

# UWB 시스템의 성능개선을 위한 펄스 파형에 관한 연구

고영은, 방성일

단국대학교 전자컴퓨터공학과

전화 : 02-709-2827 / 핸드폰 : 017-296-6475

## A Study on Pulse Shaping for Performance Improvement of UWB system

Young Eun Ko, Sung Il Bang

Electronics and Computer Engineering, Dankook University

E-mail : ye0420@korea.com

### Abstract

In this paper, a characteristics and points of Guassian pulse using UWB system is analyzed, the TDMG pulse is proposed that originated ultra wide band signal without pulse width reduction.

It is showed that TDMG pulse character compare with Gaussian pulse through computer simulation. And it is verified that decreased a interference of other communication systems

인 기술이다. 그러나 아직 법적 규정도 없는 상태이고, 초광대역으로 전송하므로 이를 지원할 수 있는 짧은 폭을 갖는 펄스발생과 타 이동통신 시스템과의 간섭을 억제할 수 있는 기술개발이 시급하다[1],[3].

본 논문에서는 초고속 데이터 전송용 UWB 시스템의 펄스로 제안된 Gaussian 펄스의 특성과 문제점을 분석하였고, 펄스폭의 감쇄기술 없이 초광대역의 신호를 발생시키는 TDMG 펄스를 제안하였다. 컴퓨터 모의 실험을 통해 제안한 펄스와 기존 펄스의 성능을 비교하였고, TDMG 펄스의 우수성을 보였다. 그리고 타 이동통신 시스템과의 간섭이 감소함을 증명하였다.

### I. 서론

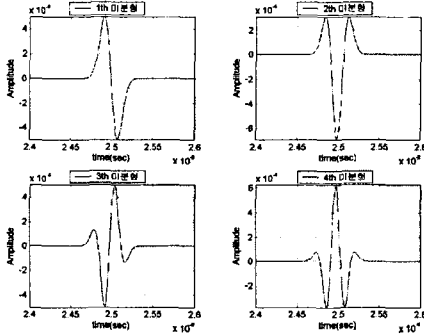
무선통신 서비스의 발전에 따라 근거리에서의 초고속 무선 멀티미디어 서비스에 연구가 진행되고 있다. 이에 따라 Bluetooth나 IEEE 802.11(a)와 (g)와 같은 Home Networking에 대한 연구가 진행되고 있으나 이와 같은 시스템은 데이터 전송량이 멀티미디어 데이터를 전송하기에 부족한다. 이와 같은 점을 보완할 수 있도록 2001년 초에 FCC에서는 미군에서 개발한 UWB(Ultra-WideBand)의 사용을 허가 하였다. UWB는 낮은 평균전력으로 수 GHz대의 초광대역으로 전송하는 시스템으로 데이터 전송속도가 500 Mbps ~ 1Gbps

### II. 시스템 분석

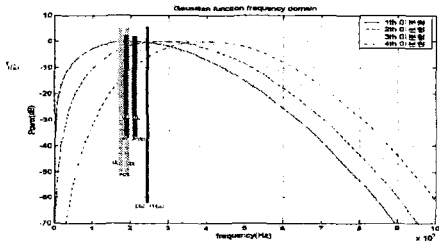
UWB는 기존의 임펄스 통신을 응용하여 이원신호인 이산적인 데이터를 무반송파(Carrier-free)로 duty cycle은 1% 이내의 폭을 갖는 펄스를 사용하여 전송하는 시스템이다. 현재 UWB 연구에서 제안하는 임펄스는 여러 가지가 있으나 대부분이 Gaussian 펄스를 기본으로 변형된 형태를 가진다. 그 중에서도 낮은 주파수에서 DC offset 성분을 제거할 수 있는 Gaussian 함수의 미분형을 갖는 펄스를 제안하였다[2]. 이 펄스는 미분차수가 많아짐에 따라 중심주파수가 높은 주파수대역으로 이동하며 에너지가 초광대역으로 분포된다[3]. 이와 같은 Gaussian 함수의 1차 미분형은 식 (1)과 같이 나타낼 수

있고, 미분차수에 따른 파형은 그림 1과 같다[1],[3].

$$\{g(t)\}' = -2\pi a^3 t e^{-\pi a^2 t^2} = (-2\pi a^2 t)g(t) \quad (1)$$



(a) 시간영역에서의 미분차수(1차~4차)에 따른 펄스 파형



(b) 주파수영역에서의 미분차수(1차~4차)에 따른 스펙트럼  
 그림 1. 미분차수(1차~4차)에 따른 펄스파형

그림 1에 따르면 미분차수가 높아질수록 중심주파수가 높은 주파수로 이동한다[2]. 그러나 그림 1(b)에 표시한 기존의 타 통신시스템의 사용 주파수대역과 겹치게 되므로 상호 간섭을 일으킬 수 있다[1],[3]. 그러므로 타 이동통신 시스템과의 상호 간섭을 줄이기 위해서 UWB 시스템의 중심주파수를 3GHz 이상으로 조정하여 낮은 주파수에서의 에너지를 감소시켜야 한다. Gaussian 펄스의 미분파형을 사용하여 중심주파수를 상승시키는 역할을 한다. 그러나 이 작업은 여러 차수의 미분기를 사용하므로 H/W적으로 구현의 복잡성이 증가하며, 또 UWB는 저전력을 사용하므로 차수가 많이 증가하면 낮은 전력의 잠음형태가 되므로 한계를 가진다[4].

이러한 한계를 극복하기 위해 펄스폭을 줄여서 중심주파수를 높은 대역으로 이동시킨다. 이상적인 임펄스의 경우 펄스폭은 '0'이고 주파수는 전대역에 걸쳐 있으므로 Gaussian 펄스의 폭을 줄이면 더 넓은 대역에 걸쳐 신호가 존재하며, 중심주파수가 높은 대역으로 이동하게 된다[4]. 그러나 UWB는 duty cycle이 1%이내의 펄스를 사용하므로 ns단위가 되는데, 여기서 펄스폭을 줄이는 기술은 구현이 매우 어렵다. 그러므로

본 논문에서는 펄스폭의 감소없이 중심주파수를 높은 대역으로 이동시킬 수 있는 UWB의 펄스를 제안하였다.

### III. UWB 시스템을 위한 TDMG 펄스 제안

앞에서 고찰한 UWB 시스템에서 필요로 하는 펄스 형태의 조건을 바탕으로 펄스폭을 감소시키는 기술 대신, 긴 펄스를 이용하여 짧은 펄스를 발생하여 중심주파수를 높은 대역으로 이동시키는 구조를 제안하였다. 이와 같은 구조는 그림 2와 같은 UWB 시스템에서 Clock oscillator를 통해 펄스폭과 주기가 결정된다. 그리고 이에 따라 펄스 Generator 부분에서 펄스가 발생하였다.

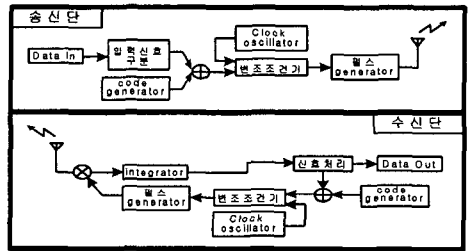


그림 2 UWB 송수신기 구조

그림 2에서의 펄스 Generator는 중심주파수를 높은 주파수대역으로 이동시키기 위해 펄스폭을 줄이는 기술을 개발했다. 본 논문에서는 펄스폭을 줄이는 고도의 기술 없이 기존의 펄스를 합성하여 짧은 펄스폭을 같은 파형을 얻어내는 TDMG(Time Delay multiple gaussian)펄스를 제안하였다.

TDMG 펄스를 간단히 도시하면 그림 3과 같다.

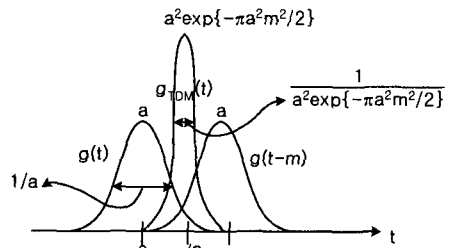


그림 3.  $g_{TDMG}(t)$  (TDMG) 펄스 모델

그림 3의 TDMG 펄스는 기존의 Gaussian 펄스의 중심주파수를 높은 대역으로 이동시키기 위해 ns단위의 펄스폭을 발생하는 것은 고도의 기술 대신 기존의 Gaussian 펄스 두 개를 시간차이를 가지고 합성하였

다. 그 결과 짧은 폭의 펄스발생기를 사용하지 않아도 짧은 폭을 갖는 펄스, TDMG 펄스를 발생할 수 있었다. Gaussian 펄스는 이론적으로 무한대까지 작은 값들이 존재하게 되므로 합성전에 각 Gaussian 펄스를 필터를 이용하여 대역제한을 하면 정확한 펄스 폭을 갖는 TDMG 펄스의 발생이 가능하였다. 이와 같은 TDMG 펄스 발생기의 구조는 그림 4와 같다.

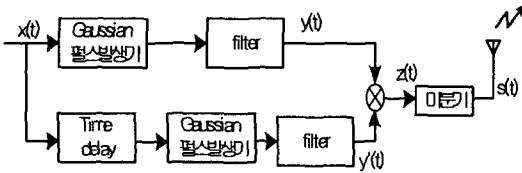


그림 4. TDMG 펄스 발생기 구조

전송심볼에 따른 변조신호는 그림 4의 TDMG 펄스 발생기로 입력되는데 이는 식 (2)와 같다.

$$x(t) = \sum_n \delta(t - T - kT_f - b_n T_m) \quad (2)$$

식 (2)는 입력신호에 따라 위치 변조에 의해 펄스 발생위치를 나타내는 것으로 펄스 Generator의 입력이다. x(t)가 입력되면 각각 Gaussian 펄스를 발생하는데, 아랫단에서는 결정된 펄스폭에 따라 일정한 시간 지연 후 Gaussian 펄스를 발생한다. 이렇게 발생한 두 펄스는 정확한 펄스폭 선정을 위해 filter를 거쳐 식 (3)과 식 (4)를 발생한다.

$$y(t) = g(t - T - kT_f - b_n T_m) \quad (3)$$

$$y'(t) = y(t - T_d) = g(t - T - kT_f - b_n T_m - T_d) \quad (4)$$

$$g(t) = a e^{-\pi a^2 t^2} \quad (5)$$

여기서 g(t)는 일반 gaussian 함수이다. 이 두 함수는 서로 같은 형태이나 시간지연을 갖고 곱해져서 펄스를 발생하는데, 이 펄스가 TDMG 펄스이고, 식 (6)과 같다.

$$z(t) = y(t) \times y'(t) = y(t) \times y(t - T_d) = a^2 \exp\left\{-\frac{\pi a^2 T_d^2}{2}\right\} \exp\left\{-2\pi a^2 \left(t - \frac{T_d}{2}\right)^2\right\} \quad (6)$$

여기서 최종 전송 펄스는 낮은 주파수에서의 DC offset 성분을 제거하기 위해 미분파형을 송신한다.

TDMG 펄스와 일반 Gaussian 펄스의 주파수 스펙

트럼 성분을 비교하면 다음과 같다.

Gaussian 펄스를 주파수 영역에서 해석하기 위해 Fourier Transform 하면 다음과 같다.

$$G(f) = F\{g(t)\} = \exp\left\{-\frac{\pi}{a^2} f^2\right\} \quad (7)$$

TDMG 펄스를 주파수 영역으로 해석하기 위해 Fourier Transform의 컨벌루션 정리와 시간천이 성질을 이용하면 다음과 같다.

$$G_{TDM}(f) = G(f) * e^{-j2\pi f T_d} G(f) = \frac{a}{\sqrt{2}} \exp\left\{-\frac{\pi}{2a^2} (f^2 + a^4 T_d^2)\right\} \exp\{-j\pi T_d f\} \quad (8)$$

식 (7)과 식 (8)을 비교하면, Gaussian 펄스는 f=0일 때, TDMG 펄스는 f = a<sup>2</sup>T<sub>d</sub>일 때, 스펙트럼이 최대이다. 즉 TDMG 펄스가 같은 환경에서 중심주파수가 높은 주파수로 a<sup>2</sup>T<sub>d</sub>만큼 이동하였다.

또 스펙트럼 성분을 비교하기 위해 f=0일 때 스펙트럼을 보면 다음과 같다.

$$G(0) = 1, \quad G_{TDM}(0) = \frac{a}{\sqrt{2}} \exp\left\{-\frac{\pi a^2 m^2}{2}\right\} \quad (9)$$

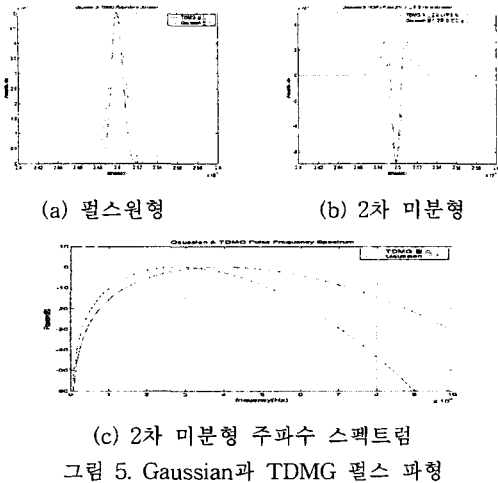
Gaussian 펄스는 일정한 값을 갖는데 반해 TDMG 펄스는 변수에 따라 전력을 조절할 수 있다. 또 식 (9)와 같은 저주파에서의 스펙트럼은 미분파형을 사용하므로써 제거할 수 있다.

#### 제 4 장 Simulation 및 고찰

본 논문에서 제안한 TDMG 펄스를 컴퓨터 모의실험을 통해 성능측정을 하였다.

Gaussian 펄스와 TDMG 펄스를 모델링하였다. Gaussian 펄스는 duty cycle 1% 이내로 하는 UWB 기준에 맞도록 한 주기가 50ns이고, 펄스폭을 0.5ns로 모델링 하였다. TDMG 펄스는 한 주기는 50ns이고, 0.5ns의 폭을 갖는 Gaussian 펄스 두 개를 발생시켜 0.1ns의 시간지연을 주어 합성시켰다. 이와 같이 모델링 한 두 개의 펄스를 UWB 전송조건에 맞도록 2차 미분하였을 때의 성능을 실험하였다. 이 때의 시간영역과 주파수영역에서의 파형은 그림 5와 같다.

그림 5의 (a)는 Gaussian 펄스와 TDMG 펄스를 시간영역에서 도시한 것이다. (b)는 두 펄스의 2차 미분파형이다.



여기서 볼 수 있듯이 같은 0.5ns의 폭을 갖는 Gaussian 펄스를 사용하였으나 일반 Gaussian 펄스보다 TDMA 펄스가 펄스폭이 짧은 것을 확인할 수 있었다. 또 (b)의 펄스를 주파수 영역에서 도시하면 (c)와 같다. (c)에 따르면 Gaussian 펄스는 중심주파수가 2.3GHz이고, TDMG 펄스는 중심주파수가 4GHz로 이동한 것을 확인할 수 있었다. 또한 3GHz 이하에서 스펙트럼 성분이 Gaussian 펄스보다 TDMG 펄스가 약 5dB 정도 감소되었다.

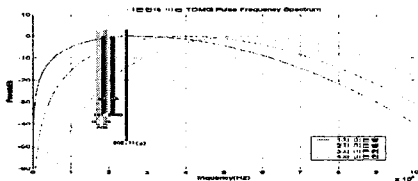


그림 6은 미분차수에 따른 TDMG 펄스의 주파수 스펙트럼을 도시하였고, 기존 무선 통신 서비스의 사용 주파수대역을 표시하였다. 미분차수가 증가할수록 중심주파수가 높은 주파수로 이동하고, 저 주파수에서의 전력이 감소하므로 기존 무선 통신 기기와의 상호간섭이 감소하는 것을 볼 수 있다. 특히 4차 미분형인 경우 2GHz 영역에서 전력이 -20dB이므로 타 시스템의 간섭이 거의 없다. 그리고 펄스의 미분은 전송시스템 설계시 그림 4에서와 같이 첨가되어 있으며, 안테나 내부의 미분회로에 의해 쉽게 발생이 가능하다.

제 5 장 결 론

무선 통신 기술이 발달함에 따라 최근에는 멀티미디어

서비스에 대한 요구가 급증되고 있다. 이와 같은 요구조건을 충족하기 위해 대두된 UWB 기술은 임펄스를 이용하여 무반송파로 데이터를 전송하므로 저전력으로 고속지원이 가능하며, 시스템이 간단하다. 그러나 기존의 타 무선 통신기기와의 간섭문제가 제기되었다. 해결방안은 중심주파수를 높은 주파수대역으로 이동시켜 타 시스템에서 사용하는 2GHz 이하 대역에서의 신호성분을 감소시킬 수 있도록 짧은 폭의 펄스를 발생해야 한다. 그러나 ns 이하의 폭을 갖는 펄스를 발생하는 기술은 구현도 어렵고, 이를 지원하는 filter와 같은 주변단의 기술도 부족하다. 그러므로 본 논문에서는 펄스폭을 감소없이 기존의 Gaussian 펄스를 이용하여 시간차이를 두고 합성하는 TDMG 펄스를 제안하였다.

TDMG 펄스는 변조된 신호를 이용하여 Gaussian 펄스를 두 개 발생하여 시간차이를 두고 합성함으로써 짧은 폭을 갖는 새로운 펄스를 발생시키는 기술로 구현도 용이하고, 시간지연에 따라 펄스폭 조절을 유동적으로 변경할 수 있다.

TDMG 펄스를 전송환경에 맞도록 모델링하여 같은 주기와 펄스폭을 갖는 Gaussian 펄스와 비교한 결과, 단일 Gaussian 펄스보다 TDMG 펄스의 중심 주파수가 고주파수 대역으로 이동하였고, 2GHz 이하에서의 스펙트럼도 약 5dB 가량 감소하였다. 또 TDMA 펄스를 미분을 거듭함에 따라 미분차수를 증가할수록 기존 무선 통신 시스템과의 상호간섭이 줄일 수 있었다.

본 논문에서 제안한 TDMG 펄스는 UWB 시스템 설계시 타 시스템과의 간섭을 최소화하여, 보다 안정적인 시스템 구현에 기여할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Matti Hamalainen, Raffaello Tesi, Jari Iinatti, "On the UWB system performance studies in AWGN channel with interference in UMTS band," IEEE Conference on Ultra Wideband Systems And Technologies, 2002
- [2] Time Domain, "PulsOn Technology Overview", July, 2001
- [3] Matti Hamalainen, Raffaello Tesi, Jari Iinatti, "Performance Comparison Between Various UWB Signals in AWGN Channel in Presence of Multitone Interference at the GSM Downlink Band", 2002.
- [4] James D. Taylor, "Introduction to Ultra-Wideband radar systems", CRC PRESS, 1995.