

Uzaktan Algılanan Düşük Frekanslı Sinyallerin Gürültülerinin Giderilmesinde Dalgacık Dönüşümü Ailelerinin Performanslarının İncelenmesi Ve Karşılaştırılması

Murat CANYILMAZ¹, Mustafa TÜRK² ve Esat GÜZEL¹

¹Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 23119, Elazığ, TÜRKİYE

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ, TÜRKİYE
mcanyilmaz@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 22.01.2016; Kabul/Accepted: 08.03.2016)

Özet

Bu çalışmada, dalgacık dönüşümünün çok çözünürlük analizi ile alt iyonkürede oluşan olayları tespit etmek amacıyla kullanılan uzaktan algılanan VLF sinyallerinde oluşan ani değişimlerindeki gürültülerin giderilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 102 farklı dalgacık ailesi incelenerek PSNR değerleri ile en uygun sonuç ya da sonuçların bulunmasına çalışılmıştır. Sonuçlar hem tablolar hem de gürültüsü giderilmiş VLF sinyalleri ile gösterilmiştir.

Anahtar sözcükler. Gürültü, Dalgacık aileleri, VLF sinyalleri

Performance Analysis And Comparison of Wavelet Families For The Elimination Of Noise at Remote Sensing Very Low Frequency Signals

Abstract

In this study, the elimination of the noise from the sudden changes occurred in the remote sensing VLF signals that used to detect events at the subionosphere was carried out with multi-resolution analysis of wavelet transform. For this purpose, the PSNR values of the 102 different wavelet family examined and have tried to find the best results and outcomes. The results are shown in both tables and denoised VLF signals.

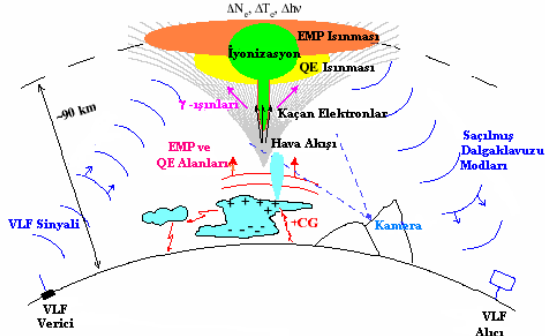
Keywords: Noise, Wavelet families, VLF signals

1. Giriş

VLF sinyalleri (3-30 kHz) Yer yüzeyi ile atmosferin iyonlaşmış bölgesinin alt sınırı (alt iyonküre) arasındaki küresel dalga kılavuzunda yayılırlar. VLF sinyallerinin özellikleri, alt iyonkürede oluşan bölgesel karışıklıkların konumlarını ve geçici yapılarını açıklamada kullanılır [1]. Bu teknik VLF Uzaktan Algılama (VLF Remote Sensing) olarak isimlendirilir. Bu

karışıklıklar genellikle VLF sinyalinin genliğinde ve fazında ani değişimlerle ve tekrar sinyalin eski haline gelmesi için bir geri dönüşüm süresiyle tespit edilirler. VLF teknikleri kullanılarak D bölgesindeki süreçleri kapsayan birçok çalışma yapılmıştır. Bunlar; güneş patlamaları, meteor yağmurları, nükleer patlamalar, uzaysal gamma ışın patlamaları, Dünya'nın radyasyon kuşaklarındaki yüksek enerjili elektronların orta enlemlerden

iyonküreye gece girişi, Auroral bölgelerdeki enerjili elektronları iyonküreye girişi, yıldırımların VLF yayılımına etkileridir [2-6]. Şekil 1’de Yer-İyonküre dalga klavuzu, D bölgesindeki elektron yoğunluğu (N_e) değişimini ve VLF yayılımını etkileyen karışıklıklar şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Yer-İyonküre Dalga klavuzu, D bölgesindeki N_e değişimini ve VLF yayılımını etkileyen karışıklıkların gösterimi [7]

Dalgacık (Wavelet) dönüşümü yaklaşık 20 – 25 sene önce matematikçiler tarafından ortaya atılmış bir sinyal işleme tekniğidir. Tarihsel gelişim yönünden dalgacık analizi yeni kullanılmaya başlanmış bir yöntem olup, temeli Joseph Fourier’e kadar uzanmaktadır. Fourier dönüşümünün tersine, dalgacık dönüşümü ile her bir zaman aralığında sinyalin hem alçak hem de yüksek frekans bileşenlerini hesaplamak mümkündür. Bu yöntemle frekansı zamanla değişen sistemlerin analizi ve geçici durum analizleri oldukça hassas bir şekilde yapılmaktadır [9].

Dalgacık serileri birçok farklı alana uygulanabilen bir yöntem olup, bunlar arasında uygulamalı matematik, sinyal işleme teknikleri, ses ve görüntü sıkıştırma teknikleri başta gelmektedir. Dalgacıklar ilk olarak Haar dalgacık olarak adlandırılan Haar’ın tezinin ekler kısmında görülmüştür. Haar dalgacıklar bazı sınırlı uygulamalar için geçerli olup, bilinen en basit ve en eski dalgacık fonksiyonudur. 1977’lerde Esteban ve Galand yeni bir süzgeç kavramını ortaya attı ancak bu yolla ana sinyalin yeniden elde edilmesinde hata çok yüksekti [10]. Dalgacık terimi ilk kez 1984’de Morlet ve Grossman tarafından kuantum fiziği çalışmalarında kullanıldı. 1987’de Mallat

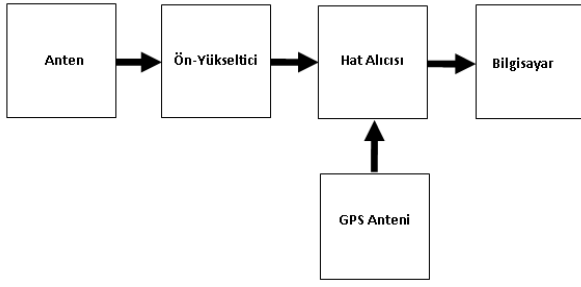
dalgacık ve süzgeç grupları arasındaki ilişkiyi ortaya çıkardı. Meyer kendi adıyla anılan ilk dalgacıkları ortaya attı. Bu Haar dalgacıklarının aksine, sürekli uygulamalarda kullanılabilen bir fonksiyon idi. Yıllar geçtikçe, Ingrid Daubechies bir takım dik tabanlı dalgacık serilerini ortaya atarak günümüzdeki birçok uygulamaya temel teşkil etmiştir. Tanım olarak, bir dalgacık, ortalama değeri sıfır olan ve zamanla sınırlı bir dalga şeklindedir. Zaman ekseninde kaydırma ve ölçekleme parametreleri dalgacıkların temelini oluşturmaktadır [11].

Fourier serilerinin temel fonksiyonları sinüs ve kosinüs ifadelerinden meydana gelmektedir. Buna karşın çok sayıda dalgacık fonksiyonları vardır. Dalgacık dönüşümü değişik uzunluktaki bölgeleri kapsayan pencereleri içeren yeni bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır [11].

Bu çalışmada bir VLF sinyalinde meydana gelen gürültünün Dalgacık analizi yöntemi ile süzülmesi incelenmiş ve farklı tipteki dalgacık ailelerinin sinyal üzerindeki etkileşimleri gözlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 102 tane farklı dalgacık ailesi ile gürültüler azaltılmaya çalışılmış ve PSNR (Peak of Signal to Noise Ratio) değerleri ile bir performans değerlendirmesi yapılmıştır.

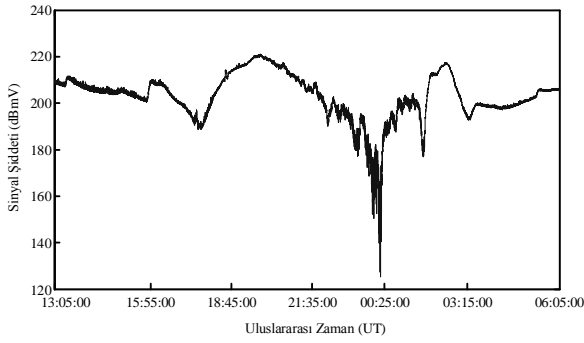
2. Materyal ve Metot

VLF alıcı sistemi Fırat Üniversitesi Fen Fakültesinde (38.40° N; 39.12° E) TÜBİTAK104E-005 destekli proje ile kurulmuştur. VLF Alıcı Sistemi Şekil 2’de görüldüğü gibi Anten, Ön Yükseltici (preamplifier), Hat Alıcısı (LineReceiver), Küresel Konum Sistemi (GPS) Anteni ve bilgisayardan oluşmaktadır. Antende elektromanyetik alan değişimlerinden elektriksel sinyaller oluşur. Ön Yükseltici sinyali fazla gürültü içermeden yükseltir ve Hat Alıcısına gönderir. Hat Alıcısı sinyali filtreler ve datayı GPS zaman sinyaliyle senkronize bir şekilde işler ve bunların hepsi bilgisayara gönderilir. Bilgisayardaki yazılım kullanılarak sinyal ve zaman kaydedilir.



Şekil 2. VLF alıcı sistemi blok diyagramı

Dünya'nın birçok yerinde farklı amaçlarla kurulu olan VLF vericileri bulunmaktadır. Bu çalışmada Fransa, Le Blanc'ta (46.7⁰ N; 1.26⁰ E) bulunan frekansı 18.3 KHz ve çağrı kodu HWU olan vericiye ait 07 Temmuz 2005 tarihli VLF sinyali kullanılmış ve bu sinyalin günlük değişimi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: 07 Temmuz 2005 tarihli HWU vericisine ait günlük VLF sinyali

3. Bulgular

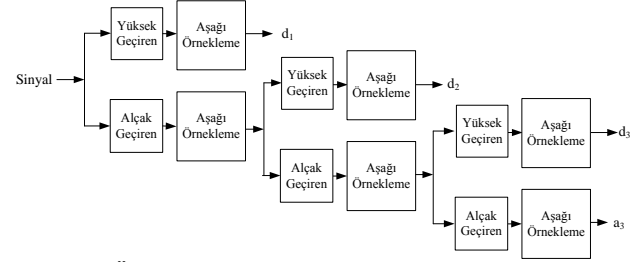
Dalgacık dönüşümü, sinyallerin ve görüntülerin farklı çözünürlük ve ölçeklerde karakterize edilmesini sağlayan oldukça güçlü bir dönüşüm algoritmasıdır. Herhangi bir fonksiyonun dalgacık dönüşümü Denklem (1)'de verildiği gibi elde edilir.

$$WT(a,b) = \langle f(x), \Psi_{a,b}(x) \rangle = |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\Psi\left(\frac{x-b}{a}\right)} dx \quad (1)$$

Burada, $\Psi_{a,b} = |a|^{-\frac{1}{2}} \Psi((x-b)/a)$, ana dalgacık fonksiyonu olarak adlandırılan, $\Psi(x)$, dalgacık fonksiyonu olup a ölçek, b kaydırma faktörü ve $\overline{\quad}$ ise kompleks eşlenek fonksiyonunu tanımlamaktadır. Ayrıca, Denklem

(2)'de verilen kabul edilebilirlik şartının da sağlanması gerekmektedir.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(x) dx = 0 \quad (2)$$



Şekil 4. Üç seviyeli dalgacık ayrıştırma ağacı

PSNR değerleri gürültüsü ayrıştırılmış sinyallerin kalitesini belirlemek için kullanılır. En iyi performans en yüksek PSNR değerlerinde elde edilir. PSNR ifadesi Denklem (4)'te verildiği gibi elde edilir.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f_i - \hat{f}_i)^2 \quad (3)$$

$$PSNR(f, \hat{f}) = 10 \log \frac{\max(f, \hat{f})^2}{MSE} \quad (4)$$

Burada ortalama karesel hata (MSE; Mean Squared error), f orijinal sinyalin dalgacık sabiti ve \hat{f} ise gürültüsü ayrıştırılmış sinyalin dalgacık sabitidir.

Bu çalışmada, dalgacık dönüşümü için kullanılan çok çözünürlük dalgacık analizinde işaretler en fazla üçüncü seviyeden ayrıştırılmıştır. Seviye arttıkça işaretle bazı önemli bilgilerin kaybolduğu görülmüştür [atıf radio science]. Burada, Tablo 1-5'te görüldüğü üzere Symlets, Daubechies, Biorthogonal, Reverse Biorthogonal, Coiflets, ve Meyer dalgacık aileleri ele alınmıştır. Her bir dalgacık ailesiyle dalgacık dönüşümü kullanılarak VLF sinyali ayrıştırılmıştır ve PSNR değerleri hesaplanmıştır.

Uzaktan Algılanan Düşük Frekanslı Sinyallerin Gürültülerinin Giderilmesinde Dalgacık Dönüşümü Ailelerinin Performanslarının İncelenmesi Ve Karşılaştırılması

Tablo 1: Symlet Dalgacık Ailesi

SYMLETS					
	PSNR		PSNR		PSNR
Sym2	48,3603	Sym13	48,3679	Sym24	48,3220
Sym3	48,0327	Sym14	48,2192	Sym25	48,2000
Sym4	48,0899	Sym15	48,2441	Sym26	48,2747
Sym5	48,3484	Sym16	48,3494	Sym27	48,2983
Sym6	48,1794	Sym17	48,1869	Sym28	48,2007
Sym7	48,3408	Sym18	48,3060	Sym29	48,3124
Sym8	48,3856	Sym19	48,2650	Sym30	48,2282
Sym9	48,2256	Sym20	48,1915	Sym31	48,2172
Sym10	48,3646	Sym21	48,3316	Sym32	48,3099
Sym11	48,3096	Sym22	48,2210	Sym33	48,2088
Sym12	48,1634	Sym23	48,2544	Sym34	48,2567

Tablo 2: Daubechies Dalgacık Ailesi

Daubechies					
	PSNR		PSNR		PSNR
db02	48,3603	db13	48,3311	db24	48,2965
db03	48,0327	db14	48,1897	db25	48,2073
db04	48,4890	db15	48,3589	db26	48,3259
db05	48,1205	db16	48,1723	db27	48,1867
db06	48,4136	db17	48,3600	db28	48,3331
db07	48,1643	db18	48,1803	db29	48,1897
db08	48,3620	db19	48,3359	db30	48,3161
db09	48,2254	db20	48,2108	db31	48,2143
db10	48,2899	db21	48,2940	db32	48,2813
db11	48,2836	db22	48,2537	db33	48,2516
db12	48,2318	db23	48,2466	db34	48,2406

Tablo3: Biorthogonal Dalgacık Ailesi

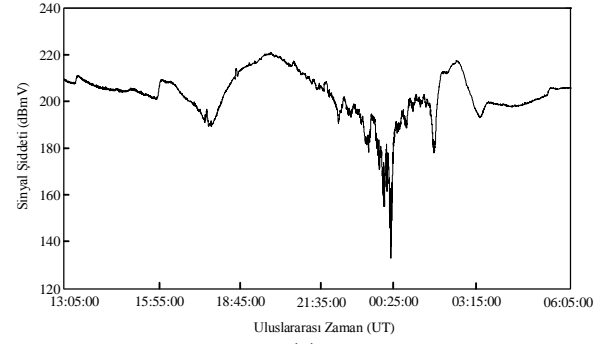
Biorthogonal			
	PSNR		PSNR
bior1.1	47,9128	bior3.1	46,4770
bior1.3	47,9679	bior3.3	48,1285
bior1.5	48,2294	bior3.5	48,2925
bior2.2	48,1232	bior3.7	48,1460
bior2.4	48,0750	bior3.9	48,1730
bior2.6	48,3674	bior4.4	48,1069
bior2.8	48,4202	bior5.5	48,1483
		bior6.8	48,3987

Tablo4: Reverse Biorthogonal Dalgacık Ailesi

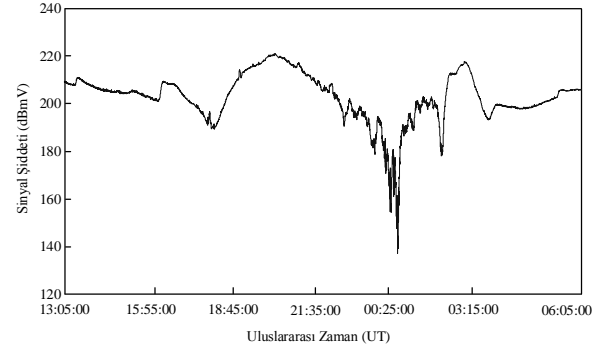
Reverse Biorthogonal			
	PSNR		PSNR
rbio1.1	47,9128	rbio3.1	44,0103
rbio1.3	48,1940	rbio3.3	47,7206
rbio1.5	48,3879	rbio3.5	48,3801
rbio2.2	47,9408	rbio3.7	48,1285
rbio2.4	48,0254	rbio3.9	48,1438
rbio2.6	48,3847	rbio4.4	48,0416
rbio2.8	48,4293	rbio5.5	48,1828
		rbio6.8	48,4244

Tablo5: Coiflets ve Meyer Dalgacık Aileleri

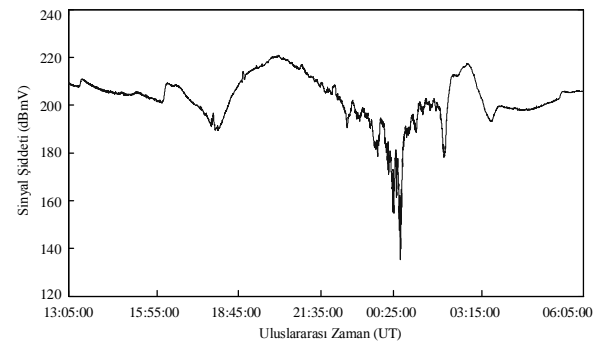
Coiflets		Meyer	
	PSNR		PSNR
Coif1	48,1059	dmey	48,2132
Coif2	48,4088		
Coif3	48,1849		
Coif4	48,3591		
Coif5	48,1980		



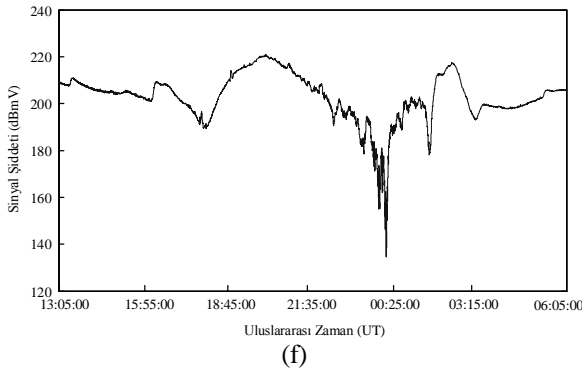
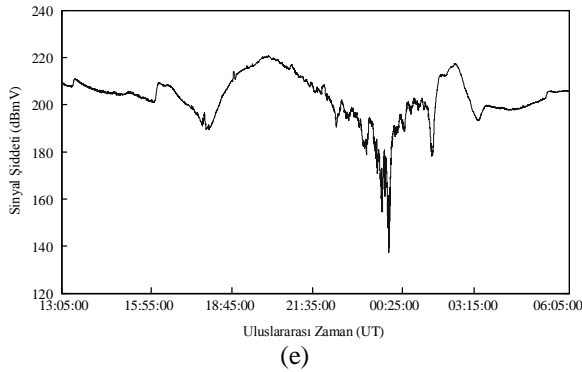
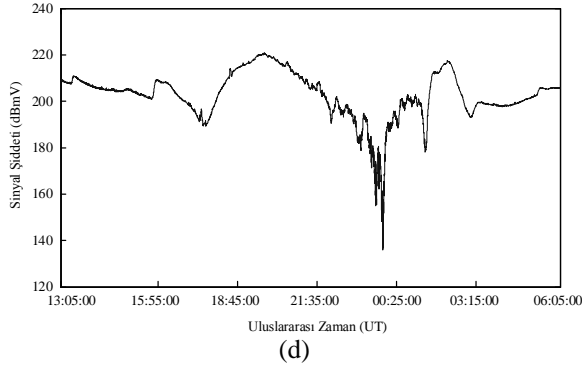
(a)



(b)



(c)



Şekil 5. En iyi sonucu veren dalgacık ailelerinin test verisi üzerindeki etkileri. (a) Biortogonal2.8 (b) Coiflet2.0 (c) Daubechies4 (d) Discrete Meyer (e) Symlet8 (f) Reverse Biortogonal2.8

4. Tartışma

Bu çalışmada, VLF sinyallerdeki düzensizlik olarak nitelendirilen ve incelenmesi zorlaştıran gürültülerden arındırılabilmesi için 102 farklı dalgacık ailesinin performansları PSNR değerlerine bağlı olarak sayısal ve görsel şekilde incelenmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Daha önceki çalışmalarda [8] sonuçlara dayanarak en uygun dalgacık ayırıştırma seviyesinin üçüncü seviye olması, sinyal içerisinde anlamlı olan ve bazı atmosferik

olayların incelenmesine izin veren bulguların kaybolmaması için gerekli üst seviyedir. Daha üst seviyelerden analiz yapmak somut olarak daha iyi sonuçlar vermiş gibi görünmekle beraber işaretin doğası bozulmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgular Tablo 1-5 yardımıyla incelendiğinde, hem dalgacık ailelerinin kendi aralarında hem de bir birleri arasında en uygun ailenin bulunmasına olanak verir. Bu bağlamda, çok düşük frekanslı uzaktan algılanan bu tip sinyaller için en uygun dalgacık ailesinin Daubechies4 olduğu bu çalışma ile görülmüştür.

6. Kaynaklar

1. Wait, J.R., 1964, "The relation between VLF propagation and D-layer characteristics", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 239-240.
2. Johnson, M.P., 2000, "VLF Imaging of Lightning-Induced Ionospheric Disturbances" Phd Thesis, Stanford University, Stanford.
3. Bostrom, C.O., Williams, D.J., 1998, "The space environment" APL Technical Digest, 19(1)1, 43-52.
4. Cummer, S.A., Bell, T.F., Inan, U.S., Chenette, D.L., 1997, "VLF remote sensing of high energy auroral particle precipitation" J. Geophys. Research, 102, A4, 7477-7484.
5. Inan, U.S., Lehtinen N.G., Lev-Tov S.J., Johnson M.P., Bell, T.F., Hurley K., 1999, "Ionization of lower ionosphere by gamma rays from a magnetar: Detection of a low energy (3-10 keV) component" Geophysical Research Letters, 26(22), 3357-3360.
6. Cummer, S.A., 1997, "Lightning and ionospheric remote sensing using VLF/ELF radio atmospherics" Phd Thesis, Stanford University, Stanford.
7. Inan U. S., Schafer D. C., Yip W. Y., Orville R. E., 1988, "Subionospheric VLF signatures of nighttime D region perturbations in the vicinity of lightning discharges" J.Geophysical Research, 93, A10, 11455-11472.
8. E. Güzel, M. Canyılmaz and M. Türk, 2011, "Application of Wavelet-Based Denoising Techniques to Remote Sensing Very Low Frequency Signals", Radio Science, 46, RS2013, 9 pp.
9. Mallat S.G., 1998, "A wavelet tour of signal processing", Academic, San Diego, CA.
10. Esteban D. Galand C, 1977, "Application of quadrature mirror filters to split-band voice coding schemes", Proc. Of the IEEE Conf., 191-195.
11. Grossmann, A. and Morlet, J., 1984, "Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape", SIAM J. Math. Anal. 15, 723-736