

CPW 급전 이중대역 원형편파 이중 V구조 안테나 설계

최종호, 정봉식*

Design of CPW-fed Dual-band Circularly Polarized Double V-Shaped Antenna

Jongho Choi*, Bongsik Jeong**

본 논문은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음

요 약

최근 CPW(Co-Planar Waveguide) 급전에 의한 다중대역 원형편파 안테나에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 이중대역(GPS, DSRC) 원형편파(Circular polarization) 특성을 가지는 CPW에 의해 급전되는 이중 V자형 안테나를 설계하고자 한다. CPW 급전은 급전선로와 복사면이 동일 면상에 존재하므로 제작이 용이한 특성을 갖는다. 원형편파 특성은 길이가 다른 두 개의 직사각형 선로를 수직으로 배치한 V자 구조로 만들고 급전선에 연결한다. 사용한 유전체 기판은 비유전율이 4.4이고 두께가 1.6mm인 FR4-epoxy 이다. 최적 설계된 안테나의 시뮬레이션 결과는 -10dB 반사손실 대역폭이 GPS 대역에서 1.2GHz이고 DSRC 대역에서 3.34GHz 이상이고, 3dB 축비 대역폭은 두 대역에서 120MHz이다. 안테나의 피크 이득은 두 대역에서 각각 4.5dB와 5dB가 되었다. 그리고 반사손실 측정결과와 시뮬레이션 결과를 비교하였다.

Abstract

Recently, CPW(Co-Planar Waveguide)-fed multi-band circularly polarized antennas have been studied greatly. In this paper, we design double V-shaped antenna fed by CPW with dual-band(GPS and DSRC bands) CP(Circular Polarization) characteristics. CPW feeding has a characteristic that it is easy to manufacture because the feed line and the radiation plane is on the same plane. The CP characteristic is obtained by double V-shaped structures in which two rectangular lines of different lengths are arranged in V-shape and connected to the feeding line. The dielectric substrate is FR4-epoxy with a dielectric constant of 4.4 and a thickness of 1.6mm. Simulation results of designed antenna show that the -10dB return loss bandwidth is 1.2GHz in the GPS band and above 3.34GHz in the DSRC band, and the 3dB axial bandwidth is 120MHz in both bands. The peak gain of the antenna in both bands is 4.5dB and 5dB, respectively. And simulated and measured return losses are compared.

Keywords

coplanar waveguide, circular polarization, dual-band, GPS, DSRC

* 동아대학교 전자공학과 박사과정

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9689-5544>

** 동아대학교 전자공학과 교수(교신저자)

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2771-7728>

• Received: Jan. 09, 2020, Revised: Feb. 17, 2020, Accepted: Feb. 20, 2020

• Corresponding Author: Bongsik Jeong

Dept. of EE, Dong-A University, Busan, Korea

Tel.: +82-51-200-7702, Email: bsjeong@dau.ac.kr

1. 서 론

최근 CPW(Co-Planar Waveguide) 급전에 의한 다중대역 CP 안테나에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. CP 안테나는 LP(Linear Polarization) 안테나에 비해 편파 부정합 문제와 다중경로 손실 문제가 상대적으로 적어서 안정적인 통신을 가능하게 한다[1]. CPW는 동일한 도체 평면상에 중심선로와 두 개의 접지면이 일정한 간격을 두고 형성되어 있는 전송선로이다. CPW 급전을 평판형 안테나에 사용하면 안테나 제작이 쉽고, 안테나의 임피던스와 축비 대역폭이 넓어지는 효과가 있다[2]. 한편, CP 특성은 복사도체에 생성되는 2개의 모드가 동일한 크기를 가지면서 위상차가 90°인 경우에 발생된다. 원형편파는 여러 방법으로 구현될 수 있다. 정사각형 패치의 모서리 양쪽에 섬동을 주거나, 정사각형 패치의 중앙에 대각선 방향으로 폭이 좁은 슬롯을 삽입하면 CP 특성을 얻을 수 있다.

또한 CPW 급전 안테나의 경우에는 두 개의 접지면을 비대칭되게 하거나, 접지면에 스텔브를 연결하거나 슬릿을 형성시켜서 CP 특성을 얻을 수 있고 [3]-[6], 직사각형 슬롯 내에 비대칭의 U자 선로 구조를 형성하거나[1], 길이가 다른 두 개의 선로로 V자 구조를 형성하여 CP 특성을 얻는다[7]-[9]. 이들 원형편파 안테나는 GPS(Global Positioning System), WLAN(Wireless Local Area Network), WiMAX (World interoperability for Microwave Access), DSRC (Dedicated Short Range Communication) 등의 무선통신시스템에 적용되고 있으며, 단일대역 혹은 다중대역 특성을 갖도록 안테나가 설계되고 있다[10].

본 논문에서는 비대칭의 V자 선로를 2개 연결하고 CPW로 급전하여 GPS와 DSRC 대역에서 CP 특성을 갖는 CPW 급전 이중대역 CP 안테나를 설계하고자 한다. 2장에서는 안테나 구조를 설명하고, 3장에서는 HFSS v19를 이용하여 V자 선로 길이에 따른 반사손실과 축비를 분석하고 안테나를 최적 설계한다. 4장에서 결론을 맺는다.

II. 안테나 구조

그림 1과 2는 단일 V과 이중 V 구조의 안테나를

보여주고 있다. 안테나는 CPW 급전을 사용하고 있으며, 중심선로의 폭 wf는 1.6mm이고, 중심선로와 두 접지면 사이의 간격 g는 0.3mm이다. 유전체 기판은 비유전율이 4.4이고, 두께 h가 1.6mm인 FR4-epoxy를 사용한다. 그림 1은 L1과 L2의 길이를 조절하여 단일대역 CP 특성을 얻는 구조이다. 이는 공진주파수의 $\lambda/4$ 보다 길이가 긴 L1 선로가 위상전진(phase advance)된 파를 생성하고, $\lambda/4$ 보다 길이가 짧은 L2 선로는 위상지연(phase delay)된 파를 생성하고 두 파의 위상차가 90°가 되면 공진주파수에서 CP 특성을 갖게 된다[7].

그림 2는 4개의 선로로 2개의 V 구조를 만들고 CPW 선로에 연결한 안테나 구조이다. 여기서 4개의 선로 길이를 조절하면 1.575GHz의 GPS 대역과 5.8GHz의 DSRC 대역에서 CP 특성을 얻을 수 있다.

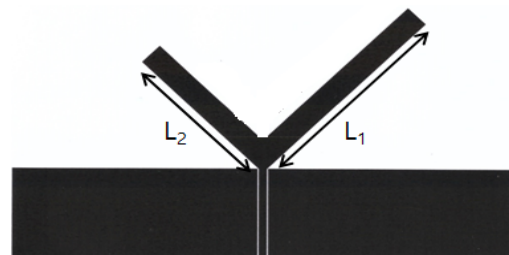


그림 1. CPW 급전 단일 V자형 안테나
Fig. 1. CPW-fed single V-shaped antenna

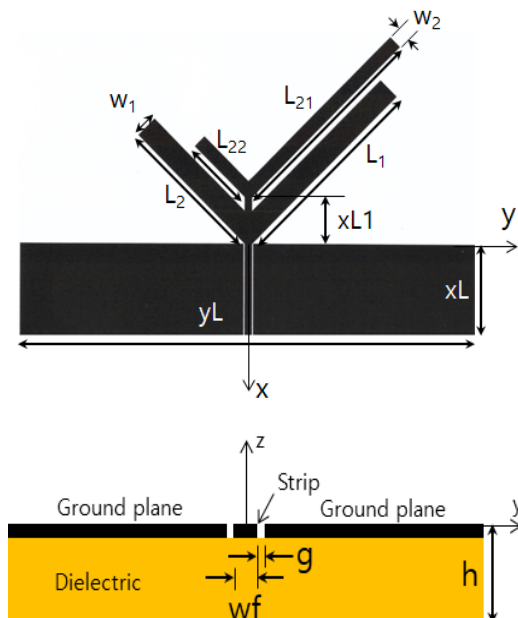


그림 2. CPW 급전 이중 V자형 안테나
Fig. 2. CPW-fed double V-shaped antenna

III. 결과 및 분석

그림 3~6은 그림 2의 이중 V 구조 안테나에서 4개의 길이 L1, L2, L21, L22를 변화시키면서 반사손실과 축비를 Ansys HFSS v19로 해석한 결과이다. 여기서 $h=1.6\text{mm}$, $g=0.3\text{mm}$, $wf=1.6\text{mm}$, $xL1=10\text{mm}$, $xL=20\text{mm}$, $yL=100\text{mm}$, $w1=5\text{mm}$, $w2=3\text{mm}$ 이다.

그림 3은 L1를 40mm에서 48mm까지 증가시켜 구한 결과로, L1이 증가하면 1.3GHz와 6GHz 부근의 반사손실 특성이 크게 변하고, 1.6GHz 부근의 축비 특성은 변화가 없지만 6GHz 부근에서 축비 특성이 크게 변한다.

그림 4는 L2를 28mm에서 36mm까지 증가시켜 구한 결과로, L2가 증가하면 1.6GHz 부근의 반사손실 특성은 좋아지고, 6GHz 대역은 특성이 나빠진다. 축비 특성은 1.6GHz 부근에서 낮은 주파수 방향으로 이동하고 6GHz 부근에서는 크게 변한다.

그림 5는 L21을 58mm에서 66mm까지 증가시킨 것으로, 반사손실 특성은 거의 변화가 없지만, 6GHz 부근의 축비 특성은 크게 개선된다.

그림 6은 L22를 10mm에서 18mm까지 증가시킨 것으로, L22가 증가하면 반사손실과 축비 특성은 크게 변하지 않지만 6GHz 부근의 축비 특성은 18mm로 갈수록 좋아진다. 그러므로 L1과 L2는 1.6GHz와 6GHz 부근의 반사손실 특성을 크게 변화시키고, L2는 1.6GHz와 6GHz 부근의 축비 특성을 크게 변화시킨다. L21은 6GHz의 축비 특성을 크게 변화시키고, L1과 L22는 1.6GHz와 6GHz의 축비 특성을 미세하게 변화시키는데 기여한다.

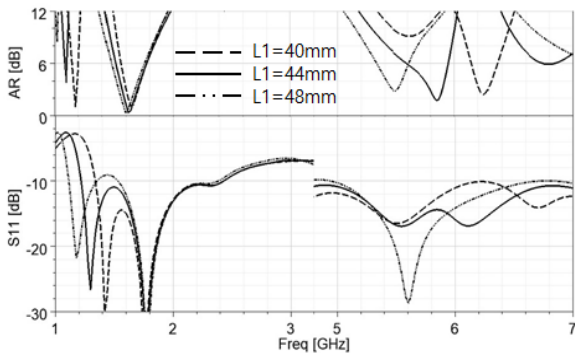


그림 3. 길이 L1 변화에 따른 반사손실 및 축비
Fig. 3. Return loss and AR for different lengths of L1 with L2=31.2mm, L21=62.9mm, L22=13.7mm

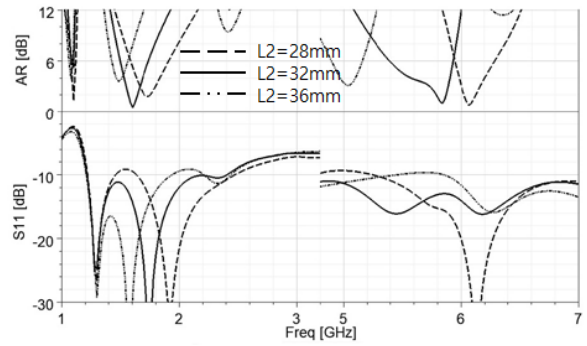


그림 4. 길이 L2 변화에 따른 반사손실 및 축비
Fig. 4. Return loss and AR for different lengths of L2 with L1=43.9mm, L21=62.9mm, L22=13.7mm

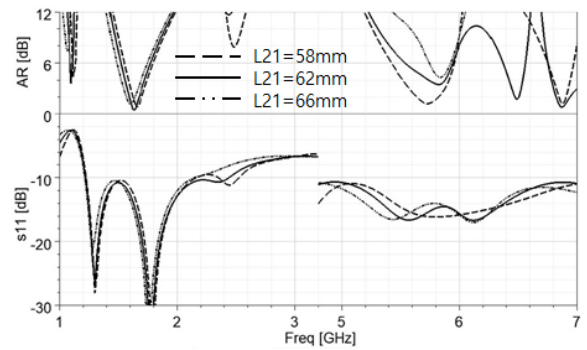


그림 5. 길이 L21 변화에 따른 반사손실 및 축비
Fig. 5. Return loss and AR for different lengths of L21 with L1=43.9mm, L2=31.2mm, L22=13.7mm

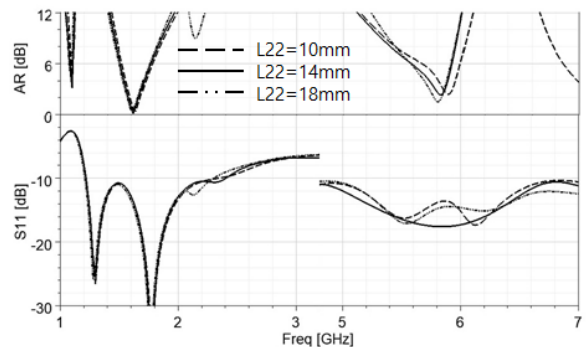


그림 6. 길이 L22 변화에 따른 반사손실 및 축비
Fig. 6. Return loss and AR for different lengths of L22 with L1=43.9mm, L2=31.2mm, L21=62.9mm

표 1. 안테나 파라메타 값

Table 1. Antenna parameters value

Variable	Value(mm)	Variable	Value(mm)
L1	43.9	L2	31.2
L21	62.9	L22	13.7
xL	20	yL	100
wf	1.6	xL1	10
w1	5	w2	3
h	1.6	g	0.3

한편 V구조 사이의 간격은 $xL1$ 으로 조절하는데, $xL1$ 을 8mm에서 12mm로 증가하는 경우에 반사손실과 축비 특성이 크게 변하지 않았다. 여기서는 $xL1=10\text{mm}$ 로 고정하였다. 표 1은 최적화된 안테나의 파라메타 값들을 나타낸다.

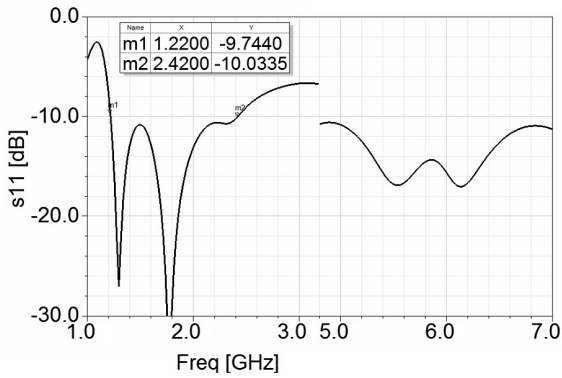


그림 7 반사손실 시뮬레이션 결과
Fig. 7. Simulated return loss

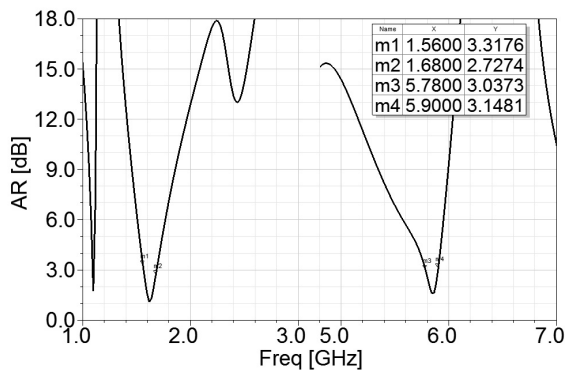


그림 8 축비 시뮬레이션 결과
Fig. 8. Simulated axial ratio

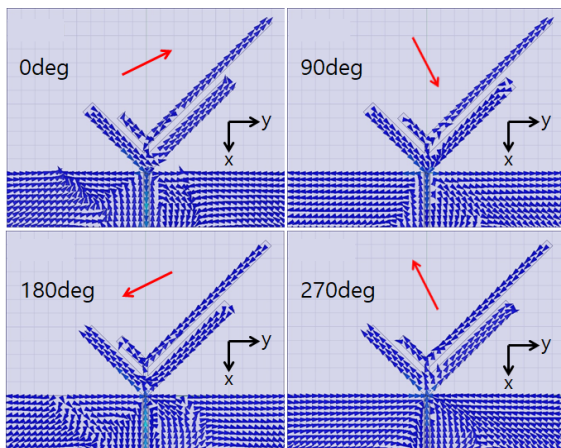


그림 9. 1.6GHz에서의 표면전류분포
Fig. 9. Surface current distributions at 1.6GHz

그림 7과 8은 표 1의 값으로 구한 안테나의 반사손실과 축비 특성이다. -10dB 반사손실 대역폭은 GPS 대역에서 1.2GHz(1.22~2.42GHz)이고, DSRC 대역에서 3.34GHz(3.66~7.0GHz) 이상이며, 3dB 축비 대역폭은 GPS 대역에서 120MHz(1.56~1.68GHz)이고, DSRC 대역에서도 120MHz(5.78~5.9GHz)이다. 이는 GPS와 DSRC 대역 조건을 모두 만족한다[11].

그림 9는 1.6GHz에서 위상의 변화에 따라 안테나 도면표면에서의 표면전류분포를 보여주고 있다. 0°일 때는 전체적인 전류방향이 화살표 방향으로 된다. 90°가 되면, L2와 L21상의 전류방향이 그대로 이고, L1상의 전류방향이 바뀐다. 그래서 0°일 때에 비해 시계 방향으로 90° 회전한 형태의 전류방향이 형성된다. 180°일 때는 L2와 L21상의 전류방향이 바뀌고, L1상의 전류방향은 90°일 때와 같다. 270°일 때에는 L1상의 전류방향만 바뀐다. 여기서 알 수 있듯이 L1과 L2상의 전류가 90°의 위상차가 생긴다. 그러므로 안테나 도면표면상의 전류방향은 시간이 경과함에 따라 시계방향으로 회전한다. 이를 -z 기준으로 보면 1.6GHz 대역에서 우선회 원형편파(RHCP: Right-Handed Circular Polarization) 특성을 가지게 된다.

복사패턴은 안테나 성능을 평가하는 중요한 파라메타이다. 그림 10과 11은 각각 1.6GHz와 5.8GHz에서 xz 면상의 복사패턴이다. 이는 1.6GHz 대역에서 RHCP 파를 -z방향으로 복사하고, 5.8GHz 대역에서는 LHCP 파를 복사함을 보여준다. 미국과 유럽의 많은 나라에서는 RHCP의 GPS 안테나와 LHCP의 DSRC 안테나를 사용하므로 제안한 안테나를 적용할 수 있다.

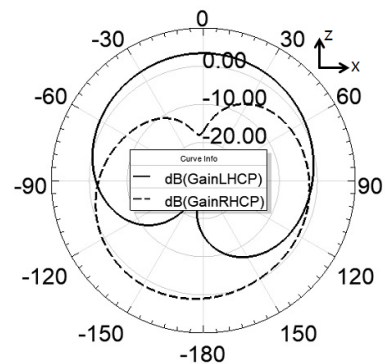


그림 10. xz 면상의 복사패턴 (1.6GHz)
Fig. 10. Radiation pattern on the xz plane(1.6GHz)

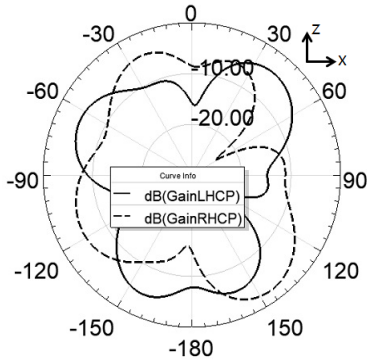


그림 11. xz 면상의 복사패턴(5.8GHz)
Fig. 11. Radiation pattern on the xz plane(5.8GHz)

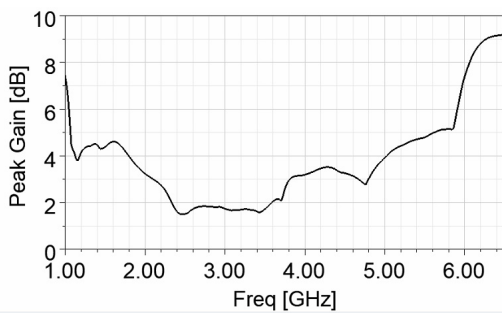


그림 12. 안테나의 피크이득
Fig. 12. Peak gain of antenna

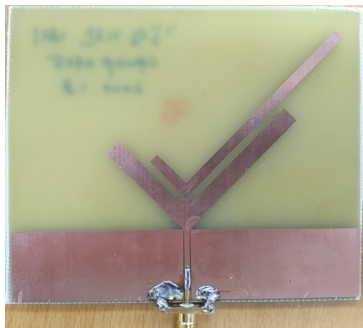


그림 13. 제작된 안테나
Fig. 13. Fabricated antenna

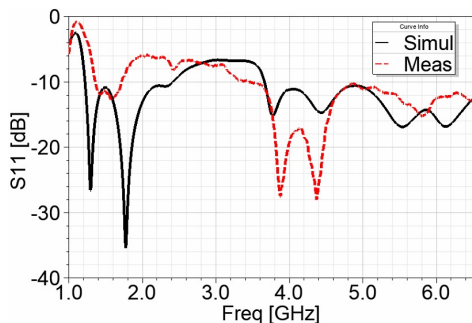


그림 14. 측정된 반사손실
Fig. 14. Measured return loss

그림 12는 안테나의 피크이득을 구한 것으로 1.6GHz에서 4.5dB이고, 5.8GHz에서 5dB의 이득을 갖는다. 그림 13은 제작된 안테나이다. 제작 안테나의 반사손실은 회로 분석기 HP 8510으로 측정하였다. 그림 14는 반사손실을 측정한 것이다. 반사손실 대역폭은 1.6GHz 부근에서 360MHz(1.36~1.72GHz)이고, 5.8GHz 부근에서 3.55GHz(3.45~ 7GHz) 이상으로 측정되었다. 시뮬레이션 결과와의 오차가 존재한다. 이는 CPW 선로에 연결되는 커넥터의 접지부에 의한 영향으로 보인다. 표 2는 최적 안테나의 반사손실과 축비 대역폭을 정리한 것이다.

표 2. 반사손실 및 축비 특성 비교

Table 2. Characteristics comparison of return loss and AR

Band	-10dB Return Loss [GHz]		3dB AR [GHz]
	Simulation	Measurement	Simulation
GPS	1.22~2.42	1.36~1.72	1.56~1.68
DSRC	3.66~7.0	3.45~7.0	5.78~5.9

IV. 결론

본 논문에서는 1.575GHz의 GPS 대역과 5.8GHz의 DSRC 대역에서 원형편파 특성을 갖는 CPW 급전 이중대역 원형편파 안테나를 설계하였다. 원형편파 특성과 이중대역 특성은 길이가 다른 4개의 직선 선로로 형성한 2개의 V자 구조를 이용하여 구현하였다. 안테나의 반사손실과 축비 특성은 직선 선로 길이를 최적화하여 구하였다. 최적 설계된 안테나의 시뮬레이션 결과를 보면, -10dB 반사손실 대역은 1.22~2.42GHz와 3.66~7.0GHz이고, 3dB 축비 대역은 1.56~1.68GHz와 5.78~5.9GHz로 나타났다. 반사손실 측정 결과는 낮은 주파수 대역을 제외하고는 전반적으로 시뮬레이션 결과를 만족하였다. 복사패턴은 1.6GHz 부근에서 RHCP, 5.8GHz 부근에서 LHCP 특성을 보이고, 안테나 이득은 두 대역에서 4.5dB와 5dB를 갖는다. 이 구조는 투명안테나의 설계에 활용할 수 있을 것이다.

References

[1] M. Midya, S. Bhattacharjee, S. C. Bakshi, and M. Mitra, "CPW-Fed Dual-Band Dual-Sence Circularly

Polarized Square Slot Antenna", 2018 IEEE InCAP, Hyderabad, India, pp. 1-3, Dec. 2018.

[2] X. Fang, G. Wen, D. Inserra, Y. Huang, and J. Li, "Compact Wideband CPW-Fed Meandered-Slot Antenna With Slotted Y-Shaped Central Element for Wi-Fi, WiMAX, and 5G Applications", IEEE Transactions on AP, Vol. 66, No. 12, pp. 7395-7399, Dec. 2018.

[3] U. Ullah and S. Koziel, "An Asymmetrical CPW-fed Circularly Polarized Wide-Slot Antenna with a Compact Geometry", The Loughborough Antennas & Propagation Conference 2018, Loughborough, UK, pp. 1-4, Nov. 2018.

[4] J. Zheng, J. Lai, and C. Wang, "A Compact CPW-fed Monopole Antenna For Dual-Band Circular Polarization", 2018 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility and 2018 IEEE Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility, Singapore, pp. 977-980, May. 2018.

[5] Q. Chen, H. Zhang, and L. Yang, "Compact CPW-Fed Dual-Band Linearly and Circularly Polarized Monopole Antenna for Wimax/WLAN Applications", 2018 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), Chengdu, China, pp. 1-3, May. 2018.

[6] C. Wang and K. Hsiao, "CPW-Fed Monopole Antenna for Multiple System Integration", IEEE Transactions on AP, Vol. 62, No. 2, pp. 1007-1011, Feb. 2014.

[7] A. Ghobadi and M. Dehmollaian, "A Printed Circularly Polarized Y-Shaped Monopole Antenna", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 11, pp. 22-25, Dec. 2011.

[8] H. F. Huang and B. Wang, "A Simple V-Shaped Slot Antenna with Broadband Circular Polarization", Progress in Electromagnetics Research Letters, Vol. 67, pp. 67-73, Jan. 2017.

[9] S. Rahman, S. Alam, M. Haque, N. S. Siddique, and M. H. Sagor, "Transparent and flexible

Y-shaped antenna for 5G wireless applications", EuCAP 2018, London, pp. 1-3, Apr. 2018.

[10] Eun-Tae Jung and Byung-Gil Yu, "Design of Dual-Band/Dual-Polarized Antenna with Orthogonal Radiation Mode", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 15, No. 11, pp. 87-92, Nov. 2017.

[11] Jongtaek Oh, "DSRC International standard", TTA Journal, Vol. 70, pp. 94-104, Jul. 2000.

저자소개

최 종 호 (Jongho Choi)



2014년 2월 : 동아대학교
전자공학과(공학사)
2016년 2월 : 동아대학교
전자공학과(공학석사)
2017년 3월 ~ 현재 : 동아대학교
전자공학과 박사과정
관심분야 : 안테나, 무선전력전송

정 봉 식 (Bongsik Jeong)



1987년 2월 : 경북대학교
전자공학과 (공학사)
1990년 2월 : KAIST 전기 및
전자공학과 (공학석사)
1995년 2월 : KAIST 전기 및
전자공학과 (공학박사)
1995년 1월 ~ 1997년 2월 :

LG전자 선임연구원
1997년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 전자공학과 교수
관심분야 : 안테나, 무선전력전송