

WLAN 적용을 위한 두 원호 모양을 갖는 이중 대역 모노폴 안테나의 설계 및 제작

윤중환

A Design and Implementation of Dual-band Monopole Antenna with two arc-shaped line for WLAN applicaiton

Joong-Han Yoon

요약

본 논문에서는 WLAN 시스템에 적용 가능한 두 개의 원호 모양의 선로를 갖는 모노폴 안테나를 설계, 제작 및 측정하였다. 제안된 안테나는 마이크로스트립 급전을 바탕으로 두 개의 원호 모양의 선로를 갖도록 설계하여 이중대역 특성을 갖도록 하였다. 상용 툴인 HFSS를 사용하여 L2, L5, 슬릿유무에 대한 시뮬레이션을 수행하여 최적화된 수치를 얻었다. 제안된 안테나의 크기($12.0 \times 29.5 \times 1.0 \text{ mm}^3$)는 유전율 4.4인 FR-4 기판($13.0 \times 34.0 \times 1.0 \text{ mm}^3$) 위에 설계 및 제작되었다. 제작 결과, 제안된 안테나는 -10 dB 임피던스 대역폭을 기준으로 360 MHz (2.29~2.65 GHz) 그리고 1,245 MHz (4.705~5.95 GHz)의 대역폭을 얻었다. 또한, 제안된 안테나의 측정 이득과 방사패턴 특성이 요구되는 이중대역에서 제시되었다.

ABSTRACT

In this paper, a microstrip-fed dual-band monopole antenna with two arc-shaped lines for WLAN(Wireless Local Area Networks) applications was designed, fabricated and measured. The proposed antenna is based on a microstrip-fed structure, and composed of two arc-shaped lines and then designed in order to get dual band characteristics. We used the simulator, Ansoft's High Frequency Structure Simulator(HFSS) and carried out simulation about parameters L2, L5, and with/without slit to get the optimized parameters. The proposed antenna is made of $13.0 \times 34.0 \times 1.0 \text{ mm}^3$ and is fabricated on the permittivity 4.4 FR-4 substrate($12.0 \times 34.0 \times 1.0 \text{ mm}^3$). The experiment results are shown that the proposed antenna obtained the -10 dB impedance bandwidth 360 MHz (2.29~2.65 GHz) and 1,245 MHz (4.705~5.95 GHz) covering the WLAN bands. Also, the measured gain and radiation patterns characteristics of the proposed antenna are presented at required dual-band(2.4 GHz band/5.0 GHz band), respectively.

키워드

Two Arc-Shaped Line, Dual-Band Antenna, WLAN Application
두개 원호 모양 선로, 이중 대역 안테나, WLAN 응용

* 교신저자 : 신라대학교 스마트전기전자공학부
• 접수일 : 2017. 09. 25
• 수정완료일 : 2017. 11. 04
• 게재확정일 : 2017. 12. 15

• Received : Sep 25, 2017, Revised : Nov 04, 2017, Accepted : Dec 15, 2017
• Corresponding Author : Joong-Han Yoon
Division of Smart Electrical and Electronic Engineering
Email : jhyoon@silla.ac.kr

I. 서 론

마이크로스트립 안테나는 구조가 간단하고 모든 형태에 부착하기 쉬울 뿐만 아니라 대량생산이 가능한 장점을 갖고 있기 때문에 모바일 기기를 비롯한 많은 시스템에서 사용되고 있다. 그러나 한편으로 좁은 대역폭으로 인해 그 사용이 제한되기 때문에 이러한 좁은 대역폭의 단점을 극복하기 위해 다중대역이나 광대역 특성을 갖도록 많은 연구들이 진행되어 왔다[1-2].

한편 WLAN 시스템은 전 세계적으로 가장 성공적으로 정착된 무선 통신 시스템으로서 보다 빠른 데이터송수신을 원하는 소자들의 욕구가 증가됨에 따라서 기존의 IEEE 802.11b와 더불어 IEEE 802.11g의 표준화를 통해 2.4-2.484 GHz 주파수의 무선 WLAN의 연구가 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 또한 증가하는 데이터를 원활히 전송하기 위해서 충분한 대역폭이 확보되어야 하는데 802.11a의 표준화에 의해 5 GHz 대역의 주파수(5.15~5.875 GHz)가 WLAN 대역으로 할당되었으며 현재 WiFi 기술은 802.11ac, 802.11ad, 802.11ah와 같은 규격이 제정되어 다양한 도달거리와 속도에 대한 선택의 폭이 넓어졌으며 PAN(Personal Area Network)와 WAN(Wide Area Network)을 아우르는 다양한 통신영역으로 확정이 가능해졌다. 따라서 다양한 서비스 지원이 가능한 주파수 확보로 WiFi는 더욱 더 발전될 것으로 판단된다[3-4].

한편 WLAN에 적용할 수 있는 많은 안테나에 대한 연구가 지속적으로 이루어져왔고 향후 다중대역 및 광대역 그리고 소형화에 대한 연구가 계속 진행될 것으로 판단된다[5-13].

본 논문에서는 모노폴 형태를 바탕으로 2.4 GHz WLAN 대역(2.4~2.484 GHz)과 5.0 GHz WLAN 대역(5.15~5.875 GHz)을 만족하는 이중대역 안테나를 원호 모양의 선로로 설계하였다. 급전선으로부터 두 개의 원호 모양의 스트립 선로를 분기시키고 접지면에 슬릿을 삽입하여 임피던스 매칭이 향상되도록 설계하여 이중대역 특성을 갖도록 하였다. 다음 2장에서 구체적인 설계구조 및 시뮬레이션 결과에 따른 제작결과를 설명하고, 3장에서는 제작 결과에 대한 특성 분석에 대해 설명할 것이며 4장에서는 결론에

대해 설명 할 것이다.

II. 설계 및 제작

제안된 안테나는 그림 1과 같은 구조로 설계하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 마이크로스트립 급전 구조를 기반으로 두 개의 원호 모양의 스트립 선로와 접지면에 슬릿 구조를 갖는 안테나를 제안하였으며 WLAN 2.4 GHz 대역과 5 GHz 대역에서 동작 가능하도록 설계하였다. 제안된 안테나($W_4 \times L_7$, $12.0 \times 29.5 \times 1.0 \text{ mm}^3$)는 유전율 4.4이고 두께가 1.0인 FR-4 기판($W_1 \times L_1$, $13.0 \times 34.0 \times 1.0 \text{ mm}^3$)위에 설계 되었다. 선로 구조는 마이크로 스트립 급전 구조로부터 이중대역 특성을 얻기 위해서 두 개의 원호 모양의 분기선로, 선로 1, 선로 2로 각각 구성되도록 설계하였다. 원호 모양의 선로 1은 짧은 길이이므로 5 GHz 대역에서 그리고 원호모양의 선로 2는 길 길이므로 2.4 GHz에서 공진되도록 설정하였다. 또한 임피던스 매칭을 위해 접지면에 슬릿($W_3 \times L_6$, $2.0 \text{ mm} \times 4.0 \text{ mm}$)을 삽입하여 제안된 안테나의 반사손실 특성을 개선하였다.

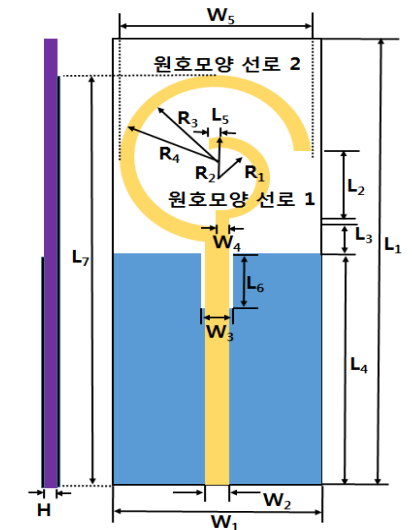


그림 1. 제안된 이중 대역 안테나의 구조
Fig. 1 Geometry of the proposed dual-band antenna

이중대역 특성을 갖는 안테나를 설계하기 위해 3D 설계가 가능한 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)[14]을 이용하여 최적화된 설계치를 찾아내었다. 제안된 안테나의 반사손실 특성에 커다란 영향을 주는 파라미터를 확인하였으며 제안된 안테나의 L_2 , L_5 , 슬릿의 유무의 파라미터 연구를 통해 최적의 임피던스 특성 변화를 확인하여 최적화된 수치를 얻었다.

그림 2는 원호모양의 선로 1의 길이(L_5) 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성 변화를 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 원호모양의 선로 1의 길이인 L_5 의 길이를 4.0 mm에서 6.0 mm까지 1.0 mm 간격으로 변화시켰을 때 시뮬레이션 반사손실 특성 변화를 비교하였다. L_5 길이 변화에 따른 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과, 5.0 GHz 대역에서는 공진주파수가 낮은 주파수 방향으로 이동이 발생하였으며 2.4 GHz 대역에서는 반사손실 특성에 커다란 변화가 없음을 확인하였다. L_5 길이의 변화는 제안된 안테나에서 상대적으로 선로가 짧기 때문에 5.0 GHz 대역에서 더 영향을 주는 것으로 나타났지만 WLAN 2.4 GHz 대역에도 약간의 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 반사손실과 공진특성이 $L_5 = 5.0$ mm 일 때 제일 우수한 반사손실 특성을 얻을 수 있었다.

그림 3은 원호모양의 선로 2의 길이(L_2) 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 3에서 보는 바와 같이 원호모양의 선로 2의 길이인 L_2 의 길이를 0.0 mm에서 1.0 mm까지 0.5 mm 간격으로 변화시켰을 때 시뮬레이션 반사손실 특성을 비교하였다. L_2 길이 변화에 따른 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과, 5.0 GHz 대역에서는 반사손실 특성 및 공진주파수 특성에 어느정도 변화가 있었으며 2.4 GHz 대역에서는 반사손실 특성에도 변화가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 원호 모양의 선로 2의 길이 변화가 2.4 GHz 대역 반사손실 특성에 강한 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. 시뮬레이션 반사손실 특성 결과로부터 L_2 가 0 mm일 때 시뮬레이션 반사손실 대역폭은 (2.44~2.635 GHz) 대역폭을 얻었으며 L_2 가 1 mm일 때 시뮬레이션 반사손실은 (2.275~2.425 GHz) 대역폭을 얻어 요구되는 대역폭을 각각 만족시키지 못하였다. 제안된 안테나의 반

사손실과 공진특성이 $L_2 = 0.5$ mm 일 때 제일 우수한 결과(2.32~2.515 GHz)를 얻을 수 있었다.

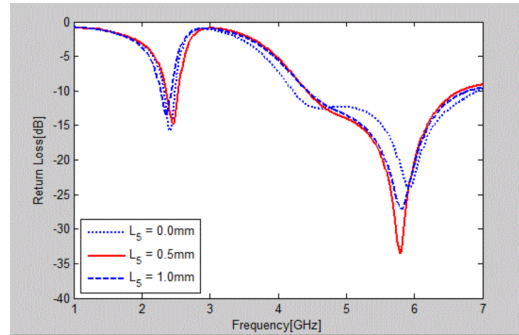


그림 2. 원호모양의 스트립 선로 1의 길이 (L_5) 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성
Fig. 2 Characteristics of simulation return loss due to effect of arc-shaped strip line 1(L_5).

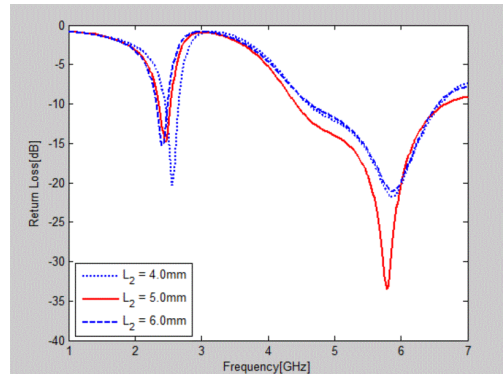


그림 3. 원호모양의 스트립 선로 1의 길이 (L_2) 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성
Fig. 3 Characteristics of simulation return loss due to effect of arc-shaped strip line 2(L_2).

그림 4은 접지면에 슬릿이 존재할 경우와 존재하지 않을 경우를 비교한 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 슬릿이 존재하는 경우와 존재하지 않을 경우 모두 제안된 안테나의 대역폭에는 큰 변화가 없었다. 그러나 접지면에 슬릿이 있는 경우에 2.4 GHz 대역과 5.0 GHz 대역에 반사손실 특성이 슬릿이 없는 경우에 비해 향상되었다. 이러한 결과로부터 접지면의 슬릿은 제안된 안테나의 임피던스 매칭에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

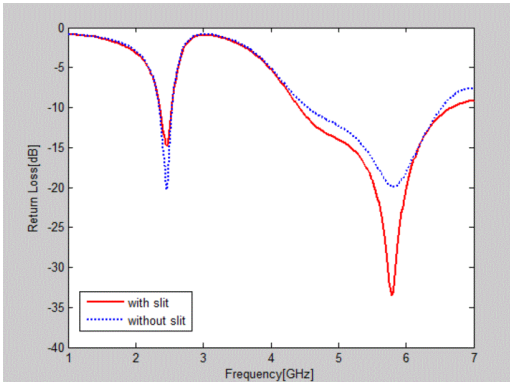


그림 4. 슬릿 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실 특성
 Fig. 4 Characteristics of simulation return loss due to effect of slit.

위에서 언급한 시뮬레이션 결과로부터 최적화한 시뮬레이션 반사손실은 2.4 GHz 대역에서 -10dB을 기준으로 195 MHz (2.32~2.515 GHz)의 대역폭을 얻어 2.4 GHz WLAN 대역을 만족시켰으며 5.0 GHz 대역에서는 -10dB을 기준으로 2,430 MHz (4.375~6.805 GHz)의 대역폭을 얻어 요구하는 대역폭을 만족하고 있음을 확인하였다. 제안된 안테나의 구조 파라미터에 대한 최적화된 수치는 다음과 같다. $R_1=2.2$ mm, $R_2=2.9$ mm, $R_3=5.0$ mm, $R_4=6.0$ mm, $L_1=34.0$ mm, $L_2=5.0$ mm, $L_3=1.6$ mm, $L_4=16.5$ mm, $L_5=0.5$ mm, $L_6=4.0$ mm, $L_7=29.5$ mm, $W_1=13.0$ mm, $W_2=1.3$ mm, $W_3=2.0$ mm, $W_4=1.2$ mm, $W_5=12.0$ mm, $H=1.0$ mm. 제안된 안테나의 최적화된 구조 파라미터의 수치를 사용하여 $\epsilon_r=4.4$, $h=1.0$ mm인 FR-4기판으로 안테나를 제작하였다. 제안된 최적화 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하여 측정하였다. 그림 7은 실제 최적화된 수치로 제작된 안테나이다.

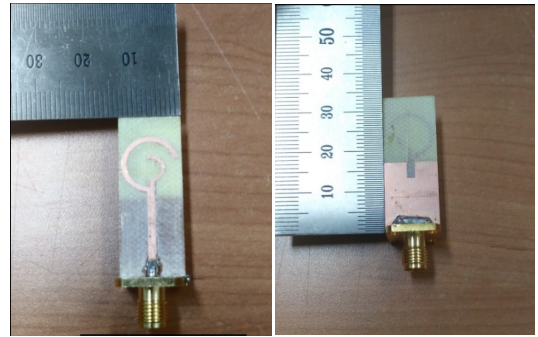


그림 5. 제안된 안테나의 프로토타입 (a)앞면 그리고 (b) 뒷면
 Fig. 5 Prototype of the proposed antenna: (a) front view and (b) back view

III. 측정결과 및 검토

제작된 안테나는 회로망 분석기(Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 이용하여 반사손실을 측정하였으며 방사패턴은 안양에 위치한 이노링크의 무반사실에서 측정하였다. 그림 6는 제안된 안테나의 실제 제작 후 측정된 결과를 나타내었다. 시뮬레이션 결과와 측정결과가 어느 정도 오차가 있는 것으로 판단된다. 측정결과, 2.4 GHz 대역에서는 -10dB을 기준으로 360 MHz (2.29~2.65 GHz)의 대역폭을 얻어 2.4 GHz WLAN 대역을 만족시켰으며 5.0 GHz 대역에서는 -10dB을 기준으로 1,245 MHz (4.705~5.95 GHz)의 대역폭을 얻어 5 GHz 대역에서 요구하는 대역폭을 만족하고 있음을 확인하였다.

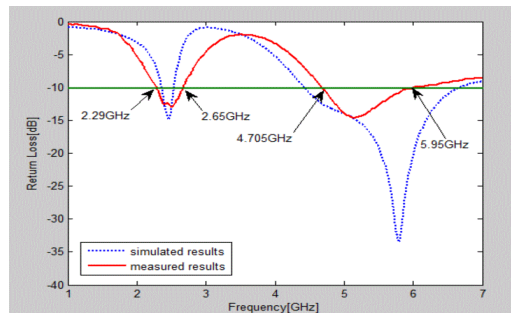


그림 6. 제안된 안테나의 측정된 반사손실
 Fig. 6 The measured return loss results of the proposed antenna

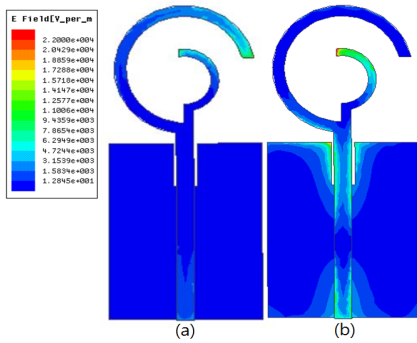


그림 7. 제안된 안테나의 전류 분포
Fig. 7 The current distribution of the proposed antenna: (a) 2.4 GHz; (b) 5.7 GHz.

제안된 안테나의 전류밀도 분포는 그림 7에서 나타내었다. 그림 7(a)는 중심주파수가 2.4 GHz 일 때의 전류밀도 분포를 나타낸 결과이며 그림 7(b)는 중심주파수가 5.7 GHz 일 때의 전류분포를 나타낸 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 그림 7(a)에서는 원형모양의 선로 1에서 강한 전류밀도 분포가 나타날 뿐만 아니라 원형모양의 선로 2 주위에도 어느 정도의 전류밀도 분포가 발생되는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 2.4 GHz 대역 공진 시 5 GHz 대역에서도 영향을 끼친다는 것으로 보여주고 있다. 또한 그림 7(b)에서는 원형모양의 선로 2와 접지면의 슬릿구조에 강한 전류밀도가 분포하고 있음을 보여주고 있다. 다만 5 GHz 대역의 공진 시 2.4 GHz 대역에 대한 영향을 거의 없는 것으로 판단된다.

그림 8, 9, 10는 제작된 안테나의 측정된 방사패턴을 나타내고 있다. 방사패턴이 측정된 주파수는 2.4 GHz WLAN 대역(2.4~2.484 GHz)의 중심인 2.44 GHz, 그리고 5 GHz 대역(5.15~5.875 GHz)의 5.3 GHz/5.7 GHz로 설정하였다. 5GHz 대역의 측정주파수는 상위대역과 하위대역으로 나누어 설정하였으며 각 대역의 중심주파수가 아니더라도 각 대역에서 방사패턴에는 큰 차이가 없기 때문에 측정주파수를 5.3 GHz/5.7 GHz로 설정하였다. 그림 8은 2.44 GHz 주파수에서 방사패턴을 나타낸 것이며 그림 9은 5.3 GHz 주파수에서 방사패턴을 표시하였다. 그리고 그림 10은 5.7 GHz 주파수에서 방사패턴을 표시하였다. 제안된 안테나의 3-D 방사패턴은 전체적으로 전방향성 특성을 보여주고 있다.

WLAN 각 주파수 대역에서의 최대 이득과 평균 이득은 다음과 같다. 2.4 GHz 대역에서 최대이득은 4.42~5.73 dBi 그리고 평균 이득은 -2.27~-1.40 dBi로 값을 얻었다. 또한 5.0 GHz 대역에서 최대이득은 4.32~5.04 dBi 그리고 평균 이득은 -3.17~-1.19 dBi로 값을 얻었다.

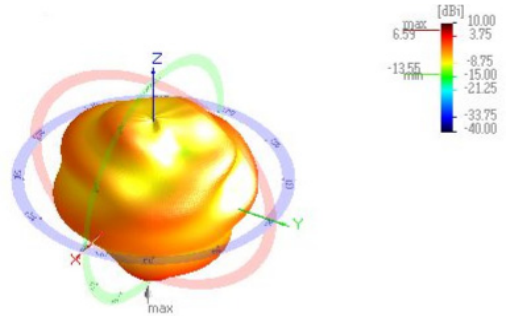


그림 8. 2.44 GHz에서 3-D 방사패턴
Fig. 8 3-D radiation pattern measured in 2.44 GHz

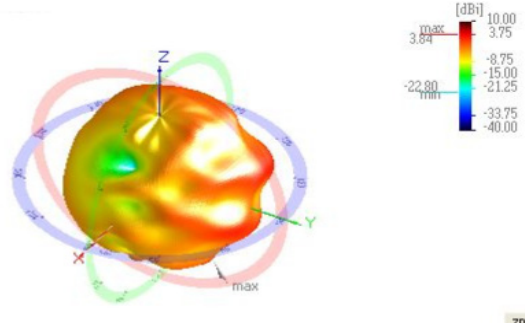


그림 9. 5.35 GHz에서 3-D 방사패턴
Fig. 9 3-D radiation pattern measured in 5.30 GHz

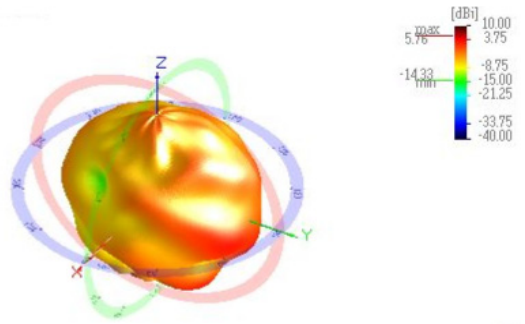


그림 10. 5.75 GHz에서 3-D 방사패턴
Fig. 10 3-D radiation pattern measured in 5.70 GHz

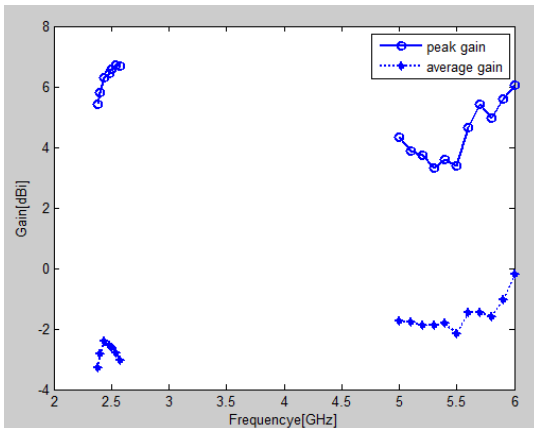


그림 11. 5.75 GHz에서 3-D 방사패턴
Fig. 11 3-D measured radiation pattern of 5.7GHz

IV. 결론

본 논문에서는 WLAN 시스템에 적용 가능한 이중대역 안테나를 설계, 제작 및 측정하였다. 제안된 안테나는 마이크로스트립 급전 구조를 갖고 두 개의 원호 모양의 선로를 구성하여 이중 공진을 갖도록 설계하였으며 접지면에 슬릿을 삽입하여 임피던스 매칭을 통해 제안된 안테나의 반사손실 특성을 개선하도록 설계하였다. 상용 톨인 HFSS를 이용하여 제안된 안테나의 특성에 절대적으로 영향을 미치는 파라미터에 대한 시뮬레이션을 진행하였으며 표면 전류밀도 분포를 통해 제안된 안테나의 동작원리를 확인하였다. 반사손실 측정결과, WLAN 대역에서 2360 MHz (2.29~2.65 GHz)의 대역폭과 1,245 MHz (4.705~5.95 GHz)대역폭을 얻었다. 또한 방사패턴 측정결과, 전방향성의 방사패턴과 2.4 GHz대역에서 최대이득 4.42~5.73 dBi, 5.0 GHz 대역에서 최대이득 4.32~5.04 dBi을 얻었다.

References

- [1] W. Lutzman and G. Ahiele, *Antenna Theory and Design*. 2012.
- [2] G. Kumar and K. Pay, *Broadband Microstrip Antennas*, 2003.
- [3] M. Cheong, S. Lee, and S. Bang, "Recent trends to next-generation wireless LANs," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 27, no. 2, 2012, pp. 1 - 10.
- [4] B. Jeong, S. Jang, S. Yoon, and D. Kim, "Development direction of WLAN technology trends to IEEE 802.11ax standardization," *Information and Communications Mag.*, vol. 32, no. 3, 2015, pp. 69 - 76.
- [5] Y. Park, "Characteristics of patch antenna for WLAN," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 6, 2011, pp. 803-808.
- [6] O. Wim, "Design of dual band microstrip antenna for wireless communication applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1275-1279.
- [7] T. Choi, B. Bum, and S. Lim, "Modified monopole antenna for multi resonance wideband," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 3, no. 2, 2008, pp. 53-57.
- [8] S. Wee, N. Kim, and S. Lee, "Design and fabrication of the Antenna for wibro and WLAN communications using CPWG structure," *J. of Electromagnetic Engineering And Science*, vol. 19, no. 10, 2008, pp. 1086-1095.
- [9] Y. Seo, J. Jung, H. Lee, and Y. Lim, "Design of circular monopole antenna with symmetrically folded stub for WLAN operation," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 7, 2012, pp. 1549-1552.
- [10] J. Hoon, Y. Rhee, and Y. Jang, "A study on the rectangular ring open-ended monopole antenna with a vertical strip for WLAN dual band operations," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 3, 2013, pp. 619-624.
- [11] Y. Koo and D. Im, "Design and manufacture of modified ring antenna with stub and ground slot for WLAN Applications," *J. of Information and Communication Convergence Engineering*, vol. 17, no. 10, 2013, pp. 2285-2272.
- [12] C. Bark, M. Dim, and H. Sung, "Design

- of compact microstrip patch antenna for WLAN of IEEE 802.11a," *J. of Korea Information Science*, vol. 19, no.12, 2013, pp. 611-617.
- [13] J. Yoon and D. Lee "A Design and implementation of multi band monopole antenna for GPS/WiMAX/WLAN applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, 2015, pp. 1189-1196.
- [14] Ansoft Corporation, "Ansoft High Frequency Structure Simulator (HFSS) ver 10.0," 2005.

저자 소개



윤중한(Joong-Han Yoon)

1992년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1994년 8월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2005년 8월 인하대학교 Post-Doc.

2006년 11월 요코하마 국립대학 Post-Doc.

2008년 8월 삼성전기 책임연구원

2008년 ~현재 신라대학교 전자공학과 부교수

※ 관심분야 : RF & Antenna, RFID, Radar

