

OFDM Sistemlerinde Tepe Gücü / Ortalama Güç Oranının Seçici Eşleme Tekniği Kullanılarak Azaltılması

E.Seza İMAMOĞLU

Necmi TAŞPINAR

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kayseri
e-mail: ebruseza@erciyes.edu.tr e-mail: taspinar@erciyes.edu.tr

Özet: Bu bildiride, OFDM sistemlerindeki tepe gücü/ortalama güç oranı 'Seçici Eşleme' tekniği kullanılarak azaltılmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmada ses verisinin iletildiği OFDM sistemi bilgisayar ortamında simüle edilerek 'Seçici Eşleme' tekniğinin performansı değerlendirilmiştir.

1. Giriş

Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (OFDM), yüksek hızlı bir veriyi düşük hızlı çok sayıda ortogonal alt taşıyıcılar üzerinden ileten özel çok taşıyıcılı bir iletim şeklidir. Bütün taşıyıcılar birbirine göre ortogonal olduklarından OFDM, kanalları birbirine daha yakın yerleştirmek suretiyle tayfı daha verimli kullanabilmekte; böylece yakın yerleştirilen taşıyıcılar arasındaki girişim önlenebilmektedir. OFDM'nin tercih edilme sebeplerinden birisi, frekans seçici sönmüleme ya da dar band girişime karşı direnci artırmaktır. Tek taşıyıcılı bir sistemde, bir sönmüleme ya da girişim hattın tamamının zayıflamasına neden olurken, çok taşıyıcılı bir sistemde alt taşıyıcıların sadece küçük bir yüzdesi bu durumdan etkilenmektedir [1-2]. Buna ilave olarak ortogonal alt taşıyıcılar aşırı yüklenebildiklerinden dolayı spektral verimlilik yüksektir. Bütün bu avantajlarının yanında çok sayıda bağımsız alt taşıyıcının eklenmesiyle oluşan yüksek tepe gücünün ortalama güce oranı (PAPR), OFDM'nin bir dezavantajı olup uygulama alanlarını kısıtlamaktadır.

OFDM sistemlerindeki bu yüksek tepe gücünü azaltmak için literatürde bulunan teknikler, 3 grupta incelenmektedir [1]. İlki, tepe genliğini basitçe tepelerdeki yada çevresindeki OFDM işaretinin lineer olmayan bozulmasıyla azaltan işaret bozma tekniğidir. Bozma tekniğine örnek olarak kırpmaya, tepe pencereleme ve tepe engelleme verilebilir. İkinci kategori olan kodlama tekniği, büyük PAP oranlı OFDM işaretlerini hariç tutmak için turbo kodlar, konvolosyonel kodlar gibi özel ileri hata düzeltme kod setleri kullanılmaktadır. Üçüncü teknik olan sembol karıştırma yöntemi, seçici eşleme ve kısmi iletim dizileri adı altında iki gruba ayrılmakta ve her OFDM işaretinin farklı karıştırma dizileri ile karıştırılıp, en küçük PAP oranını veren dizinin seçilmesi ilkesine dayanmaktadır.

Bu bildiride iletilen OFDM işaretinin tepe gücü-ortalama güç oranı, üçüncü kategoriyi oluşturan sembol karıştırma yöntemlerinden 'Seçici Eşleme' tekniği kullanılarak azaltılmaya çalışılmıştır. Sistemdeki farklı parametrelerin değiştirilmesine ve test edilmesine olanak vermek için OFDM sistemi bilgisayar ortamında simüle edilmiş ve yapılan simülasyonlar sonucunda kullanılan tekniğin performansı değerlendirilmiştir.

2. Seçici Eşleme Yöntemi

Bir OFDM işareti, birbiri üzerine eklendiğinde büyük bir tepe gücü/ortalama güç oranı veren çok sayıda bağımsız modülasyonlu alt taşıyıcı içermektedir. Aynı fazlı N adet işaret toplandığında, ortalama gücün N katı olan tepe güç değeri oluşmaktadır [1].

OFDM iletim şemasında N elemanlı bir iletim dizisi $X = (X_0, \dots, X_{N-1})^T$, seriden paralele dönüştürücü ile bir çerçeve içine paketlenmekte ve ardından ters ayrık Fourier dönüşümünün uygulanmasıyla bu paket işareti, $Y = (Y_0, \dots, Y_{N-1})^T$ şeklindeki zaman domenine dönüştürülmektedir. Burada

$$Y_n = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} X_m e^{j(2\pi/N)nm} \quad (1)$$

olmak üzere

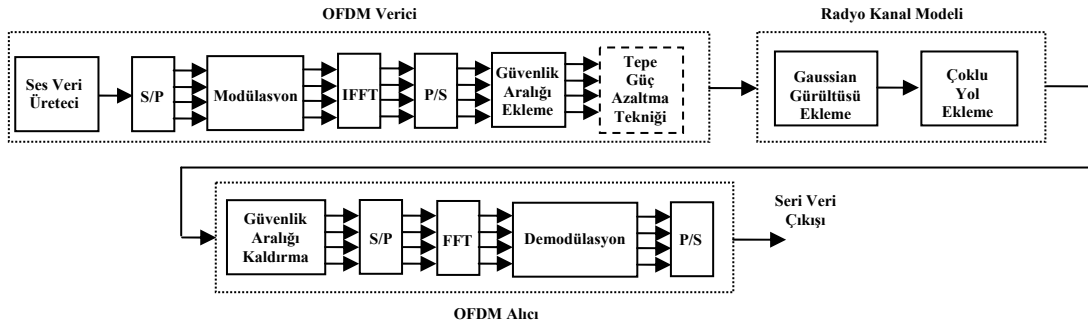
$$PAPR = \frac{\max_{0 \leq n \leq N-1} \{ |Y_n|^2 \}}{E[|Y_n|^2]} \quad (2)$$

ile ifade edilmektedir..

Seçici Eşleme yöntemi (SLM), sembol karıştırma tekniğinin bir alt dalıdır. Sembol karıştırma metodunun ana fikri; her bir OFDM sembolü için giriş dizisinin belirli sayıda karıştırma dizileri ile karıştırılması ve en küçük PAP oranlı çıkış işaretinin iletilmesidir[3-4]. Karıştırma olmaksızın bir OFDM işareti için eğer PAP oranının belirli bir seviyeyi aşma olasılığı p ise, k karıştırma kodlarının kullanılmasıyla bu olasılık, p^k 'ya düşer. Bundan dolayı sembol karıştırma, PAP oranının düşük bir seviyenin altında olmasını garanti etmekten ziyade, yüksek PAP oranlarının oluşma olasılığını azaltmaktadır[1]. PAPR'ın düşürülmesinde faz kontrol metodu olarak sınıflandırılan 'Seçici Eşleme' metodu, benzer giriş veri dizisi üzerinde M farklı faz değişikliği yaptıktan sonra en küçük PAPR'lı dizinin seçilmesi ve iletilmesidir[5-6]. Başka bir ifadeyle SLM'de vericide aynı bilgiyi temsil eden farklı işaretler kümesinden bir işaret seçilir. M adet farklı dizi, giriş veri dizisinin N uzunluklu faz kontrol dizileri ile çarpılması ile oluşturulmaktadır. Şayet orijinal dizinin birikimli dağılım fonksiyonu (CCDF), $P_r(PAP > PAP_0)$ ise, M tane dizi arasındaki en iyi dizinin CCDF'si, P_r^M olacaktır. Böylece ilave ters hızlı Fourier dönüşümü pahasına, PAPR'ın belirli bir eşik değeri geçme olasılığı mümkün olduğunca küçültülebilmektedir. SLM'nin spektral verimliliği yüksek olup, diğer yöntemlerin aksine işarete bozulma oluşturmadığından dolayı etkin ve esnek olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, IFFT ve özyineleme hesaplama sayısının çok olmasından dolayı bu faz kontrol metodunun hesaplama ve donanım karmaşıklığı yüksektir. Ayrıca, gereken BER performansını sağlayabilmek için faz kontrolü ile ilgili yan bilgiler de sisteme eklenmeli ve iletilmelidir. Seçici Eşleme tekniğinde, veri bloğu birkaç benzer veri bloğu içine kopyalandıktan yada alt bloklara bölündükten sonra, faz dizileri kullanan ağırlıklandırma faktörleri, faz kontrolü için bu alt bloklarla çarpılmaktadır. Çok sayıda IFFT hesaplaması ve faz birleştirme işlemleri gerektirdiğinden dolayı hesaplama karmaşıklığı, alt taşıyıcı sayısının artmasıyla üstel olarak büyümektedir.

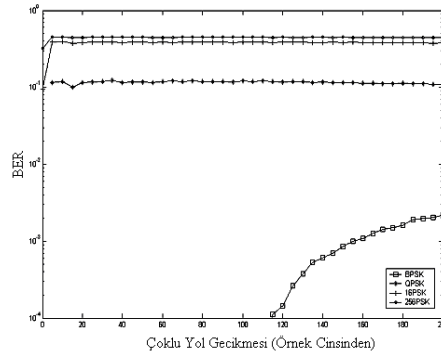
3. Seçici Eşleme Yöntemi Kullanılarak PAPR'ın Azaltılması

Sistemdeki farklı parametrelerin değiştirilmesine ve test edilmesine olanak vermek için OFDM sistemi bilgisayar ortamında simüle edilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyonlarda, iletimin gerçekleştiği kanala çoklu yol gecikme yayılımı uygulanmasının kurulan OFDM sisteminin performansı üzerindeki etkisi ile iletilen işaretin tepe gücünü azaltmak için seçici eşleme yöntemi kullanıldığında, gerçekleştirilecek döndürme sayısının bit hata oranı (BER) ve PAPR üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu incelenmiştir. OFDM sistemi, Şekil 1'de gösterilen yapı kullanılarak simüle edilmiştir [7].



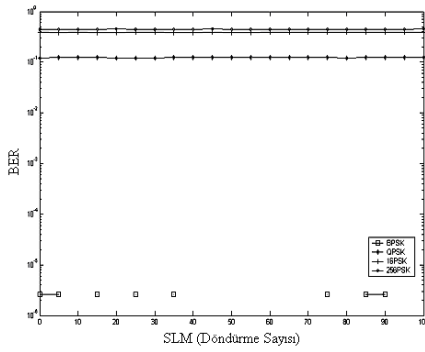
Şekil 1. Simülasyonlar İçin Kullanılan OFDM Modeli.

Simülasyonlarda performansların karşılaştırılabilmesi için BPSK, QPSK, 16PSK, 256PSK modülasyonları kullanılmış, FFT boyutu 512, kullanılan taşıyıcı sayısı 200, koruma aralığı 50 örnek ve koruma periodu olarak periyodun yarısında sıfır genlikli işaret, yarısında da işaretin periyodik uzantısı alınmıştır[7]. İlk aşamada iletilen OFDM işareti, bir tane yansımış eko içeren 3 dB' lik zayıflamaya tabi tutulmuş çoklu yol işareti ile simüle edilmiştir. Şekil 2 elde edilen simülasyon sonuçlarını göstermektedir. Şekil incelendiğinde, modülasyon tipi olarak BPSK seçildiğinde gecikme yayılımı 120 örnek değerine ulaşınca kadar, BER' in çok küçük bir değerde olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Diğer üç modülasyon türünde ise çoklu yol gecikme yayılımının, 10 örnek değerine kadar BER' de bir miktar artış olmakta, daha sonra örnek sayısı artsa bile BER değeri değişmemektedir.

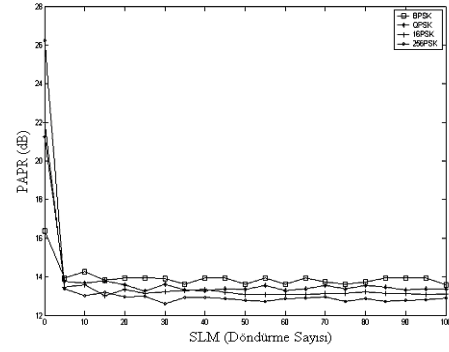


Şekil 2. BER'in Çoklu Yol Gecikme Yayılmına Göre Değişimi

PAPR'ı azaltmak için seçici eşleme yöntemi kullanıldığında, gerçekleştirilecek döndürme sayısının (SLM) bit hata oranı (BER) üzerindeki etkisi Şekil 3' de gösterilmektedir. Şekil 3'den, BPSK modülasyonu için gösterilen BER değerlerine karşı düşen döndürme sayılarının dışındaki SLM değerlerinde bit hata olasılığının 10^{-4} 'den daha küçük olması nedeniyle BER'in döndürme sayısına bağlı olduğu; diğer üç modülasyon türünde ise döndürme sayısını azaltma yada artırmanın BER' de herhangi bir değişiklik oluşturmadığı gözlenmiştir. Yapılan simülasyonlarda, gerçekleştirilen döndürme sayısının PAPR üzerindeki etkisi, Şekil 4' de verilmektedir. Uygulanan döndürme sayısına bağlı olarak seçici eşleme yönteminin kullanılması ile, PAPR' da 256PSK için 12 dB' e kadar bir azalmanın mümkün olabileceği gözlenmiştir.



Şekil 3. BER'in Döndürme Sayısına (SLM' ye) Göre Değişimi.



Şekil 4. PAPR' ın Döndürme Sayısına (SLM' ye) Göre Değişimi.

4.Sonuç

Kurulan sistemde iletilen verinin türüne göre modülasyon şemasının dinamik olarak seçilmesiyle, sistem performansının artırılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan simülasyonlar sonucunda 'Seçici Eşleme' yönteminin, diğer tekniklere göre birtakım dezavantajları olmakla beraber PAPR azaltılmasında iyi bir performans sağladığı gözlenmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Van Nee R., Prasad R., OFDM for Wireless Multimedia Communications, Artech House, Londra, 2000.
- [2]. Heiskala, J., Terry, J., OFDM Wireless LANs: A Theoretical and Practical Guide, Sams Publishing, 2001.
- [3]. Cimini, L., "Peak-to-Average Power Ratio Reduction of an OFDM Signal Using Partial Transmit Sequences", IEEE Communications Letters, 4(3), s.86-88, 2000.
- [4]. Hill, G.R., Foulkner, M., Singh, J., "Reducing the Peak-to-Average Power Ratio in OFDM by Cyclically Shifting Partial Transmit Sequences", Electronics Letters, 36(6), 560-561, 2000.
- [5]. Ohkubo, N., Ohtsuki, T., "A Peak to Average Power Ratio Reduction of Multicarrier CDMA Using Selected Mapping", Proceeding of IEEE 56th Vehicular Technology Conference (VTC 2002), 4, 2086-2090, 2002.
- [6]. Bauml, R.W., "Reducing The Peak-to-Average Power Ratio of Multicarrier Modulation By Selected Mapping, Electronics Letters", 32(22), 2056-2057, 1996.
- [7]. İmamoğlu E.S., OFDM Sistemlerinde Tepe Gücü/Ortalama Güç Oranını Düşürme Teknikleri ve Bu Oranı Düşürmek İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, Haziran 2003.