

Bulanık Sayı Fonksiyonlarının Kanal Kestirimi ve Kanal Denkleştirme Üzerine Etkileri

A. Özen¹, B. Soysal², İ.H. Altaş¹

¹ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Trabzon

² Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Erzurum
{aliozen,ihaltas}@ktu.edu.tr, bsoysal@atauni.edu.tr

Özet

Bu bildiride, bulanık mantık tabanlı denetleyiciler üzerinde bulanık sayı fonksiyonlarının önemi incelenmektedir. Sinüzoidal, üçgen, yamuk ve gaussian biçimli üyelik fonksiyonları ele alınarak, HIPERLAN/2 standardındaki haberleşme sistemlerinin kanal kestirimi ve denkleştirilmesi üzerine etkileri araştırılmaktadır. HIPERLAN/2 standardında öğrenmeye ayrılan süre, kanal kestirimi ve denkleştirmesinde kullanılan LMS algoritmasının öğrenme başarımı ve yakınsaması için yeterli olmadığından, bulanık mantık uyarlanarak başarımının ve yakınsama hızının artırılması öngörülmektedir. Benzetim sonuçları, önerilen Bulanık Mantık esaslı LMS (B-LMS) algoritmasının LMS algoritmasını hızlandırdığını ve RLS algoritması ile elde edilen başarıma yakınsadığını göstermiştir.

1. Giriş

Çoğul ortam uygulamaların gerektirdiği en önemli özellik yüksek veri hızıdır. Bunun klasik iletişim sistemleriyle sağlanabilmesi için ya çok geniş frekans bandı kullanılmalı, ya da verici gücü önemli ölçüde artırılmalıdır. Oysa günümüzde kullanılabilecek frekans bandı sınırlı olduğu gibi, elektromagnetik yayılımın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı, verici gücünün de belirli değerlerin altında tutulması zorunluluğu bulunmaktadır.

Tek taşıyıcı sistemlerle çoğul ortam uygulamaların gerektirdiği veri hızlarına çıkmanın mümkün olmadığı anlaşılmca, çok taşıyıcı sistemlerin tasarlanması gündeme gelmiş oldu. HIPERLAN/2 olarak adlandırılan ve ETSI tarafından geliştirilen standart ile IEEE tarafından geliştirilen 802.11a standardı, 54 Mb/s dahil olmak üzere değişik veri hızlarını desteklemektedir. OFDM, bu standartlarda modülasyon türü olarak seçilmiştir. Yüksek veri hızlarını desteklemesi ve simgelerarası girişime (Intersymbol Interference, ISI) karşı dayanıklı olmasına rağmen, çok yönlü yayılımın sağladığı enerji çoğullama özelliğini yeterince kullanamadığı için yüksek işaret gürültü oranına (Signal to Noise Ratio, SNR) ihtiyaç duymaktadır [2]. Girişim, OFDM tabanlı sistemlerde verici gücünü artırmadan daha yüksek veri iletim hızlarına çıkmayı engeller. Bir önlem olarak kullanılan frekans veya zaman bölgesi kanal denkleştiricileri, dolaylı veya doğrudan kanal parametrelerinin kestirimini gerektirir. OFDM tabanlı sistemlerde kanal katsayılarını kestirmek ya da denkleştirmek için kullanılan algoritmalarından biri En Küçük Ortalama Kareler (Least Mean Squares, LMS) algoritmasıdır. LMS algoritmasının daha basit yapıda olması nedeniyle diğer algoritmalara (RLS, VA) tercih edilmektedir. LMS algoritmasının yakınsama hızı güncelleme denkleminde kullanılan adım büyüklüğü parametresine oldukça duyarlıdır. Pratikte, önceden bilinmeyen kanal parametreleri nedeniyle adım büyüklüğü parametresinin optimum değeri belirlenemez. Bununla birlikte, sabit adım büyüklüğü zamanla değişen kanallarda zayıf başarımla sonuçlanmaktadır. Bu problemi çözmek için, son yirmi yıldır değişken adım-büyüküklü LMS algoritmaları geliştirilmektedir. Önerilen B-LMS algoritmasında ise, adım büyüklüğü anlık hata değeri üzerinden uyarlamalı bir işlem dizisi ile değiştirilmektedir.

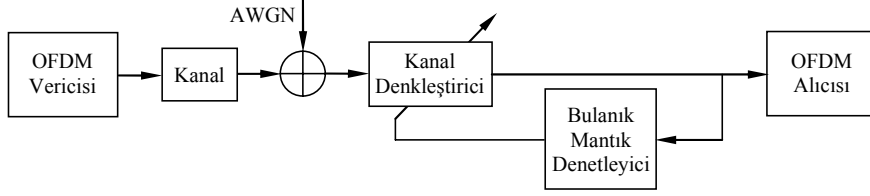
2. OFDM Sistemlerinde Bulanık Mantık Esaslı Kanal Kestirimi ve Denkleştirme

Günümüzde çok amaçlı otomatik denetim ile ilgili pek çok çalışma yapılmaktadır. Bunlardan birisi "Bulanık Mantık" olup, bu yöntem son yıllarda bilgi değerlendirmeye dayalı sistemlerde uygulama alanı bulmuştur. Bulanık denetleyicilerin doğrusal olmayan, modellenmesi zor süreçleri denetlemede oldukça başarılı oldukları yapılan uygulamalarla gösterilmiştir.

OFDM sistemleri FFT tabanlı sistemler olduklarından, işaretlerin işlenmesi genellikle frekans bölgesinde yapılmaktadır. Alıcıya işaret ulaşmaya başladıktan sonra taşıyıcı frekans kaymasının kestirimi, kanal kestirimi ve kanal denkleştirme gibi işlemlerin hepsi frekans bölgesinde yapılabilmektedir. Bu çalışmada, özellikle kanaldan gelen bütün enerjisi toplamak, alıcıda işaret gürültü oranını en büyük yapmak için zaman bölgesinde kanal denkleştirme yapılmak istenmektedir.

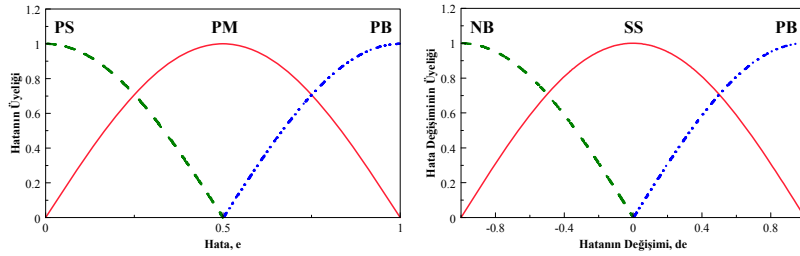
Karar Geribeslemeli Denkleştirici (DFE) kullanılan OFDM sistemine bulanık mantığın uyarlanması Şekil 1'de verilmektedir. OFDM sisteminde simgeye karar verilmesi işlemi frekans bölgesinde yapıldığından, DFE'de karar mekanizması yer almamaktadır. Kanaldan gönderilen OFDM işareti kanal denkleştiricinin ileri-beslemeli kısmından geçirilir. Kanal denkleştiricinin çıkışındaki yumuşak işaret geri-besleme kısmından da geçirildikten

sonra denekleştirici çıkışı ile toplanarak OFDM alıcısı girişine uygulanır. Aynı zamanda kanal denekleştiricinin çıkışı Şekil 1’de gösterilen Bulanık Mantık Denetleyiciye (BMD) uygulanarak çıkışında elde edilen denetim işareti ile LMS algoritmasının adım büyüklüğü ayarlanarak denekleştirici katsayıları güncellenir. OFDM alıcısında artık frekans bölgesi kanal denekleştiriciye ihtiyaç duyulmadan, FFT işleminin ardından simge için karar verilir [2]. BMD sadece öğrenmeye ayrılan süre içerisinde çalışmaktadır.

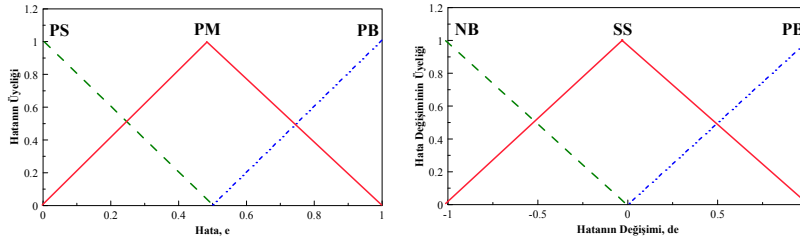


Şekil 1. OFDM sisteminde zaman bölgesi kanal denekleştiriciye Bulanık Mantığın uyarlanması

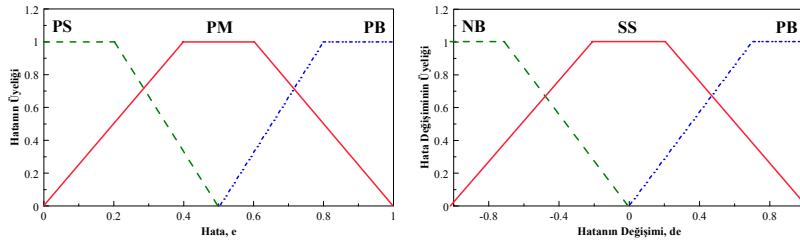
Bu çalışmada, sinüzoidal, üçgen, yamuk ve gaussian biçimli bulanık küme yapıları ele alınarak, bunların OFDM sistemlerinin kanal kestirimi ve denekştirmesinde kullanılması durumunda, sistem başarımını nasıl etkiledikleri incelenmektedir. Burada ele alınan dört farklı bulanık küme gurubunun bulanıklık seviyeleri de farklı olduğundan, bu inceleme aslında denetim sisteminde kullanılan bulanık sayıların bulanıklık düzeylerinin denetim üzerindeki etkileri olarak da yorumlanabilir [1]. Şekil 2, 3, 4 ve 5’te sırasıyla sinüzoidal, üçgen, yamuk ve gaussian biçimli üyelik fonksiyonları verilmektedir.



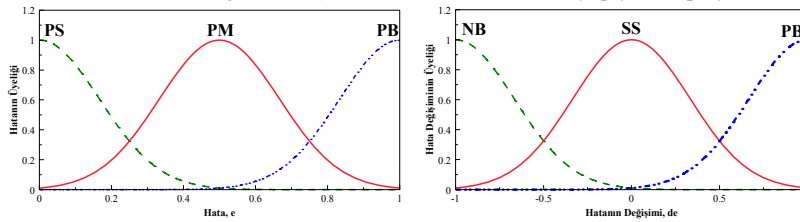
Şekil 2. Hata $e(k)$ ve hatanın değışimi $de(k)$ için tanımlanan Sinüzoidal yapıya sahip üyelik fonksiyonları



Şekil 3. Hata $e(k)$ ve hatanın değışimi $de(k)$ için tanımlanan Üçgen yapıya sahip üyelik fonksiyonları



Şekil 4. Hata $e(k)$ ve hatanın değışimi $de(k)$ için tanımlanan Yamuk yapıya sahip üyelik fonksiyonları



Şekil 5. Hata $e(k)$ ve hatanın değışimi $de(k)$ için tanımlanan Gaussian yapıya sahip üyelik fonksiyonları

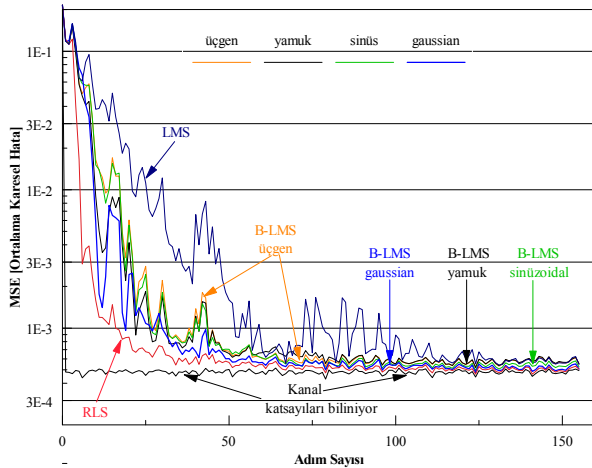
Yukarıdaki şekillerde gösterilen farklı yapıya sahip bulanık sayı fonksiyonlarının bulanık denetim üzerindeki etkileri, kanal kestirimi ve denkleştirmede kullanılan LMS algoritmasının adım büyüklüğünü değiştirmede kullanılarak OFDM sistemlerinde incelenmiştir.

3. Bilgisayar Benzetim Sonuçları

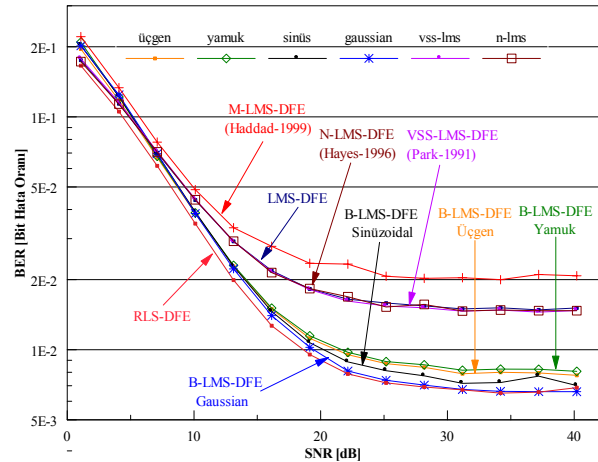
Bu çalışmada, Proakis kanal profili [4], ortalama dal ağırlık katsayıları (0.227, 0.460, 0.688, 0.460, 0.227) olan, 5 dallı Rayleigh kanal modeli ile 9 dallı ileri beslemeli süzgeç ve 4 dallı geribeslemeli süzgeçten oluşan kanal denkleştirici kullanılmıştır. Benzetimler HIPERLAN/2 standardı test platformu olarak kullanılarak her kanaldan 10 OFDM sembolü gönderilmek suretiyle 1000 kanal üzerinden karesel faz modülasyonlu sistemler için yapılmıştır. BMD tasarımında, hata için 3 ve hatanın değişimi için de 3 olmak üzere toplam 9 kurallı Sinüzoidal, Üçgen, Yamuk ve Gaussian biçimli üyelik fonksiyonları kullanılmıştır [3].

Şekil 6 incelendiğinde, BMD'de sinüzoidal, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonunu kullanan B-LMS algoritmaları LMS algoritmasını hızlandırarak RLS algoritması ile elde edilen başarımın bir miktar üzerinde kaldığı görülmektedir. Gaussian üyelik fonksiyonunu kullanan B-LMS algoritması ise LMS algoritmasını hızlandırarak RLS algoritması ile elde edilen başarıma yaklaşık 80 adım sayısı civarında yakınsamakta ve RLS ile birlikte kanal katsayılarının bilindiği durumda elde edilen başarıma daha çok yaklaşmaktadır.

Şekil 7 incelendiğinde, BMD'de sinüzoidal, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonunu kullanan önerilen B-LMS DFE (9-4) algoritmaları ile elde edilen BER başarımları LMS-DFE algoritmasından çok daha iyi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte gaussian üyelik fonksiyonunu kullanan B-LMS DFE algoritması LMS DFE algoritmasını iyileştirerek 20 dB'den sonra RLS DFE algoritması ile elde edilen başarıma yakınsamaktadır. M-LMS-DFE LMS'ten daha kötü bir başarıma sahip olup N-LMS ve VSS-LMS-DFE ise LMS ile yaklaşık aynı başarıma sahip olduğundan kayda değer değildir.



Şekil 6. OFDM sistemi için 25 dB'de LMS, RLS ve 4 farklı üyelik fonksiyonunu kullanan B-LMS algoritmaları ile kanal kestirimine ait MSE başarımları



Şekil 7. OFDM sisteminde LMS, RLS, M-LMS, N-LMS, VSS-LMS ve 4 farklı üyelik fonksiyonunu kullanan B-LMS-DFE (9-4) algoritmaları ile kanal denkleştirmeye ait elde edilen BER başarımları

4. Sonuçlar

Sonuçlar incelendiğinde daha fazla bulanıklığa sahip olan gaussian ve sinüs biçimli fonksiyonlarla elde edilen başarımların diğerlerine göre daha uygun olduğu anlaşılmaktadır. Yamuk ve üçgen biçimli fonksiyonlar benzer sonuçlar vermişlerdir. Bunun nedeni, her iki biçiminde yaklaşık aynı bulanıklığa sahip olmalarıdır. Ayrıca gaussian biçimli fonksiyonla en iyi sonuçların elde edildiği görülmektedir. Sonuç olarak, LMS algoritmasının yavaş yakınsama problemlerine bir çözüm olarak sunulan bulanık mantık esaslı denetleyici ile LMS algoritmasının adım büyüklüğü denetlenmiştir. Elde edilen bu yapı HIPERLAN/2 standardını kullanan OFDM sisteminde sistem başarımını doğrudan etkileyen zaman bölgesi kanal kestirimi ve denkleştirmesi için kullanılmıştır. Sonuçta LMS kadar basit RLS kadar güçlü bir algoritma elde edilmiştir.

5. Kaynaklar

- [1]. İ.H. Altaş, "The Importance of Fuzziness in Fuzzy Logic Controllers", Proceedings of 2nd International Simposium on Intelligent Manufacturing Systems, August 6-7 1998, sayfalar: 211-220.
- [2]. B. Soysal, "OFDM Tabanlı Kablosuz İletişim Sistemleri İçin Yüksek Başarım Alıcı Tasarımı", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, KTÜ, Trabzon, Ekim-2004.
- [3]. A. Özen, "Sayısal Haberleşme Kanallarında Hızlı Parametre Kestirim Yöntemleri İçin Bulanık Mantık Esaslı Bir Dış Çevrim Denetleyicisi İle Hız ve Başarım Artırımı", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, KTÜ, Trabzon, Temmuz-2005.
- [4]. John. G. Proakis, Digital Communications, Fourth Edition, McGraw Hill International Editions, 2001.