

## Opengate との連携による 無線 LAN 利用者の位置推定システムの構築

牛島 直記<sup>†</sup>, 大谷 誠<sup>‡</sup>, 渡辺 健次<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 佐賀大学大学院 工学系研究科 <sup>‡</sup> 佐賀大学 総合情報基盤センター  
<sup>††</sup> 佐賀大学 理工学部

### 概要:

近年、GPS を搭載した携帯電話や携帯端末、カーナビゲーションの普及により、位置・空間情報の取得が注目されている。しかし GPS は屋内での利用が困難である。そのため屋内の位置情報の取得には無線 LAN が利用され、無線 LAN を使用した屋内向け位置推定システムの研究・開発が行われている。

しかし、これら既存のシステムは通信機器の位置推定が重視され、必ずしも端末の位置が利用者の位置であると断定する事が出来ない。そこで本研究では、佐賀大学で導入されている“Opengate”と連携を行い、端末の利用者を特定する事で、無線 LAN 利用者の位置を推定するシステムを開発した。本稿では、開発した無線 LAN 利用者位置推定システムについて概要および実装方法について報告する。

## Development of Location Estimation System of Wireless LAN User by Cooperation with Opengate

Naoki Ushijima<sup>†</sup>, Makoto Otani<sup>‡</sup>, Kenzi Watanabe<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Science and Engineering, Saga University

<sup>‡</sup> Computer and Network Center, Saga University

<sup>††</sup> Faculty of Science and Engineering, Saga University

### Abstract:

Recently, some technologies are growing rapidly. For example, GPS enable mobile phones, mobile terminals and car navigation systems. As follows, the location and geographical information are also becoming important. For indoor environment, many location estimation systems are actively developed using Wireless LAN.

But the systems does not consider a relation between the networking device's location and it's user's one. We have developed estimation system of Wireless LAN user's location. This system can estimate the device's location. Moreover, this system can identify Wireless LAN user by cooperating with the “Opengate”. This paper describes details and implementation methods about the developed system.

## 1 はじめに

近年、GPS を搭載した携帯電話や携帯端末、カーナビゲーションシステムの普及により、位置・空間情報の取得が注目を浴びており、その重要性も高まっている。位

置・空間情報は、LBS(Location Based Services) の基盤となる情報でもあり、今後実現が期待されているユビキタス社会においても重要な情報である。

このように期待されている位置・空間情報は、ネットワーク運用・管理の面からものその有用性、重要性を見出す事が出来る。ネットワーク運用・管理における位置・

空間情報は、主にプレゼンス管理への利用が考えられる。ネットワークに悪影響を及ぼすソフトウェアの利用者の位置特定や、コンピュータウィルスに感染した端末の発見など、ネットワークの安全性を維持するという観点において位置・空間情報の取得・利用は有効である。

しかし、位置情報の取得に最も多く用いられている GPS は、屋内での利用は困難である。そこで屋内における位置推定システムには、無線 LAN、PHS、RFID などの電波や赤外線が用いられている。

これらの屋内向け位置推定システムの中で、既に企業や大学などの教育機関、ホットスポットなどで導入が進められ、インフラとして整備・普及している無線 LAN が特に着目されている。無線 LAN の規格は国際標準化されており、世界中で普及している点も着目される理由の一つである。このような背景の中、参考文献 [1-6] のような無線 LAN を用いた位置情報サービスが数多く研究・開発されている。

しかし現在開発、実用化されている位置情報システム・サービスのほとんどが、無線 LAN を搭載したコンピュータや携帯電話、携帯端末、カーナビゲーションなどの“通信機器”の位置情報を推定するものであり、通信機器の位置情報と実際の利用者の位置情報との関連性は重要視されていない。そのため推定した通信機器・端末の位置情報が、利用者の位置情報であると必ずしも言う事が出来ないという問題が生じる。

そこでこの問題を解決するために、佐賀大学に導入されている利用者認証ゲートウェイシステム Opengate と連携を行い、無線 LAN 利用者の特定とその利用位置を推定するシステムの開発を行った。これにより“端末の位置”を推定すると共に、“利用者の位置”を特定する事が可能となった。

本稿では、開発した無線 LAN 利用者位置推定システムについて述べる。第 2 章では、本システムの概要について述べる。第 3 章では、接続している無線 LAN アクセスポイント (以下、AP と省略する) に関する各情報を取得し、Web サーバに定期的送信するクライアント・プログラムについて述べる。第 4 章では、Opengate と連携した利用者情報の取得について述べる。第 5 章では、本システムにおける無線 LAN を用いた位置推定方法について述べる。第 6 章では、利用者の検索および位置表示について述べる。

## 2 システム概要

本章では開発した無線 LAN 位置推定システムにおける構成と動作の流れについて述べる。

### 2.1 システムの概要と構成

図 1 に、開発した無線 LAN 利用者位置推定システムの構成を示す。

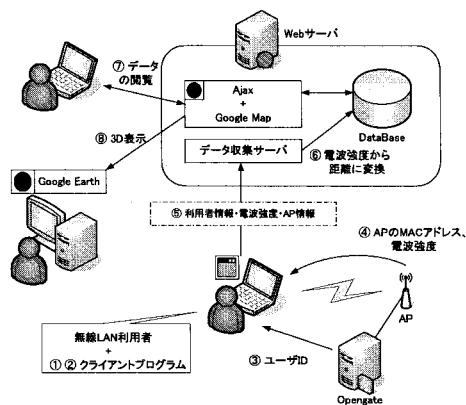


図 1 システム構成

本システムは、無線 LAN の電波の受信電波強度を測定する事で AP と端末間の距離を求め、端末の位置を推定する (受信電波強度方式 [3])。同時に佐賀大学で導入されている Opengate と連携する事で、無線 LAN 利用者の特定を行う。本システムは、以下の 4 つのモジュールで構成される。

1. 接続している AP に関する各情報を取得し、Web サーバに定期的送信するクライアント・プログラム (以下、CP と省略する)
2. 利用者情報を取得する際に利用する Opengate
3. 利用者の位置情報を収集・表示する Web サーバ
4. 利用者の位置を閲覧する Web インタフェース

CP では WMI [7, 8] を用いて受信電波強度を取得する。また端末の利用者を特定するために Opengate と連携してネットワーク利用者認証のユーザ ID を取得する。これらのデータをサーバに定期的送信する。

サーバは受信した電波強度から数学的に AP と端末間の距離を求める。予め登録しておいた AP の位置情報と、求めた AP と端末間の距離を利用する事で、利用者の位

置推定を行う。

利用者の位置を閲覧するユーザインタフェースとして Web を用いており、利用者の位置を Google Map および Google Earth を用いて示す。

## 2.2 動作の流れ

以下に、本システムの利用・動作の流れを示す。下記の番号は、図 1 中の番号と対応する。

1. 利用者が CP を PC にインストールする
2. PC 起動時に、自動的に CP が起動する
3. Opengate で認証を行い、ネットワーク利用を開始すると、CP は Opengate よりユーザ ID を取得する
4. CP は接続している AP の MAC アドレス、AP・PC 間の電波強度を取得する
5. 取得した AP の MAC アドレス、AP・PC 間の電波強度、ユーザ ID をサーバに送信する
6. サーバは受信したデータを基に AP・PC 間の距離を求め、データベースに格納する
7. 無線 LAN 利用者の検索は、Web インタフェース上から行う事が可能である。表示には Google Map を用いる
8. Google Earth がインストールされている環境であれば、無線 LAN 利用者の位置を Google Earth 上でも閲覧する事が出来る

## 3 クライアント・プログラム

本章では、CP の機能やデータの処理の流れなどについて説明を行う。

CP の機能は、接続している AP の MAC アドレス、AP・端末間の受信電波強度、ユーザ ID を取得する事と、取得したデータをサーバに送信する事である。

接続している AP の MAC アドレス、AP・端末間の電波強度は、WMI(Windows Management Instrumentation) を用いて取得する。さらに端末の IP アドレスを基に、ユーザ ID を取得している (第 4 章で述べる)。取得したデータは、UDP を用いて 20 秒間隔でサーバに送信する。

CP はタスクトレイに常駐し、常にネットワークの利用状況を監視する。利用者がネットワークの利用を開始すると同時に各データの収集を開始し、ネットワークの利用が終了すると再びネットワークが利用され始めるまで待機する。

この CP は、インストール形式で Web 上から配布を行

い、最新バージョンの自動チェック機能も搭載する。

## 4 Opengate による利用者情報の取得

本章では、Opengate と連携して無線 LAN 利用者を特定する方法について述べる。

Opengate は、特定多数の利用者が多様な端末を接続するネットワーク環境において、利用者認証を行う事が出来る利用者認証ゲートウェイシステムである [9]。佐賀大学で開発され、2001 年より全域規模で運用が行われている。CP はこの Opengate と連携する事で、ユーザ ID の取得を行う。

Opengate からユーザ ID を取得する流れを、図 2 に示す。

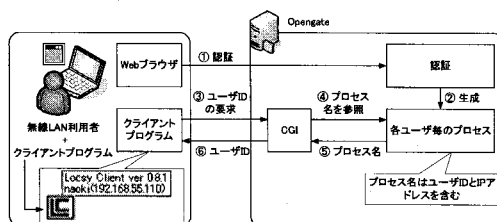


図 2 Opengate との連携によるユーザ ID の取得

本システムの一部として、Opengate が動作している Web サーバに CGI プログラムを新たに設置した。利用者が Opengate の認証を通過すると、Opengate はユーザ ID と IP アドレスの対を利用終了まで保持する。CP からこの CGI へアクセスが行われる (端末の IP アドレスを CGI へ POST する) と、この CGI は POST された IP アドレスをキーとしてユーザ ID を検索し、CP にユーザ ID を返す。この仕組みにより、端末の利用者を特定する事が出来る。

しかし、この場合ネットワーク利用者のユーザ ID を自由に検索されてしまう危険性がある。そこでこの CGI は、ユーザから POST された端末の IP アドレスと、Web サーバの環境変数 “REMOTE\_ADDR” とを比較する事でアクセス制限を行う。これにより、ネットワーク利用者自身のユーザ ID のみを検索する事が可能となる。

Opengate は佐賀大学内に複数台設置されているが、全てデフォルトゲートウェイとして動作している。そのため、CP はデフォルトゲートウェイに対してユーザ ID の取得要求を行うようにする事で、接続しているネットワーク毎に設定を変更する必要を無くしている。

Opengate からユーザ ID を取得する事で、従来の位置

情報取得システムで考慮されてこなかった“端末と利用者との関連”という問題点を解決した。

## 5 位置の推定

本章では、無線 LAN 利用者の位置を推定する方法について述べる。

本システムは受信電波強度方式を用いており、AP と端末間の電波強度から数学的に距離を求める事で利用者の位置推定を行う。

距離を求める方法として、自由空間伝搬損失を求める方法 [10, 11] と、ITU-R による伝搬損失推定モデルを用いる方法の 2 種類を試験的に実装している (ただし、利用者の位置を表示する際は、自由空間伝搬損失を用いて求めた値を使用する)。

### 5.1 自由空間伝搬損失

自由空間伝搬損失は、“自由空間”において無線電波が送信されてから受信されるまでに、どれだけ減衰したかを示すパラメータである。“自由空間”とは、無線電波の減衰要因として送信アンテナ・受信アンテナ間の距離のみを考慮し、さらにアンテナにアイソトロピックアンテナを用いた仮想的な空間モデルである。

自由空間伝搬損失を  $L[\text{dbm}]$ 、AP・端末間の距離を  $d[\text{m}]$ 、無線電波の波長を  $\lambda(=C/f)[\text{m}]$ 、光速を  $C(=3 \times 10^8)[\text{m}]$ 、無線電波の周波数を  $f(=2.4 \times 10^9)[\text{Hz}]$  とすると、以下の式で表される。

$$L = 10 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = 10 \log \left( \frac{4\pi d f}{C} \right)^2 \quad (1)$$

(1) 式を用いると実環境における送信電波強度  $Pr[\text{dBm}]$  と受信電波強度  $Pr[\text{dBm}]$  との関係を、以下の式で表す事が出来る。ただし、 $GTA[\text{dBi}]$  は送信アンテナの絶対利得、 $GRA[\text{dBi}]$  は受信アンテナの絶対利得である。

$$Pr = Pt + (GTA + GRA) - L \quad (2)$$

自由空間モデルでは、アイソトロピックアンテナを用いるため、 $GTA$ 、 $GRA$  共に 0 となる。よって、(2) 式は、以下のように表す事が出来る。

$$Pr = Pt - L \quad (3)$$

ここで、任意の距離  $d$  での受信電波強度を  $Pr(d)[\text{dBm}]$  とすると、送信時の電波強度は距離 0 での受信電波強度

と考える事ができ、 $Pt = Pr(0)$  と置く事が出来る。よって、(3) 式は、以下のように表す事が出来る。

$$Pr(d) = Pr(0) - L \quad (4)$$

(4) 式において、 $Pr(0)$  の値を実験的に求めた場合、 $Pr(d)$  と  $d$  の二変数関数となるため、この式を用いて受信電波強度から AP・端末間の距離を求める事が出来る。

しかし、(4) 式はあくまで自由空間における電波強度と距離の関係を示しているに過ぎない。そこで、マルチパスやフェージングなどの影響を加味するために、経路品質指数  $\mu$  を導入する。 $\mu$  を加味した場合、(4) 式は以下のようなになる。

$$Pr(d) = Pr(0) - L_u \quad (5)$$

$$L_u = 20 \log \left( \frac{4\pi}{\lambda} \right) + 20 \log(d) \times \mu$$

また、 $\mu$  がとる値を表 1 に示す。今回は  $Pr(0)$  に実験的に求めた値を採用しており、 $Pr(0) = -20, \mu = 2.5$  とする。

表 1 パラメータ  $\mu$  がとる値

経路品質指数 $\mu$	説明
2	見通しが良い室外
2.5	電波伝搬環境が良い室内
3.0	電波伝搬環境があまりよくない室内
4.0	電波伝搬環境がかなり悪い室内

### 5.2 ITU-R の伝搬損失推定モデル

ITU-R(国際電気通信連合 無線通信部門)により、伝搬損失推定法が、(6) 式で勧告されている。ここで、伝搬損失を  $L_{total}[\text{dB}]$ 、距離依存性を示すパラメータを  $N$ 、床の透過損失を  $L_f[\text{dB}]$ 、無線電波の周波数を  $f[\text{MHz}] (= 2.4 \times 10^6)$ 、AP と端末間にある床数を  $n$  としており、 $N, n$  が取る値を表 2、3 に示す。表 2、3 において住宅と商業施設の場合に値が与えられていない場合は便宜的にオフィスのパラメータを用いる。

$$L_{total} = 20 \log(f) + N \log(d) + L_f(n) - 28 \quad (6)$$

ここで求めた  $L_{total}$  を、(4) 式の  $L$  の項と置き換える事で、距離  $d$  を求める事が出来る ((7) 式)。

$$Pr(d) = Pr(0) - L_{total} \quad (7)$$

表 2 パラメータ  $N$  がとる値

周波数	住宅	オフィス	商業施設
900 MHz	-	33	20
1.2 - 1.3 GHz	-	32	22
1.8 - 2.0 GHz	28	30	22
4 GHz	-	28	22
60 GHz	-	22	17

表 3 パラメータ  $L_f$  がとる値

周波数	住宅	オフィス	商業施設
900 MHz	-	9(1階)	-
	-	19(2階)	-
	-	24(3階)	-
1.8 - 2.0 GHz	$4n$	$15 + 4(n-1)$	$6 + 3(n-1)$

今回は試験的に、 $Pr(0) = -20$ 、 $N = 30$ (無線 LAN の周波数が 2.4GHz であるため)、 $n = 1$  とする。

## 6 利用者の検索・表示

第 5 章で求めた AP・端末間の距離をデータベースで共有する事により、リアルタイムに利用者の位置を示す事が出来る。利用者の位置は、Google Map および Google Earth を用いて示す。

本章では無線 LAN 利用者の検索手法と、それぞれのインタフェースに対して利用者を表示する方法について述べる。

### 6.1 利用者の検索

利用者の検索には、全利用者を検索する方法と、ユーザ ID で検索する方法、設置されている AP 毎に検索する方法の 3 種類を実装した。

全利用者の検索では、本システムの全利用者を検索し、誰がどこで無線 LAN を使用しているかを容易に調べる事が出来る。無線 LAN 利用者の位置分布や、無線 LAN の利用状況を調査する事が可能である。

ユーザ ID による検索では、特定の人物を検索する場合に使用する。ネットワーク利用者認証で用いるユーザ ID さえ分かれば、利用者の位置を特定する事が出来る。

AP 毎の検索では、設置されている AP を建物毎に表示し、その AP を利用している利用者の検索を行う。AP 毎に利用者の検索を行うため、ユーザ ID など無線 LAN 利用者の情報を必要としない。

図 3 に、利用者を検索する際の Web インタフェースを示す。Google Map の左側に検索メニューがあり、ユーザ ID の入力や AP が設置されている建物の選択を行う。

検索メニューの下部には、検索結果や設置されている AP の情報等を表示する。今回のインタフェースでは、バルーン型のアイコンを AP と見立て Google Map 上に表示している。この Web ページより、第 3 章で述べた CP を配布する。



図 3 利用者の検索

### 6.2 利用者の表示

ここでは、Google Map および Google Earth に利用者を表示する方法について述べる。

#### 6.2.1 Google Map

Google Map における利用者の位置は、事前登録されている AP の位置座標と、第 5 章で求めた AP・端末間の距離を利用する。

WMI では現在接続している AP と端末間の電波強度のみを取得する事が出来る。そのため AP を中心とし、推定した AP・端末間の距離を半径とする円を表示する事で、利用者の位置を表示する。

図 4 に、Google Map 上に利用者情報を表示した例を示す。AP に見立てたバルーン型のアイコンをクリックすると、利用者情報として (1) 利用者 ID、(2) 利用者端末の無線 LAN NIC の MAC アドレス、(3) AP・端末間の距離を、そして AP 情報として (1) MAC アドレス、(2) SSID、(3) 設置場所の情報をふき出しの中に表示する。

AP の位置情報は、設置されている建物、階、部屋、座標に加え、SSID、MAC アドレスを Web 上から Google



Map を利用して登録する事が出来る。

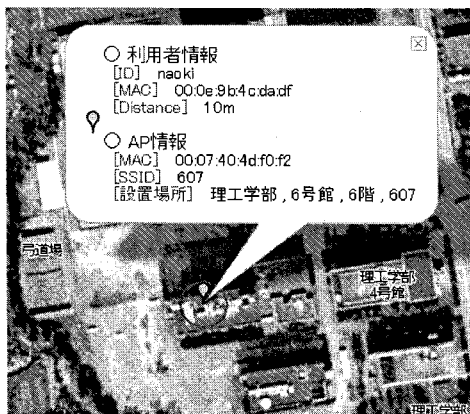


図4 Google Map 上での表示例

## 6.2.2 Google Earth

Google Earth における利用者の位置は上記の方法に加え、3D グラフィックスを用いる。予め作成しておいた建物の 3D グラフィックスに、動的に円情報を組み込む事で Google Earth 上に立体的に利用者の位置を表示する。

図5に、利用者の位置情報を Google Earth 上に表示した例を示す。Google Earth に表示する情報は、ユーザ ID と AP・端末間の距離である。

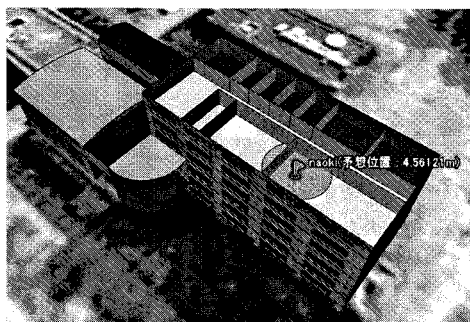


図5 Google Earth 上での表示例

## 7 まとめ

本稿では、無線 LAN 利用者の位置を推定し、その利用者を特定するシステムについて述べた。

このシステムでは、従来の位置推定システムでは重

視されていない“端末と利用者の関連”を解決するために、ネットワーク利用者認証ゲートウェイシステム Opengate と連携を行った。これにより、“利用者の位置推定”を行う事が可能となった。

今後は実際の運用実験を通して第5章で述べた位置推定式の精度評価を行う必要がある。また電波強度から距離を求める手法に対して、奥村-秦式、坂上式などの電波伝搬損失モデルの導入 [12] や、フェージング・マルチパスなどの影響を加味する事で、位置推定の精度向上を図っていく必要がある。

## 参考文献

- [1] 吉田 廣志, 伊藤 誠悟, 河口 信夫: 無線 LAN を用いた測位ポータル locky.jp における位置情報サービス, グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2005
- [2] 平田 宏一, 宮崎 恵子, 川田 正國: 無線 LAN を利用した旅客船用情報提供システムの実装, 日本機械学会第 14 回交通・物流部門大会講演論文集, pp. 401 - 402 (2005)
- [3] 伊藤誠悟, 河口信夫: 実環境における無線 LAN を用いた位置推定システムとその応用, 情報処理学会モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会, Vol. 2004, No. 95, pp. 33 - 40 (2004)
- [4] 無線 LAN 位置検知システム「日立 AirLocation(TM) II」, 2007 年 2 月  
<http://www.hitachi.co.jp/wirelessinfo/airlocation/index.html>
- [5] NEC ネットズエスアイ株式会社, 無線 LAN 位置情報システム, 2007 年 2 月  
<http://www.nesic.co.jp/solution/bbnw/wps.html>
- [6] Ekahau Positioning Engine, 2007 年 2 月  
<http://www.ekahau.com/>
- [7] Microsoft Web Page : WMI, 2007 年 2 月  
<http://www.microsoft.com/whdc/system/pnppwr/wmi/WMI-intro.mspx>
- [8] MSDN : WMI スクリプト入門, 2007 年 2 月  
<http://www.microsoft.com/japan/msdn/columns/scripting/scripting06112002.aspx>
- [9] 渡辺義明 他: 「Opengate ホームページ」, 2007 年 2 月  
<http://www.cc.saga-u.ac.jp/opengate/>
- [10] 北須賀 輝明, 中西 垣夫, 福田 晃: 無線 LAN を用いた屋内向けユーザ位置測定方式 WiPS の実装, 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集, pp. 349 - 352 (2004)
- [11] 高田 潤一: 電波伝搬の基礎理論, 2007 年 2 月  
<http://www.apmc-mwe.org/mwe2005/src/TL/TL05-01.pdf>
- [12] 北尾 光司郎, 市坪 信一: 400MHz~8GHz 帯のマイクロセル伝搬損失推定式, 2007 年 2 月  
[http://www2.nict.go.jp/pub/ursi-f/doc/URSIF\\_20030912.kitao.pdf](http://www2.nict.go.jp/pub/ursi-f/doc/URSIF_20030912.kitao.pdf)