Regular paper http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2015.10.7.763

WLAN 시스템에 적용 가능한 Arrow와 Ribbon 모양을 갖는 모노폴 안테나 설계 및 제작

문승민* · 김기래** · 윤중한**

A Design and Implementation of a Monopole Antena with Arrow and Ribbon-Shaped for the WLAN Application

Seung-Min Mun* · Gi-Rae Kim** · Joong-Han Yoon**

요 약

본 논문에서는 WLAN대역에서 동작하는 화살과 리본 모양의 마이크로스트립패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 안테나는 FR-4 기판 위에 제작되었고 두께는 0.8mm 기판 사이즈는 50 × 40 mm^2이다. 파라메터 연구를 통해 최적화된 설계치를 얻었으며 공진주파수에서 전류밀도 분포를 통해 안테나 동작 원리를 확인하였다. 최적화된 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하였으며 WLAN 이중대역에서 반사손실, 이득, 방사패턴의 특성을 측정하였다.

ABSTRACT

In this paper, a microstrip patch antenna with arrow and ribbon shape for WLAN was designed and manufactured. The antenna was designed on a FR-4 substrate that has a thickness of 0.8mm and a dielectric constant of 4.4. The substrate size is 50 × 40 mm^2. A commercially available tool was used for simulation to get the optimized parameters and the optimized values were obtained by finding the parameters that act sensitively to the performance of the antenna. The proposed antenna was produced using the optimized values, and characteristics of return loss, gain and radiation pattern in WLAN bands were measured.

키워드

Dual-Band Antenna, WLAN, Monopole Application, Arrow, Ribbon
이중대역안테나, WLAN, 모노폴 응용, 화살표, 리본

Ⅰ. 서 론

최근 인터넷과 이동통신 기술의 급속한 발전으로 인해 이동 환경에서도 고속의 데이터를 송수신할 수 있게 됨에 따라 이동통신 서비스는 이전에 단순히 음성만을 전송하던 서비스에서 고속의 양방향 데이터 전송을 활용한 서비스로 확대되고 있다. 결국 이러한 이동통신 기술의 발전을 통해 얻어진 고속의 데이터 전송 속도의 실현은 이용자들에게 다양한 서비스를 제공할 수 있다는 가능성을 더욱 확장 시키고 있다 [1-2].

근거리 무선통신 서비스의 하나인 WLAN은 세계에서 가장 성공적이고 빠르게 성장하는 무선통신 기술이다. 현재 표준화는 802.11b에서 2.4 ~ 2.484 GHz로 주파수 대역을 정의하였으며, 802.11a에서는 5.150 ~ 5.250 GHz그리고 5.725 ~ 5.825 GHz로 정의되어

* 신라대학교 전자공학과(tmdalsz@naver.com)
** 교신저자(corresponding author) : 신라대학교 전자공학과 교수(jhyoon@silla.ac.kr, grkim@silla.ac.kr)
접수일자 : 2015. 05. 28 심사(수정)일자 : 2015. 07. 13 게재확정일자 : 2015. 07. 23

있다[3]. WLAN은 기존의 유선 LAN의 기능을 포함하면서 네트워크 구축 시 케이블의 연결이 필요 없다는 장점을 포함하고 있다. 이러한 장점은 무선 LAN을 보다 편리하고 자유롭게 사용하게 하여 그 응용범위를 확장시키고 있다[3].

이러한 무선 통신 시스템의 부품 중 안테나는 RF단의 맨 끝에 존재하여 무선시스템의 전체 특성을 결정짓는 중요한 역할을 담당하고 있다. 최근 연구되는 안테나의 특징은 소형화 및 경량화된 내장형 안테나이다. 내장형 안테나 중 평면상에 인쇄된 안테나는 일반적으로 마이크로스트립 패치 형태로 구성되어있으며 쉬운 제작과 비용 절감 등으로 인해 많은 관심을 받고 있으나. 협대역 특성을 갖는 문제점을 갖고 있다[4-9]. 이러한 마이크로스트립 패치 안테나를 WLAN 시스템에 적용하기 위해서는 이중대역 안테나의 개발이 필요하며 이에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다[10-18].

본 논문에서는 IEEE802.11a에서 표준화된 5 GHz 대역과 IEEE802.11b에서 표준화된 2.4 GHz의 WLAN 대역 모두 사용 가능한 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 마이크로스트립 안테나의 협소한 대역폭 개선과 이중대역 공진 특성을 위해 Arrow 와 Ribbon 모양의 패치를 사용하였다. 안테나의 반사손실, 방사패턴, 전류분포를 실험 및 시뮬레이션을 통하여 최적화 하였다. Ⅰ장에서는 서론에 이어 Ⅱ장에서는 안테나 설계 및 시뮬레이션에 대하여 기술하고, Ⅲ장에서는 안테나 제작 및 측정결과를 설명하고 Ⅳ장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. 안테나 설계

제안된 안테나는 모노폴 구조를 기본으로 Arrow모양의 패치를 사용하여 2.4 GHz 대역에서 공진하도록 설계하였고, 5 GHz 대역에서 공진하도록 Ribbon모양의 패치를 삽입하였다.

제안된 안테나는 유전율(ϵ_r) = 4.4 두께(H) 0.8 mm 크기 50 × 40 mm2 인 FR-4기판 위에 설계하였다. 패치의 크기는 7.5 × 10.2 mm2의 면적의 Ribbon 모양이다. 이중대역 공진특성을 위해 7.9 × 14 mm2의 면적의 Arrow의 모양을 삽입하였다. 전체 시뮬레이션 과정은 3D 설계가 가능한 Ansoft사의 HFSS(: High Frequency Structural Simulator)를 이용하여 최적의 반사손실 및 방사특성을 얻을 수 있도록 설계하였다.

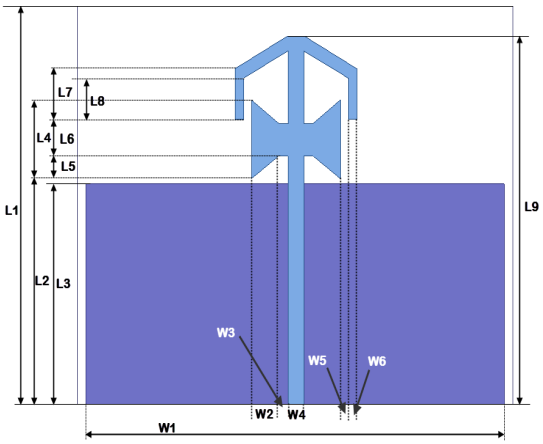


그림 1. 제안된 이중대역 안테나 구조
Fig. 1 Structure of dual-band antenna

그림 2는 접지면 길이 L3 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 2에서 보는바와 같이 L3의 길이를 20 mm에서 22 mm로 변화시켰을 때 반사손실 특성을 비교하였다. L3 길이 변화에 따른 시뮬레이션 결과 2.4 GHz 대역에서는 반사손실 특성이 L3 = 20 mm일 때 제일 우수한 결과를 얻었지만, 5 GHz 대역에서는 중심 주파수와 대역폭이 L3 = 21 mm일 때 가장 우수하였다. L3 = 20 mm일 때 5 GHz 대역에서는 WLAN에서 요구되는 대역폭을 만족하지 못하였고, L3 = 22 mm일 때, 2.4 GHz 대역에서는 요구되는 대역폭을 만족하지만, 5 GHz 대역에서의 반사손실 특성과 대역폭은 만하지 못 하였다. 이러한 결과로부터 L3의 길이의 변화는 공진주파수 특성과 반사손실 특성에 어느 정도 영향을 주고 있음을 확인하였고 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나의 대역폭이 L3 = 21 mm일 때 WLAN에 요구되는 주파수 대역과 반사손실 특성이 가장 우수 하였다.

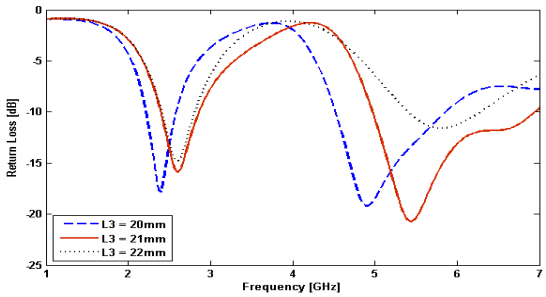


그림 2. 제안된 안테나의 접지면 길이에 따른 영향
Fig. 2 Effect of the ground plane length

그림 3은 L9길이 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 3에서 보는바와 같이 L9의 길이를 34.5 mm에서 35.5 mm로 변화시켰을 때 반사손실 특성을 비교하였다. L9 길이 변화에 따른 시뮬레이션 결과 2.4 GHz대역에서 공진주파수 특성과 반사손실 특성은 어느 정도 변화가 있었으며, 5 GHz대역에서는 공진주파수 특성과 반사손실 특성이 큰 변화가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 L9의 길이가 결과적으로 길이에 영향을 주는 파라메타 이므로 L9의 길이 변화가 제안된 안테나의 5 GHz 대역에 영향을 미치고 있다고 판단된다. 5GHz 대역에서 L9의 길이가 증가할수록 공진주파수는 높은 대역으로 이동하면서 5 GHz대역의 반사손실특성은 점 점 열화되고있음을 알 수 있다.

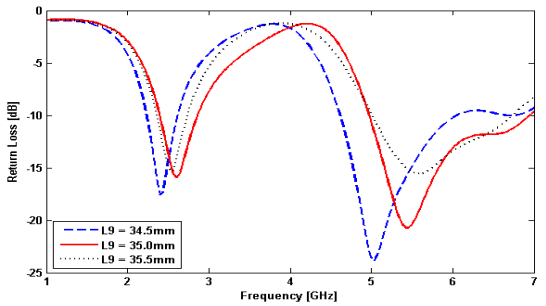


그림 3. 제안된 안테나의 L9의 길이에 따른 영향
Fig. 3 Effect of the length of the of L9 the proposed antenna

그림 4는 제안된 안테나의 단일 에로우 패치와 단일 리본패치를 각각 시뮬레이션한 반사손실 특성을 나타내었다. -10 dB를 기준으로 단일 에로우 패치의 경우 310 MHz (2.21 ~ 2.52 GHz) 대역을 가진 반사손실 특성을 얻었으며 2.4 GHz대역공진에 기여하고 있음을 알 수 있다. 단일 리본 패치의 경우 2,900 MHz (4.21 ~ 7.11 GHz) 대역을 가진 반사손실 특성을 얻었으며 5 GHz대역공진에 기여하고 있음을 알 수 있다. 리본패치와 에로우패치를 함께 삽입한 경우 결합현상으로 인해 공진주파수의 이동이 있었지만 이중대역 공진이 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 5 GHz의 대역에서의 동작은 주로 리본 부분과 에로우 양쪽 끝부분 결합에 의해 동작되는 것으로 판단된다.

제안된 안테나의 동작 원리를 확인하기 위해 전류분포를 그림 5에 나타내었다. 공진 주파수 2.47 GHz와 5.34 GHz를 확인하는데 상용툴을 사용하였다. 예상대로 2.47 GHz와 5.47 GHz에서 다른 표면 전류가 나타나는 것을 알 수 가 있었다. 그림 5(a)는 제안된 안테나 첫 번째 공진주파수인 2.47 GHz에서의 전류분포이며 그림 5(b)은 두 번째 공진주파수인 5.34 GHz에서의 전류분포이다. 그림 5(a)에서 보는바와 같이 공진 주파수가 Arrow양쪽 끝부분에 의한 영향으로 강한 전류밀도가 분포하고 있음을 알 수 있다. 따라서 2.4 GHz의 대역의 공진은 주로 Arrow 끝부분에 이루어지는 것으로 판단된다. 그림5(b)에서 보는바와 같이 공진주파수가 5.34 GHz일 경우 Ribbon부분 양쪽 부분과 Arrow 양쪽 끝나는 부분에 결합(Coupling)에서 강한 전류 밀도가 분포하는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 5GHz 대역에서 공진은 리본모양의 양 끝에서 강한 전류밀도가 분포하고 있음을 알 수 있다.

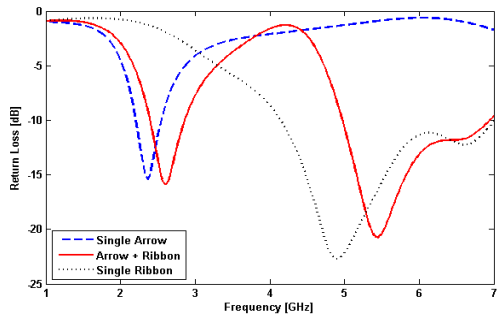
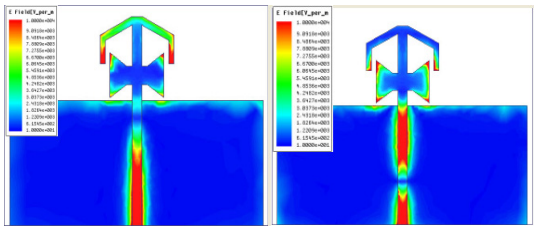


그림 4. 제안된 안테나의 각각의 패치 존재 유무에 따른 영향
Fig. 4 The effect of the presence or absence of each of the patches of the proposed antenna.



(a) (b)

그림 5. 제안된 안테나의 전류밀도 (a) 2.47 GHz (b) 5.34 GHz

Fig. 5 The current density of proposed antenna (a) 2.47 GHz (b) 5.4 GHz

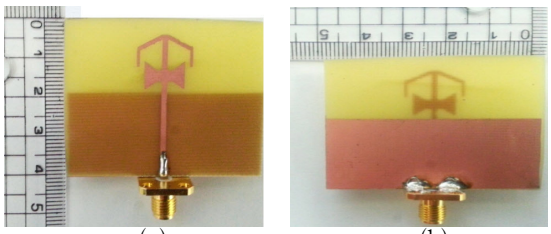
표 1. 설계된 안테나의 제원

Table 1. Parameters of designed antenna

Parameter	Value [mm]	Parameter	Value [mm]
L1	40	W1	48
L2	21.5	W2	3.15
L3	21	W3	1.05
L4	7.5	W4	1.8
L5	2.17	W5	0.9
L6	3.5	W6	1
L7	4.82	H1	0.8
L8	3.91	L9	35

III. 제작 및 측정

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



(a) (b)

그림 6. 제작된 안테나 (a) 앞면 (b) 뒷면

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

그림 8은 제안된 안테나의 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과와 실제 제작 후 측정한 결과를 비교하여 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 약간의 오차가 있으나 두 값이 비슷한 경향을 보이고 있음을 확인 할 수 있다. 이러한 오차는 제작상의 오류뿐만 아니라 기판의 유전율 오차와 시뮬레이션 상에 존재하지 않는 입력포트에 의한 영향 때문인 것으로 판단된다. 측정결과 2.4 GHz 대역에서 -10 dB를 기준으로 880 MHz(1.67 ~ 2.53 GHz)의 대역폭을 얻었으며 5 GHz 대역에서는 -10 dB를 기준으로 1,540 MHz(4.45 ~ 5.99 GHz)의 대역폭을 얻어 WLAN 대역에서 요구하는 대역폭(2.4 ~ 2.484 GHz, 5.15 ~ 5.875 GHz)을 만족하고 있음을 확인하였다.

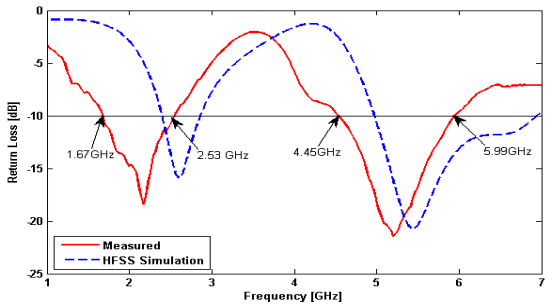


그림 7. 제안된 안테나의 시뮬레이션과 측정된 반사손실

Fig. 7 The simulated and measured return loss results of the proposed antenna

그림 8은 제작된 안테나의 측정된 방사패턴을 나타내고 있다. 그림 8(a)은 2.380 ~ 2.480 MHz 대역에서 방사패턴을 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 각각의 주파수 방사패턴을 나타낸다.

그림 8(b)은 5100 ~ 5700 MHz 대역에서 방사패턴을 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 각각의 주파수 모두 전방향성의 방사패턴을 나타낸다.

그림 9는 2.4 GHz 대역, 5.5 GHz대역에서의 각각 최대이득과 평균이득을 나타내고 있다. 그림 9 에서 보는 바와 같이 2.4 GHz대역에서 최대이득은 3.34 ~ 4.08 dBi 그리고 평균 이득은 -0.81 ~ -1.04 dBi로 값을 얻었다. 또한 그림 12에서 보는 바와 같이 5.5 GHz대역에서 최대이득은 4.26 ~ 5.92 dBi 그리고 평균이득은 -1.65 ~ -0.19 dBi로 값을 얻었다.

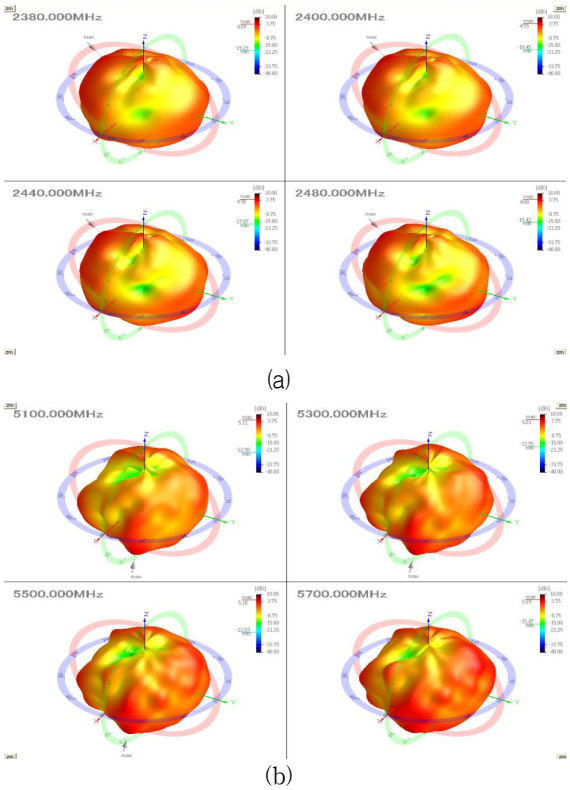


그림 8. 제안된 안테나의 측정된 방사 패턴
(a) 2.0 GHz 대역의 3D 방사 패턴 (b) 5.0 GHz 대역의 3D 방사 패턴

Fig. 8 Measured radiation pattern of the proposed antenna (a) 3D radiation pattern at 2.0 GHz (b) 3D radiation pattern at 5.0 GHz

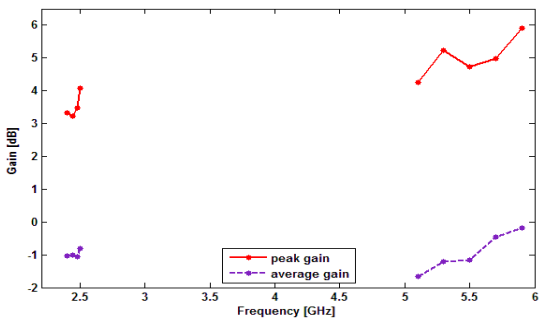


그림 9. 제안된 안테나의 최대이득과 평균이득

Fig. 9 Measured peak and average gain of the proposed antenna

IV. 결 론

본 논문에서는 WLAN 시스템에 적용 가능한 이중대역 안테나를 설계, 제작 및 측정을 하였다. 최적화된 수치를 얻기 위해 두 개의 구조 길이, 접지 면과 갭 길이에 대한 시뮬레이션을 진행하였으며 제안된 안테나의 동작원리를 확인하기 위해 표면전류 분포를 상용 툴인 HFSS를 사용하여 확인하였다. 최적화된 수치를 얻은 후 제안된 안테나를 상용 기판인 FR-4에 제작하고 네트워크 분석기를 이용하여 측정하였다. 반사손실 측정결과 WLAN 대역(2.4 ~ 2.484 GHz / 5.2 ~ 5.875 GHz)을 만족시켰다. 측정결과, -10 dB를 기준으로 WLAN이중대역에서 각각 880 MHz(1.67 ~ 2.53 GHz) 그리고 1,150 MHz(4.45 ~ 5.99 GHz)의 결과를 얻었다. 방사패턴 이득은 2.4 GHz대역에서 최대이득은 3.34 ~ 4.08 dBi 그리고 평균 이득은 -0.81 ~ -1.04 dBi로 값을 얻었다. 5.5 GHz대역에서 최대이득은 4.26~5.92 dBi 그리고 평균이득은 -1.65 ~ -0.19 dBi로 값을 얻었다.

References

[1] M. Kim, “Propulsion trend of 4th Generation Mobile Communication Systems and view of Wibro,” *Hana Fimancial Group Inc*, vol. 230, no. 10, 2009, pp. 44-53.

[2] G. Kumar, and K. P. Ray, “Broadband Microstrip Antennas,” *Artech House*, 2003.

[3] S. Lee, and N. Kim. “Design and Fabrication of the Antenna for Wibro and WLAN Communications Using CPWG Structure,” *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 19, no. 10, 2008, pp. 1086-1095.

[4] U. Yang, G, Lee, J, Kim, and S, Kim, “Design and Implementation of a dual band antenna for a wireless LAN access point,” *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 7, no. 2, 2011, pp. 107-117.

[5] I. F. Chen, and C. M. Chiang, “Multi-folded tapered monopole antenna for wide band mobile handset applications,” *Electron. Letters* vol. 40, no. 10, 2004, pp. 577-578.

[6] K. Wong, and W. Planar, “Antennas for Wireless Communications,” *Wiley-Interscience*, 2003.

[7] J. Yoon, “Design of Circular Ring Antenna

with Half-Circular Strip for WLAN/WiMAX Applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 9, no. 4, 2014, pp. 417-424.
[8] 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.
[9] J. Yoon, Y. Jang, and Y. Lee, "A compact Monopole Antenna Design for WLAN/WiMAX Triple Band Operations," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 7, no. 3, 2012, pp. 465-473.
[10] S. Park, "Design of Planar-Type Modified Folded Loop Antennas," *J. of information and communication convergence engineering,* vol. 8, no. 5, 2010, pp. 489-492.
[11] S. Su, and F. Chang, "Compact, Printed mobile unit antenna for 2.4 GHz and 5 GHz WLAN applications," *Microwave and Optical technology Letters*. vol. 52, no. 12, 2010, pp. 2648-2653.
[12] M. Harmouzi, and M, Essaaidi, "A Novel compact dual band antenna for IEEE802.11a/b/g/n, WLAN," *Microwave and Optical technology Letters*. vol. 53, no. 2, 2011, pp. 315-317.
[13] W. Chen, B Lee, and P. Chang, "A compact and small printed monopole antenna for WLAN applications," *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 53, no. 7, 2011, pp. 1518-1522.
[14] W. C. Liu, and Y. Dai, "A dual band shorted monopole antenna for WLAN band appl-ications," *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 53, no. 9, 2011, pp. 2142-2145.
[15] N. Zang, Y. Wang, and X. Shi "Compact dual band printed dipole antenna with parallel winding lines and tapered structure for WLAN applications," *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 53, no. 11, 2011, pp. 2492-2494.
[16] S. A. Rahim, Z. Nor, N. Md. Jizat, M. Sabran, and M. F. Jamlos, "Dual band printed monopole slot antenna with combination of L-Slot and arm slot for WLAN application," *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 53, no. 11, 2011, pp. 2668-2673.
[17] Y. Seo, J. Jung, H. Lee, and Y. Lim, "Modified dual monopole antenna for WLAN operation," *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 53, no. 12, 2011, pp. 2768-2770.
[18] F. Wang, X. Yang, J. Zhang, G, Gaom, and J. X. Xiao, "A Band Notched ring monopole antenna," *Microwave and Optical technology Letters*, vol. 50, no. 7, 2008, pp. 1882-1884.

저자 소개

문승민(Seung-Min Mun)

2014년 신라대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2014년 신라대학교 대학원 전자공학과 재학(공학석사)
※ 관심분야 : RF Circuit, Antenna, filter RF System

김기래(Girae Kim)

1986년 서강대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1988년 서강대학교대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1998년 경남대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1988년~1993년 삼성전자(주) 정보통신연구소
1993년~1999년 마산대학교 정보통신공학과 교수
1999년~현재 신라대학교 공과대학 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 초고주파 회로 설계, MMIC, 전파 해석 및 모델링

윤중한(Joong-Han Yoon)

1992년 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1994년 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2003년 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
2005년 8월 인하대학교 Pso-Doc.
2006년 11월 요코하마 국립대학 Post-Doc.
2008년 8월 삼성전기 책임연구원
2008년~현재 신라대학교 전자공학과 조교수
※ 관심분야 : RF & Antenna, RFID, Radar