

# KABLOSUZ AĞLARDA HÜCRE SEÇİM ALGORİTMALARININ BAŞARIMI

## PERFORMANCE OF CELL SELECTION ALGORITHMS IN WIRELESS NETWORKS

Esra Ayca, Berna Özbek

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü

{esraaycan,bernaozbek}@iyte.edu.tr

### ÖZETÇE

Bu bildiride kablosuz hücresel ağlar için farklı büyüklükteki hücreleri ele alarak sinyal karışım gürültü oranı (SINR) kriteri ile mesafe tabanlı hücre seçimi algoritmaları başarımı incelenmiştir. Başarım sonuçları, içerisinde makro baz istasyonu(makro hücre), küçük çaplı baz istasyonu (piko hücre) ve ev baz istasyonlarını (femto hücre) bulunduran, kullanıcıların hareket etmediği varsayıldığı bir simulasyon ortamında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların karşılaştırmaları, SINR değerleri açısından ve hücrelerdeki yüke göre gösterilmiştir.

### ABSTRACT

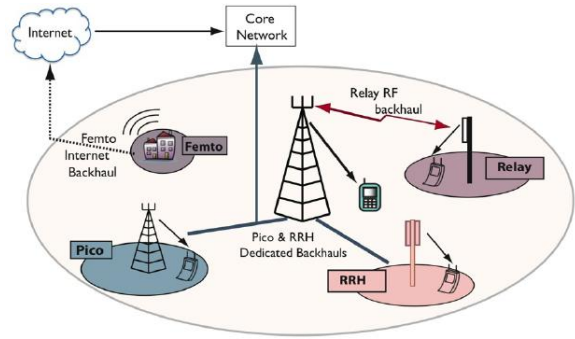
In this paper, the performance of signal to interference and noise ratio (SINR) and distance based cell selection algorithms for wireless systems are examined considering different cells. The performance results are obtained by assuming the users are not moving within a setup includes macrocell, picocell and femtocells. The comparisons of the obtained results are shown in terms of SINR and load in the cells.

## 1. GİRİŞ

Günümüz gelişen teknolojiyle birlikte, kablosuz haberleşme alanında beklentiler de giderek artmaktadır. Bu artan talepleri karşılayabilmek ve servis kalitesini artırabilmek için 'her an her yerde kesintisiz hizmet' vermeye odaklı çalışmalar yürütülmektedir. Dördüncü nesil kablosuz ağlar, yeni nesil hücresel ağların yanı sıra yüksek hızlı kablosuz geniş bantlı kablosuz erişim sistemlerini de içermektedir. Farklı ağların kullanılması avantajlarıyla beraber bünyesinde barındıran yeni bir sistem tasarlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda geleneksel hücresel ağ mimarisine farklı terminaller eklenerek yüksek performanslı kablosuz ağ mimarileri oluşturulmaktadır. Böylece çekim alanının düşük olduğu noktalar en aza indirilip daha yüksek veri hızlarında iletişim sağlanabilmektedir. Kablosuz ağ mimarisi, Şekil 1'de de görüldüğü gibi ev baz istasyonundan, piko ve makro hücrelerden, hareketli veya sabit rölelerden oluşmaktadır.

Bu çalışma Türk Telekom tarafından 7707-01 anlaşması kapsamında desteklenmiştir.

978-1-4673-0056-8/12/\$26.00 ©2012 IEEE



Şekil 1: Kablosuz ağ mimarisi [1].

Bu bildiride makro hücre, piko hücre ve femto hücre terminallerini içeren kablosuz ağ mimarisi için hücre içerisinde bulunan kullanıcıların sinyal karışım ve gürültü oranı (SINR) ile kullanıcıların buldukları yerden baz istasyonlarına olan uzaklıklarının ele alınmasıyla farklı hücre seçimi algoritmaları gerçekleştirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Buradaki amaç farklı şekillerde hücre seçimi yapıldığında iletişimdeki kalitenin ne kadar iyileştiğini gözlemlemek ve aynı zamanda da hücreler arasındaki trafik yükünün bu algoritmalar ile değişimini vurgulamaktır.

## 2. HÜCRE SEÇİM ALGORİTMALARI

Yeni nesil kablosuz ağların daha karışık hale gelmesi, yanında da farklı sorunları birlikte getirmektedir. Örneğin hareketli bir kullanıcının bir hücre içerisinde yer değiştirirken bir terminal çekim alanından başka bir terminal çekim alanına girmesi söz konusu olabilir. Bu durumda terminaller arası geçişlerde iletişimde kesintiler meydana gelebilir (handoff-problem). Sinyal gücü, mesafe, sinyal gürültü oranı (SNR), bit hata hızı (BER), trafik yoğunluğu, kalite indikatörü gibi bazı parametreler terminaller arası geçişlerin gerçekleşmesinde belirleyici rol oynar. Ne kadar çok bu geçişler gerçekleşirse iletişimde kesinti olma olasılığı da aynı oranda artar. Bu yüzden terminaller arası geçişlerin azaltılması, servis kalitesini artırmak için önemlidir. Uygun bir hücre seçimiyle birlikte bu oranın

azaltılması mümkündür. Hücre seçimiyle makro hücre için gerekli servis kalitesi yükseltilir, ve böylece sistem yükünün ve terminaler arası geçişlerdeki iletişim kesilmelerinin dengelenmesi sağlanabilir.

Günümüzde kullanılan hücre seçim algoritmaları genellikle kullanıcıların en yüksek sinyali aldığı hücreye bağlanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemin türevlerinden olan ve hıza bağlı olarak geliştirilen hücre seçim algoritmaları da vardır [2, 3]. Hıza bağlı hücre seçimi, hareketli kullanıcının tahmin edilen hızıyla, sistem parametrelerine bağlı olarak seçilen bir hız eşik değerinin karşılaştırılmasıyla sağlanır. Bu çalışmaların yanı sıra bazı çözüm yaklaşımları da hücre seçiminde genel kapsamlı (global) hücre seçim çözüm yöntemine dayanır [4] ve hedef olarak belli bir SINR değeri seçilir. Burada, uplink iletim gücü seçim parametresi olarak kullanılarak, terminal kullanıcılarının birbirleriyle eşgüdümlü olarak haberleşmesi sağlanmaktadır. Böylece her bir hücrede toplam ihtiyaç duyulan iletim gücü belirlenebilir ve hücre seçimi bütün kullanıcıların güç durumları göz önünde bulundurularak yapılabilir. 3G WCDMA ağlarında ise hızlı hücre seçim (FCS) algoritmaları kullanılmaktadır [5, 6]. [7]'de ise femto hücreler de sisteme dahilken yapılan hücre seçim algoritmaları uygulanmış ve femto hücrelerin açık veya kapalı erişiminde ortaya çıkan karışım, farklı femto-makro hücre yerleşim senaryolarıyla birlikte incelenmiştir.

LTE sistemlerde ise hücre seçimi, referans sinyalinin alınan gücü (RSRP) ve referans sinyalinin alınan kalitesi (RSRQ) parametrelerine dayalı olarak gerçekleştirilmektedir[8]. Ancak LTE standartlarına henüz geçmese de SINR kriterine göre hücre seçimi üzerine çalışmalar devam etmektedir [9].

Bu bildiride ise hem SINR tabanlı hücre seçim algoritması hem de mesafe tabanlı hücre seçim algoritması karşılaştırılmıştır. Buradaki amaç, bahsedilen iki algoritmanın hem kullanıcı tarafından hem de hücreler tarafından performanslarını karşılaştırmaktır. Çünkü hücre seçimi, sadece kullanıcı tarafından değerlendirilip hücrelerdeki yük dağılımı göz ardı edilerek yapılır ise hizmet kalitesinde düşme olacaktır.

### 3. KABLOSUZ KANAL MODELİ

Wireless Insite programından elde edilen sonuçlar Tablo 1'de örnek olması açısından, 1. Femto hücre ile k. kullanıcısı arasındaki oluşan kanal değerleri gösterilmiştir. Verici sinyali, saçılmalar sonucu 25 farklı yolla alıcı tarafına ulaşmıştır. (Aşağıda sadece 10 farklı yoldan gelen değerler gösterilmektedir). Her yoldaki sinyalin faz, zaman ve güç bilgisi verilmiştir. Bu şekilde bütün alıcılar için veriler elde edilmiştir.

Elde edilen bu kanal değerleri kullanılarak  $i$ . hücre ile  $j$ . kullanıcı arasındaki kanal tepkisi her bir baz istasyonu-alıcı için dar bantlı model varsayımı ile aşağıdaki gibi modellenilebilir [10]:

$$g_{i,j}(t) = \sum_{k=1}^M \sqrt{P_k} e^{j\theta_k} \delta_k(t - \tau_k) \quad (1)$$

Buradaki  $P_k$ ,  $\theta_k$ , ve  $\tau_k$ , sırasıyla, k. yoldaki alıcının gücü, faz açısını ve zamanda gecikmesini gösterir. Bu veriler Wireless Insite programından elde edilir. M, toplam yol sayısı ve  $\delta_k$ , delta tepki fonksiyonudur.

Tablo 1: Wireless INSITE Programı Örnek Çıktısı

Yol Numarası	Faz(Deg.)	Zaman(s)	Güç(dBm)
1	35.660	0.711183e-07	-65.453
2	156.663	0.711808e-07	-66.153
3	98.810	0.712719e-07	-66.333
4	-45.020	0.712088e-07	-66.867
5	130.991	0.711922e-07	-67.419
6	-86.828	0.714632e-07	-68.752
7	-141.553	0.794728e-07	-76.624
8	-40.736	0.702182e-07	-78.970
9	-153.940	0.880842e-07	-81.100
10	-154.163	0.759181e-07	-82.944

Her bir kullanıcının her bir hücre için SINR değerleri ise şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\gamma_{i,j} = \frac{|g_{i,j}(t)|^2}{N_0 + I_{u,j}(t)} \quad ; i = 1, 2, \dots, U \quad (2)$$

Burada  $U$  sistemdeki hücre sayısı,  $N_0$  toplam beyaz Gauss dağılımlı (AWGN) güç terimi ve  $I_{i,u} = \sum_{u=1; u \neq i}^U |g_{u,j}(t)|^2$  ise diğer hücrelerden gelen karışım toplamıdır.

### 4. HÜCRE SEÇİM ALGORİTMALARI

Bu makalede iki farklı hücre seçim algoritması incelenmiştir. Birincisi SINR bazlı ikincisi ise uzaklık bazlı yapılan hücre seçimleridir.

Herbir  $j$ . kullanıcı için SINR kriterine göre hücre seçimi aşağıdaki gibi yapılmıştır:

$$i_{SINR} = \arg \max_i \gamma_{i,j} \quad (3)$$

Burada  $i_{SINR}$ , SINR kriterine göre seçilen hücrenin indeksini simgelemektedir.

Mesafe tabanlı hücre seçimi ise aşağıdaki gibi yapılmıştır:

$$i_{Mesafe} = \arg \min_i d_{i,j} \quad (4)$$

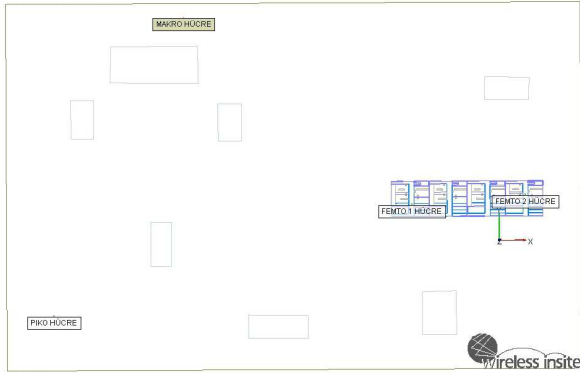
Burada  $d_{i,j}$ ,  $j$ . kullanıcı ile  $i$ . hücre arasındaki mesafe değerini ve  $i_{Mesafe}$  ise mesafeye göre seçilen hücrenin indeksini simgelemektedir.

### 5. PERFORMANS SONUÇLARI

Bu bölümde Wireless Insite programında kablosuz hücresel ağ oluşturularak femto, piko ve makro hücreler için hücre seçimi simülasyonu yapılmıştır. Elde edilen 'saha özellikli' kanal verileri Matlab programında işlenerek kablosuz ağ kullanıcılarının SINR ve kullanıcı-hücre arası uzaklık kriterlerine göre hücre seçimleri gerçekleştirilmiştir.

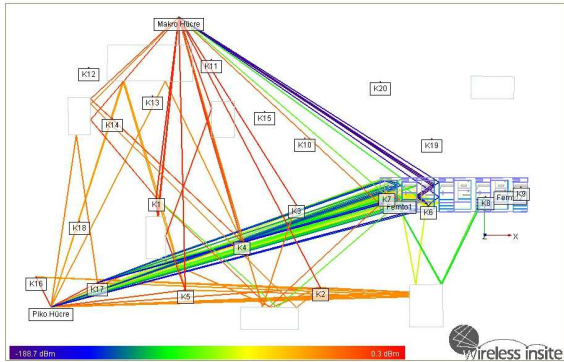
Çalışmamızda gerçekleştirilen simülasyonda, kullanıcıların sabit olduğu düşünülerek sonuçlar elde edilmiştir.

Bu simülasyonda Şekil 2'de de görüldüğü gibi 1 makro hücre, 1 piko hücre ve 2 tane femto hücreden bir simülasyon ortamı oluşturulmuştur. 1 katlı ve 4 dairesel olan bir apartmanda toplam 2 tane erişim kısıtlaması olmayan femto hücre (open-access) olduğu düşünülmüştür. Üç farklı büyüklükte olan hücrelerin arasına, gerçekçiliği sağlamak için farklı apartmanlar yerleştirilmiştir.



Şekil 2: Kablosuz hücresel ağlar için senaryo.

Şekil 3'te ise kullanılan senaryo, sinyal yayılım yollarıyla birlikte verilmiştir.



Şekil 3: Senaryodaki güç dağılımı.

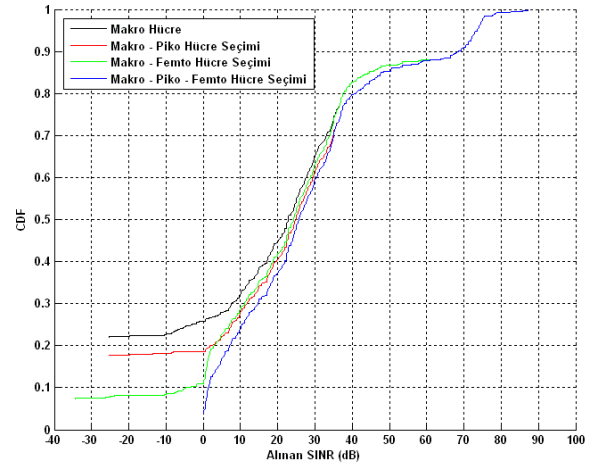
Performans sonuçları elde edilirken seçilen sistem parametreleri Tablo 2'de özetlenmiştir:

Şekil 4'te görülen grafik ise SINR kriterine göre hücre seçimi yapıldığında sistemdeki hücrelerin durumuna göre SINR değişimini vermektedir. Grafikte görülen siyah eğri, sistemde sadece makro hücre varken elde edilmiştir. Kırmızı eğri, sistemde hem makro hem de piko hücreler, yeşil eğri sistemde makro ve femto hücreler, mavi eğri ise sistemde bütün hücreler

Tablo 2: Sistem Parametreleri

Parametre	Değer
Makro Hücre Gücü	43dBm
Piko Hücre Gücü	20dBm
Femto Hücre Gücü	10dBm
Bant Genişliği	5MHz
Taşıyıcı Frekansı	2.1GHz
Gürültü Gücü	-174dBm/Hz
Makro Hücre Yarıçapı	750m
Piko ile Makro Hücreleri Arası Mesafe	500m
Femto ile Makro Hücreleri Arası Mesafe	500m
Anten sayıları (Verici,Alıcı)	(1, 1)
Anten	Omnidirectional

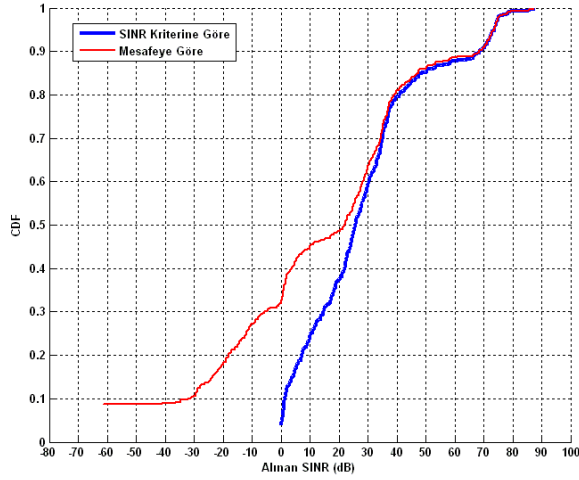
aktifken SINR kriterine göre yapılan hücre seçimiyle elde edilen sonuçları göstermektedir. Burada en çok artış, sistemde bütün hücrelerin aktif olduğu durumda gözlemlenmiştir ve hücre seçimi ile bir kullanıcının SINR değerinde ortalamada 3dB'lik bir artış sağlanabilmektedir.



Şekil 4: SINR Kriterine dayalı hücre seçimi.

Şekil 5'te görülen grafikte, tüm kullanıcıların, yapılan iki farklı hücre seçiminden sonraki SINR değerlerindeki değişim kümülatif dağılım fonksiyonuna göre çizdirilmiştir. Kırmızı eğri, mesafe tabanlı hücre seçimiyle elde edilmiştir. Mavi eğri ise hücre seçiminin SINR kriterine göre yapılması sonucu elde edilmiştir. Grafikten de görülebildiği gibi SINR kriterine göre hücre seçimi yapıldığında, bir kullanıcı için alınan SINR değerlerinde mesafe tabanlı hücre seçimine göre ortalamada 5dB daha fazla iyileşme sağlanabilmektedir.

Hücreler açısından duruma bakılacak olursa, hücreler üzerindeki yük dağılımı, yapılan iki farklı hücre seçimine göre değişmektedir. Bu değişimler, SINR kriterine göre hücre seçimi yapıldığında şöyle olmuştur:



Şekil 5: Hücre seçimi algoritmalarının performans karşılaştırması.

- Makro Hücreye bağlanan kullanıcı oranı: %78
- Piko Hücreye bağlanan kullanıcı oranı: %8
- Femto 1 Hüccesine bağlanan kullanıcı oranı: %7
- Femto 2 Hüccesine bağlanan kullanıcı oranı: %7

Mesafe kriterine göre hücre seçimi yapıldığında ise kullanıcıların hücrelere dağılımı şu şekilde olmuştur:

- Makro Hücreye bağlanan kullanıcı oranı: %53
- Piko Hücreye bağlanan kullanıcı oranı: %24
- Femto 1 Hüccesine bağlanan kullanıcı oranı: %5
- Femto 2 Hüccesine bağlanan kullanıcı oranı: %18

Bu sonuçlardan da anlaşıldığı gibi SINR kriterine göre hücre seçimi yapıldığında, makro hücre üzerindeki kullanıcı dağılımı mesafeye göre hücre seçimiyle elde edilen sonuçlardan daha fazlayken piko hücre ve femto 2 hüccesinin üzerindeki yük dağılım oranı tam tersi durumdadır.

Bu çalışmada, hücre seçimi yapıldıktan sonra hücreler arasındaki karışım için herhangi bir karışım/güç yönetim algoritması kullanılmamıştır.

## 6. SONUÇLAR

Bu bildiriye, SINR kriterine ve mesafeye göre hücre seçim algoritmalarının başarımları elde edilmiştir. Gerçekleştirilen senaryo, Wireless Insite programında 'saha tabanlı' güç değerlerinin alınması için gerçekleştirilmiştir. Kablosuz ağ kullanıcıları, farklı hücreler için ilk olarak en yüksek SINR değerini aldıkları hücreye atanmışlardır. İkinci hücre seçim kriteri olarak kullanıcıların baz istasyonlarına olan mesafelerinden en küçüğü seçilmiştir. Yapılan çalışmada, SINR kriterine göre hücre seçimi yapıldığında, kullanıcılar açısından daha iyi sonuç elde edilmiştir. Bununla birlikte hücreler açısından mesafe tabanlı hücre seçimi yapıldığında kullanıcıların hücrelere daha

adil dağıtıldığı gözlemlenmektedir. Gelecek çalışmalarımızda, LTE tabanlı kablosuz ağlarda hücre seçimi ağ trafiği de göz önünde bulundurularak hücreler arasında yük dengesi sağlanacak şekilde gerçekleştirilmesi üzerine yoğunlaşılacaktır.

## 7. KAYNAKÇA

- [1] B. Hanta, "Coordinated Multi-Point Transmission for Interference Management in the Downlink of LTE-Advanced Heterogeneous Networks", Master Thesis, Universität Erlangen-Nürnberg, 2011.
- [2] Y. Chung et al., "Makrocell/Microcell Selection Schemes Based on a New Velocity Estimation in Multitier Cellular System," IEEE Trans. Vehicular Tech., 2002.
- [3] T. Klein et al., "Assignment Strategies for Mobile Data Users in Hierarchical Overlay Networks", IEEE J. Sel. Areas Commun., 2004.
- [4] J.-M. Moon and D.-H. Cho, "Cell Selection Algorithm Based on Competition of Users in Hierarchical Cellular Networks," IEEE WCNC, 2010.
- [5] K. Lee, J. Ko, Y. Lee, "Fast Cell Site Selection with Interference Avoidance in Packet Based OFDM Cellular Systems", Global Telecommunications Conference, 2006.
- [6] S. Kim, Y. Lee, "Adaptive MIMO Mode and Fast Cell Selection with Interference Avoidance in Multi-cell Environments," 5th ICWMC, 2009.
- [7] Simsek, et al. , "Performance of different cell selection modes in 3GPP-LTE macro-/femtocell scenarios" , IEEE Wireless Advanced, 2011.
- [8] 3GPP, "TR 36814-900 Further advancements for E-UTRA - Physical Layer Aspects," 2010.
- [9] J. Sangiamwong, et al., "Investigation on Cell Selection Methods Associated with Inter-cell Interference Coordination in Heterogeneous Networks for LTE-Advanced Downlink", European Wireless, 2011.
- [10] G. Foschini et al., "Capacity growth of multi-element arrays in indoor and outdoor wireless channels", IEEE WCNC, 2000.