

OFDM SİSTEMLERİNDE SIKIŞTIRMA-GENLEŞTİRME ve KIRPMA YÖNTEMLERİNİN BİRLEŞTİRİLMESİ İLE TEPE-ORTALAMA GÜÇ ORANININ DÜŞÜRÜLMESİ

REDUCTION OF THE PEAK TO AVERAGE POWER RATIO IN OFDM SYSTEMS BY THE COMBINED USE OF COMPANDING AND CLIPPING

Rafet Yücel ve Mehmet Şafak

Hacettepe Üniversitesi

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Tel: 312-297 70 70 Fax: 312-299 21 25

ryucel@mgeo.aselsan.com.tr msafak@hacettepe.edu.tr

Özet

Dikgen frekans bölüşümlü çoğullama (Orthogonal Frequency Division Multiplexing-OFDM) telsiz iletişimde yüksek veri hızı sağlar, bunun yanında sönmülemeye ve semboller arası karışıma (Inter Symbol Interference-ISI) karşı dayanıklıdır. Fakat bu sistemin ana dezavantajı yüksek tepe-ortalama güç oranı (Peak-to-Average Power Ratio-PAR) sorunudur. Bu da OFDM uygulamasının pahalı ve verimsiz olmasına neden olabilir. PAR değerini düşürmek için çeşitli yöntemler vardır. Bunlardan sıkıştırma-genleştirme (companding) yöntemi PAR değerini düşürürken, bit hata oranını iyileştirir. Kırpma (clipping) yöntemi ise PAR değerini düşürürken sistemin bit hata oranını artırır. Bu makalede; söz konusu yöntemlerin birleşimi sonucunda, PAR değerinin düşmesi ve bit hata oranının iyileşmesi ile elde edilen başarımların artırışı incelenmiştir.

1.Giriş

OFDM, bir veri serisinin daha yavaş alttaşıyıcılarla taşınmasını sağlayan çoktaşıyıcılı iletim yöntemidir. OFDM geniş bantlı veri iletiminde (gezgin radyo FM kanallarında) HDSL (1,6 Mbps), ADSL (6 Mbps), VDSL(10 Mbps), DAB ve HDTV sistemlerinde kullanılmıştır. N alttaşıyıcı sayısı, X(n) kiplenmiş sembol olmak üzere OFDM sinyali $x(k)$;

$$x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X(n) e^{j \frac{2\pi nk}{N}} \quad (1)$$
$$= |x(k)| e^{j\phi(k)}$$

olarak yazılabilir. Bir OFDM sinyali, bağımsız kiplenmiş alttaşıyıcılar içerir. Bunlar birbirine eklendiği zaman yüksek tepe-ortalama güç oranı (peak to average power ratio-PAR) oluştururlar [1,2]. Aynı evreye sahip N tane sinyal birbirine eklenirse, ortalama gücün N katına sahip bir tepe gücü oluştururlar.

$$PAR = \frac{x(k)^2}{E[x(k)^2]} \quad 1 \leq k \leq N \quad (2)$$

olur.

Tepe-ortalama güç oranının düşürülmesi için değişik yöntemler önerilmiştir [1,2,3,4,5,6]. Bunların bir kısmı fazla sayıda IFFT işlemi gerektirdiğinden sistem karmaşasını artırır, bir kısmı kanal kapasitesini verimsiz kullanır, bir kısmı ise bit hata oranının artmasına ve band dışı yayılma neden olur. Bunlardan kırpma yöntemi sistem karmaşasını artırmayan ve uygulanması en kolay yöntemdir ancak sistemin bit hata oranını artırır. Bu makalede, kırpma yöntemi sıkıştırma-genleştirme yöntemi ile birlikte kullanıldığında elde edilen sonuçlar

incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan sistemin PAR değerinin düşürüldüğü ve bit hata oranının iyileştiği gözlenmiştir..

2. Birleşik Kırpma ve Sıkıştırma-Genleştirme Yöntemi

OFDM sinyallerinde tepe-ortalama güç oranının azaltılması için kullanılan yöntemlerden sıkıştırma-genleştirme yöntemi sistemdeki bit hata oranı üzerinde de olumlu etki yapması açısından dikkat çekmektedir [6]. Bu yöntem tek başına tepe-güç oranını da düşürebildiği gibi diğer yöntemlerle birlikte kullanıldığında sistemin bit hata oranında yapacağı iyileşme ile daha başarılı olacağı fikrini doğurmaktadır. PAR değerini düşüren sıkıştırma-genleştirme yöntemi ile [6] bit hata oranını artıran kırpma yönteminin birlikte kullanılması sonucunda elde edilen benzetimler incelenecek olursa sistemin bit hata oranında iyileşme olması beklenmektedir.

Kırpma eşik seviyesi th ile gösterilirse kırılmış sinyal $\tilde{x}(k)$ [2];

$$\tilde{x}(k) = \begin{cases} the^{j\phi(k)} & \text{eğer } |x(k)| > th \\ x(k) & \text{eğer } |x(k)| \leq th \end{cases} \quad (3)$$

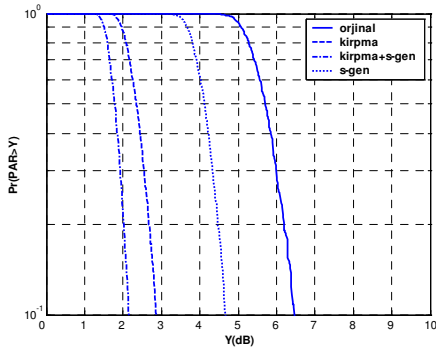
olur. Oluşan kırılmış $x(k)$ serisine sıkıştırma-genleştirme tekniği uygulanır [1].

$$x'(k) = \frac{ASgn\langle x(k) \rangle \ln[1 + u \frac{|x(k)|}{A}]}{\ln(1+k)} \quad (4)$$

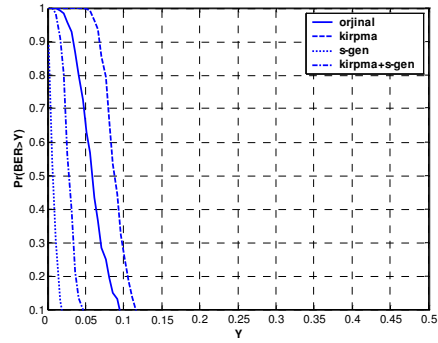
A , düzgeleme sabitidir ($0 \leq \frac{|x(k)|}{A} \leq 1$). u ve A parametrelerinin seçimi yöntemin başarımı için önemlidir. u

için en uygun değer $\sqrt{N}$ 'dir [6]. (N =alttaşıyıcı sayısı)

256 tane alttaşıyıcı ve 4-QAM ile kiplenmiş bir OFDM sisteminde 256000 veri kullanılarak yapılan benzetimden elde edilen PAR ve BER tamamlayıcı birikimsel dağılım işlevi grafikleri aşağıda sunulmuştur.. (Sistemde Gauss türü beyaz gürültü vardır. Kırpma seviyesi= $\max|x(k)|/2$ olarak alınmıştır.).



Şekil 1 PAR birikimsel dağılım işlevi

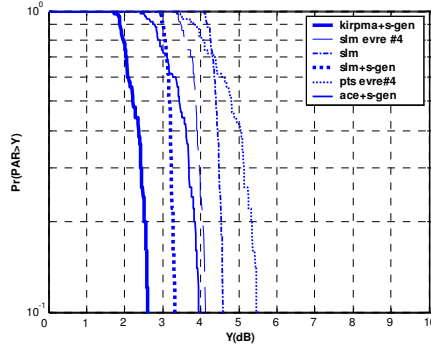


Şekil 2 BER birikimsel dağılım işlevi

Şekil 1'den görüldüğü üzere PAR değerindeki en fazla düşüş sıkıştırma-genleştirme yöntemi ile kırpma yöntemi birlikte uygulandığında elde edilmektedir. Buna karşılık kırpma seviyesinin sistemin bit hata oranında oluşturduğu artış sık-gen yöntemiyle birlikte uygulandığında azalmakta hatta orijinal bit hata oranından bile daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (Bkz. Şekil 2).

Sıkıştırma-genleştirme yöntemi diğer yöntemlerle birlikte de kullanılabilir. Bu yöntemi seçilmiş seri yöntemi (SLM) [2] ve genişletilmiş yıldız kümesi yöntemi (ACE) [5] ile entegre kullanınca elde edilen benzetim

sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Geliştirilen bu yöntemleri literatürde bulunan, incelenmiş diğer yöntemlerden bazılarıyla karşılaştırmak başarımlarını daha iyi anlayabilmek için yararlı olacaktır. Buna göre, SLM [2] ve PTS [3] yöntemleriyle karşılaştırma Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3 Değişik yöntemlerin karşılaştırılması

Şekil 3'den gözlenebileceği gibi ACE ile sıkıştırma-genleştirme yönteminin birlikte kullanımı literatürdeki diğer yöntemlerden daha başarılı gözükmemektedir. Ancak daha başarılı olan yöntemlerin işlem yükünü artırdığını unutulmaması gerekmektedir (Bkz. Çizelge 1).

	ORJİNAL	KIRPMA	SIKIŞTIRMA- GENLEŞTİRME	KIRPMA+SIKIŞTIRMA- GENLEŞTİRME
PAR CCDF @ 10^{-1}	6.4 dB	2.8 dB	4.5 dB	2.1 dB
BER CCDF @ 10^{-1}	0.1	0.12	0.02	0.05

Çizelge 1 Yöntemlerin karşılaştırılması

3.Sonuç

Sıkıştırma-genleştirme yöntemi kırpma yöntemiyle birlikte kullanıldığında PAR değerinde sağlanan düşüşü yanı sıra sistemin bit hata oranında da iyileşme olur. Böylece kırpma yönteminin neden olduğu bit hata oranı artışı sorununa bir çözüm getirir. Ancak kırpma yöntemine ek işlem yükü getirir. Bu nedenle işlem yükü ile PAR düşürme başarımları arasındaki ödünleşmenin göz önünde tutulması gerekir. Sıkıştırma-genleştirme tekniklerinin birlikte kullanıldığı yöntemlere getireceği işlem yükünün ihmal edilecek seviyede olacağı düşünülürse avantaj sağlanabilir.

Kaynaklar

- [1]. Richard D.J. van Nee, "OFDM for Wireless Multimedia Communications", Artech House Boston 2000, s.23-105
- [2]. R.W. Bauml, R.F.H. Fischer and J.B. Huber, "Reduced the Peak-to Average Power Ratio of Multicarrier modulation by selected Mapping", Electronic Letters, 24th October 1996, Vol.32, No.22, s.58-67
- [3]. A.D.S. Jayalath, C. Tellambura and H.Wu, "Reduced Complexity PTS and New Phase Sequences reduce PAP of an OFDM signal", School of Computer Science and Software Engineering Monash University, 2000, s. 1914-1917
- [4]. Chan-Soo Hwang, "A Peak Power Reduction Method for Multicarrier Transmission", Digital Communications Lab., IEEE 2001 s.1496-1500
- [5]. Brian S. Krongold, Douglas L. Jones, "A study of Active Constellation Extension for PAR Reduction in OFDM", 7th International OFDM-Workshop 2002, Hamburg, Germany, September 2002, s.107-111
- [6]. Xiao Huamg, Jianhua Lu, Justin Chuang and Junli Zheng, "Companding Transform for the Reduction of Peak-to-Average Power Ratio of OFDM Signals", 2001 IEEE, VTC'01, s.835-836