

BLE 電波強度を用いた屋内位置推定手法の精度評価と改善に関する研究

近畿大学 情報学部 情報学科

学籍番号：2312110159

氏名：内山敦也

1 序論

近年、スマートフォンや IoT デバイスの普及に伴い、屋内環境における位置情報サービスの需要が高まっている。屋外では GPS による位置推定が一般的である一方、建物内部では電波遮蔽により測位精度が大きく低下するため、代替手法として Wi-Fi、BLE (Bluetooth Low Energy)、UWB などの無線技術を用いた屋内測位手法が注目されている。

その中でも BLE は省電力・低コスト・スマートフォン標準搭載という利点から、実運用に適した技術として広く研究が進められている。しかし、BLE 電波強度 (RSSI: Received Signal Strength Indicator) は外乱の影響を強く受け、瞬間的なノイズや反射により値が大きく変動するという問題がある。そのため、RSSI を距離に変換して位置推定に利用する手法では、外れ値によって数 m ～ 数十 m の誤差が生じ、安定した測位精度を確保することが困難である。

本研究の目的は以下の 2 点である。

- BLE RSSI のノイズ特性を考慮した平滑化手法を設計・実装し、測位精度を改善すること
- 実測データに基づき、平滑化処理の有無による位置推定精度を比較評価すること

本稿では、BLE 測位システムの構築方法、平滑化アルゴリズム、評価実験の手法および結果について報告し、今後の改善点についても議論する。

2 研究内容：BLE を用いた屋内位置推定手法

本研究では、BLE (Bluetooth Low Energy) の電波強度 RSSI (Received Signal Strength Indicator) を用いて屋内環境におけるタグ位置を推定するシステムを構築し、RSSI の変動特性に対する平滑化処理および多点測位アルゴリズムの有効性を評価する。

本節では、(1) RSSI を距離に変換する受信モデル、(2) 位置推定に用いる最小二乗法に基づく多点

測位、(3) ノイズ低減のためのロバスト平滑化手法について述べる。

2.1 RSSI から距離への変換モデル

BLE 電波の受信強度は、送受信間の距離だけでなく遮蔽物・反射・人体吸収・デバイスの向きによって大きく変動する。一般に RSSI と距離 d の関係は対数距離パス損失モデルにより次式で表される [?]

$$d = 10^{\frac{(RSSI_0 - RSSI)}{10n}}, \quad (1)$$

ここで、 $RSSI_0$ は 1 m 離れたときの基準 RSSI、 n はパス損失指数 (環境に依存し 1.6 ～ 3.5 の値をとる) である。BLE タグの向きが変化すると、電波の指向性の影響により RSSI が 3–10 dB 程度変動することがあり、式 (1) より距離推定誤差が 2–3 倍に拡大することが知られている。本研究では ESP32/M5 デバイスを複数設置し、各アンカーからの RSSI を用いてタグの距離を推定する。

3 今後の計画

4 参考文献