

M-051

ZigBeeに基づく屋内測位とその応用 Indoor Positioning System with ZigBee and Its Application

辻 順平† 川村 秀憲† 鈴木 恵二† 池田 剛† 河本 満† 幸島 明男† 車谷 浩一†

Junpei Tsuji Hidenori Kawamura Keiji Suzuki Takeshi Ikeda Mitsuru Kawamoto Akio Sashima Koichi Kurumatani

1. はじめに

近年、センサネットワークが注目を集めており、センサネットワークを実環境で活用するにあたって、センサの位置情報の重要性が主張されている[1][2]。著者らはこれまでの研究で、ZigBeeの電波強度に基づく高精度な屋内測位手法を提案し、その精度を議論してきた[3]。

本稿においてはZigBeeの屋内測位を研究室環境に実装し、環境内のもの・什器に端末を設置してそのトラッキング精度を検証する。この結果から電波強度をベースとした研究室環境の空間情報取得の応用可能性を検証する。

2. 測位手法

2.1 ZigBeeを用いた屋内測位と空間情報の取得

ZigBeeはZigBee Allianceにより提案された、無線PAN(Personal Area Network)の規格である。転送速度は他の無線PANと比較して遅いものの、送信の電力は30mA程度と小さく、同時接続数が65536台と他の規格と比べ飛躍的に多い。これらの特徴から、環境下に多数、長期に渡って設置することができ、運用に際するコストが低く抑えることができる。本稿の実験では、送信側の端末として図1のZigBeeエンドデバイス(Telegesis ETRX2USB)、受信側にZigBeeルータ(Telegesis ETRX2 Ethernet Access Point)を用いた。



図1 本研究で用いたZigBeeエンドデバイス(左)・ZigBeeルータ

Araiらの研究においては、ZigBee間の空間を物理的に遮断するなどして変化したマルチパス環境の特性を検知することで、空間内に存在する群衆の数や移動速度が検出できることが示されている[4]。

本研究では、空間情報の検知の例としてZigBeeエンドデバイスを、(1)掃除機・椅子などのものに取り付けて人の行動を検出、(2)ドアに取り付けて入退出の検出、(3)ロッカー・ホワイトボード等の什器に取り付け利用状況の検知、の応用例の実現性を検討する。

2.2 パーティクルフィルタ

ノイズを含んだ観測情報を基にマルコフ過程に基づく時系列を推定する手法としてKitagawaらによってパーティクルフィルタが提案されている[4]。パーティクルフィルタは、

位置の候補であるパーティクルを空間中にばらまき、それらを更新式に基づいて時間発展させ、観測情報を基に作成した尤度関数に基づいてパーティクルをフィルタリングさせる手法である。

本稿では、パーティクルフィルタをベースとしたEvennouらの手法を用いることにする[5]。本手法では、事前に測位対象の空間を格子状に区切り、その各点で電波強度を計測しておく。この各点の情報はフィンガープリントと呼ばれる。その格子点の事前計測情報を参照情報として、k-近傍法(k-NN)に基づいて観測値 y に対応した位置ベクトル X_y を出力する。尤度関数は下式に基づいて計算される。

$$L(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{\|x - X_y\|^2}{2\sigma^2}\right]$$

2.3 パーティクルフィルタに基づく屋内測位

著者らの研究[3]において、上記手法を実環境に適用した例を示す。本実験では、図1上のようにZigBeeルータを設置し、フィンガープリントを図1下の印の位置で約2.0m間隔の計測を行った。

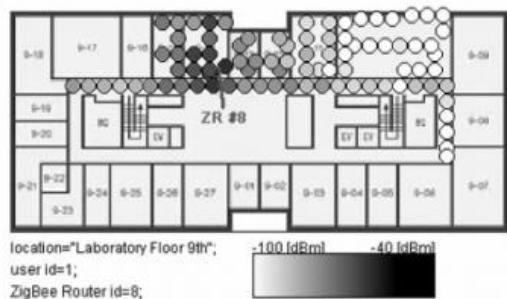
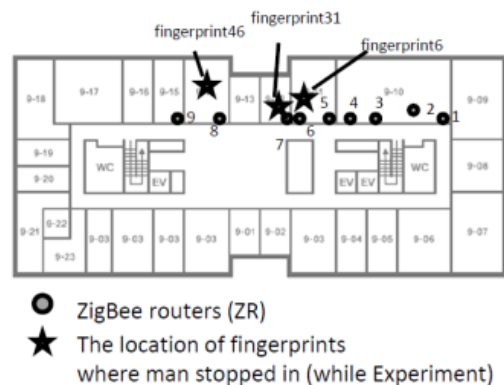


図2 計測環境とZigBeeの設置位置(上)とフィンガープリントの計測結果例(下)

著者らは、上記実験環境において、既定のコースをエンドデバイスを持って移動しながら計測したテストデータに対しパーティクルフィルタを実行し、2m程度の平均誤差で測位できることを示している。

3. 実験設定

研究室内の図2の位置に ZigBee ルータ 10 台とエンドデバイス 5 台をそれぞれ設置した。フィンガープリントは 1m 間隔で計測した。エンドデバイスの 1 は扉に、2, 3, 4 はロッカーに、5 はホワイトボードに設置した。

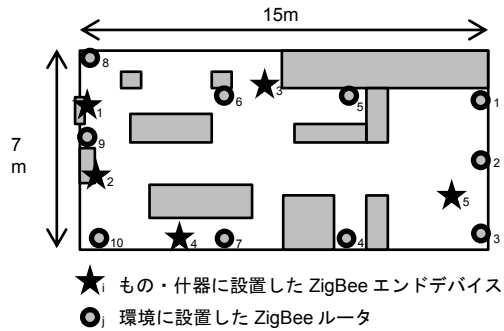


図3 測位環境



図4 フィンガープリントの計測器

4. 結果

4.1 電波強度の計測結果例

図5に、扉に設置したエンドデバイス1と部屋の角に設置したルータ1の間で計測された電波強度の時系列を示す。本結果では、入室と退出をそれぞれ1回行ったが、ちょうどその時刻には、電波強度が落ち込んでおり、空間の変化が電波強度にも反映されていることがわかる。



図5 エンドデバイス1（扉に設置したデバイス）の電波強度の計測例，入退室時

4.2 パーティクルフィルタによる測位結果

本実験の結果は、発表スライドにて紹介する。

5. おわりに

本稿では ZigBee の屋内測位を研究室環境に実装し、環境内のもので什器に端末を設置してそのトラッキング精度を検証した。この結果から電波強度に基づく屋内測位を用いた空間情報取得の利用可能性について検討した。

謝辞

本研究は、科学技術振興事業団「JST」の戦略的基礎研究推進事業「CREST」における研究領域「先進的統合センシング技術」の研究課題「安全と利便性を両立した空間見守りシステム」の支援により行った。

参考文献

- [1] Rabaey, J. M., Ammer, M. J., da Silva, J. L., Patel, D. and Roundy, S., Pico-Radio supports ad hoc ultra-low power wireless networking, *Computer*, Vol. 33, No. 7, pp. 42–48 (2000).
- [2] Patwari, N., Ash, J. N., Kyperountas, S., Hero, A.O., Moses, R.L. and Correal, N.S., Locating the nodes, *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 22, No. 4, pp. 54–69 (2005).
- [3] Tsuji, J., Kawamura, H., Suzuki, K., Ikeda, T., Sashima, A., and Kurumtani, K., ZigBee Based Indoor Localization with Particle Filter estimation, 2010 IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics (SMC), Istanbul, pp. 1115–1120 (2010).
- [4] Arai, M., Kawamura, H. and Suzuki, K., Estimation of ZigBee's RSSI fluctuated by Crowd Behavior in Indoor Space, SICE Annual Conference 2010, Taiwan, pp. 696–701 (2010).
- [5] Kitagawa, G.: Monte Carlo Filter and Smoother for Non-Gaussian Nonlinear State Space Models, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, Vol. 5, No. 1, pp. 1–25 (1996).
- [6] Evennou, F. and Marx, F., Advanced integration of WIFI and inertial navigation systems for indoor mobile positioning, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, Vol. 2006, pp. 164–174 (2006).