

ペナルティ付加範囲調整型 PSO による IIR フィルタ設計

A-8 Design of IIR Filters Using PSO Adjusting An Additional Range of Penalty Function

山本 健造
Kenzo YAMAMOTO陶山 健仁
Kenji SUYAMA東京電機大学 工学部 電気電子工学科
School of Engineering, Tokyo Denki University

1 はじめに

IIR (Infinite Impulse Response) フィルタの設計法として PSO (Particle Swarm Optimization) を用いた手法が提案されている。PSO は探索の集中化能力の高さのため、早期収束する場合がある。本研究では、停留時に目的関数にペナルティを付加し、局所解停留を回避する。その際、ペナルティ付加範囲 C_w の設定が重要となる。従来法 1[1] では C_w を停留点毎に算出し、従来法 2[2] では C_w を小さい値に固定した。提案法では、探索序盤に従来法 1 で C_w を算出し、そのなかで最小の C_w を選択する手法を提案する。設計例より、提案法の有効性を示す。

2 設計問題

IIR フィルタの周波数特性 $H(\omega)$ は零点 z_n 、極 p_m を用いて次式で表される。

$$H(\omega) = a_0 \prod_{n=1}^N (1 - z_n e^{-j\omega}) \bigg/ \prod_{m=1}^M (1 - p_m e^{-j\omega}) \quad (1)$$

設計基準にミニマックス基準を用いると、設計問題は所望特性 $D(\omega)$ と $H(\omega)$ の最大誤差を最小化するフィルタ係数 a_0 、 z_n 、 p_m を求める問題となる。

3 PSO

PSO は生物の群行動をモデル化した確率的多点探索法である。PSO は複数の個体から構成され、各個体は位置 \mathbf{x} と速度 \mathbf{v} をもつ。 u 番目の個体の \mathbf{x}_u 、 \mathbf{v}_u は次式で更新する。

$$\mathbf{x}_u^{t+1} = \mathbf{x}_u^t + \mathbf{v}_u^{t+1} \quad (2)$$

$$\mathbf{v}_u^{t+1} = w^t \mathbf{v}_u^t + c_1 r_1 (\mathbf{p}_u^t - \mathbf{x}_u^t) + c_2 r_2 (\mathbf{p}_g^t - \mathbf{x}_u^t) \quad (3)$$

ここで、 \mathbf{p}_u^t は個体最良解、 \mathbf{p}_g^t は群最良解、 t は探索回数、 w 、 c_1 、 c_2 は重み、 r_1 、 r_2 は $[0,1]$ の一様乱数である。

4 提案法

本研究では、停留時に目的関数に対し、ペナルティとして停留点を中心としたガウス関数を付加して局所解停留を回避する。従来法 1 では、 C_w を停留点毎に算出した [1]。しかし、ペナルティを線形減少させることで、多様化の効果が弱くなった。従来法 2 では、 C_w を小さい値に固定し、多くの局所解を列挙した [2]。しかし、適切な C_w は設計仕様に依存するため、事前に C_w を設定できない。提案法では探索序盤で停留点毎に従来法 1 による C_w の算出を行い、そのなかで最小の C_w を選択し、局所解停留とペナルティ付加を繰り返す。

5 設計例

提案法の有効性を示すために設計例を示す。表 1 に設計条件を示す。ここで、 τ は所望群遅延、 f_p は通過域端周波数、 f_s は阻止域端周波数、 I_{\max} は最大探索回数である。また、周波数分割数は 100、試行回数は 50、個体数は 30 とした。比較手法として従来法 1 を用いた。表 2 に設計結果、図 1 に Ex.1 の振幅特性の比較を示す。

表 1 設計条件

	N	M	τ	f_p	f_s	R	I_{\max}
Ex.1	8	6	6.0	0.20	0.27	0.90	40000
Ex.2	10	6	7.0	0.20	0.26	0.92	50000
Ex.3	12	6	9.0	0.20	0.25	0.93	50000

表 2 設計結果 ($\times 10^{-2}$)

	最良値		平均値		標準偏差	
	提案法	従来法 1	提案法	従来法 1	提案法	従来法 1
Ex.1	2.069	2.409	2.750	3.868	0.5011	0.8653
Ex.2	2.521	2.776	3.280	3.648	0.4135	0.7910
Ex.3	2.030	2.334	2.952	4.234	0.7417	0.8191

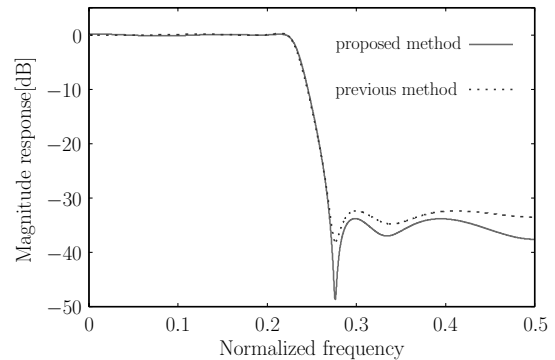


図 1 Ex.1 における振幅特性の比較

表 2 と図 1 より、提案法は従来法 1 に比べ良好な設計が行えることが確認できた。

6 まとめ

本研究では、設計条件に適した C_w を選択して固定する PSO による IIR フィルタ設計を行った。設計例より、提案法は従来法 1 に比べ良好な設計であることを示した。

参考文献

- [1] 西村勇司, 陶山健仁, “PSO による IIR フィルタ設計のための早期収束回避法,” 第 28 回信号処理シンポジウム講演論文集, pp.641-646, November 2013.
- [2] 山本健造, 西村勇司, 陶山健仁, “集中化と多様化を交互に繰り返す PSO による IIR フィルタ設計,” 信学技報, CAS2015-54, pp.71-76, November 2015.