

GA による CSD 係数 FIR フィルタ設計のための多様化戦略

A-8 Diversification Strategy for Design of CSD Coefficient FIR Filters Using GA

有江 勇人
Yuto ARIE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

FIR (Finite Impulse Response) フィルタの回路規模削減にはフィルタ係数の CSD (Canonic Signed Digit) 表現が有効である。その設計法として、GA (Genetic Algorithm) による手法が提案されている [1]。GA は探索が進むとともに、類似した遺伝子構造をもつ個体が増え、探索の多様化を図ることが困難となる。提案法では、許容非零桁数の異なる複数の群を用い、探索の多様化を促進する。設計例より、提案法の有効性を示す。

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である 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、 $x_{n,k} \in \{0, 1, -1\}$ である。回路規模削減のため全体の非零桁数が Λ 以下、また非零桁の隣接を禁じる制約条件を付加する。

ミニマックス基準による設計問題は $H(\omega)$ と所望特性 $D(\omega)$ の最大誤差を最小化する $x_{n,k}$ の決定問題である。

3 GA による CSD 係数 FIR フィルタ設計

GA は主に交叉、突然変異、選択から成る。CSD 係数 FIR フィルタ設計では、 $x_{n,k}$ を遺伝子とみなして遺伝操作を行う。交叉、突然変異で個体を生成し、選択で目的関数値の悪い個体を淘汰する。このように、交叉と突然変異で多様化、選択で集中化を促し、良解の発見を目指す。本研究では、交叉則と選択則として検証の結果、最も良好な設計結果であった一様交叉、ランキング選択を用いる。

4 提案法

通常の GA では、解に対する指向性を強めるため、交叉では最良個体とランダムに選択された個体を用いた。しかし、指向性の強さのため、探索中盤以降で停留する場合があった。すなわち、探索の多様化が不十分であった。GA における探索の多様化は交叉、突然変異で行う。突然変異は、探索の進行にかかわらず多様化の継続ができる。一方、交叉は個体のもつ遺伝子構造に大きく依存するため、良解の発見には異なる遺伝子構造をもつ個体間での交叉が重要である。しかし、探索が進むとともに類似した遺伝子構造をもつ個体が増え、交叉によって多様化を図ることが困難となる場合がある。提案法では、許容非零桁数が Λ , $\Lambda - 1$, 制限なしの制約の異なる 3 つの群を用いる。各群の個体は類似した遺伝子構造を示

しつつ下位ビットでは異なる遺伝子構造をもつ。これらの個体を交叉の際に共有して、生成子が下位ビットで類似した遺伝子をもつことを阻止し、探索終盤まで多様化を図ることを試みる。

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。 f_p は通過域端周波数、 f_s は阻止域端周波数である。1 群あたりの個体数は 60、反復回数は 800、試行回数は 20 とした。比較手法として通常の GA を用いた。表 2 に 20 試行中の最良値 δ_{min} 、最悪値 δ_{max} 、平均値 δ_{mean} 、標準偏差 σ を示す。

表 1 設計条件

	N	f_p	f_s	p	Λ
Ex.1	50	0.10	0.15	8	30
Ex.2	100	0.22	0.24	16	150

表 2 設計結果

	method	δ_{min}	δ_{max}	δ_{mean}	σ
Ex.1	Proposed GA	1.314	1.732	1.583	0.115
	Normal GA	1.534	1.904	1.703	0.093
Ex.2	Proposed GA	0.955	0.985	0.968	0.009
	Normal GA	0.956	0.990	0.979	0.011

表 2 より、 δ_{min} 、 δ_{mean} 、 δ_{max} において、通常の GA より良好な結果であることを確認できる。 σ は通常の GA と比較して、同程度であることから試行に依らず、良好な設計が可能であることがわかる。したがって、探索の多様化を探索終盤まで維持していると考えられる。

6 まとめ

GA による CSD 係数 FIR フィルタ設計を行った。通常の GA では探索が進むとともに、類似した遺伝子構造をもつ個体が増え、交叉による多様化を図ることが困難となる場合があった。そこで、許容非零桁数が異なる複数の群を用いて探索の多様化を促進した。設計例より提案法の有効性を示した。

参考文献

- [1] Shing-Tai Pan, "A Canonic-Signed-Digit Coded Genetic Algorithm for Designing Finite Impulse Response Digital Filter," Digital Signal Processing, Vol.20, pp. 314-327, March 2010.
- [2] 今泉拓也, 陶山健仁, "GA による近接最適性原理に基づく CSD 係数 FIR フィルタ設計," 電子情報通信学会技術報告, SIP2013-75, pp.43-48, August 2013.