

Wi-Fiにおける三点測位と歩行者自律航法を用いた 屋内測位の精度改善

神戸 優樹¹ 串田 高幸¹

概要：スマートフォンが普及し、スマートフォンでの位置情報の活用需要は増加している。屋内測位では、GPS による位置測位の誤差が増加するため、正確に位置を求めることができない。屋内測位での手法の1つとして、Wi-Fi のRSSI 値を用いた三点測位がある。しかし、2.4GHz 帯のWi-Fi ではアクセスポイントと測定対象のIoT デバイスの間に壁や柱がある場合や歩行者がいる場合では電波の遮蔽や吸収によって誤差が増加する課題がある。本提案ではWi-Fi のRSSI 値を用いた三点測位と加速度センサー、地磁気センサーを用いた歩行者自律航法を組み合わせ屋内測位の精度改善を行う。評価と分析では、提案手法で測位した位置情報と実測値との誤差を比較し評価を行う。

1. はじめに

背景

スマートフォンの普及が進み、スマートフォンでの位置情報サービスが増加している [1]。多くのスマートフォンには情報サービスやナビゲーションを行うアプリケーションがインストールされている。その際、位置情報を取得するために組み込まれている加速度センサーや地磁気センサー、ジャイロスコープを活用する [2]。

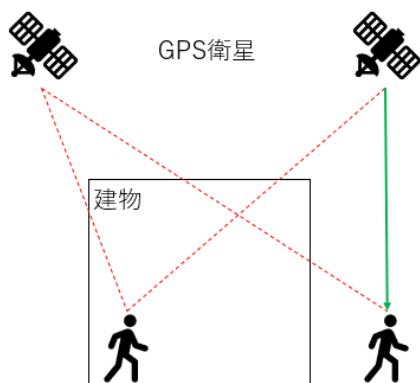


図 1 GPS の障害

GPS(Global Positioning System) はGPS 衛星からの信号を使用し、位置情報を測位している。GPS は屋外での位置情報を正確に取得できるためスマートフォンでの道案内アプリケーションで使われている。しかし、図1のような

屋内や建物の影では、GPS 衛星からの信号が遮蔽され、正確な測位を行うことができない。屋内で正確に位置情報を取得する場合にはWi-Fi やRFID タグを使用した近接無線通信があげられる [3]。その中でもWi-Fi は屋内環境では広く利用されているためWi-Fi での位置測位は導入しやすく屋内での位置測位に適している [4]。

課題

2.4GHz 帯のWi-Fi の電波は屋内の壁や柱、人によって遮蔽や反射する。屋内測位でWi-Fi による三点測位を使用する場合、アクセスポイントと位置測定をしたい対象物の間に障害物があると電波の遮蔽や反射によって電波の強度が変化し正確な位置が求められない [5]。歩行者自律航法による自己位置推定では、ユーザの移動距離と移動方向から現在位置を求める。加速度センサーと地磁気センサーの2つからの値で現在位置を更新するため、センサーによって誤差が出る。センサーの取得回数が増加するほど誤差が蓄積され測位の精度が落ちる。

各章の概要

2章では、本研究の関連研究についての紹介する。3章では、本研究での具体的な提案方式とユースケース・シナリオについての説明をする。4章では、提案方法をもとに実装と実験方法についての説明をする。5章では本研究の評価方法とデータの分析方法についての説明をする。6章では、本研究の議論を述べる。7章では、本研究のまとめを述べる。

¹ 東京工科大学コンピュータサイエンス学部
〒192-0982 東京都八王子市片倉町1404-1

2. 関連研究

関連研究の既存手法を取り上げどのように課題を解決しているか述べる。

Wi-Fi の電波強度と Fingerprint 手法を使用した屋内環境の位置測位の研究がある [6]. この研究では、単一方向でアクセスポイントからの電波強度を取得し、位置を決定する。しかし、この手法では屋内の各部屋ごとの間取り図を使用する必要があり、各部屋の間取り図から Fingerprint を作成することは、時間と人件費がかかる。

Wi-Fi の三点測位を利用した屋内測位の研究がある [7]. この研究では、最小限の人件費で済む測位効率を改善した Wi-Fi の三点測位システムを提案している。しかし、この手法では、RSSI 値を使用しているため、障害物による電波の反射や吸収に弱い特性を解決していない。

3. 提案方式

基礎実験

課題を検証する為、Wi-Fi の RSSI 値を用いた三点測位の精度を計測した。実験で使用した機器は ESP32 は 4 台である。Wi-Fi アクセスポイントのルーターとして使用する ESP32 を 3 台、IoT デバイスとして Wi-Fi の受信機として使用する ESP32 を 1 台とした。図 2 は実験で使用した ESP32 である。赤枠で囲まれた部分はアンテナである。

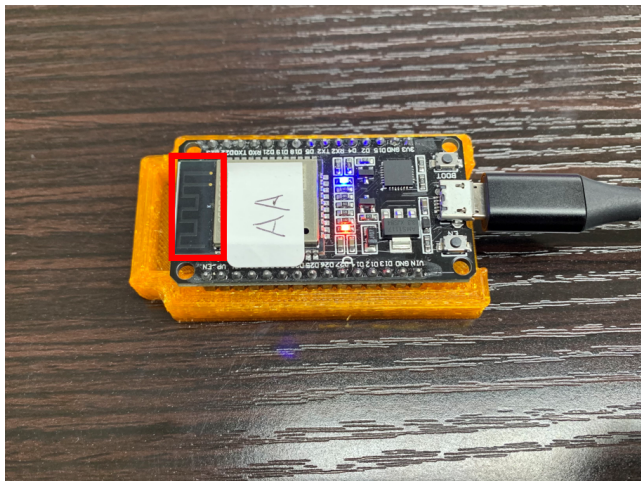


図 2 実験で使用する ESP32

図 3 のように各アクセスポイントの間は 90cm 空け、送信機のアンテナは受信機の方向に向けて設置した。RSSI 値を取得する際に、電波の反射や吸収によって RSSI 値が大きく変動するのを防ぐため、送信機の ESP32 のアンテナから受信機の ESP32 のアンテナの間には人や障害物がない状態で計測した。送信器から受信機までの距離はメジャーで測定する。RSSI 値を距離に変換するために、35cm, 45cm, 55cm, 65cm, 75cm, 85cm の距離でそれぞれ 100 回ずつ

測定した。

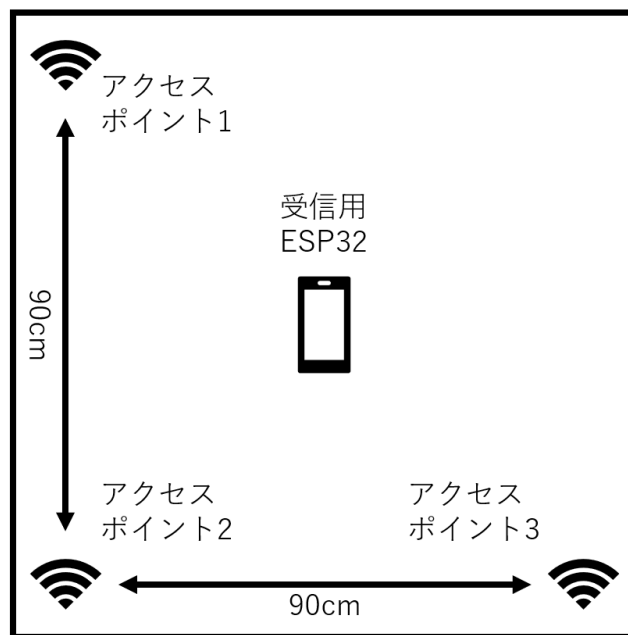


図 3 ESP32 の配置

図 4 は基礎実験の距離ごとの RSSI 値を 100 回取得した値の平均をグラフにしたものである。

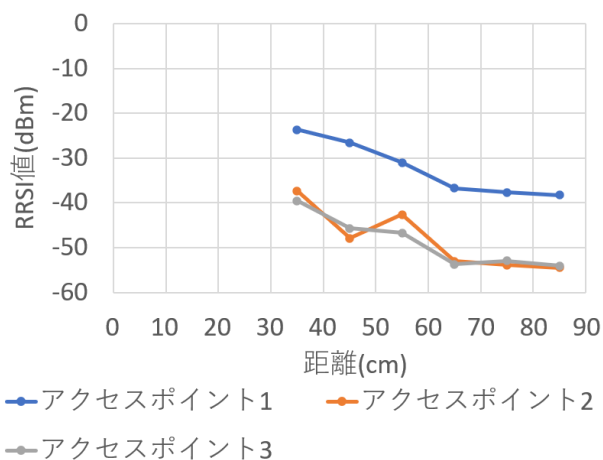


図 4 距離ごとの RSSI 値の平均

縦軸は受信機で受信した RSSI 値、横軸は送信機から受信機までの距離を示している。アクセスポイント 1 とアクセスポイント 2、アクセスポイント 3 では距離に対応した RSSI 値に違いがみられたため、各アクセスポイントごとの RSSI 値を測定する必要がある。アクセスポイント 2 では、45cm で取得した RSSI 値の平均は -47.9dBm であり 55cm で取得した RSSI 値の平均は -42.6dBm と 45cm よりも距離の遠い 55cm のほうが RSSI 値が大きくなっている。三点測位では、アクセスポイント 1, 2, 3 のうち一点が誤差がある場合では正確な測位はできない。

提案方式

本研究における提案では Wi-Fi の RSSI 値による三点測位、加速度センサーと地磁気センサーを用いた歩行者自律航法をもとに、屋内測位の精度を向上させる手法を提案する。

提案の概要図を図 5 に示す。図中の青い円は Wi-Fi の RSSI 値による三点測位によって正確に屋内測位が可能な範囲を示している。Wi-Fi の RSSI 値を用いた三点測位、加速度センサーと地磁気センサーを用いた歩行者自律航法の精度をそれぞれ比較し、正確に屋内測位が可能な範囲を決定する。正確に屋内測位が可能な範囲は、Wi-Fi の RSSI 値による三点測位の位置精度が歩行者自律航法の屋内測位の位置精度を上回る範囲とする。Wi-Fi のアクセスポイントから離れると電波が届かなくなり、RSSI 値から距離を求めることができない。そこで歩行者自律航法へ切り替えを行う。歩行者自律航法では加速度センサー、地磁気センサーの 2 つを用いる。青の線は Wi-Fi の RSSI 値による三点測位の屋内測位を示しており、オレンジの線は加速度センサーと地磁気センサーによる歩行者自律航法を示している。建物や部屋の入口で Wi-Fi の RSSI 値による三点測位を行い位置情報を推定する。Wi-Fi の RSSI 値による三点測位によって正確に屋内測位が可能な範囲から離れた場合に、加速度センサーと地磁気センサーによる歩行者自律航法へ切り替え、現在位置を補正する。また、再度 Wi-Fi の RSSI 値による三点測位によって正確に屋内測位が可能な範囲に入った場合は Wi-Fi の RSSI 値による三点測位に切り替え屋内測位を行う。

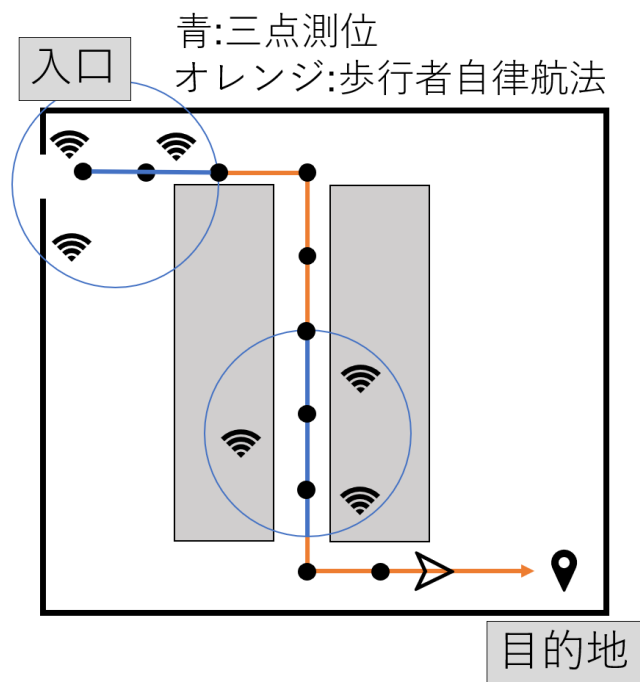


図 5 提案の概要

ユースケース・シナリオ

本提案のユースケースは、屋内にてリアルタイムで正確な位置を知りたい場合である。具体的には、Wi-Fi ルーターを設置済みである大型商業施設、地下鉄である。使用するユーザは IoT デバイスを所持し、持ち歩いている人とする。Wi-Fi の RSSI 値を用いた三点測位に加えて、加速度センサーと地磁気センサーを用いた歩行者自律航法によって持ち歩いている端末で現在の位置と進んでいる方向を確認することが可能である。これによって、大型商業施設内の店舗や地下鉄の駅の出口へナビゲーションに使用可能である。

4. 実装と実験方法

実装

本研究では ESP32 で取得した RSSI 値をサーバへ送信し、位置情報の計算を行っている。ソフトウェア構成図を図 6 に示す。

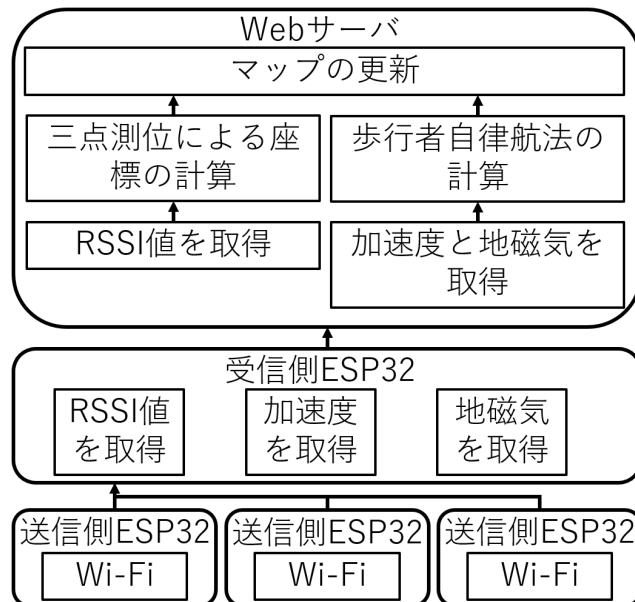


図 6 ソフトウェア構成図

受信側の ESP32 では送信側の ESP32 から Wi-Fi の RSSI 値を取得し、Web サーバへ送信する。受信側の ESP32 に接続された加速度センサーと地磁気センサーのデータは、Web サーバへ送信する。Web サーバで受信側の ESP32 から得られた RSSI 値をもとに三点測位の計算を行い、現在位置の座標を計算する。RSSI 値を指標として、直前の Wi-Fi の RSSI 値を用いた三点測位を基準とし、歩行者自律航法へ切り替える。切り替えた後は、加速度と地磁気を用いた歩行者自律航法により位置情報を更新する。

実験環境

本研究は、GPS の使用できない屋内でも本システムで位

置情報を取得することが出来るか確認するため東京工科大学八王子キャンパス内の研究棟 A の 9 階の屋内で行う。部屋の入口で Wi-Fi の RSSI 値による三点測位を利用し位置を測定するためアクセスポイントを縦横 90cm の正方形になるよう離して送信側の ESP32 を 3 台設置する。IoT デバイスに見立てた受信側の ESP32 には加速度センサーと地磁気センサーを設置する。加速度センサーは屋内測位をする人物の足に設置し実験を行う。ソフトウェア環境では、送信側の ESP32, 受信側の ESP32 ともに micropython でコードを組み込む。受信側の ESP32 で取得した RSSI 値を研究室内のサーバへ送信する。

5. 評価方法

評価では以下 3 つの手法で求めた座標と実際の移動をメジャーで測った座標と比較し、差を誤差とする。

- Wi-Fi の RSSI 値による三点測位のみで測位した座標
- 加速度センサーと地磁気センサーを使用した歩行者自律航法で測位した座標
- 提案手法で測位した座標

3 つの手法の誤差を比較し、精度を評価する。

6. 議論

本提案手法では、Wi-Fi の RSSI 値による距離で精度を判断し、歩行者自律航法に切り替える。しかし、柱や壁による Wi-Fi の電波の干渉や吸収によるノイズを考慮していない。この問題は、あらかじめ柱や壁のノイズを考慮した RSSI 値をマップに対応させておくことで解決できる。これにより、アクセスポイントと測位したい対象物の間に柱や壁がある場合でも誤差を考慮した座標がわかるため誤差を増加させずに三点測位することが可能である。

7. おわりに

本研究では、Wi-Fi の RSSI 値による三点測位に加えて、加速度センサーと地磁気センサーを用いて屋内測位の精度改善の提案を行った。Wi-Fi の RSSI 値による三点測位だけでは誤差が大きく、正確な位置の測位が困難である。そのため、Wi-Fi の RSSI 値による三点測位の正確に屋内測位可能な範囲を見つける必要がある。Wi-Fi の RSSI 値による三点測位の正確に屋内測位可能な範囲から離れた際に、加速度センサーと地磁気センサーの歩行者自律航法での屋内測位へ切り替えることで、屋内測位の位置精度を向上できる。評価として提案手法で出した座標と実際の移動の座標を比較しそれを誤差として評価する予定である。

参考文献

- [1] Griffiths, F. and Ooi, M.: The fourth industrial revolution - Industry 4.0 and IoT [Trends in Future I amp;M], *IEEE Instrumentation Measurement Magazine*, Vol. 21, No. 6, pp. 29–43 (online), DOI: 10.1109/MIM.2018.8573590 (2018).
- [2] Retscher, G., Kleine, J. and Whitmore, L.: Trilateration Approaches for Indoor Wi-Fi Positioning, *E3S Web of Conferences*, Vol. 94, EDP Sciences, p. 02002 (2019).
- [3] An, Z., Yang, L. and Lin, Q.: Identifying UHF RFIDs in Range of Readers With WiFi, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 29, No. 3, pp. 1252–1265 (online), DOI: 10.1109/TNET.2021.3057392 (2021).
- [4] Saloni, S. and Hegde, A.: WiFi-aware as a connectivity solution for IoT pairing IoT with WiFi aware technology: Enabling new proximity based services, *2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)*, pp. 137–142 (online), DOI: 10.1109/IOTA.2016.7562710 (2016).
- [5] Marques, N., Meneses, F. and Moreira, A.: Combining similarity functions and majority rules for multi-building, multi-floor, WiFi positioning, *2012 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, pp. 1–9 (online), DOI: 10.1109/IPIN.2012.6418937 (2012).
- [6] Chirakkal, V. V., Park, M. and Han, D. S.: Navigating through dynamic indoor environments using WIFI for smartphones, *2014 IEEE Fourth International Conference on Consumer Electronics Berlin (ICCE-Berlin)*, pp. 376–378 (online), DOI: 10.1109/ICCE-Berlin.2014.7034268 (2014).
- [7] Yi, G. H., bin Djaswadi, G. W., bin Md Khir, M. H. and Ramli, N.: An Adaptive Wi-Fi Trilateration-Based Indoor Localization, *2018 International Conference on Intelligent and Advanced System (ICIAS)*, pp. 1–6 (online), DOI: 10.1109/ICIAS.2018.8540628 (2018).