

BLE ビーコンを用いた 屋内移動履歴推定アルゴリズムの提案と実装

吉村 友希[†] 湯浅 範子[†] 山口 将央[‡] 大塚 孝信[‡]
名古屋工業大学[†] 名古屋工業大学大学院情報工学専攻[‡]

1 はじめに

現在、製造業の工場では部品供給作業が属人的であり作業効率が悪く、効率化が必要である。そのため、作業員の動作状況を定量的に把握する必要があり、重要となるのが作業員の移動履歴である。ここで、移動履歴とは連続的な位置情報のことであり、位置推定が重要となる。

屋内における位置推定手法として電波通信による受信信号強度 (RSSI) を利用する手法がある。しかし、現在の RSSI 値を利用した位置推定手法は、工場のような多くの遮蔽物や反射体が存在する環境を想定していない。

このような背景から、本研究では、多くの遮蔽物や反射体が存在する環境を想定した位置推定を行う。また、推定された座標を用いて移動履歴を推定することによって、作業員の動作状況を定量的に把握することを目的とする。

2 関連研究

川島ら[1]の研究では、電波が反射するマルチパス環境を想定し、Fingerprinting を用いた位置測位を行った。この研究では、Fingerprint マップの有用性を確認したが、RSSI 値が変動することで、推定された距離と実際の距離がばらつき、Fingerprint マップの精度が課題として述べられている[1]。したがって、本研究では RSSI 値の変動を考慮した位置推定を行う。

3 提案手法

本研究では山口ら[2]が提案したシステムを用いる。この研究では、電波発信機である BLE ビーコン (以下、ビーコンと呼ぶ) を作業員が所持し、複数の電波受信機 (以下、受信機と呼ぶ) が受信した電波の RSSI 値からビーコンの位置を推定する。

また、本研究が提案する屋内移動履歴推定アルゴリズムは、事前準備フェーズと移動履歴推

定フェーズの 2 つに分けられる。事前準備フェーズは、RSSI 値の段階分けの閾値と各段階の重みを決定するために、1 回のみ行う。これに対して、移動履歴推定フェーズは、事前準備フェーズで決定した RSSI 値の段階分けの閾値と各段階の重みを用いて、移動履歴の推定を繰り返し行う。

・事前準備フェーズ

このフェーズでは、RSSI 値の段階分けの閾値と各段階の重みを決定する。

まず、移動履歴の推定を行う範囲にビーコンを置き、受信機が受信した電波の RSSI 値を収集する。収集したデータより、受信電波強度 $RSSI$ と、ビーコンと受信機の距離 D の関係を示す式 1 に基づき、距離 1[m] のときの RSSI 値 $RSSI_0$ と減衰定数 N を未知数とし、カーブフィッティングを用いて求める。

$$RSSI = RSSI_0 - N \log_{10}(D) \quad (1)$$

$RSSI$: 距離 D [m] のときの RSSI 値 [dBm]

$RSSI_0$: 距離 1[m] のときの RSSI 値 [dBm]

N : 減衰定数 (自由空間では 20)

D : ビーコンと受信機の距離 [m]

ここで得られた式に基づき、段階分けの閾値を決定する。本研究では、山口ら[2]が提案したシステムにおいて、受信機が約 30m 間隔で設置されていることを考慮し、どの受信機間にいるかを特定するため、 $D = 7.5, 15, 30$ を代入したときの RSSI 値を用いる。

次に、各段階の重みを決定する。各段階の閾値を算出する際に用いた距離の平均 m_i と各段階の重み w_i は式 2 で表されるとする。本研究で提案するアルゴリズムを用いて推定された座標と実際にビーコンを置いた座標の誤差が小さくなるように、 a, b を未知数としカーブフィッティングを用いて求める。

$$w_i = a * m_i + b \quad (2)$$

・移動履歴推定フェーズ

このフェーズでは、事前準備フェーズで決定された閾値と重みを用いてビーコンの位置推定を行い、得られた位置推定座標から移動履歴を推

Proposal and Implementation of Indoor Movement History Estimation Algorithm Using BLE Beacon

[†] Nagoya Institute of Technology

[‡] Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology

定する。移動履歴推定フェーズは、以下の3つのステップで構成されている。

1. 受信機で一定時間(以下、データ収集周期と呼ぶ)に得られたRSSI値を事前準備フェーズで決定した閾値に基づき段階分けする。各段階の取得回数と事前準備フェーズで決定した各段階の重みの内積を受信機の重みとする。
2. 1で得られた受信機の重みを用いて、各受信機の加重平均を補正前座標とする。これを最も近い動線上に補正し、得られた座標を時刻tの推定座標とする。
3. 時刻tのときの推定座標と時刻t-1のときの推定座標より、2点間の動線上最短経路を移動履歴とする。

4 評価実験

実験の概要

本研究では、大手プレス製造メーカーA社の工場内で行った。図1に本研究における移動履歴推定を行う動線を示す。

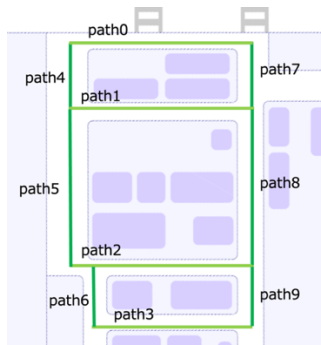


図1 本研究における動線番号

実験は、ビーコンを所持し、以下に示す2つの経路(経路A, 経路B)をそれぞれ30分間移動した。

経路A: path0, path1, path4, path7

経路B: path1, path2, path5, path8

図2, 図3は、経路A, Bそれぞれの推定結果である。データ収集周期は1分であり、移動履歴推定フェーズで推定した全ての座標を示している。



図2 経路Aの推定結果

図3 経路Bの推定結果

また、表1に推定された座標の経路ごとの正解率を示す。

表1 経路ごとの正解率

正解とした動線	経路	正解率	
		従来手法	提案手法
データ収集周期に通った動線全て	A	0.77	0.77
	B	0.80	0.86
データ収集周期中に通った動線の内滞在割合の最も高い動線	A	0.40	0.43
	B	0.47	0.53

考察

従来手法[2]で経路の推定を行った場合、移動した経路以外に推定されることがあった。これに対し本研究の提案手法では、移動した経路のみに推定され、経路ごとの正解率も向上した。しかし、移動履歴の推定を行うことを考慮すると、データ収集周期中に通った動線の内滞在割合の最も高い動線を正解とした場合の正解率を上げる必要がある。

また、図2と図3に図示するように、推定された座標に偏りがある。この偏りは、受信機の周りにあり、位置推定に受信機の座標を使用していることが原因である。

5 おわりに

本研究では、多くの遮蔽物や反射体が存在する環境を想定し、RSSI値の変動を考慮した屋内移動履歴推定アルゴリズムの提案と実装を行った。実際の工場で得られたデータを基にすることで、従来手法[2]と比較し経路ごとの正解率が向上した。しかし、移動履歴の推定を行うため、位置推定精度の向上が必要である。また、推定される座標に偏りがあることも課題である。

今後は、位置推定に使用する受信機の種類や受信機ごとに固有の重みを付与することで、位置推定の精度を向上させ、推定される座標の偏りを減少させることを目指す。

参考文献

- [1] 川島 亮, 石原 真紀夫, マルチパス環境における BLE を用いた屋内位置測位に関する研究, 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集 2016(0), 434-434, 2016
- [2] 山口 将央, 大塚 孝信, BLE ビーコンと LPWA を用いた工程間物流における非定常行動抽出手法の提案と実装, 人工知能学会全国大会論文集 JSAI2020(0), 3H5GS304- 3H5GS304, 2020