

# KULLANICI SAYISI VE YANKI PROFİLİNİN 3.KUŞAK HÜCRESEL SİSTEM BAŞARIMINA ETKİSİ

Çetin KURNAZ<sup>1</sup>

Hülya GÖKALP<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 55139, Kurupelit, Samsun

<sup>1</sup>e-posta: ckurnaz@omu.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: hgokalp@omu.edu.tr

*Anahtar sözcükler: 3.Kuşak hücresel sistem, WCDMA, Tırmık alıcı, Yankı profili*

## ABSTRACT

In third generation (3G) mobile systems based on WCDMA air interface, users transmit simultaneously in the same frequency band. Orthogonality of the signals received in the same band will be destroyed by the delay spread of the channel, which results in multiple access interference (MAI) and limits the system capacity. In this work, effect of multipath propagation on the performance of a one-cell, multi-user 3G system is investigated. Using the statistics of multipath from radio propagation measurements carried out in Manchester in UMTS FDD bands, four multipath profiles were determined and used in the simulations. Simulations were carried out for 200 frames and processing gains of 32 and 64. Results showed that BER for users with 3-4 significant multipath components deteriorated rapidly with MAI. Achievable BER for a given  $E_b/N_0$  depended also on propagation characteristics of the interfering signals.

## 1. GİRİŞ

Üçüncü Kuşak (3K) hücresel sistemler çoklu ortam iletişimi, yüksek kaliteli hareketli/sabit görüntü haberleşmesi, kamusal veya özel şebekelere yüksek veri hızlarında iletişimi ve aynı bağlantıda farklı iletim hızlarını desteklemesi için tasarlanmıştır. 3K gezgin iletişim sistemlerinde hava bağlantısı olarak geniş bantlı kod bölmeli çoklu erişim (WCDMA) ve Tırmık alıcı kullanılacaktır [1]. Ön görülen chip hızı 3.84 Mchip/s'dir. WCDMA'da kullanıcı verisinin her bir biti o kullanıcıya ait olan PN (pseudo noise) kodu ile çarpılarak iletilecek sinyalin bantı genişletilir. PN kodunun uzunluğu işleme kazancı olarak da bilinir [2]. Kanal kodlanmış ve genişletilmiş sinyaldeki her bir bit 'chip' olarak adlandırılır.

Karasal gezgin radyo kanalında her bir sinyal yankısı farklı faz, gecikme ve farklı güç kaybı ile alıcıya ulaşır [3,4]. Alıcıda alınan sinyal bu yankıların vektörel toplamıdır. Hareketli kullanıcılar için alınan sinyal

gücündeki hızlı değişimler *yankılı kanal sönümlenmesi* olarak bilinir. 3K sistemlerde Tırmık alıcı [5-7] kullanıldığından bağlı gecikmeleri en az bir chip süresi (3K sistemler için 0.26µs) kadar olan yankılar ayrı ayrı işlenebilecek ve sonrasında enerjileri birleştirilerek daha güçlü sinyal elde edilecektir. Bu nedenle Tırmık alıcı yankılı kanal sönümlenmesine karşı *yankı çeşitliliği* sağlar. Radyo kanalından alıcıya farklı gecikme ile ulaşan yankılar kullanılan genişletme kodlarının öz ilinti ve çapraz ilinti özelliklerini kötü yönde etkiler. Öz ilinti özelliklerinin bozulması kullanıcıya ait sinyalin gecikmiş yankıları algılama sırasında girişime yol açar [8]. Çapraz ilinti özelliklerinin bozulması ise farklı kullanıcılara ait sinyaller arasındaki dikliğin bozulmasına dolayısıyla çoklu erişim girişimine (MAI- Multiple Access Interference) neden olur [9]. MAI kullanıcı sayısı ile üstel olarak artar. Bu girişimler sonucu yankılar ile alıcıya ulaşan sinyal enerjisi etkin bir biçimde toplanamaz.

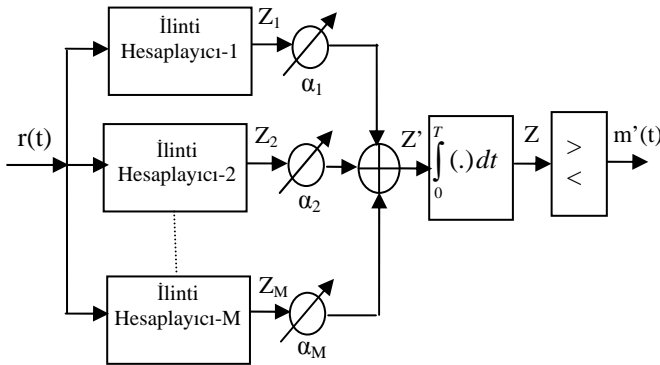
Radyo kanalının özelliklerinin iyi modellenmesi, MAI' ya etkilerinin incelenmesi, 3K ve tasarlanma aşamasında olan 4K sistemler için önemlidir. [10]'da bina içi ve bina dışı radyo kanalları için yapılan benzetimlerde bina içi kanalının daha az MAI neden olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada ilgilenilen kullanıcıya ve de bu kullanıcıya girişim yapan diğer kullanıcılara ilişkin radyo kanalı yayılım özelliklerinin MAI' ya etkisi incelendi. Manchester kent merkezinde yapılan radyo kanalı ölçümlerinde [4] elde edilen yankı istatistikleri kullanılarak dört farklı kanal profili belirlendi. Bu profiller 3 parmaklı tırmık alıcı [11], 32, 64'lük genişletme çarpanları kullanılarak yapılan benzetimlerle artan kullanıcı sayısının ve 10 tane girişimcinin yankı bağlı güçlerinin aynı/farklı olması durumlarında sistem başarımına etkisi incelendi. Benzetimlerde verici ile alıcı arasındaki kanalın ideal

tahmin edildiği, güç denetiminin mükemmel olduğu ve hareketin olmadığı varsayıldı.

## 2. WCDMA SİSTEM MODELİ

Verici, radyo kanalı ve Tirmik alıcı ana bloklarından oluşan çok kullanıcılı tek hücreli, bir 3K sistem benzetimi yapıldı. Tirmik alıcıdaki parmak sayısı 3, işleme kazancı 32, 64 seçilerek vericiden 200 çerçeve gönderildi. Verici kısmında N tane kullanıcının bildiri bitleri  $\frac{1}{2}$ 'lik kanal kodlamasından geçirilip kendilerine ait dikgen OVFS kodlar ile genişletilerek kanallara beslendi. Kanallarda oluşturulan yankıların toplamına güç yoğunluğu  $N_0$  olan toplamsal beyaz Gauss gürültüsü eklenerek alıcıya beslendi.  $M$  parmaklı Tirmik alıcı Şekil.1'de gösterilmiştir [3]. En güçlü üç yankı Tirmik alıcı ile alındı. Her parmak çıkışındaki sinyal vericide kullanılan PN kodunun yankı gecikmesine bağlı faz kaydırılmış biçimi ile çarpılarak daraltıldı. Buradaki  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M$  ağırlık katsayıları ilinti hesaplayıcı çıkışındaki güç değerine bağlı olup değerleri (1)'de verilen eşitlik ile hesaplandı. Parmak çıkışları en yükseğe oranlı (MRC) olarak toplanıp bit tahmincisine beslendi [3,6]. Viterbi kod çözme işleminden sonra elde edilen bitler gönderilen veri bitleri ile karşılaştırılarak BER (Bit Error Rate-Bit Hata Oranı) hesaplandı (Benzetimlerde kullanılan sistem değişkenlerinin bazıları Tablo 1'de verilmiştir).

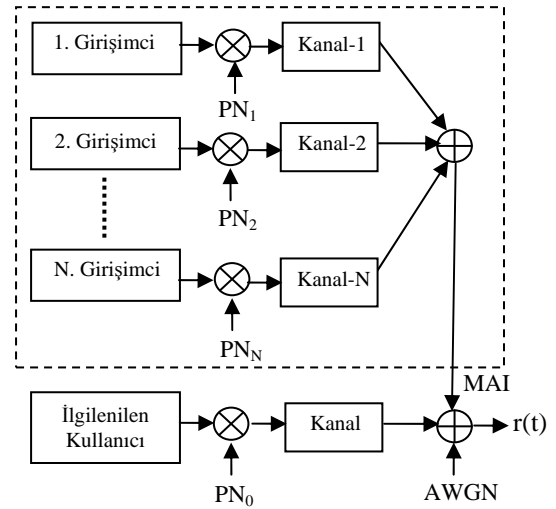


Şekil.1 M parmaklı Tirmik alıcı

Ağırlık katsayısı ( $\alpha_m$ );

$$\alpha_m = \frac{Z_m^2}{\sum_{m=1}^M Z_m^2} \quad (1)$$

Sisteme çoklu erişim girişimi katmak için Şekil.2'de verilen N tane kullanıcıya ilişkin bir 3K sistem vericisi kullanıldı. Her bir kullanıcının kendine ait sözde gürültü ( $PN_k$ ) kodu vardır. 3K sistemlerde hücre içindeki kullanıcılar güç kontrolü altındadır ve baz istasyonuna ulaşan sinyal güçleri eşittir. Alıcıya gelen toplam işaret içerisinde asıl kullanıcı bilgilerinin yanında diğer kullanıcı bilgileri de yer almaktadır.



Şekil.2 3K sisteminin verici kısmı ve MAI

Tablo 1. Benzetimlerde kullanılan değişkenler

Chip hızı	3.84 Mchip/s
Çerçeve süresi	10 ms
Çerçeve sayısı	200
Kanal kodlama oranı	1/2
Genişletme kodu	OVFS
Genişletme çarpanları	32, 64
Parmak sayısı	3
Güç denetimi	İdeal
Yankı birleştirme	MRC

## 3. RADYO KANALI YANKI İSTATİSTİKLERİ

Manchester kent merkezinde UMTS/FDD bantlarında yapılan radyo kanal ölçümünde [4] elde edilen veriler kullanılarak yankı istatistikleri bulundu. Kısaca ele alırsak ölçümlerde sürekli dalga frekans modülasyonu (FMCW) kullanıldı. Yukarı link ve aşağı link bantlarında (1920–1980 MHz ve 2110–2170 MHz ) aynı anda ölçüm yapıldı. Verici ve alıcı anten yükseklikleri sırasıyla 46 m ve 1.75 m'dir. Verici anten yedi katlı bir binanın çatısına yakınında başka bir yüksek bina tarafından görüşü kısıtlanmayacak biçimde monte edildi. 1800 m'ye varan alıcı-verici uzaklıklarında 581 küçük ölçekli konumda kanal verisi 0.5-1 saniye süresince toplandı. Kanal tarama hızları olarak 100 Hz veya 250 Hz kullanıldı. Ölçümde kullanılan yankı gecikme penceresi genişlikleri 16.66  $\mu$ s, 27.5  $\mu$ s ve 41.66  $\mu$ s. Kullanılan modülasyon yöntemi nedeniyle değişen bant genişlikleri için kanal profilleri kolayca belirlenebilmektedir. 2147.5 MHz orta frekansında 5 MHz bant genişliği için kanal profilleri elde edildi. Her konumda elde edilen 50–250 kanal profilinin ortalaması alınarak ortalama kanal profili bulundu. Ortalama kanal profilinde gürültü tabanının en az 5 dB üstü gürültü eşik seviyesi olarak belirlendi. Gürültü eşişinin altındaki tepeler göz ardı edildi. -10 dB 'den

daha zayıf yankıların yeterli enerji sağlamayacağı varsayıldı. Bağlı güçleri -10 dB 'den büyük olan yankıların kayda değer enerji getirdiği varsayılırsa ölçüm yerlerinin sadece %4'ünde kayda değer yankı sayısı 5'den daha büyüktür. Yankı bağlı güç istatistiklerinden [11] ölçüm yerlerinin %10, %35, %50 ve %80 nini temsil eden 4 kanal profili belirlendi. 1. kanal profilinde (K1) en güçlü beş yankının bağlı gücü 0, -1, -3, -6, -11 dB 'dir. Karşılık gelen değerler 2. kanal (K2) için 0, -4, -6, -10, -12 dB; 3. kanal (K3) için 0, -6, -12, -17, -20 dB; 4. kanal (K4) için 0, -11, -17, -23, -25 dB'dir (tablo.2). K1-K4 kanal profillerindeki bağlı güçler incelenirse K1'de kayda değer enerjili dört yankı vardır. K2, K3 ve K4 için bu değerler sırasıyla 3, 2 ve 1 yankıdır.

Tablo 2. Benzetimlerde kullanılacak kanal profilleri

Yankılar	Bağlı güç (dB)				Bağlı Gecikme
	K1	K2	K3	K4	
1.yankı	0	0	0	0	0 $\mu$ s
2.yankı	-1	-4	-6	-11	0.7 $\mu$ s
3.yankı	-3	-8	-12	-17	1.2 $\mu$ s
4.yankı	-6	-13	-17	-23	1.7 $\mu$ s
5.yankı	-11	-16	-20	-25	2.2 $\mu$ s

#### 4. BENZETİM SONUÇLARI

$E_b/N_0 = 17$  (dB) için girişime neden olan kullanıcı sayısına bağlı olarak farklı kanal profillerindeki sistem başarımları Şekil.3'de verilmiştir. Burada girişime neden olan kullanıcılar ile ilgilenilen kullanıcı aynı kanal profiline sahiptir. Şekil.3'de görüldüğü gibi farklı sayıda güçlü yankı içeren kanallarda artan girişimci sayısına bağlı olarak sistem başarımlarındaki değişimin de farklı olduğu görülmektedir. Dört güçlü yankı içeren K1 kanal profilinde kendisi ile aynı kanal profiline sahip girişimci sayısındaki artış toplam girişim gücünün artmasına neden olacağından sistem başarımları azalacaktır. Tek güçlü yankı içeren K4 için artan girişimci sayısı ile çoklu erişim girişimindeki artış K1 için olan artışa göre daha azdır. Bu ise MAI'nın yankı profiline bağlı ve güçlü yankı içeren kanallar için artan kullanıcı sayısı ile alıcıya gelen kullanıcı sinyalleri arasındaki diklik bozunumunun daha fazla olduğunu gösterir.

Sistem başarımları girişime neden olan 10 kullanıcıya ilişkin kanal profillerinin tablo.3'de verilen 2 ayrı durumu için incelendi. 1.Durumda girişime neden olan 10 kullanıcının kanal profili ile ilgilenilen kullanıcının kanal profili aynı iken; 2.Durumda 10 kullanıcıdan girişim yapanların yayını özellikleri şöyledir; K1 ve K2 kanal profillerine sahip birer adet girişimci, K3 ve K4 kanal profiline sahip 3 adet girişimci ve yankı bağlı güçleri [0 -15 -23 -25 -30] dB olan kanal profiline sahip 2 adet girişimcidir.

K1, K2 için 2. durumdaki toplam girişim gücü 1. duruma göre azalacağından sistem başarımlarında bir

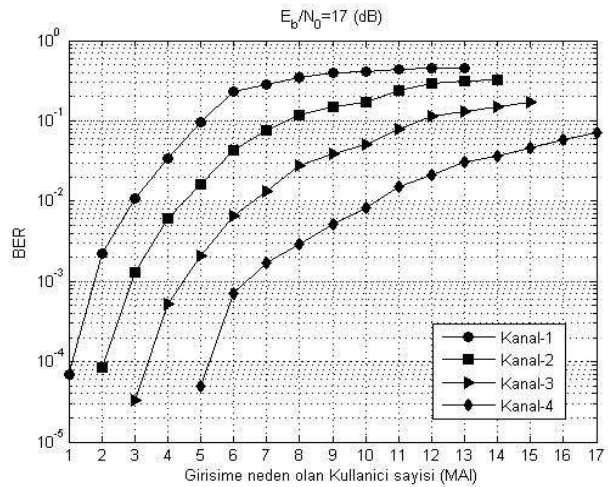
iyileşme görülürken; az sayıda güçlü yankı içeren K3, K4 için 2. durumdaki toplam girişim gücü 1.duruma göre artacağından sistem başarımlarında bir azalma olmaktadır (Şekil.4). Şekil.4'deki eğrilerden artan  $E_b/N_0$  değeri için BER değerindeki iyileşmenin 2 den fazla kayda değer yankısı olan kullanıcı oldukça yavaş olduğu görülmektedir.

Girişim yapan 10 kullanıcı ve genişletme çarpanının 32, 64 olması durumları için sistem başarımları elde edildi (Şekil.5). Şekil.5'de görüldüğü gibi genişletme çarpanının 64'den 32'ye düşürülmesi dolayısıyla kullanıcı veri hızının iki kat artması sistem başarımlarında yaklaşık 3 dB'lik bir kötüleşmeye neden olmaktadır.

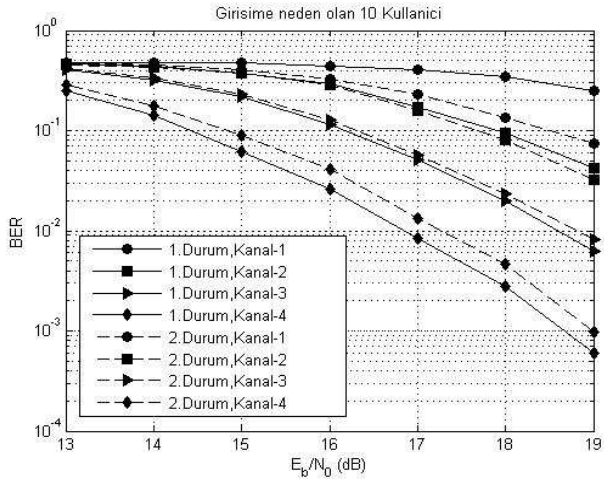
Şekil.6'da ilgilenilen kullanıcının genişletme çarpanının 32, girişim yapan 10 kullanıcıdan 5 tanesinin 32 diğer 5 tanesinin 64 ya da 10 tanesinin genişletme çarpanının 64 olduğu durum için sistem başarımları gösterilmiştir. Her iki durumda da benzer sistem başarımları elde edilmiştir.

Tablo 3. Girişime neden olan 10 kullanıcının temsil ettiği ölçüm yerleri ve kanal profilleri

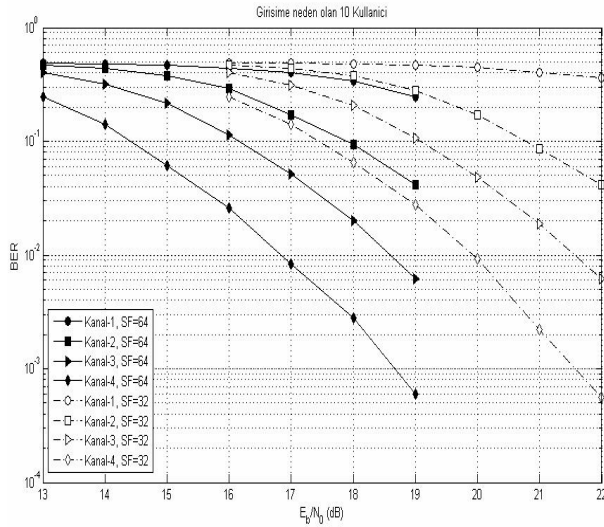
MAI Sayısı	Temsil ettiği ölçüm yeri (%)	Bağlı güç (dB)					
		1. yankı	2. yankı	3. yankı	4. yankı	5. yankı	
1.Durum	10	0	-1	-3	-6	-11	
	35	0	-4	-8	-13	-16	
	50	0	-6	-12	-17	-20	
	80	0	-11	-17	-23	-25	
2.Durum	10	1	0	-1	-3	-6	-11
		1	0	-4	-8	-13	-16
	3	0	-6	-12	-17	-20	
	3	0	-11	-17	-23	-25	
	2	96	0	-15	-23	-25	-30
<b>Bağlı gecikme (<math>\mu</math>s)</b>		<b>0</b>	<b>0.7</b>	<b>1.2</b>	<b>1.7</b>	<b>2.2</b>	



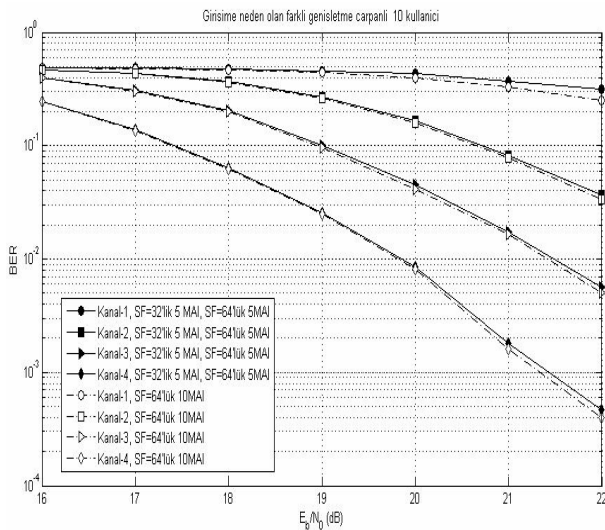
Şekil.3 K1-K4 kanal profilleri için kullanıcı sayısına bağlı sistem başarımları



Şekil.4 K1-K4, kanal profillerinde 1. ve 2. Durumlarda 10 tane girişimci için sistem başarımı



Şekil.5 K1-K4, kanal profillerinde, kullanıcı ve 10 tane girişimcinin genişletme çarpanının 32, 64 olması durumundaki sistem başarımı



Şekil.6 K1-K4, kanal profillerinde, kullanıcının 32, 10 tane girişimciden 5 veya tamamının 64'lük genişletme çarpanı için sistem başarımı

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, yapılan benzetim programı ile 3K sisteminde artan kullanıcı sayısının kanal profiline bağlı olarak farklı sistem başarımlarına neden olduğu görüldü. 3-4 tane güçlü yankı içeren kanallarda sistem başarımındaki kötüleşme az sayıda güçlü yankı içeren kanallara göre çok daha fazla olduğu görüldü. Sabit sayıda girişimci ve girişime neden olan kullanıcıların farklı kanal profillerine sahip olmaları durumunda da farklı sistem başarımları elde edildi. Girişimci sayısı değişmediğinden girişimcilerin genişletme çarpanlarının 32 ya da 64 olması ilgilenilen kullanıcı başarımına fazla etkilemediği gözlemlendi. İstenilen BER değeri  $E_b/N_0$  değeri yanında ilgilenilen kullanıcının ve girişime neden olan kullanıcıların radyo kanalı yayılım özelliklerine de bağlıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] www.3gpp.org
- [2] Holma, H., Toskala, A., WCDMA for UMTS, John Wiley & Sons Ltd., England, 2001
- [3] Rappaport, T. S., Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, 1996
- [4] Salous, S., Gokalp, H., "Dual-frequency sounder for UMTS frequency-division duplex channels", Communications, IEE Proceedings, vol.149, Issue 2, pp.117-122, April 2002
- [5] Price, R., Gren, P. E., "A Communication Technique for Multipath Channel", Proceedings of the IRE, pp.555-570, March 1958
- [6] Haykin, S., Communication Systems, John Wiley & Sons, Inc., Fourth Edition, 2000
- [7] Proakis, J. G., Digital Communications, McGraw-Hill, Third Edition, New York, 1995
- [8] Adnani, N.V., Bultitude, R. J. C., Hafez, R. H. M., "Propagation-measurement-based predictions of Rake receiver performance in W-CDMA systems operating in urban microcells", 2002 IEEE 56th Vehicular Technology Conference Proceedings, vol.1, s.254-257, 24-28 Sept., 2002
- [9] Shinsuke, H., Prasad, R., "Overview of multicarrier CDMA," IEEE Comm. Mag. pp.126-133, Dec. 1997
- [10] Marikar, S., H., Da Silva, L.A., "Resource Management in Third Generation Mobile Communication Systems Employing Smart Antennas", IEEE INFOCOM 2002, vol.3, pp.1461-1469, 23-27 June 2002
- [11] Kurnaz, Ç., Gokalp, H., "Yankı İstatistiğine Dayanan 3.Kuşak Hücresel Sistem Başarımının İncelenmesi", IEEE 14. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 17-19 Nisan 2006, Antalya.