

モバイルアドホックネットワークにおける位置推定手法の提案

林 国興[†]岩井 祐太^{††}西山 裕之[†][†]東京理科大学理工学部^{††}東京理科大学理工学研究科

1 はじめに

近年、ハードウェアの発達によりセンサデバイスと無線通信能力を持った小型コンピュータによるネットワーク構築が実現可能となった。これに伴い、ユビキタスコンピューティング環境においてコンテキストウェアネスサービスが普及しており、特に位置情報を取得することは重要課題であるといえる。

位置情報を取得する手法の一つにGPS (Global Positioning System) が挙げられ、カーナビをはじめとして様々なシステムで既に実用化されているが、電力消費の課題に加え、衛星の電波が届かない地下街や屋内環境では利用が困難であるという大きな問題がある。

そこで、GPS を用いずに位置推定を行う研究が多く成されている [1]。しかし多くが屋内用のインフラを利用するものであり、新たにシステム専用のインフラを敷設する必要があるなど得策であるとは言い難い。この問題に対処するため、既に広く普及している無線 LAN のアクセスポイントを利用したシステムが提案されているが、アクセスポイントがその場に存在することが前提であり、システムの導入も必要となる。

一方、無線通信を実現するネットワークの形態の一つに、モバイルアドホックネットワーク (Mobile Ad Hoc Network: MANET) がある。MANET とは、モバイルノードで構成されるインフラを持たないネットワークであり、ユビキタスネットワークを実現する手段として注目されている。MANET における位置推定を考えたとき、ネットワーク内ノードの相対位置を検出することで、要求される位置情報の殆どを満たすことができると考えられる。また、各ノードの絶対位置が要求される場合であっても、いずれか一つのノードの絶対位置が取得可能である場合、その他のノードは相対位置から絶対位置を推定することが可能である。

以上の点を考慮し、本研究では固定配置された基準点を利用せず、移動するノードが自律分散し強調し合うことで各々の相対位置を推定する手法を提案する。

2 提案手法

2.1 提案手法のアプローチ

本研究では MANET を想定しているため、固定配置されたノードは存在せず、また特別な役割を持つノードも存在しない。そのため、移動するノードをいかに管理するかが重要な課題となる。しかし一方で、ノードが移動することを逆手に取り、これを利用することにより相対位置の推定が可能となる。各ノードはノード間の距離情報だけでなく、各ノードの移動情報を共有することにより相対位置推定を実現する。

移動情報は各ノードの移動方向及び距離が必要となるが、本研究では方位センサ及び加速度センサ等のモーションセンサを利用して移動情報を取得し共有する。

ノード間の距離測定に際しては、無線信号の到達時間差 (TDOA: Time Differential Of Arrival) を用いた手法や受信電波強度 (RSSI: Received Signal Strength Indicator) を用いた手法などを利用する。TDOA 方式は RSSI 方式に比べ高い精度が望める反面、特殊な機材を利用する必要があり低コストでの実現が困難である。一方、RSSI 方式は導入時に特別な機材を必要としないが、環境ごとに異なる減衰定数の値が既知である必要があるなど、どちらも一長一短がある。

2.2 相対位置推定アルゴリズムの検討

ノード間距離情報及び移動情報を利用することにより、3種類の手法で全ノードの位置推定が可能となる。以下にその算出方法を示す。

基本アルゴリズム

(Step0) 自ノードを原点に配置

(Step1) 自ノード・任意ノード間距離取得
(図 1(a) : d_1)

(Step2) 移動情報及び移動後のノード間距離取得
(\vec{m}, d_2)

(Step3) 候補となる位置を算出

\vec{m} は始点が原点を中心とする半径 d_1 の円周上 (移動前)、終点が原点を中心とする半径 d_2 の円周上に存在する。このような点は特殊な場合を除いて

A Proposal of Position Estimation Method for MANET.

Kunioki Hayashi[†], Yuta Iwai^{††}, Hiroyuki Nishiyama[†]

[†]Faculty of Sci. and Tech, Tokyo University of Science

^{††}Graduate School of Sci. and Tech, Tokyo University of Science

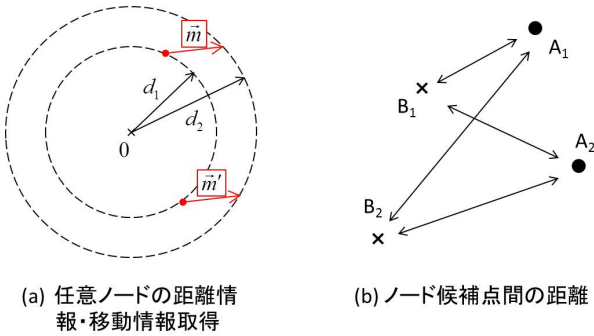


図 1: 基本アルゴリズム

2点存在し、これらの移動後位置を候補とする(図1(a): \vec{m} , \vec{m}' の終点)。

(Step4) 他の任意ノードの位置候補を算出
 他の任意ノードに対しても同様(Step1 から Step3) に位置の候補が算出される。

多辺測量による方法 候補が算出された2つの任意ノード A・B において、候補の組み合わせは4通りとなる(図1(b): ノード A の候補点を $A_1 \cdot A_2$, ノード B の候補点を $B_1 \cdot B_2$ とする)。この候補位置間の距離と、電波強度などによって測量・共有されている2点間の距離の差が最少となる候補の組み合わせから、2つの任意ノード A・B の位置が決定される。その後、原点に配置されている自ノードを含めた3点から3辺測量[2]により任意ノードの位置を推定し、推定されたノードを新たに基準点に加える。その後多辺測量と基準点追加を繰り返すことにより全ノードの位置を推定する。

2点間距離を利用する方法 2つのノードの位置決定までは多辺測量による方法と同様である。その後、他の任意ノードに対しても候補となる位置を算出し、既に決定されているノード候補位置との距離を比較することにより、候補点の中から位置を決定する。

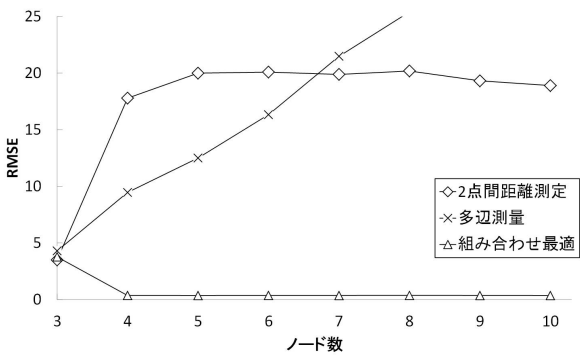


図 2: ノード数に対する推定精度

組み合わせ最適化を利用する方法 全ノードに対して基本アルゴリズム Step1~Step3を施し、位置の候補を算出する。その後、全ノードの候補の中から、2つのノードの候補位置間の距離と、電波強度などによって測量されたノード間距離の差の総和が最少となる全ノードの組み合わせから、全ノードの位置を一括決定する。

3 評価実験

以上の3種類の位置推定方法に対して、ノード数の変化に対する推定精度を計算機シミュレーションにより評価する。本シミュレーションでは、指定数のノードを100[m]四方内の任意の点に配置し、各ノードは単位時間あたり半径10[m]の範囲で移動させた点を真の位置として、各方法で推定した。位置推定精度を表す指標としては、推定位置と真値の二乗平均平方根誤差(RMSE:Root Mean Square Error)を用いた。なお、本評価実験は単に本手法による位置推定に際する誤差を評価するものであり、推定距離及び移動情報取得による測定誤差を評価するものではない点に注意されたい。

実験の結果、組み合わせ最適化を用いる方法が最も精度が良いことが示された(図2)。組み合わせ最適化を用いる方法は全ノードの最適な推定位置を一括で決定するのに対し、2点間距離測定と多辺測量を用いる方法は推定されたノードの位置を新たに既知ノードとみなして利用しており、各ノードは他ノードの推定位置の誤差の影響を受けたためであると考えられる。

4 おわりに

本研究では、既存インフラといった固定ノードを用いずに移動するノードのみで相対位置を推定する手法の提案を目的とし、本稿では実現可能な3つの方法に対して精度の観点から計算機シミュレーションにより評価を行った。その結果、組み合わせ最適化による解法が最も精度が良くなることが示された。

しかし実際には、ノード間距離推定及び移動情報の推定において測定誤差が生じる可能性があり、提案手法の推定結果はこれらに大きく依存してしまうと言わざるを得ない。そのため、今後は測定誤差と推定誤差の感度を考慮して評価する必要がある。

参考文献

[1] 別所 正博, 小林 真輔, 越塚 登, 坂村 健, “コピキタス コンピューティングと屋内環境の位置認識”, 電子情報通信学会誌 92(4), pp.249-255, 2009

[2] A.Savvides, “Dynamic fine-grained localization in Ad-Hoc networks of sensors”, Proceedings of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking, pp.166-179, 2001