

適応ラティスフィルタ実現のための アーキテクチャ設計に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、適応ラティスフィルタの効果的ハードウェア実現のためのアーキテクチャ設計に関する研究成果をまとめたものである。

適応フィルタは、フィルタ係数を調整することによりフィルタ特性を自動的にコントロールすることができるため、処理対象としている信号に関する先見的情報が十分でない場合や、信号の統計的性質が時間と共に変化するような場合にも利用可能であり、幅広い分野で応用されている。例えば、システム同定、適応予測器、適応エコーキャンセラ、適応ノイズキャンセラ、適応等価器等への応用が可能であり、近年の移動体通信システムの急速な発展等により、その重要度は増している。

このような適応フィルタの中でも、適応ラティスフィルタは、係数感度や安定性の面で望ましい性質を持ち、また、ジョイントプロセスを用いた高精度等価器やノイズキャンセラ等の設計において優れた性能を発揮することが知られており、その実用的価値は高い。一方で、適応ラティスフィルタは、同一形状の区間で構成されるモジュール構造を持つため、VLSI 実現に向くという側面も併せ持っている。このような適応ラティスフィルタの特徴から、同フィルタのハードウェア実現を目指したアーキテクチャ設計に対する取り組みが数多くなされている。特に、一般的な積和演算器に代えてCORDIC アルゴリズムに基づく算術演算器(CORDIC プロセッサ)を用いることにより、フィルタのモジュール構造を活かして実現することが可能であり、種々のフィルタアーキテクチャが提案されている。

本論文では、様々な適応ラティスフィルタのアーキテクチャが提案されている中、より高度なフィルタリングアルゴリズムを対象としたアーキテクチャの提案を行っている。既存の適応ラティスフィルタアーキテクチャが、自己回帰(AR)モデルに基づくラティスフィルタの実現を目的としているのに対し、本論文では、より高度なフィルタリングが可能な自己回帰移動平均(ARMA)モデルに基づくフィルタを対象とし、これを効果的にハードウェア実現するため

のアーキテクチャを導出している。本論文では、信号分析を目的とした ARMA ラテイスフィルタおよび信号合成のための ARMA ラテイスフィルタのアーキテクチャを提案しているが、いずれも、CORDIC プロセッサを利用した単純な構造を持つため、効果的なハードウェア実現が期待できる。

本論文では、まず第 2 章で、提案手法において算術演算器の実現に用いる CORDIC アルゴリズムについて説明を行う。第 3 章では、既に提案されている CORDIC アルゴリズムを用いた AR ラテイスフィルタの実現法について、特に構造が単純でハードウェア実現に向く手法を取り上げ、それらの概要と特徴について説明を行なう。第 4 章では、第 3 章で取り上げた AR ラテイスフィルタの実現手法を ARMA 型のフィルタに適用した場合の問題を指摘し、これを解決することにより、CORDIC アルゴリズムに基づく ARMA ラテイスフィルタのアーキテクチャを導出する。ここで導出されるフィルタアーキテクチャは、簡略化された CORDIC プロセッサと加算器から構成されるため、構造が単純であるという利点を持つ。第 5 章では、第 4 章で導出した信号分析フィルタのためのアーキテクチャを、信号合成フィルタのアーキテクチャに変換する手法を提案する。このような変換手法は、信号分析後の合成が必要となる分野、例えば音声分析・合成等において有用である。第 6 章では、本論文で導出したフィルタアーキテクチャに対して、パイプライン処理を導入する。ここで得られるパイプラインアーキテクチャは、フィルタを構成する CORDIC プロセッサ内部においてもパイプライン処理を行なうことが可能であり、高いスループットを達成することができる。第 7 章では、第 4 章で提案した手法によるフィルタの実現精度について考察を行ない、構造の単純さを保ったまま、実現精度を向上させる手法を提案する。最後に第 8 章において、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめとする。

以上を要約すると、本論文は、CORDIC アルゴリズムに基づく適応 ARMA ラテイスフィルタのアーキテクチャについて提案を行なっている。提案するフィルタアーキテクチャは、CORDIC プロセッサを利用した単純な構造を持つため、ハードウェア上での効果的实现が期待できる。

学位論文審査の要旨

主査 教授 北島秀夫
副査 教授 栃内香次
副査 教授 青木由直
副査 助教授 長谷山美紀

学位論文題名

適応ラテイスフィルタ実現のための アーキテクチャ設計に関する研究

著者は、適応ラテイスフィルタのハードウェアの新しいアーキテクチャを提案した。

適応フィルタは、フィルタ係数を調整することによりフィルタ特性を自動的にコントロールすることができるため、処理対象信号に関する先見的信息が十分でない場合、及び、信号の統計的性質が時間と共に変化するような場合に有用であり、幅広い分野で応用されている。著者は、適応フィルタの中でも、適応ラテイスフィルタが係数感度や安定性その実用的価値は高いこと、及び、同フィルタは、同一形状の区間で構成されることに注目した。更に、一般的な積和演算器に代えてCORDIC アルゴリズムに基づく算術演算器 (CORDIC プロセッサ) を用いることにより、フィルタのモジュール構造を生かす方式を前進させることを目指した。

著者は、より高度なフィルタリングアルゴリズムを対象としたアーキテクチャの提案を行った。既存の適応ラテイスフィルタアーキテクチャが、自己回帰 (AR) モデルに基づくラテイスフィルタの実現を目的としているのに対し、より高度なフィルタリングが可能な自己回帰移動平均 (ARMA) モデルに基づくフィルタを対象とし、これを効果的にハードウェア実現するためのアーキテクチャを導出した。信号分析、信号合成いずれも、CORDIC プロセッサを利用した単純な構造を持つため、効果的なハードウェア実現が期待できる。

各章における著者の記述は以下の通りである。研究全体の位置付けを第1章で行った。続いてARラテイスフィルタの実現法について、特に構造が単純でハードウェア実現に向く手法を取り上げ、それらの概要と特徴について説明を行った。第4章では、第3章で取り上げたARラテイスフィルタの実現手法を、ARMA型のフィルタに適用する場合の問題を指摘し、これを解決することにより、CORDICアルゴリズムに

基づく ARMA ラテイスフィルタのアーキテクチャを導出した。このフィルタアーキテクチャは、簡略化された CORDIC プロセッサと加算器から構成されるため、構造が単純であるという利点を持つ。第 5 章では、第 4 章で導出した信号分析フィルタのためのアーキテクチャを、信号合成フィルタのアーキテクチャに変換する手法を提案した。このような変換手法は、信号分析後の合成が必要となる分野、例えば音声分析・合成等において有用であると述べた。第 6 章では、著者が導出したフィルタアーキテクチャに対して、パイプライン処理を導入した。ここで得られるパイプラインアーキテクチャは、フィルタを構成する CORDIC プロセッサ内部においてもパイプライン処理を行なうことが可能であり、高いスループットを達成することができるとした。第 7 章では、第 4 章で提案した手法によるフィルタの処理精度について考察を行ない、構造の単純さを保ったまま、精度を向上させる手法を提案した。第 8 章には、論文全体の総括を行った。

著者は論文全体を通じて、研究領域の現状の分析、新規提案内容の記述、有効性の主張、研究領域における位置付けを正確に行ったと判定する。

以上を要約すると、著者は CORDIC アルゴリズムに基づく適応 ARMA ラテイスフィルタの新たなアーキテクチャを提案し、それが単純な構造をもつことを示した。本研究を通じての、情報メディア工学、大規模集積回路工学への貢献が大きいため、著者は博士（工学）の学位を授与される資格があるもの認める。