

測定受信電波強度の誤りを考慮した位置推定技術

三浦 浩一[†] 坂本 純一[‡] 瀧 寛和[†] 松田 憲幸[†] 安部 憲広^{††} 堀 聡^{‡‡}

[†] 和歌山大学システム工学部 〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷 930

[‡] 和歌山大学大学院システム工学研究科 〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷 930

^{††} 九州工業大学情報工学部 〒820-8502 福岡県飯塚市川津 680-4

^{‡‡} ものつくり大学製造技能工芸学科 〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地

E-mail: [†] miurah@sys.wakayama-u.ac.jp

あらまし ユビキタスコンピューティング技術においては、位置推定技術は最も重要な技術課題の一つである。GPS などの屋外向け測位技術は広く普及しているが、屋内で利用可能な測位技術に関しては、建物に専用装置を設置するなど高コストなものが多い。一方現在、無線LAN などの無線通信技術が普及している。そこで本稿では、無線通信デバイスを搭載しているモバイル端末を用い、その受信電波強度を用いた位置推定システムの実装を行う。

キーワード ユビキタスコンピューティング, 無線LAN, 位置推定技術, 受信電波強度

Robust Localization for Measurement Error of Received Signal Strength

Hirokazu MIURA[†] Junichi SAKAMOTO[‡] Hirokazu TAKI[†] Noriyuki MATSUDA[†]
Norihiro ABE^{††} Satoshi HORI^{‡‡}

[†] Faculty of Systems Engineering, Wakayama University 930, Sakaedani, Wakayama 640-8510 Japan

[‡] Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University 930, Sakaedani, Wakayama 640-8510 Japan

^{††} Faculty of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology 680-4 Kawazu, Iizuka-shi, Fukuoka, 820-8502, JAPAN

^{‡‡} Institute of Technologists, Department of Manufacturing Technologists 333 Maeya, Gyoda-city, Saitama 361-0038, Japan

E-mail: [†] miurah@sys.wakayama-u.ac.jp

Abstract In the ubiquitous computing technology, localization technique is one of the most important technical issues. The outdoor localization technique such as GPS is very popular. However, Indoor location sensing systems are very expensive because the systems require specialized hardware. On the contrary, wireless network technologies (e.g. Wireless LAN) are widely spread. In this paper, we implement the localization system which localizes a mobile node the position by making use of received signal strength indicator (RSSI).

Keyword ubiquitous computing, wireless LAN, localization technique, RSSI

1. はじめに

人間の生活環境の中にコンピュータとネットワークが組み込まれ、その場所や存在を意識することなくサービスが利用可能となるユビキタス

コンピューティング技術が近年脚光を浴びている。各種センサを用いて、実空間に存在する人や物に関する状況を認識するユビキタスコンピューティングにおいては、コンテキストを認知する

ことが重要となり、コンテキストウェアコンピューティング技術[1]が重要である。人や物の位置検出はコンテキストウェアコンピューティング技術において最も重要な技術課題の一つである。

従来の位置検出技術には、カーナビゲーション等で使われているGPSを始めとして、無線、RFID、超音波等を利用した技術が既に存在する[2]-[9]。しかしこれらは屋外での使用に限られていたり、装置が非常に高価なものであったりする。ユビキタスコンピューティングにおいては屋外、屋内、地下を問わず全ての場所で使用可能で、かつ高い精度をもつ位置検出技術は数少ない。

一方近年、無線LAN(IEEE 802.11) やBluetoothといった無線通信技術が進歩している。無線LANは、手軽なネットワークとして企業や個人へ普及し、更にホットスポットなど公共の場所での無線LAN環境も整い始めている。Bluetoothも携帯電話やPCへの搭載がはじまっており、今後広く普及していくものと考えられる。そこで、GPSなどのデバイスを装備しない機器においても位置情報を取得できるような環境が必要となる。本稿では、無線LANやBluetoothといった無線通信デバイスを搭載しているモバイル端末が、自身の位置情報をアドホックネットワークを利用して推定する仕組みを考え、システムの実装を無線センサ端末Moteを用いて行う。本稿で実装するシステムは屋内での使用を想定し、部屋の中または、ある特定の領域内に無線モバイル端末が存在するかどうかを判定するシステムの実現を目標とする。

本稿では、まず既存の位置検出技術について述べ、次に無線ノードを用いて領域の内外を判定する本システムについて述べる。

2. 位置検出技術

無線を利用した位置検出システムは既にいくつか存在するが、屋内での測位技術において広く普及しているものはないのが現状である。ここで

は、GPSを用いた屋外での測位技術など主な測位技術について簡単に述べる。

ToA (Time of Arrival)

本方式は、送信端末から出された信号が受信端末に到着するまでの時間を測定し、伝送媒体の速度から端末間の距離の推定を行う(図1)。本方式では送信端末と受信端末間で高い精度の時刻同期技術が必要となる。

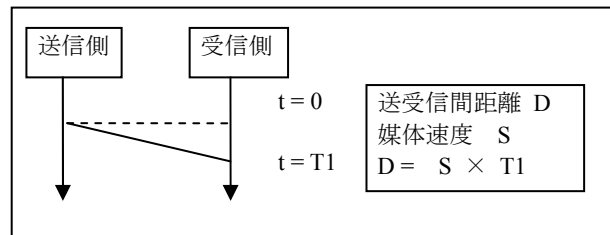


図1: ToA

TDoA (Time difference of Arrival)

この方式は、送信端末から伝送速度の異なる2種の信号を送信し、到着時刻の差と伝送速度の差から距離を求める方式となっている(図2)。この方式により、ToAでは必要であった端末間の時刻同期が不要となる。

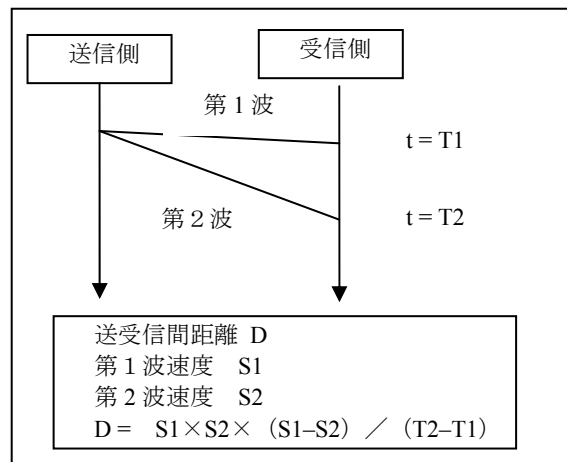


図2: TDoA

屋外での測位技術として普及しているGPSなどはこの方式を採用している。GPSは地上約2万kmにある24基の衛星からの電波を用いて、地上で三辺測量を行うことで緯度、経度、高度を得

る衛星測位システムである。しかしながら、衛星からの電波が屋内では受信できないため、GPSは一般に屋内での使用は困難で、高い精度は得られない。

APIT (Approximate Point in Triangle Test)

APIT[7]では位置が既知のノードをアンカーノードとする。複数のアンカーノードを配置し、まずその中から3つのアンカーを選び、この三角形の領域にモバイルノードが存在するかどうかを調べる。モバイルノードは各アンカーのRSSIを測定する。モバイルノードが移動した際に、このRSSIの値が各アンカーノード全て大きくなるか小さくなる場合は、このアンカーノードで構成される三角形の領域外にモバイルノードが存在すると推定できる。そうでない場合は三角形の領域の内部となる。以上の領域判定をアンカーによる三角形の組み合わせ全てについて行い、モバイルノードの位置推定を行う(図3)。

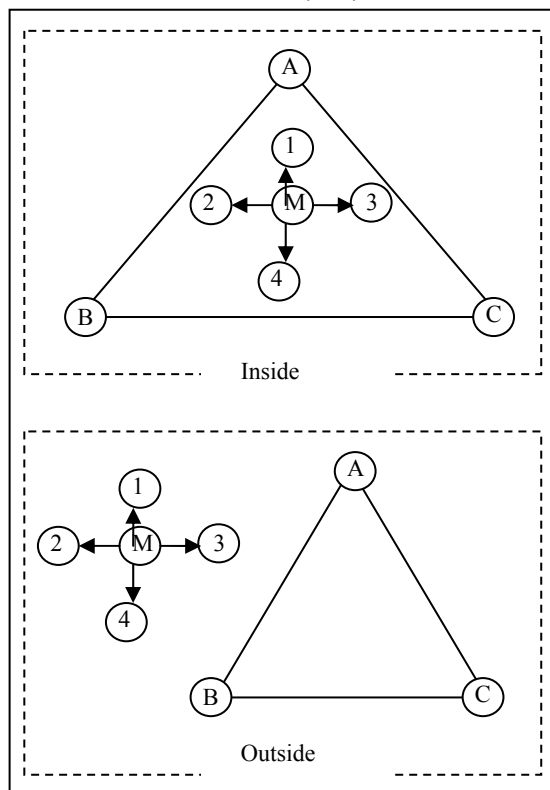


図3: APIT

障害物のない見通しの良い屋外では、TDOA、

RSSIを用いたAPITどちらの位置検出方式も、高い精度程度で位置検出可能である。しかし屋内では、マルチパスフェージングの影響を大きく受けるため、位置検出精度は低下する。

TDOAの一部の製品では、乱れた電波の波形から直接波を正確に抽出でき、また各無線ノードへの電波到達時間の差をナノ秒オーダーで計測できるコストの高い専用装置を利用している。このようなマルチパスフェージングの影響に対し、無線ノードの低コスト、小型、省電力、手軽さ、および高い位置精度を目標に位置検出システムを考える必要がある。

3. 領域の推定

本稿ではRSSIを用いて無線移動端末の位置が領域の内か外かを判定する手法を用いる。

測定受信電波強度 (RSSI) は、マルチパスフェージング等の影響を大きく受けるため、屋外の障害物の無い環境とは異なり、屋内では非常に不安定となる。すなわち、RSSIの値から直接無線端末間の距離を求めることは非常に困難である。したがって本稿では端末間におけるRSSI値の大小を比較することで、端末間の距離の大小を判定する。つまり、RSSIの絶対値を利用するのではなく、相対値を利用する事とする。図4を用いて本手法について述べる。

図4においてアンカー(基準)となるノードをA,Bとし、モバイルノードをMとする。このときアンカーノードAB間の受信電波強度を P_A とし、アンカーノードBとモバイルノードM間の受信電波強度を P_M とする。 P_M と P_A を比較し P_M が小さい場合、モバイルノードMはアンカーノードAB間の距離を半径とする円の領域内に存在すると判定できる。また、逆の場合は領域外と判定される。このようにすることで、アンカーノードとモバイルノード間の電波強度を用いて複数のアンカーノードで構成される領域の内外判定が可能となる。アンカーノードの配置例とそのアンカーノードで構成される領域を図5に示

す。各アンカーノード間の電波強度とモバイルノードとアンカーノード間の電波強度を比較することで、アンカーノードが構成する領域にモバイルノードが存在するかどうかの判別を行うことが可能となる。

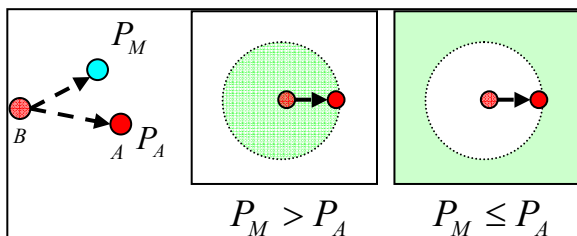


図 4: 端末の相対位置

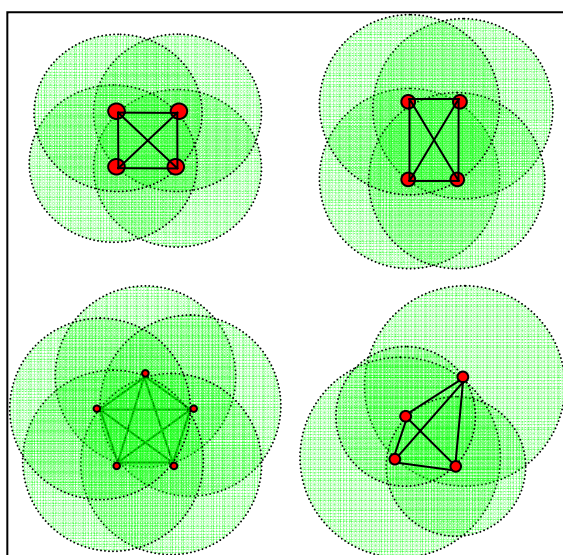


図 5: アンカーノードの配置例とその領域

4. 領域推定システムの実装と実験

4.1. 領域推定システムの実装

本位置推定システムを UC Berkley で開発され

たセンサネットワーク端末 Mote[10][11]を用いて実装を行った。Mote はアドホックネットワーク通信可能で、各種センサを搭載することで気温や加速度、照度などの環境をセンシングする機能を持つことが可能である。

本システムは大きく分けてセンサ側(無線ノード)と PC 側の 2 つに分けられる。システムの概要を図 6 に示す。センサ端末をそれぞれアンカーノードとモバイルノードとし、RSSI を測定する機能の実装を行った。PC 側ではユーザからの測定要求を受け、実際に測定要求を出す測定要求モジュールとセンサ側からの測定結果を収集、分類、保存する収集モジュールとその結果を蓄える RSSI DB、又 DB の値を参照して実際に位置推定を行う推定モジュールの 3 つの機能の実装を行っている。Rssi DB にはセンサ端末で測定した受信電波強度 (RSSI) を蓄積する。

本システムの処理手順について図 6 を用いて述べる。まずユーザが GUI を通して位置測定要求を出す(図 6 の①)。ユーザからの要求を受けて要求モジュールが各センサ端末に位置測定要求を送出する(図 6 の②)。測定モジュール群が各ノード間の Rssi を測定し、その結果をパケットに書き込んで PC に送信する。収集モジュールは各センサが測定を行った結果を収集し、Rssi DB に保存し、GUI に現在取得しているデータを表示する(図 6 の③④)。Rssi DB を参照して推定モジュールは領域の内外判定の結果をユーザに提示する(図 6 の⑤)。

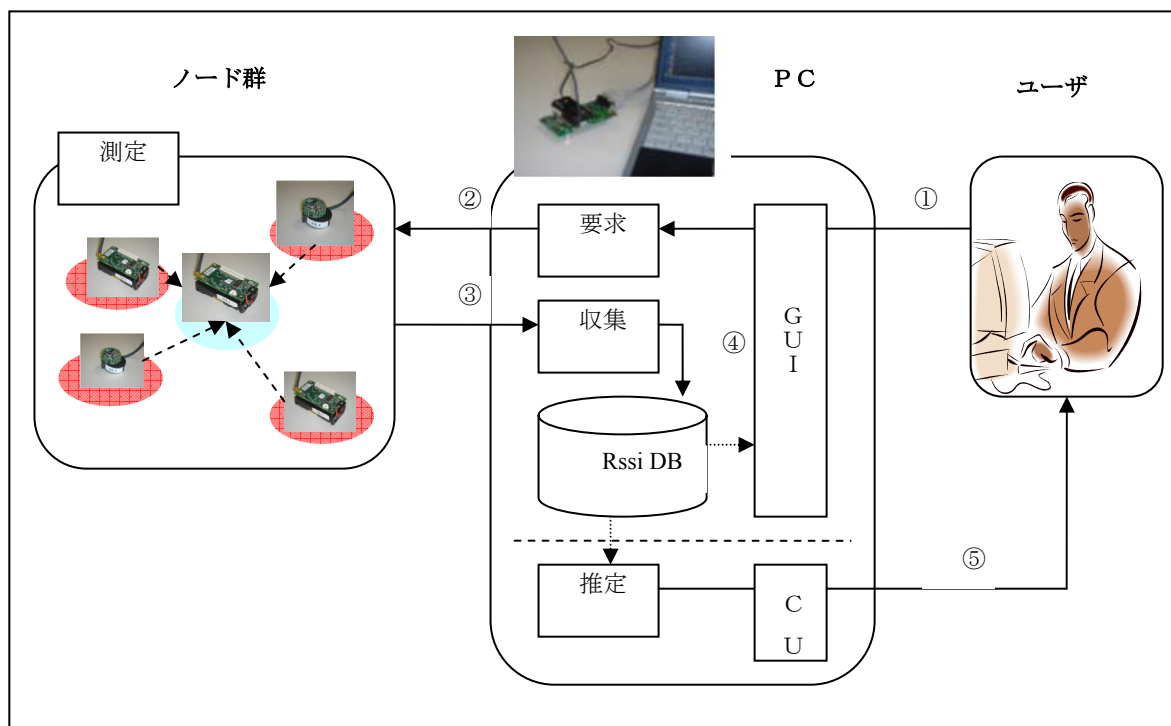


図 6: システム概要

図 7 は本システムにおいてセンサ端末および PC 間で授受されるパケットのフォーマットを表している。このパケットにはあらかじめ定義されている部分とユーザ定義可能な領域が存在する。送信先 ID は送信先端末を識別する ID である。この ID はあらかじめ設定されている。ハンドラー ID はアプリケーションを識別する ID となっており、TCP におけるポート番号と同様である。グループ ID はセンサノード群を表す識別子である。

ユーザ定義部について述べる。ホップ数はパケットが経由したホップ数を表している。これは、パケットが多段ホップを経てネットワーク内に滞留するのを防ぐ目的に使用するものとしている。動作フラグは RSSI を測定するか、PC にデータを転送するか決定するフラグである。ベース ID は PC と直接接続している Mote 端末の ID を表しており、データを収集する際に用いる。電波強度測定の際、モバイルノードとアンカーノード間の RSSI 値および電池容量を内部 RSSI 値、内部電圧値に書き込む。

2byte	送信先 ID
1byte	ハンドラー ID
1byte	グループ ID
1byte	パケット長
1byte	ホップ数
1byte	動作フラグ
2byte	ベース ID
2byte	被測定側ノード ID
2byte	測定側ノード ID
2byte	内部 RSSI 値
2byte	内部電圧値

図 7: パケットフォーマット

4.2. 実験

図 8 に示す環境において本システムの動作実験を行った。アンカーノードは隣り合うアンカーノード間の距離を 2 m とし、正方形に配置した。図 8 のようにモバイルノードを計 21 箇所に配置し、それぞれ領域推定を行った。内外判定結果と実際の位置とを比較して正しければ成功、そうでなければ失敗として内外判定実験を行う。測定箇所全部で 21 点の内、5 点が内部、残り 16 点が

外部となっている。また、今回の実験環境では、人物や遮蔽物の存在しない部屋の中で行っている。さらにモバイルノードは移動せずに固定した状態で観測を行った。

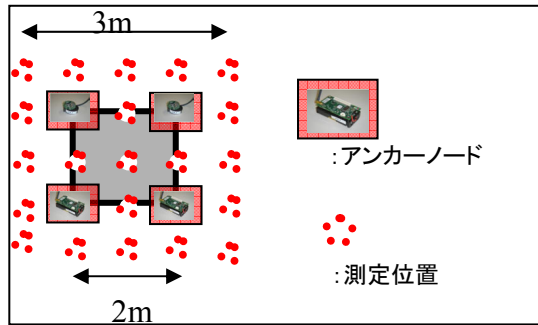


図 8： 実験環境

実験の結果、約 90% の位置(21 箇所のうち 19)で正しく内外判定を行うことができた。

5. まとめ

本稿では屋内における無線端末の位置検出技術として、無線端末がある領域内に存在するかどうかの判定を受信電波強度を用いて行うシステムを考え、実装を行った。屋内のようにマルチパスフェージングの影響を大きく受ける環境では、受信電波強度の大きさから直接端末間の距離を求めることは非常に困難である。そこで、各無線端末間で受信電波強度の大きさを比較することにより相対的な端末の位置関係を求める手法をシステムへ実装を行った。実験ではフェージングの影響の少ない理想的な環境であったため、比較的良好な結果が得られたが、今後は更に人間や遮蔽物などの存在する環境や、無線端末の移動なども考慮したシステムの改良が必要となる。

文 献

- [1] B. Schilit, N. Adams, and R. Want, "Context-Aware Computing Applications", in IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Santa Cruz, CA, US, 1994.
- [2] N. Bulusu, J. Heidemann and D. Estrin, GPS-less Low Cost Outdoor Localization for Very Small Devices, IEEE Personal Communications Magazine, 7(5):28-34, October 2000.

- [3] 岩谷晶子、西尾信彦、徳田英幸、“GOMASHIO: アドホックセンサネットワークにおけるノード位置特定方式”、慶応義塾大学環境情報学部卒業論文、2002.3
- [4] 椎尾一郎、“RFID を利用したユーザ位置検出システム”，情報処理学会研究会報告 00-HI-88, 2000.5.12, pp.45-50 (NaviGETA)
- [5] 村上朝一、中西健一、桐原幸彦、徳田英幸，“ロケーションモデル作成支援機構の構築”，日本ソフトウェア科学会ソフトウェアシステム研究会 SPA サマールワークショップ SPASUMMER,2002.
- [6] 峰野博史、肥田一生、水谷美穂、宮内直人、楠和浩、水野忠則，“移動機器連携ロケーショントラッキング方式の提案”，情報処理学会研究会報告 Vol.2004-GN-51, pp.1-6, Mar.2004.
- [7] Tian He, Chengdu Huang, B. M. Blum, John A. Stankovic, and Tarek F. Abdelzaher. Range-Free Localization Schemes in Large Scale Sensor Networks, the Ninth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2003), San Diego, CA, Sep-tember 2003.
- [8] D. Moore, J. Leonard, D. Rus, S. Teller. "Robust distributed network localization with noisy range measurements." In Proceedings of the Second ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '04). Baltimore, MD. November 3-5, 2004. pp. 50-61. Winner of the Best Paper Award.
- [9] 沼晃介、平田敏之、武田英明：学術会議における位置情報コンテキストを用いた Weblog 作成支援システムの開発と運用。第 10 回人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー研究会、2005.
- [10] MPR-Mote Processor Radio Board MIB-Mote Interface User's Manual <http://www.xbow.jp/mpr2400j.pdf>
- [11] Mote <http://www.xbow.jp>