

# Dikgen Frekans Bölmeli Çoğullama Sistemlerinde Çevrimsel Ön Takı Tabanlı Senkronizasyon Tekniğinin AWGN ve Rayleigh Sönümlü Kanallardaki Performansının İncelenmesi

M. Nuri SEYMAN , Necmi TAŞPINAR\*  
Kırıkkale Üniversitesi  
Kırıkkale Meslek Yüksek Okulu  
Kırıkkale  
seyman03@yahoo.com

\*Erciyes Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Kayseri  
taspinar@erciyes.edu.tr

**Özet:** Bir dikgen frekans bölmeli çoğullama (OFDM) sisteminde demodülasyonun hatasız bir şekilde sağlanması ve OFDM sinyallerinin tespiti için alt taşıyıcıların birbirine dikgen olması gerekmektedir. Taşıyıcı osilatörlerindeki değişim yada hatalı sembol zamanlamaları bir sistemin dikgenliğini etkileyen faktörlerdir. Bu faktörlerin ortadan kaldırılması için senkronizasyon teknikleri kullanılır. Bu çalışmada, çevrimsel ön takı tabanlı senkronizasyon tekniğinin AWGN kanalı ve Rayleigh sönümlü kanaldaki performansı, bit hata oranı (BER) ve ortalama karesel hata (MSE) kriterlerine göre bilgisayar simülasyonu ile incelenmiştir.

## 1.Giriş

Çok taşıyıcı modülasyon, yüksek bit hızlı bir veri akışını birkaç adet paralel düşük bit hızlı veri akışına bölen ve bu düşük bit hızlı veri akışlarını birkaç taşıyıcıyı modüle etmek için kullanan bir veri iletim tekniğidir[1]. OFDM'in tercih edilme sebeplerinden birisi frekans seçici sönümleme ya da dar bant girişime karşı direnci artırmasıdır. Tek taşıyıcı bir sistemde bir sönümleme ya da girişim bütün hattın zayıflamasına neden olurken, çok taşıyıcı sistemde alt taşıyıcıların sadece küçük bir yüzdesi bu durumdan etkilenenektir [2-3]. Buna ilave olarak dikgen alt taşıyıcılar aşırı yüklenebildiklerinden spektral verimlilik yüksektir. Zaman dağılımlı kanallardaki yüksek hızlı veri iletiminde tek taşıyıcı sistemlere göre sağladıkları birçok avantajlardan dolayı OFDM sayısal ses yayını (DAB), sayısal TV yayını, kablosuz LAN/ATM ve simetrik olmayan sayısal abone hattı (ADSL) gibi değişik uygulamalar için geliştirilmiş ve standardize edilmiştir. Dikgen frekans bölmeli sistemlerin bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da yer almaktadır. Bunların en önemlisi bu sistemlerin zaman ve frekans kaymalarına karşı olan hassasiyetleridir. Sistemde herhangi bir zaman ve frekans kayması meydana gelmesi durumunda eğer bu zaman ve frekans kaymalarının miktarı tam olarak tespit edilemeyip doğru bir şekilde düzeltilemezse sistem hatalı olarak çalışacak ve alıcı tarafta verilerin doğru bir şekilde alınması mümkün olmayacaktır. Bir dikgen frekans bölmeli sistem için frekans kayması ve zaman kaymasının tespit edilmesi ve bunların düzeltilmesi işlemine senkronizasyon denilmektedir. Meydana gelen bu zaman ve frekans kaymalarının kestirimini gerçekleştirmek için OFDM veri bloğunda yer alan çevrimsel ön takıların alıcı tarafta çapraz korelasyonu alınır [4-5].

## 2. Çevrimsel Ön Takı Tabanlı OFDM Senkronizasyon Tekniği

Bir dikgen frekans bölmeli çoğullamalı bir sistem için çevrimsel ön takı tabanlı senkronizasyon tekniğinde, OFDM sembolünün yapısında yer alan çevrimsel ön takı (CP) dan faydalanılmaktadır. Bu teknik ile sistemde meydana gelebilecek gerek zamanlama hataları gerekse frekans hatalarının tahmini yapılabilmektedir [4-5]. Bu teknikte, zamanlama ve frekans kaymalarını tahmin etmek alıcı tarafta alınan verilerin çevrimsel ön takılarının korelasyonu yapılmaktadır. Bundan dolayı sistemde yer alan N alt taşıyıcı sayısı ve L çevrimsel ön takı uzunluğu önemli parametrelerdir. Bu parametreler, zaman ve frekans kaymalarını tahmin etmek için kullanılan sinyalde ayrıklık miktarını tanımlamaktadır. Eğer, çevrimsel ön takı uzunluğu, kanal darbe cevabına yayılırsa sistem küçük zaman kaymalarına karşı güçlü olacaktır.  $\theta$  zaman gecikmesi ve kanal darbe cevabının her ikisi de L

çevrimsel ön takı uzunluğuna yayılmadığı müddetçe ISI ve ICI'dan kaçınmak mümkündür. Ama büyük miktardaki  $\theta$  gecikmelerinde ise ISI ve ICI meydana gelecektir. Bundan dolayı sembol zamanlaması gerekir ve bu gereksinimi yerine getirmek için çevrimsel ön takı tabanlı senkronizasyon kullanılır. Ayrıca çevrimsel ön takı kullanılarak yapılan senkronizasyon işleminde sistemde meydana gelmiş olan frekans kaymaları da tahmin edilebilir. Bilinmeyen bu kaymalar hakkında bilgi, alınan sinyalin korelasyonundan elde edilmektedir. Bu korelasyonlar sonucunda elde edilen korelasyon tepelerinin durumuna bakarak OFDM sembolünün muhtemelen nerede başladığını söyleyebiliriz [4]. Bir OFDM sisteminde; alınan sinyal

$$r(k) = s(k - \theta)e^{j2\pi\epsilon k/N} + n(k) \quad , \quad -\infty < k < \infty \quad (1)$$

şeklinde olup, burada  $s(k)$  gönderilen sinyali,  $n(k)$  iletim ortamında karışan gürültüyü,  $\theta$  sembol zamanlama kaymasını ve  $\epsilon$  frekans kaymasını göstermektedir.  $\theta$  ve  $\epsilon$  parametreleri maksimum olasılık (ML) kestiricisi ile kolaylıkla bulunabilir:

$$\hat{\theta} = \arg \max(\gamma_N(\theta) | \gamma_0(\theta)) \quad (2)$$

$$\hat{\epsilon} = -\frac{1}{2\pi} \angle \gamma_N(\hat{\theta}) \quad (3)$$

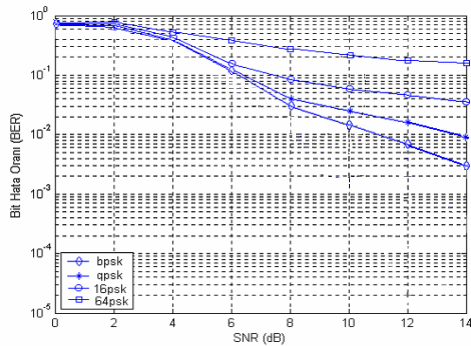
Burada;  $\hat{\theta}$  kestirilen sembol zamanlama kayması ve  $\hat{\epsilon}$  kestirilen frekans kaymasıdır. Denk. (2) ve Denk.(3)'de bulunan  $\gamma_N(\theta)$  ve  $\gamma_0(\theta)$  aşağıdaki gibidir:

$$\gamma_N(\theta) = \sum_{k=\theta}^{\theta+L-1} r(k)r^*(k+N) \quad (4)$$

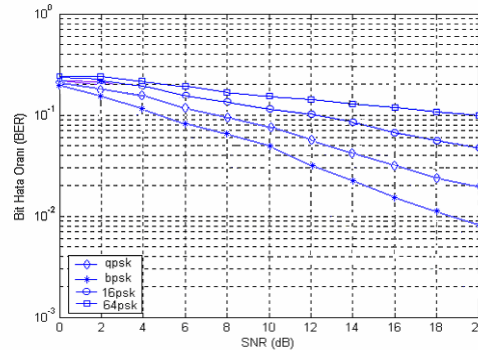
$$\gamma_0(\theta) = -\frac{\rho}{2} \sum_{k=\theta}^{\theta+L-1} |r(k)|^2 + |r(k+N)|^2 \quad (5)$$

dir. Bu eşitliklerde yer alan  $\rho$  parametresi  $\sigma_s^2 / (\sigma_s^2 + \sigma_n^2) = \text{SNR} / (\text{SNR} + 1)$  ile ifade edilir. Kestirici, alınan sinyali ve bu sinyalin geciktirilmişini korele ederek periyodik ön ek tarafından taşınan bilgileri çıkarır.  $\gamma_N(m)$  terimi bu korelasyonu toplar.  $\gamma_0(m)$  terimi ise büyük korelasyonların aksine büyük örnek değerler yüzünden oluşan büyük etkiler için telafide bulunur.

### 3. Simülasyon Çalışmaları



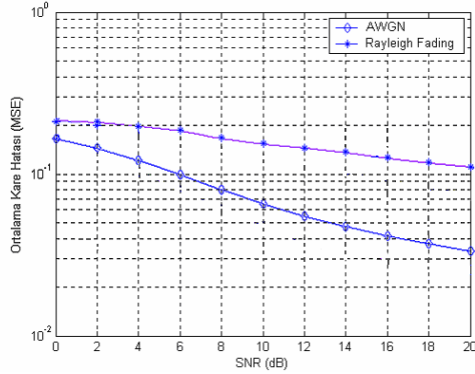
Şekil-1. Toplamsal beyaz Gaussian gürültülü (AWGN) kanalda bit hata oranı [6].



Şekil-2. Rayleigh sönmülemeli kanalda bit hata oranı [6].

Simülasyonu gerçekleştirmek için kablosuz ağların özel bir türü olan IEEE 802.11a sistem parametreleri kullanılmıştır. Çevrimsel ön takı tabanlı OFDM senkronizasyon tekniğinin toplanabilir beyaz Gaussian gürültülü (AWGN) ve Rayleigh sönümlenmeli bir kanaldaki performanslarını kıyaslamak için bit hata oranı (BER) ve ortalama karesel hata (MSE) kriterleri kullanılmıştır. Modülasyon türü olarak BPSK, QPSK, 16PSK, 64PSK modülasyonları tercih edilmiştir.

Şekil-1`de, AWGN kanalı için BPSK, QPSK, 16PSK, 64PSK modülasyonları kullanılarak çevrimsel ön takı tabanlı senkronizasyon tekniği için elde edilen bit hata oranı eğrileri görülmektedir. Şekil-1`de, BPSK modülasyon türü AWGN kanal için diğer modülasyon türlerinden göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Kullanılan modülasyon türleri arasında bit hata oranı olarak en kötü sonuçları 64PSK modülasyonu vermiştir.



Şekil-3. Farklı kanallar için BPSK durumunda ortalama karesel hata (MSE) değişimi [6].

#### 4.Sonuç

Bu çalışmada, OFDM sistemlerinde senkronizasyonu sağlamak için kullanılan çevrimsel ön takı (CP) tabanlı OFDM senkronizasyon tekniğinin performansı, BPSK, QPSK, 16PSK, 64PSK modülasyonları için toplamsal beyaz Gaussian gürültülü (AWGN) kanal ve Rayleigh sönümlenmeli kanal durumlarında bilgisayar ortamında simüle edilerek incelenmiştir. BPSK modülasyon türünün AWGN kanal ve Rayleigh sönümlenmeli kanal için diğer modülasyon türlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği, ortalama karesel hata (MSE) kriteri bakımından AWGN kanalı için elde edilen sonuçların Rayleigh sönümlü kanal için elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu görülmüştür.

#### Kaynaklar

- [1].Van Nee R. ve Prasad R., "OFDM for Wireless Multimedia Communications", Artech House, London, Publishers, 2000.
- [2].Morelli M., "Timing and frequency synchronization for the uplink of an OFDMA systems", IEEE Trans. on Communications, 52(2), s. 296-306, 2004.
- [3].Onizawa T., "A fast synchronization scheme of OFDM signals for high rate wireless LAN", IEICE Trans. on Communications, E82-B(2), s. 455-463, 1999.
- [4].Van De Beek J. J., Sandell M., Ve Borjesson P. O., "ML estimation of time and frequency offset in OFDM systems", IEEE Trans. on Signal Processing, 45(1), s. 1800-1805, 1997.
- [5].Sandell M., Beek J. V. D., ve Borjesson P. O., "Timing and Frequency Synchronization Using the Cyclic Prefix", Proceedings Int. Symposium on Synchronization (ISS 95), Aralık 1995, Essen, Almanya, s.16-19.
- [6].Seyman M.N., Dikgen Frekans Bölüşümlü Çoğullama Sistemlerinde Senkronizasyon Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2005.