

5.1~5.8 GHz 무선랜용 CPW 급전 소형 모노폴 안테나

최인태¹ · 신호섭^{2*}

A CPW-fed Small Monopole Antenna for 5.1~5.8 GHz WLAN

In-Tae Choi¹ · Ho-Sub Shin^{2*}

¹Deputy Section Chief, Development Department, Thermalsolutions Inc., Gunsan, 54001 Korea

^{2*}Professor, IT Convergence and Communication Engineering Major, School of IT, information and Control Engineering, Kunsan Nat'l University, Gunsan, 54150 Korea

요 약

본 논문에서는 WLAN (wireless local area network) 응용을 위한 소형 인쇄형 모노폴 안테나의 새로운 설계에 대해 연구했다. 선폭이 다른 패치와 계단 모양의 접지면이 있는 복사체는 안테나 크기를 줄이기 위해 사용된다. 안테나의 크기는 $16 \times 17 \times 1 \text{ mm}^3$ 이며 포토리소그래피(photolithography) 기술로 제작되었다. 시뮬레이션 및 측정 결과가 잘 일치한다. 연구된 안테나의 공진 주파수는 약 5.2 GHz이며 측정 결과 1 GHz의 임피던스 대역폭을 가진다. 또한 측정된 방사패턴을 제시하고 필요한 WLAN 5 GHz 주파수 대역 (5.15 - 5.825 GHz)에서 측정된 이득 및 효율을 제시했으며, 5 GHz 대역 WLAN 안테나로 사용할 수 있음을 확인했다. 연구된 안테나는 소형, 경량, 저비용, 전방향성 복사패턴, 고이득 및 고효율을 갖는다.

ABSTRACT

In this paper, a novel design of a compact printed monopole antenna for wireless local area network (WLAN) applications is investigated. The radiator with a patch of different line width and step-shaped ground planes is used to reduce the antenna size. The size of the antenna is $16 \times 17 \times 1 \text{ mm}^3$ and is fabricated with a photolithography technique. The simulated and measured results agree well. The resonant frequency of the investigated antenna is about 5.2 GHz and can cover an impedance bandwidth of 1 GHz for the measurement result. In addition, we presented the measured radiation pattern, presented the gain and efficiency measured in the required WLAN 5 GHz frequency band (5.15-5.825 GHz), and confirmed that it can be used as a 5 GHz band WLAN antenna. The investigated antenna has a small size, light weight, low cost, omni-directional radiation pattern, high gain, and high efficiency.

키워드 : 모노폴 안테나, CPW 급전 안테나, Wideband 안테나, Wireless local area network

Keywords : Monopole Antenna, CPW-fed Antenna, Wideband Antenna, Wireless local area network

Received 24 September 2019, Revised 30 September 2019, Accepted 13 October 2019

* Corresponding Author Ho-Sub Shin(E-mail:hsshin@kunsan.ac.kr, Tel:+82-63-469-4748)

Professor, IT Convergence and Communication Engineering Major, School of IT, information and Control Engineering, Kunsan Nat'l University, Gunsan, 54150 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.12.1659>

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. 서론

무선랜은 케이블을 연결할 필요 없이 네트워크 구성을 할 수 있다는 장점이 있어 최근에 많이 사용하는 노트북, 태블릿 PC, PDA 등과 같은 모바일 통신 기기에 내장되어 있다. 케이블 연결이 필요한 유선랜의 경우에는 네트워크 구축시 사전에 케이블 구축 계획이 필요하고, 유선 네트워크 사용자를 추가하려면 비용이 증가할 수 있다. 그러나 무선랜은 케이블 구축 계획이 필요하지 않기 때문에 구축 시간을 줄일 수 있고, AP(Access Point)를 통해 무선으로 인프라에 접속되어 있으면 비용 증가 없이 무선 네트워크 사용자를 추가할 수 있다[1].

무선랜 규격의 데이터 최대 전송 속도는 IEEE 802.11b에서 11 Mbps, IEEE 802.11a에서는 54 Mbps, 그리고 IEEE 802.11n에서 600 Mbps를 지원한다. 그러나 초고화질의 영상을 압축하지 않고 전송하려면 1 Gbps 이상의 전송 속도가 필요하다. 최근의 무선랜 규격인 IEEE 802.11ac에서 1 Gbps 이상의 전송 속도를 지원하며, 5 GHz 대역에서 6.9 Gbps의 최대 전송 속도를 목표로 하고 있다[2]-[5].

대다수의 802.11 a/b/g/n 장치들은 2.4 GHz ISM 대역에서 동작하며, 무선랜 장치 외에도 전자레인지, 블루투스 등의 2.4 GHz 대역용 전자기기들의 사용 증가에 의한 전파의 간섭으로 통신 방해가 많아지기 쉽다[3]. 그러므로 이런 전자기기들의 간섭을 받지 않은 5 GHz 대역의 Wireless Lan에서 활용할 수 있는 안테나가 필요하여 이에 관한 연구들이 이루어지고 있다[6]-[11].

본 논문에서는 5 GHz (5.15 - 5.825 GHz) 대역 무선랜에서 사용할 수 있는 소형 안테나를 연구하였다. 소형화하기 위하여 $1/4\lambda_0$ 모노폴 안테나를 사용하였고, 접지면을 계단 형태로 하였으며[12], 비유전율이 4.4인 FR-4 기판을 사용하여 제작하였다. 복사 패치 부분은 도체 선폭이 서로 다른 패치들로 구성하여 3개의 단일대역에서 동시에 동작할 수 있도록 대역폭을 넓히는 것과 함께 소형화하는데 사용하였다[13]. 급전 방식은 만들기 쉽고, 회로와 연결이 편리하고, 마이크로스트립 선로보다 저손실의 특성을 갖는 등 많은 장점을 가진 CPW 급전 방식을 이용하였다.

II. 안테나 구조 및 설계

제안된 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었고, 에폭 시기판(FR-4)의 한쪽 면에 계단모양을 가진 구조의 접지면과 선폭이 다른 폭의 스텝 모양을 가지는 새로운 구조의 패치를 가진 CPW 급전구조를 나타내었다. 기판의 비유전율은 4.4이며 손실 탄젠트는 0.019이고, 안테나의 크기는 $16 \times 17 \times 1 \text{ mm}^3$ 이며, 최적화된 설계 파라미터 값들은 표 1에 나타내었다.

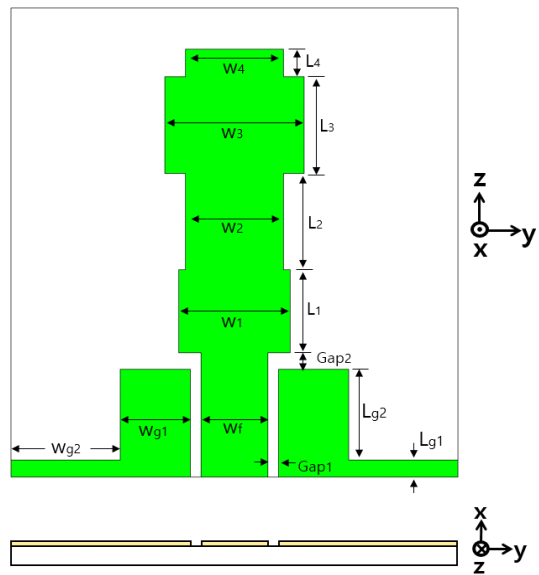


Fig. 1 Structure of investigated antenna

Table. 1 Optimal design parameters(total antenna and substrate size : $16 \times 17 \times 1 \text{ mm}^3$)

parameter	value [mm]	parameter	value [mm]
Wf	2.4	Gap1	0.38
W1	4	Gap2, Lg1	0.6
W2, W4	3.5	Lg2	3.3
W3	5	L1	3
Wg1	2.5	L2, L3	3.5
Wg2	3.9	L4	1

설계변수 Lg_1 의 변화에 따른 반사손실을 그림 2에 나타낸다. Lg_1 가 증가할수록 5.2 GHz(5.15 - 5.35 GHz) 대역에서의 반사손실이 크게 증가하고 대역폭이 약간 작아지는 것을 알 수 있다. 반사손실 대역폭을 표 2에 정리하였다.

설계변수 Wg_1 의 변화에 따른 반사손실을 그림 3에 나타내었다. Wg_1 이 감소함에 따라 공진 주파수는 낮아지고 반사 손실은 적어지는 것을 알 수가 있다. Wg_1 변수가 임피던스 특성에 영향을 미치기 때문이다. 반사손실 대역폭을 표 3에 정리하였다.

설계변수 W_1 의 변화에 따른 반사손실을 그림 4에 나타내었다. W_1 값이 감소함에 따라 공진 주파수는 낮아지고 반사손실은 커지는 것을 알 수가 있다. 반사손실 대역폭을 표 4에 정리하였다.

설계변수 W_2 의 변화에 따른 반사손실을 그림 5에 나타내었다. W_2 값이 감소함에 따라 공진 주파수는 낮아지고 반사손실은 커지는 것을 알 수가 있다. 반사손실 대역폭을 표 5에 정리하였다.

설계변수 W_3 의 변화에 따른 반사손실을 그림 6에 나타내었다. W_3 가 증가함에 따라 공진 주파수는 낮아지고 반사손실은 많아지는 것을 알 수가 있다. 반사손실 대역폭을 표 6에 정리하였다.

설계변수 W_4 의 변화에 따른 반사손실을 그림 7에 나타내었다. W_4 가 증가함에 따라 공진 주파수는 낮아지고 반사손실의 크기는 비슷하다. 표 7에 반사손실 대역폭을 정리하였다. 설계변수 W_1 ~ W_4 의 변화가 공진주파수와 대역폭에 영향을 많이 미침을 알 수 있다. 이는 W_1 ~ W_4 의 변화가 전류경로길이에 영향을 주기 때문이다.

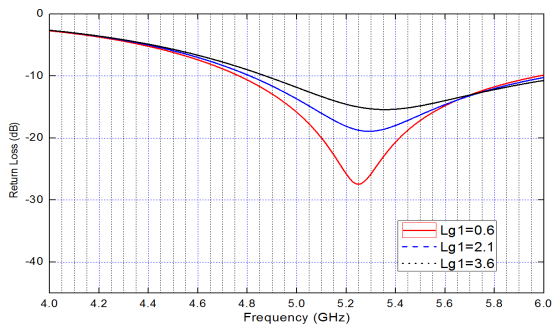


Fig. 2 S11 of the investigated antenna with different Lg_1

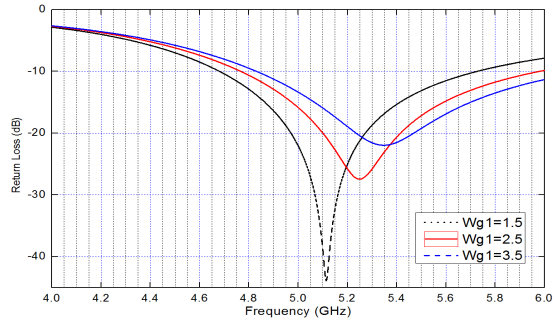


Fig. 3 S11 of the investigated antenna with different Wg_1

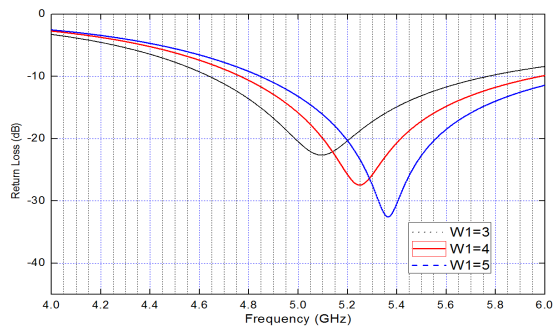


Fig. 4 S11 of the investigated antenna with different W_1

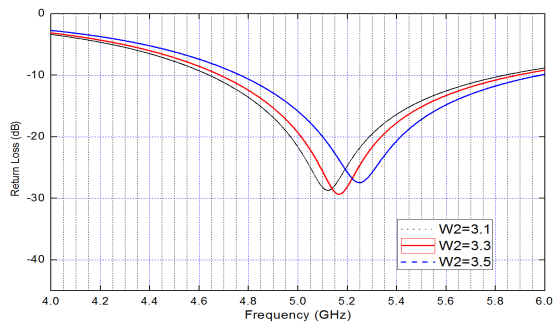


Fig. 5 S11 of the investigated antenna with different W_2

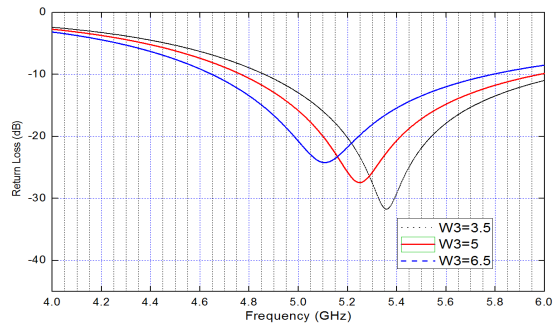


Fig. 6 S11 of the investigated antenna with different W_3

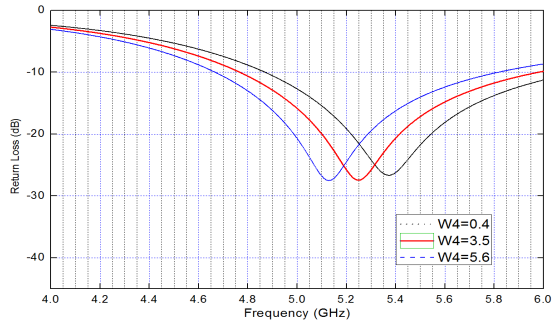


Fig. 7 S11 of the investigated antenna with different W4

Table. 2 Bandwidth as a variation of Lg1

Lg1(mm)	0.6	2.1	3.6
Bandwidth(GHz)	4.76~5.97	4.81~6.05	4.87~6.11

Table. 3 Bandwidth as a variation of Wg1

Wg1(mm)	1.5	2.5	3.5
Bandwidth(GHz)	4.68~5.72	4.76~5.97	4.83~6.13

Table. 4 Bandwidth as a variation of W1

W1(mm)	3	4	5
Bandwidth(GHz)	4.63~5.76	4.76~5.97	4.85~6.15

Table. 5 Bandwidth as a variation of W2

W2(mm)	3.1	3.3	3.5
Bandwidth(GHz)	4.64~5.84	4.68~5.89	4.76~5.97

Table. 6 Bandwidth as a variation of W3

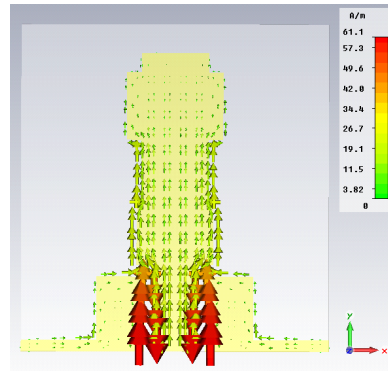
W3(mm)	3.5	5	6.5
Bandwidth(GHz)	4.86~6.11	4.76~5.97	4.65~5.97

Table. 7 Bandwidth as a variation of W4

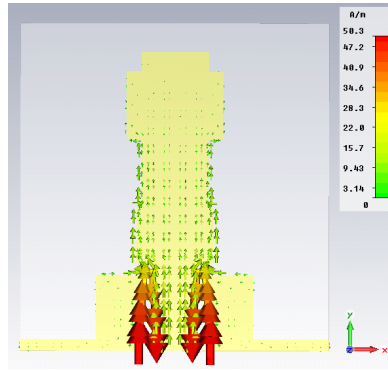
W4(mm)	0.4	3.5	5.6
Bandwidth(GHz)	4.87~6.12	4.76~5.97	4.67~5.81

설계된 안테나에 대한 표면 전류 분포를 그림 8에 나타내었다. 복사 패치에서 전류 경로의 최대 길이는 약 14.15 mm로서 주파수 5.25 GHz의 $1/4\lambda_0$ 인 14.3 mm와 유사하다. 가장 짧은 전류 경로 길이는 약 11.6 mm로서 주파수 5.775 GHz의 $1/4\lambda_0$ 인 13 mm와 유사하다.

그림 9는 모의실험을 통하여 계산된 5.25 GHz와 5.775 GHz에서의 3차원 복사 패턴을 나타내었다. 전방향성과 유사한 복사 패턴을 보여 주고 있으며 최대 이득은 각각 2.1 dBi, 2.18 dBi 이다.

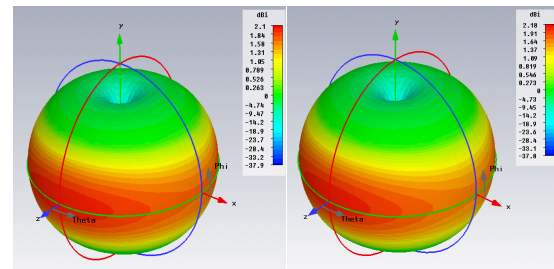


(a)



(b)

Fig. 8 Simulated current distribution (a) 5.25 GHz (b) 5.775 GHz



(a)

(b)

Fig. 9 Radiation pattern (a) 5.25 GHz (b) 5.775 GHz

III. 안테나 제작 및 실험 결과

그림 10은 설계변수를 가지고 FR-4 기판으로 제작한 안테나를 나타내고 있다. 안테나는 포토리소그래피 (photolithography) 기술을 이용하여 제작되었다.

제작된 안테나를 Antenna Analyzer(Anritsu S331D)를 이용하여 반사손실을 측정하였고, 측정된 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하여 그림 11에 나타내었으며, 두 결과가 비슷한 것을 알 수 있다. 측정된 결과는 주파수 4.848 - 5.841 GHz 에서 -10 dB 이하의 반사손실을 얻었으므로 5 GHz 대역 무선랜 안테나로 활용할 수 있음을 보여주었다.

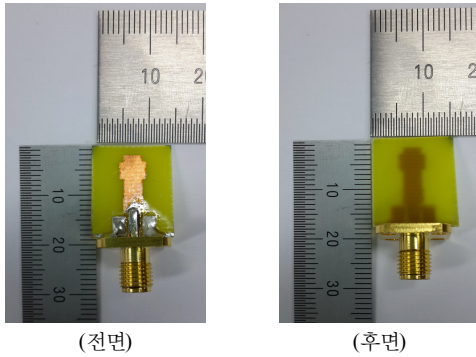


Fig. 10 The photo of manufactured antenna

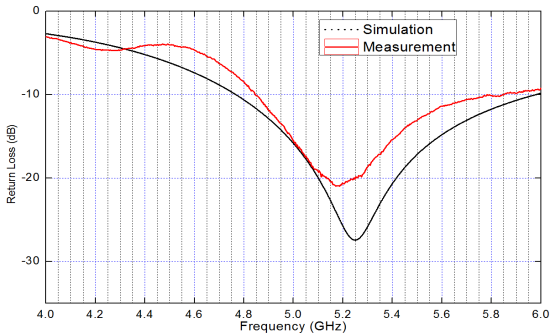


Fig. 11 Comparison of simulated and measured S11

그림 12와 그림 13은 제조된 안테나의 측정된 방사패턴을 보여주고 있다. 그림 12는 5.25 GHz 에서의 방사패턴을 보여주고 있으며 그림 13은 5.775 GHz 에서의 방사패턴을 보여주고 있다. 제안된 안테나의 방사패턴은 x-z면과 y-z면에서 8자 형태를 보이며, x-y면에서는 모노폴 안테나의 전방향성 특성을 보여주고 있다.

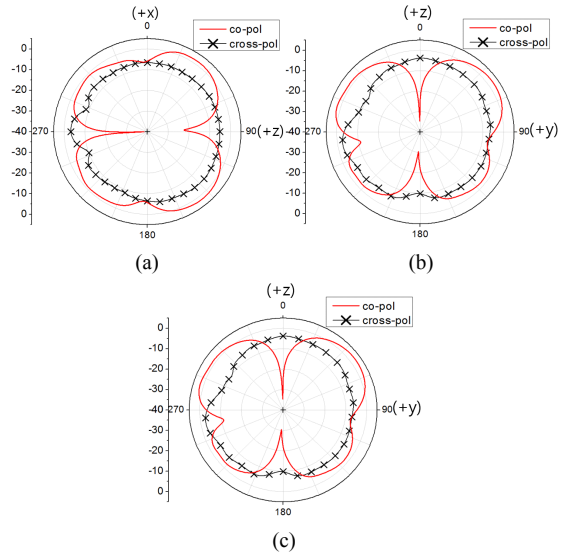


Fig. 12 Measured radiation patterns at 5.25 GHz: (a) x-z plane (b) y-z plane (c) x-y plane

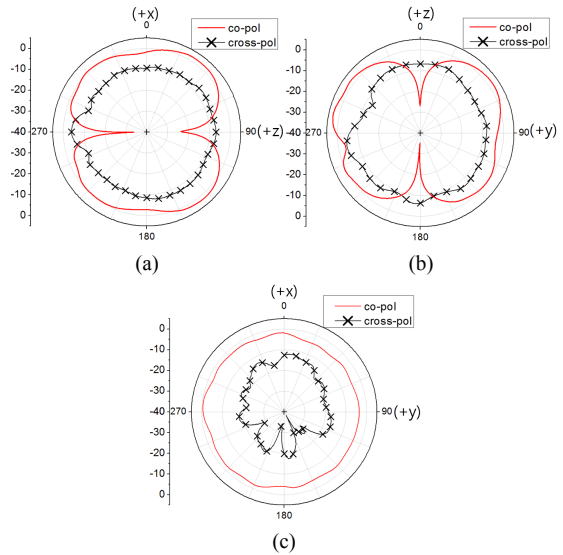
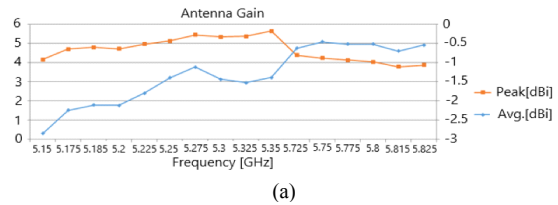


Fig. 13 Measured radiation pattern of 5.775 GHz: (a) x-z plane (b) y-z plane (c) x-y plane



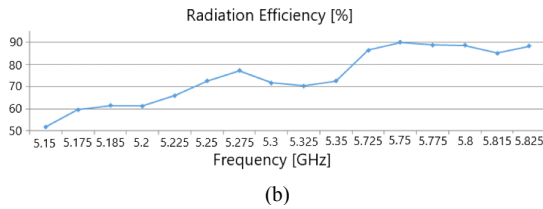


Fig. 14 Gain and radiation efficiency: (a) gain (b) radiation efficiency

본 연구에서 제안된 안테나는 그림 14에 다양한 주파수에서 측정된 최대이득, 평균이득과 방사효율을 나타내었다. 5.15-5.35 GHz 대역에서 최대이득은 4.16- 5.64 dBi이고 방사효율은 51-72%이며, 5.725-5.825 GHz 대역에서 최대이득은 3.78-4.38 dBi이고 방사효율은 86-90%이다.

IV. 결론

본 논문에서는 5.15 - 5.825 GHz 대역의 무선랜에서 활용이 가능한 소형 안테나를 연구하였다. 제안된 안테나는 서로 다른 선폭을 가진 복사 패치들과 계단 형태의 접지면으로 되어 있으며, 모의 실험을 통하여 최적화된 파라미터 수치들을 1.0 mm의 두께의 비유전율이 4.4 인 저렴하고 가벼운 FR-4 기판을 사용하여 제작하였고, 크기는 16 × 17 × 1 mm³ 이다. 표 8에 참고문헌 [6]-[10]의 안테나의 크기를 비교하였다. 측정 결과, 주파수 4.848 - 5.841 GHz에서 -10 dB 이하의 반사 손실을 얻어 5.15 - 5.825 GHz 대역의 무선랜 주파수들에 활용될 수 있음을 확인하였다.

Table. 8 Size of antennas for 5.1~5.8 GHz WLAN

References	Size (mm ³)
[6]	70×70×108
[7]	10×6×1.6
[8]	35×65×0.8
[9]	60×60×6
[10]	11.2×17.68×0.8
This paper	16 × 17 × 1

REFERENCES

[1] Jim Geier, *Wireless Lans*, Sams, 2001.

[2] M. Dmytro, "Investigation of wireless channels of 802.11 standard in the 5GHz frequency band," *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, vol. 6, no. 1, pp. 16-21, 2019.

[3] L. Verma, M. Fakharzadeh, S. H. Choi, "Wifi on steroids: 802.11AC and 802.11AD," *IEEE Wireless Communications*, vol. 20, no. 6, pp. 30-35, Dec. 2013.

[4] M. Dmytro, "Construction of mathematical models for the estimation of signal strength at the input to the 802.11 standard receiver in a 5 GHz band," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 1, pp. 16-21, 2018.

[5] B. H. Jung, S. H. Jung, S. R. Yoon, D. H. Kim, "Direction of improvement of WLAN technology and IEEE 802.11 ax standardization trend," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 32, no.3, Mar. 2015.

[6] L. Yang, C. Lu, X. Li, L. Liu, and X. Yin, "A horizontal azimuth pattern-reconfigurable antenna using omnidirectional microstrip arrays for WLAN application," *International journal of antennas and propagation*, vol.2019, pp. 1 - 9, Feb. 2019.

[7] C. Farouk, A. Salih, B. Nacerdine and M. Idris, "A miniaturized printed monopole antenna for 5.2-5.8 GHz WLAN applications," *International journal of RF and microwave computer-aided engineering*, vol. 28, no. 5, pp. e21250, Jan. 2018.

[8] C. H. Park, M. D. Kim, H. K. Sung, "Design of compact microstrip patch antenna for WLAN of IEEE 802.11a," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 19, no. 12, pp. 611-617, Dec. 2013.

[9] Y. H. Kim, J. H. Han, W. K. Lee, W. G. Yang, "Design and implementation of wideband patch antenna with folded and shorted structure for 5 GHz WLAN," *Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 17, no. 8, pp. 760-766, Aug. 2006.

[10] C. Y. D. Sim, C. H. Ho, Y. L. Chien, "compact coplanar waveguide-fed monopole antenna with a folded ground strip for 5-GHz wireless applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 53, no. 11, pp. 2464-2466. Nov. 2011.

[11] I. T. Choi and H. S. Shin, "A Compact CPW-fed Antenna with Step Structure for 5 GHz Band WLAN Applications," *Journal of the Korean Institute of Information and*

Communication Engineering, vol. 20, no. 1, pp. 8-14, Jan. 2016.

- [12] H.-J. Lam, *Ultra-wideband antenna in coplanar technology*, University of Victoria, 2005.
- [13] Sharon M. Jose and B Lethakumary, "CPW-fed Step-shaped microstrip antenna for UWB applications," *Microwave and optical technology Letters*, vol. 57, no. 3, pp. 589-591. Mar. 2015.



최인태(In-Tae Choi)

2012년 군산대학교 대학원 전자정보공학부 정보통신전파공학전공 (공학석사)
2012년~현재 씨벌솔루션스(주) 연구지원팀 재직
※ 관심분야 : 안테나, 무선통신, RF회로설계



신호섭(Ho-Sub Shin)

2003년 충북대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학박사)
2002년~2004년 국제전자정밀 중앙연구소 연구원
2004년~2005년 충북대학교 기초과학연구소 전임연구원
2005년~2005년 충북테크노파크 전략산업기획단 선임연구원
2005년~현재 군산대학교 IT정보제어공학부 IT융합통신공학전공 교수
※ 관심분야 : 안테나, 무선통신, RF회로설계, 전자파가 생체에 미치는 영향, EMI/EMC