

KARINCA KOLONİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI KULLANARAK FAZ KONTROLÜ İLE DOĞRUSAL ANTEN DİZİ DİYAGRAMINDA SIFIRLARIN ÜRETİLMESİ

Ali AKDAĞLI¹ Kerim GÜNEY² Derviş KARABOĞA³

^{1,2}Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri
³Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri

¹e-posta: akdagli@erciyes.edu.tr ²e-posta: kguney@erciyes.edu.tr
³e-posta: karaboga@erciyes.edu.tr

Anahtar sözcükler: Anten Dizi Sentezi, Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması, Sıfırlama

ABSTRACT

A useful and flexible method based on the ant colony optimisation algorithm for the pattern synthesis of linear antenna arrays with the prescribed nulls is presented. Nulling of the pattern is achieved by controlling only the phase of array elements. The method proposed here is capable of synthesising the array pattern with nulls imposed at the directions of interferences while simultaneously maintaining the main beam directed toward the desired signal. The proposed technique is simple and easy to implement compared to conventional array pattern synthesis techniques. Several illustrative examples of Chebyshev pattern with the imposed single and multiple nulls are given.

1. GİRİŞ

Gelişen haberleşme teknolojisinin paralelinde elektromanyetik ortam kirliliğinin gün geçtikçe artması, bu kirliliğin sebep olduğu girişimleri bastırmak ve böylece işaret-gürültü oranındaki düşmeği en aza indirebilmek için anten dizi diyagramında istenilen açılarda sıfırlar üretme gereksinimini doğurmuştur. Literatürde bu konuda yapılan çalışmalar [1-15] genellikle dört grupta toplanır: Dizi elemanlarının genlik ve fazlarının aynı anda kontrolü, sadece genliklerinin kontrolü, sadece yerlerinin kontrolü ve sadece fazlarının kontrolü. Anten dizi diyagramında istenilen doğrultularda sıfırlar üretmek için dizi elemanlarının genlik ve fazları birlikte kontrol edilerek yapılan tasarımlar, kullanılacak zayıflatıcıların ve faz kaydırıcıların maliyetleri beraber düşünüldüğünde, uygulama açısından en pahalı olan tasarımlardır. Ancak, bu tasarımlar, sadece genlik kontrolü veya sadece faz kontrolü ile

yapılan tasarımlara göre daha geniş bir çözüm uzayına sahip olduklarından dolayı, en etkin tasarımlardır [3,7]. Sadece genliklerin kontrol edilmesiyle yapılan tasarımlarda [4-7], dizi eleman genliklerinin istenilen anda değiştirilebilmesi için eleman sayısı kadar zayıflatıcı kullanılır. Şayet eleman genlikleri dizi merkezi civarında simetrikse, zayıflatıcı sayısı ve dolayısıyla hesaplama zamanı yarıya düşer. Sadece yer kontrolü ile yapılan sıfırlamada [10,13-15], dizi elemanlarını uygun noktalara yerleştirmek için servomotor gibi bir mekanik sürücü sisteme gerek duyulmaktadır. Uygulama açısından en basit ve maliyeti en düşük olan tasarım, sadece faz kontrolü ile yapılan tasarımdır [2,3,8-12]. Ayrıca ana demeti, fazların kontrolü ile yönlendirmek daha kolaydır. Sadece faz kontrolü ile sıfırlama problemi kendi tabiatından dolayı lineer olmayan bir problem olduğundan analitik yöntemlerle doğrudan çözümü mümkün değildir. Fazlardaki değişimler çok küçük kabul edilerek sıfırlama denklemleri lineerleştirilebilir, ancak bu kabul ana demete göre simetrik açılarda sıfırların üretilmemesine sebep olur [3]. Bu problemi çözmek için lineer olmayan problemlerin çözümünde kullanılan optimizasyon teknikleri kullanılmıştır [8,10]. Ancak bu teknikler kullanılarak simetrik sıfırlar elde edilirken faz değişimleri büyük kabul edildiğinden dolayı, sıfırlama doğrultusu dışındaki bölgelerde dizi diyagramı, başlangıç dizi diyagramından oldukça uzaklaşmaktadır [8,10]. Sadece faz kontrolü ile sıfırlama, yukarıda bahsedilen bazı problemleri olmasına rağmen ucuz ve basit olmasından dolayı popülerdir. Bu çalışmada eleman fazlarındaki değişimler küçük kabul edilerek asimetrik doğrultularda sıfırlara sahip dizi diyagramı üretmek için eleman faz değerleri karınca koloni optimizasyon algoritması (KKOA) ile belirlenmiştir. Sezgisel optimizasyon algoritmalarının en yenilerinden birisi olan KKOAA, diğer sezgisel optimizasyon

algoritmaları gibi ilk önce ayrık problemlerin çözümü için geliştirilmiştir [16]. Algoritma, gerçek hayattaki karınca kolonilerinin yaşadıkları bölgeden besin kaynaklarına ulaşırken en kısa yolu bulma yeteneklerini simüle etmektedir. Karıncaların bu şekilde en kısa yolu bulabilmesi, aslında doğal bir optimizasyon işlemidir. Bundan esinlenilerek, 1991 yılında Dorigo ve arkadaşları, yapay karıncalar kullanan karınca koloni optimizasyon algoritmasını ortaya atmışlardır [16]. Algoritmanın ayrık optimizasyon problemlerinin çözümü ile ilgili bir çok modeli ve uygulaması olmasına rağmen sayısal optimizasyon problemleri için geliştirilmiş sadece bir kaç modeli mevcuttur [17-20]. Daha önceki çalışmalarda, KKO, demet şekillendirme sentezini gerçekleştirmek [21] ve arzu edilen doğrultularda sıfırlara sahip diyagramı üretmek için doğrusal anten dizi elemanlarının sadece genliklerini [22] ve sadece yerlerini [23] belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Bu çalışmada ise arzu edilen doğrultularda sıfırlara sahip dizi diyagramını elde etmek için dizi elemanlarının uyarım fazları KKO ile belirlenmiştir.

2. DOĞRUSAL ANTEN DİZİ FAKTÖRÜ

Uyarımları dizi merkezi civarında eşlenik simetrik 2N tane yönsüz elemandan oluşan doğrusal anten dizisi için dizi faktörü ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$DF(\theta) = 2 \sum_{k=1}^N a_k \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} d_k \sin \theta + \delta_k \right] \quad (1)$$

Burada, d_k , a_k ve δ_k , sırasıyla, dizi merkezi ile k. eleman arasındaki mesafe, k. elemanın genliği ve k. elemanın faz uyarımıdır. Doğrusal anten dizi diyagramında sıfırlar elde etmek için Denklem 1'de verilen her bir dizi elemanının faz (δ_k) uyarımları KKO ile optimum olarak belirlenecek ve istenilen açılarda sıfırlara sahip diyagramı üretmek için aşağıda verilen maliyet fonksiyonu minimize edilecektir.

$$MF = A |DF_a - DF_e| \quad (2)$$

Burada, DF_a , DF_e ve A, sırasıyla, istenilen doğrultularda sıfırları olan arzu edilen diyagram, KKO ile elde edilen diyagram ve ağırlık faktörüdür.

3. KARINCA KOLONİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI (KKO)

KKO, gerçek karınca kolonilerinin davranışlarının matematiksel modelleri üzerine dayanan bir algoritmadır. İlk çalışma, Dorigo ve arkadaşları tarafından 1991 yılında yapılmıştır [16]. Dorigo ve arkadaşları, kendi sistemlerini karınca sistemi, ortaya çıkan algoritmayı ise karınca

algoritması olarak tanımlamışlardır. Karınca kolonilerinin davranışlarının tam olarak modellenmesi yerine yapay karınca kolonilerinin bir optimizasyon aracı olarak değerlendirilmesinden dolayı, önerilen algoritmalar gerçek karınca davranışlarından biraz farklı yapıda olmaktadır. Örneğin, yapay karıncalar belirli bir hafızaya sahiptirler ve tamamen kör değildirler. Ayrıca, yapay karıncalar ayrık zamanlı bir çevrede yaşamaktadırlar.

Literatürde bulunan karınca algoritma uygulamalarının çoğu ayrık optimizasyon problemleriyle ilgilidir. Sürekli optimizasyon problemleri için geliştirilen modeller ve bunların mühendislik uygulamaları ile ilgili ancak bir kaç tane çalışma mevcuttur [17-20]. Bu çalışmalardan en yenilerinden birisi kaynak [18]'de tanımlanan "Touring Ant Colony Optimisation" (TACO) algoritmasıdır. Bu algoritmada her bir çözüm, binary bitlerin dizisi ile temsil edilmektedir. Yapay karıncalar bit dizisindeki bitlerin değerlerine karar vermektedir.

TACO algoritmasında karıncalar, bitlerin değerine karar vermek için sadece feromon (pheromone) bilgisini kullanırlar. Dizideki tüm bitlerin değerlerine karar verildikten sonra problem için çözüm adayı üretilmiş demektir. Üretilen çözüm adayı problemde değerlendirilir ve bu çözüm adayına ait kalite değeri hesaplanır ve kalite değerinden faydalanılarak, çözümü üreten yapay karıncanın geçmiş olduğu yola bırakılacak yapay feromon maddesinin miktarı hesaplanır.

Örneğin, bir bit dizisinin herhangi bir pozisyonunda bulunan 0-1 bitleri arasındaki bağlantının (0→1) tercih edilme olasılığı

$$p_{01} = \frac{\tau_{01}}{\tau_{01} + \tau_{00}} \quad (3)$$

ifadesi ile hesaplanır. Burada p_{01} , (0→1) bağlantısının seçilme olasılığı, τ_{00} ve τ_{01} sırasıyla, (0→0) ve (0→1) bağlantılarının yapay feromon miktarlarıdır. Yapay feromon miktarı aşağıdaki ifade kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\Delta\tau_{01}^k(t, t+1) = \begin{cases} \frac{Q}{MF^k} & , \text{şayet k. karınca } (0 \rightarrow 1) \\ & \text{alt - yolundan geçerse} \\ 0 & , \text{geçmezse} \end{cases} \quad (4)$$

Burada $\Delta\tau_{01}^k$, (0→1) bağlantısına k. karınca tarafından yapıştırılan yapay feromon miktarı, Q pozitif bir sabit ve MF^k ise maliyet fonksiyonunun değeridir.

Kolonide bulunan M tane karınca araştırma işlemini tamamladıktan ve çözümleri ürettikten sonra (0→1) bağlantısına t-(t+1) zaman aralığında yapıştırılacak feromon miktarı

$$\Delta\tau_{01}(t, t+1) = \sum_{k=1}^M \Delta\tau_{01}^k(t, t+1) \quad (5)$$

ifadesi ile hesaplanır ve (t+1) anında (0→1) ara bağlantısında bulunan feromon miktarı ise

$$\tau_{01}(t+1) = \rho \tau_{01}(t) + \Delta\tau_{01}(t, t+1) \quad (6)$$

ile belirlenir. Burada ρ buharlaşma parametresini ve $(1-\rho)$ ise feromonun buharlaşma miktarını temsil etmektedir.

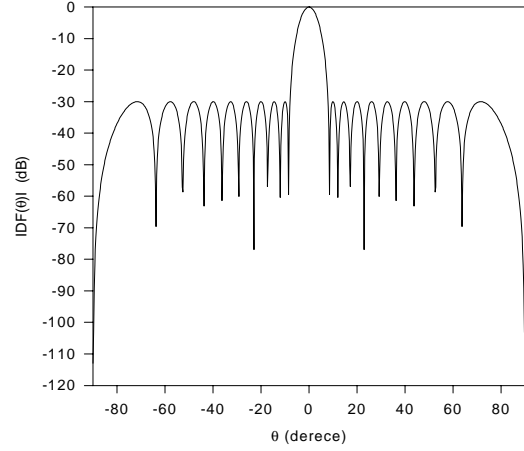
Sürekli optimizasyon problemleri için yukarıda tanımlanan algoritmanın temel dezavantajı, yön tayin ederken sadece koku miktarını kullanmasıdır. Bu sebeple bazı optimizasyon problemlerinde erken yakınsama ve bölgesel minimuma takılma problemiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Bu dezavantajı gidermek amacıyla, alt yolların koku miktarının rasgele değişimine dayanan bir strateji geliştirilmiştir [20]. Bu çalışmada, kaynak [20]'de önerilen stratejiye dayanan KKOA kullanılmıştır.

4. SAYISAL ÖRNEKLER

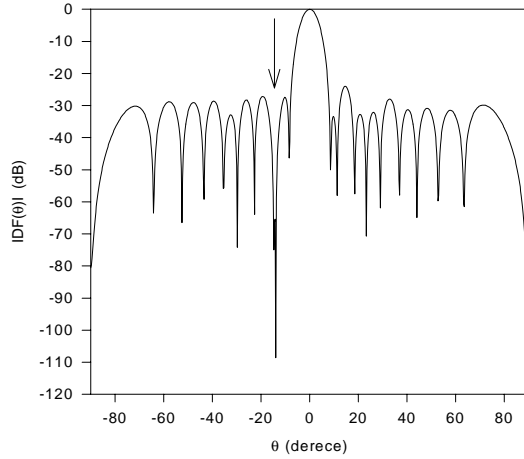
KKOA ile istenilen açı veya açılarda sıfırlara sahip dizi diyagramlarının üretilebildiğini göstermek için, üç farklı örnek ele alınmıştır. Başlangıç diyagramı olarak yan demet seviyesi 30 dB, dizi elemanları arasındaki mesafe $d=\lambda/2$ olan 20 elemanlı Chebyshev dizi diyagramı alınmış ve bu diziyeye ait diyagram Şekil 1'de gösterilmiştir.

Birinci örnekte, -14° de, ikinci örnekte -14° ve $+25^\circ$ de, üçüncü ve son örnekte ise -40° , -14° ve $+25^\circ$ de sıfırları olan Chebyshev dizi diyagramları arzu edilen diyagramlar olarak seçilmiştir. Sıfırlama doğrultuları, birinci örnek için ana demete göre ikinci yan demetin tepe noktası, ikinci örnek için ikinci ve dördüncü yan demetin tepe noktaları ve üçüncü örnek için de ikinci, dördüncü ve altıncı yan demetin tepe noktaları civarında seçilmiştir. Tüm örnekler için Denklem (2) de verilen A ağırlık faktörünün değeri, diyagramda sıfır olması istenilen doğrultularda 1000 diğer bölgelerde ise 1 olarak alınmış ve yukarıda verilen doğrultularda sıfırları olan dizi diyagramlarını üretmek için uyarım fazları KKOA ile belirlenmiştir. Uyarım faz değerleri, dizi merkezine göre eşlenik simetrik olarak Tablo-1'de verilmiştir. Belirlenen bu uyarım fazlarının Denklem (1) de yerine konulması ile elde edilen diyagramlar, birinci örnek için Şekil 2'de, ikinci örnek için Şekil 3'de üçüncü örnek için de Şekil 4'de gösterilmiştir. KKOA ile üretilen diyagramlardan görüldüğü gibi arzu edilen doğrultularda derin sıfırlar elde edilmiştir. Sıfır derinliği seviyeleri birinci örnek için yaklaşık 110 dB olarak, ikinci ve üçüncü örnekler için 80 dB'in üzerinde elde edilmiştir. Sıfırlara sahip diyagramların yarı güç demet genişlikleri, başlangıç

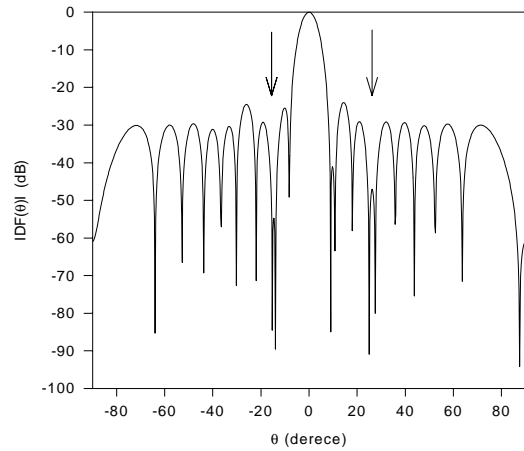
Chebyshev dizi diyagramı ile hemen hemen aynıdır.



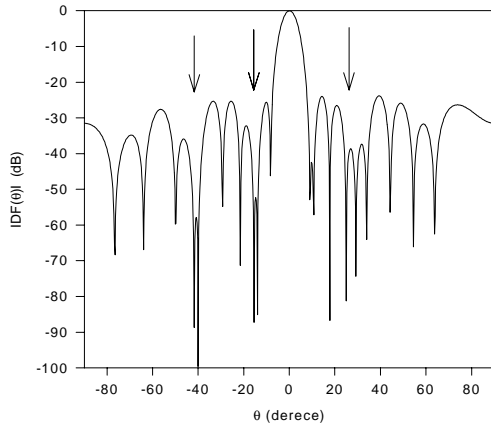
Şekil 1. Başlangıç Chebyshev Dizi Diyagramı



Şekil 2. -14° de Sıfırı Olan Dizi Diyagramı



Şekil 3. -14° ve $+25^\circ$ de Sıfırları Olan Dizi Diyagramı



Şekil 4. -40^0 , -14^0 ve $+25^0$ de Sıfırları Olan Dizi Diyagramı

Tablo-1. KKOA ile Hesaplanan Eleman Uyarım Fazları

k	KKOA ile hesaplanan uyarım fazları (derece)		
	Şekil. 2	Şekil. 3	Şekil. 4
± 1	0.0000	0.0000	0.0000
± 2	∓ 2.4408	∓ 0.9683	∓ 4.2571
± 3	∓ 3.8617	∓ 4.1539	± 0.5844
± 4	∓ 1.8392	∓ 5.5520	∓ 6.8239
± 5	± 2.7445	∓ 0.5157	∓ 6.9901
± 6	± 4.0966	± 5.5061	± 6.8755
± 7	± 1.8048	± 4.9675	± 6.8812
± 8	± 2.3778	∓ 0.8766	∓ 6.6578
± 9	∓ 3.5237	∓ 3.3002	± 2.5840
± 10	∓ 3.5237	± 0.6532	∓ 6.8755

5. SONUÇ

Doğrusal anten dizi elemanlarının uyarım fazları, dizi diyagramında arzu edilen doğrultularda sıfırlar elde etmek için KKOA ile optimum olarak belirlenmiştir. KKOA ile elde edilen diyagramların başlangıç Chebyshev dizi diyagramı ile iyi bir uyum içerisinde olduğu ve belirlenen doğrultularda derin sıfırların elde edildiği gösterilmiştir. Sadece faz kontrolü ile sıfırlama yapmanın avantajları, uygulama açısından basit olması ve maliyetinin düşük olmasıdır.

KAYNAKLAR

[1] Steyskal H., Synthesis of Antenna Pattern with Prescribed Nulls, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 30, pp. 273-279, 1982.
 [2] Steyskal H., Simple Method for Pattern Nulling by Phase Perturbation, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 31, pp. 163-166, 1983.

[3] Steyskal H., Shore R. A., Haupt R. L., Methods for Null Control and Their Effects on the Radiation Pattern, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 34, pp. 404-409, 1986.
 [4] Vu T. B., Simultaneous Nulling in Sum and Difference Patterns by Amplitude Control, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 34, pp. 214-218, 1986.
 [5] Ibrahim H. M., Null Steering by Real-Weight Control—A Method of Decoupling the Weights, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 39, pp. 1648-1650, 1991.
 [6] Liao W. P., Chu F. L., Array Pattern Synthesis with Null Steering Using Genetic Algorithms by Controlling Only the Current Amplitudes, INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS, Vol. 86, pp. 445-457, 1999.
 [7] Güneş K., Akdağlı A., Null Steering of Linear Antenna Arrays Using Modified Tabu Search Algorithm, in Book series of Progress in Electromagnetics Research, J.A. Kong (Editor), Vol. 33, pp. 167-182, 2001.
 [8] Shore R. A., Nulling at Symmetric Pattern Location with Phase-only Weight Control, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 32, pp. 530-533, 1984.
 [9] Haupt R. L., Phase-Only Adaptive Nulling with a Genetic Algorithm, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 45, pp. 1009-1015, 1997.
 [10] Liao W. P., Chu F. L., Array Pattern Nulling by Phase and Position Perturbations with the use of the Genetic Algorithm, MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS, Vol. 15, pp. 251-256, 1997.
 [11] Ismail T. H., Mismar M. J., Null Steering with Arbitrary Phase Perturbations Using Dual Phase Shifters, JOURNAL OF ELECTROMAGNETIC WAVES AND APPLICATIONS, Vol. 13, pp. 1021-1029, 1999.
 [12] Vescovo R., Null Synthesis by Phase Control for Antenna Arrays, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 36, pp. 198-199, 2000.
 [13] Ismail T. H., Dawoud M. M., Null Steering in Phased Arrays by Controlling the Element Positions, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol. 39, pp. 1561-1566, 1991.
 [14] Dawoud M. M., Null Steering in Scanned Linear Arrays by Element Position Perturbations, INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS, Vol. 78, pp. 743-757, 1995.
 [15] Tennant A., Dawoud M. M., Anderson A. P., Array Pattern Nulling by Element Position Perturbations Using a Genetic Algorithm, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 30, pp. 174-176, 1994.

- [16] Dorigo M., Maniezzo V., Colomi A., Positive Feedback as a Search Strategy, Technical Report, N. 91-016 Politecnico di Milano, 1991.
- [17] Corne D., Dorigo M., Glover F., New Ideas In Optimization, McGraw-Hill, 1999.
- [18] Hiroyasu T., Miki M., Ono Y., Minami Y., Ant colony for continuous functions, The Science and Engineering, Doshisha University, Vol XX (Y), 2000.
- [19] Wodrich M., Ant Colony Optimization, Bitirme tezi, Cape Town Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Güney Afrika, 1996.
- [20] Kalınlı A., Karaboğa N., Karaboğa D., A modified touring ant colony optimisation algorithm for continuous problems, The Sixteenth Int. Symp. on Computer and Information Sciences (ISCIS-XVI), Kasım 2001, Türkiye, s. 437-444.
- [21] Karaboğa D., Akdağlı A., Güney K., Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması ile Doğrusal Anten Dizilerinin Şekillendirilmiş Demet Sentezi, 10. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 12-14 Haziran 2002, Denizli, s. 1086-1092.
- [22] Karaboğa N., Güney K., Akdağlı A., Null Steering of Linear Antenna Arrays by Using Modified Touring Ant Colony Optimisation Algorithm, INTERNATIONAL JOURNAL OF MICROWAVE AND RF COMPUTER AIDED ENGINEERING, Vol. 12, pp. 375-383, 2002.
- [23] Akdağlı A., Güney K., Karaboğa D., Pattern Nulling of Linear Antenna Arrays by Controlling Only the Element Positions with the Use of Improved Touring Ant Colony Optimization Algorithm, Accepted for publication in JOURNAL OF ELECTROMAGNETIC WAVES AND APPLICATIONS.