

# DS-UWB를 위한 고차 미분 가우시안 펄스 생성기의 소형화와 구현

## Implementation and miniaturization of High Order Derivative Gaussian Pulse Generator for DS-UWB

金東昊\*, 方景楠\*, 朴鍾大\*

Dong-Ho Kim\*, Gyeong-Nam Bang\*, Chong-Dae Park\*

### Abstract

In this paper, High order derivative Gaussian pulse generator for DS-UWB communication satisfying the regulation of FCC was proposed and fabricated. In order to transform rectangular signal of 100Mbps to a Gaussian pulse, the fabricated Gaussian pulse generator consists of only two SRD. The output pulse had the widths of 330 psec and amplitudes of 920 mV. In addition, the designed and fabricated dual bandpass filter shows high order derivate characteristics by using micro-strip line and parallel stub to remove WLAN band. We generated the 13th Gaussian pulse restricted frequency spectrum of WLAN band more than -25dB. The pulse had pulse width of 1 nsec and amplitude of 25 mV.

### 요 약

본 논문에서는 FCC 규격을 만족하는 DS-UWB 통신을 위한 고차미분 가우시안 펄스 생성기를 제안하고, 이를 실험적으로 구현하였다. 100Mbps의 구형파를 가우시안 펄스로 변환하기 위해 두개의 SRD만을 이용한 가우시안 펄스 발생기를 제작하였다. 출력된 펄스는 330 psec의 펄스폭과 920 mV의 크기를 가진다. 또한 WLAN 대역을 제거하기 위해 마이크로스트립 라인과 병렬 스텐더브를 이용한 고차미분의 특성을 가지는 이중 대역통과 필터를 설계 및 제작하였다. 최종적으로 WLAN 대역을 -25dB 이상 억제율 하고, 시간축 상에서 1 nsec의 펄스폭과 25 mV의 크기를 가지는 13차 가우시안 펄스를 출력하였다.

Keywords : DS-UWB, SRD, Gaussian pulse, Dual Bandpass Filter

### 1. 서 론

최근 들어 고속의 데이터 전송의 필요성이 부각됨에 따라 Ultra-wideband(UWB) 기술은 이에 맞춰 새로운 장래성 있는 센서, 레이더, 의료 분야, 무선 통신 분야 등에 맞춰 새롭게 재개발되고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 UWB 시

\* 명지대학교 전자공학과

(Dept. of Electronics, Myongji University)

스템은 다른 무선 시스템과 주파수를 공유하는 방식으로 그동안 Gaussian Pulse, Gaussian monocycle<sup>[2]</sup>, Rayleigh monocycle<sup>[3]</sup>, Modified Hermite Polynomial Orthogonal(MHPO) monocycle<sup>[4]</sup>등과 같은 펄스를 사용하는 방식이 제안되었다. 그러나 이러한 방식들은 5 GHz의 wireless LAN(WLAN) 대역을 포함하고 있기 때문에 기존 무선 시스템과 간섭을 발생시키고, 따라서 제안된 펄스들을 이용한 UWB 통신은 불가능하다. 이러한 주파수 간섭을 해결하기 위해 고차 미분 가우

接受日:2006年 6月 30日, 修正完了日: 2006年 12月 11日

시안 펄스를 사용하는 방법이 제안되었다<sup>[5][6]</sup>.

## II. 가우시안 펄스 발생기

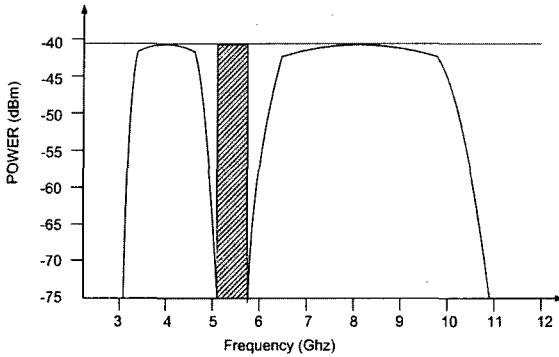


그림 1. DS\_UWB 시스템의 방사전력을 만족하는 FCC 스펙트럼 마스크

Fig. 1. FCC spectral mask to limit the radiation power of DS-UWB system

본 논문에서는 그림 1과 같이 WLAN 대역인 5.1 GHz ~ 5.8 GHz 대역을 제외한 3.1 GHz ~ 10.6 GHz의 대역을 가지는 Direct-Sequence UWB (DS-UWB) 시스템을 기존의 연구<sup>[7]</sup>보다 소형화 및 성능을 향상시킨 고차미분 가우시안 펄스 생성기를 제안하고 구현하였다.

본 논문에서 제안하고 구성한 DS-UWB를 위한 고차미분 가우시안 펄스 발생기의 구조는 그림 2와 같이 FPGA를 이용한 단극형 TTL 디지털 펄스 발생기, SRD를 이용한 가우시안 펄스 발생기 및 마이크로스트립 라인과 병렬 스텐브로 이루어진 고차미분의 특성을 가지는 이중 대역통과 필터로 되어있다.

II장에서는 SRD를 이용한 가우시안 펄스 발생기에 대해 설명을 하고, III장에서는 마이크로스트립 라인과 병렬 스텐브로 이루어진 고차미분 이중 대역통과 필터에 대해 설명하고, IV장에서는 최종 출력된 고차미분 가우시안 펄스에 대해 분석하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

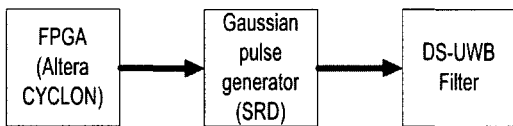
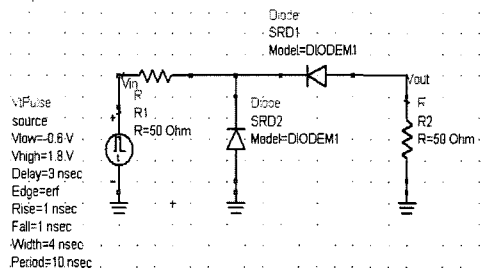


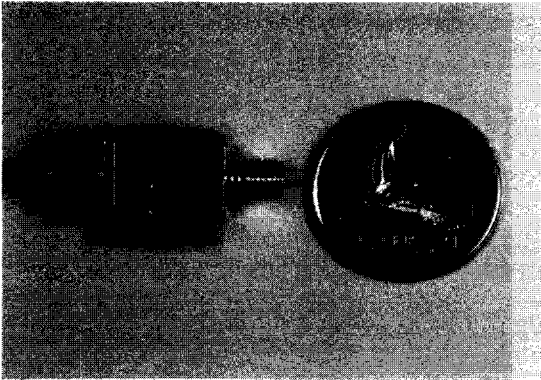
그림 2. 고차미분 가우시안 펄스 발생기 구조

Fig. 2. Structure of high order derivative gaussian pulse generator

가우시안 펄스 발생기의 입력 신호는 FPGA를 사용하여 2.4V<sub>p-p</sub>의 크기에 상승과 하강 시간이 1 nsec인 100 Mbps의 구형파를 사용하였다. 그림 3(a)는 본 논문에서 제안한 가우시안 펄스 발생기의 회로도로서 두개의 Step Recovery Diode(SRD)만을 사용하여 가우시안 펄스 발생기를 구현하였다. 사용한 SRD는 Metelics 사의 MMD-840을 이용하였고, 시뮬레이션 툴인 ADS (Advanced Design System)를 사용하였다<sup>[8]</sup>. 가우시안 펄스 생성기에 입력 신호가 들어오면 그림 3(a)의 병렬로 연결된 SRD2에는 역방향 바이어스 동안 전하가 충전되게 되며, 순방향 바이어스로 변할 때 전하를 방전하게 된다. 이때 SRD1에는 SRD2에 의해 방전된 전압이 같이 입력되게 되어 실제 입력된 주기 신호보다 긴 신호가 입력되게 되며, 충전된 전하의 양이 적기 때문에 약 1 nsec에 해당하는 임펄스를 발생시킬 수 있다. 그림 3(b)는 제안한 회로도를 이용하여 제작한 펄스 발생기이다. 제작에 사용한 기판의 유전율은 4.4이고 두께 0.4 mm인 에폭시 기판 FR4이며, 필터의 전체 크기는 10mm × 10mm이다.



(a)

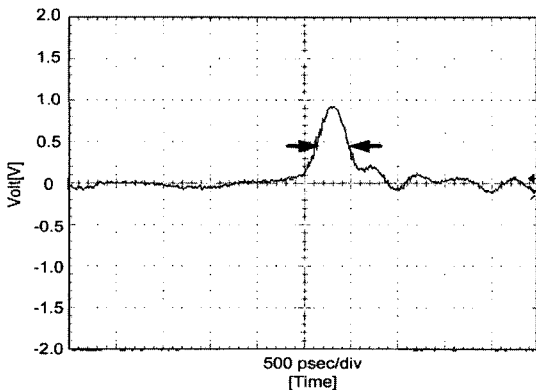


(b)

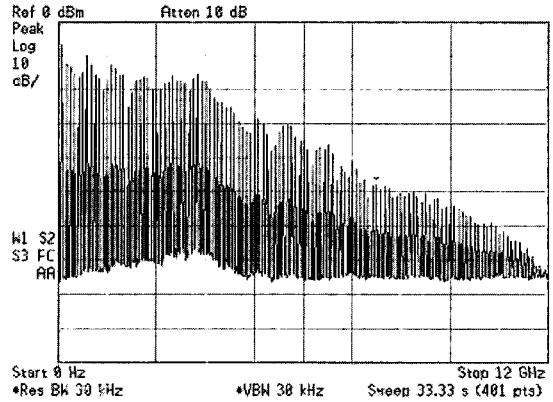
그림 3. 가우시안 펄스 발생기; (a) 제안된 회로도 (b) 제작된 펄스 발생기

Fig. 3. gaussian pulse generator; (a) Proposed schematic circuit diagram (b) Fabricated Gaussian pulse generator

병렬 구조의 SRD 회로를 통해 생성된 펄스는 그림 4(a)와 같이 펄스 크기는 920 mV에 반치 선폭은 330psec로 Tektronix TDS784A Oscilloscope로 측정하였다. 그림 4(b)는 생성된 가우시안 펄스의 주파수 스펙트럼으로 Agilent E4408B Spectrum Analyzer로 측정하였다. 가우시안 펄스의 주파수 스펙트럼은 DC 부분에서 파워가 약 -15 dBm 정도로 3.6 GHz까지는 파워가 유지되는 특성을 보이고 있다. 이후 주파수가 올라갈수록 서서히 감소하여 11 GHz에서 -60 dBm 정도의 파워를 보이고 있다.



(a)



(b)

그림 4. 가우시안 펄스 발생기 출력; (a) 가우시안 펄스 출력 파형 (b) 가우시안 펄스의 주파수 스펙트럼

Fig. 4. Measured output of gaussian pulse generator; (a) Gaussian pulse output waveform (b) Frequency spectrum of Gaussian pulse

### III. DS-UWB를 위한 이중 대역통과 필터

FCC에서는 UWB 대역을 3.1 GHz ~ 10.6 GHz 대역으로 설정하고 있으며, 방사 전력 스펙트럼 밀도를 -41.3 dBm/MHz 로 제한하고 있다. 그러나 기존 주파수와와의 간섭을 피하기 위해 WLAN 대역인 5.1 GHz ~ 5.8 GHz 대역은 피해야 하므로, 이를 저지하는 필터가 필요하다. 본 논문에서는 그림 5와 같이 마이크로스트립 선로를 이용한 저역통과 필터와 병렬 스테브를 이용한 대역저지 필터를 이용하여 UWB 대역 중 WLAN 대역을 억제한 이중 대역통과 필터를 제안하고 설계하였다<sup>[9]</sup>. 마이크로스트립 선로와 병렬 스테브는 구조가 간단하고 삽입손실이 낮은 장점을 가지고 있다.

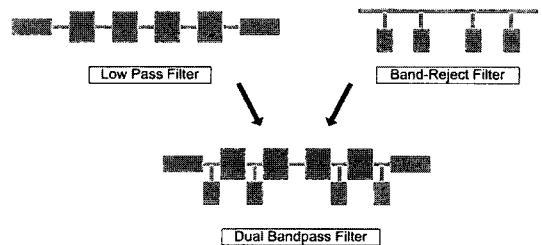


그림 5. 혼합형 이중 대역통과 필터 제안

Fig. 5. Proposed composite Dual Bandpass Filter

통합하여 설계한 이중 대역통과 필터의 구조는 그림 6과 같고, 표 1은 이중 대역통과 필터의 설계 파라미터 값을 나타내고 있다. 필터의 구조를 보면 대역통과 특성을 갖는 마이크로스트립 선로를 중심으로 대역저지 특성을 갖는 10개의 병렬 스텐더브가 양쪽으로 대칭 구조로 설계되어 있음을 확인할 수 있다.

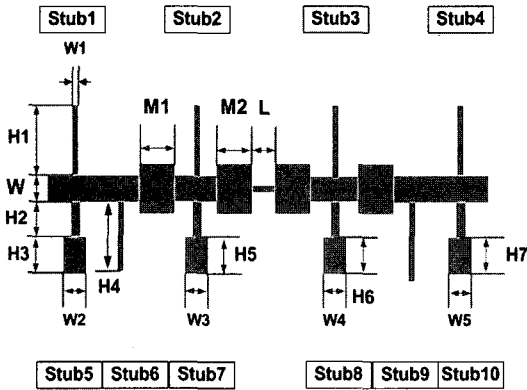


그림 6 설계된 이중 대역통과 필터의 구조  
Fig. 6 Geometry of the designed dual bandpass filter

표 1. 이중 대역통과 필터의 설계 파라미터 값  
Table 1. Parameters of the designed dual bandpass filter  
(단위 : mm)

$M_1$	$M_2$	L	W	W1	W2	W3	W4
1.5	2	2	2	0.3	2.97	1.35	2
W5	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
3	6.6	3.5	9.4	7.4	10	8.46	9.65

필터의 특성을 확인하기 위해 시뮬레이션 툴인 ADS를 사용하였다. 그림 6의 10개의 병렬 스텐더브에서 Stub1부터 Stub4까지는 3.1 GHz 이하와 10.6 GHz 이상의 대역을 저지하는 특성을 가지고, Stub5 부터 Stub10 은 WLAN 대역을 저지하는 특성을 가지고 있다. 그림 7은 시뮬레이션 결과이다. 하위 대역은 3.1 GHz ~ 4.9 GHz 까지 -2 dB 이상의  $S_{21}$ 과 -9.5 dB

이하의  $S_{11}$ 을 가진다. 상위 대역은 6.1 GHz ~ 10.5 GHz 까지 -1.5 dB 이상의  $S_{21}$ 과 -10 dB 이하의  $S_{11}$  값을 가진다. 이는 FCC에서 규정한 DS-UWB의 주파수 대역을 만족한다.

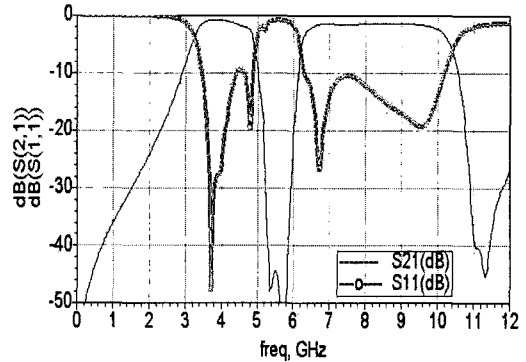


그림 7 이중 대역통과 필터의 시뮬레이션 결과  
Fig. 7 Simulation result of dual bandpass filter

그림 8은 Agilent사의 40 GHz 대역폭의 네트워크 분석기 8722ES로  $S_{21}$ 과  $S_{11}$ 을 측정된 결과이다. 측정된 값은 시뮬레이션 값에 대체로 일치하였다.  $S_{11}$ 을 보면 상위 대역은 -10 dB 이하이고, 하위 대역 역시 -9 dB 이하이다. 그리고  $S_{21}$ 은 리플이 0.2 dB 이하이며, 통과 대역은 하위 대역이 3.04 GHz ~ 4.7 GHz이고, 상위 대역이 5.9 GHz ~ 10.6 GHz로 하위대역이 약간 이동하였다. 그리고, WLAN 대역의 저지 특성은 -25 dB 이하의 감쇄율을 보였다. 측정된 값과 시뮬레이션 값을 비교해 보면 측정값의 WLAN 대역이 시뮬레이션 보다 넓게 되어 결과적으로 하위 대역 대역폭이 왼쪽으로 쉬프트 되었는데, 이는 5번과 10번 스텐더브의 폭과 길이가 시뮬레이션보다 길게 제작되었기 때문으로 판단이 된다.

그림 9는 본 논문에서 제안하여 설계한 회로를 이용하여 실제 제작한 필터이다. 제작에 사용한 기판은 유전율 4.4에 두께 0.8 mm인 에폭시 기판 FR4를 사용하였으며, 크기는 30 mm × 30 mm로 제작되었다.

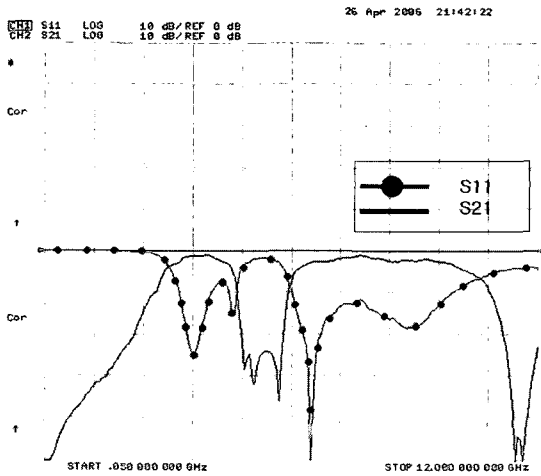


그림 8 이중 대역통과 필터의 측정 결과  
Fig. 8 Measure result of dual bandpass filter

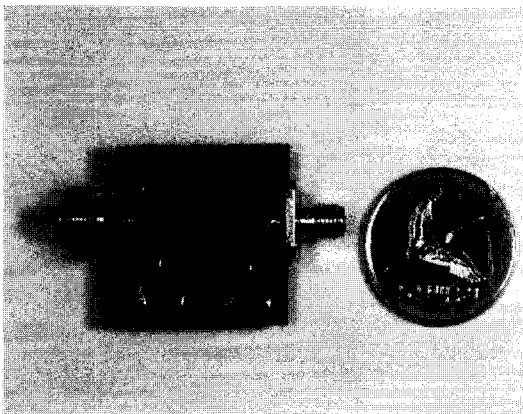


그림 9 제작된 이중 대역통과 필터  
Fig. 9 Fabricated dual bandpass filter

#### IV. 고차미분 가우시안 펄스 발생기

그림3의 가우시안 펄스 발생기의 출력을 그림9의 고차미분 특성을 가지는 이중 대역통과 필터를 통과한 결과가 그림 10에 나타내었다. 그림10은 Agilent Infiniium DCA 86100A Wide-Bandwidth Oscilloscope로 측정한 최종 출력된 13차 가우시안 펄스 파형이다. 생성된 펄스의 폭은 약 1 nsec에 크기는 약 25mVp-p로 측정되었다.

생성된 펄스의 주파수 스펙트럼 특성이 FCC의 방사

제한을 만족하는지 알아 보기위해 Agilent사의 E4408B 스펙트럼 분석기를 사용하여 측정하였다. 그림 11은 본 논문에서 제안한 새로운 고차미분 가우시안 펄스의 주파수 스펙트럼 특성으로 전체적으로 -41.3dBm/MHz 이하의 파워를 보이며, WLAN 대역을 -25dB 이상 효과적으로 저지하고 FCC에서 규정하고 있는 DS-UWB 대역을 만족함을 확인 하였다.

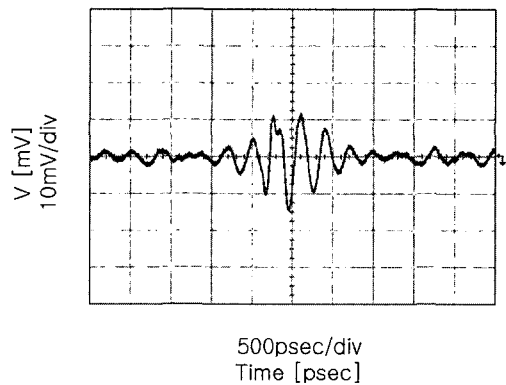


그림 10. 시간축상에서 측정된 고차미분 가우시안 펄스  
Fig. 10. Time domain measured data of high order derivative gaussian pulse

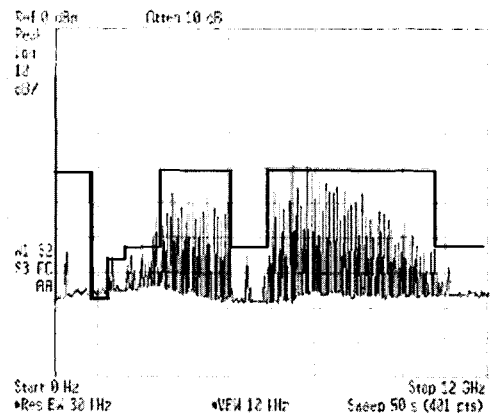


그림 11. 고차 미분 가우시안 펄스의 주파수 스펙트럼  
Fig. 11. Frequency spectrum measured results of high order derivative gaussian pulse

V. 결론

최근 근거리 무선 통신 서비스의 화두로 떠오르고 있는 UWB 통신 시스템은 다른 무선 시스템들과 주파수를 공유하는 방식으로 공유되는 주파수에서 FCC에서 규정한 방사 제한인 -41.3dBm/MHz를 지키지 못할 경우 다른 무선 시스템에 간섭을 일으키게 된다. 따라서 실내 무선 환경에서 UWB 시스템이 다른 무선 시스템들과 공존하기 위해서는 이러한 방사 전력 제한을 만족해야 하며, 본 논문에서는 FCC에서 규정한 방사 전력 제한 규정을 만족하는 DS-UWB용 고차 미분 가우시안 펄스 생성기를 제작하였다. 제작한 고차 미분 가우시안 펄스 생성기는 SRD를 이용한 가우시안 펄스 생성기와 WLAN 대역을 저지하며 고차 미분의 특성을 가지는 이중 대역통과 필터로 이루어져 있다. 가우시안 펄스 생성기는 두개의 SRD로만 구성되어 있어 기존의 가우시안 펄스 생성기<sup>[7]</sup>보다 저가격에 소형화되었다. 이중 대역저지 필터는 마이크로스트립 선로와 병렬 스테브를 혼합하여 설계하였으며, 기존의 필터<sup>[7]</sup>보다 60%이상 소형화 되었다. 또한 기존의 고차 미분 가우시안 펄스 생성기<sup>[7]</sup>에서는 출력된 고차미분 펄스 뒤에 약 800psec정도의 링잉현상이 발생하였으나, 본 논문에서 제안한 고차미분 가우시안 펄스 생성기는 이러한 링잉 현상을 제거함으로써 특성도 향상시켰다. 따라서 본 논문에서 제안한 고차 미분 가우시안 펄스 생성기는 기존의 고차미분 가우시안 펄스 생성기<sup>[6]</sup>보다 특성과 성능이 우수하고, 크기는 표 2와 같이 소형화되었다.

표 2. 기존 고차미분 가우시안 펄스 생성기와의 비교  
Table 2. Compare of existing and new.

	기존 펄스발생기	새로운 펄스발생기
가우시안펄스 발생기	30×28mm	10×10mm
고차미분필터	100×20mm	30×30mm

그리고 FCC의 방사 전력 제한 규정을 만족하며, 5 GHz 대역의 WLAN 대역을 효과적으로 억제하므로 실내 무선 환경에서 다른 무선 시스템들의 안정적인 동작을 보장 할 수 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] Mini Special Issue on Ultra-Wideband, *IEEE Trans Microwave Theory Tech* 52, 2004.
- [2] R. A. Scholtz, "Multiple Access with Time -Hopping Impulse Modulation," *Proc. MILCOM*, Oct. 1993.
- [3] J. T. Conroy, J. L. Locicero, and D. R. Ucci, "Communication techniques using monopulse waveforms," *Proc IEEE MILCOM'99*, vol.2, pp.1185-1191, 1999.
- [4] L. B. Michael, M. Ghavami, and R. Kohno, "Multiple Pulse Generator for Ultra-Wideband Communication using Hermite Polynomial Based Orthogonal Pulses," *IEEE Conference UWBST'02*, pp.47-50, 2002.
- [5] A. B. Parr, B. L. Cho, Z. Ding, "A New UWB Pulse Generator for FCC Spectral Masks," *Vehicular Technology Conference*, vol.3, pp.1664 -1666, April. 2003.
- [6] Z. N. Low, J. H. Cheong, C. L. Law, "Novel low cost higher order derivative Gaussian pulse generator circuit," *ICCC 2004, The 9th International conference*, pp.30-34, 2004.
- [7] 박종대, 김범주, 김동호, "WLAN 주파수 대역이 억제된 DS-UWB 임펄스 생성기 구현" *한국항공학회 논문지*, 10권, 제1호, pp.13-19, 2006. 3.
- [8] Metelics step recovery diode spice model, <http://www.metelics.com/spiceStepRecovery.html>
- [9] Ching-Luh Hus, Fu-Chieh Hus, Jen-Tsai Kuo, "Microstrip Bandpass Filters for Ultra-Wideband(UWB) Wireless Communications" *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, pp.679-682. 2005.

- [10] Jeongwoo Han, Cam Nguyen, "A New Ultra-Wideband, Ultra-Short Monocycle Pulse Generator With Reduced Ringing" *Microwave and Wireless Components letters*, pp.206-208, 2002

저 자 소 개

박 중 대 (정회원)



1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)  
 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)  
 1992년 12월 : Arizona State Univ. 전자공학과(공학박사)  
 1986년 9월 ~ 1987년 6월 : 한국통신 연구소(전임연구원)

1993년 1월 ~ 1996년 8월 : 한국통신연구소(선임연구원)  
 1996년 9월 ~ 현재 : 명지대학교 전자공학과 정교수

<주관심분야>

UWB, 광대역 수동/능동소자, RFIC, 마이크로웨이브 포토닉스

김 동 호 (학생회원)



2004년 8월 : 명지대학교 전자공학과(공학사)  
 2006년 8월 : 명지대학교 전자공학과(공학석사)  
 2006년 9월 ~ 현재 : 명지대학교 전자공학과 박사과정

<주관심분야>

UWB, 광대역 수동소자, LTCC

방 경 남 (학생회원)



2005년 8월 : 명지대학교 전자공학(공학사)  
 2005년 9월 ~ 현재 : 명지대학교 전자공학과 석사과정  
 <주관심분야>  
 능동소자, SOC, SDR