

6ZA-7

# 超音波センサを用いた相対位置認識技術における通信及び測距技術

菅野裕介\*1 金子歩\*1 矢谷浩司\*2 杉本雅則\*2 橋爪宏達\*3

東京大学工学部\*1 東京大学大学院 新領域創成科学研究科\*2 国立情報学研究所\*3

## 1 序論

### 1.1 本研究の背景

近年、携帯電話や PDA (Personal Digital Assistant) などのモバイルデバイスが広く普及し、日常生活の中で様々な用途に使われるようになりつつある。しかし、モバイルデバイスは小型・軽量という利点と引き換えにインターフェースの面では大きな制約を受けるため、情報の移動を例にとっても、現実世界で人に物を渡すことに比べて遥かに煩わしい場合が多い。

本研究のベースとなる Toss-It[3]システムは、そうした煩わしさを軽減するために、「トスを打つ」「振る」という人間の自然な動作を PDA の情報移動のインターフェースとして利用するシステムである。ユーザーは現実世界でボールを投げたりカードを配ったりするように、相手との距離や位置関係に合わせて振りの向き、強さ、大きさを変えることによって送信先のデバイスを指定することができる。しかし、現状の Toss-It ではユーザーの位置や向きは固定であるとしているため、ユーザーの移動には対応することができない。そのため、本来の目的であるモバイル環境での利用という意味では不十分なものになっている。したがって、Toss-It システムをより実用的なものにするためには、デバイス自身が相手との相対的な位置関係を計測・推定できるような技術が必要不可欠になる。

さらに、LAC (Location-Aware Computing) の観点から見ても、このようなモバイルデバイスにおける位置認識システムへの需要は非常に高いものになっている。しかし、Active Bat[1]や

Cricket[2]のように、既存の技術は部屋に設置したセンサを使うものや制御のためのサーバが必要なもの、特殊な通信を必要とするもの等がほとんどである。

### 1.2 本研究の目的

本研究では、よりモバイルデバイスでの利用に適した、環境に依存しない位置認識システムの構築を目標としている。そこで、本研究において提案するシステムでは、距離の測定に用いる超音波の送信機と受信機は共にデバイスに直接取り付ける。さらに、測定のための超音波を変調することで、測定に必要な通信を同時に行う。これにより、外部センサや特殊な通信を必要としない、完全にデバイス単体での位置認識が可能となる。本稿ではその中でも特にソフトウェアの面において、超音波送受信機における通信の制御や距離測定の手法について述べる。

## 2 システムの設計

### 2.1 概要

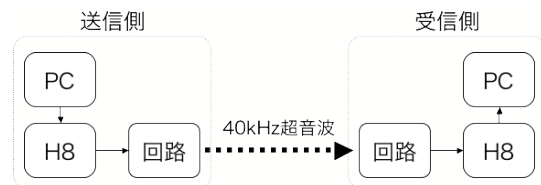


図 1 システムの構成

製作した本システムのプロトタイプを構成を図 1 に示す。現段階では PDA の処理能力に問題があるため、ノート型 PC をモバイルデバイスの代用として構成している。超音波センサ回路に搭載した H8/3048F マイクロプロセッサはシリアル通信を通して PC に接続され、PC 側から超音波送受信の制御を行うことができる。

さらに、ソフトウェアの側から見た詳細な処理

Communication and Distance Measurement Techniques for Relative Location System using Ultrasonic Sensors

\*1Yusuke Sugano, \*1Ayumu Kaneko, \*2Koji Yatani, \*2Masanori Sugimoto, and \*3Hiromichi Hashizume

\*1 School of Engineering, University of Tokyo

\*2 Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

\*3 National Institute of Informatics

の流れは図 2 のようになる。二台のデバイスは共に NTP (Network Time Protocol) を用いて時刻の同期が取れていることを前提としている。送信側の回路は、PC からの送信命令としてデバイスの ID に送信タイムスタンプが付加されたパケットを受信する。それを元に波形データを生成し、タイマを用いて一定間隔で DA 変換を行うことで 40[kHz]の変調波を送出する。受信側では、超音波の到着を検知すると AD 変換並びに復調処理を行う。復調によって得られる送信時刻と実際に測定した受信時刻の差から超音波の伝播時間を求め、デバイス間の距離を算出する。

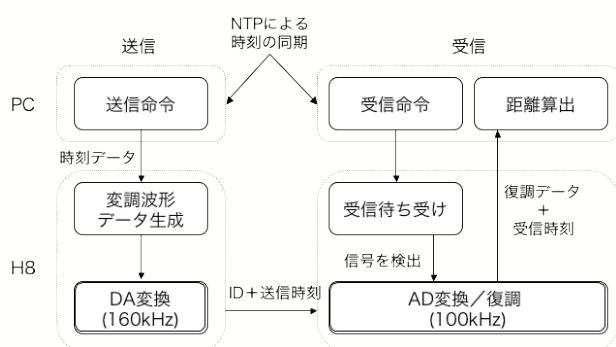


図 2 処理の流れ

## 2.2 超音波による通信

通信を行うための変調方式には、ノイズ耐性や伝送速度の観点から 8 相 PSK (Phase-Shift Keying) を採用した。信号周期は 10[ms]に設定している。

また、復調にはノイズの影響を低く抑えることが出来る同期検波方式を利用した。

## 2.3 時刻精度の確保

前述の通り NTP を用いてクロックの同期を取ることにより、各 PC における時刻の誤差は数 10[ $\mu$ s]まで抑えることが出来る。H8 上での処理時間や回路での遅延はほぼ一定と考えられるため、PC と H8 の正確な通信時刻を知ることが出来れば時刻の差を求めることが可能になる。しかし、通常 OS のスケジューリングは数 10[ms]間隔で行われるため、ユーザプログラムのレベルで時刻を取得した場合はハードウェアアクセスの待ち時間が大きな誤差を生む原因となってしまう。

そこで、本システムでは Linux カーネル上に独自のデバイスドライバを組み込み、ドライバレベルで厳密なアクセス時刻を取得する方法を採用した。このドライバでは、特定のキャラクタに対して解像度 10[ $\mu$ s]のタイムスタンプを付加する。これにより、送信側で PC が H8 に送信指令のパケットを送る瞬間と受信側で H8 から PC に波形データが送られる瞬間、それぞれの厳密な時刻を知ることが出来る。

## 3 今後の課題

本研究では、デバイスに取り付けた超音波センサを用いて測距と通信を同時に行うことで、周囲の環境に依存しない相対位置認識を可能にする技術を提案した。特にモバイル環境においては、デバイス間の位置情報を利用したアプリケーションシステムを設計する場合に非常に有効な技術であると言える。現在、完成したシステムについて通信・測距の両観点から評価実験を行っている。

本稿では二台のデバイス間の距離を測定する技術に関して述べたが、さらに受信センサを複数用いれば、その伝播時間の差から角度を算出することも可能となる。今後評価実験を踏まえた上で、距離と角度を合わせた位置の測定や複数台での測定を目標として、システムを拡張して行く予定である。

## 参考文献

- [1] Mike Addlesee, Rupert Curwen, Steve Hodges, Joe Newman, Pete Steggle, Andy Ward, Andy Hopper, "Implementing a Sentient Computing System," *IEEE Computer Magazine*, Vol. 34, No. 8, August 2001, pp. 50-56.
- [2] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, Hari Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System," *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking*, ACM Press, New York, August 2000, pp. 32-43.
- [3] Koji Yatani, Koiti Tamura, Masanori Sugimoto, and Hiromichi Hashizume, "Information Transfer Techniques for Mobile Devices by Toss and Swing Actions," *Sixth IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA 2004)*, December 2004, pp. 144-151.