

# Gezgin Haberleşme Sistemi Baz İstasyonu Anteni için Şekillendirilmiş Demet Sentezinin Klonal Seçme Algoritması ile Gerçekleştirilmesi

Kerim Güney, Ali Akdağlı, Bilal Babayiğit\*

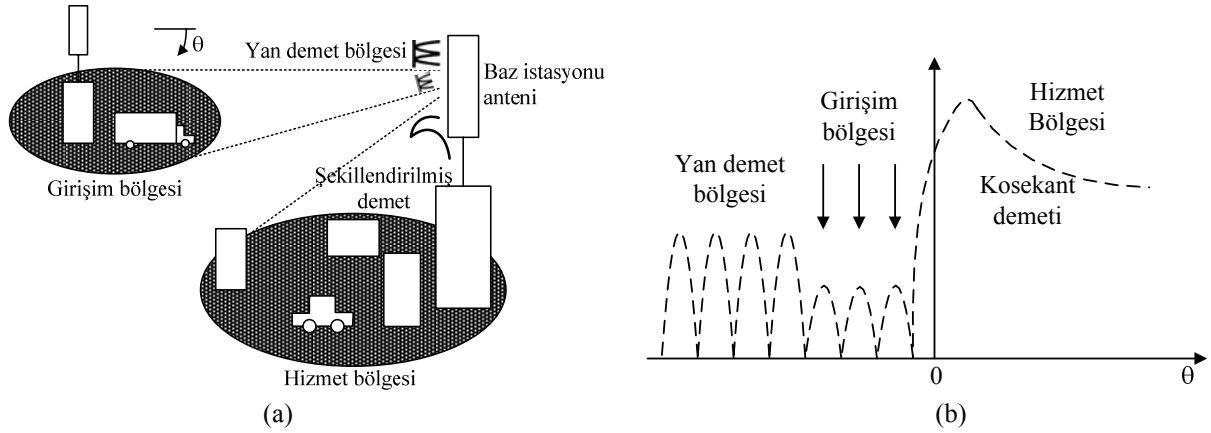
Erciyes Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kayseri  
kguney@erciyes.edu.tr, akdagli@erciyes.edu.tr,

\*Erciyes Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri  
bilalb@erciyes.edu.tr

**Özet:** Doğrusal anten dizi elemanlarının uyarımları, gezgin haberleşme sistemlerindeki baz istasyon antenleri için şekillendirilmiş demet sentezini gerçekleştirmek amacıyla klonal seçme algoritması (KSA) kullanılarak hesaplanmıştır. KSA, insan bağışıklık sistemindeki klonal seçme prensibinden esinlenerek geliştirilen yeni bir sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Doğrusal anten dizisinin eleman genlikleri ve fazları, eleman genliklerinin çalışma aralığı da dikkate alınarak optimum bir şekilde belirlenerek kullanılan algoritmanın performansı bir örnekle gösterilmiştir.

## 1. Giriş

Gezgin haberleşme sistemlerinde kullanılan baz istasyonu antenlerinde daha iyi güç yönetimi sağlamak için şekillendirilmiş demet diyagramı ışınımına ihtiyaç duyulur [1]-[2]. Şekil 1'de gösterildiği gibi baz istasyonu civarında bir girişim kaynağı varsa, girişim kaynakları yönünde düşük seviyeye ve hizmet bölgesi yönünde de yüksek seviyeye sahip şekillendirilmiş demet diyagramının ışınımını ile bu girişim kaynağının etkisi minimum seviyeye indirilebilir. Şekillendirilmiş demet diyagram sentezini gerçekleştirmek için bir çok klasik yöntemin [3] yanında, gelişen bilgisayar teknolojisinin paralelinde yapay zekaya dayanan birçok modern sezgisel optimizasyon algoritması (genetik algoritma, ısıl işlem, karınca koloni, farksal değişim algoritmaları) kullanılmıştır. Bu bildiriye, klonal seçme algoritması (KSA) [4] ile gezgin haberleşme sistemi baz istasyonu anteni için şekillendirilmiş demet diyagram sentezi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. (a) Baz istasyonu sistemi ve (b) gezgin haberleşme sistemi için şekillendirilmiş demet diyagramı [1].

## 2. Klonal Seçme Algoritması (KSA)

Klonal seçme prensibi [5], bağışıklık sisteminin davranışını açıklamak için kullanılan modellerden birisidir. Bu prensip, bağışıklık sisteminin bir antijenik uyarıma karşı bağışıklık cevabının temel özelliklerini tanımlamak amacıyla kullanılır. Antijeni en iyi tanıyan hücreler, daha az tanıyan hücrelere göre daha fazla çoğalırlar. Çoğalmak için seçilmiş hücreler, klonlanır ve daha sonra da yüksek oranda mutasyona uğrarlar. Bu işlemler, seçilmiş hücrelerin antijenlere benzerliğini geliştirir. Antijeni tanımayan hücreler ölür ve yerlerine yeni hücreler üretilir. Sonuçta bağışıklık sistemi antijeni en iyi tanıyıp yok eden hücreleri geliştirmiş olur.

İnsan bağışıklık sistemindeki klonal seçme prensibinden esinlenerek geliştirilen KSA [4], nispeten yeni bir sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. KSA, yerel minimumdan kurtulabilme, belirli kurallar yerine rasgele geçiş kuralları kullanma, çok parametrelili optimizasyon problemleri ile rahatlıkla çalışabilme yeteneklerine sahiptir. Ayrıca uygulanması basit ve anlaşılması kolaydır. Bu cazip özelliklerinden dolayı çeşitli mühendislik problemlerinin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmıştır [4], [6]-[7]. KSA'nın çalışması şu şekildedir: İlk olarak rasgele üretilen hücrelerden bir başlangıç popülasyonu ( $N_{pop}$ ) oluşturulur. Her bir hücre muhtemel bir çözümü, antijen ise problemi

temsil etmektedir. Daha sonra popülasyondaki her hücreye ait maliyet fonksiyonu değeri (uygunluk) hesaplanır ve hücreler uygunluk değerlerine göre sıralanır. En yüksek uygunluk değerine sahip n tane hücre seçilir ve uygunluk değerleri ile orantılı olarak klonlanır. Oluşturulan klonlar, uygunluk değerleri ile ters orantılı olarak mutasyona uğrarlar. Daha sonra mutasyona uğratılmış klonların uygunluk değerleri hesaplanır. Seçilen her bir hücre ve klonları bir alt popülasyon oluşturur. Her bir alt popülasyonun en yüksek uygunluk değerine sahip hücresi seçilir ve yaşamasına izin verilir. Popülasyonun en düşük uygunluk değerlerine sahip d tane hücresi rasgele üretilen hücrelerle değiştirilir. Bu işlemler durdurma ölçütü sağlanana kadar devam eder.

### 3. Formülasyon

Dizi merkezi civarında eşlenik simetrik olarak uyarılan ve simetrik olarak yerleştirilen 2N tane yönsüz elemanlı doğrusal anten dizisi için dizi faktörü ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$AF(u) = 2 \sum_{k=1}^N a_k \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_k u + \delta_k\right) \quad (1)$$

Burada  $u = \sin\theta$  ( $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ),  $d_k$ ,  $a_k$  ve  $\delta_k$ , sırasıyla, dizi merkezi ile k. eleman arasındaki mesafe, k. elemanın uyarım genliği ve k. elemanın uyarım fazıdır. Doğrusal anten dizisinin şekillendirilmiş demet sentezini gerçekleştirmek için Denklem (1)'de verilen dizi faktörü ifadesindeki her bir elemanın uyarım genliği ( $a_k$ ) ve fazı ( $\delta_k$ ) optimum olarak belirlenecektir. Üretilen diyagramı hizmet, girişim ve yan demet bölgelerinde kontrol edebilmek amacıyla KSA ile minimize edilecek aşağıdaki maliyet fonksiyonuna W ve ESL faktörleri de dahil edilmiştir.

$$C = \sum_{u=-1}^1 [W(u)|AF_o - AF_d| + ESL(u)] \quad (2)$$

Burada  $AF_o$  ve  $AF_d$ , sırasıyla, KSA ile elde edilen diyagram ve arzu edilen diyagramdır.

### 4. Sayısal Örnek

KSA'nın gezgin haberleşme sistemi baz istasyonu antenleri için şekillendirilmiş demet sentezinde performansını göstermek için Şekil 1 (b)'de verilen diyagram arzu edilen diyagram olarak seçilmiş, ve aralarındaki mesafe  $\lambda/2$  olan 20 yönsüz kaynaklı doğrusal anten dizisinin uyarım genlikleri ve fazları bu arzu edilen diyagramı üretmek için KSA ile optimum olarak belirlenmiştir. Popülasyon büyüklüğü ve iterasyon sayıları, sırasıyla, 70 ve 200 olarak seçilmiştir. KSA'nın n, d, ve  $\beta$  parametrenin değerleri ise, sırasıyla, 40, 30, ve 2'dir. KSA ile minimize edilecek maliyet fonksiyonu içerisindeki parametreler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$W(\theta) = \begin{cases} 10, & \text{şekillendirme bölgesi} \\ 1, & \text{yan demet bölgesi} \end{cases} \quad (3)$$

$$ESL(u) = \begin{cases} 5, & \text{eğer } MSL_o(u) > MSL_d(u) \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (4)$$

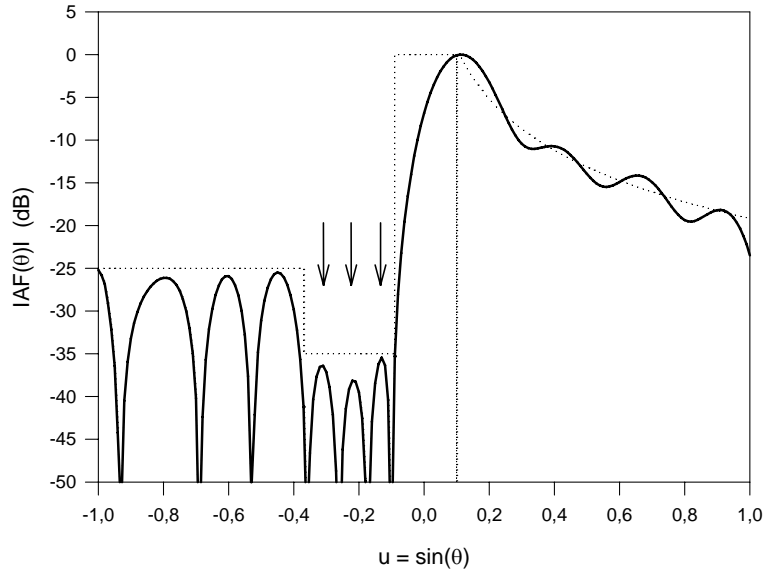
Burada  $MSL_o$  ve  $MSL_d$ , sırasıyla, KSA ile elde edilen maksimum yan demet seviyesi ve arzu edilen maksimum yan demet seviyesidir. Arzu edilen diyagram için, Denklem (2) ve (4)'te verilen maliyet fonksiyon parametrelerinin değerleri ise

$$AF_d(u) = \begin{cases} \text{kosekant}(u), & 0.1 \leq u \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (5)$$

$$MSL_d(u) = \begin{cases} -35 \text{ dB}, & \text{eğer } u \leq -0.38 \\ -25 \text{ dB}, & \text{eğer } -0.38 < u < -0.1 \end{cases} \quad (6)$$

dir. Optimizasyon sırasında dizi eleman genliklerinin çalışma aralığı ( $a_{maks}/a_{min}$ ) 10'dan küçük olacak şekilde kısıtlanmıştır. Optimizasyon sonucunda elde edilen diyagram Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'den açıkça görüldüğü gibi, hizmet bölgesinde kosekant demeti elde edilirken girişim bölgesinde -35 dB ve yan demet bölgesinde de -25 dB'lik bir seviye elde edilmiştir. Şekillendirme bölgesi için elde edilen kosekant demeti, bu bölgede tanımlı arzu edilen diyagram ile iyi bir uyum içerisinde. Şekil 2'de verilen diyagram için KSA ile belirlenen eleman genlik ve faz değerleri dizi merkezine göre eşlenik simetrik formda Tablo 1'de verilmiştir. Kaynak [1]'de sunulan çalışmada 16 elemanlı doğrusal anten dizisi kullanılmış, genlikler simetrik kabul edilmiş, girişim bölgesinde -30 dB ve yan demet bölgesinde -20 dB'lik bir seviye ile benzer kosekant demeti quasi-Newton metoduna dayanan bir yöntemle

elde edilmiştir. Kaynak [2]'de sunulan çalışmada ise yine 16 elemanlı doğrusal anten dizisi kullanmış, hem genlikler hem de fazlar simetrik olarak kabul edilmiş, fakat girişim bölgesinde -35 dB ve yan demet bölgesinde -25 dB'lik bir seviye ile benzer kosekant demeti genetik algoritma kullanarak elde edilmiştir. Sunulan çalışmada ise 20 elemanlı doğrusal anten dizisi için Kaynak [2]'de belirtilen problem alternatif bir yöntem olan KSA ile çözülmüştür.



Şekil 2. Arzu edilen diyagramın zarfı (---) ve KSA ile elde edilen diyagram (—).

Tablo 1. Şekil 2'de verilen diyagram için KSA ile hesaplanan uyarım genlik ve faz değerleri.

$k$	$a_k$	$\delta_k$ (derece)
$\pm 1$	0.9594	155.98
$\pm 2$	0.5371	123.94
$\pm 3$	0.4462	124.18
$\pm 4$	0.3453	98.08
$\pm 5$	0.3000	100.18
$\pm 6$	0.1519	74.49
$\pm 7$	0.1826	22.92
$\pm 8$	0.1094	153.61
$\pm 9$	0.1100	139.29
$\pm 10$	0.1825	6.37

## 5. Sonuçlar

KSA ile gezgin haberleşme sistemi baz istasyonu anteni için şekillendirilmiş demet sentezi gerçekleştirmek amacıyla doğrusal anten dizi elemanlarının uyarım genlik ve fazları optimum bir şekilde belirlenmiştir. Elde edilen diyagramın hem şekillendirme hem de yan demet bölgelerinde istenen kriterleri sağladığı görülmüştür. Yapılan sentez işleminde dizi eleman genliklerinin çalışma aralığı da dikkate alınarak esnek ve basit bir tasarım sunulmuştur.

## Kaynaklar

- [1]. Hu J. L., Chan C. H., Luk K. M ve Lin S. M., "Shaped-beam pattern synthesis for base station antenna in mobile communication system", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, 24, s. 226-228, 2000.
- [2]. Akdağlı A. ve Güney K., "Gezgin haberleşme sistemleri için anten dizilerinde şekillendirilmiş demet sentezinin genetik algoritma ile gerçekleştirilmesi," *Elektrik-Elektronik Mühendisliği Sempozyumu, Kasım 2002, Adana, Türkiye*, s. 17-20.
- [3]. Balanis C. A., *Antenna Theory: Analysis and Design*. John Wiley and Sons, New York, A.B.D., 1982.
- [4]. De Castro L. N. ve Von Zuben F. J., "Learning and optimization using the clonal selection principle", *IEEE Trans. Evol. Comput.*, 6, s. 239-251, 2002.
- [5]. Ada G. L. ve Nossal G., "The clonal selection theory", *Scientific American*, 257, s. 50-57, 1987.
- [6]. Babayigit B., Akdagli A. ve Guney K., "A clonal selection algorithm for null synthesizing of linear antenna arrays by amplitude control", *J. Electromagn. Waves Applicat.*, 20, s. 1007-1020, 2006.
- [7]. Campelo F., Guimaraes F. G., Igarashi H. ve Ramirez J. A., "A clonal selection algorithm for optimization in electromagnetics", *IEEE Trans. Magn.*, 41, s. 1736-1739, 2005.