

ANTEN DİZİ DİYAGRAM BOZULMASININ GENETİK ALGORİTMA İLE DÜZELTİLMESİ

Kerim GÜNEY Ali AKDAĞLI

Elektronik Mühendisliği Bölümü,

Mühendislik Fakültesi,

Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri

e-mail: kguney@erciyes.edu.tr

Anahtar sözcükler: Lineer Anten Dizileri, Genetik Algoritma

ABSTRACT

The genetic algorithm based on natural selection and genetic science is presented for a linear antenna array failure correction. This genetic algorithm is a parallel, robust, and probabilistic search technique that is simple and easily implemented without gradient calculation, compared to the conventional gradient-based search procedure. The correction of the pattern is carried out by adjusting the amplitude excitation of only some of the unfailed array elements. Numerical results of single- and multiple-element failure correction are given to illustrate the performance of the proposed algorithm.

1. GİRİŞ

Anten dizilerinde, dizi elemanlarından biri ya da birkaçı herhangi bir sebeple bozulabilir. Bu, dizi diyagramında simetrisinin bozulması, keskin değişimlerin oluşması ve yan kulak seviyesinin artması gibi bozulmalara yol açar. Bu durumda, bozulan dizi elemanlarını yenisi ile değiştirmek gerekir. Ancak eleman değişikliği yapmak, anten dizisinin bulunduğu yer itibarıyla, her zaman kolay olmayabilir. Bu problemin üstesinden gelmenin başka bir yolu, bozulan dizi elemanlarından dolayı oluşan istenmeyen değişimleri, bozulmayan dizi elemanlarının parametrelerinde (genlik, yer, faz) uygun değişiklikler yaparak minimum seviyeye indirmektir. Literatürde, henüz bozulan dizinin elemanlarının parametrelerini yeniden hesaplayarak bozulan dizi diyagramını orijinaline en yakın biçimde düzelten hiçbir analitik teknik yoktur [1]. Bozulmuş elemanlı dizi eşit aralıklı olarak yerleştirilmemiş bir dizi gibi düşünülebileceğinden, analitik yaklaşımlar bu tür bir problem için pek uygun değildir. Bu sebepten dolayı, son yıllarda, bozulmuş diyagramı düzeltmek için çeşitli nümerik yaklaşımlar sunulmuştur [2-3]. Peters [2] conjugate gradyent metodu kullanarak, bozulmamış dizi elemanlarının genlik ve fazlarını yeniden belirlemek suretiyle ortalama yan kulak seviyesini minimize etmiştir. Mailloux [3] sayısal demet şekillendirme alıcı anten dizisindeki bozulmuş

elemanların sinyallerini eski yerlerine yerleştirme metodunu sunmuştur. Analitik ve nümerik tekniklerin bu problemin çözümüne tam olarak cevap verememesinden dolayı, Yeo ve Lu [1] bozulmuş dizi diyagramını düzeltmek için, genetik algoritmayı kullanmışlardır. Yeo ve Lu, orijinal diyagrama en yakın olan diyagramı elde etmek için, dipol elemanlardan oluşan lineer dizinin bozulmamış tüm dizi elemanlarının uyarım genlik ve fazlarını genetik algoritma ile hesaplamışlardır. Rodriguez ve arkadaşları [4] ise, bozulmamış tüm dizi elemanlarının yerine daha az sayıda bozulmamış dizi elemanlarının hem uyarım genliklerini hem de yerlerini genetik algoritma ile belirleyerek bu problemi çözmeye çalışmışlardır. Sunulan bu makalede ise, bozulmuş dizi diyagramını düzeltmek için, dizinin bozulmamış birkaç elemanının sadece uyarım genlikleri genetik algoritma kullanılarak belirlenmiştir. Bu makalede uyarım genlikleri belirlenen eleman sayısı, genlikleri ayarlanan eleman sayısının toplam eleman sayısına oranı göz önüne alındığında referans [4]'e göre çok daha düşüktür. Bu oran bu çalışmada 1/10, referans [4]'de ise yaklaşık olarak 1/4'dür.

Genetik biliminden esinlenerek ortaya çıkan genetik algoritma [5-6], basit yapısına rağmen çok modlu karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkilidir. Bu algoritma, çözmeye çalıştığı problem hakkında bir ön bilgiye ihtiyaç duymamaktadır. Çok boyutlu bir araştırma uzayında, global optimum bir çözümü rahatlıkla bulabilmektedir. Genetik algoritmanın paralel işlem yapabilen bilgisayarlarda kullanılmaya elverişli yapısı, zaman alıcı problemlerin kısa zamanda çözümü için çekici bir alternatif olmasını sağlamıştır. Genetik algoritma, klasik optimizasyon yöntemleri ile çözümü mümkün olmayan ya da çözüm süresi problemin büyüklüğü ile üstel olarak artan problemlerin çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır. Genetik algoritma, bir önceki çalışmada elektriksel olarak ince ve kalın dairesel mikroserit antenlerin rezonans frekansını hesaplamak için kullanılmıştır [7].

2. LİNEER ANTEN DİZİ FAKTÖRÜ

N izotropik dizi elemanı, z eksenı boyunca yerleştirildiğinde normalize formda dizi faktörü aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$AF(\theta) = \sum_{n=1}^N a_n e^{jnk d \sin(\theta)} \quad (1)$$

Burada, a_n genlik uyarım katsayıları, $k=2\pi/\lambda$, ve d elemanlar arasındaki mesafedir. n. Elemanın bozulmuş olması durumunda bu elemanın uyarım genliğı sıfır olarak kabul edilmiştir. Bozulmuş dizi diyagramını düzeltmek için, diğeri dizi elemanlarının bazılarının uyarım genlikleri aşağıdaki bölümde açıklanan genetik algoritma ile belirlenmiştir.

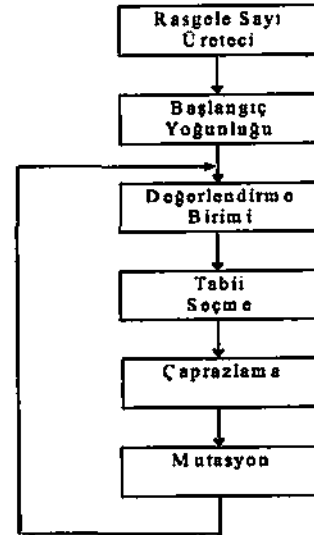
3. GENETİK ALGORİTMA

Klasik optimizasyon algoritmaları, çok modlu ve lineer olmayan problemlerin çözümünde veya türevi alınmayan fonksiyonların optimizasyonunda arzu edilen başarıyı gösterememektedirler. Yönlendirilmemiş bir rasgele optimizasyon algoritmasının büyük bir araştırma sahasında optimum çözümü bulması için oldukça uzun bir süreye ihtiyaç vardır. Bu tür algoritmalar, karmaşık bir sistemin sadece bir bölümünü optimize etmek için uygundur. Böyle durumlarda rasgele araştırma optimizasyon algoritmalarına ihtiyaç duyulur.

Genetik algoritma, yönlendirilmiş rasgele araştırma algoritmalarının bir türüdür [5-6]. Bu algoritma canlılarda bulunan genetik gelişimi simüle etmektedir. Algoritma, araştırma uzayında mevcut olan çözümlerin oluşturduğu bir başlangıç yoğunluğunu (population) kullanmaktadır. Bu başlangıç yoğunluğu, her bir kuşakta (generation) tabii seçme (natural selection) ve tekrar üreme işlemleri vasıtası ile ardarda geliştirilir. En son kuşağın en uygun yani en kaliteli (fittest) bireyi, problem için optimal bir çözümdür. Bu çözüm, her zaman optimum olmayabilir ama kesinlikle optimuma en yakın olan optimaldir.

Basit bir genetik algoritmanın akış diyagramı Şekil-1'de verilmiştir. Rasgele sayı üreticiden üretilen sayılar ile başlangıç yoğunluğu oluşturulur ve daha sonra genetik operatörler (tekrar üreme, çaprazlama ve mutasyon) bir sonraki kuşaktaki çözümleri üretmek için kullanılır. Kalite veya uygunluk değerlendirme (fitness evaluation) işlemi, tekrar üreme olayı boyunca uygulanan seçme işlemini gerçekleştirebilmek için her bir bireye uygulanır. Birbirini takip eden kuşakların gelişmesi ve değerlendirilmesi çevrimi, optimal bir çözüm bulununcaya kadar devam eder.

Genetik algoritmada karmaşık yapıların gösteriminde en çok kullanılan kodlama, (0,1) ikili kodlamadır. Direkt ikili kodlama, en yaygın kullanılan kodlama tekniğidir. Bu tekniğı kullanan genetik algoritma, ikili kodlanmış genetik algoritma olarak adlandırılır.



Şekil 1 Temel bir genetik algoritmanın akış diyagramı

Genetik algoritmanın temel avantajı, optimize etmeye çalıştıkları problemin tabiatı ile ilgili herhangi bir bilgiye ihtiyaç duymamasıdır. Bu algoritma, çok boyutlu bir araştırma alanında global optimum bir çözümü rahatlıkla bulabilmektedir ve bu global güçlerinden dolayı optimizasyon problemine bir sistem yaklaşımı olarak bilinir.

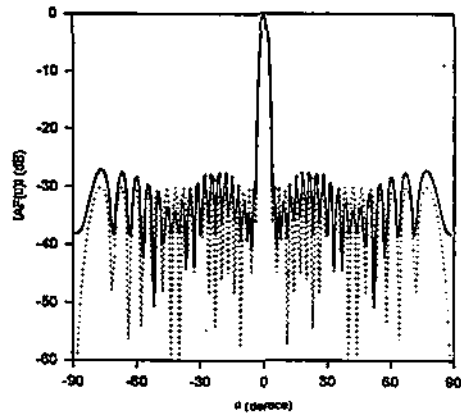
4. NÜMERİK SONUÇLAR

Optimizasyon sürecinde, yan kulak seviyesi -30 dB, dizi elemanları aralarındaki mesafe $\lambda/2$ olan 40 elemanlı Chebyshev dizi diyagramı referans olarak alınmıştır. Tek, çift ve üç elemanın arızalı olduğu durumlar için üç örnek verilmiştir. Bu örneklerin birincisinde 4. elemanın, ikincisinde 3. ve 34. elemanların ve üçüncüsünde de 2., 3. ve 34. elemanların arızalı olduğu kabul edilmiştir. Geriye kalan bozulmamış elemanlardan sadece 4 tanesinin uyarım genlikleri, bozulan diyagramı referans Chebyshev dizi diyagramına en iyi şekilde yaklaştırmak için genetik algoritma ile belirlenmiştir. Bu belirlenen uyarım genlikleri, Tablo-1'de verilmiştir. Tablo-1'de verilmeyen diğeri elemanların genlikleri, referans Chebyshev dizisinin uyarım genlikleri ile aynıdır. Şekil-2'de referans Chebyshev diyagramı ve bozulan diyagramlar gösterilmiştir. Şekil-3'de ise referans Chebyshev diyagramı ile birlikte genetik algoritma kullanılarak düzeltilen diyagramlar verilmiştir.

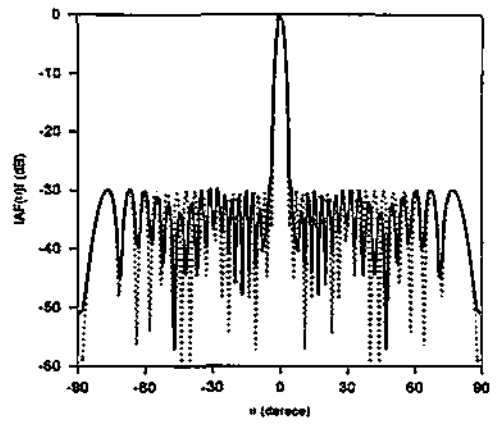
Genetik algoritmada, popülasyon sayısı 20 olarak seçilmiş ve 250 iterasyon civarında yakınsama gözlenmiştir.

Tablo-1. Genetik algoritma ile belirlenen normalize uyarım genlikleri (a_n)

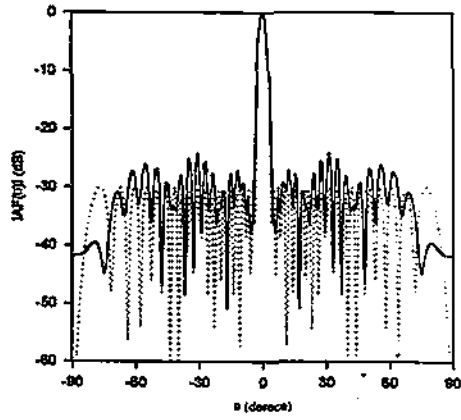
tek eleman	çift eleman	üç eleman
$a_1=0.378708$	$a_1=0.124708$	$a_1=0.084708$
$a_2=0.343448$	$a_3=0.345714$	$a_3=0.252714$
$a_{14}=0.363715$	$a_{14}=0.418816$	$a_7=0.365448$
$a_{30}=0.413208$	$a_{30}=0.162608$	$a_{30}=0.095708$



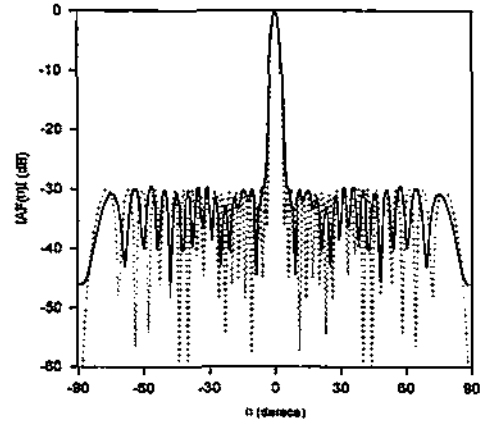
a)



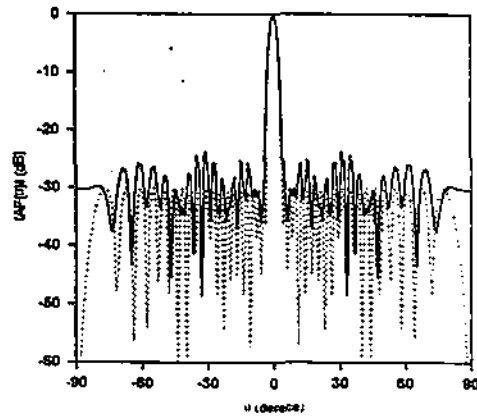
a)



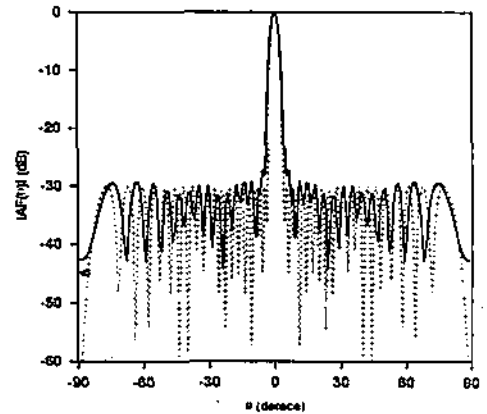
b)



b)



c)



c)

Şekil 2. Chebyshev diyagramı (---) ve bozulmuş diyagramlar (—) a) tek eleman arızalı, b) çift eleman arızalı ve c) üç eleman arızalı

Şekil 3. Chebyshev diyagramı (---) ve genetik algoritma ile düzeltilen diyagramlar (—) a) tek eleman arızalı, b) çift eleman arızalı ve c) üç eleman arızalı

Elemanlar arızalandığında, referans Chebyshev diyagramında büyük seviyede bozulmalar olduğu özellikle yan kulak seviyesinin yükseldiği ve arızalanan eleman sayısı arttıkça bozulmaların da arttığı, Şekil-2'den görülmektedir. Şekil-3'den açıkça görüldüğü gibi, bozulan diyagramlar genetik algoritma kullanılarak düzeltilmiştir ve orijinal Chebyshev diyagramına oldukça yaklaştırılmıştır. Tek, çift ve 3 elemanın arızalandığı durumlar için en büyük yan kulak değerleri, Şekil-2'de sırasıyla, -27.1 dB, -24.2 dB ve -23.8 dB iken. Şekil-3'deki düzeltilmiş diyagramlarda -29.8 dB, -29.8 dB ve -29.3 dB değerlerine indirilmiştir. Buna karşılık düzeltilmiş diyagramın ana demet genişliği, orijinal Chebyshev diyagramına göre çok az da olsa artmıştır.

Bu makalede sunulan düzeltme işleminin çok az sayıda yani 4 elemanın sadece genlik uyarım katsayılarının ayarlanması ile yapılması büyük bir avantajdır. Bozulan diyagramları düzeltme işlemleri ise, referans [1]'de tüm elemanların uyarım genlik ve fazlarının ayarlanması ile, referans [4]'de ise çok sayıda elemanın hem genliklerinin hem de pozisyonlarının ayarlanması ile yapılmıştır. Eğer bu çalışmada da referans [1]'de olduğu gibi tüm elemanların uyarım genlik ve fazları veya referans [4]'de olduğu gibi çok sayıda elemanın hem genlikleri hem de pozisyonları ayarlanmış olsaydı, düzeltilen diyagramların referans Chebyshev diyagramına daha iyi yaklaşacağı açıktır. Ama bu durum, hesaplama zamanını ve sistemin maliyetini artıracaktır. Referans [1] ve [4]'de verilen örneklerde de bu çalışmada olduğu gibi, en fazla 3 elemanın arızalı olduğu kabulü yapılmıştır. Ancak, bu sayı artırılabilir. Bu durumda, bozulan diyagramı düzeltme işlemi daha düşük seviyede olacaktır. Düzeltilen diyagramın orijinal diyagrama yaklaşmasının, bozulan elemanların genlik değerlerine de bağlıdır. Ayrıca, bozulmuş dizi elemanlarının tümü de, dizi merkezine göre aynı tarafta ise düzeltilen diyagramın orijinal diyagrama yaklaştırılması daha kolay olacaktır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, lineer anten dizilerinde bozulmuş dizi elemanlarından dolayı oluşan orijinal diyagramdaki bozulmayı düzeltme işlemi genetik algoritma ile yapılmıştır. Yapılan optimizasyonda, tek, çift ve üç elemanın bozulduğu durum için, geriye kalan bozulmamış elemanlardan az sayıdaki elemanın uyarım genlikleri belirlenmiş ve düzeltilen diyagramların orijinal diyagrama yaklaştığı görülmüştür. Bozulmuş diyagramın düzeltilmesi, büyük oranda, arızalı elemanların orijinal genliklerine ve sayısına bağlıdır. Bununla beraber, bozulmamış dizi elemanlarının hem genlik

hem faz hem de yerleri aynı anda optimum olarak belirlenirse bozulmuş diyagram orijinal diyagrama daha fazla yaklaştırılabilir.

Bu çalışmada, genetik algoritma gerçek zaman uygulamaları için yakınsama oranının yavaş olmasına rağmen lineer olmayan problemlerin çözümündeki hakimiyetinden ve tasarımcıya farklı alternatifler sunabilen esnek bir algoritma olmasından dolayı bozulan anten dizi diyagramının düzeltilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Yeo B. and Lu Y., "Array failure correction with a genetic algorithm", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 47, pp. 823-828, 1999.
- [2] Peters, T. J., "A conjugate gradient-based algorithm to minimize the sidelobe level of planar arrays with element failures", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 39, pp. 1497-1504, 1991.
- [3] Mailloux, R. J., "Array failure correction with a digitally beamformed array", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 44, pp. 1542-1550, 1996.
- [4] Rodriguez J. A., Ares F, Moreno E. and Franceschetti G., "Genetic algorithm procedure for linear array failure correction", Electronics Letters, vol. 36, pp. 196-198, 2000.
- [5] Holland, J. H., Adaptation in Natural and Artificial System, Ann Arbor: University of Michigan Press, USA, 1975.
- [6] Davis, L., Handbook of Genetic Algorithms, Van Nostrand Reinhold, NY, New York, 1991.
- [7] Akdaglı, A. and Güney, K., "Effective patch radius expression obtained using a genetic algorithm for the resonant frequency of electrically thin and thick circular microstrip antennas", IEE Proc.-Microw. Antennas Propag., vol. 147, pp. 156-159, 2000.