

# Çoklu Kıymık/Veri Hızlı DD-KBÇE Sistemlerde Dalgacık ve Kara Kök Yükseltmiş Kosinüs Kıymık Şekillendiricilerin Performanslarının Karşılaştırılması

Ertan Öztürk<sup>1</sup>

Ergin Yılmaz<sup>2</sup>

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
67100, Zonguldak

<sup>1</sup>e-posta: [eozturk@karaelmas.edu.tr](mailto:eozturk@karaelmas.edu.tr)

<sup>2</sup>e-posta: [erginyilmaz@yahoo.com](mailto:erginyilmaz@yahoo.com)

**Anahtar Kelimeler:** çoklu kıymık hızlı KBÇE, dalgacıklar, çok yollu sönümlü kanal

## Özet

Çoklu Kıymık/Veri Hızlı Doğrudan Dizili Kod Bölmeli Çoklu Erişim (ÇKVH/DD-KBÇE) tekniği, farklı veri hızlarındaki servisler için veri hızı büyüklüğüne göre frekans bandı tahsis eden bir DD-KBÇE tekniğidir. Bu bildiride, ÇKVH/DD-KBÇE tekniğinde; Daubechies dalgacıkları, üçüncü nesil sistemlerde kullanılan kara kök yükseltmiş kosinüs (KKYK) kıymık şekillendiricilerle çok yollu Rayleigh sönümlü kanallarda hata olasılığı açısından karşılaştırılmıştır. Nümerik hesaplamalarda dört farklı kıymık/veri hızına karşılık gelen, kıymık şekillendiricilerin ilk dört ölçeği kullanılmıştır. Alıcı karşılayıcı süzgeçlerden oluşan RAKE alıcıdır ve maksimum oran toplayıcı kullanır. Nümerik sonuçlar, dalgacıkların KKYK kıymık şekillendiricilere göre dört kıymık/veri hızında da çok daha iyi performans değerlerine ulaştıklarını göstermiştir.

## 1. Giriş

Doğrudan Dizili Kod Bölmeli Çoklu Erişim (DD-KBÇE) üçüncü nesil (3G) hücreli haberleşme sistemlerinde en çok kullanılan çoklu erişim tekniğidir. Ayrıca, 3G ötesi sistemler içinde DD-KBÇE tekniği çoklu erişim tekniği olarak önerilmektedir [1].

DD-KBÇE'nin en belirgin özelliği kullanıcıları ayırmak ve tanımlamak için kullanılan ve aynı zamanda iletilen işaretin (verinin) bant genişliğini arttıran yayılım dizilerinin kullanılmasıdır. Yayılım dizisinin her bir birimine kıymık denir ve kıymıklar kıymık şekillendirici bir dalgayla şekillendirilir.

Gelecek nesil sistemlerin yüksek hızlı veri iletim gerektiren servislerin yanı sıra düşük hızlı veri iletiminin yeterli olduğu servisleri de (ses iletimi gibi) desteklemesi gerekmektedir. Ayrıca, her geçen gün bu servisler için talep (kullanıcı sayısı) artışlarının da sınırlı kaynaklara (frekans spektrumu gibi) karşılanması gerekmektedir.

DD-KBÇE tabanlı gezgin sistemlerde çoklu veri hızlı servislerin bir arada kullanılmasını sağlamak ve

kapasiteyi arttırmak için farklı yöntemler uygulanmıştır, örneğin yayıcı kodların tekrarı, süreç kazancının değiştirilmesi ve modülasyon yöntemlerinin değiştirilmesi [2]. Bir diğer yöntem de çoklu kıymık/veri hızlı (ÇKVH) /DD-KBÇE sistemi tasarımıdır [3-6]. Bu tasarımda kıymık şekillendiricinin farklı ölçekleri kullanılarak, çoklu veri iletim özelliği dolayısıyla da farklı servislerin desteklenmesi sağlanır.

ÇKVH/DD-KBÇE tasarımı kıymık şekillendiricinin çoklu ölçeklerinin kullanımı, birbirleriyle örtüşen çoklu bant genişlikli bir yapı oluşturur. Böylece, ses servisi gibi düşük veri hızlı işaretler yüksek veri hızlı servisler için daha dar frekans bant genişliklerine yayılırlar. Yukarıda bahsedilen diğer çoklu veri hızlı tasarımlar ise sabit kıymık hızlı oldukları için tek bir geniş frekans bandı tüm kullanıcılar tarafından veri hızlarından bağımsız olarak aynı anda kullanılır. Çoklu bant genişlikli yapı düşük veri hızlı kullanıcılar için daha sınırlı donanım kullanma fırsatı ve frekans yönetiminde kolaylıklar sağlar [3]. Literatürde [3-6], ÇKVH/KBÇE sistemlerin eş zamanlı olmayan kanallardaki analizleri verilmiştir, ancak bu analizlerde çok yolluluk göz önüne alınmamıştır. Ayrıca kıymık şekillendirici olarak sadece klasik yükseltmiş kosinüs (YK) ve dikdörtgen şekillendiriciler kullanılmıştır. Ancak, YK veya dikdörtgen kıymık şekillendirici kullanan ÇKVH/DD-KBÇE sistemlerinde eş zamanlı iletimde dahi sıfır Çoklu Erişim Karışımı (ÇEK) elde edilemez [6].

Diğer yandan, dik dalgacıkların ölçek dikgenlik özelliği, özellikle eş zamanlı iletimde farklı kıymık/veri hızındaki kullanıcılar arasında ideal dikgenliğin elde edilmesinin dolayısıyla da sıfır ÇEK elde edilmesini sağlar [7]. Ancak, eş zamanlılığın azalması ve çok yolluluk durumunda ÇEK oluşması önlenemez.

Bu bildiride, öncelikle ÇKVH/DD-KBÇE işaretin çok yollu Rayleigh sönümlü kanalda performans analizi verilmiştir. Kıymık şekillendirici olarak dik dalgacıklar kullanılmıştır ve nümerik performans hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca dalgacıklar, üçüncü

nesil sistemlerde kullanılan Kara Kök Yükseltilmiş Kosinüs (KKYK) kıymık şekillendirici ile performans ve kapasite cinsinden karşılaştırılmıştır.

Dalgacıkların DD-KBÇE işaretlerde kıymık şekillendirici olarak kullanılması literatürde uygulanan bir yöntemdir [8]. Dalgacık konusu birçok kaynakta bulunabileceği için bu bildiriye tekrar edilmemiştir, özellikle [9]'de bu bildiriye temel olan dalgacık teorisi bulunabilir.

Bu bölümü takip eden ikinci bölümde, ÇKVH/DDKBÇE işaretlerin tanımı verilmiştir. Üçüncü bölümde, sistemin çok yollu Rayleigh sönümlü kanalda hata olasılığı performans analizi yapılmıştır. Dördüncü bölümde, nümerik hesaplamalar yapıp, dalgacık tabanlı sistemler KKYK kıymık şekillendirici kullanan sistemlerle karşılaştırılmıştır. Beşinci bölüm sonuç bölümüdür.

## 2. Çoklu Kıymık/Veri Hızlı DD-KBÇE İşaretleri

Öncelikle J ölçekli (kıymık/veri hızlı) ve her ölçekte K kullanıcı toplam ÇKVH/KBÇE işareti aşağıdaki ifadeyle verilir

$$S(t) = \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=1}^K s_{jk}(t) \cos(\omega_c t) \quad (1)$$

burada j inci ölçekteki k kullanıcısının ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$s_{jk}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} 2^{-j/2} b_{jk} \left[ \frac{n}{N} \right] c_k \left[ n \right] x_j \left( \frac{t}{T_c} - 2^j n \right) \quad (2)$$

Burada

$$\{b_{jk}[n] \in \{-1, 1\}\}_{n=-\infty}^{\infty}, \quad j \in \{0, 1, 2, \dots, J-1\} \text{ ve } k \in \{1, 2, \dots, K\}$$

kullanıcının veri dizisidir.  $b_{jk}[n]$ 'in her bir birimi tüm j, k ve n için eşit olasılıklı bağımsız ikili verilerdir  $\{+1, -1\}$ .  $\{c_k[n] \in \{-1, 1\}\}_{n=-\infty}^{\infty}$  kullanıcının periyodik olmayan rasgele yayılım dizisidir ve değerleri eşit olasılıklı ikili değerlerdir  $\{P(1)=1/2, P(-1)=1/2\}$ . Yayılım dizileri ve veri dizileri kendi aralarında ve karşılıklı olarak bağımsızdır.  $\lfloor y \rfloor$  ifadesi,  $y$ 'ye eşit veya  $y$ 'den küçük en büyük tam sayıyı gösterir.

Sürekli gerçek zaman fonksiyon  $x_j(t) = x(t/2^j)$   $j \in \{0, 1, \dots, J-1\}$  ölçeklenmiş kıymık

şekillendiriciyi gösterir ve enerjisi  $\int_{-\infty}^{\infty} |x_j(t)|^2 dt = 2^j T_c$ ,

dir. Eşitlik (1)'de j'inci ölçekteki herhangi bir kullanıcının kıymık ve veri hızları sırasıyla  $R_c^j = 1/2^j T_c$  ve  $R_b^j = 1/2^j T_b$  ( $T_b = NT_c$ )'dir. İşlem kazancı N'dir ve tüm ölçeklerde aynıdır.  $2^{-j/2}$  katsayısı ölçekten bağımsız olarak tüm kullanıcılar için bir veri enerjilerinin eşit olması için kullanılır ( $E_b = NT_c$ ).

Eşitlik (2)'de kıymık şekillendiricinin J farklı ölçeği J farklı kıymık ve veri hızı oluşturur: Burada, ana ölçekteki ( $j=0$ ) kullanıcılar en yüksek kıymık ve veri iletim hızına sahiptirler. Takip eden ölçeklerdeki kullanıcıların hızları ikinin kuvvetiyle azalır. Kıymık

ve veri hızları sırasıyla  $R_c^j$  ve  $R_b^j$ , ( $j=0, 1, 2, \dots, J-1$ ) dırlar.

Bu bildiriye kıymık şekillendirici olarak kullanılan dik dalgacıkların matematiksel ifadeleri yoktur. Sonlu dirak tepkili süzgeç katsayılarından üretilirler [9]. Enerjisi  $T_c$  olan dik dalgacık için, kıymık uzunluğu  $(U-1)T_c$  dir, burada U kullanılan süzgeç katsayısı sayısıdır [9]. Bir dik dalgacığın zaman boyutunda  $T_c$  'in tam sayı katları kadar kaydırılmış versiyonları bir birlerine diktir. Ayrıca bir dalgacığın ikinin tam katı oranında ölçeklendirilen versiyonları birbirlerine diktir. Bu çalışmada dalgacıkların yukarıda belirtilen dikketlik özelliklerinden faydalanılmıştır. Eş zamanlı bir iletimde, dalgacık kullanan ÇKVH/KBÇE sisteminde kullanıcılar arasında ÇEK oluşmaz [7]. Dik dalgacıklar arasında en çok bilinenleri Daubechies dalgacıklarıdır. Tanımlanmış bir çok Daubechies dalgacıkları vardır, örneğin Daubechies-8 ( $D_8$ ), Daubechies-12 ( $D_{12}$ ) and Daubechies-16 ( $D_{16}$ ), burada indisteki sayılar dalgacıkları üretmek için kullanılan süzgeç sayılarını verir.

3G sistemlerde kullanılan kıymık şekillendirici, kara kök yükseltilmiş kosinüs aşağıdaki matematiksel ifade ile verilir [10].

$$x(t/T_c) = \frac{\sin[\pi(1-\alpha)/T_c] + 4\alpha t \cos[\pi(1+\alpha)/T_c]/T_c}{\pi \left( 1 - \left( 4\alpha t / T_c \right)^2 \right) / T_c} \quad (3)$$

Bu ifade de  $\alpha$  yuvarlama faktörüdür ve  $[0, 1]$  arasında değer alır.

## 3. Çok Yollu Rayleigh Sönümlü Kanallarda Hata Olasılığı Analizi

Bu bölümde, ÇKVH/KBÇE işaretlerinin çok yollu sönümlü kanaldaki hata olasılığı performans analizi yapılmıştır. Kanal aynı işareti taşıyan L farklı kanal (yol) ile modellenir. Her bir yolun yavaş sönümlü olduğu ve sönümlemelerin Rayleigh dağılımına sahip olduğu varsayılmıştır. Farklı yolların sönümlemeleri birbirlerinden bağımsızdır. j'inci ölçekteki k'ncü kullanıcı için kanalın dirak tepkisi aşağıda verilmiştir.

$$h_{jk}(\tau) = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_{jkl} e^{j\theta_{jkl}} \delta(\tau - \tau_{jkl}) \quad (4)$$

burada  $\tau_{jkl} \{0 \leq j \leq J-1, 1 \leq k \leq K \text{ and } 0 \leq l \leq L-1\}$  kullanıcının l'inci yolunun rasgele zaman gecikmesidir ve eş zamanlı olmayan kanalı modeller. Rasgele kodların kullanılması durumunda, zaman gecikmesi kıymık aralığıyla sınırlıdır,  $\tau_{jkl} \in [0, 2^j T_c]$  [11].  $\theta_{jkl}$  faz kaymasıdır. Sönümleme katsayısı ( $\alpha_{jkl}$ ) her j, k vel için bağımsız Rayleigh dağılımlı rasgele değişkendir ve olasılık dağılımı aşağıda verilmiştir.

$$f_{\alpha_{jkl}}(\alpha_{jkl}) = \frac{\alpha_{jkl}}{\rho_{jkl}} \exp\left(-\frac{\alpha_{jkl}^2}{2\rho_{jkl}}\right) \quad \alpha_{jkl} \geq 0 \quad (5)$$

burada  $\rho_{jkl}$  katsayısı  $\alpha_{jkl}$ 'in ikinci momentin yarısıdır

$$\rho_{jkl} = \frac{1}{2} E\left[\alpha_{jkl}^2\right] \quad (6)$$

Kanalın yavaş sönümlü olduğu varsayılmıştır, bu yüzden sömüleme katsayısı ve yol sayısı (L) bir sembol boyunca sabittir. Kanal iletilen işarete ayrıca Eklemeli Beyaz Gauss Gürültüsü (EBGG)'de eklemektedir. Böylece, alıcıda alınan işaret ifadesi

$$r(t) = \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^{L-1} \alpha_{jkl} s_{jkl}(t - \tau_{jkl}) \cos(\omega_c t - \theta_{jkl}) + n(t) \quad (7)$$

dir. Burada n(t) bant geçiren sıfır beklenen değeri ve  $N_0/2$  varyanslı EBGG'dür.

Alıcı karşılayıcı süzgeçlerden oluşan RAKE alıcıdır ve Maksimum Oran Toplayıcı (MOT) kullanır. İstenen kullanıcının d'inci ölçekteki ( $d \in \{0, 1, \dots, J-1\}$ ) birinci kullanıcı ( $k=1$ ) olduğu varsayılmıştır. İstenen kullanıcı için alıcı Şekil 1'de görülmektedir.

Burada istenen kullanıcının ilgilenilen yolu referans yol olarak isimlendirilir  $l=l_r$ , ( $\{l_r \in 0, 1, 2, \dots, L-1\}$ ). Alıcının referans yolu için eş zamanın sağlandığı ( $\tau_{d l_r} = 0$ ) ve sömüleme katsayısı  $\alpha_{d l_r}$  hesaplayabildiği varsayılmıştır. Ayrıca, faz kaymaları  $\theta_{jkl}$  ( $\{1 \leq j \leq J, 1 \leq k \leq K$  ve  $0 \leq l \leq L-1\}$ ) işlemlerin kompleksliğinin azaltılması için sıfır kabul edilmiştir. Şekil 1'de, referans yol için karşılayıcı süzgecin çıkışında aşağıdaki ifade elde edilir.

$$\begin{aligned} z_{d l_r}(t) = & u'(t) + \frac{\alpha_{d l_r} T_c}{2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_{d l} \left[ \frac{n}{N} \right] c_1[n] \hat{x}_{dd}(t/T_c - n2^d) \\ & + \frac{T_c}{2} \sum_{\substack{l=0 \\ l \neq l_r}}^{L-1} \alpha_{d l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_1[n] \hat{x}_{dd}(t/T_c - n2^d - \tau_{d l}) + \\ & \frac{T_c}{2} \sum_{k=2}^K \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_{d k l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_k[n] \hat{x}_{dd}(t/T_c - n2^d - \tau_{d k l}) \\ & + \frac{T_c}{2} \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq d}}^{J-1} \sum_{k=1}^K \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_{j k l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_k[n] \hat{x}_{dj}(t/T_c - n2^d - \tau_{d k l}) \end{aligned} \quad (8)$$

burada  $u'(t)$  süzgeçten geçmiş EBGG'dür.  $\hat{x}_{dj}(t)$  ölçeklenmiş kıymık şekillendiricinin ( $x_d(t)$  ve  $x_j(t)$ ) zaman boyutunda çapraz ilişki fonksiyondur,  $\hat{x}_{dj}(t) = x_d(t) \otimes x_j(t)$  (9)

ifadesiyle verilir. Karşılayıcı süzgeç çıkışı  $2^d T_c$  aralıklarıyla örneklenir, örnekleyici çıkışı istenen kullanıcının yayılım dizisi ve sömüleme katsayısıyla ilişkilendirilir. İlişkilendirici çıkışında referans yol için karar değişkeninin sıfırncı sembol için ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$Z_{d l_r}[0] = \alpha_{d l_r} C_1^T [0] z_{d l_r}[0] \quad (10)$$

burada  $C_1[0]$ , istenen kullanıcının 0'inci sembolü ( $b_{d1}[0]$ ) için yayılım kodudur ve aşağıdaki ifade ile verilir.

$$C_1[0] = (c_1[0], \dots, c_1[N-1])^T. \quad (11)$$

Böylece, referans yolun karar değişkeni için genel ifade

$$Z_{d l_r}[0] = D_{d l_r} + N_{d l_r} + I_1 + I_2 + I_3 \quad (12)$$

yazılabilir. (12)'da ilk terim istenen işarettir aşağıda verilmiştir.

$$D_{d l_r} = \frac{\alpha_{d l_r}^2 N T_c b_{d1}[0]}{2} \quad (13)$$

$N_{d l_r}$  ifadesi, sıfır beklenen değeri ve  $\alpha_{d l_r}^2 N_0 E_b / 4$  varyanslı Gauss gürültüsüdür.  $I_1$ ,  $I_2$  ve  $I_3$  referans yola diğer yollardan verilen ÇEK'dir:  $I_1$ , istenen kullanıcının diğer yollarından referans yola verilen ÇEK.  $I_2$ , istenen kullanıcının ölçekteki diğer kullanıcıların tüm yollarının verdikleri ÇEK.  $I_3$ , diğer ölçeklerden referans yola verilen ÇEK'dir. ÇEK karışımları, [12]'de aşağıdaki ifadeler olarak elde edilmişlerdir.

$$\begin{aligned} I_1 = & \frac{\alpha_{d l_r} T_c}{2} \sum_{\substack{l=0 \\ l \neq l_r}}^{L-1} \alpha_{d l} \sum_{s=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{N-1} \{c_1[n-s] c_1[n] \hat{x}_{dd}(s2^d - \tau_{d l})\} \\ I_2 = & \frac{\alpha_{d l_r} T_c}{2} \sum_{k=2}^K \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_{d k l} \sum_{s=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{N-1} \{c_k[n-s] c_1[n] \hat{x}_{dd}(s2^d - \tau_{d k l})\} \\ I_3 = & \frac{\alpha_{d l_r} T_c}{2} \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=1}^K \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_{j k l} \sum_{s=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{N-1} \{c_k[n-s] c_1[n] \hat{x}_{jd}(s2^j - \tau_{j k l})\} \end{aligned} \quad (14)$$

elde edilir. Eşitlik(14)'deki ÇEK ifadelerinde, yayılım dizisi, gecikme, sömüleme katsayıları ve Gauss gürültüsü bağımsız rasgele değişkenlerdir. Bölüm 2'de bu değişkenler için verilen varsayımlara ve Gauss yaklaşımına dayanarak, yayılım dizilerinin beklenen değerleri (birinci momentleri) sıfırdır. İkinci momentleri birdir. Böylece  $Z_{d l_r}[0]$  'ın beklenen değeri

$$E\{Z_{d l_r}[0]\} = \frac{\alpha_{d l_r}^2 E_b}{2} \quad (15)$$

olur.  $Z_{d l_r}[0]$ 'in varyansı aşağıdaki ifade olur.

$$\begin{aligned} \text{Var}\{Z_{d l_r}[0]\} = & \frac{\alpha_{d l_r}^2 N_0 E_b}{4} \\ & + \frac{\alpha_{d l_r}^2 E_b T_c \rho_0}{2} \sum_{\substack{l=0 \\ l \neq l_r}}^{L-1} \sum_{s=-\infty}^{\infty} |\hat{x}_{dd}(s2^d - \tau_{d l})|^2 \\ & + \frac{\alpha_{d l_r}^2 E_b T_c \rho_0}{2} \sum_{k=2}^K \sum_{l=0}^{L-1} \sum_{s=-\infty}^{\infty} |\hat{x}_{dd}(s2^d - \tau_{d k l})|^2 \\ & + \frac{\alpha_{d l_r}^2 E_b T_c \rho_0}{2} \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq d}}^{J-1} \sum_{k=1}^K \sum_{l=0}^{L-1} |\hat{x}_{jd}(s2^j - \tau_{j k l})|^2 \end{aligned} \quad (16)$$

burada Rayleigh sömüleme katsayısının ( $\alpha_{jkl}$ ), ikinci momentinin yarısı tüm  $j$ ,  $k$  ve  $l$  için aynıdır ve  $\rho_0 = \frac{1}{2} E[\alpha_{jkl}^2]$  ifadesine eşittir. Sadece  $\alpha_{d l_r}$  alıcıda

referans yolun bilinen katsayısıdır. Böylece d'inci ölçekteki referans yol için İGO ( $\gamma_{dl_r}$ ),

$$\gamma_{dl_r} = \frac{\{E\{Z_{dl_r}[0]\}\}^2}{Var\{Z_{dl_r}[0]\}} \quad (17)$$

olur. MOT çıkışında toplam İGO ise, tüm yolların İGO'ları toplamıdır.

$$\gamma_{dl} = \sum_{l_r=0}^{L-1} \gamma_{dl_r} \quad (18)$$

Yukarıdaki varsayımlara dayanarak d'inci ölçekteki ( $d \in \{0, 1, \dots, J-1\}$ ) bir yolun İGO'nı tüm yollar için aynıdır, böylece d'inci ölçek bir yolun ortalama İGO ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$\bar{\gamma}_{dc} = \gamma_{dl_r} \cdot \frac{2\rho_0}{\alpha_{dl_r}^2} \quad (19)$$

Kaynak [13]'de Rayleigh yavaş sönümlü kanallar için verilen genel hata olasılığı denklemi kullanılarak, d'inci ölçek için hata olasılığı ifadesi

$$P_{ed} = \left[ \frac{1}{2}(1-\mu_d) \right]^L \sum_{l=0}^{L-1} \binom{L-1+l}{l} \left[ \frac{1}{2}(1+\mu_d) \right]^l \quad (20)$$

$$\mu_d = \sqrt{\frac{\bar{\gamma}_{dc}}{1+\bar{\gamma}_{dc}}} \text{ olur.}$$

#### 4. Hata Olasılığı Nümerik Hesaplamaları

Bu bölümde önceki bölümde elde edilen hata olasılığı ifadesi kullanılarak,  $D_8$ ,  $D_{12}$ , ve  $D_{16}$  için hata olasılıkları hesaplanmıştır. KKYK şekillendiriciler ( $\alpha=0.2, 0.5$  ve  $0.9$ ) içinde hata olasılıkları hesaplanmıştır. Çalışmada dört ölçek göz önüne alınmıştır, dolayısıyla dört farklı veri iletim/kıymık hızı söz konusudur (çok hızlı ( $j=0$ ), hızlı ( $j=1$ ), orta ( $j=2$ ) ve düşük ( $j=3$ )).

Yayımlım dizisi uzunluğu (N) 128 alınmıştır. Her bir ölçekteki kullanıcı sayısı (K) 15 olarak alınmıştır (toplam 60 kullanıcı). Çözünür yol sayısı (L) dört kabul edilmiştir. Her bir Rayleigh sönümlü yolun yarı gücü -14 dB alınmıştır [14].

Şekil 2-5'de nümerik hata olasılığı sonuçları istenen kullanıcının (yani d'inci ölçekte); çok yüksek hızlı ( $d=0$ ), yüksek hızlı ( $d=1$ ), orta hızlı ( $d=2$ ) ve düşük hızlı ( $d=3$ ) olması sırasıyla gösterilmiştir.

Şekil 2-5'da görüldüğü dalgacık tabanlı sistemler, KKYK tabanlı sistemlere göre çok daha iyi hata olasılığı performansı vermektedir. Özellikle, KKYK sistemlerde kullanıcı hızı düştükçe performans daha da kötüleşmektedir. Dalgacıkların, KKYK şekillendiricilere göre daha iyi performans vermesinin sebebi dalgacıkların farklı ölçekleri arasında (9) ile verilen çapraz ilişki değerlerinin düşük olması, dolayısıyla da farklı kıymık/veri hızlarındaki kullanıcılar arasında ÇEK'ların düşük olmasıdır.

#### 5. Sonuç

Bu bildiriye ÇKVH/DD-KBÇE işaretlerin, çok yollu Rayleigh sönümlü kanalda hata olasılıkları analizi verilmiştir. Kıymık şekillendirici olarak 3G sistemlerde kullanılan KKYK kıymık şekillendiricilere alternatif olarak, dalgacıklar (Daubechies dalgacıkları) kıymık şekillendirici olarak kullanılmıştır. Nümerik hesaplamalarda, kıymık şekillendiricilerin ilk dört ölçeği kullanılmıştır. Dalgacıklar, KKYK kıymık şekillendiricilere göre hata olasılığı performansını önemli ölçüde iyileştirmişlerdir. Bu durumun ana sebebi dalgacıkların farklı ölçekleri arasındaki çapraz ilişkinin, dolayısıyla da farklı hızlardaki kullanıcılar arasındaki ÇEK'in düşük olmasıdır.

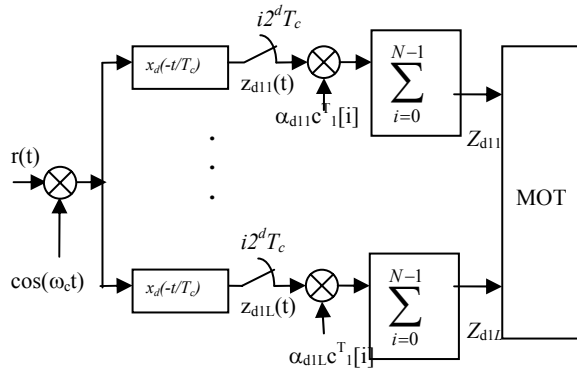
#### Teşekkür

Bu çalışma Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir, PN: 2003-45-08-09.

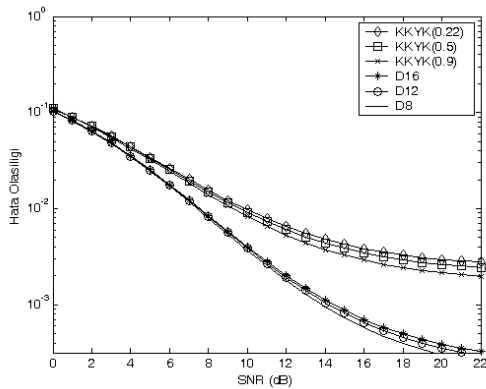
#### Kaynakça

1. Qui RC, Shen X, Guizani M, Le-Ngoc T. *Ultra-Wideband Wireless Communications and Networks*. Wiley: Chichester, West Sussex, UK, 2006.
2. Ottoson T, Svenson A. Multi-Rate Schemes in DS/CDMA Systems. *Proc. IEEE 45<sup>th</sup> Vehicular Technology Conference*, 1995, 1006-1010.
3. Baier A, Fiebig U, Granzow W, Teder P, Thielecke J. Design Study for a CDMA-Based Third-Generation Mobile Radio System. *IEEE Journal on Selected Areas in Comm.* 1994; **12**(4): 733-743.
4. Chen XH, Lang T, Oksman J. Multi-chip rate DS-CDMA system and its spreading codes dependent performance analysis. *IEE Proc. Comm.* 1998; **145**(5): 371-377.
5. Srinivasan R., Mitra U, Moses RL. Design and Analysis of Receiver Filters for Multiple Chip-Rate DS-CDMA Systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Comm.* 1999; **17**(12): 733-743.
6. Lyu D, Schober R. Spreading Code Selection for Multiple Chip Rate DS-CDMA Systems. *IEEE Trans. on Vehicular Technology* 2005; **54**(3): 1215-1218.
7. Öztürk E. *Single and Multi Scale DS-CDMA for Wireless Communication Network*. PhD Thesis, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, 2001.

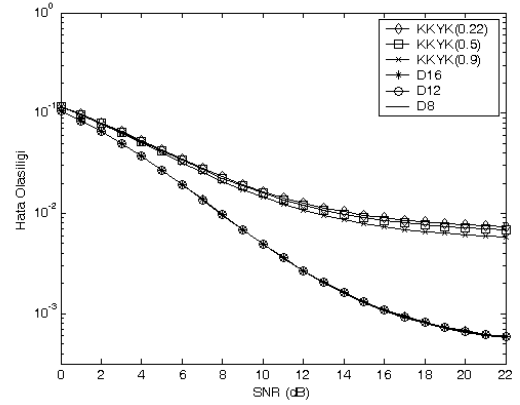
8. Öztürk E, Kucur O, Atkin GE, Performance of optimum wavelet waveform for DS-CDMA chip waveform over QS-AWGN channel. *International Journal of Communication Systems* 2006; **19**(1): 1-16.
9. Strang G, Nguyen T. *Wavelet and Filter Banks*. Wellesley-Cambridge Press: Cambridge, Wellesley, MA, 1996.
10. Third Generation Partnership Project (3GPP) Technical Specification 25.104: Radio Transmission and Reception, v3.2.0 (2000-2003).
11. Gao W, Cho JH, Lehnert JS. Chip Waveform Design for DS/SSMA Systems with Aperiodic Random Spreading Sequences. *IEEE Trans. on Wireless Communications* 2002; **1**(1): 37-45.
12. Öztürk E. Dalgacık Fonksiyonlarının KBÇE Sistemlerde Kıymık Dalga Formu Olarak Kullanılması, TÜBİTAK Teknik Rapor (EEEAG-103E009), Aralık 2005.
13. Proakis JG. *Digital Communications*. 4th ed. New York: McGraw Hill, 2001.
14. Kavehrad M, McLane PJ. Direct-Sequence Spread Spectrum with DPSK Modulation and Diversity for Indoor Wireless Communication. *IEEE Transactions on Communications* 1987; **35**(2): 224-236.



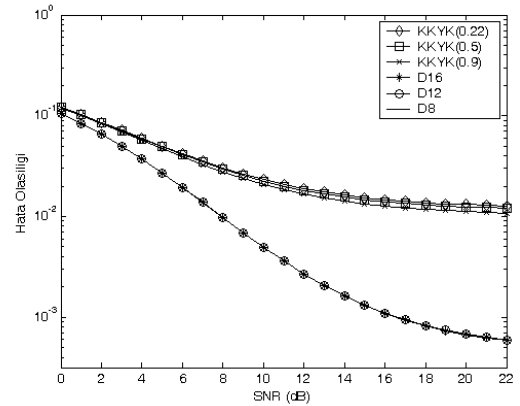
Şekil 1 İstenen kullanıcı için RAKE alıcı



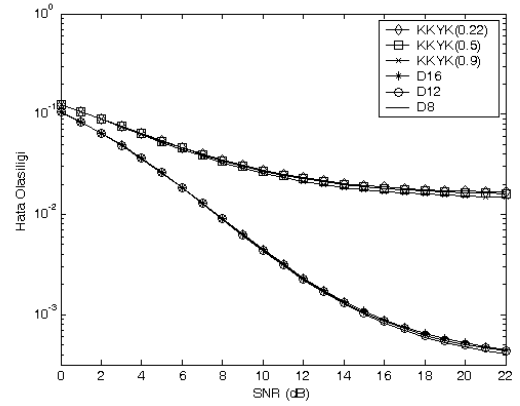
Şekil 2 Çok hızlı (d=0) kullanıcılar için hata olasılığı



Şekil 3 Hızlı (d=1) kullanıcılar için hata olasılığı



Şekil 4 Orta hızlı (d=2) kullanıcılar için hata olasılığı



Şekil 5 Düşük hızlı (d=3) kullanıcılar için hata olasılığı