

SİLİNDİRİK ANTEN DİZİLERİNİN MOBİL İLETİŞİMDE CDMA SİSTEM PERFORMANSINA ETKİLERİ

Murat UYSAL, Özlem Aydın ÇİVİ
Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
mmuysal@yahoo.com, ozlem@metu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada CDMA (Kod Bölünmeli Çoklu Erişim) sistemlerde, CIR (taşıyıcı/karışma) oranının iyileştirilmesini ve dolayısıyla kapasitenin artmasını sağlayacak anten tipleri ve adaptif anten dizisi konfigürasyonları analiz edilmiştir. Özellikle silindirik anten dizilerinin, takoz hücre geometrisi ele alınarak, kullanıcıların merkez hücrede ve komşu hücrelerde eşit bir coğrafik dağılımda bulunuşu, mükemmel güç kontrolü uygulanması ve çok yolluluk olmayan bir ortam varsayımlarında, sistem kapasitesini ve performansını iyileştirdikleri gözlenmiştir. Silindirik anten dizisi ve başka baz istasyonu antenleri için bit hata oranları hesaplanmış ve analiz edilmiştir. Belirlenmiş bir hata oranı için, silindirik antenli baz istasyonlarının kullanıldığı sistemlerdeki kullanıcı sayısı, tümyönlü anten kullanılan sistemlerdeki kullanıcı sayısının birkaç katı olmaktadır.

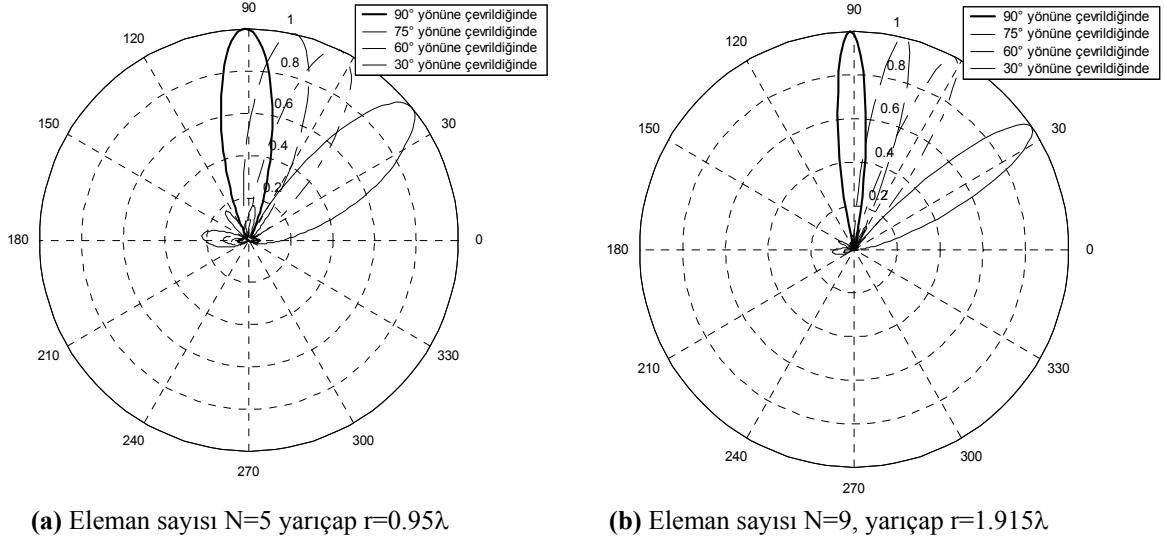
1. Giriş

Mobil iletişim sistemlerinde, son yıllarda en fazla önem taşıyan konulardan biri kanal kapasitesinin yükseltilmesi ve link kalitesinin iyileştirilmesidir. Bunun için literatürde çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bunlardan en önemlisi baz istasyonlarında adaptif anten dizilerinin kullanımıdır. Adaptif anten dizileri, SDMA (Uzay Bölünmeli Çoklu Erişim) tekniğinin mobil iletişimde kullanılmasını sağlamıştır. Günümüzün gözde mobil iletişim sistemi ve üçüncü faz mobil iletişimde ana erişim sistemi olan CDMA (Kod Bölünmeli Çoklu Erişim) tabanlı hücresele sistemlerde tüm kullanıcıların bütün frekans spektrumunu paylaştıkları ve bütün hücrelerde aynı frekans bandının kullanıldığı gözönüne alındığında sistem kapasitesi için sınırlayıcı etkenlerden en önemlisi karışmadır. Kapasite, “bir sistemin destekleyebileceği maksimum eşzamanlı mobil kullanıcı adedi” şeklinde tanımlanabilir. Sistem performansı, belirli bir kullanıcıya verilecek belirli bir servis tipi için tahsis edilen radyo linkinin değerlendirilmesidir. Radyo linkinin kalitesi ise Bit Hata Oranı (BER) ile değerlendirilir. Bu bağlamda karışmanın düşürülmesi için yapılacak her türlü çalışma, sistem kapasitesinin artmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada, [1] ve [2]’de yapılan sistem kapasite analizleri silindirik anten dizisi için geliştirilmiştir. Bölüm 2’de silindirik anten dizilerinin ışına analizi verilmiştir. Bölüm 3’de ise kullanılan bit hata oranı hesaplama yöntemi ve varsayımlar anlatılmaktadır. Son olarak Bölüm 4 ‘te analiz sonuçları sunulmaktadır.

2. Silindirik Anten Dizilerinde Işıma Analizi

Adaptif dizi antenlerin tümyönlü, düz-örüntülü gibi sabit ışıklı antenlere göre en önemli avantajları döndürülebilir hüzmeye oluşturmaları ve bir sektördeki mobil kullanıcıyı takip edebilmeleridir. Bu nedenle, son yıllarda adaptif anten dizilerinin mobil iletişim uygulamalarında kullanımıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, adaptif anten dizisi olarak, silindir üzerine yerleştirilmiş mikroşerit yama anten dizisi kullanılmıştır. Silindir eksenini boyunca konulan eleman sayısı sabit tutulmuş, çembersel olarak konulan eleman sayısı değiştirilerek farklı tarama açılarında ışına örüntüleri elde edilmiş ve Şekil 1’de verilmiştir. Elemanlar arasındaki uzaklık $\lambda/2$ olarak alınmıştır. Silindir üzerindeki mikroşerit yama anten elemanlarının ışına örüntüleri, elemanların birbirleriyle etkileşimi (mutual coupling) hesaba katılmadan elde edilmiştir, [3].

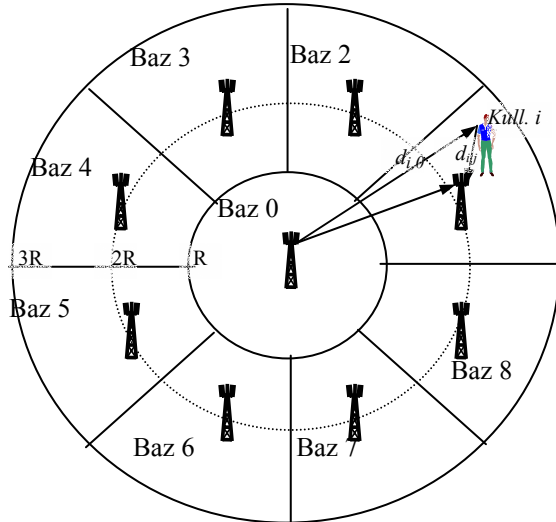


Şekil 1. Elemanları 30° ve 150° arasında eşit aralıklarla yerleştirilmiş dairesel dizinin farklı açılarda bulunan kullanıcıya yönlendirildiğindeki ışınma örüntüsü.

Silindirik anten dizisi ile 360° lik tarama yapılabilmektedir, bu da doğrusal dizilerin sınırlı tarama özellikleri gözönüne alındığında önemli bir avantaj sağlamaktadır.

3. Hücresel CDMA'da Bit Hata Oranı (BER) Hesaplanması

Hücresel CDMA sistemlerde iki tip karışma görülür. Bunlardan birincisi hücreiçi karışma, ikincisi ise hücre dışı karışmadır. Hücreiçi karışma aynı hücreden servis alan kullanıcıların ürettiği karışma gücüdür. Hücre dışı karışma ise ele alınan hücre dışındaki hücrelerden servis alan kullanıcıların yarattığı karışma gücüdür. Bu çalışmada ele alınan mobil kullanıcı – baz istasyonu bağı (uplink) simülasyonlarında CDMA kullanıcılarının merkez ve komşu hücrelerde aynı anda aktif olduğunda uzaysal filtrelemenin etkilerinin gözlemleneceği senaryonun dayandığı hücre geometrisi Şekil 2'de gösterildiği üzere takoz hücre geometrisidir, [1-2,4].



Şekil 2. Dairesel merkez hücrenin çevresini merkez hücre ile aynı alana sahip sekiz komşu hücrenin oluşturduğu takoz hücre geometrisi.

Şekil 2’de, $d_{i,j}$, i ’nci kullanıcının baz j ‘ye olan uzaklığını, $d_{i,0}$ da i ’nci kullanıcının baz 0 merkez baz istasyonuna olan uzaklığını gösterir. i ’nci kullanıcı baz 0 hücresinden servis aldığımda baz sıfırı hücresinden servis alan hedef kullanıcıya hücreiçi karıştırma, baz sıfır hücresinin haricindeki bir hücreden servis aldığımda ise hücre dışı karıştırma yapar.

Şekil 2 gözönüne alındığında ve ideal güç kontrolü uygulandığında tüm baz istasyonlarında mobil kullanıcı – baz istasyonu bağında (uplink) alınan gücün, P_c , daima aynı seviyede kaldığı varsayılmıştır. Merkez hücre içinde kullanıcıların birbiçimli dağılımda olduğu varsayımı da gözönünde bulundurulduğunda, merkez hücredeki herhangi bir kullanıcı tarafından diğer bir kullanıcının konuşma kanalına yapılan ortalama karışma aşağıdaki gibi olur [2].

$$E[P_{r,i,0} | 0 < r < R] = P_c \int_0^R \int_0^{2\pi} \frac{r}{\pi R^2} F_a(\phi) dr d\phi \quad (1)$$

Burada $P_{r,i,0}$, merkez hücredeki bir karıştırıcı kullanıcı tarafından yine bu hücredeki baz istasyonuna gelen ortalama güçtür. R , merkez hücrenin yarıçapı ve $F_a(\phi)$, baz istasyonunda kullanılan antenin ϕ düzleminde gözlenen ışına örüntüsüdür.

Merkez baz istasyonuna gelen ortalama hücre dışı karıştırma gücü belirlenirken $R < r < 3R$ ve $-\pi/8 < \phi < \pi/8$ aralığında konumlu sekiz komşu hücredeki kullanıcıların, uzaysal dağılımı merkez hücrede olduğu gibi bir biçimli dağılımdır. Buna göre komşu bir hücredeki herhangi bir kullanıcı tarafından merkez baz istasyonundaki anten dizisinde oluşturacağı ortalama karışma aşağıdaki gibi olur [2].

$$E[P_{r,i,0} | R < r < 3R] = \frac{1}{8} \sum_{p=0}^7 \int_R^{3R} \int_{-\pi/8}^{\pi/8} F_a\left(\phi + \frac{p\pi}{4}\right) \frac{r}{\pi R^2} \cdot P_c \left(1 + \left(\frac{2R}{r}\right)^2 - \frac{4R}{r} \cos(\phi)\right)^{n/2} dr d\phi \quad (2)$$

Burada n , baz istasyonun kırsal alanda veya şehir merkezinde bulunmasına göre değişen yol kaybı faktörüdür ve değeri 2 ile 4 arasında değişir.

Bir hücredeki mobil kullanıcı sayısı K olarak alındığında, merkez hücredeki her kullanıcı için *taşıyıcı/karışma oranı* (CIR) hesaplanarak bit hata oranı aşağıdaki formülle tespit edilir [2].

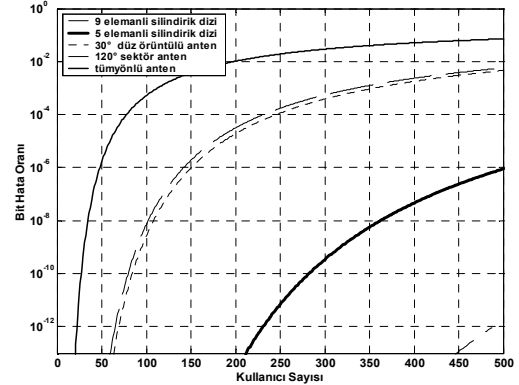
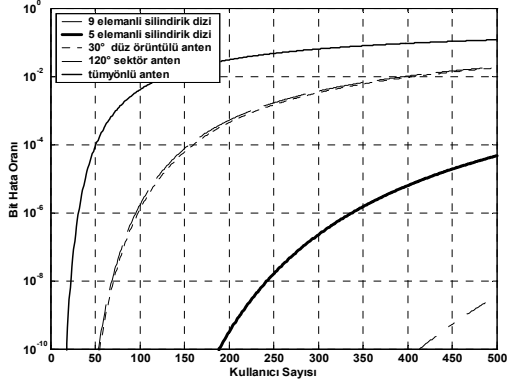
$$(CIR)_i = \frac{P_{i,0,0}}{\underbrace{\sum_{n=0}^{K-1} P_{n,0,0}}_{\text{Hücreiçi}} + \underbrace{\sum_{m=1}^8 \sum_{n=0}^{K-1} P_{n,m,0}}_{\text{Hücre dışı}}} \quad (3)$$

Burada $P_{i,j,k}$, k numaralı baz istasyonunun antenine j numaralı hücredeki i ’nci kullanıcıdan gelen güç bileşenidir. Baz 0’den servis alan i ’nci kullanıcının mobil kullanıcı – baz istasyonu bağındaki (uplink) bit hata oranı, P_b , yukarıda hesaplanan CIR değeri ve CDMA kanalında kullanılabilen kod sayısını veren yayılma faktörü N kullanılarak elde edilir.

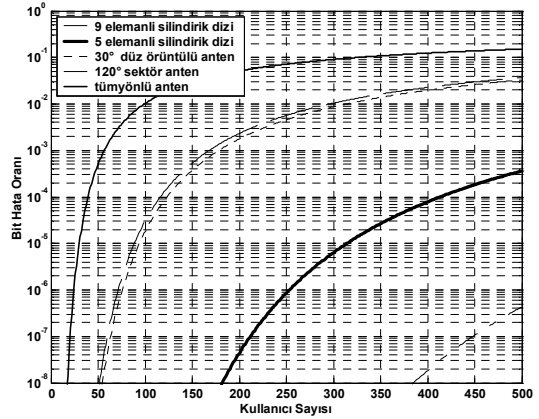
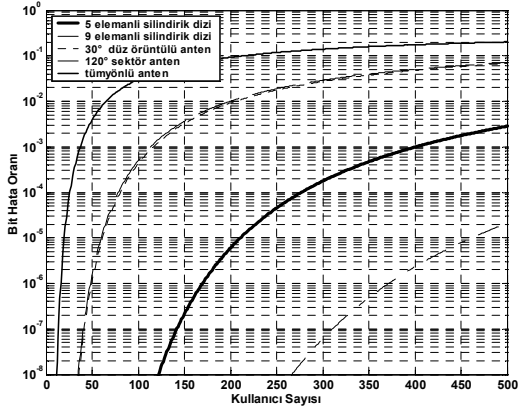
$$P_b = Q(\sqrt{3N \times (CIR)_i}) \quad (4)$$

Farklı anten tipleri için bit hata oranları yukarıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmış ve Şekil 3’te değişik yol kaybı ve yayılma faktörü değerleri için verilmiştir. Verilen grafiklerden gözlemlendiği gibi, baz istasyonunda silindirik anten dizisi kullanımı, tüm yönlü, sektörel, 30o’lik düz örüntülü gibi diğer baz istasyonu anten tiplerine göre BER’i önemli ölçüde düşürmektedir. Örneğin, 10^{-6} ’lık bir BER için, yayılma faktörü 511, yol kaybı faktörü 2 alındığında, tüm yönlü baz istasyonu anteni ile aynı anda servis verilebilecek kullanıcı sayısı 30, sektörlü

antende ise kullanıcı sayısı 100 olmaktadır. Oysa 5 elemanlı silindirik anten dizisi kullanıldığında kullanıcı sayısı 350'ye çıkmaktadır. Silindirik dizideki anten elemanı sayısı artırıldığında da kapasitenin arttığı görülmektedir.



(a) Yayılma faktörü $N=511$, yol kaybı faktörü $n=2$ (b) Yayılma faktörü $N=511$, yol kaybı faktörü $n=4$



(c) Yayılma faktörü $N=256$, yol kaybı faktörü $n=2$ (d) Yayılma faktörü $N=256$, yol kaybı faktörü $n=4$

Şekil 3. Çeşitli baz istasyonu antenleri için kullanıcı sayısına karşılık bit hata oranları (BER)

4. Sonuç

Bu çalışmada CDMA sistemlerde baz istasyonlarında silindirik anten kullanımının sistem kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, silindirik anten kullanımının tümyönlü, sektörel vb. anten kullanımı durumlarına göre bit hata oranını düşürdüğünü ve kapasiteyi arttırdığını göstermektedir.

Kaynaklar

- [1]. Liberti J. C. ve Rappaport T. S., Analytical Results for Capacity Improvements in CDMA, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Cilt. 43, No.3, Ağustos 1994, s.680-690.
- [2]. Liberti J. C. and Rappaport T. S., Smart Antennas for Wireless Communications *IS-95 and Third Generation CDMA Applications*, 1999, Prentice Hall PTR.
- [3]. Kalinichev V., Analysis of Beam Steering and Directive Characteristics of Adaptive Antenna Arrays for Mobile Communications, IEEE Antenna and Propagation Magazine, Cilt.43, No.3, Haziran 2001, s.145-152.
- [4]. Rappaport T. S. ve Milstein L. B., Effects of Radio Propagation Path Loss on DS-SS Cellular Frequency Reuse Efficiency for High-Capacity Mobile Communications, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Cilt.41, No.3, Ağustos 1992.