

# 이중 대역저지 특성을 가지는 UWB 안테나 설계 및 구현

## Design and Implementation of UWB Antenna with Dual Band Rejection Characteristics

양운근<sup>\*★</sup>, 남태현<sup>\*</sup>

Woon Geun Yang<sup>\*★</sup>, Tae Hyeon Nam<sup>\*</sup>

### Abstract

An UWB(Ultra Wide Band) antenna with band rejection characteristics is designed and implemented. A planar radiation patch with slot, parasitic elements on both sides of strip and ground plane on back side consist the proposed antenna. The slot in the radiation patch and parasitic elements contribute corresponding bands rejection characteristics. The slot contributes for WiMAX(World interoperability for Microwave Access, 3.30~3.70 GHz) band rejection and parasitic elements contribute for X-Band(7.25~8.395 GHz) rejection. Ansoft's HFSS(High Frequency Structure Simulator) was used to design the proposed antenna and performance simulations. Simulation result showed VSWR(Voltage Standing Wave Ratio) less than 2.0 for UWB band except for dual rejection bands of 3.30~3.86 GHz and 7.21~8.39 GHz. And VSWR measurement result for the implemented antenna shows less than 2.0 for 3.10~10.60 GHz band except dual rejection bands of 3.25~3.71 GHz and 7.25~8.46 GHz.

### 요약

이중 대역저지 특성을 가지는 UWB(Ultra Wide Band) 안테나를 설계 및 구현하였다. 슬롯을 포함한 평면 방사 패치, 스트립선로 양쪽의 기생소자와 아랫면의 접지면으로 제안된 안테나가 구성되어있다. 평면 방사 패치 내에 있는 슬롯과 기생소자가 각각 해당 대역을 저지한다. 슬롯은 WiMAX(World interoperability for Microwave Access, 3.30~3.70 GHz) 대역을, 기생소자는 X-Band(7.25~8.395 GHz) 대역을 저지하는데 각각 기여한다. 제안된 안테나의 설계하고 성능을 평가하는데 Ansoft의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)가 사용되었다. 전산모의실험 결과는 저지 대역인 3.30~3.86 GHz, 7.21~8.39 GHz를 제외한 구간에서 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)는 2.0 이하를 보였다. 구현된 안테나의 VSWR 측정 결과는 저지 대역인 3.25~3.71 GHz, 7.25~8.46 GHz를 제외한 3.10~10.60 GHz 구간에서 VSWR 값이 2.0 이하로 나타났다.

*Key words: antenna, band rejection, UWB, slot, parasitic elements*

\* Dept. of Electronics Engineering, Incheon National University

★ Corresponding author

E-mail: wgyang@inu.ac.kr, Tel: +82-32-835-8447

※Acknowledgement

This work was supported by Incheon National University Research Grant in 2017.

Manuscript received Jun. 14, 2018; revised Jun. 26, 2018;

Accepted Jun. 27, 2018

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### I. 서론

1980년대 후반부터 초광대역 관련 기술은 급격한 발전을 이루었으나 다양한 용어로 불려 왔으며, 거의 1989년이 되어서야 미국국방성(U.S. Department of Defense)에 의해 “UWB(Ultra Wide Band)”라고 명명되었다. 이것이 일반인에게 알려진 것은 1990년대 중반부터이다[1]. 미국 연방통신위원회는 1988년부터 관계규정을 준비하여 사용주파수는 3.10 GHz ~ 10.60 GHz의 주파수 대역을 사용하고, 실내 환경에서 9m 이내 거리에서만 무선통신을 구현하도록

상용화를 허가하였다[2]. 2002년 FCC의 결정 이후, 전 세계적으로 UWB 시스템의 신뢰성을 향상하는데 필요한 다양한 시스템과 부품들을 설계하기 위한 연구들이 시작되었으며 그중 하나가 UWB 안테나이다[3]. UWB 시스템은 근거리 고속 통신 시스템에서 큰 이점을 가지고 있으므로 연구자들의 관심을 얻었다. 그 외에도 광대역, 낮은 스펙트럼 밀도, 낮은 프로파일 그리고 높은 방사 효율과 같은 장점들이 있다[4].

하지만 UWB 통신 주파수 대역 내에 존재하는 기존의 시스템인 WiMAX(World interoperability for Microwave Access, 3.30~3.70 GHz), WLAN(Wireless Local Area Network, 5.15~5.825 GHz), X-Band(7.25~8.395 GHz) 그리고 ITU(International Telecommunication Union, 8.025~8.40 GHz) 같은 시스템들은 UWB 무선통신 시스템에 전파 간섭(EMI, Electromagnetic Interference) 문제를 일으킨다[4-6].

UWB 안테나의 간섭 문제를 해결하기 위해 대역 저지 필터를 추가 할 수 있지만 비싸지는 단점이 있다. 그래서 패치나 접지에 H-모양, U-모양 그리고 C-모양 같은 다양한 형태의 슬롯, 예칭라인에 슬롯이나 CRSS(Complementary Split Ring Resonator), SRR(Split Ring Resonator), 저지 대역 주파수에 해당하는  $\lambda/2$  또는  $\lambda/4$ 의 길이의 기생소자를 추가해주는 등 다양한 대역저지 특성을 얻기 위한 방법들이 제시되었다. 참고문헌 [5]의 경우 WLAN과 X-Band 대역을 저지하였는데 2개의 슬롯을 적용하였다. 본 논문에서는 WiMAX와 X-Band 대역 저지하기 위하여 하나의 슬롯과 기생소자를 사용하여 안테나를 구현한다[5-12].

본 논문에서는 이중 대역저지 특성을 가지는 UWB 안테나를 설계 및 구현, 평가한다. 대역저지 특성을 가지기 위해 방사 패치에 슬롯을 넣고 기생소자를 UWB 안테나의 스트립선로 양옆에 추가하여 전체적인 대역저지 특성을 구현한다. 또한 방사 패치내의 슬롯 반지름을 사이즈인 R1과 R2, 기생소자와 스트립선로의 간격인 W2의 크기를 변화시키면서 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)의 특성 변화를 알아본다. 제안하는 안테나는 초광대역 특성을 보이면서, WiMAX 대역과 X-Band 대역에서 저지됨을 보인다. 제안된 안테나는 25mm (W) x 35mm (L) x 1.6mm (t)의 크기로서

평면에 구현하였다. 사용한 기판은 FR4로서 비유전율이 4.4이다.

## II. 안테나 설계

제안된 이중 대역저지 특성을 가지는 안테나의 윗면과 아랫면의 구조를 그림 1에 보였다. 제안된 안테나는 50Ω SMA 커넥터를 이용하여 급전하였다.

그림 2에서 구현된 이중 대역저지 특성을 가지는 UWB 안테나를 보였다. 제안된 안테나의 설계 및 성능 평가에는 Ansoft의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)가 사용되었다.

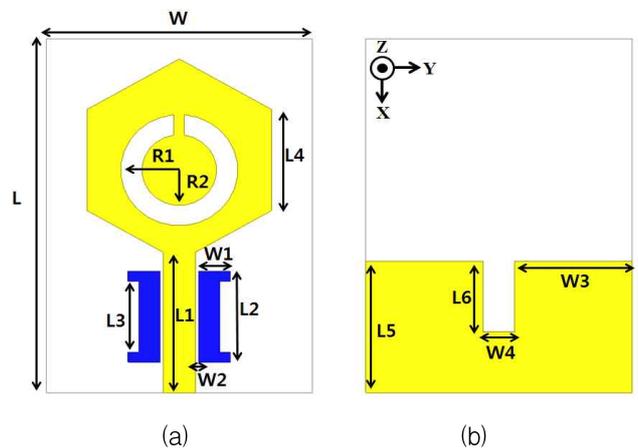


Fig. 1. UWB antenna proposed with dual band rejection characteristics. (a) Top view, (b) Bottom view  
 그림 1. 제안된 이중 대역저지 특성을 가지는 UWB 안테나 (a) 윗면, (b) 아랫면

Table. 1. Design parameters of the proposed antenna.

표 1. 제안된 안테나의 설계 파라미터

Parameter	Value (mm)	Parameter	Value (mm)
W	25.00	L	35.00
W1	3.00	L1	13.86
W2	0.30	L2	9.00
W3	11.00	L3	7.00
W4	3.00	L4	10.00
R1	5.50	L5	13.00
R2	3.50	L6	7.00



Fig. 2. Photo of the implemented antenna.  
그림 2 구현된 안테나의 사진

### III. 전산모의실험 및 측정

그림 3은 평면 패치에 슬롯과 스트립선로 양쪽에 기생소자가 없는 경우와 슬롯과 기생소자를 적용하는 경우에서의 VSWR 값에 대한 전산모의실험 결과이다. 평면 방사 패치에 슬롯과 기생소자를 적용하여 WiMAX 대역과 X-Band 대역을 저지시키고 있으며 저지시킨 대역을 제외하고는 VSWR 값이 2.0 이하인 것을 알 수 있다.

그림 4는 이중 대역을 저지하는 안테나의 평면 방사 패치에 슬롯의 지름인 R1과 R2 및 스트립선로와 양쪽의 기생소자간의 간격인 W2의 변화에 따른 VSWR의 특성 변화를 보여주고 있다.

그림 4 (a)에서는 R1 값을 4.5~6.5 mm 까지 0.5 mm 씩, R2는 2.5~4.5 mm 까지 0.5 mm 씩 안테나의 평면 방사 패치 안에 있는 슬롯의 지름의 길이를 변화시키면서 전산모의실험한 결과 R1과 R2의 값이 커질수록 약 500 MHz의 대역폭이 약 500 MHz 만큼씩 낮은 주파수로 이동하는 것을 볼 수 있었다. 이때 R1과 R2의 값이 각각 5.5 mm, 3.5 mm 일 때 3.30~3.70 GHz 대역에서 원하는 대역저지 특성을 얻을 수 있었다. 이때 WiMAX 대역에서 VSWR 값이 2.0 이상의 값을 가진다.

그림 4 (b)에서는 W2값을 0.1 mm부터 0.5 mm 까지 0.1 mm 간격으로 스트립 선로 양쪽에 기생소자의 간격을 변화시키면서 전산모의실험한 결과, W2값이 커질수록 대역폭이 높은 주파수 쪽에서 낮은 주파수 쪽으로 좁아지는 것을 확인할 수 있었다. 이때 W2 값이 0.3 mm 일 때 7.25~

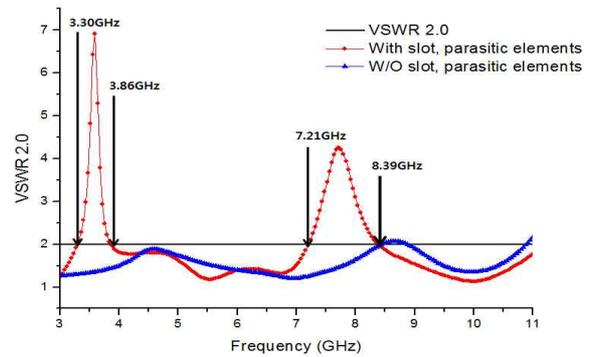
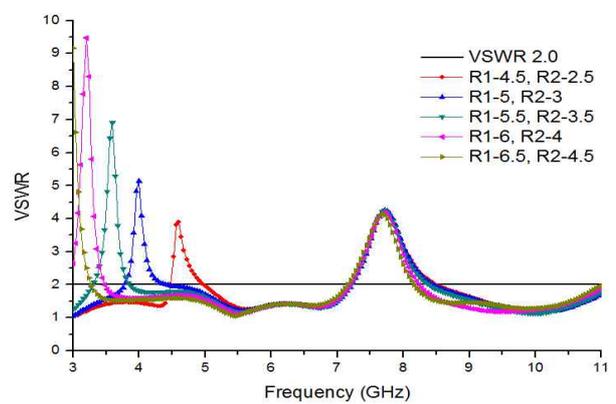
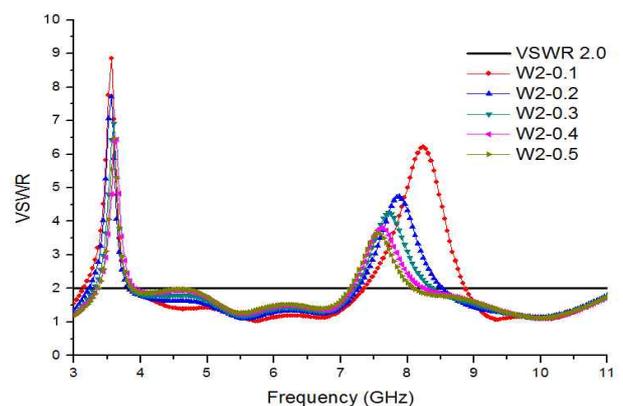


Fig. 3. Simulated VSWR for UWB antenna with and without slot and parasitic elements.

그림 3. 슬롯과 기생소자들의 유무에 따른 UWB 안테나의 VSWR 전산모의실험 결과



(a)



(b)

Fig. 4. Simulated VSWR according to parameter variations. (a) According to R1, R2 variation, (b) According to W2 variation

그림 4. 파라미터 변화에 따른 VSWR 전산모의실험 결과 (a) R1, R2의 변화에 따른 결과, (b) W2의 변화에 따른 결과

8.395 GHz 대역에서 원하는 대역저지 특성을 얻을 수 있었다. 이때 X-Band 대역에서 VSWR 값이 2.0 이상의 값을 가진다.

전산모의실험과 같이 안테나의 기본구조의 변경 없이 슬롯과 기생소자만을 이용하여 UWB대역 내에 존재하는 WiMAX와 X-Band 대역을 저지할 수 있다. 본 논문에서는 R1=5.5 mm, R2=3.5 mm 일 때 WiMAX 대역과 W2=0.3 mm 일 때, X-Band 대역을 저지하는 특성을 얻을 수 있었다.

그림 5는 제안된 안테나에서 저지하는 각 대역내에 있는 주파수인 3.50 GHz, 7.70 GHz에서 안테나 표면에 흐르는 전류 분포도를 보인다. 제안된 안테나 경우 평면 방사 패치에 있는 슬롯과 스트립선로 양쪽에 기생소자를 이용하여 대역저지가 되는 것을 확인 할 수 있다. 그림 3의 VSWR 그래프와

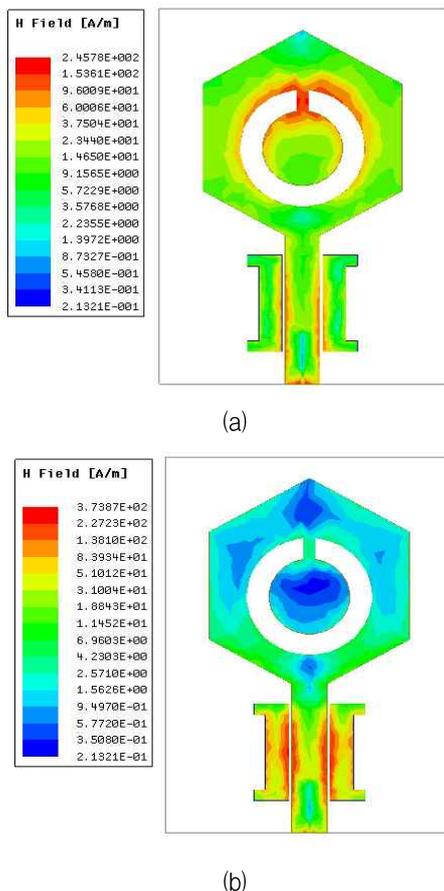


Fig. 5. Simulated current distributions on top surface for the proposed antenna. (a) at 3.50 GHz, (b) at 7.70 GHz

그림 5. 제안된 안테나의 윗면에서의 전류분포에 관한 전산모의실험 결과 (a) 5.50 GHz, (b) 7.70 GHz

그림 5의 전류 분포도는 밀접한 관계가 있다. 그림 5 (a)에서는 슬롯이 WiMAX 대역을 저지하고, 그림 5 (b)에서는 기생소자가 X-Band 대역을 저지하며, 이러한 구조가 저지 대역 주파수에서 방사하는 것을 효율적으로 막는 것을 알 수 있다.

그림 6은 전산모의실험 및 측정된 안테나의 VSWR 특성을 나타낸다. 제안된 안테나의 VSWR 값에 대한 전산모의실험 결과는 저지 대역을 제외한 UWB 대역에서 2.0 ( $S_{11}=-10\text{dB}$ ) 이하로 나타났다. 제안된 안테나는 WiMAX와 X-Band 대역을 저지하도록 설계되었으며, VSWR에 대한 전산모의 실험 결과는 VSWR 2.0을 기준으로 3.30~3.86 GHz 그리고 7.21~8.39 GHz 대역을 저지시켰다. 측정된 안테나에서는 3.25~3.71 GHz 그리고 7.25~8.46 GHz 대역이 저지됨을 보였다. 측정된 안테나의 저지 대역에서 가장 높은 VSWR 값은 WiMAX 대역의 3.50 GHz에서 7.68, X-Band 대역의 7.92 GHz에서 5.30이다. 참고문헌 [5]의 경우 2개의 슬롯을 이용하여 WLAN, X-Band 대역인 5.12~5.95 GHz 그리고 7.20~8.58 GHz 대역을 저지하였다. 각 저지 대역에서의 가장 큰 VSWR 값은 각각 6.56 그리고 5.57이었다. 각각 저지 대역이 다르므로 일률적인 비교는 어려우나 본 논문에서 구현된 안테나의 WiMAX 대역에서의 VSWR 최고값이 7.68로서 기존 논문의 WLAN 경우보다 1.12 높은 값을 보였다. 참고문헌 [5]와 같은 저지 대역인 X-Band 의 경우 최고 VSWR 값은

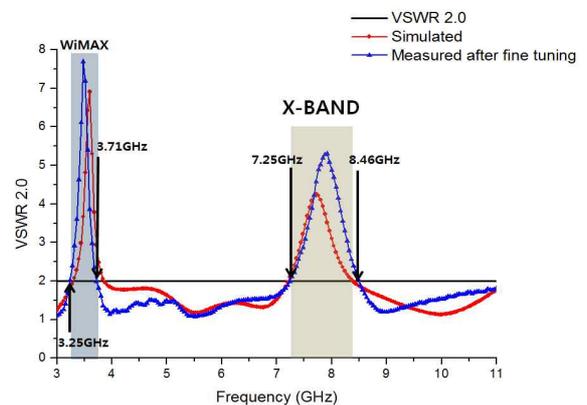


Fig. 6. Simulated and measured VSWR of the proposed UWB antenna with band rejection characteristics

그림 6. 대역저지 특성을 가진 제안된 UWB 안테나의 전산모의실험과 측정된 전압정재파비

0.27 낮은 값이나 본 논문에서와 같이 기생소자로 저지한 경우 저지 대역이 7.25~8.46 GHz 로서 저지되어야 할 대역 7.25~8.395 GHz 에 좀 더 가까운 결과를 보였다. 참고문헌 [5]의 경우 7.20~8.58 GHz 대역이 저지 대역으로 측정되었다. 구현된 안테나는 특성을 맞추기 위해 일부 정밀 튜닝 하였다.

그림 7과 표 2는 전자파무반사실에서 측정된 각 주파수에서의 안테나 최대 이득값을 보인다. 안테나의 최대 이득 값 측정치는 3.10~10.60 GHz에서 -4.83~5.34 dBi 로 나타났다. 측정된 안테나

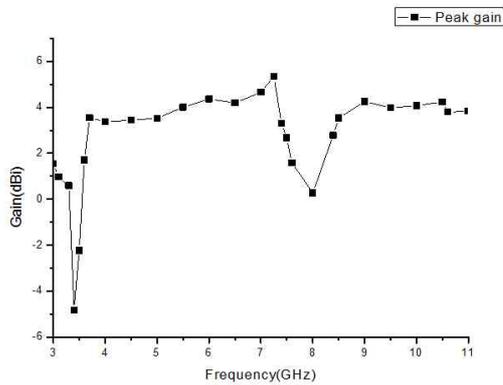


Fig. 7. Implemented antenna's peak gain measurement result.

그림 7. 구현된 안테나의 최대 이득 측정치

Table. 2. Antenna's peak gain measured.

표 2. 안테나 최대 이득값 측정치

Frequency [GHz]	Peak gain (dBi)	Frequency [GHz]	Peak gain (dBi)
3.00	1.54	7.25	5.34
3.10	0.97	7.40	3.30
3.30	0.60	7.50	2.67
3.40	-4.83	7.60	1.59
3.50	-2.23	8.00	0.27
3.60	1.70	8.395	2.78
3.70	3.55	8.50	3.52
4.00	3.37	9.00	4.25
4.50	3.45	9.50	3.98
5.00	3.52	10.00	4.08
5.50	4.01	10.50	4.23
6.00	4.37	10.60	3.79
6.50	4.19	11.00	3.83
7.00	4.66		

에서 최대 이득 값이 작은 구간은 대역저지 대역인 3.40 GHz에서 -4.83 dBi, 8.00 GHz에서 0.27 dBi이다. 이 결과로 제안된 안테나가 이중 대역저지를 효율적으로 수행하는 것을 알 수 있다.

그림 8은 전자파무반사실에서 측정된 대역저지 초광대역 안테나의 방사 패턴을 보여주고 있다. H-cut(Theta=90°), E1-cut(Phi=0°), E2-cut(Phi=90°) 상태에서 주파수 4.50 GHz, 5.50 GHz, 6.50 GHz와 9.50 GHz에서의 동일편파와 교차편파 방사패턴이다. 동일편파 방사패턴에 대한 측정 결과를 보면 수평면에서 전방향으로 거의 동일한 특성을 보였다. 구현된 안테나의 측정시 거치 조건은 참고문헌[5] 에서와 같이 하였다.

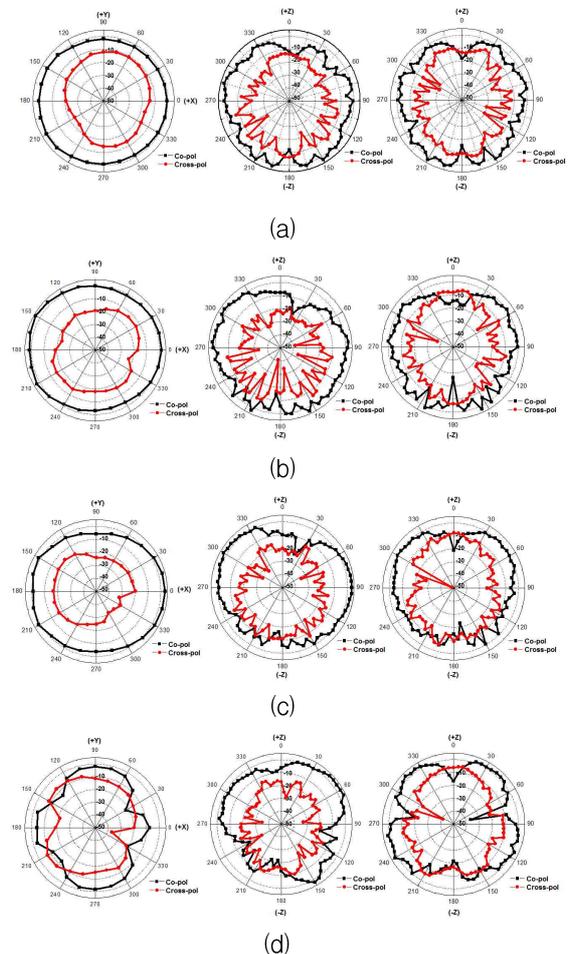


Fig. 8. Co-polarization and cross-polarization radiation patterns measured. (a) at 4.50 GHz, (b) at 5.50 GHz, (c) at 6.50 GHz, (d) at 9.50 GHz

그림 8. 측정된 동일편파, 교차편파 방사패턴. (a) 4.50 GHz, (b) 5.50 GHz, (c) 6.50 GHz, (d) 9.50 GHz

#### IV. 결론

본 논문에서는 이중 대역저지 특성을 가지는 UWB 안테나를 설계 및 구현, 평가 하였다. 대역저지 특성은 평면 방사 패치 내에 슬롯과 스트립선로 양쪽의 기생소자로써 구현되며, 슬롯과 기생소자는 각각 해당 저지 대역인 WiMAX 대역과 X-Band 대역을 저지함을 볼 수 있었다. 구현된 안테나의 측정 결과는 3.25~3.71 GHz 와 7.25~8.46 GHz에서 이중 대역저지가 되는 것을 확인하였다. 3.10~10.60 GHz의 UWB 주파수 범위에서 이중 저지 대역을 제외한 VSWR 값은 2.0 이하로 나타났다. 각 저지 대역 구간에서 가장 큰 VSWR값은 WiMAX 대역의 3.50 GHz에서 7.68, X-Band 대역의 7.92 GHz에서 5.30이다. 동일편파 방사패턴 측정결과를 보면 수평면에서 전방향으로 거의 동일한 특성을 보였다.

구현된 안테나는 WiMAX와 X-Band 대역의 간섭을 효율적으로 저감시키고 있고 그 이외 대역에서 전압정재파비가 2.0 이하로서 UWB 서비스에 적용이 기대된다.

#### References

[1] Jong Kyu Kim, Heo Uoo Kang and Young Gi Cho, "UWB antenna technology trend," *The proc. of the KEES*, vol.13, no.3, pp. 24-32, Jul. 2002.

[2] Yong-Hoon Lee, "UWB Antenna Technology," *Journal of Korea Information and Communications*, vol.20, no.2, pp. 22-30, 2003.

[3] J.R. Panda, A.S.R. Saladi and R.S. Kshetrimayum, "A Compact 3.4/5.5 GHz Dual Band-Notched UWB Monopole Antenna With Nested U-Shaped Slots," 2010 Second International Conference on Computing, 2010. DOI: 10.1109/ICCCNT.2010.5592182

[4] A.S. Fazal, Usman Nasir, Bilal Ijaz, K.S. Alimgeer, M. Farhan Shafique, Raed M. Shubair and M. Saeed Khan, "A Compact UWB CPW-fed Antenna with Inverted L-Shaped Slot for WLAN Band Notched Characteristics," 2017 11th *European Conference on Antennas and Propagation(EUCAP)*, 2017.

DOI: 10.23919/EuCAP.2017.7928624

[5] Woon Geun Yang, Tae Hyeon Nam, Jae Seong Yu and Hee Oun Oh, "Design and Implementation of UWB Antenna with Band Rejection Characteristics," *J. Adv. Navig. Technol.* vol.22, no.1, pp. 31-36, Feb. 2018.

[6] Sajjad UR Rehman and Majeed A. S. Alkanhal, "Design and System Characterization of Ultra-Wideband Antennas With Multiple Band-Rejection," *IEEE Access*, vol.5, pp. 17988-17996, 2017.

DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2715881

[7] Ajay Yadav, Sweta Agrawal and R.P. Yadav, "SRR and S-shape slot loaded triple band notched UWB antenna," *Int. J. Electron. Commun. (AEÜ)*, vol.79, pp. 192 - 198, 2017.

DOI:10.1016/j.aeue.2017.06.003

[8] Xianglong-L. Liu, Yingzeng-Z. Yin, and Junhui-H. Wang, "A Compact Dual Band-Notched UWB Antenna with Meandering Slot and C-Shape Strips," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol.55, no.11, 2013. DOI:10.1002/mop.27896

[9] Wen Jiang and Wenquan Che, "A Novel UWB Antenna With Dual Notched Bands for WiMAX and WLAN Applications," *IEEE antennas and Wireless Propagation Lett.*, vol.11, 2012.

[10] Gao G, Hu B, Yang C and Wang S, "Investigation of a notched UWB antenna with opening and shorting resonators," *Microw Opt Technol Lett.*, vol.59, pp. 1733 - 1739, 2017.

DOI:10.1002/mop.30614

[11] Ajeet Pratap Singh, Rajesh Khanna and Hardeep Singh, "UWB Antenna with Dual Notched Band for WiMAX and WLAN Applications," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol.59, no.4, 2017. DOI:10.1002/mop.30388

[12] R. Boopathi Rani and S.K. Pandey, "A CPW-Fed Circular Patch Antenna Inspired by Reduced Ground Plane and CSRR Slot for UWB Applications with Noych Band," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol.59, no.4, Apr. 2017. DOI:10.1002/mop.30386

**BIOGRAPHY**

**Woon Geun Yang** (Member)



1983 : BS degree in Electronics  
Engineering, Seoul National  
University.

1985 : MS degree in Electronics  
Engineering, Seoul National  
University.

1994 : Ph.D in Electronics

Engineering, Seoul National University.

1988~ : Faculty of Dept. of Electronics Engineering,  
Incheon National University.

2015~2016 : Dean of academic affairs, Incheon  
National University

2013~2014 : Head of job career development center  
in Incheon National University.

2013~ : An outside director of ISC Co., Ltd.

2004~2005 : Consulting Professor, LG Electronics  
Inc.

1997~2001 : Consulting Professor, LG Electronics Inc  
Listed in the Marquis Who's Who in the World  
from 2003 edition. And also listed in well-known  
international biographical dictionaries, ABI (American  
Biographical Institute) in USA and IBC (International  
Biographical Centre) in England. Research interests  
include antenna, mobile phone, wireless  
communication especially digital modulation and  
demodulation, RFID.

**Tae Hyeon Nam** (Student Member)



2017 : BS degree in Electronics  
Engineering, Daelim University.

2017~ : MS course in  
Electronics Engineering,  
Incheon National University.