

M-PSK Sistemler için PSAM-Tabanlı LMMSE Kanal Tahmini ile MRC ve EGC Çeşitlilik-Birleştirimli Ricean Kanallar Üzerinde Bit Hata Oranının İncelenmesi

On the Bit Error Rate Analysis of M-PSK Systems using LMMSE Channel Estimation and MRC/EGC Diversity Combining over Ricean-Fading Channels

Parisa Ebrahimpour, Sabina Musazade, Özgür Ertuğ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

Gazi Üniversitesi

parisa.ebrahimpour@gazi.edu.tr, sabina.musazade@gazi.edu.tr, ertug@gazi.edu.tr

Özet

Bu makalede, pilot sembol eklenmiş faz-kaydırmalı anahtarlama (M-PSK) kipleme yöntemi, lineer minimum-ortalama hata kare (LMMSE) kanal kestirimi yöntemi kullanarak azami oran birleştirici (MRC) ve eşit kazanç birleştirici (EGC) yöntemleri farklı anten çeşitliliğinde ve kipleme seviyelerinde Ricean sönümlenmeli kanal altında Bit Hata Oranı (BER) performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Anten çeşitliliğinin alıcıda artırılması aynı sinyal-gürültü oranında (SNR) daha düşük BER elde edilmesini sağlamıştır. Simülasyon sonuçlarında analiz edildiği üzere M-PSK kiplemeli MRC yöntemi, EGC yöntemine göre daha iyi performans göstermektedir.

Abstract

In this paper, Bit Error Rate (BER) performance analyses of the pilot symbol-aided modulation (PSAM) for M-PSK (M-ary Phase Shift Keying) system with Linear Minimum Mean Square Error (LMMSE) channel estimation technique that exploits the maximal-ratio combining (MRC) and equal-gain combining (EGC) schemes are performed for different antenna diversity combining schemes and modulation levels, over Ricean fading channel. Increasing the antenna diversity at the receiver provides lower BER at the same Signal-to-Noise Ratio (SNR). As it is analyzed in the simulation results the M-PSK modulated MRC technique has a better performance than the EGC technique.

1. Giriş

Çok yönlü bir çevrede, kablosuz iletişim sisteminin kapasitesini geliştirmek için çeşitlilik teknikleri kullanılır. Çoklu-Girdi Çoklu-Çıktı (MIMO) ismi verilen bir teknik, iyileştirme kabiliyetleri nedeniyle modern yüksek hızlı kablosuz sistemde çok popülerdir. Bu teknikte, verici ve alıcıda, sistemin kapasitesini artırmak için çok sayıda anten

kullanılır. MIMO'nun diğer bir versiyonu ise Tekli Girdi Çoklu Çıktı (SIMO) ismine sahiptir ve verici tarafında tek anten, alıcı tarafta ise çok sayıda anten bulunur. Bir alıcı sistem, çok sayıda bağımsız kaynaktan sinyal aldığından, çeşitlilik teknikleri bunun gücünü yitirmeye karşı mücadele etmesini sağlar [1]. Bu çalışmada çeşitliliği artırmak için, Maksimum Oran Birleştirme (MRC) ve Eşit Kazanç Birleştirme (EGC) isimli iki teknik kullanılmıştır. MRC, gürültü sınırlı iletişim sistemlerinin performansını iyileştirmek için kullanılan birleştirme yöntemidir. Bu teknikte, tüm çeşitlilik dallarından alınan sinyaller ölçülerek, birleştirici çıktısındaki Sinyal Gürültü Oranı (SNR) maksimize edilir. EGC ise MRC ile benzeşmektedir ve ağırlık devrelerini üst üste bindirme özelliğine sahiptir [2]. Performans geliştirme MRC'ye kıyasla EGC'de daha düşüktür, zira gürültü sinyallerini gürültüsüz yüksek kaliteli sinyallerle birleştirme şansı vardır. EGC prosedürü tek tek sinyal dallarını bir arada birleştirmek ama aynı zamanda bazı gürültü bileşenlerini de bütüncül olmayan şekilde birleştirebilmektir [3]. Bu çalışmada, kablosuz iletişim için maksimum oran ve eşit kazanç çeşitlilik birleştirimi analizi yapılacak ve alıcı olarak çok sayıda anten kullanılacaktır. Simülasyon sonuçları, MRC ve EGC yöntemleri için farklı kipleme seviyelerinde BER ve SNR karşılaştırmasını içermektedir.

2. Sistem Modeli

Kablosuz sistemin yüksek hızlı veri oranlarının talebini karşılamak için çoklu anten (MA) sistemleri ayrılmaz bir parça haline gelmişlerdir. SIMO haberleşme yönteminde kanalın çeşitliliğini sağlamak için çoklu anten yapısı alıcıda MRC ve EGC birleştirici yöntemleri ile birlikte konuşlandırılmıştır [4]. Kablosuz iletişimde çeşitlilik çok yönlü zayıflamayla mücadele etmek için kullanılan en güçlü performans araçlarından biridir. SNR'ye karşı hata olasılığı eğiminin dikliğini artırır ve böylece belirli bir hedef hata olasılığı için gereken SNR büyük oranda azalır ve aktarılan sinyal gücünü artırmadan veya bant-genişliği etkililiğini

azaltarak yapar [5]. Bir verici anteni için N çoklu alıcı anten vardır. Her alıcı anten tarafından iletişim süresi içinde kanal rastgele değişkenlik gösterir. N alıcı anten için her aktarılan sembol rastgele değişken kompleks h_i sayısı ile çarpılır. Ele alınmakta olan kanal Rician zayıflama kanalı olarak belirlenmiştir.

Her alıcı antenin deneyimlediği kanal diğer alıcı antenlerin deneyimledikleri kanaldan bağımsızdır. Her alıcı antende gürültü n Gauss olasılık yoğunluğu fonksiyonuna sahiptir

$$p(n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \text{ ve } \mu = 0 \quad (1)$$

Her alıcı antendeki gürültü diğer alıcı antenlerin gürültüsünden bağımsızdır. Her alıcı antende kanal h_i , alıcıdır. Kanal h_i varken, birinci alıcı antendeki gürültü oranı ve enerji ilişkisi

$$\gamma = \frac{|h_i|^2 E_b}{N_0} \quad (2)$$

şeklinde dir.

2.1. Maksimum Oran Birleştirici (MRC)

MRC birleştirme tekniğinde devreleri toplamak ağırlık ölçme ve ortak fazlama gereklidir. Sinyaller uzak çeşitlilik dallarından toplama ya da birleştirme yapılmadan önce ortak fazlanır ve tartılır [2]. Her çeşitlilik noktasına uygulanan ağırlık SNR değerine karşılık gelecek biçimde ayarlanmalıdır. Bu çok yararlı birleştirici bir süreçtir. Kanal sönümlenmesine karşı koymak için bu yöntem diğer yöntemlere göre en iyi performans artışı sağlayan birleştirici işlemlerin en iyisidir. MRC en sık AWGN ve çok yönlü sönümlenmeli kanallarda birleştirici yöntemi olarak kullanılır. Ayrıca kestirim ve oransal-kare olarak da bilinir [5]. MRC tekniği en ideal birleştirici çeşitleme tekniğidir. i alıcı anten, alınan sinyal

$$y_i = h_i x + n_i \quad (3)$$

Burada, $y_i = i$ sembolü i . alıcı antende, h_i i . alıcı antendeki kanal, x iletilen sembol ve n_i i . alıcı anten üzerindeki gürültüdür.

2.2. Eşit Kazanç Birleştirici (EGC)

Bu EGC birleştirici yapısı MRC'ye benzer. Azımsanmayacak kadar parazit ve gürültü ile sinyalleri bir araya getirebilme özelliğine sahiptir bu yüzden performans geliştirme MRC'de EGC'ye kıyasla daha düşüktür. EGC'nin normal yönteminde her bir sinyal dalları uyumlu bir şekilde birleştirilir fakat bazı gürültü bileşenleri uyumlu bir şekilde birleştirilemeyebilir [2]. MRC birleştirici en ideal çeşitliliğe ulaştırır ama alıcı sistem devresi her dalında kazancı ayarlamak için çok maliyetli bir tasarım gerektirir. Neredeyse başarması çok zor

olan karmaşık sönümlenme uygun bir izleme gerektirmektedir ancak basit faz kilitlenmesi toplamı devresi kullanılır bu yüzden eşit kazanç birleştirici uygulamak çok kolaydır. Bu yüzden çeşitliliğin sağlanabilmesi için EGC uyumlu kipleme yöntemlerini kullanılabilir. Çeşitlilik dalları burada eşit ağırlıklar ile birleştirilir fakat çeşitlilik kanalları eşlenik faz ve zarf kazancı ihmal edilmektedir. EGC genel düzenlemesi zarf kestirimi olmaksızın aşağıdaki gibi olmaktadır [7]. i . alıcı anten, denkleştirme alıcıda bilinen faz tarafından alınan sembol y_i bölünmesi ile gerçekleştirilir. Toplam çözülmüş sembol verici antenleri Denklem 4'de gösterilmektedir.

$$\hat{y} = \sum_i \frac{y_i}{e^{j\theta_i}} = \sum_i \frac{|h_i| e^{j\theta_i} x + n_i}{e^{j\theta_i}} = \sum_i |h_i| x + \tilde{n}_i \quad (4)$$

Burada $\hat{n}_i = \frac{n_i}{e^{j\theta_i}}$ kanal katsayısının fazı ile ölçekli eklemeli gürültüdür. PSK modülasyonu için, kanal, doğrusal faz ile denkleştirme yeterlidir. Bu modülasyon şeması durumunda, genliği telafi etmek için dengeleme zamanı ancak eş zamanda gereklidir.

2.3. Kanal Tahmini

Kanal tahmininde en küçük kare, bu formülde :

$$\hat{H}_{LS}^P [k] = \frac{Y^P [k]}{X^P [k]} \quad (5)$$

pilot sinyallerinde $Y^P [k]$ çıkarılarak elde edilir. Pilot düzenlemesi kanal frekans yanıtını tahmin etmek için frekans alanı değerlendirilmesinde kullanılmak üzere gösterilmiştir. Tarak türünde her alt taşıyıcı pilot tonları için periyodik olarak konumlandırılır. Bütün veri alt taşıyıcıları için ara değerlendirilen $\hat{H} [k]$ LMMSE, kanal tahmininde belirlenir. Zaman alanına girmek için LMMSE kanal tahmini H 'nin IDFT'si alınır. Katsayılar sıfır dolgulama ile ihmal edilen gürültüler içerir ve sonra $\hat{H} [k]_{DFT}$ elde etmek için frekans alanına geri gönderilir. Son olarak $\hat{H} [k]_{DFT}$ frekans alanı LMMSE kanal eşitleme bloğunda kullanılır. Bundan sonra frekans alan eşitleme (FDE) bloğunda, iletilen veri LMMSE eşitleyici tarafından aşağıdaki gibi eşitlenir:

$$\hat{X}_n = IDFT \{Y_k C_k\} = y_n \otimes c_n \quad (6)$$

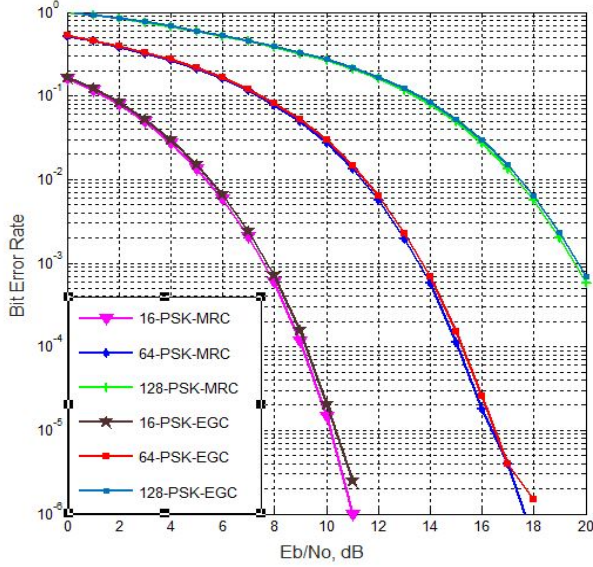
Burada C_k eşitleyici düzeltme şartını temsil eder ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C_k = \frac{\hat{H}_{DFT}^*}{|H_{DFT}|^2 + (E_b / N_0)^{-1}} \quad (7)$$

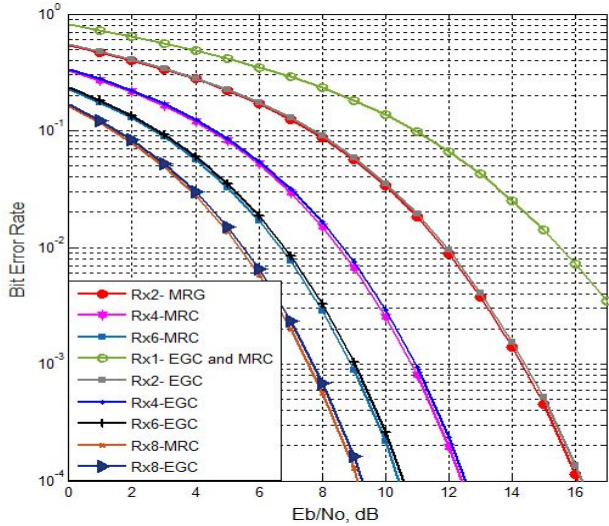
Burada $(H)^*$ birleşik operatörü temsil eder. LMMSE eşitleyici gürültü zenginleştirme ve kanal düzeltme artı arasında optimum bir değiş tokuş yapar ve bir taraftan da SNR değerini kullanır [7].

2.4. Matlab Simulasyonları

Simülasyonu sonuçları Rician sönümlenme kanal altında (EGC) ve (MRC) yöntemleri Tek Giriş Çok Çıkış (SIMO) analiz etmek için sunulmaktadır. Bunun yanında farklı 16,64,128 modülasyon seviyeleri kullanarak 8 anten için MRC ve EGC bit hata oranı performans analizi şekil 1’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere farklı modülasyon seviyelerinde MRC yöntemi EGC birleştirici yöntemine göre daha iyi performans göstermektedir.



Şekil 1: Ricean kanal altında MRC ve EGC Birleştiricilerin 16,64,128 M-PSK kiplerindeki BER analizleri



Şekil 2: Farklı anten sayılarında MRC ve EGC birleştirici yöntemlerinin 16-PSK kiplerini kullanarak Ricean sönümlenmeli kanal altındaki BER analizi

Bunun yanında şekil 2’de görüldüğü üzere farklı anten değerlerinde aynı birleştirici yöntemlerinin BER performansları karşılaştırılmıştır. Tüm alıcı anten sayılarında MRC yönteminin EGC yöntemine göre daha iyi performans göstermektedir. Görüldüğü üzere anten sayısının artırılması SNR kazancının artmasına neden olmaktadır.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, SIMO iletişim sistemi için MRC ve EGC birleştiricileri için LMMSE kanal tahmini ile 16,64,128-PSK farklı modülasyon teknikleri ile BER-SNR grafikleri gözlemlenmiştir. Alıcı tarafında anten sayısı arttıkça çeşitlilik SNRı kazancı artar ve BER azalır. Farklı anten sayılarında ve farklı modülasyon seviyelerinde MRC birleştirici yönteminin EGC birleştiricisine göre daha iyi güç verimliliği sağladığı gözlemlenmiştir. Buna karşı MRC birleştiricisi ile sağlanan kazancın düşük olması ve MRC birleştiricisinin karmaşık ve maliyetli oluşu EGC yönteminin uygulanma açısından daha uygun olduğunu göstermektedir.

4. Kaynaklar

- [1] G. J. Foschini and M. J. Gans, “On limits of wireless communication in a fading environment when using multiple antennas,” *Wireless Personal Communications*, vol. 6, no. 3, s.311-335, Mart 1998.
- [2] A. St’ephenne, F. Bellili, and S. Affes, “Moment-based SNR estimation over linearly-modulated wireless SIMO channels,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 9, no. 2, s. 714–722, Şubat. 2010.
- [3] T. A. Summers and S. G. Wilson, “SNR mismatch and online estimation in turbo decoding,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 46, no. 4, s. 421–423, Ocak. 1998.
- [4] Q. Sun et al., “Estimation of Continuous Flat Fading MIMO Channels,” *IEEE Trans. Wireless Communication*. vol. 1, no. 4, s. 549–53. Ekim 2002.
- [5] Proakis J. G., *Digital Communications*, 4 ed. McGraw-Hill, New York, 2000.
- [6] Zhang H. ve Gulliver T. A., “Error probability for maximum ratio combining multichannel reception of M-ary coherent systems over flat Rician fading channels” *Proceedings of IEEE.*, 306-310, 2004.
- [7] Mao Y., Schober R. ve Pasupathy S., “Effect of channel estimation errors on MRC diversity in Rician fading channels” *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 54, No. 6:2137-2142, 2005.
- [8] MM Rana “Channel estimation techniques and LTE Terminal implementation challenges” in Proc. International Conference on Computer and Information Technology s. 545-549. Aralık 2010
- [9] M. Simko, D. Wu, C. Mehlführer, J. Eilert, D. Liu “Implementation Aspects of Channel Estimation for 3GPP LTE Terminals” in Proc. Proc. European Wireless 2011, Vienna, Ocak 2011.