

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏名 塩貝 一樹 印

題目 広帯域信号に対してロバストな適応ノッチフィルタに関する研究

学位論文の概要及び要旨

本論文では、騒音抑圧や無線通信などの信号処理技術の幅広い分野において研究がなされている適応デジタルフィルタにおいて、心電図などの医療機器でやりとりされる信号における電源ノイズなどの広帯域信号に埋もれた狭帯域信号を除去するためのフィルタである適応ノッチフィルタの広帯域信号によるバイアス誤差の低減について論じている。

従来、適応ノッチフィルタは主に無限インパルス応答(IIR : Infinite Impulse Response)型の構成が研究されてきた。特に、ノッチフィルタの通過帯域の平坦性を確保するためにIIR型適応全域通過フィルタを用いる構成は振幅特性を不変に保ち、全域通過フィルタの急峻な位相特性のみを適応制御することにより通過帯域の平坦性を確保しており、入力の正弦波信号を完全に除去できることが証明されている。また、この適応ノッチフィルタは広帯域信号と狭帯域信号が統計的に独立であると仮定した時、狭帯域信号に重畳する広帯域信号が白色信号の場合、適応パラメータの収束値が外乱の影響を受けないことが証明されている。しかし、広帯域信号が有色信号の場合には、有色信号が直交性を満たさないため外乱の影響を受けバイアス誤差が生じてしまう。また、この適応ノッチフィルタが完全に不要な狭帯域信号を除去するためには、入力された正弦波信号の数とフィルタ次数の1/2が等しいという条件が必要とされるが、一般に正弦波信号の数は不明であるためフィルタ次数が決定できないという問題やIIRフィルタ特有の安定性に関する問題もある。

そこで本論文では、IIR型の適応ノッチフィルタにおいて問題となっていたフィルタ次数の決定法、IIRフィルタ特有の安定性や広帯域信号によるバイアス誤差を解決することを目的として、全域通過伝達関数を準同形構成に拡張した適応ノッチフィルタについて検討を行った。本手法では、全域通過フィルタを指数フィルタにより構成することにより、フィルタ次数が入力される狭帯域信号に依存せずに決定でき、フィードバック構成にならないので安定性の問題も生じない。また、適応アルゴリズムの更新において広帯域信号の自己相関関数の対称性を用いることにより広帯域信号によるバイアス誤差を低減することが可能となる。本論文では、計算機シミュレーションによりその有効性を確認

した.

しかし、この手法では指数フィルタを実現するためにマクローリン展開による多項式近似を用いており、その近似精度を高めるためには大きな展開項数が必要となる。これにより、定遅延の増加、収束速度の低下や広帯域信号の伝送遅延の増加する問題が新たに生じた。そこで、定遅延の削減及び収束速度の改善を目的として、指数フィルタの演算部のインパルス応答を直接計算できる再帰算法を適用する構成について検討した。本手法では指数フィルタの伝達関数を最小位相部と最大位相部に分割し、それぞれに再帰算法を適用することにより、インパルス応答を計算しFIRフィルタの縦続構成により全域通過フィルタを実現している。また、本手法では最大位相部の因果性を満たさせるためにのみ遅延を挿入するため、多項式近似を用いる手法と比較して定遅延を低減することができ、収束速度の改善も可能である。本論文では、再帰算法の導出及びそのANFFへの適用について検討している。また、計算量の導出も行っており、計算機シミュレーションにより多項式近似を用いる手法と比較しその有効性を確認した。

また、IIR型の適応ノッチフィルタにおいて広帯域信号によるバイアス誤差を低減するために、ALE(Adaptive Line Enhancer)を2次全域通過フィルタに基づくIIR型適応ノッチフィルタに導入する手法についても検討を行っている。本手法では全域通過フィルタの出力信号から入力信号を減算することによって非周期性信号である広帯域信号を除去することができるALEを作成し、その出力信号を勾配フィルタに通過させ適応アルゴリズムの参照信号として用いることで広帯域信号が有色信号の場合でもバイアス誤差の低減ができる。また、この手法においては新たに提案した適応アルゴリズムが収束の初期段階において収束の保証がされないため、適応アルゴリズムが収束するための条件式を導出し、条件式を満足する時にのみ提案する適応アルゴリズム用い、満足しない時は従来の収束が保証された適応アルゴリズムを用いて更新を行う。これにより、フィルタの安定性を確保している。しかし、提案したアルゴリズムは従来のアルゴリズムと比較して収束が遅く、適応開始の初期の段階においてアルゴリズムの切り替えが頻繁に起きてしまうとノッチフィルタの収束が遅くなる問題が新たに生じた。そこで、適応開始の初期の段階においてアルゴリズム切替わらないように、切替え条件に対して絶対値を用いる手法についても検討を行った。そして、計算機シミュレーションにより本手法の有効性を確認した。