

MobiTra における指向性を考慮した位置推定方式の検討

宮丸卓也[†] 肥田一生^{††} 峰野博史[†] 寺島美昭[‡] 宮内直人[‡] 水野忠則[†]

[†]静岡大学情報学部 ^{††}静岡大学情報学研究科 [‡]三菱電機株式会社

1 はじめに

近年、屋外においてはGPSなど位置情報を利用したサービスが普及している。しかし屋内では適切な測位方式が確立されていないため、屋外と比較して屋内での位置情報サービスはほとんど普及していない。その理由として屋内における測位方式の多くが、コスト・精度・管理対象物に対する何らかの制約を抱えていることがあげられる。そこで筆者らは管理対象物を限定しない低コストな測位システムを目指しMobiTraを開発してきた。MobiTraとは測位可能な移動端末の検知履歴を用いることで、対象物の位置を推定しエリアで表示するトラッキングシステムである。

本システムの問題点は推定エリアが目標の精度に到達するまでに多くの履歴を必要とすることである。これは即興でシステムを動かしたいケースや、対象物が移動して位置推定をやり直すケースなどで時間を必要とし問題となる。履歴を多く収集するには移動端末の数を増やしたり、検知間隔を短くすることが考えられるがコストや消費電力を考えると避けたい。よって少ない履歴で目標とする精度に到達することが望ましい。

本稿では従来の移動端末の対象物検知範囲を半径とし、移動端末の位置を中心とする円で近似する方式から検知範囲の指向性を考慮した図形で近似する方式を採用することで、履歴1つあたりの精度を向上させ目標の位置推定に必要な履歴数を削減する方式を検討する。

2 移動端末を用いた位置推定方式

2.1 階層的トラッキング

既存の測位方式では、多くの測位デバイスを必要とするため設置・経済的コストが高いことや、対象物に専用デバイスを取り付ける必要があるため、大きさなどの点から測位できる対象物に制約があるという課題があった。そこで低コストで対象物を限定しない測位方式として移動端末を利用した階層的トラッキング方式[1]を提案している。移動端末を利用した階層的トラッキングとは図1に示すような段階的測位を行う方式である。まず、測位可能な複数の移動端末を人や機械が連携して移動する。この移動端末には、対象物を検知できる検知装置がついており、対象物を検知した際の自分の位置を認識できる。そのため、移動端末が「何処で」「何を」検知したかという情報(検知履歴)を管理サーバへ送信することができ、管理サーバは複数の移動端末から受信した検知履歴に対して、複数の位置推定方式を適用することで対象物の存在しそうな範囲

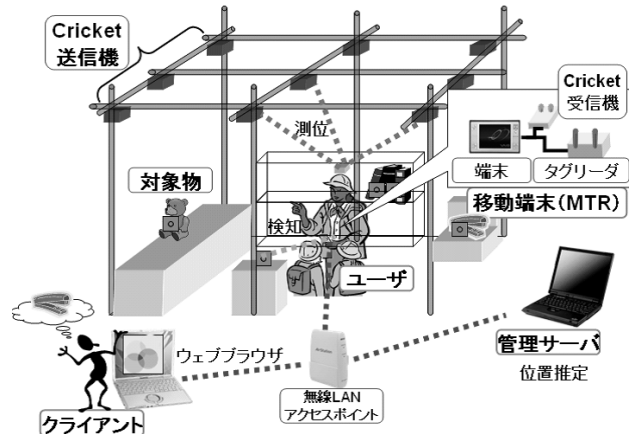


図 1: MobiTra 概要図

を推定することができる。

本方式では移動端末に検知デバイスを搭載するため屋内に固定的に多くの検知デバイスを設置する必要がなく経済的に低コストでシステム全体を構築することができる。また測位対象物に取り付けるデバイスも物体を識別可能なだけの安価で小型なRFIDタグを採用するため、対象物を制限しないという利点もある。

2.2 位置推定方式

管理サーバで検知履歴に対して適用される位置推定方式について述べる。最も基本的な位置推定方式は、検知された位置を中心とし、移動端末の持つ検知デバイスの最大検知可能距離を半径とした円で近似し、この円内に対象物が存在すると推定する方式である(円型)。また、この円型位置推定方式を組み合わせ、さらに推定エリアを小さくできる。例えば、対象物Aに関する複数の推定エリアを重ねることで重なったエリアにAが存在する(A×B型)ことや、対象物Aのエリアと対象物Bの履歴から得られた推定エリアを重ねたエリアには、Aは存在しないと推定できる(A×B型)。

以上のような方式によって推定エリアをさらに小さくすることが可能であるが、推定エリアが目標とする精度に到達するまでに多くの履歴を必要とする。そして、その多くの履歴を収集するために多く時間を必要とすることになる。これは即興でシステムを動作させる場合や対象物が移動したときに位置推定をやり直す場合に問題となる。

3 MobiTra

3.1 MobiTraの概要

これまで述べてきた移動端末を用いた位置推定方式を採用したシステムが実環境でどのような振る舞いをするのかを検証するため、筆者らは屋内物品管理システムMobiTraを開発した。MobiTraとは屋内に存在するあらゆる物品の位置を把握することができるシステムである。図1にMobiTraの概観を示す。MobiTra

Study of positional estimation method to consider directivity in MobiTra

Takuya Miyamaru[†], Kazuo Hida^{††}, Hiroshi Mineno[†], Yoshiaki Terashima[‡], Naoto Miyauchi[‡], and Tadanori Mizuno[†]

[†]Faculty of Informatics, Shizuoka University

^{††}Graduate School of Informatics, Shizuoka University

[‡]Mitsubishi Electric Corporation

はRF Code社のアクティブRFIDシステムSpiderを対象物の検知に採用している。また移動端末の測位には、超音波とRFを使った測位システムCricket[2]を採用している。ユーザはタグリーダを搭載した移動端末(MTR)を持ち歩き、物品に付けられたRFIDタグを検知する。移動端末はCricketシステム[2]により測位できるため、タグ検知情報と共に自身の位置を管理サーバへ送信する。管理サーバでは複数の検知履歴に対して位置推定方式を適用することで、物品の位置を推定し、ユーザへ提示する。

3.2 MobiTraの評価実験

筆者らは2.3で述べた問題を確認するため、推定エリアが目標とする面積(ここでは面積の収束値)に到達するまでに要する履歴数を調査した。ユーザは移動端末を持ち、3m×3mの実験空間をランダムに移動しタグの検知履歴を収集した。その結果、図2(b)のようなグラフが得られた。図2(b)を見ると現方式では面積の目標値である0.8m²に到達するまでに50個ほどの履歴を必要とすると思われる。つまり目標値に到達するためには多くの履歴が必要である。多くの履歴を収集するためにはMTRの台数を増やしたりタグの検知間隔を短くすればよいが、経済的コストや消費電力を考えると、できる限り避けたい。そこで多くの履歴を収集するのはではなく、少ない履歴で目標値に到達することを考える。

4 指向性を考慮した位置推定方式

4.1 方式の概要

推定エリアを少ない履歴で目標値まで到達させるためには、履歴1つあたりの精度を向上させる必要がある。指向性を考慮した位置推定方式は、MTRが持つ指向性を推定エリアに反映させることで位置推定に必要な履歴数の削減を目指す方式である。ここでいう指向性とはタグリーダの検知範囲が持つ指向性のことを指す。従来の円型推定エリアでは、実際には対象物が存在しない冗長な部分を含んでおり、それをカットするために複数の履歴を必要とした。そこで冗長な部分が少ない指向性を考慮した推定エリアを採用することで、位置推定に必要な履歴数を削減できる。またMobiTraにおける指向性は、MTRを携帯するユーザが障害物となり形成されたり、搭載しているタグリーダのアンテナ形状により依存する。

ここで実際にSpiderシステムを用いて調査したMTRの検知範囲の詳細を示す。図2(a)に示すようにタグ34個を40cm間隔で配置し、検知距離1mのMTRとユーザを立たせ10分間、検知履歴を収集した。その結果、図2(a)に示すようにMTRの検知範囲は楕円状であった。つまり、MTRを中心点とし最大検知可能距離を半径とする円ではないことがわかる。しかし現行方式では、その円を推定エリアとして採用しており、タグを全く検知しないMTR後方部分を推定エリアに含む。その結果、推定エリアに冗長部分が増え推定範囲を小さくするのに多くの履歴を適用する必要が生じ、位置推定に要する時間が多く必要という結果となった。

そこで推定エリアに従来の円ではなく、MTRの検知エリアに近い図形を適用することで位置推定に必要な履歴数を削減できると考えた。この方式ではMTR後方部分のような冗長エリアが少なく、推定エリアを縮小できるため複数履歴を位置推定方式に適用する回数を削減できる。また推定エリアの形状は、MTRに搭載するタグリーダのアンテナ特性に依存するため別途形状を検討する必要があるが、現行のMobiTraのMTR

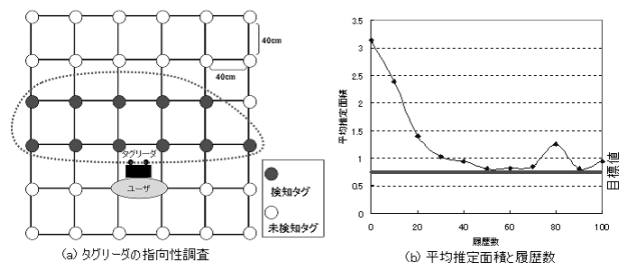


図 2: MobiTra に関する実験

では図2の検知範囲が得られたため、楕円状の推定エリアをユーザ前方に配置することが適当と考えられる。

4.2 移動端末の方向推定

指向性を考慮した位置推定方式では、左右上下対称な円以外の形状の推定エリアを想定するため、推定エリアを何処に配置するかが重要となり以下の2つの情報が必要となる。

まずユーザが向いている方向情報である。この方向情報とMTRの携帯位置から、移動端末の位置に対して何処に推定エリアを配置すべきか決定できる。この情報を得るためには方角センサを使う方法と端末移動履歴からユーザ方向推定する方法があると考えられる。

次に人が体の何処にMTRをつけているかという携帯位置の情報が必要である。現在のMobiTraではMTRをユーザの前方につけている。しかしMTRが小型化し、身体の何処でもつけることが可能となれば、その位置を知る必要がある。この携帯位置の情報を知る方法については現在検討中である。

ユーザの向いている方向情報を移動端末の移動履歴から推定する方法は、単純なベクトル合成により得られた単位ベクトルを用いた。まずある時刻 t の移動端末の座標と、時刻 $t + \Delta t$ の座標を結ぶ \vec{x} を作成する(Δt は座標の到着間隔)。さらに時刻 $t + 2\Delta t$ の座標と時刻 t の座標を結ぶ \vec{y} を求める。そして \vec{x} と \vec{y} を合成し、これを移動端末の推定方向 \vec{p} とする。同様にして新規座標が到着すると、時刻 t の座標と共にベクトルを求め、既存の \vec{p} と合成する。また既存の \vec{p} と合成結果のベクトルのなす角 α が設定した閾値を超えた場合、方向転換と判断し方向情報の推定をやり直す。以上のように移動端末の移動履歴を結ぶベクトルを複数合成することで方向情報の推定が可能となると考える。

5 まとめ

本稿ではMobiTraに関してMTRの指向性を考慮することで位置を絞り込むまでに必要な履歴数を削減する方式を検討した。本方式では少ない履歴で目標とする精度に到達することができ、位置推定に必要な時間を削減できる。ただしユーザが向いている方向を推定する必要があるため、移動履歴から方向を推定し、推定エリアを適切な位置に配置する方法を検討した。今後は本方式により削減できる履歴数をシミュレーションなどで調査し、本方式の有効性を検証することを考えている。

参考文献

- [1] 峰野他: "移動機器連携ロケーショントラッキング方式の提案", 情処研報 Vol.2004-GN-51.
- [2] A. Smith 他 "Tracking Moving Devices with the Cricket Location System," MOBISYS2004.