

無線 LAN 測位と歩行者自律測位を組合せた屋内歩行軌跡推定方式

秋山 高行[†] 大橋 洋輝[†] 佐藤 暁子[†]

(株) 日立製作所 中央研究所[†]

1. はじめに

スマートフォンの急激な普及と共に、位置情報サービス市場が拡大している。従来の携帯電話向け地図/ナビゲーションサービスに加え、位置情報を基軸にしたコミュニティ系サービス、AR (Augmented Reality) 系サービスなど国内外において適用サービス分野の多様化が進んでいる。このような状況の下、筆者らは、Android 端末などの汎用的なスマートフォンに内蔵されたセンサを用いた屋内測位技術について研究開発を実施している。GPS による測位が利用不能である屋内における測位技術には、大きく分けて2種類の方式が存在する。1つは、測位機器を環境側に設置することで測位する“環境測位”と、環境側には一切機器を設置せずに歩行者の携帯する端末のみで測位する“歩行者自律測位”である。“環境測位”では、測位機器の発する信号を受信し、信号強度や信号到達時間を利用して、測位機器との距離を算出し、受信者の絶対位置を推定する。近年のスマートフォンの利用拡大と共に、無線 LAN の利用が活発化しており、無線 LAN の電波強度を利用した環境測位方式が注目を集めているが、無線 LAN の電波は揺らぎが大きいため、位置情報サービスに十分な測位精度を得るためには、設置台数を増やすか、無線 LAN の電波強度を事前に測定し、フロア内の電波強度分布を学習しておく、などの手法がある[1]。これらの方式では、利用者側の運用コストがかかるため、導入が進まないという問題がある。一方、“歩行者自律測位”は、既知の位置からの相対位置を、歩行者が携行する端末内蔵センサから得られるデータによって連続的に推定することで、現在の位置を推定する測位方式である[3]。環境側へのコストが発生しないため、汎用的な屋内測位への適用が見込まれているが、相対位置の推定方式であり、前状態の誤差が後の状態まで累積するため、基点座標を与える必要がある。

本発表では、環境測位による絶対位置推定と

歩行者自律測位による相対位置推定を組合せた汎用的な屋内測位方式について述べる。

2. 提案方式

従来では、無線 LAN 電波により推定した座標を歩行者自律測位の基準点として、歩行者自律測位を開始する方式が提案されているが、無線 LAN 電波の誤差が大きいため基準点推定で誤差が生じ、その後の歩行者自律測位の誤差が増大するという問題がある[3][4]。

そこで、本研究では、歩行者自律測位の歩行者と環境起因の累積誤差を、無線 LAN の受信電波強度を利用して除去する方式を提案する。

本方式では、歩行者毎の歩行距離の誤差は個人差のみに依存するものとし、ジャイロセンサ誤差は、各時刻一定値を取り、時間に依存しないランダムなノイズはその他の誤差に対して十分に小さいと仮定する。

RSSI (Received Signal Strength Indicator) 値を利用して、無線 LAN 基地局 (Access Point: AP) に接近しているとみなせる強い RSSI 値を受信した時刻の座標を、その AP の座標として利用する。そして、歩幅とジャイロセンサ誤差、初期方位のパラメータセットを複数サンプリングし、歩行軌跡候補群を生成する。

各時刻の AP の座標との距離を算出し、各時刻に受信した RSSI 値との整合性を評価する。推定座標と AP の間の距離から推定される RSSI 値から、推定座標に存在している確率を算出する。さらに、建物外形情報を利用して、推定歩行軌跡が建物内に存在する割合を算出する。

以上より算出される各時刻の存在確率と、歩行軌跡の建物内に存在する割合を歩行軌跡全体の評価値として利用し、推定歩行軌跡の評価値を計算する。サンプリングしたパラメータセットの中で評価値を最大にする歩行軌跡を、推定歩行軌跡として選択する。

本提案方式では、無線 LAN 電波による存在確率を導入したことにより、RSSI 値を間接的に利用することが可能となり、従来方式よりも、RSSI 値が微弱の場合、つまり、AP からの距離が離れた誤差の大きい場合の RSSI 値も効果的に利用可能となる。

3. 評価結果と考察

提案方式の評価実験を行った。評価データは、日立製作所 中央研究所の記念館において測定した。スマートフォンは、歩数を検知しやすくするためベルトに固定して腰の後ろに装着した。端末を装着した測定者10名がフロア内の決められた経路を歩行し、装着した端末から得られるセンサデータによって、歩行軌跡を提案方式によって推定する。無線 LAN 基地局は20m×60mに43台設置する場合と10台設置する場合の2種類のデータを評価した。

まず、提案方式を適用した結果を図1に示す。推定精度を評価したところ、無線 LAN 基地局が10台設置されている場合で、歩行距離3.1%の推定誤差、43台設置されている場合では2.8%であった。設置密度が高い場合と低い場合の推定結果に大きな差異は無く、基地局設置環境に依存しない方式であることがわかる。これは、無線 LAN 電波強度を直接的に利用していないことが主な要因であると考えられる。無線 LAN 電波の受信には、障害物や歩行者による減衰、マルチパスに起因する揺らぎが大きく、また、受信間隔が長いことによる受信漏れの問題があるため、加速度・ジャイロセンサに比べて不確実性が高い。そのために、無線 LAN の受信状況よりも加速度・ジャイロセンサを信頼し、歩行者自律測位では得られない絶対座標、センサ誤差、歩行速度の情報を無線 LAN 受信状況から総合して得る本提案方式が、環境に依存しないロバストな方式となったと考えられる。

最後に計算時間について述べる。汎用的なPCを利用して、歩行時間150秒のデータに対して118秒を要している。各APに対して逐次的に計算しているため、並列計算を実施することで、APの数に対して線形に高速化が可能である。

4. 結論

本論文では、汎用的に高精度な屋内測位システムを提供することを目的として、少ない無線 LAN 設置台数での環境測位と、歩行者の携行するスマートフォン内蔵センサを利用する歩行者自律測位方式を組合せた屋内測位方式を提案した。提案方式の有効性を検証するために、プロトタイプシステムを開発し、20m×60mの空間に10個の無線 LAN 基地局設置した環境での10人の歩行データにおいて、歩行距離3.1%の推定誤差を達成した。これにより、測位精度を十分な精度に保ちながら、測位環境構築コストを低減することを実現した。これにより、様々な

位置情報関連事業への適用を可能とし、屋内での位置情報サービスの大幅な発展に寄与するものと考えられる。

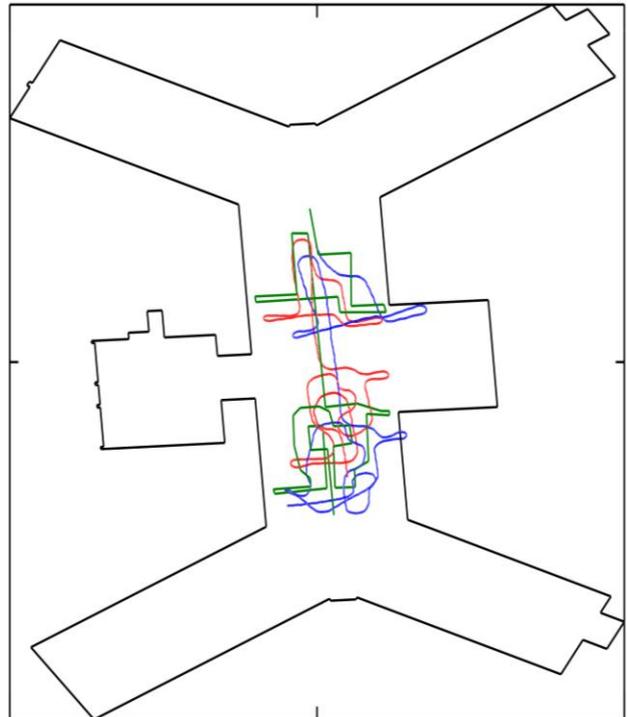


図1. 提案方式での推定軌跡
(赤線：無線 LAN を 43 台設置しての結果、
青線：無線 LAN を 10 台設置しての結果、
緑線：正解軌跡、実線：建物外形)

- [1] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based User Location and Tracking system," in proceedings of IEEE INFOCOM 2000, 2(3), pp. 775-784, March 2000.
- [2] M. Kourogi, N. Sakata, T. Okuma and T. Kurata, "Indoor/Outdoor Pedestrian Navigation with an Embedded GPS/RFID/Self-contained Sensor System," 16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT 2006), pp. 1310-1321, 2006.
- [3] H. Wang, H. Lenz, A. Szabo, J. Bamberger, and U. Hanebeck, "WLAN-Based Pedestrian Tracking Using Particle Filters and LowCost MEMS Sensors," Proceedings of Workshop on Positioning, Navigation and Communication, pp. 1-7, 2007.
- [4] O. Woodman and R. Harle, "Pedestrian localization for indoor environments," Proc. 10th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp), pp. 114-123, 2008.