

相互補完型 Wi-Fi・地磁気フィンガープリンティング手法の開発 Development of Complementary Indoor Positioning System with Wi-Fi and Geomagnetism Fingerprinting

○東 和樹¹⁾, 新井 イスマイル¹⁾

Kazuki Higashi¹⁾, Ismail Arai¹⁾

¹⁾明石工業高等専門学校 電気情報工学科

1. はじめに

近年、スマートフォンの普及により、測位技術が盛んに研究され、ナビゲーションや人流解析などに応用されている。

屋外環境では GPS(Global Positioning System)に代表される測位技術が普及しており、高精度に測位できる。ところが、衛星電波が十分に届かない屋内環境では利用不可能であり、別の手法が求められている。

Wi-Fi FP(以下フィンガープリンティングを FP とする)は、建物内の Wi-Fi アクセスポイント(以下 AP)から発信されるビーコンの電波強度(RSSI: Received Signal Strength Indicator)を各地点で計測することで RSSI のフィンガープリントデータ(以下指紋データ)を作成し、被測位地点から得られたデータとマッチングすることで測位する手法である。この手法は新たなインフラの設備が不要で比較的高精度に測位できるため、現在も盛んに研究されている。最近では屋内で鉄筋コンクリート、金属等の影響を受け特徴を持った値になる地磁気も FP を行えることが分かり、注目されている。しかし、Wi-Fi FP は AP が少ないエリアに関してはマッチングに十分なデータが得られず、また地磁気 FP は測位エリアが広がるほど測位精度が低くなるなど、原理的な限界を迎えつつある。

これらの課題を解決するため、上述の 2 つの FP の特徴に着目した。Wi-Fi FP は、AP がユニークな BSSID(Basic Service Set Identifier)を持つことから、およそそのエリアを推定することに秀でており、地磁気 FP は測位エリアが狭いほど、安定した精度で測位でき、かつインフラを必要としない。これらの特徴から、両者を組み合わせれば、互いの欠点を補完し合い、精度を高められると考えた。そこで本論文では、Wi-Fi BSSID によって測位範囲を計測範囲内で動的に生成し、その中で Wi-Fi FP と地磁気 FP について、精度の良いと考えられる手法に重みをおいて平均する手法を提案し、評価する。

2. 関連研究

Wi-Fi・地磁気 FP による測位は計測フェーズと、測位フェーズの二段階に分けられる。計測フェーズでは、測定エリア上に計測点を配置し、各点で A

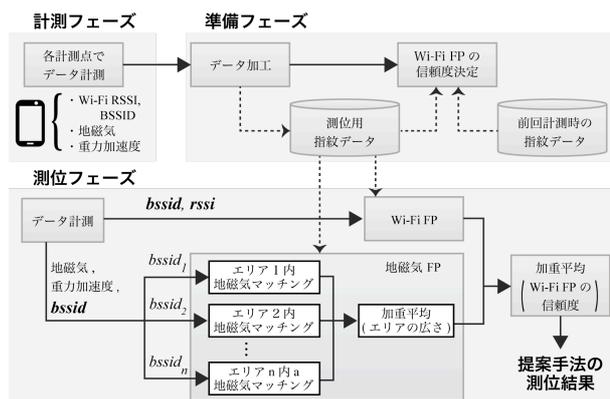


図 1 提案手法のシステム図

P からの BSSID・RSSI, 位置座標, 磁束密度を記録しデータベースに保存する。測位フェーズでは、未知の座標での BSSID・RSSI, 磁束密度をデータベースと比較し、最も類似した上位 k 個の計測点のデータから、その座標について加重平均し、測位結果とする。

Li ら^[1]は、Wi-Fi FP の測位結果を中心として、計測間隔 $\times 3\text{m}$ の半径内の計測点群に対して地磁気 FP を行う Wi-Fi aided Magnetic Matching 手法を提案している(以下 WaMM)。地磁気 FP では、歩行した時の磁束密度の変動の波形と、予め保存していた磁束密度の指紋データを動的な時間伸縮法で比較して測位する。

AP が少なく、磁束密度が計測エリア内で約 $25\mu\text{T}$ の変動しかない環境で実験した結果、誤差の二乗平均平方根の値は、Wi-Fi FP が 7.2m 、地磁気 FP が 16.6m 、WaMM が 4.2m と WaMM が良い精度を得た。しかしこの手法では、両手法の結果を同じ重みで利用しているため、一方の FP が良い精度であっても、もう一方の FP の精度に測位結果が大きく影響されるという欠点を持つ。

3. 提案手法

本研究では、Wi-Fi・地磁気 FP のそれぞれ好条件時の測位精度、地磁気 FP の適用範囲の広さを考慮し、互いの欠点を補完し合う測位手法を提案する。図 1 に提案手法のシステム図を示す。

計測フェーズでは、屋内に配置した各計測点上で、BSSID・RSSI, 地磁気, 重力加速度データを計測

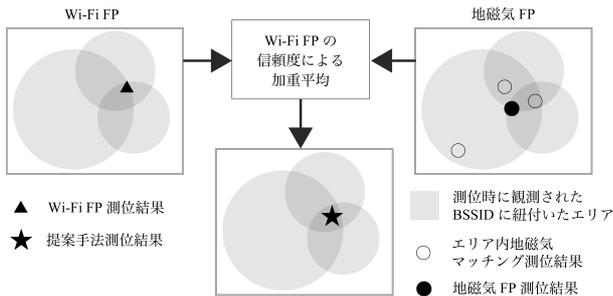


図 2 信頼度による加重平均のイメージ図

する。

本手法では、計測フェーズ後に準備フェーズを設け、計測フェーズ時に得られたデータの加工、及び Wi-Fi FP の信頼度決定関数のパラメータを定める。信頼度決定関数は、Wi-Fi FP の精度が測位時に得た BSSID の個数と、観測された最大 RSSI の値に相関があると仮定し、パラメータを決定する。

測位フェーズでは、Wi-Fi FP と地磁気 FP を独立に行う。地磁気 FP は、「測位エリアが狭いほど、地磁気 FP の精度は高くなる」という既存研究の考察を基に、測位時に観測した BSSID データ 1 つ 1 つについて、その BSSID に紐付いた計測点を含むエリア内で地磁気のマッチングを行う。BSSID が観測できなかった場合は、指紋データ上の BSSID が存在しないエリアでマッチングを行う。その後各エリアで得られた測位結果を、各エリアの狭さで加重平均し、地磁気 FP の測位結果とする。Wi-Fi・地磁気 FP の測位結果を、Wi-Fi FP の信頼度で加重平均し、提案手法の測位結果とする。Wi-Fi FP と地磁気 FP の信頼度による加重平均の様子を図 2 に示す。

これにより屋内環境のどのようなエリアでも、精度の良い手法に重みを置くことで、常により良い精度で測位できると考える。

4. 評価実験

明石高専本棟 1 階廊下(全長約 200m)を実験環境とし、計測点を 340 点配置した。実験環境では、BSSID が 99 個観測され、AP からの電波が十分に観測できるエリアと全くできないエリアが存在した。また、実験に使用するデータセットとして、2 つの指紋データと、測位時に使用するデータ(被測位データ)を作成する。指紋データは実験環境の全計測点で、被測位データは予め指定した経路上で計測する。

既存手法・提案手法の性能を評価するため、上記のデータセットを用いて Wi-Fi FP, WaMM, 地磁気 FP, 提案手法の測位誤差・測位失敗率を求める。測位失敗率は、Wi-Fi FP や WaMM において、測位時に BSSID が観測されなかったために、測位不可能となる割合である。また、Wi-Fi 環境が十分でない屋内環境での性能を評価するため、データセットから BSSID を無作為に削減した場合の上記の手法の測

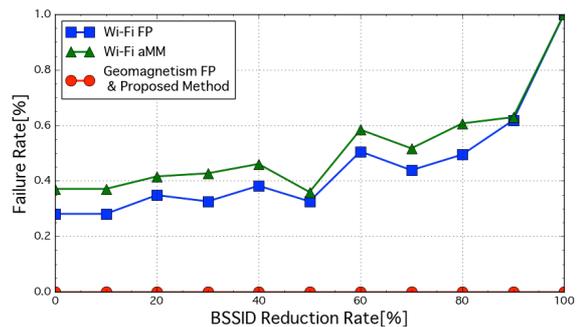


図 3 BSSID 削減率による測位失敗率の推移

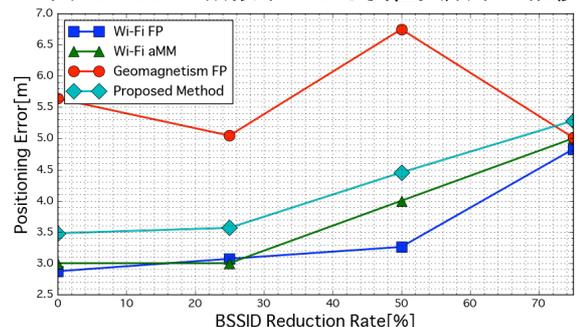


図 4 BSSID 削減による測位誤差中央値の推移
位誤差・測位失敗率の変化を考察する。

実験結果を図 3, 図 4 に示す。図 3 から、得られる BSSID が少ないほど、Wi-Fi FP, 既存手法の測位失敗率は上昇するが、地磁気 FP と提案手法は常に測位可能であることが分かる。

図 4 より、得られる BSSID が多い場合は Wi-Fi FP が、また、少ない場合は地磁気 FP が最も精度良く測位できている。ところが、Wi-Fi FP は測位失敗率が最低でも 28% に対し、提案手法は常に 0% で測位でき、地磁気 FP より精度が高いため、提案手法はこの屋内環境内では最も安定かつ高精度に測位できていると言える。

5. おわりに

Wi-Fi FP と地磁気 FP を互いの欠点を補完するように組み合わせることで、Wi-Fi 環境が十分でない屋内環境でも安定して測位できる屋内測位手法を開発し、評価実験を行った。結果、Wi-Fi 環境が十分でない実験環境で、測位誤差の中央値 3.48m, 測位失敗率 0% を達成し、BSSID を削減しても測位精度は大きく劣化しなかった。

今後の課題としては、より広い屋内環境において、異なる位置に BSSID が観測できないエリアが複数存在する場合に、BSSID が観測できないエリアを分割し、エリア生成及び測位することが挙げられる。

参考文献

[1] L. You and others “WiFi-aided magnetic matching for indoor navigation with consumer portable devices”. *Micromachines*, Vol. 6, No. 6, pp.747-764, 2015.