

固定タグを用いた移動端末の測位方式

水谷 美穂[†] 肥田 一生[†] 峰野 博史^{††}
宮内 直人[‡] 水野 忠則^{††}

屋内測位技術は数多く研究されているが、屋外で使われている GPS のように一般的に普及している技術はまだ確立されていない。我々は、屋内における測位対象の制限とコスト面での問題を解決することを目的とし、RFID と移動端末を利用した物品位置管理システム MobiTra を提案している。今回は、MobiTra における移動端末の測位方式として、RFID を利用し、タグリーダの通信範囲を変化させることで得られる情報を利用してタグリーダの測位の高精度化を目指す方式について提案する。

Positioning Techniques with RFTags for Mobile Terminals

MIHO MIZUTANI,[†] KAZUO HIDA,[†] HIROSHI MINENO,^{††} NAOTO MIYAUCHI[†]
and TADANORI MIZUNO^{††}

Many Positioning Technology for indoor have been researched. But there is no technology in popular use as if GPS in outdoors. We propose that location technique MobiTra(Mobile Detectors' Location Tracking System) for solving cost and devices problems. In this paper, we describe Positioning Technique for Mobile Terminals using information from RFID readers' variable signal area.

1. はじめに

近年位置情報を提供するサービスは数多く展開されている。屋外では広く利用されている位置情報であるが、屋内での位置情報の需要は数多くあるにも関わらず普及に至っていない。その理由として屋内測位にかかるコストが問題となる。屋外と違って、全世界を網羅することの出来る GPS (Global Positioning System) を利用することが難しいことから屋内位置情報を獲得するためには、利用者が自ら環境を構築しなくてはならない。次に、測位デバイスの問題として、屋内において物品の位置を取得するデバイスは、小型で安価なものであることや、汚れや埃に強いことが必要である。その理由は、本や眼鏡、書類などの小さく通信手段を持たないものの位置を取得したいという要求が多くあるためである。また、位置を取得できたとしてもそれをマッピングする建物内の構成である廊下や机の位置などをを計算機で扱える地図として個々に作成する必要がある、これも管理者にとって負担となる。

このように屋内での位置情報の取得には数多くの課題がある。そのなかでも我々は特にシステム全体の低コスト化や測位デバイスの問題に注目し、物品位置管理システム MobiTra を提案している¹⁾。これは、自身の位置検

出可能、かつタグリーダを持つ移動端末を利用するという特徴をもち、移動端末の周囲にあるタグリーダで検知した物品の位置を間接的に取得することで、屋内において、多種多様の物品を検知することのできる方式である。MobiTra において、タグリーダを接続した移動端末を持つ人をモバイルタグリーダと呼ぶが、このモバイルタグリーダ自身の測位に関しては、システム全体の精度に影響する重要な課題となっている。

本稿では、モバイルタグリーダの測位方式に関する検討を行う。物品を検知するためのタグリーダを測位に利用することによって、モバイルタグリーダの機器を持ち歩く人にとっての身体的な負担を軽減することができるため、RFID を利用した測位を検討した。精度を高めるため、タグリーダの検知範囲を可変としたときの測位方式について提案し、シミュレーションにより評価を行う。

2. 関連研究

既存の屋内測位技術では、通信を利用したものが数多く研究されている。通信の種類は、無線 LAN、超音波、RF タグ、レーダーなど多岐にわたる。無線 LAN を利用したものには、日立の AirLocation²⁾ や WiPS³⁾ といったものが販売、研究されている。また、超音波を使ったものには、ActiveBat⁴⁾ などがある。これは、超音波の受信機を天井に格子状に設置することで、超音波送信機の位置を知ることができるものである。いずれも基本的には、無線通信による TOA、TDOA や RSSI といった方式を利用して、三辺測量を行っている。TOA、TDOA は受信した信号のタイミングを計測することで基準点からの距離

[†] 静岡大学大学院情報学研究所

Graduate School of Information, Shizuoka University

^{††} 静岡大学情報学部

Faculty of Information, Shizuoka University

[‡] 三菱電機株式会社

Mitsubishi Electric Corporation

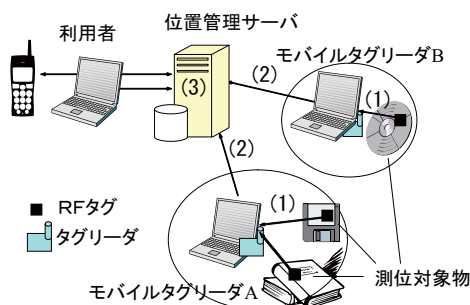


図1 MobiTra 構成

を測る方式である。RSSIは受信した信号の電界強度を計測し、基準点からの距離を測る方式である。

様々な研究がなされている中で、既存の屋内測位技術が一般的に普及しない理由は、基準点を複数設置し、その位置決めをすることや、部屋や建物、工場のラインのマップを作成するといった環境の構築に時間やコストがかかる点、測位デバイス機器自体が大きかったり重かったりし、またコストも高いことから多種多様の物品や多くの人に対して配布するのが難しい点などが挙げられる。

3. MobiTra

3.1 概要

我々は、前章で挙げたような屋内測位技術に対する課題の中から、低コスト化、測位デバイスの問題を解決する方式として、物品位置管理システム MobiTra を提案している。MobiTra の主要要素は RF タグを取り付けた物品である測位対象物、自分の位置を知ることのできる移動端末にタグリーダと通信機能を持たせたモバイルタグリーダ (MTR)、位置情報を集めデータベースを作成し推測や情報提供を行う位置管理サーバの三つである。MobiTra の動作は、図 1 のように、(1)RF タグの付いた物品を MTR で検知 (2)MTR は自分の位置とタグリーダの検知範囲、検知したタグの ID を位置管理サーバへ送信 (3) 位置管理サーバでは、MTR からの情報から、ある位置付近にあるタグの ID がわかるので、複数の MTR からの情報や、履歴を利用することによって、精度や信頼性を高めた位置推定を行う というの三つの動作となる。

MobiTra の特徴は、RF タグを使うことと、サーバでデータベースを構築することによって、多種多様の物品を扱うことができる点と、固定のタグリーダを設置する方法よりも、タグリーダの数を少なくすることができるためにシステム運用エリアで比較して低コストとなる点である。RF タグは小型で埃などにも強いという特性をもつため、様々な物品や様々な環境に対しても利用できる。

MTR は、主に人間が持ちあらくことを前提としており、その移動により、タグリーダで検知できる範囲を広げることが出来る。MTR を持つ人が多くいればいるほど、様々な場所にある測位対象物が検知される確率が上がる。

3.2 MTR の測位方式

MobiTra では、MTR の測位結果を基にして、物品の位置推定を行うため、MTR 自身の測位は重要な課題である。MTR では、位置管理サーバとの通信デバイス、物品の存在を検知するための RF タグリーダは必須の機器であるが、MTR 自身の測位のためにさらに新たなデバイスを装着することは、MTR の機器を装着し移動する人の身体的な負担となることや、機器のコストが高くなってしまふ。そこで、MTR の測位以外の機能を実現するための通信デバイスあるいは RF タグリーダを利用して測位可能となれば、新たな機器を追加することなく、MTR の全ての機能を実現することができる。これによって、人が MTR の機器を持つことに対する抵抗感を少なくすることができ、また MTR 機器のコストを低く抑えることができるため MTR を持つ人を増やすことができ、MobiTra 全体の精度の向上に繋がる。以降、通信デバイスとしての無線 LAN を使った測位と、RF タグリーダを使った測位について、検討する。

3.2.1 無線 LAN デバイスによる測位

無線 LAN を利用した測位には、TDOA や RSSI を利用したものがある。TDOA はパケットの到達時刻を利用したもので、日立の AirLocation など実用化されている。AirLocation では、基地局との見通しが付くという条件のもと、1~3m 程度の精度となっている。MobiTra が想定しているシステム導入環境の部屋やオフィスの中で運用すると障害物が多く、基地局との見通しを確保するのが難しい。RSSI を利用したものには、Ekahau Positioning Engine がある⁵⁾。これは、ヘルシンキ大学の研究グループによるもので、ある位置における複数のアクセスポイントからの受信電界強度をパターン化し記録するキャリブレーションを行う。測位する段階では、記録したパターンと受信した電界強度を照合することによって位置を決定するものである。キャリブレーションでは、パターンが分散すればするほど精度が良くなると考えられるため、複数のアクセスポイントがありその電界強度分布が位置によって変化するような障害物の存在する場所で精度が高くなると考えられる。パケットの到達時刻で距離を測る TDOA や電波強度で距離を測る RSSI を利用することによって、好条件の場所では、1 m 程度の精度の測位は可能と考えられるが、周囲の状況によって安定した精度は得ることができず、MTR の測位には適さない。

3.2.2 タグリーダを利用した測位

RFID を利用した測位には、RF タグを測位する方法と、タグリーダを測位する方法がある。RF タグを測位する方法は、六本木ヒルズの図書館の在庫システムなどで実際に利用されており、タグリーダを複数設置し、どこのタグリーダで検知されたタグかを知ることによって、タグの位置情報を得る方法である。タグリーダを測位する研究には、通信距離の短いパッシブタグを床に配置し、下駄に仕込まれたタグリーダでそのタグを検知することに

よって、タグリーダの位置を把握するというもの⁶⁾がある。RFタグを測位する方法では、タグリーダを密に置くことによって測位精度を高められると考えられる。またタグリーダを測位する方法についても基準点となるRFタグの配置の密度を高くすることで、測位精度が高められる。タグリーダを利用した測位では、無線LANを利用した測位に比べて、安定した測位精度を得られると考えられるため、MobiTraに適している。以降、タグリーダを利用した測位について、詳細検討する。

4. 固定タグによる測位

4.1 MTR 自身の測位への適用

タグリーダを利用した測位の中で、RFタグを測位する方法と、タグリーダを測位する方法について述べた。目的とするMTR自身の測位には、MTR自身が、タグリーダを持っていることから、タグリーダを測位する方法を利用する。タグを基準点として、位置を固定に配置することから、基準点となるタグのことを、固定タグと呼ぶこととする。MTRは人間の自然な動作により、物品のタグを検知するため、ある程度検知範囲の長いタグリーダを装備している。検知範囲の長いタグリーダを使ってタグリーダ自身を測位する方法については、複数タグを検知できることや、固定タグから距離が離れた場所でもタグを検知できることから、検知範囲の短いタグリーダを利用した手法よりも複雑なアルゴリズムが必要である。検知範囲の長いタグリーダと固定タグを使った測位として、検知範囲を固定にする方式、検知範囲を変化させる方式について検討する。

4.2 検知範囲を固定にする方式

4.2.1 キャリブレーション方式

キャリブレーション方式とは、前述した無線LANのRSSを利用したEkahauのように、位置によって変化する情報（例えば、無線電波のRSSや、RFタグの検知情報など）を利用して測位する方式である。キャリブレーション方式は障害物による影響に対して強いという利点がある。しかし、位置による細かなデータの変動が必要であり、RFIDでのキャリブレーション方式を利用した研究⁷⁾⁸⁾では、RSSをRFタグから取得し、利用している。RFIDの検知情報のみを利用する場合には、データの変動が少なく、かなりの固定タグの数が必要であることや、場所によって、精度の振れ幅が大きく、安定しないことが考えられ、MTRの測位には適さない。

4.2.2 Cell-ID方式

Cell-IDの基本動作は、ある位置において固定タグを検知したときに、固定タグの位置を利用して位置推定を行うものである。位置推定方法としては、円の積集合と重心という二つの手法が考えられる。円の積集合とは、タグリーダが検知した固定タグの位置を中心として、タグリーダの通信半径を半径とした円をそれぞれの固定タグに対して形成し、その円の積集合を位置推定範囲とする

ものであり、重心とは、検知した固定タグの位置座標の重心座標を計算し、その座標をタグリーダの位置と推定するものである。

Cell-ID方式の課題は、タグリーダの検知範囲を狭くすれば精度は高くなるが、検知できる確率が低くなるため、場所を特定できない場合が多くなることである。よって、Cell-ID方式では、固定タグが等間隔に配置されていることが前提となっており、その配置間隔によって検知範囲を決定している。

4.3 検知範囲を可変にする方式

検知範囲を固定にする方式のCell-ID方式では、固定タグを等間隔に配置していることが前提となっていた。実際にMobiTraを導入したい場所としては、家庭や、オフィスなどであり、固定タグを等間隔に配置することは難しいと考えられる。そのような不均一な配置の固定タグに対して、検知範囲を固定にすることは、検知できる確率を下げることになる。そこで、検知範囲を可変にする方式について検討する。検知範囲を可変にすることによって、固定タグが不規則な配置になってもタグリーダの機能を最大限に利用して最適な検知範囲を採用することができたり、タグリーダと固定タグとの遠近関係を取得して、測位精度を高めることができる可能性がある。よって、検知範囲を可変とした測位方式について提案する。検知範囲を可変とした測位の手順は、以下のようになる。

- (1) タグリーダの検知範囲を変化させ、固定タグの検知結果を収集
- (2) 遠近関係の取得
- (3) 遠近関係を利用した位置推定

タグリーダの検知範囲を変化させて、それぞれの検知範囲で得られた固定タグの検知結果の差を利用して、タグリーダの位置を中心とした遠近関係を取得する。前提として、固定のタグが複数設置してあり、その位置は手動によって、システムに登録しマッピングされているとする。遠近関係を取得したあとの位置推定手法についてCell-ID方式の円の積集合に遠近関係の情報を加えた、拡張Cell-ID方式と、遠近関係から、同じ円周上にある二点の垂直二等分線は円の中心を通ることを利用した、垂直二等分線方式について提案する。

4.4 拡張Cell-ID方式の提案

遠近関係を加味したCell-ID方式の円の積集合は、タグリーダの検知範囲を変化させることで、最適な位置推定を行うことができるものである。図2に示すように、固定タグを検知したら、その検知情報の読み取り範囲調節機能の設定値から、設定値に対するタグリーダの検知半径を読み出し、選択した固定タグを中心とし、検知半径を半径とした円を描く。これを全ての検知したタグに対して行い、その円の積集合をとり、位置推定範囲とする方式である。これは、固定タグが検知されたときの遠近関係を利用して、推定するための円の半径を可変にする

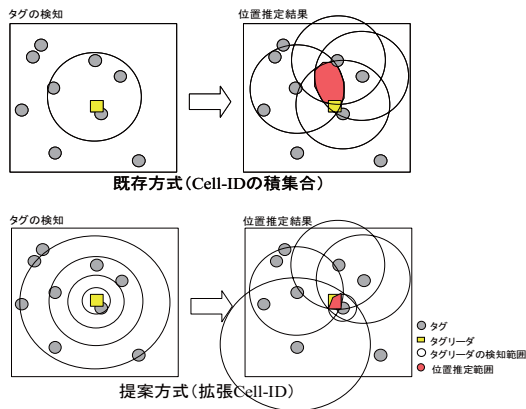


図2 拡張 Cell-ID 方式

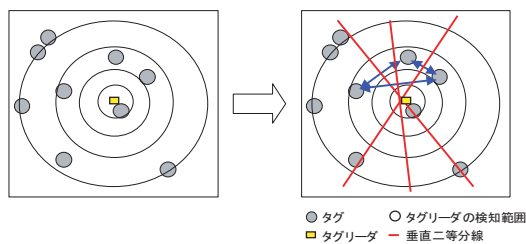


図3 垂直二等分線

ことができるため、遠近関係が近いときには、面積の小さな推定円を作ることが出来る。この結果、円の積集合を取る手法での最適な位置推定結果を取得することができると思われる。図2には、前述した検知範囲を固定とした方式の中から、Cell-ID方式の円の積集合での推定結果との比較を示す。

4.5 垂直二等分線方式の提案

遠近関係を効果的に利用するために、検知した固定タグを2つ選択し、垂直二等分線を引く手法について述べる。図3に示すように、同じ遠近関係にある二つの固定タグを選択し、その垂直二等分線を引く。同じ円周上の二点の垂直二等分線はその円の中心を通るため、同じ遠近関係の二つの検知された固定タグの垂直二等分線も、中心付近を通ると考えられる(図3)。垂直二等分線を引いたあとは、その交点を計算し、交点座標の重心を位置推定結果とする。しかし、懸念事項として、同じ円周上の二点の垂直二等分線を引くことを同じ遠近関係の二つの検知された固定タグの垂直二等分線を引くことへ拡張することによって、垂直二等分線がタグリーダの位置から外れてしまう可能性がある。

4.6 拡張 Cell-ID 方式と垂直二等分線方式の比較

拡張 Cell-ID 方式では、検知範囲を固定とした Cell-ID 方式の円の積集合と同じく、安定した精度を得られると考えられるが、場所を推定範囲というエリアで表示するため、推定範囲が広がってしまった場合には、その中でどここの位置に MTR が存在するか分からないということが考えられる。垂直二等分線方式は、拡張 Cell-ID 方式

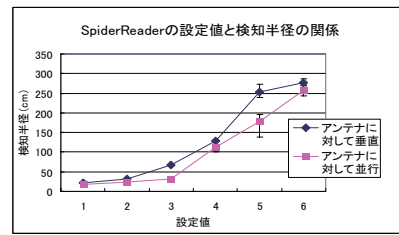


図4 SpiderReader 実験

よりもエリアを狭めるという利点があるが、その分、精度は悪くなるかもしれない。次章では、検知範囲を可変にする測位方式に関して、有効性を検証するため、シミュレータによる実験の結果について述べる。

5. 評価

RF CODE 社の SpiderIII A はタグリーダに読み取り範囲調整機能が付いており、通信距離を 50cm~10m まで変化させることができる。この SpiderReader の基礎実験を行うことによって、実際の機器においても遠近関係を取得できる可能性を示す。次にシミュレーションによって提案方式である、拡張 Cell-ID 方式と垂直二等分線方式の有効性の検証を行う。

5.1 検知範囲可変設定の実験

5.1.1 実験の方法

実験は、SpiderReaderIII A を1台、SpiderTag を一つ利用して行った。SpiderReader から一方向に対して行い、SpiderTag の向きをアンテナに対して、垂直・平行に変化させて調査した。SpiderReader のアンテナ方向は固定である。アンテナ感度調整機能の設定値を変化させ、SpiderTag を確実に検知できる距離から徐々に離していき、5秒経過しても SpiderTag の検知が出来なかった距離を記録する。一つの設定値に対して、10回試行した。SpiderTag の発信間隔は 0.4秒である。

5.1.2 実験結果

図4に SpiderReader 実験の結果を示す。傾向としては、設定値を大きくすると順調に検知範囲が広くなることと、検知範囲の振幅が大きくなるのがわかる。また、SpiderTag の向きによって、検知範囲が変化することがわかった。しかし遠近関係を取得することは可能な範囲であると考えられる。よって一般的なタグリーダであっても距離を計測することは出来ないが、検知範囲を調節可能なタグリーダであれば、遠近関係を取得することが可能であると言える。以降の実験では、遠近関係が取得できるとして、この SpiderReader の実験値を利用したシミュレーションを行う。

5.2 シミュレーション

提案した検知範囲を可変にする方式の実効性について検証するため、シミュレータを作成し、実験を行った。タグリーダの通信範囲を固定にする測位方式の Cell-ID 方式(円の積集合、重心座標での推定)との比較により検

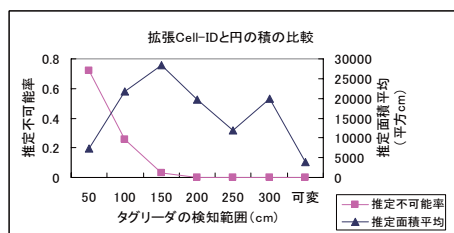


図5 拡張 Cell-ID の性能

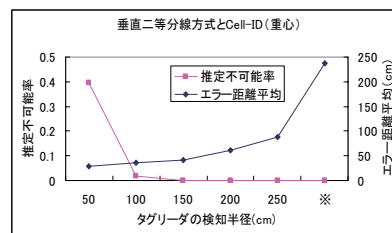


図6 垂直二等分線方式の性能

証する。一つの方式に対して、固定タグの配置を様々に変化させ、位置推定面積、エラー距離、検知確率を調査する。

5.3 シミュレーションによる拡張 Cell-ID 方式の評価

まず、拡張 Cell-ID に関する評価を行う。パラメータを以下に示す。

- 固定タグの配置：ランダム（一様分布）
- 固定タグの数：10
- タグリーダの検知半径：21cm → 32cm → 67cm → 129cm → 254cm → 277cm と変化
- タグリーダの位置：運用範囲の中央

シミュレーション上では、タグリーダの中心から検知半径の円を描き、その範囲内にある固定タグは、すべて検知できるとする。図5のタグリーダの検知半径が50cm, 100cm, 150cm, 200cm, 250cm, 300cmのグラフは、比較として検知範囲を固定とした Cell-ID の中から、推定方法として、検知した複数の固定タグを中心としてタグリーダの検知半径を円の半径とした面積の積集合を取った推定方式の結果を示す。推定不可能率とは、固定タグの配置をランダムに変化させ、位置推定を行うことを2000回実施した中で、推定が出来なかった率である。検知範囲固定の場合、150cmまでは、検知半径が広がる割りに、固定タグの検知数が伸びないために、推定面積平均は大きくなるが、200cm, 250cmでは、運用範囲が500cm×500cmのため、固定タグをほぼ全て検知することができ、検知数が多くなったことによって、推定面積平均は小さくなっていく。

図5の検知半径が可変の部分が、拡張 Cell-ID 方式の結果である。固定タグの配置一回に対して、タグリーダの検知半径を変化させて、拡張 Cell-ID 方式を適用し、推定を行った。この結果、2000回実施した中で、推定不可能率は0.0%となり、検知した固定タグそれぞれに対して最適な検知半径を適用することによって、推定面積平均を下げられることを確認した。

拡張 Cell-ID 方式では、検知範囲が狭いときの利点である、位置推定に利用する円の面積が狭くなることと、検知範囲が広いときの利点である、複数のタグを検知する確率が高くなることを上手く組み合わせて利用することができ、固定タグを利用した位置推定手法として、有効である。

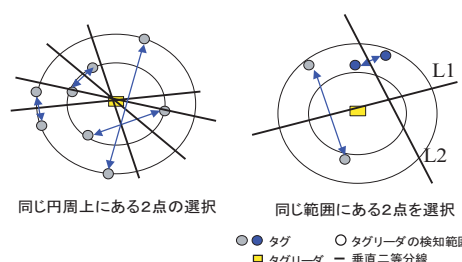


図7 二点の選択の問題

5.4 シミュレーションによる垂直二等分線方式の評価

次に、垂直二等分線方式についての性能評価を行った。以下にパラメータを示す。

- 固定タグの配置：ランダム（一様分布）
- 固定タグの数：30
- タグリーダの検知半径：21cm → 32cm → 67cm → 129cm → 254cm → 277cm と変化
- タグリーダの位置：運用範囲の端（座標(100,100)）

図6に Cell-ID の重心と垂直二等分線方式との比較を示す。図中の※は、垂直二等分線方式によるエラー距離平均と推定不可能率を示す。図6に示すとおり、垂直二等分線方式はエラー距離平均が他のタグリーダの検知範囲を固定とした方式よりも100cm以上悪いことがわかる。

5.4.1 垂直二等分線方式の検討

垂直二等分線方式の結果が悪化した理由は、垂直二等分線方式の提案のところで述べたように、同じ円周上の二点を選択して、垂直二等分線を引くことと、同じ遠近関係の二点を選択して、垂直二等分線を引くことの違いによると考えられる。図7に示すように、L1はタグリーダの位置付近を通る線となっているが、L2はタグリーダの位置からかけ離れている。また、もう一つの要因として、似通った傾きの垂直二等分線の交点は、それぞれの線がタグリーダの位置付近を通過していたとしても、タグリーダの位置から離れた場所を示す可能性があることである。

垂直二等分線がタグリーダの位置付近を通らないことと、垂直二等分線の交点がタグリーダの位置から離れるという問題を解決するために、二点の選択方法においては、二点間の距離がなるべく長いものを選択する手法、また、垂直二等分線の交点がタグリーダの位置から離れないように、二つの垂直二等分線の傾きの差が少ない交点は形成しないという手法が考えられる。具体的な方法と

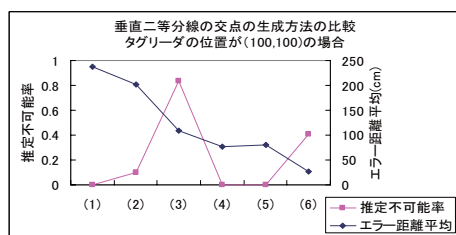


図 8 垂直二等分線の交点の生成方法

しては、二点間の距離の閾値として、検知範囲の直径の何割以上かどうかという値を設定し、二つの垂直二等分線の傾きの差は 90 度により近いものを選択することによって、再実験を行った。

5.4.2 垂直二等分線方式の検討に対する実験

図 8 に、垂直二等分線の生成方法についての比較を示す。これはタグリーダの位置を座標 (100,100) で行った結果である。図 8 の (1)~(6) は、それぞれ、垂直二等分線を形成する二つのタグを選ぶ方法、交点を導くための二直線を選ぶ方法について変化させたものである。以下に詳細を示す。

- (1) 制限なし
- (2) 検知範囲の直径 $\times 0.6$ より二点間の距離が長い二点を選択
- (3) 検知範囲の直径 $\times 0.8$ より二点間の距離が長い二点を選択
- (4) 二直線の傾きの差が $90 \text{度} \pm 60 \text{度}$
- (5) 二直線の傾きの差が $90 \text{度} \pm 45 \text{度}$
- (6) 検知範囲の直径 $\times 0.6$ より二点間の距離が長い二点を選択、二直線の傾きの差が $90 \text{度} \pm 45 \text{度}$

図 8 の (1) と (2),(3) より、二点間の距離が長い二点を選択することによってタグリーダの実位置とのエラー距離が小さくなることがわかった。また (1) と (4),(5) の比較によって二直線の傾きの差が 90 度に近いものを選ぶことによって、タグリーダの実位置とのエラー距離が小さくなることがわかった。(4) と (5) の差があまりないのは、条件を厳しくすることによって得られる交点が少なくなり、交点の座標の位置がタグリーダの位置からずれた場合に重心を取ってもその誤差を修正できないことが原因であると考えられる。(2),(3) と (4),(5) の比較から、交点の座標の位置がタグリーダの位置からずれる原因としては、垂直二等分線の二直線の傾きが似通っているときに、交点がずれることのほうが影響が大きいことがわかる。また (3) の推定不可能率が高いことから、推定不可能率を悪くさせずにエラー距離を小さくするためには二つの垂直二等分線の傾きの差へ制限をかけたほうが良いことがわかった。また、(2) と (5) を組み合わせることによって、さらにエラー距離平均を小さくすることができた。

しかし、図 6 と改良したあとの図 8 を比較しても、Cell-ID の重心方式に比べ、垂直二等分線方式の方がエラー距

離が悪いことがわかる。その理由としては、垂直二等分線がタグリーダの位置付近を通っていても、交点はタグリーダの位置付近を示さないことが、一番の原因であると考えられる。よって、外れた位置にある交点の削除方法や垂直二等分線自体がタグリーダの位置付近を通ることを利用した新たな推定方法を考案すること、また、安定的な精度を示す、拡張 Cell-ID 方式と組み合わせることによって、性能を上げることが出来るのではないかと考えられる。

6. まとめと今後の課題

屋内物品位置管理システム MobiTra におけるモバイルタグリーダの測位についての検討を行った。検討の結果、RFID を利用した固定タグの方式が MobiTra には適していると考えられ、固定タグの方式の中から、RF タグの分布の変化に強いタグリーダの検知範囲を可変にする方式を提案した。提案した手法の中で、拡張 Cell-ID 方式については、固定タグの遠近関係をうまく利用して、精度を上げることを確認したが、垂直二等分線方式については、Cell-ID の重心を取る方式に比べ、期待されるほどの性能が出なかった。今後の課題としては、垂直二等分線方式の改良や、遠近関係を利用した新たな方式についての検討が必要である。また、今回は、シミュレーションによって、電波の屈折や障害物による影響などを考慮せず、タグの配置によるそれぞれの方式の調査を行ったが、実環境において、それらの影響がどのように起こり、提案方式がうまく動作するのか検証を行う必要がある。

参考文献

- 1) 峰野, 肥田, 水谷, 宮内, 楠, 水野: "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 GN-51(2004-3)
- 2) 無線 LAN 位置検知システム"日立 AirLocation", <http://www.hitachi.co.jp/Prod/vims/solutions/ssup/airlocation/>
- 3) 北須賀, 中西, 福田: "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 DICOMO2004 シンポジウム論文集, pp.349-352 (2004-7)
- 4) Andy Harter, Andy Hopper, Pete Steggle, Andy Ward and Paul Webster: "The anatomy of context-aware application", Proceedings of the fifth annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking (MOBICOM'99), pp.59-68 (1999)
- 5) ekahau, Inc: Ekahau Positioning Engine, <http://www.ekahau.com/>
- 6) 椎尾一郎, "RFID を利用したユーザ位置検出システム", 情報研報 00-HI-88, pp.45-50(2000-5)
- 7) 椿俊光, 林等, 清水雅史, "無線タグを利用したトラッキングシステム", 電子情報通信学会総合大会講演論文集 B-15-11(2003)
- 8) 田中, 木室, 山野, 平山, 近藤, 松本, "RFID システムによる自己位置推定とタグ配置作業", 電子情報通信学会論文誌 D-II, (2005)