

多段平行ノッチフィルタの バイアス誤差低減アルゴリズム

学籍番号：90151089 飯國研究室 中桐幹博

1. はじめに

画像信号などに含まれる正弦波信号を除去するために、平行ノッチフィルタが提案されている。これを縦続接続したものを多段平行ノッチフィルタという。この多段平行ノッチフィルタには、周波数を推定する際にバイアス誤差が発生するという問題がある。本研究ではこのバイアス誤差を低減するためのフィルタ係数更新アルゴリズムを示す。

2. バイアス誤差低減アルゴリズム

単一の正弦波を除去するために、2次全域通過フィルタを用いた適応ノッチフィルタの研究がなされている。この適応ノッチフィルタの収束特性を改善するために、平行ノッチフィルタが提案されている [1]。複数個の正弦波を除去するためにこれを縦続接続したものを多段平行ノッチフィルタという。多段平行ノッチフィルタの振幅特性の例を図1に示す。入力正弦波の周波数 ω_1, ω_2 とする。図1から、推定したノッチ周波数が真値と一致していないことがわかる。これをバイアス誤差という。

このバイアス誤差を、最終段の出力を用いてフィルタのタップ係数を更新することにより低減する方法を提案する。このときの N 段平行ノッチフィルタの構成を図2に示す。 i ($i = 1, \dots, N$) 段目のフィルタの係数更新式を以下に示す。

$$\begin{aligned}\alpha_i(n+1) &= \alpha_i(n) - \mu u_i(n-1) e_N(n) \\ \tilde{\alpha}_i(n+1) &= \tilde{\alpha}_i(n) - \tilde{\mu} u_{Bi}(n-1) e_N(n)\end{aligned}\quad (1)$$

各段出力を用いて係数更新を行う場合は、 N 段目のバイアス誤差が減少しても、 i ($i < N$) 段目のバイアス誤差を減少させることはできない。しかし、式(1)を用いて係数を更新する場合は、 N 段目のバイアス誤差が減少したとき、 i 段目のバイアス誤差も減少し、また i 段目のバイアス誤差が減少したとき、 N 段目のバイアス誤差も減少する。このことが任意の段のフィルタの間において起こり、各段のバイアス誤差は減少していくことを示した。

3. シミュレーション

計算機シミュレーションにより、各段出力を用いた場合 (method 1) と最終段出力を用いた場合 (method 2) の動作を比較した。入力信号は $x(n) = x_s(n) + x_w(n)$ とし、ここで $x_s(n)$ 、 $x_w(n)$ はそれぞれ正弦波信号、白色雑音信号である。シミュレーションでは、 $N = 4$ 、 $\tilde{\mu} = 0.0001$ 、 $x_s(n) = \cos(0.2\pi n) + \cos(0.4\pi n) + \cos(0.6\pi n) + \cos(0.8\pi n)$ と設定した。それぞれの場合において係数が収束したときの振幅特性を比較したものが図3であ

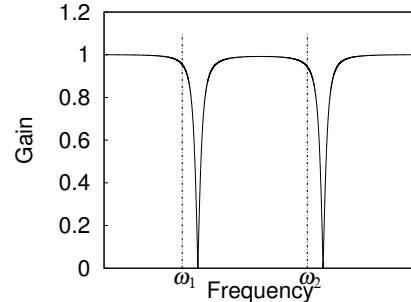


図 1: バイアス誤差の発生

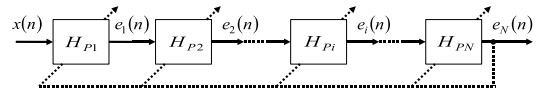


図 2: 最終段出力を用いて係数更新する多段平行ノッチフィルタ

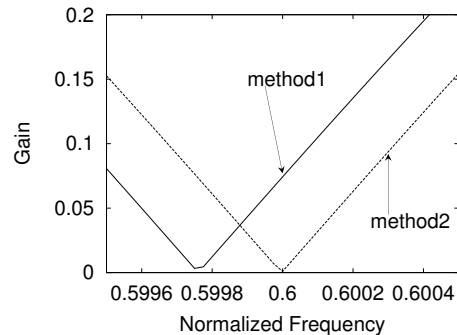


図 3: 係数更新収束時の周波数特性の拡大図

る。ただし、図3は最適値0.6付近の拡大図である。この図から、method 1は推定したノッチ周波数と真値との間にずれがあるのに対し、method 2は真値に収束していることがわかる。この結果から、提案したアルゴリズムによりバイアス誤差が低減されることが確かめられた。

4. まとめ

本研究では、多段平行ノッチフィルタにおいて生じるバイアス誤差を低減するためのフィルタ係数更新アルゴリズムを示した。また、シミュレーションによりその有効性を確認した。

参考文献

- [1] 川村新, 角圭介, 伊藤良生, J. Okello, 小林正樹, 副井裕, “平行構成型ノッチフィルタの収束特性に関する検討,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集, p.113, Mar 2003.