

Radyo Kanalı Yayınım Verilerindeki Bant İçi Girişimin Ayrık Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Bastırılması

Seda ÜSTÜN¹, Hülya GÖKALP²

^{1,2} Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kurupelit, Samsun
¹sedau@omu.edu.tr, ²hgokalp@omu.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Ayrık dalgacık dönüşümü, radyo kanalı yayını, bant içi girişim

ÖZET

Manchester kent merkezinde 1920-1980 MHz aralığında yapılan ölçümlerde bazı konumlarda bant içi girişim gözlemlendi. Bu girişim elde edilen yankı profillerinde gürültü tabanını yükselterek yankıların bulunamamasına, dolayısı ile değişkenlerinin hesaplanamamasına neden olur. Her biri değerli olan kanal verilerinin, radyo kanal özelliklerini belirleme amacıyla yapılan istatistiklerde kullanılabilmesi için, gürültüden arındırma yöntemlerine başvurulabilir. Bu çalışmada bant içi girişimin görüldüğü radyo kanalı yayını verilerini gürültüden arındırmak için ayrık dalgacık dönüşüm tekniği, farklı dalgacık çeşitleri için kullanılmış bunların arasında sinyali gürültüden arındırmada en etkili olanı seçilmiştir.

1.GİRİŞ

Sürekli dalga frekans modülasyonu kullanan radyo kanalı ölçüm cihazı ile Manchester kent merkezinde 1920-1980 MHz aralığında yapılan ölçümlerde birkaç yerde bant içi girişim gözlemlendi. Kimi konumlar için girişim seviyesi çok yüksekti ve elde edilen yankı profillerinde gürültü tabanını yükselterek sinyal gücü/gürültü gücü oranının (SGO) düşmesine neden oldu. Herhangi bir 5 MHz'lik bir bant için olan SGO, 25 dB den küçük olduğunda ise o ölçüm yeri için olan tüm veriler bu bant genişliği için olan kanal istatistiklerinden hariç tutuldu [1]. Bu girişime 3. kuşak sistemleri için olan yayın denemelerinin yol açtığı düşünülürdü. 2001 yılında yapılan bu ölçümlerde girişim sadece bir adet 5 MHz'lik bant içerisinde ve birkaç konumda gözlemlendi. Arazide ölçüm yapmanın zorluğu düşünüldüğünde aslında her ölçüm yerinden toplanan veriler değerlidir ve olabildiğince istatistiklere dahil edilmelidir. Ayrıca günümüzde aşırı geniş bantlar (500 MHz'den büyük) için radyo kanalı yayını ölçümleri gerekmektedir. Bu kadar geniş bir bantta ölçüm yapılıyorken istenirse de çoğu konumda (özellikle bina içlerinde) bant içi girişimin olması kaçınılmazdır. Bu nedenlerle algılayıcı çıkışındaki sinyali bant içi girişimin etkilerinden arındırmak önemlidir.

Sürekli dalga frekans modülasyonu kullanan kanal sonda sistemlerinde bant içi girişimin etkisini daha önce Shearman ve Ünsal incelemiştir [2] ve girişimin yankı profilindeki gürültü tabanını yükselttiğini bulmuşlardır. Gürültü tabanındaki bu yükselme, girişim yapan sinyalin gücü ve/veya girişimin bant genişliği arttıkça artmaktadır. Örneğin sinyal 60 MHz'lik bant için incelendiğinde girişimin etkisi görülmezken, 5 MHz'lik bir bant için girişim nedeniyle yankı profilindeki gürültü tabanı çok yükselebilmektedir. Bu sürekli dalga frekans modülasyonu kullanan sondalama sistemlerine özgü bir özelliktir. Artan bant genişliği ile sinyal işleme kazancı arttığından, girişimin etkisi azalmaktadır.

[3]'deki çalışmada dar bant için yapılan sinyal işlemlerde gürültünün etkisini azaltmak için 2 yol kullanılmıştır: 1)Girişimin olduğu frekans aralığında girişim seviyesinin kırılması. 2)Varsa girişim olmayan taramaların kullanılması. Bunlardan ilkinde girişim seviyesi azaltılırken, sinyal seviyesi de azaltılmış olur. İkincisinde ise ortalama yankı profili ve bu profilden çıkarılacak kanal değişkenleri (etkin yankı gecikmesi, yankı profili genişliği vb) elde edilse dahi kanalın zamanla değişen özellikleri izlenemez.

Sinyali gürültüden arındırmak için kullanılan geleneksel yöntemlerde, belirlenen bir kesim frekansından büyük bileşenleri zayıflatan süzgeçleme işlemi uygulanır. Bu yöntemle gürültünün büyük bir kısmı temizlenmesine rağmen gürültü, sinyalin frekans bandı içindeyse bu yöntem kullanışsızdır. Çünkü sinyal gürültüden arındırılırken sinyalde bilgi kaybı olmaktadır ve özellikleri zamanla değişen sinyallerin incelenmesinde iyi sonuçlar vermemektedir. Bu tür sinyallerin incelenmesi için uygun bir dönüşüm, hem frekans hem de zaman bilgisini taşıyan dalgacık dönüşümüdür.

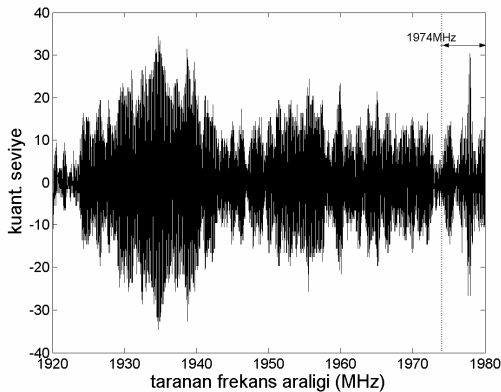
Dalgacık tabanlı gürültüden arındırma birçok uygulamada kullanılmıştır. Örneğin [4]'deki çalışmada gerçek ses sinyalleri üzerinde kayıt sırasında oluşan gürültünün bastırılması için ayrık

dalgacık dönüşüm tekniği kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sinyaldeki gürültü uygun eşik değerleri ile yok edilmiştir. Benzer şekilde [5]'deki çalışmada ses sinyallerini beyaz gürültüden arındırmak için, ayarlanmış standart dalgacık paketi gürültü arındırması önerilmiştir. Dalgacık teorisinin medikal alanında da yapılan birçok uygulaması vardır. Örneğin [6]'daki çalışmada ayrık dalgacık dönüşümü ile normal bir FKG-fonokardiogram (kalp seslerinin kaydedilmiş şekli) işaretinin gürültüden temizleme yöntem parametreleri incelenmiştir. Ayrık dalgacık dönüşümü ile sinyali gürültüden arındırmada en önemli faktörün ayrıştırma seviyesi olduğu belirlenmiştir. [7] çalışmasında ise EKG (elektrokardiogram) sinyali kaydedilirken, cep telefonundan meydana gelen gürültünün dalgacık analizi yöntemi ile süzülmesi incelenmiştir. Bu yöntem sayesinde EKG sinyalinin tüm özellikleri (zaman-frekans karakteristiği) ve süzgeçlenmiş gürültü gözlemlenmiş ve gürültünün süzülmesinde tatmin edici sonuçlar alınmıştır.

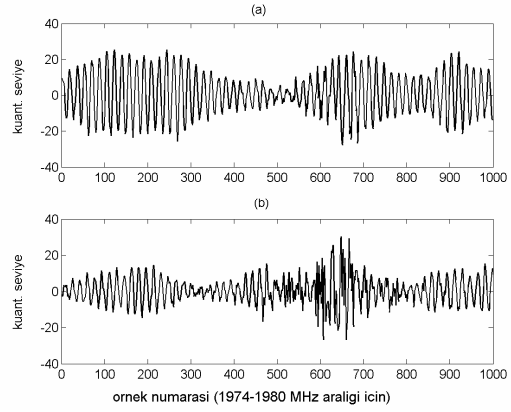
Bu çalışmada kanal sonda cihazının algılayıcı çıkışındaki girişimin etkisini azaltmak için dalgacık tabanlı gürültüden arındırma yöntemi kullanıldı. Yapılan incelemeler, dalgacık dönüşümünün radyo kanalı verilerinde bant içi girişimin bastırılmasında etkin olduğunu gösterdi.

2.ALGILAYICI ÇIKIŞ SİNYALİ

Şekil 1'de 60 MHz'lik bant için olan algılayıcı çıkış sinyali verilmiştir. Bu verilerde 1974 MHz-1980 MHz aralığında bant içi girişim görüldü. Bant içi girişimin olduğu ve bant içi girişimin olmadığı frekans aralığının yakınlştırılmış biçimi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2.a girişimin olmadığı 2 nolu tarama; şekil 2.b ise girişimin olduğu 33 nolu taramaya aittir. Bant içi girişimin yokluğunda algılayıcı çıkışı farklı frekanstaki sinüslerin toplamı biçimindedir. Şekil 2.b'den de görüleceği gibi girişim varken sinüs biçimli yapı bozulmuştur.



Şekil 1: 1920-1980 MHz tarama aralığı (zaman olarak: 0-10ms veya örnek numarası olarak: 1-10000) için algılayıcı çıkış sinyali.



Şekil 2: 1974-1980 MHz aralığı (toplam 1000 örnek) için algılayıcı çıkış sinyali: a) 2. tarama (girişim yok), b) 33. tarama (girişim var)

3.DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ

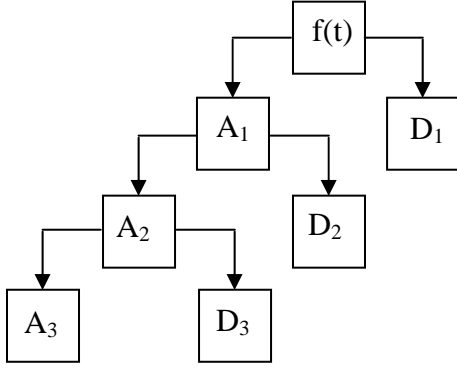
Dalgacık dönüşümü bir sinyal işleme tekniğidir. Tarihsel gelişim yönünden dalgacık analizi yeni kullanılmaya başlanmış bir yöntem olup, temeli Joseph Fourier'e kadar uzanmaktadır [8]. Bir sinyaldeki özelliklerin belirlenmesi için gerekli olan zaman ve frekans verilerini içermesi ve çoklu-çözünürlük analizine dayanması dalgacık kullanımının en önemli sebeplerindendir [9].

Dalgacık dönüşümü gürültü temizleme gibi işaret işleme uygulamalarında başarılı sonuçlar veren bir işaret dönüşüm tekniğidir [10].

Sinyal işleme için frekans ortamında yapılan süzgeçleme işlemi, Fourier Dönüşümü kullanılarak gerçekleştirilir. Fourier dönüşümünün en büyük dezavantajı sadece frekans verisinin olması, zaman bilgisini içermemesidir.

Dalgacık, bölümlenme (decomposition) tekniklerine dayanan sinyal işlemeden türetilmiştir. Dalgacık dönüşüm tekniğinin arkasındaki fikir sinyali çeşitli bölümlere ayırmak ve ayrı ayrı analiz etmektir. Bir sinyalin bu şekilde analiz edilmesi ile o sinyaldeki frekansların ne zaman ve nerede oluştuğuna dair daha fazla bilgi alınabileceği açıktır. Dalgacık dönüşümü zaman ve frekans gösterimini destekler [11].

Ayrık dalgacık dönüşümü, ilk kez Mallat'ın ortaya çıkardığı çoklu çözünürlüklü analiz temeline dayanır (MRA-multi resolution analysis) [12]. Çoklu çözünürlüklü analiz ile sinyal, farklı seviyedeki çözünürlüklü ayrıntı ve yaklaşım değerlerinin toplamı biçiminde ifade edilir.

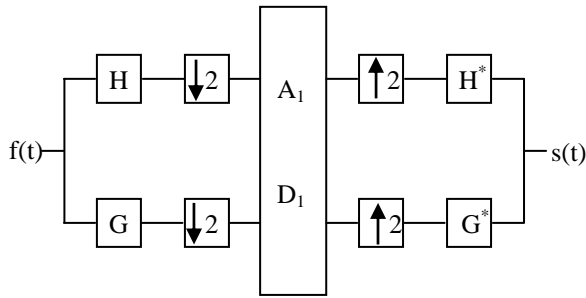


$$f(t)=A_1 + D_1=A_2+D_2+D_1=A_3+D_3+D_2+D_1$$

Şekil 3: f(t) sinyalinin ayrıştırılma ağacı. A₁ ve D₁ i.dereceden yaklaşım ve ayrıntı değerleri

Şekil 3’de f(t) sinyalinin ayrık dalgacık dönüşümü kullanılarak 3.seviye ayrıştırılması ile elde edilen yaklaşım (A₁, A₂, A₃) ve ayrıntı (D₁, D₂, D₃) değerleri verilmiştir. Yaklaşım değerleri sinyalin alçak frekanslı bileşenlerini, ayrıntı değerleri ise sinyalin yüksek frekanslı bileşenlerini göstermektedir. Her çoklu çözünürlüklü analiz aşamasında sinyal, alçak geçiren süzgeç (H) ve yüksek geçiren süzgeç (G)’ten geçmektedir. Bu süzgeçler dikgen ayna süzgeçleridir ve bunlar $HG^*=GH^*=0$ ve $H^*H+G^*G=I$; dikgenlik koşullarını sağlamaktadır. Burada I birim işlemcidir.

H ve G süzgeçleri, analiz süzgeçleri olup, H* ve G* ise sentez süzgeçleridir. H ve G süzgeç katsayıları dalgacık analiziyle ilgilidir [13]. Burada H ve G örnek seyreltme öncesinde kullanılan örtüşme önleyici süzgeçlere, H* ve G* ise tekrar elde etmede kullanılan ana değer bulma süzgeçlerine benzetilebilirler. f(t) sinyalinin analizi ve yaklaşım A₁(t) ve ayrıntı D₁(t) değerlerinin sentezi Şekil 4’de gösterildiği gibidir. Burada A₁(t), f(t)’deki yavaş değişimlerin; D₁(t) ise hızlı değişimlerin olduğu kısımlardır. Bunlar sinyalleri alt bantlara ayrıştırıp incelemede kullanılan düşük frekanslı ve yüksek frekanslı bileşenlere benzetilebilirler.



Şekil 4: Analiz süreci ve yaklaşım A₁ ve ayrıntı D₁ değerlerinin 1.seviye sentezi. (▼2 ve ▲2 simgeleri sırasıyla örnek sayısının yarıya indiğini ve iki katına çıktığını ifade eder).

Şekil 4’den de görüldüğü gibi ayrık dalgacık dönüşümü, sinyali farklı frekans bantlarında ve farklı çözünürlükte, işlenmemiş yaklaşım ve ayrıntı değerlerinin bilgilerini ayrıştırarak, analiz eder. Yaklaşım değerleri, sinyal alçak frekans H süzgecinden geçtikten sonra elde edilir ki bu süzgeç yüksek frekans bileşenlerini bastırır. Bu aşamada çözünürlük yarıya iner ancak ölçek aynı kalır. Yani sinyaldeki örnek sayısı yarıya inmiş olur. Böylece gereksiz örnekler kaldırılmış olur. Bu işlem çözünürlüğe etki etmez ancak ölçeği etkiler. Benzer biçimde ayrıntı değerleri da yüksek geçiren süzgeç G’ den geçerek elde edilir. Bu işlemler 1.seviye ayrıştırma işlemidir. Her seviyede yaklaşım değerlerine aynı işlemler uygulanır. Elde edilen katsayılar, sinyali işlemede kullanılır [14].

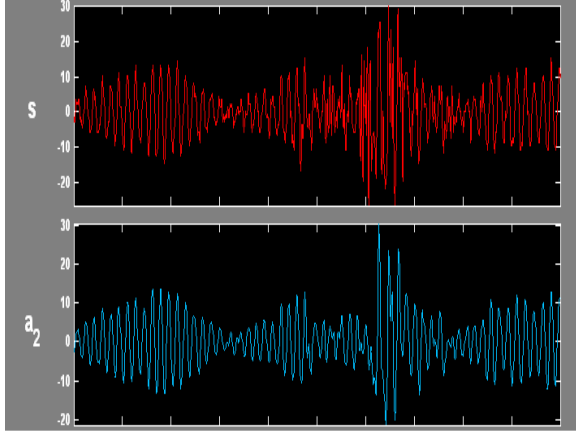
Daubechies ayrık dönüşümü ise temel ayrık dalgacık dönüşümlerinden biridir. A alçak frekanslı sinyal bileşeni ve D yüksek frekanslı sinyal bileşeni olmak üzere, f sinyali aşağıdaki şekilde hesaplanır [8].

$$f = A_m + D_m + D_{m-1} + \dots + D_2 + D_1 \quad (1)$$

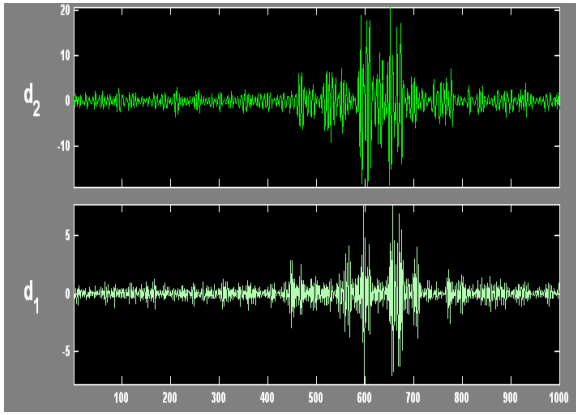
4.GÜRÜLTÜDEN ARINDIRMA

Bu çalışmada bant içi girişimin görüldüğü verileri gürültüden arındırmak için ‘Ayrık Dalgacık Dönüşümü’ kullanıldı. Elde edilen veriler Daubechies, Coiflets, Symlets ve Biorthogonal dalgacık çeşitleri kullanılarak, ayrık dalgacık dönüşümü ile 3.dereceden alçak ve yüksek frekans bileşenlerine ayrıldı. Sonuçlar incelendiğinde db10 ve db7 dalgacık çeşitlerinin, bior1.5, bior3.7, bior5.5, bior6.8, coif1, coif2, coif3, coif4, coif5, sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8 ve db1, db2, db3, db4, db5, db6, db8 dalgacık türlerine göre sinyali gürültüden arındırmada daha etkili olduğu tespit edildi. db10 dalgacık çeşidini kullanarak 3.seviyeye kadar yaptığımız analiz ve sentezlerin sonucunda ise 2.seviyenin, sinyali gürültüden arındırmada en etkili yol olduğu gözlemlendi. Bu, sinyal enerjisinin bulunduğu frekans aralığı ile ilgilidir. 1.derecede yapılan işlemlerde gürültünün yeterince azalmadığı, 3.dereceden yapılan analiz ve sentezde ise gerçek sinyalde bilgi kayıplarının olduğu tespit edildi.

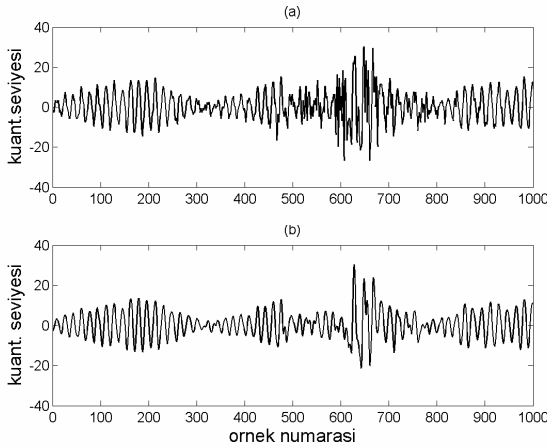
Aşağıda verilen şekillerde yukarıda anlatılan işlemlerin uygulanması sonucunda elde edilen sonuçlar ve bahsedilen alçak frekans bileşenleri (Şekil5) ve yüksek frekans bileşenleri (Şekil 6) görülmektedir. Şekil 7’de ise gürültülü verinin aslı ve gürültüden arındırılmış hali verilmiştir.



Şekil 5: Veri ve 2.dereceden alçak frekans bileşeni



Şekil 6: Veri için yüksek frekans bileşenleri



Şekil 7: Asıl gürültülü veri (a) ve gürültüsü bastırılmış verinin (b) karşılaştırılması

5.VARGILAR

Daubechies ayrık dalgacık dönüşümü kullanılarak yapılan süzgeçleme ile bant içi girişimin görüldüğü veriler gürültüden arındırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, gürültünün bastırılmasında dikkat edilmesi gereken en önemli noktanın sinyal seviyesinin çok fazla düşmemesi gerektiğini gösterdi.

6. KAYNAKÇA

- [1] Gokalp, H., "Characterisation of UMTS FDD Channels", Doktora tezi, UMIST, İngiltere, 2001.
- [2] Shearman, E.D.R., ve Unsal, R.R., "Compatibility of high frequency radar remote sensing with communications", Proc. Of the international conf. On 'Radio spectrum conservation techniques', IEE, London, Temmuz 1980.
- [3] Salous, S., "Measurement of Multipath Delay Statistics Over 72-90 MHz Bandwidth at 1.8 GHz in Two European Cities Using a Chirp Sounder.", Radio Science, vol.34, no.4, pp.797-816, July-August, 1999.
- [4] Akyol, E., Erzin, E., Tekalp, A.M., "Uyarlanabilir Gürültü Temizleme İle Dayanıklı Ses Tanıma ", Signal Processing and Communications Applications Conference, pp.407-409, 2004.
- [5] Çolak, Ö.H., Özen, Ş., Teşneli, A., Çerezci, O., "Ayrık Waveler Kullanılarak Ses sinyallerinde Kayıt Sırasında Oluşan Gürültünün Minimize Edilmesi", URSI-Türkiye'2004, Ankara, 2004.
- [6] Ergen, B., Tatar, Y., Gülçür, H.Ö., "Kalp Seslerinin Gürültüden Temizlenmesi Üzerine Dalgacık Dönüşümü Karşılaştırması", Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT 2005, İstanbul-Türkiye, 2005.
- [7] Coşkun, Ö., Çömlekçi, S., "Wavelet Teorisinin Medikal Alana Uygulanması Üzerine Bir Ön Çalışma", Akademik Bilişim 2007, Kütahya, 2007.
- [8] Mintzer, F., Filters for Distortion-free Two-band Multirate Filter Banks, IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Proc. 33(3):pp.626-630,1985.
- [9] Goceri, E. and Boyen, H. (2005) "Wavelets", Xios Hogeschool Bölüm Seminerleri, Hasselt, 48s.
- [10] Donoho, D. L.,Johnston I. M., "Ideal Spatial Ahnstonaptation via Wavelet Shrinkage" ,*Biometrika*, Vol. 81, pp-425-455, 1994.
- [11] Geert Uytterhoeven, "Wavelets: Software and Application", Phd Thesis, Department of Computer Science, K.U.Leuven, Belgium,1999.
- [12] Mallat S., "A theory of multiresolution signal decomposition: The wavelet representation", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel., pp.674-693, 1989.
- [13] Roman W., "Determination of P phase arrival in low amplitude seismic signals from coal-Mines with wavelets", KBN grant No.8TC10C02921.Poland, 2000.
- [14] M. Misiti, Y. Misiti, G. Oppenheim, and J.M.Poggi, Wavelet Toolbox for Use with MATLAB, The Math Works,Inc.,2002.