

超音波と ZigBee を組み合わせた屋内測位システムの開発

Development of an Indoor Guide System Using ultrasonic and ZigBee technology

平澤 泰文*1, 松川 節*1, 何 一偉*2, 小南 昌信*2

Yasufumi HIRASAWA*1, Takashi MATSUKAWA*1, Yiwei He*2, Masanobu KOMINAMI*2

*1大谷大学 *2大阪電気通信大学

*1Otani University, *2Osaka Electro - Communication University

〈あらまし〉近年の通信技術の発展に伴い、観光施設や博物館において位置情報を利用した様々なサービスが提供されている。このようなサービスを可能にする屋内測位技術は多様化しており、電波、音波、可視光、カメラ画像、歩行者自律航法など多くの方式がある。本研究では、博物館を対象とし、電波と超音波を組み合わせて開発した屋内測位システムについて報告する。

〈キーワード〉 システム開発, 屋内測位, 超音波, ZigBee, 博物館展示鑑賞支援

1. はじめに

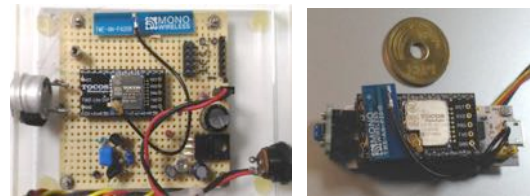
近年、観光施設や博物館においては展示物の前に立った際、その場所に合った様々な情報が携帯端末に表示されたり、音声ガイドで案内されたり、位置情報を利用した様々なサービスが提供されている。しかし、測位システムの代表である GPS と違い、屋内での位置情報の測位システムについては Wi-Fi 電波や超音波や非可聴音、スマートフォン内臓のモーションセンサを用いた測位などが挙げられるが、精度やコストなどの問題から世界標準が存在していない。

筆者らは 2.4GHz IMS 帯を利用する ZigBee や RFID タグ、超音波などを用いた屋内測位システムの研究を行ってきた。2006 年に構築した音声ガイドシステム[1]は、位置情報推定に ZigBee 端末の電波の受信信号強度 (RSSI) を用いたが、伝搬距離分解能やマルチパスの影響によって数 m の精度でしか測位を行う事ができなかった。実証実験を実施する博物館[2]に必要な精度を得るために、超音波と微弱電波を用いた測位システム[3]を構築した。精度は水平方向で 5cm 程度であり、電波での測位方式に比べて高精度と言える。

本稿では、開発した博物館を対象とした超音波と ZigBee を用いた屋内測位システムについて述べる。本システムを利用すれば、測位精度の向上が可能であるとともに、ZigBee ネットワークを構築して、安定した測位結果の取得と利便性を提供できる。本研究の最終的な目的は、本システムを利用した博物館ガイドサービスを提供して、実証実験を行い、有効性を検討することである。

2. 屋内測位システムの概要

図 1 に構築した本システムの送信機と受信機を示す。それぞれのデバイスは、超音波センサと ZigBee 短距離無線通信モジュールで構成される。



(a) 送信機 (固定側) (b) 受信機 (移動側)

図 1. 3次元測位システムの試作デバイス

図 2 に具体的な測位方法を示す。38kHz の超音波を同時に発射する送信機 (T0~T3) を原点、X 軸上、Y 軸上、Z 軸上の 4 ヶ所に配置する。PC サーバから移動端末へ電波で測位開始命令が送信され (①)、移動端末から送信機へ超音波を送るタイミングが送信される (②)。移動端末では、超音波の送信命令から固定送信機から受信する迄の時間差から距離が計算され (③)、その距離データは移動端末から PC サーバに電波で送信される (④)。空間内を移動する受信機は逐次、三次元位置情報に変換され、リアルタイムな追跡が可能となる。この測位方法は、GPS で用いられている方式と同様であり、最低でも 3 台の超音波センサの送信機があれば、関数最小化法を使い近似的に空間内にある受信機の位置座標を求めることができる。

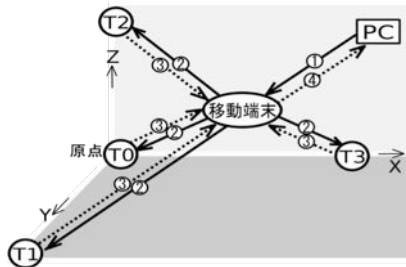


図 2. 開発システムの測位方法

送信機 (T0~T3) を原点, x 軸上の距離 a , y 軸上の距離 b , z 軸上の距離 c の 4 ヶ所に配置する。送信機と受信機間の距離を (r_0, r_a, r_b, r_c) とすると, 受信機の位置 (x, y, z) は下記の式 (1) より得られる。

$$\begin{cases} x = \frac{a^2 - (r_a^2 - r_0^2)}{2a} \\ y = \frac{b^2 - (r_b^2 - r_0^2)}{2b} \\ z = \frac{c^2 - (r_c^2 - r_0^2)}{2c} \end{cases} \quad (1)$$

3. 精度評価実験

図 2 の本システムの基本モデルを図 3 のように実験用に構築して精度を評価した。4 台の送信機は T0 を原点, T1(0,150cm,0), T3(150cm,0,0), T2(0,0,100cm) に配置した。移動端末は床からの高さを一定に保ち, 15cm 間隔で移動してその 3 次元位置を測定した。実験結果は図 3 に示すように○印が理論値で米印が実験値となり, X, Y 軸方向にはほとんど誤差はなく, Z 軸方向に 10cm 程度の測位誤差が認められた。これは Z 座標を非線形アルゴリズムで求めているため, 計算方法を変更することで改善されると考えられる。また送信機から 5m ほど受信機を離すと, X 軸, Y 軸方向でも 10cm 以上の誤差が出てくる。

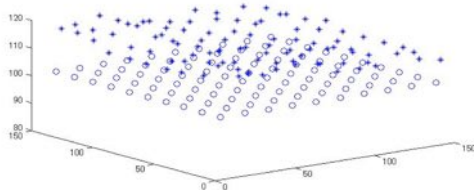
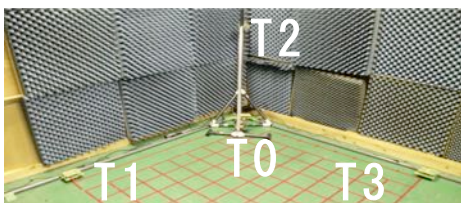


図 3. 実験用システムの基本構成と結果

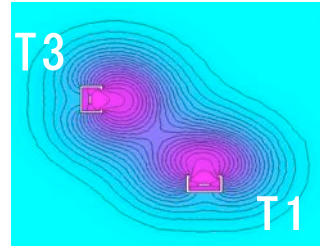


図 4. 計算結果

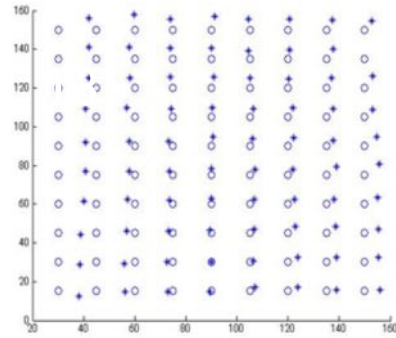


図 5. x-y 面, z=0cm の実験結果

また, 図 4 に x-y 面内での超音波センサの放射界分布について MATLAB を用いて計算したシミュレーション結果を, 図 5 に実験結果を示す。この超音波センサの指向性や放射範囲の結果から, 精度を落とさず測位範囲を広げる場合に必要となる送信機の台数を検討した。

4. まとめ

本研究では超音波と ZigBee を組み合わせた屋内測位システムを開発して, 測位精度と運用方法の検討を行った。博物館で利用するための十分な測位精度があることや, 超音波センサに死角ができるため, 送信機の設置にあたり仰角や方位角の調整が必要であることを確認した。今後の課題は, 約 12m² の博物館展示室内で 16 台程度のセンサ端末を設置, 実証実験を実施することである。複数の受信機を同時利用する場合の精度や本システムの実用範囲なども評価する必要がある。

参考文献

- [1] 平澤泰文 他, プレゼンス情報を利用した Indoor Navigation システムの検討, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-7-105, 2006
- [2] 大谷大学博物館:
http://www.otani.ac.jp/kyo_kikan/museum
- [3] 安達 楽 他: 「博物館で利用可能な Indoor Navigation システムの検討」, 日本教育工学会 第 23 回全国大会講演論文集, 529-530, 2007