

屋内ジオフェンシングのための位置推定手法の提案

副島 康太郎[†] 白石 陽[‡]

公立はこだて未来大学システム情報科学部[‡]

1. はじめに

近年、位置情報を利用したサービスの実現手法としてジオフェンシングが注目されている。ジオフェンシングとは地図上に設定した範囲(以降、ジオフェンスと呼ぶ)で対象となるユーザの出入りを検知し、あらかじめ設定した処理を自動的に実行する手法である。現在、観光情報の配信や対象ユーザの出入りの通知など屋外でのジオフェンシングを利用したサービスが普及しつつある。また、屋外だけでなく、屋内でのジオフェンシングサービスも提供されている。屋内のジオフェンシングサービスとして、店舗内へ入ることでクーポンを受け取る shopkick[1] や店舗内のナビゲーションを行う aisle411[2]がある。これらのサービスは、位置推定に特別なインフラ整備が必要なため導入コストが掛かることや、利用している位置推定技術の制限により店舗内外の判定のみに限定されていることなど、屋外のジオフェンシングと同じように利用できない。また、屋内のジオフェンシングは消費行動に対するサービスだけでなく、会議室内のみマナーモードに変更する、美術館の展示品近くのユーザに対して情報を送るなどの利用例が挙げられる。このような様々なサービスを実現するためには、屋内全体で位置推定が可能となる手法が必要である。屋内でのジオフェンシングのための位置推定手法を確立することで、サービスの適用例が広がると考えられる。

インフラ設備として多くの場所で設置されている無線 LAN の電波強度 (RSSI: Received Signal Strength Indication) を用いた位置推定方式がある。そこで本研究では、屋内ジオフェンシングのための RSSI を用いた位置推定手法を提案する。

2. 関連研究

RSSI を用いた位置推定方式として 3 点測位方式がある[3]。RSSI は基地局との距離によって減衰する。それを利用し、3 つ以上の基地局からの RSSI を用いて、各基地局からの距離を計算し、位置を推定する。この手法はアルゴリズムが単純なため処理コストが低い。しかし、RSSI は障害物の影響を受けるため位置推定精度が低い。

RSSI を用いた位置推定方式として Fingerprint 方式がある[4]。この方式は、複数の測定点を設定し、あらかじめ各測定点で周辺基地局からの RSSI を測定し、その平均値をデータベースに格納する。データベースの RSSI と現在取得している RSSI の類似度を比較し、最も類似度が高い測定点を推定結果とする。この方式はデータベースの作成が必要であり、アルゴリズムが複雑なため処理コストが高いが、データベース作成時と同じ環境下では高い推定精度を得ることが可能である。

屋外のジオフェンシングの位置取得手法に関する研究がある[5]。文献[5]では、GPS (Global Positioning System) の測位間隔をジオフェンスから遠い場所では測位間隔を大きくし、近い場所では測位間隔を小さくすることでジオフェンシングに必要な位置推定コストを小さくしている。

A Position Estimation Method for Geofencing in Indoor Environments

[†]Kotaro Soejima [†]Yoh Shiraishi

[‡]School of Systems Information Science, Future University Hakodate

3. 提案手法

ジオフェンシングは、ジオフェンス内外の判定を行うためには、ジオフェンスの境界付近での高精度な位置推定が必要である。そこで、ジオフェンスから離れている場合には 3 点測位方式を用いて、ジオフェンス付近では Fingerprint 方式に切り替える手法を提案する。また、提案手法では位置推定方式を切り替えるため、ジオフェンスの外側に切り替えを判定するエリア(以降、切り替えエリアと呼ぶ)を設定する(図 1)。

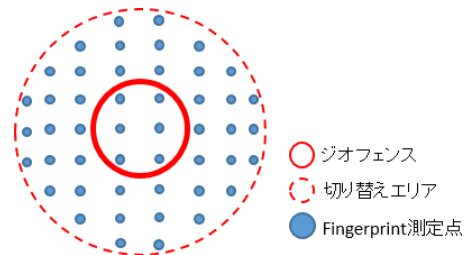


図 1 提案手法

3.1 提案手法の処理の流れ

位置推定の流れをフローチャートとして図 2 に示す。

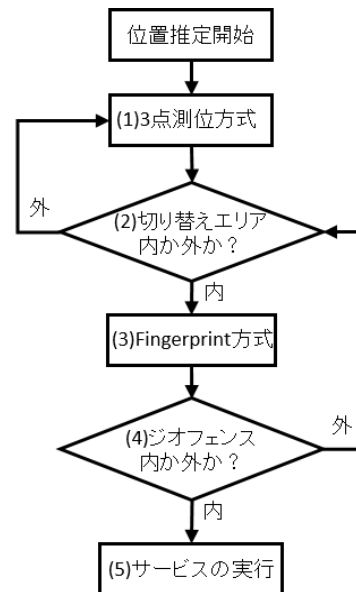


図 2 提案手法の処理の流れ

- (1) 電波を受信し、3 点測位方式による位置推定を行う。
- (2) (1)の結果が切り替えエリア外であれば、再び(1)を行う。手法切り替えエリア内であれば、(3)を行う。
- (3) 電波を受信し、Fingerprint 方式による位置推定を行う。
- (4) (3)の結果ジオフェンス外であれば、(2)を行う。ジオフェンス内であれば、(5)を行う。
- (5) ジオフェンシングサービスの処理を実行する。

4. 実験および評価

3点測位方式と Fingerprint 方式の精度比較の実験を行った。測定、実験では、Android 端末(Nexus7)で行った。

4.1 実験環境

実験環境の測定点と基地局の位置関係を図 3 に示す。Fingerprint 方式のデータベース作成のため、図 3 の 1 から 9 の 9 つの地点 (1m 間隔) をそれぞれ測定点とし、RSSI の測定を行った。対象の基地局は図 3 の a から d の 4 つである。RSSI の測定は 1 秒間に 1 回行い、合計 30 分間で 1800 回分を各測定点で記録した。それぞれの測定点で各基地局からの RSSI の平均値を計算し、データベースへ格納した。測定は RSSI に影響が少ないよう人通りが少ない環境で行った。

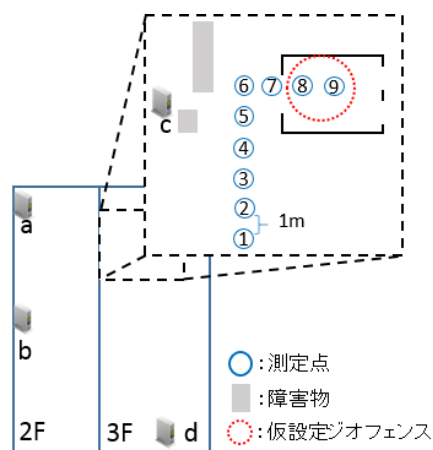


図3 測定点と基地局の位置関係図

4.2 実験結果および考察

3点測位方式と Fingerprint 方式の精度の比較および Fingerprint 方式の測定点の数を変化させた場合の精度の比較のための実験を行った。図 4 に実験結果を示す。図 4 の縦軸は誤差平均を示し、単位は m とする。横軸は位置推定を行った測定点を示す。

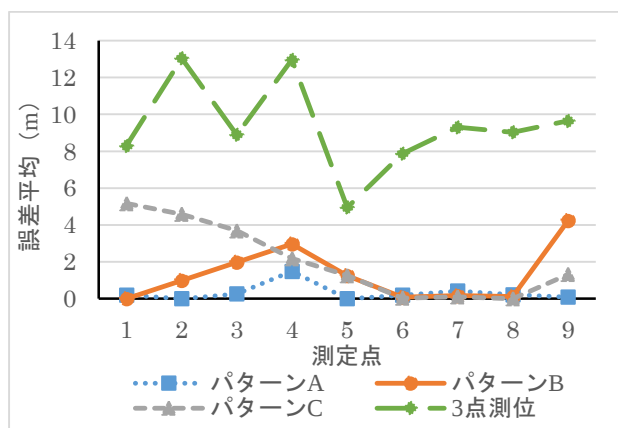


図4 実験結果

4.2.1 3点測位方式と Fingerprint 方式の比較実験

3点測位方式と Fingerprint 方式の位置推定の精度の比較を目的とする実験を実施した。4.1 節で取得した 1800 回分の RSSI の中からランダムに 1 回分を選び、3点測位方式と Fingerprint 方式の両方で位置推定を 100 回、測定点 1 から 9 すべての点 (以降、パターン A と呼ぶ) で行った。位置推定を

行った本来の測定点 (以降、正解点と呼ぶ) と推定結果の座標間の距離を得た後、それらの距離の平均値を計算したものを誤差平均とした。

図 4 から、3点測位方式での位置推定の誤差が大きいことがわかる。その原因としては、各基地局の位置関係の影響が大きいと考えられる。基地局 a, b と実験場所は階数も異なり、障害物の影響を受けたために RSSI が減衰したため基地局 a, b の距離を推定する際に誤差が生じたと考える。それに対して Fingerprint 方式 (パターン A) の結果からほとんどの測定点において誤差平均は 1m 以内であった。しかし、測定点 4 においては、誤差平均が約 2m となった。これは、測定点 4 で取得できる RSSI が障害物によって減衰し、他の測定点と類似した値になったと考える。

今回の実験環境では、3点測位方式の推定誤差が約 10m であるため、切り替えエリアはジオフェンスより半径 10m 以上離れたところに設定する必要があると考えられる。切り替えエリア内外の判定が可能であれば、Fingerprint 方式の誤差は多くの測定点において 1m 以内であるためジオフェンシング内外の判定が可能であると考えられる。

4.2.2 Fingerprint 方式の測定点数変化時の比較実験

図 3 の 8, 9 をジオフェンス内と仮定し、ジオフェンス境界を測定点 7, 8 の間とした。Fingerprint 方式による位置推定の測定点の配置を検討するため、測定点の数と配置を変更した。測定点はパターン A の他に測定点を 1 と 6 から 9 の場合 (パターン B)、6 から 9 の場合 (パターン C) とし、それぞれ 4.2.1 項のパターン A と同様に誤差平均の結果を出した。

実験結果から、パターン B, C においては正解点が測定点となっていない場合、最も近い測定点との距離が大きくなるにつれて誤差も大きくなっている。しかし、どのパターンにおいても測定点 7, 8 で誤差平均が小さくなっており、ジオフェンス内外の判定は可能であると考えられる。以上からジオフェンスの境界付近において測定点を密に配置することでジオフェンシングが有効であると考えられる。

5. おわりに

本研究はジオフェンシングを屋内で実現するための位置推定手法として 3点測位方式と Fingerprint 方式を切り替える手法を提案した。3点測位方式と Fingerprint 方式の精度比較の実験を行った。その結果、Fingerprint 方式では高い精度を得ることが可能であり、ジオフェンス付近において密に測定点を配置する必要があることが示唆された。また、3点測位方式では誤差が大きいため切り替えエリアを大きく設定する必要がある。今後は複数の部屋がある環境を想定した実験を行い、提案手法の有効性、実現性を検討したい。

参考文献

- [1] shopkick, shopkick, “<http://www.shopkick.com/>” (last access:2014-1-4).
- [2] aisle411 Inc., aisle411, “<http://aisle411.com/>” (last access:2014-1-4).
- [3] 北須賀輝明, 中西恒夫, 福田晃, “無線 LAN を用いた屋内向けユーザ位置測定方式 WiPS の実装”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2004 論文集, pp.349-352, 2004.
- [4] 小西秀典, 大木哲史, 金井謙治, 甲藤二郎, Wi-Fi を用いた Indoor Fingerprint Localization における精度の検討, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, pp.1111-1115, 2013.
- [5] 中川智尋, 山田渉, 土井千章, 稲村浩, 太田賢, 鈴木誠, 森川博之, ジョフェンシングサービスのための間隔可変測位による省電力入園検出方式の評価, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, pp.1116-1122, 2013.