

無線 LAN を用いた歩行者の自己位置および地図同時推定法

加治 充[†] 原 隆浩[‡] 西尾 章治郎[‡]松下電器産業株式会社ネットワーク開発センター[†]
大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻[‡]

1. はじめに

近年、無線 LAN の急速な普及により、偏在する WiFi アクセスポイントの信号を利用した位置推定システムが多く提案されている[1, 2, 3]. これらシステムでは、不特定の所有者が設置するアクセスポイントを用いるため、トレーニングデータの収集に莫大な人的コストが必要となっている. 本稿では、トレーニングデータを用いることなく、ユーザの位置推定を行う手法を提案する. 提案手法では、アクセスポイントの信号を時系列的に収集することで、ユーザの位置および移動範囲の地図を同時に推定する.

2. 電波を用いた位置と地図同時推定法

位置が不明な基準点からの無線信号を利用した位置と地図の同時推定手法としては、拡張カルマンフィルタや、観測履歴の次元削減[4]による方法が知られている. これらは、基準点からの距離に伴い電波強度が減衰する、近い場所における電波強度のパターンは類似するなどの伝播特性を利用しており、見通し環境や薄い壁で仕切られた屋内環境での利用が想定される. 壁によるシャドーイングやマルチパスフェージングなどによる電波強度のゆらぎは誤差の原因となるが、ガウス分布で近似し確率的な手法を用いることで、ゆらぎの影響を低減している.

偏在する WiFi アクセスポイントの信号を利用する位置推定システムでは、屋内に設置されているアクセスポイントの信号を屋外で受信する、非見通し環境が想定される. 屋外では建物により空間が仕切られるため、近い場所においても受信した信号のパターンが大きく異なることが多い. また、建物に囲まれた道路上を移動する場合、マルチパスフェージングによるゆらぎのため電波強度を正確に測定するのは難しい. このような構造物による電波伝播のゆらぎはガウ

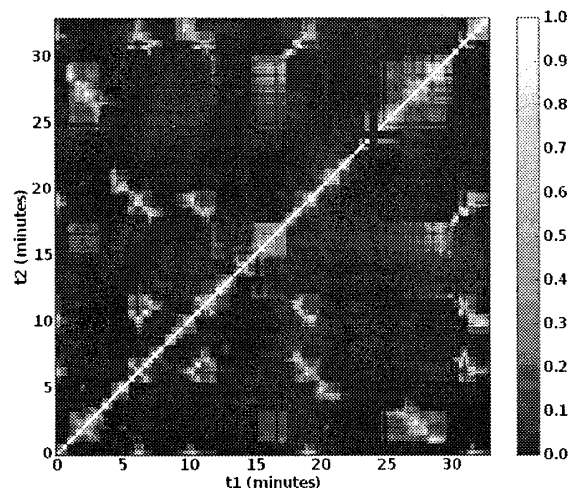


図 1 履歴データの相関行列

ス分布等では近似できないため、従来手法の適用は困難である. 提案手法では、ゆらぎの影響を低減させるのではなく、積極的に利用することで電波伝播のゆらぎの大きい環境下での位置と地図の同時推定を行う.

3. 提案手法

3.1 シャドーイングより発生する相関行列のパターンを用いた地図推定法

提案手法における地図推定の原理を、図 1 および図 2 を用いて説明する. 図 1 は、およそ 32 分間かけて住宅地内を徒歩で周回した間に検出されたアクセスポイントの履歴データの相関行列である. アクセスポイントの検出は、アクセスポイントが一定周期(200msec)で送出するビーコン信号を受信することで行う. 相関行列の成分は、横軸 t_1 と縦軸 t_2 の時刻において受信したビーコン信号に含まれる MAC アドレスの集合 $o(t_1)$, $o(t_2)$ の tanimoto 係数 TC である.

$$TC(o(t_1), o(t_2)) = \frac{n(o(t_1) \cap o(t_2))}{n(o(t_1) \cup o(t_2))}$$

ここで $n()$ は集合の要素数を表す. 住宅地などの建物による電波伝播のゆらぎが多い環境では、平行した近くの道路を通過する場合であっても同じアクセスポイントの組合せが継続して検出されることはない. このため、相関の高い斜線状の領域は同じ経路を移動した場合のみ現れる.

A method for self-localization and mapping using WiFi signals

[†] KAJI, Mituru (kaji.mitsuru@jp.panasonic.com)[‡] HARA, Takahiro (hara@ist.osaka-u.ac.jp)[‡] NISHIO, Shojiro (nishio@ist.osaka-u.ac.jp)Network Development Center, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. ([†])Department of Multimedia Engineering, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University ([‡])

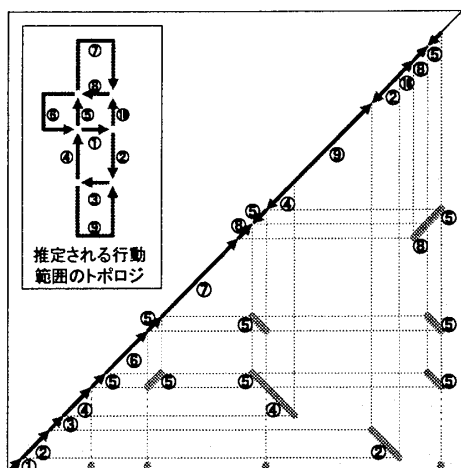


図 3 相関行列からの地図の推定

右斜め上の相関は同じ方向に、逆向きの相関は逆向きに移動した時間を示し、それ以外の時間は一度だけ通過した経路上を移動していることを示す。また、交差点で右折もしくは左折した場合、交差点付近にある建物の影響等により検出されるアクセスポイントの組合せが大きく変化する。このため、斜線の両端の時刻は交差点を通過した時刻をほぼ正確に示す。交差点を通過した時刻から交差点間の距離を推定し、相関行列の様子が示す移動パターンに従い各経路を組み立てることで、移動範囲の地図を推定することができる。図 2 は図 1 から推定される移動パターンと移動範囲の地図を示したものである。相関行列から推定されるのはトポロジカル地図 [5] であるが、図 2 のように推定した地図に閉ループが多く含まれる場合には、平面的に各経路を配置することで人が認識できる地図として利用可能である。

3.2 フェージングによる受信確率の変化を用いた位置推定法

現在位置の推定には、推定した地図上の各位置とアクセスポイントの各ビーコン信号の受信確率との対応をそれまでの履歴データを用いて逐次的に学習しておく。さらに、各時刻における受信の有無の二値変数を観測変数とするベイズフィルタ [6] により、時系列的に矛盾の少ない位置を推定する。履歴データからの学習は、教師なし学習となるため EM 法を用いる。位置推定に電波強度を直接用いる従来手法では、電波強度の平均値または分布を測定するために静止する必要があった [7]。提案手法では、電波強度の平均値の変化はフェージングによるゆらぎが加わることで受信確率の変化として観測されることに着目し、ベイズフィルタを利用することで静止することなく学習および位置推定を実現

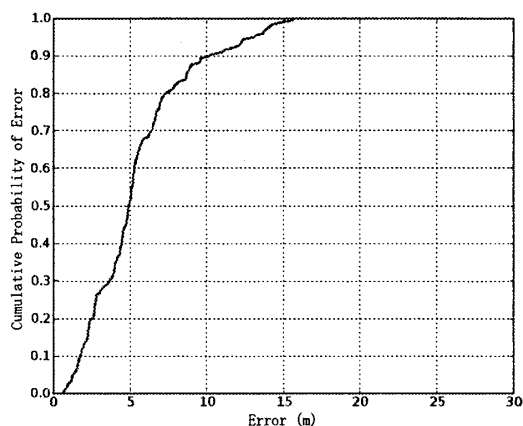


図 2 位置推定精度の評価実験結果

している。本位置推定法による位置精度の評価実験結果を図 3 に示す。横軸は、学習時と位置推定時の GPS 座標の差(誤差)で、縦軸は累積確率密度である。評価は住宅地内および国道沿いを含む約 1.5km の道路で行った。その結果、誤差の中央値は 4.9m であった。

4. おわりに

建物によるシャドーイングやマルチパスフェージングなどの電波伝播のゆらぎが大きい環境下において、ゆらぎを積極的に利用することで自己位置と移動範囲の地図を推定する手法を提案した。提案手法は、住宅地環境下で習慣的に行動する範囲での位置推定や行動範囲からの逸脱の検出に好適である。今後、提案手法を子供や高齢者の見守りシステムへ応用することを検討している。

参考文献

- [1] LaMarca, A., et al.: Self-Mapping in 802.11 Location Systems, Proc. Ubicomp 2005 (2005).
- [2] 暦本純一, 他: PlaceEngine: 実世界集合知に基づく WiFi 位置情報基盤, インターネットコンファレンス 2006, pp. 95-104 (2006).
- [3] 伊藤誠悟, 他: 無線 LAN を用いた広域な位置情報システムに関する検討, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 12, pp. 3124-3136 (2006).
- [4] Ferris, B., et al.: WiFi-SLAM Using Gaussian Process Latent Variable Models, Proc. IJCAI 2007, pp. 2480-2485 (2007).
- [5] Thrun, S.: Robotic Mapping: A Survey, Exploring Artificial Intelligence in the New Millennium (2002).
- [6] Fox, D., et al.: Bayesian Filtering for Location Estimation, IEEE Pervasive Computing, Vol. 2, No. 3, pp. 24-33 (2003).
- [7] 伊藤誠悟, 他: アクセスポイントの選択を考慮したベイズ推定による無線 LAN ハイブリット位置推定手法とその応用, 電学論 C, Vol. 126, No. 10, pp. 1212-1220 (2006).