

# AKILLI ANTENLERDE GİRİŞİM BASTIRMA İÇİN CM ALGORİTMASININ BAŞARIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Aybike KOCAKAYA<sup>1</sup> Erkan KOCAKAYA<sup>2</sup>

Hasan DİNÇER<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Kocaeli Üniversitesi, 41040, Kocaeli

<sup>1</sup>e-posta : [adirikol@kou.edu.tr](mailto:adirikol@kou.edu.tr)

<sup>2</sup>e-posta : [ekocakaya@kou.edu.tr](mailto:ekocakaya@kou.edu.tr)

<sup>3</sup>e-posta: [hdincer@kou.edu.tr](mailto:hdincer@kou.edu.tr)

*Anahtar sözcükler: Akıllı anten, uyarlamalı hüzmeye şekillendirme, sabit modüllü algoritma*

## ÖZET

*Kablosuz haberleşme sistemlerinin sınırlı bant genişliğine karşın artan talebi karşılayabilmesi için yeni teknolojilerin geliştirilmesi zorunludur. Bu sebeple yapılan çalışmalarda akıllı antenler önemli bir rol oynamaktadır. Uyarlamalı algoritmalar akıllı antenlerin başarımı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada bu yeni teknolojiler cevap verebilmek amacıyla ortaya konulan akıllı anten sisteminin genel mimarisi ve gezgin haberleşme sistemlerine katkıları kör algoritmalar sınıfında bulunan gradyent tabanlı bir algoritma olan Sabit modüllü (Constant Modulus- CM) algoritma incelenmiştir. Algoritmanın benzetimleri MATLAB<sup>TM</sup> yardımıyla gerçekleştirilerek başarımı incelenmiştir. Bu algoritma referans işaret bilgisine gereksinim duymaz. İletilen işaretin zarf yapısı hakkındaki önbilgiyi kullanılır.*

## 1. GİRİŞ

Hücreli gezgin haberleşme endüstrisindeki kullanıcı sayısı sürekli bir artış göstermektedir. Bu artış birtakım problemleri de beraberinde getirmektedir. Temel problem, artan kullanıcı sayısına karşın daha büyük bir kapasiteye gerek duyulmasıdır. Özellikle yüksek veri hızı gerektiren yeni uygulamalarda, şebekenin servis kalitesini doğrudan etkileyen arama-kesilme oranını (drop-call rate) düşürecek, kapasiteyi artıracak yeni teknolojiler geliştirmesi zorunlu hale gelmiştir.

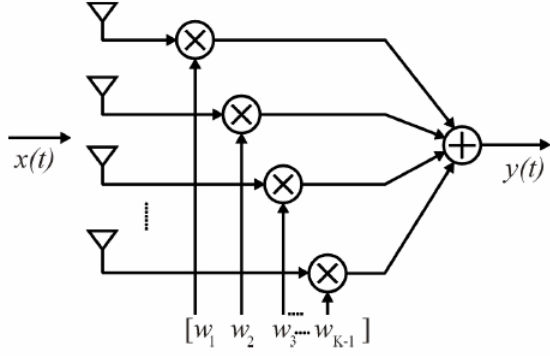
Kablosuz haberleşme sistemlerinde istenen işaret alıcı antene ulaştığında girişim işaretleri tarafından bozulmuş olabilir. Akıllı antenler çoklu anten kullanarak belli bir yönde anten duyarlılığını değiştirebilmektedir. Akıllı anten kavramı altında yatan temel düşünce belirli bir anten topolojisiyle çoklu anten elemanlarını bir araya getirerek statik şaret işleme yeteneğine sahip bir yapı meydana getirmektir. Anten sistemi ışınma örüntüsünü, kanalın gürültü etkisini ve istenen işaretin çok yönlü bileşenlerinin etkisini en aza indirecek şekilde dinamik olarak istenen kullanıcı doğrultusunda yönlendirir.

## 2. AKILLI ANTEN SİSTEMİ

Akıllı anten sistemleri temel olarak, anahtarlama (switched-beam) ve uyarlamalı dizi sistemleri (adaptive-array systems) olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Önceden belirlenmiş doğrultularda yüksek duyarlılığa sahip birçok sabit hüzmeye oluşan bir sistemdir. Anten sistemi, işaret gücünü tespit eder ve sabit ışın demetlerinden birini seçerek gezgin istasyon sektöründen uzaklaştıkça diğer hüzmeye anahtarlama yapar. Uyarlamalı anten sistemi en gelişmiş akıllı anten yaklaşımıdır. Çeşitli yeni işaret işleme tekniklerinin geliştirilmesi sayesinde işareti yönlendirme, tanıma, izleme ve dinamik olarak girişimi azaltarak istenen işareti en üst seviyeye çıkarma yeteneğine sahiptir.

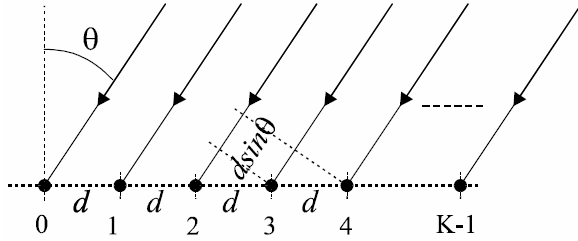
Her iki tip akıllı anten sisteminde temel amaç, istenen kullanıcının konumu doğrultusunda dizinin ışınma örüntüsünü oluşturmaktır. Ancak sadece uyarlamalı dizi sistemi eşzamanlı olarak kimlik tanıma, izleme ve girişim yapan işareti minimize etme de optimum kazancı sağlayabilmektedir. Uyarlamalı diziler anahtarlama hüzmeye sistemlerine göre daha güvenilir ve daha esneklerdir. Anahtarlama hüzmeye sistemlerinde, dizide elemanlarından birinin fonksiyonunu kaybetmesi durumunda dizinin ışınma örüntüsü bozulur. Bu durum dizi hassasiyetinin bozulmasına sebep olur. Uyarlamalı dizi sistemlerinde ise, dizinin örüntüsü karmaşık ağırlıklar aracılığı ile otomatik olarak ayarlandığından, dizinin ışınma örüntüsünü otomatik olarak ayarlar. Sonuçta bu tür bir durum karşısındaki uyarlamalı dizi sisteminin: ışınma örüntüsündeki bozulma anahtarlama dizilerdeki ışınma örüntüsündeki bozulmaya oranla daha azdır.

Şekil 1’de akıllı anten kavramı görülmektedir. En basit tanımla akıllı anten belli bir geometride bir araya getirilmiş bir alıcı anten dizisidir. Anten elemanlarından alınan  $x(t)$  işareti  $\mathbf{W}$  ağırlık vektörü katsayıları ile çarpılır. Dizi çıkışı  $y(t)$ ’yi oluşturmak üzere ağırlıklandırılmış işaretler toplanır. İşaretler ve ağırlıklar karmaşık sayılardır.



Şekil 1. Akıllı anten kavramı

Literatürde çeşitli anten topolojileri bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada Şekil2'de görülen doğrusal dizi kullanılmıştır. Şekil2'de anten elemanları arası uzaklık  $d$  ve işaret dizinin normali ile  $\theta$  açısı yaparak gelmektedir. Anten elemanı sayısı  $K$ 'dir



Şekil 2. Doğrusal dizi anten

Anten dizisine gelen bir işaret herhangi bir dizi elemanına farklı zamanda ulaşır. Örneğin dalganın cephesi  $k$ . elemana  $k+1$ . elemandan daha önce ulaşır. Bu zaman farkı, sinyalin geliş yönünün ve dizinin elemanlar arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur. Uzaklık farkı  $d \sin \theta$  ile ifade edilir. Eğer işaret harmonik bir işaretse  $k$ . elemana gelen işaret  $k+1$ . elemana gelen işaret karşılaştırıldığında bir faz farkı olacaktır. Sıfırıncı eleman referans olarak kabul edildiğinde  $k$ . elemana gelen işaretin fazı  $\xi k d \sin \theta$ 'dir.  $\lambda$  dalga boyu olmak üzere  $\xi = 2\pi / \lambda$ 'dir.

Burada dizi yayılım vektörü aşağıdaki gibi tanımlanır. Bu vektör gelen işaret bilgisini içerir.

$$\mathbf{v} = [1 \quad e^{j\xi d \sin \theta} \quad \dots \quad e^{j(K-1)\xi d \sin \theta}]^T \quad (2.1)$$

Ağırlık vektörü ve dizi faktörü ise

$$\mathbf{w} = [w_0 \quad w_1 \quad \dots \quad w_{K-1}]^T \quad (2.2)$$

$$F(\xi, \theta) = \frac{y(\xi, \theta)}{x(\xi, \theta)} = \mathbf{w}^T \mathbf{v} \quad (2.3)$$

ile ifade edilir.

$y(\xi, \theta)$  ve  $x(\xi, \theta)$  sırasıyla huzme şekillendirme dizisinin çıkışı ve girişi olmak üzere, dizi faktörü  $\theta$  açısı ile gelen işaretin yanıtıdır. Belli bir frekans için  $d$  ve  $\xi$  parametresini sabit kabul ederek (2.1) ve (2.2) numaralı denklemleri kullanarak (2.3) denklemini düzenleyelim. Dizi faktörü ve dizi çıkışı

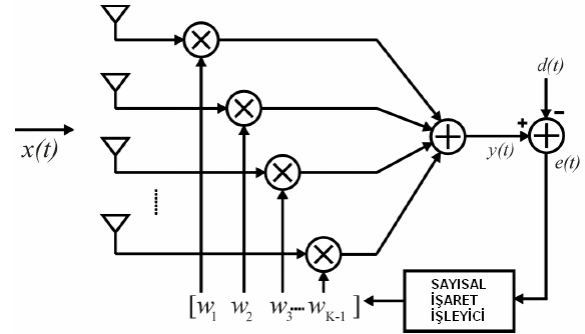
$$F(\theta) = \sum_{k=0}^{K-1} w_k e^{j\xi k d \sin \theta} \quad (2.4)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{w}^H \mathbf{x} \quad (2.5)$$

ile ifade edilir.

### 3.UYARLAMALI HÜZME ŞEKİLLENDİRME

Uyarlamalı huzme şekillendirici istenen işaretleri girişim işaretlerinden ayırmak için dizinin ışına örüntüsünü ağırlık vektörlerini otomatik olarak ayarlayıp güncelleyebilmektedir. Anten dizisi belli sayıdaki anteni bir araya getirerek oluşturulur. Diziyi oluşturmak için kullanılan antenlerin yapıları ve dizilim geometrisine göre dizinin ışına örüntüsü meydana gelir. Şekil3'te genel bir huzme şekillendirici görülmektedir.



Şekil 3. Huzme Şekillendirici

Dizi elemanlarından alınan  $x(t)$  işareti kullanılarak  $\mathbf{w}$  ağırlık vektörleri hesaplanır. Uyarlamalı işlemci dizi çıkışı  $y(t)$  ile istenen işaret  $d(t)$  arasındaki fark  $e(t)$ 'yi minimum yapmaya çalışır. Bu mimimizasyon problemi için çeşitli uyarlamalı algoritmalar mevcuttur. Uyarlamalı algoritmalar kör algoritmalar ve kör olmayan algoritmalar olarak iki grupta toplamak mümkündür. Kör olmayan algoritmalarda alıcı ve verici tarafından bilinen bir eğitim işareti kullanılarak optimum ağırlık vektörleri hesaplanır. Kör algoritmalar ise eğitim işaretine gerek duymazlar. Bunun yerine istenen işaretin bazı özelliklerinden (geliş açısı, işaretin modülü, işaretin zarfı vb.) faydalanmak suretiyle optimum ağırlık vektörlerini hesaplarlar. Bu çalışmada gradiyent tabanlı bir algoritma olan Sabit modüllü (Constant Modulus-

CM) algoritma incelenmiştir. Bu algoritma işaretin zarfının sabit olması bilgisini kullanır.

CM algoritması (3.1) numaralı denklem ile verilen maliyet fonksiyonunu minimize etmeye çalışır. Algoritmanın yakınsaması  $p$  ve  $q$  katsayılarına bağlıdır.

$$J(n) = E \left\{ \left| |y(n)|^p - 1 \right|^q \right\} \quad p \in \{1, 2, \dots\} \quad (3.1)$$

Genelde  $J(n)$  maliyet fonksiyonu için  $p=1, q=2$  yada  $p=2, q=2$  olarak seçilmektedir. Burada  $p=1, q=2$  alınarak (3.1) numaralı denklem düzenlenerek aşağıdaki şekilde yazılmıştır.

$$J(n) = E \left\{ |y(n) - 1|^2 \right\} \quad (3.2)$$

CM algoritması aşağıdaki denklemler ile özetlenir.

$$\text{Çıkış, } y(n) = w^H x(n) \quad (3.3)$$

$$\text{Hata, } e(n) = y(n) - \frac{y(n)}{|y(n)|} \quad (3.4)$$

$$\text{Ağırlık, } w(n+1) = w(n) - \mu x(n) e^*(n) \quad (3.5)$$

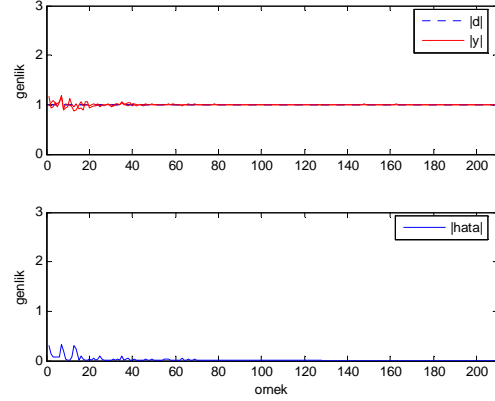
Algoritmada kullanılan  $\mu$  adım büyüklüğü parametresi  $w(n)$  ağırlıklarının yakınsamasını kontrol eder. Bu algoritma sürekli olup her örneklenen giriş işaretinden sonra ağırlıklar güncellenir.

#### 4. UYGULAMA

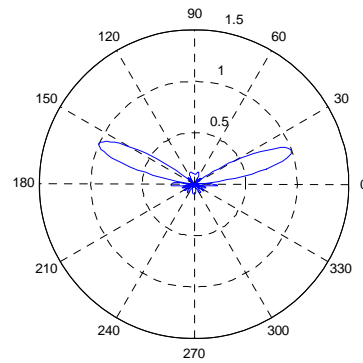
Yapılan benzetimlerde istenen ve girişim işaretleri olarak MSK (Minimum shift keying) işaretleri kullanılmıştır. Sisteme deşışintisi 0.01 olan gauss gürültüsü eklenmiştir. Doğrusal anten dizisi 8 elemanlı olup eleman aralıkları yarım dalga boyudur. Anten dizisine istenen işaret ve 2 adet girişim işareti olmak üzere 3 adet işaret uygulanmıştır.

#### 5. SONUÇLAR

Önce istenen işaretin geliş açısı  $20^\circ$ , girişim işaretlerinin geliş açıları ise  $-10^\circ$  ve  $40^\circ$  olarak seçilmiştir. Sonra istenen işaretin geliş açısı  $0^\circ$ , girişim işaretlerinin geliş açıları ise  $-10^\circ$  ve  $40^\circ$  olarak seçilmiştir. Dizi çıkışı, istenen işaret ve hata değerleri elde edilmiştir. Algoritma ile hesaplanan ağırlık katsayıları yardımıyla dizinin ışımaya örüntüsü çizdirilmiştir. Ayrıca adım büyüklüğü parametresi 0.01 ve 0.005 alınarak algoritmanın yakınsaması incelenmiştir.



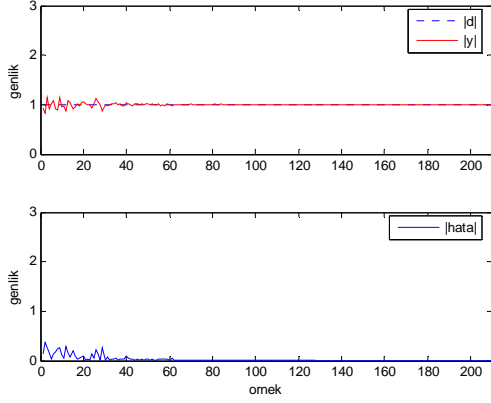
Şekil 3a. Çıkış ve hata işaretleri



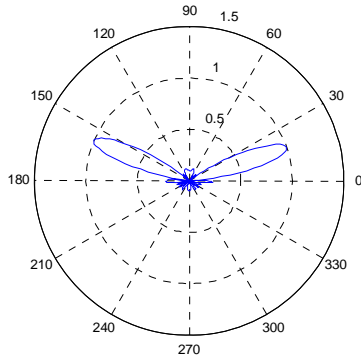
Şekil 3b. Antenin ışımaya örüntüsü

Şekil3a'dan da görüldüğü üzere algoritmanın sonucunda dizi çıkışının istenen işarete yakınsamaktadır ve hata değerleri düşük seviyelerdedir. Şekil3b'de hüzmeye şekillendirme işlemi sonucu elde edilen ağırlık katsayıları yardımıyla çizilen antenin ışımaya örüntüsünde  $-10^\circ$  ve  $40^\circ$ 'lik açılarla gelen girişim işaretlerinin bastırıldığı ve  $20^\circ$  açı ile gelen istenen işaret yönünde hüzmeyin maksimum kazanç sağlandığı görülmektedir.

Adım büyüklüğü parametresi 0.005 alındığında şekil4a ve şekil 4b'deki sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre algoritmanın daha yavaş yakınsadığı görülmektedir. Ancak anten örüntüsü adım büyüklüğü parametresini 0.01 seçildiği durumdaki sonuçlarla aynıdır.

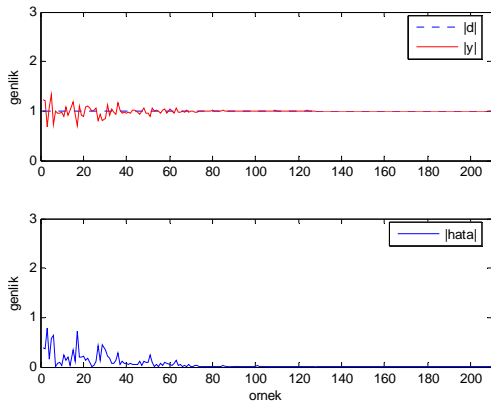


Şekil 4a. Çıkış ve hata işaretleri

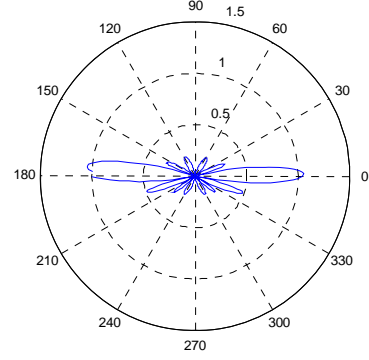


Şekil 4b. Antenin ışıma örüntüsü

İstenen işaretin geliş açısı  $0^\circ$  ve adım büyüklüğü parametresi  $\mu = 0.01$  olarak seçildiğinde elde edilen sonuçlar şekil5.a istenen işaret ve hata işareti , şekil5b'de ise antenin ışıma örüntüsü verilmiştir.



Şekil 5a. Çıkış ve hata işaretleri



Şekil 5b. Antenin ışıma örüntüsü

İstenen işaretin açısı  $0^\circ$  olarak değiştirildiğinde anten örüntüsünde  $-6\text{dB}$  civarında yan kulakçıklar oluşmuştur.  $-10^\circ$  ve  $40^\circ$ 'lik açılarla gelen girişim işaretlerinin bastırıldığı ve  $0^\circ$  açısı ile gelen istenen işaret yönünde hızının maksimum kazanç sağlandığı görülmektedir.

Sonuç olarak, gradyent tabanlı sabit modüllü algoritmanın benzetimleri MATLAB<sup>TM</sup> ile yapılarak dizi antenin ışıma örüntüleri elde edilmiştir. İstenen işaret doğrultusunda maksimum kazanç sağlandığı ve girişim işaretleri doğrultusunda sıfır oluşturulduğu gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1]. L.C. Godara, "Application of Antenna Arrays to Mobile Communications, Part II- Beam-Forming and Direction-of- Arrival Considerations" Proceedings of The IEEE, Vol.85, No.8, August 1997
- [2]. Rong Z. Simulation of Adaptive Array Algorithms for CDMA Systems, MS. Thesis, Virginia PI&S Univ., USA
- [3]. J.C.Liberti, T.S.Rappaport, "Smart Antennas for Wireless Communications, IS-95 and Third Generation CDMA Applications", P. Hall PTR
- [4]. A. Kocakaya "Akıllı Antenlerde Girişim Bastırma için LMS ve SMI/LMS Algoritmalarının Başarım Değerlendirmesi" Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi, Vol.1 pp 239-242,Eylül 2005