

locky.jp : 無線 LAN を用いた位置情報・測位ポータル

伊藤誠悟† 吉田廣志† 河口信夫††

近年、無線 LAN の普及が急速に進み、無線 LAN 環境を用いた位置測位システムが非常に多く開発され、位置情報システムが身近に利用できる環境になりつつある。本論文では、無線 LAN 測位システムのためのプロジェクト Locky.jp プロジェクトを紹介し、位置推定手法とその応用アプリケーションについて提案する。Locky システムにおいては環境に存在する無線 LAN の BSSID(Basic Service Set Identifier) 情報や受信電波強度分布の情報をユーザのコラボレーションで収集しそれらの事前電波情報と、ユーザが観測できる無線 LAN 情報を用いて位置推定を行う。本システムにおいてはユーザはノート PC や PDA 等の無線 LAN 機能付き端末さえもっていれば端末の位置推定を行い、位置依存サービスを手軽に利用することが可能である。

locky.jp : Portal Site of Location Information Using Wireless LAN

SEIGO ITO,† HIROSHI YOSHIDA† and NOBUO KAWAGUCHI††

Over the last few years, wireless LAN and location-based services has been a hot subject of controversy. Many positioning systems using wireless LAN have been developing. In this paper, we introduce a community based positioning project using wireless LAN named Locky.jp. And we propose a positioning method and location based application using Locky. In Locky system, pre-observation data of wireless LAN are collected by user collaboration. To use these pre-observation data and wireless environment information that user can collect at that point, system estimates terminal's location. When a user wants to utilize location based service based on Locky system, the user only need a laptop or PDA with wireless LAN.

1. はじめに

近年、あらゆる場所において無線 LAN の利用が可能となってきた。大学や企業だけではなく、自宅、駅、空港、アミューズメント施設やショッピングセンター等の場所で無線 LAN の利用が可能である。どこでも無線 LAN が利用可能である状況において、多くの研究グループにより無線 LAN を用いた位置推定システム¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾¹⁴⁾¹⁵⁾の提案が行われてきた。これらの技術により無線 LAN を利用した位置推定システムとそれらを応用した位置依存サービスが身近なものとなりつつある。本論文では、ユーザーコラボレーションにより無線 LAN 位置推定システムの構築を目指すプロジェクトである Locky プロジェクトの紹介と Locky プロジェクトにおける測位手法、Locky システムを用いた応用アプリケーションについて提案する。

2. Locky プロジェクト

Locky プロジェクト¹¹⁾とはユーザコラボレーションにより無線 LAN 位置推定システムの構築と無線 LAN を用いた位置依存・方向依存サービスの提供を目指しているプロジェクトである。Locky プロジェクトにおいては、事前に多数のユーザによって収集された無線 LAN 情報データベースとユーザが現在の場所で観測できる無線 LAN 情報を利用して端末の位置推定を行う。これらの推定手法は現在までに我々が研究を進めてきた無線 LAN を用いた位置推定手法⁴⁾⁵⁾、方向推定手法⁸⁾を活用する(詳細については 3 節参照)。

2.1 目的

Locky プロジェクトの活動における目的は主に次の 3 つである。

- (1) 市中に存在する既設の膨大な数の無線 LAN 環境を用いて無線 LAN 位置推定システムを実現するためには、無線 LAN アクセスポイントの BSSID (Basic Service Set Identifier) やさまざまな場所における無線 LAN アクセスポイントからの受信電波強度分布等の無線 LAN 情報

† 名古屋大学大学院情報科学研究科
 Graduate School of Information Science, Nagoya University

†† 名古屋大学情報連携基盤センター
 Information Technology Center, Nagoya University

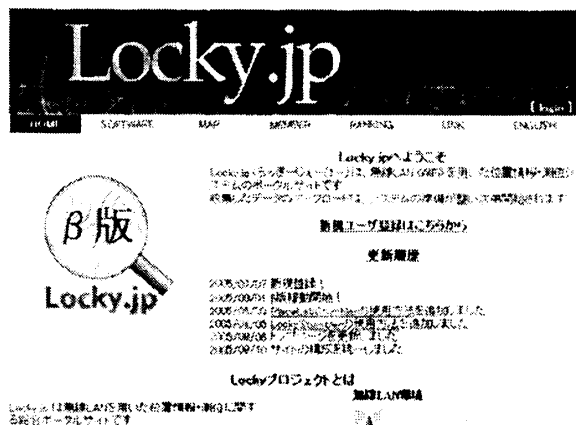


図 1 位置情報・測位ポータルサイト locky.jp

を事前に収集することが必要である。Locky プロジェクトではユーザのコラボレーションにより無線 LAN 情報を収集する。

- (2) (1) において多数のユーザより収集した無線 LAN 情報を用いて、端末の位置推定が可能なシステム Locky クライアントを提供する。
- (3) Locky クライアントによって得られた位置情報を用いた応用システムを開発し提供する。Locky クライアントは、位置に応じて様々な位置依存の情報提供を行う。

無線 LAN を用いた位置推定システム実現のための事前データの収集から、本システムを用いたアプリケーションの提供までが Locky プロジェクトの目的である。図 1 にこれらの情報やソフトウェアを提供している無線 LAN 位置情報・測位ポータルサイトである Locky プロジェクト¹¹⁾ の Web ページを示す。このポータルサイトでは無線 LAN 情報を収集するためのソフトウェア、Locky システムを用いた位置依存サービスソフトウェア等の無線 LAN ツールの提供、収集した無線 LAN データのアップロード・ダウンロード、無線 LAN アクセスポイントマップの提供等を行っている。

2.2 ユーザは何が可能となるのか

本プロジェクトにより収集された多数の無線 LAN 情報は応用アプリケーションと共にユーザに配布される。これらの Locky システムを用いることにより、ユーザはノート PC や携帯電話等の無線 LAN 機能付き端末さえ持っていれば、屋内外のさまざまな無線 LAN が利用可能な場所において位置推定を行うことが可能となり、位置依存・方向依存サービスを楽しむことができるようになる。例えば、Locky システムの利用例として次のようなことが考えられる。

- (1) ユーザ X は会議のため A 大学へ出張を行った。ユーザ X は急用のためインターネットへ接続したいと思ったが、出張先の A 大学で整備されていた無線 LAN 環境が学内関係者専用で部外者であるユーザは無線 LAN 環境を利用することが出来なかった。
- (2) ユーザ X は、近くのホットスポットを探すために Locky アプリケーションを起動し近くにあるホットスポット等のインターネットへ接続できる環境を検索。Locky アプリケーションは、現在の無線 LAN 受信電波情報を観測し A 大学内であることを推定し、付近のホットスポット情報をユーザに提示する。
- (3) ユーザ X は提示された付近のホットスポットへ向かいインターネットへの接続が可能となる。このようにユーザは無線 LAN 環境内にいれば、その環境において無線 LAN 環境を使う権限を持っておらずインターネット等へ接続できない環境だとしても、手軽に位置依存サービスを利用することが出来る。この他の Locky システムを用いたアプリケーション例としては現在次のようなものを考えている。

- 学会のポスターセッションにおいて、ユーザが現在立っている場所と向いている方向に展示されているポスターの付加情報をユーザへ提示する付加情報提示サービス。
- 初めて訪れた大学や企業等の広大な敷地内において、既設の無線 LAN 環境の情報を利用し、現在いる場所から「どちらの方向へ？」進めばよいかを示すナビゲーションサービス。
- インスタントメッセージ等のプレゼンスツールにおいて、現在のユーザの場所と方向により、プレゼンス情報を変更するプレゼンス自動変更サービス。(例えばインスタントメッセージ名を「ユーザー名@講義連絡掲示板見ってます」等に変更する)
- サーバ室などのディスプレイが多数配置されている環境において、現在自分が向いている方向のサーバのディスプレイを転送する画像転送サービス。

また、これらアプリケーションにおける、GPS、PHS、超音波といった他の位置推定システムとの関係としては、例えば、屋外でかつ GPS 付き端末を持っているユーザは GPS を利用し、屋内もしくは GPS 付き端末を持っていない場合においては Locky システムを用いるということを考えている。つまりそれぞれのインフラや機器が利用可能な状況に応じて位置情報が取得可能なものから位置情報を取得するという相互補完的な利用方法を想定している。

2.3 無線 LAN 情報収集と Locky システムの利用

Locky システムにおける個々のユーザの役割として、無線 LAN 情報を観測し収集する「無線 LAN 情報収集ユーザ」と、収集された無線 LAN 情報を利用して端末の位置を推定し位置依存サービスを楽しむ「Locky システム利用ユーザ」が存在する。無線 LAN 情報を収集するユーザは (図 2), 無線 LAN 情報を観測するソフトウェア (Stumbler) を用いてさまざまな場所における無線 LAN 情報の収集を行う。Stumbler により収集した無線 LAN 情報をユーザは Locky データベースの登録を行う。無線 LAN 情報を得るための Stumbler として、既存の NetStumbler¹²⁾, PlaceLab Stumbler¹³⁾ や我々が開発した Locky Stumbler (図 3) 等を利用することが可能である。表 1. に PlaceLab Stumbler の観測データ例を示す。PlaceLab Stumbler では無線 LAN アクセスポイントに関する BSSID, 受信電波強度, 観測時間等とそれらが観測された場所での GPS の緯度経度等が観測データとして保存される。図 3 に Locky Stumbler のスクリーンショットを示す。図 3 左が端末が現在観測できる無線 LAN アクセスポイントの情報であり、アクセスポイントの BSSID, ESSID, 受信電波強度等の情報を観測する。図 3 右は、現在ユーザが観測を行っている無線 LAN 情報にコンテキスト情報を関連付ける部分である。既存の NetStumbler や PlaceLab Stumbler では無線 LAN 環境情報と GPS 等の緯度経度情報のみしかログとして保存していなかったが、Locky Stumbler では無線 LAN 情報、緯度経度情報に加えてコンテキスト情報も同時にログとして保存する。これら情報を用いて Locky プロジェクトでは緯度経度からの位置依存サービスのみではなく、コンテキスト情報からの位置依存サービスも提供する。また、Locky プロジェクトでは Stumbler で収集されたアクセスポイント情報を日本地図と対応付け、アクセスポイントマップを提供している。図 4 にアクセスポイントマップのスクリーンショットを示す。図 4 上図はアクセスポイントマップを広域表示させた場合である。個々のユーザより集められた日本全国のアクセスポイントに関する情報がこのマップに集約されていき、アクセスポイントマップが構築されていく。図 4 下図はアクセスポイントマップを拡大表示した場合である。この画像は名古屋大学から名古屋市街にかけて無線 LAN アクセスポイント調査を行った際のアクセスポイントマップである。図から分かる通り、我々が想像しているよりはるかに多くのアクセスポイントが身の回りに存在している。次に Locky システム利用ユーザについてである。Locky システムを利用するユー

ザは (図 5), まず事前準備として Locky データベースより他のユーザによって収集された無線 LAN 情報のデータをダウンロードする。そしてある場所においてユーザが位置推定推定を行いサービスを受けたい場合に、ユーザは 1. 事前ダウンロードしたデータベース, 2. 現在その場で観測できる無線 LAN 情報, 3. 3 節で述べる推定方式を用いて推定を行う。現在 Locky クライアントでは位置情報のプライバシーの観点より端末の位置推定は端末内ですべて行う。

表 1. PlaceLab Stumbler 観測データ例

```

TYPE=GPS
|TIME=1122022567250|HDOP=1.9
|DGPSAGE=|DATE=220705
|QUALITY=1|LAT=35.154704999999999
|DGPSID=|STATUS=A|NUMSAT=03
|MODE=A|ANTHEIGHT=44.5|SOG=11.4
|VARDIR=W|VAR=7.1|LON=136.96570833
|TIMEOFFIX=085608|GEOHEIGHT=35.7

TYPE=WIFI
|TIME=1122022567328
|ID=00:03:52:***:***|NAME=nuwnet
|RSSI=-77|WEP=false|INFR=true

TYPE=WIFI
|TIME=1122022567328
|ID=00:03:52:***:***|NAME=nuwnet
|RSSI=-79|WEP=false|INFR=true

```

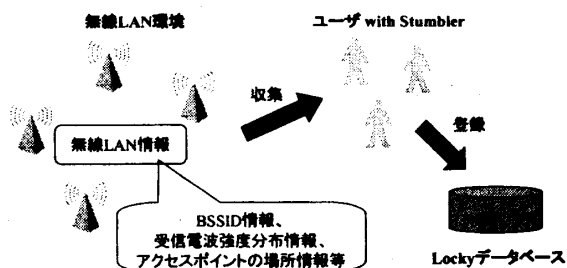


図 2 ユーザによる無線 LAN 情報の収集

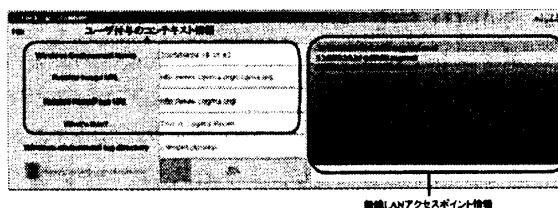


図 3 Locky Stumbler

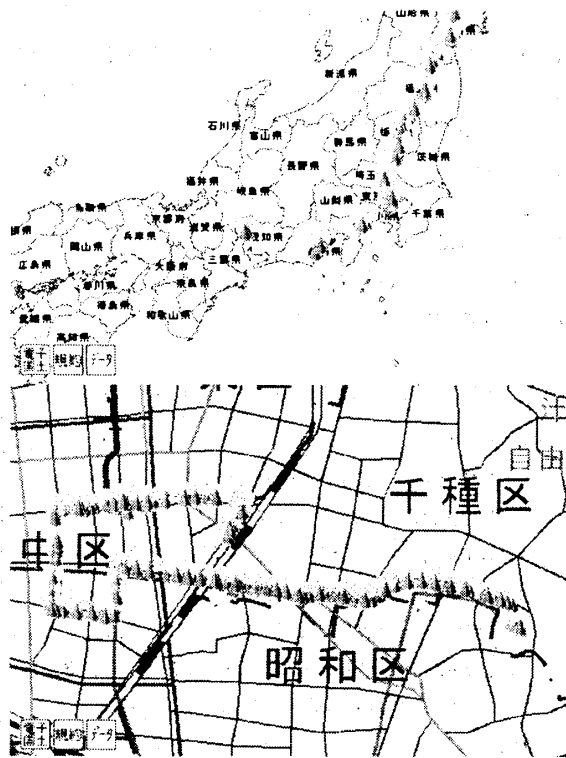


図4 アクセスポイントマップ



図6 無線LAN情報の違い

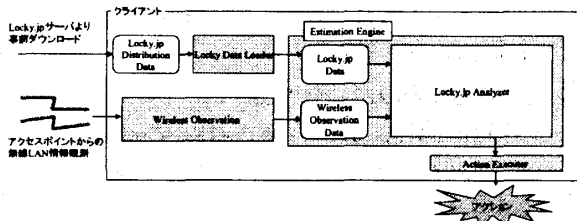


図5 Locky システム利用時の位置推定

3. 推定手法

Locky システムにおける位置推定手法の前に無線 LAN を用いたさまざまな位置推定手法について述べる。無線 LAN を用いた既存の位置推定手法の多くは以下の Cell-ID 方式, Triangulation 方式, TDOA・TOA 方式, Scene Analysis 方式に分類することが出来る。

- **Cell-ID 方式**: 端末が現在接続しているアクセスポイントがカバーする範囲 (Cell) を現在の端末の位置として推定する方式。端末側にアクセスポイントの MAC アドレスと場所データを保持するのみで位置推定出来るが、アクセスポイントの通信エリア全域が位置推定の精度となり位置推定精度が低いという問題がある。
- **Triangulation 方式**: 位置が既知である基準点か

らの相対的な位置関係を利用して推定を行う手法。この手法を用いるためには複数の基準点を必要とする。三つ以上の基準点からの距離を用いて推定を行う手法を Lateration, 二つ以上の基準点からの方向を用いて推定を行う手法を Angulation と呼ぶ。

- **TDOA (Time Difference Of Arrival) 方式**: 端末が発する位置要求エコーを、複数のアクセスポイントが受信し、アクセスポイント間におけるエコー受信タイミングのずれと、各アクセスポイントが保持する内部時計の誤差を加味して端末の位置を推定する方式。このシステムでは汎用のアクセスポイントではなく位置推定専用のアクセスポイントを必要とする。
- **Scene Analysis 方式**: 推定を行う領域中の複数の位置において Scene を観測し、各 Scene とその Scene を観測した場所を対応付けるデータベースを学習データとし事前に構築する。推定時は、Scene を観測しそれを用いて事前構築したデータベースの情報を利用することにより位置推定を行う。

Locky システムにおいてはこれら手法の TDOA 手法以外の手法を事前観測データに応じて組み合わせて用

いる。無線 LAN を用いた TDOA による位置推定を行うためには汎用のアクセスポイントではなく専用のアクセスポイントを必要とするため、本システムにおいては利用していない。例えば図 7 は異なる 2 種類の場所において観測された無線 LAN アクセスポイントとそれらの場所を対応付けた図である。図 7 上図のような地域においては無線 LAN 事前観測データがの密度が疎であるため、Triangulation や Scene Analysis を行って推定を行うには不十分である。このような場合においては Cell-ID 方式を利用する。表 2 に Cell-ID 手法を利用した時にユーザが利用するダウンロードデータの例を示す。Cell-ID 手法においてはアクセスポイントの BSSID とアクセスポイントの場所の情報を利用して推定を行うため、BSSID 情報と観測された緯度経度情報が各行に記述してある。また、図 7 下図のように事前データの密度が密である地域においては、Triangulation や Scene Analysis を用いることにより、より精度の高い推定⁴⁾⁵⁾を行う。このような場所においてはアクセスポイントの BSSID、緯度経度情報だけではなくあるアクセスポイントからどのような受信電波強度分布が観測されたかという情報も利用し推定を行う。このように Locky システムではそれぞれの場所に応じた手法をハイブリッドに用いる。

表 2. Cell-ID 手法利用時のデータ形式

```
00:00:27:3e:15:** 136.905475 35.157325
00:00:4c:5b:3d:** 136.926411 35.159905
00:00:4c:70:43:** 136.942154 35.158878
00:00:4c:70:8d:** 136.949001 35.166301
00:00:4c:ca:74:** 136.953138 35.210302
```

4. アプリケーション

4.1 Locky コンテキスト Viewer

Locky システムを用いた Location-Based アプリケーションとして、Locky コンテキスト Viewer を挙げる。Locky コンテキスト Viewer とは Locky Stumbler を用いて無線 LAN 情報を観測する際に付与された関連コンテキスト情報を、場所に応じてユーザに提示するアプリケーションである。例えば利用シーンとしては以下ようになる。

- (1) 事前準備として、LockyStumbler を用いて名古屋大学内の我々のプロジェクトルームにおいて無線 LAN 情報と共に我々のプロジェクトホームページとプロジェクトの画像を関連コンテキストとし無線 LAN 情報を収集するユーザによ

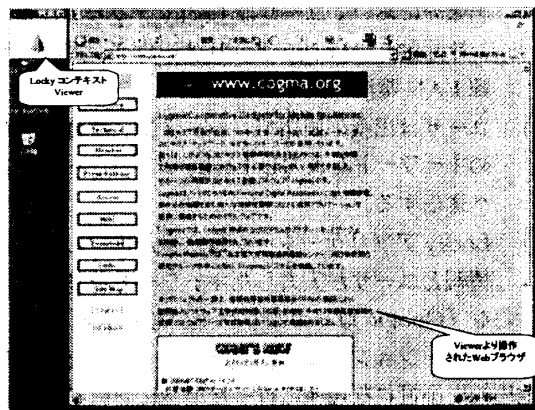


図 7 Locky コンテキスト Viewer

り収集する。

- (2) 打ち合わせのために我々のプロジェクトルームを訪れた他大学のユーザが Locky コンテキスト Viewer を起動する。
- (3) Locky コンテキスト Viewer は現在の周囲の無線 LAN 電波状況を観測する。
- (4) Locky コンテキスト Viewer は現在の位置を推定し、プロジェクトルームに関連付けられたコンテキスト情報（我々のプロジェクトルームのホームページや画像情報）をユーザへ提示する。

図 7 に Locky コンテキスト Viewer のスクリーンショットを示す。左上の小ウィンドウが Locky コンテキスト Viewer であり端末が現在観測できる無線 LAN 情報の監視を行っている。画面左のウィンドウが Locky コンテキスト Viewer により操作されている Web ブラウザである。この例において Locky コンテキスト Viewer は我々のプロジェクトルームのホームページを提示している。このように場所に応じて Locky コンテキスト Viewer は無線 LAN 情報に関連付けられたホームページや画像等のコンテキスト情報をユーザへ提示する。

4.2 Google マップ・ローカル連携

Locky システムを用いた他の Location-Based アプリケーション例として、「Google マップ・Google ローカル」¹⁰⁾ 連携アプリケーションを挙げる。Google マップとは Web 上での地図検索サービス。Google ローカルとは地域や場所に関連するお店やサービスを検索するサービスであり、共に Google, Inc がサービスを提供している。本アプリケーションはこれらのサービスと Locky システムによって得られた位置情報とユーザが入力したキーワードを連携させ、ユーザに容易に位置依存サービスを提供する。我々は以下のような利用シーンを想定している。

- (1) ユーザは自身のノート PC と共に出張する。

- (2) 出張先においてユーザは Locky アプリケーションを起動し、Locky アプリケーション周囲の無線 LAN 電波状況を観測する。
- (3) ユーザは出張先周辺で「ラーメン」を食べるためキーワードを入力し Locky アプリケーションへ送信する。
- (4) Locky アプリケーションは自身が推定した位置情報とユーザが入力したキーワードを基に適切な「Google ローカル」ページを表示する。

本アプリケーションによる利点は、ユーザが出張先等の地理的に不慣れた場所に行った場合において、無線 LAN 機能付き端末・Locky アプリケーションさえあれば容易に現在位置を推定し位置依存サービスを楽しむことができる点にある。図 8 にアプリケーションの動作画面を示す。画面右下タスクトレイに常駐しているアイコンとタスクトレイ上部の小さなウィンドウがアプリケーションである。Locky アプリケーションはタスクトレイに常駐し動作させている端末の無線 LAN 電波状況を常に観測し続け端末の位置推定を行う。タスクトレイのアイコンは次の 3 つの状態を持つ。

- 白アイコン「無線 LAN 電波状況観測を行っていない状態」
- 赤アイコン「無線 LAN 電波状況観測を行っている状態。アクセスポイントデータがデータベースに存在せず端末の位置が推定できない。」
- 青アイコン「無線 LAN 電波状況観測を行っている状態で端末の位置を推定している。」

タスクトレイのアイコンが青い状態で Locky アプリケーションウィンドウにキーワードを入力検索ボタンを押すと、「Google ローカル」と連携し現在の位置とキーワードに応じた情報を得ることが出来る。図 8 左の Web ブラウザは名古屋大学構内よりアプリケーションを利用し付近の「ラーメン店」を探索した例である。

5. 関連研究

ユーザのコラボレーションによりプロジェクトを推進している関連研究として SETI@home¹⁶⁾ がある。SETI@home は地球外知的生命体の探査を行う科学実験である。この実験における電波望遠鏡のデータ分析には非常に多くの計算が必要とされるため、多数のユーザのコラボレーションによりデータ分析を行い、プロジェクトを推進している。Locky プロジェクトでは SETI@home のように多数のユーザのコラボレーションで無線 LAN 情報の収集を行い、無線 LAN 測位システムの構築を実現することを目標としている。

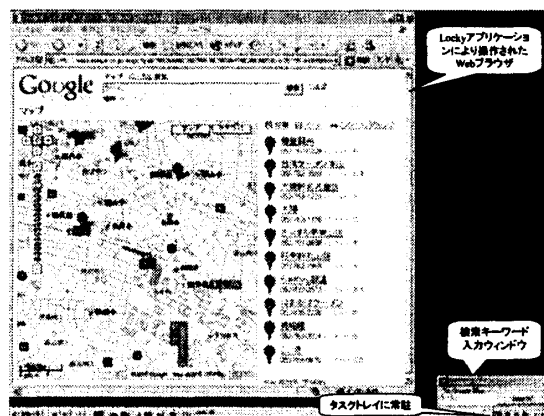


図 8 Google ローカル連携アプリケーション

無線 LAN を用いた無線 LAN 測位システムのプロジェクトとして Intel Research が進める PlaceLab プロジェクト⁷⁾¹³⁾ がある。PlaceLab プロジェクトでは無線 LAN アクセスポイントからの受信電波の有無や Triangulation をもちいて測位を行う。Locky プロジェクトでは PlaceLab プロジェクトと協調して同プロジェクトの推進を行っている。また、他の無線 LAN を用いた測位システムをいくつか挙げる。Microsoft Research による RADAR¹⁾ では、アクセスポイントの位置が既知である場合において、端末からの無線 LAN 受信電波強度を観測する。その計測値と各場所における理論値との差異を最小とするような位置をユーザの位置として測位する。RADAR の場合、理論値として、複数の標本点で事前の計測により学習した値を用いる手法と、電波伝搬モデルを用いて与える手法の二つの手法を提案している。前者は Scene Analysis、後者は Triangulation を用いた測位である。前者の方法において学習を行う場合 RADAR では端末を持つユーザの方向も考慮し、標本点におけるユーザの各方向（東西南北の四方向）のそれぞれの場合において、受信電波強度を計測している。日立製作所の AirLocation¹⁴⁾ は、信号遅延によってアクセスポイントと端末との距離を求めることで、測位を行う無線 LAN 測位システムである。このように AirLocation では信号遅延を利用して求めた距離を用いて行う TDOA を採用している。しかしながら、AirLocation を用いて測位おこなう際は専用の基地局が必要である。北須賀らによる WiPS²⁾ は、電波強度を用いて距離を測定することにより測位を行う。WiPS の特徴は、基地局と端末との間の距離だけでなく端末同士の間隔も計測して測位に用いることで、測位対象が密集している場所ほど測位精度が向上する点と基準点が疎であっても測位精度の低下が少ない点である。石原らによる無線 LAN

測位システム⁹⁾は、事前にGPSを用いて各アクセスポイントからの電波の有無を計測する。電波が計測された各位置の北端、南端、東端、西端からそのアクセスポイントの領域としそれらの端点を通る直方体を定める。測位時には、電波を受信したアクセスポイントの各領域を用いて、それらの領域が重なるところを端末の位置として推定する。また、無線LANの調査を行うツールとしてEkahauのEkahau Site Survey(以下ESSとする)と測位を行うためのシステムEkahau Positioning System(以下EPSとする)がある。ESSには地図上を移動し各位置での電波強度を計測することで既設アクセスポイントの位置を推定する機能がある。またEPSではベイズ推定等を用いてScene Analysisを密に行うことにより1フィートレベルでの位置推定を行うことが可能であると報告している。

6. まとめ

本論文では、無線LANを用いた測位プロジェクトlocky.jpプロジェクトの紹介、測位手法、それらを用いた応用アプリケーションについて述べた。無線LANの事前観測データに応じてハイブリッドな測位手法を用いることにより、場所に応じたレベルでの測位を提供することができる。また、本システムを利用し測位するためには無線LAN環境とノートPC等の無線LAN機能付き端末さえあればよい。このため昨今の急速な無線LANの増加に従い、あらゆるところで本システムを利用したサービスの提供が期待できる。

謝辞 本研究の一部は文部科学省科研費、若手研究(B)(課題番号:17700146)による助成を受けている。

参考文献

- 1) Paramvir Bahl, and Venkata N. Padmanabhan: *RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System*, IEEE Infocom 2000, pp. 775-784, (2000).
- 2) Teruaki Kitasuka, Tsuneo Nakanishi, and Akira Fukuda: *Wireless LAN based Indoor Positioning System WiPS and Its Simulation*, 2003 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM'03), pp. 272-275, (2003).
- 3) 荻野敦, 恒原克彦, 渡辺晃司, 藤嶋堅三郎, 山崎良太, 鈴木秀哉, 加藤猛: 無線LAN統合アクセスシステム - 位置検出方式の検討 -, マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム, DICO2003, pp.569-572, (2003).
- 4) Seigo Ito, and Nobuo Kawaguchi: *Bayesian based Location Estimation System using Wire-*

- less LAN*, Third IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCOM2005, pp. 273-278 (2005).
- 5) Hirokazu Satoh, Seigo Ito, and Nobuo Kawaguchi: *Position Estimation of Wireless Access Point using Directional Antenna*, International Workshop on Location and Context-Awareness LoCA2005 in cooperation with Pervasive 2005, Lecture Notes in Computer Science, LNCS3479, pp. 144-156 (2005).
- 6) Petri Kontkanen, Petri Myllymaki, Teemu Roos, Henry Tirri, Kimmo Valtonen, and Hannes Wettig: *Topics in Probabilistic Location Estimation in Wireless Networks*, Proc. 15th IEEE Int. Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (2004).
- 7) Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey Hightower, Ian Smith, James Scott, Tim Sohn, James Howard, Jeff Hughes, Fred Potter, Jason Tabert, Pauline Powlledge, Gaetano Borriello and Bill Schilit: *Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild*. Third International Conference PERVASIVE 2005, Lecture Notes in Computer Science (LNCS3468), pp. 116-133 (2005).
- 8) Seigo Ito, and Nobuo Kawaguchi, *Orientation Estimation Method and Orientation-Location Based Service Using Wireless LAN*, The Seventh International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp2005 Supplement, (2005).
- 9) 石原孝通, 西尾信彦, GPSと無線基地局検出ツールを排他利用する位置情報システム, 情報処理学会研究報告, 2004-UBI-6, pp.91-96, 2004.
- 10) GoogleMap - <http://maps.google.co.jp/>
- 11) Locky Project - <http://locky.jp/>
- 12) Net Stumbler - <http://www.netstumbler.com/>
- 13) PlaceLab - <http://www.placelab.org/>
- 14) AirLocation - <http://www.hitachi.com/>
- 15) Ekahau - <http://www.ekahau.com/>
- 16) SETI@home - <http://www.planetary.or.jp/>