

Doğrudan Sıralı Yayılı İzge Haberleşmesinde Yeni bir Boğucu İşaret Çıkarım Tekniği Uygulaması

Sultan Aldırmaz, Lütfiye Durak
Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Beşiktaş, 34349, İstanbul
aldirmaz@yildiz.edu.tr, ldurak@yildiz.edu.tr

Özet: Bu çalışmada yayılı izge haberleşme sistemine karışan durağan olmayan boğucu işaretlerin analizi için özgün bir yöntem sunulmuş ve bu işaretlerin izgeden çıkarıldığı bir uygulama önerilmiştir. Sunulan yöntemde, sisteme karışan boğucu işaretleri sistemden çıkarabilmek için alıcıdaki toplam işarete kısa-süreli Fourier dönüşümü (KSFD) uygulanmış ve elde edilen KSFD imgesi eşiklenerek ters KSFD işlemleri uygulanarak boğucu işaret kestirilmiştir. Elde edilen boğucu işaret kestirimi, kod çözümünden önce alıcıdaki işaretten çıkarılarak istenen işaret elde edilmektedir. Yapılan kestirimin ortalama hatası 0,0089 olarak hesaplanmıştır. Sisteme karışan boğucu işaret ve gürültü gücünün farklı değerleri için sistemin bit hata oranı (BER) benzetimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan benzetimlerde, işaret gürültü oranı (SNR) 12 dB iken boğucu işaret çıkarımı yapıldığında BER 10^{-3} 'den küçükken, yapılmadığında BER değeri 10^{-1} mertebelerinde olduğu gözlenmiştir.

1. Giriş

Farklı haberleşme sistemleri farklı frekans bantlarında iletim yapmalarına rağmen, her bir işaret bir diğeri için bozucu etki gösterebilmektedir. Kasıtsız olarak gerçekleşen bu tip bozucu etkiler, bazen sisteme boğucu işaretlerin karıştırılmasıyla kasıtlı olarak da yapılabilmektedir. Özellikle askeri uygulamalarda karşılaşılan bu durumdan en az etkilenmek için kullanılan bir yöntem, doğrudan sıralı yayılı izge (DS-Yİ) teknikleriyle gerçekleştirilen kod bölümlü çoklu erişim (CDMA) haberleşmesidir. DS-Yİ ile CDMA'de işaret, genellikle BPSK modülasyonu sonrasında PN sözde rasgele kodu ile çarpılarak frekansta yayılmakta ve kendi bant genişliğinden oldukça büyük bir bant genişliği ile iletilmektedir [1]. Bant genişliğinin artması sistemi gürültü ve boğucu işaretlere karşı dayanıklı bir hale getirir. Ancak artan boğucu işaret güçlerinde DS-Yİ başarısız olmakta ve boğucu işaretin sistemden çıkarılması için ek bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır [2].

Kasıtlı olarak sisteme eklenen boğucu işaretler haberleşme izgesini bozmayı ve iletilen işaretin alıcıda doğru olarak alınmasını engellemeyi amaçlar. Boğucu işaretler frekans süpüren (çörp gibi), frekans atlamalı [2], ton işareti [3], karesel FM işareti veya polinom fazlı [4] biçiminde olabilir. Durağan olmayan boğucu işaretlerin birçok frekans bileşeni içermesinden dolayı işaretten çıkarılması kolay olmamaktadır. Bu işaretlerin haberleşme izgesinden çıkarılması için geliştirilen tekniklerin en bilinenleri boğucu işarete bağlı olarak çok kutuplu FIR filtre [2], uyarlanırlı altbant dönüşümü [3], çentik filtre [4], uyarlanırlı bant geçiren filtre [5] ya da boğucu işaretin anlık frekansına uyarlanan zamanla değişen filtre [6] ile gerçekleştirilebilir. Ayrıca farklı dönüşüm bölgeleri metotları ile boğucu işaret çıkarım yöntemleri de bulunmaktadır [7].

Bu çalışmada, bir DS-Yİ haberleşme sisteminden boğucu işaret çıkarımı için yeni bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntemde, zaman-frekans dağılımlarından kısa süreli Fourier dönüşümü (KSFD) kullanılarak boğucu işaretin zaman ve frekanstaki güç dağılımı belirlenmekte ve kestirimi yapılmaktadır. Bu amaçla Bölüm 2'de KSFD kısaca anlatılmakta, Bölüm 3'te ise yayılı izge haberleşmesi tanıtılmaktadır. Tasarlanan sistemin matematiksel modellenmesi Bölüm 4'de, sisteme karışan boğucu işaretin tek ve iki bileşenli çörplerden oluştuğu durumlar için işaret gürültü oranına (SNR) göre bit hata oranının (BER) değişimleri ise Bölüm 5'de ayrı ayrı incelenmektedir.

2. Kısa Süreli Fourier Dönüşümü

İşaretlerin zamana bağlı frekans davranışları, onların değişimini anlamak ve onlar hakkında daha fazla bilgi edinebilmek açısından oldukça önemlidir. KSFD, frekans içeriği zamanla değişen işaretler için zaman ve frekans bilgisini bir arada veren doğrusal bir dönüşümdür. Bir KSFD imgesi, işaretin enerjisinin zaman ve frekans bölgelerindeki dağılımını ifade etmektedir. Bu teknikte, işaret bir pencere yardımıyla durağan kabul edilebilecek parçalara bölünmekte ve her bir parçanın Fourier Dönüşümünün (FD) hesaplanmasıyla KSFD elde edilmiştir.

$$KSFD_x(t, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) g(\tau - t) e^{-j2\pi f t} dt \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $g(\tau)$ pencere fonksiyonunu, t zaman ve f ise frekans değişkenini göstermektedir.

3. Yayılı İzge Haberleşmesi ve Sistem Modellemesi

Yayılı izge haberleşmesi, işaretlerin iletim için gerekli minimum bant genişliğinden daha fazlasını kapsayacak şekilde frekans izgesinde yayarak kanalda iletilmesi tekniğidir [8]. Haberleşme sistemi için çok önemli bir ölçüt

olan bant genişliğinin fazla kullanılması, ilk bakışta büyük bir dezavantaj olarak görülse de, yayılı izge haberleşmesi, CDMA tekniği ile kanalın olumsuz etkilerine karşı veriyi dayanıklı hale getiren oldukça verimli bir haberleşme tekniğidir. CDMA modülasyon yöntemi ikincil bir modülasyon yöntemi olduğundan, işarette öncül bir modülasyon tekniğinin uygulanması gerekir. Bu modülasyon tekniği olarak da çoğunlukla hem genlik hem de faz bilgisini bulunduran BPSK modülasyonu kullanılmaktadır. Şekil 1’de $d(t)$ bilgi işaretin yayılı izge işaretine dönüştürülmesi gösterilmiştir. Tasarlanan haberleşme sisteminde, IEEE 802.b standardına bağlı kalınarak PN kodu uzunluğu 11 olarak seçilmiştir. Bu da sistemi, boğucu işarete karşı kendiliğinden 10,4dB dayanıklı hale getirmektedir.

Bu çalışmada, DS-Yİ sistemine kasıtlı olarak haberleşme izgesini bozmak amacıyla tonlardan veya tek/ çoklu çörp bileşenlerinden oluşan boğucu işaretlerin karıştırıldığı bir sistem modellenmektedir. Gönderilmek istenen veri $d(t)$, $\{-1, +1\}$ genlik değerlerinde dikdörtgen bir darbe ise BPSK ile modüle edildiğinde,

$$m(t) = A_c d(t) \cos(2\pi f_c t) \quad (2)$$

olur. Denklem 2’deki A_c ve f_c sırasıyla BPSK modülasyonu taşıyıcısının genliği ve frekansdır. Yayılı izgeye geçmek için modüleli işaret PN kodu ile çarpılır. PN kodu, bilgi işaretinde olduğu gibi $\{-1, +1\}$ genlik değerlerine sahip dikdörtgen bir darbe şeklinde olmasına rağmen, PN kodunun bant genişliği $d(t)$ ’nin bant genişliğine oranla oldukça büyük seçilir. Bu durumda vericiden gönderilecek yayılı işaret olan $s(t)$,

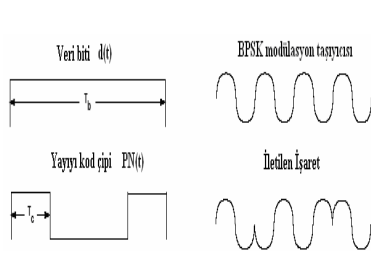
$$s(t) = A_c d(t) PN(t) \cos(2\pi f_c t) \quad (3)$$

şeklinde elde edilir. Denklem 3’de A_c ve f_c sırasıyla taşıyıcı genliğini ve frekansını simgeler. Sonuç olarak en genel formuyla,

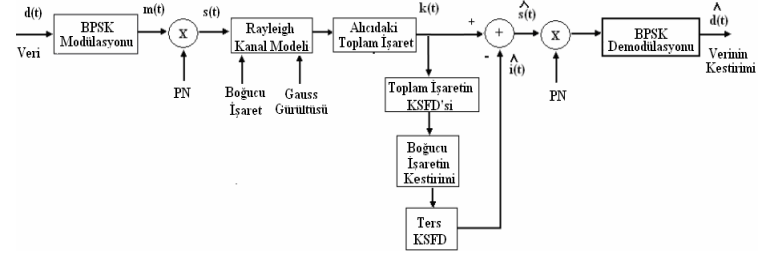
$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \vartheta(t)) \quad (4)$$

ile ifade edilir. Burada $\vartheta(t)$ modülasyonlu işaretin fazını göstermektedir.

Tasarlanan haberleşme sisteminin gerçekçi bir benzetimini elde etmek için, şehir merkezlerinde ve alıcının vericiyi doğrudan görmediği sistemlerde genel olarak kullanılan Rayleigh kanal modeli seçilmiştir [9]. Benzetimlerde iletilen işaretin yansımalarından ve kırılmalarından dolayı alıcıya 1000 farklı yoldan gelen geldiği kabul edilmiştir. Sistemin blok diyagramı Şekil 2’deki gibidir.



Şekil 1. Bilgi işaretinin yayılı izgeye çevrimi.



Şekil 2. Tasarlanan haberleşme sistemi.

4. Benzetim Sonuçları

Yapılan benzetimlerde boğucu işaretin gücünün DS-Yİ ile CDMA’li işaretin gücüne oranının (JSR) 20 dB ve üstü olduğu kabul edilmiştir. Boğucu işaretin enerjisi, CDMA’li işaretin enerjisine oranla oldukça fazla olduğundan alıcıya gelen toplam işaretin KSF D’si hesaplandığında, boğucu işaretin enerjisinin zaman ve frekansta nasıl dağıldığı bilgisi elde edilir. Boğucu işaretin kestiriminin yapılabilmesi için, sadece boğucu işaretin olduğu bölge kalacak şekilde KSF D imgesi eşiklenerek şablon bir imge oluşturulur. a ve b, KSF D imgesinin satır ve sütun sayısı olmak üzere, bu işlemin karmaşıklığı, $2N^2 \log N$ çarpma ve $2x a \times b$ karşılaştırmadır.



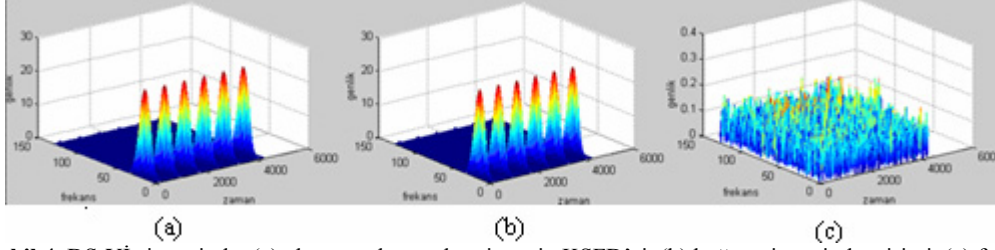
Şekil 3. (a) Alıcıya gelen toplam işaretin KSF D imgesi, (b) şablon imge.

Şekil 3.a’da boğucu işaretin doluluk - boşluk oranı % 33 olan tek bileşenli çörp olduğu durumda, DS-Yİ alıcısındaki toplam işaretin KSF D imgesi ve Şekil 3.b’de bu imgeden elde edilen şablon imge yer almaktadır. Şekil 4’de ise sisteme karışan boğucu işaret ve onun bu yöntem ile elde edilmiş kestirimi yer almaktadır.

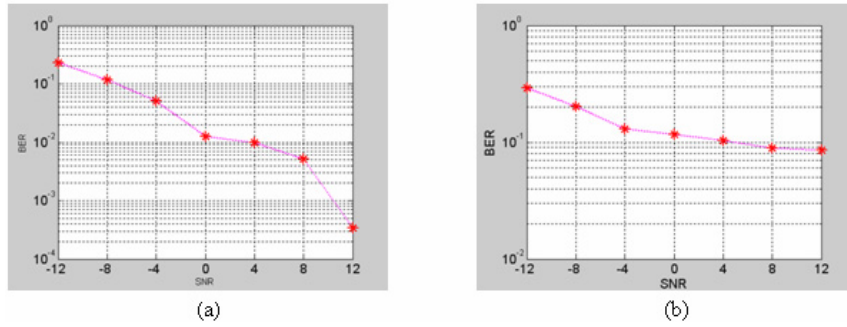
5. Sonuçlar

Sistem benzetimlerinde, her bir veri bitinin dört BPSK sembolü ile modüle edildikten sonra CDMA tekniği ile gönderilmesi tasarlanmıştır. Tablo 1’de boğucu işaretin çıkarıldığı ve çıkarılmadığı durumlarda, verinin alıcıda doğru olarak alınabilme başarımı verilirken, Şekil 5.a ve 5.b’de ise sisteme kanalda karışan toplam Gauss

gürültüsüne bağlı olarak bu iki durumdaki sistemin BER performansı gösterilmektedir. Bu teknik kullanıldığında JSR 20 dB ve SNR 12 dB değerleri için BER 10^{-3} 'den küçükken, bu teknik kullanılmadığında BER değeri 10^{-1} mertebelerindedir.



Şekil 4. DS-Yİ sisteminde; (a) alıcıya gelen toplam işaretin KSFĐ'si, (b) boğucu işaretin kestirimi, (c) fark. Sistemin başarımı burada açıkça görülmektedir. Buna göre, boğucu işaret çıkarımının gerçekleştiği durumda verinin doğru olarak alınma başarımı önemli şekilde artmıştır. JSR-BER eğrisi ise Şekil 6'da verilmiştir. İleriki çalışmalarda kullanılan KSFĐ penceresinin türü veya uzunluğu değiştirilerek daha iyi çözümlüklü bir gösterim elde edilebilir. Sisteme kanal kodlama yapısı eklenerek kanal etkilerinden sistem korunabilir.



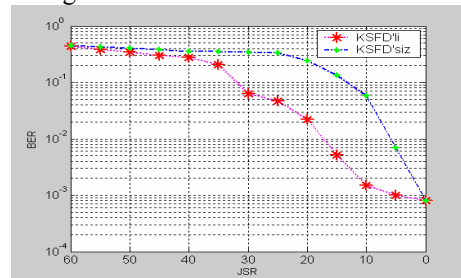
Şekil 5. JSR 20dB iken tek bileşenli boğucu işaret için, (a) boğucu işaret çıkarıldığında, (b) boğucu işaret çıkarılmadığında SNR-BER eğrisi.

SNR	Başarım (%)	
	Boğucu işaret çıkarılmadan	Boğucu işaret çıkarılarak
-12	50,90	59,25
-8	50,97	73,11
-4	51,14	87,79
0	51,18	94,98
4	51,30	97,63
8	51,21	98,90
12	51,31	99,50

Tablo 1. SNR-Verinin doğru olarak alınma başarım değişimi.

Kaynaklar

- [1] Groe, J. B. ve Larson, L. E. CDMA Mobile Radio Design, Artech House Publishers, 2000.
- [2] Amin, M. G., "Interference Mitigation in Spread Spectrum Communication Systems Using Time-Frequency Distributions," IEEE Trans. on Signal Proc., 45(1), 1997.
- [3] Tazebay M., Akansu, A., "Adaptive Subband Transforms in Time-Frequency Excisers for DSSS Communication Systems", IEEE Trans. Signal Proc., 43(11), 1995.
- [4] Wang, C., Amin, M.G., "Performance Analysis of Instantaneous Frequency-Based Interference Excision Techniques in Spread Spectrum Communications", IEEE Transactions on Signal Proc.,46(1), 1998.
- [5] Laster, J. D. ve Reed, J. H., "Interference Rejection in Digital Wireless Communications," IEEE Signal Proc. Mag., s.37-62, 1997.
- [6] Akan, A. ve Cekic, Y., "Interference Suppression in DSSS Communication Systems Using Instantaneous Frequency Estimation," The 6th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems - ICECS'99, 5 – 8 Sep. 1999, Paphos, Cyprus.
- [7] Milstein, L. ve Das, P., "An analysis of a real-time transform domain filtering digital communication system—Part I: Narrow-band interference rejection", IEEE Trans. Commun., 1980.
- [8] Groe, J.B., Larson, L.E., (2000), Cdma Mobile Radio Design, Artech House Publisher, London.
- [9] Rappaport, T.S., Wireless Communications: Principles and Practice, Prentice-Hall International (UK) Limited, 1. Baskı, Londra.
- [10] Aldırmaz, S., Yayılı Spektrum Haberleşmesinde Boğucu İşaret Çıkarımı, Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, İstanbul, 2006.



Şekil 6. JSR-BER değişimi.