

XBee を用いた屋内位置検出の吹き抜け構造における精度改善

松本卓人[†] 浜中雅俊^{††} 李昇姫[‡]筑波大学第三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

本稿では、省電力無線通信モジュール XBee[1] を利用し、ショッピングモール等の吹き抜けにおいて大気圧センサによる高度情報を利用した効率的な位置検出手法について検討する。

我々は、保育園児が持つ XBee 内蔵デバイス(以下デバイスと略称)から発信される電波が、施設内に設置された複数の基地局それぞれに到達したか否かを元に屋内位置検出を行う手法を構築してきた[2]。この方法で、ショッピングモールで実際に位置検出する場合には、店舗の構造によっては基地局の設置が難しく、また、なるべく設置数を減らしたいという課題がある。

そこで我々は、吹き抜けのある場所で階をまたいで電波が届くことを利用して、吹き抜け周辺の特定の階にのみ基地局を設置し、その基地局を利用して別の階の吹き抜け周辺における位置検出を行うことで基地局の数を減らすことを考えた。

このような場合、現在どの階にいるか正しく判定できることが重要である。そこで、大気圧と高度が反比例関係にあることを利用して、我々はデバイスに大気圧センサを実装し大気圧を測定することで相対高度を求めることにした[3]。

実験の結果、ある階に基地局が設置できない場合でも、他の階に設置した基地局および、大気圧センサで求めた相対高度を使って位置推定が可能であることを確認した。

2. 相対高度の算出

大気圧は気象によって常に変動しているため、高度を正確に求めることは難しい。しかし、今回は階が正しく求めれば良いので、同じ建物内のある参照地点における気圧と温度を常に測定し、デバイスの高度 z を参照地点に対する相対高度として求めることで、気象要因による大気圧変動の影響を抑える。ここで、気圧と高度の

"Improvement in accuracy of position detection in an atrium using XBee." [†]Takuto Matsumoto ^{††}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)

関係は次式で与えられる。

$$p(z) = p(z_0) \exp\left(\frac{-g(z - z_0)}{R_d \bar{T}}\right) \quad (1)$$

ここで、 R_d は 1kg の乾燥空気に対する気体定数で 287[JK⁻¹kg⁻¹]、 \bar{T} は z_0 から z までの平均気温、 g は重力加速度で 9.81[m/s²]、 $p(z_0)$ 、 $p(z)$ はそれぞれ高度 z_0 、 z における大気圧である。(1)式の両辺の対数をとると、

$$z = z_0 - \frac{R_d \bar{T}}{g} \log\left(\frac{p(z)}{p(z_0)}\right) \quad (2)$$

(2)式から、参照地点とデバイス所持者のいる地点での気圧と温度が分かれば、参照地点に対する相対高度が求まる。ただし、デバイス所持者の走行による上下運動などにより、センサに物理的な衝撃が加わることでセンサの出力に誤差が生じる。そこで、実際にデバイスを首にぶら下げて動き回ったところ、同じ階での高度の標準偏差は 0.43m であった。ショッピングモールの1階の高さは約 5m であるため、どの階にいるかの検出に誤差の影響は無い。

3. 隠れマルコフモデルによる位置推定手法

本システムでは、子どもの施設内における振る舞いを隠れマルコフモデル(HMM)によってモデル化している。子どもの最近傍の基地局の移り変わりが隠れ状態の遷移であり、各基地局における到来電波を観測結果としてモデル化、推定を行っている[4]。吹き抜け付近では階をまたいで電波が届いてしまうため、吹き抜け付近での位置検出精度が低くなる。そのため、正確に高度および階を検出する大気圧センサを用いる必要がある。さらに、階が正しく検出できれば、電波が階をまたぐことから、別の階の吹き抜け付近の基地局を省略することが可能になると考えられる。

3. 実験結果

デバイスを所持した位置検出の対象者が移動している間、デバイスは 3 秒おきに強度の異なる 2 種類の電波(1.4dBm と -7dBm)を発信する。位置検出範囲内に複数の基地局を設置し、デバイスからの電波を受け取らせる。この電波にはその位

置で測定された大気圧と温度の値を含めているので、各基地局で各種電波が受信したかどうか、およびその位置の温度と大気圧が確認できるため、その情報をもとに位置推定を行う。大気圧と温度の測定には大気圧センサ SCP1000-D01 を用いている。

3.1 実験場所

図1のような1階と2階が吹き抜けと階段で繋がっている場所を対象に実験を行った。建物は鉄筋コンクリートでできているため、壁や床は電波を通しにくい。天井の高さは5mである。A, B, C, D, E は実際に基地局を設置した場所で、A', B', C', D', E' は、2F の各基地局の真下に位置しており、実際は基地局が無いが、大気圧センサを用いて検出しようとしている位置、すなわち仮想的な基地局の場所である。基地局の周りの赤い円は、デバイスから基地局に電波が到達する範囲であり、点線の円は仮想的な基地局の電波到達範囲である。図1のように施設内を、基地局を中心とした半径6mの円で区切り、デバイスをつけた人がある基地局の円内部にいるときに、その基地局と、検出結果が一致していれば正解とする。

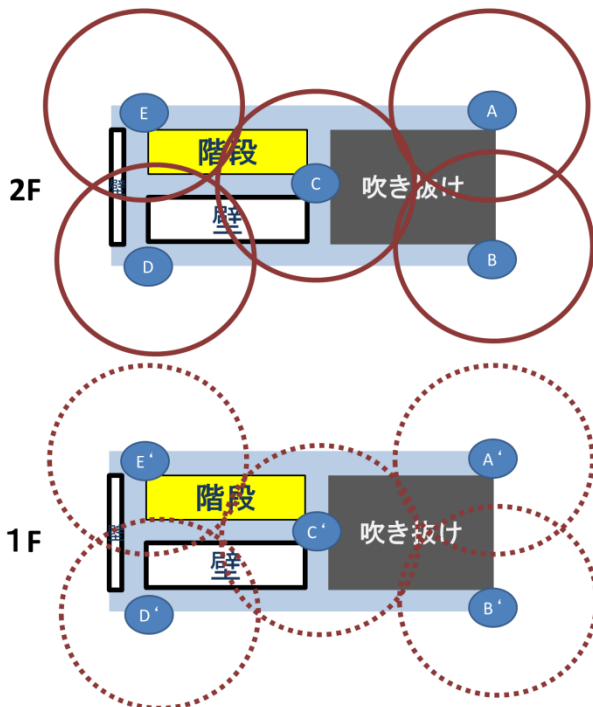


図1 実験の場所と基地局の設置

3.3 評価方法

A~Eの基地局を設置して、従来手法によって2Fを歩き回るデバイス所持者の位置推定をした場合(手法1)と、1Fを歩き回るデバイス所持者の位置推定をした場合(手法2)のそれぞれの推定の正解率を比較する。

また、図1のマップの中で、A, B, Cの基地局は吹き抜けに面しており、D, Eは面していない。そのため、基地局A, B, Cにおける正解率と、基地局D, Eにおける正解率を分けて求めて、吹き抜けから離れた場合にもこの手法が適用できるか検討する。

3.4 結果

実験の結果、手法1は吹き抜け付近(A, B, C)で82.8%、全域では66.6%の正答率だったのに対し、手法2では、吹き抜け付近のみの正答率は48.6%であり、またD, E'に関しては、電波は届かず検出は不可能だった。基地局の受信状況を確認すると、吹き抜けにおいて、電波は真下ではなく床を避けて基地局に到達することが多いために、正解率が下がったと考えられる。

4. まとめ

本稿では、ある階に基地局が設置できない場合でも、他の階に設置した基地局および、大気圧センサで求めた相対高度を使って位置推定が可能か検討した。吹き抜け付近では5割程度の正解率で位置検出が可能であった。

今後、このシステムを用いて大型ショッピングモールでの迷子防止、迷子の子供のWeb上での位置確認、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進めていく。

参考文献

- [1] Digi international “XBee Zigbee/Mesh RF Modules”, http://ww.digi.com/pdf/ds_xbeemesh_modules.pdf.
- [2] Masatoshi Hamanaka, Yuichi Murakami, Dahyun Kim, Yuji Miura, Kazuya Atsuta, Seunghee Lee: System for Detecting Kindergartners' Potential Emergency Situations, Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 9, No. 2, pp. 39-45, 2010.
- [3] 小西勇介, 柴崎亮介, “自律方式による歩行者用ポジショニングシステムの開発,” 地理情報システム学会講演論文集10, pp. 389-392, 2001.
- [4] 木村峻介, 浜中雅俊, 李昇姫, “XBeeを用いた確率モデルに基づく位置推定手法”, 第75回情報処理学会全国大会, 4Y-1, 2013.