Uzaktan Algılanan VLF Sinyallerindeki Düzensizliklerin Sayısal Filtre Yöntemleri ile Giderilmesi

Duygu KAYA, Mustafa TÜRK, Murat CANYILMAZ*, Esat GÜZEL*
Fırat Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Elazığ
dgur@firat.edu.tr, mturk@firat.edu.tr

*Fırat Üniversitesi
Fen Fakültesi Fizik Bölümü
Elazığ
mcanyilmaz@firat.edu.tr, eguzel@firat.edu.tr

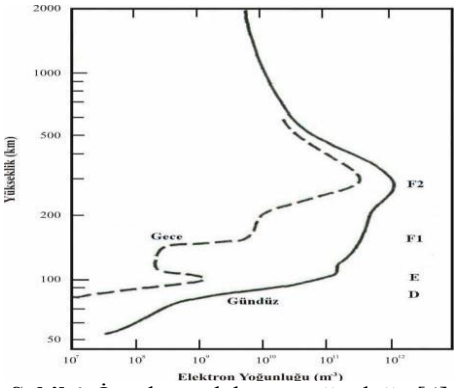
Özet: *VLF sinyallerindeki yüksek frekanslı bileşenlerin oluşturduğu gürültüleri bastırmak için dönüşüm tabanlı yöntemler ve filtreleme tabanlı yöntemler kullanılabilir. Bu çalışmada, VLF sinyallerinin doğasını bozmadan, E/F ve LEP olaylarının VLF sinyallerine olan etkisini incelemek amacıyla filtreleme tabanlı yöntemlerden tekrarsız (Sonlu İmpuls Tepkili) FIR Filtre kullanılarak, VLF sinyallerinin iyonosferde maruz kaldığı gürültüleri bastırma hedeflenmiştir. Bu çalışmada, Fırat Üniversitesinde kurulu VLF Alıcı Sistemi ile Avrupa'da bulunan dört verici istasyonundan alınan VLF sinyalleri kullanılmıştır.*

Abstract: *Transformation and filtering based methods can be used. to denoise high frequency component in the VLF signals. In this study, without disturbing the VLF signals nature, E / F and LEP events in order to examine the effects on the VLF signal repetition (Finite Impulse Response) FIR Filter used and aimed to suppress noise exposure VLF signals in the ionosphere. In this study, VLF signal which received from established in Fırat University VLF Receiver System with in Europe four transmitter station used.*

1. Giriş

Atmosfer, içerisinde birçok gaz bulunduran, her tabakadaki sıcaklık, basınç, nem değeri ve içinde meydana gelen olaylar birbirinden farklılık gösteren bir hava tabakasıdır. Atmosfer tabakalarının her birinin, insanların ve yeryüzündeki canlıların hayatı açısından çok önemli vazifeleri olmakla birlikte bu çalışmada önemli olan tabaka, radyo dalgalarının yeryüzünde yayılmasında yansıtıcı perde görevi görmesini sağlayan iyonosfer tabakasıdır.
İyonküre, yaklaşık olarak 50 km'den başlayıp ve He^{+} ve H^{+} iyonlarının oluşturduğu yüksekliğe kadar devam ettiği kabul edilmektedir.

İyonküre, iyonizasyona bağlı olarak değişen tabakalardan oluşmaktadır. İyonizasyon, güneş ışınlarından gelen radyasyon sonucuyla iyonosferdeki atomların elektronlarını kaybedip ve elektriksel olarak yüklü parçacıklar hâline gelmesiyle oluşan bir süreçtir [1]. Bu tabakalar D, E, F bölgeleri olarak isimlendirilen farklı seviyelerde iyonlaşmış tabakalardan oluşur [2]. Bu bölgeler içerisindeki F bölgesi kendi içerisinde farklı özellikler gösteren F1 ve F2 bölgelerine ayrılır. Gün içerisinde bu tabakalar farklı karakteristikler göstermektedir. Gündüzleri D, E, F1, F2 katmanlarının tamamı bulunurken, güneşin olmadığı geceleri D katmanı tamamen kaybolur, E katmanı zayıflar, F1 ve F2 katmanları da birleşerek tek F katmanlarına dönüşür.
Elektron yoğunluğu, iyonküre yapısını belirleyen önemli bir parametredir [3]. Güneşten gelen ışınların atmosfer tarafında emilmesi, sıcaklık değişimine neden olacağından dolayı bu sıcaklık değişimi de moleküllerin iyonlaşmasına ve elektronların serbest kalmasına neden olacaktır. İyonkürede üst katmanlara doğru çıkıldıkça elektron kütlesinin hafif olmasından dolayı elektron yoğunluğu artacağından, elektron yoğunluğu en fazla F2 bölgesinde bulunmaktadır. Şekil 1'de iyonküre elektron yoğunluğunun yüksekliğe bağlı olarak değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1. İyonküre elektron yoğunluğu [4]

3-30 kHz frekans aralığına sahip çok düşük frekanslı (VLF) sinyalleri, atmosferin iyonize olmuş en alt tabakası (D bölgesi) ile dünya yüzeyi arasında şekillenen ve uzak mesafelere kolaylıkla yayılabilen radyo dalgalarıdır [5]. Bu sinyallerin genlik ve fazları, sinyalin ulaştığı noktadaki iyonosferin elektriksel iletkenliğine bağlı olarak ani değişiklik gösterir. VLF incelemeleri, iyonosferin D bölgesindeki iyonosferik düzensizliklerin irdelenmesinde önem teşkil etmektedir. Olumlu şartlar altında VLF sinyallerinin özellikleri, alt iyonküredeki bölgesel düzensizliklerin geçici yapılarını belirlemede kullanılabilir [4,6]. Bu teknik, VLF Uzaktan Algılama (VLF Remote Sensing) olarak isimlendirilir. VLF teknikleri kullanılarak, D bölgesindeki süreçleri kapsayan birçok çalışma yapılmıştır.

Yıldırım etkili VLF olayları, Erken/Hızlı (Early/Fast) ve LEP (Lightning-induced Electron Precipitation) olaylarıdır. Erken/Hızlı VLF olayları, alt iyonkürenin iletkenliği üzerindeki bir yıldırım deşarjının doğrudan etkisi sonucunda oluşurken, LEP olayı ise yıldırımın alt iyonküredeki iletkenlik üzerinde dolaylı etkisi sonucunda ortaya çıkar. Yani iyonosferin iletkenliğinin değişken olmasının dolaylı bir sonucudur. LEP olayı bir yıldırım boşalması ile birlikte birkaç yüz ms saniyeden 1 sn'ye kadar sürebilen başlangıç gecikmesi, 0.5-1.5 sn arası sürebilen başlama süresi ve 10-100 sn bir geri dönüşüm periyodu gösterir [7].
LEP olayları, iyonosferin en alt kısmındaki düşük frekanslı sinyallerin genlik ve fazlarında tedirginliğe sebep olur. LEP olaylarını, erken/hızlı boşalma olaylarından ayıran özellik başlangıç gecikmesi ile başlama süresinin olması ve sinyalin önceki haline ulaşabilmesi daha yavaş gerçekleşir.

LEP olaylarının, fiziksel mekanizması magnetosferik dalga-parçacık etkileşimini kapsar. Yıldırım boşalması ile oluşan enerjinin bir bölümü magnetosferde ıslık dalgaları (whistler) şeklinde yayılır. Bu dalgalar yerin radyasyon kuşağındaki tuzaklanmış elektronlarla etkileşir ve eğim açılarını değiştirir. Kayıp konisine yakın elektronların alt iyonküreye yağmasına sebep olur. Bu yağan yüksek enerjili elektronlar ikincil iyonlaşmaya sebep olurlar [8]. Bu çalışmada, VLF sinyallerinin doğasını bozmadan, E/F ve LEP olaylarının VLF sinyallerine olan etkisini incelemek amacıyla filtreleme tabanlı yöntemlerden tekrarsız (Sonlu İmpuls Tepkili) FIR Filtre kullanılmıştır. VLF sinyallerinin iyonosferde maruz kaldığı gürültüleri bastırılarak, pencereleme yöntemiyle yıldırım etkili olayların oluşum anı tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, Fırat Üniversitesinde kurulu VLF Alıcı Sistemi ile Avrupa'da bulunan dört verici istasyonundan alınan VLF sinyalleri kullanılmıştır. Veri, gürültülü ve süreksizlik kabul edilebilecek ani değişimlere sahiptir [9,10].

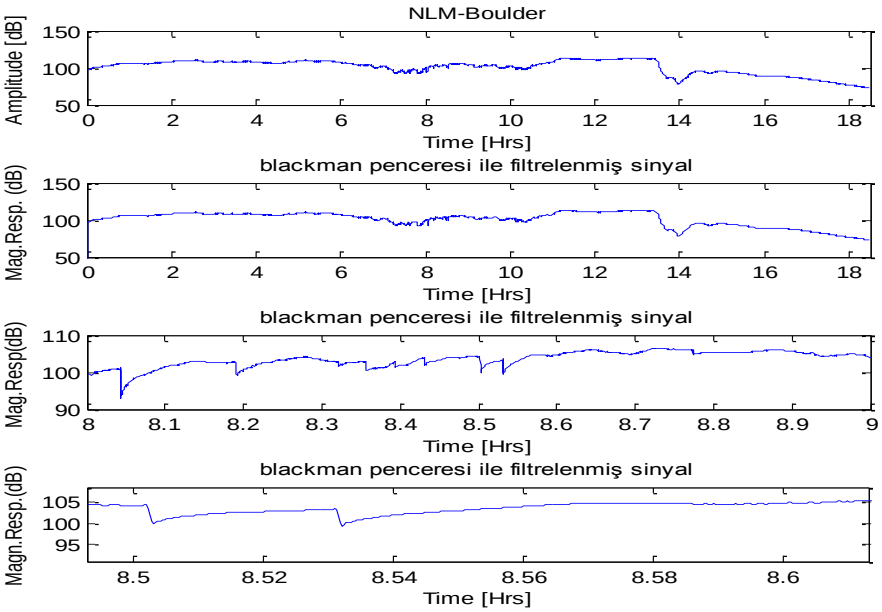
2. VLF Alıcı Sistemi

VLF alıcı sistemi, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi binasına kurulmuştur. VLF Alıcı Sistemi, Anten, Ön Yükseltici (Preamplifier), Hat Alıcısı (Line Receiver), 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 veriyi GPS zaman sinyaliyle senkronize bir şekilde işler ve bunların hepsi bilgisayara gönderilir. Bilgisayardaki yazılım kullanılarak sinyal ve zaman kaydedilir.

3. Metot

VLF sinyallerinde oluşan düzensizliklerin giderilmesi amacıyla blackman penceresi ile filtrelenen sinyalde LEP olayının oluşum anının sinyalde daha rahat görülmesine imkan sağlamaktadır. Şekil 2'de NLM vericinden alınan

VLF sinyali ile filtrelenen sinyal gösterilmiştir. Aralıklar incelediğinde LEP olayı daha rahat gözlenebilmektedir. 8. ve 9. saniye aralığında sinyal incelendiğinde genlik değişimimin yaklaşık 1dB, iyileşme zamanının da yaklaşık 1.5 dk olduğu görülmektedir.



Şekil 2. VLF sinyali ve filtrelenen sinyal

4. Sonuçlar

VLF sinyaller, genellikle alıcılardan, iletim ortamından ve doğa olaylarından kaynaklanan bozucu etkilerden dolayı doğrudan bir bilgisayar yardımıyla incelenebilmek için aşırı gürültülülerdir. İyonosferin D bölgesindeki düzensizliklerin uzaktan algılanması için VLF sinyallerinin incelenmesi önemlidir. Bu nedenle, E/F (erken/hızlı VLF olayları) ve LEP (yıldırım etkili elektron yağışı) gibi olaylar incelenerek VLF sinyallerinin içerikleri bozulmadan sinyal bir şekilde gürültüden arındırılmalıdır. Bu çalışmada sinyalin doğasını bozmadan farklı pencereler kullanarak da düzensizliklerin giderilmesi sağlanabilmekte, LEP olayının VLF sinyaline etkisini incelenmesi mümkün olmaktadır.

5. Kaynaklar

[1]. "Radio Communications in the Digital AGE volume one" HF Technology, Haris, 1996.
[2]. Ulaş M., "VLF Sinyalleri Kullanılarak Depremlerin Önceden Tahmin Edilmesine Yönelik Algoritma Geliştirilmesi", Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Kasım 2011.
[3]. Canyılmaz M., "VLF Yayılımını Kullanarak Yıldırımın Alt İyonküre Üzerine Etkilerinin Araştırılması", Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2006.
[4]. Johnson M.P, "VLF Imaging of Lightning-Induced Ionospheric Disturbances", Eylül 2000.
[5]. Inan U. S., Cummer, S. A. ve R. A. Marshall (2010), A survey of ELF and VLF research on lightning-ionosphere interactions and causative discharges, J. Geophys. Res., 115, A00E36,
[6]. Bainbridge, G., ve U. S. Inan (2003), Ionospheric D region electron density profiles derived from the measured interference pattern of VLF waveguide modes, *Radio Sci.*, **38**(4), 1077.
[7]. Burgess, W.C., Inan U.S., 1993, "The role of ducted whistlers in the precipitation loss and equilibrium flux of radiation belt electrons" J.Geophysical Research, Vol:98, No:A9,15643-15665.
[8]. Inan, U.S., Bell, T.F., 1991, "Pitch angle scattering of energetic particles by oblique Whistler waves", Geophysical Research Letters, Vol:18, No:1, 49-52.
[9]. Güzel E., Canyilmaz M., Türk M., **"**Application of wavelet-based denoising techniques to remote sensing very low frequency signals", *Radio Science,*Vol.46, 2011.
[10].Gür D., Türk, M. Canyılmaz M. ve Güzel, E. "Uzaktan Algılanan VLF Sinyallerindeki Düzensizliklerin Giderilmesi için Tasarlanan Arabirim ile Farklı Dalgacık Ailelerinin ve Ayrıştırma Seviyelerinin Karşılaştırılması", Türkiye Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK 2013 Malatya, 2013