

物体探知・同定のための US/IR/EM 複合センサシステムの開発

電気システム工学科 西本昌彦（代表）

井上高宏，常田明夫，福迫武（分担）

1. 目的

視覚障害者や視力の低下した高齢者が歩行するとき、周囲の状況、特に障害物となる物体の位置や大きさ、足元の付近の段差などを事前に感知・把握したいという要望が強い。本研究では、視覚障害者や高齢者の行動支援のための障害物探知用複合センサシステムの開発を目的とした基礎研究を行っている。センサとしては超音波（US）、赤外線（IR）、及び電磁波（EM）を用い、それらを相補的に複合することにより性能向上を目指しているが、本助成は単年度終了という制限があるため、今回はその各要素技術の開発に絞って研究を行った。即ち

- (1) 超音波センサ部の構成と回路設計
- (2) 超広帯域パルスレーダ用アンテナの製作
- (3) 赤外線センサ素子の基本特性評価

を本年度の研究内容とした。以下、それぞれの成果についてまとめる。

2. 超音波センサ部の構成と回路設計

病院や施設内で使用する場合の利便性を考慮し、小型軽量、及び低電圧・低消費電力動作が可能な超音波距離測定システムの開発を行った。本システムはハードウェアだけで実現されるため、他の距離測定システムと比較して遥かに低い消費電力で実現可能である。

図1に提案する距離測定システムの原理を示す。超音波送信器から送信された ASK パルスを受信器で受信し、時間遅れと位相差を測定する（図2参照）。パルスの時間遅れ Δt と距離 Dd の間には式(1)の比例関係があるため、時間遅れを測定することにより距離を算出する。

$$\Delta d = c\Delta t / 2 \quad (1)$$

この手法は超音波の伝搬時間を利用しているため、“Time-of-Flight Method”と呼ばれている。この距離測定システムを CMOS で実現するため、時間遅れを電気信号（電圧）に変換するための電子回路の設計を行った。紙面の都合上、具体的な回路とシミュレーション結果は省略し、そのスペックのみを表1に示す。

今回開発した超音波センサシステムは絶対的な距離測定が可能であること、および回路システムとして実

現しやすいという利点をもつ。一方、Time-of-Flight Method は干渉信号に敏感なため、フィルタなどによる誤差低減のために工夫が必要である。これについては現在検討中である。なお、障害物による超音波の散乱・回折特性を評価するためのシミュレーションソフトについても併せて開発を進めており、2次元版がほぼ完成している。

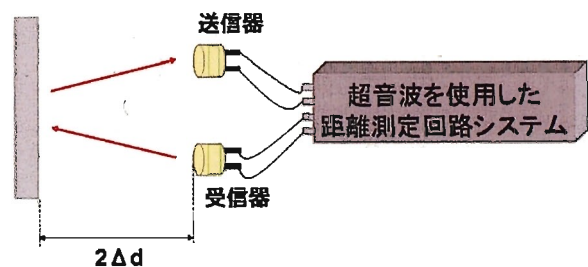


図1 超音波センサ距離測定システム

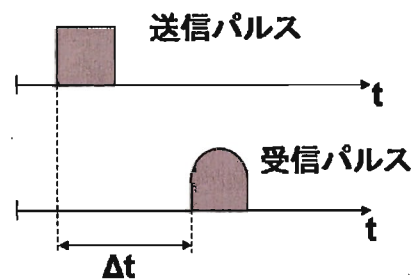


図2 送受信パルスの時間遅れ

表1 距離測定システムのスペック

電源電圧 V_{DD}	0.9 V
最大消費電力 P_{max}	272.95 μ W
最大測定距離 d_{max}	4.25 m
最小測定距離 d_{min}	3.4 cm
測定誤差 Δd_{err}	0.6 mm
測定更新周波数 f_{sample}	20 Hz

3. 超広帯域パルスレーダ用アンテナの製作

本研究で開発を計画している EM センサは 1GHz-10GHz の非常に広帯域のマイクロ波を用いた超広帯域パルスレーダセンサを想定しているため、この周波数帯をフルカバーできるアンテナシステムの開発が不可欠である。この実現のため、本研究ではビバルディアンテナを素子として取り上げ、その設計パラメータを修正することにより、広帯域化と素子の小型化を図る。

図3に素子の構造を示す。金属部の形状を表す曲線は次式で与えられる。

$$y(x) = h_{1,2}(1 - \exp(\alpha x)) \quad (2)$$

ここで、 $\alpha = 100, 200, 400$ としている。金属部の形状を与えるパラメータはいくつもあるが、今回試作を行った結果、最も特性に影響を与えるパラメータは h_2 であることを確認した。図4に、今回の試作で得られた素子の中で最も性能が高かった素子のリターンロスの測定結果を示す。リターンロスが-10dB以下となる周波数帯域は 1.3GHz から 20GHz 以上にわたり、超広帯域アンテナとしては申し分ない性能が得られていることが確認できる(図では10GHzまでを表示している)。今後、この素子を用いて、分解能向上と指向性制御のためのフェーズドアレイ化を行い、小型で高性能なアンテナシステムの実現を目指す予定である。

4. 赤外線センサ素子の基本特性評価

赤外線センサとしては、鋭い指向性と比較的高い距離分解能をもち、かつ安価な PSD (光位置センサ: Position Sensitive Detector) 測距センサを利用する。このセンサは超音波センサで捉えた障害物の位置と方向を詳細に検出するとともに、地面付近の障害物や段差を検出するために利用することを考えている。したがって、その単体での基本性能を把握するとともに、最もその性能が発揮できるようなセンサの配置についても検討する必要がある。今回は距離及び方位分解能、探知距離などの素子単体の基本性能を評価するとともに、障害物までの距離を警告音によって知らせるためのシステム構成について検討を行った。図5にセンサシステムの構成を示す。PSD センサで探知された障害物までの距離はアナログ電圧で出力されるが、距離と電圧の関係は非線形となるため(図6参照)、線形化回路を通したのち VCO 回路に入力し、障害物との距離に応じて警告音の音程を変化させる。

GP2D02(SHARP)を用いた特性測定の結果、PSD素子は設置向きに注意は必要なものの、十分使用可能であることを確認した。現在、MAX038(MAXIM)を用いた可聴周波数帯域(500Hz-7500Hz)の VCO を試作中である。

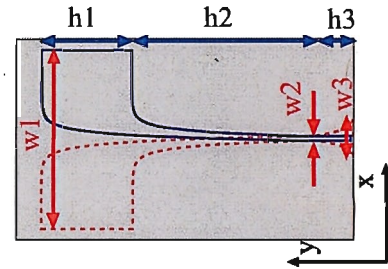


図3 作成したビバルディアンテナ素子

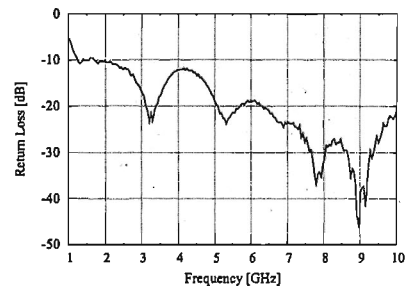


図4 リターンロスの周波数特性

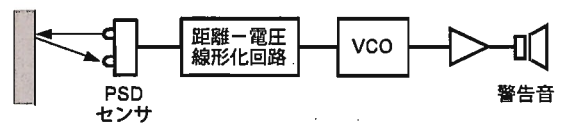


図5 IRセンサシステムの構成

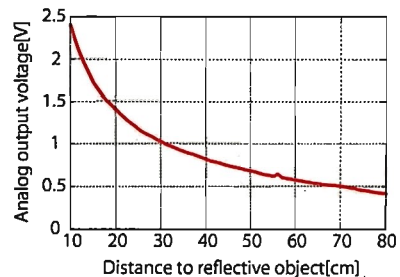


図6 PDS素子の距離-電圧特性