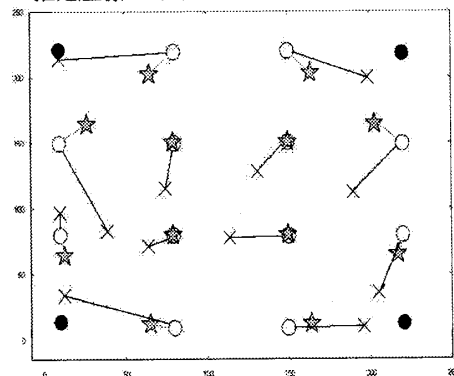


図 1 GOMASHIO 方式による比較実験

図中に★で示したのは、全てのパケットが安定した通信半径の下に伝達される前提で行ったシミュレーション結果である。それぞれの標準偏差と平均誤差を計算した結果を表 1 に示す。

図表の比較から、実環境では明らかに推定の精度が低下していることが分かる。この結果を元に、シミュレータに通信半径や受信確立の不確実性を加味した上で、推定手法の改良を試みた。

An Approach to Node Position Estimation in Real-World Wireless Sensor Network

[†]Yuji Endo, [‡]Ryohei Kawano, [‡]Katsumi Onodera, [†]Toshiaki Miyazaki

[†]School of Computer Science and Engineering, The University of Aizu

[‡]Graduate School of Computer Science and Engineering, The University of Aizu

表1 シミュレーションと実環境実験の比較(単位 m)

	標準偏差	平均誤差
シミュレーション	-	1.27
実機実験	3.86	4.53

3.3 改善点

実環境に向けた改良に於いて、オリジナルの GOMASHIO 手法からの大きな変更点は以下の2点である。

- (1) 実環境においては、隣接する端末同士において通信が正常に行われなかったり、逆に通常では到達しないはずの距離にパケットが到達することが頻繁に観察された。この点に着目し、推定座標算出の際に使用するホップ数を暫時的なものではなく、各ランドマーク毎にこれまでに受信したホップ数の平均の値を使用する。
- (2) GOMASHIO 手法における矩形絞り込み部を排除した。これは、最も計算量を要している部分でありながら絞り込める領域がそれ程大きくないこと。また、通信が不安定な状態では、逆に精度を下げてしまう要因になるためである。

以上を考慮した位置推定手法の概要は以下の通りである。

- i. ランドマークノードは自己の位置情報を定期的にブロードキャストする。受け取った各ノードはそのホップ数と座標を保持し、更にその情報を周辺ノードへマルチホップさせる。
- ii. 各ノードは、受け取ったランドマーク毎にその座標とその周期中最小であったホップ数を保持し、過去の履歴を元に平均ホップ数を算出する。
- iii. 保持した各ランドマークの座標、平均ホップ数と設定された通信半径から自身の存在範囲を算出し、その重心を推定座標とする。

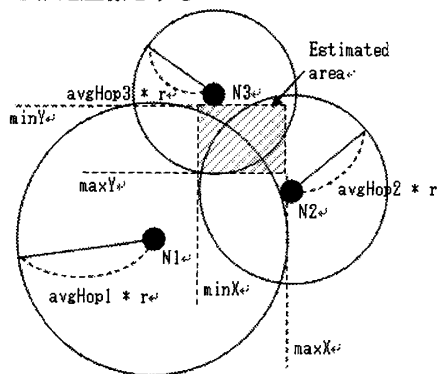


図3 推定手法

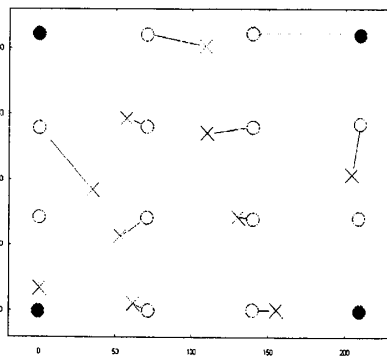


図4 提案手法による実験

4. 検証

オリジナルの GOMASHIO 実装と比較するため、図1における実験と同条件にて実験を行った。その結果が図4である。図1と比較して推定座標は、より実座標に近づいており、精度が向上していることが確認できる。また、表2に示すように、標準偏差と平均誤差はともに減少しており、推定のばらつきや誤差も縮小している。

表2 改良案と従来案の比較(単位 m)

	標準偏差	平均誤差
従来案	3.86	4.53
改良案	2.59	3.28

5. 結論

理想的な環境では比較的精度の良い位置推定結果が得られる GOMASHIO アルゴリズムを、実機を用いて評価し、実環境では通信の不安定性に対する配慮が必要であることがわかった。そこで、推定精度を向上させる為に、GOMASHIO アルゴリズムに改良を加えた。具体的には、過去のホップ数を参照することで安定した推定を行うと共に、ノードの消失や移動にも対応した。また、オリジナル・アルゴリズムで推定精度を上げるために行っている重い処理が、実環境では、必ずしも有効ではないため、その処理を省略し、計算量の劇的な軽減を実現した。これらの結果、実環境ではオリジナルの GOMASHIO に比べ位置推定精度が、平均 28%向上した。また本提案アルゴリズムは、単純であるため、他の手法を組み合わせる事でより高精度な推定も可能であると考える。

今後は、ノード配置や環境などの条件を変え、検証実験を続けると共に、推定精度をさらに向上させるための改良を加えていく。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号:18500060)およびテレコム先端研究支援センター(SCAT)研究助成金による。

参考文献

- [1] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, Hari Balakrishnan, The Cricket Location-Support System, International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 32-43, 2000.
- [2] 牧田淳一, 昌山一成, 小菅昌克, 滝沢泰久, 梅原大祐, 河合誠, 無線アドホックネットワークにおける分散型位置推定法, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 Vol. 2004 年通信, No. 1(20040308), p. 743.
- [3] 趙大鵬 他, センサネットワークにおける受信信号電力を用いた最尤位置推定法, 信学技法, NS2004-327, Feb. 2005.
- [4] 佐藤雅幸, 松尾啓志, アドホックネットワークにおけるばねモデルを適応した端末位置決定手法, 情報処理学会研究報告. MBL, [モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会研究報告] Vol. 2005, No. 28(20050317) pp. 155-162 2005-MBL-32-(22).
- [5] 岩谷晶子, 西尾信彦, 村瀬正名, 徳田英幸: ごましお: アドホックセンサネットワークにおけるノード位置決定方式, 情報処理学会モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会, 2001 (106), pp. 23-30, November 2001.
- [6] Crossbow, Inc., <http://www.xbow.com/>