

## 3次元位置測定システムにおける自律的キャリブレーション手法

幸田 拓耶<sup>1</sup> 岩本 健嗣<sup>2</sup> 高汐 一紀<sup>2</sup> 徳田 英幸<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部 <sup>2</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

### 1 はじめに

ユビキタス空間を実現する上で環境情報の取得は必須だが、その中で最も基本的なものが物理的な位置情報である。本研究では受信機同士が自律的にキャリブレーションを行い位置を補正する3次元位置測定システムを提案する。

本システムは受信機同士で距離を測定し互いの位置関係を自動的に特定する。よって自律的かつ速やかなキャリブレーションが可能になり、設置時に受信機の位置を決めておく必要が無くなる。これにより位置情報を扱う空間を即興的に構築する事を目指す。

### 2 背景

コンピュータの高性能化、低価格化、小型化により、さまざまな機器に情報処理能力が備わった。また、多彩なセンサの開発によって今までにないさまざまな環境情報をコンピュータ上で取り扱えるようになった。これにより、あらゆる場所にコンピュータが存在し、直接ユーザに意識されることがない空間を構築することが可能となっている。これをユビキタス空間と呼ぶ。このようなユビキタス空間でユーザの要求に沿って機器が動作するためには、環境を認識し判断するさまざまなセンサが必要である。また、ユビキタス空間において各種センサ類を動作させる場合、その配置を知るために詳細な座標が必要になる。焦電センサで人間の有無を確認する場合や、温度センサで部屋の温度分布を調べる場合、計測点の位置を把握する必要がある。その他、センサ類に限らず、情報家電のような各種機器、ユーザ自身のような非機器といったオブジェクトの位置情報を取得することにより、様々な情報とオブジェクトを関連付けて、より直感的に理解できる情報の提示や操作性を提供する拡張現実の実現が可能になる。例えば各機器の位置を取得して近くにあるデバイス同士で通信させることで機器発見に利用したり、ユーザの動きを検出してジェスチャー入力に対応するなどが考えられる。

現在実現されている屋内向け位置情報システムにはSTONE[1]やIS-600[2]のような超音波を利用したものがある。これらは超音波を発する測位対象と、環境に用意された複数の超音波受信機によって三点測量を行い、位置を取得している。この際、互いの超音波受信機の位置は設置時に手作業で測定しあらかじめ特定されている必要がある。さらに正しく位置を特定するには3点以上の受信機に直接超音波が届く必要がある。よって設置後にずれの生じない部屋の天井や壁に超音波受信機を固定する事になり、移動の際は多大な労力を要し、また家具、家電といった内装品を置く際にも、受信機の邪

魔にならないような場所を選ぶ必要がある。ユビキタス空間は本来デバイスの存在を意識する必要がなくてはならない。例えば、ホームシアターのサラウンドスピーカのように簡易な設置方法で環境が整い、必要のないときはすぐ撤去できるようにすべきである。

また、アドホックセンサネットワークを構成する際にセンサ群の中で本システムを応用することにより低コストに精度の高い位置情報取得を実現できる。

### 3 目的と要求要件

本研究では位置情報を利用できる空間を即興的に構築し、一般的な居住空間においても違和感の無いシステムとする事を目的とする。そのための要件を以下に挙げる。

#### ● 居住（生活）空間への適応性

ユビキタス空間は今後、研究室のような専門施設ではなく、一般的な居住空間にも適応していく必要がある。その際の位置情報システムはさまざまな部屋の使用目的に応じて、システムが広い空間を占有したり他の内装品の設置を妨げるようなことがあってはならない。また、部屋の利用者に対して威圧感を与えたり目障りにならないようできる限り目立たないようにする必要がある。例えばSmartFurniture[4]のように家具に埋め込まれた形での機器の提供が望ましい。

また、より確実に超音波を受けるため受信機はできる限り高い位置に設置されるべきである。本研究では、SmartFurnitureを発展させ、床置きのパールとして設置する事で家具と融合し、また高い設置位置を維持できる。

#### ● 受信機同士の自律的な相対位置特定

位置を取得するにあたり、複数ある受信機同士の相対的な位置関係を把握する必要がある。そのため、受信機同士で位置を測定する必要がある。本研究では受信機に初期設定時のみ使用する超音波発信機を取り付け、発信機の測定のみではなく受信機同士の距離測定にも超音波を利用する。

これらの要件を満たす位置取得システムとして、本研究ではパール型位置情報取得デバイス SmartLocatorを設計、実装する。

## 4 システムの設計

### 4.1 全体の構成

測定対象となる発信機（超音波タグ）の位置を測定するためには最低限3つの受信機が必要である。各受信機にはキャリブレーション用の超音波発信機が取り付けられる。これをディテクタユニットと呼ぶ。また、システム全体の同期を取る機構と測距のための計時機構を備えたベースステーション、計時結果を元に座標を割り出すPCが必要となる。システムの構成を図1に示す。

本研究ではディテクタユニットはパールの頂上に設置するため小型にする必要がある。そのため構成はセン

Auto Calibration for Ultrasonic 3D Positioning System  
Takuya Koda<sup>1</sup>, Takeshi Iwamoto<sup>2</sup>, Kazunori Takashio<sup>2</sup>,  
Hideyuki Tokuda<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Environmental Information, Keio University

<sup>2</sup>Graduate School of Media and Governance, Keio University  
E-Mail: acky@ht.sfc.keio.ac.jp

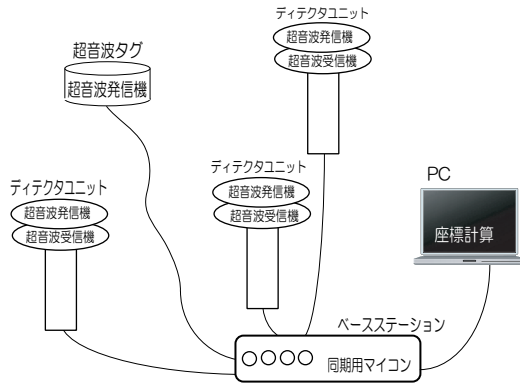


図 1: システム構成図

サ、アンプ等最小限とする。同期と計時についてはリアルタイム性が要求されるため、一般的な OS を利用する PC は適さない。本研究では専用にマイコンを利用したベースステーションを設計した。全ユニットの同期、計時とデータの取り纏めを行い、座標計算を行う PC とのインターフェイスとして機能する。座標計算は処理能力が要求されるためベースステーションを接続した PC 側で行う。作動手順は、まず位置を取得したい空間の周辺 3 箇所にディテクタユニットを立てる。その後、電源投入、あるいはリセット時にキャリブレーションを行い、完了次第、発信機の測位を行う。

#### 4.2 キャリブレーション方法

全ディテクタユニットが 1 台ずつ超音波を発信し、残る 2 台が距離を測定する。3 角形を構成する 3 辺の長さが特定できれば互いの相対位置は一意に定まる。まず、ベースステーションによって各ディテクタユニットに ID が振られる。最も若い ID を振られたユニットを原点、2 つめが x 軸上の点として本システムにおける座標系が決定される。

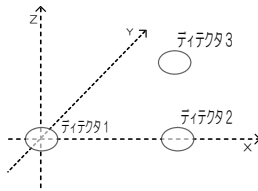


図 2: キャリブレーション

#### 4.3 発信機の測位

三点測量の原理を用いて発信機と各受信機との間の距離から位置を特定する。

#### 4.4 測距方法

発信機から超音波を発すると同時にベースステーションのタイマをリセットしカウントを始める。ディテクタユニットが超音波を受信するまでの時間を計り、距離を計算する。その距離をディテクタユニットの ID とともに値を PC へ送信する。屋内での使用が前提のため最大測定距離を 8m とし、サンプリングレートは 40Hz とした。

## 5 実装

SmartLocator の実装環境を以下に示す。

### ● PC

下記のマシンを利用しシリアルポート経由でベースステーションに接続する。

CPU	Pentium II 400MHz
Memory	192MB
OS	FreeBSD-STABLE
Language	C(gcc)
X Toolkit	GTK+/GDK

### ● ベースステーション

CPU	ATMEL AT90S2313 10MHz
Language	Assembler(avrasm)

PC とシリアルポートを利用して 115,200bps で通信する。同期信号を生成し超音波を発信させ、各受信機へ届くまでの時間を計測する。

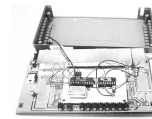


図 3: ベースステーション

### ● 超音波タグ

LMC555 による発振器と MAX232 によるアンプ、40kHz の圧電セラミック式センサにより超音波発信機を構成する。ベースステーションからの同期信号により超音波を発信する。

### ● ディテクタユニット

40kHz の圧電セラミック式センサと 1000 倍のアンプ、アナログコンバータにより構成される超音波受信機と超音波タグと同様の超音波発信機により構成される。ベースステーションからの同期信号により超音波を発信するとともに超音波の受信をベースステーションへ知らせる。

## 6 まとめと今後の課題

本稿では超音波を利用した 3 次元位置測定システムにおける自律的なキャリブレーションを行うための手法について述べた。これにより位置情報を利用できる空間を即興的に構築し、また、一般的な居住空間にも違和感無く導入することができる。しかし本実装では各装置間をケーブルで結線する必要があり設置の妨げになる恐れがある。また、測位できるタグがひとつのため応用範囲が狭められている。今後の課題としては電波、赤外線などを利用した無線化、時分割による複数タグへの対応などが必要である。

## 参考文献

- [1] 南正輝, 森川博之, 青山友紀: ドルフィン: 物理世界インターネットワーキングに向けた自動設定機能付位置情報システム, 電子情報通信学会ソサエティ大会.
- [2] InterSense: IS-600 Mark 2 Precision Motion Tracker, <http://www.isense.com/products/prec/is600/>.
- [3] 岩谷晶子, 西尾信彦, 村瀬正名, 徳田英幸: ごましお: アドホックセンサネットワークにおけるノード位置決定方式, モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会, 情報処理学会 (2001).
- [4] 青木崇行, 村瀬正名, 松宮健太, 中澤仁, 西尾信彦, 高汐一紀, 徳田英幸: Smart Furniture: Improvising Ubiquitous Hot-spot Environment, 情報処理学会情報家電研究グループ (2002)