

Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA) Sistemlerinde Güç Seviyesinin Yapay Sinir Ağları (YSA) İle Kontrol Edilmesi Üzerine Değerlendirmeler

Yalçın IŞIK Necmi TAŞPINAR M. Nuri SEYMAN

Selçuk Üniversitesi Silifke-Taşucu Meslek Yüksek Okulu 33900 Taşucu-Silifke-Mersin
Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Bölümü 38039 Kayseri
Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksek Okulu, 71450, Kırıkkale.
isiky@selcuk.edu.tr, taspinar@erciyes.edu.tr, mnseyman@kku.edu.tr

Abstract— In the cellular communication applications of Code Division Multiple Access (CDMA) system, each user signal can be received in the different power levels in the input of the base station due to different distances of the users. In that case, signal of the user that is closer to the base station causes that far user communicates with errors. This situation is called as Near-Far problem. To prevent this situation, open or closed loop power control system is used to make each user signal equals in the input of the base station. In the open loop control, transmitter power is adjusted by evaluating the received base station power at the mobile user. This type of control is not sensitive. In the closed loop control, base station predicts the power level of the user and sends the power control signal to the user to assure its power in the desired level. Power prediction and power control have been performed with various methods such as classical, fuzzy and neural network in the literature. In this study, papers in the literature on power prediction and control with better results respect to classical methods by using neural network are examined and results were evaluated.

Özet— Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA) sisteminin gezgin haberleşme uygulamalarında, özellikle hücrel haberleşme sistemlerinde, gezgin kullanıcıların baz istasyonuna olan farklı uzaklıklarından dolayı, her bir kullanıcı değişik güç seviyelerinde algılanabilir. Bu durumda, yakın kullanıcının sinyali uzak olanın sinyalinde bozucu etki yapar ki, bu durum yakın-uzak problemi olarak adlandırılır. Bu durumun önlenmesi için, her bir kullanıcı sinyalinin baz istasyonunda aynı güç seviyesinde alınması sağlanır. Bu amaçla, açık döngü ya da kapalı döngü güç kontrolü yapılır. Açık döngü kontrolde baz istasyonundan gelen sinyal gücü gezgin kullanıcıda değerlendirilerek, verici gücü ayarlanır. Açık döngü kontrol pek hassas değildir. Kapalı döngü kontrolde ise baz istasyonu, kullanıcının güç seviyesini algılar ve onu gerekli seviyede tutmak için kullanıcıya güç kontrol sinyali gönderir. Güç seviyesinin algılanmasında ve kontrolünde klasik ve bulanık mantık yöntemlerinden başka yapay sinir ağları da kullanılmaktadır. Bu çalışmada, güç seviye algılamasında ve kontrolünde yapay sinir ağı (YSA) kullanarak klasik yöntemlere göre daha iyi sonuçlar elde edilen literatürdeki çalışmalar incelenerek, sonuçlar değerlendirilmiştir.

Index Terms—CDMA, Yapay sinir ağı, güç kontrolü

I. GİRİŞ

Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA) sisteminde her kullanıcıya ait farklı bir yayma kodu kullanmak suretiyle bilgi sinyalleri geniş bir spektruma yayılmaktadır. Aynı spektrum pek çok kullanıcı tarafından kullanılmaktadır. Hücrel

haberleşmede de pek çok kullanıcı aynı spektrumu kullanarak aynı baz istasyonu üzerinden haberleşmektedir. Gezgin kullanıcıların baz istasyonuna olan mesafe farklılıklarına bağlı olarak, her biri baz istasyonu tarafından farklı güç seviyelerinde alınabilmektedir. Bu durumda, istasyona yakın olan kullanıcılar daha büyük güç seviyelerinde alınır ve diğer kullanıcılar üzerinde çoklu erişim girişimi olarak adlandırılan bozucu etki oluştururlar. Bu durum yakın-uzak problemi olarak adlandırılır. Çok kullanıcılı sezme yöntemleri kullanılarak, özellikle yapay sinir ağı kullanan alıcılarda, bu problem oldukça azaltılmıştır. Ancak, bu problemin en genel çözümü, gezgin kullanıcı vericilerinde güç kontrolü yaparak, hepsinin de baz istasyonu tarafından aynı güç seviyesinde alınmasını sağlamaktır [1].

Güç kontrolü açık döngü ya da kapalı döngü olarak yapılır. Açık döngü kontrolde baz istasyonundan gelen sinyal gücü gezgin kullanıcıda değerlendirilerek, gezgin kullanıcı tarafından verici gücü ayarlanır. Bu yöntemde, baz istasyonundan gezgin kullanıcıya ve gezgin kullanıcıdan baz istasyonuna olan hat kayıpları aynı kabul edilir. Ancak, uygulamada bu kayıplar aynı olmayacağından, açık döngü kontrol pek hassas değildir. Kapalı döngü kontrolde ise, baz istasyonu kullanıcının güç seviyesini algılar ve onu gerekli seviyede tutmak için kullanıcıya güç kontrol sinyali gönderir. Böylece, gezgin kullanıcıların güç seviyeleri baz istasyonu tarafından kontrol edilerek hepsinin aynı güç seviyesinde alınması sağlanır [1]. Güç seviyesinin algılanmasında FIR filtre [2], ön sezmeli güç tahminçisi [3] kullanılmakla birlikte, güç kontrolünde de ön sezmeli yöntemlerin [4,5] ve bulanık mantık yöntemlerinin kullanıldığı [6] çalışmalar yapılmıştır. [7] nolu çalışmada da ön sezmeli güç kontrolü elde edilebilir Sinyal Girişim Güç Oranı (SIR) tabanlı olarak sağlanmıştır. SIR değeri maksimize edilerek iletim gücünün dinamik aralığını da düşüren kapalı döngü güç kontrolü yapılmıştır. Bununla birlikte, güç seviyesinin algılanmasında ve kontrolünde yapay sinir ağları da kullanılabilir. Bu çalışmada, güç seviye algılamasında ve kontrolünde yapay sinir ağı kullanarak klasik yöntemlere göre daha iyi sonuçlar elde edilen literatürdeki araştırmalar [8, 9, 10, 11] incelenerek, sonuçlar değerlendirilmiştir.

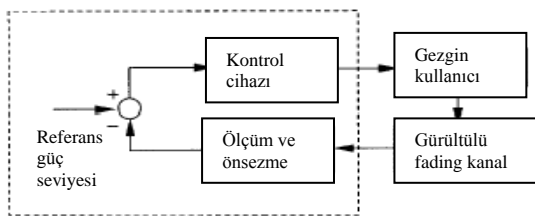
II. OPTİMAL YAPAY SİNİR AĞI KULLANILAN GÜÇ ALGILAMASI

[8] numaralı çalışmada yapay sinir ağı (YSA) kullanarak güç algılaması yapılmış, iyi sonuçlar alınmıştır. Yapay sinir ağının giriş ve gizli katman düğüm sayılarının belirlenmesinde optimal durum elde edilmeye çalışılmıştır.

Kapalı döngü güç kontrolü Şekil.1'de görülmektedir.[2] numaralı çalışmada, kapalı döngü kontrolde olan zararlı gecikmeleri dengeleyecek güç algılama yöntemi önerilmiştir. Gecikme dengelemesine ilaveten, doğrusal güç sezicide gürültülü güç sinyalinin bandı sınırlanmıştır. Ancak, hesap verimliliğine sahip doğrusal sezicilerin gürültü azaltma kabiliyetleri, düşük SNR değeri için çok sınırlıdır.

[8] numaralı çalışmada, optimal yapay sinir ağı yapısı elde edilmiştir. Yapay sinir ağı iki kısımdan oluşturulmuştur. Uyarlanabilir doğrusal eleman giriş kısmını oluştururken, çıkış kısmı bir çok katlı perseptron (MLP)' dir. Burada kullanılan optimum giriş ve gizli katman düğüm sayılarını belirlemek için önceden sezilen minimum tanımlama boyutu (PMDL) prensibi kullanılmıştır. Bu karma yapı önce sistemde değilken optimize edilir. Daha sonra, optimize edilen algılayıcı, sistem içinde adaptasyon için kullanılır. Bu yapıyla, daha önceki algılayıcılara göre daha iyi gürültü azalması sağlanmış ve ayrıca algılama band genişliği de artırılmıştır.

Literatürdeki simülasyonlar, Rayleigh fading ve AWGN kanal için yapılmıştır. Alçak frekans osilatörleri ile modellenmiş Rayleigh fading simülasyon kanalı Şekil.2'de görülmektedir. Eş fazlı (x_c) ve dik bileşenler (x_s), uygun ağırlıktaki osilatör çıkışlarının toplanmasıyla oluşturulur. İlgili taşıyıcı bileşenlerinin çarpılmasından sonra, sinyal taşıyıcı frekansında merkezlenir. Simülasyonlarda taşıyıcı frekansı 1.8 GHz, eş fazlı ve dik bileşenlerin eşdeğer temel band örnekleme oranı 1 KHz, araç hızları 5 ve 50 km/saat alınmıştır. Sıfır ortalamalı AWGN bağımsız olarak eş fazlı ve dik bileşenlere eklenmiştir. Bileşenlerin giriş SNR değeri 0 dB alınmıştır.



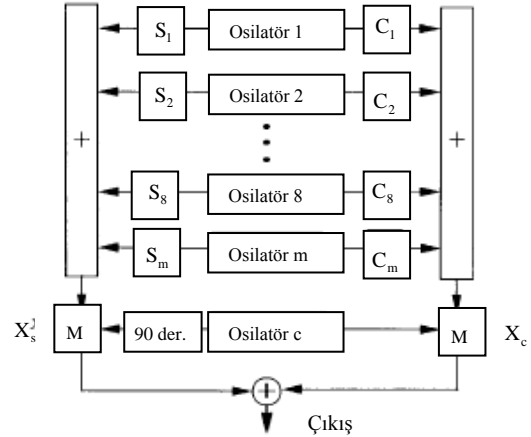
Şekil 1. CDMA sisteminde kapalı güç kontrol döngüsü [8].

Güç sinyallerinin önsezmeli filtrelemesi için sıkça kullanılan lineer seziciler Heinanen-Neyun (H-N) FIR sezici ve Geri beslemeli doğrusal düzgünleştirilmiş Newton (RLSN) sezici aynı hesap karmaşıklığına sahip olmakla birlikte, RLSN sezici H-N seziciye göre daha iyi gürültü azaltımı sağlar. Çoğu kez doğrusal sezicilerin performansı tatmin edici değildir.

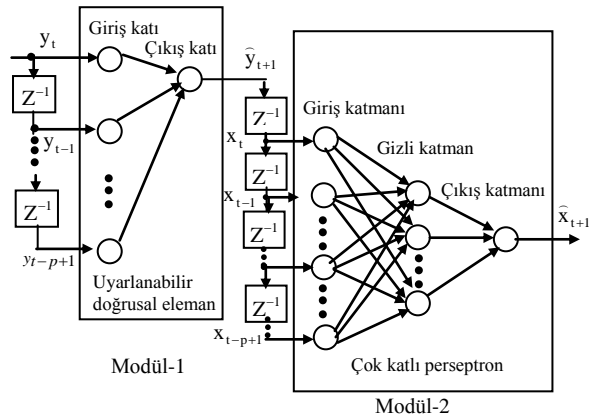
Doğrusal olmayan güç algılaması için oluşturulan karma yapay sinir ağı tabanlı sezici yapısı Şekil.3'de görülmektedir. Sezici iki modülden oluşmaktadır. Modül.1'de bir uyarlanabilir doğrusal elemanlı ön filtre kullanılmaktadır. Modül-1 çıkışı tek gizli katmanlı MLP' ye uygulanmaktadır. Gizli katmanda transfer fonksiyonu olarak, hiperbolik tanjant

sigmoid fonksiyonu kullanılmakta, çıkış katında ise lineer fonksiyon kullanılmaktadır. Her iki modülün de girişi ardışık gecikme hattı şeklindedir. Yapıdaki optimal düğüm sayısının belirlenmesi için Rissanen tarafından sunulan PMDL metodu [12] kullanılmıştır.

Literatürdeki simülasyonlarda araç hızı 5 ve 50 km/saat, giriş SNR değeri 0 dB ve sıfır ortalamalı AWGN kanal kullanılmıştır.



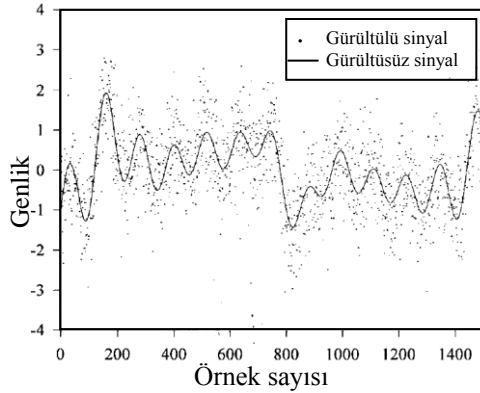
Şekil 2. Rayleigh Fading kanal simülasyonu. $i=1,2,\dots,m$ olmak üzere Osilatör i Doppler kayması osilatörü, osilatör c taşıyıcı osilatörü, S ve C uygun faz kaymasını sağlayan katsayılar ve M taşıyıcı modülasyonlarıdır [8].



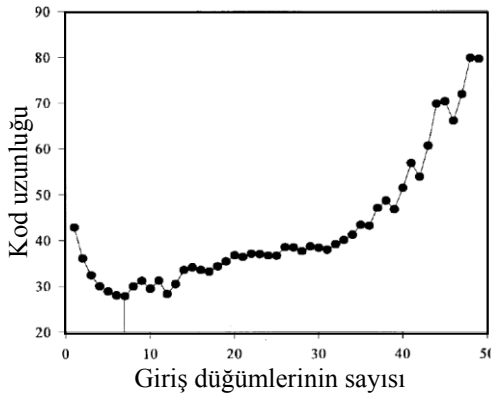
Şekil 3. Karma yapay sinir ağı tabanlı sezici yapısı [8].

Optimizasyon iki adımda yapılmaktadır. Öncelikle Modül-1, PMDL prensibi ile Şekil.4'deki örnekler kullanılarak 5 km/saat hız için optimize edilir. Farklı giriş düğüm sayıları için kod uzunlukları Şekil.5'de görülmektedir. Şekil.5'den görüldüğü gibi optimal uyarlanabilir doğrusal eleman 7 giriş düğümüne sahiptir. Aynı işlemler MLP için de yapılmıştır. Farklı gizli katman düğüm sayıları için farklı giriş düğüm sayısına karşı düşen kod uzunlukları Şekil.6'da görülmektedir. Şekil.6'dan 11 giriş düğümü ve 2 gizli katman düğümünün en iyi seçim olduğu anlaşılmaktadır. [8] nolu çalışmada benzer simülasyon 50 km/saat hız için de yapılmıştır.

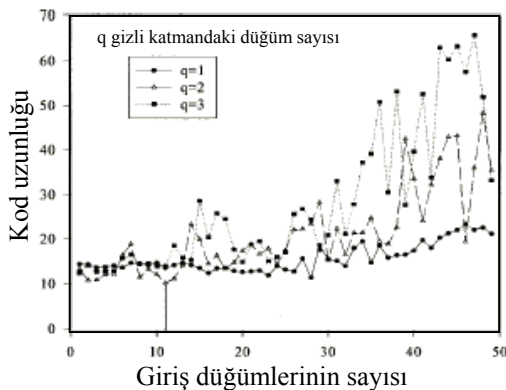
Öğrenme aşamasında Modül.1’de Widrow-Hoff (LMS) algoritması, modül.2’deki MLP ‘de ise uyumlu bir geri yayılım algoritması kullanılmaktadır. Bu durumda, sezici yeni verilere hemen uyum sağlamaktadır. 5 km/saat hız ve 0 dB SNR değeri için elde edilen eş fazlı bileşen Şekil.7’de görülmektedir. İyi SNR kazançları elde edilmekle birlikte, yapay sinir ağı kullanan sezicinin hesap karmaşıklığı pratik kullanım açısından sorun olmaktadır [10].



Şekil 4. 5 km/saat hızda gürültüsüz sinyal ile 0 dB SNR altında gürültülü eş fazlı bileşen parçası [8].



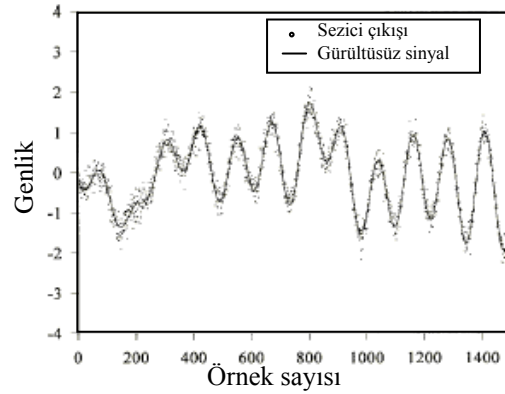
Şekil 5. 5 km/saat hızda, 0 dB SNR değerinde gürültülü sinyal girişi için uyarlanabilir doğrusal elemanın farklı giriş düğümlerine karşı düşen kod uzunlukları [8].



Şekil 6. 5 km/saat hızda, 0 dB SNR değerinde gürültülü sinyal girişi için MLP’de farklı gizli katman düğüm sayılarına göre farklı giriş düğümlerine karşı düşen kod uzunlukları [8].

III. DEĞİŞTİRİLMİŞ ELMAN YAPAY SİNİR AĞI İLE GÜÇ KONTROLÜ

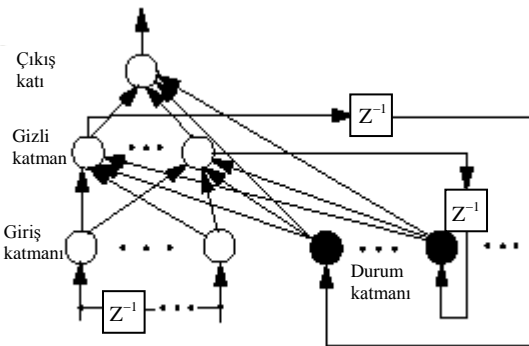
Genellikle güç kontrolünde kapalı döngü yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde baz istasyonu, kullanıcıya gücünü arttırması ya da azaltması yönünde bir bitlik komut



Şekil 7. 5km/saat hızda gürültüsüz sinyal ile 0 dB SNR altında gürültülü eş fazlı bileşenin sezilmiş çıkışı [8].

gönderir. Ancak bu türdeki kontrolde kararsızlık, büyük aşma ve düşük geçiş tepkisi olabilir. Son zamanlarda performansı daha iyi olan bulanık mantık kullanan oransal-integral kontrol yöntemleri önerilmektedir. Ancak bu durumda da kritik karar durumlarında insan müdahalesine gerek duyulmaktadır. [9] numaralı çalışmada sistem içinde öğrenerek değişimlere hızlı uyum sağlayabilen Elman yapay sinir ağı yapısı tanıtılmaktadır.

Elman yapay sinir ağı, genel olarak ileri beslemeli recurrent ağ modelidir. Bu model iç durumları depolamak için durum düğümlerine sahiptir. Bu sayede, statik yapay sinir ağlarına göre daha iyi bir dinamik karakteristiğe sahip olmaktadır. Bununla birlikte, Elman yapay sinir ağı, eğitim ve yaklaşma hızı düşük olduğundan, uyarlanabilir ve on-line sistemler için iyi değildir. Bu sebeple değiştirilmiş Elman yapay sinir ağı (MENN) dinamik uygulamalar için önerilmiştir. Bu yapı Şekil.8.’de görülmektedir. [9] nolu çalışmada, klasik yöntemlere göre daha iyi bir kontrol yapılabildiği belirtilmektedir.

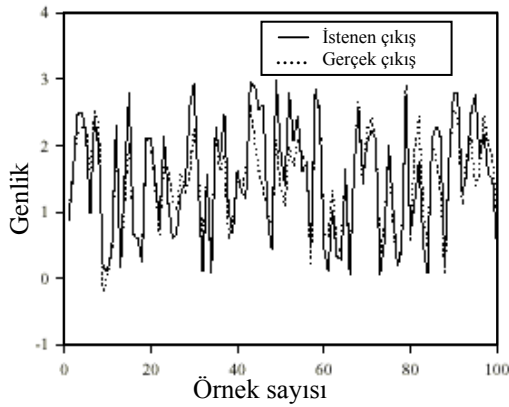


Şekil 8. Değiştirilmiş Elman YSA modeli [9].

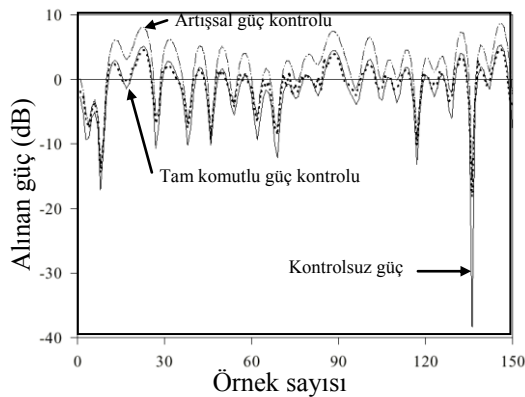
Kanal şartlarının hızla değişmesi dinamik karakteristiği kötü yönde etkiler. Bu durum için çoklu kontrol modeli kullanılır. Değişik araç hızları için belirlenmiş kontrol devreleri anahtarlanarak değişik hızlarda farklı devrelerin çalışması sağlanır.

50 km/saat hız, 1.8 GHz taşıyıcı merkez frekansı ve 1 ms örnekleme periyodu için [9] nolu çalışmada yapılan simülasyon sonrası elde edilen sonuçlar, Şekil.9'da görülmektedir. Yapıda iki giriş düğümü, bir çıkış düğümü ve on gizli katman düğümü kullanılmıştır. Gizli katmanlardaki düğüm sayısının artışı sonuçları iyileştirirken, eğitim zamanını uzatır.

Güç kontrolü, artışsal kontrol ve tam komutlu güç kontrolü olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Bir bit kontrol ile artışsal kontrolde performans iyi değildir. Bunun yanında, tam komutlu güç kontrolünde daha iyi sonuç alınır. Ancak bu durumda kullanılan bit sayısı artar. Şekil 10'da her iki kontrol için de alınan güç seviyeleri görülmektedir.



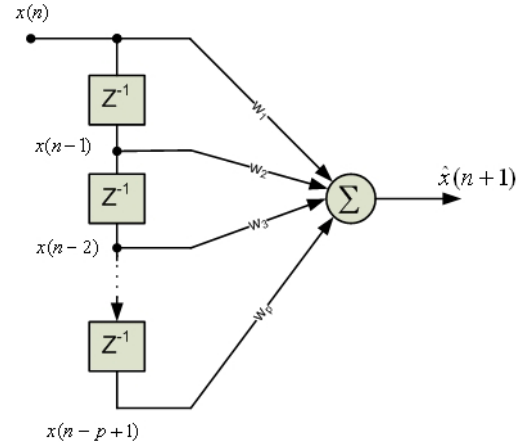
Şekil 9. MENN kullanarak ters kanal modelinin tanımlanması sonuçları [9].



Şekil 10. MENN ile yapılan güç kontrol sisteminin performansı [9].

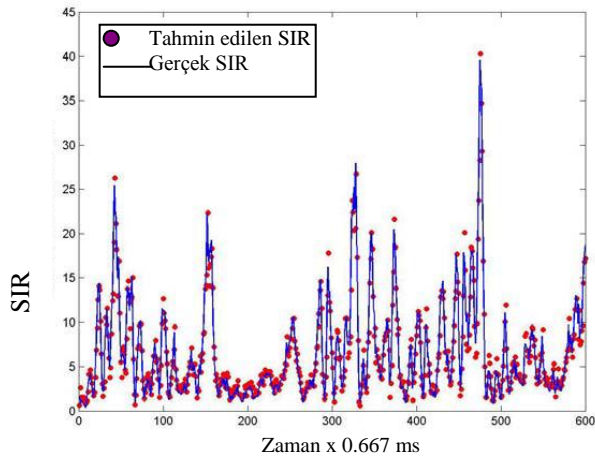
IV. MLP VE ADALİNE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE YAPILAN GÜÇ KONTROLLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

[11] nolu çalışmada da MLP ve Adaline YSA ile yapılan güç kontrollerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Güç kontrolü doğrudan alınan sinyalin kuvvetini algılanarak ya da SIR değeri algılanarak yapılabilmektedir. Bu çalışmada SIR değeri algılanarak güç kontrolü yapılmıştır. Kullanılan MLP YSA Şekil 3'de görülen gibi olmakla birlikte, Adaline YSA ise Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 11. Adaline YSA yapısı. [11]

Simülasyonlar Rayleigh sönümlü kanalda araç hızı 5 km/h, 60 km/h ve 120 km/h alınarak yapılmıştır. Öncelikle off-line olarak yapılan optimizasyonla her bir hız için en uygun düğüm sayıları belirlenerek on-line simülasyonlar bu düğüm sayılarında yapılmıştır. Adaline YSA için giriş düğüm sayısı 5 km/h için 9, 60 km/h için 5 olarak bulunurken 120 km/h için 18 olarak tespit edilmiştir. Simülasyonlar sonucunda optimal MLP ve Adaline YSA algılayıcılarının 60 km/h değerine kadar yakın hata değerlerini sağlarken, daha yüksek hızlarda Adaline YSA algılayıcısının daha iyi algılama yapabildiği saptanmıştır. Hesap karmaşıklığı Adaline YSA için daha az olduğundan kullanımı daha verimli olacaktır. 60 km/h için Adaline YSA ile algılanan ve gerçek SIR değerlerinin karşılaştırması şekil 12'de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi gerçeğe oldukça yakın SIR değerleri alınabilmektedir.



Şekil 12. 60 km/h için Adaline algılayıcının SIR çıkışlarının gerçek değerlerle karşılaştırılması. [11]

V. SONUÇLAR

Güç seviyesi sezilmesi işleminde iyi SNR kazançları elde edilmekle birlikte, yapay sinir ağı kullanan sezicinin hesap karmaşıklığı pratik kullanım açısından sorun olmaktadır. Ancak karma sinir ağı tabanlı sezici ileri derecedeki bulanık mantık ve yapay sinir ağı güç kontrol aygıtlarında ön işlemci olarak kullanılabilir. Elman yapay sinir ağının hızla değişen kanal şartlarına uyum sağlayabildiği belirlenmiştir. Değişen araç hızlarına uyum sağlamak için farklı kontrol kısımlarının anahtarlanarak çalıştırılması, değişimlere hızlı uyum yapılması açısından oldukça kullanışlıdır. Farklı gezgin kullanıcı hızları için farklı Elman kontrol devresinin seçilmesiyle kontrol performansı daha da artırılabilir. Bunun yanında hesap karmaşıklığı oldukça az olan Adaline YSA ile de yüksek hızlarda bile oldukça verimli güç kontrolünün sağlanabildiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] K. Feher, "Wireless Digital Communications", Prentice-Hall, 1995.
- [2] J. M. A. Tanskanen, A. Huang, T. I. Laakso, and S. J. Ovaska, "Prediction of received signal power in CDMA cellular systems," Proc. of 45th IEEE Vehicular Technology Conference, Chicago, Illinois, pp. 922-926, 1995.
- [3] J. M. A. Tanskanen, A. Huang, and I. O. Hartimo "Predictive power estimators in CDMA closed loop power control," Proc. of 48th IEEE Vehicular Technology Conference, Ottawa, Ontario, Canada, pp. 1091-1095, 1998.
- [4] J. M. A. Tanskanen, J. Mattila, M. Hall, T. Korhonen, and S. J. Ovaska "Predictive closed loop power control for mobile CDMA systems," Proc. of 47th IEEE Vehicular Technology Conference, Phoenix, Arizona, USA, pp. 934-938, 1997[5] J. M. A.
- [5] Tanskanen, J. Mattila, M. Hall, T. O. Korhonen, and S. J. Ovaska, "Predictive closed loop transmitter power control," Proc. of 1996 IEEE Nordic Signal Processing Symposium, Espoo, Finland, pp. 5-8, Sept. 1996.
- [6] P. R. Chang , B. C. Wang , "Adaptive fuzzy proportional integral power control for a cellular CDMA system with time delay", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 14, No.9, pp. 1818-1829, 1996.
- [7] F.C.M Lau., W.M. Tam, Predictive closed-loop power control in CDMA mobile systems, Electronics Letters, vol.37, no:1, 52-54, 2001.

- [8] X. M. Gao, X. Z. Gao, J. M. A., Tanskanen, and S. J. Ovaska, "Power prediction in mobile communication systems using an optimal Neural-Network Structure", IEEE Transactions On Neural Networks, Vol. 8, No. 6, pp. 1446-1455, 1997.
- [9] X. Z. Gao, S. J. Ovaska, A.V. Vasilakos, A modified Elman neural network-based power controller in mobile communications systems. Volume 9, number 2, pp 88-93, January 2005.
- [10] X. M. Gao, X. Z. Gao, J. M. A. Tanskanen, and S. J. Ovaska, comparison of linear and neural network-based power prediction schemes for mobile DS/CDMA systems", Proc. of IEEE 46th Vehicular Technology Conference , Atlanta , pp. 61-65, 1996.
- [11] N. Ardalani, A. Khoogar, H. Roohi, A Comparison of Adaline and MLP Neural Networkbased Predictors in SIR Estimation in Mobile DS/CDMA Systems, world academy of science, engineering and technology, Volume 9, pp 145-150, September 2005.
- [12] J. Rissanen, "Modeling by shortest data description", Automatica, Vol. 14, pp. 465-471, 1978.