

Uzay-Zaman Kodlanmış CDMA Sistemlerinin Başarımı

Müge Yılmaz, Mehmet Şafak
Hacettepe Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Beytepe, Ankara

muge@ee.hacettepe.edu.tr, msafak@hacettepe.edu.tr

Özet: Bu makalede uzay-zaman kodları CDMA yöntemleri ile birleştirilmiş ve elde edilen sistemlerin başarımları incelenmiştir. Uzay-zaman blok (STB) kodlanmış MC-CDMA, uzay-zaman blok (STB) kodlanmış DS-CDMA ve uzay-zaman kafes (STT) kodlanmış DS-CDMA olmak üzere üç farklı sistem elde edilmiştir. Yapılan benzetim çalışmalarında STT kodlanmış DS-CDMA sistemin en iyi başarımları gösterdiği görülmüştür.

1. Giriş

CDMA, yüksek veri hızlarında iletişim yapılmasını sağlayan bir çoğullama yöntemidir. Bu yöntemde, her bir kullanıcıya ayrı bir yayılım dizisi atanır ve böylelikle aynı kanal üzerinde, aynı anda birden çok kullanıcının iletişim yapması sağlanmış olur. CDMA, kullanıcı sinyallerinin gönderiliş şekline göre, DS-CDMA ve MC-CDMA gibi çeşitli gruplara ayrılır [1], [2].

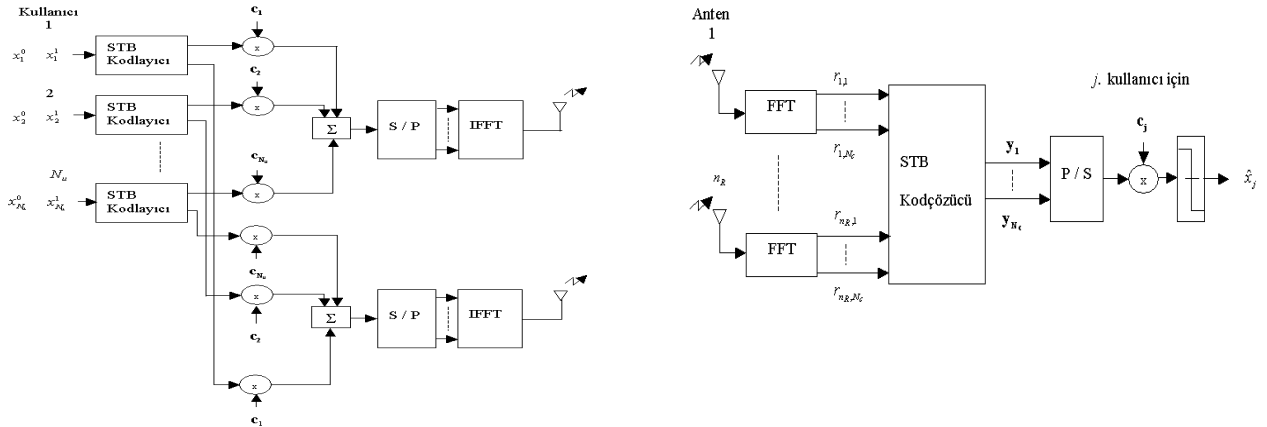
Uzay-zaman kodları (STC), kodlama, kiplenim ve çeşitlemeyi birleştirerek sönümlü kanallarda bant genişliğini ve gücü verimli olarak kullanan bir iletişim yöntemidir [3]. Çeşitlemenin hem alıcıda hem de vericide kullanılması, daha düşük bit hata oranlarında iletişim yapılmasını sağlamaktadır. STC'nin, CDMA yöntemleri ile birleştirilmesi ile ilgili daha önce bir çok çalışma yapılmıştır [4], [5]. Bu çalışmada ise STC, CDMA yöntemleri ile birleştirilerek üç farklı sistem elde edilmiş ve elde edilen sistemlerin başarımları karşılaştırılmıştır.

Bölüm 2'de, oluşturulan sistem modelleri gösterilmiştir. Bölüm 3'de ise benzetim sonuçları verilmiştir.

2. Uzay-Zaman Kodlanmış CDMA Sistemleri

2.1. Uzay-Zaman Blok (STB) Kodlanmış MC-CDMA

Bu sistemde STC çeşitlerinden biri olan uzay-zaman blok kodları (STBC), MC-CDMA ile birleştirilmiştir. Elde edilen sistemin verici ve alıcı yapısı, Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. STB kodlanmış MC-CDMA verici ve alıcı yapısı

Şekil 1, verici anten sayısı $n_T = 2$ için çizilmiş ve yapılan işlemler bu değer için gösterilmiştir. Burada her bir kullanıcıya ait ardışık iki sembol öncelikle 2×2 boyutlu üretici matrisine sahip STB kodlayıcı ile kodlanır. Kodlanan semboller daha sonra kullanıcılara ait yayılım dizileri ile çarpılır. j . kullanıcı için yayılım dizisi

$$\mathbf{c}_j = [c_{0,j} \quad c_{1,j} \quad \dots \quad c_{k,j} \quad \dots \quad c_{L_c-1,j}]^T \quad (1)$$

olarak yazıldığında $c_{k-1,j}$, yayılım dizisinin k . yongasını ve L_c , yayılım dizisinin uzunluğunu gösterir. Daha sonra sinyaller toplanarak seriden paralele çeviriciden geçirilir. Burada toplam paralel dal sayısı, yayılım dizisi uzunluğuna (L_c) eşit seçilmiştir. Seriden paralele çeviriciden geçirilen sinyaller, ters hızlı Fourier dönüşümü (IFFT) ile kiplenerek $N_c = L_c$ alt taşıyıcı üzerinden gönderilir. Seriden paralele çeviricide geçen zamandan dolayı, vericide bir sembolün gönderilme süresi $T_d = L_c T_c$ 'dir.

Kullanılan sistemde, kanalın her bir alt taşıyıcı için frekans seçici olmayan Rayleigh sönümlenme ile modellendiği ve kanal katsayılarının, alıcıda sinyalin çözülebilmesi için, iki sembol süresince sabit kaldığı düşünülmüştür. Ayrıca her bir alt taşıyıcı için kanal katsayılarının birbirinden bağımsız olduğu, verici ve alıcı antenlerinin arasındaki uzaklığın, sinyallerin birbirleriyle ilintisiz olmasını sağlayacak şekilde büyük seçildiği düşünülmüştür [4].

Alıcı kısmında kipçözümü hızlı Fourier dönüşümü ile yapılır (FFT). STB kodçözücüde, gönderilen sinyallerin bulunabilmesi için, iki zaman aralığında alınan sinyaller birleştirilir. Son olarak kodçözücü çıkışındaki sinyaller yayılım dizisi \mathbf{c}_j ile çarpılır, elde edilen sinyal eşik kestiriciden geçirilerek gönderilen semboller hakkında karar verilir.

2.2. Uzak-Zaman Blok (STB) Kodlanmış DS-CDMA

Burada diğer sistemden farklı olarak STBC, DS-CDMA ile birleştirilmiştir. Elde edilen sistemin verici kısmında kullanıcıların kodlanmış sembolleri yayılım dizileri ile çarpılıp toplandıktan sonra, alt taşıyıcılara ayrılmadan tek bir frekanstan gönderilmiştir. Sembol gönderme süresi ilk sistem ile aynı olup $L_c T_c$ 'dir.

STB kodlanmış DS-CDMA alıcısında, j . kullanıcının gönderdiği sembollerin bulunabilmesi için, alıcı antenler tarafından alınan sinyaller kullanıcıya ait yayılım dizisi \mathbf{c}_j ile çarpılır ve STB kodçözücüden geçirilerek enbüyük olabilirlik kodçözücüsüne göre gönderilen sembellere karar verilir.

2.3. Uzak-Zaman Kafes (STT) Kodlanmış DS-CDMA

Bu sistemde, diğer sistemden farklı olarak j . kullanıcının k . bilgi biti $b_j(k)$, STT kodlayıcı ile kodlanır. Kodlayıcı çıkışındaki sinyal

$$\mathbf{x}_j(\mathbf{k}) = [x_j^1(k) \quad x_j^2(k) \quad \dots \quad x_j^{n_T}(k)] \quad (2)$$

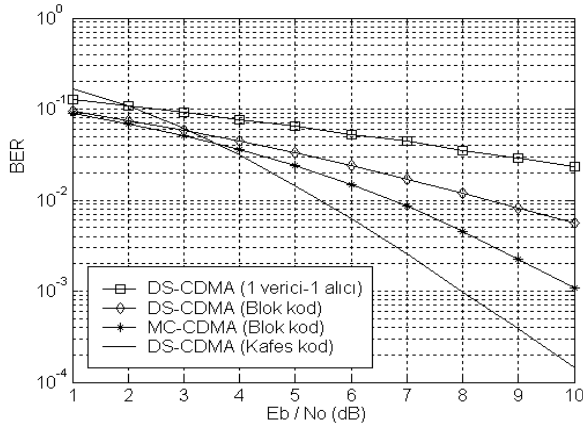
şeklinde yazıldığında $x_j^i(k)$, j . kullanıcının k . bilgi biti için i . verici antenden gönderdiği sinyali gösterir. Kullanıcıların kodlayıcı çıkışındaki sinyalleri yayılım dizileri ile çarpılır ve toplandıktan sonra n_T verici anten üzerinden gönderilir.

STT kodlanmış DS-CDMA alıcısında, alıcı antenler tarafından alınan sinyaller yayılım dizisi \mathbf{c}_j ile çarpılır ve elde edilen sinyal STT kodçözücüden geçirilerek, Viterbi algoritması yardımıyla j . kullanıcının gönderdiği bit dizisine karar verilir.

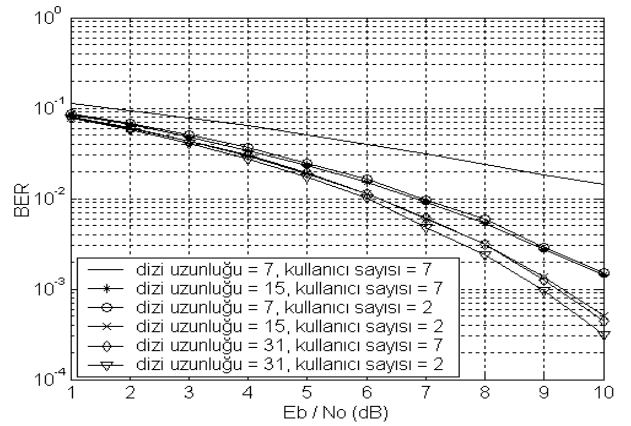
3. Sonuçlar

Yapılan benzetim çalışmalarında öncelikle elde edilen üç sistemlerin başarımları birbirleri ile ve 1 verici, 1 alıcı antenli DS-CDMA sistemi ile karşılaştırılmıştır. Burada kodlanmış sistemlerde, Rayleigh sönümlü kanalda 2 verici, 1 alıcı antenli sistemde 8 uzunluklu Walsh dizisi ile yayılım yapılmıştır. BPSK kipleycisi kullanılmıştır. STTC için ereve uzunluğu 260 bit olarak alınmıştır. Sistemin tam yüklü olduğu durumda, hızlı sönümlenme için elde edilen BER eğrileri şekil 2’de gösterilmiştir. şekil 2’den, yüksek E_b/N_0 değerlerinde kodlanmış sistemlerin kodlanmamış DS-CDMA sisteme göre daha iyi başarım sağladığı ve en iyi başarım gösteren sistemin STT kodlanmış DS-CDMA olduğu görülmektedir.

Diğer bir benzetim çalışmasında Walsh dizisi yerine PN dizileri kullanılarak, kullanıcı sayısının ve yayılım dizisi uzunluğunun sistem başarımına etkisi incelenmiştir. 7, 15 ve 31 uzunluklu yayılım dizileri kullanılan STB kodlanmış MC-CDMA sistemlerin 2 ve 7 kullanıcı için çizdirilmiş BER eğrileri şekil 3’te gösterilmiştir. şekil 3’te en kötü başarım, 7 uzunluklu yayılım dizisi ve 7 kullanıcı için grlmştir. Bu durum, sistemin tam yüklü olmasından kaynaklanmaktadır. En iyi başarım ise, yayılım dizisinin en uzun olduğu ve sinyal karışmasının en az olduğu 31 uzunluklu yayılım dizili ve 2 kullanıcıli sistemde grlmştir. Dizi uzunluğu 7, kullanıcı sayısı 2 olan sistemle, dizi uzunluğu 15, kullanıcı sayısı 7 olan sistemlerin başarımları hemen hemen aynı çıkmıştır. Benzer durum dizi uzunluğu 15, kullanıcı sayısı 2 olan sistemle, dizi uzunluğu 31, kullanıcı sayısı 7 olan sistem için de geçerlidir. Buna göre daha fazla kullanıcının, yayılım dizisi uzunluğu artırılarak, aynı BER ile iletişim yapması mümkündür.



şekil 2. 8 uzunluklu Walsh dizisi ve 8 kullanıcı için hızlı sönümlü kanalda, 2 verici, 1 alıcılı  sistemin ve 1 verici, 1 alıcı antenli DS-CDMA sistemin BER grafiklerinin karşılaştırılması



şekil 3. 2 verici, 1 alıcı antenli sistemde, en büyük-uzunluklu yayılım dizisi uzunluğunun ve kullanıcı sayısının STB kodlanmış MC-CDMA sisteme etkisi

Kaynaklar

- [1] R. Prasad, “CDMA for Wireless Personal Communications”, *Artech House Publishers*, 386 s, 1996.
- [2] N. Yee, J.P. Linnartz, G. Fettweis, “Multicarrier CDMA in Indoor Wireless Radio Networks”, *Proc. of IEEE PIMRC '93*, Yokohama, Japan, s. 109-113, September 1993.
- [3] V. Tarokh, N. Seshadri, A.R. Calderbank, “Space-Time Codes for High Data Rate Wireless Communication: Performance Criterion and Code Construction”, *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 44, No. 2, s. 744-765, March 1998.
- [4] J. M. Auffray, J.F. Helard, “Performance of Multicarrier CDMA Technique Combined with Space-Time Block Coding over Rayleigh Channel”, *IEEE 7th Int. Symp. On Spread-Spectrum Techniques and Applications*, Prague, Czech Republic, s. 348-352, September 2002.
- [5] J. Yi, J.H. Lee, “Interference Cancellation for a Space-time Coded DS-CDMA System in a Rayleigh Fading Channel with Arrival Time Difference”, *VTC 2002*, Alabama, s.1424-1428, May 2002.