

集約型自己組織化スマートデバイス位置推定方式における 移動デバイス位置推定改善手法の提案

川田 千尋* 北之馬 貴正† 新居 英志† 森 流星† 滝沢 泰久*

1 はじめに

屋内施設での人の活動状況やモノの利用状況を把握する試みにおいて、モバイルスマートデバイスの位置は重要な情報である。既存の屋内位置推定方式の実用システムとして電波を用いた方式である iBeacon [1] や Indoor Messaging System (IMES) [2] があるが、これらはアンカノードに対する Proximity(接近による発見)を用いるため、利用可能な精度を得るには位置が既知とする多数のアンカノードを綿密に配置した測位設備を必要とする。一方、各種センサを利用したフィンガープリンティングは、屋内施設内にセンサにより取得されたデータによる緻密なマップを構築および維持する必要があり、導入、保守および拡張において著しいコストを必要とする。そのため、大規模屋内施設への適用は非常に困難となる。

上記問題を解決するため北之馬らは屋内の集約型自己組織化スマートデバイス位置推定方式 SmartFinder[3] を提案している。SmartFinder は、3 定点のみで、無線モバイルデバイス間の隣接情報を用いて、多数の無線モバイルスマートデバイスを位置取得する自律型屋内測位技術である。しかし、移動デバイスでは位置推定に実時間性を得るために位置推定アルゴリズムを簡素化しており、停止デバイスと比較すると誤差が大きくなる。

本稿では、移動デバイスにおいて位置推定精度の改善を図るため、加速度センサーを用いた移動デバイスにおける時系列の自身の移動距離を用いる移動デバイスの位置推定手法を提案する。

2 SmartFinder

2.1 システム構成

SmartFinder はスマートデバイスモジュールとサーバモジュールで構成される(図 1)。スマートデバイスでは BLE を用いて隣接ノード情報を取得し、それを WiFi/LTE によりサーバモジュールへ転送する。サーバモジュールは全てのスマートデバイスの隣接するデバイスの情報を集約し、仮想メッシュネットワークを構成する。この仮想メ

ッシュネットワークに、SOL(Self-Organizing- Localization) アルゴリズムを適用して、スマートデバイスの位置を推定する。このシーケンスを周期的に繰返し、継続的にスマートデバイスの位置を推定する。

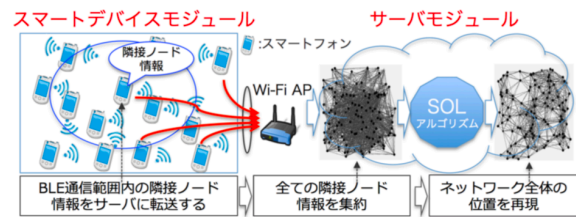


図1 SmartFinder のシステム構成

2.2 SOL アルゴリズム

SOL アルゴリズムは自己組織化マップを応用し、全くランダムなネットワークのジオメトリから BLE 隣接間 RSSI によるノード間距離に基づき位置修正を繰り返すことでオリジナルジオメトリを再現する。また、位置修正の繰り返しの推定位置はネットワーク内に置ける相対位置である。この相対位置をアンカノードの真位置と推定位置を用いて絶対位置へ変換しジオメトリの絶対位置を得る。SOL アルゴリズムにおいて、仮想ネットワーク内の移動しているノード(移動ノード)と停止しているノード(停止ノード)の位置推定戦略を変更する。停止ノードは従来の集約型 SOL と同様に、仮想無線ネットワーク全体のトポロジを用いて高精度な位置推定を実施する(大域 SOL)。大域 SOL の実行周期は長周期とし、数十秒程度を想定する。移動ノードは、移動ノードとその近傍の高精度な推定位置をもつ停止ノードによる局所的な仮想無線ネットワークに位置推定アルゴリズムを適用することで精度劣化なしに計算時間を短縮する(局所 SOL)。局所 SOL の実行周期は短周期とし、1 秒程度を想定する。大域 SOL と局所 SOL の並列処理により移動ノードと停止ノードの位置推定を行う。

3 提案手法

移動デバイスでは位置推定に実時間性を得るために位置推定アルゴリズムを簡素化しており、停止デバイスと比較すると誤差が大きくなる。また、SmartFinder で推定された電波距離の平均誤差は 3.28m、移動距離の平均誤差は 0.30m である。したがって、移動デバイスにおい

Improvement to Tracking Accuracy for Moving Devices
in Cloud based Self-Organizing Localization

*関西大学 環境都市工学部

Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

†関西大学 理工学研究所

Graduate School of Engineering, Kansai University

て位置推定精度の改善を図るため、局所 SOL に自身の移動距離をノード間距離（以下、移動距離）として導入し、BLE 隣接間 RSSI によるノード間距離（以下、電波距離）と組み合わせて推定する方法を提案する。（図 2）

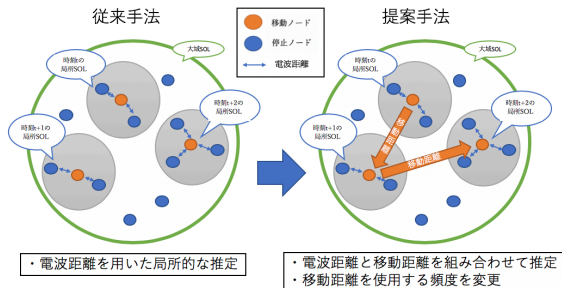


図 2 提案手法の概要

3.1 加速度センサーによる移動距離の取得

移動距離の取得方法はスマートデバイスに搭載されている加速度センサーを用いて単位時間あたりの端末の加速度を計測し、3軸の加速度から合成加速度を取得して歩数と歩幅を求めることで端末の移動距離を求める。

4 実験

4.1 実験方法

移動距離による隣接関係の利用割合と移動デバイスの位置精度改善の相関を調べるために SmartFinder の搭載された Android スマートフォン（以降、ノード）を用いて実験を行う。Android スマートフォンの仕様を表 1 に示す。実験の諸元を表 2 に示す。

表 1 Android スマートフォンの仕様

機種名	Rei
OS	Android6.0
Wi-Fi	802.11 a/b/g/n (2.4/5GHz)
BLE	4.0 LE 対応
BLE 通信範囲	20m

表 2 実験方式

フィールド範囲 ($m \times m$)	25 × 20
アンカーノード数	3
ノード数	50
移動ノード数	1
移動ノードの速さ (m/s)	1.0
大域 SOL の実行周期 (サイクル)	10
局所 SOL の実行周期 (サイクル)	1

移動ノードの歩行ルートはあらかじめ決定している。今回は 180 秒間の位置推定実験のなかで 1 秒ごとの移動

ノードの誤差の平均値を求め、評価を行った。

4.2 実験結果

利用割合ごとに算出した平均誤差を図 3 に示す。

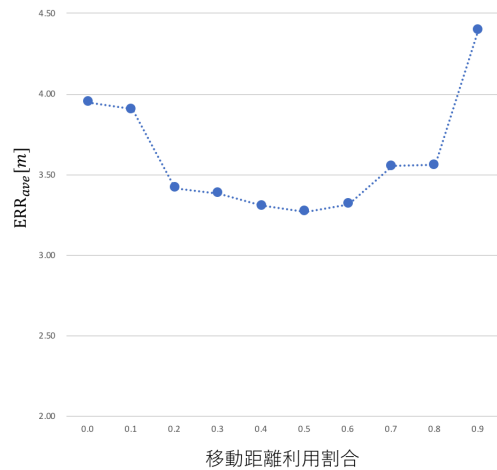


図 3 移動距離利用割合ごとの平均誤差

移動距離の利用割合を高めた場合、0.5-0.6 までは精度が改善し、0.7 を超えると精度改善効果が減少する。これは、0.6 までは BLE による電波距離より距離精度が高い移動距離による隣接関係を用いたほうが有利に働き、0.7 を超えると移動距離による隣接関係に偏って推定するため、隣接関係の多様性や異方性が減少して不利に働く。すなわち、移動距離の利用割合には適正值がある。

5 まとめ

本稿では SmartFinder の位置推定に加速度センサーから取得した移動デバイスの時系列の自身の移動距離を導入し、電波距離と組み合わせて推定する方法を提案した。さらに、実験結果から移動距離の利用割合には適正值があることがわかった。

参考文献

- [1] Nic, N.: "Apple iBeacon technology briefing." Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice 15.3, pp.222-225 (2014).
- [2] 石井真, 小暮聡, 神武直彦, 海老沼拓史: IMES (Indoor Messaging System) の原理と課題及びその解決について, GPS/GNSS Symposium 2009 テキスト, pp.120-125 (2009).
- [3] 北之馬貴正, 新居英志, 森流星, 安達直世, 滝沢泰久: SmartFinder: 集約型自己組織化スマートデバイス位置推定方式のノード間メトリックを用いた拡張とその実装, 情報処理学会研究報告, Vol. 2018-DPS-175, No.15, pp.1-8, 2018.