

XBee を用いた確率モデルに基づく位置推定手法

木村 峻介[†] 浜中雅俊^{††} 李 昇姫[‡]筑波大学理工学群工学システム学類[†]筑波大学大学院人間総合科学研究科[‡]筑波大学大学院システム情報工学研究科^{††}

1. はじめに

本研究では、大型施設内での迷子探しを目的とした位置推定の手法を提案し、実験によりその有効性を確認する。

子どもが迷子になってしまった場合、子どもは保護者を探して動きまわる可能性がある。また、保護者も子供を探すために子どもの現在の位置を確認したいと思われる。

そのため、子どもに施設内で発振器を所持してもらい、施設内に複数設置された基地局への到来電波の情報から、子どもが施設内のどの付近にいるのかを推定したい。

ここで、子どもが施設内を移動する場合では以下のような制限が考えられる。

- a) 通路が壁で仕切られていたり、吹き抜けとなっている場所は通り抜けて移動することができない。
- b) 2階以上ある施設においては、エレベータやエスカレータ、階段のようなものがなければ移動することができない。
- c) 通路において、人が走る速度を上回る速度での移動はできない。

従来の電波を用いた屋内での位置推定手法は、三点測量のようにして各基地局の受信電波強度から位置を推定する方法であったが、推定したい範囲あたりの設置個数が多くなってしまう問題があった[1]。一方、事前に対象場所での電波強度マップを作成し、最も近似する受信状況の場所を推定する方法があるが、ショッピングモール等の施設でのレイアウトの変更により電波強度マップが変化するたびに、電波強度マップを作り直す必要があった[2]。これに対し、我々はより単純な方法として複数の基地局から電波強度の異なる電波を発信し、どの基地局からどの強度の電波を受信できたかを元に位置を推定する手法を研究してきた[3]。しかし、この方法でも電波が壁や物に反射する等の影響で、電波の受信可能範囲が大きく変動するため、推定は容易でない。

そのため、本研究では電波強度による各中継器の受信可能性と、施設の移動制限による子どもの振舞いについて確率モデルを用いてモデル化する。

本研究では、小型で省電力という特徴のあるXBee無線モジュール[4]を使用した。

2. 隠れマルコフモデルを用いた位置推定

子どもの振舞いを確率モデルにすることで、各基地局への電波到来状況から位置の推定を行う。

2.1 子どもの場所移動を表す確率モデルの生成

図1に示すように、ある時間に、ある位置にいる状態をひとつの状態としてモデル化し、時間によって変化する子どもの位置の状態遷移と捉えて、各基地局の受信電波状況を出力とした隠れマルコフモデル(HMM)を生成する。

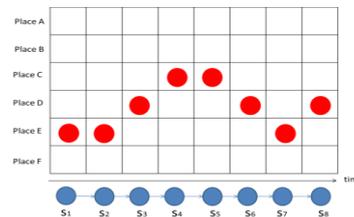


図1. ある時刻における、子供の位置の遷移

状態遷移確率は、1節で述べた制限 a)~c)を考慮した上で、現在の状態からの距離に応じて、ガウス分布(1)で近似した。また、発信間隔における子どもの移動距離の平均と標準偏差は6~8歳までの男女の50メートル走の統計データを用いた[3]子どもは年齢や性別間での身体的な差が小さいため、移動距離においてガウス分布で近似できると考えた。

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

2.2 状態遷移モデルにおける出力とその出力確率について

子どもが所持する発振器は電波強度の複数異なる電波を発信している。対象範囲内に複数の受信器を設置し、各地に設置された受信機が、発振器からの送られたどの強度の電波の信号を受信したかどうかを出力とする。

ここで、受信器の受信電力の平均値は、距離の

"Position Estimation with XBee Using Probabilistic Models"
[†]Shunsuke Kimura [‡]JaHee Son, SeungHee Lee ^{††}Masatoshi Hamanaka (University of Tsukuba, [†]College of Engineering Systems, Third Cluster of Colleges [‡]Graduate School of Comprehensive Human Sciences ^{††}Graduate School of Systems and Information Engineering)

-3.51 乗に比例して減衰する[4]. また, 受信器は -92dBm 以上ならば受信できる. そのため, 出力確率となる電波強度の異なる電波が各受信器に届く確率は, 送信時の電波強度と各状態との距離に応じた, ガウス分布 (1) で近似する.

3. 実験結果

実験対象とする範囲内に複数の受信器を設置する. 発振器は, 各地に設置した複数の受信機に対して, 1 対他のブロードキャスト通信を一定時間間隔で行う. また, 発振器は発信時に細かい位置を知らせるために電波強度の異なる, 強い電波 (1.4dbm) と弱い電波 (-7dbm) の二種類の電波を発信している. 発振器は発信された強い電波と弱い電波を, 各受信器が受信したかどうかを出力とする.

3.1 実験場所

実験は, 図 2 のような一部が吹き抜けとなっている大学構内の建物で行った. 図 3 のように建物内部を半径 6m の円で区切り, 発振器を所持した人が区切った円のうち, どの円の中にいるかを本手法で作った HMM と Viterbi アルゴリズムを用いて推定する.



図 2. 実験の場所

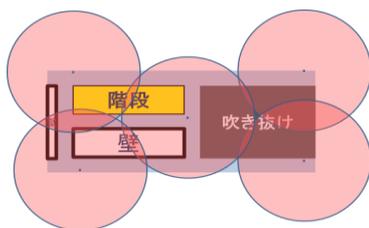


図 3. 隠れ状態

3.2 位置検出の評価

以下の手順で, 実験と評価を行う.

- (1) それぞれの状態の範囲内をマークで区切る.
- (2) 発振器を持った人が, 測定範囲内を 3 分間自由に歩く.
- (3) 被験者は 5 秒間に一度, どこかの状態の範囲内に立ち止まってもらい, 位置を推定する.
- (4) 推定された範囲と, 実際に状態として区切った位置があっているかを確認する. ここで, 状態と状態が重なっている場合に, どちらの状態ともとれるため, そこでの推定は行わないことと

した.

- (5) (1)~(4)を繰り返して正答率を求める.

(3)において本手法と, [3]の手法を用いて位置推定を行い, 正答率の比較を行う.

3.3 結果

本手法では従来の手法[3]に対し, 精度の向上が確認された(表 1). 従来の手法では, 常に動いている人の位置を推定する場合, 精度の低下が確認された.

本手法での推定誤りは, 状態の重なり付近において, 重なっている相手の状態との誤りが主な原因であった.

表 1. 正答率の比較

	正答率
本手法	66.6%
従来の手法	38.7%

4. おわりに

本稿では, HMM を用いた位置推定手法を提案し, その有効性を確認した. 建物内では, 構造や店舗の関係で状態遷移に偏りが生まれると思われるため, 対象建物内での遷移分布の学習を行うことで更なる精度が向上が考えられる.

このシステムを利用して, 大型ショッピングモールでの迷子防止, 子どもが迷子になった際に web 上での位置確認, ショッピングモール内での子どもの行動や状態を記録し親子で情報を共有するサービスへの応用を現在進めている.

参考文献

- [1] 高島雅弘 他, 「ZigBee™ を用いた屋内位置推定方式(A-21. センサネットワーク, 基礎・境界)」電子情報通信学会総合大会講演論文集 p. 366, 2005.
- [2] 藤田迪 他「地下鉄構内の制約条件を利用した無線 LAN 位置推定手法」情報処理学会研究報告, 2008.
- [3] M. Hamanaka, Y. Murakami, A. Usami, Y. Miura, and S. H. Lee: System for Detecting Kindergartners' Potential Emergency Situations, World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics 2010(WMSCI2010), Vol. I, pp. 296-301, 2010.
- [4] Digi international. "Xbee Zigbee/Mesh RF Modules", http://www.digi.com/pdf/ds_xbeeme_shmodules.pdf.
- [5] 文部科学省「平成 12 年度体力・運動能力調査」の概要 3 基礎データ http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/022/tk0022/kiso_data.htm.