

歩行者を対象とした屋内測位手法の提案

古舘達也 † 堀川三好 † 菅原光政 †

† 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1 はじめに

近年の位置情報利用は SNS やライフログなど多用途化が進み、今後も拡大が予想される。一方、これらの位置情報サービスは主に GPS を利用しており、屋内環境における測位は困難という課題がある。

本研究では、屋内環境における測位を基準地点推定、移動方向推定、移動距離推定の3つに分類し、近年急速に普及する Bluetooth Low Energy ビーコン (BLE ビーコン) を用いて測位環境に低依存な測位を実現する。本稿ではモバイル端末の電波受信特性に低依存な受信信号強度 (RSSI: Received Signal Strength Indicator) のベクトル空間モデルを用いた基準地点推定と、保持方法に低依存な歩行者の移動による RSSI 変化量を用いた移動方向推定について提案を行う。また、実証実験によって電波受信特性および保持方法による影響を評価検証する。

2 関連研究

屋内測位は、RSSI を用いる手法とモバイル端末が搭載する各種センサを用いる手法とに大別できる。

RSSI を用いる手法では、各発信機までの距離を RSSI から算出し三点測量などで推定を行う。しかし、RSSI はモバイル端末の電波受信特性 (機種等による性能差) によって異なる他、発信機から離れた地点では高精度測位は困難である [1]。

センサを用いる手法では、センサ値から測位対象の移動方向及び移動距離を累積的に推定するため外部インフラを必要としないという利点がある一方で、測位に応じて誤差が蓄積するという課題がある [2]。

3 測位手法の提案

3.1 提案手法の概要

提案手法は図 1 の様に、BLE ビーコン付近の測位対象を推定する基準地点推定と、各 BLE ビーコン間を補う移動方向推定および移動距離推定からなる。

基準地点推定は、初期地点の推定および累積誤差の初期化を目的としており、モバイル端末の機種等による電波受信特性に低依存なベクトル空間モデルを用いて (x_0, y_0) を算出する。

移動方向 θ_n は歩行者の移動に伴う RSSI 変位を用いることでモバイル端末の保持方法に低依存な推定を行い、移動距離 d_n は予め設定した歩幅と加速度から算出する歩数との積によって算出する。

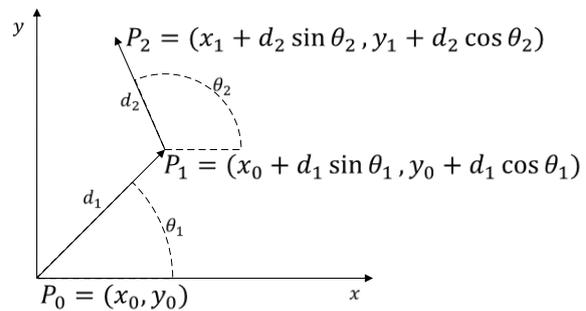


図 1: 測位手法の概要

3.2 基準地点推定手法

複数 BLE ビーコンとモバイル端末の距離と RSSI の関係から算出した理論値 RSSI と、実測した実測値 RSSI とのベクトル類似度を用いて推定を行う。

手順 1: 類似度算出点の設定

RSSI は BLE ビーコンとモバイル端末間の距離が近いほど強い性質がある。そのため最も強い RSSI を示す BLE ビーコンを選択し、BLE ビーコン設置点とその周辺地点に適当数の類似度算出点を設定する。

手順 2: 理論値 RSSI ベクトルの作成

ある類似度算出点と周辺 BLE ビーコンまでの距離から理論値 RSSI を算出し、理論値 RSSI ベクトル \vec{e} を作成する。同様にすべての類似度算出点において理論値 RSSI ベクトルを算出する。

手順 3: 類似度の算出

実測した各 RSSI を成分とする実測値 RSSI ベクトル \vec{a} と \vec{e} の類似度 \hat{S} を式 (1) によって算出する。 \hat{S} は、 \vec{a} , \vec{e} の方向を用いるためモバイル端末の性能差等によって \vec{a} の大きさが異なる場合でも正しい結果を算出できる。同様にすべての類似度算出点の類似度を計算し、BLE ビーコン設置点の類似度が最も大きい場合補正を行う。

$$\hat{S} = \frac{\vec{a} \cdot \vec{e}}{|\vec{a}| |\vec{e}|} \quad (1)$$

Proposal of Indoor Positioning Method for Pedestrians

†Tatsuya FURUDATE †Mitsuyoshi HORIKAWA

†Mitsumasa SUGAWARA

†Faculty of Software and Information Science,

Iwate Prefectural University

3.3 移動方向推定手法

n 時点の座標および実測 RSSI, $n+1$ 時点の実測 RSSI を用いて $n+1$ 時点の座標を算出する.

手順 1: RSSI 変化量の算出

n 時点から $n+1$ 時点までの RSSI 変化量を算出する.

手順 2: RSSI 変位ベクトルの作成と合成

n 時点の座標と各 BLE ビーコンの設置座標までの角度を向きとし, 手順 1 で算出した変化量を大きさとする RSSI 変位ベクトルを算出する. また, RSSI 変位ベクトルを合成し RSSI 合成ベクトルを作成する (図 2).

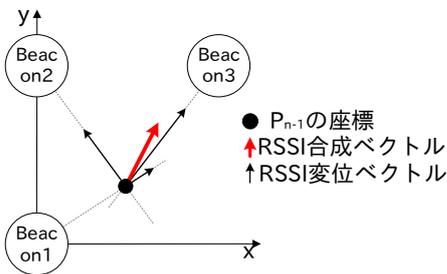


図 2: 変位ベクトルと合成ベクトル

手順 3: 移動方向の算出

手順 2 で算出した RSSI 合成ベクトルの向きを歩行による移動方向であり, 加速度から算出した移動距離と合わせて総合的な変位が算出できる.

4 測位システムの実装

モバイル端末が観測する RSSI は周辺環境等によって大きく変動する. そのため, 図 3 に示すように基準地点推定では平均 RSSI を用いる. また, 移動方向推定では平均 RSSI に対して更に指数平滑法を適用することで特に通路のような直線的な環境において安定した測位を実現する.

測位システムは Android 端末向けに作成し, ガウス・クリューゲル図法によってシステム内の XY 座標を緯度経度に相互に変換することで GoogleMaps に測位結果を表示する.

5 基本性能の評価

5.1 実験目的および実験環境

電波受信特性および保持方法による影響の検証を目的に通路における測位精度を検証する. 実験は T 字型の通路に BLE ビーコンを 20m 間隔に設置し L 字型に 60m 歩行する. 測位端末は 2 台の Android, 保持方法は歩きスマホ・手振り・バッグ内の 3 通り, 計測は各組合せ 10 回, 累計 3.6km 歩行する.

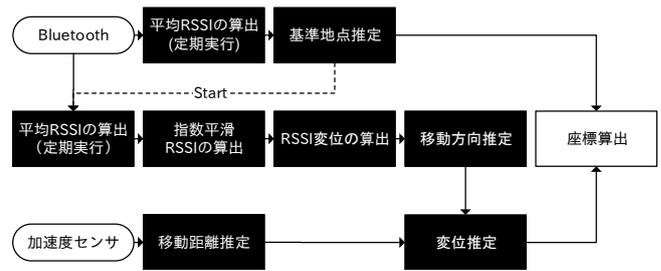


図 3: システムの処理フロー

5.2 実験結果および考察

表 1 は実験結果を表しており, モバイル端末やその保持方法を変えた場合であっても十分実用的な精度を実現している. Nexus7 の手振りに関しては他に劣る結果となっているが, これは 2 回 L 字のコーナー部において正しい移動方向を推定できなかったためであり, 他の 8 回の計測では概ね他の実験と同等の結果となっている.

表 1: 提案手法の基本性能

測位端末	保持方法	誤差平均 [m]	標準偏差
Nexus5	歩きスマホ	1.66	1.89
	手振り	1.26	1.24
	バッグ内	0.94	0.84
Nexus7	歩きスマホ	0.95	0.86
	手振り	2.48	2.39
	バッグ内	1.54	1.52

6 おわりに

本稿では, BLE ビーコンを用いた屋内測位手法を提案した. 提案手法は, モバイル端末の機種等による性能差に低依存な基準地点推定と, 保持方法に低依存な変位推定からなり基本性能の評価によって有効性を示した. 今後の課題として, BLE ビーコンの配置方法の検討および電波が混信する輻輳環境化における測位精度について検証が必要である.

参考文献

- [1] 北須賀輝明, 中西恒夫, 福田晃: 無線通信網を用いた屋内向け測位方式, 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム (ACS), Vol. 44, No. SIG10(ACS2), pp. 131–140(2003).
- [2] 上坂大輔, 村松茂樹, 岩本健嗣, 横山浩之: 手に保持されたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニング手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp. 558–570(2011).