

ACOに基づくCSD係数FIRフィルタ設計

A-8 Design of FIR Filters with CSD Coefficients based on ACO

笹原 知博
Tomohiro SASAHARA陶山 健仁
Kenji SUYAMA東京電機大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻
Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

1 はじめに

本研究では、CSD (Canonic Signed Digit) 係数 FIR (Finite Impulse Response) フィルタ設計について検討する。本設計問題は組合せ最適化問題であり、最適解算出に膨大な設計時間を要する。設計の高速化を目的として、組合せ最適化問題の効果的な解法である ACO (Ant Colony Optimization) による設計法を提案する。設計結果より、提案法は本設計問題に対し効果的な手法であることを示す。

2 CSD 係数 FIR フィルタ設計問題

次数 N が偶数、インパルス応答が偶対称の CSD 係数 FIR フィルタの振幅特性 $H(\omega)$ は次式となる。

$$H(\omega) = \sum_{n=0}^{N/2} \left(\sum_{k=0}^p x_{n,k} 2^{-k} \right) \cos n\omega \quad (1)$$

ここで、 p は語長、 $x_{n,k} \in \{1, 0, -1 = \bar{1}\}$ である。CSD 制約として非零桁の隣接を禁じる。また回路規模削減のために、係数全体で使用可能な非零桁数を許容非零桁数 Λ 以下になるように制限する。本設計ではミニマックス基準を用いるため、設計問題は $H(\omega)$ と所望特性 $D(\omega)$ の最大誤差を最小化する設計変数 $x_{n,k}$ を決定する問題となる。この問題では初期値と最適解は類似した構造をもつ傾向が想定される。そのため、アルゴリズムには初期の良い係数はそのままに、他の係数のみを変化させる探索が求められる。

3 ACO による CSD 係数 FIR フィルタ設計

ACO はアリの採餌行動に示唆を得た最適化手法である。図 1 に本設計問題に対する探索経路モデルを示す。図 1 において、各個体はフェロモンが多く蓄積された経路を高確率で選択しながら解を探索する。その後フェロモン更新により、全経路上のフェロモンを蒸発し、良経路に新たなフェロモンを付加する。これらを繰り返し、良解の発見を目指す。

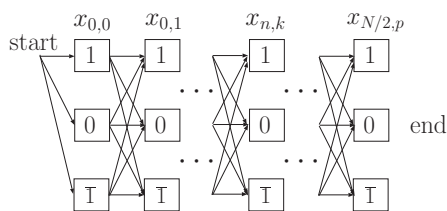


図 1 探索経路モデル

4 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。表 1 において f_p は通過域端周波数、 f_s は阻止域端周波数である。個体数と探索回数は、Ex.1 ではそれぞれ 500, Ex.2 ではそれぞれ 600 とした。試行回数はいずれも 100 とした。比較手法として 0-1PSO (Particle Swarm Optimization), GA (Genetic Algorithm) を用いた。表 2 に設計結果を示す。

表 1 設計条件

	N	p	f_p	f_s	Λ
Ex.1	130	16	0.10	0.12	60
Ex.2	200	16	0.19	0.20	80

表 2 設計結果

	method	δ_{min}	δ_{mean}	time[s]
Ex.1	0-1PSO	0.02415	0.02700	8
	GA	0.02073	0.02335	80
	ACO	0.01984	0.02249	40
Ex.2	0-1PSO	0.03953	0.04736	14
	GA	0.03506	0.03987	181
	ACO	0.03443	0.03778	78

表 2 において、 δ_{min} は全試行での最大誤差の最良値、 δ_{mean} は平均値、time は 1 試行当りの設計時間である。表 2 より、提案法は比較手法に比べ δ_{min} および δ_{mean} が改善され、GA に比べ設計時間を短縮可能である。図 2 に Ex.2 の初期値と最良解とのハミング距離の平均値を示す。図 2 は値が小さいほど解が初期値と類似していることを示す。

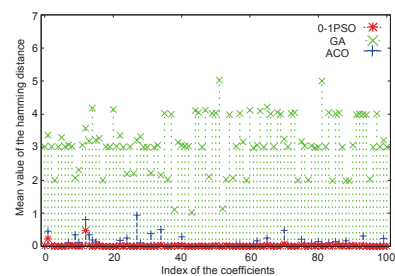


図 2 初期値と最良解とのハミング距離の平均値 (Ex.2)

図 2 より、提案法は一部の係数のみを変化し、設計問題の構造に適した探索を行うことを確認した。

5 まとめ

ACO による CSD 係数 FIR 設計法を提案した。設計例より、提案法は本設計問題に対し効果的に働くことを示した。

参考文献

[1] Proc. of APSIPA ASC 2015, pp.463-468, 2015.