JANT 한국항행학회논문지
Journal of Advanced Navigation Technology

응용 및 융합 기술

J. Adv. Navig. Technol. 20(5): 490-495, Oct. 2016

마이크로스트립 급전 무선랜용 이중대역 모노폴 안테나 설계

Design of Microstrip-fed Dual Band Monopole Antenna for WLAN

남 주 열 · 이 영 순*
금오공과대학교 전자공학부

Ju-Yeol Nam· Young-Soon Lee*
Department of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gyeongsangbuk-do 39177, Korea

[요 약]

본 논문에서는 무선랜 2.4 GHz 대역 (2.4 ~ 2.484 GHz), 및 5 GHz 대역의 (5.15 ~ 5.825 GHz) 이중 대역용 마이크로스트립 급전 인쇄형 모노폴 안테나를 제안하였다. 간결한 구조 및 우수한 무지향성 방사패턴을 얻기 위하여 2.4 GHz 모노폴 안테나에 5 GHz 대역 임피던스 정합을 위해 접지면과 이격되는 수정된 역 L-형 슬롯이 에칭된다. 제안된 안테나는 크기가 30 × 45 mm^2, 두께는 1.6 mm, 유전상수가 4.3인 FR4 기판에 설계 및 제작 되었다. 제안된 안테나의 제작 및 측정 결과, 임피던스 대역폭($|S_{11}| \leq$ -10dB)이 2.4 GHz 대역에서는 270 MHz (2.22 ~ 2.48 GHz), 5 GHz 대역에서는 890 MHz (5.08 ~ 5.97 GHz)인 대역폭을 얻을 수 있었다. 특히 두 대역에서 안정되고 우수한 무지향성 방사패턴을 얻을 수 있었으며, 또한 약 4dBi 이상의 높은 이득을 얻을 수 있었다.

[Abstract]

In the present study, a microstrip-fed monopole antenna is proposed for wireless local area network (WLAN) operations which cover dual band of 2.4 GHz (2.4 ~ 2.484 GHz) and 5 GHz (5.15 ~ 5.825 GHz). In order to obtain its compact structure and good omnidirectional radiation patterns, a modified inverted L-shaped slot separated from ground for impedance matching in 5 GHz band is etched on 2.4 GHz printed monopole antenna. The proposed antenna is designed and fabricated on a FR4 substrate with dielectric constant 4.3, thickness of 1.6 mm, and size of 30 × 45 mm^2. The measured impedance bandwidths ($|S_{11}| \leq$ -10 dB) of fabricated antenna are 270 MHz (2.22 ~ 2.48 GHz) in 2.4 GHz band and 890 MHz (5.08 ~ 5.97 GHz) in 5 GHz band respectively. In particular, high gain of more than about 4 dBi and good omnidirectional radiation patterns have been observed over the entire frequency band of interest.

Key word : Microstrip-fed, Dual band for wireless local area network, Inverted L-shaped slot, Omni-directional radiation pattern, Compact.

http://dx.doi.org/10.12673/jant.2016.20.5.490

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(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.

Received 21 September 2016; **Revised** 4 October 2016
Accepted (Publication) 21 October 2016 (30 October 2016)

***Corresponding Author; Young-Soon Lee**

Tel: +82-54-478-7501
E-mail: yslee@kumoh.ac.kr

Ⅰ. 서 론

오늘날 무선통신 기술의 발전으로 다양하고 새로운 무선기술이 개발되고 있으며, 무선 네트워크 분야에서는 동시 사용 주파수 대역이 날로 다중 대역화 되고 있다. 이로 인해 최근 무선 통신 안테나의 연구에서 소형화, 광 대역화, 다중 대역화에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 무선 근거리통신망(WLAN)은 다양한 환경에서 구축이 용이하고, 설치비용을 절감 할 수 있다는 점에서 많이 사용되고 있다.

무선LAN 규격 중 IEEE 802.11b/g는 현재 2.4 GHz (2.4 ~ 2.484 GHz) 대역을 사용하고 있는데, 이 대역은 기존의 여러 기기가 많이 사용되고 있어 기기들 간의 간섭과 같은 문제가 발생할 수 있다. 이러한 점을 피하고 더 높은 전송속도를 위하여 5 GHz (5.15 ~ 5.825 GHz) 대역인 IEEE 802.11a대역을 같이 사용할 수 있는 IEEE 802.11n 규격의 저가의 이중 대역 안테나의 개발이 매우 중요하다고 할 수 있다. 특히 상업용 용도로 사용되는 이러한 안테나는 이중 대역 에서 무지향성(omni-directional)의 안정된 방사패턴 및 고이득의 안테나 특성을 요구한다.

이와 같이 견고하고 저가의 용도로 적합한 안테나는 인쇄형 모노폴 안테나로, 이중대역 동작을 위해 P-형태 [1], G-형태 [2] 및 Disk-slit 형태 [3]의 인쇄형 모노폴 안테나 및 굴곡형 슬롯 루프 안테나 [4]와 같은 다양한 안테나[5-9]가 제안되었다. 이러한 대부분의 안테나는 이중대역 동작으로 인하여 구조가 다소 복잡할 뿐만 아니라 복잡한 구조로 인해 무지향성 방사 패턴을 얻을 수 없다는 단점이 있다.

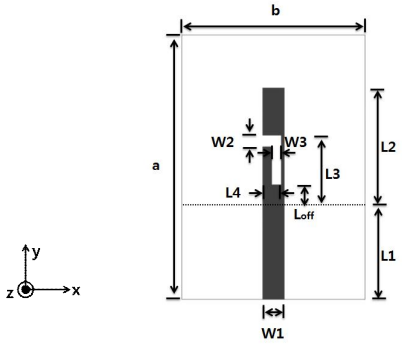
이러한 단점을 해소하기 위해 참고문헌 [10]에서는 CDMA (1.85 ~ 2.12 GHz) 및 2.4 GHz WLAN (2.4 ~ 2.484 GHz) 이중 대역 사용이 가능하고, 특히 2.4 GHz WLAN 대역에서 임피던스 대역폭을 증가시키면서 무지향성 방사 패턴을 가질 수 있도록 역 L-형 슬롯을 가진 CPW (coplanar waveguide) 급전 인쇄형 모노폴 안테나를 제안하였다. 그러나 참고문헌 [10]에서 제안된 안테나 구조를 그대로 적용하여 2.4 GHz 및 5 GHz 이중대역 WLAN용 안테나를 설계할 경우, 참고문헌 [10]에서 사용된 두 주파수 대역이 근접한 반면에 WLAN의 경우 두 주파수 대역이 멀리 떨어져 있어 5GHz (5.15 ~ 5.825 GHz) 에서의 임피던스 부정합 문제로 인하여 WLAN 이중 대역용 안테나 설계가 어려운 문제점을 발견할 수 있었다.

본 논문에서는 간결한 구조로 소형화 하면서 무지향성 방사 패턴을 가지는 이중 대역 WLAN용 안테나를 설계하기 위하여 참고 문헌 [10]에서 제안된 안테나 구조를 사용하기로 하는데, 참고문헌 [10]에서는 역 L-형 슬롯이 접지면과 이격된 거리가 없고 슬롯의 폭이 좁은 반면에, 본 논문에서는 5 GHz 대역의 정합을 위하여 역 L-형 슬롯을 접지면과 거리를 두어 이격시키고 동시에 약 700 MHz 이상의 넓은 대역폭을 확보하기 위해 슬롯 폭이 다소 넓은 수정된 역 L-형 슬롯을 2.4 GHz 인쇄형 모노폴 안테나에 에칭하고자 한다. 또한 참고문헌 [10]에서는 CPW (coplanar waveguide) 급전을 사용한 반면에 본 논문에서는 안테나의 집적화 (integration)를 고려하여 마이크로스트립 급전 방식으로 설계하고자 한다. 본 논문에서의 안테나 모의실험 설계는 CST사의 MWS를 사용하였다.

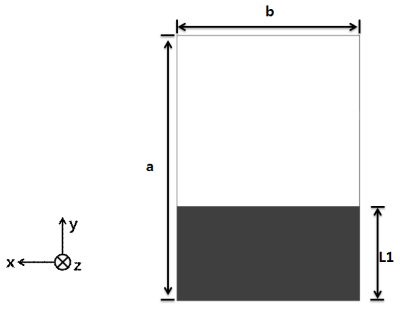
Ⅱ. 안테나 구조 및 설계

본 논문에서 제안 하고자하는 수정된 역 L형 슬롯이 에칭된 이중대역용 마이크로스트립 급전 모노폴 안테나를 그림1에 제시하였다. 그림 1에서 a 및 b는 유전체 기판의 세로 및 가로 길이이고, L1은 접지면의 높이, L2는 2.4 GHz 모노폴 안테나의 공진 길이, Loff는 슬롯이 접지면과 이격된 거리, L3는 슬롯의 세로 길이(L3-Loff)에 해당되며, L4는 슬롯의 가로 길이이고, W2 및 W3는 슬롯의 세로 및 가로 폭이다. 기판 윗면의 마이크로스트립 급전선의 폭 W1은 임피던스 정합을 위해 50 Ω으로 설계되었으며, 마이크로스트립 급전을 위해 뒷면 아랫 부분에는 접지면이 위치한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 참고문헌 [10]에서의 역 L-형 슬롯과는 달리 본 논문의 수정된 역 L-형 슬롯은 접지면과 이격된 거리 Loff를 가지고, 슬롯의 효율적인 전계 유도를 위하여 주 슬롯인 가로 슬롯 폭 W3와 부 슬롯인 세로 슬롯 폭 W2를 다르게 하였으며, 또한 급전 방식도 CPW 급전이 아닌 마이크로스트립 급전 방식임을 알 수 있다.

모의실험에는 두께 1.6 mm, 유전율 4.3인 FR-4기판을 사용하였으며, 모의실험 결과 최적 결과로 기판(PCB)의 전체 크기



(a) Top



(b) Bottom

그림 1. 제안된 안테나
Fig. 1. The proposed antenna.

는 30×45 mm^2 으로 하였으며, 급전선 폭 W1은 50Ω 전송선 임피던스를 가지도록 3.5 mm로 하여, 제안된 안테나가 점유하는 공간은 기판 윗면 접지면 에서부터 3.5×20 mm^2이고 접지면이 점유하는 공간은 기판 뒷면 아래쪽 30×16 mm^2이 된다.

그림 2에서는 먼저 2.4 GHz 대역의 공진 주파수를 결정하게 될 파라미터 L2의 변화에 따른 반사 계수의 변화 경향을 나타내었다. 파라미터 L2는 접지면에서 부터 안테나의 y축에서의 길이를 의미한다. 이 수치에 따라 안테나의 전기적인 길이가 변화하게 되므로 안테나의 공진 주파수가 변화하게 된다. L2의 길이를 19 mm에서 21 mm까지 1 mm 간격으로 증가시키며 주파수 변화 및 반사계수의 크기를 비교 하였을 때, 길이가 길어질수록 2.4 GHz 대역에서 공진주파수가 낮아짐을 알 수 있다. 이때 슬롯 길이를 일정하게 하였으므로 2.4 GHz 대역에서만 공진주파수의 변화가 있음을 확인할 수 있다.

그림 3은 5 GHz 대역의 공진주파수를 결정하게 될 역 L-형 슬롯의 주 슬롯 세로 슬롯 길이에 해당되는 파라미터 L3의 변화에 따른 반사계수의 변화 경향을 나타낸 것이다. 파라미터 L3는 접지면에서부터 슬롯의 상단 까지의 y축에서의 길이를 의미한다. L3의 변화에 따라 슬롯의 길이가 변화하게 되므로 2차공진에서의 주파수가 변화하게 된다. L3의 크기를 9 mm에서 13 mm까지 2 mm 간격으로 증가시키며 경향을 분석하였다. 그 결과 5 GHz 대역에서 L3의 길이가 길어질수록 공진주파수가 낮아짐을 알 수 있다.

그림 4는 5 GHz 대역의 공진주파수를 결정하게 될 역 L-형 슬롯의 부 슬롯 가로 슬롯 길이에 해당되는 파라미터 L4의 변화에 따른 반사계수의 변화 경향을 나타낸 것이다. 파라미터 L4는 안테나의 좌측 끝부터 슬롯의 x축에서의 길이, 즉 주 슬롯 길이 (L3-Loff)와 합하여 슬롯의 총 길이(L3-Loff+L4)를 의미한다. L4가 2 mm에서 3 mm까지 0.5 mm 간격으로 증가시키며 주파수 및 반사계수의 크기를 비교하였을 때 5 GHz 대역에서 공진주파수와 반사손실의 크기가 변화함을 알 수 있다. 또한 이 길이가 길어질수록 5 GHz 대역에서의 공진 주파수가 낮아짐과 동시에 대역폭이 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 5는 5 GHz 대역에서 정합 스텁(stub) 역할을 하게 될 파라미터 Loff의 변화에 따른 반사계수의 변화 경향을 나타낸 것이다. 파라미터 Loff는 접지면에서 슬롯 하단까지의 y축 길이를 의미한다. Loff의 길이를 4 mm에서 8 mm까지 2 mm 간격으로 증가시키며 경향을 분석하였다. 그 결과 Loff가 커질수록 슬롯의 공진 길이가 짧아져 공진 주파수가 높아짐을 알 수 있고, Loff의 길이에 따라 반사계수 크기가 많이 변화됨을 알 수 있다.

그림 6은 W2의 변화에 따른 반사계수의 경향을 나타낸 것이다. W2는 역 L형 슬롯의 개방되는 부분의 폭이다. 슬롯의 폭인 W2의 크기가 변화하면 안테나의 길이와는 상관없으므로 5 GHz 대역에서의 변화만 일어날 것으로 예측 가능하다.

W2가 1 mm에서 3 mm까지 1 mm 간격으로 증가시키며 주파수 및 반사계수의 크기를 비교하였을 때 5 GHz 대역에서 폭이 증가함에 따라 주파수가 다소 높아지면서 동시에 대역폭이 넓어지는 것을 확인 할 수 있다.

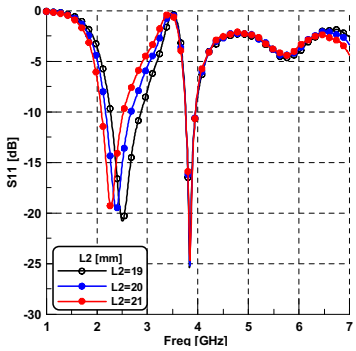


그림 2. L2의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
Fig. 2. Simulated reflection coefficients for different values of parameter L2.

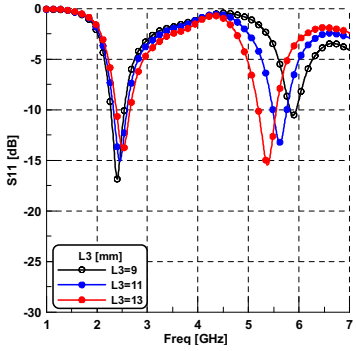


그림 3. L3의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
Fig. 3. Simulated reflection coefficients for different values of parameter L3.

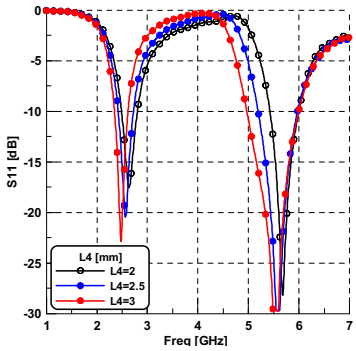


그림 4. L4의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
Fig. 4. Simulated reflection coefficients for different values of parameter L4.

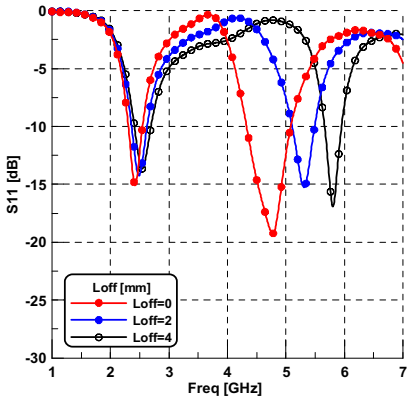


그림 5. Loff의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
Fig. 5. Simulated reflection coefficients for different values of parameter Loff.

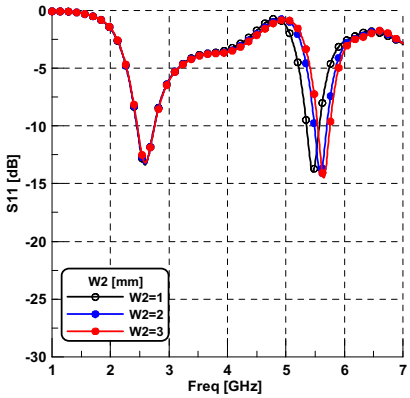


그림 6. W2의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
Fig. 6. Simulated reflection coefficients for different values of parameter W2.

앞서 나타낸 그림 2~6에 제시된 각 파라미터의 변화에 따른 경향을 토대로 하여, 모의실험결과 최적화된 안테나 구조 세부 파라미터 수치를 표 1에 제시하였다. 서론에서 언급한 바와 같이 본 논문이 제안하고자 하는 최적화된 안테나 구조를 보게 되면, 참고문헌 [10]에서의 역 L-형 슬롯과는 달리 접지면과 이격된 거리 Loff = 1.5 mm를 가짐을 알 수 있고, 참고문헌 [10]에서는 슬롯 폭이 0.55 mm인 것과 비교해 볼 때, 3 ~ 4배 증가된 역 L-형 슬롯의 세로 및 가로 폭인 W3 및 W2가 각각 W3 = 1.5 mm 및 W2 = 2 mm 임을 알 수 있다. 접지면과 이격된 거리 Loff = 1.5 mm는 5 GHz 대역에서 마이크로스트립 종단에서 Loff 만큼 정합을 위한 개방 스텁 (open stub) 역할을 하게 되고, 슬롯 폭이 3 ~ 4배로 증가된 만큼 5 GHz 대역에서 주파수 대역폭의 증가에 영향을 주게 되고, 주 슬롯 폭 W3가 W2보다 다소 작아진 이유는 역 L-형 슬롯의 하단부에서 주 방사가 일어남을 모의실험 결과로부터 확인 할 수 있어 이 부분에서 보다 큰 전계 결합을 위해 부 슬롯 폭 W2보다 다소 작아진 결과인 것으로 사료된다.

표 1. 제안된 안테나의 최적화 파라미터
Table 1. Optimization parameter of the proposed antenna.

parameter	values [mm]	parameter	values [mm]
a	30	Loff	1.5
b	45	W1	3.5
L1	16	W2	2
L2	20	W3	1.5
L3	10	h	1.6
L4	3	t	0.035

Ⅲ. 제작 및 측정결과

앞서 분석된 결과를 토대로 최적화 된 구조를 적용하여 제작한 안테나를 그림 7에 제시하였다. 제작에는 모의 실험에서와 같이 두께 1.6 mm, 유전율 4.3인 FR-4기판이 사용되었다. 그림 8은 모의실험 결과와 실제 제작된 안테나의 반사 손실 측정 결과를 비교하여 나타낸 그림이다. 모의 실험 결과 2.4 GHz대역에서 약 250 MHz (2.35 GHz~2.6 GHz), 5 GHz 대역에서

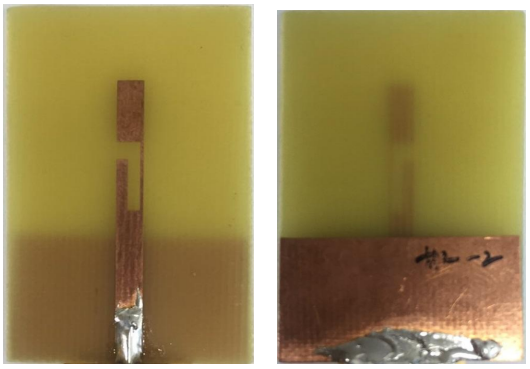


그림 7. 제작된 안테나
Fig. 7. Fabricated antenna.

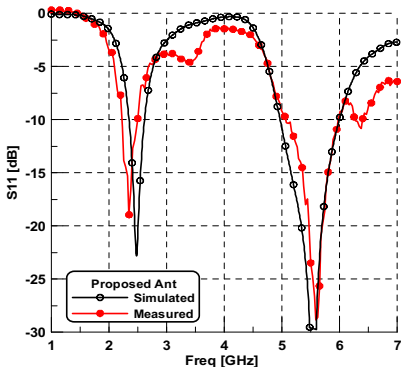
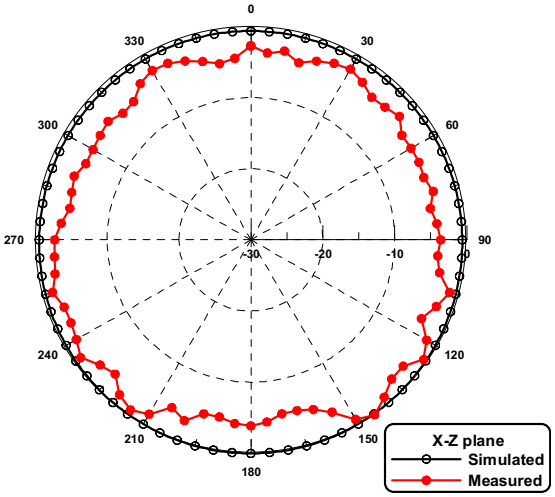
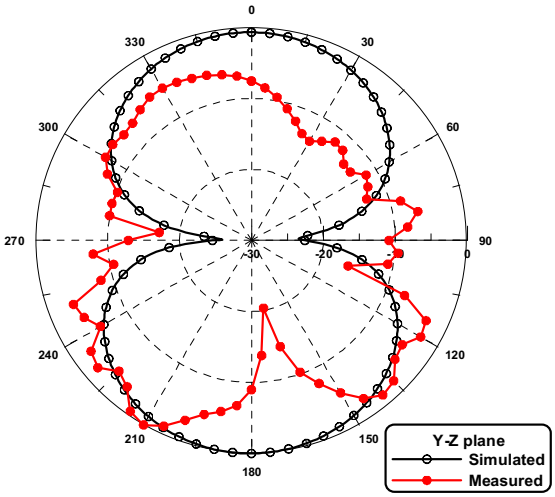


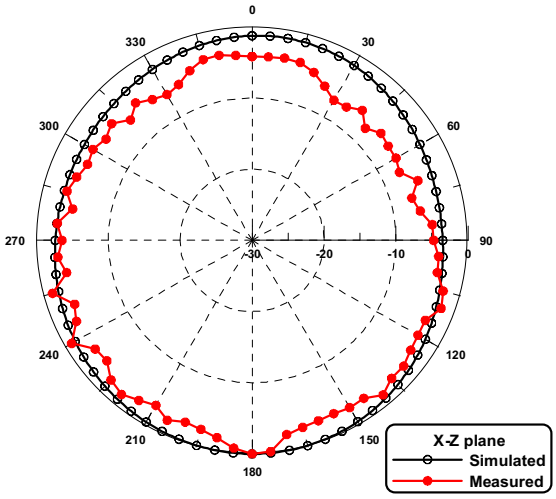
그림 8. 제작된 안테나의 반사계수
Fig. 8. Measured return losses of fabricated antenna.



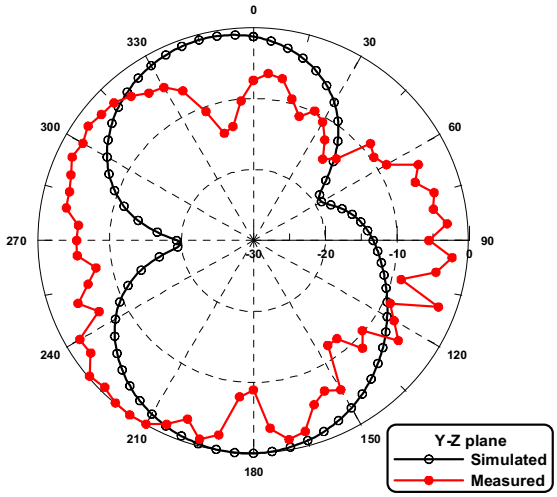
(a) 2.45GHz X-Z plane



(b) 2.45GHz Y-Z plane



(c) 5.5GHz X-Z plane



(d) 5.5GHz Y-Z plane

그림 9. 안테나의 2D 방사패턴
Fig. 9. 2D radiation patterns of antenna.

약 1 GHz (4.98 GHz~5.99 GHz)의 대역폭을 가지는 것을 알 수 있으며, 실제 제작된 안테나의 측정결과 2.4 GHz 대역에서 약 270 MHz (2.22 GHz~2.49 GHz) 5GHz 대역에서 약 0.89 GHz (5.08 GHz~5.97 GHz) 로 모의실험 결과와 유사한 대역폭을 가지고, 또한 이중 대역용 무선랜 국제 규격인 IEEE 802.11n 에 정의된 대역폭을 충분히 만족하는 것을 확인 할 수 있다.

그림 9에서는 2.4 GHz 및 5 GHz 두 주파수 대역에서 X-Z 평면(H-plane) 및 Y-Z평면(E-plane)에서의 2D 방사패턴의 모의실험 결과와 측정 결과를 비교하여 제시하였다. 측정결과가 모의실험 결과와 비교적 잘 일치하고 있고, H-plane상에서는 무지향성 패턴을 E-plane상에서는 8자 형태의 패턴으로 전형적인 다이폴 및 모노폴 안테나의 방사패턴을 가짐을 알 수 있다. 특히 두 주파수 대역 모두에서 안정된 방사패턴을 보이며 H-plane상에서 우수한 무지향성 방사패턴을 가짐을 알 수 있다. 또한 측정결과 두 대역에서 약 4 dBi의 안테나 이득을 가짐을 알 수 있었다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립 급전을 이용한 수정된 역 L 형 슬롯이 에칭된 이중대역 모노폴 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 30 × 45 mm^2의 PCB기판의 윗면의 중심에 설계하였으며 주요 파라미터에 대한 경향분석과 그 결과를 토대로 최종적인 형태의 안테나를 제작하였다. 제안된 안테나의 구조가 단순하여 참고문헌 [4]의 이중대역용 굴곡형 슬롯 루프 안테나의 PCB 크기 45×45 mm^2에 비하여 2/3로 축소된 PCB 크기를 가지고 있음을 알 수 있다. 최종 제작된 안테나는 측정결과 임피던스 대역폭이 2.4 GHz 대역에서 약 270 MHz (2.22 ~

2.49 GHz) 5 GHz 대역에서 약 890 MHz (5.08 ~ 5.97 GHz)로 WLAN 규격 IEEE 802.11b 및 a에서 정의된 주파수인 2.4 ~ 2.484 GHz 및 5.15 ~ 5.825 GHz를 충분히 포함하고 있다. 특히 두 대역에서 안정된 방사패턴 및 우수한 무지향성 방사패턴을 얻을 수 있다. 또한 안테나 효율 및 이득 측정 결과 두 주파수 대역에서 약 70 % 의 효율과 4.07 dBi의 이득을 가지는 것도 확인 하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 안테나는 WLAN 이중 대역용 안테나로 적용이 바로 가능할 것으로 예상된다.

참고 문헌

[1] H. H. Yang, and S. Yan, “A novel P-shaped printed antenna for RFID applications,” *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 51, No.2, pp. 554-556, Feb. 2009.

[2] G. L. Xin, and J. P. Xu, “Wideband miniature G-shaped antenna for dual-band WLAN application,” *Electronics Letters*, Vol. 43, Issue 24, pp. 1330-1332, Nov.2007.

[3] C. S. Liu, C. N. Chiu, and S. M. Deng, “A compact disc-slit monopole antenna for mobile devices,” *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 7, No.1, pp. 251-254, 2008.

[4] Y. S. Lee, and S. G. Im, “Bent slot loop antenna for the dual band wireless LAN,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 16, No.1, pp. 27-34, Feb. 2012.

[5] Md Rezwanul Ahsan, Mohammad Tariqul Islam, and Mohammad Habib Ullah, “COMPACT DUAL-BAND ANTENNA FOR 2.4/5.2/5.8 GHz WLAN SERVICE FOR LAPTOP COMPUTER APPLICATIONS,” *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 57, No.9, pp.2204-2207, Sept. 2015.

[6] H.W. Liu, F. Qin, J.H. Lei, P. Wen, B.P. Ren, and X. Xiao, “Dual band microstrip-fed bow-tie antenna for GPS and WLAN application”, *Microwave and Optical Technology Letters,* Vol. 56, No.9, pp.2204-2091, September 2014.

[7] U. Chakraborty, A. Kundu, S. K. Chowdhury, and A. K. Bhattacharjee, “Compact Dual-Band Microstrip Antenna for IEEE 802.11a WLAN Application”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters,* Vol. 13, No.1, pp.407-410, 2014.

[8] Xiao Lei Sun, Li Liu, S.W. Cheung, and T. I. Yuk, "Dual-Band Antenna With Compact Radiator for 2.4/5.2/5.8 GHz WLAN Applications”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters,* Vol.60, No.12, pp.5924-5931, December 2012.

[9] Tae-Hyun Kim and Dong-Chul Park, "Compact Dual-Band Antenna With Double L-Slits for WLAN Operations”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters,* Vol.4, No.1, pp.249-252, 2005.

[10] J. Y. Nam, W. H. Song, and Y. S. Lee, “Design of CPW-fed printed monopole antenna for CDMA/WLAN,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 19, No. 6, pp. 623-628, Dec. 2015.

남 주 열 (Ju-Yeol Nam)

2010년 2월 : 구미대학교 정보통신공학과 (공학사)
2013년 2월 : 금오공과대학교 전자 및 전기공학과 (공학석사)
2013년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 전자공학과 박사과정
※ 관심분야 : 안테나 설계 및 해석, RF 회로설계

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 : 전자기이론, 안테나 산란문제, 도파관 불연속, 개구결합