

Genetik Algoritma Kullanılarak Sonlu Uzunluklu Katsayılı Sonsuz Darbe Tepkili Sayısal Filtre Tasarımı

Design Of Digital IIR Filter With Finite Word Length Coefficients Using Genetic Algorithms

Arif Duramaz - *Elektrik Elektronik Müh.*

arifduramaz@gmail.com

Prof. Dr. Arif Nacaroglu - *Elek. Elektronik Müh.*

arif1@gantep.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada sonlu uzunluklu katsayılar kullanılarak sonsuz darbe tepkili sayısal filtre tasarlanması için sezgisel yaklaşım metodlarından olan genetik algoritma kullanılmasına ilişkin bir çalışma yapılmıştır. Normalleştirilmiş ve sonlandırılmış katsayılardan oluşturulan olası çözümler havuzu içerisinde genetik algoritma kullanılarak en uygun çözümün seçilmesini sağlayan bir program hazırlanmıştır. Bu program en uygun katsayıların seçilmesini sağlarken filtrenin derecesini de en uygun olacak şekilde seçmektedir.

Genetik algoritmanın parametrelerinden olan mutasyon işlemi için genetik algoritmanın iterasyon sayısını düşürmeyi hedefleyen yerel arama algoritması önerilmiştir. Ayrıca sonlandırılmış katsayılar en fazla 6 bit uzunluğunda, 2'nin pozitif ve negatif kuvvetlerinin toplamları ve farkları şeklinde oluşturularak filtrenin pratikte kullanım imkanlarının artması ve çalışma hızı yönünden daha verimli olması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler — sonlu katsayı; genetik algoritma; sonsuz darbe tepkili filtre; yerel arama algoritması.

Abstract—In this work, a method for the application of the genetic algorithm to design a digital infinite impulse response (IIR) filter with finite word length binary coefficients is given. Program selects the best coefficients and minimum order among the coefficients and orders in the population. We have prepared a program that allows selection of the most suitable solution from within the pool of possible solutions that are created from normalized and finite word length coefficients. This program provides the most suitable coefficients and optimal order is selected.

Genetic algorithm which aims at reducing the number of iterations for the mutation process of the genetic algorithm parameters have been proposed local search algorithm. Coefficients have been selected in the pool that are occurred less than 6 bits in size and consist of sum of power of 2 coefficients. So in practice, aimed to increase the opportunities to use and quick response of the filter.

Keywords — finite word length coefficients; genetic algorithm; infinite impulse response filters; local search algorithm.

1. SAYISAL FİLTRELER

Haberleşme sistemlerinde, sayısal işaret işleme uygulamalarında sıkça kullanılan sayısal filtrelerin tasarımında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Sistem davranışı ve parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan uyarlanabilir filtreler, ses ve görüntü iyileştirilmesinde kullanılan sabit katsayılı filtreler, görüntü işlemede kullanılan 2 ve 3 boyutlu filtreler genel olarak sonlu ve sonsuz darbeli filtreler olarak iki temel yapıdadırlar.[1,2] Doğrusal açı özelliği, sürekli kararlı olması, kolay tasarlanabiliyor olması sonlu darbeli filtrelerin avantajları olarak bilinse de, sonsuz darbeli filtreler göre uzun olmaları hem yazılım hem donanım açısından sonsuz darbeli filtreleri avantajlı yapar. Hem sonlu, hem sonsuz darbeli sayısal filtre tasarımında temel amaç filtrenin girişi ve çıkışı arasındaki fark denkleminde elde edilen transfer fonksiyonundaki katsayıları bulmaktır. Literatürde bu katsayıların bulunması amacıyla, Fourier serilerinin kullanılması, sürekli filtre transfer fonksiyonlarının s-z dönüşümleri, sayısal yaklaşım metodları gibi çeşitli yöntemler mevcuttur.[3,4] Son yıllarda bilgisayar sistemlerinin hızlanması ve kapasitelerinin artması filtre tasarımında genetik algoritma kullanımını artırmıştır.

Bu çalışmada genetik algoritma parametrelerinden olan başlangıç çözüm havuzunun, uygunluk fonksiyonunun ve mutasyon tekniğinin iyileştirilmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Başlangıç çözüm havuzu filtrenin tepki hızını arttırmak amacı ile 2-i (i=1, 2, 3...)N'in toplamlarından ve farklarından oluşan katsayılardan meydana getirilmiştir. Uygunluk değerini belirlemek için oluşturulan uygunluk fonksiyonu tasarlanan filtrenin derecesi ile ideal filtre arasındaki hata oranı baz alınarak yazılmıştır. Elde edilen sonuçların doğruluğu filtrelerin kazanç ve faz eğrilerinin tasarlanması istenen eğrilerle karşılaştırılması ile gösterilmiştir.

2. GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma bir evrimsel hesaplama metodu olup, ele alınan probleme ilişkin olası çözümler grubu (başlangıç populasyonu) ile çalışmaya başlar. [5] Bu çözümlerin her biri doğadaki gibi bireyleri temsil eder ve eşleştirilip çoğaltması sağlanır. Başlangıç populasyonundaki bireylerin çiftleştirilmesi için seçilen bireyler (ebeveynler) uygunluk değerlerine göre en uygun bireyin seçilme ihtimalinin fazla olacağı şekilde belirlenir. Genetik algoritmada yeni bireyin oluşması biyolojik aşamalara benzer şekilde olur. Se-

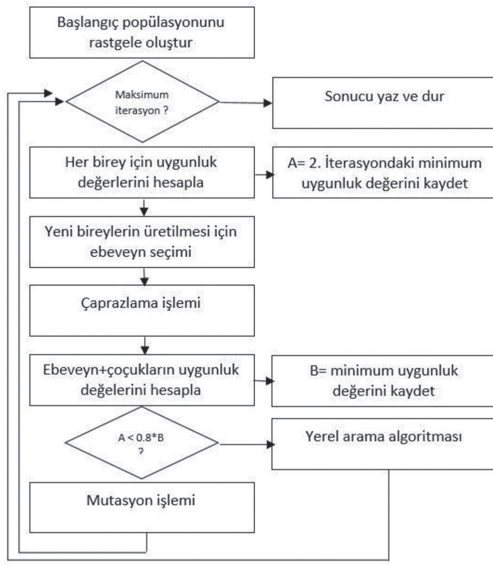
çilim, çoğalma, çaprazlama, ve mutasyon işlemlerinin uygulanması ile optimal bir çözüm araştırılır. En iyi birey her zaman hayatta kalır.

Bu çalışmada Şekil 1' de verilen genetik algoritma adımları kullanılmıştır. Yerel arama algoritması, genel uygulanan yöntemlerden farklı olarak, çaprazlama sonucunda elde edilen en iyileri ayıklayarak ve çoklayarak en iyiler arasında her bireyi tek nokta mutasyonuna uğratmakta ve yeni popülasyonu oluşturmaktadır. Bu algoritma ile genetik algoritmanın iterasyon değerinin azaltılması amaçlanmıştır.

Önerilen algoritmada başlangıç değerleri, n uzunluktaki 2-i'nin toplamlarından ve farklarından oluşan popülasyon havuzundaki sayılardan rastgele seçilmektedir. Filtrenin derece aralığı, katsayı uzunlukları, popülasyon büyüklüğü, iterasyon sayısı, çaprazlama ve mutasyon oranları girdi olarak verilerek algoritmanın koşturulması gerçekleştirilmektedir.

3. YEREL ARAMA ALGORİTMASI

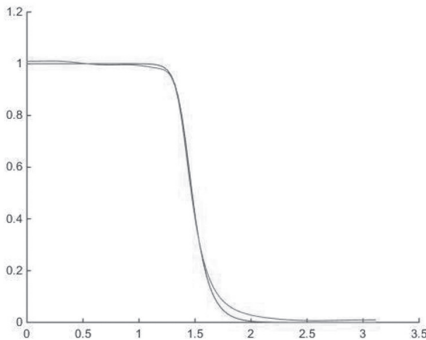
Bu algoritma popülasyondaki bireylerin hata değerlerine göre çoğaltmasını sağlamaktadır. Uygunluk fonksiyonu ile hesaplanan, en iyi çözümün uygunluk değerinde görülen ani düşmeler yerel arama algoritmasını devreye girdirmektedir. En iyi çözümün uygunluk değerinde görülen ani düşmeler bize o iterasyondaki popülasyonda istenilen değere yaklaşıldığını haber verir. Bu popülasyondan alınan belli sayıdaki en uygun bireyler kopyalanarak yeni popülasyon oluşturulur ve bu popülasyonun her bir bireyi tek nokta mutasyonuna uğratılır. Bu popülasyon bir sonraki iterasyona girerek genetik algoritma sonlandırma kriterine göre çalışmaya devam eder. Şekil 1 de önerilen genetik algoritma akış diagramı gösterilmiştir. İkinci iterasyonda kaydedilen en uygun değer(A olarak gösterilmiştir.) daha sonraki iterasyonlarda kaydedilen en uygun değer(B olarak gösterilmiştir.) ile karşılaştırılmıştır. Bu iki değer arasında görülen % 20 lik bir düşme yerel arama algoritmasını devreye almaktadır.



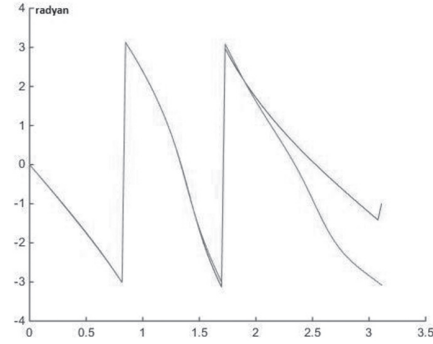
Şekil 1. Önerilen genetik algoritma akış diagramı

4. ÖRNEK

Bu çalışmada sunulan yerel arama algoritması, geçiren band kesme frekansı 9600 Hz., durduran band kesme frekansı 12000 Hz., örnekleme hızı 48000 Hz., geçme ve durdurma kazanç değerleri 1 ve 80 db olan ideal alçak geçiren filtrenin tasarlanması için uygulanmıştır. Program girdileri olarak minimum ve maksimum filtre dereceleri 5 ve 10, istenen katsayı uzunluğu 6 bit olarak verilmiştir. Populasyon büyüklüğü 40000, çaprazlama oranı 0.9, mutasyon oranı 0.05 ve turnuvaya katılan birey seçim sayısı 40 olarak alınmıştır. Genetik algoritma uygulanarak elde edilen kazanç ve faz eğrileri Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Kazanç eğrileri uygulanan algoritmanın özellikle band geçiren bölgede istenen eğriye oldukça yakın kazanç elde edildiğini göstermektedir. Örnekleme hızı giriş frekansının 2 katından daha büyük seçildiğinden durduran bandın yüksek değerlerinde oluşan faz kayması pratikte bir sorun oluşturmayacaktır.



Şekil 2. Genlik cevabı sonucu (domeynde 3.14=24 kHz)



Şekil 3. Faz cevabı sonucu(domeynde 3.14=24 kHz)

Genlik cevabı ve faz cevabı gösterilen digital filtrenin taransfer fonksiyonu aşağıda tablo 1'de gösterilmiştir.

a0	0	b1	0,671875
a1	0,015625	b2	0,828125
a2	0,09375	b3	-0,25
a3	0,265625	b4	0,3125
a4	0,46875	b5	0,640625
a5	0,546875	b6	-0,984375
a6	0,359375	b7	0,625
a7	0,046875	b8	-0,1875
a8	-0,09375	b9	-0,03125
a9	-0,03125	b10	0,03125

$$H = \frac{a_0 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + a_3z^{-3} + \dots + a_9z^{-9}}{1 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + b_3z^{-3} \dots + b_{10}z^{-10}}$$

Tablo 1. Transfer fonksiyonu

Tablo 2'de ise önerilen yerel arama algoritması ile standart genetik algoritma arasındaki iterasyon farkı örnek bir minimizasyon probleminde gösterilmiştir. Bu örnek, tüm şartların eşitliğinde populasyon büyüklüğü 30.000 olarak ve rastgele atanan değerleri tohumlama yaparak elde edilmiştir. Görüldüğü üzere standart genetik algoritma ile 10. iterasyonda yakalanan değer, yerel arama algoritması ile 6. iterasyonda geçilmiştir. Böylelikle genetik algoritmanın çalışma süresi hemen hemen yarıya düşmektedir ve daha kısa sürede daha uygun sonuçlar elde edilmektedir.

İterasyon sayısı	Standart Genetik Algoritma ile Uygunluk Değeri Sonuçları	Yerel Arama Algoritması ile Uygunluk Değeri Sonuçları
1. İterasyon en iyi uygunluk değeri	47.7486	47.7486
2. İterasyon en iyi uygunluk değeri	37.072	37.072
3. İterasyon en iyi uygunluk değeri	26.8864	26.8864
4. İterasyon en iyi uygunluk değeri	22.5677	22.5677
5. İterasyon en iyi uygunluk değeri	15.1476	9.39895
6. İterasyon en iyi uygunluk değeri	12.4034	5.6548
7. İterasyon en iyi uygunluk değeri	8.33999	4.93245
8. İterasyon en iyi uygunluk değeri	6.43562	3.43572
9. İterasyon en iyi uygunluk değeri	6.43562	3.43572
10. İterasyon en iyi uygunluk değeri	6.28071	3.04787

Tablo 2. Standart genetik algoritma ile yerel arama algoritmasının iterasyon sayısına göre uygunluk değerleri karşılaştırması

5. SONUÇ

Bu çalışmada, sonsuz darbe tepkili filtrelerin sonlu uzunluktaki katsayılar kullanılarak tasarlanabilmesi için yeni bir genetik algoritma sunulmuş ve alçak geçiren bir filtrenin tasarımında uygulanmıştır. Sonsuz Darbe Tepkili Filtre tasarımlarında kullanılan bilinen yöntemlerle, öncelikle sürekli frekans domeyninden ayrık frekans domeynine geçişte kullanılan dönüşüm ilişkilerindeki faz kaymaları önerilen yöntemle ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca sayısal yaklaşım metodu da yaklaşımda minimum hatanın bulunmasını garanti etmemektedir. Bu nedenlerle Genetik Algoritma kullanılarak elde edilen transfer fonksiyonları, bilinen yöntemlerle elde edilen transfer fonksiyonları ile kıyaslandığında daha iyi bir performans göstermektedir. Diğer yöntemler kullanılarak elde edilen kazanç

eğrisine ait filtre katsayıları sonsuz bit uzunluğundayken bu çalışmada verilen algoritma ile elde edilen ve istenen şartları sağlayan filtrenin katsayılarının bit uzunlukları 6 ile sınırlandırılmıştır. Katsayıların sonlu uzunlukta olması hem donanım hem yazılım olarak avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca önerilen yerel arama algoritması iterasyon sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Böylece daha az iterasyonda sonuca ulaşılmıştır.

6. KAYNAKÇA

[1]A. Antoniou, *Digital Filters: Analysis and Design*, McGraw-Hill, 1979. Also translated into Russian and published by Radio and Communications, Moscow in 1983, and reprinted in India by Tata McGraw-Hill and in Taiwan by The Southeast Book Company. *Digital Signal Processing Using MATLAB and Wavelets (0-9778582-0-0)*, by Michael Weeks, is a new book to appear in September, 2006, published by Infinity Science Press (now part of Jones & Bartlett)

[2]A.Lee, M. Ahmadi, G.A. Jullien, W.C. Miller, and R.S. Lashkari. 'Digital Filter Design Using Genetic Algorithm' Department of Electrical Engineering, University of Windsor, Windsor, Ontario, N9B 3P4, Canada *Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, University of Windsor, Windsor, Ontario, N9B 3P4, Canada

[3]Shing-Tai Pan 'A canonic-signed-digit coded genetic algorithm for designing finite impulse response digital filter' Department of Computer Science and Information Engineering, National University of Kaohsiung, No. 700, Kaohsiung University Rd., Nan Dis., Kaohsiung 811, Taiwan, ROC

[4]H. Karci, G. Tohumoglu and A.Nacaroglu, 'Speciation based genetic algorithm in analog circuit desing', *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, (accepted)

BÜLTENİMİZE YAZI YAZMAYA NE DERSİNİZ?

EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni yayın perspektifi gereği üyelerin ilgi ve ihtiyaçlarına cevap vermeye çalışmaktadır. Aynı zamanda üyelerin bilgi ve birikimlerini meslektaşlarıyla paylaşmalarında aracı olmak, meslektaş dayanışmasında atılan adımlara zemin sağlamak öncelikli hedeflerimizdendir.

Bu hedefimize ulaşmamız için siz değerli üyelerimizin, bize göndereceği yazı ve çalışmaları sabırsızlıkla bekliyoruz. Gerek mesleki teknik, gerekse sanatsal-kültürel yazılarınızı bizlerle paylaşabilirsiniz. Bültenimize makale göndermek isteyen üyelerimiz, ankara.bulten@emo.org.tr adresinde bizimle iletişime geçebilirler.

