

İŞLEME KAZANCININ AĞIRLIKLIL TOPARLAMA DİZİLERİ KULLANAN BİR DD-KBÇE ALICISINDA UYUMLAMA DEĞERLERİNE ETKİSİ

CebraİL ÇİFTLİKİLİ¹

İbrahim DEVELİ²

Elektronik Mühendisliği Bölümü
Erciyes Üniversitesi, 38039, Melikgazi, Kayseri

¹e-posta: cebrailc@erciyes.edu.tr

²e-posta: develi@erciyes.edu.tr

Anahtar sözcükler: DD-KBÇE Sistemleri, Çoklu Erişim Girişimi Bastırma, Ağırlıklı Toparlama Dizileri

ABSTRACT

The stepping chip weighting waveforms used in a direct sequence-code division multiple access (DS-CDMA) system have been designed for the purpose of multiple access interference rejection by emphasizing the transitions of the received signal of interest. In this paper, we examine the effect of the processing gain on the tuning values for a DS-CDMA receiver which employs despreading sequences weighted by stepping chip waveforms. Numerical results show that the diversity among the required values for tuning reduces with the increasing values of the processing gain.

1. GİRİŞ

Analog hücreli sistemin 1987' li yıllarda kapasite sınırlamasıyla karşı karşıya gelmesi, belirgin bir kapasite artışı sağlayan sayısal hücreli sistemin ortaya çıkmasını hızlandırmıştır. Bir radyo kanalına çoklu erişimi sağlayan değişik metodlar olmasına rağmen doğrudan dizili-kod bölme çoklu erişim (DD-KBÇE), gelecek nesil kişisel haberleşme sistemleri için oldukça uygun bir çoğullama yöntemi olarak görülmektedir [1]. Yayılı spektrum iletimine dayanan DD-KBÇE, birden fazla sayıda kullanıcıyı eşzamanlı veya eşzamansız olarak aynı spektrum bandını ortak olarak paylaşabilecek şekilde çoğullayabilir. DD-KBÇE sistemlerinde aynı bandın ortak olarak kullanılması, her bir kullanıcıya atanan benzersiz gürültü benzeri yayma kodları ile sağlanır.

Yayıllı spektrum, bilgiyi göndermek için gereken minimum bant genişliğinden (Shannon Bant Genişliği) daha fazla bir bant genişliği (Fourier Bant Genişliği) kullanılarak işaretin iletilmesi olarak açıklanabilir [1, 2]. DD-KBÇE teknolojisinin amacı, frekans sınırlı bir sistemde bant genişliği artışının sağlanması ve bununla birlikte güvenli bir iletişimin oluşturulmasıdır. Bir DD-KBÇE iletişim sistemindeki girişim farklı biçimlerde ortaya çıkabilir. Bunlardan ilki, sistemdeki çok sayıda kullanıcının eşzamanlı iletişiminden kaynaklanan çoklu erişim girişimidir

(ÇEG). Geniş bantlı girişim olarak da adlandırılan bu girişim; DD-KBÇE sistemindeki her kullanıcının, frekans ekseninde yayılı bir işaret biçiminde olması gerçeğine dayanılarak isimlendirilmiştir. Girişimin diğer kaynağı, DD-KBÇE sisteminden kaynaklanmayan ancak frekans ekseninde DD-KBÇE işaretlerini kısmen kaplayan işaretlerdir. Bu tür girişim işaretleri, dar bantlı işaretler olarak adlandırılır [3].

ÇEG; kullanıcılara atanan dayanak yayma kodların, algılayıcılardaki karşılıkları ile eşzamanlama problemi veya dayanak yayma kodların tasarımına uzanan dikgensizlik etkisiyle oluşur. Genel olarak, bu tür sistemlerde kullanıcılara atanacak yayma kodların çapraz ilintilerinin sıfıra yakın olması ve her bir kodun öz ilintisinin ise tek bir noktada zirve yapması arzu edilir [4].

2. LİTERATÜR

ÇEG, bir DD-KBÇE sisteminin kapasitesini sınırlayan en büyük faktör olması nedeniyle, son yıllarda bu etkinin bastırılması üzerine yoğunlaşan çok sayıda çalışma yapılmıştır [5-11]. Gürültü beyazlatma yaklaşımına dayanan ve basit yapısı ile dikkat çeken integral eşitlik alıcısı, ilk olarak Monk ve diğer arkadaşları tarafından literatüre kazandırılmıştır [11, 12]. İntegral eşitlik alıcısı, Fredholm integral eşitliğinin çözümü olan bir toparlama fonksiyonunu kullanmaktadır ve N^2 ile orantılı sayıda katsayı ile birlikte $2N^2$ tane üstel terimden oluşmaktadır. Burada N , işleme kazancını temsil etmektedir. Ne yazık ki, işleme kazancının oldukça yüksek olduğu durumlarda bu alıcı yapısı ile optimum toparlama fonksiyonunun bulunması oldukça zordur. ÇEG'yi bastıran bu yaklaşımdaki toparlama fonksiyonunun, dayanak kullanıcıya ait alınan işarettaki geçişleri vurgulaması, toparlama dizilerinin adım ağırlıklandırma dalga biçimleriyle ağırlıklandırılması düşüncesini doğurmuştur [13, 14]. Bu yaklaşıma göre ağırlıklandırılan bir toparlama dizisi, tek bir parametre ile belirlenmektedir ve parametrenin değeri, alıcıda en iyi başarımlı elde edecek şekilde uyumlanabilmektedir.

Bu çalışmada; adım ağırlıklı toparlama dizilerine ait parametrenin, en iyi bit hata oranı başarımının sağlanması için uyumlanması gereken değerlerin işleme kazancına göre değişimi incelenmiştir. İyi ilinti özellikleri nedeniyle (düşük çapraz ilinti ve yüksek öz ilinti) tüm analizlerde kullanılan dayanak yayma kodları, farklı N değerlerine sahip Gold kod setlerinden seçilmiştir [15].

3. SİSTEM TANIMI

DD-KBÇE sistemindeki k . kullanıcıya ait iletilen işaret aşağıdaki gibi gösterilebilir,

$$S_k(t) = \sqrt{2P}b_k(t)a_k(t) \cos(\omega_c t + \theta_k) \quad (1)$$

bu eşitlikteki P ve ω_c , sırasıyla iletilen gücü ve taşıyıcı frekansını temsil etmektedir. θ_k fazı; $b_k(t)$ ikili veri dizisini; $a_k(t)$ ise yayma dizisini (kod) göstermektedir. Veri biti ve kırkık sürelerinin sırasıyla T_b ve T_c olarak temsil edildiği durumda bir yayma dizisi, işleme kazancı olarak adlandırılan ve değeri $N=T_b/T_c$ olan bir periyoda sahiptir.

Eşzamansız bir DD-KBÇE sistemi için baz istasyonu tarafından alınan işaret $r(t)$, aşağıdaki eşitlikle gösterilebilir,

$$r(t) = \sum_{k=1}^K S_k(t - \tau_k) + n(t) \quad (2)$$

burada K , aktif kullanıcı sayısını; $n(t)$ çift taraflı spektral yoğunluğu $N_0/2$ olan ve toplanır beyaz Gauss gürültüsü olarak modellenmiş kanal gürültüsünü göstermektedir. τ_k , $(0, T_b]$ aralığında üniform olarak dağılmış raslantı değişkenidir.

Ağırlıklı toparlama dizisi aşağıdaki eşitlikle gösterilebilir [14]

$$\hat{a}_k(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} a_j^{(k)} w_j^{(k)} \left(t - jT_c \left\{ c_j^{(k)}, c_{j+1}^{(k)} \right\} \right) P_{T_c}(t - jT_c) \quad (3)$$

burada $c_j^{(k)} = a_{j-1}^{(k)} a_j^{(k)}$ dir. $0 \leq t \leq T_c$ aralığı için $w_j^{(k)} \left(t \left\{ c_j^{(k)}, c_{j+1}^{(k)} \right\} \right)$ ise, ard arda sıralı üç kırkığın, $\{a_{j-1}^{(k)}, a_j^{(k)}, a_{j+1}^{(k)}\}$, durumuna koşullu olan k . alıcıya ait j . kırkık ağırlıklandırma dalga biçimidir.

Her bir $c_j^{(k)}$, k . yayma işaretinin bir sonraki elemanının bir önceki eleman ile aynı olup olmadığına işaret eden bir raslantı değişkenidir. $c_j^{(k)} = -1$ olması, $a_{j-1}^{(k)} \neq a_j^{(k)}$ anlamına gelir ve bu iki ardışık kırkık arasında bir geçişin oluştuğunu gösterir. Bu iki ardışık kırkık arasında bir geçiş yoksa, $a_{j-1}^{(k)} = a_j^{(k)}$

durumunu belirleyecek şekilde $c_j^{(k)} = 1$ dir. Buna göre, k . alıcı için j . kırkığın koşullu ağırlıklandırma dalga biçimi aşağıda gösterilen biçimde verilir [14]

$$w_j^{(k)} \left(t \left\{ c_j^{(k)}, c_{j+1}^{(k)} \right\} \right) = \begin{cases} c_j^{(k)} = +1 \text{ ve } c_{j+1}^{(k)} = +1 & \text{ise } m_1(t) \\ c_j^{(k)} = -1 \text{ ve } c_{j+1}^{(k)} = -1 & \text{ise } m_2(t) \\ c_j^{(k)} = -1 \text{ ve } c_{j+1}^{(k)} = +1 & \text{ise } m_3(t) \\ c_j^{(k)} = +1 \text{ ve } c_{j+1}^{(k)} = -1 & \text{ise } m_4(t) \end{cases} \quad (4)$$

burada, $p \in [1,2,3,4]$ için $m_p(t)$, kırkık ağırlıklandırma dalga biçimleridir ve aşağıdaki gibi ifade edilmiştir [14]

$$\begin{aligned} m_1(t) &= L(\varepsilon) P_{T_c}(t) \\ m_2(t) &= P_{T_c}(t) - [1 - L(\varepsilon)] P_{T_c - 2T_\Delta}(t - T_\Delta) \\ m_3(t) &= P_{T_\Delta}(t) + L(\varepsilon) P_{T_c - T_\Delta}(t - T_\Delta) \\ m_4(t) &= L(\varepsilon) P_{T_c - T_\Delta}(t) + P_{T_c}(t) - P_{T_c - T_\Delta}(t) \end{aligned} \quad (5)$$

burada $T_\Delta \in (0, T_c/2]$, $\varepsilon = T_c/T_\Delta \in [2, \infty)$, adım ağırlıklandırma dalga biçimlerinin bir parametresidir. $L(\varepsilon) \in [0,1]$, ε 'nin monoton olarak azalan bir fonksiyonudur. Gerçekleştirmede basitlik için $L(\varepsilon) = [C(\varepsilon/2 - 1) + 1]^{-1}$ olarak tanımlanmıştır. Bu eşitlikteki C sabitinin değeri, [14]'de gerçekleştirilen analize dayanarak 10 olarak seçilmiştir.

k . kullanıcı için i . yayma kodun dayanak olarak seçildiği durumda $\{c_j^{(k,i)}\}_{j=0}^{N-1}$, ye koşullu karar değişkeninin $SINR_{(k,i)}$ [işaret/(girişim+gürültü) oranı] ifadesi,

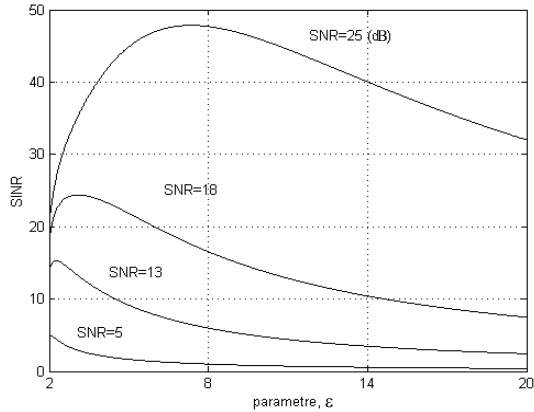
$$SINR_{(k,i)} = \left\{ \frac{\varepsilon [2\chi + (\varepsilon - 2\chi)L^2(\varepsilon)]}{2\kappa_b [2\chi + (\varepsilon - 2\chi)L(\varepsilon)]^2} + \frac{(K-1) \Xi(\Gamma\{c_j^{(k,i)}\}, \varepsilon)}{2\varepsilon N [2\chi + (\varepsilon - 2\chi)L(\varepsilon)]^2} \right\}^{-1} \quad (6)$$

burada, $E_b = PT_b$, $\kappa_b = E_b/N_0$, $\chi = \hat{N}_{(k,i)}/N$ dir. $\hat{N}_{(k,i)}$, $j \in [0, N-1]$ için $c_j^{(k,i)} = -1$ durumunun kaç kez oluştuğunu gösteren bir raslantı değişkenidir. Eşitlik (6)'da verilen $\Xi(\Gamma\{c_j^{(k,i)}\}, \varepsilon)$, aşağıdaki gibi tanımlanır [14]

$$\Xi\left(\Gamma_{\{c_j^{(k,i)}\}, \varepsilon}\right) = \frac{1}{N} \left\{ \Gamma_{\{-1,-1,-1\}}^{(k,i)} \left[\frac{8}{3} + 4(\varepsilon - 2)L(\varepsilon) + \frac{(\varepsilon - 2)^2(4 + \varepsilon)L^2(\varepsilon)}{3} \right] + \left(\Gamma_{\{-1,-1,1\}}^{(k,i)} + \Gamma_{\{1,-1,-1\}}^{(k,i)} \right) \cdot \left[\frac{5}{3} + \left(3\varepsilon - \frac{16}{3} \right) L(\varepsilon) + \left(\frac{\varepsilon^3}{3} - 3\varepsilon + \frac{11}{3} \right) L^2(\varepsilon) \right] + \right. \\ \left. \left(\Gamma_{\{-1,1,1\}}^{(k,i)} + \Gamma_{\{1,1,-1\}}^{(k,i)} \right) \cdot \left[\frac{1}{3} + \left(\varepsilon - \frac{2}{3} \right) L(\varepsilon) + \left(\varepsilon^3 - \varepsilon + \frac{1}{3} \right) L^2(\varepsilon) \right] + \Gamma_{\{-1,-1,-1\}}^{(k,i)} \cdot \left[\frac{2}{3} + 2 \left(\varepsilon - \frac{2}{3} \right) L(\varepsilon) + \left(\varepsilon^3 - 2\varepsilon + \frac{2}{3} \right) L^2(\varepsilon) \right] + \right. \\ \left. \Gamma_{\{1,-1,-1\}}^{(k,i)} \cdot \left[\frac{2}{3} + \left(2\varepsilon - \frac{8}{3} \right) L(\varepsilon) + \left(\frac{\varepsilon^3}{3} - 2\varepsilon + 2 \right) L^2(\varepsilon) \right] + \varepsilon^3 L^2(\varepsilon) \Gamma_{\{1,1,1\}}^{(k,i)} \right\} \quad (7)$$

Eşitlikteki $\Gamma_{\{v_1, v_2, v_3\}}^{(k,i)}$, k . kullanıcıya ait i . yayma dizisindeki tüm j ' ler için $\{c_{j-1}^{(k,i)}, c_j^{(k,i)}, c_{j+1}^{(k,i)}\} = \{v_1, v_2, v_3\}$ durumunun kaç kez gerçekleştiğini göstermektedir ve her v_n , $n \in [1, 2, 3]$, eşit olasılıklarla +1 veya -1 değerlerini almaktadır [13, 14].

Şunu önemle belirtmek gerekir ki ε parametresinin değeri, κ_b ($=SNR$)'deki değişime karşılık (6)'yı maksimize edecek şekilde optimum değerine uyumlanmalıdır. [14, 16]. Bu gereksinim, $N=63$, $\hat{N}_{(k,i)} = 34$, $\Gamma_{\{-1,-1,-1\}}^{(k,i)} = 6$, $\Gamma_{\{-1,-1,1\}}^{(k,i)} + \Gamma_{\{1,-1,-1\}}^{(k,i)} = 20$, $\Gamma_{\{-1,1,1\}}^{(k,i)} + \Gamma_{\{1,1,-1\}}^{(k,i)} = 20$, $\Gamma_{\{-1,1,-1\}}^{(k,i)} = 6$, $\Gamma_{\{1,-1,1\}}^{(k,i)} = 6$ ve $\Gamma_{\{1,1,1\}}^{(k,i)} = 5$ değerlerine sahip bir yayma dizisinin dayanak olarak seçildiği durum için Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Farklı SNR değerleri için ε 'ye karşı $SINR$ 'nin değişimi ($K = 9$).

4. SAYISAL ANALİZ

Bu kısımda, bir DD-KBÇE sistemindeki k . kullanıcının, farklı N değerlerine sahip Gold setlerinden seçilen değişik yayma kodlarını dayanak olarak kullandığı durum için κ_b 'ye karşı uyumlanması gereken optimum parametre değerlerinin değişimi incelenmiştir. Her ne kadar dayanak olarak kullanılacak yayma kodlarına ait $\Gamma_{\{v_1, v_2, v_3\}}^{(k,i)}$ değerleri, düşük işleme kazançlarında kodlar arasındaki farklılığın bir göstergesi olsa da, yüksek işleme kazançları için bit hata oranı başarımlarını bakımından kodlar arasındaki

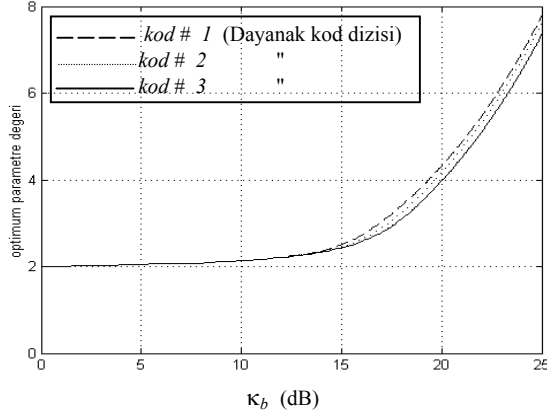
farklılığın önemli bir miktarının, $\hat{N}_{(k,i)}$ değerlerindeki farklılık nedeniyle oluştuğu söylenebilir [16]. Bu nedenle, bu çalışma için seçilen dayanak yayma kodları, $\hat{N}_{(k,i)}$ değeri farklı olan kodlar arasından seçilmiştir.

Tablo 1; $N=63$, 127 ve 511 değerlerine sahip Gold kod setlerinden seçilmiş bir grup yayma koduna ait $\hat{N}_{(k,i)}$ ve $\Gamma_{\{v_1, v_2, v_3\}}^{(k,i)}$ değerlerini göstermektedir [15]. Her bir N değeri için Tablo 1'de verilen özelliklere sahip kodlar, set içerisinde tamamen rasgele olarak seçilmiştir. Şekil 2, k . kullanıcıya ait alıcının, Tablo 1'de verilen $N=63$ değerindeki üç kodu (*kod # 1*, *kod # 2* ve *kod # 3*) dayanak olarak kabul ettiği durum için değişik κ_b değerlerine göre hesaplanmış optimum parametre değerlerin değişimini göstermektedir. Bu şekle göre özellikle $\kappa_b > 15$ dB için, her üç koda ait optimum parametre değerleri arasındaki farklılık rahatlıkla görülebilir.

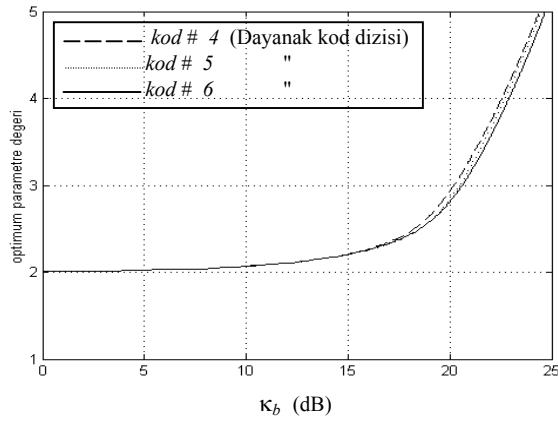
Şekil 3, $N=127$ değeri için Tablo 1'de verilen ilgili kodların (*kod # 4*, *kod # 5* ve *kod # 6*) dayanak olarak kullanılması durumunda κ_b 'nin farklı değerlerine karşı hesaplanmış optimum parametre değerlerini göstermektedir. Şekilde görülen değişimlere dayanarak, $N=63$ için elde edilen duruma kıyasla üç koda ait optimum parametre değerlerinin birbirinden belirgin olarak farklılaşmaya başladığı noktanın sağa doğru kaydığı görülebilir. Bu gözleme ek olarak, bir önceki duruma kıyasla hesaplanmış değerler arasındaki farklılığın azaldığına dikkat çekilebilir.

Tablo 1. $N = 63$, 127 ve 511 olan üç Gold setinden seçilmiş yayma kodlarına ait $\Gamma_{\{v_1, v_2, v_3\}}^{(k,i)}$ değerleri.

k	d	N	$\hat{N}_{(k,i)}$	$\Gamma_{\{v_1, v_2, v_3\}}^{(k,i)}$		$\Gamma_{\{-1,-1,-1\}}^{(k,i)}$	$\Gamma_{\{-1,-1,1\}}^{(k,i)}$	$\Gamma_{\{-1,1,-1\}}^{(k,i)}$	$\Gamma_{\{1,1,1\}}^{(k,i)}$
				$\Gamma_{\{-1,-1,-1\}}^{(k,i)}$	$\Gamma_{\{-1,-1,1\}}^{(k,i)}$				
1	63	24	2	12	20	6	10	13	
2	63	32	6	20	20	6	6	5	
3	63	40	14	20	12	10	6	1	
4	127	56	10	28	36	14	18	21	
5	127	64	16	40	32	12	8	19	
6	127	72	22	36	20	22	14	13	
7	511	240	52	120	136	60	68	75	
8	511	256	64	128	128	64	64	63	
9	511	271	84	136	136	52	52	51	

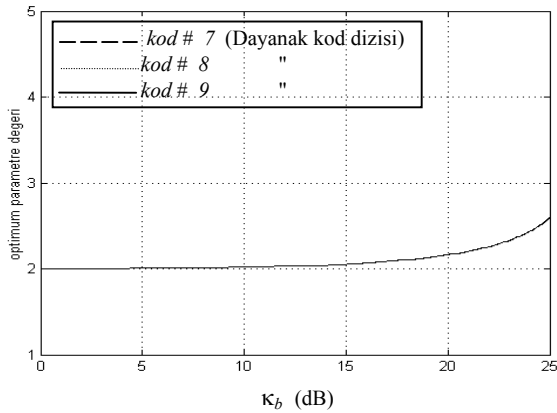


Şekil 2. Üç farklı yayma kodlu k . alıcı için değişik κ_b değerlerine karşı hesaplanmış optimum parametre değerleri ($N=63$ ve $K=9$).



Şekil 3. $N=127$ için üç farklı yayma kodlu k . alıcıya ait değişik κ_b değerlerine karşı hesaplanmış optimum parametre değerleri ($K=9$).

Şekil 4'de görülen değişim; k . kullanıcıya ait alıcının $N=511$ değerine sahip Tablo 1'de verilen kodların (kod # 7, kod # 8 ve kod # 9) dayanak olarak kullanılması durumunda, en iyi başarımın elde edilmesi için gerekli optimum parametre değerlerini göstermektedir.



Şekil 4. $N=511$ için üç farklı yayma kodlu k . alıcıya ait farklı κ_b değerlerine karşı hesaplanmış optimum parametre değerleri ($K=9$).

Şekil 4, önceki iki durumla kıyasla işleme kazancının daha da artırılması sonucu, kodlar arasındaki tasarım farklılıklarının (optimum parametre değerleri açısından) neredeyse kaybolduğunu göstermektedir. İlâveten, farklı dayanak kodlar için alıcının uyumlanması gereken parametre değerlerinin değişim aralığının da dar bir bölgede ($[2, 2.5]$) sınırlandırıldığı görülebilir.

5. SONUÇ

Bir DD-KBÇE sistemindeki toparlama dizilerinin adım ağırlıklı dalga biçimleriyle ağırlıklandırılması, ÇEG'nin etkili olarak bastırılmasında kullanılır. Bu çalışmada; adım ağırlıklı toparlama dizilerine ait parametrenin, en iyi bit hata oranı başarımını (en yüksek $SINR$) sağlamak için uyumlanması gereken değerlerin işleme kazancına göre değişimi incelenmiştir. Sayısal sonuçlar, düşük işleme kazançları için değişik kodlara ait farklı uyumlama değerlerinin olduğunu göstermiştir. İşleme kazancının artışıyla birlikte, farklı kodlara ait ortak bir uyumlama değer setinin şekillendiği gözlenmiştir. Ayrıca, yüksek kazançlar için uyumlama değer değişiminin giderek dar bir bölgede değişim gösterdiği bulunmuştur. Tüm bu sonuçlar, yüksek işleme kazançlarında dayanak kodlar arasındaki tasarım farklılıklarının azaldığına işaret etmektedir. Bu çalışmadan elde edilen diğer önemli bir vargı, yüksek işleme kazançlı DD-KBÇE sistemlerindeki alıcılarda kullanılan ağırlıklı toparlama dizilerinin daha kolay uyumlanabileceği gerçektir.

KAYNAKLAR

- [1] Glisic S.G., Leppänen P.A., Code Division Multiple Access Communications, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, London, 1995.
- [2] Çiftlikli C., Develi İ., Çiftlikli Ş., Kablosuz Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim İletişimi, İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ 1. ULUSAL SEMPOZYUMU VE FUARI, s. 221-225, 17-21 Ekim 2001, Ankara.
- [3] Çiftlikli C., Develi İ., Alkan M., Kestirim Filtresinin Kullanıldığı DS/CDMA Sistemlerindeki Darbantlı Girişim Bastırma Verimliliğinin İncelenmesi, ELECO'2000 ELEKTRİK-ELEKTRONİK- BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ SEMPOZYUMU VE FUARI, s. 270-274, 8-12 Kasım 2000, Bursa.
- [4] Dinan E.H., Jabbari B., Spreading Codes for Direct Sequence CDMA and Wideband CDMA Cellular Networks, IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, Vol 36, Iss 9, pp. 48-52, 1998.
- [5] Varanasi M.K., Aazhang B., Near - optimum Detection in Synchronous Code-Division Multiple-Access Systems, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Vol 39, pp. 725-736, 1991.
- [6] Varanasi M.K., Aazhang B., Multistage Detection in Asynchronous Code-Division Multiple-

- Access Systems, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Vol 38, pp 509-519, 1990.
- [7] Poor H.V., Wang X., Code-aided Interference Suppression for DS/CDMA Communications -Part I: Interference Suppression Capability, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Vol 45, Iss 9, pp. 1101-1111, 1997.
- [8] Verdu S., Minimum Probability of Error for Asynchronous Gaussian Multiple-Access Channels, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, Vol IT-32, pp. 85-96, 1986.
- [9] Xie Z., Short R.T., Rushforth C.K., A Family of Suboptimum Detectors for Coherent Multiuser Communications, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Vol 8, pp. 683-690, 1990.
- [10] Duel-Hallen A., Decorrelating Decision-feedback Multiuser Detector for Synchronous Code-division Multiple Access Channels, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Vol 41, pp. 285-290, 1993.
- [11] Monk A.M., Davis M., Milstein L.B., Helstrom C.H., A Noise-whitening Approach to Multiple Access Noise Rejection-Part I: Theory and Background, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Vol 12, pp. 817-827, 1994.
- [12] Davis M., Monk A.M., Milstein L.B., A Noise-Whitening Approach to Multiple-Access Noise Rejection-Part II: Implementation Issues, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Vol 14, pp 1488-1499, 1996.
- [13] Huang Y., Ng T.S., Effects of Weighted Despreading Sequence on CDMA Performance, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS, pp. 226-230, 1997, Helsinki.
- [14] Huang Y., Ng T.S., A DS-CDMA System Using Despreading Sequences Weighted by Adjustable Chip Waveforms, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Vol 47, Iss 12, pp. 1884-1896, 1999.
- [15] Kärkkäinen K.H.A., Leppänen P.A., The Influence of Initial-Phases of a PN Code Set on The Performance of an Asynchronous DS-CDMA System, WIRELESS PERSONAL COMMUNICATIONS, Vol 13, Iss 3, pp. 279-293, 2000. [HTTP]: www.ee.oulu.fi/~kk
- [16] Çiftlikli C., Develi İ., Karaboga N., A Simple Method Based on Neural Network for Adjusting Stepping Chip Waveforms Used to Weight Despreading Sequences Employed by DS/CDMA System, 10th SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND NEURAL NETWORKS (TAINN'2001), pp. 86-93, 21-22 June 2001, N. Cyprus.