



DD-KBÇE İletişim Sistemlerinin Farklı Yayma Kodları İçin Weibull Sönümlü Kanaldaki Bit Hata Oranı Başarım Analizleri

Yasin KABALCI^{1, *}

¹Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Niğde.

Başvuru: 24/04/2016 Düzeltme:17/05/2016 Kabul: 23/05/2016

ÖZ

Kablosuz iletişim sistemleri günümüz araştırma ve geliştirme alanlarının en dinamik olanlarından birisidir. Son yıllarda çok popüler olan kablosuz iletişim teknolojilerinden birisi doğrudan dizili kod bölmeli çoklu erişim (DD-KBÇE) sistemidir. Bu çalışmada DD-KBÇE iletişim sistemlerinin bit hata oranı (BHO) başarımları, bina içi ve bina dışı ortamlarda çok yönlü yayılıma sahip sönümlenmeli kanalların tanımlanabilmesi için önerilmiş uygun bir istatistiksel model olan Weibull sönümlü kanallar üzerinden analiz edilmiştir. İletişim sistemlerinin BHO başarımları hem Gold ve Walsh-Hadamard kodları gibi iki farklı yayma kodu kullanılarak hem de Weibull sönümlenmeli kanalın sönümlenme parametreleri değiştirilerek elde edilmiştir. Farklı kullanıcı sayıları için gerçekleştirilen başarımların analizleri sonucunda Walsh-Hadamard yayma kodlarının artan kullanıcı sayılarında Gold kodlarından oldukça üstün oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Doğrudan dizili kod bölmeli çoklu erişim, Weibull sönümlü kanal, Gold kodları, Walsh-Hadamard kodları.

Bit Error Rate Performance Analyses of DS-CDMA Systems for Different Spreading Codes in Weibull Fading Channels

ABSTRACT

Wireless communication systems are one of the most dynamic areas of contemporary research and development areas. In recent years, one of the most popular wireless technologies is direct-sequence code division multiple access (DS-CDMA) systems. In this study, the bit error rate (BER) performances of the DS-CDMA systems are investigated over Weibull fading channel model that is proposed as an appropriate fading model to describe multipath fading channels for both indoor and outdoor environments. The BER performances of communication systems are obtained for both by employing two different spreading codes such as Gold and Walsh-Hadamard codes, and by varying the value of fading parameters of the Weibull channel model. Performed simulation results for different user numbers are confirmed that Walsh-Hadamard spreading codes outperform than the Gold codes in the event of increasing user numbers.

Keywords: Direct sequence code division multiple access, Weibull fading channel, Gold codes, Walsh-Hadamard codes.

*Corresponding author, e-mail: yasinkabalcı@nigde.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Geçtiğimiz son on yılda kablosuz mobil iletişim teknolojileri kullanıcıların artan talepleri ile kablosuz iletişim ağlarının başarımı arasındaki boşluğu doldurmak için daima değişmiş ve yenilenmiştir. Bu yüzden kablosuz iletişim sistemleri günümüz araştırma ve geliştirme alanlarının en dinamik olanlarından birisi haline gelmiştir. Son yıllarda çok popüler olan önemli bir kablosuz iletim teknolojisi kod bölme çoklu erişim (KBÇE) tekniği ve bu tekniğe bağlı olarak geliştirilmiş türleridir [1, 2]. KBÇE tekniği Dmitriy V. Ageev tarafından 1935 yılında geliştirilmiş olup ardından ilk taşınabilir cep telefonu 1957 yılında Leonid Kupriyanovic tarafından geliştirilmiştir [3]. KBÇE kavramının bir kanal erişim yöntemi olarak ticarileşmesi ise bu süreçte bir yıl sonra gerçekleşmiştir [4]. Adından da açıkça anlaşılacağı gibi bu teknik bir çoklu erişim yöntemidir. Diğer bir ifadeyle birden fazla kullanıcı aynı ağ yapısında diğer kullanıcıları etkilemeden radyo altyapısını iletişim kanalına erişmek için paylaşmaktadır [5]. Bu teknikte iletişim altyapısı birden fazla kullanıcı tarafından paylaşılmasına rağmen işaretler sözde rastgele adı verilen benzersiz kod yapıları ile birbirinden ayrılmaktadır. Her kullanıcı kendisine özel atanan kod sayesinde kendi mesajını alırken diğer işaretleri gürültü işareti olarak değerlendirmektedir [4].

İlk analog hücreli iletişim sistemleri olan birinci nesil (1G) iletişim sistemlerinde frekans bölme çoğullama (Frequency-division multiplexing, FDM) teknikleri kullanılmıştır. İletişim sistemlerindeki gelişmelere bağlı olarak ikinci nesil (2G) hücreli iletişim sistemlerinde ise zaman bölme çoğullama (Time-division multiplexing, TDM) yöntemleri ve KBÇE teknikleri tercih edilmiştir. 2G hücreli iletişim sistemleri Avrupa’da Mobil İletişim için Küresel Standart (Global Standard for Mobile Communications, GSM) ile Amerika’da ise Uluslararası 54 (International standard 54, IS-54) ve dar bantlı KBÇE kullanan Uluslararası 95 (International standard 95, IS-95) ile standart hale gelmiştir. KBÇE teknolojisi ilk tanımlanmasından günümüze kadar uzun bir gelişim sürecinden geçmiştir ve hala gelişimini sürdürmektedir [1]. Şu anda KBÇE sistemlerinin hücreli iletişim yönteminde küresel olarak kabul görmüş iki önemli standart bulunmaktadır. Bu standartlardan ilki Kuzey Amerika’da Sayısal Gelişmiş Mobil Telefon Sistemleri (Digital Advanced Mobile Phone System, Digital-AMPS) ile rekabet için geliştirilen ve oldukça popüler olan IS-95 standardıdır. 2G mobil iletişim sistemi olan bu standart 1.25 MHz bant genişliği ile çok sayıda kullanıcıya hizmet verebilmektedir [6-8]. Diğer taraftan ilk kez Kore’de gerçekleştirilen KBÇE 2000 (CDMA 2000) standardı üçüncü nesil (3G) mobil iletişim teknolojisinin bir üyesidir [9]. 1.25 MHz ile 3.75 MHz aralığında değişen bant genişliğine sahip olan bu standartta veri hızı 144 Kbps ile 2 Mbps aralığında değişmektedir [10-12] ve aynı zamanda bu standart IS-95 ile de uyumludur [4]. FDM ve TDM ile karşılaştırıldığında KBÇE temelli kablosuz mobil iletişim sistemleri daha büyük sistem kapasitesi, daha iyi girişim reddi yeteneği, daha yüksek frekans

verimliliği, daha fazla güvenlik gibi birçok avantaja sahiptir. Bu avantajlardan bazıları KBÇE sisteminin yayılı spektrumunun doğasına atfedilirken, yumuşak el değiştirme ve güç kontrolü gibi diğer avantajları ilgili tekniklerden kaynaklanmaktadır [1].

Yayıllı spektrum tekniğinin ilk uygulama alanları askeri uygulamalar ve navigasyon sistemleri olsa da Qualcomm firması KBÇE teknikleri üzerine yoğun araştırmalar gerçekleştirmiş ve dar bantlı KBÇE IS-95 yayılı spektrum iletişiminin ticarileşmesinde öncü rol oynamıştır. Farklı yayılı spektrum çoklu erişim teknikleri arasında doğrudan dizili (DD) KBÇE tekniği iletişim sistemleri için etkin bir yöntem olarak bilinmektedir çünkü bu yöntem olağanüstü kapasiteye, dar bantlı girişimi bastırma kabiliyetine ve çok yollu olmayan iletim özelliklerine sahiptir. Bu tekniğe göre iletilen işaretin her bir biti yöntemin kırk olarak adlandırılan ve bilgi bitinden çok daha kısa süreli olan bir sözde gürültü dizisi ile çarpılır. Gerçekleştirilen bu çarpma işleminin sonucunda işaretin kapladığı bant genişliği bit ve kırk süresi arasındaki orana eşit bir faktör (yayma faktörü) ile artar [12]. Sunduğu bu önemli avantajlar nedeniyle DD-KBÇE tekniği 2G’den 3G hücreli iletişim sistemlerine kadar birçok iletişim teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kablosuz iletişim alanında gerçekleştirilen çalışmaların çoğunda bit hata oranı (BHO) analizleri için Rayleigh sönümlü kanal modeli kullanılmıştır ancak son zamanlarda Weibull sönümlü kanallar üzerinden sayısal iletişim konularının araştırılması ilgi çekici olmaya başlamıştır. Weibull dağılımı bina içi ve bina dışı ortamlarda çok yollu yayılıma sahip sönümlemeli kanalların tanımlanabilmesi için önerilmiş uygun bir istatistiksel modeldir. Bu dağılım çeşitli kablosuz iletişim uygulamalarında kullanılmıştır [13-18]. Babich *vd.* Weibull dağılımının 1.89 GHz frekansında çalışan geliştirilmiş Sayısal Kablosuz Telekomünikasyon Sistemleri (Digital Enhanced Cordless Telecommunications, DECT) için en iyi uyumu sağladığını göstermişlerdir [13]. [14] numaralı çalışmada yazarlar 900 MHz frekansında çalışan GSM iletişim sistemi için bazı deneyler yaparak Weibull dağılımının bina dışı ortamlar için de sönümleme modeli olarak kullanılabilirliğini göstermişlerdir. Wang *vd.* optik bağlantı hatlarına çoklu darbe konum modülasyonunu adapte ederek ortalama BHO başarımlarını Weibull sönümlü kanal modeli üzerinden araştırmışlardır [17]. Chauhan *vd.* dikgen uzay-zaman blok kodlarının kapasitesindeki uzaysal korelasyonun etkisini Weibull sönümlü kanal şartlarında farklı adaptif iletim yöntemleri için incelemişlerdir [18]. Bunlara ek olarak “IEEE Vehicular Technology Society Committee” teoriksel çalışmalarda Rayleigh dağılımının zayıflıklarını telafi edebilmek için Weibull modelinin kullanılmasını önermektedir [19].

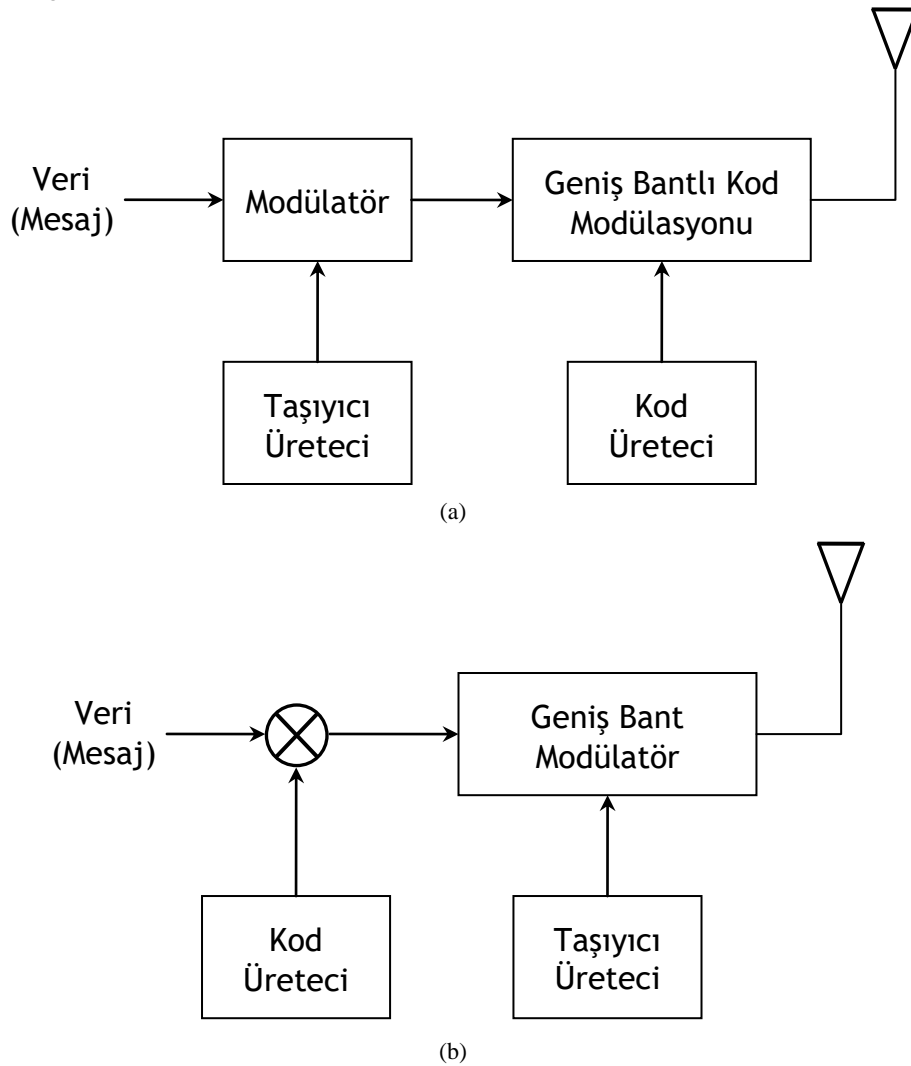
Literatür taramasından edinilen bilgiye göre DD-KBÇE tekniğini kullanan iletişim sistemlerinin başarımlarının farklı yayma kodları göz önünde bulundurularak Weibull sönümlü kanal modeli üzerinden şimdiye kadar araştırılmamış olduğu görülmektedir. Literatüre bu noktada katkı sağlayabilmek için bu çalışmada DD-

KBÇE iletişim sisteminin Weibull sönümlü kanal modeli üzerindeki BHO başarımları farklı yayma kodları için analiz edilmiştir. Benzetim çalışmalarında yayma kodu olarak Gold ve Walsh-Hadamard kodları tercih edilmiş olup bu iki yayma kodunun başarımlarını karşılaştırmaları farklı sönümlenme şartları da göz önünde bulundurularak kapsamlı olarak araştırılmıştır. Ayrıca sistem başarımının incelenebilmesi için yapılan benzetim çalışmalarında sönümlenme değerlerinin farklı alınmasına ek olarak kullanıcı sayıları da farklı seçilerek detaylı analizler gerçekleştirilmiştir.

2. DOĞRUDAN DİZİLİ KOD BÖLMELİ ÇOKLU ERİŞİM TEKNİĞİ (DIRECT SEQUENCE CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS TECHNIQUE)

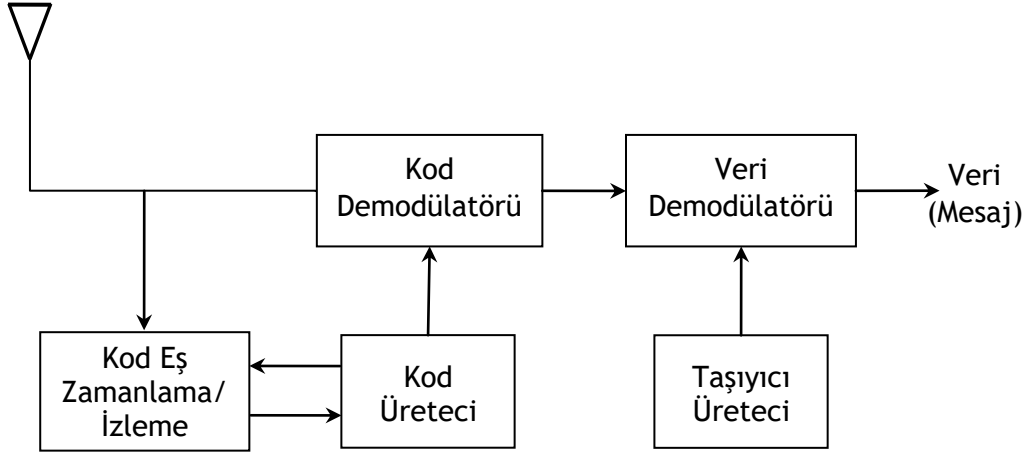
DD-KBÇE protokollerinde, modülasyonlu bilgi işareti (veri işareti) bir sayısal kod işareti ile doğrudan modüle edilmektedir. Veri işareti analog veya sayısal bir işaret olabilmesine rağmen genellikle sayısal bir işaret tercih edilmektedir. İşaretin sayısal işaret olması durumunda, veri modülasyonu genellikle ihmal edilerek veri işareti

kod işaretiyle doğrudan çarpılır ve elde edilen işaret geniş bantlı bir taşıyıcıya modüle eder. Bu çarpım işleminden dolayı DD-KBÇE protokolleri bu ismi almıştır. Şekil 1(a)'da DD-KBÇE vericisinin blok diyagramı görülmektedir. İkili veri işareti bir radyo frekansı (RF) taşıyıcısını modüle etmektedir. Modüle edilmiş taşıyıcı ardından bir kod işareti ile modüle edilir. Kod işareti "kırkık" adı ile anılan +1 veya -1 değerine sahip çok sayıda bitten meydana gelir. İşaretin istenilen şekilde yayılabilmesi için, kod işaretinin kırkık oranının bilgi işaretinin kırkık oranından çok daha büyük olması gerekmektedir. Kod modülasyonu için çeşitli modülasyon teknikleri kullanılabilir ancak genellikle faz kaydırmalı anahtarlama (Phase shift keying, PSK) modülasyonunun türleri olan ikili faz kaydırmalı anahtarlama (Binary phase shift keying, BPSK) veya minimum kaydırmalı anahtarlama (minimum shift keying, MSK) modülasyonu kullanılır. Eğer veri modülasyonu ihmal edilir ve kod modülasyonu için BPSK kullanılır ise Şekil 1(b)'deki blok diyagram elde edilir [20].



Şekil 1. DD-KBÇE sisteminin blok diyagramı: (a) DD-KBÇE sistemi, (b) değiştirilmiş DD-KBÇE sistemi [20].

Şekil 2'de görülen uyumlu alıcı sistem işaretin iletiminden sonra yayılı spektrum işareti toplamak için yerel osilatör aracılığıyla ürettiği kod dizisini kullanmaktadır. Toparlama işlemini gerçekleştirebilmek için alıcı birimin sadece işareti yaymada kullanılan kod dizisini biliyor olması değil, aynı zamanda alınan işarettaki kod ile bölgesel üretilmiş kodu eş zamanlayabilmesi de gerekmektedir. Bu eş zamanlama işlemi bilgi alım işleminin başlangıcında tamamlanmalıdır ve tüm işaret alınmaya kadar sürdürülmelidir. Bir eş zamanlama/izleme bloğu bu işlemi gerçekleştirmektedir. Toparlama işleminden sonra demodülasyon işlemi gerçekleştirilerek mesaj işareti alınmış olur [20].



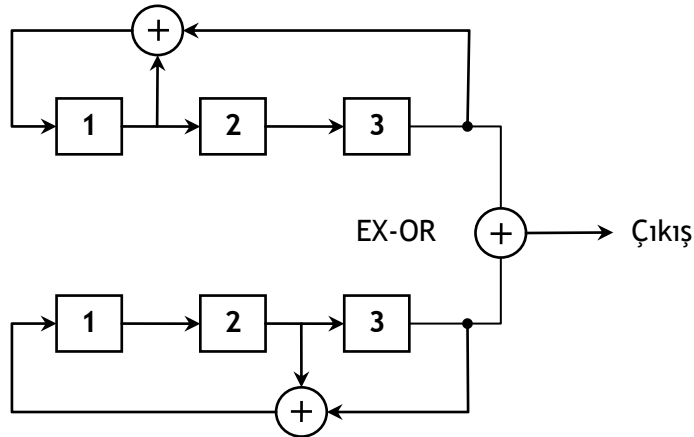
Şekil 2. DD-KBÇE sistemi için alıcı birim blok diyagramı [20].

Kod dizileri üretmek için farklı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerden birisi M-dizilerinin kullanımınıdır. M-dizileri iyi öz ilinti özelliğine sahip olmalarına rağmen bu dizilerin gezgin iletişim sistemlerinde kullanımı oldukça azdır çünkü bu yöntem kullanılarak üretilen kodların aynı kod uzunluğuna ve aynı ilinti özelliklerine sahip olma ihtimalleri yüksektir. Çok sayıda kullanıcının birbiri ile iletişim kurduğu KBÇE sistemi düşünüldüğünde, aynı ilinti değerine sahip birçok farklı koddan oluşan dizinin kullanılması gerekmektedir. Bu şartı M-dizileri sağlayamamaktadır ancak Gold dizileri arzu edilen bu şartları sağlayabilen bir dizi yapısına sahiptir. Gold dizileri, Gold tarafından geliştirilmiş kodlardır [21]. Gold dizisi, iki M-dizisinin özel veya (exclusive OR, EXOR) işlemine tabi tutulması ile

oluşturulabilmektedir. Üç kademeli kaydırmalı yazmaç kullanılarak oluşturulan bir Gold dizi üretici devresi Şekil 3'te görülmektedir. Üreteç devresinin ürettiği Gold dizilerinin sayısı 2^{n+1} [22, 23] olup bu değer, kaydedicinin başlangıç değerinin değişimi ve n kademeli kaydırmalı yazmaç kullanıldığında iki M-dizisinin toplamı ile belirlenir. Gold dizisi tercih edilen iki M-dizisinden sağlanır ve çapraz ilinti sırasıyla, $\{-1, -t(n), t(n) - 2\}$ olmak üzere üç değer alır.

Buradaki $t(n)$ ise aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$t(n) = \begin{cases} 1 + 2^{(n+1)/2} & n \text{ tek ise} \\ 1 + 2^{(n+2)/2} & n \text{ çift ise} \end{cases} \quad (1)$$



Şekil 3. Üç kademeli Gold dizisi [20].

Kod dizilerinin üretilmesinde kullanılabilir farklı bir yöntem ise Walsh-Hadamard kodlarının kullanımınıdır. Walsh kodları, Hadamard matrisi ve Hadamard dönüşümü kullanılarak oluşturulabilmektedir. Walsh kodları ile üretilen kod dizilerinde her bir kod birbirine dikgen olma özelliğine sahiptir. Örneğin Hadamard dönüşümündeki ilk matris H_1 aşağıdaki eşitlikteki gibi tanımlanırsa,

$$H_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

İkinci matris olan H_2 aşağıdaki eşitlikteki gibi yazılır.

$$H_2 = \begin{bmatrix} H_1 & H_1 \\ H_1 & \bar{H}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Diğer matrisler ise yinelemeli olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir.

$$H_{N+1} = \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & \bar{H}_N \end{bmatrix} \quad (4)$$

Hadamard matrisinin her bir satırı benzersiz bir Walsh kodu tanımlamaktadır ve matris ile verilen tüm Walsh kodları bir birine dikgendir. Matrisin satırlarının uzunluğu Walsh kodunun uzunluğunu belirlemektedir. Walsh kodlarının mükemmel çapraz ilintiye sahip olmalarından dolayı tüm kodlar birbiri ile dikgendir. Diğer bir ifadeyle Walsh kodları kullanılarak üretilen kod dizisindeki kodlar birbirine hiç benzememektedir.

3. WEIBULL SÖNÜMLÜ KANAL MODELİ (WEIBULL FADING CHANNEL MODEL)

Weibull dağılımı bir istatistiksel modeldir ve bina içi/bina dışı çevrelerin her ikisi içinde çok yollu sönümlenmeyi tanımlamak için uygun sönümlenme modeli olarak önerilmiştir. Weibull dağılımı çoğu kablosuz iletişim sistemlerinde kullanılmaktadır [13–19]. Eğer bir Weibull sönümlü kanal göz önünde bulundurulursa bu durumda alıcı birime ulaşan $s(t)$ işareti aşağıdaki gibi tanımlanabilir [15]:

$$s(t) = r(t) \exp[j(2\pi f_c t + \psi(t) + \gamma(t))] + n(t) \quad (5)$$

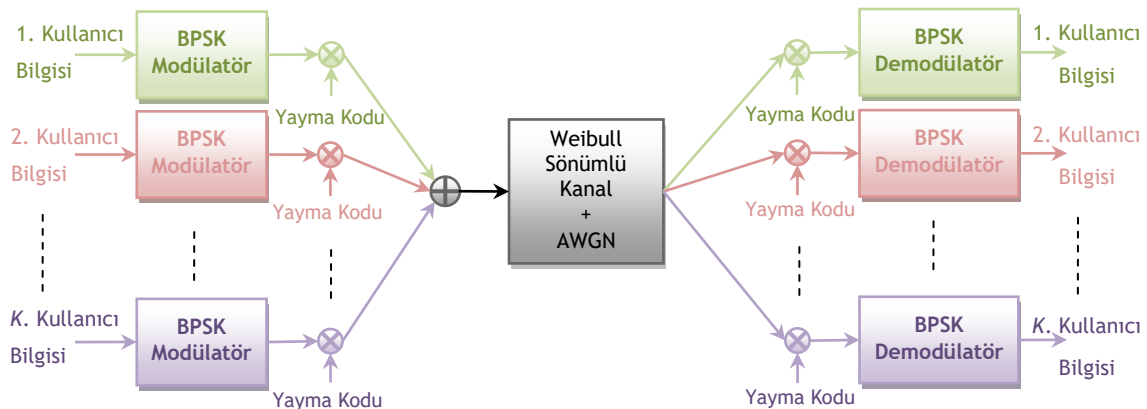
Burada f_c taşıyıcı frekansını, $\psi(t)$ bilgi evre açısını, $\gamma(t)$ $[0, 2\pi)$ aralığında düzgün dağılımlı rastgele evreyi, $r(t)$ olasılık yoğunluk fonksiyonu ile rastgele dağılımlı Weibull değişkenlerini, $n(t)$ ise sıfır ortalamalı $N_0/2$ varyanslı toplanır beyaz Gauss gürültüsünü (Additive white Gaussian noise, AWGN) göstermektedir. Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$p_r(r) = \frac{\beta}{\Omega} r^{\beta-1} \exp\left(-\frac{r^\beta}{\Omega}\right) \quad (6)$$

burada $\Omega = E[r^\beta]$ ($E[\cdot]$ beklenen değer operatörüdür) olup aynı zamanda ölçekleme faktörü olarak da adlandırılırken, β terimi Weibull dağılımı için $0 < \beta < \infty$ aralığında sönümlenme parametresidir. Weibull dağılımı birçok dağılımı bünyesinde barındırmaktadır ve belirli değerlerinde farklı sönümlenme ifadelerine eşit olmaktadır. Örneğin $\beta = 1$ durumunda Weibull dağılımı bir üstel dağılıma, $\beta = 2$ olması durumunda ise Rayleigh dağılımına dönüşmektedir [15, 16].

4. BENZETİM SONUÇLARI (SIMULATION RESULTS)

Bu bölümde bir DD-KBÇE iletişim sisteminin Weibull sönümlü kanal modeli üzerindeki bilgisayar benzetim uygulamaları ile elde edilen başarımlı sonuçları verilmektedir. Benzetimi gerçekleştirilen iletişim sistemine ait blok diyagram Şekil 4'te görülmektedir. Bilgisayar benzetimleri Gold ve Walsh-Hadamard yayma kodları gibi iki farklı yayma kodu kullanılarak çeşitli kanal sönümlenme değerleri için araştırılmıştır. Benzetimi gerçekleştirilen iletişim sisteminde BPSK modülasyonu kullanılmıştır. Tasarlanan DD-KBÇE iletişim sisteminde kullanıcı sayısı (K) 1, 4 ve 16 olarak seçilirken, tüm durumlar için yayma kod uzunluğu (N) 32 alınmıştır.



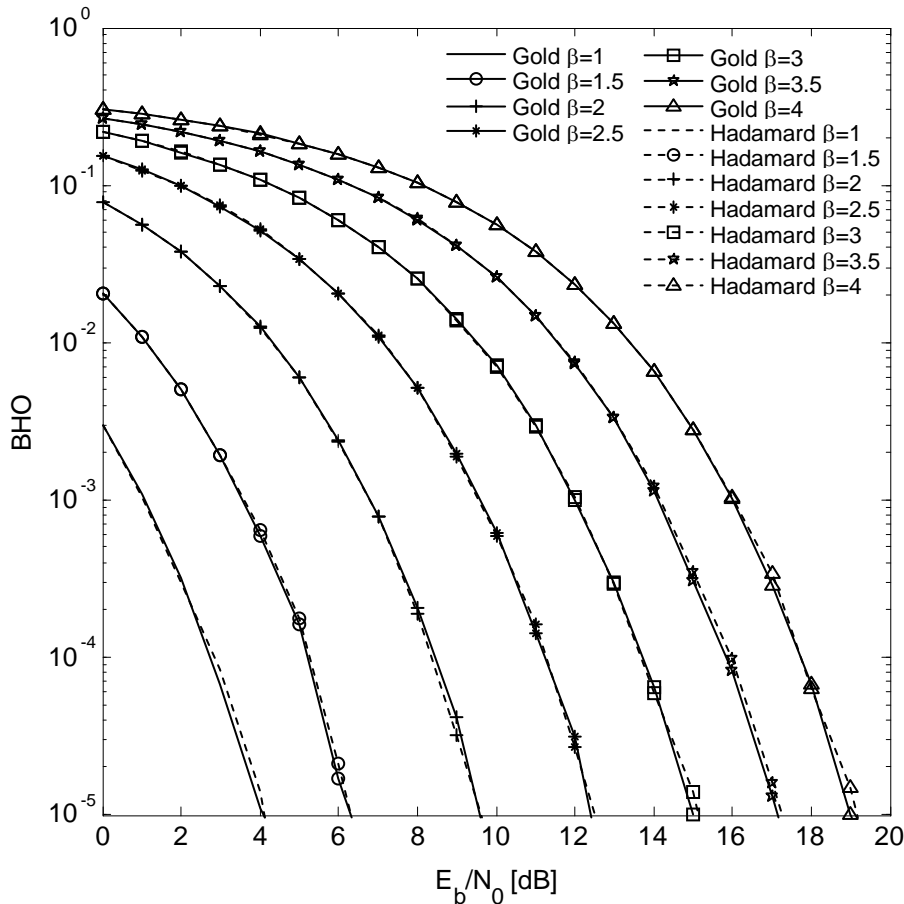
Şekil 4. Benzetimi gerçekleştirilen iletişim sistemine ait blok diyagram.

Şekil 5'te bir kullanıcı DD-KBÇE sisteminin Weibull sönümlü kanal modelindeki başarımları sunulmaktadır. Kanalin sönümleme değeri (β) değeri 1 ile 4 aralığında 0.5 adım aralıkları ile değiştirilerek sonuçlar elde edilmiştir. Farklı yayma kodları kullanan DD-KBÇE iletişim sistemlerinin başarımları neredeyse birbirine eşit olarak elde edilmiştir. Gold yayma kodları incelenen şartlarda $\beta = 2$ durumu haricinde çok küçük bir miktar daha iyi başarımlar sergilemiştir. Örneğin Şekil 5'te 10^{-4} 'lük bir hata başarımları değerlendirildiğinde, her iki yayma koduyla $\beta = 3$ sönümleme değeri için 14 dB'de, aynı başarımları değeri $\beta = 4$ sönümleme durumunda 18 dB'de elde edilebilmiştir.

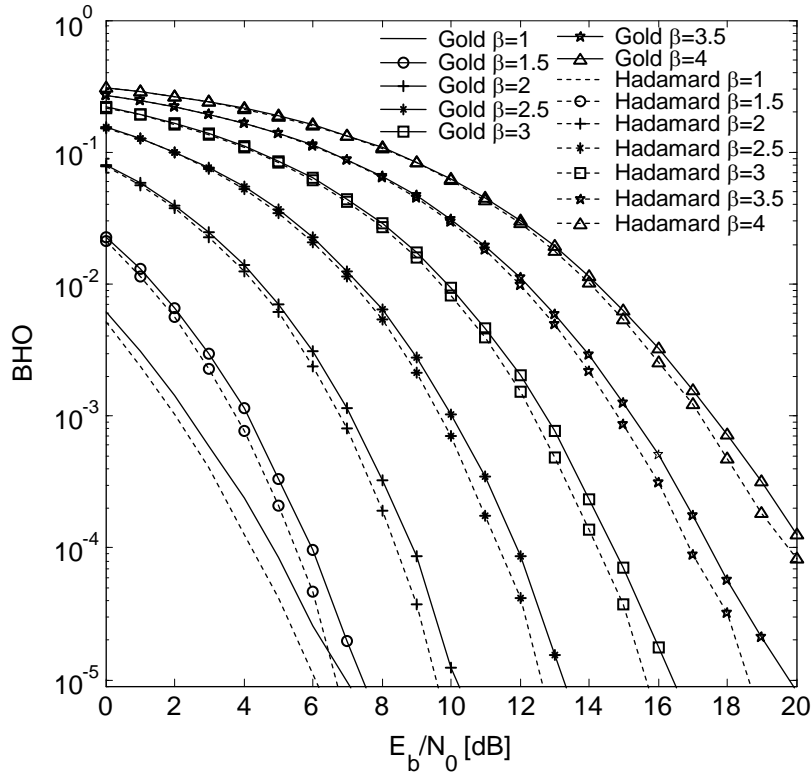
Kullanıcı sayısı 4 olarak değiştirilerek farklı sönümleme değerleri için elde edilen başarımları Şekil 6'da sunulmaktadır. Kullanıcı sayısının artışı sonucunda yayma kodlarının sistem başarımları üzerindeki etkileri açıkça görülebilmektedir. Başarımları eğrileri incelendiğinde, tüm sönümleme değerlerinde Walsh-Hadamard yayma kodunu kullanan iletişim sisteminin üstünlüğü açıkça görülebilmektedir. Örneğin $\beta = 2$ sönümleme değeri değerlendirildiğinde Walsh-Hadamard yayma kodu 10^{-4} 'lük bir hata başarımları değerinde Gold kodundan yaklaşık olarak 0.65 dB daha

iyi bir başarımları sonucu sağlamıştır. $\beta = 3.5$ sönümleme değeri göz önünde bulundurulduğunda ise 10^{-5} 'lik bir hata başarımları değerinde Walsh-Hadamard yayma kodu yaklaşık olarak 1.3 dB daha iyi bir sistem iyileştirmesi sunmaktadır.

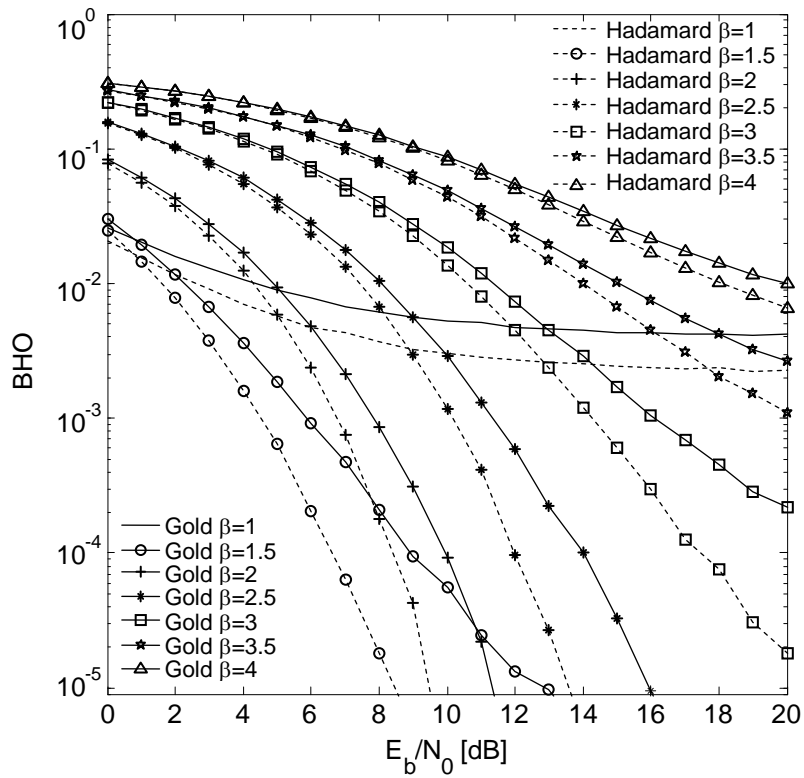
Gerçekleştirilen son başarımları analizleri kullanıcı sayısının 16 olarak değerlendirildiği incelemeler olup, elde edilen başarımları sonuçları Şekil 7 ile sunulmaktadır. Başarımları eğrileri incelendiğinde yine tüm sönümleme şartları için Walsh-Hadamard yayma kodlarının oldukça üstün olduğu açıkça görülebilmektedir. $\beta = 1.5$ sönümleme değeri göz önünde bulundurulduğunda Walsh-Hadamard yayma kodunu kullanan DD-KBÇE iletişim sisteminin 10^{-3} 'lük bir hata başarımları değeri için Gold kodunu kullanan iletişim sisteminden neredeyse 4.5 dB daha iyi bir başarımları sonucu sağladığı elde edilen başarımları eğrilerinden görülebilmektedir. Şekil 7 ile sunulan başarımları eğrilerinden çıkarılabilecek bir diğer gözlem ise $\beta = 2.5$ sönümleme değerinde 10^{-3} 'lük bir hata başarımları değeri elde edebilmek için Gold yayma kodu kullanılması durumunda 13 dB E_b/N_0 değeri gerekirken, Walsh-Hadamard kodu tercih edildiğinde gerekli E_b/N_0 değeri yaklaşık olarak 11.5 dB civarındadır.



Şekil 5. Tek kullanıcı DD-KBÇE sistemlerinin farklı yayma kodları için elde edilen BHO başarımları.



Şekil 6. Farklı yayma kodlarını kullanan 4 kullanıcı DD-KBÇE sistemlerinin Weibull sönümlü kanal şartlarında BHO başarımları.



Şekil 7. DD-KBÇE sistemlerin 16 kullanıcı için farklı yayma kodları ile Weibull sönümlü kanal şartlarında elde edilen BHO başarımları.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada DD-KBÇE iletişim sistemlerinin BHO başarımları Weibull sönümlü kanal modeli göz önünde bulundurularak analiz edilmiştir. DD-KBÇE iletişim sistemleri oluşturulurken Gold ve Walsh-Hadamard yayma kodları olmak üzere iki farklı yayma kodu kullanılmıştır ve yayma kodlarının sistem başarımı üzerindeki etkileri farklı kanal sönümleme değerleri için detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Buna ek olarak tasarlanan iletişim sistemlerinin başarımlarını analizleri farklı kullanıcı sayılarını da göz önünde bulunduran senaryolar sayesinde araştırılmıştır. Gerçekleştirilen bilgisayar benzetimleri sonuçlarına göre kullanıcı sayısının 1 olduğu durumlarda yayma kodlarının başarımları neredeyse birbirine eşit olarak elde edilirken, artan kullanıcı sayısında (4 ve 16 durumlarında) Walsh-Hadamard yayma kodlarının Gold kodlarından 4.5 dB değerine kadar daha iyi başarımlar sundukları görülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Sun S., Han S., Yu Q., Meng W. and Li C., "A survey of two kinds of complementary coded CDMA wireless communications", 2014 IEEE Global Communications Conference, Austin, TX, USA, 468-472, 8-12 Aralık 2014.
- [2] Shah S.I., Naeem M., Sheikh A.U.H., Jamal H. and Ahmad J., "A survey of advances in multi-user detection in DS-SS", The 4th ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA-06), Dubai, Sharjah, UAE, 730-737, 8-11 Mart 2006.
- [3] Naqshbandi M.A., "Will CDMA survive the blitz of GSM in the Indian telecom Ecosystem?", International Journal of Research in Computer and Communication Technology, Cilt 2, No 4, 180-186, 2013.
- [4] Nath, N.P., Parija S.R., Sahu P.K., Singh S.S., "Survey paper: location management in CDMA network", International Journal of Grid and Distributed Computing, Cilt 8, No 1, 287-298, 2015.
- [5] Ali A.H., "Design and analysis of MC-SS transceivers model based Fourier Transform", Journal of Information Engineering and Applications, Cilt 4, No 9, 109-118, 2014.
- [6] Hafizi M., Feng S., Fu T.L., Schulze K., Ruth R., Schwab R., Karlens P., Simmonds D. and Gu Q.Z., "RF front-end of direct conversion receiver RFT for SS", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Cilt 39, No 10, 1622-1632, 2004.
- [7] Hwang J.S., Consulta R.R. and Yoon H.Y., "4G mobile networks-Technology beyond 2.5G and 3G", Pacific Telecommunications Council (PTC) Proceedings, 2007.
- [8] Schilling D.L., "Broadband-SS: one phone for a wireless twenty first century", IEEE International Conference on Personal Wireless Communications, Bangalore, India, 1-5, 18-19 Ağustos 1994.
- [9] Kumar P. and Arvind S., "Advanced contrast between GPRS and SS One packet data", 7th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies, Bandos Island, Maldives, 922-927, 22-24 Nisan 2008.
- [10] Hertiana S.N., Wahidah I., Magdalena R. and Murti M.A., "PF scheduler algorithm and open loop rate control for performance improvement of SS 1xEV-DO network", 2007 IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks, Singapore, 1-6, 2-4 Temmuz 2007.
- [11] Yang G. and Kallel S., "Optimal frame rate detection for SS mobile stations with variable-rate data transmission", Fifth Asia-Pacific Conference on Communications and Fourth Optoelectronics and Communications Conference, Beijing, China, 713-716, 18-22 Ekim 1999.
- [12] Del Re E., Fantacci R., Morosi S. and Seravalle R., "Comparison of SS and OFDM techniques for downstream power-line communications on low voltage grid", IEEE Trans. Power Delivery, Cilt 18, No 4, 1104-1109, 2003.
- [13] Babich F., Lombardi G., "Statistical analysis and characterization of the indoor propagation channel", IEEE Trans. Commun., Cilt 48, No 3, 455-464, 2000.
- [14] Tzeremes G., Christodoulou C.G., "Use of Weibull distribution for describing outdoor multipath fading", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, San Antonio, Texas, USA, 232-235, 16-21 Haziran 2002.
- [15] Cvetkovic A.M., Djordjevic G.T., Stefanovic M.C., "Performance analysis of dual switched diversity over correlated Weibull fading channels with co-channel interference", Int. J. Commun. Syst., Cilt 24, No 9, 1183-1195, 2011.
- [16] Chen J.I.Z., Liou C.W., Yu C.C., "Error probability analysis of an MC-SS-SS system under Weibull fading with a moment-generating function", Comput. Electr. Eng., Cilt 36, No 1, 61-72, 2010.
- [17] Wang P., Qin J., Guo L., Yang Y., "BER performance of FSO limited by shot and thermal noise over exponentiated Weibull fading channels," IEEE Photonics Technol. Lett., Cilt 28, No. 3, 252-255, 2016.
- [18] Chauhan S.S., Kumar S., "Capacity of orthogonal space-time block codes in spatially correlated MIMO Weibull fading channel under various adaptive transmission techniques," Telecommun. Syst., Cilt 62, 101-110, 2016.

- [19] Adawi N., Bertoni H.L., Child J.R., "Coverage prediction for mobile radio systems operating in the 800/900 MHz frequency range", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Cilt 37, No 1, 3-72, 1988.
- [20] Harada H. and Prasad R., "Simulation and Software Radio for Mobile Communications", Artech House, Boston, Mass, USA, 2002.
- [21] Gold R., "Optimal binary sequences for spread spectrum multiplexing", *IEEE Inf. Theory*, Cilt 13, No 4, 619-621, 2003.
- [22] Prasad R., "CDMA for wireless personal communications", Narwood, MA: Artech House, 1996.
- [23] Prasad R., "Universal wireless personal communications", Narwood, MA: Artech House, 1996.