

位置推定パケットを用いた位置推定システムの試作 An Implementation of a Positioning System based on a Low-RSSI Packet

辻野友孝[†] 白松俊[†] 大園忠親[†] 新谷 虎松[†]

Tomotaka Tsujino, Shun Shiramatsu, Tadachika Ozono, Toramatsu Shintani

1 はじめに

本論文では、複数のセンサデバイスの通信の際の RSSI (Received Signal Strength Indication) 値を利用した位置推定システムについて述べる。本研究ではセンサデバイスが送信する電波強度を用いることで室内での位置推定の精度を改善した。RSSI 値を用いる方法の利点として、既存の無線環境をそのまま利用できる点があげられる。RSSI 値を用いる方法では無線 LAN や Bluetooth などにおいて通信を行う際のパケットを利用するため、位置特定専用のデバイスを用意する必要がない。しかし、文献 [1] でも述べられているように、RSSI 値は反射による影響や電磁ノイズの影響を受けやすい点が上げられる。

屋内や室内で RSSI 値を利用して位置推定を行う際、天井や壁による電波の反射による影響や家電製品の出す電波ノイズの影響を考慮しなければ精度の良い位置推定を行う事はできない。

RSSI 値を利用した位置特定方法に三辺測量を用いた方法がある。これは RSSI 値が距離に反比例して減衰することを利用して、3 点間の距離から位置を求める方法である。文献 [2] では数式モデルを利用し距離を求め三辺測量を用いて位置推定を行っている。数式モデルを用いた場合、係数を変化させる事により環境によるノイズの影響を考慮する事が可能である。しかし、同じ部屋の中でも壁からの距離が異なると電波環境が異なる。そのため、数式モデルを用いた三辺測量のような手法の精度は多くの場合高くない。そこで本研究では RSSI 値を学習させる事により位置推定を行う。環境のノイズを含んだ RSSI 値を学習させることで、それぞれの環境に適した位置推定を行う事ができると考えられる。

2 学習に基づく位置推定

本研究では、システムが場所と RSSI 値の関係を学習する事で位置推定を行う。本研究では測定領域の四隅に固定してあるセンサデバイスをベース、測定領域内を移動するセンサデバイスを端末、両者を示す場合はセンサデバイスと呼ぶ。ベース_i が送信する電波を端末受信した際の RSSI 値を R_i 、計測地点を L とすると、事前に領域内の m 箇所の計測地点において n 個のベースとの通信の際の RSSI 値を測定し、これを位置学習情報と呼ぶ。

位置学習情報： $\langle R_1, R_2, \dots, R_n, L_m \rangle$

位置学習情報を基にシステムは環境の特徴を学習をする。

2.1 位置推定パケット

本研究では位置推定の為の特別なパケットを利用する。この特別なパケットを位置推定パケットと呼ぶ。位置推定パケットはタイムスタンプ t とベース情報 j と送信信号強度 p の情報をもつ。

位置推定パケット： $\langle t, j, p \rangle$

位置推定パケットは微小時間 Δt 毎にブロードキャストされる。ベースから送信された位置推定パケットは端末で受信される。位置推定パケットの情報と端末の RSSI 値を基に位置推定を行う。

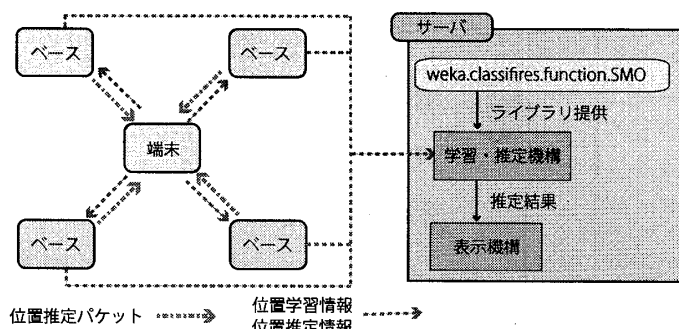


図 1: システム構成

位置推定パケットの送信信号強度が弱い場合端末が受信できないという状況が考えられる。そこで、未受信のパケットはタイムスタンプに基づいて判断した。本研究では未受信のパケットの RSSI 値を -1000dBm とした。

3 システム構成

本システムの構成を図 1 に示す。本システムは、まず、環境の特徴の学習を行う。ベースから送信されたパケットを端末は受信し、位置学習情報をサーバに送信する。サーバにデータを送信する際、端末はネットワークに繋がっていないため、サーバにベースを経由して情報を送信する。推定時には端末は位置推定情報をサーバに送信する。推定・学習機構は位置学習情報と位置推定情報を基に位置を推定し、推定結果を表示する。

3.1 位置学習

本システムではまず測定環境の特徴の学習を行う。本システムでは位置学習情報を利用して学習を行う。各センサデバイスには拡張 MAC アドレスがあり、通信時のヘッダに記述された拡張 MAC アドレスを基にセンサデバイスの識別を行う。センサデバイスはブロードキャストで他のセンサデバイスにパケットを送信する。センサデバイスはパケットを受信すると接続している PC 上の推定システムに位置学習情報を送信する。学習機構は端末から送られてきた位置学習情報を学習・推定機構で処理するためにデータの形式を変換して保存する。

3.2 学習・推定機構

位置推定時には、計測地点において位置推定情報を測定する。

位置推定情報： $\langle R_1, R_2, \dots, R_n \rangle$

学習した測定環境の特徴と測定した RSSI 値を基に位置を推定する。学習を用いる学習・推定機構では SVM を用いて推定を行う。SVM は学習を用いる手法で、本システムでは文献 [4] でとりあげられているデータマイニングツール Weka¹ のライブラリを利用する事により推定を行った。WEKA は、オープンソースのデータマイニングのフリーソフトである。本システムでは SVM に `weka.classifiers.functions.SMO` を用いた。

[†]名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

¹<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

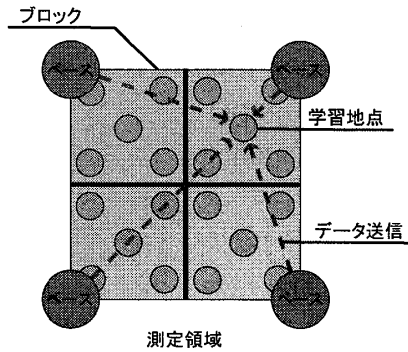


図 2: 測定領域

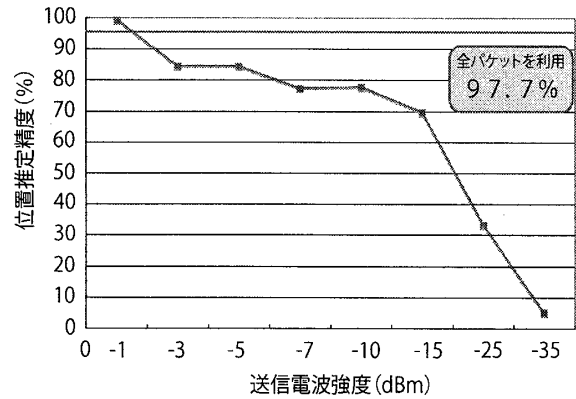


図 3: RSSI 値と推定精度の関係

4 実験と評価

4.1 測定環境

今回、RSSI 値を測定するセンサデバイスとして Sun SPOT (Sun Small Programmable Object Technology)²を使用した。Sun SPOT はサンマイクロシステムズ社が販売している小型無線センサデバイスである。Sun SPOT に用いられている無線は、近距離無線通信方式の国際標準規格であり ZigBee でも使われている IEEE 802.15.4 に準拠している。周波数は線 LAN や Bluetooth 等と同じ 2.4Ghz の周波数帯を利用する。

測定に利用した部屋の広さは 6.0m × 8.5m であり、天井や壁で電波が反射する事が予想される、また、無線 LAN ルーターや計算機が多数設置されており、電磁ノイズによる影響を受ける。評価実験を行った環境を図 2 に示す。実験は 4.0m × 4.0m の広さの測定領域で行った。本測定ではセンサデバイスは全て高さ 200mm の台の上に配置した。図 2 に示すように領域内の 20 カ所で計測を行った。

4.2 電波強度の比較

位置推定パケットを用いて送信信号強度の違いによる位置推定の精度を比較した。本実験では位置推定パケット (0, -1, -3, -5, -10, -15, -25, -32 dBm) の 8 段階の電波強度とした。また、この 8 種類の全ての強度の信号を利用した合計 9 パターンを比較した。評価方法は 10 - 交差検定で総サンプル数 500 で行った。

実験結果を図 3 に示す。図 3 の横軸は送信信号強度を表し、縦軸は位置推定精度を表している。図 3 より送信信号強度が強いほど位置推定精度が高い事がわかる。最も精度が良かったのは送信信号強度が 0 dBm の時で精度は 99.2 % であった。また、全ての強度の信号を用いて位置推定を行った場合の精度は 97.7 % になった。この事から、送信信号強度が強いほど位置推定の精度が高くなるという事が言える。

4.3 学習に用いるデータ数の比較

学習に用いる位置学習情報のデータ数の変化による精度を比較した。本実験では学習に用いるデータの個数を (500, 50, 10, 7, 5, 2 個) の 6 パターンで位置推定精度を比較した。このとき送信信号強度は信号強度はデバイスの最大出力である 0 dBm とした。評価は 10 - 交差検定で行った。

実験結果を表 4.3 に示す。表 4.3 の横軸は送信信号強度を表し、縦軸は位置推定精度を表している。表より学習に用いるデータの個数を減少させると精度が低下している事が分かる。しかし、データ数 10 とデータ数 500 個では位置推定精

表 1: パケット送信回数

データ数 (個)	500	50	10	7	5	2
推定精度 (%)	99.2	98.6	98.3	49.7	8.8	0

度は 0.9 % しか変わらない。対してデータ数 10 とデータ数 500 では位置推定精度は 50 % 近く変化している。この事から学習に用いるデータ数は 10 個あれば十分だとうい事が分かる。

5 おわりに

本研究では RSSI 値を用いた位置座標推定の精度向上に取り組んだ。位置推定パケットを用いて信号強度と位置推定精度の検証したところ、送信信号強度が強い方が位置推定精度が高いという結果が得られた。99 % 以上の精度で位置推定が可能であった。また、学習と推定に利用するデータ数を検証したところ 10 個のデータを用いると十分な精度が得られることが分かった。

今後の課題としてはベースの設置方法の検討が考えられる。今回は正方形の測定環境の 4 隅に設置したが、測定環境の中にベースを設置することも考えられる。ベースの個数を減らしても高い精度が得られる設置方法についての調査を今後行う。

参考文献

- [1] 山田真太郎, 高山潤也, 大山真司, “複数の無線接続強度情報を用いた距離不等式に基づく無線端末の位置計測”, 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J91-B No.6 pp.685-694, 2008.
- [2] 土井達也, 辻野友孝, 浅見昌平, 大園忠親, 新谷虎松, “プログラマブルな小型センサデバイスを用いた研究室位置情報管理システムの試作”, FIT2008 第 7 回情報科学技術フォーラム講演論文集, 2008.
- [3] 辻野友孝, 中村正人, 大園忠親, 新谷虎松, “複数のセンサデバイスを利用した学習に基づく簡易位置推定システムについて”, 第 71 回情報処理学会全国大会講演論文集, 2009.
- [4] Lan Witten, Eibe Frank, “Data Mining: Practical machine learning tools and techniques with Java implementations”, Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, 2005.

²<http://jp.sun.com/products/software/sunspot/>