Gaussian Modülasyonlu Sinüzoidal İşaretlere Dayalı AGB Dalga Formu Tasarımı

UWB Waveform Design Based on Gaussian Modulated Sinusoidal Signals

Yasin OĞUZ[1], *Haydar Kaya*[2]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Gümüşhane Üniversitesi
yasin.oguz@gumushane.edu.tr

[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Karadeniz Teknik Üniversitesi
hkaya@ktu.edu.tr

Özet

Son yıllarda hızla gelişen Aşırı Geniş Bant (AGB) uygulamalar çok geniş bir frekans bandını kullanmaktadırlar. Bu nedenle var olan diğer sistemlerle girişimlerini engellemek için Federal Communications Commission (FCC) tarafından AGB uygulamalara ait eşdeğer izotropik yayılım gücü (EIRP) dağılımının sınır değerleri belirlenmiştir. Bu sınır değerlere uygun ve spektrum kullanma verimi yüksek AGB dalga formlarının üretilmesi yapılan çalışmalarda ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada FCC tarafından belirlenen bu sınır değerlerinin dağılımına uygun, yüksek başarıma sahip bir AGB dalga tasarım modeli sunulmuş ve gerekli matematiksel ifadeleri verilmiştir. Önerilen model var olan diğer modellere göre daha basit bir yapıya sahip ve gerçeklenmesi kolay bir tasarımdan meydana gelmektedir.

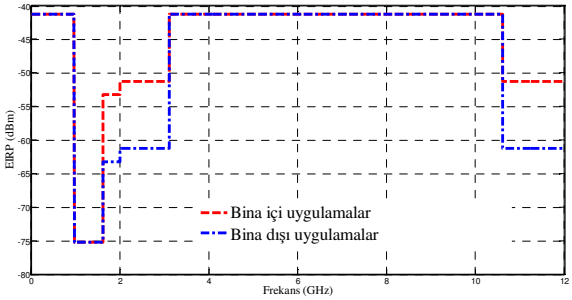
Abstract

Ultra Wideband (UWB) applications developed rapidly in recent years have used a very wide frequency band. Therefore, to prevent interference with existing other systems, limit values of equivalent isotropic radiated power (EIRP) distribution belonging to UWB Applications have been determined by Federal Communications Commission (FCC). The production of UWB waveforms compatible with these limit values and has high spectrum utilization efficiency has been come to the fore in literature studies. In this study, a UWB wave design model, which has high success, in accordance with distribution of these limit values set by the FCC has been presented and the necessary mathematical expressions of it have been given. The proposed model consists of a design easy to implementation and has a simple structure according to the other existing models.

1. Giriş

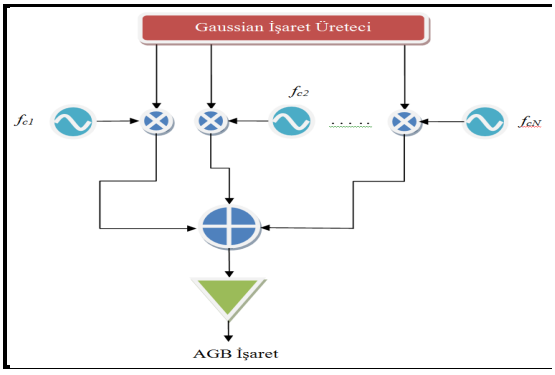
AGB teknolojileri son yıllarda oldukça ilgi görmekte ve hızla gelişmektedir [1,2] . AGB işaretler çok geniş bir frekans bandını kapladıklarından mevcut sistemlerle girişim yapmaları muhtemeldir [3]. Bu nedenle olası girişimleri engellemek amacıyla FCC tarafından belirlenen AGB uygulamalar için EIRP değerlerinin spektral dağılımı Şekil 1'de verilmiştir [4]. Bu açıdan frekans bölgesi paylaşımı ve bu sınırlamalara uygun dalga biçimlerinin oluşturulması oldukça önem arz etmektedir.

2002'den beri yapılan çalışmalar incelendiğinde, daha çok AGB uygulamalar için FCC tarafından belirlenen EIRP dağılımına uygun spektral dağılıma sahip dalga üretme ya da darbe biçimlendirme üzerine çalışmalara rastlanmaktadır [5-10] . Bu çalışmada da, FCC AGB EIRP spektral dağılımına uygun ve spektrum kullanma verimi yüksek dalga biçimlerinin üretilebilmesi için bir AGB dalga tasarım modeli sunulmuştur.



Şekil 1:FCC AGB EIRP spektral dağılımı.

2. AGB Dalga Tasarımı



Şekil 2: AGB dalga tasarım modeli.

FCC tarafından belirlenmiş EIRP spektral dağılım maskesine uygun ve yüksek spektrum kullanma verimine sahip AGB işaretler üretmek için bu çalışmada kullanılan model Şekil 2'de verilmiştir. Tasarım modelinde kullanılan yöntem, seçilen tek bir gaussian işaret üzerinden (1) ve (2) denklemiyle verilen gaussian modülasyonlu sinüzoidal işaretlerin kombinasyonuyla yeni dalga biçiminin elde edilmesine dayanmaktadır.

$$v_{gms}(t) = \sqrt{2}Ae^{-(t/\tau)^2}\cos(2\pi f_c t) \tag{1}$$

$$V_{gms}(f) = \sqrt{\frac{\pi}{2}}A\tau\left(e^{-(\pi\tau(f-f_c))^2} + e^{-(\pi\tau(f+f_c))^2}\right) \tag{2}$$

Burada;

A : Genlik katsayısını
τ : Zaman ölçekleme faktörünü
f_c : Merkez frekansını

göstermektedir. Öyle ki, τ, gaussian işaretin darbe genişliğini, f_c ise gaussian işaretin spektral konumunu belirleyen değerdir. Önerilen modelde oluşturulan AGB işaret (3) denklemiyle ifade edilir.

$$V_{agb}(f) = \sqrt{\frac{\pi}{2}}\sum_{n=1}^{N}A\tau\left(e^{-(\pi\tau(f-f_{cn}))^2} + e^{-(\pi\tau(f+f_{cn}))^2}\right) \tag{3}$$

Bu denklem ile seçilen belli bir τ değeri için üretilen gaussian işaretin N adet farklı spektral konumlardaki kombinasyonu ile istenilen dalga biçimine ulaşılır. Bu işlem için çalışma frekans aralığı 5 farklı bölgeye ayrılmıştır.

I. 0-0.96 GHz bölgesi
II. 0.96-1.61 GHz bölgesi
III. 1.61-3.1 GHz bölgesi
IV. 3.1-10.6 GHz bölgesi
V. > 10.6 GHz bölgesi

Bu bölgeler için A'lar ve τ'lar aynı olmak üzere farklı f_{cn} değerleri bina içi uygulamalar için aşağıda verilen denklemlerle hesaplanır.

I. bölge için :

$$f_{cn} = f_{c1} - \frac{f_{c1}\sqrt{-\ln(0.02)}}{\pi\tau(0.96\times10^9 - f_{c1})(N-1)}(n-1) \tag{4}$$

$$f_{c1} = (0.96\times10^9) - \frac{\sqrt{-\ln(0.02)}}{\pi\tau} \tag{5}$$

IV. bölge için :

$$f_{cn} = f_{c1} + 2\times\frac{(6.85\times10^9 - f_{c1})\sqrt{-\ln(0.3162)}}{\pi\tau(f_{c1} - 3.1\times10^9)(N-1)}(n-1) \tag{6}$$

$$f_{c1} = (3.1\times10^9) + \frac{\sqrt{-\ln(0.3162)}}{\pi\tau} \tag{7}$$

II. III. ve V. bölge için :

$$f_{cn} = f_{c1} + \frac{(f_2 + \frac{\sqrt{-\ln(C_2)}}{\sqrt{-\ln(C_1)}}(f_1 - f_{c1}) - f_{c1})\sqrt{-\ln(C_1)}}{\pi\tau(f_{c1} - f_1)(N-1)}(n-1) \tag{8}$$

$$f_{c1} = f_1 + \frac{\sqrt{-\ln(C_1)}}{\pi\tau} \tag{9}$$

Burada f_1 ve f_2 seçilen bölgenin alt ve üst frekans noktalarını ve C_1 ve C_2 bu frekans noktalarına karşılık gelen genlik değerlerini göstermektedir.

(3) denklemindeki A değeri başlangıçta 1 olarak alınıp daha sonra toplam işaret üzerinden normalize edilmektedir. N sayısı ise her bir bölge için ayrı olarak belirlenmektedir.

Üretilen işaretin başarım ölçütü olarak spektrum kullanma verimi ;

$$\psi = \frac{\int_{ÇFA}\left|V_{agb}(f)\right|^2 df}{\int_{ÇFA}\left|V_{FCC}(f)\right|^2 df} \tag{10}$$

ile hesaplanır.

Burada

$$V_{FCC}(f) = \sqrt{10^{(EIRP_{FCC}(f) - \max(EIRP_{FCC}))/10}} \tag{11}$$

$EIRP_{FCC}$: Şekil 1'de verilen FCC spektral sınır değerleri

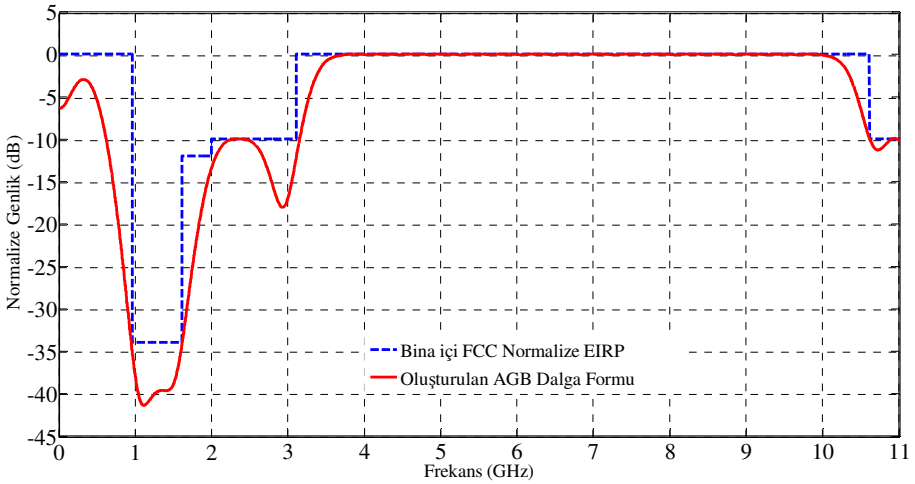
ÇFA: Çalışma frekans aralığı'dır [11].

3. Benzetim Sonuçları

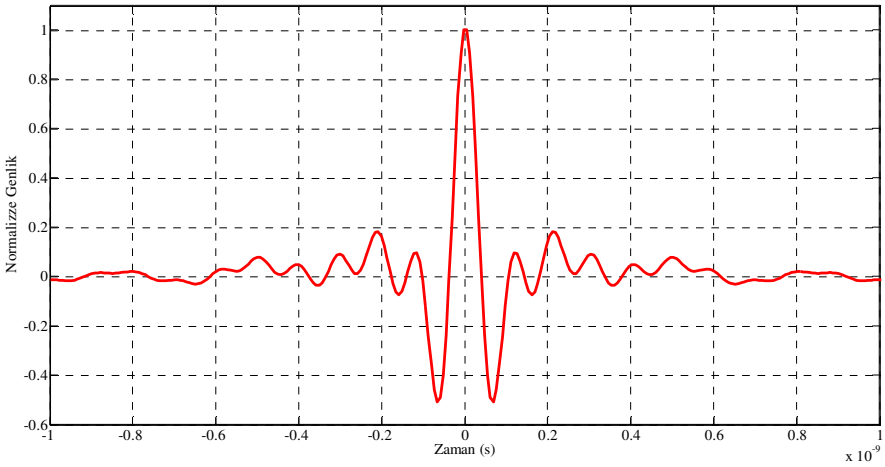
Şekil 3'de Çizelge1'de verilen değerler için bina içi EIRP maskesine göre oluşturulan AGB işaretin spektral dağılımı gösterilmektedir. Şekil 3'deki dalga formunun spektrum kullanma verimi ψ= 0.84 civarındadır. Şekil 4'de ise Şekil 3'deki AGB işaretin zaman bölgesinde değişimi görülmektedir.

*Çizelge*1: Şekil 3' deki AGB işaret için parametre değerleri

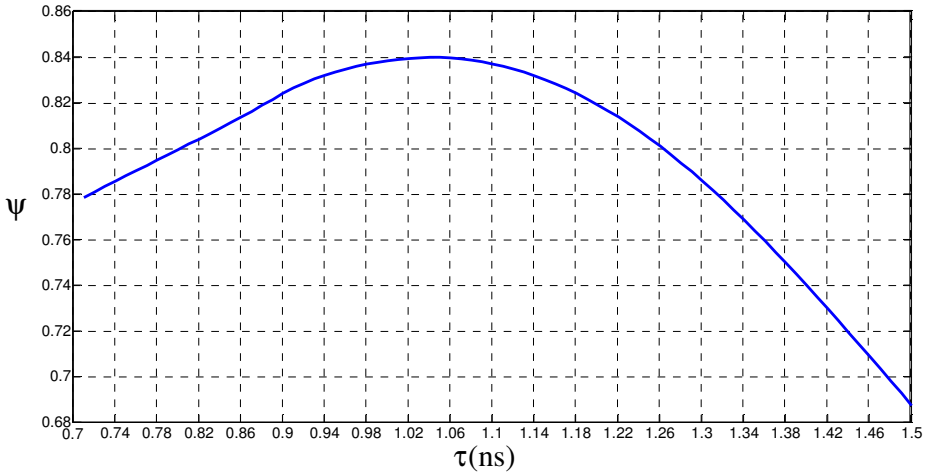
Bölge	N	τ	f_1(GHz)	f_2(GHz)	C_1	C_2
I	1	1 ns	-	-	-	-
II	1	1 ns	0.96	1.61	0.3	0.3
III	2	1 ns	1.61	3.1	0.0633	0.0633
IV	18	1 ns	-	-	-	-
V	1	1 ns	10.6	11	0.3	0.3



Şekil 3:Çizelge 1'e göre oluşturulan AGB işaret



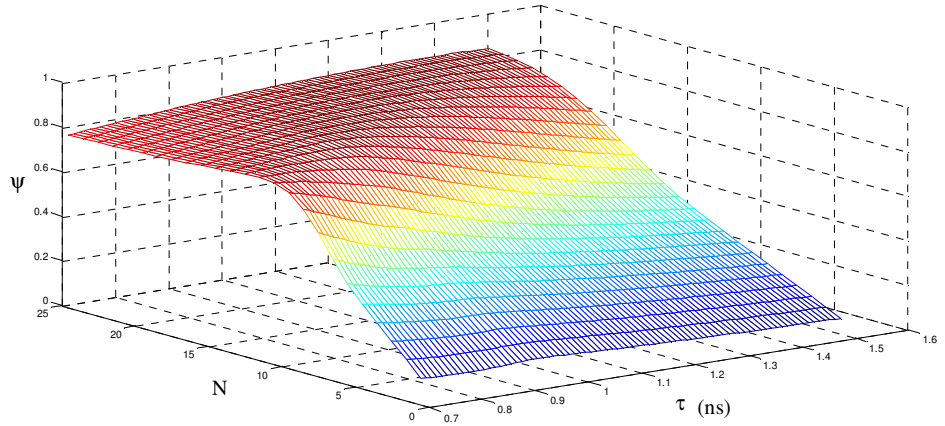
Şekil 4:Çizelge 1'e göre oluşturulan AGB işaretin zaman bölgesinde değişimi



Şekil 5: τ' ya göre ψ'nin değişimi

Çizelge1'de τ dışındaki parametreler sabit kalmak koşuluyla τ'nun 0.7ns ile 1.5ns arasında değişmesiyle spektrum kullanma verimi ψ ile değişimi Şekil 5'de verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi diğer parametreler sabit kalmak üzere yüksek spektrum kullanma verimi elde edebilmek için τ'nun seçimi önem kazanmaktadır.

Çizelge1'de IV. bölgedeki N ve τ dışında kalan parametreler sabit kalmak üzere τ' nun 0.7ns ile 1.5ns arasında ve IV. bölgedeki N' nin 1 ile 25 arasında değişmesiyle spektrum kullanma verimi ψ ile değişimi Şekil 6' da verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde görülmektedir ki N' nin belirli bir değerinden sonra ψ' nin değerindeki artışlar oldukça küçülmektedir. Bu noktadan sonra N' yi artırmak yerine uygun τ' nun seçimi ön plana çıkmaktadır.



Şekil 6: τ' ya ve N'ye göre ψ'nin değişimi

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, FCC tarafından belirlenen EIRP spektral dağılımına uygun ve spektrum kullanma verimleri yüksek dalga biçimlerinin üretilebilmesi için bir AGB dalga tasarım modeli önerilmiş ve model için gerekli matematiksel ifadeler verilmiştir. Bu model, diğer modellere göre daha basit bir yapıya sahiptir ve gerçeklenmesi uygulama açısından zor olan işlemlerden kaçınmaktadır. Uygun N ve τ'ya bağlı olarak yüksek başarımlara çıkılabilmektedir.

5. Kaynaklar

[1] Allen, B.,Dohler, M., Okon, E.E., Malik, W.Q., Brown, A.K. ve Edwars, D.J., Ultra-Wideband Antennas and Propagation for Communications, Radar and Imaging, John Wiley&Sons, England, 2007.

[2] Taylor, J.D., Ultra Wideband Radar Technology, CRC Press, 2001.

[3] Oppermann, I., Hamalainen, M. ve Iinatti, J., UWB Theoryand Applications, John Wiley&Sons, England, 2004.

[4] FCC, Federal Communications Commission, First report and order 02–48, February 2002.

[5] Tsai, C.Y. ve Jeng, S.K., Design of an Ultra-Wideband Waveform Shaping Network Using an Analog Microwave Differentiator Array fed by a Gaussian Pulse Signal, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, July 2006, Albuquerque New Mexico,1307-1310.

[6] Jie, Y. ve Na, W.L., Waveform Design for UWB Communication based on Combined Wavelet Pulse, International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition ICWAPR '07, November 2007, Beijing China, Cilt 4, 1837-1842.

[7] Zhou, L. ve Zhu., H., Waveform Design and Performance Analysis of Ultra-Wideband (UWB) Pulse Based on Iterative Algorithm, 4th Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics, August 2006, Dalian China, 755-758.

[8] Wu, X., Sha, X. ve Zhang, N., Pulse Shaping Method to Compensate for Antenna Distortion in Ultra-Wideband Communications, Science in China Series F-Information Sciences, 50,6 (2007) 878-888.

[9] Chen, H., Jia, Z., Cai, X., Waveform Design for UWB Communication Based on Combined Sinusoid Gaussian Pulse, International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering (CMCE), 2010, 267-271.

[10] Bai, Z., Liu, J., Chen, H.H., Design of Ultra-Wideband Pulses Based on Spectrum Shifted Gaussian Waveforms, IET Commun.,7,6, (2013), 512-520.

[11] Oğuz, Y., Aşırı Geniş Bantlı Sistemlerde Dalga Biçimi Oluşturma Ve Anten Sisteminin Bozucu Etkisinin Azaltılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.