

# UWB통신시스템을 위한 직교파형함수특성

정찬우, 이정재  
동의대학교 정보통신공학과

## On Characteristics of Orthogonal Waveform Functions for Ultra Wide-Band Communication Systems

Chan-wu Jeong, Jeong-jae LEE  
Dept. of Information & Communication Eng., Dong-eui University

### 요약

본 논문에서는 UWB 통신을 위한 직교 변형 Hermite 파형형성함수와 정현파를 이용한 변조 Hermite 펄스함수의 시간과 주파수 영역에서의 특성을 검토하였다. 그리고 이를 이용한 직교 펄스 다원접속 시스템의 송신기와 수신기를 구성하고 그 성능을 분석하였다.

### I. 서론

UWB(ultra wide band) 통신은 반송파 없는 짧은 펄스(carrierless short pulse)라 부른다. 최근에는 높은 지연 해상도 특성 때문에 UWB를 다양한 통신방식에 적용하기 위한 노력이 계속되고 있다. 특히 이동통신 다중경로 환경에서의 통신에 실용적인 것으로 주목을 받고 있다. 한편 송신 신호의 PSD(power spectral density)에 영향을 주기 때문에 펄스형성파형필터의 임펄스응답의 선택은 UWB 통신에서 핵심 기술로 매우 중요하다. UWB의 통신시스템에서 적용될 수 있는 기존의 펄스형성함수는 Gaussian 펄스가 널리 알려져 있다[1-4].

본 논문에서는 Hermite 다항식으로부터 유도되는 직교 변형 Hermite 펄스에 대한 제반특성과 이 펄스를 이용한 직교 다원접속 UWB 시스템을 구성하고 그 성능을 분석하기 위하여 제 II절에서는 Hermite 펄스함수의 시간영역과 주파수 영역에서의 특성을 살펴본다. 제 III절에서는 송신과 수신시스템을 구성하고 잡음채널에서의 성능을 분석한다. 끝으로 제 IV절에서 결론을 맺는다.

### II. Hermite 다항식과 펄스함수[1]

두 실함수  $g_m(t)$ 와  $g_n(t)$ 의 범위  $a \leq t \leq b$ 에서의 직교함수는 다음과 같이 정의된다.

그리고 Hermite 다항식은 다음 식으로 정의된다.

$$h_n(t) = (-\tau)^n e^{t^2/2\tau^2} \frac{d^n}{dt^n} (e^{-t^2/2\tau^2})$$

여기서  $n=0,1,2,\dots$  그리고  $-\infty < t < \infty$ 이다. 그리고 이 다항식들은 다음 관계를 갖고 있다.

$$h_{e_{n+1}}(t) = \frac{t}{\tau} h_{e_n}(t) - \tau \frac{d}{dt} h_{e_n}$$

$$\frac{d}{dt} h_{e_n}(t) = \frac{n}{\tau} h_{e_{n-1}}(t)$$

Hermite 다항식은 직교함수가 아니지만 다음과 같이 변형하면 직교함수가 만들어진다.

$$h_n(t) = k_n e^{-t^2/4\tau^2} n! \sum_{i=0}^{[n/2]} \left(-\frac{1}{2}\right)^i \frac{(t/\tau)^{n-2i}}{(n-2i)! i!}$$

여기서  $[n/2]$ 는  $n/2$ 의 정수부분이며 계수

$$k_n = \sqrt{\frac{E_n}{\tau n! \sqrt{2\pi}}}$$

로 정의되고  $E_n$ 은 펄스 에너지이다.  $n$ 이 다른 변형 Hermite 펄스함수는 직교함수가 되며 그림 1은  $\tau = 10^{-10}$ ,  $n=0,1,2$  인경우의 변형된 Hermite 펄스함수를 보여준다. 그림 1에서 알 수 있는바와 같이 펄스폭이  $n$ 과 관계없이 대략 1ns로 비슷함을 알 수 있다. 그리고 그림 2는 주파수 특성을 보여준다. 그림 2에서 알 수 있는바와 같이  $n$ 과 관계없이 펄스 대역폭이 거의 동일하다.

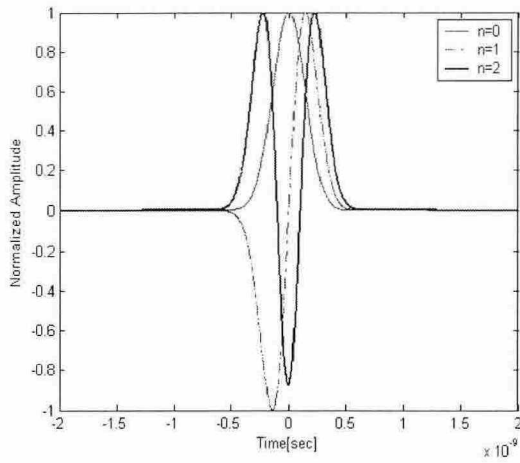


그림 1 변형 Hermite 펄스함수의 시간특성(n=0,1,2)

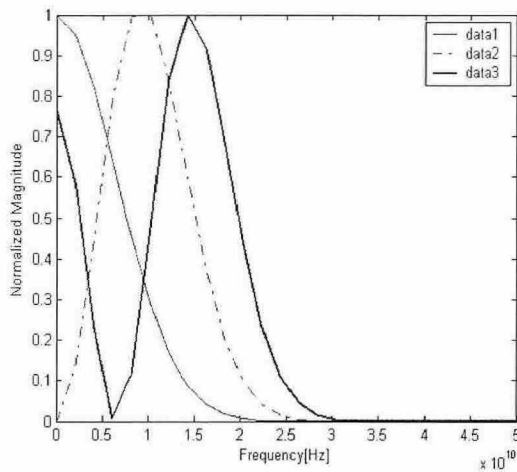


그림 2 변형 Hermite 펄스함수의 주파수특성 (data1:n=0, data2:n=1, data3:n=2).

또한 이 펄스는 정현파를 이용하여 변조 시킬 수 있으며 정현파 주파수만큼 주파수영역에서 변위되며 펄스는 다음과 같이 정의된다.

$$p_n(t) = \sqrt{2} h_n(t) \cos(2\pi f_c t + \phi)$$

여기서  $n=0,1,2,\dots, -\infty < t < \infty$ ,  $f_c$ 는 정현파 주파수 그리고  $\phi$ 는 임의의 위상이다. 그림 3은  $f_c=4e9$ [Hz]일때 변조된 펄스의 모양을 보여준다. 제로 크로스가 많이 발생되므로 직류성분을 포함하지 않게 됨을 알 수 있다. 그림 4는  $f_c=4e9$ [Hz]로 변조된 변형 Hermite 펄스함수의 특성을 보여준다. 그림 4에서 알 수 있는 바와 같이  $f_c$ 만큼

변위되었고 직류성분이 없음을 알 수 있다.

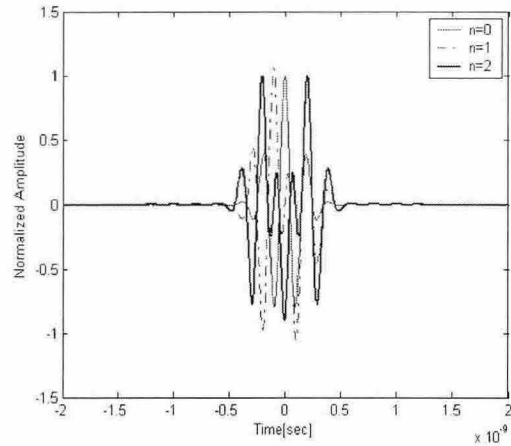


그림 3  $f_c=4e9$ [Hz]로 변조된 변형 Hermite 펄스함수의 시간특성(n=0,1,2).

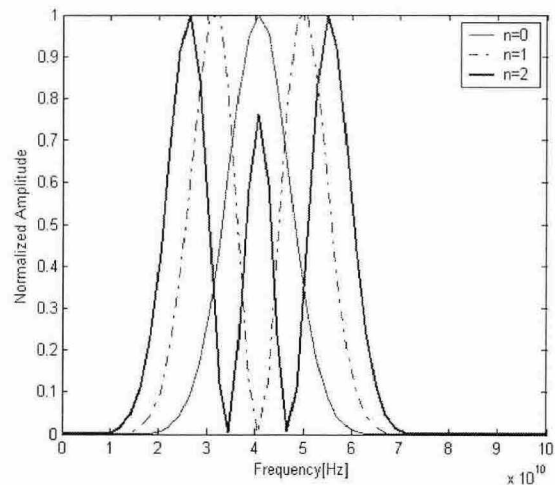


그림 4  $f_c=4e9$ [Hz]로 변조된 변형 Hermite 펄스함수의 주파수특성(n=0,1,2)

그림 3과 그림 4에서 알 수 있는바와 같이 n의 변화에 관계없이 펄스폭과 대역폭이 거의 비슷함을 알 수 있다.

### III. 직교다원접속 UWB 시스템

그림 5는 직교다원접속 UWB 통신시스템의 송신기와 수신기의 개략도를 보여준다. 그림 5에서 이용자의 데이터에는 직교성을 갖는 서로 다른 차수의 변형 Hermite 펄스가 곱해지며 이는 통상적인 대역확산 방식의 일종으로 생각할 수도 있으나 펄스의 폭이 대략 1ns 정도의

임펄스성으로 UWB 대역폭을 갖게 된다. 이 신호는 결합하여 잡음 채널을 지나게 되며 수신기로 들어가게 된다. 그림 6은 수신기의 구조를 보여준다. 수신측에서는 송신측에서와 같은 동일한 펄스가 곱해지는 상관기를 거치게 되고 판정기를 통하여 각 이용자의 데이터를 검출하게 되는 시스템이다.

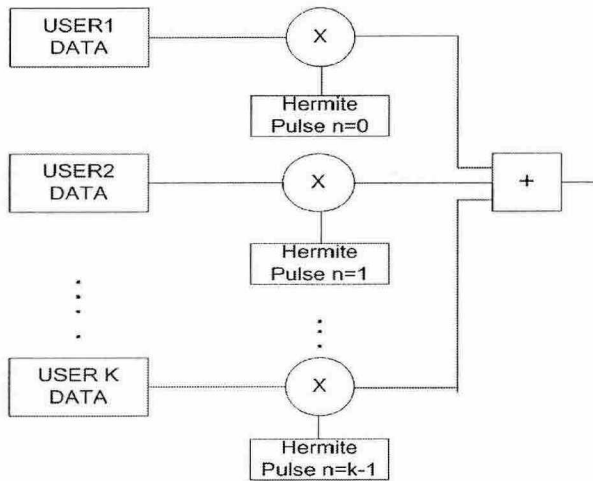


그림 5 변조된 변형 Hermite 펄스함수를 이용한 직교 다원접속 송신시스템

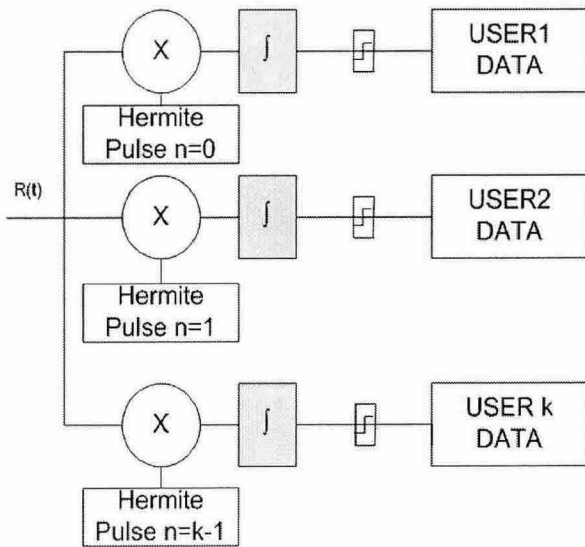


그림 6 변조된 변형 Hermite 펄스함수를 이용한 직교 다원접속 수신시스템

그림 7은 AWGN 채널에서 이용자가 3명일 때의 성능을 보여준다. SNR 10dB에서 대략 1e-3 정도의 오류를 나타내고 있다.

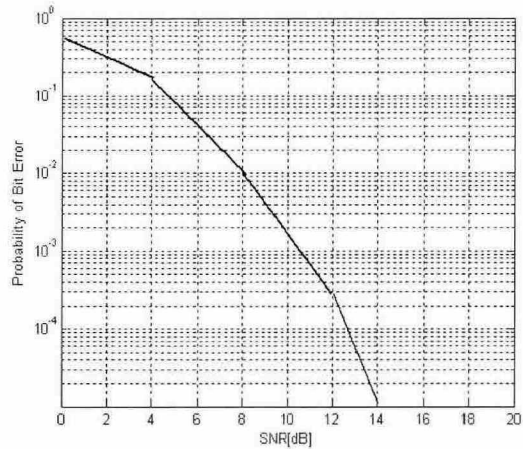


그림 7 AWGN 채널에서 직교다원접속시스템 성능 (이용자수 3)

#### IV. 결론

본 논문에서는 Hermite 다항식으로부터 유도될 수 있는 변형된 직교 Hermite 펄스함수를 소개하고 그 특성을 검토하였다. 또한 정현파를 이용하여 기저대역을 정현파의 주파수로 이동함으로써 직류성분을 제거하고 주파수영역에서의 유연성을 높일 수 있음을 알아보았다. Hermite 함수의 직교성을 이용하여 직교다원접속 송수신시스템을 구성하고 그 성능을 분석하였다. 향후 UWB 통신시스템의 발달과 함께 핵심기술인 Hermite 펄스함수와 같은 유용성을 포함하는 다양한 펄스함수에 대한 연구 또한 활발히 진행되어야만 한다.

#### 참고 문헌

- [1] M.Ghavami, L.B.Michael, R.Kohno, Ultra Wideband signals and systems in communication engineering, John Wiley & Sons, 2004.
- [2] M.G.Benedetto and G.Giancola, "Understanding Ultra Wide Band Radio Fundamentals, Chapter 7", Prentice Hall, 2004
- [3] M.Z.Win, R.A.Scholtz, "Characteristic of Ultra-Wide Bandwidth Wireless Indoor Channels: A Communication-Theoretic View," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 20, NO.9, pp. 1613-1627, Dec. 2002.
- [4] L.Zhao, A.M. Haimovich, M.Z.Win, "Capacity of ultra-wide bandwidth communications over multipath channels," in Proc. IEEE Int. Symp. Advances Wireless Communications, Victoria, Canada, Sept. 2002