

GEZGİN İLETİŞİM SİSTEMLERİNDE ADAPTİF HÜZMEŞEKİLLENDİRME

Aysel ŞAFAK, Sertaç BAHADIR, Baran USLU

Başkent Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
Bağlıca Kampusü, 06530 Ankara, fax: (0312) 234 10 51
asafak@baskent.edu.tr, bahadir@baskent.edu.tr, ibuslu@baskent.edu.tr

ÖZETÇE Bu makalede Rician ve Rayleigh sönümlü kanallarda hücresele sistemlerin başarımı üzerinde adaptif anten dizilerinin etkilerini inceleyecek formüller geliştirildi. Hücresele sistemlerin başarımı, ortak kanal girişim olasılığı(PCI) ve bit hata oranı(BER) cinsinden değerlendirildi. Kanal kullanım verimliliği η , hücre başına hüzme sayısı μ , Rician faktör K , kanallar ve sinyaller arasındaki ilinti katsayısı ρ , gölgelemenin standart sapması σ , frekans tekrarlama aralığı R_u , petek büyüklüğü C , girişimci sayısı n , sinyal gürültü oranı, modülasyon tipi gibi çeşitli sistem parametrelerinin hücresele sistemlerin başarımı üzerindeki etkileri incelendi.

1. GİRİŞ: Adaptif anten dizileri hem istenen sinyal üzerindeki çok yönlü sönümlemenin bozucu etkisini azaltma, hem de girişim yapan sinyalleri bastırarak hücresele sistemlerin başarımı ve kapasitesini artırma özellikleri nedeniyle giderek artan önem kazanmaktadır. Birçok çalışmada, antenlerden alınan sinyallerdeki sönümlemelerin birbirinden bağımsız oldukları kabul edilmiştir [1-2]. Bu varsayım çok yönlü yansıtıcıların, alıcının çevresinde düzgün olarak dağıldığı ve antenler arası uzaklığın dalgaboyunun yarısından daha fazla olduğu durumlar için geçerlidir. Araştırmalar hücresele gezgin iletişim sistemlerinde, antenlerden alınan girişim sinyallerinin birbiriyle ilintili olabileceğini göstermektedir. Bu konuda sınırlı sayıda yayın mevcuttur [3]. Bu çalışmada, ilintili ve ilintisiz Rician ve Rayleigh sönümlü ortamlarda gezgin iletişim sistemlerinin başarımı üzerinde adaptif anten dizilerinin etkileri incelenmiştir. Çeşitli sistem parametreleri göz önüne alınarak, sinyal-girişim ve sinyal-gürültü oranını maksimum yaparak hücresele sistemlerin başarımını ve kapasitesini arttıracak çözümler araştırılmıştır.

2. ADAPTİF HÜZMEŞEKİLLENDİRME: Adaptif dizi anten, tek bir çıkış sinyali oluşturacak şekilde genlik kontrol ve faz kaydırma devreleri içeren çok sayıda anten elemanından oluşur. Dizideki ilk elemanı faz için referans olarak alır ve dizi elemanları arasındaki açıklığı d ile gösterirsek n 'inci dizi elemanından alınan sinyalin faz kayması $\phi_{ni} = (2\pi d(n-1)/\lambda)\sin\theta_i$ ile ifade edilir. Anten elemanlarının çıkışındaki sinyal, $x_{ni}(t) = \exp[j(\omega t + \phi_{ni})]$, θ_i doğrultusunda toplam dizi çıkışı $y_i(t) = \sum_{n=1}^N w_n \exp[j(\omega t + \phi_{ni})]$

w_n , n 'inci anten elemanının çıkışına uygulanan karmaşık ağırlık fonksiyonudur. w_n 'lerin uygun seçimiyle dizi anten istenen sinyali θ_i doğrultusunda alacak ve sıfırları θ_i doğrultusundaki girişim kaynaklarına doğru çevirecektir. Böylece çıkıştaki sinyal-gürültü ve sinyal-girişim oranları maksimum yapılacaktır.

3. ORTAK KANAL GİRİŞİM OLASILIĞI: Hücresele sistemlerde toplam ortak kanal girişim olasılığı, n girişimci sayısını, a_c Erlang cinsinden kanal başına taşınan trafiği, $F(CI|n)$ şartlı PCI'ı gösterirse;

$$PCI = \sum_{n=1}^6 F(CI|n) \frac{6!}{n!(6-n)!} a_c^n (1-a_c)^{6-n} \quad (1)$$

i. Bağımsız Girişim Olasılığı : Rician sönümlü ve ilintili gölgelemeli ortamda, girişim sinyalleri için:

$$F(CI|n) = \int_0^\infty \int_0^\infty f_{P_{0d}, P_{0u}}(P_{0d}, P_{0u}) dP_{0d} dP_{0u} \int_0^\infty f_{P_u}(w | P_{0u}) w dw \int_{1/\alpha}^\infty f_{P_d}(vw | P_{0d}) dv = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^\infty g(t) e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (2)$$

$$R = \frac{n(K_i + 1)}{\alpha(K_d + 1)} \left(\frac{G + R_u}{G + 1} \right)^{\gamma_2} \cdot R_u^{\gamma_1} \exp(m_d - m_u + \sigma_e t) \quad (3)$$

$$g(t) = 1 - \left(\frac{R}{1+R} \right)^n \exp\left(-\frac{nK_i}{1+R} - K_d \right) \sum_{k=0}^\infty \frac{K_d^k}{k!} \sum_{j=0}^k \frac{1}{(1+R)^j} \sum_{m=0}^j \binom{j+n-1}{j-m} \frac{1}{m!} \left(\frac{nK_i R}{1+R} \right)^m \quad (4)$$

Burada $\sigma_e^2 = \sigma_d^2 + \sigma_u^2 - 2\rho_{d,u}\sigma_d\sigma_u$ ile tanımlanır. R_u aynı frekansı yeniden kullanım aralığını, G ise yol kayıp eğrisinin dönüm noktasını gösterir. σ_u standart sapmayı, m_u logaritmik ortalama gücü, $\rho_{d,u}$ ise istenen sinyal ile girişimciler arasındaki ilinti katsayısıdır. İstenen sinyal Rician, girişimci Rayleigh sönümüne uğrarsa,

$$g(t) = 1 - \frac{R^n \exp(-K_d)}{(1+R)^n} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{K_d^k}{k!} \sum_{j=0}^k \binom{j+n-1}{j} \frac{1}{(1+R)^j} \quad (5)$$

ii. Bağdaşlı Girişim Olasılığı: İstenen ve girişimci sinyalleri Rayleigh sönümlü ise, $g(t) = n/n+R$ Rician sönümlü istenen sinyal ve n tane bağdaşlı ve Rayleigh sönümlü girişim sinyali için, $g(t) = \frac{n}{n+R} e^{-\frac{K_d R}{n+R}}$ İstenen ve girişim sinyalleri gölgelemenin etkisinde ise, $P_d = P_{od}$ ve $P_u = P_{ou}$ için, şartlı PCI

$$F(CI|n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{p/\sigma_e}^{\infty} e^{-t^2/2} dt \quad \text{ve} \quad p = m_d - m_u - \ln \alpha + \ln \left[R_u^{\gamma_1} \left(\frac{G + R_u}{G + 1} \right)^{\gamma_2} \right] \quad (6)$$

Adaptif dizi antenlerin kullanımı ortak kanal girişim olasılığını düşürür. A , Erlang cinsinden trafik yoğunluğunu, B , tıkanma olasılığını, N hücre başına mevcut toplam kanal sayısını göstermek üzere, kanal kullanım verimliliği $\eta = A(1 - B) / N$ olur. Adaptif dizi antenlerin kullanıldığı hücresel sistemlerde, μ , hücre başına hüzme sayısını, $N\eta/\mu$ hüzme başına aktif kanal sayısını gösterirse, ortak kanal girişim olasılığı,

$$\Pr \left(\frac{P_d}{P_u} \leq \alpha, \mu \right) = \Pr \left(\frac{P_d}{P_u} \leq \alpha \right) \left(\frac{\eta}{\mu} \right) \quad \text{ve} \quad \frac{\text{hüzme başına aktif kanal sayısı}}{\text{toplam kanal sayısı}} = \frac{\eta}{\mu} \quad (7)$$

Girişim yapan N_I ortak kanal hücresinin aktif olma olasılığı:

$$\Pr \text{ob}(N_I) = \binom{6}{N_I} \left(\frac{\eta}{\mu} \right)^{N_I} \left(1 - \frac{\eta}{\mu} \right)^{6-N_I} \quad (8)$$

Toplam ortak kanal girişim olasılığı: $\sum_N \Pr \text{ob} \left(\frac{P_d}{P_u} \leq \alpha, N_I \right) = \sum_N \Pr \text{ob} \left(\frac{P_d}{P_u} \leq \alpha | N_I \right) \binom{6}{N_I} \left(\frac{\eta}{\mu} \right)^{N_I} \left(1 - \frac{\eta}{\mu} \right)^{6-N_I}$ (9)

4. BİT HATA OLASILIĞI: Hücresel sistemlerde bit hata olasılığı P_e ;

$$P_e = \sum_{n=1}^6 \binom{6}{n} P_n(e|n) a c^n (1 - a c)^{6-n} \quad (10)$$

Rician sönümlü bağdaşsız DPSK&FSK için şartlı hata olasılığı:

$$P_n(e|n) = [1/2(R+1)] \exp(-K_d R / R + 1) \quad (11)$$

Rician faktör $K_d = P_{sd}/P_{od}$ ve istenen sinyalin yerel ortalama gücü $P_{od} = P_{sd} + P_{od} = P_{od}(1 + K_d)$ dir. P_{sd} ; istenen sinyalin alıcıya doğrudan ulaşan (LOS) bileşenlerinin toplamını ve P_{od} ; yansiyarak gelen bileşeni gösterir.

$$R = \frac{P_{od}' T_b}{A P_{ou} T_b + B N_0} = \frac{1}{K+1} \left[\frac{A}{P_{od}/P_{ou}} + \frac{B}{E_b/N_0} \right]^{-1} \quad (12)$$

Bağdaşsız DPSK için; $A=B=1$, bağdaşsız FSK için; $A=B=2$ dir. Bağdaşlı BPSK&FSK için,

$$P_n(e|n) = \frac{1}{2} \text{erfc} \left(\sqrt{\frac{P_d T_b}{A P_{ou} T_b + B N_0}} \right) \quad (13)$$

Burada $E_b/N_0 = P_{od} T_b / N_0$ dir. N_0 , gürültü yoğunluğunu ve T_b bit süresini gösterir. $R_u = D/r$ ve $G = g/r$ için,

$$P_d / P_{ou} = R_u^{\gamma_1} (G + R_u / 1 + G)^{\gamma_2} / n \quad (14)$$

İstenen sinyal gölgelemeli ve Rician sönümlü olduğunda, şartlı hata olasılığı $P_n(e|n)$,

$$P_n(e|n) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}(1+R)} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} e^{\left(\frac{K'R}{1+R} e^{\sigma_d t} \right)} dt \quad (15)$$

Burada $K_d' = \exp(m_{sd}) / P_{od}'$ dir. İstenen ve girişim sinyallerinin tamamen ilintili gölgelemeli olması durumunda,

$$P_n(e|n) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2(R+1)} e^{\left(\frac{KR}{R+1} \right)} f_{P_d, P_{ou}}(P_d, P_{ou}) dP_d dP_{ou} \quad (16)$$

R ifadesindeki $E_b / N_0 = (T_b \xi_d / N_0) e^{\sigma_d x}$ dir. R denklemindeki P_{od}/P_{ou} aşağıdaki şekilde tanımlanır.

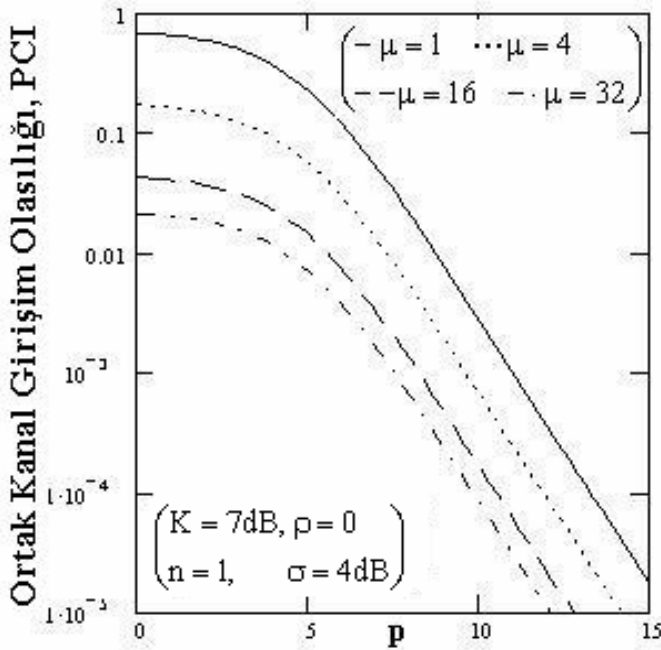
$$\frac{P_{od}}{P_{ou}} = \left(\frac{G + R_u}{G + 1} \right)^{\gamma_2} R_u^{\gamma_1} e^{\left[m_d - m_u + (\sigma_d - \sigma_u \rho_{d,u}) x - \sigma_u \sqrt{1 - \rho_{d,u}^2} y \right]} \quad (17)$$

$$x = \tau_d = \frac{1}{\sigma_d} \ln \frac{P_{0d}}{\xi_d}, \quad y = (\tau_u - \rho_{d,u} \tau_u) / (\sqrt{1 - \rho_{d,u}}), \quad \tau_u = \frac{1}{\sigma_u} \ln \frac{P_{0u}}{\xi_u} \quad (18)$$

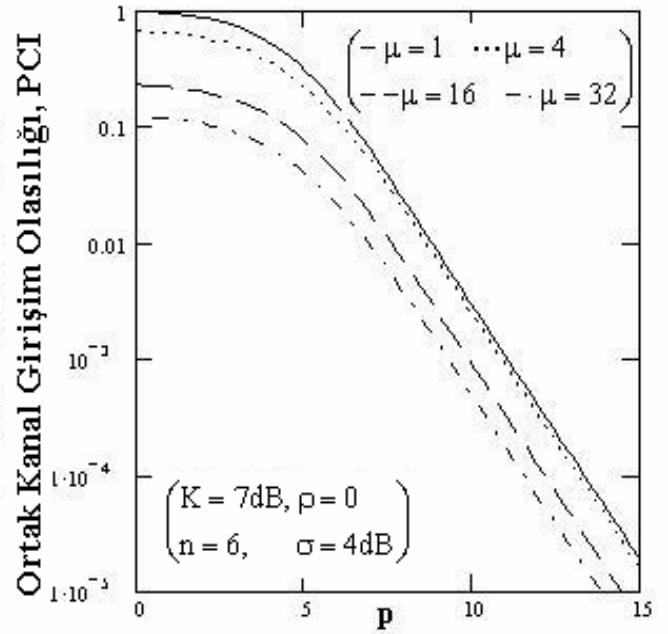
5. SONUÇLAR: Şekil.1’de adaptif dizi antenlerin tek girişimci ile, Şekil.2’de altı girişimci ile $\sigma = 4\text{dB}$, $K=7\text{dB}$, $\rho = 0$ için bağımsız girişim olasılığı üzerindeki etkisi görülmektedir. Girişimci sayısının artmasıyla girişim olasılığı artmaktadır. Şekil.3’te adaptif dizi antenlerin bağımsız DPSK modülasyonu ile, Şekil.4’te bağımsız FSK modülasyonu ile $n=6$, $K=12\text{dB}$, $\sigma = 6\text{dB}$, $\rho = 1$, $R_u = 4.58$ için BER üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bağımsız DPSK, bağımsız FSK’ya göre daha iyi performans vermektedir. Şekil.5’de adaptif dizi antenlerin $\rho = 0$ için, Şekil.6’da $\rho = 1$ için $K=0\text{dB}$, $\sigma = 6\text{dB}$, $R_u = 4.58$, $n=6$ alınarak BER üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sinyaller arasındaki ilintinin artmasıyla BER azalmaktadır. Hücre başına hüzme sayısı μ arttıkça PCI ve BER azalmaktadır. Bütün hesaplamalarda kanal kullanım verimliliği $\eta = 0.7$ olarak alınmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, bütün durumlarda adaptif dizi antenlerin PCI ve BER’i önemli ölçüde düşürerek sistemin başarımını arttırdığı gözlenmiştir.

KAYNAKÇA

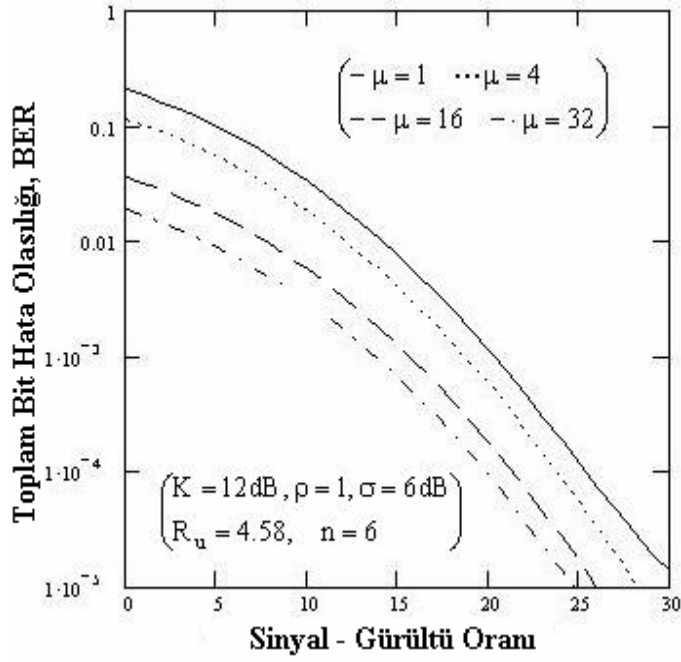
- [1] Valentine A.Aalo ve J. Zhang, “Performance of Antenna Array Systems with Optimum Combining in a Rayleigh Fading Environment”, IEEE Comm. Letters, vol.4, no.4, sf.125-127, April 2000.
- [2] K. Pahlavan ve J. W. Matthews, “Performance of Adaptive Matched Filter Receivers Over Fading Multipath Channels”, IEEE Trans. Commun.vol.38,sf. 2106-2113, Dec. 1990
- [3] Tien D.Pham ve Keith G.Balmain, “Multipath Performance of Adaptive Antennas with Multiple Interferers and Correlated Fading”, IEEE Trans.Vehic.Tech.vol.48,no.2,sf.342-352, March 1999.



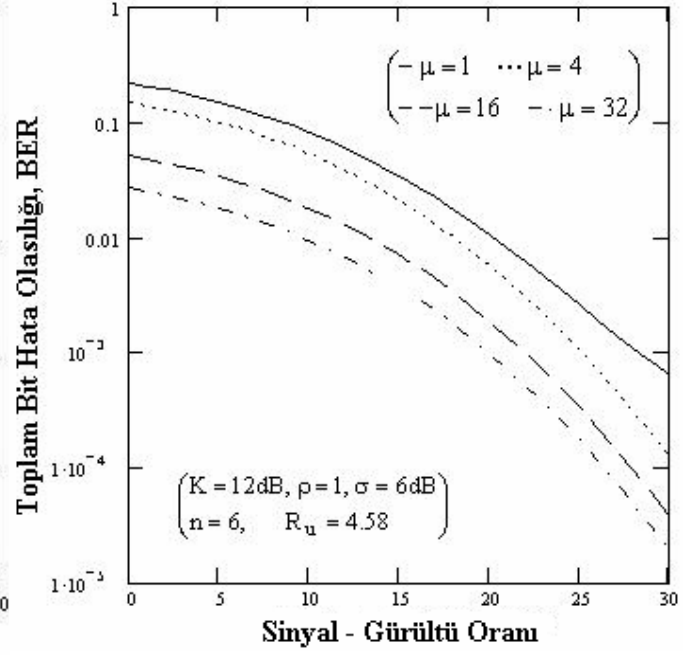
Şekil.1: Adaptif antenlerin tek girişimci ile PCI üzerindeki etkisi



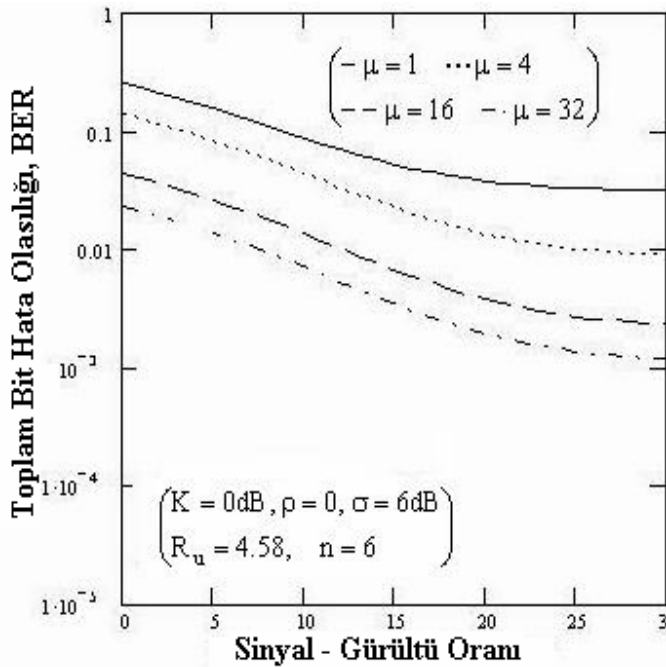
Şekil.2 : Adaptif antenlerin altı girişimci ile PCI üzerindeki etkisi



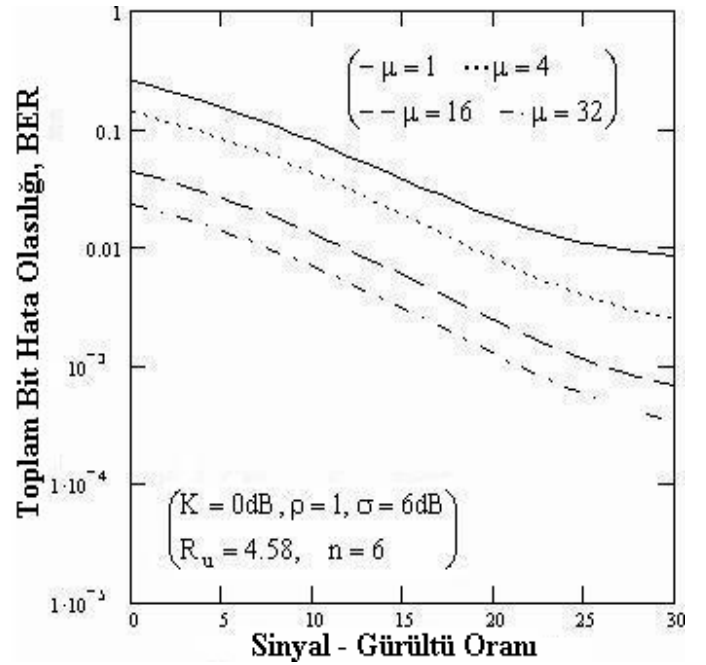
Şekil.3: Adaptif antenlerin NCDPSK modülasyonu ile BER üzerindeki etkisi



Şekil.4: Adaptif antenlerin NCFSK modülasyonu ile BER üzerindeki etkisi



Şekil.5: Adaptif antenlerin $\rho=0$ için BER üzerindeki etkisi



Şekil.6: Adaptif antenlerin $\rho=1$ için BER üzerindeki etkisi