

# UWB 통신을 위한 변형된 접지 면을 갖는 평판형 모노폴 안테나

## Planar Monopole Antenna with Modified Ground Plane for UWB Communications

김현철 · 정진우 · 이현진\* · 임영석

Hyun-Chul Kim · Jin-Woo Jung · Hyeon-Jin Lee\* · Yeong-Seog Lim

### 요 약

본 논문에서는 UWB 통신을 위한 변형된 접지 면을 갖는 소형 평판형 모노폴 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 UWB 통신에 적합한 초광대역 특성(3.1~10.6 GHz)을 만족하면서, 5 GHz WLAN 대역(5.15~5.35 GHz, 5.470~5.825 GHz)에 주파수 대역 저지 특성을 갖는다. 제안된 안테나는 접지 면에 두 개의 슬릿을 통해 임피던스 정합 특성을 향상시켰으며, 슬릿의 중앙으로부터 저지 대역의  $\lambda/4$  길이를 갖는 두 개의 개방 스텐트를 형성하여 주파수 대역 저지 특성을 유도하였다. 제작된 안테나는 저지 대역인 5.08~5.83 GHz를 제외하고, 2.88~10.83 GHz 대역에서  $VSWR \leq 2$ 를 만족한다.

### Abstract

In this paper, we proposed the small planar monopole antenna with modified ground plane for UWB communications. The proposed antenna not only shows Ultra-Wideband characteristic(3.1~10.6 GHz) suitable for UWB communications but has partially notched-band characteristic to reject 5 GHz WLAN band(5.15~5.35 GHz, 5.470~5.825 GHz). The proposed antenna improved impedance matching through two slits on ground plane, and the rejection band was induced by two  $\lambda/4$  open stubs on center of two slits. Fabricated antenna satisfied  $VSWR \leq 2$  in 2.88~10.83 GHz except for the band rejection of 5.08~5.83 GHz.

Key words : UWB Antenna, Planar Monopole Antenna, Band Notched Characteristic, Modified Ground

### I. 서 론

2002년, FCC(Federal Communication Commission)의 UWB(Ultra-Wideband) 통신 규약의 완화로 UWB 통신 대역이 상업적 목적에 사용이 가능해짐에 따라 UWB 통신 시스템에 맞는 광대역 안테나의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다<sup>[1]</sup>. 그 중, 집적화가 쉽고 제작이 용이한 평판형 모노폴 안테나는 광

대역 특성과 전방향성 방사 패턴 특성으로 인하여 많은 UWB 안테나에 적용되어졌다<sup>[2]</sup>. 평판형 모노폴 안테나를 UWB 동작 대역(3.1~10.6 GHz)에 만족시키기 위한 대역폭 향상 방법과 동작 대역 내 임피던스 정합 특성을 향상시키는 방법으로 패치의 상단과 접지 중앙 윗부분에 사각 노치와 슬릿을 삽입하는 방법, 접지 면에 역 T자형 슬릿을 삽입하는 방법, 방사체의 아랫 부분에 사각 노치를 삽입하는 방법과

전남대학교 전자컴퓨터공학과(Department of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University)

\*동강대학 전기전자공학과(Department of Electronics and Information, DongKang College)

· 논문 번호 : 20100730-103

· 교신저자 : 임영석(e-mail : limys@chonnam.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 12월 27일

방사체의 뒷면에 기생 패치를 통한 방법들이 제안되어 왔다<sup>[3]~[6]</sup>. 3.1~10.6 GHz에 해당하는 UWB 통신 대역은 5.15~5.35 GHz, 5.470~5.825 GHz에서 동작하는 5 GHz WLAN(Wireless Local Area Network) 대역과 통신 시스템 간의 간섭을 야기할 수 있으므로, UWB 안테나는 간섭을 회피하기 위한 대역 저지 특성을 요구한다<sup>[7]</sup>. 주파수 대역 저지 특성을 구현하기 위한 일반적인 예로 평판형 모노폴 안테나의 방사체에 'U'자 형태의 슬롯을 삽입하는 방법, 방사체에 노치를 삽입하는 방법, 접지 면에 슬릿을 삽입하는 방법과 방사체 뒷면에 기생 소자를 이용하는 방법 등이 제안되어 왔다<sup>[8]~[11]</sup>.

본 논문에서는 기저 대역에서 임펄스를 직접 송·수신하는 UWB 안테나의 특성 상, 안테나에서 전송하는 임펄스의 왜곡과 손실을 최소화하기 위해 접지 면 중앙 부근에 두 개의 슬릿을 삽입하여 동작 대역 내 임피던스 정합 특성을 향상시켰으며, 두 개의 슬릿 사이에 결합된 개방 스테르브를 통해 5 GHz WLAN 대역의 저지 특성을 구현하였다. 제안된 안테나의 반사 손실 특성과 이득 특성, 근 지연 특성 등의 결과들은 모의실험과 측정을 통해 나타내었다.

## II. 안테나 설계

### 2-1 구조 및 동작 원리

제안된 안테나의 윗면은 급전 선로, 방사체, 급전 선로와 방사체 사이 임피던스 매칭 선로로 구성되어 있다. 급전 선로와 방사체 사이 임피던스 매칭 선로의 길이는 2.9 mm에 해당하며, 이는 방사체에 인가되는 입력 임피던스의 변화를 야기함으로써 평판형 모노폴 안테나가 UWB 대역(3.1~10.6 GHz)에 동작하는 것을 만족시킨다<sup>[12]</sup>. 제안된 안테나의 아랫면은 슬릿과 개방 스테르브가 삽입된 접지 면으로 구성되어 있으며, 방사체와 접지 면은 유전체의 양면에 인쇄되어 있다. 제안된 안테나의 구조는 그림 1에 제시하였다. 제안된 안테나는 비유전율이 3.5이고, 두께가 1.52 mm인 Teflon 기판을 사용하였다. 제안된 안테나의 전체 면적은 15 mm×19 mm×1.52 mm이다. 유전체 윗면에 위치한 방사체의 면적은 3.1 GHz의 동작 대역을 만족시키기 위해 3.7 GHz 공진 주파수의  $\lambda/4$  길이에 해당하는 9.5 mm×9.5 mm의 정사각형

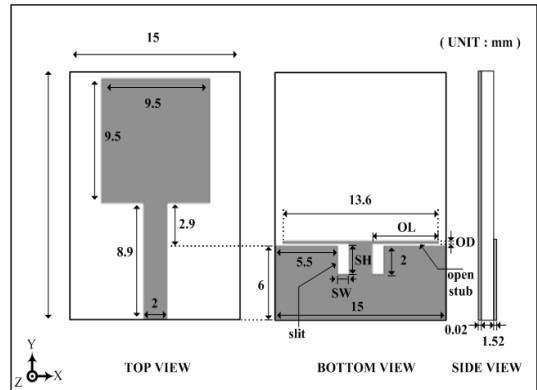


그림 1. 제안된 안테나 구조  
Fig. 1. Geometry of proposed antenna.

표 1. 제안된 안테나의 파라미터

Table 1. Parameters of proposed antenna.

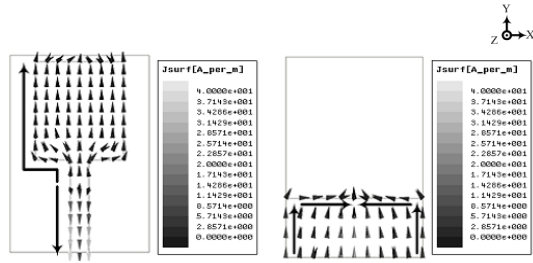
SW	1.0 mm	슬릿의 너비
SH	2.0 mm	슬릿의 높이
OL	6.0 mm	개방 스테르브의 길이
OD	0.2 mm	개방 스테르브의 폭

패치로 설계하였으며, 유전체의 아랫면에 위치한 접지 면의 면적은 15 mm×6 mm로 고정하였다. 제안된 안테나의 파라미터는 표 1에 제시하였다.

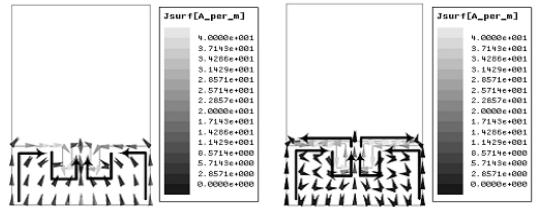
일반적인 모노폴 안테나의 전류 분포는 그림 2의 (a), (b)와 같이 방사체와 접지 면에 형성된 전류의 방향이 영상 이론을 통하여 서로 반대 방향으로 나타나며, 급전 선로와 방사체의 전류 분포에 따라 접지 면의 전류 분포가 형성된다<sup>[13]</sup>.

모노폴 안테나의 접지 면 중앙 부근에 형성된 두 개의 슬릿은 그림 2(b)에 제시된 기존의 접지 면보다 급전 선로와 접지 면 사이에 커플링을 크게 유도하여, 그림 2(c)와 같이 슬릿 주변에 집중적으로 전류 분포를 일으킨다. 이는 안테나의 방사체에 인가되는 입력 임피던스의 용량성 리액턴스 성분을 증가시켜 입력 임피던스의 특성을 변화시키고, 슬릿의 면적 (SW×SH)에 따라 동작 대역 내 임피던스 특성을 달라지게 한다. 본 논문에서는 슬릿의 면적을 조정하여, UWB 동작 대역 내 제안된 안테나의 임피던스 정합 특성을 향상시켰다.

접지 면의 중앙으로부터 구현된 개방 스테르브의 전류 방향은 그림 2(d)의 전류 분포와 같이 접지 면



(a) 제안된 안테나의 방사체 (a) Radiator of proposed antenna  
(b) 기존 접지면 (b) Conventional ground plane



(c) 슬릿이 삽입된 접지 면 (c) With slits inserted into ground  
(d) 슬릿과 개방 스텐브가 삽입된 접지면 (d) With slits and open stubs inserted into ground

그림 2. 제안된 안테나의 전류 분포( $f=5.5$  GHz)  
Fig. 2. Current distribute of proposed antenna.

과 반대 방향으로 형성되고, 방사체는 동일한 방향으로 나타난다. 이러한 개방 스텐브의 전류 분포 특성으로부터 슬릿의 아랫면은 그림 2(d)와 같이 강한 전류 분포 특성을 띠며, 접지 면과 단락되어 매우 낮은 임피던스를 형성한다. 슬릿의 아랫면으로부터  $\lambda/4$  ( $\lambda$ 는 5.5 GHz의 파장이다.)의 전기적 길이를 갖는 스텐브의 종단은 개방되어 상대적으로 높은 임피던스 특성을 갖는다. 이러한 슬릿과 개방 스텐브의 임피던스 특성은 개방 회로로 종단된 전송 선로의 임피던스 특성과 동일한 조건을 갖는다. 이러한 개방 스텐브의 전류 분포 특성을 통해, 동작 대역 내 개방 스텐브의 폭과 길이로부터 원하는 대역의 저지 특성을 유도하였다. 개방 스텐브와 슬릿의 길이(OL + SH)는 5 GHz WLAN 대역의 중심 주파수인 5.5 GHz의  $\lambda/4$ 에 해당한다.

## 2-2 제안된 안테나의 특성

제안된 안테나의 UWB 동작 대역을 만족하고, 임피던스 정합 특성 향상을 위한 설계 변수는 슬릿의

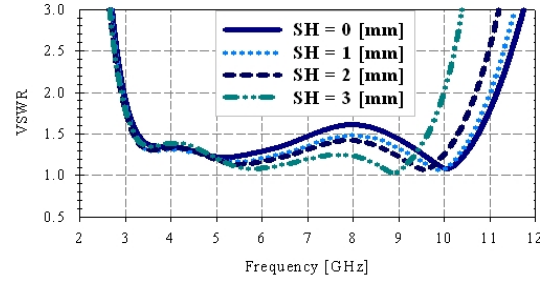


그림 3. 설계 변수 SH에 따른 정재파비  
Fig. 3. VSWR with various SH.

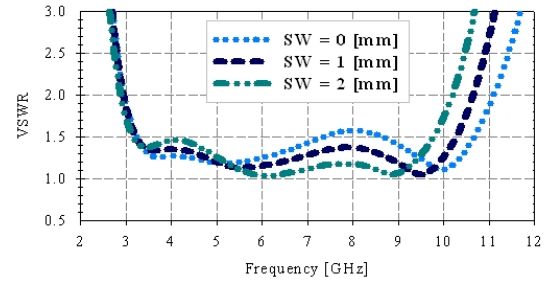


그림 4. 설계 변수 SW에 따른 정재파비  
Fig. 4. VSWR with various SW.

높이(SH)와 슬릿의 너비(SW)로 나타낼 수 있으며, 대역 저지 특성을 얻기 위한 설계 변수로는 개방 스텐브의 길이(OL)와 개방 스텐브의 폭(OD)으로 나타낼 수 있다. 각각의 설계 변수가 반사 손실에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 모의실험하였고, 주요 설계 변수에 따른 특성 변화를 분석하였다.

그림 3과 4는 제안된 안테나의 슬릿이 삽입된 접지 면으로부터 슬릿의 높이(SH)와 너비(SW)에 대한 정재파비 특성을 나타낸 것이다. 슬릿의 높이(SH)와 너비(SW)가 커질수록 3.5 GHz의 기준 공진 대역에서 변화가 일정한 반면, 약 5~9.5 GHz 대역에서는 정재파비 1.5:1 이하로 형성되어 동작 대역 내 임피던스 정합 특성을 향상시킨다. 하지만 슬릿의 높이(SH)와 너비(SW)가 일정 부분 이상 증가할 경우, 약 10 GHz 공진 대역의 하향 특성으로 인해 동작 대역폭이 감소한다. 이러한 슬릿의 높이(SH)와 너비(SW)에 대한 변화는 슬릿 주변에서 형성되는 전류 분포의 영향에 따라 방사체에 인가되는 입력 임피던스 특성이 달라지기 때문에 나타난다. 슬릿의 특성을 통해 슬릿의 높이(SH)가 2 mm이고, 슬릿의 너비

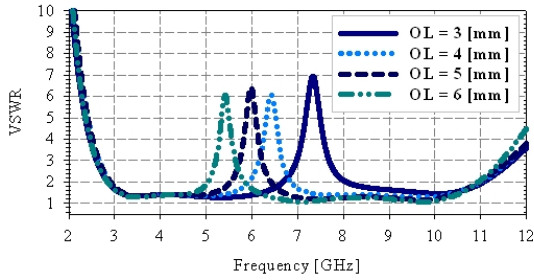


그림 5. 설계 변수 OL에 따른 정재파비  
Fig. 5. VSWR with various OL.

(SW)가 1 mm인 경우, 동작 대역은 3.05~10.68 GHz로 UWB 동작 대역을 만족하며, 정재파비 1.5:1 이하로 형성되어 동작 대역 내 임피던스 정합 특성을 향상시킨다.

개방 스테르브의 특성을 알아보기 위하여 개방 스테르브의 폭(OD)을 0.2 mm로 고정하고, 개방 스테르브의 길이(OL)를 3 mm에서 6 mm까지 1 mm 간격으로 변화를 주어 그림 5에 나타내었다. 개방 스테르브의 길이(OL)가 길어짐에 따라 저지 대역은 낮은 주파수 대역으로 일정하게 형성되었다. 이는 슬릿의 아래면에서 개방 스테르브 종단까지의 길이가 특정 주파수의  $\lambda/4$ 를 만족할 때, 개방 스테르브의 임피던스 특성을 통해 특정 주파수는 저지 대역의 중심 주파수로서 저지 대역을 형성하기 때문이다. 5 GHz WLAN 대역의 저지를 위한 슬릿의 높이와 개방 스테르브 길이의 합(SH+OL)은 8 mm로 저지 대역 중심 주파수인 5.5 GHz의  $\lambda/4$ 에 해당하며, 슬릿의 높이(SH)를 제외한 개방 스테르브의 길이(OL)은 6 mm에 해당한다.

개방 스테르브의 길이(OL)를 6 mm로 고정하고, 개방 스테르브의 폭(OD)을 0.4 mm 간격으로 0.2 mm에서 1.4 mm까지 변화를 주어 살펴보았다. 개방 스테르브

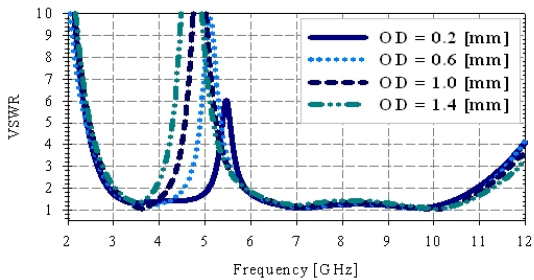


그림 6. 설계 변수 OD에 따른 정재파비  
Fig. 6. VSWR with various OD.

폭(OD)이 증가함에 따라 하향 저지 대역의 임피던스 저항 성분이 낮게 형성되어 그림 6과 같이 저지 대역으로 형성된 주파수 대역이 점점 넓어지고, 정재파비 계수가 더 높아지게 된다. 이러한 특성의 변화로부터 5 GHz WLAN 대역의 저지 특성을 만족시키는 개방 스테르브 폭(OD)은 0.2 mm로 설정하였다.

### III. 측정 및 결과

제작된 안테나의 앞면과 뒷면은 그림 7에 제시하였으며, 측정을 위해 급전 선로에 SMA 커넥터를 부착하였다. 제작된 안테나의 각 특성은 Anritsu 37325-A 네트워크 분석기를 이용하여 측정하였다.

그림 8은 제안된 안테나의 모의실험을 바탕으로, 제작된 안테나의 정재파비를 측정한 것이다. 제작된 안테나는 2.88~10.83 GHz의 동작 대역(VSWR 2:1 기준)을 만족하고, 약 3.05~10.58 GHz의 대역이 정재파비 1.5:1 이하의 특성을 띤다. 개방 스테르브를 이용한 저지 대역은 5.08~5.83 GHz로써, 5 GHz WLAN 대역을 저지한다.

제안된 안테나의 동작 대역 내 방사 패턴은 각각 3 GHz, 5.5 GHz, 8 GHz, 그리고 10.5 GHz에서 측정하였다. 각 주파수 대역의 방사 패턴은 그림 9과 같

표 2. 제작된 안테나의 측정된 이득 값  
Table 2. Measured peak gain of fabricated antenna.

주파수	측정 이득	단위
3.0 GHz	2.5	dBi
5.5 GHz	-6.56	dBi
8.0 GHz	3.5	dBi
10.0 GHz	4.97	dBi

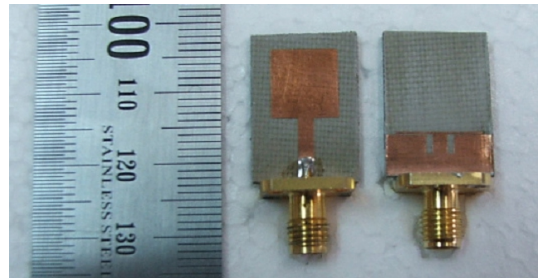


그림 7. 제작된 안테나의 앞면과 뒷면  
Fig. 7. Photographs of fabricated antenna.

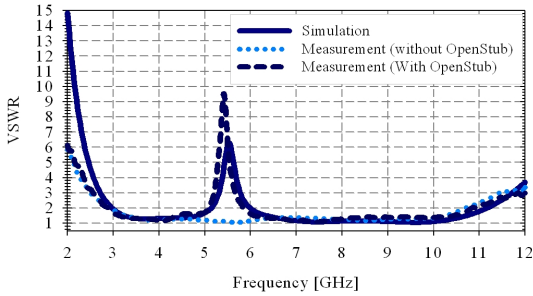


그림 8. 제작된 안테나의 정재파비 측정  
Fig. 8. Measured VSWR of fabricated antenna.

이 전방향성 패턴에 가까운 특성을 나타낸다. 각 측정 주파수의 Peak Gain은 표 2에 제시하였으며, 대역 저지 특성을 나타내는 5.5 GHz의 경우 제시된 다른 주파수 영역의 방사 이득 특성보다 대역 저지 특성으로 인해 격감된 이득 특성을 갖는 것을 확인하였다.

그림 10은 제안된 안테나의 군 지연 특성을 측정 한 것이다. 매우 좁은 폭의 펄스를 기저 대역에서 직접 변조하여 전송하는 UWB 동작 특성 상, 군 지연 특성은 펄스의 왜곡 정도를 나타내는 중요한 파라미터이다. 군 지연 측정 방법은 제안된 안테나 간 이격 거리에 따른 안정성을 고려하여, UWB 동작 대역에

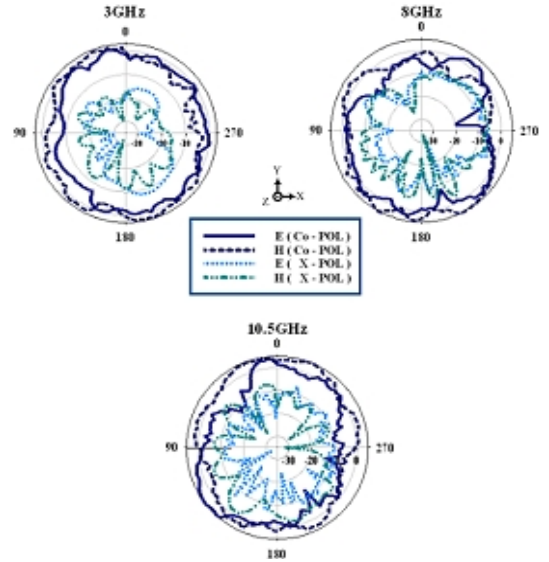
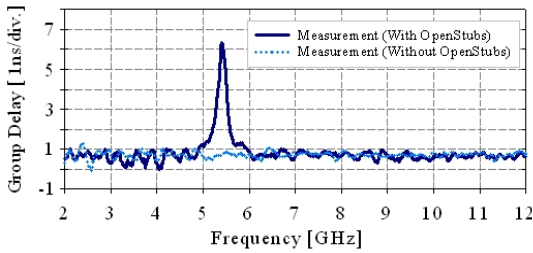
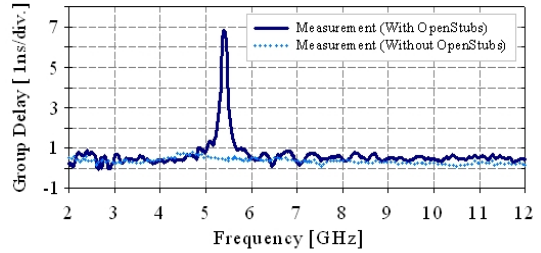


그림 9. 제안된 안테나의 주파수별 방사 패턴 측정  
Fig. 9. Measured radiation patterns of proposed antenna.

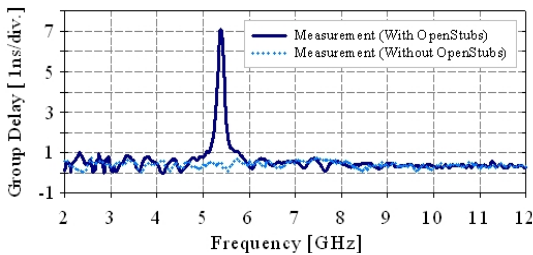
해당하는 3.1 GHz의  $2 \sim 5 \lambda$  정도 이격된 상태에서 제안된 안테나의 앞면을 대칭적으로 마주 보게 하여 측정하였다. 군 지연 측정 결과, 제안된 안테나 간 이격 거리에 대한 변화가 안정적으로 일정하게 나타났으며, 각각의 이격 거리로부터 저지 대역을 제외



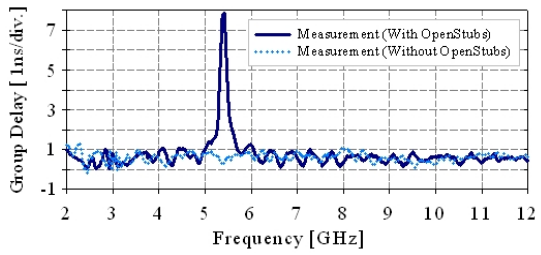
(a)  $2 \lambda$



(b)  $3 \lambda$



(c)  $4 \lambda$



(d)  $5 \lambda$

그림 10. 제작된 안테나의 group delay 측정  
Fig. 10. Measured group delay of fabricated antenna.

한 UWB 동작 대역에서 1 ns 이내로 군 지연이 형성되었고, 개방 스테르브로 구성된 저지 대역의 군 지연은 약 6 ns 이상 형성되는 것을 확인하였다. 이는 군 지연 측정을 통한 특성이 저지 대역을 제외한 동작 대역 내에서 UWB 시스템의 펄스 전송 조건을 만족시키는 것을 의미하며, UWB 통신용 안테나로 사용이 가능하다는 것을 나타낸다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 UWB 동작 시스템에서 사용이 가능한 변형된 접지면 구조를 갖는 UWB 평판형 모노폴 안테나를 제안하였다. 안테나의 동작 대역은  $VSWR \leq 2$ 에서 2.88~10.83 GHz으로 UWB 동작 대역(3.1~10.6 GHz)을 만족한다. 접지 면의 중앙 부근에 두 개의 슬릿을 삽입함으로써 동작 대역 내 임피던스 정합 특성을 향상시켰으며, 슬릿의 중앙으로부터 형성된 개방 스테르브의 폭과 길이를 통해 5.08~5.83 GHz에 해당하는 저지 대역 차단 특성을 구현하였다. 이는 평판형 모노폴 안테나의 급전 선로와 접지면이 갖는 커플링 특성을 이용하여 슬릿과 개방 스테르브를 접지면에 삽입함으로써, 비교적 간단한 구조를 통해 임피던스 정합 특성과 저지 대역 특성이 동시에 구현 가능함을 나타낸다. 제안된 안테나의 방사 패턴은 동작 대역 내 전방향성에 가까운 방사 패턴 특성을 가지며, 저지 대역에 해당하는 5.5 GHz의 방사 이득은 안테나 구조의 차단 특성을 통해 다른 주파수 대역보다 약 -8 dBi 이하로 나타나는 것을 확인하였다. 군 지연 측정을 통한, 동작 대역 내 펄스 왜곡 특성으로부터 제안된 안테나가 UWB 통신용 안테나로 사용이 가능함을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

[1] FCC, "First order and report, revision of part 15 of the commission's rules regarding UWB transmission systems", *Fed Commun. Comm, FCC 02-48*, Apr. 2002.

[2] K. P. Ray, Y. Ranga, "Printed rectangular monopole antennas", in *Proc. IEEE Int. Symp. Ant. Pro. Albuquerque, NM*, pp. 1693-1696, Jul. 2006.

[3] B. B. Agrawal, V. R. Gupta, "Improvement of impedance matching of a rectangular printed monopole antenna", *IEEE MTT-S, Microwave Review*, vol. 14, no. 1, pp. 13-16, Sep. 2008.

[4] M. Ojaroudi, C. Ghobadi, and J. Nourinia, "Small square monopole antenna with inverted T-shaped notch in the ground plane for UWB application", *IEEE Ant. and Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 728-731, Jun. 2009.

[5] R. Zaker, "A very compact ultrawideband printed omnidirectional monopole antenna", *IEEE Ant. and Propag. Lett.*, vol. 9, pp. 471-473, May 2010.

[6] J. Jung, H. Lee, and Y. Lim, "Compact modified trapezoid shaped ultra-wideband antenna with parasitic loops", *Microw. and Opt. Lett.*, vol. 51, no. 5, pp. 1261-1263, May 2009.

[7] A. Kerkhoff, H. Ling, "Design of a planar monopole antenna for use with Ultra-Wideband(UWB) having a band-notched characteristic", *IEEE Ant. and Propag. no. 1*, pp. 830-833, Jun. 2003.

[8] M. Ojaroudi, Gh. Ghanbari, N. Ojaroudi, and Ch. Ghobadi, "Small square monopole antenna for UWB applications with variable frequency band-notch function", *IEEE Ant. and Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 1061-1064, Aug. 2009.

[9] H. G. Schantz, G. Wolenc, and E. M. Mysza, "Frequency notched UWB antennas", *Ultra Wide-Band Sys. and Tech. IEEE Conf.*, pp. 214-218, Nov. 2003.

[10] J. Jung, H. Lee, and Y. Lim, "Compact band-notched antenna", *IET Journals, Electronic Lett.* 13th, vol. 44, no. 6, pp. 1104-1106, Mar. 2008.

[11] J. Jung, H. Lee, and Y. Lim, "Compact band-notched ultra-wideband antenna with parasitic elements", *IET Journals, Electronic Lett.* 13th, vol. 44, no. 19, pp. 1104-1106, Sep. 2008.

[12] G. Kumar, K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, Artech House, pp. 363-365, 2003.

[13] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design 2nd*, John Wiley & Sons, pp. 66-68, 1998.



김 현 철



2009년: 호남대학교 전파공학과 (공학사)  
2009년~현재: 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정  
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 전자파 해석

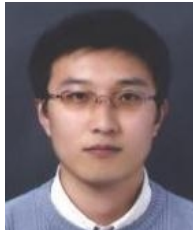
이 현 진



1982년: 조선대학교 전기공학과 (공학사)  
1990년: 원광대학교 전자공학과 (공학석사)  
1996년: 전남대학교 전자공학과 (공학박사)  
1997년~1998년: 펜실베이니아 주립대학 방문교수

1991년~현재: 동강대학 전기전자공학과 교수  
[주 관심분야] 소형안테나 설계 및 해석, E/M 해석

정 진 우



2005년: 전남대학교 정보통신공학부 전자공학전공 (공학사)  
2007년: 전남대학교 전자컴퓨터공학과 (공학석사)  
2007년~현재: 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정  
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 초고주파 회로 설계

임 영 석



1980년: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
1982년: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)  
1989년: 전북대학교 전자공학과 (공학박사)  
1984년~현재: 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

[주 관심분야] 전자파 해석, RF 소자 설계, 초고주파 회로 설계