

## 都市環境における 3 次元 Wi-Fi AP 位置データベースの自動構築システム

天野 辰哉 \*1 山口 弘純 \*1 東野 輝夫 \*1 高井 峰生 \*1,\*2

\*1 大阪大学 大学院情報科学研究科

\*2 カリフォルニア大学ロサンゼルス校

{t-amano, h-yamagu, higashino}@ist.osaka-u.ac.jp

## 1 はじめに

都市環境における 3 次元の Wi-Fi アクセスポイント (AP) 位置情報は様々な用途に活用可能であり、その有用性が高まっている。例えば、スマートフォンなどの Wi-Fi クライアントの AP 帰属制御に利用可能である。クライアントが屋内の周囲の AP 位置を取得することができれば、ユーザが特定の部屋・階にいる際には、その部屋・階に設置されている AP 以外への接続をスマートフォン端末側で遮断することで、誤った AP へ接続し Wi-Fi 通信品質が低下を防ぐというような、より高度な AP 帰属制御が実現できる。また、AP 位置情報は屋内の AP 設置位置や使用周波数帯の決定といった無線ネットワークの管理にも有用である。AP 管理者は、3 次元 AP 位置が得られることで、異なる階や隣接する建造物の AP から到来する電波によって生じる、既設 AP 間の干渉状況の詳細な調査でき、より適切な AP 位置や使用周波数帯の決定が可能となる。

AP からのビーコン観測データをもとに AP の位置推定を行う様々な手法が提案されている [1]。特に近年はスマートフォンの普及により観測データ収集が以前よりも容易になり、クラウドセンシングや参加型センシングの枠組みを活用した AP 位置データベースの構築を目的とした取り組みもなされている。

その一方で、屋内では AP 位置推定に必要な測定端末の位置情報を得ることが容易ではないという問題がある。この問題に対して既存の屋内 AP 位置推定手法では、既知の AP を予め設置しておき位置の基準となる情報を得る、あるいは、デッドレコニングや RFID などのその他の測位システム、ユーザの手動入力などを活用し何らかの方法で観測位置を取得するといった方法が取られることが多い。しかし、建物内部への基準点となる AP の設置やその他測位システムの導入は多数の建物に対して実施することが困難であるため、クラウドセンシングによる都市広域の AP 位置データベースの構築には適さない。またデッドレコニングにより屋内での端末位置を推定する方法では、Wi-Fi のチャンネルスキャンに加え、加速度センサやジャイロセンサなど内蔵センサの値を常時取得する必要があり、端末の電力消費が大きくなるため、協力ユーザの負担が大きくなる。またユーザが自分の位置を手動で入力することもユーザの負担が大きくなる要因であり、多数の協力者を確保することが困難なクラウドセンシングにおいて適切な方法ではない。

そこで本研究では、クラウドセンシングを活用した都市広域の AP 位置データベースの構築を目的とし、AP 位置推定において協力ユーザに一切のデータ入力を求めず、また屋内の位置基準も利用しない 3 次元 AP 推定手法を提案する。バックグラウンドアプリが自動で収集した Wi-Fi チャンネルスキャンの情報のみから建物内の AP 位置を推

定が可能となるため、クラウドセンシングの協力ユーザがアプリをインストールしたスマートフォンを持ち歩くだけで、周囲の AP 位置のデータベースが構築可能となる。

提案手法では、まず屋外におけるスマートフォンユーザによる AP からのビーコン観測データと GPS によるその観測位置情報を基に電波伝搬シミュレーションを活用して建物壁面上に存在すると考えられる仮想的な AP 位置を推定する。次に屋内の観測データを収集し、その屋内観測データから観測した AP 同士の距離尺度を算出、この AP 間距離尺度を基に三次元多次元尺度構成法 (3D MDS) により、AP 同士の相対的な位置マップを生成する。そしてこの相対 AP 位置マップを屋外観測から推定した壁面上の仮想的な AP 位置にマッピングすることで、屋内の AP の絶対座標を得る。

提案手法を実装し大阪大学情報科学研究科周辺で実験を行った結果、屋内観測位置情報やその他の屋内の位置基準を一切用いることなく、屋内 AP の平均位置誤差 8.4 m で AP 位置を推定することができることを確認した。

## 2 手法概要および想定環境

提案手法による AP 位置推定の概要を図 1 に示す。提案手法は (1) 屋外観測データを用いた建物壁面上の仮想 AP 位置推定と (2) 屋内観測データを用いた相対的な AP の位置マップ生成、および (3) 建物壁面上の仮想 AP 位置を用いた AP 相対位置のグローバル座標系への変換から構成されている。

手法の入力となる観測データは、スマートフォンのチャンネルスキャンにより得られる周辺 AP からのビーコンの観測データである。

屋外観測データには GPS により取得した位置情報が含まれ、この位置情報の座標系をグローバル座標系と呼ぶ。屋内観測データには、スキャン地点の位置情報は含まれないが、どの建物内部で得られた観測であるかは判別可能であるとするとする。

屋外観測データからの仮想 AP 位置推定には、我々がすでに構築している屋外環境における 3 次元 AP 位置データベース構築手法 [2] を用いる。この手法では電波伝搬シミュレーションによる屋外の Wi-Fi 観測データの補完を目的として、その過程で、屋外における観測データを用いて、実際の屋内 AP 位置ではなく建物壁面上の仮想的な APP (Tx-tile) の位置推定を行っている。

屋内の観測データを用いた AP 間の相対位置マップの生成には多次元尺度構成 (MDS) を利用する。MDS は、要素間の非類似度を考慮して、それを最もよく反映する低次元空間内の要素の位置を求めることができるものである。MDS により観測データから生成された AP 同士の相対的な AP 位置のマップを相対 AP 位置マップと呼ぶ。本研究では、MDS を活用し屋内 AP 位置の推定を実施してい

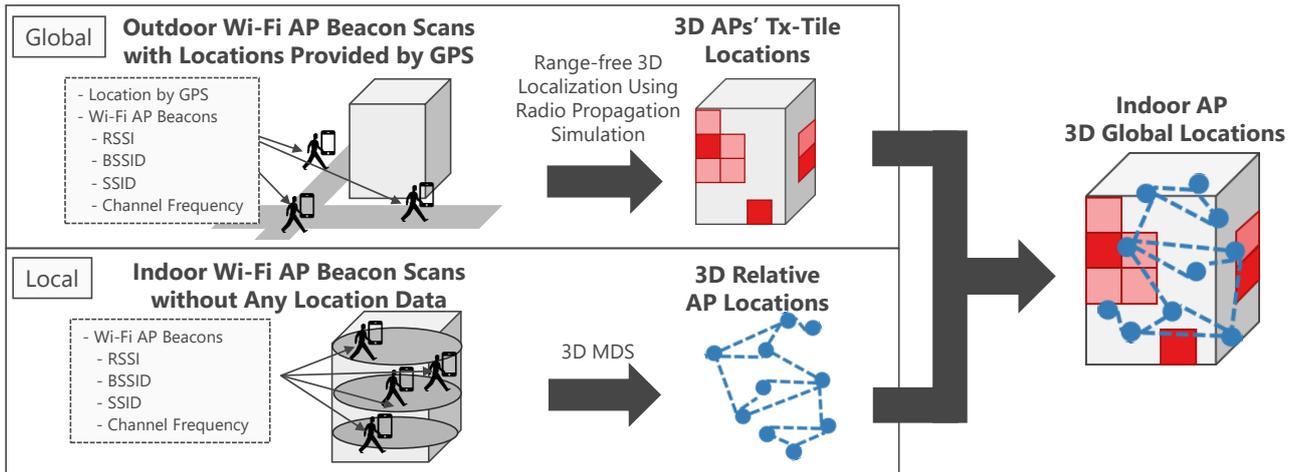


図 1 手法概要

る [3] の手法を拡張したものを利用する。

屋内の相対 AP 位置マップをグローバル座標系の位置に変換するために、推定済みのグローバル座標系上の Tx-Tile を位置合わせの基準とするプロクラステス解析を利用する。プロクラステス解析は 2 つの対応が取れている点群に対して、回転、拡大縮小、および平行移動によって点群間の距離の二乗誤差が最小になるよう、一方の点群を他方の点群を重ね合わせる手法であり、MDS により生成された相対的な要素の位置マップを絶対位置に変換する際にも用いられる。

予め相対 AP 位置マップ内における Tx-Tile の位置を計算しておき、グローバル座標系上の Tx-Tile と対応する相対 AP 位置マップ内の Tx-Tile 位置をプロクラステス解析することで相対 AP 位置マップの上の位置をグローバル座標系上の位置に、回転・拡大縮小・平行移動によって変換するための変換行列を得る。

### 3 性能評価

提案手法による AP の位置推定精度を評価するため、大阪大学情報科学研究科において実験を行った。AP1 から AP8 までの 8 基の AP を建物内部に設置し、建物の周辺をスマートフォンを用いて歩行し、計 215 地点の屋外観測データを収集した。AP1, AP2 は研究科 B 棟の建物 1 階、AP3 から AP7 はそれぞれ B 棟の 2 階から 7 階に設置した。また同様に B 棟内部を歩行し、計 367 地点の屋内観測データを収集した。建物内において観測された最大 RSSI が  $-60$  dBm 以上であるものを、その建物内に設置されている AP であるとし、その 162 基の AP の観測データを相対 AP 位置マップの生成に利用した。設置した AP 位置と推定した AP 位置を図 2 に示す。

屋外の観測データのみから推定した Tx-Tile の平均位置誤差は 18.0 m であり、水平方向誤差が 13.3 m、垂直方向誤差が 10.1 m であった。屋内の観測データも併用し推定した AP の平均位置誤差は 8.4 m、水平方向誤差が 2.1 m、垂直方向誤差が 8.4 m であった。

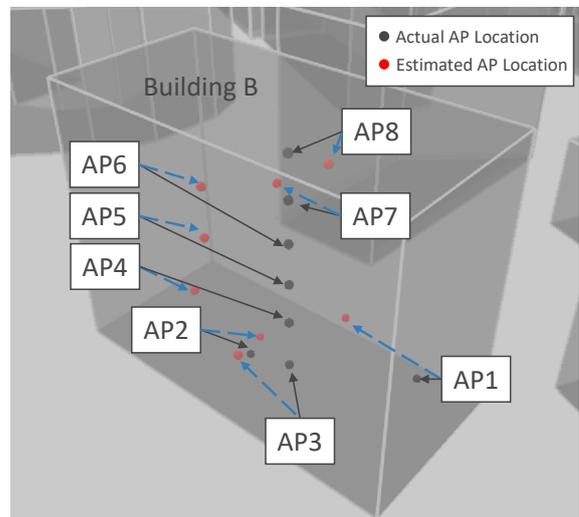


図 2 AP 設置個所および推定位置

### 参考文献

- [1] Abd Rahman, M. A., Dashti, M. and Zhang, J.: Localization of Unknown Indoor Wireless Transmitter, *Proc. of the 3rd International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS 2013)*, pp. 1—6 (2013).
- [2] Amano, T., Kajita, S., Yamaguchi, H., Higashino, T. and Takai, M.: クラウドソーシングと 3 次元電波伝搬シミュレーションの併用による効率的な Wi-Fi 電波データベース構築情報処理学会論文誌 Vol. 59, No. 2, pp. 450–461 (2018).
- [3] Koo, J. and Cha, H.: Unsupervised Locating of WiFi Access Points Using Smartphones, *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 42, No. 6, pp. 1341–1353 (2012).