

Title	FPGAによる一般化調和解析の高速化手法に関する研究
Author(s)	南里, 洋亮
Citation	
Issue Date	2005-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/1860">http://hdl.handle.net/10119/1860</a>
Rights	
Description	Supervisor: 田中 清史, 情報科学研究科, 修士

# FPGAによる一般化調和解析の高速化手法に関する研究

南里 洋亮 (310079)

北陸先端科学技術大学院大学

2005年2月10日

キーワード: 一般化調和解析, FPGA, ABS法, 平田のアルゴリズム.

## 1 はじめに

音響信号の解析には、フーリエ級数展開理論を応用したSTFT(Short Time Fourier Transform)が主に用いられている。しかし、STFTは窓長によって決まる基本周波数とその倍音成分のみの周波数解析しかできないという欠点がある。近年、解析窓の長さに依存せず、自由な周波数を持つ正弦波の和で表現するモデルの研究が進められており、音声や楽器音の符号化などの応用に期待されている。一般化調和解析は、信号モデルのパラメータを最小二乗法を基本とした推定により求め、周波数解析を行う手法である。STFTに比べ高い周波数分解能を持ち、窓長に依存しない解析が可能であるが、信号モデルのパラメータ推定に膨大な時間が掛かり実用には問題がある。一般化調和解析を効率的に解析するアルゴリズムが研究されているが、解析速度と精度を両立した手法は見つかっていない。本論文では、一般化調和解析の計算で最も計算負荷となる二乗誤差の総和演算をFPGA(Field Programmable Gate Array)によりハードウェア化し、それを用いた解析アルゴリズムを提案する。

## 2 一般化調和解析

一般化調和解析は1958年にwiener[1]によって提唱された周波数解析手法である。解析窓長を $N$ として対象信号 $x$ と正弦波モデル信号との残差エネルギー(コスト値)

$$W = \sum_{i=0}^{N-1} \left\{ A \cos(2\pi(ft_i + \phi)) - x_i \right\}^2$$

が最小となるパラメータ $A$ 、 $f$ 、 $\phi$ を解析結果として抽出する。抽出されたパラメータで表される正弦波と原信号の残差信号に対し、逐次的にパラメータを抽出することによって解析を行う。一般化調和解析の問題点は、コスト値が最小となるパラメータ推定に膨大な

時間が掛かることである。従来の解析アルゴリズムとして、ABS(Analysis By Synthesis)法 [2] [3]、平田のアルゴリズム [4] [5] などが提案されているが、解析精度、速度ともに両立した解析は行えない。

本提案手法では、大雑把なパラメータ推定をハードウェアで行い、その結果をもとにソフトウェアによる非線形最小二乗法を適用することで、高精度かつ高速な解析を実現する。

### 3 一般化調和解析ハードウェア

FPGA を用いた一般化調和解析ハードウェアを構築する。このハードウェアはエネルギーが最小となるパラメータ  $A$ 、 $f$ 、 $\phi$  を指定された範囲と分割数で探索する。本論文では Xilinx 社 VirtexII シリーズの FPGA(XC2V6000)[6] を用いたコスト値計算器をパイプライン化、並列化することによって、スループットを向上させ最大で 16 並列、動作周波数 48MHz のハードウェアを構成することが可能だった。

### 4 ソフトウェア処理

ハードウェアにより推定された正弦波パラメータ値を初期値として、ソフトウェアで非線形最小二乗法を適用しパラメータ推定精度を高める。本論文では、非線形最小二乗法の解法としてニュートン法を用いる。ソフトウェアによるパラメータ推定を 3 手順に分けることで、高精度なパラメータ推定が可能となる。また、ハードウェアとソフトウェアのパイプライン実行を行うことで、効率良く解析を行う。

### 5 まとめ

提案手法をすべてソフトウェアで実行した場合と、ハードウェアとソフトウェアのパイプライン実行で行った場合の実行時間を比較した。その結果、ハードウェアを用いた場合は約 10 倍の速度で解析を行うことが可能だった。また、従来手法より高精度な周波数推定が可能だった。

### 参考文献

- [1] N.Wiener "The Fourier Integral and Certain of Its Applications" 1958 Dover Publication Inc.
- [2] E.B. George and M.J.Smith "Analysis-by-synthesis/overlap-add sinusoidal modeling applied to the analysis and synthesis of musical tones" J.Audio ENG.Soc.40 pp497-515 1992

- [3] E.B. George and M.J.Smith "Speech analysis/synthesis and modification using an analysis-by-synthesis/overlap-add sinusoidal model" IEEE Trans Speech Audio Process 5 pp389-406 1997
- [4] 牛山 聡、東山三樹夫、飯塚昌弘、平田能睦 "一般調和解析による波形分析" 信学技報 EA pp38-103 1994
- [5] T.Terada, H. Nakajima, M.Tohyama and Y.Hirata "Non-stationary waveform analysis and synthesis using generalized harmonic analysis" IEEE-SP,Int.Symp.TF/TS Analysis pp429-432 1994
- [6] <http://xilinx.com>