

令和元年6月12日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00147

研究課題名（和文）高精度フィンガープリンティング測位のための屋内センサビッグデータ解析システム

研究課題名（英文）Indoor big data analysis for high accurate finger printing localization

研究代表者

新井 イスマイル (Arai, Ismail)

奈良先端科学技術大学院大学・総合情報基盤センター・准教授

研究者番号：60512572

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：地磁気フィンガープリンティングの誤差要因としてセンサーデータマップと現在値の乖離が大きいことを確認し、そのタイミングの検出手法を見出したことが主な研究成果である。調査した中で最も地磁気の変化が顕著だった地下鉄車両の発車・停車に着目し、それらを検出する手法として3軸地磁気・加速度データをSVMで機械学習することで0.9599のF値を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フィンガープリンティングの精度向上はセンサーデータマップにおいては鮮度の維持が重要とされてきたが、状況に応じた複数のセンサーデータマップの準備が有効である可能性を見出した。たとえば、センサーデータマップが1つしか無い時でも変化点を検出することで、状況に応じてフィンガープリンティングの性能が信用できるかどうかを判断できるため、測位システムの精度向上に寄与する。

研究成果の概要（英文）：The main contributions are (i) understanding the main reason of the error of magnetic fingerprinting is a gap between the value of the sensor data map and the current sensor value and (ii) achieving 0.9599 F-value of magnetic changing detection while the departure/arrival of subway based on SVM which utilizes a magnetometer and an accelerometer.

研究分野：ユビキタスコンピューティング

キーワード：ユビキタスコンピューティング 屋内測位

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンの普及により、特に都市部での移動時における歩行者ナビゲーションの需要が高まっている。ナビゲーションサービスには現在地を知るための測位システムが必須となり、屋外においては GPS が最適手段とされているが、屋内測位手法は用途や使用機器によって手法が乱立している。

スマートフォン搭載センサを用いた屋内測位手法として現状最も精度と現実性のバランスに優れているものにフィンガープリンティング（以下、FP）がある。この手法は図 1 の Wi-Fi FP の例に示すように計測フェーズと測位フェーズに分かれており、まず計測フェーズにて正確な位置とセンサ情報の対応付けを行い、センサデータマップを作成する。測位フェーズでは、スマートフォンから得たセンサデータからセンサデータマップの該当位置を逆算することで測位を実現する。

従来、Wi-Fi アクセスポイント（以下、Wi-Fi AP）の BSSID と電波強度といった観測情報を活用した Wi-Fi FP が研究されてきたが、屋内では鉄筋や配電線の影響で地磁気が場所ごとに固有の値となることから地磁気 FP にも注目が集まっている。

FP は既存のスマートフォンでも測位が可能で、研究報告の多い Wi-Fi FP については計測フェーズを終えた直後の実験では測位誤差 3m 程度の精度を実現している。

一方、Wi-Fi AP の設置状況が変わると測位結果が大きく低下する。1年に4割もの AP が入れ替わるといった報告[1]もあり、センサデータマップの鮮度が重要とされてきた。この問題を解決する手法として巡回ロボット[2]によるセンサデータマップ更新の研究もなされている。

我々は 2009 年より大阪・梅田周辺地下街にて屋内ナビゲーションに関する研究を続けており、FP の精度を評価する際には既存研究と同様、センサデータマップを事前に更新するようにしていたが、ある測位時にスマートフォンから得られる地磁気を確認したところ、計測フェーズ時と同じ位置にも関わらず大きく異なる値を示すことがあり、原因を調べたところ直下を走っている地下鉄の大電流による磁気の変化を捉えていることが判明した。

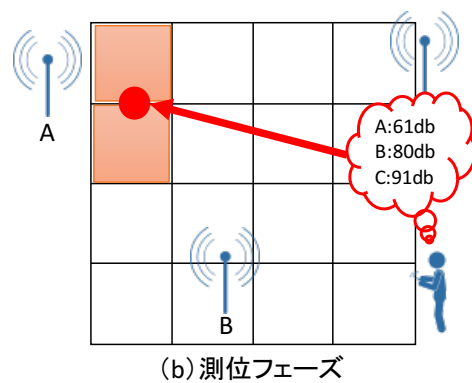
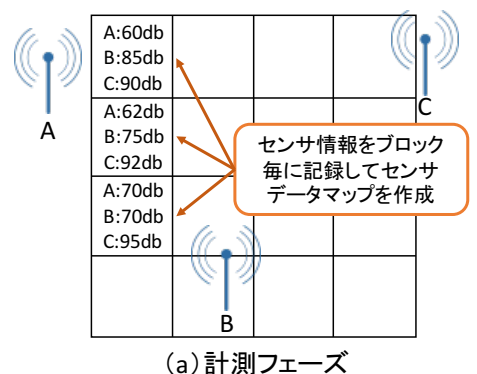


図 1 Wi-Fi FP

- [1] 河口信夫, “Locky. jp:無線 LAN を用いた位置推定とその応用,” 電子情報通信学会, ITS 研究会, Vol. 107, No. ITS-161, pp. 37-40, 2007.
- [2] Kensaku Kawauchi and Jun Rekimoto, FineMesh: High-Density Sampling Platform Using an Autonomous Robot, CPSCoM 2012, pp. 477-486, Besançon, France, 2012.

2. 研究の目的

センサデータが時間変化する可能性のある箇所で定点観測によって蓄積されたセンサデータを分析して変動パターンを特定することで、測位精度を維持する適切なセンサデータマップの更新頻度や保存パターン数を明らかにすることを本研究の目的とする。(図 2)

地磁気 FP は地下鉄の往来による周期的な変動が影響する。これらの状況変化に適応するには発生するパターンの数だけセンサデータマップを保持しておく、適時更新することが望ましく、これによって長期間にわたって測位精度の維持が実現可能となる。

3. 研究の方法

図 3 の通り、フェーズ(1)~(3)の順に研究を進める。

(1)屋内センサビッグデータ収集基盤の構築では複数のセンサを常設して定点観測データを配信する必要がある。また、移動ノードにおいても正確な測位ができていれば定期的に同じ場所に訪れる場合は定点観測ノードと捉えることができるため、ネットワーク品質が変化する環境でも軽量に安定してセンサデータを配信できるプロトコルとして MQTT-SN の検証を行った。

(2)センサビッグデータの解析では、(1)で収集したセンサデータから周期性や突発的な変動等を解析し検出するアルゴリズムを検討する。

(3)FP 精度の検証では、(2)で得られたセンサデータマップを用いて FP 精度が向上することを確認する。

4. 研究成果

主に(1)について MQTT-SN の実装評価、(2)(3)については地磁気の変化に着目した研究成果について報告する。

(1) MQTT-SN の実装評価

IoT 向けの Pub/Sub メッセージングプロトコルとして MQTT が普及しているが、TCP をベースにしていることから、高速移動中等の状況で通信状態が安定しない時に、再送処理がタイムアウトして大量のパケットが接続切断により失われることがある。

UDP ベースであれば通信状態が不安定になったその瞬間のパケットのみ消失するため、損失量が少なく済む。MQTT の軽量版プロトコルとして MQTT-SN が提案されており、これを UDP 上で実装することで上記問題が解決できる可能性がある。既存研究において性能検証結果が示されているものがないため、本研究で検証した。

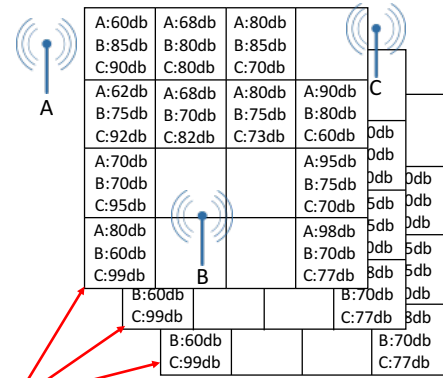


図 2 センサデータマップ生成・利用イメージ

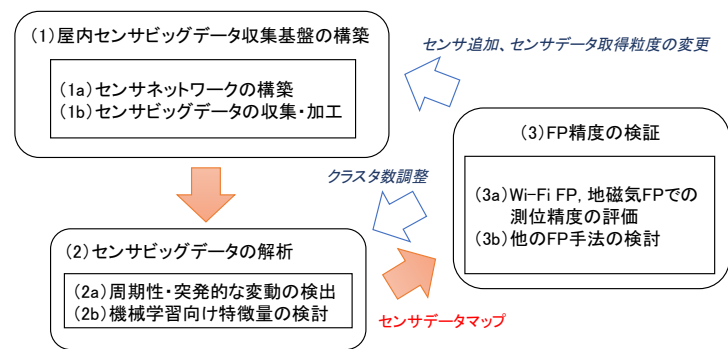


図 3 研究の流れ

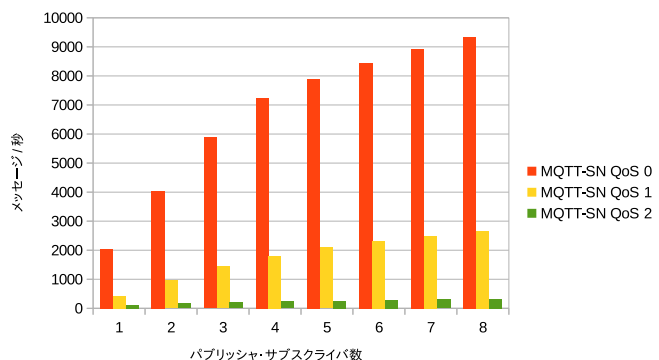


図 4 MQTT-SN の評価結果

図 4 に Python で実装した MQTT-SN の性能評価結果を示す。MQTT-SN は UDP や Zigbee 等のプロトコル上で動作することを想定しており、再送機能を使用するかどうかを選択できる。QoS 0 では再送処理がなく、それ以外では再送処理がある。上記の趣旨に合うものは QoS 0 となり、再送ありの処理よりも多くのメッセージが処理できる、すなわち軽量にセンサデータを配信できることが分かった。一方で、通信状況が良い時は MQTT や HTTP の方がスループットが良い結果となっており、実装の品質に改善の余地が残った。特にプロトコルの違いの本質ではない、メッセージ ID の乱数生成に処理時間がかかってしまっており、既存の MQTT や HTTP ではその部分が支配的でないため、本開発の該当部分を見直すことで改善が期待できる。

(2) 地磁気の変化検出

屋内で地磁気に変化する要因は長期的には什器のレイアウト変更が考えられるが、短期的には電磁波や大電流を伴う電気電子製品の稼働が考えられる。本研究は後者の変化を対象としているため、電子レンジやプリンター、エレベーター、地下鉄等の変化を定点観測した。結果として測位結果に大きな影響を与えるレベルの変化は地下鉄の移動によるものが顕著だったため、この変化検出に主眼を置いた。

地下鉄の線路から 10m 離れた地点での定点観測結果を 3 軸地磁気の変化量のスカラ値によって図 5 に示す。停車・発車付近で地磁気の変化が確認できる。突発的に変化しているため、減速・加速によって電源である線路に大電流が流れていることが予想される。

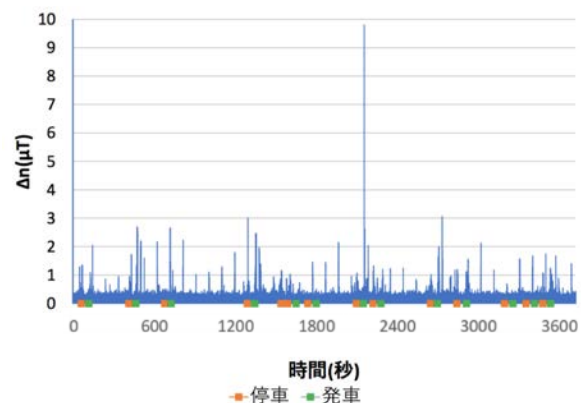


図 5 線路 10m 地点での地磁気定点観測結果

このタイミングにフィンガープリンティングをすると観測値とセンサデータマップの値に乖離があり測位性能が低下する。

実際に学内ですでに構築しているセンサデータマップにこの変化量を加味したシミュレーションを実施すると、測位精度が 10.08m から 12.88m と 2.8m 悪化した。このような状況では例外的な処理を行ったり、この状況にあったセンサデータマップに切り替えることが望ましい。そのためには、センサデータからこのタイミングを検知する必要がある。

本研究では地磁気による地下鉄発着の検知手法として、2 手法を検討し比較した。1 つは加速度センサを用いて重力方向とそれに直行する成分に 3 軸地磁気値を 2 軸に合成し、変化量を閾値判定する手法、他方は地磁気・加速度の生データを SVM の入力として 2 値分類する手法である。結果として後者の方が適合率 0.9579、再現率 0.9629、F 値 0.9599 と高精度な結果を得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- ① 東 和樹, 新井 イスマイル, “相互補完型 Wi-Fi・地磁気フィンガープリンティング手法の評価,” 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 2, pp. 791-802, 2019. [査読有]
URL: <http://id.nii.ac.jp/1001/00177465/>

〔学会発表〕(計 6 件)

- ① 寺井 元基, 新井 イスマイル, 藤川 和利, “動的なフィンガープリンティングマップ構成に向けた地磁気の変化の定点観測,” 情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモ

バイル (DICOM02018) シンポジウム論文集, pp.1035--1039, 2018.

- ② Genki Terai, Ismail Arai, Kazutoshi Fujikawa, "Fixed point observation of geomagnetism for dynamic fingerprinting map construction," Student Workshop, MobiCASE 2018, 2018.
- ③ 木村 一統, 新井 イスマイル, 藤川 和利, "MQTT-SN の実装評価," 情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02017) シンポジウム論文集, pp. 949--954, 2017.
- ④ 米澤 拓也, 新井 イスマイル, 藤川 和利, "路線バスから得られたセンサデータを利用した運行状態分類モデルの評価," 情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02017) シンポジウム論文集, pp. 65--72, 2017.
- ⑤ 木村 一統, 新井 イスマイル, 藤川 和利, "IoT デバイス向けアプリケーション層プロトコルの性能比較計画," 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-MBL-81, No. 4, pp. 1--4, 2016.
- ⑥ 米澤 拓也, 新井 イスマイル, 藤川 和利, "路線バスから得られたセンサデータの解析と車両状態推定に関する検討," 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-MBL-81, No. 3, pp. 1--5, 2016.

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。