

광대역 고격리도 이중편파 마이크로스트립 패치 안테나 설계

Design of Wideband High-Isolation Dual-Polarized Aperture Coupled Microstrip Patch Antenna

윤현상 · 김용욱* · 한용희** · 박준영*** · 이범선

Hyunsang Youn · Young-Wook Kim* · Young-Hee Han** · Joon-Young Park*** · Bomson Lee

요 약

본 논문에서는 제작이 쉽고 고격리도 광대역 특성을 갖는 이중편파 개구결합 급전 안테나를 제안한다. 이 안테나는 격리도 향상을 위해 T자 형태로 배치된 2개의 dumbbell 형태의 슬롯을 통해 급전된다. 2장의 기판과 대역 확장을 위한 air gap을 유지하기 위해 spacer와 함께 구성되어 있으며, 상단 기판에는 십자 형태의 방사 패치, 하단 기판에는 2개의 dumbbell 슬롯이 포함된 접지면과 슬롯에 급전을 위한 마이크로스트립 라인, 최 하단의 반사판으로 구성되어 있다. 안테나의 중심 대역은 2.9 GHz이며, 반사손실 10 dB 기준 대역폭은 1번 포트 급전 시 21.0 % (2.6 GHz ~ 3.21 GHz), 2번 포트 급전 시 23.51 % (2.59 GHz ~ 3.28 GHz)이며, 대역 내에서 최소 격리도는 34.6 dB이다. 안테나 이득은 2.9 GHz에서 1번 포트 급전 시 9.3 dBi, 2번 포트 급전 시 9.0 dBi이다.

Abstract

A wideband high-isolation aperture coupled dual polarized microstrip patch antenna was designed. It consists of two substrates, a reflector, and a spacer to maintain the air gap. The upper substrate has a cross-shaped radiating patch, and the lower substrate has a ground plane that includes two slots and two microstrip feeding lines. The dumbbell-shaped slots are arranged in a T formation for higher isolation. The resonant frequency of the antenna is 2.9 GHz. Port 1 has approximately 21.0 % (2.6 ~ 3.21 GHz) and port 2 has approximately 23.51 % (2.59 ~ 3.28 GHz) of 10-dB return loss bandwidth. The minimum isolation is 34.6 dB and the maximum isolation is 40 dB in the 10-dB return loss bandwidth. The antenna gain at 2.9 GHz is 9.3 dBi when port 1 is excited and 9.0 dBi when port 2 is excited.

Key words: Aperture Coupled Feeding, Dual-Polarized Antenna, Isolation, Dumbbell-Slot.

I. 서 론

이중편파 안테나는 WiFi, 레이더 등의 분야에서 다양하게 사용되며, 하나의 안테나 구조를 분리된 편파를 통

「본 연구는 (주)한화시스템의 지원으로 수행되었음.」

경희대학교 전자공학과(Department of Electronics Engineering, Kyung Hee University)

*(주)현대모비스 ADAS센서 설계팀(ADAS Sensor Engineer Team, Hyundai Mobis Co. Ltd.)

** (주)한화시스템 지상레이다팀(Land Radar Team, Hanhwa Systems)

*** (주)한화시스템 해상레이다팀(Naval Radar Team, Hanwha Systems)

· Manuscript received December 12, 2019 ; Revised February 5, 2020 ; Accepted May 18, 2020. (ID No. 20191212-133)

· Corresponding Author: Bomson Lee (e-mail: bomson@khu.ac.kr)

해 단일편파 안테나와 비교해 동일한 구조에서 더 많은 채널을 생성할 수 있다. 또한, 이중편파 레이다는 넓은 채널과 함께 서로 수직인 두 편파를 통해 더 많은 정보를 얻어내는 등 활용도가 높다^{[1]~[3]}.

이중편파 안테나가 적절히 작동하기 위해 두 편파 간에 높은 격리가 이루어져야 한다. 이러한 이중편파 안테나에 대해 높은 격리도와 대역을 가지는 이중편파 안테나를 개발하기 위한 여러 노력이 이어지고 있다^{[4]~[11]}.

패치의 슬롯을 통해 두 방향에서 Coaxial 급전을 통한 거나^[4], H 형태의 슬롯을 통해 서로 다른 방향에서 급전하는 법^[5], 패치에 삽입한 십자 형태의 슬롯과 급전 구조를 이용한 방법^[6], 개구 결합 급전을 이용한 방법 등을 통해 높은 격리도와 넓은 대역을 가지는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계할 수 있다.

개구결합 급전 안테나는 패치 안테나의 접지면의 슬롯을 통해 하단의 급전선에 의해 급전되는 방식의 패치안테나이다^[7]. 이러한 급전 방식은 슬롯의 형태와 위치를 최적화하여 광대역 특성을 얻을 수 있으며, 이중편파 안테나의 경우 높은 격리를 얻어낼 수 있다. 참고문헌 [8]에서는 U 형태의 슬롯을 통해 약 12 %의 대역, 37 dB 이상의 격리도를 얻어낼 수 있으며, 참고문헌 [9]에서는 십자 형태의 하나의 슬롯과 Via Hole을 통해 이중편파를 구현하고 높은 격리도를 얻어낼 수 있다. 이 방법은 Divider를 통해 슬롯의 양쪽에 급전되며, Via Hole을 사용하여 두 급전선을 분리해야 하므로 구조가 복잡하다. 참고문헌 [10]에서는 C, I 형태의 슬롯을 함께 사용하여 25 dB 이상의 격리도와 14 %의 대역을 달성할 수 있다.

본 논문에서는 Via Hole을 사용하지 않는 간단한 구조와 광대역 특성을 고려하여 두 개의 슬롯을 통해 개구결합 급전되는 이중편파 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나는 두 개의 급전선을 통해 T 형태로 배치된 Dumbbell 형태의 두 슬롯에 광대역과 고격리도 특성을 함께 구현하는 방식이며, 자세한 구조는 II에서 다루었다.

II. 안테나의 구조

안테나의 형태는 그림 1에 제시되어 있다. 안테나는 두

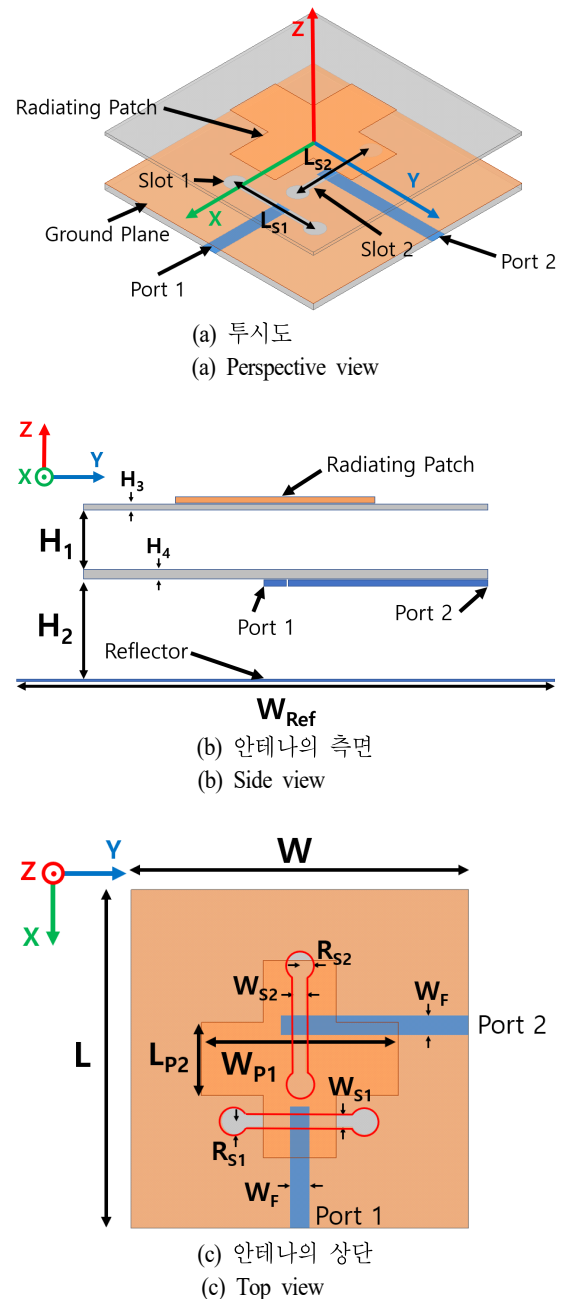


그림 1. 안테나의 구조

Fig. 1. Geometry and dimensions of the proposed antenna.

장의 기판과 반사판, air gap을 유지하기 위한 spacer로 구성되어 있다. 두 기판은 상대유전율 3.5, 손실 탄젠트 0.0018의 Taconic RF-35이며, 상단 기판에는 방사를 위한 패치가 인쇄되어 있다. 패치의 형태는 정사각형 형태보다

반사손실 대역폭 특성이 우수한 십자가 형태로 최적화하였다. 하단 기판에는 슬롯이 포함된 접지면과 급전선이 양면에 인쇄되어 있다. 상단 기판은 0.8 T, 하단 기판은 1.6 T이다. 두 슬롯은 고격리도 특성을 가지는 서로 수직인 편파를 생성하기 위해 T 형태로 배치되어 있으며, 각 슬롯은 각 포트의 격리도 개선을 위해 dumbbell 형태로 설계하였다. 상단 기판과 하단 기판에는 12 mm의 air gap이 있으며, 이 또한 대역 확장을 위해 사용되었다. 슬롯 하단에는 각 슬롯에 급전을 위한 2개의 특성 임피던스가 50 Ω 인 마이크로스트립 급전선이 위치한다. 리플렉터는 하단 기판으로부터 39 mm 아래에 위치하는 구리판으로, 개구 결합 급전 방식에서 발생하는 후방 방사를 줄이고, 이득을 향상하기 위해 추가되었으며, 이득 측정 결과, 2.9 GHz에서 리플렉터 추가 전 7.1 dBi에서 추가 후 9 dBi로 이득이 약 1.9 dBi 증가하였다. 39 mm의 안테나와 리플렉터간 간격은 안테나 특성에 대한 영향과 이득 향상을 고려하여 결정되었다. 안테나 설계 파라미터는 ANSYS의 HFSS를 통해 최적화하였으며, 표 1에 표시하였다.

그림 2의 (a)와 (b)는 각각 dumbbell 형태의 슬롯과 직사각형 형태의 슬롯을 사용한 개구 결합 안테나의 접지면이며 그림 2의 (c)는 두 가지의 슬롯을 사용하는 안테나의 시뮬레이션된 포트 간 격리도이다. EM 시뮬레이션된 반사 손실 10 dB 기준 대역폭은 직사각형 슬롯에서 20 %, dumbbell 슬롯에서 20.78 %이며, 이때 대역 내에서의 격리도는 직사각형 슬롯 급전 시 최소 33 dB, 최대 49.9 dB이며, dumbbell 슬롯 급전 시 최소 35.3 dB, 최대 62 dB이다.

표 1. 안테나의 설계 구조 파라미터

Table 1. Antenna structure design parameters.

| Parameter | Value (mm) | Parameter | Value (mm) |
|-----------|------------|-----------|------------|
| L | 60 | L_{S1} | 23 |
| W | 60 | L_{S2} | 21 |
| H_1 | 12 | W_{S1} | 2 |
| H_2 | 39 | W_{S2} | 2 |
| H_3 | 0.8 | R_{S1} | 2.4 |
| H_4 | 1.6 | R_{S2} | 2.4 |
| W_{P1} | 35 | W_F | 3.6 |
| L_{P2} | 13 | W_{Ref} | 100 |

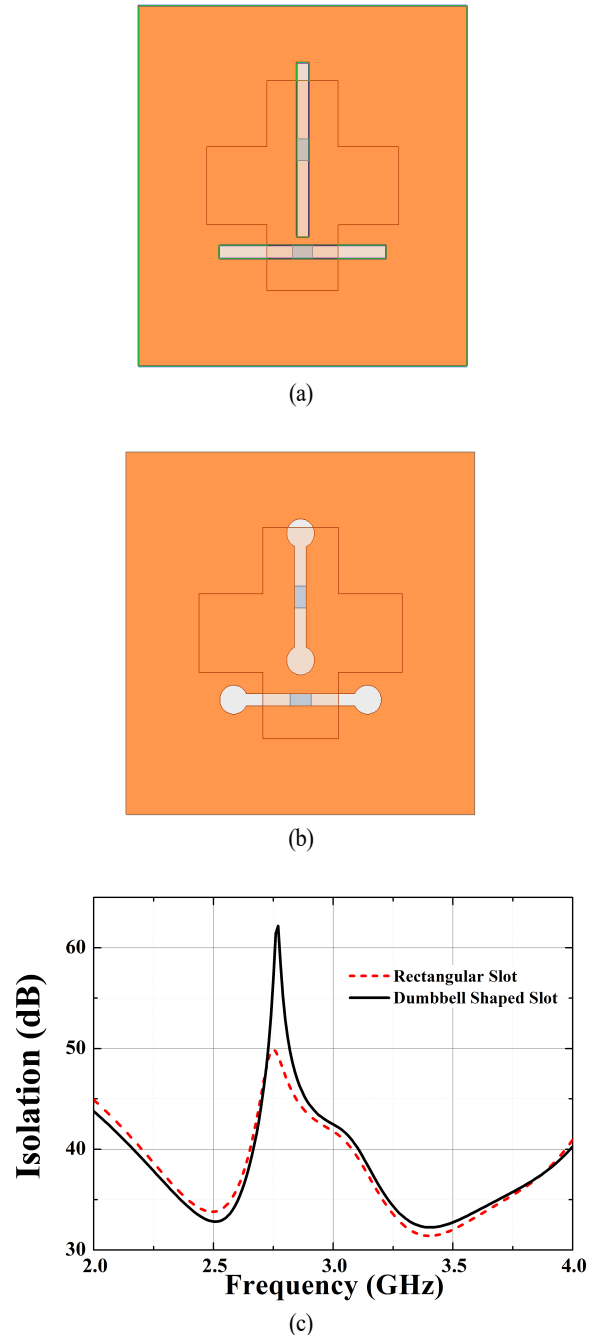


그림 2. (a) 직사각형 슬롯의 형태, (b) Dumbbell 슬롯의 형태, (c) 직사각형 슬롯과 Dumbbell 슬롯을 각각 사용한 안테나의 각 포트간 격리도

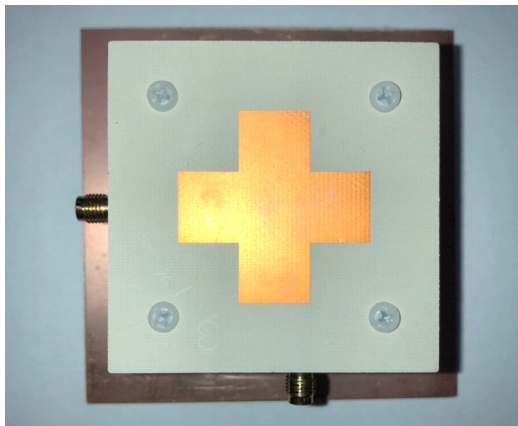
Fig. 2. (a) Configuration of rectangular slot, (b) Configuration of dumbbell shaped slot, (c) EM-simulated isolation between two ports of rectangular slot and dumbbell shaped slot feeding antenna.

III. 제작 및 측정 결과

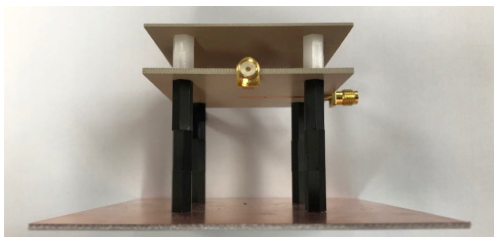
그림 3은 제작된 안테나의 모습이다. (a)는 안테나 상단의 모습으로 십자 형태의 방사 패치를 확인할 수 있으며, (b)는 안테나 측면의 모습으로 상단과 하단 기판 간의 12 mm의 air gap을 유지하기 위한 spacer가 사용되었음을 볼 수 있다. 최 하단에는 반사판이 있으며, 안테나와의 공간 유지를 위해 39 mm의 spacer를 반사판과 하단 기판 사이에 삽입하였다.

3-1 반사 계수 및 격리도

그림 4(a)는 안테나의 각 포트에서 시뮬레이션 및 측정된 반사 계수이다. 반사 손실 10 dB 기준 측정 대역폭은 1번 포트 급전 시 2.6~3.21 GHz, 2번 포트 급전 시 2.59~3.28 GHz로 각각 610 MHz, 690 MHz이다. 시뮬레이션

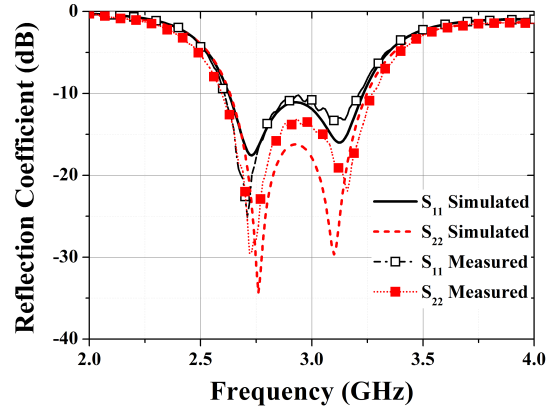


(a) 안테나의 상단
(a) Top view



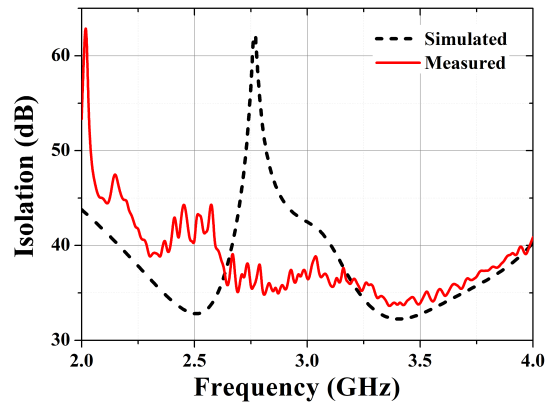
(b) 안테나의 측면
(b) Side view

그림 3. 제작된 안테나의 모습
Fig. 3. Fabricated antenna.



(a) 반사 계수

(a) Reflection coefficient



(b) 두 포트 간의 격리도

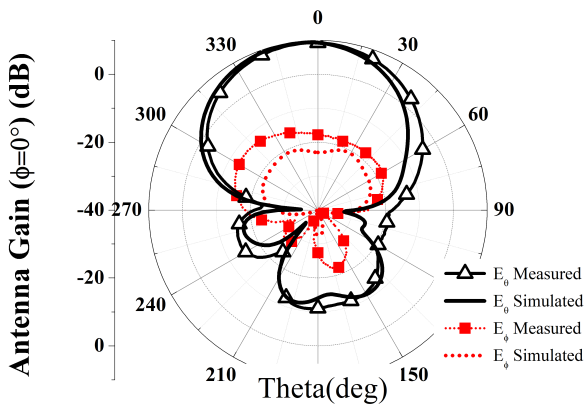
(b) Isolation between two ports

그림 4. S-파라미터 시뮬레이션 및 측정 결과
Fig. 4. Simulated and measured S-parameters.

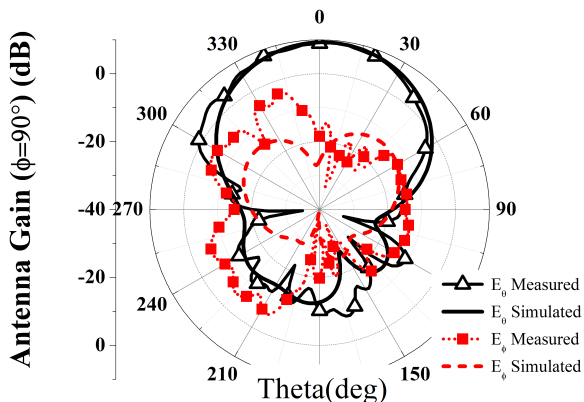
을 통해 확인한 대역폭은 1번 포트 급전 시 2.63~3.23 GHz, 2번 포트 급전 시 2.64~3.24 GHz로 각각 600 MHz, 600 MHz이며, 측정된 대역폭이 더 넓게 나타났다. 측정된 비대역폭은 1번 포트 급전 시 21.0 %, 2번 포트 급전 시 23.51 %이다. 그림 4의 (b)는 안테나의 두 포트 간 격리도를 나타낸 것으로 시뮬레이션 상에서는 전 대역에서 35.0 dB 이상의 격리를 확인하였으며, 측정 결과, 대역 내 최소 격리도는 2.81 GHz에서 34.6 dB이며, 최대 격리도는 2.67 GHz에서 40.4 dB이다. 주파수에 따른 두 격리도 형태는 차이가 있으나, 대역 내의 최소 격리도는 큰 차이가 없음을 확인하였다.

3-2 방사 패턴 및 안테나 이득

그림 5는 2.9 GHz에서 측정한 안테나의 방사 패턴이다. 측정 대상인 포트 외의 다른 포트는 50 Ω 부하로 정합한 상태에서 이득을 측정하였다. (a)는 1번 포트에 급전하고 $\phi=0^\circ$ 면에서 시뮬레이션 및 측정한 안테나 이득이다. 1번 포트 급전 시 측정된 안테나 이득은 9.3 dBi이다. 이때의 cross-pol. (E_ϕ) 은 약 -17.8 dBi 이다. (b)는 2번 포트 급전 시 $\phi=90^\circ$ 면에서의 안테나 이득이다. 이때, 측정된 최대 이득은 9.0 dBi이고, cross-pol. (E_ϕ) 약 -16 dBi 로 편파 분리도는 1번 포트 급전 시 27.1 dB, 2번 포트 급전 시 25



(a) 1번 포트 급전 시 $\Phi=0^\circ$ 면에서의 방사 패턴
(a) Pattern in $\Phi=90^\circ$ plane with port 1 excited



(b) 2번 포트 급전 시 $\Phi=90^\circ$ 면에서의 방사 패턴
(b) Pattern in $\Phi=0^\circ$ plane with port 1 excited

그림 5. 2.9 GHz에서 확인한 안테나 방사 패턴
Fig. 5. Radiation pattern at 2.9 GHz.

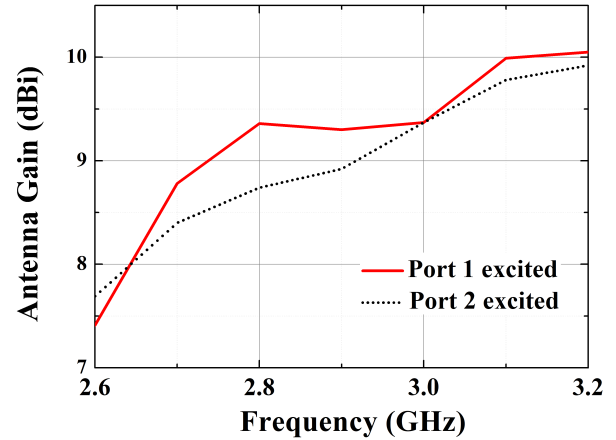


그림 6. 안테나의 대역 내에서 측정한 안테나 이득
Fig. 6. Measured antenna gain within bandwidth.

dBi이다.

그림 6은 안테나의 대역 내에서 측정한 이득이다. 2.6 GHz에서 1번 포트 급전 시 7.4 dBi, 2번 포트 급전 시 7.69 dBi이며, 3.2 GHz에서 1번 포트 급전 시 10.05 dBi, 2번 포트 급전 시 9.92 dBi로 대역 내에서 7.4 dBi 이상의 고이득 특성을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 광대역 고격리도 이중편파 안테나를 설계하고 제작하였다. 십자 형태의 방사패치와 dumbbell 형태의 슬롯을 사용하여 중심주파수 2.9 GHz에서 반사손실 10 dB 기준 21 %의 비교적 넓은 대역폭과 34.6 dB 이상의 고 격리도를 동시에 얻었으며, 반사판을 통해 후방 방사를 줄이고 최대 약 10 dBi의 고이득 특성도 확인하였다.

제시된 안테나는 주파수 스케일링을 통해 다른 대역에서도 단일 구조 또는 배열 구조의 레이다, 기지국용 통신 안테나 등에 활용될 수 있다.

References

- [1] F. Cuccoli, A. Lupidi, P. Bernabò, E. Barcaroli, L. Facheris, and L. Baldini, "Exploiting dual-polarization technique in weather radar for civil aircrafts to mitigate risk in adverse conditions," in *2015 1st URSI Atlantic*

- Radio Science Conference(URSI AT-RASC)*, Las Palmas, May 2015, pp. 1-2.
- [2] J. Chen, K. Tong, A. Al-Armaghany, and J. Wang, "A dual-band dual-polarization slot patch antenna for GPS and Wi-Fi applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 406-409, Jun. 2016.
- [3] S. H. Lee, T. K. Oh, J. J. Ha, and Y. S. Lee, "Design of dual-polarization antenna with high cross-polarization discrimination," *The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, vol. 10, no. 3, pp. 199-205, Jun. 2017.
- [4] Y. Gou, S. Yang, Q. Zhu, and Z. Nie, "A compact dual-polarized double E-shaped patch antenna with high isolation," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 8, pp. 4349-4353, Aug. 2013.
- [5] W. Li, Z. Xia, B. You, Y. Liu, and Q. H. Liu, "Dual-polarized H-shaped printed slot antenna," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 1484-1487, Dec. 2016.
- [6] D. Huang, Z. Du, "Wideband dual-band dual-polarised antenna with less layer radiating patch," *IET Microwave and Antennas & Propagation*, vol. 13, no. 8, pp. 1214-1218, Jun. 2019.
- [7] D. M. Pozar, "Microstrip antenna aperture-coupled to a microstripline," *Electronics Letters*, vol. 21, no. 2, pp. 49-50, Jan. 1985.
- [8] T. H. Jang, H. Y. Kim, D. M. Kang, S. H. Kim, and C. S. Park, "60 GHz low-profile, wideband dual-polarized U-slot coupled patch antenna with high isolation," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 67, no. 7, pp. 4453-4462, Jul. 2019.
- [9] A. Vaziri, M. Kaboli, and S. A. Mirtaheri, "Dual-polarized aperture-coupled wideband microstrip patch antenna with high isolation for C-band," in *2013 21st Iranian Conference on Electrical Engineering(ICEE)*, Mashhad, May 2013, pp. 1-4.
- [10] S. K. Padhi, N. C. Karmakar, C. L. Law, and S. Aditya, "A dual polarized aperture coupled circular patch antenna using a C-shaped coupling slot," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 51, no. 12, pp. 3295-3298, Dec. 2003.
- [11] S. Li, J. Gao, X. Cao, Z. Zhang, and D. Zhang, "Broadband and high-isolation dual-polarized microstrip antenna with low radar cross section," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 1413-1416, Jul. 2014.

윤 현 상 [경희대학교/석사과정]

<https://orcid.org/0000-0003-3215-0663>



2020년 2월: 경희대학교 전자공학과 (공학사)
 2020년 3월 ~ 현재: 경희대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] Antenna, RF, 수동소자, 무선전력전송 등

김 용 욱 [현대모비스/연구원]

<https://orcid.org/0000-0003-3285-5364>



2017년 8월: 경희대학교 전자공학과 (공학사)
 2019년 8월: 경희대학교 전자공학과 (공학석사)
 2019년 9월 ~ 현재: 현대모비스 연구원
 [주 관심분야] Antenna, RF, 수동소자, 무선전력전송 등

한 용 희 [한화시스템/선임연구원]

<https://orcid.org/0000-0002-8576-9614>



2014년 2월: 광운대학교 전자융합공학과 (공학사)
2016년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
2016년 7월~현재: 한화시스템 선임연구원
[주 관심분야] 위상 배열 안테나, 레이더 시스템

이 범 선 [경희대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0003-1223-0113>



1982년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1991년 5월: 미국 네브래스카 주립대 전자공학과 (공학석사)
1995년 5월: 미국 네브래스카 주립대 전자공학과 (공학박사)
1995년 9월~현재: 경희대학교 전자공학과

교수

2008년 1월~2009년 12월: 한국전자파학회 마이크로파 및 전파전파연구회 위원장

2010년 1월~2010년 12월: 한국전자파학회 영문지 편집위원장

2018년 1월~2018년 12월: 한국전자파학회 회장

[주 관심분야] Microwave Antenna, Metamaterials, RF Identification(RFID) Tags, Microwave Passive Devices, Wireless Power Transfer 등

박 준 영 [한화시스템/수석연구원]

<https://orcid.org/0000-0003-2834-5759>



1997년 2월: 동아대학교 전자공학과 (공학사)
1999년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
1999년 2월~2002년 7월: (주)감마누부설연구소 선임연구원
2002년 8월~현재: 한화시스템 레이더

연구소 해상레이다팀 수석연구원

[주 관심분야] 능동 위상 배열 레이더 시스템 설계, 전자파 복사 및 산란 해석, 안테나 등