

WLAN 노치 대역 특성을 갖는 UWB 육각형 패치 안테나

김 영 진[°]

Design of UWB Hexagon Patch Antenna with WLAN Notch Band Characteristic

Young-Jin Kim[°]

요 약

본 논문에서는 노치 대역 특성을 갖는 UWB 육각형 패치 안테나를 제안하였다. 노치 대역은 WLAN의 5.15 ~ 5.85 GHz 대역이며, 원형 슬릿을 패치에 삽입하여 유도하였다. 제안된 안테나의 임피던스 대역폭은 3.1 ~ 11.85 GHz 대역으로 UWB 통신 시스템의 대역폭을 만족하였으며, 5.2 ~ 5.8 GHz 대역에서 노치 대역 특성을 보였다. 안테나의 방사패턴은 XZ-plane에서 0°와 180°에서 지향성의 패턴을 보이며, YX-plane에서 무지향성 패턴을 보인다. 또한, 주파수가 증가할수록 안테나 이득도 증가하며, 노치 대역 구간에서는 안테나 이득이 감소하였다. 제안된 안테나는 두께 1.62 mm, 손실 탄젠트 0.0035, 유전율 4.5를 갖는 TRF-45 기판에 설계되었으며, 설계는 Ansys사의 HFSS를 사용하였다.

Key Words : UWB, Hexagon Patch Antenna, Notch Band, Circular Slit

ABSTRACT

In this paper, we have proposed a hexagonal patch UWB antenna with a band notch characteristic where the notch band of 5.15 ~ 5.85 GHz band of WLAN was induced by inserting a circular slit in the patch. The impedance bandwidth of the proposed antenna meet the band width criteria of UWB communication system where is mentioned as frequencies range form 3.1 ~ 11.8 GHz. The characteristic band at 5.2 ~ 5.8 GHz notch band was observed. The radiation pattern of the antenna shows a directinal radiation pattern at 0° and 180° in XZ-plane and YZ-plane is an omni-directional pattern, respectively.

In addition, it is observed that increase in frequency results in increases of the antenna gain whereas the notch band section is decreased. The proposed antenna was designed TRF-45 substrate with thickness of 1.62 mm, a loss tangent of 0.0035, a relative permittivity of 4.5 and designed were used Ansys Inc. HFSS.

I. 서 론

근래의 무선 통신 기술의 활발한 연구로 인해 다양한 서비스의 제공을 필요로 하며, 이러한 추세를 통해 무선 통신 기술은 산업·의료·과학 등 여러 분야에서 고속의 데이터 무선 통신 기술이 연구되고 있다. 그 중에서도 UWB (Ultra Wide Band) 시스템은 고속의

데이터 무선 통신 기술의 유망한 해결책이 되고 있다.

미국의 연방통신위원회(FCC: Federal Communication Commission)는 UWB 무선 통신 시스템을 중심 주파수에서 20% 이상의 점유 대역폭 및 500 MHz 이상의 점유 대역폭을 갖는 무선 통신 기술로 규정하였으며, 기존의 무선 통신 기술 중에 500 MHz 이상의 대역폭을 갖는다면 UWB 무선 기술로 구분이 가능해

[°] First and Corresponding Author : chosun college of science & technology, yjkim@cst.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2016-11-335, Received November 1, 2016; Revised December 5, 2016; Accepted December 26, 2016

진다. 일반적인 UWB 무선 기술의 상용 주파수 대역 폭은 3.1 GHz 에서 10.6 GHz의 매우 넓은 대역폭을 차지하며, 기존의 통신 방식에 비하여 넓은 대역에서 낮은 전력으로 초고속 근거리 통신을 하는 무선 통신 기술이다^[1].

UWB 안테나는 넓은 대역폭과 안정된 방사패턴으로 UWB 대역에 공존하는 타 대역간의 간섭을 저지하는 기능을 갖는 안테나들이 연구되고 있다^[2,3]. 이러한 조건들을 만족하면서 시스템 내부에 실장하기 편이한 장점을 갖는 평면 형태의 보우-타이 안테나^[4,5], 타원형 안테나^[6], 비발디 안테나^[7], 프랙털 안테나^[8] 등 다양한 구조의 UWB 안테나들이 제안되고 있다^[9].

UWB 상용 주파수 대역에서 공전하는 대역 중에 IEEE 802.11ac의 WLAN 대역이 있으며, 통신 시스템간의 혼선으로 인한 시스템간의 성능의 저하를 차단하기 위해 노치 대역 특성을 갖는 안테나를 제안하였다^[10,11].

따라서 본 논문은 초광대역 특성을 갖는 UWB 육각형 패치 안테나를 제안하였으며, 안테나에 원형 슬릿을 삽입함으로써 특정 구간에서 노치 대역 특성을 유도하였다^[12-14].

이를 위해 제2장에서는 Ansys 사의 HFSS 시뮬레이션 툴을 통하여 설계하였다. 제3장에서는 시뮬레이션 분석을 하였으며, 제4장에서는 결론을 맺는다.

II. 안테나의 설계

제안된 안테나의 육각형 패치 안테나에 원형 슬릿을 삽입하여 WLAN (5.15 ~ 5.85 GHz) 대역을 저지하였으며, 광대역 임피던스 정합을 위해 선형적으로 변하는 마이크로스트립 라인을 사용하였다. 안테나는 두께 1.62 mm, 손실 탄젠트 0.0035, 유전율 4.5를 갖는 Taconic TRF-45 기판에 인쇄되며, 안테나의 전체 크기는 40 × 37 mm이다. 안테나의 설계 및 시뮬레이션 분석은 3D 전파(propagation) 전자기장 해석이 가능한 Ansys사의 HFSS를 사용하였으며, 설계된 안테나의 구조 및 상세 파라미터는 그림 1, 표 1과 같다.

WLAN 대역을 저지하기 위한 원형 슬릿은 $\lambda_g/4$ 공식을 기반으로 설계되며, 반복 해석을 통해 정밀한 노치 대역 특성을 유도한다. λ_g 는 관내 파장이며, 다음 식으로 유도된다.

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (1)$$

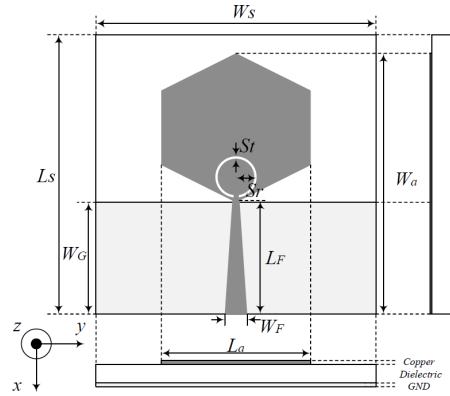


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of the proposed antenna

표 1. 제안된 안테나의 상세 파라미터 [mm]
Table 1. Specific parameter of the proposed antenna [mm]

Parameter	Value	Parameter	Value
L_s	40	W_s	37
L_a	19.74	W_a	37.8
L_F	15.4	W_F	3.2
S_r	2.7	S_i	0.3
W_G	15		

관내 파장 λ_g 는 유효 유전 상수 ϵ_{eff} 가 결정되면 마이크로스트립 라인의 길이가 결정된다. f 는 주파수이며, c 는 자유 공간에서의 빛의 속도이다. 유효 유전 상수 ϵ_{eff} 는 다음 수식으로 유도된다.

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w} \right)^{-0.5} \quad (2)$$

여기서, ϵ_r 은 기판의 비유전율 이며, h 와 w 는 기판의 두께와 마이크로스트립 라인의 폭이다^[15,16].

III. 안테나 분석

안테나와 원형 슬릿의 노치 대역 동작 원리를 이해하기 위해, 5.5 GHz (WLAN)대역에서 표면 전류 분포 시뮬레이션을 분석하였으며, 그림 2에 도시된다.

그림 2의 결과, 전류 분포는 공급 라인으로부터 발생이 되며, 육각형 패치에 삽입된 원형 슬릿에 전류가 집중되어 자유공간으로 방사되는 에너지를 멈추게 한다.

제안된 안테나는 임피던스 대역폭 분석 및 노치 대역 특성을 관찰하기 위하여 기본 구조와 원형 슬릿이 삽입된 구조를 통해 정재파비(VSWR: Voltage

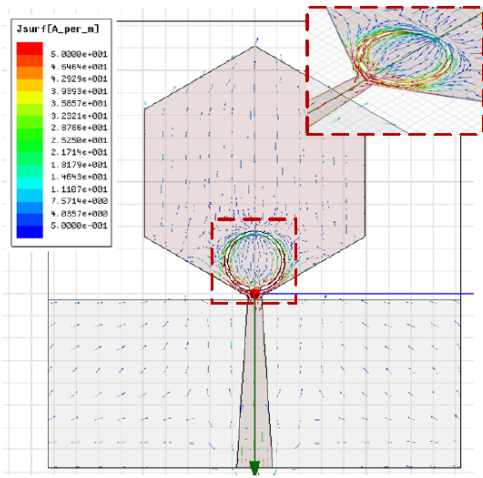


그림 2. 제안된 안테나의 표면 전류 분포 시뮬레이션 분석
 Fig. 2. Surface current distribution simulation analysis of the proposed antenna

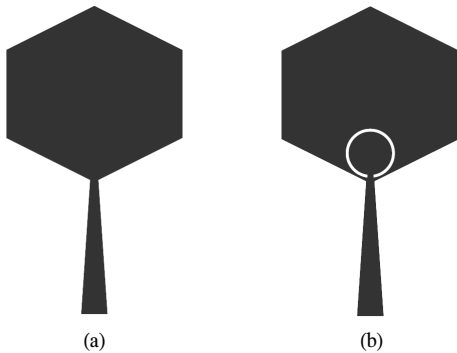


그림 3. 제안된 안테나의 각각의 구조 (a) 원형 슬릿이 없는 구조 (b) 원형 슬릿이 포함된 구조
 Fig. 3. Each structure of the proposed antenna (a) without circular slit (b) with circular slit

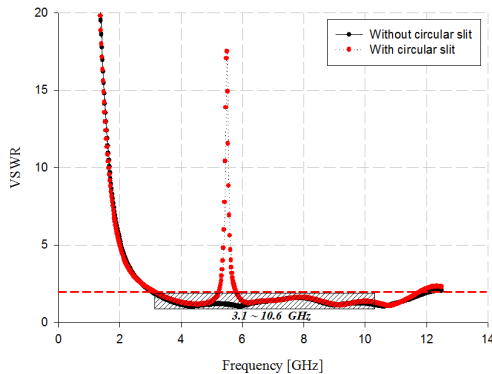


그림 4. 제안된 안테나의 정재파비 시뮬레이션 분석
 Fig. 4. VSWR simulation analysis of the proposed antenna

Standing Wave Ratio) 시뮬레이션 분석을 하였으며, 구조 및 시뮬레이션 분석은 그림 3, 그림 4와 같다.

그림 4의 결과, 원형 슬릿이 없는 기본 구조는 3.12 ~ 12.06 GHz 대역에서 $VSWR \leq 2$ 를 수렴하여 8.94 GHz의 대역폭을 보였다. 원형 슬릿이 삽입된 제안된 구조는 3.1 ~ 11.85 GHz 대역에서 $VSWR \leq 2$ 를 수렴하여 8.75 GHz의 대역폭을 보였으며, 노치 대역 구간은 5.2 ~ 5.8 GHz 대역에서 노치 대역 특성($VSWR > 2$)을 충족하였다. 두 구조는 UWB 상용 주파수 대역을 만족하는 결과를 보였다.

제안된 안테나의 노치 대역 특성의 원리를 관찰하기 위해 원형 슬릿의 반지름을 가변하였으며, 결과는 그림 5, 그림 6과 같다.

그림 5 및 그림 6의 결과, 원형 슬릿 반지름 S_r 의 가변을 통한 각각의 상세 결과는 2.3 mm일 때 7.06 GHz 대역, 2.5 mm 일 때 6.15 GHz 대역, 2.7 mm일 때 5.5 GHz 대역, 2.9 mm일 때 4.79 GHz 대역, 3.1 mm일 때 4.6 GHz 대역으로 S_r 이 증가할 수록 저 주파수 대역으로 이동

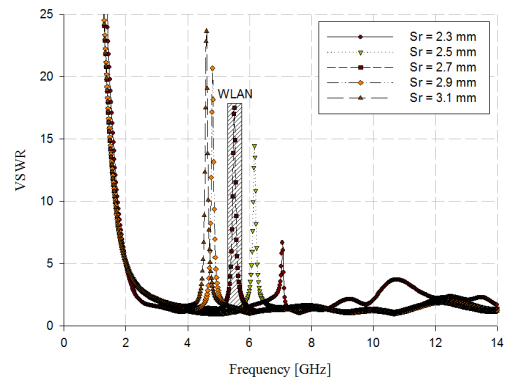


그림 5. 원형 슬릿의 정재파비 시뮬레이션 분석
 Fig. 5. VSWR simulation analysis of the circular slit

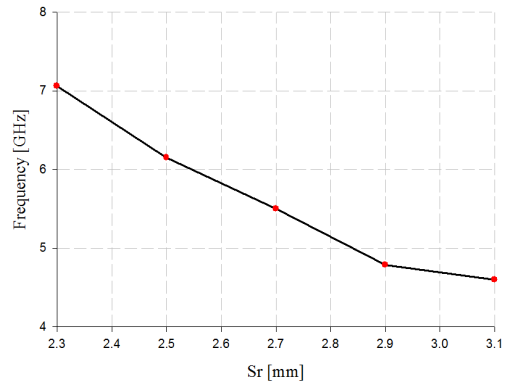


그림 6. 노치 대역 특성 결과
 Fig. 6. Results of notch band characteristic

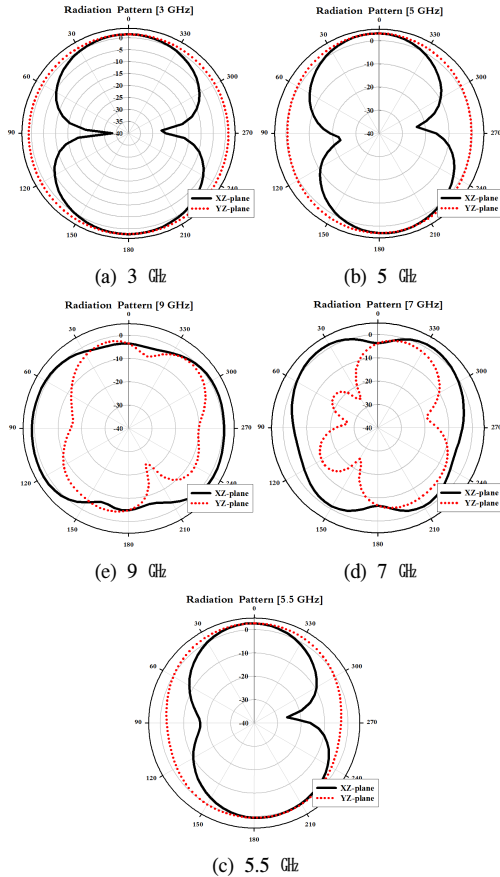


그림 7. 제안된 안테나의 방사패턴 시뮬레이션 결과
Fig. 7. Radiation pattern simulation result of the proposed antenna

하는 특성을 관찰하였으며, S_{11} 이 2.7 mm일 때 WLAN 대역에서의 노치 대역 특성을 만족하였다.

제안된 안테나는 3 GHz, 5 GHz, 5.5 GHz, 7 GHz, 9 GHz의 각각의 대역으로부터 XZ-plane과 YZ-plane에서의 방사패턴 시뮬레이션 분석을 하였으며, 그림 7과 같다.

그림 7의 결과, 3 GHz, 5 GHz, 5.5 GHz 대역의 XZ-plane은 0°와 180°에서 집중되어 방사되는 지향성의 방사 특성을 보이며, YZ에서는 모든 방향에서 균일하게 방사되는 무지향성의 패턴을 보인다. 또한, 7 GHz와 9 GHz는 대역에서는 특정한 방향으로 방사되는 특성을 관찰하였다.

제안된 안테나의 이득을 분석하였으며, 그림 8, 표

표 2. 제안된 안테나의 이득 결과 [dBi]
Table 2. Gain results of the proposed antenna [dBi]

3 GHz	4 GHz	5 GHz	5.5 GHz (WLAN)	6 GHz	7 GHz	8 GHz	9 GHz	10 GHz
2.17	3.21	3.54	1.9	3.13	5.10	4.9	5.81	6.43

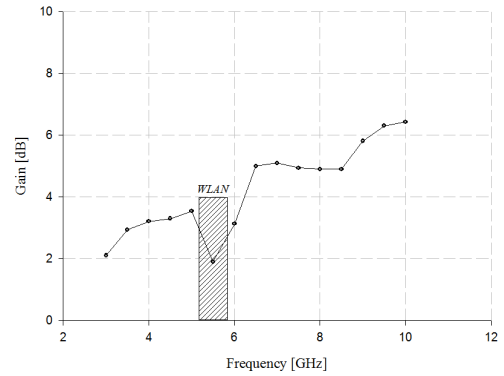


그림 8. 제안된 안테나의 이득 시뮬레이션 결과
Fig. 8. Gain simulation results of the proposed antenna

2와 같다.

그림 8 및 표 2의 결과, 제안된 안테나의 이득은 주파수가 증가할수록 안테나의 이득은 증가하였으며, 노치 대역은 1.9 dB로 다른 대역의 이득에 비해 낮아지는 특성을 보였다.

IV. 결론

본 논문에서는 노치 대역 특성을 갖는 육각형 패치 구조의 UWB 안테나를 제안하였다. 노치 대역 특성을 유도하기 위해 패치 안테나에 원형 슬릿을 삽입하였다. 제안된 안테나의 임피던스 대역폭은 3.1 ~ 11.85 GHz 대역에서 $VS_{WR} \leq 2$ 를 만족하여 8.75 GHz의 대역폭을 보였으며, 5.2 ~ 5.8 GHz 대역에서 노치 대역 특성을 보였다. 안테나의 방사패턴은 XZ-plane에서 0°와 180°에서 지향성의 방사패턴을 보이며, YZ-plane은 기존의 무지향성 특성을 보였다. 안테나의 이득은 주파수가 증가할수록 안테나 이득도 증가하였다. 또한 노치 대역에서의 안테나 이득은 다른 대역의 이득에 비해 감소하는 특성을 보인다. 제안된 안테나는 Ansys사의 HFSS를 통하여 설계 및 시뮬레이션 분석을 하였다.

References

[1] K.-W. Choi, "Design and implementation of a

- long-range respiratory measurement system with noncontact type using IR-UWB,” Ph.D. Department of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University, Aug. 2015.
- [2] T. G. kim and K. S. Sik, “Design for trapezoidal planar UWB antenna using symmetry meander feedline,” *J. Korea Electromagnetic Eng. Soc.*, vol. 20, no. 2, pp. 739-745, Aug. 2009.
- [3] D. O. Kim and C. Y. Kim, “CPW-Fed Ultra-Wideband antenna with Triple-Band notch function,” *Electron. Lett.*, vol. 46, no 18, pp. 1246-1248, Sept. 2010.
- [4] K. Kiminami and A. Hirata, “Double-sided printed bowtie antenna for UWB communications,” *IEEE Lett. Antennas Propag.*, vol. 3, pp. 152-153, 2004.
- [5] A. Dadgarpour, G. Dadashzadeh, M. N-Moghadasi, and F. Jolani, “Design and optimization of compact balanced antipodal staircase bow-tie antenna,” *IEEE Lett. Ant. Propag.*, vol. 8, pp. 1135-1138, 2009.
- [6] J. W. Jang and H. -Y. Hwang, “Design of a miniaturized quarter-circular-slot UWB Antenna,” *Microwave J.*, Mar. 2008.
- [7] A. Z. Hood, T. Karacolak, and E. Topsakal, “A small antipodal vivaldi antenna for ultrawide-band applications,” *IEEE Lett. Ant. Propag.*, vol. 7, pp. 656-660, 2008.
- [8] H. Oraizi and S. Hedayati, “Miniaturized UWB monopole microstrip antenna design by the combination of giusepe peano and sierpinski carpet fractals,” *IEEE Lett. Ant. Propag.*, vol. 10, pp. 67-70, 2011.
- [9] H. S. Choi, K. Choi, and H. Y. Hwang, “A miniaturized and band rejection characteristic of bow-tie monopole UWB antenna,” *J. Electromagnetic Eng. and Sci.*, vol. 23, no. 3, pp. 300-305, Mar. 2012.
- [10] M. M. Islam, M. R. I. Faruque, and M. T. Islam, “A compact 5.5 GHz band-rejected UWB antenna using complementary split ring resonators,” *Hindawi Publishing Corporation The Scientific World J.*, vol. 2014, May 2014.
- [11] D. Sarkar, K. V. Srivastava, and K. Saurav, “A compact microstrip-Fed triple band-notched UWB monopole antenna,” *IEEE Ant. and Wirel. Propag. Lett.*, vol. 13, Mar. 2014.
- [12] D. Y. Choi, S. W. Kim, J. J. Park, M. A Jeong, and S. R. Lee, “Design and implementation of tapered slot antenna for ship’s indoor location-aware system,” *J. KICS*, vol. 39C, no. 12, pp. 1307-1313, Dec. 2014.
- [13] J. J. Kim, S. W. Kim, J. J. Park, M. A Jeong, K. W. Park, and D. Y. Choi, “Design and analysis of UWB circular patch antenna using microstrip line,” *J. KICS*, vol. 40, no. 05, pp. 938-943, May 2015.
- [14] K. J. Jeon, B. H. Ko, S. C. Myung, S. R. Lee, and K. S. Kim, “Protograph-based block LDPC code design for marine satellite communications,” *J. KICS*, vol. 39C, no. 7, pp. 515-520, Jul. 2014.
- [15] J. Hu, D. Y. Shen, G. T. Wnag, X. H. Zhang, X. P. Zhang, and K. Wu, “A small UWB antenna with dual band-notched characteristics,” *Int. J. Ant. and Propag.*, vol. 2012, 2012.
- [16] J.-S. Hong and M. J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, John Wiley & Sons.

김 영 진 (Yeong-Jin Kim)



1988년 8월 : 조선대학교 전자
공학과 석사
2003년 2월 : 조선대학교 전자
공학과 박사
<관심분야> IR-UWB 레이더,
안테나 설계, 네트워크