

Bluetooth Low Energy ビーコンを用いた生産・物流向け屋内測位手法の提案

工藤大希[†] 堀川三好[†] 岡本東[†][†]岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科

1. はじめに

近年、様々な分野で Internet of Things が注目され、その要素技術の一つに測位技術が用いられている。特に、製造業や流通業では移動する人やモノをセンシングするための技術として、屋内測位技術の確立が期待されている。生産・物流領域では、物品管理や動線分析に測位技術を用いるため、比較的高精度な測位技術が求められる。そのため、UWB や音波を用いた測位技術が用いられているが、高価な機器が多量に必要であるため、導入負荷が大きい。他方、著者らの研究グループは、BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンを用いた測位手法 (BLE 測位) に関する研究に取り組んでいる。先行研究では、歩行者ナビゲーションを対象とした測位手法を提案し、一般的な通路において平均誤差 3m 以内の測位を実現した。また、駅などの公共交通施設で実証実験を行い、提案手法の有用性を確認している。BLE は通信規格でもあることから、スマートタグなどの利用が想定される生産・物流領域での利用に向いていると考えられる。

本研究では、生産・物流領域における屋内測位技術の確立を目的に、BLE 測位の評価実験や手法の拡張を行う。まず、先行研究である格子位置推定[1]という測位手法について、生産・物流領域を想定した環境で精度評価を行い、課題を明らかにする。次に、課題を解決するための手法の拡張方法について提案を行う。

2. 受信信号強度を用いた屋内測位

受信信号強度 (RSSI : Received Signal Strength Indicator) は送信機と受信機間の距離に応じて、送信機を中心とした円の表面積に反比例して減衰することが知られている。そのため、送受信機間における理論上の距離を RSSI から計算することができる。しかしながら、屋内環境では様々な要因で RSSI が変動するため、正確な距離の計算は困難である。

RSSI を用いた屋内測位手法は、三点測量とフィンガープリンティングを中心に研究が行われている。三点測量は、三つ以上の送信機からの

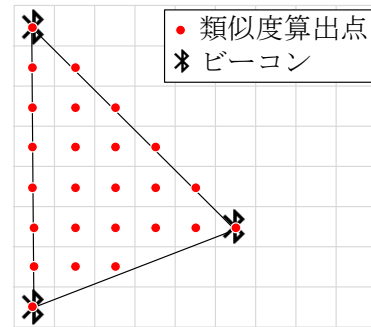


図1 類似度算出点の設定方法

理論上の距離を RSSI から算出することで、円の交点の関係から位置を推定する測位手法である。実装が容易で、既に設置されている Wi-Fi AP を流用できるという利点がある。しかしながら、RSSI は柱や壁などの障害物によって値が減少するため、高精度な測位が困難である。フィンガープリンティング (以後、FP) は、測位環境の各地点で事前に RSSI を計測し、観測した RSSI と比較することで位置を推定する手法である。測位環境の特徴が反映された RSSI を用いるため、高精度な測位が可能となる。一方で、事前計測にかかる負荷が大きいという課題が残されている。

3. 格子位置推定

格子位置推定は、ビーコンまでの距離から各地点での理論的な RSSI を計算することで、事前計測不要の FP を実現する。測位精度は FP に劣るが、導入容易性の高い測位が可能である。以下に格子位置推定の手順を示す。

手順1 : 類似度算出点の設定

電波を観測したビーコン設置座標の内側を測位領域とし、格子状に分割する。その後、図1のように分割した各格子の中心座標を類似度算出点とする。

手順2 : 理論 RSSI の算出

手順1で設定した各類似度算出点における理論上の RSSI をビーコン毎に算出する。ビーコン設置座標は既知であるため、ビーコンから類似度算出点までの距離を求めることで、理論上の RSSI を算出することができる。

手順3 : 類似度の算出

類似度算出点ごとに、理論上の RSSI を成分とする理論値ベクトルと、実測した RSSI を成分とする実測値ベクトルのコサイン類似度を算出す

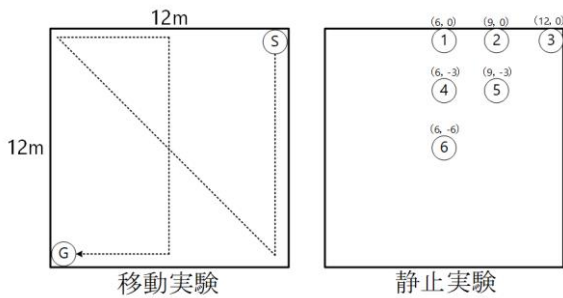


図 2 実験概要

る。そして、コサイン類似度が最大の類似度算出点を現在位置として推定する。

4. 格子位置推定の評価実験

格子位置推定が生産・物流領域で利用できるかを考察するため、実験により測位精度を明らかにする。生産・物流領域では、移動経路が定まらない任意の空間で測位を行う必要があるため、障害物や仕切りの無い広い空間での評価実験が必要である。また、格子位置推定はビーコンの配置や送信出力、測位に用いる RSSI の時間が測位精度に影響することが分かっている。そこで、複数の条件で実験を行い、測位条件が測位精度に与える影響を明らかにする。

4.1. 実験方法および実験環境

12m×12mの室内で、移動状態と静止状態を分けて実験を行う。予備実験から、測位端末の機種性能差による測位精度への影響は小さいことが明らかになったため、Nexus5X (Android 7) の1機種を用いる。移動実験は図2に示す経路を10回歩行し、静止実験では図2に示す6地点において1分間の計測を行う。測位条件として、ビーコンは等間隔に4個から13個までの配置、送信出力は+4, -8, -20 (dBm) の設定、RSSI の時間は3, 6, 9 (秒) に設定し、それぞれ実験を行う。

4.2. 実験結果

ビーコンの個数を変更した場合の実験結果を図3に示す。移動および静止状態に共通して、個数を増やすほど誤差が小さくなる傾向が見られたが、その傾向は移動状態よりも静止状態の方が顕著にみられた。また、静止状態では計測地点によってマルチパスフェージングの影響が異なるため、誤差の大きさに明確な差異がみられた。ビーコンの送信出力については明確な相関は見られなかったが、静止状態では強い設定の方が誤差は小さくなった。RSSI の時間については、静止状態では長いほど、移動状態では短いほど測位誤差が小さくなる傾向が見られた。測位誤差のまとめとして、条件によっては平均誤差 3m 以内の測位が実現できたが、多量のビーコンが必要になることが分かった。

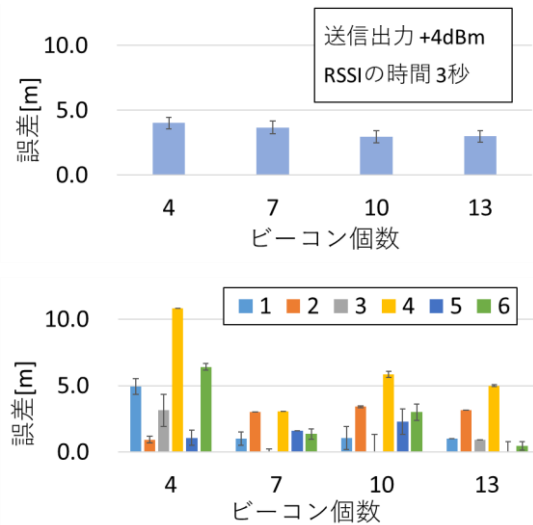


図 3 ビーコン個数変更実験結果

5. 生産・物流向け屋内測位への拡張

評価実験で明らかになった課題から、格子位置推定を生産・物流領域で利用するための提案を行う。具体的には、測位対象の状態（移動、静止）に応じて類似度算出点の設定方法を変更し、測位精度の向上を図る。状態の推定には加速度センサを利用する。

5.1. 静止状態の拡張

自位置にもっと近いビーコンを推定し、類似度算出点をそのビーコン周辺に設定する。自位置に最も近いビーコンの推定には、先行研究である近接ビーコン推定手法[2]を用いる。これにより、大きな誤差を抑制することができる。

5.2. 移動状態の拡張

格子位置推定に角速度センサを取り込むことで、測位対象の大きな移動方位を推定する。そして、推定した大きな移動方位をもとに類似度算出点を設定することで、移動状態での測位精度を向上する。

6. おわりに

本稿では、先行研究である格子位置推定を生産・物流領域で利用するための評価実験を行い、実験で明らかになった課題を解決するための提案を行った。今後は、提案手法の精度評価を行うとともに、スマートタグの開発や実環境での導入コストや測位精度の実証実験を行う。

[1] 古館達也, 堀川三好, 工藤大希, 岡本東, "Bluetooth Low Energy の通信特性を考慮した測位システムに関する研究", 第 79 回全国大会講演論文集, Vol.2017, No.1, pp.3-29-33-30 (2017)

[2] 工藤大希, 堀川三好, 古館達也, 岡本東, "近接ビーコンを利用した屋内位置測位手法の提案" 第 77 回 MBL 研究報告会, Vol23, No. 2015, pp.1-6 (2015)