平成28年度　卒業研究報告書概要

課程，学籍番号，氏名	課程: 電気・電子情報工学課程，学籍番号: B143227，氏名: 黒原 瑞喜
工学分野名: 情報通信システム	指導教員名: 市川 周一，藤枝 直輝

題　　目: 和

ソフトプロセッサZPUinoによる測位プログラムの高速化

（英　Acceleration of positioning program with software processor ZPUino　）

Abstract

The purpose of this study is to accelerate the ultrasonic positioning system by using hardware assistance. Matsuoka et al. (2015) used multiple frequencies of ultrasonic waves, and achieved 10 cm accuracy under 30 ms of positioning interval. Since the positioning interval is determined by the sum of propagation time and calculation time, it is possible to expand the measurement range by speeding up the position calculation.

This study adopts the FPGA board “Papilio” powered by the software processor ZPUino, which is suited to implement peripheral hardware. The positioning program was rewritten with fixed point datatype, and then a square root circuit was added to ZPUino.

The processing time of the positioning program became 1.13 times in 3sender, 0.65 times in newton, 0.83 times in 4sender, and 0.82 times in async, compared to the original system by Matsuoka et al. (2015).

概　　要

本研究の目的は，マイコンに位置計算を補助するハードウェアを追加し，超音波測位システムの処理時間を短縮することである．超音波の伝搬速度は電波より遅いため，室内などの短距離空間では超音波の方が高精度な位置測定ができる．松岡らによる先行研究では，超音波測位システムに複数周波数の超音波を用いることで，測位間隔 30 ms 以下で誤差 10 cm 以内の位置測定を実現している．測位間隔は伝搬時間と計算時間の和で決まるため，位置計算を高速化することで測定範囲を拡げることができる．

本研究では，ハードウェアの追加が可能な FPGA (Field Programmable Gate Array) ボードである「Papilio」を使用する．Papilio に搭載されたソフトプロセッサ ZPUino の性能評価を行い，その結果から高速化手法を考案し適用した．

先行研究の 4 つの測位プログラム newton，3sender，4sender，async の処理時間を測定したところ，ZPUino の処理時間は AVR の約 2 倍であった．各演算 (四則演算と平方根) の処理時間を測定すると，ZPUino の整数演算は AVR の約 0.50 倍と短かったが，浮動小数点演算では平方根演算で約 3.78 倍，加減算で約 2.00 倍であった．ZPUino で処理時間が増大した原因は浮動小数点演算であると考えられる．

測位プログラムで使用する浮動小数点演算をハードウェアで実現した場合のリソース消費量を調べた．Xilinx 社が提供する単精度浮動小数点演算器は面積優先で LUT が 904 個使用される．Papilio の空き LUT は 3202 個であるが，演算器を制御する回路まで考慮すると余裕が少ない．これらの結果から浮動小数点演算器の追加は断念し，測位プログラムの固定小数点化を行い，ZPUino に固定小数点数演算器を追加する方針でシステム構築を行った．

C/C++ ベースの Arduino のプログラム言語でクラスを作成し，固定小数点化を行った．固定小数点数の内部データは，整数部 16 bit，小数部 16 bit の合計 32 bit である．加減乗算は 32 bit 演算で実現し，除算と平方根は 64 bit 演算によるニュートン法で計算した．固定小数点数化により各測位プログラムは浮動小数点数の場合と比べ約 0.36〜0.58 倍の処理時間となり，高速化を達成した．

続いて ZPUino の周辺回路として平方根演算器を追加した．平方根演算器追加後のシステムと先行研究との測位プログラムで処理時間の比較したところ，newton，4sender，async ではそれぞれ約 0.65 倍，0.83 倍，0.82 倍に短縮された．3sender では約 1.13 倍と若干増加した．

発表する際の課程を記入　電気・電子情報工学　課程　発表番号 16

（学籍が他課程所属の学生も発表する課程を記入すること）