



## 5GHz 대역저지 특성을 갖는 소형화된 UWB 안테나

신동기\*, 이영순\*\*

### Compact UWB Antenna with Band-notched Characteristics in 5GHz

Dong-Gi Shin\*, Young-Soon Lee\*\*

#### 요약

본 연구에서는 5GHz 대역 저지 특성을 가지는 소형화된 초광대역용 (3.1 ~ 10.6GHz) 마이크로스트립 급전 모노폴 슬롯 안테나를 제안한다. 서로 다른 폭을 가진 다단 슬롯으로 구성된 모노폴 슬롯 안테나를 사용하여 기존의 평면 인쇄형 안테나의 평균 크기의 약 43% 정도의 크기를 가지는 소형 초광대역 안테나를 얻을 수 있었다. 본 연구에서 제안된 안테나의 프로토타입을 저렴한 가격의 FR4 유전체 기판에 제작한 결과, 5GHz 무선 랜 대역인 5.11 ~ 5.95GHz 대역을 저지하면서 2.98GHz에서 11.41GHz 까지 동작이 가능함을 확인 할 수 있었다. 또한 본 연구의 안테나는 초광대역 통신 시스템 사용을 위하여 필요로 하는 주파수 전 대역에서 안정된 안테나 이득(2.22 ~ 5.35dBi)을 보여준다.

#### Abstract

The present study presents a compact ultra-wideband(UWB)(3.1 ~ 10.6GHz) slot microstrip-fed monopole slot antenna with band-notched characteristics in 5GHz. Using the monopole slot antenna composed of multistage slots with separately different width we can obtain a compact UWB antenna with about 43% size of the average size of previous planar printed antennas. The prototype of the proposed antenna is fabricated on the FR4 dielectric substrate of low cost. As a result, it has been observed that the antenna can operate from 2.98GHz to 11.41GHz with notched band of 5.11 ~ 5.95GHz for 5GHz WLAN. Also, the antenna exhibits stable peak gain (2.22 ~ 5.35dBi) over the desired frequency band which will satisfy the UWB communication system.

#### Keywords

UWB, size reduction, multistage slot, WLAN band-notched in 5GHz, stable antenna gain

\* 금오공과대학교 전자공학부

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5466-7298>

\*\* 금오공과대학교 전자공학부 교수(교신저자)

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2891-6179>

• Received: Jan. 18, 2018, Revised: Mar. 06, 2018, Accepted: Mar. 09, 2018

• Corresponding Author: Young-Soon Lee

Dept. of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology,  
Gyeongsangbuk-do 730-701 Korea,

Tel.: +82-54-478-7501, Email: yslee@kumoh.ac.kr

### 1. 서 론

최근 초광대역(UWB) 통신 기술은 초고속 데이터 전송, 초광대역의 임피던스 대역폭, 무선 근거리 통신, 데이터의 보안성, 저전력 소비와 같은 기대 이상의 이점이 있다. 또한, 초고속 무선랜 및 영상 데이터 감시와 같은 상업용 시스템 등의 목적에 부합한다. 따라서 이와 같은 초광대역 무선 통신 분야의 응용이 활발하게 전개됨에 따라 초광대역용 안테나 설계가 중요한 기술 분야로 대두되고 있다. 그리고 초광대역 통신 시스템의 동작 주파수 대역인 3.1 ~ 10.6GHz 내에 IEEE 802.11a 규격인 5.2GHz (5.15 ~ 5.35GHz) 및 5.8GHz (5.725 ~ 5.825GHz) 동작 주파수 대역을 가지는 무선랜 대역이 포함되어 있어 초광대역용 안테나 설계에 5.15 ~ 5.825GHz 대역의 저지 특성이 요구된다.

초광대역용 안테나 설계의 경우 가격이 저렴하면서 제작하기가 쉽고, 향후 집적화하기에 편리한 이유 때문에 유전체 기판을 사용하는 평면 인쇄형 안테나(Planar Printed Antenna) 설계가 지금까지 다양하게 연구되고 있다. 지금까지 단일 대역 저지 특성을 가지는 인쇄형 초광대역 안테나의 구성 형태로 원형(Circular), 정방형(Square), 타원형(Elliptical), 직사각형(Rectangular) 및 다각형(Multilateral)과 같은 다양한 형태의 안테나가 제안되었다[1]-[9]. 이러한 기존의 평면 인쇄형 안테나 기판의 평균 크기는 약  $40 \times 50mm^2$  이다. 그러나 소 출력 무선 통신기들의 소형화 요구에 의해 기존 인쇄형 안테나들의 소형화 문제는 여전히 지속적으로 요구되고 있는 상황이다.

본 논문에서는 기존의 논문에서와 같이 저렴한 가격의 FR4 유전체 기판을 사용하여 소형화된 5GHz 무선랜 대역저지 특성을 가지는 초광대역용 인쇄형 안테나를 제안하고 한다. 참고문헌 [10]에서는 슬롯 안테나의 크기를 줄이고 대역폭을 증가시키기 위해  $\lambda_g/2$  길이를 가지는 공진형 슬롯 대신에 T-형 및 L-형 슬롯 형태의 한 쪽 끝이 개방된 다양한  $\lambda_g/4$  길이를 가지는 모노폴 슬롯 안테나를 제안하였다. 그러나 이러한 모노폴 슬롯 안테나는 초광대역 특성을 만족하지 못한다. 그리하여 본 논문

에서는 초광대역의 임피던스 대역폭을 만족하는 안테나를 설계하기 위해 T-형 및 L-형 모노폴 슬롯 안테나가 아닌 슬롯 폭이 각기 다른 다단 형태의 한 쪽 끝이 개방된 모노폴 슬롯 안테나를 제안하고자 한다. 급전 구조는 광대역 정합을 위하여 마이크로 스트립 패치 형태로 하고, 단순한 구조로 무선랜 대역저지를 위하여 급전선 근방에 전자기장 결합을 유도시키기 위한 한 쌍의 C-형 공진기[11]를 배치하여 설계하고자 한다. 설계에 대한 논의와 설계 파라미터에 따른 변화를 2장에서 제시하였으며, 3장과 4장에서는 측정 결과와 결론에 대해 제시하였다. 본 논문에서의 안테나 모의실험 설계는 CST MWS를 사용하였다.

### II. 안테나 구조 및 설계

제안하고자 하는 5GHz 무선랜 대역저지 특성을 가지는 다단 형태의 모노폴 슬롯 안테나를 그림 1에 제시하였다. 좌측 그림은 서론에서 언급한바와 같이 안테나 소형화를 위해 도입된 접지면에 에칭된 각각 다른 슬롯 폭을 가지는 다단형태의 한 쪽 끝이 개방된 모노폴 슬롯 구조로 안테나의 방사부이다. 우측 그림은 광대역 정합을 위해 유전체 기판 윗면에 인쇄된 마이크로스트립 패치 구조의 급전선이며, 무선랜 대역 저지를 위해 마이크로스트립 급전선 인근에 배치된 C-형 공진기임을 알 수 있다.

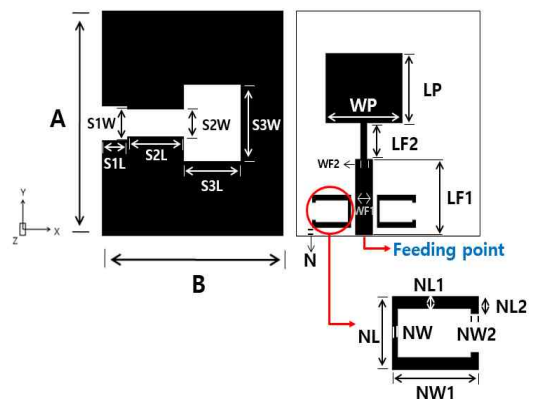


그림 1. 본 논문의 안테나 구성  
Fig. 1. Configuration of the proposed antenna

WF1과 LF1은 급전선의 폭과 길이를 의미하며, WF2와 LF2는 정합을 목적으로 설계된 스티브의 폭과 길이를 의미한다. WP와 LP는 마이크로스트립 패치의 가로 및 세로 크기를 의미한다. 또한 NL1과 NW1은 C-형 공진기의 폭과 가로 길이이며, NL과 NL2는 세로 길이이며 NW와 NW2는 폭에 해당한다. 추가적으로 그림 1의 왼쪽에서부터 세 개의 사각 슬롯이 있는데 각각의 슬롯(S1~S3)에서 W와 L은 슬롯의 폭과 길이를 뜻한다. 본 연구에서 제안된 안테나의 프로토타입은 FR4 (유전율( $\epsilon_r$ ) 4.4, 유전체 두께 1.6mm인) 기판에 설계하였다.

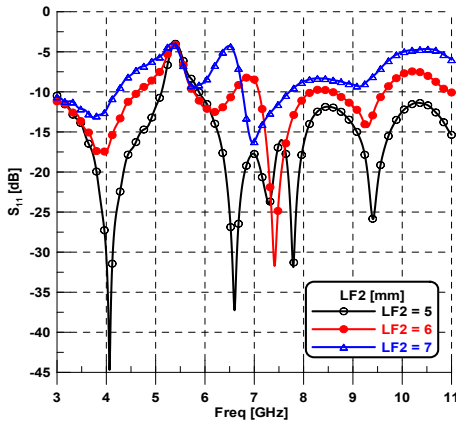


그림 2. 다양한 LF2의 값에 따른 시뮬레이션 결과 반사계수  
Fig. 2. Simulated reflection coefficient for the various values of LF2

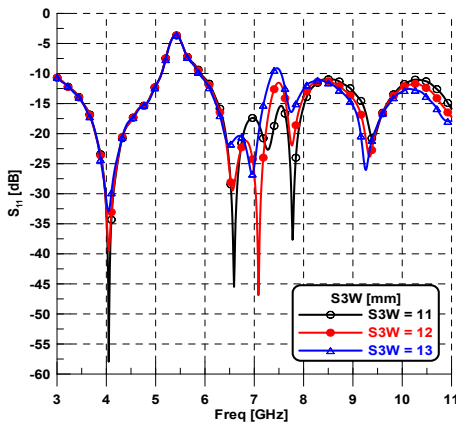


그림 3. 다양한 S3W의 값에 따른 시뮬레이션 결과 반사계수  
Fig. 3. Simulated reflection coefficient for the various values of S3W

먼저 그림 2에서는 급전선과 마이크로스트립 패치 사이의 정합을 목적으로 사용된 변환기의 길이 LF2의 길이를 5mm에서 7mm까지 증가시켰을 때 주파수의 변화 및 반사계수 크기 변화를 제시하였다. LF2가 5mm일 때 최적의 모의실험 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 파라미터 LF2는 임피던스 매칭을 위한 구조이며 초광대역을 만족시키는 파라미터 중 하나라고 할 수 있다.

그림 3에서는 접지면의 슬롯 중에서 가장 왼쪽에 위치하고 있는 S3 슬롯의 높이 S3W의 변화에 따른 경향을 제시하였다. S3W의 길이를 1mm 간격으로 11mm에서 13mm 까지 증가시키면서 공진주파수 변화와 반사계수의 크기의 변화를 보았을 때, S3W가 증가할수록 낮은 주파수 대역의 공진주파수의 변화는 없고 반사계수 크기에 대한 변화만 볼 수 있다. 그러나 높은 주파수 대역에서는 공진주파수 이동과 반사계수의 크기에 영향을 있는 것을 확인할 수 있다.

그림 4에서는 C-형태 공진기의 급전점으로부터 이격된 거리에 해당하는 N 파라미터를 1mm에서 3mm 까지 증가시키면서 공진주파수 변화 및 반사계수의 크기를 보았을 때, N이 증가하며 2mm 이상 일 때, 사용하고자 하는 대역을 만족하는 것을 그림에서 확인할 수 있다. 따라서 N이 2mm 일 때 최적의 대역을 충족한다.

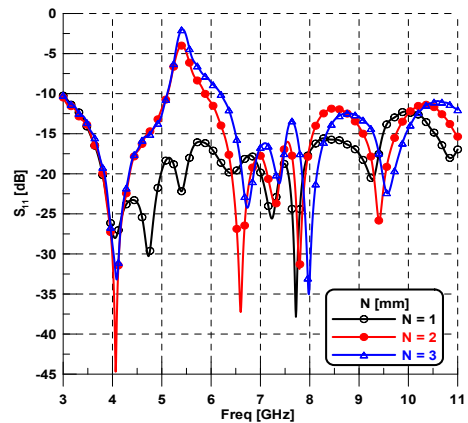


그림 4. 다양한 N의 값에 따른 시뮬레이션 결과 반사계수  
Fig. 4. Simulated reflection coefficient for the various values of N

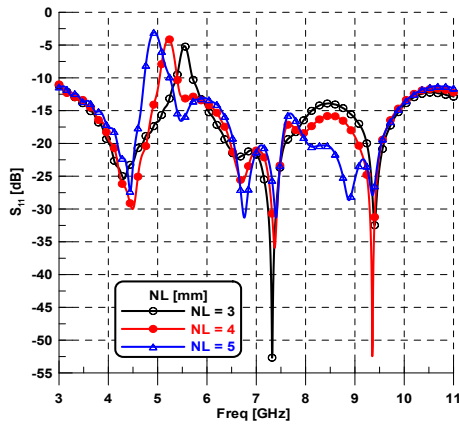


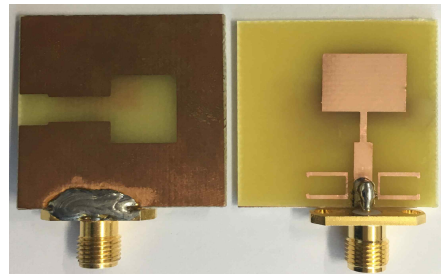
그림 5. 다양한 NL의 값에 따른 시뮬레이션 결과 반사계수  
 Fig. 5. Simulated reflection coefficient for the various values of NL

그림 5에서는 C-형태 공진기의 세로길이에 해당하는 NL의 변화에 따른 경향을 제시하였다. NL의 변화로 인해 대역 저지를 만족하는 주파수의 변화를 예상해 볼 수 있다. NL의 길이를 1mm 간격으로 3mm에서 5mm까지 증가시켰을 때, 전자기적 결합을 위한 공진 길이가 길어짐에 따라 대역저지를 목표로 하는 5GHz 무선랜 대역의 공진주파수가 낮아지는 현상을 볼 수 있다. 또한, 높은 주파수 대역에서도 변화를 관찰 할 수 있다. NL = 3mm일 때 최적의 결과를 만족했으며, 따라서 NL 파라미터는 무선랜 대역저지 특성을 만족시킬 수 있는 파라미터 중 하나이다.

지금까지 몇 가지의 중요한 파라미터 변화에 따른 공진주파수 및 반사계수의 변화를 보았으며, 앞에서 제시한 모의 실험결과들을 통한 UWB 대역을 만족하는 최적의 안테나 설계 파라미터의 값을 표 1에 제시하였다.

표 1. 본 논문의 안테나의 최적화 설계 변수  
 Table 1. The optimized design parameter

parameter	value [mm]	parameter	value [mm]
A	28.5	N	2
B	32	NL	3
LM2	5	NW1	5
S3W	11	NW2	0.6



(a) Bottom (b) Top  
 그림 6. 프로토타입 안테나의 아랫면 및 윗면 사진  
 Fig. 6. Photograph of bottom and top view

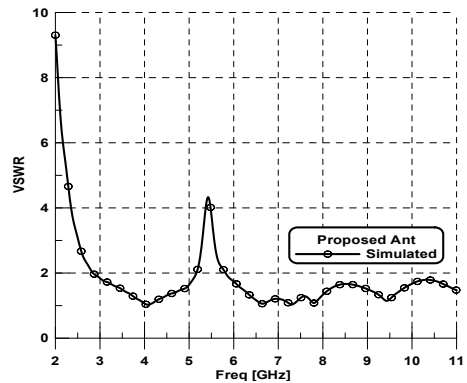


그림 7. 본 논문의 안테나의 시뮬레이션 결과 전압정재파비  
 Fig. 7. Simulated result of VSWR

### III. 제작 및 측정결과

2장의 결과를 토대로한 표 1의 최적화된 파라미터의 값으로 제작된 프로토타입의 안테나를 그림 6에 제시하였다. 제작한 안테나는 모의 실험에서와 동일하게 FR4 (유전율( $\epsilon_r$ ) 4.4, 유전체 두께 1.6mm 인) 기판을 사용했다.

그림 7에서는 전압 정재파비(VSWR)의 모의실험 결과를 제시하였고, 그림 8에서는 반사손실의 모의 실험 결과와 측정결과를 함께 제시하였다. 그림 7과 그림 8에서 보는 것과 같이 모의실험 결과,  $VSWR \leq 2$  및  $|S_{11}| \leq -10\text{dB}$ 로 정의하는 통과대역 임피던스 주파수 대역폭이 낮은 주파수 대역에서는 2.21GHz (2.92 ~ 5.13GHz), 높은 주파수 대역에서는 6.14GHz (5.86 ~ 12GHz)의 대역폭을 가지는 것으로 나타났다. 이와 같은 초광대역 특성 결과를 얻을 수 있는 이유는 슬롯 폭이 각기 다른 다단 형

태의 한 쪽 끝이 개방된 모노폴 슬롯 구조를 도입한 결과로 사료된다. 반면에  $VSWR \geq 2$  및  $|S_{11}| \geq -10\text{dB}$ 로 정의되는 저지대역의 대역폭은 711 MHz (5.139 ~ 5.85GHz) 임을 알 수 있다. 이렇게 원하는 5GHz 차단 대역 특성을 얻을 수 있는 이유는 급전선 근방에 배치한 한 쌍의 C-형 공진기의 도입 덕분으로 사료된다. 실제로 제작된 안테나의 측정 결과로는 낮은 주파수 대역에서 2.13GHz (2.98 ~ 5.11GHz), 높은 주파수 대역에서는 5.46 GHz(5.95 ~ 11.41GHz)의 대역폭을, 그리고 저지대역은 840MHz (5.11 ~ 5.95GHz)의 대역폭을 가지는 것을 확인 할 수 있었다. 모의실험의 결과와 측정결과에서 다소 차이가 발생했지만 유사한 대역폭을 가진다. 참고문헌 [10]에서도 볼 수 있는 바와 같이 일반적으로 슬롯 타입의 안테나를 제작하게 되면 슬롯의 크기 및 길이가 다소 길어지는 경향이 있어 모의 실험 설계 결과보다 공진주파수가 증가하게 된다. 그러나 UWB 대역과 대역저지 특성을 충분히 만족 할 수 있는 결과이다.

그림 9에서는 X-Z 평면(H-plane) 상에서 낮은 주파수 대역 4.5 GHz와 높은 주파수 대역 9 GHz에서 2D 방사패턴의 모의실험 결과와 측정 결과를 비교하여 나타내었다. 그림 9에서 볼 수 있는 것처럼 측정 결과가 모의 실험 결과와 비교적 잘 일치하며 또한, X-Z 평면(H-plane)에서는 UWB 전체 주파수 대역에서 무지향성인 방사패턴을 보이므로 UWB 무선 통신용 안테나로 이용하기에 적합하다고 사료된다.

그림 10에서는 X-Y 평면(E-plane)상에서 동일한 2개의 주파수 대역(4.5GHz, 9GHz)에서 2D 방사패턴의 모의실험 결과와 측정 결과를 비교하여 나타내었다. 그림 10에서 볼 수 있듯이 방사 패턴 형태가 주파수가 높아짐에 따라 방사 특성이 조금 일그러지는 모습이 보였지만 다중 빔 형태와 8자 빔 형태를 가지는 것을 확인 할 수 있다. 다만 모의실험 결과 및 측정 결과에 대해 다소 오차가 발생한 원인은 방사패턴을 측정 할 때 SMA 커넥터와 측정하고자하는 안테나와의 케이블 결합에 의한 감쇄 및 케이블에 작용하는 장력으로 인해 방사패턴 측정에 영향을 미친것으로 사료된다. 안테나의 이득은 2.22~5.35dBi로 확인 할 수 있었다.

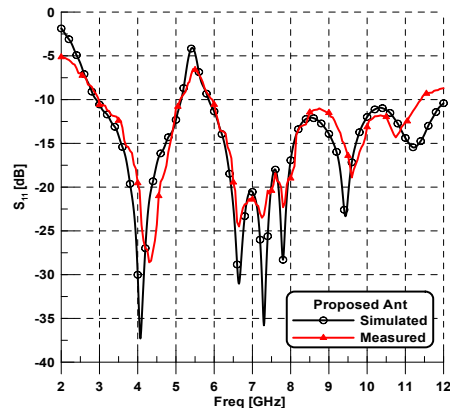


그림 8. 프로토타입 안테나의 측정 및 시뮬레이션 결과 반사계수

Fig. 8. Measured and simulated reflection coefficients of the prototype antenna

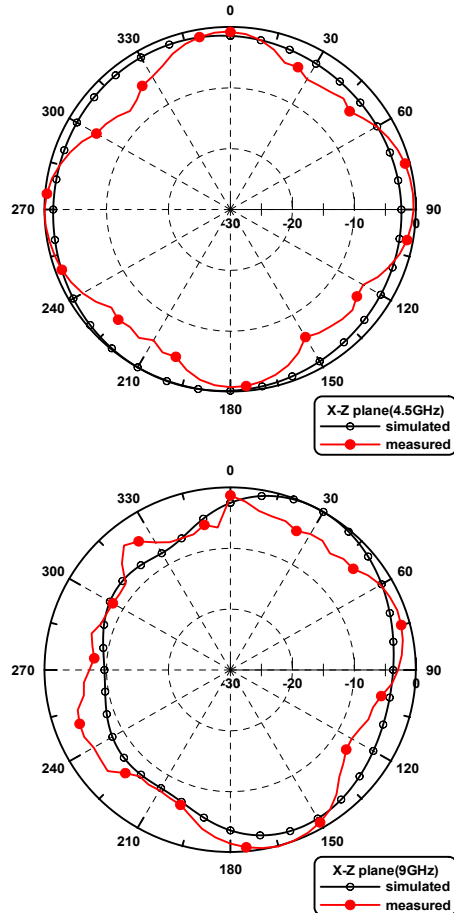


그림 9. 프로토타입 안테나의 원거리장 정규화 방사패턴(X-Z plane)

Fig. 9. Measured far-field normalized radiation patterns of the prototype antenna(X-Z plane)

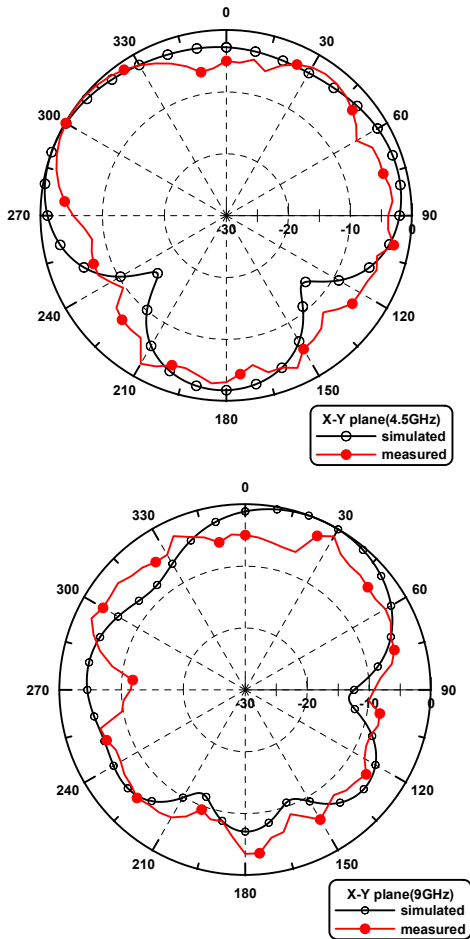


그림 10. 프로토타입 안테나의 원거리장 정규화 방사패턴(X-Y plane)

Fig. 10. Measured far-field normalized radiation patterns of the prototype antenna(X-Y plane)

#### IV. 결론

본 논문에서는 UWB 대역 (3.1 ~ 10.6GHz)을 만족하는 동시에 5GHz 무선랜 (5.15 ~ 5.825GHz) 대역저지 특성을 포함하는 서로 다른 폭을 가지는 다단 형태의 모노폴 슬롯 안테나의 설계 과정 및 결과를 제시하였다. 최종적으로 제안된 구조는 28.5mm × 32mm의 크기를 가지는 FR4 기판에 설계되었으며 여러 차례의 모의 실험에서 얻어진 결과를 통해 안테나를 제작 및 측정하였다. 최종 제작된 안테나의 통과 대역인 임피던스 대역폭의 측정결과가 낮은 주파수 대역에서 2.34GHz(2.98 ~ 5.11GHz),

높은 주파수 대역에서는 5.19GHz(5.95 ~ 11.14GHz)의 대역폭을 확보했다. 그 반면에 저지대역은 840MHz (5.11 ~ 5.95GHz)의 대역폭을 얻을 수 있었다.

특히 기존의 인쇄형 안테나[1]-[8]의 평균 크기인 40 × 50mm<sup>2</sup>에 비해 본 논문의 안테나 크기가 43%로 축소되었음에도 불구하고 충분한 UWB 통과 대역을 만족하며, 동시에 정확한 5GHz 무선랜 대역을 저지할 수 있음을 알 수 있다. 또한, UWB 전체 주파수 대역에서 만족스러운 무지향성 경향의 방사패턴을 확인 할 수 있었으며, 안테나의 이득 또한 UWB 통과 전 대역에서 비교적 높은 값에 해당하는 2.22~5.35dBi로 확인 할 수 있었다.

끝으로 본 논문이 설계를 하고자 하는 UWB의 통과대역 및 저지대역 특성을 만족하고 통과대역 주파수 범위 내에서 비교적 높은 안테나 이득 및 무지향성과 같은 좋은 방사 특성을 보였다. 따라서 제안된 안테나는 소형의 특징을 가지고 5GHz 무선랜 대역 저지를 만족하는 UWB 통신용 안테나로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### References

- [1] A. M. Abbosh and M. E. Bialkowski, "Design of ultrawideband planar monopole antennas of circular and elliptical shape", IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. 56, No. 1, pp. 17-23, Jan. 2008.
- [2] A. Foudazi, H. R. Hassani, and S. M. A. Nezhad, "Small UWB planar monopole antenna with added GPS/GSM/WLAN bands", IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. 60, No. 6, pp. 2987-2992, Jun. 2012.
- [3] J. Liang, C. C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, "Study of a printed circular disc monopole antenna for UWB systems", IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. 53, No. 11, pp. 3500-3504, Nov. 2005.
- [4] T. G. Ma and S. J. Wu, "Ultra wide band band-notched folded strip monopole antenna", IEEE Trans Antennas Propag, IEEE Transaction

on Antennas and Propagation, Vol. 55, No. 9, pp. 2473-2479, Sep. 2007.

- [5] D. H. Bi and Z. Y. Yu, "Study of dual stop bands UWB antenna with U-slot and V-slot DGS", Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 22, pp. 2335-2346, Apr. 2008.
- [6] T. Y. Han, C. Y. D. Sim, and W.C. Wu, "Planar multilateral disc monopole antenna with variable band-notch function for bluetooth / UWB applications", Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 23, pp. 2289-2299, Apr. 2009.
- [7] Z. Q. Li, C. L. Ruan, and L. Peng, "Design and analysis of planar antenna with dual WLAN band-notched for integrated bluetooth and UWB applications", Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 24, pp. 1817-1828, Apr. 2010.
- [8] B. Satyanarayana and S. Mulgi, "Design of planar band-notched monopole antenna for 2.4 GHz WLAN and UWB applications", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 57, No. 11, pp 2496-2501, Nov. 2015.
- [9] W. H. Song and Y. S. Lee, "Band-notched monopole antenna with a pair of L-shaped slot for UWB applications", Journal of KIIT, Vol. 14, No. 12, pp.63-70, Dec. 2016.
- [10] S. I. Latif, L. Shafai, and S. K. Sharma, "Bandwidth enhancement and size reduction of microstrip slot antennas", IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. 53, No. 3, pp. 994-1003, Mar. 2005.
- [11] G. Srivastava, S. Dwari, and B. K. Kanaujia, "A compact triple band notch circular ring antenna for UWB applications", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 57, No. 3, pp. 668-672, Mar. 2014.

## 저자소개

### 신 동 기 (Dong-Gi Shin)



2018년 2월 : 금오공과대학교  
전자공학부 (공학사)  
관심분야 : 안테나 해석 및 설계,  
RF 수동 소자 설계

### 이 영 순 (Young-Soon Lee)



1979년 2월 : 경북대학교  
전자공학과(공학사)  
1981년 2월 : 한국과학기술원  
전자공학과(공학석사)  
1996년 2월 : 경북대학교  
전자공학과(공학박사)  
1981년 ~ 현재 : 금오공과대학교  
전자공학부 교수

관심분야 : 전자기장 이론, 안테나 산란문제, 도파관  
불연속, 전자기장 개구결합 문제, 전자기장 수치해석