

## WLAN 시스템을 위한 두 개 원호 형태 안테나의 설계와 제작

윤중한\*

### Design and Manufacture of CPW-fed Two Arc-shaped Antenna for WLAN Applications

Joong-Han Yoon \*

Department of Electron Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea

#### 요 약

본 논문에서는 WLAN 시스템에 적용 가능한 이중 대역을 갖는 원호 모양 안테나를 설계 및 제작 하였다. 제안된 안테나는 CPW 급전 형태를 기본으로 두 개의 분기되는 원형 모양 방사체와 접지면으로 구성하였다. 최적화된 파라메타를 얻기 위해 상용 툴(HFSS)을 사용하여 시뮬레이션 하였으며 파라메타 연구를 통해 최적화된 수치를 얻었으며 제안된 안테나를 제작하였다. 시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교하였으며 -10dB 임피던스 대역폭을 기준으로 WLAN 대역을 만족하는 특성을 얻었다. 그리고 동작대역에서 측정된 이득과 방사패턴의 특성을 나타내었다.

#### ABSTRACT

In this paper, a dual-band arc-shaped monopole antenna for WLAN(Wireless Local Area Networks) applications. The proposed antenna is based on CPW-fed structure, and composed of two-arc shaped of radiating patch and ground plane. To obtain the optimized parameters, we used the simulator, Ansoft's High Frequency Structure Simulator (HFSS) and found the parameters that greatly effect antenna characteristics. Using optimal parameters, the antenna is fabricated. The numerical and experiment results demonstrated that the proposed antenna satisfied the -10 dB impedance bandwidth requirement while simultaneously covering the WLAN bands. And measured results of gain and radiation patterns characteristics displayed determined for operating bands.

**키워드** : 이중대역 안테나, WLAN 응용, 원형 모양 안테나, CPW 급전

**Key word** : dual-band antenna, WLAN application, arc-shaped radiator, CPW-fed

Received 22 December 2014, Revised 15 January 2015, Accepted 30 January 2015

\* Corresponding Author Joong Han Yoon(E-mail : jhyoon@silla.ac.kr, Tel : +82-51-999-5875)

Department of Electron Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.4.765>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

무선통신 기술의 발전에 따라 이를 응용한 통신 기기 역시 지속적으로 발전하고 있으며 최근 이동통신의 발전에 따라 스마트 폰 기기를 이용한 다양한 서비스에 대한 요구가 급격히 증가하고 있다. 과거의 음성 서비스 기능만을 요구하는 시대를 지나 다양한 대용량 멀티미디어 서비스를 소비자는 요구하고 있으며 이에 따라 통신기기에 장착되는 안테나 역시 소형 경량, 멀티밴드 동작 등을 할 수 있도록 개발되고 있다.

현재 이동통신 단말기에 사용되고 있는 안테나는 마이크로스트립 구조가 많이 이용되고 있다. 마이크로스트립 구조의 안테나는 저렴하고 견고하며 대량생산이 가능한 장점을 갖고 있지만 좁은 대역과 낮은 효율을 갖는 것이 단점이다[1]. 이를 개선하기 위해 광대역 또는 다중 대역 특성을 얻기 위한 다양한 형태의 안테나가 연구되었다. 또한 멀티밴드 및 광대역 특성을 갖도록 다양한 형태의 방사체와 급전 구조를 갖는 안테나에 대한 개발이 이루어져 있다[2].

이러한 마이크로스트립 안테나의 급전 구조 중 CPW 급전 구조 방식은 마이크로스트립 선로 급전에 비해 분산 특성이 작고, 광대역 특성을 얻을 수 있으며 접지면과 동일한 면에 급전구조를 구현함으로써 급전손실을 줄일 수 있다. 이러한 장점으로 인해 CPW 급전을 이용한 마이크로스트립 안테나에 대한 많은 연구가 지속적으로 이루어져 왔다[3-17]. CPW 급전구조를 이용한 광대역 특성[3-7]에 대한 연구가 진행되었으며 더불어 다중공진 특성 [8-10]에 대한 연구도 진행되어 왔다. 특히 CPW 급전이 적용된 WLAN 시스템용 안테나에 대한 연구도 많이 진행되어 왔다[11-17].

한편 원호 모양의 방사체를 갖는 모노폴 안테나에 대한 연구도 진행되어 왔다[18-24]. 특히 원호 모양의 구조를 사용하여 광대역 특성을 갖는 CPW 급전방식의 모노폴 안테나[22] 그리고 팬 모양의 안테나에 원호모양의 슬롯을 이용하여 이중 노치 특성을 갖는 CPW 급전 광대역 안테나[23]에 대한 연구가 진행되어 왔다.

본 논문에서는 CPW 급전구조에서 이중 대역을 갖는 WLAN 안테나를 설계하고자 한다. 두 개의 원호 모양의 스트립 선로를 분기하여 2.4 GHz 대역(2.4~2.484 GHz)과 5 GHz 대역(5.15~5.35 GHz, 5.72~5.825 GHz)에서 공진하도록 구성하였다. 다음 장에서 구체적인

인 설계구조 그리고 제작 및 측정결과에 대해서 설명하겠다.

## II. 안테나 설계

제안된 안테나는 그림 1과 같은 구조로 설계하였다. 제안된 안테나는 두 개 원호 모양의 방사체와 접지면으로 구성되어 있으며 원호 모양 방사체는 두 개의 선로를 통해 이중 공진이 발생하도록 설계하였다. 길이가 긴 원호 모양 선로는 2.4 GHz 대역에서 공진하도록 설계하였으며 짧은 길이의 원호 모양 선로는 5 GHz 대역에서 공진하도록 설계하였다. 따라서 원호 모양 스트립 선로 1, 원호 모양 스트립 선로 2 그리고 두 선로 사이 거리를 적절히 조정하여 WLAN 대역에 맞는 이중대역 특성을 갖도록 설계하였다.

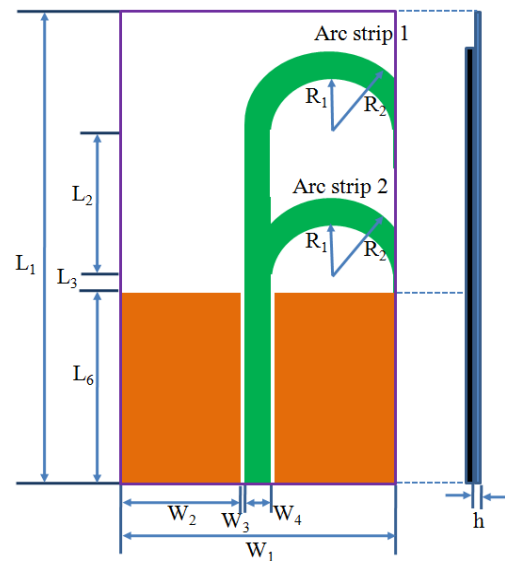


그림 1. 제안된 이중대역 WLAN 안테나  
Fig. 1 Proposed WLAN antenna of dual band operation

안테나의 전체 크기( $W_1 \times L_1$ )는 25.0 mm × 44.0 mm의 크기를 갖으며 접지면의 크기( $W_1 \times L_5$ )는 25.0 mm × 18.2 mm이다. WLAN 이중대역 특성을 갖는 안테나를 구현하기 위해 3D 설계가 가능한 Ansoft사의 HFSS (High Frequency Structural Simulator)[25]를 이용하여

최적의 임피던스 특성 변화 및 최적의 방사특성을 설계하였다.

그림 2는 제안된 안테나에서 급전선로와 접지면 사이 갭의 길이변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 갭의 길이를 0.5 mm에서 0.9 mm까지 변화시켰을 때 제안된 안테나의 반사손실 특성이 WLAN 주파수 대역에 영향을 끼치고 있음을 확인하였다. 갭의 길이를 0.5 mm에서 0.9 mm로 변함에 따라 2.4 GHz 대역에서는 반사손실 특성이 개선됨을 확인하였다.

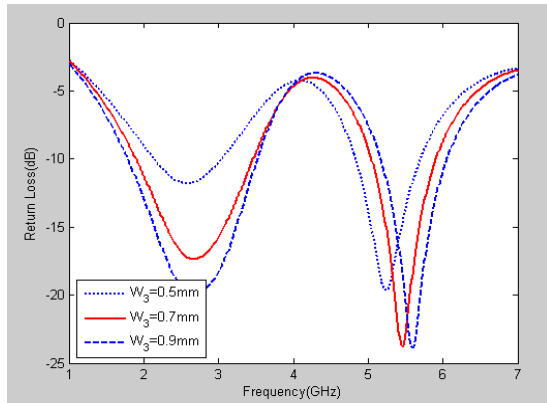


그림 2. 제안된 안테나에서 급전선과 접지면사이의 갭 영향  
**Fig. 2** Effect of gap between feed line and ground plane of the proposed antenna

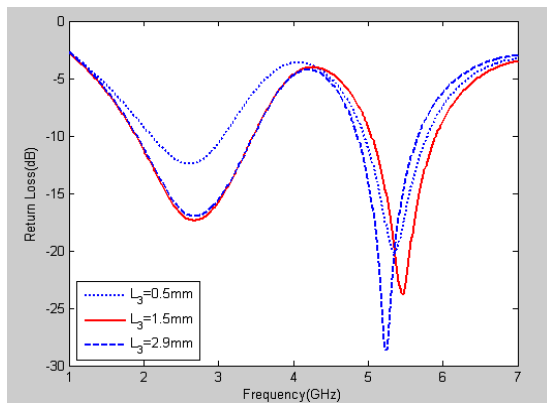


그림 3. 제안된 안테나에서 원호모양 선로 2와 접지면 사이 길이 영향  
**Fig. 3** Effect of the length between arc-shaped strip 2 and ground plane of the proposed antenna

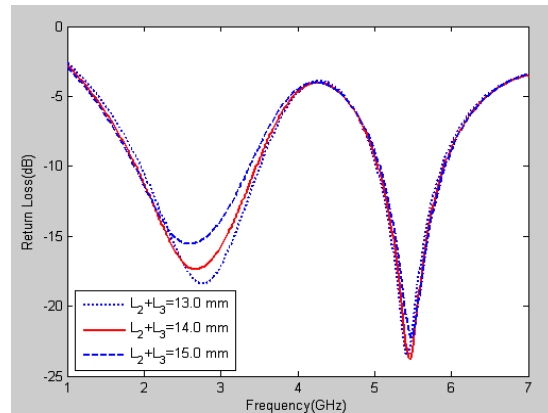


그림 4. 제안된 안테나에서 접지면 슬롯의 영향  
**Fig. 4** Effect of the ground plane slot of proposed antenna

갭의 길이를 0.9 mm일 때 가장 좋은 반사손실 특성을 갖지만 5 GHz 대역에서의 시뮬레이션 반사손실 결과 -10dB을 기준으로 대역이 5.18~6.05 GHz의 결과를 얻었으며 이러한 결과는 WLAN 대역에서 요구하는 대역(5.15~5.35 GHz, 5.72~5.825 GHz)을 벗어났음을 확인하였다. 따라서 갭의 최적화된 길이는 0.7 mm로 설정하였다.

그림 3은 제안된 안테나에서 원호모양 선로 2와 접지면 사이 길이 영향에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 L3의 길이를 0.5 mm에서 2.9 mm로 변화시켰을 때 제안된 안테나의 반사손실 특성이 WLAN 주파수 대역에 영향을 끼치고 있음을 확인하였다. L3의 길이를 1.5 mm에서 2.9 mm로 변화시켰을 때 2.4 GHz 대역에서는 시뮬레이션 반사손실 특성이 변하지 않았으며 5 GHz 대역에서는 일정정도 변화가 있었다. 이러한 결과로부터 제안된 안테나에서 원호모양 선로 2의 길이는 5 GHz 대역의 공진 주파수 및 대역폭에 영향을 끼치는 것으로 판단된다. 또한 L3의 길이가 0.5 mm일 경우 시뮬레이션 반사손실 특성이 WLAN 두 개의 주파수 대역에서 모두 열화되는 결과를 얻었다. 이러한 결과는 원호 모양 선로 2와 접지면이 매우 가까워지므로 시제안된 안테나의 반사손실 특성이 열화되는 것으로 판단된다.

그림 4는 제안된 안테나에서 원호모양 선로 1 길이 영향에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. L2와 L3의 길이변화는 결국 원호모양 선로 1 길이변화

라고 볼 수 있다. L2+L3의 길이를 13.0 mm에서 15.0 mm로 변화시켰을 때 제안된 안테나의 반사손실 특성은 주로 2.4 GHz 대역에서 변화하고 있음을 확인하였다. 이러한 결과로부터 제안된 안테나에서 원호모양 선로 1의 길이는 2.4 GHz 대역의 공진 주파수 및 대역폭에 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

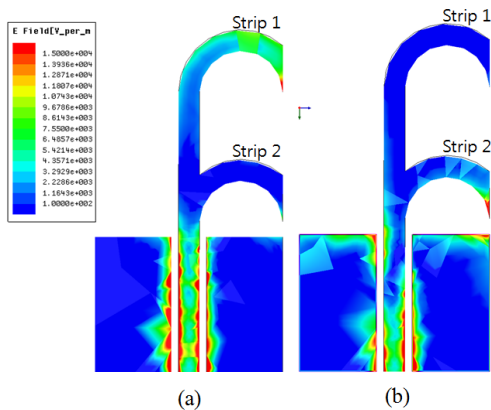


그림 5. 제안된 안테나의 전류밀도 (a) 2.68 GHz; (b) 5.46 GHz

Fig. 5 The current density of proposed antenna (a) 2.68 GHz; (b) 5.46 GHz

제안된 안테나의 동작 원리를 확인하기 위해 전류분포를 그림 5에 나타내었다. 긴 원호 모양의 선로 1과 짧은 모양의 원호 선로 2에 의존하는 2개의 공진 주파수 2.68 GHz와 5.46 GHz를 확인하는데 HFSS 시뮬레이터를 사용하였다. 예상대로 2.68 GHz 그리고 5.46 GHz에서 다른 표면 전류가 나타나는 것을 알 수가 있다. 그림 5(a)은 제안된 안테나 첫 번째 공진주파수인 2.68 GHz에서의 전류분포이며 그림 5(b)는 두 번째 공진주파수인 5.46 GHz에서의 전류분포이다. 그림 5(a)에서 보는 바와 같이 공진 주파수가 2.68 GHz일 경우 긴 원호 모양의 스트립 1의 끝단에 상대적으로 강한 전류밀도가 존재하고 있음을 알 수 있다. 더불어 급전라인을 따라 강한 전류밀도가 분포하고 있는 것을 확인하였다. 따라서 2.4 GHz의 대역의 공진은 주로 원형 링과 급전라인에 의해 영향을 받는 것으로 판단된다. 그림 5(b)에서 보는 바와 같이 공진주파수가 5.46 GHz 일 경우 짧은 원호 모양의 스트립 2의 끝단에 상대적으로 강한 전류밀도가 존재하고 있음을 알 수 있다. 더불어 5.46GHz의

전류밀도에서처럼 분포형태는 다르지만 급전라인에서 강한 전류밀도가 분포하고 있는 것을 확인하였다. 따라서 5.46 GHz의 대역에서의 동작은 주로 원호 모양의 스트립 2에 의해 영향을 받는 것으로 판단된다. 위에서 언급한 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 최적화된 수치는 [표 1]에 나타내었다.

표 1. 제안된 안테나의 최적화된 파라미터 값들

Table. 1 Optimized parameters of value for proposed antenna

parameter	value[mm]	parameter	value[mm]
R1	11.5	W1	25.0
R2	9.0	W2	10.0
L1	44.0	W3	2.0
L2	18.2	W4	2.0
L3	20.0	Wd	6.0
L4	10.0	h	1.0
Ld	2.0		

얻어진 최적화된 파라미터를 사용하여  $\epsilon_r=4.4$ ,  $h=1.0\text{mm}$ 인 FR-4기판으로 안테나를 제작하였다.

### III. 제작 및 측정

제안된 최적화 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하고 측정하였다. 그림 6은 실제 최적화된 수치로 제작된 안테나이다.

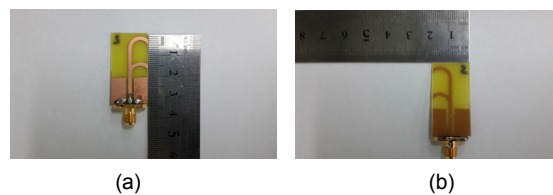


그림 6. 제작된 안테나 (a) 앞면; (b) 뒷면

Fig. 6 Fabricated of propose antenna (a) Top; (b) Bottom

제작된 안테나는 신라대학교 공과대학 공동기기실 내에 있는 회로망 분석기(Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 이용하여 반사손실을 측정하였으며 방사 패턴은 무반사실에서 측정하였다. 그림 7는 제안된 안테나의 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과와 실제 제작

후 측정된 결과를 비교하여 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 어느 정도의 오차가 있으나 두 결과가 비슷한 경향을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 즉, 측정결과는 전체적으로 시뮬레이션 결과에 비해 왼쪽으로 이동해 있음을 확인하였다. 이러한 오차는 기판의 유전율 오차와 시뮬레이션 상에 존재하지 않는 입력포트에 의한 영향 때문인 것으로 판단된다. 또한 특히 그림 5(b)에서 확인할 수 있듯이 5.46 GHz 주파수에서의 전류분포를 보면 짧은 원호 모양의 선로 2의 끝단과 접지면에 강한 전류분포가 발생하고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 원인은 짧은 원호 모양의 선로 2와 접지면이 상대적으로 근접해 있어 결합현상이 발생하는 것으로 판단할 수 있으며 결국 5GHz 대역의 대역폭이 확대되고 전체적으로 측정 결과가 왼쪽으로 이동하게 된 것으로 판단된다. 측정 결과 2.4/2.5 GHz 대역에서 -10dB을 기준으로 1,160 MHz(1.57-2.83 GHz)의 대역폭을 얻었으며 5 GHz 대역에서는 -10dB을 기준으로 930 MHz(3.37-5.89 GHz)의 대역폭을 얻어 WLAN 대역에서 요구하는 대역폭(2.4~2.48 GHz, 5.15~5.875 GHz)을 만족하고 있음을 확인하였다.

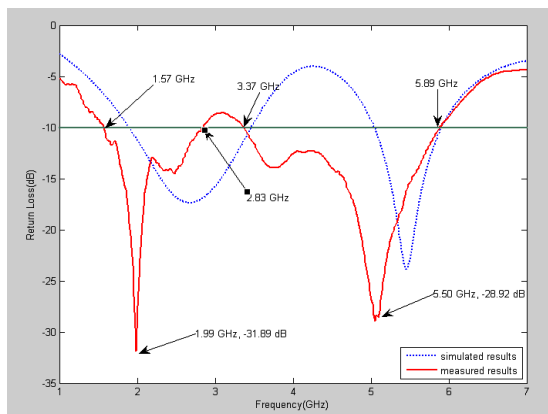


그림 7. 제안된 안테나의 시뮬레이션 결과와 측정된 반사손실  
**Fig. 7** The measured return loss and simulation results of proposed antenna

그림 8, 9, 그리고 10은 제작된 안테나의 측정된 방사패턴을 나타내고 있다. 그림 8은 2.44 GHz 주파수에서 방사패턴을 나타낸 것이며 그림 9는 5.3 GHz 주파수에서의 방사패턴을 나타낸 것이며 그리고 그림 10은

5.7 GHz 주파수에서 방사패턴을 표시하였다. 제안된 안테나의 방사패턴은 2.4 GHz에서 전형적인 H-면의 전방향성 특성과 E-면의 8자 형태 패턴을 얻었다. 그러나 5 GHz 대역에서는 전형적인 H-면과 E-면 패턴을 얻지 못했다. 이와 같은 원인은 전류밀도분포에서 알 수 있듯이 원호 모양의 선로 2에 의한 방사특성이 접지면 영향으로 인해 열화되고 있음을 확인할 수 있다.

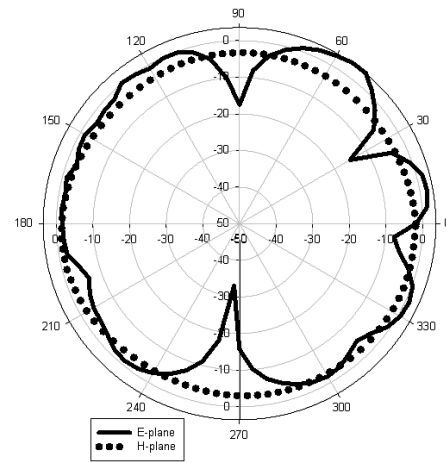


그림 8. 2.44 GHz에서 E면, H-면  
**Fig. 8** E-plane and H-plane radiation pattern of 2.5 GHz

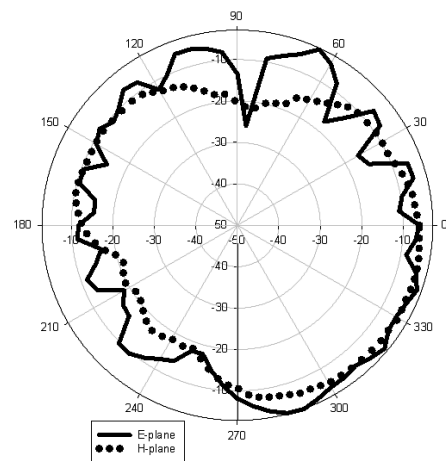


그림 9. 5.3 GHz에서 E면, H-면  
**Fig. 9** E-plane and H-plane radiation pattern of 5.3 GHz

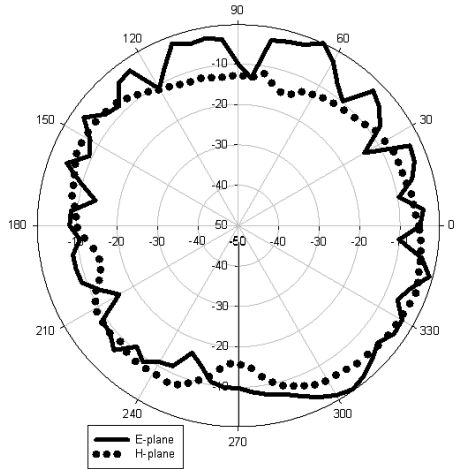


그림 10. 5.7 GHz에서 E-면, H-면  
Fig. 10 E-plane and H-plane radiation pattern of 5.7 GHz

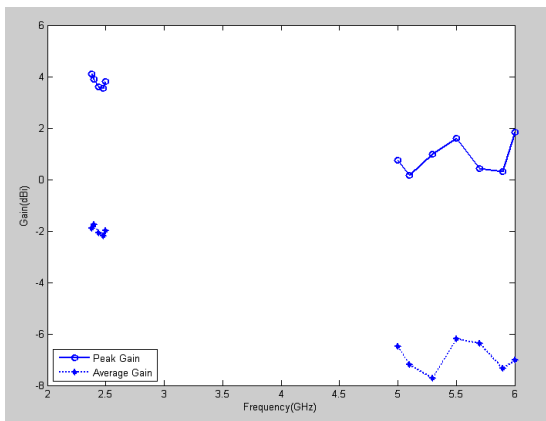


그림 11. 제안된 안테나의 최대이득과 평균이득  
Fig. 11 Measured peak and average gain of the proposed antenna

그림 11은 WLAN 각 주파수 대역에서의 최대이득과 평균 이득을 나타내고 있다. 그림 13에서 볼 수 있듯이 2.4 GHz대역에서 최대이득은 3.81~4.09 dBi 그리고 평균 이득은 -2.19~-1.75 dBi로 값을 얻었다. 특히 최대 이득은 2.7 GHz에서 3.00dBi값을 얻었다. 한편 5 GHz 대역에서 최대이득은 0.16~1.83 dBi 그리고 평균 이득은 -7.73~-6.18 dBi로 값을 얻었다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 WLAN 시스템에 적용 가능한 원호 모양의 이중대역 안테나를 설계, 제작 및 측정하였다. 제안된 안테나는 CPW 급전을 바탕으로 원호 모양을 갖도록 하였으며 두 개의 공진 주파수를 갖도록 선로를 분기하여 설계하였다. 최적화된 설계 값을 얻기 위해 시뮬레이션을 진행하였으며 제안된 안테나의 동작 원리를 확인하기 위해 전류분포를 나타내었다. 최적화된 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하였으며 측정결과, -10dB을 기준으로 각각 1,160 MHz(1.57-2.83 GHz) 그리고 930 MHz(3.37-5.89 GHz)의 결과를 얻어 2.4/5.2/5.8 GHz WLAN 대역의 대역폭을 만족하였다. 또한 전방향성의 방사패턴과 2D 이득을 얻었다.

#### REFERENCES

- [ 1 ] Warren L. Stutzman G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, 3rd ed., Wiley, 2012.
- [ 2 ] Girish Kumar and K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, Artech House, 2003.
- [ 3 ] J. B. Yoo, J. H. Jun, C. K. Ahn, W. C. Kim, and W. G. Yang, "Design and implementation of CPW-Fed UWB Monopole Antenna," *Journal of Electromagnetic Engineering And Science*, vol. 21, no. 2, pp. 218-223, Feb. 2010.
- [ 4 ] H. J. Lee, "Wide band monopole antenna by modified ground of coplanar waveguide," *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 60, no. 2, pp. 53-55, Jun. 2011.
- [ 5 ] H. J. Lee and Y. M. Lim, "A Broadband monopole antenna with ring loop by modified ground plane," *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 61, no. 3, pp. 149-152, Mar. 2012.
- [ 6 ] T. H. Yoo and T. H. Kim, "A CPW-Fed ultra-wideband planar monopole antenna for UHF band applications," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 23, no. 7, pp. 761-767, Jul. 2012.
- [ 7 ] M. K. Yang, G. P. Gao, S. F. Niu, and J. S. Zhang, "Study of a compact ring Monopole UWB antenna with band-notched characteristic," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 10, pp. 2387-2392, Oct. 2012.
- [ 8 ] T. I. Choi, B. K. Bum, and S. W. Lim, "Modified monopole

- antenna for multi resonance wideband,” *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 53-57, Jun. 2008.
- [ 9 ] S. W. Lee, N. Kim, and S. Y. Lee, “Design and fabrication of the antenna for Wibro and WLAN Communications Using CPWG structure,” *Journal of Electromagnetic Engineering And Science*, vol. 19, no. 10, pp. 1086-1095, Oct. 2008.
- [10] D. W. Han, G. T. Jung, C. H. Lee, H. C. Lee, and K. S. Kwak, “Design of an internal antenna for hepta-band Using CPW-fed,” *The Journal of Korea Information and Communications Society*, vol. 33, no. 9, pp. 934-940, Sept. 2008.
- [11] L. Zhang, Y- C. Jiao, G. Zhao, Y. Song, and F. S. Zhang, “Broadband dual band CPW-fed closed rectangular ring monopole antenna with vertical strip for WLAN operations,” *Microwave Optical Technology Letters*, vol. 50, no. 7, pp. 1929-1931, Jul. 2008.
- [12] C. K. Ham, J. W. Baik, and Y. S. Kim, “CPW-fed compact meander and L-shaped monopole antenna for dual band WLAN applications,” *Microwave Opt Technology Letters*, vol. 50, no. 12, pp. 3147-3149, Dec. 2008.
- [13] T. L. Zhang, Z. H. Yan, Y. Song, and L. Chen, “Compact CPW-fed planar monopole antenna for dual band WLAN applications,” *Microwave Opt Technology Letters*, vol. 51, no. 5, pp. 1377-1379, May, 2009.
- [14] Y. S. Seo, J. W. Jung, H. J. Lee, and Y. S. Lim, “Design of circular monopole antenna with symmetrically folded stub for WLAN operation,” *Microwave Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 7, pp. 1549-1552, Jul. 2012.
- [15] J. H. Yoon, Y. C. Rhee, and Y. K. Jang, “A study on the rectangular ring open-ended monopole antenna with a vertical strip for WLAN dual band operations,” *Microwave Opt Technol Letters*, vol. 55, no. 3 pp. 619-624, Mar. 2013.
- [16] Y. S. Koo and D. S. Im, “Design and manufacture of modified ring antenna with stub and ground slot for WLAN applications”, *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol. 17, no. 10, pp. 2285-2272, Oct. 2013.
- [17] C. H. Bark, M. D. Kim, and H. K. Sung, “Design of compact microstrip patch antenna for WLAN of IEEE 802.11a,” *Journal of Korea Information Science*, vol. 19, no.12, pp. 611-617, Dec. 2013.
- [18] Q. Y. Zhang and Q. X. Chu, “Triple band dual rectangular ring printed monopole antenna for WLAN/WiMAX applications,” *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 51 no 21, pp. 2845-2848, Dec. 2009.
- [19] K. He, R. X. Wang, Y. F. Wang, and B.H. Sun, “Compact tri-band claw shaped monopole antenna for WLAN/WiMAX applications,” *Journal of Electromagnetic and Waves Applications*, vol. 25 no. 5-6, pp. 869-877, 2011.
- [20] J. Pei, A. Wang, and W. Leng, “A novel arc shaped printed antenna for WLAN applications,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 130-134, pp. 4006-4010, 2012.
- [21] J. H. Lu and C.H. Yeh, “Planar broadband arc-shaped monopole antenna for UWB system,” *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 7, pp. 3091-3095, 2012.
- [22] M. Chongcheawchamnan, K. Meelarpkit, S. Julrat, C. Phongchareonpanich, and M. Krairiksh, “Extending bandwidth of a CPW-fed monopole antenna using circular arc structure,” *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. no. 54, no. 6, pp. 1412-1415, Jun. 2012.
- [23] C. Wang, Z.H. Yan, and S. Li, “Compact ultra wideband CPW-fed fan shaped antenna with dual band notched using arc shaped slots,” *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 2, pp. 368-371, Feb. 2013.
- [24] H. Q. Zhai, Z. H. Ma, Y. Han, and C. H. Liang, “A compact printed antenna for triple band WLAN/WiMAX applications,” *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 12, pp. 65-68, 2013.
- [25] Ansoft High Frequency Structure Simulator (HFSS) Version 10.0, Ansoft Corporation, 2005.



윤중환(Joong-Han Yoon)

1992년 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1994년 인하대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2003년 인하대학교 전자공학과 졸업(공학박사)  
 2005년 인하대학교 Post-Doc,  
 2006년 요코하마 국립대학교 Post-Doc,  
 2008년 삼성전기 책임연구원  
 2008년 9월 ~현재 신라대학교 전자공학과 부교수  
 ※관심분야: 모바일 안테나, 레이더