



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology
Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
 ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 27, Sayı (Issue): 3, Temmuz/July-2011
<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Kod bölme çoklu erişim haberleşmesinde yayma kodlarının bit hata oranı başarımı üzerine etkisi

*Uğur SORGUCU¹, Yasin KABALCI², İbrahim DEVELİ³

¹Bartın Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

²Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

³Erciyes Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği

ÖZET

Kod bölme çoklu erişim (CDMA) sisteminde tüm kullanıcılar, bant genişliğinin tamamını aynı anda kullanırlar. CDMA bu özelliği ile frekans bandının bir kısmını kullanmaya izin veren frekans bölme çoklu erişim ve zamanın bir kısmını kullanmaya izin veren zaman bölme çoklu erişim sistemlerinden ayrılır. Tüm kullanıcıların bant genişliğini aynı anda kullanabilmesi için, kullanıcılara gürültü benzeri kodlar atanır ve bu kodların alıcı ve verici taraflarından bilinmesi gerekir. Ancak; kullanıcı sayısındaki artış, modülasyon aşamalarının sayısı ve sembol oranı gibi nedenlerle iletişim kalitesinde düşüşler söz konusu olabilir. Bu çalışma ile farklı yayma kodlarının bit hata oranı başarımı üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Matlab çalışma ortamında yapılan simülasyon sonuçlarına göre dik Gold dizileri kullanılarak yapılan bir CDMA haberleşmesinin, m-dizileri veya Gold dizileri kullanılarak yapılan bir haberleşmeden daha başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler

CDMA,
Bit Hata Oranı,
Yayma Kodları

ABSTRACT

In the code division multiple access systems, all users use the same bandwidth at the same time. CDMA is different from the frequency division multiple access which allows using a part of the frequency band and time division multiple access systems which allows using a part of the time. In order to use all of bandwidth at the same time, pseudo noise codes are assigned to the users and these codes must be known both by receiver and transmitter. The quality of communication may decrease with increasing of users, number of modulation levels and symbol rate. In this study, the effect of different spreading codes on the bit error rate performance of CDMA communication is investigated. According to the results of the simulation in Matlab working environment, CDMA communications which use the orthogonal Gold series show better performance than the CDMA communications which use m sequences or Gold sequences.

Keywords

CDMA,
Bit Error Rate,
Spreading Codes

1. Giriş

Kod bölme çoklu erişim (CDMA) sistemleri bozucu ve boğucu etkilere karşı dayanıklı olması, gezgin sistemlerde baz istasyonları arası geçişlerde frekans değişmemesi, dolayısıyla yumuşak geçiş sağlaması ve tüm kullanıcılara aynı frekans bandını paylaşırken sistem kapasitesini kullanılan kod sözcüğünün uzunluğu ile kontrol edebilir olması gibi avantajlarıyla tercih sebebi olmuştur.

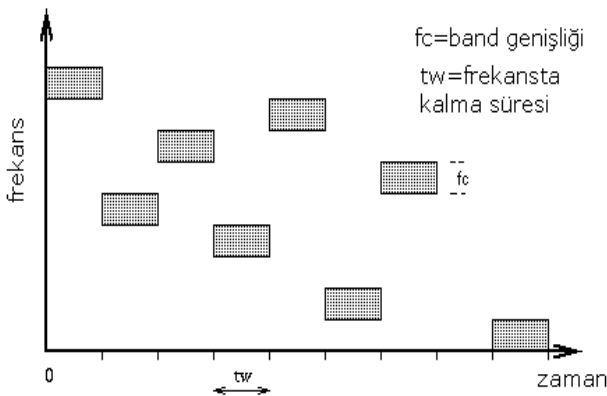
Kod bölme çoklu erişim (CDMA) protokollerinin çoklu erişim yeteneği kodlarla sağlanmıştır. Her kullanıcıya bilgi işaretini kodlaması ve spektrumunu genişletmesi için benzersiz bir kod atanır. Kullanılan kod dizilerini bilen alıcılar, spektruma yayılmış olan orijinal bilgiyi yeniden elde ederler. Kod işareti ile çarpılan bilgi işaretinin spektrumunun genişlemesinden ötürü, CDMA protokolleri, yayılı spektrum çoklu erişim sistemleri (Spread Spectrum Multiple Access, SS-MA) olarak ta bilinmektedir [1].

Yayıllı spektrum modülasyon teknikleri, tespit edilmekteki zorlukları, frekans bozucu sinyallere olan dayanıklılıkları ve diğer önemli özellikleri ile önceleri askeri uygulamalar için kullanılmış olsa da günümüzde daha çok sivil uygulamaları ile bilinmektedir.

Kod bölme çoklu erişim için temelde Frekans Atlamalı Yayıllı Spektrum (FH-CDMA) veya Doğrudan Dizili Yayıllı Spektrum (DS-CDMA) kullanılır.

1.1. FH-CDMA Protokolleri

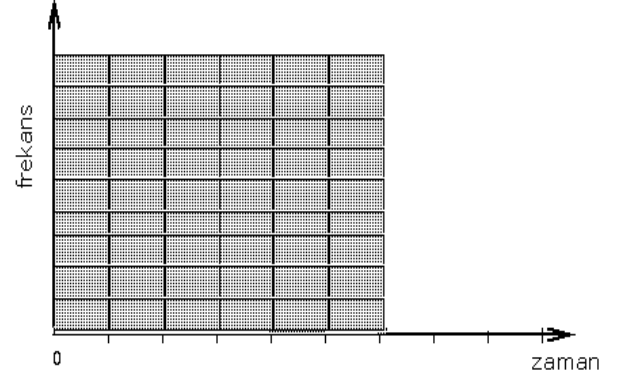
FH-CDMA'de iletim bant genişliği çok sayıda frekans bandına ayrılır ve kullanıcı belirli bir süre bir frekans bandından iletim yaptıktan sonra bir başka frekans bandına atlayıp iletimini o frekanstan sürdürmektedir [2]. Şekil-1'de FH-CDMA sisteminin kaynak kullanımı görülmektedir.



Şekil 1. FH-CDMA Sisteminde Kaynak Kullanımı.

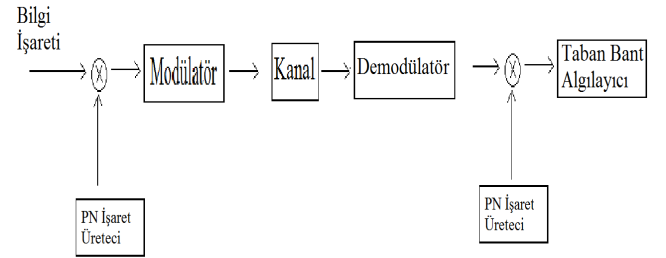
1.2. DS-CDMA Protokolleri

DS-CDMA'de ise bilgi işareti gürültü benzeri yüksek veri oranına sahip bir işaretle doğrudan çarpılır. Çarpım sonucu veri oranı ve buna bağlı olarak bant genişliği de artar. Kullanıcıların, yayma işlemi için farklı kodlar kullanması nedeniyle haberleşme ortamında girişim oluşmaz. Şekil-2' de DS-CDMA için kaynak kullanımı görülmektedir.



Şekil 2. DS-CDMA sisteminde kaynak kullanımı.

DS-CDMA ile yapılan iletimde bilgi işareti öncelikle gürültü benzeri (PN, Pseudo Noise) bir işaretle çarpılır ve elde edilen işaret geniş bantlı bir işaret ile modüle edilir. Modüle edilen işaret haberleşme kanalından geçtikten sonra senkronize olmuş bir demodülatöre girip aynı yayma kodu ile çarpıldıktan sonra alıcı tarafında da elde edilmiş olur [3]. Şekil-3'te DS-CDMA sisteminin çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 3. DS-CDMA sistemin çalışma prensibi

Bu çalışmada kod bölme çoklu erişim sistemlerinden DS-CDMA sisteminin simülasyonu yapılmıştır. Yapılan çalışma da farklı yayma kodları için bit hata oranı (BHO) başarımları araştırılmıştır.

Kod bölme çoklu erişim (CDMA) sistemlerinde, yayma kod dizilerinin seçimi çok yollu gürültüye ve çok kullanıcı gürültüye olan dayanıklılıkları açısından önemlidir. Bu nedenle kullanılacak olan kod dizisinin zaman ekseninde ötelenmiş halinden rahatlıkla ayırt edilebilmesi ve diğer kodlarla olan ilintisinin idealde sıfır olması beklenir. 1 nolu denklem ile yayma kodunun zaman ekseninde ötelenmiş haliyle arasındaki ilişkiyi bulabildiğimiz öz ilinti ifadesi gösterilirken, 2 nolu denklem ile iki yayma kodu arasındaki çapraz ilintiyi bulabildiğimiz çapraz ilinti ifadesi gösterilmektedir [4]. Yayma kodlarının çok yollu gürültü ve çok yollu dayanıklılık açısından ne denli başarılı olduğuna karar verme işleminde bu iki ifadeden yararlanılır [1].

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T X(t) \cdot X(t + \tau) \cdot dt \quad (1)$$

$$R_{xy}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T X(t) \cdot Y(t + \tau) \cdot dt \quad (2)$$

DS-CDMA sistemi için kullanılan üç temel yayma kodu mevcuttur. Bunlardan ilki olan m-dizileri, doğrusal geribeslemeli bir kaydırmalı yazmaç (linear feedback shift register,LSR) ve mod2 toplayıcı kullanarak elde edilir. Ancak m-dizilerinin çapraz ilinti özellikleri CDMA haberleşmesi için yeterli olmamaktadır. Gold dizileri ise bir çift m-dizisinden elde edilir ve çapraz ilinti özellikleri, m-dizilerine oranla dahi iyidir. Gold dizileri m-dizilerine göre birçok üstünlüğe sahip olmasına karşın, Gold dizilerinin de çapraz ilinti değerlerinin eş zamanlı bir ortamda sıfır olmaması ve 0-1 oranının her zaman dengeli olmaması gibi problemler nedeniyle dikgen Gold dizileri üretilmiştir. Çapraz ilinti değeri sıfıra yaklaştıkça iletişim kalitesi artmakta ve bit hata oranı düşmektedir [3].

2. Bit Hata Oranı (BHO)

Haberleşme sistemlerinin, iki nokta arasında bilgi işaretini bozmadan güvenilir olarak bilgi alışverişini sağlayabilmesi gerekmektedir. Genel olarak iletilen işareti bozucu herhangi bir etkiye gürültü denir [5]. Basit bir sayısal haberleşme sistemi, temelde ikili verinin gürültü içeren, bant sınırlı bir kanaldan iletilmesi işlemini gerçekleştirir. Gürültü altında sistemin hatalı algıladığı bit sayısının toplam iletilen bit sayısına oranı, aslına uygunluğun önemli bir ölçütü olmaktadır ve bit hata oranı ya da olasılığı (BHO) olarak adlandırılmaktadır.

2.1. Bit Hata Oranının (BHO) Ölçümü

BHO (P_B), SNR (Signal to Noise Ratio)'ın (E_s/N_0) bir işlevidir [6]. Burada E_s , sembol başına düşen enerjiyi, N_0 , toplamsal beyaz Gauss gürültüsünün (AWGN) tek yönlü güç spektral yoğunluğunu göstermektedir. Uyumlu süzgeç ve AWGN kanal varsayımı altında çift kutuplu (çift genlik seviyeli) temel bant işaretlerinin bit hata olasılığı 3 no'lu denklemde ifade edildiği gibi bulunur[7]. Sembol hata oranı (SHO) r_b 'nin bit oranı, M'nin taşıyıcı sayısı olduğu yerde 4 no'lu denklemde ifade edildiği gibi bulunur [3].

$$P_B = Q\sqrt{(2.E_b)/N_0} \quad (3)$$

$$r_s = r_b / \log_2 M \quad (4)$$

3. Uygulama ve Analiz

Bit hata oranını başarıma etki eden 3 temel faktör olarak kullanıcı sayısı, sembol oranı ve modülasyon aşamalarının sayısı gösterilebilir.

Yapılan simülasyon çalışması sonrasında kullanıcı sayısı, sembol oranı ve modülasyon aşamalarının sayısının 40 farklı kombinasyonu için m-dizileri, Gold dizileri ve dik Gold dizileri kullanarak BHO başarımları incelenmiştir. Tablo-1 de yapılan çalışmanın sonuçları verilmiştir.

Tablo 1: Farklı yayma kodları ile ulaşılan BHO değerleri

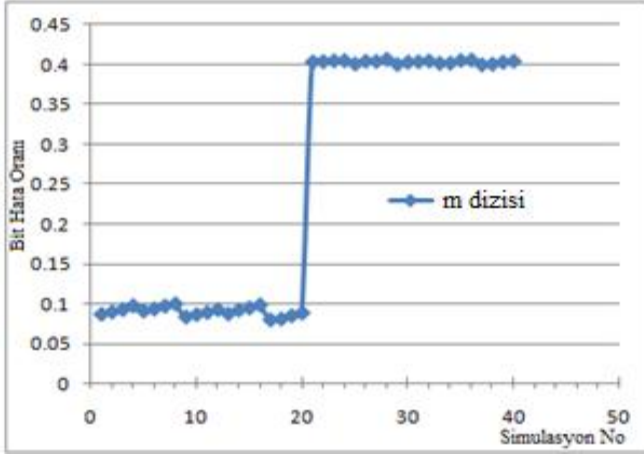
Simülasyon No	m	Nd	User	BHO		
				BHO 1	BHO 2	BHO 3
1	2	100	2	0.0867	0.0851	0.0820
2	2	100	3	0.0895	0.0870	0.0821
3	2	100	4	0.0925	0.0923	0.0833
4	2	100	5	0.0971	0.0956	0.0824
5	2	200	2	0.0907	0.0896	0.0862
6	2	200	3	0.0932	0.0928	0.0870
7	2	200	4	0.0967	0.0955	0.0871
8	2	200	5	0.0996	0.0991	0.0989
9	2	300	2	0.0831	0.0817	0.0783
10	2	300	3	0.0862	0.0851	0.0793
11	2	300	4	0.0888	0.0880	0.0797
12	2	300	5	0.0924	0.0916	0.0802
13	2	400	2	0.0871	0.0864	0.0854
14	2	400	3	0.0919	0.0911	0.0849
15	2	400	4	0.0947	0.0936	0.0852
16	2	400	5	0.0983	0.0975	0.0851
17	2	500	2	0.0795	0.0784	0.0766
18	2	500	3	0.0808	0.0768	0.0762
19	2	500	4	0.0848	0.0769	0.0763
20	2	500	5	0.0883	0.0878	0.0765
21	4	100	2	0.4026	0.4011	0.3973
22	4	100	3	0.4031	0.4018	0.3965
23	4	100	4	0.4041	0.4021	0.3975
24	4	100	5	0.4043	0.4037	0.3979
25	4	200	2	0.4002	0.3992	0.3986
26	4	200	3	0.4036	0.4018	0.3992
27	4	200	4	0.4034	0.4027	0.3994
28	4	200	5	0.4059	0.405	0.3998
29	4	300	2	0.3995	0.3978	0.396
30	4	300	3	0.4024	0.3991	0.3971
31	4	300	4	0.403	0.4021	0.3973
32	4	300	5	0.4039	0.4028	0.3975
33	4	400	2	0.401	0.3988	0.3984
34	4	400	3	0.4012	0.4008	0.3987
35	4	400	4	0.4045	0.4028	0.399
36	4	400	5	0.4051	0.444	0.3993
37	4	500	2	0.3991	0.3985	0.3964
38	4	500	3	0.3999	0.3995	0.3972
39	4	500	4	0.4022	0.4014	0.3974
40	4	500	5	0.4036	0.403	0.3975

ml: modülasyon aşamalarının sayısı, **nd:** sembol oranı, **user:** kullanıcı sayısı

Tablo-1 detaylı bir şekilde gösteriyor ki; kullanılan yayma kodunun türü fark etmeksizin modülasyon aşamalarının sayısı, sembol oranı ve kullanıcı sayısı değişiminin bit hata oranı (BHO) başarımları üzerine doğrudan bir etkisi söz

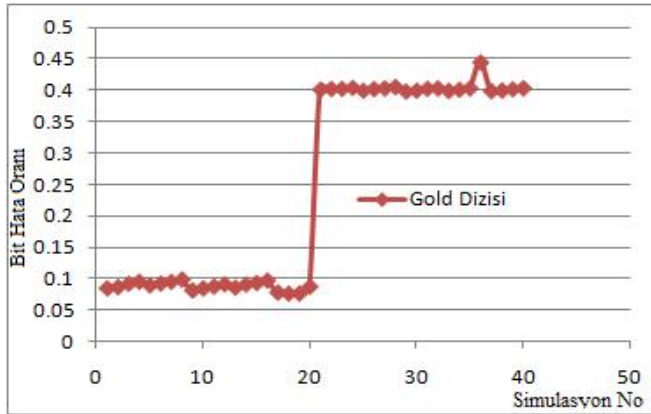
konusudur. Özellikle kullanıcı sayısındaki artışın BHO üzerine belirleyici bir etkisi söz konusudur.

Şekil 4’de m-dizileri kullanılarak yapılan bir DS-CDMA haberleşme sistemindeki Tablo 1’ de her durum için farklı modülasyon aşama sayısı, sembol oranı ve kullanıcı sayısı gösteren satır numaralarına değişimini göstermektedir. 21. simülasyondan sonra bit hata oranı (BHO)’nın 0.088’lerden 0.40’lara yükselmesindeki en önemli faktörün modülasyon aşamalarının sayısı olduğu görülmüştür. Benzer durum Gold ve dik Gold dizileri kullanılarak yapılan DS-CDMA sistemleri için de geçerlidir.



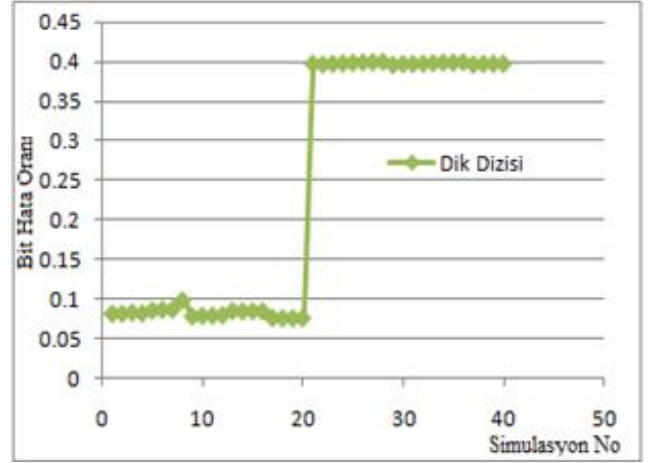
Şekil 4. m-dizisi BHO Başarımı

Şekil 5’de Gold dizileri kullanılarak yapılan bir DS-CDMA haberleşme sistemindeki bit hata oranı başarımının, Tablo 1’ de her durum için farklı modülasyon aşama sayısı, sembol oranı ve kullanıcı sayısı gösteren satır numaralarına göre değişimi gösterilmektedir.



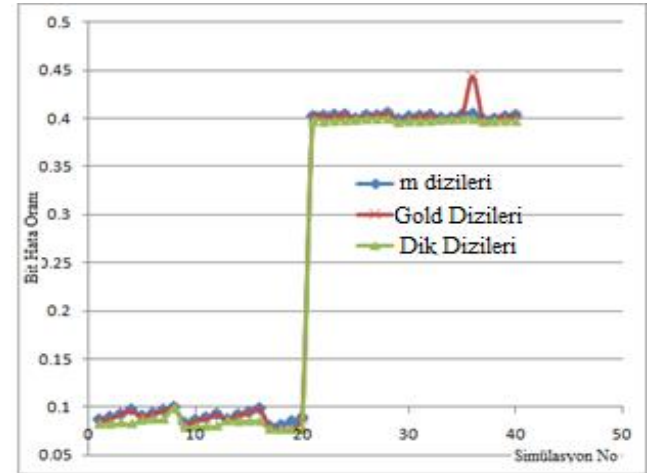
Şekil 5. Gold dizisi BHO Başarımı.

Şekil 6’da Dik dizileri kullanılarak yapılan bir DS-CDMA haberleşme sistemindeki bit hata oranı başarımının, Tablo 1’ de her durum için farklı modülasyon aşama sayısı, sembol oranı ve kullanıcı sayısı gösteren satır numaralarına göre değişimi gösterilmektedir.



Şekil 6. Dik dizisi BHO Başarımı

Şekil 4-5-6 da ayrı ayrı gösterilen m-dizileri, gol dizileri ve dik Gold dizilerinin BHO performansları, Şekil 7’de karşılaştırmalı bir şekilde gösterilmektedir. Aynı simülasyon değeri için dik dizilerinin her zaman en başarılı olduğu görülürken m-dizileri ile Gold dizileri arasında çok büyük bir fark olmadığı görülmektedir.



Şekil 7. m-dizisi, Gold dizisi, Dik Gold Serilerinin Karşılaştırmalı BHO Başarımı

4. Sonuçlar

Bu çalışmada üç farklı yayma serisinin (m-dizileri, Gold dizileri ve dik Gold dizileri) bir DS-CDMA haberleşme sistemindeki bit hata oranı (BHO) başarımı üzerine olan etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre kullandığımız yayma kodunun BHO üzerine doğrudan bir etkisi söz konusudur. En düşük BHO dik Gold dizileri ile sağlanabilirken, m-dizileri ile en az başarı sağlanmıştır. Kullanılacak olan yayma kodu serisinin dik dizilerden seçilmesi halinde maksimum kullanıcıya en az girişimle erişilebileceği gerçeği bu çalışmanın sonuçlarından biri olarak gösterilebilir.

Kullanılan yayma kodu ile birlikte sistemin modülasyon aşamalarının sayısı, sembol oranı ve kullanıcı sayısında BHO başarımı üzerine etkisinin olduğu gösterilmiştir. Tablo 1 ve Şekil 7 birlikte incelendiğinden dik dizilerin, özellikle kullanıcı sayısının yoğun olduğu ortamlarda daha düşük BHO’ya ulaşması büyük bir avantajdır. Her ne kadar buradaki simülasyonda kullanıcı sayısı 5 ile sınırlandırılmış olsada daha fazla kullanıcının aktif olduğu bir haberleşme ortamı düşünüldüğünde BHO’nun düşük olması haberleşme kalitesi açısından son derece önemlidir.

Kaynaklar

1. Harada, H, Prasad, R, Simulation and SoftwareRadio For Mobile Communications, Artech House, London, 2002
2. Develi, İ, "Ağırlıklı Toparlama Dizili DD/KBÇE iletişim sistemleri için yayma kodlarının tanımlanmasında ve en iyilerinin belirlenmesinde yeni yaklaşımlar", Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, 2003
3. Ertürk, S, Sayısal Haberleşme, Birsen Yayınevi, 2010
4. Develi, İ, Kablosuz ve Gezgin Haberleşme Ders Notu, 2010
5. Hwei P. Hsu, Analog ve Sayısal İletişim SCHAUM'S Outlines, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2003
6. Zaidi, A, Duhamel P, On rate and BER analysis for finite-dimensional lattice coding for the dirty paper channel - International Journal of Electronics and Communications, Volume 64, Issue 5, May 2010, Pages 450-464
7. Sayısal İletişim Sistemlerinin Modellenmesi İstanbul Üniversitesi Ders Notları, İstanbul, 2009.