

Geri İzlemeli Arama Algoritması ile Doğrusal ve Dairesel Eş merkezli Anten Dizilerinin Sentezi

Kerim GÜNEY¹, Ali DURMUŞ^{2*}, Suad BAŞBUĞ³

¹Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38040, Kayseri

^{2*}Erciyes Üniversitesi, Kayseri Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, 38039, Kayseri

³Nevşehir Üniversitesi, Nevşehir Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, 50300, Nevşehir
kguney@nny.edu.tr, alidurmus@erciyes.edu.tr, suadbasbug@gmail.com

Özet: Bu çalışmada, önceden belirlenmiş doğrultularda sıfırları olan doğrusal anten dizi tasarımı ve düşük yan demet seviyesine sahip seyreltilmiş eş merkezli dairesel anten dizi sentezi için, yeni ve etkili bir metoda dayanan geri izlemeli arama algoritması (GAA) sunulmuştur. Dizi diyagramlarının sıfırları, dizi elemanlarının sadece genlikleri kontrol edilerek elde edilmiştir. GAA, iteratif süreçler üzerine inşa edilmiş yeni bir evrimsel hesaplama yöntemidir. Önerilen metodun performansını göstermek için farklı seyreltme yüzdelere sahip eş merkezli dairesel anten dizi örnekleri ve tekli ve çoklu sıfırları olan Chebyshev diyagramının simülasyon sonuçları verilmiştir. GAA ile elde edilen sonuçlar diğer optimizasyon metotları ile karşılaştırılmıştır.

Abstract: In this paper, a new and efficient method based on backtracking search optimization algorithm (BSA) for the linear antenna array design with prescribed direction nulls and for synthesizing thinned concentric circular antenna array (CCAA) with low sidelobe level is presented. Nulling of the array patterns is achieved by controlling only the amplitude of array elements. BSA is a new evolutionary computing method based on an iterative process. Several examples of CCAA with different thinning percentages and also simulation results for Chebyshev patterns with the single and multiple nulls are given to show the performance of the proposed method. The results obtained by BSA are compared with other optimization methods.

1. Giriş

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte ortamdaki elektromanyetik kirlilik artmıştır. Bu artan elektromanyetik ortam kirliliğinin sebep olduğu girişimleri bastırmak ve böylece işaret gürültü oranındaki düşmeyi en aza indirmek için, girişimlerin olduğu doğrultularda sıfırları olan diyagrama sahip anten dizisi tasarlamak günümüzde oldukça önem kazanmıştır [1-3]. Dizi maliyetini, eleman sayısını, donanım kompleksliğini, donanımın ağırlığını ve güç tüketimini düşürmesi gibi nedenlerle anten dizilerinde seyreltme işlemine olan ilgi de giderek artmaktadır. Bununla birlikte seyreltme işlemi anten kazancında düşmeye ve yan demet seviyesinde yükselmeye sebep olmaktadır [4-5]. Bu dezavantajların etkilerini minimum seviyelere indirebilmek için doğru ve hızlı hesaplama yeteneğine sahip birçok metot önerilmiş ve seyreltilmiş dizi sentezinde kullanılmıştır [4-5]. Bu çalışmada istenilen doğrultu veya doğrultularda sıfırlara sahip dizi diyagramını üretmek için doğrusal anten dizi elemanlarının genliklerini belirlemek ve eş merkezli dairesel anten dizilerde seyreltme işlemi gerçekleştirmek için geri-izlemeli arama algoritması (GAA) kullanılmıştır [6-7].

2. Formülasyon

2M tane izotropik eleman x eksenini boyunca simetrik olarak yerleştirildiğinde ve genlik uyarım katsayıları dizi merkezi civarında simetrik olduğunda, üniform olmayan genlikli dizi için normalize formda dizi faktörü aşağıdaki şekilde verilir;

$$AF(\theta) = 2 \sum_{n=1}^M a_n \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_n \sin \theta\right) \quad (1)$$

Burada, a_n genlik uyarım katsayıları, θ enine ışın açısı, d_n n. elemanın dizi merkezine olan uzaklığı ve λ dalga boyudur. Genlikler arzu edilen doğrultularda sıfırlara sahip dizi diyagramını üretmek için aşağıda verilen hata fonksiyonu minimize edilerek GAA ile belirlenmiştir.

$$C = \sum_{\theta=-90^\circ}^{90^\circ} W(\theta) |F_o(\theta) - F_d(\theta)| \quad (2)$$

Buradaki $F_o(\theta)$ ve $F_d(\theta)$, sırasıyla, GAA ile üretilen diyagram ve arzu edilen diyagramdır. $W(\theta)$ ise sıfır derinlik seviyesinin kontrolünü için maliyet fonksiyonunda kullanılan ağırlık faktörüdür. Eş merkezli dairesel anten dizileri için dizi faktörü aşağıdaki şekilde verilir [4].

$$AF(I, \theta) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^{N_m} I_{mn} \times \exp\{j[k r_m \sin(\theta) \cos(\phi - \phi_{mn}) + \alpha_{mn}]\} \quad (3)$$

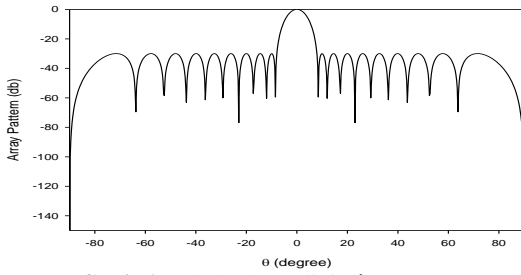
Burada k dalga sayısı, I_{mn} ve α_{mn} m. halkadaki n. elemanın genlik ve faz değerleri gösterir. N_m m. halkadaki eleman sayısıdır.

3. Geri İzlemeli Arama Algoritması

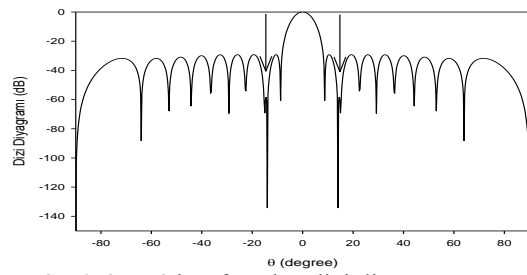
GAA [6] sürü tabanlı, bijektif formülü ve tekrarlamalı bir sezgisel arama algoritmasıdır. Bijektif arama sürü içerisindeki her bir elemanın, kendisinden farklı olan başka bir sürü elemanına doğru dönüşmesi olarak açıklanır. Sürü tabanlı arama algoritmalarında, yapay-sürü her iterasyondan sonra daha verimli olan bir alana doğru geçme eğilimindedir. GAA ilerleyen iterasyonlarda daha önceki iterasyonlarda elde ettiği yapay-sürü formunu hatırlayabilir ve mevcut sürüyü hatırlanan sürüye doğru yönlendirebilir. Mevcut iterasyondaki yapay-sürünün, yapay-sürü elemanları arasındaki çeşitliliğin henüz azalmadığı daha erken iterasyonlardaki yapay-sürüye doğru rastgele dönüşme eğilimi GAA'nın lokal çözümlere takılması engellemektedir [6]. GAA ile ilgili detaylı bilgi kaynak [6]'da mevcuttur.

4. Sayısal Örnekler

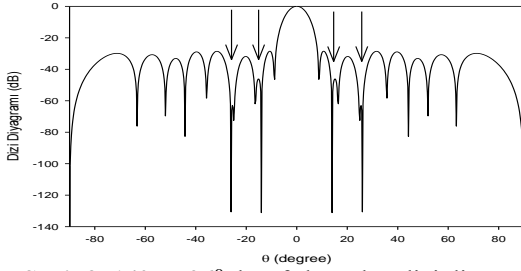
Bu bölümde, ilk olarak GAA ile istenen doğrultularda sıfırlara sahip dizi diyagramlarının üretilebildiğini göstermek için, üç farklı örnek verilmiştir. Başlangıç diyagramı olarak, Şekil 1'de elemanlar arası mesafe 0.5λ ve yan demet seviyesi -30 dB olan 20 elemanlı Chebyshev dizi diyagramı seçilmiştir. Birinci örnekte 14° 'de, ikinci örnekte 14° ve 26° 'da, üçüncü örnekte ise 14° , 26° ve 33° 'de sıfırlara sahip dizi diyagramları GAA ile elde edilmiş olup sırasıyla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. GAA ile bulunan genlik değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Birinci örnek için GAA ile elde edilen NDL (sıfır derinlik seviyesi), MSL (maks. yan demet seviyesi) ve DRR ($\max(a_n)/\min(a_n)$) sonuçları MTACO [8], BA [9], PGSA [1], HSA [3], BFA [10] metodlarının



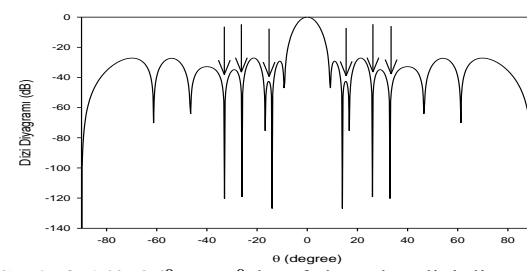
Şekil 1. Chebyshev dizi diyagramı.



Şekil 2. 14° 'de sıfırı olan dizi diyagramı.



Şekil 3. 14° ve 26° de sıfırları olan dizi diyagramı.



Şekil 4. 14° , 26° ve 33° de sıfırları olan dizi diyagramı.

Tablo 1. GAA ile elde edilmiş genlikler

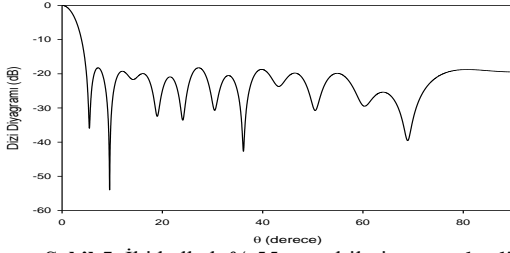
n	GAA ile Elde Edilen Değerler				
	Chebyshev Dizi	Şekil 1	Şekil 2	Şekil 3	Şekil 4
	(a_n)	(a_n)	(a_n)	(a_n)	(a_n)
± 1	1.00000	0.98431	0.84376	0.98752	
± 2	0.97010	0.97064	0.85439	1.00000	
± 3	0.91243	0.93502	0.85078	0.99002	
± 4	0.83102	0.86587	0.74231	0.85050	
± 5	0.73147	0.75894	0.60989	0.74589	
± 6	0.62034	0.62291	0.55080	0.60333	
± 7	0.50461	0.47588	0.44059	0.36134	
± 8	0.39104	0.33959	0.30532	0.46506	
± 9	0.28558	0.23202	0.17434	0.20647	
± 10	0.32561	0.29861	0.22392	0.15120	

Tablo 2. GAA ile elde edilen sonuçların diğer algoritmalarla karşılaştırılması

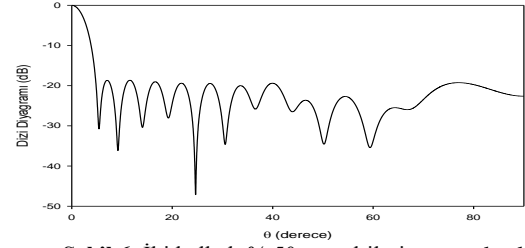
	GAA (Şekil 2)	MTACO [8]	BA [9]	PGSA [1]	HSA [3]	BFA [10]
NDL(dB)	-134.20	-88.10	-100.40	-118.30	-122.50	-113.60
MSL(dB)	-29.22	-29.10	-28.80	-28.03	-29.14	-28.11
DRR	3.86	4.36	4.09	3.89	3.87	3.89

sonuçları ile Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Tablo 2'den görüleceği üzere GAA ile elde edilen sonuçlar diğer algoritmalarla elde edilen sonuçlardan daha iyidir.

Bu çalışmada, GAA ile eş merkezli anten dizilerde seyreltme işlemi de yapılmıştır. Bulunan sonuçlar literatürde yer alan öğretim-öğrenme tabanlı algoritma [4] ile karşılaştırılmıştır. Bunun için iki örnek seçilmiştir; birincisi iki halkalı % 50 seyreltilmiş ikincisi ise % 55 seyreltilmiş eş merkezli dairesel antenlerdir. Şekil 5'de % 55 seyreltilmiş eş merkezli dairesel antende, GAA ile elde edilen yan demet seviyesi -18.24 dB, öğretim-öğrenme tabanlı algoritma (TLBO) ile bulunan sonuç -17.29 dB'dir. Her iki algoritmada elde edilen yarı güç demet genişliği ise 10.8° olarak bulunmuştur.



Şekil 5. İki halkalı % 55 seyreltilmiş eş merkezli dairesel anten dizi diyagramı.



Şekil 6. İki halkalı % 50 seyreltilmiş eş merkezli dairesel anten dizi diyagramı.

Şekil 6.'da ise % 50 seyreltilmiş eş merkezli dairesel antende GAA ile elde edilen yan demet seviyesi -18.66 dB ve yarı güç demet genişliği 10.8° olarak bulunmuştur. TLBO algoritması ile bulunan yan demet seviyesi ve yarı güç demet genişliği sırasıyla; -18.21 dB ve 10.8° 'dir. Görüleceği üzere yarı güç demet genişliklerini sabit tutarak elde edilen yan demet seviyeleri TLBO algoritmasının sonuçlarından daha iyidir.

5. Sonuçlar

Doğrusal anten dizi elemanlarının genlikleri, dizi diyagramında istenilen doğrultularda sıfırlar elde etmek için GAA ile optimum olarak belirlenmiştir. GAA ile elde edilen diyagramların başlangıç dizi diyagramı ile uyumlu olduğu ve istenilen doğrultularda derin sıfırların elde edildiği gösterilmiştir. Ayrıca GAA ile eş merkezli dairesel anten dizilerde seyreltme işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. GAA ile maksimum yan demet seviyesi ve sıfır derinlik seviyesi kolaylıkla kontrol edilebilir. Bulunan sonuçlar literatürde yer alan farklı algoritmalarla karşılaştırılmış ve GAA ile elde edilen sonuçların daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

6. Kaynaklar

- [1]. K. Guney, A. Durmuş ve S. Başbuğ, "A plant growth simulation algorithm for pattern nulling of linear antenna arrays by amplitude control", Progress In Electromagnetics Research B, 17, s.69-84, 2009.
- [2]. K. Guney, A. Durmuş, ve S. Basbug, "Antenna array synthesis and failure correction using differential search algorithm," International Journal of Antennas and Propagation Progress, s.1-8, 2014.
- [3]. K. Guney ve M. Onay, "Optimal synthesis of linear antenna arrays using a harmony search algorithm," Expert Systems with Applications, 38, s.15455-15462, 2011.
- [4]. N. Dib, ve A. Sharaqa, "Synthesis of thinned concentric circular antenna arrays using teaching learning-based optimization," International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, s.1-8, 2013.
- [5]. D. Mandal, S. Ghoshal, K. Bhattacharjee, B. Goswami, R. Kar," Application of bio-inspired optimization technique for finding the optimal set of CCAA with central element feeding," ACEEE International Journal on Information Technology, Vol. 2, s.6-10, 2012.
- [6]. P. Civicioglu, "Backtracking search optimization algorithm for numerical optimization problems," Applied Mathematics and Computation, 219, s.8121-8144, 2013.
- [7]. P. Civicioglu, "Circular antenna array design by using evolutionary search algorithms." Progress In Electromagnetics Research B, 54, s.265-284, 2013.
- [8]. N. Karaboga, K. Guney, ve A. Akdagli, "Null steering of linear antenna arrays with use of modified touring ant colony optimization algorithm," International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 12, no. 4, s. 375-383, 2002.
- [9]. K. Guney ve M. Onay, "Amplitude-only pattern nulling of linear antenna arrays with the use of bees algorithm," Progress In Electromagnetics Research, 70, s. 21-36, 2007.
- [10]. K. Guney ve S. Basbug, "Interference suppression of linear antenna arrays by amplitude-only control using a bacterial foraging algorithm," Progress In Electromagnetics Research, 79, s. 475-497, 2008.