

AKILLI ANTENLİ HÜCRESEL SİSTEMLERDE TIKANMA OLASILIĞININ HESAPLANMASI

Halil İbrahim ŞAHİN¹

Haydar KAYA²

¹İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü,
Fen-Edebiyat Fakültesi

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080, Trabzon

¹e-posta: hisahin@ktu.edu.tr

²e-posta: hkaya@ktu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Akıllı Antenler, Güvenilirlik, Hücresel Sistem

ABSTRACT

Smart Antennas for cellular systems can significantly increase system capacity and improve performance. There are many studies on showing skill of smart antennas how to increase system capacity and improve performance especially on Signal-to-Interference Ratio, Signal-to-Interference and Noise Ratio and Bit-Error Rqte. However there are few studies on the effects of blocking probability. This paper presents a new method for calculating an effect of smart antennas on the blocking probability of the cellular systems. Blocking probability is an important parameter for Service Quality of the cellular system. The proposed algorithm shows that if we use narrower beamwidth (BW) and deeper Side Lobe Level (SLL) antenna, we can obtain smaller blocking probability.

1. GİRİŞ

Hücre sel haberleşme tasarımcıları son yıllardaki talep artışı nedeniyle hücre sel sistemin kaynaklarını çok etkili bir şekilde kullanmaya zorlanmaktadır. Bu hızlı talep artışını karşılamının bir yolu, mevcut hücreyi alt hücrelere bölmektir. Ancak hücre bölmek yeni hücre oluşturma anlamına geldiğinden daha pahalıdır ve hücre sel ağın yeniden düzenlenmesini gerektirir. Hücre bölütleme ile komşu-hücre girişim gücü artmakta, SIR azalmakta ve haberleşme kalitesinde düşmeler meydana gelmektedir. Hücre sel sistemin destekleyeceği kullanıcı sayısını ve haberleşme kalitesini birlikte artırmanın bir yolu da Akıllı Anten (AA) kullanmaktır.

AA'lar istenen kullanıcı yönünde hüzme oluşturarak, istenen işaret yönünde yüksek kazanç, girişim yönünde ise sıfırlar üreterek ortamdaki İşaret-Girişim Oranını (SIR) artırmakta ve daha kaliteli haberleşme gerçekleştirebilmektedir. AA'ları kullanan hücrede İşaret Girişim+Gürültü Oranı (SINR) ve SIR'ın artışı ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır [1-3]. Genel olarak, k elemanlı bir akıllı anten kullanan hücrede maksimum k-1 adet girişim bastırılabilir.

Tıkanma olasılığı hücre sel sistemin haberleşme kalite ölçütlerinden biridir. Tıkanma olasılığının azaltılması özellikle handoff (diğer hücrelerden, o hücreye dahil olan ve görüşmesi devam eden) kullanıcılar için çok daha fazla önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, AA kullanan hücre sel sistemlerdeki tıkanma olasılığının hesaplanması için yeni bir algoritma sunulmuştur. Önerilen algoritma ile daha dar hüzme genişliğine ve daha düşük seviyeli yan kulağa (SLL) sahip AA'ların, daha düşük tıkanma olasılığına sahip hücre sel sistem tasarlama da etkin rol oynadığı gösterilmiştir.

2. TIKANMA OLASILIĞININ HESAPLANMASI

Değeri daha önceden belirlenen eşik SIR değeri olan SIR_0 daha büyük olma olasılıkları P_{th}^f ve P_{th}^r olasılıklarını hesaplamak için

$$P_{th}^f = P[SIR^f > SIR_0] \quad (1a)$$

ve

$$P_{th}^r = P[SIR^r > SIR_0] \quad (1b)$$

denklemleri kullanılır.

Burada f- forward link , r-reverse link'i temsil etmektedir. P[.] ise olasılığı temsil etmektedir. Bu olasılıklara aynı zamanda sırası ile forward ve reverse yönde hat olasılıkları veya sistem güvenilirliği olarak da adlandırılmaktadır. AMPS sistemi için SIR_0 değeri=17, 18 dB olarak kabul edilmektedir.

Çağrı yapmak isteyen bir hareketli kullanıcı boş bir kanal olsa bile P_{th} olasılıkla hücre sel sisteme dahil olamayacaktır. Hücre sel sistemde kuyruk olmadığı ve N adet fiziksel kanal bulunduğu kabul edilsin. AA teknolojisinin hücre sel sistemin başarımını artırdığından dolayı, sistemin güvenilirlik değeri de artmaktadır. Başka bir deyişle, sistem k adet kanalı doluluğundan k+1 adet kanal doluluğuna daha güvenilir olarak geçebilecektir.

Sistemde kullanılacak AA teknolojisinin belirli yönde, belirli bir hüzme genişlikli (BW) ve belirli bir yan

kulak seviyeli (SLL) yönsemeli ışımaya diyagramına sahip olduğu kabul edilsin. Buna ilişkin tablo değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Monte Carlo Simülasyonu İle Elde Edilmiş Çeşitli BW , SLL değerleri için Güvenilirlik Değerleri [3]

Pf ve Pr	SLL	İleri Yön	Geri Yön	
BW=20°	SLL	-12 dB	0.920	0.920
		-18 dB	0.966	0.966
		-30 dB	0.976	0.976
BW=50°	SLL	-12 dB	0.857	0.857
		-18 dB	0.910	0.890
		-30 dB	0.913	0.893
BW=120°	SLL	-12 dB	0.773	0.764
		-18 dB	0.805	0.795
		-30 dB	0.809	0.799

Tablo 1'deki değerler kullanılarak AA teknolojisi kullanan AMPS sistemi için tıkanma olasılığı elde edilecektir. Sistemin bir durumdan diğer duruma geçme ve tıkanma olasılığını hesaplamak için şekil 1'deki gibi markov zincirlerinden yararlanılmaktadır. Şekildeki hücreyel sistemin N adet kaynağı bulunmaktadır. Herhangi bir fiziksel kaynağa atama yapılabilmesi için hem ileri yönde hem de geri yönde ölçülen SIR'ın eşik SIR₀ değerinden daha büyük olması gerekmektedir. İleri ve geri yönlerde birlikte ölçülen SIR'a sahip bir kullanıcının bir fiziksel kaynağa başarılı olarak atamaması olasılığı, P[Başarısız Olmadan Dolayı Atanamama]= P[İY Başarılı]*P[GY Başarısız]+ P[İY Başarısız]*P[GY Başarılı]+ P[İY Başarısız]*P[GY Başarısız] olasılığı ile verilir.

Burada

İY- İleri Yönde,

GY-Geri Yönde' nin kısaltmasıdır.

$$q_f = 1 - P[SIR^f > SIR_0] = 1 - P_{th}^f \quad (3a)$$

ve

$$q_r = 1 - P[SIR^r > SIR_0] = 1 - P_{th}^r \quad (3b)$$

olmak üzere (2) bağıntısı ile verilen olasılık

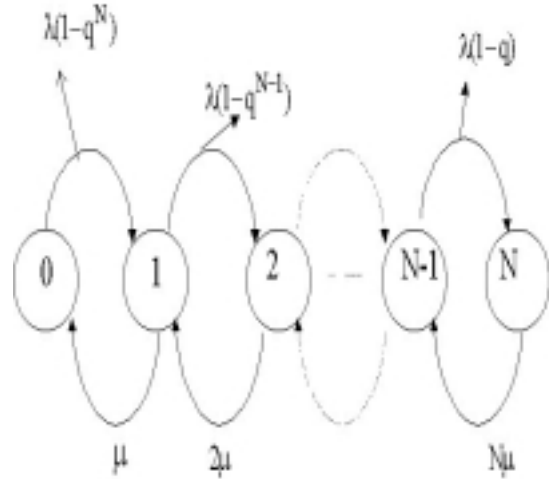
$$P[Başarısız Olmadan Dolayı Atanamama] = q = (1 - q_f)(q_r) + q_f(1 - q_r) + q_f q_r \quad (4)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır.

(4) denkleminde güvenilirlik değerleri olarak Tablo 1' de verilenler kullanılacaktır.

AMPS sistemini kullanan hücreyel sistemin tıkanma olasılığını bulmak için Markov zincirinden yararlanılarak hücreyel sistemin durum geçiş hızı diyagramları kullanılır. Markov zinciri kullanılarak hücreyel sistemin her hangi bir durumda bulunma olasılığı ve sistemin tıkanma olasılığı hesaplanabilir. Sistemin bütün kaynaklarının hem handoff hem de

sistemin kendi içindeki kullanıcılar için eşit erişime sahip olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 1. Hücreyel Sistemin Durum Geçiş Hızı Diyagramı

Hücreyel sistemin durum geçiş diyagramları şekil 1'de gösterilmiştir. Burada, λ - Birim zamanda hücreyel sisteme dahil olan hareketli kullanıcı sayısını μ - Hareketli kullanıcının hücreyel sistemde hizmet görme süresini temsil etmektedir.

Hücreyel sistemde hiçbir kullanıcının olmadığı var sayılıdır. Bu durumda sistemin bir sonraki durum olan 1 kullanıcıya geçme hızı λ olacaktır. Ancak sistemin N adet kaynağına güvenilirlik değerinden dolayı bazı durumlarda atama yapılamamaktadır. Bu olasılık 0 durumundan 1 durumuna geçerken q^N 'dir. Dolayısıyla bu durumda (1-q^N) olasılığı ile sisteme dahil olan bir kullanıcı sisteme kabul edilecektir.

Kararlılık durumu koşulları altında, n>0 için n durumunda akışın içeri ve dışarı beklenen akışları birbirine eşit olmalıdır. Bu gerçeğe dayanarak n durumu yalnız (n-1) ve (n+1) durumlara değiştirilebilir. Dolayısıyla n durumunda gelişin ve gidişin beklenen hızları denge denkleminde göre eşit olmalıdır [4]. Bu kabullere dayanarak aşağıdaki denklemler elde edilir.

n=0 için

$$\lambda(1 - q^N)p_0 = \mu p_1$$

n=1 için

$$\lambda(1 - q^N)p_0 + \lambda(1 - q^{N-2})p_2 = (\lambda(1 - q^{N-1}) + \mu)p_1$$

n=N için

$$\lambda(1 - q^2)p_{N-1} = [\lambda(1 - q) + N\mu]p_N$$

denklemleri elde edilir.

$$\sum_{n=0}^N p_n = 1 \quad (5)$$

denklemleri ile p₀, p₁, ..., p_N (N+1) adet durum olasılıklarını çözmek için N+1 denklemlilik lineer denklemler sistemi elde edilir ve A = $\frac{\lambda}{\mu}$ olmak üzere

$$p_1 = A(1 - q^N)p_0 \quad (6)$$

$$p_2 = \frac{A^2(1 - q^N)(1 - q^{N-1})p_0}{2} \quad (7)$$

$$p_N = \frac{p_0 A^N \prod_{n=0}^{N-1} (1 - q^{N-n})}{N!} \quad (8)$$

denklemleri elde edilir.

Her bir durumda bulunma olasılıkları p_i $i=0, \dots, N$ bulunan hücresel sistemin tıkanma olasılığı ise,

$$P_B = \sum_{n=0}^N p_n q^{N-n} \quad (9)$$

denklemler ile hesaplanır [4]. AA teknolojisi kullanan AMPS sisteminde AA'lerin tıkanma olasılığına etkisi ile ilgili bir örnek çalışma aşağıda verilmiştir.

Örnek Çalışma:

$$A = \frac{\lambda}{\mu} = [1, 5.5]$$

$N=2$ adet fiziksel kaynak olsun

a) $BW=20^0$, $SLL=-18$ dB için

$$p_f = 0.966, q_f = 1 - p_f = 0.0340, p_r = 0.966, q_r = 0.0340$$

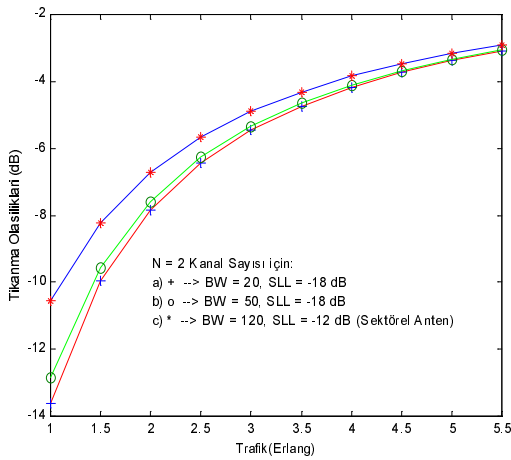
b) $BW=20^0$, $SLL=-18$ dB için

$$p_f = 0.91, q_f = 1 - p_f = 0.09, p_r = 0.89, q_r = 0.11$$

c) $BW=120^0$, $SLL=-12$ dB (Sektörel Yönsesiz)

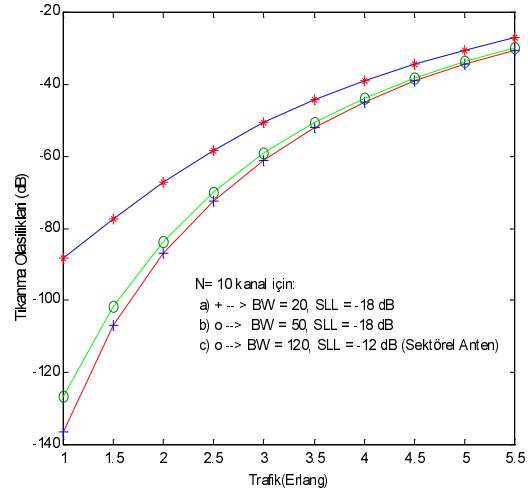
$$p_f = 0.773, q_f = 1 - p_f = 0.227, p_r = 0.7642, q_r = 0.2358$$

Yukarıda a), b) ve c) şıklarındaki gibi AA'li yönsesiz hücresel sistemin AA parametreleri hariç bütün parametreleri aynıdır. Sadece AA teknolojisinin tıkanma olasılığına olan etkisi 2. bölümdeki yöntemle hesaplanmış ve tıkanma olasılığının trafikle değişimi şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. $N=2$ adet Fiziksel Kaynağı Olan Hücresel Sistemin Tıkanma Olasılığının Anten Parametrelerine ve Trafikğine Bağımlı Olarak Değişimi

$N=2$ fiziksel kaynak sayısını daha da artıralım. $N=10$ olsun. Diğer a), b) ve c) şıklarındaki bütün parametreler aynı olsun. Bu durumda trafikle bağımlı olarak elde edilen tıkanma olasılığının trafikle değişimi şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. $N=10$ adet Fiziksel Kaynağı Olan Hücresel Sistemin Tıkanma Olasılığının Anten Parametrelerine ve Trafikğine Bağımlı Olarak Değişimi

Şekil 2 ve Şekil 3'den de görülebileceği gibi daha dar hüzmeye genişliğine ve daha düşük SLL'e sahip AA kullanmak sadece SIR'da kazançlar sağlamamak da [1-3], aynı zamanda hücresel sistemin tıkanma olasılığını da azaltmaktadır. Bu kazanç oranı düşük fiziksel kaynak sayısında ve düşük trafikle daha belirgin olmaktadır. Şekil 2 ve 3'den de görülebileceği gibi hücresel sistemin tıkanmasında üç parametre belirgin rol oynamaktadır:

- 1) hücresel sistemin trafiği
- 2) hücresel sistemin kanal sayısı
- 3) Akıllı antenin hüzmeye genişliği ve yan kulak seviyesi.

Bu çalışmadaki amaçlardan birisi de 3. özelliği ortaya çıkartabilmektir. Şekil 2 ve 3'den de görülebileceği gibi düşük trafik yoğunluklarında AA teknolojisi tıkanma olasılığında belirgin bir azalma meydana getirebilmektedir. Diğer yandan, yüksek trafik yoğunluklarında AA teknolojisini kullanmanın hücresel sistemin tıkanmasına belirgin bir katkısının olmadığı görülmektedir.

Hücresel sistemlerde yüklenme faktörü de önemli bir kriterdir. Hücredeki kanal sayısı, tıkanma olasılığı ve trafik yoğunluğuna bağımlı bir parametredir ve

$$P_{ch} = \frac{A(1 - P_B)}{N} \quad (10)$$

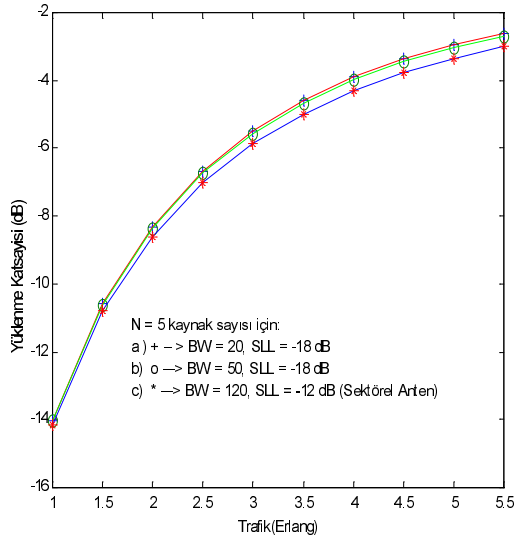
formülü ile ifade edilmektedir. Burada,

A- Erlang cinsinden trafik,

P_B - Tıkanma Olasılığı

N- Hücredeki kanal sayısıdır.

AA'lerin yüklenme katsayısına olan etkisi şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. AA'li Hücrel Sistemin Yüklenme Faktörünün Trafik ve Anten Parametreleri İle Değişimi

Şekil 4'den de görülebileceği gibi a) eğrisi için en fazla yüklenme faktörü elde edilmektedir. Bu durumda AA sistemi en dar hüzmeye genişliğine ve SLL'ye sahiptir. c) eğrisinden de görüleceği gibi en az yüklenme faktörü ise sektörel antenlerle elde edilmektedir. a) ve b) eğrileri birbirine oldukça yakın yüklenme faktörü üretmektedir.

3. SONUÇ

Bölüm 2'deki gibi hesaplanan tıkanma olasılığına AA'lı antenlerin etkisi açıkça görülmektedir. Daha dar hüzmeye genişlikli ve daha düşük yan kulak seviyeli AA'larla hücrel sistemin tıkanma olasılığı düşmektedir. Bu ise daha kaliteli ve güvenilir haberleşme demektir. Kaynak sayısı N ve trafik hızına da bağlı olarak AA'lı hücrel sistemler sektörel antenlere göre daha yüksek güvenilirliğe ve dolayısı ile daha az tıkanma olasılığına sahiptirler. Özellikle düşük trafik yoğunluklarında ortamın kötülüğünden meydana gelen tıkanmaları AA'lar yok edebilmekte ve tıkanma olasılığında belirgin bir azalma meydana getirebilmektedirler. Bununla birlikte, yüksek trafik yoğunluklarında AA kullanmanın hücrel sistemin tıkanma olasılığına belirgin bir katkısı yoktur. Bu durumda hücrel sisteme yeni kanallar veya yeni hücreler eklemek daha iyi çözüm olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Godara L. C., Applications of Antenna Arrays to Mobile Communications, Part I: Performance Improvement, Feasibility and System Considerations, PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol 85, No 7, pp 1031-1060, 1997

[2] Liberti J. C., Rappaport T. S., Smart Antennas for Wireless Communications: IS-95 and Third Generation CDMA Applications, Prentice Hall, New Jersey, 1999

[3] Cardieri P., Resource Allocation and Adaptive Antennas In Cellular Communications, Doktora Tezi, Virginia Polytecnic Institute and State University, Virginia, 2000

[4] Taha H. A., Yöneyem Araştırması, Çeviren: Baray Ş. Alp, Esnaf Ş., Literatür Yayıncılık, 2000, İstanbul

[5] Galvan-Tejada G., Gardiner J. G., Theoretical Model to Determine The Blocking Probability For SDMA Systems, IEEE TRANSACTIONS ON VECHICULAR TECHNOLOGY, Vol. 85, No. 5, September 2001