

# Doğrusal Anten Dizisi Sentezi

Nurdan Türker, Ahmet Kızılay  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
İstanbul  
[nurdanturker@gmail.com](mailto:nurdanturker@gmail.com), [akizilay@yildiz.edu.tr](mailto:akizilay@yildiz.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmada, radar ve iletişim sistemlerinde çok büyük öneme sahip olan huzme yönlendirme talebinin doğrusal dizilim anten sistemleri kullanılarak karşılanması üzerine çalışılmıştır. Belirtilen talep çok hedefli optimizasyon problemi haline getirilip optimize edilmiştir. Burada optimize edilebilecek sistem parametreleri, dizilimi oluşturan antenlerin genlikleri, fazları ve antenler arasındaki mesafelerdir. Çalışmada ilk olarak anten dizisinin genlikleri Dolph-Chebyshev katsayıları ile bulunmuştur. Ardından genetik algoritma yöntemi ile dizi elemanlarının genlikleri optimize edilip, yeni genlik değerleri bulunmuştur ve anten dizisi ile işleme alınmıştır. Çalışma boyunca elde edilen tüm optimizasyon sonuçları için CST (Computer Simulation Technology) ve MATLAB benzetimleri yarım-dalga dipol anten dizileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## 1. Giriş

Bu çalışmada ana lob seviyesinin istenilen dereceye yönlendirilmesi amaçlanmıştır. Tek başına bir anten elemanının bu işlemi yapmak için yeterli olmadığı düşünülerek dizi anten kullanılmıştır. Dolph-Chebyshev katsayıları yardımıyla anten elemanlarının genlik değerleri bulunmuş ve aynı seviyeye (-30 dB) bastırılmıştır. Genetik algoritma sayesinde yan lob seviyeleri (YLS) Dolph-Chebyshev katsayıları ile elde edilen yan lob seviyesi en yüksek seviye olmak üzere (-30 dB) bastırma sağlanmıştır. Böylece istenilen yönde yüksek kuvvetlendirme istenilmeyen yönde düşük kazanç elde edilmiştir. Tez çalışmasında benzetimin yapılması için CST benzetim programı, hesaplamaların yapılması ve grafiklerin elde edilmesi için MATLAB kullanılmıştır.

İkinci bölümde anten dizisi konusunda çok sık görülen dizi faktörü kullanım amacı anlatılmıştır. Anten dizisi sentezinde kullanılan tekniklere değinilmiş, CST benzetim programı çıktıları ve MATLAB çıktıları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma ile Dolph-Chebyshev katsayılarının ve genetik algoritmanın kullanımının sonuçları gösterilmiştir. Ayrıca istenilen açılara yönlendirme, yan lob seviyelerinin bastırılması gibi birçok etkenden örneklerle bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. Anten Dizisi Sentezi

Dizinin toplam elektrik alanı anten elemanlarının merkezinde bulunduğu varsayılan tek bir elemanın oluşturduğu elektrik alanının fonksiyonudur. Bu fonksiyon dizi faktörü olarak tanımlanır ve  $DF$  ile gösterilir. Dizi faktörü genlik, açı ve faz değerlerinin değişimi ya da bir değişkenin sabit tutulup diğerlerinin değişimi ile oluşturulabilir. Genel anlamda düşünülürse bir anten dizisinin uzak alandaki toplam ışıması belirli bir referans noktasındaki tek anten elemanının uzak alan ışımasının dizi faktörü ile çarpımına eşittir. Bu durum örüntü çarpımı olarak isimlendirilir [8].

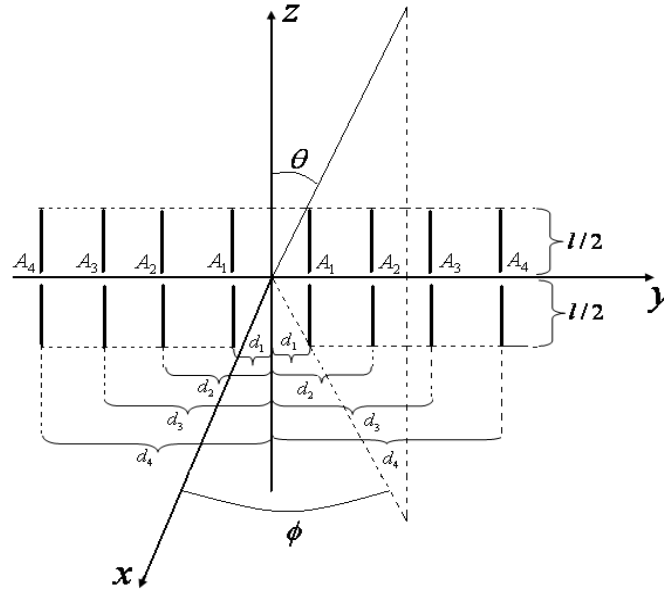
Bu çalışmada kullanılan yarım dalga dipol antenlerden oluşan doğrusal sekizli dizilim anten geometrisi Şekil 2.1’de verilmiştir. Şekil 2.1’de verilen geometrideki gibi özdeş elemanlardan oluşan bir dizilim antenin, antenler arasındaki kuplaj etkisinin ihmal edildiği durumda herhangi bir doğrultusundaki örüntü  $FF$ , aşağıdaki gibi verilebilir.

$$FF(\theta, \varphi) = EP(\theta, \varphi) \cdot DF(\theta, \varphi) \quad (2.1)$$

Belirtildiği üzere (2.1) ile verilen bu ifadeye örüntü çarpımı adı verilir. Örüntü çarpımı ifadesindeki  $EP(\theta, \varphi)$  terimi dizilimi oluşturan anten tipinin uzak alan ışıma örüntüsünü ifade eder. Bu tez çalışmasında, Şekil 2.1’de verildiği gibi  $y$ -ekseni boyunca simetrik olarak yerleştirilmiş sekiz elemandan oluşan doğrusal bir anten dizisi için dizi faktörü

$$DF = 2A_1 \cos(kd_1 \cos \theta + \beta_1) + 2A_2 \cos(kd_2 \cos \theta + \beta_2) \\ + 2A_3 \cos(kd_3 \cos \theta + \beta_3) + 2A_4 \cos(kd_4 \cos \theta + \beta_4) \quad (2.2)$$

ile bulunur.



Şekil 2.1. Yarım-dalga dipol antenlerden oluşmuş doğrusal sekizli dizilim anten geometrisi.

Genelleştirecek olunursa,  $y$ -ekseni boyunca simetrik olarak yerleştirilmiş,  $2N$  sayıda elemandan oluşan doğrusal bir anten dizisi için dizi faktörü aşağıdaki ifade elde edilir.

$$DF = 2 \sum_{n=1}^N A_n \cos kd_n \cos \theta + \beta_n \quad (2.3)$$

Eğer maksimum ışıma yönünün  $(-90^\circ < \theta_0 < 90^\circ)$  olacağı düşünülürse,  $n$ . elemana ait anten fazı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

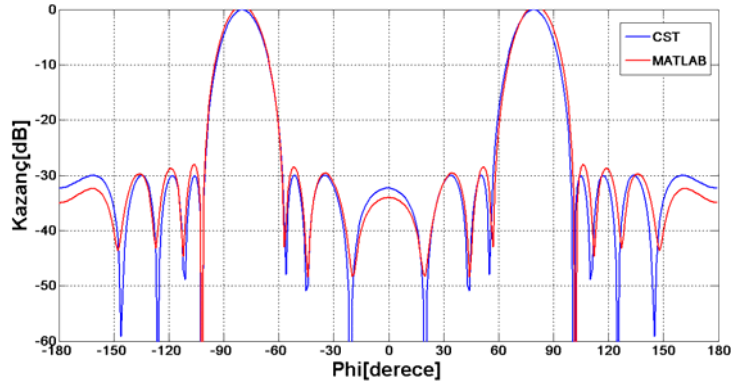
$$kd_n \cos \theta + \beta_n \big|_{\theta=\theta_0} = 0 \Rightarrow \beta_n = -kd_n \cos \theta_0 \quad (2.4)$$

Burada  $k$  dalga sayısını,  $A_n$   $n$ . antenin besleme genliğini,  $\beta_n$  fazını,  $d_n$  ise dipolün orjine olan uzaklığını belirtir. Böylece dizilimi oluşturan elemanlar arasındaki aşamalı faz farkı kontrol edilerek, huzme taraması yapan bir dizilim antenin ana huzmesinin maksimum değeri istenilen doğrultuya yönlendirilebilir.

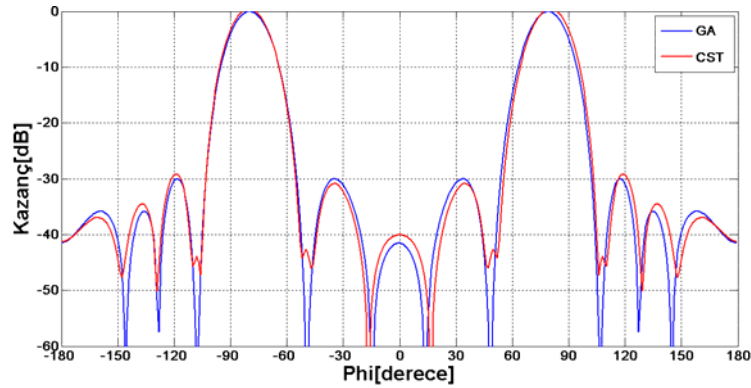
Birbirine paralel dizilmiş anten elemanlarının yan lob seviyelerini belirli bir değerin altında tutmak için kullanılan anten genlik değerlerine Dolph-Chebyshev katsayıları ismi verilmiştir [6]. Bu teknik Tchebyscheff polinomlarını kullanarak katsayıları belirlemektedir. Katsayıların diziye uygulanmasıyla ışıma örüntüsünün gözle fark edilir oranda YLS değerinin bastırıldığı görülür [2]-[7]. Işıma örüntüsü düşünüldüğünde Dolph-Chebyshev katsayıları ilk minimum noktasını başlangıç noktasının etrafında konumlandırır. Bu minimum noktasının etrafında iki adet maksimum noktası yer alır. Ardından gelen tüm yan loblar ise bastırılmıştır [9]. Türlerin zaman içinde evrimini kendine baz alan genetik algoritma, bir topluluk üzerinde belirli şartlarla optimizasyon işlemi yapmak için kullanılır. Bir sayı dizisi genetik algoritma için topluluk olarak tanımlanır [7]. Temel genetik işlemler sonucunda sayı dizisinin elemanları sürekli gelişir. Bu yaklaşım belirli sayıda tekrara ulaşmış ve her nesilde kontrol edilen bir sistem için uygulanırsa sonuçların istenilen seviyeye her bir nesilde daha yaklaştığı görülür [5]. Genetik algoritmalar doğal seçim ve doğal genetik temeline dayanan optimizasyon algoritmalarıdır. Genetik algoritmalar biyolojik bir metafor şeklinde davranıp doğal evrimleşmede gözlenen bazı yöntemleri kullanmaktadır [1]-[4]. Genetik algoritmaların temel avantajı, optimize etmeye çalıştıkları problemin genel doğası ile ilgili herhangi bir bilgiye ihtiyaç duymamalarıdır. Bunlar karmaşık çok boyutlu bir araştırma alanında ideal genel bir çözümü rahatlıkla bulabilmektedir. Genetik algoritmalar, bu evrensel güçlerden dolayı optimizasyon problemine bir sistem yaklaşımı olarak bilinir [3]-[7].

Bu uygulamada istenilen ışıma örüntüsünün elde edilebilmesi amacıyla, doğrusal geometriye sahip bir dizilim antenin elemanları arasındaki mesafelerin ve dizilimi oluşturan elemanlardan her birinin besleme genliklerinin genetik algoritma kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu uygulamada sentezlenecek ışıma örüntüsünün minimum YLS'ye sahip olması, ana huzmenin istenilen doğrultudaki kazancının maksimum olması ve girişimin bulunduğu doğrultu veya doğrultuların bastırılması hedeflenmiştir. Genetik algoritma aracı MATLAB programından açılarak değişken sayısına dört verilmiştir. Popülasyon büyüklüğü ellidir. Ayrıca nesil sayısı ve hızı kesilen nesil sayısı değerleri elli olarak verilmiş, bu şekilde genetik algoritma sonuçları elde edilmiştir.

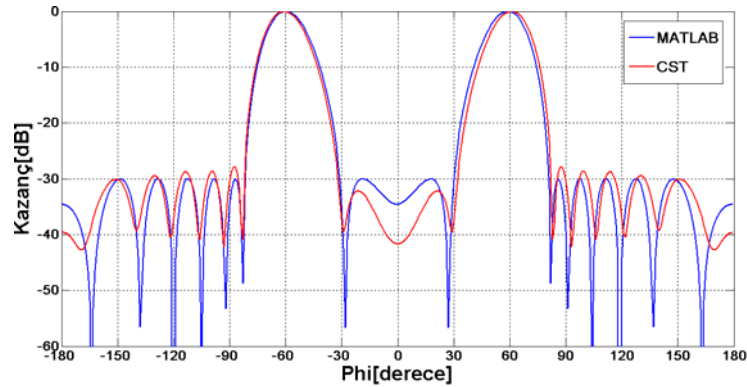
Şekil 2.2’de 2 GHz frekansında çalışan  $\lambda/2$  aralıklarla yerleştirilen sekiz elemanlı yarım dalga dipol anten dizisine Dolph-Chebysev genlik katsayıları uygulanarak Matlab benzetim sonucu elde edilmiştir. Benzer şekilde aynı diziye aynı genlik katsayıları, CST benzetim ortamında da uygulanmış ve karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Görüldüğü üzere, kullanılan Dolph-Chebysev katsayıları YLS’yi -30 dB seviyesinde tutmaktadır. Antenlerin ana lobları ise  $80^\circ$ ’ye yönlendirilmiştir. Şekil 2.3’te verilen grafik Matlab ve CST benzetim sonuçlarını içermektedir. Burada Matlab benzetim sonucu sekiz elemanlı yarım dalga dipol antene genetik algorithmadan yararlanılarak elde edilen genlik değerleri uygulanmıştır. Ayrıca diziye, aynı genlik katsayıları CST benzetim ortamında da uygulanmıştır. Kullanılan genetik algoritma genlik katsayıları YLS’yi maksimum -30 dB’ye düşürmektedir. Anten dizisinin ana lobları ise  $80^\circ$ ’ye yönlendirilmiştir. Şekil 2.4’te anten dizisi Dolph-Chebysev katsayıları kullanarak  $60^\circ$ ’ye yönlenecek şekilde tekrarlanmıştır. Kullanılan Dolph-Chebysev katsayıları YLS’yi -30 dB seviyesinde tutmaktadır. Antenlerin ana lobları ise  $60^\circ$ ’ye yönlendirilmiştir. Anten dizisinin ana lobunu  $60^\circ$ ’ye yönlendirmek için genetik algoritma kullanılmış ve Şekil 2.5’de Matlab ve CST benzetim sonuçları gösterilmiştir. Burada, kullanılan genetik algoritma genlik katsayıları YLS’yi maksimum -30 dB’ye düşürmektedir.



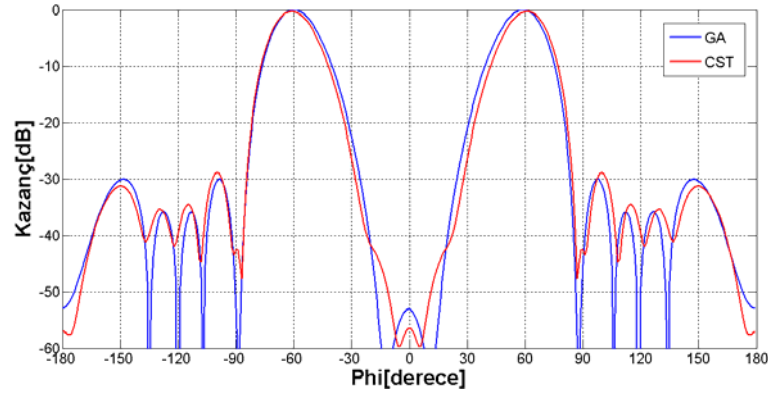
Şekil 2.2 Ana lob seviyesi  $80^\circ$ ’ye yönlendirilmiş ve yan lobları Dolph-Chebysev katsayılarıyla -30 dB’ye bastırılmış sekiz elemanlı dipol anten dizisi.



Şekil 2.3. Ana lob seviyesi  $80^\circ$ ’ye yönlendirilmiş ve yan lobları genetik algoritma yardımıyla -30 dB’ye bastırılmış sekiz elemanlı dipol anten dizisi.



Şekil 2.4. Ana lob seviyesi  $60^\circ$ ’ye yönlendirilmiş ve yan lobları Dolph-Chebysev katsayılarıyla -30 dB’ye bastırılmış sekiz elemanlı dipol anten dizisi.



Şekil 2.5. Ana lob seviyesi 60°'ye yönlendirilmiş ve yan lobları genetik algoritma yardımıyla -30 dB'ye bastırılmış sekiz elemanlı dipol anten dizisi.

### 3. Sonuç

Bu çalışmada anten dizilerinin ışıma örüntüsü verimli haberleşme yapılabilmesi için gerekli şartlar araştırılmış, test edilmiş ve sağlanmıştır. Dizi faktörü yardımıyla bir dizinin tüm ışıma fonksiyonu bir referans ışıma fonksiyonunun ve dizi faktörünün çarpımıyla bulunmuştur. Dizi faktörü, bağlı olduğu parametreler olan anten elemanlarının genliği, faz farkı ve aralarındaki mesafe çeşitli hesaplamalar ve algoritmalar yardımıyla hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda Dolph-Chebyshev katsayılarına ve genetik algoritmaya geniş yer verilmiştir.

Sonuç olarak anten sistemlerinin günümüzdeki pratik kullanımı için testler yapılmış, sonuçlar optimize edilmiş ve benzetim programlarının çıktılarıyla önemli unsurlara değinilmiştir. Ana lobun istenilen açıya yönlendirilmesi ve ışıma örüntüsünün maksimum noktasının burada yer alması sağlanmış, bu açı dışındaki diğer tüm yan lobların bastırılması doğrulanmıştır.

### 4. Kaynaklar

- [1]. Akdağlı, A., Güney, K. ve Karaboğa, N., (2001) "Dolph-Chebyshev Dizisinin Genetik Algoritma ile Tasarımı", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14, 219-225.
- [2]. Balanis, C. A., (1997), Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley & Sons, New York.
- [3]. Bayliss, E. T., (1968), "Design of Monopulse Antenna Difference Patterns with Low Sidelobes", Bell System Tech. J., 47: 623-640.
- [4]. Bray, M. G., Werner, D. H., Boeringer, D. W. ve Machuga, D. W., (2002), "Optimization of Thinned Aperiodic Linear Phased Arrays Using Genetic Algorithms to Reduce Grating Lobes During Scanning", IEEE Trans. Antennas Propag., 50: 1732-1742.
- [5]. Cutello V. ve Nicosia, G., (2002), "An Immunological Approach to Combinatorial Optimization Problems", Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2527: 361-370.
- [6]. Deb, K., (2001), Multiobjective Optimization Using Evolutionary Algorithms, Wiley, U.K.
- [7]. Deb, K., Pratap, A., Agrawal, S. ve Meyarivan, T., (2002), "A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II", IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6: 182-197.
- [8]. Dolph, C. L., (1946), "A Current Distribution for Broadside Arrays Which Optimizes the Relationship Between Beamwidth and Sidelobe Level", Proc. IRE, 34: 335-345.
- [9]. Fonseca, C. M. ve Fleming, P. J., (1993), "Genetic algorithms for multiobjective optimization: Formulation, discussion and generalization", in Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms, 1993, San Mateo, CA, 416-423.