

대역제한특성에 기초한 초광대역가우스임펄스파형설계의 한가지 방법

김근수, 김원철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보통신을 최첨단수준으로 발전시키는데 힘을 넣어야 합니다.》

UWB(초광대역)임펄스파형에는 Rayleigh임펄스[1], Laplacian임펄스[2] 및 Hemite임펄스[3]들이 있다.

가우스임펄스는 임펄스성형인자 σ 를 조종하여 파형을 변화시킬수 있으며 동시에 원시임펄스를 미분하여 대단히 많은 파형을 얻어낼수 있다.

론문에서는 가우스파형에 대한 분석과 대역제한에 기초한 한가지 파형설계방법을 제기하였다.

1. 국제규격주파수스펙트럼마스크분석

UWB임펄스파형의 주파수스펙트럼은 3.1~10.6GHz대역내에 있어야 하며 PSD(전력스펙트럼밀도)는 -41.3dBm/MHz 보다 낮아야 한다.

국제규격실내외UWB통신체계의 복사전력한계값은 그림 1과 같다.

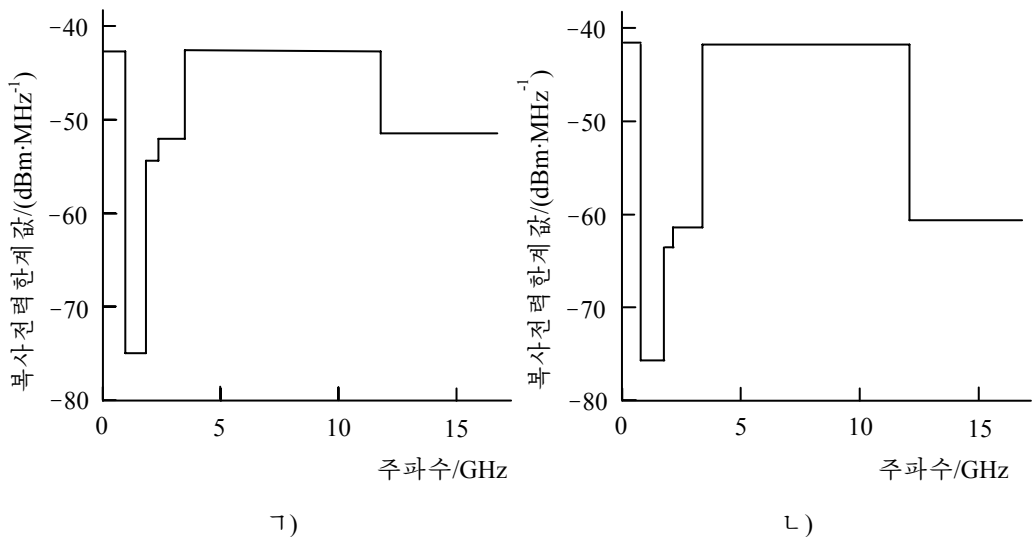


그림 1. 국제규격실내외UWB통신체계의 복사전력한계값

ㄱ) 실내환경, ㄴ) 실외환경

규격화를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$S(f) = \begin{cases} 0\text{dB}, & f \in [0, 0.96]\text{GHz} \\ -34\text{dB}, & f \in [0.96, 1.61]\text{GHz} \\ -12\text{dB}, & f \in [1.61, 1.99]\text{GHz} \\ -10\text{dB}, & f \in [1.99, 3.1]\text{GHz} \\ 0\text{dB}, & f \in [3.1, 10.6]\text{GHz} \end{cases} \quad (1)$$

2. 가우스임펄스분석

A 를 임펄스진폭, σ 를 임펄스성형인자(임펄스너비를 조절하는데 리용)라고 할 때 가우스임펄스의 시간영역표현식은

$$w(t) = \frac{A}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

이다.

수학적귀납법을 리용하면 가우스임펄스의 n 계도함수는

$$w^{(n)}(t) = -\frac{n-1}{\sigma^2} w^{(n-2)}(t) - \frac{t}{\sigma^2} w^{(n-1)}(t) \quad (3)$$

이며 그것의 푸리에변환은

$$X_n(f) = A(j2\pi f)^n \exp\left\{-\frac{(2\pi f\sigma)^2}{2}\right\} \quad (4)$$

이다.

식 (4)에 준하여 진폭주파수특성의 최대값주파수 f_{peak} , 도함수차수 n , 임펄스성형인자 σ 사이의 관계식을 얻을수 있다.

$$\frac{d|X_n(f)|}{df} = A(j2\pi f)^{n-1} \times 2\pi \exp\left\{-\frac{(2\pi f\sigma)^2}{2}\right\} \left[n - (2\pi f\sigma)^2\right] \quad (5)$$

식 (5)의 오른쪽을 0으로 놓고 그것의 최대주파수를 구하면

$$f_{peak} = \frac{\sqrt{n}}{2\pi\sigma} \quad (6)$$

이다.

대응하는 주파수스펙트럼최대값은

$$|X_n(f_{peak})| = A\left(\frac{\sqrt{n}}{\sigma}\right)^n \exp\left\{-\frac{n}{2}\right\} \quad (7)$$

이다.

식 (7)로부터 가우스임펄스의 임의의 도함수차수에 대한 파형의 규격화전력스펙트럼 밀도는

$$|P_n(f)| = \frac{|X_n(f)|^2}{|X_n(f_{peak})|^2} = \frac{(2\pi f\sigma)^{2n} \exp\{-(2\pi f\sigma)^2\}}{n^n \exp(-n)} \quad (8)$$

이다.

3. 대역제한에 의한 파형설계방법

국제전파규약에서는 실내UWB신호의 -10dB 대역폭을 최대 7.5GHz 로 정하였다. 가우스임펄스의 특징과 그 도함수의 -10dB 대역폭이 7.5GHz 보다 작거나 같을 때 그것에 대응한 σ 의 최소값 $\sigma_{\min}(n)$ 이 존재한다. 만일 σ 가 $\sigma_{\min}(n)$ 보다 작다면 임펄스의 -10dB 대역폭은 7.5GHz 보다 크게 된다.

$\sigma_{\min}(n)$ 에 대한 전력스펙트르밀도를 그림 2에 보여주었다.

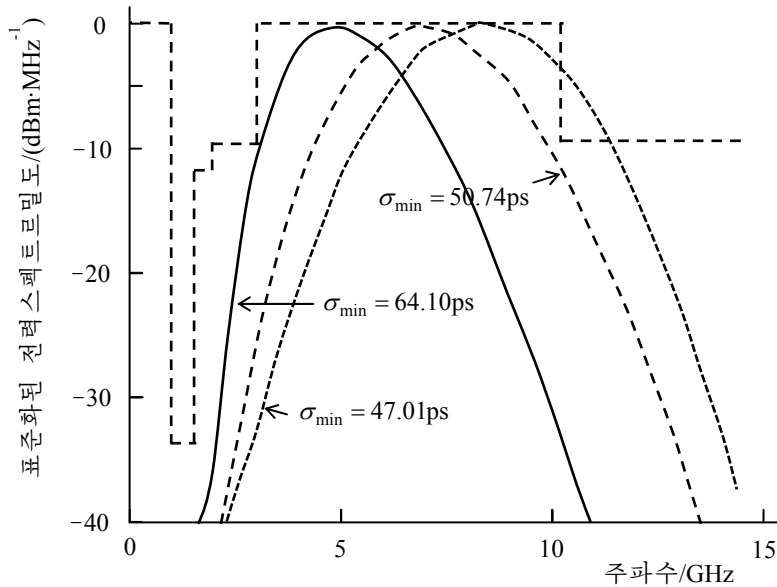


그림 2. $\sigma_{\min}(n)$ 에 대한 전력스펙트르밀도

n 이 5보다 작을 때 전력스펙트르밀도의 f_{peak} 는 아주 작아서 전파규정을 만족시키지 못한다. f_{peak} 를 전력스펙트르의 오른쪽 방향으로 이동시키려면 식 (6)에서 알수 있는바와 같이 n 을 변화시키지 않은 상태에서 σ 를 감소시켜야 한다. 그러나 이때 σ 는 $\sigma_{\min}(n)$ 보다는 작지 말아야 한다.

만일 σ 를 더 작게 하면 f_{peak} 뿐만아니라 대역폭도 증가하여 7.5GHz 를 초과하게 된다.

이로부터 도함수차수가 5보다 작은 가우스임펄스의 전력스펙트르밀도는 전파규정의 요구를 만족시키지 못한다.

이제 σ 값범위를 확정하자.

그림 2에서 알수 있는바와 같이 도함수차수 n 이 5보다 크거나 같을 때 f_{peak} 는 너무 커서 높은 주파수에 해당하는 스펙트르는 전파규정에 어긋난다. 그러므로 σ 값을 $\sigma_{\min}(n)$ 으

로부터 점차 증가시키면 f_{peak} 와 함께 대역폭도 감소하게 된다.

계산을 통하여 확정한 가우스임펄스의 도함수차수 n 은 5이며 임펄스성형인자의 값범위는 50.71~64.08ps이다.

맺 는 말

대역제한에 기초한 파형설계에서 확정한 가우스임펄스의 도함수차수는 5이며 임펄스성형인자의 값범위는 50.71~64.08ps이다.

참 고 문 헌

- [1] M. Mittelboach et al.; IEEE Conference on Ultra-Wideband Systems and Technologies, 40, 2004.
- [2] M. Ghavami et al.; Wireless Personal Communications, 23, 1, 105, 2002.
- [3] L. B. Michael; In Proc. UWBST02, 47, 2002.

주제 107(2018)년 11월 5일 원고접수

A Method of the Design of UWB Gauss Pulse Waveform Based on the Bandlimited Characteristics

Kim Kun Su, Kim Won Chol

The interference between the ultra-wideband system and other narrow band systems is one of the research topics of ultra-wideband technology.

In this paper was proposed a method of the design of UWB Gauss pulse waveform based on the bandlimited characteristics.

Key words: ultra-wideband, power spectral density, interference