

1Q-7

モバイルRFID タグリーダを用いた物品管理システムの評価

肥田一生[†] 宮丸卓也^{††} 峰野博史^{††} 徳永雄一[‡] 宮内直人[‡] 水野忠則^{††}

[†]静岡大学情報学研究科 ^{††}静岡大学情報学部 [‡]三菱電機情報技術総合研究所

1 はじめに

近年、測位技術の向上により、位置情報システムが注目されている。しかし、現在、位置を考慮した物品管理システムは普及していない。この原因として、適した測位方式が存在しないからであると考えられる。既存の屋内における測位方式でシステム構築を行う場合、位置検出精度と導入コストのトレードオフが生じるだけでなく、管理可能な物品に制約が生じるといった問題がある。一方、近年 RFID タグリーダを内蔵した移動端末が開発され、RFID タグを利用したサービスの可能性を広げるものとして注目を集めている。

筆者らは、タグリーダを内蔵した携帯電話が普及することを想定し、タグリーダの移動により低コストで物品の位置を管理する MobiTra を開発した。本システムは低い導入コストで高精度な位置推定が可能であり、あらゆる物の位置推定が可能である。本稿では、MobiTra のプロトタイプを用いて、実環境における位置推定結果について評価した。

2 MobiTra

2.1 階層的トラッキング

近年、屋内における測位システム [1] が注目されているが、未だに位置を考慮した物品管理システムは普及していない。その理由として、まず管理物品に特別なデバイスを取り付ける必要が挙げられる。センサなどを物品に取り付けると、物品の大きさや種類に制限が加わるため、物品に取り付けるデバイスは安価で小型なものが求められる。そこで、筆者らは安価で小型な RFID タグを物品に取り付けることとした。また、測位精度がシステムの導入コストに依存することも理由として考えられる。そこで、筆者らは低コストで高精度な位置情報を提供できるシステムとして MobiTra を提案している。

MobiTra は、図 1 のように、小型で検知可能距離がある程度長いタグリーダを移動させ (MTR: Mobile Tag Reader)、タグリーダ自身を高精度に測位することにより、物品の測位を直接行わず、段階的に測位を行う。MTR は管理物品に取り付けたタグを検知すると、検知した ID、MTR 自身の位置、検知可能距離を MobiTra サーバへ送信し、MobiTra サーバは受信した情報を履歴としてデータベースに格納する。MobiTra サーバは複数の履歴に位置推定アルゴリズムを適用することで位置推定を行い、ユーザに高精度な位置情報を提供する。

2.2 位置推定方式

本システムでは複数の検知履歴に位置推定方式を適用することで位置を推定している。位置推定方式は、円型、 $A \times B$ 型、 $A \times B$ 型のを検討している。

図 1 の位置推定処理で示した図は、円型、 $A \times B$ 型を適用した場合の例である。まず、各検知履歴から MTR がタグを検知した座標を中心点、タグリーダの最大検知可能距離を半径とした円を作成し、その円内にタグが存在すると推定する (円型)。円型により円を複数

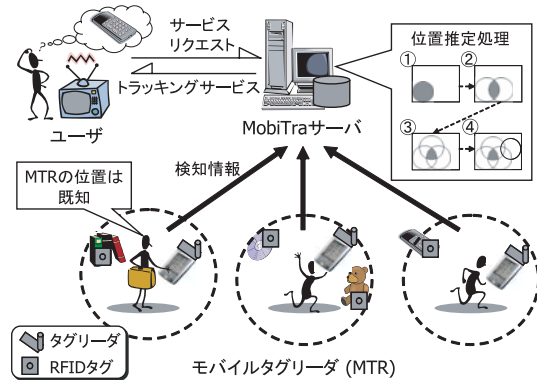


図 1: MobiTra のシステムイメージ

作成し、同じタグの履歴から作られた複数の円を重ねることで、その重なったエリアにタグが存在すると推定する ($A \times B$ 型)。検知履歴は新しい履歴から推定に利用し、円が重ならなくなる履歴を発見した場合に、物品が移動したと判断して推定処理を終了する。

また、推定されたエリアをより小さくするために、 $A \times B$ 型を追加適用する。あるタグの履歴に円型、 $A \times B$ 型を適用して得られたエリアと、その他のタグの履歴で作成された円が重なった場合、あるタグは重なったエリアに存在しないと推定できるため、エリアを削ることができる。

3 実環境における位置推定方式の評価

3.1 MobiTra プロトタイプの開発

実環境における MobiTra の性能評価をするためにプロトタイプを実装した (図 2(a))。位置推定結果は Web ブラウザから、日時と物品名をキーとした位置検索により表示されるよう実装した。本プロトタイプにおける位置推定方式は、上で述べた 3 方式すべてを実装した。また、物品を検知する RFID タグとして、RF Code 社のアクティブ RFID タグである Spider タグを使用した。本システムに適したタグは、小型で安価であり、タグの検知可能距離がある程度長いものであるため、今後 UHF 帯へのパッシブタグを使って実装する予定である。MTR を測位する環境として、高精度に測位可能で導入コストが低いものが適していると考えられるため、Crossbow 社の MCS410 を使った Cricket [2] を使用した。

3.2 実験環境

筆者らは MobiTra プロトタイプを用いて、実環境における位置推定方式の性能評価を行った。実環境では、タグの電波反射や MTR 自身の測位誤差により誤った履歴が生じ、エリアの表示位置に影響がでると考えられる。そこで本実験では、エリアの大きさを評価するために推定面積比を、エリアの表示位置を評価するために誤差距離について評価を行った。推定面積比は、1 つの履

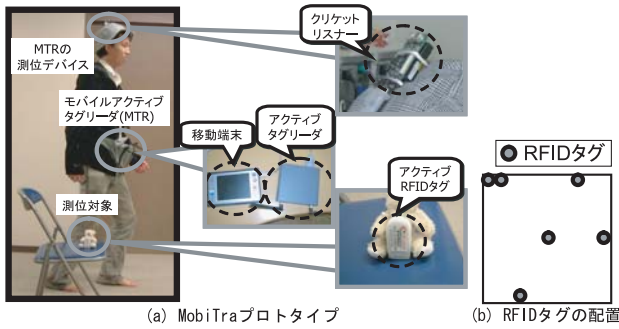


図 2: MobiTra プロトタイプによる評価実験

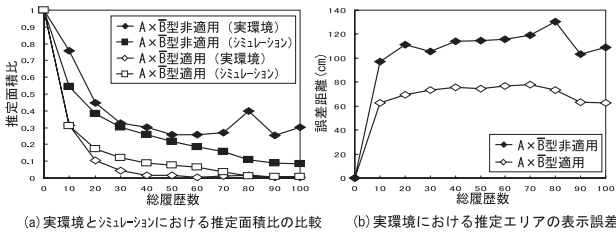


図 3: 実験結果

歴から位置推定により作られた円の面積を 1 とした時の割合と定義した。誤差距離は、タグの実際の位置が位置推定により得られたエリア内に含まれている時は 0, 含まれていない時はタグの実際の位置からエリアまでの最短距離と定義した。また、 $3m \times 3m$ の範囲内にタグを 6 つ配置させ (図 2(b)), MTR はランダムに移動させた。タグリーダの検知距離は約 1 m, タグリーダの ID 検出までの時間は約 2.5 秒であった。

3.3 実験結果

実環境において位置推定によって得られたエリアの減少傾向を評価するために、推定面積比について評価した。図 3(a) に推定面積比を示す。 $A \times B$ 型を適用しない場合、実環境はシミュレーションより面積が減少しなかった。これは、位置推定処理が誤って中断し、位置推定に実際に適用している履歴数が少なくなるためである。MobiTra では、位置推定処理の途中で円が重ならなくなると、推定対象の RFID タグが移動したと判断した場合に中断する。実環境では、誤った履歴が生じることで誤った位置に円が作られ、円が重ならなくなる。そのため、MobiTra は誤って RFID タグが移動したと判断し、推定処理が中断される。また、実環境における推定面積比が一時的に増えている理由も同じであると考えられる。

一方、 $A \times B$ 型を適用した場合、実環境とシミュレーションはほとんど変わらない。これは、 $A \times B$ 型は誤った履歴を利用しても推定処理は中断しないためである。また、実環境の方がシミュレーションより推定面積比が小さくなっている。これは同時に異なるタグを検知すべき状況で、 $A \times B$ 型が誤って適用されることが考えられる。プロトタイプでは MTR は複数のタグを同時に検知せず、1 つずつ検知するためタイムラグが生じる。そのタイムラグ間に Cricket の測位誤差が起き、ずれた位置で異なるタグを検知したとみなされ、 $A \times B$ 型が誤って適用される。

また、位置推定により正しい位置にエリアが表示されているかを評価するために、誤差距離についての評価実験を行った。図 3(b) に誤差距離を示す。 $A \times B$ 型を適用すると、誤差距離が大きくなるのがわかる。これは $A \times B$ 型において、エリアを削除するための円は

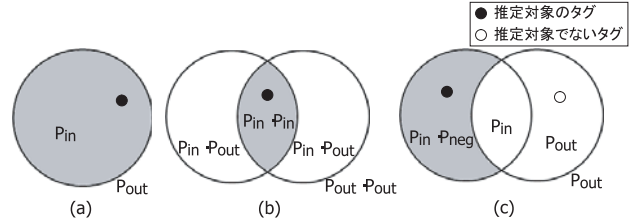


図 4: 存在確率の付加による位置推定方式

最大検知可能距離を半径としており、余分にエリアを削除するためだと考える。

この評価結果から、 $A \times B$ 型を適用すると、推定面積は減少するが、誤差距離が大きくなり、 $A \times B$ 型を適用しないと、誤差距離が小さくなるが、推定面積は減少しないという特徴が見られた。しかし、MobiTra では誤差距離が小さくなり、推定面積が減少することが望まれる。高性能な MTR の測位システムや RFID システムを用いることで望まれた結果が得られるが、コストが増えてしまう。そこで、低コストで望まれた結果を得ることが可能な新しい位置推定方式が必要となる。

3.4 誤った履歴を含んだ環境に対応した位置推定方式

実環境では誤った履歴が位置推定結果に悪影響を与えるため、誤った履歴が利用されても影響を受けにくい方式が必要となる。そこで、位置推定により得られたエリアにタグの存在確率を付加させる方式を検討する。この方式は、一部の誤った履歴により誤った位置にエリアを表示しても、他の正しい履歴から経験的に正しい位置にエリアを修正することができる。また、誤った履歴により位置推定処理が中断することもないため、エリアはより小さくなる。

今までの方式と同様に 3 つの位置推定アルゴリズムを用いるが、位置推定により得られたエリアにタグの存在確率を付加し、その確率が一番高いエリアにタグが存在すると推定する。まず図 4(a) のように円型により円を作成し、存在確率を円内に P_{in} と円外に P_{out} を付加する ($P_{in} > 0.5 > P_{out}, P_{in} + P_{out} = 1$)。また、 n 個の履歴に $A \times B$ 型を適用して、 k 個の円と重なったエリア e における存在確率 P_{e-new} は、

$$P_{e-new} = P_{in}^r \times P_{out}^{(n-r)} \quad (1)$$

で、導き出される (図 4(b))。また、 $A \times B$ 型が適用可能なエリアでは、(1) で求めた P_{new} に新たに存在確率 P_{neg} をかけることによりそのエリアの存在確率を上げる (図 4(c))。ただし、図 3(b) より $A \times B$ 型は信頼性が低いことから P_{neg} は、 $P_{in} > P_{neg}$ とする。

4 まとめ

本稿ではモバイル RFID タグリーダを用いた物品管理システムである MobiTra のプロトタイプを実装し、実環境における位置推定方式の性能評価を行った。また、実環境では誤った履歴が位置推定に影響を解決する方式として、位置推定により得られたエリアにタグの存在確率を付加することを検討した。

今後は本稿で新たに検討した方式についてどの程度実環境に耐えられるかについて評価する。また、存在確率 P_{in} を決めるためのパラメータについて検討する。

参考文献

- [1] J. Hightower et. al., "Location Systems for Ubiquitous Computing," IEEE Computer, Vol. 34, No. 8, pp. 57 - 66, 2001.
- [2] A. Smith et. al., "Tracking Moving Devices with the Cricket Location System," MOBISYS2004.