

KARINCA KOLONİ ALGORİTMASI KULLANARAK AKTİF FİLTRE TASARIMI

Adem KALINLI

Erciyes Üniversitesi, Kayseri Meslek Yüksek Okulu, Elektronik Bölümü
38039 Kayseri, Türkiye, kalinlia@erciyes.edu.tr

Anahtar sözcükler: Devreler ve Sistemler, Aktif Filtreler, Karınca Koloni Algoritması

ÖZET

Analog elektronik devrelerin tasarımında, ortaya çıkan pasif eleman değerleri çoğunlukla, standart olarak üretilen eleman değerleri ile tam olarak örtüşmemektedir. Tasarımcılar ise genellikle, en yakın değerli elemanları seçmektedir. Bu durum bir tasarım sapmasına neden olmaktadır. Genelde standart seri elemanlarının oluşturduğu tüm uzayda daha iyi bir çözüm seti var olacaktır. Bununla beraber, mümkün olan tüm eleman değerlerinden en uygun setin seçilmesi oldukça kompleks bir ayrık araştırma problemidir.

Sezgisel algoritmalar, son yıllarda analog devre tasarımı için ümit verici yaklaşımlar olarak görülmektedir. Bu çalışmada, aktif filtre devre elemanı değerlerinin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım olarak, karınca koloni algoritmasının başarıyla kullanılabileceği gösterilmiştir.

1. GİRİŞ

Analog devrelerin tasarımı için geleneksel yaklaşımlarda, elemanlar ideal ve sınırsız değerlerde kabul edilir. Oysa, ayrık elemanlar sabit değerlerin belirli bir sayısının yaklaşık logaritmik katları şeklinde üretilmiştir. Örneğin, “oniki serisi” (E12) olarak bilinen standart seri değerleri 1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2, 10, ... dur. Ayrık elemanlar, tasarım maliyetlerinin azaltılabilmesi için, bu seriden yada mümkün olan diğer standart serilerden seçilmektedir. Geleneksel yaklaşımlar sonucunda ortaya çıkan eleman değerleri ise standart seri değerleri ile tam olarak örtüşmemektedir. Devrelerin gerçekleştirilmesinde ideale en yakın standart seri değerlerine sahip elemanların kullanılmasıyla, idealden sapmalar meydana gelmektedir. Bu sapmalar sonucu ortaya çıkan hataların, E24, E48 veya E96 gibi serilerden ideale daha yakın değerlerde elemanların seçilmesiyle veya eleman çiftlerinin seri yada paralel bağlanmasıyla elde edilecek özel değerlerde elemanların kullanılması ile azaltılması mümkündür. Bununla beraber, bu yaklaşımların hepsinde hatalar içermektedir.

Geleneksel tasarım yöntemleri genellikle, belirli elemanlar birbirine eşit yada birbirinin katları şeklinde seçilerek doğrudan uygulanabilir tasarım formülleri

elde etmeye yönelik yaklaşımlar sergilemektedir. Tasarım yöntemlerindeki bu basitleştirmenin amacı, hangi standart seri kullanılırsa kullanılsın, seri değerlerinin tüm kombinasyonlarını dikkate almadan en düşük hata ile tasarımlar yapabilmektir. Ancak, bu yaklaşımlar serbestlik derecesi miktarının azalmasına neden olmaktadır. Bununla beraber, genelde daha az tasarım hatası içeren standart seri değerlerinin bir seti var olacaktır. Tüm elemanların oluşturduğu çözüm uzayında tasarım yapmak oldukça kompleks bir ayrık araştırma problemidir. Örnek olarak bu çalışmada dikkate alınan 8 elemanlı alçak geçiren filtre devresinde, elemanlar E12 serisinden kırktan fazla seçenek olacak şekilde seçilirse, araştırma uzayı yaklaşık 3×10^{13} nokta içerecektir [1]. Optimum tasarım için, mümkün olan tüm kombinasyonlar üzerinde bilgisayar tabanlı araştırma yapmak makul bir zamanın ötesinde bir süre gerektirir. Bu nedenle ayrık eleman değerlerinin belirlenmesinde alternatif bir metodun uygulanması kaçınılmaz görünmektedir.

Analog devrelerin tasarımı için son yıllarda dikkatler yapay zeka ve tabii bilimlerden türetilmiş sezgisel (*heuristic*) algoritmalar üzerine kaymaya başlamıştır. Tabu araştırma algoritması, Benzetilmiş Tavlama, Genetik algoritmalar ve Karınca Koloni algoritması (KKA) zor optimizasyon problemleri için geliştirilmiş sezgisel algoritmalarından bazılarıdır [2,3]. Analog devrelerde otomatik tasarım yapmak için bu algoritmalarından ilk üçü üzerine dayalı çeşitli çalışmalar yapılmıştır [4,5]. Bununla beraber, literatürde KKA üzerine dayalı analog devre tasarımına yönelik sadece bir kaç çalışmaya rastlanmıştır [6].

Bu çalışmada, geleneksel yaklaşıma göre çok daha az hata içeren tasarımlar gerçekleştirmek amacıyla aktif filtre devrelerinin eleman değerlerinin seçiminde, KKA' na dayalı yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın performansını, geleneksel yöntemlerle sağlanan tasarımlardan elde edilen neticeler ile karşılaştırılmıştır.

2. KARINCA KOLONİ ALGORİTMASI

KKA, Dorigo ve arkadaşları tarafından önerilmiş en yeni sezgisel algoritmalarından biridir [7]. Algoritma gerçek karınca kolonilerinin davranışları üzerine

dayalıdır. Günümüze kadar KKA' nın yeni modelleri ortaya çıkmış ve bu modellerin özellikle ayrık optimizasyon problemlerinin çözümüne uygulanması konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Gerçek karıncalar, yuvaları ile yiyecek kaynağı arasındaki en kısa yolu bulma kabiliyetine sahiptirler ve ayrıca çevredeki değişimlere de adapte olabilmektedirler. Örneğin, yuva ile yiyecek arasındaki en kısa yol belirli bir zamanda keşfedilir ve sonra çevre şartları nedeniyle bu en kısa yol artık en kısa yol olmaktan çıkarsa, karıncalar yeni en kısa yolu bulabilmektedirler. Diğer bir ilginç noktada karıncaların çok iyi görme kabiliyetlerinin olmamasıdır. Yani, en kısa yolu keşfetme uğraşında yönleri seçmek için etrafı tam olarak göremezler. Karıncalar üzerine yapılan çalışmalar, en kısa yolu bulma kabiliyetlerinin birbirleri arasındaki kimyasal haberleşmenin bir sonucu olduğunu göstermiştir. Karıncalar birbirleriyle haberleşmede *feromon* olarak adlandırılan kimyasal bir madde kullanmaktadır. Karıncalar yürürken yolları üzerine bir miktar feromon maddesi bırakır ve her bir karınca yuva yada yiyecek bulmak için bir doğrultuyu seçer. Bir yönün seçilme ihtimali, bu yön üzerindeki feromon maddesi miktarına bağlıdır. Bütün yönlerin feromon miktarı birbirine eşit ise, o zaman bütün yönler karıncalar tarafından aynı seçilme olasılığına sahiptir. Tüm karıncaların hızlarının ve yollara bıraktıkları feromon

miktarının aynı olduğu kabul edildiğinde, daha kısa yollar birim zamanda daha çok feromon maddesi alacaktır. Dolayısıyla, karıncaların büyük çoğunluğu hızla en kısa yolları seçecektir. Bu geri besleme işlemi otokatalitik işlem olarak da adlandırılır. Gerçek karınca kolonilerinin en kısa yolu bulmak için gösterdikleri davranış, doğal bir optimizasyon işlemi tanımlar [2].

Karıncalar koloni optimizasyon algoritması, yukarıda tanımlanan gerçek karınca kolonilerinin yapmış olduğu doğal optimizasyon işleminin yapay bir versiyonudur. Gerçek karınca kolonilerinin davranışını modelleyen temel bir algoritmanın adımları Şekil 1' de verilmiştir.

TACO (Touring Ant Colony Optimisation)

Algoritması: Bu algoritma Hiroyasu ve arkadaşları tarafından özellikle sürekli optimizasyon problemleri için önerilmiştir [8]. Bu algoritmada çözümler ikili sayılarla temsil edilmiş tasarım parametrelerinin bir vektörüdür. Dolayısıyla bir çözüm, ikili sayıların alt guruplarından oluşan bir vektördür. Bu nedenle, her bir yapay karınca dizideki ikili sayının değerini araştırır. Başka bir deyişle ikili sayının değerinin 1 yada 0 olup olmadığına karar vermeye çalışır. TACO algoritması kavramı Şekil 2' de gösterilmiştir.

BEGIN

REPEAT

Bütün yapay karıncalar için yolların üretilmesi

Bütün yapay yolların uzunluğunun hesaplanması

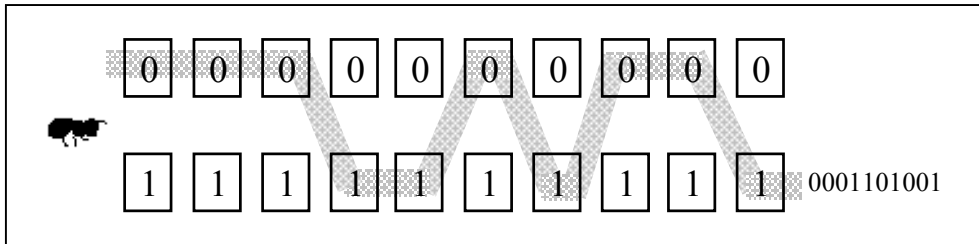
Yapay yollar üzerinde bulunan feromon maddesi miktarının güncellenmesi

Şu ana kadar bulunan en kısa yapay yolun hafızada tutulması

UNTIL (iterasyon = maksimum iterasyon yada yeterlilik kriteri)

END.

Şekil 1. Basit bir karınca koloni optimizasyon algoritması.



Şekil 2. Bir karınca tarafından bulunan yapay bir yol (çözüm).

Bir ikili sayının değeri için karar verme aşamasında, karıncalar sadece feromon maddesi bilgisini kullanır. Bir karınca dizideki tüm ikili sayıların değeri için karar verdiğinde problem için bir çözüm üretmiş demektir. Bu çözüm, problem için değerlendirilir ve kalite fonksiyonu olarak adlandırılan bir fonksiyon aracılığıyla çözüme ilişkin bir kalite değeri elde edilir.

Bu değere bağlı olarak bir yapay feromon maddesi miktarı ikili sayılar arasında oluşan yapay bütün alt yollara yapıştırılır.

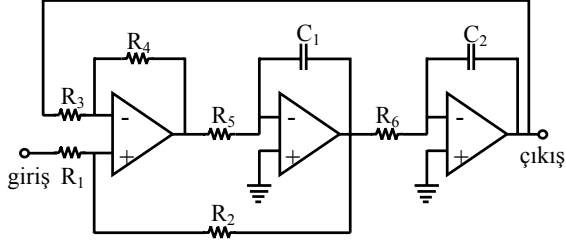
3. AKTİF FİLTRE TASARIMI

Bu çalışmada aktif filtrenin iki formu dikkate alınmıştır. Bunlardan birincisi, Kerwin-Huelsman-

Newcomb (KHN) filtresi olarak da bilinen durum değişkenli aktif filtre devresi; ikincisi ise, Wien-Robinson (WR) devresi olarak bilinen band durdurucu filtre devresidir.

3.1. Durum Değişkenli Aktif Filtre

KHN devresinin alçak geçiren filtre (AGF) yapısı Şekil 3'de gösterilmiştir [9]. AGF devresinin cevabı, geçiş bandı kazancı H , kesim frekansı $\omega_0=2\pi f_0$ ve kalite faktörü Q ile tanımlanır. Bu değerler durum devredeki pasif elemanların değerleri kullanılarak Eşitlik (1) deki gibi tanımlanır.



Şekil 3. Alçak geçiren durum değişkenli aktif filtre

$$H = \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_3(R_1 + R_2)}, \omega_0 = \sqrt{\left(\frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{1}{C_1 C_2 R_5 R_6}\right)}$$

$$Q = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1(R_3 + R_4)} \sqrt{\frac{C_1 R_4 R_5}{C_2 R_3 R_6}} \quad (1)$$

Devrede, 6 direnç ve 2 kapasitör olmak üzere toplam 8 eleman vardır. Bu elemanların değerleri verilen belirli bir ω_0 ve Q değeri için belirlenir ve bir çok tasarım yaklaşımında H değeri de önemlidir. Geleneksel bir yaklaşımla, iki kapasitör birbirine eşit ve R_2 hariç diğer dirençler de R' ye eşit seçilmek suretiyle eleman değerlerinin seçimi basitleştirilir. Bu kabullere göre Eşitlik (1) den hareketle aşağıdaki eşitlikler elde edilir:

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad (2)$$

$$R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R; C_1 = C_2 = C$$

$$R_2 = (2Q - 1)R \quad (3)$$

Geleneksel bir yaklaşımda, ilk olarak Eşitlik (2) kullanılarak istenen kesim frekansını sağlayan R ve C çiftinin seçimi gerçekleştirilir. Sonra Eşitlik (3) kullanılarak diğer devre elemanlarının değeri belirlenir. Doğru bir tasarım için genelde izlenen yöntem, R için tercih edilen değerler dizisinin ortasından bir değer seçmektir. Seçilen bu değer beş direncin değeri olacaktır. Geri kalan C_1 , C_2 ve R_2 elemanlarının değeri (2) ve (3) eşitlikleri kullanılarak belirlenir.

3.2. Wien-Robinson Filtresi

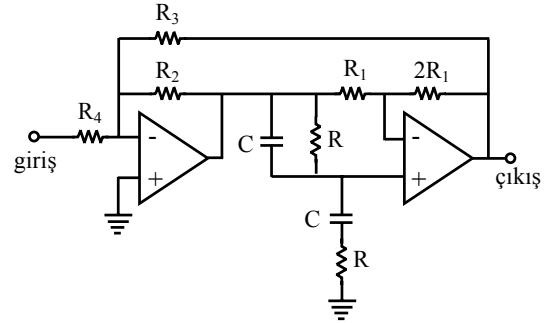
Aktif WR filtresi Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu devrede eleman değerleri aşağıda verilen yöntemle belirlenmektedir [10].

1- İstenen ortaband frekansı (f_m) ve kalite değeri (Q) değeri belirlenir. Seçilen bir C değeri için R direncinin değeri aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

$$R = \frac{1}{2\pi f_m C} \quad (4)$$

2- R_2 direnci için keyfi bir değer seçilir ve geçiş bandı kazancı H için genellikle 1 alınarak, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla R_3 ve R_4 elemanlarının değerleri belirlenir.

$$R_3 = \frac{R_2}{3Q - 1} \quad R_4 = \frac{R_2}{3HQ} \quad (5)$$



Şekil 4. Aktif Wien-Robinson Filtresi

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Her iki devre örneği içinde, geleneksel yaklaşımla elde edilen eleman değerleri, standart olarak üretilen eleman değerleri ile tam olarak örtüşmeyecektir. Bu durumda izlenecek yol, en yakın değerli standart seri eleman değerlerini kullanmaktır. Simülasyon çalışmalarında direnç ve kapasitörler için E12 serisindeki standart değerler göz önüne alınmıştır.

Elemanların standart seri değerlerinden seçilmesi sonucunda, kesim frekansı ve kalite faktörü değerlerinde sapmalar ortaya çıkacaktır ($\Delta\omega$ ve ΔQ). İdeale yakın tasarımlar yapabilmek için, bu sapmaların mümkün olduğu kadar küçük olması önemlidir. Çalışmada kullanılan hata kriteri, bahsedilen sapma miktarlarına bağlı olarak aşağıda verilmiştir [1]:

$$\text{hata} = a_1 \frac{|\Delta\omega|}{\omega_0} + a_2 \frac{|\Delta Q|}{Q} \quad (6)$$

Burada, $a_1=0.5$ ve $a_2=0.5$ olarak kabul edilmiştir. Kesim frekansı ve kalite faktörü için, kabul edilebilir tasarım toleranslarının farklı tercih edilmesi durumunda, bu katsayılar farklı değerlerde kullanılabilir.

Geçiş bandı kazancı H , diğer analog devrelerle istenen düzeyde tutulabileceği için bir çok uygulamada kritik değildir ve geleneksel tasarım yöntemlerinde bazı değerlerde sabit kabul edilmektedir. Bu çalışmada, geleneksel yaklaşımla gerçekleştirilen tasarımlarda,

$H=1.0$ olarak alınmıştır. Her iki devre örneği için gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarında, $\omega_m=\omega_0=10000/2\pi=1591.55\text{rad/sn}$, $Q = \sqrt{2} = 1.41421$ olarak seçilmiştir.

KHN devresi için, için geleneksel tasarım yöntemi ile bulunan eleman değerlerinin, en yakın E12 standart seri eleman değerlerine yuvarlanması ile elde edilen sonuçlar Tablo 1’de [1]; WR devresi için bulunan eleman değerleri ise Tablo 2’ de verilmiştir. verilmiştir. KHN ve WR devreleri için geleneksel bir yaklaşımla gerçekleştirilen tasarımlar sırasıyla, %7.1824 ve %6.8798 hata içermektedir.

Tablo 1. KHN devresi için sonuçlar

	Geleneksel	KKA
Q	1.37234	1.414291
ω_0	1773.05	1591.23
R_1	4700	39000
R_2	8200	56000
R_3	4700	220000
R_4	4700	4700000
R_5	4700	6800
R_6	4700	470000
C_1	1.2×10^{-7}	1.2×10^{-6}
C_2	1.2×10^{-7}	2.2×10^{-9}
hata (%)	7.1824	0.0129

Tablo 2. WR devresi için sonuçlar

	Geleneksel	KKA
Q	1.36361	1.41667
ω_m	1539.22	1591.54
R	4700	10000
R_2	6800	390000
R_3	2200	120000
R_4	1500	100000
C_1	22×10^{-9}	10×10^{-9}
hata (%)	6.8798	0.0868

KKA ile gerçekleştirilen tasarımlarda, bölüm 2’ de bahsedilen çözüm vektöründe her bir pasif devre elemanı için bir yerleşim olmak üzere, KHN devresi için 8 yerleşim, WR devresi için 4 yerleşim kullanılmıştır. Elemanlar için standart seri değerlerini temsil etmek amacıyla kullanılan bu yerleşimlerin her birinde 6 bit kullanılmıştır. Bu bitlerden ikisi dirençler için 10^3 - 10^6 arasında, kapasitörler için 10^{-9} - 10^{-6} arasında çarpanı belirlemede kullanılmıştır. Çözümlerin değerlendirilmesi aşamasında muhtemel bir devre çözümüne ilişkin kalite değeri Eşitlik (6)’ da verilen hata fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Devre için daha küçük hataya sahip durumlarda kalite değeri daha da büyümektedir. KKA kullanarak gerçekleştirilen tasarımlarda geçiş bandı kazancı için bir sınırlama getirilmemiştir. KHN devresi ve WR devresi için KKA kullanılarak gerçekleştirilen tasarımlara ait sonuçlar Tablo 1 ve Tablo 2’ de

verilmiştir. KKA kullanılması ile tasarım hatasında büyük bir azalma olduğu açıkça görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, analog aktif filtreler için devre elemanı değerlerinin seçiminde karınca koloni algoritmasına dayalı yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Simülasyon çalışmalarında, geleneksel yaklaşım ile KKA yaklaşımları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yeni yaklaşımın geleneksel yaklaşıma göre çok daha az hata içeren tasarımlar gerçekleştirmede başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar, karınca koloni algoritmasının bu alana başarıyla uygulanabileceğini göstermesi bakımından oldukça anlamlıdır. Belirli bir devre modeline bağımlı olmayan yeni yaklaşım, diğer tipteki analog devrelerin veya daha karmaşık devrelerin tasarımında da başarıyla uygulanabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1]. Horrocks D.H. ve Spittle M.C., “Component Value Selection For Active Filters Using Genetic Algorithms”, C.2,s.553-556, 1995.
- [2]. Corne D., Dorigo M. and Glover F., New Ideas In Optimization, McGraw-Hill, 1999.
- [3]. Pham D.T. and Karaboga D., Intelligent Optimisation Techniques: Genetic Algorithms, Tabu Search, Simulated Annealing And Neural Networks, Springer-Verlag, London, 2000.
- [4]. Sadiq S.M, Youssef H., Barada H.R., Al-Yamani A., “A Parallel Tabu Search Algorithm for VLSI Standard-Cell Placement”, Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, C.2, s.581-584, Switzerland, 2000.
- [5]. Grimbleby J.B., “Automatic analogue circuit synthesis using genetic algorithms”, IEE Proc.-Circuits Devices Syst., C.147, No.6, s.319-323., 2000.
- [6]. Kuntz P., Layzell P., Snyers D., “A Colony of Ant-like Agents for Partitioning in VLSI Technology”, Proc. 4th Int. Conf. on Artificial Life (ECAL97), 1997.
- [7]. Dorigo M., Maniezzo V. and Coloni A., “Positive Feedback As A Search Strategy”, Technical Report N.91-016, Politecnico di Milano, 1991.
- [8]. Hiroyasu T., Miki M., Ono Y. and Minami Y., “Ant Colony For Continuous Functions”, The Science and Engineering Doshisha University, C:XX, No.Y, 2000.
- [9]. Kerwin W. J., Huelsman L. P. and Newcomb R. W., “State-Variable Synthesis For Insensitive Integrated Circuit Transfer Functions”, IEEE J. Solid-State Circuits, C.SC-2, s. 87-92, 1967.
- [10]. Texas Instruments, “Chapter 16, Active Filter Design Techniques”, Literature number: SLOA088, s.16.39-16.41, http://www.ti.com/sc/docs/psheets/rel_msp.htm, 2001.