

複数の受信信号強度と移動変位から構成される 協調位置指紋に基づく屋内測位

大植 悠斗[†] 梅澤 猛[‡] 大澤 範高[‡]

千葉大学工学部情報画像学科[†] 千葉大学大学院工学研究院[‡]

1. はじめに

電波強度を利用した屋内位置推定において、位置指紋法はマルチパスフェージングの影響を受けにくく推定誤差を抑えることができる手法として知られている。筆者らは、複数時点で観測した位置指紋に観測点間の移動変位を組み合わせた、合成位置指紋を用いた位置推定手法を提案し、回帰モデルを使った推定実験により単一時点の位置指紋と比べ高い精度で推定できることを示している[1]。

しかし、測位対象側が電波を受信する場合には、推定時に端末が保持している受信信号が当該地点への移動が完了する前に受信したものである可能性があり、同期が困難であるという課題がある。そこで本研究では、測位対象が電波を発信して環境側に受信機を配置する逆位置指紋法を用いることで位置推定精度の向上を目指す。

2. 逆位置指紋法

Anらは携帯端末の処理負荷を低減することを目的として、逆位置指紋法を提案している[2]。この手法は、オフラインとオンラインの2フェーズで行われ、オフラインフェーズでは各測定点で発信した電波を環境内に設置した複数の受信機で測定する。そして、各受信機で測定した電波強度を要素として逆位置指紋ベクトルを作成する。オンラインフェーズでは、位置を推定したい地点で発信した電波を複数の受信機で測定し、オフラインフェーズで作成した逆位置指紋の中で最も類似度の高いものの測定位置を対象の推定位置として出力する。

測位対象である携帯端末では電波の送信のみを行うため消費電力が小さくなる。逆位置

指紋法の受信機と、位置指紋法の送信機を同数とした場合、位置推定精度は同程度であることが示されている。

3. 協調位置指紋に基づく測位

本研究では、合成位置指紋作成時の位置指紋を逆位置指紋に変更したものを協調位置指紋とし、これを用いて位置を推定する。逆位置指紋法を使うことで、推定時に測位対象から送信した電波を固定地点に設置された各受信機で受信するため、推定に使用する受信信号の同期をとることができる。位置の推定は事前計測、モデル構築、推定の3フェーズで行う。

3.1. 事前計測フェーズ

モデルを構築する際に必要な逆位置指紋データを集めるために、計測者は環境内の測定点集合 $L = \{L_i | 1 \leq i \leq N\}$ の各点で携帯端末から電波を送信し、環境内に設置した受信機でその電波強度を計測する。そして、複数の受信機で計測した電波強度を要素とする逆位置指紋ベクトル \mathbf{S} を作成する。

3.2. モデル構築フェーズ

位置推定を行うために必要な回帰モデルを事前計測フェーズでの観測データから作成する。地点 P で送信した電波を基に作成した逆位置指紋 \mathbf{S}_P と、そこから相対距離 $d_{PQ} = (d_x, d_y)$ 離れた地点 Q で送信した電波を基に作成した逆位置指紋 \mathbf{S}_Q を組み合わせた協調位置指紋 $\mathbf{S}_{PQ} = (\mathbf{S}_P, \mathbf{S}_Q, d_{PQ})$ を考える。全ての逆位置指紋の組み合わせから構成される協調位置指紋集合 $\mathbf{S}_{PQ} = \{\mathbf{S}_{PQ} | P \in L, Q \in L\}$ を基に回帰モデルを構築する。

3.3. 推定フェーズ

ユーザが保持している携帯端末で、電波を送信しながら移動し、その電波を環境内に設置した複数の受信機で計測して逆位置指紋を作成する。また、その移動前後の相対変位をデッドレコニングで計測する。これらを組み合わせた協調位置指紋をモデル構築フェーズ

Indoor positioning based on coordination fingerprint consist of RSSIs and Displacement

[†] Yuto Oue, Department of Informatics and Imaging Systems, Faculty of Engineering, Chiba University

[‡] Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, Graduate School of Engineering, Chiba University

で構築したモデルに入力することで位置推定を行う。

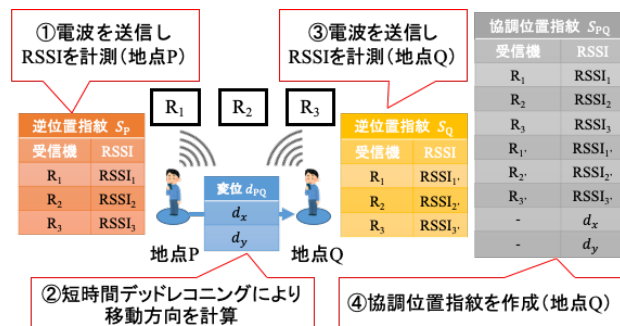


図1 協調位置指紋の作成

4. 実験

協調位置指紋を用いた推定と単一時点の逆位置指紋のみを用いた推定とを比較するために実験を行った。対象区域は鉄筋コンクリート造りの11m×5mの研究室で、受信機として天井にマイコンモジュールであるM5Stackを8台設置した。携帯端末はAndroid7.0を搭載したHUAWEI P10を使用した。部屋を1m間隔の格子状に区切り、家具などの障害物上を除いた22個の交点を測定点とした。

4.1. 実験手順

まず、各測定点においてキャスター付きポールに携帯端末を固定して40回ずつ電波を送信し、各受信機で計測を行って880件の逆位置指紋データを収集した。

次に、収集した880件の逆位置指紋を10分割し、その1つをテストデータ、残りを訓練データとした。テストデータと訓練データそれぞれの中で全ての組み合わせについて協調位置指紋を作成することを、テストデータとする88件を変更して繰り返して交差検証を行った。従って、協調位置指紋のデータ量は、テストデータで $88^2=7,744$ 件、訓練データで $792^2=627,264$ 件となる。回帰モデルの作成にはランダムフォレストを使用し、決定木の数を500、ノードを分割する際に使用する特徴量の数は逆位置指紋法では2、協調位置指紋法では4とした。

そして、構築した回帰モデルを使ってテストデータから座標を推定し、推定座標と実際の座標の差が許容誤差以下であれば正答としたときの累積正答率を算出した。

4.2. 実験結果

協調位置指紋法と単一地点の逆位置指紋法の累積正答率を比較したグラフを図2に示

す。許容誤差が0.5mのそれぞれの累積正答率は逆位置指紋法で26.3%、協調位置指紋法で78.1%と51.9パーセントポイントの向上が確認された。

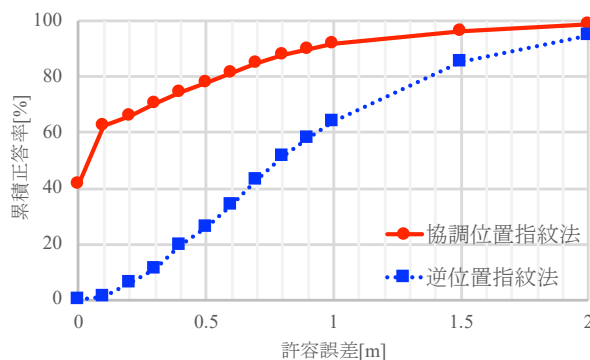


図2 累積正答率

4.3. 考察

単一時点の逆位置指紋法よりも協調位置指紋法の精度の方が高い。これは単一時点の逆位置指紋法よりも協調位置指紋の方が特徴量次元が大きいことが寄与していると考えられる。

また、協調位置指紋の変位はデッドレコニングを用いて推定するが、今回は測定点の座標値から変位を計算しているため、誤差が含まれていない。そのため、実際の精度は今回よりも低くなると考えられる。

5. まとめ

複数時点で観測した逆位置指紋と観測点間の相対変位を組み合わせた協調位置指紋を用いて位置推定を行う方法と単一地点の逆位置指紋法の精度を比較した。そして、協調位置指紋法の精度が高いことが示された。今後はデッドレコニングの誤差による協調位置指紋法の精度への影響を調査する予定である。

参考文献

- [1] T. Takayama, T. Umezawa, N. Komuro and N. Osawa, "A regression model-based method for indoor positioning with compound location fingerprints," *Geo-spatial Information Science*, vol. 22, pp. 107-113, 2019.
- [2] J. H. An and L. Choi, "Inverse Fingerprinting : Server Side Indoor Localization with Bluetooth Low Energy," *IEEE 27th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications – (PIMRC): Mobile and Wireless Networks*, 2016