

3U-09

都市環境における3次元空間上のWi-Fiデータベースの構築

天野 辰哉*1 梶田 宗吾*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, s-kajita, h-yamagu, higashino }@ist.osaka-u.ac.jp

1 はじめに

東京オリンピック・パラリンピック開催を2020年に控え、パブリックスペースにおけるWi-Fiの可用性向上やユーザビリティ強化に向けた動きが活発となっている。一方で人口集中都市の中心部ではオフィスの集中、屋外用Wi-Fiアクセスポイント(AP)の無秩序かつ過密な設置、モバイルルーターの急増などにより、AP数とデバイス数は増加の一途を辿っており、過密環境における混沌とした周波数利用状況に拍車をかけている。

このような過密Wi-Fi問題に対し我々はIEEE802.11a/g/nなど既存アーキテクチャの範疇で、各APの周波数再利用を自律的に効率化させることを目標に、干渉環境センシングのコンセプトに基づくAPチャンネル選択により過密干渉を制御する技術を開発している[1]。しかし、このようなAP間干渉回避技術の多くは固定設置型のAP間の空間利用率を向上することに主眼を置いており、スマートフォンや車載器Wi-Fiのような移動型通信端末や、モバイルルーターのような移動型APなどを含めた個々の通信品質の向上を直接目指したものではない。

これに対しWi-Fi通信状況を観測して地点ごとにデータベース化し、Wi-Fi接続品質予測に活用する試みもなされている。特に近年はスマートフォンの普及によりデータ収集が容易になり、クラウドソーシングやwar-drivingによりWi-Fiの電波強度地図を構築する手法が提案されている[2][3]。その一方で、協力者の数や行動パターンによっては十分な観測密度が得られない地点も多く、都市広域を面的にカバーする情報を観測データだけに頼ることは現実的ではない。観測点間の補間などの技術も提案されているが、特に都市部においては建造物による複雑な地形により、観測地点の近隣地点でも電波状況が大きく異なることも多い、したがって、十分でない観測数から都市広域の電波状況を正しく推定する技術は未だ十分でないといえる。

本研究ではスマートフォンユーザーによるWi-Fiビーコンの観測データを集約しWi-Fi信号の受信電波強度を地表面で推定する手法を提案する。提案手法では複数地点におけるWi-Fiビーコンの観測情報と周辺の建造物の地理情報からアクセスポイントからの電波が到来したと推定される建造物表面上の仮想的なAP位置(電波発信点)を推定する。その情報および建造物情報を用いて電波伝搬シミュレーションを実施し、観測のない他地点の受信信号強度(RSS)を推定することで、各地点のRSSを得る。スマートフォンを用いたデータ収集と提案手法による推定を行うシステムを構築し、大阪大学情報科学研究科周辺で観測を行い実際に電波強度地図を生成した。生成した電波強度地図におけるRSSの推定値と実測値を比較することで提案手法の精度評価を行った。またクラウドソーシングにより大阪市内のWi-Fi観測データを収集し、実際の都市環境における電波強度地図も構築しつつある。[4](図1)。

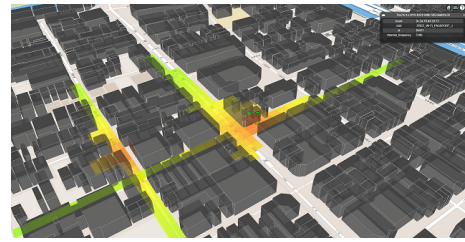


図1: 大阪市淀屋橋周辺での電波強度地図の可視化

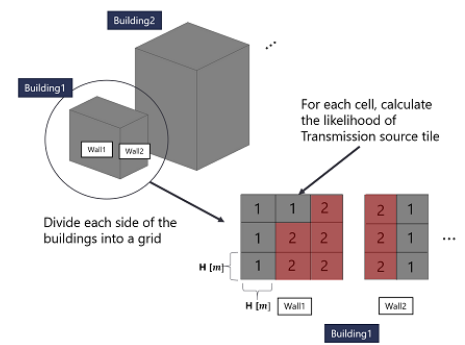


図2: 建物壁面上のAP存在区画を推定

2 提案手法

提案手法では2段階の処理により電波強度地図を生成する。第1段階では観測データに基づき、建物壁面上に存在すると考えられるAPの存在区画を推定する。第2段階では第1段階で得られたAPの存在区画内で、電波の発信点位置を変えながら電波伝搬シミュレーションを行い、実際に得られている観測データと近いシミュレーションパターンを選択する。選択したシミュレーションパターンにおいてシミュレーション上で観測地点周辺で面的に得られるRSSから電波強度地図を生成する。

第1段階ではまず図2のように、観測地点周辺の建物壁面を格子状に分割する。そして各区画に対してAPが存在する尤度を計算し、最も尤度が高い区画の集合をAP存在区画として求める。各区画の尤度は観測データから得られるAPの存在空間および非存在空間を用いて算出する。APの存在空間はそのAPのビーコンを観測した地点を中心とする球の内部であり、半径 r は $r = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{0.01}{v}}$ により求める。

RSSが v であるとき、この半径は出力強度を-20[dBm]と仮定した自由空間伝搬モデルから算出されるAPからの電波到達距離である。波長 λ はAPが2.4GHz帯を利用する場合は0.125[m]、5GHz帯を利用する場合は0.06[m]とする。自由空間伝搬モデルは送信機と受信機の間に障害となるものがない自由空間におけるRSSを推定するものであり、都市環境においては周辺環境のノイズや障害

物、観測を行う人間の体などの影響により自由空間伝搬損失よりも損失が大きいと考えられ、したがって自由空間伝搬損失を前提としておけば、APは存在空間内に高い確率で含まれる。事前実験として、ある地点にAPを設置し周囲の115地点で観測を行ったところ約90%の地点でAPが存在空間内部に含まれることが分かった。また、APの非存在空間はある地点において、推定対象のAPからのビーコンが観測されていないという情報を利用する。非存在空間もそのAPからのビーコンの非観測地点を中心とする球の内部で表し半径は経験的に得られた10[m]とする。その範囲内にはAPが存在しないと考えられる空間であると見なす。推定対象のAPを観測した地点の集合 P と、以上のようにして算出したAP存在空間の集合 O および非存在空間の集合 \bar{O} を用いて建物壁面上の区画 c の尤度 $\mathcal{L}(c)$ を式(1)で計算する。

$$\mathcal{L}(c) = \sum_{o \in O} \text{intersects}(c, o) - \sum_{\bar{o} \in \bar{O}} \text{intersects}(c, \bar{o}) + \sum_{p \in P} \text{los}(c, p) \quad (1)$$

ただし、

$$\text{intersects}(c, o) = \begin{cases} 1 & (c \text{ が } o \text{ の内部}) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

$$\text{los}(c, p) = \begin{cases} 1 & (c \text{ が } p \text{ の見通し範囲内にある}) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

第2段階では、第1段階で得られた複数の存在区画について、区画を変更しながら順に、区画の中心に電波発信点を設置した場合の周辺でのRSSをシミュレーションにより算出し、得られている実際の観測データ P との誤差を計算する。全てのシミュレーション結果のうち最も誤差が小さい位置をAPの電波発信点であるとし、その場合の周辺のRSSから電波強度地図を生成する。このとき P とシミュレーション結果の誤差は、シミュレーション上でのRSSと実際のRSSのdBm値の絶対誤差の平均で計算する。第1段階で算出した存在区画が建物の複数壁面にわたる場合は、壁面ごとに1つの存在区画を選択し、そこへ電波発信点を設置する。電波発信点位置のパターンすべてに対してシミュレーションを実行し、実測に近いシミュレーション結果を取得する。ただしあるAPの電波発信点位置の高さはすべての壁面で同じであるとする、また存在区画が複数の建物にわたる場合は、建物単位でシミュレーションパターンの生成とシミュレーションの実行を行い、電波発信点位置が複数の建物にわたることが無いようにする。シミュレーションにはネットワークシミュレータScenargieとFast Urban Propagation Moduleを利用し、電波発信点の送信電力は -20 [dBm]と設定した。

3 実験と評価

クラウドソーシングによるデータ収集と電波強度推定システムを実装し(図3)、大阪大学情報科学研究科周辺の電波強度地図を生成した。生成した電波強度地図において、設置した4基のAP(AP1~AP4)について50地点での実際のRSSと電波強度地図上のRSSを比較した(図3)。50地点のうちAP1~AP4を観測した地点数は

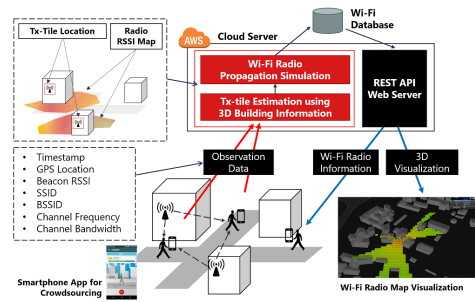
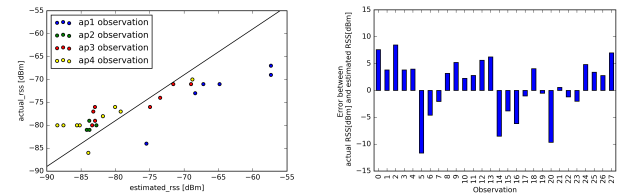


図3: 電波強度推定・可視化システム



(a) RSSの推定値と実測値の比較 (b) 推定値の誤差

図4: 電波強度地図の精度評価

それぞれ6地点、4地点、8地点、9地点であり、27通りの観測数パターンのうち約66%の18パターンで誤差が ± 5 [dBm]以内に収まっていることが分かった。

4 まとめ

本稿ではスマートフォンユーザーによるWi-Fiビーコンの観測データをクラウドサーバーに集約し、都市広域のWi-Fi信号の受信電波強度を3次元空間における地表面で推定する手法を提案し評価を行った。また本システムを用いて大阪市内の電波強度地図を構築中である。

5 謝辞

本研究開発は総務省SCOPE(受付番号165007009)の委託を受けたものです。

参考文献

- [1] Kajita, S., Amano, T., Yamaguchi, H., Higashino, T. and Takai, M.: Wi-Fi Channel Selection Based on Urban Interference Measurement, *Proc. of EAI Mobiquitous 2016*, pp. 143–150 (2016).
- [2] Wu, D., Liu, Q., Zhang, Y., McCann, J., Regan, A. and Venkatasubramanian, N.: CrowdWiFi: efficient crowdsensing of roadside WiFi networks, *Proc. of ACM Middle-ware 2014*, pp. 229–240 (2014).
- [3] Kim, Y., Shin, H., Chon, Y. and Cha, H.: Crowdsensing-based Wi-Fi Radio Map Management Using a Lightweight Site Survey, *Computer Communications*, Vol. 60, pp. 86–96 (2015).
- [4] Wi-Fi Observation Area Map of Osaka City: <http://map.wifibigdata.org>.