

屋内施設における迷子防止サービスの構築

木村峻介[†] 松本卓人[†] 浜中雅俊^{††} 李昇姫[‡]

筑波大学大学院システム情報工学研究科[†] 筑波大学システム情報系^{††}

筑波大学大学院人間総合科学研究科[‡]

1. はじめに

本研究では、迷子防止サービスを目的とした加速度と無線電波を用いた位置推定について述べる。本研究における迷子防止サービスとは、施設内でデバイスを装着した子どもが保護者と離れて迷子になりそうな状態を両者の位置情報等から推定し、保護者に注意を促すことで迷子を予防するシステムのことを指す。

従来、多くの屋内位置情報サービスが実用化されてきたが、迷子の事前防止は考慮されていなかった[1][2]。一方、迷子防止を目的としたシステムに、振動を利用して親のいる方向を提示するシステムがあったが、屋内利用が出来なかったり、親子の階が異なることを提示できないという問題があった[3]。

そこで、我々はこれまで、屋内施設に訪れた親子の迷子捜索と防止を目的とした情報共有サービスを構築してきた[4]。大型ショッピングモールにおける実験により、このサービスの位置の推定精度は、エリア同士の境界付近において隣接エリアとの誤判定はあるものの、捜索者の見通しの範囲内で行われる迷子捜索には十分であった。

しかし、子どもと保護者とが離れた時に、保護者に注意を促して、迷子を防止するシステムを考えた場合、以下のような問題が考えられる。

第一に、保護者と子どもが同一エリアにいるにも関わらず、両者が異なるエリアにいると推定され、迷子の可能性を誤検出する問題がある。

第二に、両者は異なるエリアにいるが同一エリアにいると推定し、迷子ではないと判定する問題がある。

本研究では、エリア推定の精度をより向上させることで、誤推定を軽減させる。具体的には、デバイス内に内蔵された加速度センサを用いて、位置推定に用いる隠れマルコフモデル[4]の状態遷移確率を加速度に応じて変化させる手法の提案と、エリア境界付近での隠れ状態の検討を行う。

"Construction of Indoor Location based Service For Lost Child Prevention" [†]Shunsuke Kimura [†]Takuto Matsumoto [†]Masatoshi Hamanaka [‡]SeungHee Lee (University of Tsukuba, ^{††}Graduate School of Systems and Information Engineering ^{†††}Faculty of Engineering, Information and Systems [‡]Graduate School of Comprehensive Human Sciences)

2. 隠れマルコフモデルを用いた位置推定

我々の構築した位置推定手法は、無線電波を用いて、エリア推定を行う[4]。デバイスは、一定の時間間隔で電波強度の異なる電波と加速度の値を発信する。このとき基地局への電波の到達状況は、デバイスが発信した電波の強さと、デバイスの建物内の位置や建物の構造によって変化する。

そこで我々は、人のエリア移動を状態遷移と捉え、デバイスと基地局との通信情報を出力とする隠れマルコフモデル(HMM)を構築し、位置推定を行った。具体的には、建物内での人のエリア移動を確率モデル化することで状態遷移確率を導出する。出力確率は、デバイスから基地局へ電波が到達する確率と、大気圧が正しい階推定を行う確率をそれぞれ確率モデル化して、掛け合わせたものである。求められた状態遷移モデルと出力確率をもとに図1で表されるようなHMMを構成した。

2.1 加速度センサを用いた状態遷移確率の生成

HMMの状態遷移確率の人の移動のモデルは、平均的な人間の歩行速度を平均としたガウス分布で表していた。そのため、エリア同士の隣接した場所で、立ち止まっていた場合でもエリアを移動していると誤判定する場合があった。

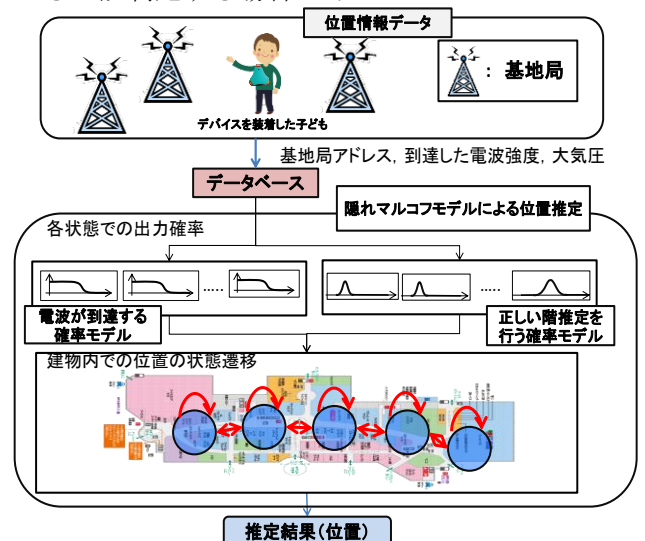


図1. 位置推定システムの全体図

この問題を解決するため施設内で自由歩行を行っている人の、単位時間当たりの施設内でのエリア移動をモデル化する。

具体的には、対象とする施設の範囲を複数のエリアに分割すると、人がある時間に、あるエリアにいることをひとつの状態として捉えられる。すると、施設内での単位時間によって変化する人の移動を状態遷移と捉えることができる。各エリアの中心距離 d_{ki} に応じたガウス分布(式 1)から、人のエリアの移動モデルを生成する。生成したガウス分布の平均の値を加速度の値を用いることで、加速度に応じた人のエリアの移動モデルが生成できる。

$$f(d_{ki}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(d_{ki}-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

2.2 エリア境界線部分の状態の追加

エリア同士の隣接付近での電波環境は似ているため、誤判定が多いという問題があった。そこで、電波環境の似通うエリア同士の隣接付近を、新しい状態として位置推定を行う。

具体的には、境界部分の状態を通過しないと、隣の状態へ移動できないようなモデルを構築する。すると、エリア境界線付近の状態に近づくと、2.1 で述べたように加速度に応じて移動する確率が高まるのでエリア移動を高い精度で検出することができるようになる。

また、エリア隣接箇所が 2 ヶ所以上あるエリアにいる両者がどの隣接付近にいるかを、検出することも可能となる。

3. 評価実験

我々の提案した状態遷移モデルと、エリア境界線付近に新しく状態を追加する手法が有効かどうか、従来手法[4]と性能を比較する。

3.1 実験方法

大学構内の広さが 30m×13mの建物通路部分で実験した。吹き抜けのあるショッピングモールでの実験の結果[4]、大気圧センサによって十分な精度で階の判別が可能であることを確認しているため、ここでの実験では一つの階のみで行った。エリアは図 2 に示すよう設置した基地局同士の位置に二等分線を引いた範囲である。

実験では、位置推定用デバイスを所持した被験者が測定範囲内を 30 分歩行した際の、位置推定精度を確認した。自由歩行を行う被験者は、あらかじめエリア A~E の場所とそれぞれの境界を示したマップを所持し、自由歩行をしながらエリア移動を記録する。この記録を正解データとして評価を行った。また、この位置検出デバイスは 5

秒ごとに発信しており、5 秒に 1 回の頻度で位置推定が行われる。

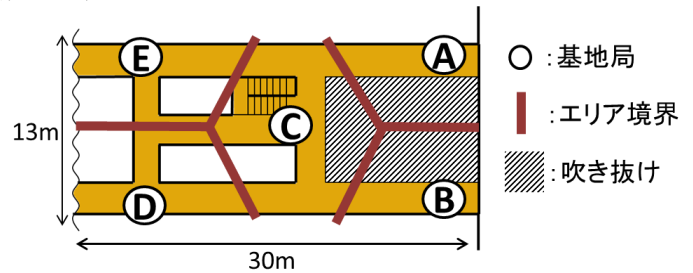


図 2. 実験場所と正解エリア

3.2 実験結果

実験の結果、提案手法での正解率は 74.2%、従来の位置推定手法では 66.5%となり、7.7%正解率が向上した。この結果から、加速度センサを用いて、状態遷移確率を加速度に応じて変化させる手法とエリア境界付近での隠れ状態を追加する手法の有効性が示された。

今回の実験での、位置推定精度低下の主な原因は、通路の壁の反射等による、特定の位置の極端な電波環境の変化であった。

これについては、学習や最尤推定手法等を用いて、局所的な電波環境の変化に対応できる出力確率のモデルを生成することでこの問題を解決することを検討している。

4. まとめ

本稿では、迷子防止を目的として、従来手法の精度を向上させるため、加速度に応じた状態遷移確率のモデル化と新しい状態作成を提案し、実験により評価した。従来手法と比較して 7%以上位置推定精度が向上することが確認された。

現在、ショッピングモールでの本手法の実用性の確認を計画している。

参考文献

- [1] 暦本 純一 他「PlaceEngine: 実世界集合知に基づく WiFi 位置情報基盤」、インターネットコンファレンス, pp.95-104,2006.
- [2] 坂井 宏光 他、「安全・安心なお買い物環境を実現する屋内基地局測位による迷子探しサービス」 NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル 17(2), pp.46-48, 2009.
- [3] 岡田 延昭 他、「迷子防止のための振動による位置関係情報提示装置の提案 —カンジルホワイ—」第六回知識創造支援システムシンポジウム報告書,pp.113-118,2009.
- [4] 木村 峻介 他「迷子探しを目的とした屋内位置情報サービスの構築」第 12 回情報科学技術フォーラム (FIT2013), RO-019, 7 pages, September 2013.