

WLAN の RSS 分布を用いた室内位置推定手法の提案と利用

Location Estimation in Indoor Environment based Distribution of the RSS

横田山都*¹ 廣安知之*² 三木光範*³ 横内久猛*² 吉見真聡*³
 Yamato Yokota Tomoyuki Hiroyasu Mitsunori Miki Hisatake Yokouchi Masato Yoshimi

*¹同志社大学大学院生命医科学研究科

Graduate School of Life and Medical Sciences, Doshisha University

*²同志社大学生命科学部

Faculty of Life and Medical Sciences, Doshisha University

*³同志社大学理工学部

Faculty of Knowledge Engineering, Doshis

Recently, the volume of information that the person can acquire has increased explosively by the spread of the Internet. As a result, it is difficult for people to acquire information wanting it from among a lot of information. The purpose of this paper is to construct the system that can control information from arbitrary position. As a result, information that relates to the nearby thing can be easily obtained. The location information select the information, and reduces the load that rests upon the information acquisition. It is necessary to relate the location information to the information in the Internet. GPS is generally used to acquire location information. However, it cannot be used indoors used. There fore, this paper proposes the positional presumption technique using the RSS distribution of WLAN. The feature of this technique can easily acquire the location information even in the indoor environment.

1. はじめに

現在、情報過多や情報爆発という言葉が飛び交い情報に接することによる問題が生まれている。その代表例がインターネットである。インターネットは時に情報の海と例えられ、内包する情報量は莫大なものであるが、それ故に求める情報を手に入れることが困難になってきている。それに加え身の周りの電化製品のネットワーク化が進んでいる。一例に DLNA(Digital Living Network Alliance) が挙げられる。DLNA に含まれる機器は相互にお互いのリソースや情報を共有することで新たなサービスを提供できるようになってる。機器の連携は機能を向上させる反面、操作に必要な情報量が増加してしまう問題がある。この様に生活空間にまで情報の波が押し寄せている。

本研究ではネットワーク上の情報や操作に関係性の深い場所の位置情報を付加することで「位置」からの情報取得や「位置」からの機器操作を行えるシステムの構築を目指している。これにより利用者が負担なく接することができる量まで情報を選別し現象することが可能であると考え。しかし、位置情報の取得は GPS (Global Positioning System) が使用できる屋外に対して屋内では取得することが困難である現状がある。GPS に代わる屋内位置取得手法が数多く提案されているが専用の機器が必要など導入コストが大きいという問題がある。そこで、本研究では既存の WLAN(Wireless LAN) 環境を利用することで屋内環境でも手軽に位置把握を可能とする WLAN の RSS(Received Signal Strength) 分布を利用した位置情報取得アプリケーションを構築を行った。

2. RSS を利用した位置推定手法

WLAN を利用した位置推定では、多くの場合、新たな装置が必要とならないことから RSS が利用される。RSS は AP から発信された電波を端末が受信した際の強度を示す。この RSS

を計測する回路は、ほぼすべての WLAN 機器に搭載されている。

RSS を利用した位置推定手法は 2 種類に大別できる。1 つは図 1 に示すように RSS の減衰率から AP(Access Point) と端末間の距離を推定するレンジベース位置推定方式である。本手法を使用したシステムにエカハウ社「Ekahau ポジショニングエンジン」[1] がある。

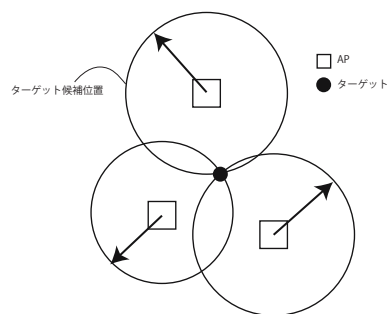


図 1: レンジベース位置推定方法

もう 1 つは図 2 に示すように事前準備として既知の場所で RSS を計測し、その位置情報と RSS をリンクさせたデータベースを作成しておく。そして、未知の場所で受信した RSS をデータベースに問い合わせることで位置推定を行う位置指紋位置推定 [2] である。本手法を利用したシステムとしてクワジット株式会社の「PlaceEngine」[3] がある。

室内は屋外に比べて障害物が多いことから RSS が不安定となる。そのためレンジベース位置推定よりも事前に場所ごとの RSS を計測する位置指紋位置推定が有効であると言われている。[4]。

連絡先: 横田山都, 同志社大学生大学院生命医科学研究科 医療情報システム研究室, 077-465-6130

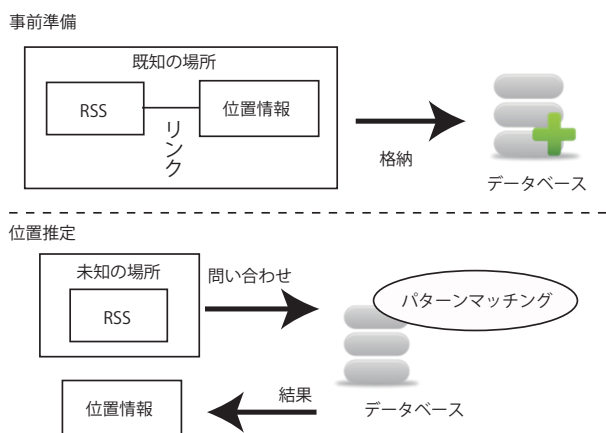


図 2: 位置指紋位置推定方法

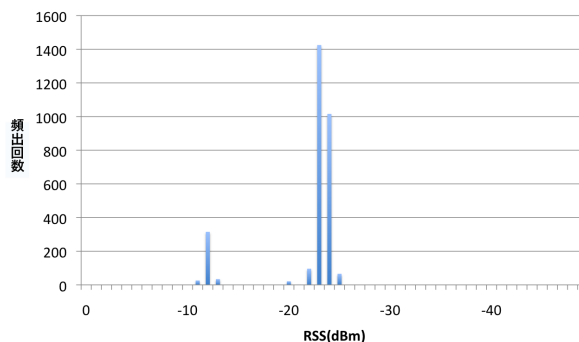


図 4: RSS 分布

3. WLAN の RSS 分布を用いた室内位置推定手法

3.1 RSS 分布

本手法は位置指紋を利用した位置推定手法の 1 種である。従来の RSS を利用した位置指紋位置推定手法では、室内空間に複数個の AP を配置し、各 AP からの RSS を計測場所の特徴量として利用している。これは屋内環境では、AP と端末位置を固定した状態であってもマルチパス*1などによる影響から RSS は時間的に変動しているためである。図 3 は 50ms 間隔に端末が取得した RSS の変動の一例を示したものである。より多くの AP からの RSS を取得することで RSS の変動による影響を軽減させることができるのである。しかし、多くの AP を用意するためにはコストがかかるという問題がある。

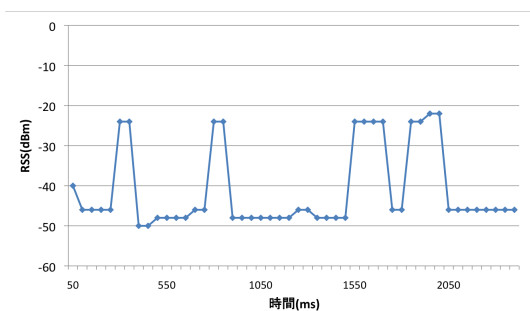


図 3: RSS の時間的変動

本手法では障害物により発生する RSS の変動が場所ごとに異なる特徴を利用して位置推定を行う。そのため障害物が多い環境下でも 1 機の AP から位置推定を行うことが可能である。この RSS の変動を RSS 分布と呼ぶ。

RSS 分布は一定時間 (数秒程度) に計測された RSS を図 4 に示すヒストグラムで表したものを指す。ヒストグラムの横軸は RSS であり、縦軸は頻出個数である。ヒストグラムの階級幅は使用する環境により変化させる必要がある。階級幅が小さいほど詳細な特徴量となり、大きくするほど大まかな特徴量となる。

*1 マルチパスとは、AP から送信された電波が障害物によって反射・回折し、端末が複数の経路から同じ電波を受信してしまうこと

3.2 位置指紋の作成と位置推定

本手法の位置推定では、事前に RSS 分布を使用した位置指紋を作成しておき、位置推定の際には未知の場所で取得した RSS 分布と各場所で作成した位置指紋を比較することで最も類似度の高い RSS 分布を持つ位置指紋の場所を推定位置とする。位置推定は各場所の位置指紋を計測する「Offline Phase」と未知の場所で標本となる RSS を計測し、位置推定を行う「Online Phase」により構成されている。

位置指紋は RSS 分布と位置情報の組み合わせから構成されている。RSS 分布は上述したように一定時間に取得した RSS をヒストグラムで表現したものである。RSS 分布と計測を行った位置を示す名称や座標などの位置情報を紐付けてデータベースへ格納する。Offline Phase では、この操作を推定したい場所の数だけ行う。

Online Phase では取得した標本 RSS 分布とデータベースに格納された各位置指紋がもつ RSS 分布との類似度を計算する。最も単純な類似度方法は RSS 分布をベクトルで表現し、ベクトル間の距離測定を行うことで、最短のベクトル距離を持っている位置指紋を推定場所とする方法である。

RSS 分布をベクトルで表現する場合、ヒストグラムの階級数がベクトルの要素数に当たり各階級の度数がベクトルの要素となる。本手法では主にベクトル間の距離計算にユークリッド距離 ($p=2$)、マンハッタン距離 ($p=1$) を使用する。位置指紋 $F = R_1, R_2, \dots, R_N$ と標本 RSS 分布 $S = r_1, r_2, \dots, r_N$ 間のベクトル距離を式 (1) に示す。

$$Dist(S, F) = \left(\sum_{i=1}^N |R_i - r_i|^p \right)^{1/p} \quad (1)$$

3.3 位置推定実験

本手法による位置推定精度を室内実験により検証した。本実験では、AP に BUFFALO 社の AirStation WHR-AMPG、ターゲット端末に工人舎の SC3 を使用した。AP とターゲット端末を接続する無線 LAN の規格は「IEEE802.11g」を使用した。また、SC3 に内蔵されている無線 LAN チップは「VIA Solomon VT6656」であり、OS には「Ubuntu8.04」を使用した。実験場所は Fig.5 に示す実験室 A,B と実験室に面した廊下を合わせた空間である。AP は実験室 B の天井部に設置した。

3.3.1 部屋の識別

本実験では実験室 A, B, 廊下の三つの空間を識別できるかを検証した。識別に使用する位置指紋には各部屋の中心部で計測した RSS 分布を使用した。RSS 分布の計測には端末を手に

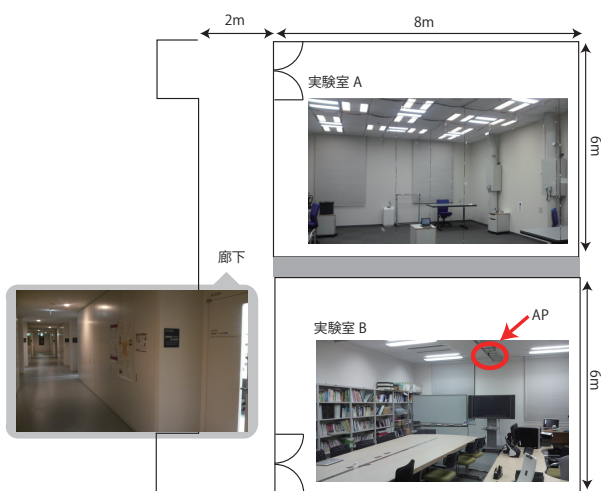


図 5: 実験場所

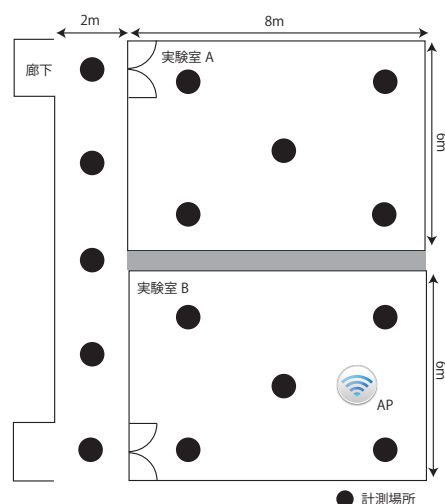


図 7: 計測場所

持ち静止した状態で 100us 間隔に 50000 回 RSS を取得した, また, RSS 分布は階級幅を 4dBm にしたヒストグラムで表現した. 各部屋の RSS 分布を図 6 に示す.

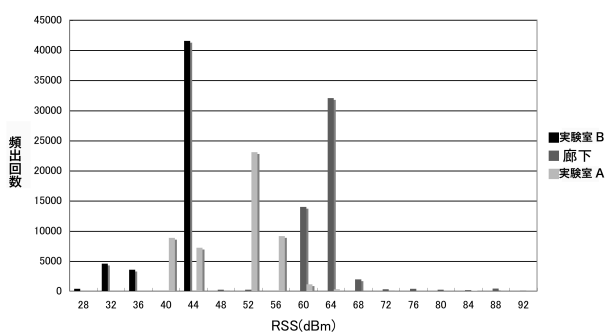


図 6: 場所ごとの RSS 分布

位置推定は図 7 に示す 15 カ所の計測場所で各場所 10 試行ずつ行った. 位置推定は各計測場所で取得した RSS 分布を図 6 に示した各位置指紋と比較し, 最も類似度が高かった位置を推定位置とした. また, 計測場所の部屋と推定結果が同じ部屋を示した場合を推定成功とした.

推定成功確率は実験室 A が 92 %, 実験室 B が 98 %, 廊下が 100 % という推定確率となった. どの場所でも 90 % 以上の推定確率となっており, 本実験結果より提案手法による部屋の識別は十分に可能であるといえる. また, RSS の平均値を利用して位置推定を行う従来の手法を使用した場合, 1 機の AP だけでは実験室 A と B の識別が難しく実験室 A における推定確率は 50 % であった. このことから AP が少ない場合, 提案手法が推定精度の面で有利であるといえる.

3.3.2 室内での識別

本実験では室内の中における位置の識別について検証を行った. RSS 分布の計測には端末を机や台に固定した状態で 100us 間隔で 50000 回 RSS を取得した, また, RSS 分布は階級幅を 2dBm にしたヒストグラムで表現した. 実験は実験室 A で行い, 図 7 に示す実験室 A 内の 5 カ所の計測場所の識別を行った. まず 5 カ所の計測場所で RSS 分布を計測し, 位置指紋を

作成した. そして, 位置指紋を作成した場所と同じ 5 カ所で 10 試行ずつ RSS 分布を計測し位置推定を行った. 本実験において計測場所と推定結果が同じ位置を示した場合を推定成功とした.

本実験における推定成功確率は 92 % であった, 本実験から端末を完全に固定することで RSS 分布の差異が小さい同一室内においても位置の識別が可能となることがわかった. RSS 分布の階級幅を小さくすると細かな位置の識別が行える反面, 端末位置や向きなどによる RSS 分布変化の影響を大きく受けるため RSS 分布計測中に端末が動かないようにする必要がある.

4. 位置情報による情報選択

本研究では, 身の回りの機器がネットワークに接続され高性能化することから起こるユーザへの情報増加に対して, 位置情報を利用することにより提示する情報を選択し, 適切な情報量まで減少させることを目的としている. 本稿では情報選択を異なる方向から実現する「coco めも」「coco らいと」の 2 つのアプリケーションを示す. 位置推定には上述した WLAN の RSS 分布を利用し, 使用環境としては屋内を想定している.

4.1 coco めも

「coco めも」は, 位置情報からの情報取得を可能にするアプリケーションである. 現在, 情報の多くは電子化されてネットワークを介して何処でも取得できる状態になっている. しかし, 情報受信者の位置が考慮されていないため情報を得たい対象がある場所の前に立っていても, そこから遙か離れた位置にいてもインターネットから情報を取得するためにはキーワードを考え検索エンジンで検索をして探していかなければならないのである.

本アプリケーションでは, 図 8 に示すようにインターネット上の情報と位置情報をリンクさせることで, 現実空間へインターネット上の情報をマッピングさせていく. 操作としては情報を好きな場所に貼り付けていくようなものである. このマッピングには位置指紋を使用し, 各位置指紋の持つ位置情報に関連する情報をリンクさせおく. そうすることでユーザと現実世界における各情報源との物理的距離がそのまま情報までの距離となることで近くにあるモノに関する情報ほど取得しやすくなる. つまり, 「位置」というフィルタにより情報が圧縮されてい

るのである。位置指紋にリンクさせることが出来る情報はタイトル、コメント、URL である。

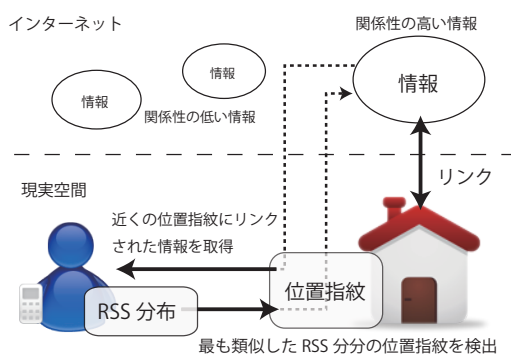


図 8: coco めもの利用

本アプリケーションに類似したものとして、博物館などで作品の前に立つと端末から説明が自動的に流れるというものがある。博物館のシステムでは赤外線など作品ごとに目印となる機器を設置する必要があるため、設置にはコストがかかることや設置できる場所に物理的な制約が発生する、本アプリケーションでは場所の識別には WLAN の電波を使用しているため、どこでも自由に位置と情報結びつけていくことができる。

4.2 coco らいと

「coco らいと」は、ユーザの位置にユーザの希望する明るさを提供する照明制御アプリケーションである。近年、身の回りの電子機器の持つ機能が多くなってきている。テレビや HDD レコーダーなどを見ても分かるようにリモコンには沢山のボタンが敷き詰められており、操作が難しくなっているという現状がある。照明に関しても同様のことが言える。一部のオフィスでは照明を個別に制御できるシステムを導入している。

同志社大学医療情報システム研究室には示す 48 灯の照明をネットワークを介して個別に制御できる実験室がある、個別制御は細かく照明をコントロール出来る反面、制御のインターフェイスは複雑になり表示しなければならない情報も増加する。そこで coco らいとでは、位置情報を利用することで 48 灯の照明を単純な操作で高度に制御するインターフェイスを提供する。

本アプリケーションでは、図 9 に示すようにユーザが端末に入力した目標の明るさと WLAN の RSS 分布より取得したユーザの位置情報により要求を満たす照明の点灯パターンをシミュレーションしたうえで、その結果を実際の照明に反映する。これによりユーザは個別の照明を制御することなく周囲の明るさを制御できるのである。

目標となる明るさを実現する照明の点灯パターンシミュレーションには照明の光度から理論的に照度を算出する逐点法を用いる [5][6]。そして、各照明の光度をランダムに変化させながら目的とするユーザ位置の照度を現在照度と目標照度との差を小さくするように最急降下法による最適化を行う [7]。これにより、ユーザの指定した明るさを提供している。

5. まとめ

本稿では WLAN の RSS 分布を利用することで手軽に室内において位置情報取得することが出来る位置推定手法により 1 機の AP から部屋の識別及び室内での位置の識別が行えるこ

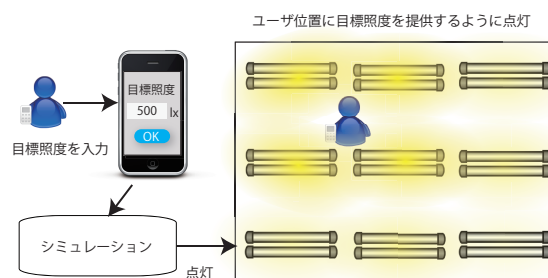


図 9: coco らいとの利用

とを実験により示した。また、ネットワーク上の情報や操作と位置情報をリンクさせることにより、ユーザに提示する情報を選択し、情報量を減少することできると述べた。そして、位置情報による情報選択を異なる方向から実現する「coco めも」「coco らいと」の 2 つのアプリケーションを示した。

本提案手法は実装が容易であり、coco めものように WLAN 機器にアプリケーションをインストールするだけで使用することが出来ることから、他のアプリケーションへの導入も可能である。これにより、屋内環境における位置情報の利用が普及し、位置情報を利用することで、人々の利便性向上に繋がるアプリケーションが登場することを期待している。

参考文献

- [1] Ekahau. <http://www.ibsjapan.com/Ekahau.htm>.
- [2] 大槻知明. 位置推定技術. 情報処理学会第 67 回全国大会講演論文集, 2005.
- [3] Placeengine. <http://www.placeengine.com/>.
- [4] Kamol Kaemarungsi. Design of indoor positioning systems based on location fingerprinting. *PhD thesis, University of Pittsburgh, Pittsburgh*, 2005.
- [5] Masayoshi Nagata. Monte-carlo simulation of illumination distribution in a cubic interior with interreflection. *Journal of light and visual environment Online vol.11(2)*, pp.85-92, 1987.
- [6] Imari Sato, Yoichi Sato, Katsushi Ikeuchi. Illumination distribution from brightness in shadows: Adaptive estimation of illumination distribution with unknown reflectance properties in shadow regions. *The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision, vol.2*, pp.875-882, 1999.
- [7] 中村彰之, 廣安知之, 三木光範, 横内久猛, 吉見真聡. 直感的な照明システム操作のための照度分布制御. 情報処理学会論文誌 Vol. 50 No. 2 1234-1239, Feb. 2009.