

公衆無線 LAN 利用可能エリア可視化システムの研究開発

A Public Wireless LAN Usable Area Mapping System

銭谷 英李* 村上 直冨* 松田 勝敬**

Eri ZENIYA* , Naoki MURAKAMI* and Masahiro MATSUDA **

概要

In Japan, the installation of public wireless LAN by the municipality and telecommunication carriers is promoted. These are not only to attract foreign tourists for the Tokyo 2020 Olympics but also as a means of communication in the time of disaster. The wireless LAN is widely used in general. There are wireless LANs by companies and homes other than the public wireless LAN. So the radio wave of the wireless LAN is distributed complicatedly. Information about areas where public wireless LANs are available is important information for both users and public wireless LAN managers. Then, we are tackling research and development a usable area mapping system of public wireless LAN with high availability corresponding to a disaster at low cost.

In this paper, we developed a system of mapping a usable area of public wireless LAN. In this system, the measurement application installed in the mobile devices collects the information of the received radio wave of the Wi-Fi access point, 2D graphics are created from the collected data and layered over the online map to show the available area of public wireless LAN. This system was tested by collecting measurement data in the urban area of Sendai.

1. はじめに

1.1 背景

携帯電話やスマートフォンなどの携帯情報端末の普及により、多くの人が常にインターネットにアクセスできる情報端末を携帯し、情報の受発信を行うことができるようになった。携帯電話やスマートフォンは、通信キャリアが整備した移動体通信網に接続、経由してインターネットにアクセスすることができる。一般的に、キャリアの移動体通信網を用いた通信は、通信量に応じて利用料金の支払いが発生する。また、一定期間内の情報通信量に制限が設けられており、その制限を超えた通信については、別途割高な通信料金が掛かることが多い。最近のインターネットをはじめとした、通信の高速・大容量化に伴い、通信されるコンテンツも大容量化が進んでいる。静止画だけでなくより容量の大きい動画の配信も一般的となり、画質も向上しさらに大きな容量となっている。そのため、通信料金を抑えるため Wi-Fi による接続が可能な場合は、キャリアの移動体通信網

ではなく、Wi-Fi によるネットワーク接続を優先させる設定がされることが多い。この機能が有効に利用できるようにするには、無料で開放されている、もしくは予め会員登録をしておけば利用できる Wi-Fi サービスが整備されていなければならない。さらに、通信をしたい場所で、利用可能な Wi-Fi サービスがあるか、またそのサービスによる Wi-Fi の電波を受信できるかの情報が必要である。

情報端末が利用できる Wi-Fi サービスは、通信キャリアによるサービスや、公衆無線 LAN サービスが利用できる場所もある。公衆無線 LAN とは通信キャリアやエリアオーナーが提供する Wi-Fi サービスのことである。有料のものと無料のものがあり、2020 年の東京オリンピックに向けて外国人観光客誘致を目的とした無料の公衆無線 LAN の設置が行政によって進められている[1]。また、災害時の情報伝達手段として防災拠点等の Wi-Fi 環境の整備を進めている[2]。そのため、様々な場所で複数の公衆無線 LAN を誰でも利用することができる。災害時に実際にそのときその場所で利用可能な公衆無線 LAN の情報はサービス利

2019 年 12 月 2 日受理

* 通信工学専攻 院生

** 情報通信工学科 准教授

ユーザーにとって有用な情報である。また、情報を発信する側にとっても、どのエリアで公衆無線 LAN が利用可能で、情報を提供できるか把握できることは重要である。

1.2 これまでの研究の概要

我々はこれまでに公衆無線 LAN の利用可能エリアに着目して、地下鉄で利用できる公衆無線 LAN を検出する方法や公衆無線 LAN のヒートマップを作成する方法を検討するなどの研究を行ってきた[3][4]。[3]では、仙台市地下鉄東西線乗車時に測定アプリケーションで無線 LAN の電波強度の測定を行い、複数回の測定データを用いて駅で利用可能な公衆無線 LAN を検出するシステムを開発した。地下鉄は主に地下を走行するため、殆どの場所で地下鉄利用者向けにサービスが提供されている無線 LAN の電波しか受信しない環境である。そのため、提供される公衆無線 LAN のサービスを絞って検出することが比較的容易である。[4]では、範囲を地下鉄から屋外に広げ、地図上に API を利用した電波強度のヒートマップを作成する方法について検討した。その結果、測定地点それぞれの電波強度を用いてヒートマップを作成しても、位置推定の精度やそれぞれ地点での測定回数などによる影響が大きく、実用的なヒートマップが描けないことがわかった。

1.3 他の研究事例

無線 LAN 利用可能エリアの可視化についての既存研究の例としては、天野らの手法[5]がある。天野らは Wi-Fi の AP からの少量のビーコン観測データから広域における電波状況を推定する手法の研究を行っている。[5]の手法ではクラウドソーシングを行い、スマートフォンユーザーのビーコン観測データを集約する。観測データと観測地の地理情報を組み合わせて AP の電波発信点候補を推定する。電波発信点候補の電波伝搬シミュレーションを網羅的に行って、受信電波強度が観測データに最も近い電波発信点を求める。その電波発信点からの電波伝搬シミュレーションによって電波強度地図を作成する。この研究では、厳密な電波伝搬シミュレーションをおこなうため、計算量が多くなることが特徴である。

また、行政やキャリアなどの公衆無線 LAN の提供元が設置した AP の場所を地図上にアイコン

で示して公開していることも多い[6][7]。この場合は、AP の位置を示しているだけであるので、実際のどの場所で電波を受信できるかについては、考慮されていない。地形や周辺の建物の影響で、AP の周辺であっても無線 LAN に接続できないことも考えられる。

1.4 本研究の特徴

1.3 で述べたように従来の無線 LAN の利用可能エリアの提供方法は、AP の位置に着目している。受信した電波から AP の位置を推定するか、設置した AP の位置が提供されている。実際に無線 LAN を利用するときに重要なのは、その地点で AP からの電波をどの程度の強度で受信できるかである。近くに AP が存在していても、障害物があり電波強度が弱くなることも考えられる。我々はその位置における電波強度の実測値に着目しており、実際にその場所における無線 LAN 利用の可否を表している。

また我々の研究では、複数の公衆無線 LAN サービスの利用可能エリアに関する、災害時も考慮した情報提供も目的としている。我々は容易な情報更新や災害時の利用に対応した、低コストな公衆無線 LAN 利用可能エリア可視化システムの開発を目指している。AP の位置推定などは行わず、本論文では、携帯端末で収集した無線 LAN 電波の情報をもとに公衆無線 LAN の利用可能エリアを表示する方法を検討しているため、計算コストを低くすることが可能である。

2. 公衆無線 LAN 利用可能エリア可視化システム

2.1 システム概要

本研究では、屋外で測定したデータを基に、公衆無線 LAN の利用可能エリアを可視化するシステムを開発した。開発したシステムでは、サーバと非同期で電波強度の測定を行い、測定後にサーバに送信する。測定データから公衆無線 LAN の利用可能エリアのヒートマップを作成し表示する。

公衆無線 LAN の利用可能エリア可視化システムの概要を図 1 に示す。本システムは測定アプリケーションで Wi-Fi 電波の情報を収集し、サーバで測定データを処理して地図に情報を表示する

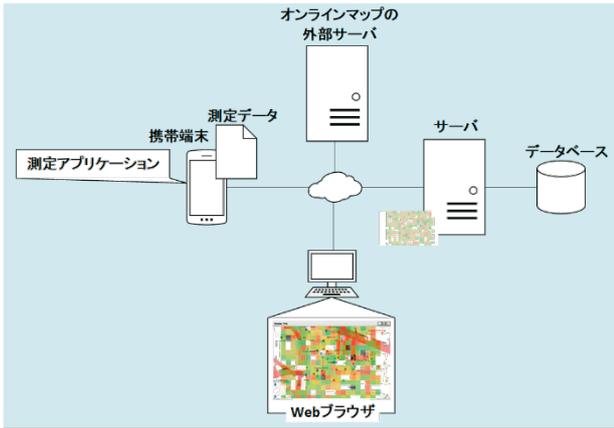


図1 システム概要

システムである。携帯端末に実装した測定アプリケーションにて測定を行い、測定後に測定データをデータベースに格納する。データベースに格納されている測定データから地図に表示する SSID 毎の利用可能エリアを示すヒートマップ用データを作成する。作成したヒートマップ用データを基に 2D グラフィックを作成し、外部サーバから取得したオンラインマップの上に重ねて表示する。

2.2 構成の説明

本システムはサーバと測定アプリケーションから構成される。

サーバはデータベースサーバ、アプリケーションサーバ、Web サーバがある。データベースサーバには測定アプリケーションで収集した測定データと利用可能エリアを示すヒートマップ用データが格納されている。アプリケーションサーバと Web サーバではデータベースへの入出力やヒートマップの作成・表示を行っている。

携帯端末に実装した測定アプリケーションは非同期で測定を行い、周囲の無線 LAN 電波受信情報と位置情報を 1 秒ごとに記録する。表 1 に示した測定情報の時刻、AP の MAC アドレス、AP の SSID、受信電波の周波数、受信電波の電波強度、測定地の位置情報を記録する。測定後、サーバと携帯端末を接続し、測定データをアップロードして、データベースに格納する。

2.3 タイル状ヒートマップ

今回は公衆無線 LAN 利用可能エリアをヒートマップとして可視化した。利用可能エリアはオン

表 1 測定情報

測定情報
時刻 (YYMMDD hhmmss)
APのMACアドレス
APのSSID
受信電波の周波数 [Hz] (チャンネル)
受信電波の電波強度 [dBm]
測定地の位置情報(緯度・経度)

ラインマップにタイル状の 2D グラフィックを重ねて表示する。2D グラフィックは $10\text{m} \times 10\text{m}$ を 1 マスとしてマスに含まれる測定データの電波強度の平均を色で示している。

それぞれの測定地での電波受信強度をヒートマップに表示するために、測定地の緯度 φ_{lat} と経度 φ_{lng} をマス目の座標 x_{HM}, y_{HM} に変換する必要がある。その変換式(1)(2)を次に示す。

$$x_{HM} = \frac{2\pi r_{lat} \frac{\varphi_{lng}}{360}}{10} \quad (1)$$

$$y_{HM} = \frac{2\pi r_{polar} \frac{\varphi_{lat}}{360}}{10} \quad (2)$$

ただし、 r_{polar} は極半径、 r_{lat} は次式で求めた。なお、 $r_{equatorial}$ は赤道半径である。

$$r_{lat} = r_{equatorial} \cos\left(\frac{\varphi_{lat}}{180}\pi\right)$$

データベースから SSID 毎に測定データの受信電波の電波強度、測定地の緯度経度を取得し、式(1)(2)より 2D グラフィック用データを算出する。2D グラフィック用データはマス目の座標と各座標の電波強度の平均値 $\overline{s_{dBm}}$ である。今回オンラインマップとして使用した Google マップの Google Maps API から画面に表示しているオンラインマップの南西端と北西端の緯度経度を取得する。取得した緯度経度を式(1)(2)を用いてマス目の座標に変換し、 n 個の SSID の 2D グラフィック用データの電波強度の平均 $\overline{s_{dBm}}$ に対応した色をマップ上の各マスに描画する。 $\overline{s_{dBm}}$ は次の式(3)で求めた。

$$\overline{s_{dBm}} = \sum_n s_{dBm}(x_{HM}, y_{HM}, n) \quad (3)$$

また、各マスの電波強度を示す色は式(4)で求めた。

表2 公衆無線 LAN

公衆無線LANサービス	提供
docomo Wi-Fi	通信キャリア
au Wi-Fi SPOT	通信キャリア
ソフトバンクWi-Fiスポット	通信キャリア
Wi2 300	通信キャリア
SENDAI free Wi-Fi	自治体
みやぎFreeWi-Fi	自治体
東北 Wi-Fi	通信キャリア等

$$f_{color}(\overline{S_{dBm}}) \begin{cases} R = 255 \frac{\overline{S_{dBm}}}{100} \\ G = 255 \left(1 - \frac{\overline{S_{dBm}}}{100}\right) \\ B = 0 \end{cases} \quad (4)$$

ただし、

$$\begin{aligned} 0 \leq R \leq 255 \\ 0 \leq G \leq 255 \end{aligned}$$

である。これにより、受信電波強度が強いマスは緑色に、弱いマスは赤色に表示される。

3. 実験

3.1 目的

本システムを検証するために、実験を行った。実験では仙台の市街地で測定を複数回行い、測定データを基に公衆無線 LAN の利用可能エリアを可視化した。

測定は仙台の市街地で異なる日時、異なるルートで5回行った。測定データのうち、表2に示す公衆無線 LAN の SSID を含むデータを使用した[8][9][10][11][12][13][14]。

3.2 実験機器

測定では徒歩で移動する間、携帯端末で測定アプリケーションを実行し、周囲の Wi-Fi 電波受信情報を記録した。携帯端末は4種類のモデル、計5台を使用し、カバンやポケット、手持ちの複数の携帯方法で携帯した。使用した携帯端末が対応する無線 LAN 規格は IEEE802.11b/g/n (2.4GHz), IEEE802.11b/g/n(2.4GHz/5GHz), IEEE802.11a/b/g/n/ac(2.4GHz/5GHz)である。

測定では徒歩で移動する間、携帯端末で測定アプリケーションを実行し、周囲の Wi-Fi 電波受信情報を記録した。携帯端末は4種類のモデル、計



図2 公衆無線 LAN の利用可能エリアの全体図

5台を使用し、カバンやポケット、手持ちの複数の携帯方法で携帯した。使用した携帯端末が対応する無線 LAN 規格は IEEE802.11b/g/n (2.4GHz), IEEE802.11b/g/n(2.4GHz/5GHz), IEEE802.11a/b/g/n/ac(2.4GHz/5GHz)である。

3.3 結果

公衆無線 LAN の利用可能エリアを可視化した結果を図2に、測定時のルートを図3に示す。図2は5回の測定の全端末の測定データのうち、表2の公衆無線 LAN の SSID の測定データをヒートマップの作成に使用した結果である。図3に示した測定ルートは5回の測定ルートを合わせたものである。一回の測定で同じ SSID の異なる MAC アドレスの AP からの測定データや同じ SSID の異なる周波数の測定データは別々に扱っている。1マスあたりに含まれる測定データ数の平均は、9回ほどの測定で得られたおおよそ84データであった。図2の四角で囲った部分の拡大図を図4に示す。図4を確認すると全体的にマスが赤色であることが確認できる。図3の丸で囲った部分の拡大図を図5に示す。図3でも位置情報の誤りが確認できるが、図5では特に位置情報の大きな誤りが確認できる。



図3 測定を行ったルート

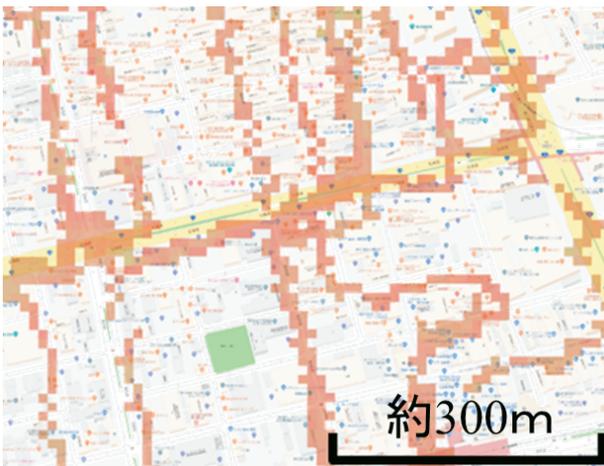


図4 公衆無線 LAN の利用可能エリアの拡大図

3.4 考察

開発したシステムにて公衆無線 LAN の利用可能エリアを可視化できたが、結果いくつかの改善点がみられた。

位置情報に大きな誤りがある測定値が確認できた。1つの携帯端末の測定値だった。携帯端末の位置情報のこのような誤差を 2D グラフィック用データ作成時に除く必要がある。

電波強度の弱いマスが多く確認された。今回測定を行った市街地では室内に設置された AP が多かったと考えられる。屋外で Wi-Fi を利用するような観光地でも同様の結果が得られるか検証していく必要がある。また、携帯端末の携帯方法による受信した電波の電波強度の差異についても確認が求められる。

本研究では利用可能エリアを表示したが、利用不可エリアについて情報も重要であると思われる。今回開発したシステムでは測定を行ったが Wi-Fi 電波を受信できなかったマスを考えていない。測定を行っていないマスと測定を行ったが Wi-Fi 電波を受信できなかったマスを判別できるように色を設定する必要がある。また、AP の追加や撤去に対応させるため、使用する測定データの期限を設けることを検討している。

人の歩く速度を秒速 1m とすると 1 マスあたり、10 回測定ができることや予備実験を行った結果、位置情報の測定誤差などから 1 マスの大きさを 10m×10m とした。今後、1 マスの大きさについても検討する必要がある。

また、本システムはヒートマップを完成させる



図5 位置情報の測定誤差

には、マップ内で測定されていない範囲をある程度少なくしなければならない。また、データの更新時には、改めてマップの範囲内で再測定を実施する必要がある。このシステムを継続的に運用するには、定期的な測定が重要である。実用的なマップのために十分な、測定頻度と測定範囲を見積もることが必要である。ヒートマップを閲覧できるアプリケーションに、測定機能も付けて提供するなど、広範囲で継続的な測定データを収集する仕組みについて、今後検討する。

本システムの検証実験を行った結果、仙台の市街地で測定アプリケーションによる測定を行い、収集した測定データから公衆無線 LAN の利用可能エリアを可視化した。

公衆無線 LAN の利用可能エリアを可視化した結果、位置情報に誤りのある測定値、実験について今後検討し、改善すべきだと確認できた。位置情報の誤りは 2D グラフィック用データ作成方法を改良し、対応する。測定方法に関しては測定場所や携帯端末の携帯方法による電波強度の差異を検証し、システム改良の検討を行いたい。

4. まとめ

我々は公衆無線 LAN の利用可能エリアを可視化する低コストなシステムを開発した。開発システムでは、携帯端末に実装した測定アプリケーションで周囲の Wi-Fi 電波受信情報を収集し、オンラインマップ上に収集した測定データから作成した 2D グラフィックを重ねて公衆無線 LAN 利用可能エリアを表示する。

仙台の市街地で 5 回の測定を行い、システムの検証を行った。公衆無線 LAN 利用可能エリアを可視化できたが、いくつかの改善すべき点が確認できた。主に位置情報が大きく誤った測定値があ

り、利用可能エリアとして表示されていること、電波強度の弱いマスが多かったこと、利用不可エリアがわからないことの3つがあげられる。

位置情報の大きな誤りを含んだデータについては2Dグラフィック用データ作成時に除く等の対応を考えている。電波強度の弱いマスが多い点については、Wi-Fiを外で利用するエリアでの測定や携帯端末の携帯方法を考慮した測定を行い、検証したい。利用不可エリアがわからないことについては、未測定のマスに対応した色を設定する、情報更新の方法をAPの追加や撤去に対応させる等の改良を行いたい。

参 考 文 献

- [1] 総務省：総務省 | 電気通信政策の推進 | 公衆無線 LAN の整備の促進, 入手先, http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/public_wi-fi/index.html (参照 2019-9-30).
- [2] 総務省：総務省 | 「防災等に資する Wi-Fi 環境の整備計画」(平成 30 年 1 月更新) の公表, 入手先, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu06_02000156.html (参照 2019-9-30).
- [3] 銭谷英李, 松田勝敬：地下鉄における公衆無線 LAN サービスの自動検出に関する研究, FIT2018 第 17 回情報科学技術フォーラム 講演論文集, 第 4 分冊, pp.245-246 (2018).
- [4] 銭谷英李, 松田勝敬：Wi-Fi 電波強度のヒートマップ作成の検討, 平成 31 年東北若手研究者研究発表会 研究発表会講演資料, pp.61-62 (2019).
- [5] 天野辰哉, 梶田宗吾, 山口純弘ほか：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).
- [6] 観光庁：無料公衆無線 LAN 整備促進協議会 | 委員会、審議会等 | 観光庁, 入手先, <https://www.mlit.go.jp/kankocho/Wi-Fi-kyougikai.html> (参照 2019-9-30).
- [7] NTTBP：Japan Connected-free Wi-Fi, 入手先, <http://www.ntt-bp.net/jefw/ja.html> (参照 2019-9-30).
- [8] NTT DOCOMO：docomo Wi-Fi | サービス・機能 | NTT ドコモ, 入手先, https://www.nttdocomo.co.jp/service/wifi/docomo_wifi/ (参照 2019-9-30).
- [9] KDDI：au Wi-Fi SPOT | au Wi-Fi: サービス・機能 | au, 入手先, <https://www.au.com/mobile/service/wifi/wifi-spot/> (参照 2019-9-30).
- [10] ワイヤ・アンド・ワイヤレス：サービス紹介 | Wi2 300 | Wi2 (ワイツー), 入手先, <https://wi2.co.jp/jp/personal/300/> (参照 2019-9-30).
- [11] SoftBank：ソフトバンク Wi-Fi スポット | スマートフォン・携帯電話 | ソフトバンク, 入手先, <https://www.softbank.jp/mobile/network/wifispot/> (参照 2019-9-30).

[12] 仙台市：受入環境整備 | 仙台市, 入手先, <http://www.city.sendai.jp/inbound/jigyosha/kezai/gaikokujin/kankyo.html> (参照 2019-9-30).

[13] 宮城県：みやぎ FreeWi-Fi の概要 - 宮城県公式ウェブサイト, 入手先, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/jyoho/miyagi-free-wifi-g.html> (参照 2019-9-30).

[14] ワイヤ・アンド・ワイヤレス：東北共通 Free Wi-Fi プロジェクト始動, 入手先, https://wi2.co.jp/jp/as-sets/press/data/20170123_Tohoku_Wi-Fi.pdf (参照 2019-9-30).