

Dürtün Gürültülü Kanallarda Kapalı-Döngü Güç Kontrolü ile DD-KBÇE Başarımı

Performance of Closed-Loop Power Control in DS-CDMA Systems in Impulsive Noise

Ayşe Kortun ve Aykut Hocanın

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Doğu Akdeniz Üniversitesi,
Gazimağusa, K.K.T.C.

{ayse.kortun, aykut.hocanin}@emu.edu.tr

Özetçe

Hücresele doğrudan dizili kod bölüşümlü çoklu erişim (DD-KBÇE) sistemlerinin tasarımında, kesin güç kontrolü gerekli bir unsurdur. Etkili güç kontrolü, ağırlıklı bir şekilde sistemin sığasını etkilemektedir. Güç kontrolü, gönderilen her işaretin güç seviyesini, tüm kullanıcıların istenilen işaret-gürültü oranını sağlayacak biçimde değiştirebilmelidir. Yapılan bu çalışmada, kapalı-döngü güç kontrolü KBÇE sistemlerine uygulanmaktadır. Tek kullanıcı ve ilintisizleştirici seziciler için bit hata olasılık başarımı, Gauss, ve dürtün gürültülü kanal için kapalı-döngü güç kontrolü algoritması kullanılarak araştırılmış ve çeşitli ödünlüşimler tartışılmıştır. Sonuçlar, ilintisizleştirici sezici için, TBGG veya dürtün gürültü kanalda, güç kontrol algoritmasının sistem sığasını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

Abstract

Accurate power control is an essential requirement in the design of cellular direct sequence code-division multiple-access (DS-CDMA) systems. Effective power control will heavily impact the system capacity. Power control should be able to adjust the power levels of each transmitted signal so that all users will maintain the desired signal-to-noise ratio. In this paper, performance of closed-loop power control is studied in DS-CDMA systems. The performance of the single user and the decorrelating detector by using closed-loop power control algorithm is shown under various channel conditions. The results show that, closed-loop power control improves the performance of decorrelating detector in AWGN and impulsive noise.

1. Giriş

DD-KBÇE sistemlerinde, tüm kullanıcılar aynı radyo kanalını paylaşmaktadır. Sistemin sığası, istenilen ve diğer kullanıcı işaretleri arasındaki çapraz-ilişimlerden kaynaklanan çoklu-erişim gürültüsüne (ÇEG) büyük bir oranda bağlıdır. ÇEG'den kaynaklanan başarım düşüşü, çok yönlü sönümleme, gölgeleme ve yakın-uzak etkilerinden dolayı daha da artmaktadır. Yapılan çalışmanın amacı, kapalı-döngü güç kontrol algoritmasının, dürtün gürültüde, çok kullanıcı

KBÇE sistemlerindeki başarım kazancını incelemektir. Güç kontrolü açık-döngü ve kapalı-döngü olmak üzere iki genel şekilde gruplandırılabilir. Açık-döngü güç kontrolünde gezgin istasyon ve baz istasyonu arasındaki kanalın simetrik olduğu varsayılmaktadır. Bu ideal durumda, yer istasyonunda alınan güç seviyesinin ölçülmesiyle, gezgin istasyonda gönderilen güç seviyesine karar verilip, gücü ayarlanabilmektedir. Düz ve ters bağlantılardaki frekanslar farklı olduğundan bu durum gerçekçi bir durum değildir ve kablosuz kanal sürekli değişmektedir. Dolayısı ile pratikte kanal simetrik olmadığından kapalı-döngü kontrol kullanılmaktadır. Geleneksel kapalı-döngü güç kontrolü, uyarlanır basamak boyu algoritması ve öngörücü algoritma [2], kullanılan kapalı-döngü güç kontrolü algoritmalarından bazılarıdır. Geleneksel kapalı-döngü güç kontrolünde, gezgin kullanıcıya ait gönderilen işaretin gücü, sabit basamak boyu ile güncellenmesine karşın, uyarlanır basamak boyu algoritmasında, 'güç kontrolü örnekleme dönemi' olarak adlandırılan basamak boyu kanalın değişim hızına bağlı olarak değişebilmektedir. Öngörücü algoritmada ise, baz istasyonunda, bir sonraki kanal güç katsayısı, önceki ve şimdiki kanal şiddeti katsayılarına bağlı olarak öngörülmektedir. Yapılan bu çalışmada, işaretlerin iletim gücüne hızlı bir şekilde karar veren geleneksel kapalı-döngü güç kontrolü ele alınmıştır. Kapalı-döngü güç kontrollü sistemlerde alınan işaretin matematiksel modeli daha önce önerilmiştir [4].

Güç denetiminin sağlandığı durumda, ÇEG ve dürtün gürültünün tek ve çok kullanıcı sezici sistem başarımına etkisi incelenmiştir.

2. DD/KBÇE İşareti

İkili evre kaydırmalı kiplenim (İEKK) kullanılan, evre uyumlu sistemlerde yer istasyonlarında alınan işaret aşağıdaki gibi yazılır [3]:

$$r(t) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{K-1} \sqrt{2P_k} c_k^m p_{T_c}(t - mT_c - \tau_k) d_k(t - \tau_k) \cos(\omega_c t + \phi_k) + n(t) \quad (1)$$

Burada, T_c kırk aralığını, P_k alınan işaretin güç seviyesini, d_k yollanan ileti bit dizisini ve c_k yayma dizisini

göstermektedir. Yapılan benzetim çalışmaları, P_k , geometrik dağılıma sahip olduğu varsayılmaktadır. Sistemde toplam K tane kullanıcı vardır ve N , KBÇE işlem kazancını göstermektedir. τ_k , k 'inci kullanıcının zaman gecikmesi ve ϕ_k de evresidir. $n(t)$ toplanır beyaz dürtün gürültüdür.

Kullanılan güç kontrol algoritması ile güncellenen gönderilen sinyal gücü aşağıdaki gibidir [2].

$$P_g(t) = P_g(t - \tau)P_h(t)$$

$P_g(t)$ gönderilen güç seviyesini ve $P_h(t)$ toplam güç kontrol hatasını göstermektedir. Güç kontrol hataları, döngü hataları, çok-yollu sönümleme, ölçüm hataları ve geribesleme hataları gibi birçok faktörden kaynaklanabilir.

ÇEG'nin azaltılmasında, en etkili çok kullanıcılı sezicilerden olan ilintisizleştirici sezici (İS), uyumlu süzgecin çıktısına uygulanmaktadır [5]. Kullanıcıların yayma dizilerinin arasındaki ilintilerin oluşturduğu ilinti matrisi uyumlu süzgeç çıktısı ile çarpıldığı zaman, kullanıcılar arasındaki ÇEG giderilmektedir.

$$\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} = \mathbf{R}^{-1}\mathbf{R}\mathbf{A}\mathbf{b} + \mathbf{R}^{-1}\mathbf{n} = \mathbf{A}\mathbf{b} + \mathbf{R}^{-1}\mathbf{n}.$$

Burada, \mathbf{R} , ilinti matrisini, \mathbf{n} toplanır beyaz gürültüyü, \mathbf{A} kullanıcı genlik matrisi ve \mathbf{y} vektörü ise uyumlu süzgeç çıktısını göstermektedir. $n(t)$ 'nin Gauss dağılımına sahip olmadığı durumda (dürtün gürültü), başarımın düşmemesi kullanılan doğrusal olmayan sezici aracılığı ile sağlanabilmektedir [5].

3. İletişim Kanalı

Kullanılan modelde dürtün gürültünün olasılık dağılımı aşağıdaki gibidir,

$$f = (1 - \varepsilon)N(0, \sigma_n^2) + \varepsilon N(0, \sigma_f^2). \quad (3)$$

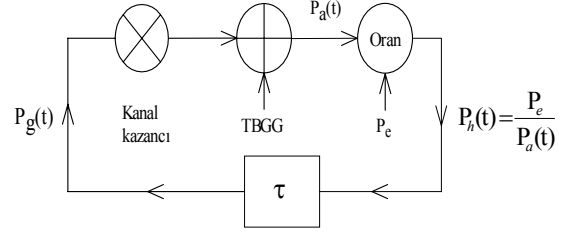
$N(0, \sigma_n^2)$ ortamdaki anma Gauss gürültüsünü, $N(0, \sigma_f^2)$ ise dürtün gürültü kısmını belirtmektedir. Dürtün gürültünün sıklığını ise ε belirlemektedir [3].

Alınan işaretin uç genlik değerlerinin kırılmasında kullanılan doğrusalsızlık matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$y = \begin{cases} -h & x < -h \\ x & |x| \leq h \\ h & x > h \end{cases}$$

Burada, h eşik değerini göstermektedir.

4. Kapalı-Döngü Güç Kontrolü



Şekil 1: Kapalı-döngü güç kontrol modeli.

Burada, $P_d(t)$ alınan güç seviyesini ve P_e istenilen eşik düzeyini göstermektedir. Güç kontrolü, yer istasyonu kapsama alanındaki tüm kullanıcılar tarafından alınan gücün eşitlenmesini amaçlamaktadır. Güç kontrolü olmaksızın, yer istasyonunda yüksek güçte işarete sahip kullanıcılar, düşük güçteki kullanıcıların başarımını etkileyerek sistem başarımını düşürmektedir. Kapalı-döngü güç kontrol algoritmasının simulasyon modeli Şekil 1'de görüldüğü gibidir [4]. Modelde görüldüğü üzere, alınan anlık işaretin gücü istenilen eşik seviyesine ulaşına dek gönderilen işaretin güç seviyesi sürekli güncellenmektedir.

Benzetim çalışmaları, kullanıcıların yer istasyonuna uzaklıklarından ve hızlarından dolayı kaynaklanan güç dengesizliği, kullanıcıların güç seviyelerinin geometrik olasılık dağılımına (parametre p) sahip oldukları varsayılarak modellenmiştir [6]. Amaçlanan, güçlü kullanıcıların işaretlerinin zayıf kullanıcının işaretine yapacakları girişimin etkisinin araştırılmasıdır. Modelde görülen zaman gecikmesi üstel işlev ile modellenmiştir.

5. Sonuçlar

Şekil 1, TBGG kanalda, tek kullanıcılı sezicinin (TKS), eşzamanlılığın bulunduğu durumdaki başarımını göstermektedir. Görüldüğü gibi, bit hata oranı kullanıcı sayısı artışı ile hızla artmaktadır ve kullanılan güç kontrol algoritması sistemin başarımını artırmaktadır. Burada, sistem başarımını etkileyen en önemli etken ÇEG'dir. Kullanıcı sayısının 10 olduğu durumda güç kontrolü bit hata oranını yaklaşık 0.1'den 0.05 değerine indirmektedir. Başarım farkı düşük kullanıcı sayıları için belirgin olarak artmaktadır.

Şekil 2'de, dürtün gürültünün etkisi yine TKS için görülmektedir. Görüldüğü üzere, eşzamanlılığın ve güç denetiminin sağlandığı durumda bile dürtün gürültünün sıklığını belirleyen ε parametresinin etkisi ile sistem başarımı düşmektedir. Ortaya çıkan uç genlik değerleri sezici başarımını olumsuz etkilemektedir.

Şekil 3, dürtün kanalda ilintisizleştirici sezicinin, yayma kodlarının ilinti özelliklerine bağlı olarak ÇEG'yi etkin şekilde azalttığını göstermektedir. Dolayısı ile, beklendiği gibi güç kontrol algoritması, dürtün kanalda, ilintisizleştirici sezici ile başarımı etkin bir biçimde artırmaktadır. Yine kullanıcı sayısının 10 olduğu durumda, güç denetimi bit hata

oranını 0.1'den 0.025'e düşürmektedir. Buradaki kazanç TKS'ye göre daha fazladır.

Şekil 4'de, güç denetiminin sağlandığı ve dürtün gürültünün kanalda bulunduğu durumda, TKS ve IS'nin sistem başarımına etkileri görülmektedir. Görüldüğü üzere, geleneksel doğrusal alıcıya göre kazanç ortaya çıkmaktadır.

Şekil 5, tek kullanıcılı sezicide, doğrusal ve gürbüz alıcıların başarımını göstermektedir. Görüldüğü gibi gürbüz alıcıda, alınan işaretin uç genlik değerlerinin bir doğrusalsızlık kullanılarak kırılması sistemin başarımını artırmaktadır. Örneğin, kullanıcı sayısı 15 iken, doğrusal alıcı bit hata oranı 0.075 iken gürbüz alıcıda bu oranın 0.05'e düştüğü gözlemlenmektedir.

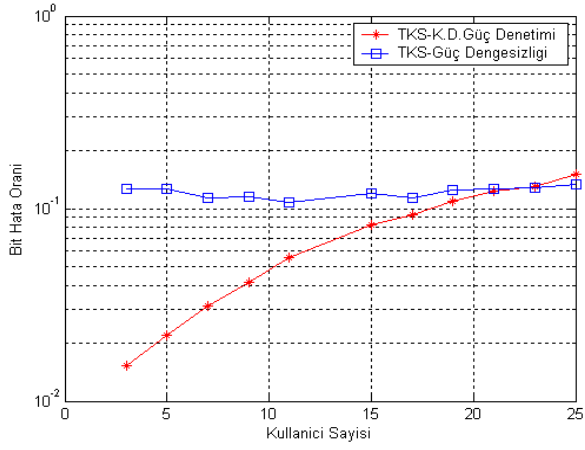
Şekil 6'da, ilintisizleştirici sezicinin, kırıcının de etkisi ile çoklu erişim gürültüsünü, dürtün gürültü ortamında da etkin bir biçimde azaltılarak sistemin başarımını TKS'ye oranla daha fazla artırdığı görülmektedir. Örneğin, kullanıcı sayısı 15 iken, doğrusal ve gürbüz TKS bit hata oran farkı 0.035 iken IS'de bu fark 0.025'e düşmektedir. Ayrıca görüldüğü üzere, kullanılan kırıcının etkisi, kullanıcı sayısı artışı ile daha belirgin hale gelmektedir.

6. Vargılar

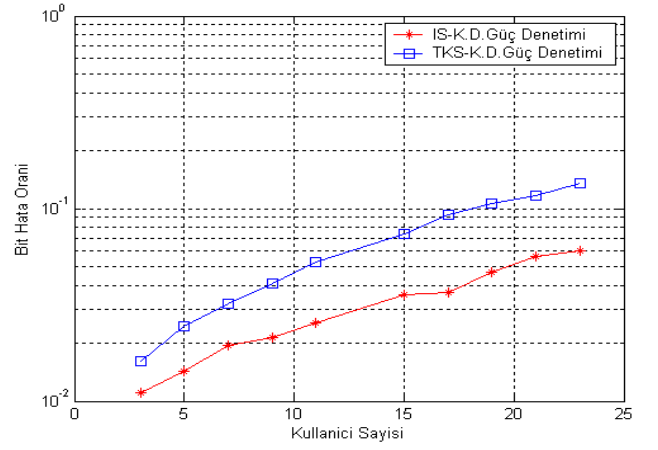
Kapalı-döngü güç kontrolü, DD-KBÇE başarımını tek kullanıcılı sezici ve ilintisizleştirici alıcı için artırmaktadır. Dürtün gürültülü kanalın olumsuz etkileri de güç kontrolü ile azaltılmaktadır. IS, ÇEG'yi toplanır beyaz Gauss gürültüsü (TBGG) ortamında etkin bir biçimde azaltılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, kullanılan güç kontrol algoritması ve alınan işaretin uç genlik değerlerinin, doğrusalsızlık kullanılarak kırılması işlemi ile IS'in dürtün gürültü ortamında da iyi bir başarıma sahip olması sağlanmıştır. Sönümleme ve zamanda-değişen kanallar için de hızlı güç denetimi kullanımının etkili olacağı düşünülmektedir.

7. Kaynakça

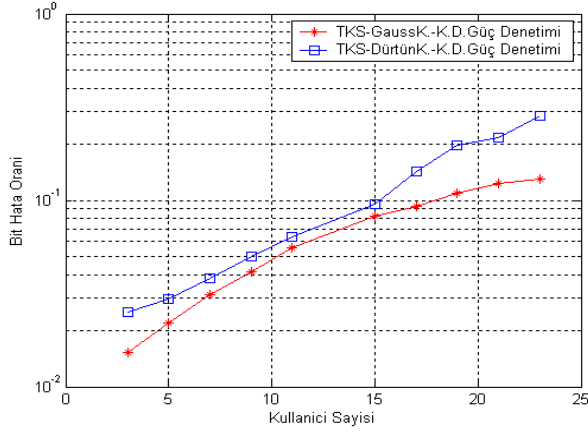
- [1] H. V. Poor ve M. Tanda, "Multiuser Detection in Flat Fading Non-Gaussian Channels", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, No. 11, s. 1766-1777, Kasım 2002.
- [2] Moh Lim Sim ve Hean Teik Chuah, "Received Signal Statistics in DS-CDMA Channels With Flat Rayleigh Fading and Closed-Loop Power Control", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 51, No. 7, Temmuz 2003.
- [3] A. Kortun ve A. Hocanın, "Sönümlemeli ve Dürtün Gürültülü Kanallarda DD-KBÇE Başarımı", *Proceedings of IEEE SIU 2004 (12th National Signal Processing and Applications Conference)*, Kuşadası, Türkiye, 28-30 Nisan 2004, s.720-723.
- [4] Aly El-Osery ve Chaouki Abdallah, "Distributed Power Control in CDMA Cellular Systems", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 42, No. 4, Ağustos 2000.
- [5] Y. W. Leung, "Power control in cellular networks subject to measurement error," *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 44, No. 7, pp. 772-775, Temmuz 1996.
- [6] R. Michael Buehrer ve Rahul Mahajan, "On the Usefulness of Outer-Loop Power Control With Successive Interference Cancellation" *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 51, No. 12, Aralık 2003.



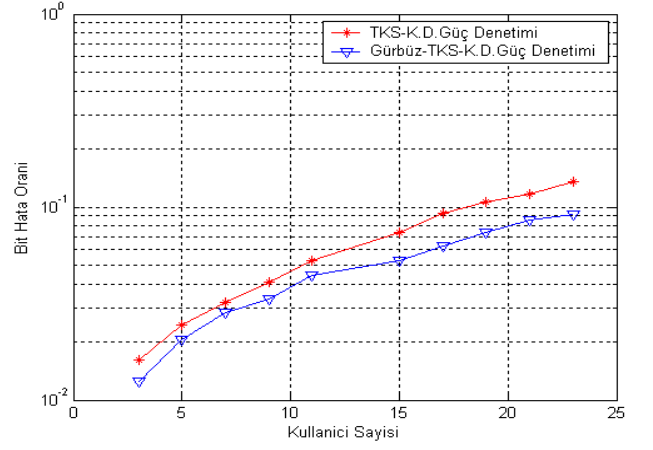
Şekil 1. Tek-kullanıcılı sezici (TKS) başarımı. Gauss kanalı, eşzamanlı, doğrusal alıcı. SNR=6 dB, $p=0.5$.



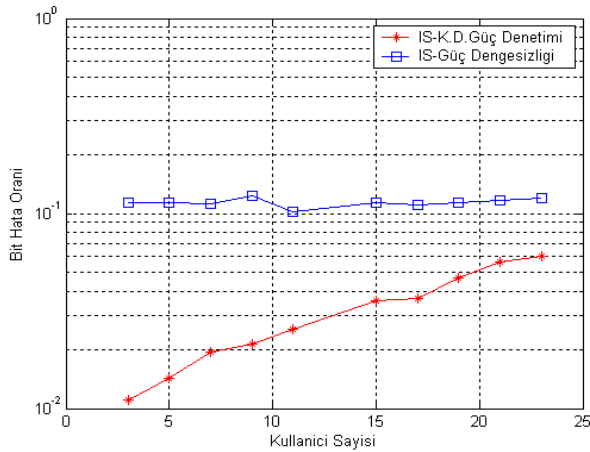
Şekil 4. Dürtün gürültülü kanal, eşzamanlı, doğrusal alıcı. SNR=6dB, $\sigma_n^2 = 1$, $\sigma_I^2 = 100$, $\epsilon = 0.2$, $p=0.5$.



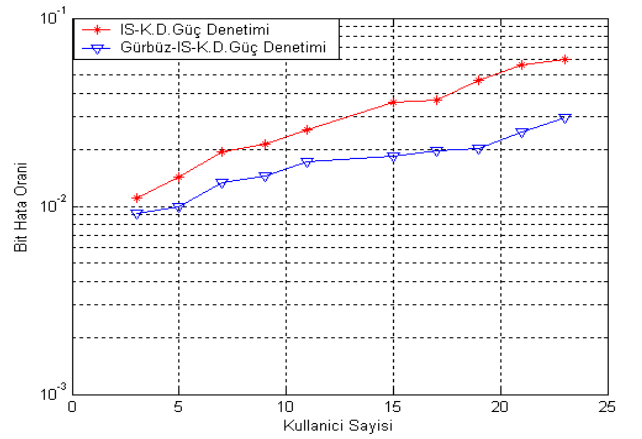
Şekil 2. Tek-kullanıcılı sezici başarımı (TKS). Eşzamanlı, dürtün gürültülü kanalö doğrusal alıcı. $\sigma_n^2 = 1$, $\sigma_I^2 = 100$, $\epsilon = 0.2$, SNR=6 dB, $p=0.5$.



Şekil 5. Tek-kullanıcılı sezici başarımı (TKS). Dürtün gürültülü kanal, eşzamanlı, doğrusal ve gürbüz alıcı. SNR=6dB, $\sigma_n^2 = 1$, $\sigma_I^2 = 100$, $\epsilon = 0.2$, $p=0.5$.



Şekil 3. İlintisizleştirici sezici (İS) başarımı. Dürtün gürültülü kanal, eşzamanlı, doğrusal alıcı. SNR=6 dB, $\sigma_n^2 = 1$, $\sigma_I^2 = 100$, $\epsilon = 0.2$, $p=0.5$.



Şekil 6. İlintisizleştirici sezici (İS) başarımı. Dürtün gürültülü kanal, eşzamanlı, doğrusal ve gürbüz alıcı. SNR=6dB, $\sigma_n^2 = 1$, $\sigma_I^2 = 100$, $\epsilon = 0.2$, $p=0.5$.