

Ortak-Kanal Hücreleri Akıllı Anten Kullanan Hücresel Sistemlerde Girişimin Azaltılması

¹Halil İ. Şahin, ²Haydar Kaya
Karadeniz Teknik Üniversitesi

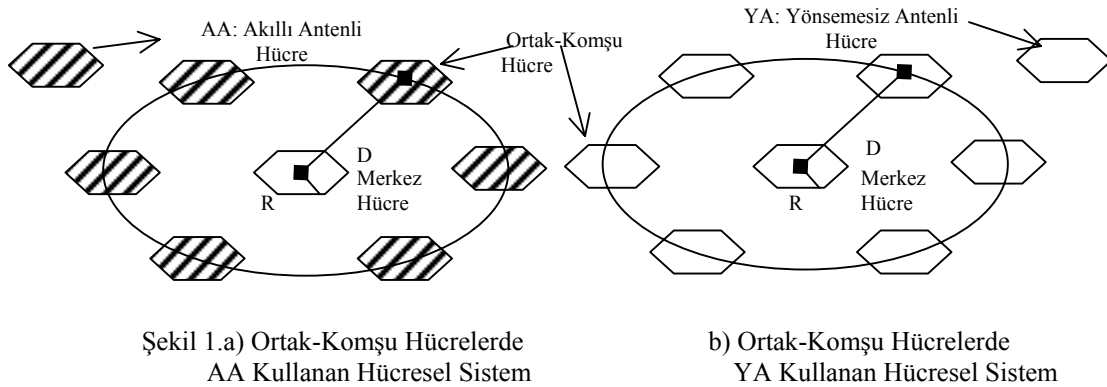
¹İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü, ²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
61080, Trabzon

email: hisahin@ktu.edu.tr, hkaya@ktu.edu.tr

Özet: Akıllı Anten (AA) teknolojisi, hücresel sistemin kapasitesini artırma ve istenen işaretin daha kaliteli geri elde etme yeteneğinden dolayı pek çok araştırmacının dikkatini çekmektedir. Bu çalışmada, ortak komşu hücrelerinde AA kullanan ve kullanmayan iki hücresel sistem, merkez hücrede çağrı yapan kullanıcının İşaret Girişim Oranı(SIR) açısından karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, hücresel sistem modellenmiş ve benzetim çalışmaları sonucu, AA kullanan hücresel sistemin sadece kendi hücreindeki SIR değerini artırmakla kalmadığı, aynı zamanda komşu kanal hücrelerinde ki SIR oranlarında da artışlar sağladığı gösterilmiştir.

1. Giriş

Hücresel haberleşme tasarımcıları son yıllardaki talep artışı nedeniyle hücresel sistemin kaynaklarını çok etkili bir şekilde kullanmaya zorlanmaktadır. Bu hızlı talep artışını karşılamanın bir yolu, mevcut hücreyi alt hücelere bölmektir. Ancak hücre bölmek yeni hücre oluşturma anlamına geldiğinden daha pahalıdır ve hücresel ağın yeniden düzenlenmesini gerektirir. Hücre bölütleme ile komşu-hücre girişim gücü artmakta, SIR azalmakta ve haberleşme kalitesinde düşmeler meydana gelmektedir. Hücresel sistemin destekleyeceği kullanıcı sayısını ve haberleşme kalitesini birlikte artırmanın bir yolu da AA kullanmaktır. AA'ler istenen kullanıcı yönünde hüzme oluşturarak, istenen işaret yönünde yüksek kazanç, girişim yönünde ise sıfırlar üreterek ortamdaki SIR'ı artırmakta ve daha kaliteli haberleşme gerçekleştirebilmektedir. AA'leri kullanan hücrede 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. Bu çalışmada, ortak-komşu hücrelerinden birinde AA'ler kullanılan iki hücresel sistemin merkez hücreye girişim etkileri incelenmiştir. Bu iki sistemin yapısı şekil 1a ve şekil 1b 'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 'e göre merkez hücrenin 6 adet birincil ortak komşu hücre bulunmaktadır. Burada R, bir hücrenin yarıçapı, D ise iki komşu hücre arasındaki yeniden kullanma uzaklığını gösterir.

2. Hücresel Sistemlerin Modellenmesi

Şekil 1.a ve şekil 1.b'deki iki hücresel sistemin modellenmesinde aşağıdaki adımlar izlenir :

- 1) Merkez hücre baz istasyonunun koordinatı (0,0) noktası olmak üzere, hücrenin yarıçapı R belirlenir.
- 2) Bir Demet(Cluster)'teki kanal sayısı belirlenir (Toplam Kanal Sayısı= N_T).
- 3) Bir demetteki hücre sayısı(N) belirlenir. Bu çalışmada $N = 7$ olarak alınmıştır.
- 4) Merkez hücreye düşen kanal sayısı,

$$N_c = \frac{N_T}{N} \quad (2)$$

bağıntısı ile belirlenir [1].

5) Merkez hücrede kullanıcıların her hangi bir koordinatta bulunma olasılıklarının eşit olduğu kabul edilerek,

$$\alpha = rand(1) * 2 * \pi \quad (3)$$

bağıntısı ile bu gezgin kullanıcının merkez baz istasyonu ile saatin tersi yönünde yapmış olduğu geliş açısı hesaplanır ve gezgin kullanıcının merkezden olan uzaklığı

$$r = R * rand(1) \quad (4)$$

bağıntısından bulunur. $(X_{baz}, Y_{baz})=(0,0)$ olmak üzere, gezgin kullanıcının $t=t_0$ anındaki konumu, $(X_{gezgin_0}, Y_{gezgin_0})$,

$$X_{gezgin_0} = r * \cos(\alpha) \quad (5a)$$

$$Y_{gezgin_0} = r * \sin(\alpha) \quad (5b)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

6) Gezgin kullanıcının hareketlilik modeli gerçekleştirilir. Bu model rasgele yürüyüş yaklaşımına dayanır. Gezgin kullanıcının, çağrı süresince v sabit hızı ile hareket ettiği kabul edilir. Bu sabit hız, gezgin kullanıcının yaya mı yoksa bir arabalı kullanıcı mı olduğu duruma göre değişir. Bazı hücrelerde araç, bazı hücrelerde ise yayalar baskındır. Baskınlık oranı %88 olarak kabul edilir. Bazı hücrelerde ise her iki kullanıcı sayısı da eşit alınır[3]. Uygun kullanıcı hız sabiti seçimi yapılır. Gezgin kullanıcının α yönünde hareket ettiği, konumunun her 1 saniyede bir değiştiği ve yönünün de her 10 saniyede bir değiştiği kabul edilir[2]. Kullanıcının her 10 saniye sonundaki yönü, bir önceki yönüne bağlı olarak

$$f_\delta(\delta_t) = \begin{cases} K_\delta \cos(\delta_t - \delta_{t-1}), & \delta_{t-1} - \pi \leq \delta_t \leq \delta_{t-1} + \pi \text{ ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (6)$$

olasılık yoğunluk fonksiyonu ile hesaplanır. Burada K_δ , $\int_{-\infty}^{+\infty} f_\delta(\delta) d\delta = 1$ elde etmek için kullanılır. Kullanıcının hızının görüşme süresince eşit olduğu kabul edilmiştir. Yayaların hızı 0-5 km/saat ve araçlı kullanıcının hızı ise 0-60 km/saat arasında bir rasgele değişken olarak hesaplanır ve sabit olarak kabul edilir. Bu çalışmada, kullanıcıların koordinatlarının baz istasyonu tarafından tam olarak bilindiği kabul edilmiştir.

7) λ - Birim zamanda sisteme dahil olan kullanıcı sayısı, μ - ortalama çağrı süresi ve N_c - kanal sayısı olmak üzere hücresel sistemin trafik parametreleri belirlenir. Erlang yüklenmesi, kullanıcıların popülasyonu olarak Erlang cinsinden

$$A = \lambda / \mu \quad (7)$$

bağıntısı ile hesaplanır [1]. Tıkanma olasılığı Erlang B'ye göre,

$$P_b = \frac{A^{N_c} / N_c!}{\sum_{k=0}^{N_c} A^k / k!} \quad (8)$$

bağıntısından hesaplanır [1]. Hücresel sistemin trafik yüklenmesi,

$$p_{ch} = \frac{\lambda(1-P_b)}{\mu Nc} \quad (9)$$

bağıntısı ile hesaplanır [2]. 6 adet ortak-kanal komşu hücreden $k = \text{round}(6 * p_{ch})$ adedi konuşma süresince merkez hücreye ortak kanal girişimi yapacaktır.

8) I_i , $i = 1, \dots, k$ ortak-kanal kullanıcılarının girişim güç seviyesi olmak üzere, ortalama güç seviyesi,

$$X_i = 10 \log_{10} I_i = m_{X_i} + \delta_i \quad (\text{dBm}) \quad i = 1, \dots, k \quad (10)$$

bağıntısı ile hesaplanır [1]. Burada, m_{X_i} ortalama güç olarak adlandırılır ve

$$m_{X_i} = P_{T,i} + G_{T,i} + G_{R,i} - 10n \log_{10} d_i \quad (\text{dBm}), i = 1, \dots, k \quad (11)$$

ile hesaplanır [3]. (12) bağıntısında, d_i ortak-komşu kullanıcı ile merkez baz istasyonu arasındaki mesafe, $P_{T,i}$ iletilen güç, $G_{T,i}$ ve $G_{R,i}$ ise, sırasıyla, verici ve alıcı anten kazançlarıdır. (10) denklemindeki δ_{X_i} , $N(0, \sigma_{X_i})$ normal dağılımlı dB boyutunda bir rasgele değişkendir ve gölgeleme faktörü olarak tanımlıdır.

9) Her bir girişim işaretinin gücü dBm olarak 10. adımda hesaplandıktan sonra, toplam girişim gücünü

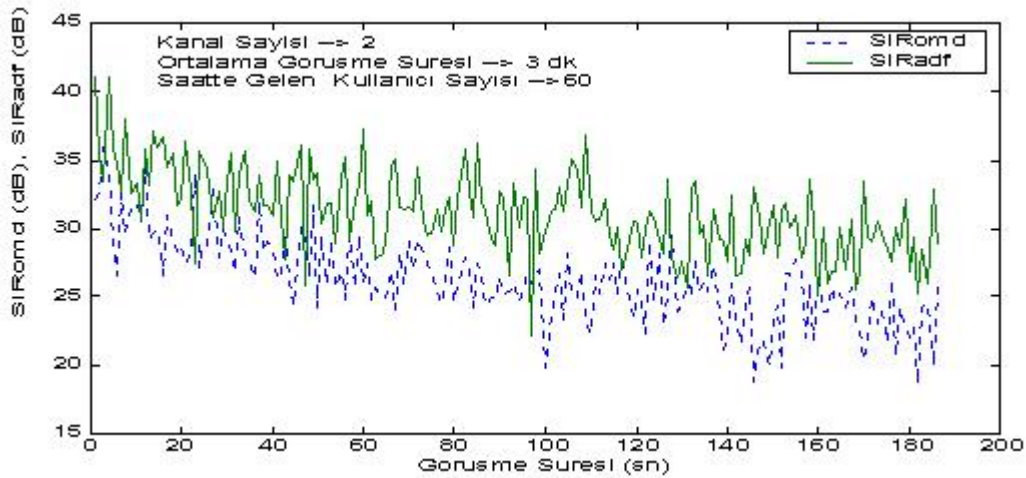
$$I = \sum_{i=1}^N I_i \quad i = 1, \dots, k \text{ denkleminde göre hesaplamak için Wilkinson Yöntemi [3] kullanılmıştır.}$$

10) $SIR = P / \sum I$ bağıntısı ile aynı anda hem AA hem de YA'lı hücrel sistemin SIR'ı hesaplanır.

3. Benzetim Çalışmaları

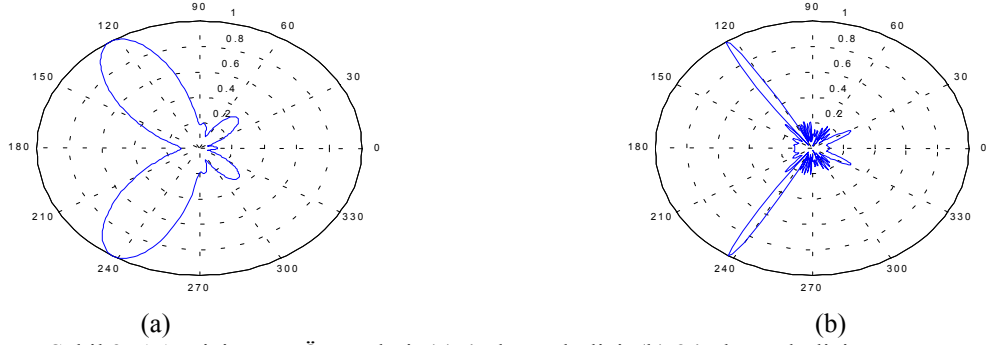
İkinci kısımdaki gibi modellenen şekil 1'deki iki hücrel sistemin tek bir parametresi hariç diğer bütün parametreleri aynıdır. Şekil 1.b'de AA teknolojisi ve Örnek Matris Ters (SMI) algoritması kullanılmaktadır [2]. SMI algoritması ile elde edilen alıcı anten kazancı kullanılarak SIR'daki değişimler hesaplanır. Başka bir deyişle iki hücrel sistemi karşılaştırabilmek amacı ile yukarıdaki modele 11. adım olarak SMI algoritmasını eklemek gerekmektedir.

Şekil 2'de, bölüm 2'deki gibi modellenen ve ortak-komşu hücrelerinde AA kullanan ile AA kullanmayan iki hücrel sistem için, merkez hücrede görüşme yapan bir kullanıcının SIR oranındaki değişimler gösterilmektedir. Modellemede hızlı-bayımların ve gürültünün olmadığı ve kullanıcıların sistem tarafından izlenebildiği kabul edilmiştir. Şekil 2'den de görülebileceği gibi hücrelerinde AA kullanan sistem YA'lı sisteme göre daha yüksek SIR oranı elde etmekte ve bazı anlarda kazançta 10 dB'lik bir artış sağlayabilmektedir. Kullanıcı merkez hücreden uzaklaştıkça, SIR'da azalmalar meydana gelmektedir.



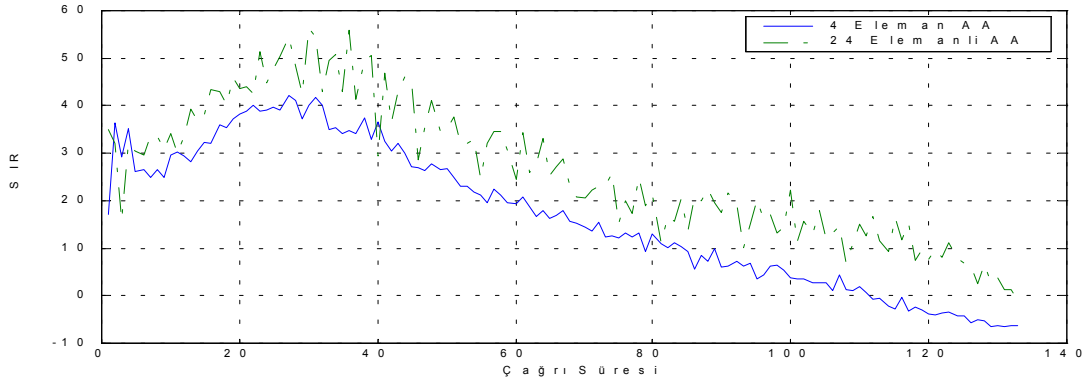
Şekil 2. Çağrı Süresince Merkez Hücredeki Bir Kullanıcı için SIR değişimi

Ortak-komşu hücrelerinde AA kullanan hücresel sistemde dizinin eleman sayısının artırılması sonucu SMI algoritması daha yüksek kazançlı ışına örüntüsü üretmektedir. Bu performans artışı ile ilgili yapılan çalışmanın sonucu şekil 3’de gösterilmiştir. Şekil 3.a ’da 4 elemanlı bir AA , Şekil 3.b ’de ise 24 elemanlı bir AA’ li hücresel sistemde SMI algoritması ile elde edilen dizi ışına örüntüleri gösterilmiştir. Dizideki eleman sayısı artırılarak daha dar hüzmeye sahip ışına örüntüsü elde edilir, bu ise daha az komşu kanal girişimi demektir.



Şekil 3. AA Dizi Işıma Örüntüleri (a) 4-elemanlı dizi, (b) 24-elemanlı dizi

Komşu hücrelerinde 4 ve 24 adet dizi elemanı olan iki AA kullanan yapının karşılaştırılması sonucu elde edilen SIR değerindeki değişimlere ilişkin bir örnek şekil 4’de gösterilmiştir. Şekil 4’den de görülebileceği gibi ortak-komşu hücrelerinde çok elemanlı AA kullanan hücresel sistemde, merkez hücrede çağrı yapan bir kullanıcının SIR değeri daha yüksektir.



Şekil 4. Ortak-Komşu Hücrelerinde 4 ve 24 Eleman Kullanan AA’li Hücresel Sistemde Merkez Hücrede Çağrı Yapan Kullanıcının SIR Değişimi

4. Sonuç

Bir hücresel sistem tasarlanırken, bu hücresel sistemin AA’li olması sadece kendi hücrenin performansını artırmakla kalmayıp, komşu hücelere ileteceği girişim gücünü de azalttığından diğer komşu hücrelerin SIR değerlerinde de ek iyileşmeler sağlamaktadır. AA’ler kullanılarak sayısı trafik parametrelerine bağlı olan ortak-komşu kanal girişimleri, merkez hücreye herhangi bir girişim etkisi olmaksızın, kendi hücreleri tarafından azaltılabilmektedir. Bu ise AA teknolojisinin komşu-kanal girişimini değil, hücre içi hızlı bayılma girişimlerini yok etmek üzerine yoğunlaşması gerektiğinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Diğer yandan, AA ‘li hücresel sistemde dizi eleman sayısı artırıldığında SIR’da da artış meydana gelmektedir. Dolayısıyla, yeni baz istasyonları kurmaktansa, yüksek elemanlı AA’li hücresel sistem tasarlamak daha uygun olabilmektedir.

Kaynaklar

- [1] T. Rappaport, Prentice Hall, Wireless Communications, Principles . and Practice, Prentice Hall, 1996
- [2] L. C. Godara, “Applications of Antenna Arrays to Mobile Communications, Part I:Performance Improvement, Feasibility, and System Considerations”, Proceedings of The IEEE, Vol. 85, No.7, July 1997
- [3] P. Cardieri, Resource Allocation and Adaptive Antennas in Cellular Communications, Doktora Tezi, Virginia Polytechnic Institute , 15 Sep. 2000.