

UWB 시스템을 위한 TDMG 펄스 발생기의 설계

박진환, 배백근, 고영은, 방성일
단국대학교 전자정보통신공학과
전화 : 02-709-2827 / 핸드폰 : 011-737-3495

Design of the TDMG pulse generator for ultra-wideband systems

Jin-Hwan Park, Bag Geun Bae, Young Eun Ko, Sung Il Bang
Dept. of Information & Communication Engineering, Dankook University
E-mail : jinyhwany@nsgrace.org

Abstract

This paper has been designed the TDMG(Time Delay Multiple Gaussian) pulse generator for UWB systems and analyzed the characteristics of UWB impulse. Composite two equal Gaussian pulses in a difference time lag, and then investigated TDMG pulse and modeled mathematically. Designed the TDMG pulse generator by ADS(Advanced Design System) to embody by using actual element with such mathematical model.

As well as, this paper finally proved an excellence of the TDMG pulse generator by performing analysis through simulation.

I. 서론

Ultra-wideband 통신기술은 고용량 정보의 고속전송을 요구하는 멀티미디어 Home Networking에 가장 적합한 기술이며, 매우 짧은 폭의 펄스를 이용하므로 수 cm 이내의 정확성을 갖는 위치추적 또한 가능하다[1]. 따라서 대량의 멀티미디어 정보의 고속 전송과 정확한 위치 인식 능력을 동시에 제공하는 UWB 통신 시스템은 유비쿼터스 시대를 한 단계 앞당길 것으로 예상된다. 특히 미국 FCC에서 UWB 통신기술을 상업적으로 허용한 이후로 IEEE 802.13.3a에서는 대량의 정보를 고

속으로 처리할 수 있는 가장 유망한 기술로 판단하여 그 표준화를 진행시키고 있어, UWB 무선기술은 아직도 많은 연구가 필요한 무선통신의 한 분야이다.

본 논문은 UWB 시스템을 위한 TDMG(Time Delay Multiple Gaussian) 펄스 발생기의 설계로서, UWB 임펄스의 특성에 대하여 분석하고, 동일한 두 개의 Gaussian 펄스를 시간차이를 두고 합성하여 얻은 TDMG 펄스를 고찰하여 수학적으로 모델링 하였다. 이와 같은 수학적 모델을 바탕으로 실제 소자를 사용하여 구현하기 위해 Agilent사의 ADS(Advanced Design System)로 TDMG 펄스 발생기를 설계 하였으며, 시뮬레이션을 통한 성능분석으로 TDMG 펄스 발생기의 우수성을 증명하였다.

II. 단일밴드 UWB 시스템

2.1 단일밴드 UWB 시스템의 송수신기 구조

3.1~10.6GHz의 광대역을 이용하여 신호를 전송하는 UWB는 크게 초고속의 멀티밴드 UWB와 상대적으로 저속이지만 반송파를 사용하지 않기에 그 구조가 간단한 단일밴드 UWB로 구분된다. 단일밴드 UWB의 송수신기는 전력증폭기를 포함하고 있지 않기 때문에 전송된 펄스는 펄스 발생기에 의해 요구전력이 발생되고, 수신기는 펄스 발전기와 상관기 없이 multiplier로 그대로 옮겨가는 특징을 볼 수 있다[2]. 이와 같이 반송파 없이 광대역에서 낮은 전력으로 통신하는 간단한 구조의 UWB 송수신기의 블록도는 그림 1과 같다.

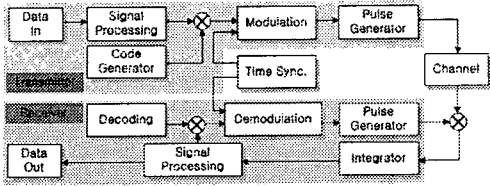


그림 1. 단일 밴드 UWB 송수신기

2.2 단일밴드 UWB 시스템의 임펄스

임펄스는 펄스폭과 주파수를 변조하여 순간적인 에너지를 펄스 주변에 널림 현상 없이 방사시킨다. 단일 밴드 UWB용 임펄스는 duty cycle이 1% 이내의 임펄스로 타 무선통신시스템에 비해 낮은 평균전력을 갖는다. 그러므로 펄스 반복 주기, 펄스폭, 펄스 크기에 설계의 주요 관점을 둔다[3]. UWB 시스템용으로 가장 대표적인 임펄스는 Gaussian Monocycle 형으로 그림 2와 그림 3과 같다[4].

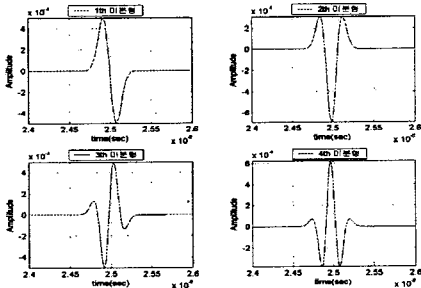


그림 2. 시간영역에서의 미분차수에 따른 Gaussian 펄스파형

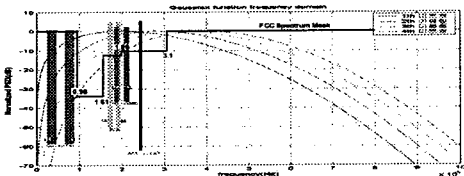


그림 3. 주파수영역에서의 미분차수에 따른 정규화된 전력 스펙트럼

그림 2에서 보는 바와 같이 Gaussian 펄스의 미분차수가 증가하면 펄스폭은 유지되지만, 펄스의 굴곡은 증가함을 알 수 있으며, 그림 3에서는 미분차수가 증가할수록 중심주파수가 높은 주파수로 이동하고, 낮은 주파수에서의 DC offset 성분이 감소하는 특성을 볼 수 있다[4]. 그러나 그림 3에 표시한 FCC spectrum mask

에는 만족하지 않으므로 미분차수를 크게 증가시키거나 펄스폭을 줄여서 주파수 특성을 조절해야 한다.

현재 UWB의 전송 펄스로 제안된 Gaussian mono 펄스는 펄스폭을 ns단위로 제한하여 초 광대역으로 신호를 전송하므로 펄스 발생기의 구조가 복잡하다. 이에 따라서 본 논문은 펄스폭을 감쇄시키는 기술을 이용하지 않고, 시간지연만을 이용하여 펄스폭이 감소하는 효과를 갖는 TDMG 펄스 발생기의 구조를 고찰하여 모델링 하였다.

III. TDMG 펄스 발생기의 설계

3.1 TDMG 펄스 발생기 모델

TDMG 펄스 발생기기술은 상대적으로 넓은 펄스폭의 동일한 두 개의 Gaussian 펄스를 지연시간만 조절하여 새로운 임펄스를 발생시키는 기술이다. 즉, 펄스폭을 줄이는 기술대신 시간지연의 조절만으로 ns 단위의 폭을 갖는 펄스를 발생시키는 것이다. TDMG 펄스 발생 기술에 대한 개념은 그림 4와 같다.

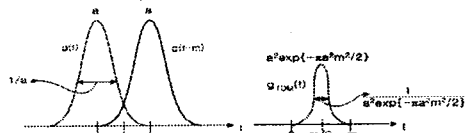


그림 4 TDMG 펄스모델

그림 4에서 보는 바와 같이 시간지연을 조절하여 펄스폭을 유동적으로 결정할 수 있고, 구현이 용이하며, 또한 전력도 낮추는 효과를 얻을 수 있다.

3.2 TDMG 펄스 발생기 구조

모델링한 TDMG 펄스 발생기의 구조는 그림 5와 같다.

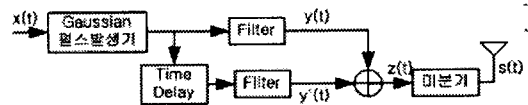


그림 5. TDMG 펄스 발생기 구조

그림 5와 같은 TDMG 펄스 발생기를 수학적으로 모델링하면 다음과 같다.

TDMG 펄스 발생기의 입력신호는 UWB 시스템의 전송데이터로써 다음과 같다.

$$x(t) = \sum_k \delta(t - T - kT_f - b_n T_m) \quad (1)$$

단일밴드 UWB 시스템은 전송 데이터에 따라 펄스 위치를 변조하므로 $x(t)$ 는 정보 심볼 b_m , 펄스 주기 T 와 Frame k , 한 주기내의 펄스 발생 위치 T_f 의 정보를 가진다. UWB 전송데이터, $x(t)$ 는 Gaussian 펄스 발생기를 통해 발생한 펄스를 필터를 통해 정형화시킨 다음, TDMG 펄스를 생성하기 위하여 일정한 시간지연 과정을 거치게 되며, TDMG 발생기의 각 경로의 펄스는 다음과 같다.

$$y(t) = g(t - T - kT_f - b_n T_m) \quad (2)$$

$$y'(t) = y(t - T_d) = g(t - T - kT_f - b_n T_m - T_d) \quad (3)$$

여기서 $g(t)$ 는 일반적인 Gaussian 펄스이다.

식 (2)와 (3)에서 보는 바와 같이 Gaussian 펄스와 T_d 만큼 시간지연을 갖는 Gaussian 펄스를 합성한 TDMG 펄스 형태는 다음과 같다.

$$z(t) = y(t) \times y'(t) = y(t) \times y(t - T_d) \quad (4)$$

이상의 방법으로 발생시킨 TDMG 펄스 파형 $z(t)$ 는 낮은 주파수에서의 DC offset 성분을 갖는데, 이를 제거하기 위해 $z(t)$ 를 미분하여 송신하게 된다. TDMG 펄스를 n 차 미분기를 통하여 전송할 경우 $s(t)$ 는 다음과 같다.

$$s(t) = \frac{d^n z(t)}{dt^n} \quad (5)$$

UWB 시스템용으로 제안된 Gaussian 펄스와 본 논문에서 제안한 TDMG 펄스의 스펙트럼을 분석하기 위하여 주파수 영역에서 전개하면 각각 다음과 같다.

$$G(f) = F\left\{\frac{d^n g(t)}{dt^n}\right\} = (j2\pi f)^n \cdot \exp\left\{-\frac{\pi}{a^2} f^2\right\} \quad (6)$$

$$G_{TDM}(f) = F\{s(t)\} = F\left\{\frac{d^n z(t)}{dt^n}\right\} \quad (7)$$

두 펄스를 동일한 조건에서 비교하면 일반 Gaussian

펄스에 비해 TDMG 펄스의 중심주파수가, $a^2 T_d$ 만큼 높은 주파수로 이동하였음을 알 수 있다.

IV. TDMG 펄스 발생기의 시뮬레이션 결과 분석 및 고찰

TDMG 펄스 발생기의 설계를 위해 TDMG 펄스 발생기 모델을 ADS로 설계하였고, 그 특성을 컴퓨터 시뮬레이션으로 검증하였다. TDMG 펄스 발생기는 2ns의 Gaussian 펄스를 지연시간으로 조절할 수 있도록 하였으며, 시간 지연기와 multiplier에서의 손실을 막기 위해 임펄스단과 매칭회로를 설계 하였다.

설계구조는 그림 6과 같고, 펄스 특성의 시뮬레이션 결과는 그림 7, 8, 9와 같다.

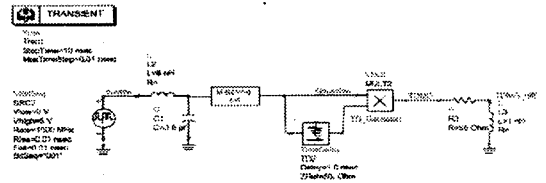


그림 6. TDMG 펄스 발생기의 설계

그림 7에서 보는 바와 같이 2ns의 Gaussian 펄스를 1ns의 시간지연을 두어 합성함으로써 그림 8과 같은 1ns의 임펄스, 즉 TDMG 펄스가 발생되는 것을 확인할 수 있었다.

이렇게 발생한 TDMG 펄스는 낮은 주파수 영역에서 DC offset 성분이 존재하기 때문에 이 성분을 제거하기 위해 미분기를 거칠 경우 그림 9와 같은 TDMG 펄스 파형을 얻을 수 있다.

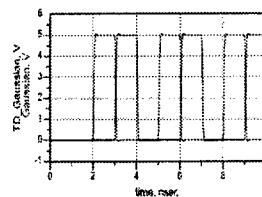


그림 7. Gaussian과 TD-Gaussian 펄스

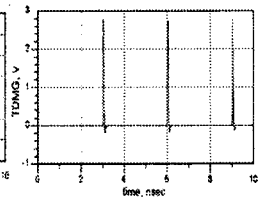


그림 8. TDMG 펄스

이와 같은 결과로 실제 소자로 설계된 TDMG 펄스 발생기가 3장에서 수학적 모델 특성을 만족하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이론적으로 Gaussian 펄스는 무한대까지 작은 값들이 존재하고 있으므로, 시간 지연된 두 Gaussian 펄스를 합성하기에 앞서 대역통과

필터를 통과시켜 대역제한을 한다면 정확한 펄스폭을 갖는 TDMG 펄스 발생이 가능하게 된다.

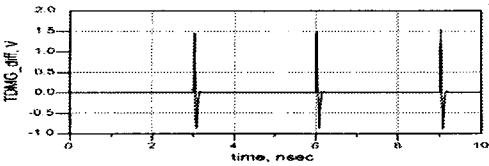


그림 9. 1차 미분된 TDMG 펄스

이와 같은 결과를 토대로 TDMG 펄스 발생기의 성능을 평가하기 위해 지연시간에 따른 전파특성을 분석하였다. 실험은 지연시간을 0.05ns단위로 변화시킨 large scale과 0.01ns 단위로 변화시킨 small scale로 하였다. Large scale의 결과를 통해 우수한 조건을 찾고, small scale을 통해서는 설계한 구조에서 가장 적합한 지연시간을 도출하였다. 정규화된 실험 결과는 그림 10과 그림 11과 같다.

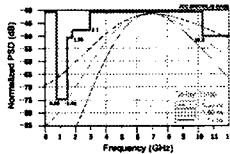
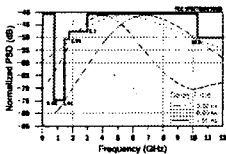


그림 10. Large Scale

그림 11. Small Scale

그림에서 보는 바와 같이 지연시간이 증가할수록 주파수 특성이 우수하였고, 전력도 감소하였다. 그림 10의 large scale 실험을 통해 1ns 이상의 지연시간이 적합함을 알 수 있었다. 또한 small scale을 적용한 경우 그림 11에서와 같이 지연시간이 증가할수록 우수한 특성을 볼 수 있었으며, 미세한 지연시간 변화에 민감하다는 것을 확인할 수 있었다. 다시 말하면 실제 소자로 설계한 TDMG 펄스 발생기는 수학적 모델의 특성과 일치하며, 지연시간을 증가시키면 특성이 우수한 것을 확인하였고, large scale과 small scale을 적용하여 최상의 특성을 갖는 지연시간을 찾을 수 있었다.

V. 결론

최근 고용량 정보의 고속전송을 요구하는 멀티미디어 Home Networking에 가장 적합한 기술인 UWB 시스템이 제안되었다. 반송파 없이 임펄스를 이용하여 신호를 전송하는 단일밴드 UWB 시스템은 ns이하의 폭을 갖는 펄스발생기의 구현뿐만 아니라 필터와 같은 주변회로의 설계와 같은 매우 높은 기술력이 요구되는 매우 중요한 과제이다.

본 논문은 펄스폭의 감소 없이 기존 Gaussian 펄스를 이용하여 시간지연을 두고 합성하는 TDMG 펄스 발생기 구조를 고찰하고, 수학적으로 모델링 하였다. 이를 토대로 TDMG 펄스 발생기의 실제 소자를 사용하여 설계한 ADS로 실험하였다. 실험 결과 실제 소자로 설계한 TDMG 펄스 발생기의 특성이 수학적 모델과 일치함을 확인할 수 있었고, 지연시간 증가에 따라 펄스폭이 감소하는 효과를 얻어 주파수 특성을 개선시킬 수 있었으며, 평균전력도 감소하는 것을 확인 하였다. 즉, 2ns의 Gaussian 펄스로 지연시간을 조절하여 FCC spectrum mask를 만족하는 펄스를 발생시킬 수 있음을 증명하였다.

본 논문에서 구현한 TDMG 펄스 발생기술은 간단한 기술로 우수한 주파수 특성을 갖고, 타 통신 시스템과의 간섭을 최소화시켜 보다 안정적인 시스템 구현에 기여할 것으로 사료되며, 향후 지연시간을 증가할 때 발생하는 전력감소 문제를 보상해 줄 수 있는 연구가 계속 되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] IEEE Std 802.15.1-2002 IEEE Std 802.15.1 IEEE Standard for Information technology- Telecommunications and information exchange between systems- Local and metropolitan area networks- Specific requirements Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)
- [2] Kazimierz SIWIAK, "Ultra-Wide Band Radio : Introducing a New Technology", Invited Plenary Paper, Conferece Proceedings of the IEEE VTC-2001, Rhodes, Greece, May6-9, May 2001
- [3] 유동욱, "UWB 신호발생기 기술동향", 한국전자전파학회, Vol.13, No.3, 2002.7.pp.9-23
- [4] Matti Hamalainen, Raffaello Tesi, Jari Linatti, "Performance Comparison Between Various UWB Signals in AWGN Channel in Presence of Multitone Interference at the GSM Downlink Band", 2002.