

## 환형 기생 패치를 이용한 Ka-대역 광대역 안테나

손승민\*, 박태용\*\*<sup>1</sup>, 이상훈\*\*\*, 오성원\*\*<sup>2</sup>

# Wideband Ka-Band Antenna using an Annular Ring Parasitic Patch

Seungmin Son\*, Tae-Yong Park\*\*<sup>1</sup>, Sanghun Lee\*\*\*, and Seongwon Oh\*\*<sup>2</sup>

---

본 결과물은 방위사업청의 재원으로 국방기술진흥연구소의 혁신기업 100 전용 R&D 지원사업의 지원을 받아 연구되었음(R230204)

---

### 요 약

본 논문에서는 Ka-대역 광대역 통신 시스템을 위한 CB-CPW 급전 방식의 다층 구조 패치 안테나를 제안한다. 본 구조는 구동 패치 위에 환형 기생 패치를 적층하여 다중 공진을 유도하는 방식으로 광대역 특성을 구현하였다. 시뮬레이션 최적화를 통해 중심 주파수 29.5 GHz에서 4.9 GHz(16.6%)의 넓은 대역폭과 -38.6 dB의 낮은 반사 계수, 그리고 약 6 dBi의 이득을 확인하였다. 실제 제작된 안테나는 측정 시스템의 영향을 포함한 조건에서도 중심 주파수 29.5 GHz에서 -10.6 dB의 반사 계수를 만족했으며, 6.2 dBi의 최대 이득을 보여 높은 방사 효율을 입증하였다. 이러한 결과를 통해, 제안하는 안테나가 Ka-대역 통신 시스템에 효과적으로 적용할 수 있음을 검증하였다.

### Abstract

This paper proposes a multilayer patch antenna with a CB-CPW feed for Ka-band wideband communication systems. The structure achieves wideband performance by stacking an annular ring parasitic patch above a driven patch to induce multiple resonances. Simulation-based optimization yields a wide bandwidth of 4.9 GHz (16.6%), an excellent reflection coefficient of -38.6 dB, and a stable gain of approximately 6 dBi at a center frequency of 29.5 GHz. The fabricated antenna satisfies the reflection coefficient requirement of -10.6 dB at the target frequency, even including the effects of the measurement system, and its peak gain of 6.2 dBi demonstrates high radiation efficiency. Through these results, it is verified that the antenna can be effectively applied to Ka-band communication systems.

### Keywords

Ka-band, patch antenna, annular patch, wideband, CB-CPW-fed

---

\* 한남대학교 전기전자공학과

- ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2918-4060>

\*\* 국립목포해양대학교 해군사관학부 (\*\*<sup>2</sup> 교신저자)

- ORCID<sup>1</sup>: <https://orcid.org/0009-0009-9407-0635>

- ORCID<sup>2</sup>: <https://orcid.org/0000-0001-5626-9891>

\*\*\* 웨이브피아 대표이사

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2635-2069>

· Received: Sep. 19, 2025, Revised: Oct. 04, 2025, Accepted: Oct. 07, 2025

· Corresponding Author: Seongwon Oh

Division of Naval Officer Science, Mokpo National Maritime University,  
Mokpo-si, 58628, Korea

Tel.: +82-61-240-7123, Email: [osw123@mmu.ac.kr](mailto:osw123@mmu.ac.kr)

### 1. 서 론

저궤도 위성 통신 시스템은 최근 급격히 증가하는 데이터 트래픽을 수용하기 위한 핵심 기술로 주목받고 있다[1]. 저궤도 위성은 대규모 군집 운용을 통해 광범위한 커버리지를 제공하며, 높은 데이터 전송률을 요구하는 통신 환경에 적합하다. 이러한 요구에 따라 통신 시스템은 점차 고주파 대역으로 이동하고 있으며, 특히 Ka-대역(26.5 - 40 GHz)은 넓은 가용 대역폭을 제공하여 차세대 통신 시스템의 주요 주파수 자원으로 활용하고 있다[2][3].

그러나 Ka-대역 이상의 고주파 환경에서는 안테나 소형화가 가능하다는 장점에도 불구하고, 제작 공정에서의 미세한 오차나 기판 특성 변화에 성능이 민감하게 반응하여 공진 주파수 이동이나 반사 계수 성능 저하와 같은 문제가 발생하기 쉽다. 따라서 안정적인 동작과 충분한 임피던스 대역폭을 동시에 확보할 수 있는 안테나 설계가 필수적이다.

평면형 마이크로스트립 패치 안테나는 저비용, 경량, 집적화 용이성 등의 장점을 바탕으로 통신 분야에서 널리 연구되었다[4]-[6]. 하지만 구조적으로 협대역 특성을 보이며, 특히 Ka-대역에서 요구되는 넓은 임피던스 대역폭 확보에 어려움이 있다. 이를 개선하기 위해 기생 패치를 이용한 다층 적층 구조, 패치에 슬롯을 삽입, 기생 패치와 급전 패치 사이에 공기층을 형성하는 기법 등 다양한 대역폭 확장 기술을 제안하였다[7]-[9]. 그러나 이러한 방법들은 넓은 대역폭과 낮은 반사 계수 값을 동시에 만족시키는 데 한계가 있었다. 본 논문에서는 이러한 한계를 극복하기 위하여 CB-CPW(Conductor Baked Coplanar Waveguide) 급전 구조와 환형(Annular ring) 기생 패치를 적층한 새로운 다층 구조 패치 안테나를 제안한다[10].

### II. 안테나 구조 및 설계

그림 1은 본 논문에서 제안하는 CB-CPW 급전 다층 구조 패치 안테나의 단면도를 나타낸다. 제안하는 안테나는 3개의 유전체 기판과 4개의 금속층으로 구성된 적층 구조이다. 최하단의 Substrate 1은 유전율 2.5의 특성을 가지며, 그 위에 위치한 Substrate 2와 Substrate 3은 유전율 2.97의 특성을 갖

는다. 안테나의 급전은 최하단에 위치한 CB-CPW fed layer에서 이루어진다. CB-CPW의 신호선은 급전 비아(Feed via)를 통해 Substrate 1 상단의 주 접지면(Ground)을 관통하여 Substrate 2 위의 급전 패치(Driven patch)에 연결하였다.

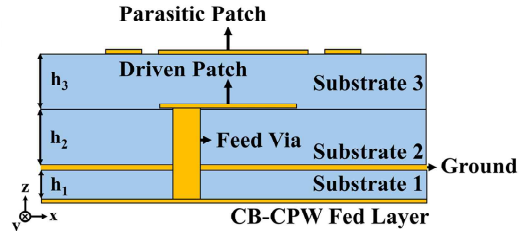
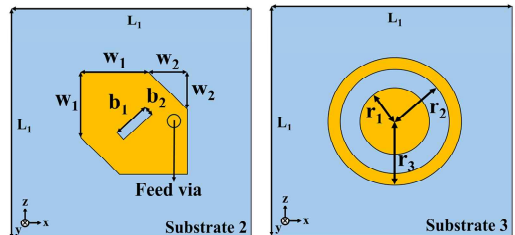
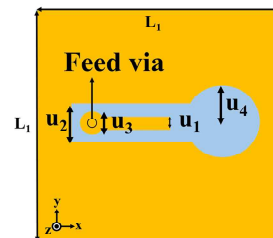


그림 1. 안테나 측면도  
Fig. 1. Antenna side view

그림 2는 제안하는 안테나의 주요 평면 구조를 보여준다. 최하단의 CB-CPW 급전 층에서 공급된 전력은 피드 비아를 통해 Substrate 2 상단의 급전 패치로 전달된다. 급전 패치는 중앙의 슬롯과 모서리 절단 구조를 통해 중심 주파수 29.5 GHz에서 임피던스 정합과 방사 특성을 최적화하였으나, 단일 구조만으로는 협대역 특성을 가진다.



(a) 급전 패치 (a) Driven patch  
(b) 기생 패치 (b) parasitic patch



(c) 안테나 하부 구조  
(c) Antenna bottom view

그림 2. 안테나 구조 상부 및 하부  
Fig. 2. Antenna structure top and bottom view

이를 극복하기 위해 다중 공진을 적용하였고, Substrate 3 위에 기생 패치를 적용하였다. 특히 이 기생 패치는 단일 공진기가 아닌, 서로 다른 주파수에서 공진하도록 설계된 두 개의 독립적인 공진 요소, 즉 외부의 환형 링과 내부의 원형 패치(circular patch)로 구성했다. 상대적으로 평균 반지름이 큰 외부 환형 링은 낮은 주파수 대역에서 공진하도록 설계하였다. 내부 원형 패치는 기본 공진 모드인 TM<sub>11</sub> 모드에서 동작하여 유효 반지름에 반비례하는 높은 주파수에서 공진하고, 외부 환형 링은 환형 링을 구성하는 내부와 외부의 원주 평균이 유도 파장의 정수배가 될 때 낮은 주파수에서 공진한다 [11]. 결과적으로, 두 기생 공진과 급전 패치의 공진이 전자기적으로 결합하여 중첩된다. 따라서 단일 패치 구조로는 얻기 어려운 넓은 임피던스 대역폭을 최종적으로 확보할 수 있다.

### III. 시뮬레이션 및 실제 측정 결과 분석

#### 3.1 시뮬레이션 결과

제안한 안테나의 성능은 CST Microwave Studio를 이용하여 시뮬레이션하였다. 그림 3 ~ 그림 5는 시뮬레이션을 통해 기생 패치의 주요 파라미터 변화에 따른 반사 계수 변화를 분석한 결과를 보여준다. 그림 3은 Substrate 3의 높이( $h_3$ ) 변화에 따른 특성을 보여준다.

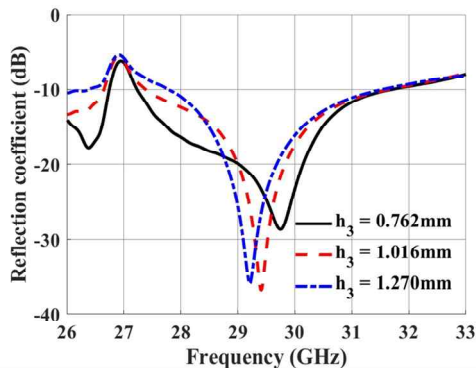


그림 3. Substrate 3 높이( $h_3$ ) 변화에 따른 반사 계수  
Fig. 3. Effect of Substrate 3 height on reflection coefficient

이 기관의 두께는 급전 패치와 기생 패치 사이의 전자기적 결합(Coupling) 강도를 결정하는 변수이다. 높이가 1.016 mm일 때 반사 계수가 최소이지만, 0.762 mm일 때 약 4.8 GHz(16.3%)로 가장 넓은 대역폭을 확보하였다. 대역폭 확보가 설계 목표이므로, 최종 설계에서는 0.762 mm를 선택하였다.

그림 4는 기생 패치의 환형 두께( $r_3 - r_2$ )에 따른 특성을 나타낸다. 링 두께가 증가함에 따라 고주파 공진이 상향 이동하는 경향을 보였으며, 두께가 0.3 mm일 때 약 4.9 GHz (16.6 %)의 가장 넓은 대역폭을 나타냈다.

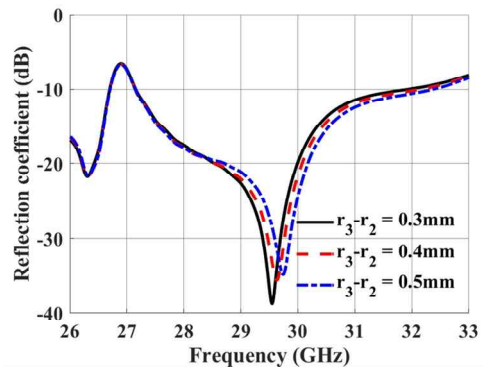


그림 4. 링 두께( $r_3 - r_2$ ) 변화에 따른 반사 계수 특성  
Fig. 4. Effect of ring thickness on reflection coefficient

그림 5는 기생 패치 내부 원형 패치의 반지름( $r_1$ )에 따른 특성 변화를 보여주며, 반지름이 1.6 mm일 때 약 -38.6 dB의 우수한 반사 계수 값을 얻었다.

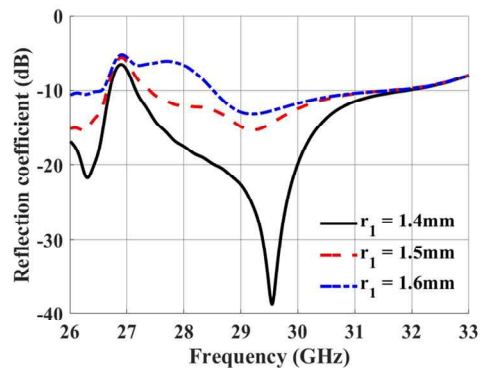


그림 5. 원형 패치 반지름( $r_1$ ) 변화에 따른 반사 계수  
Fig. 5. Effect of circular patch radius on reflection coefficient

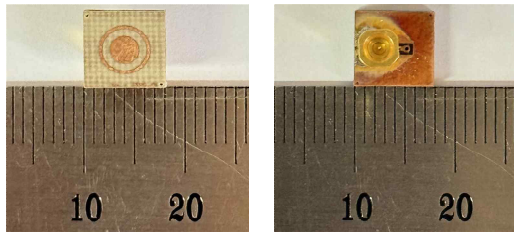
각 구조의 최종 최적화 설계 파라미터는 표 1에 정리하였으며, 각 파라미터의 정의는 그림 1과 그림 2에 나타내었다.

표 1. 최적화된 제안하는 안테나 파라미터  
Table 1. Proposed antenna parameter

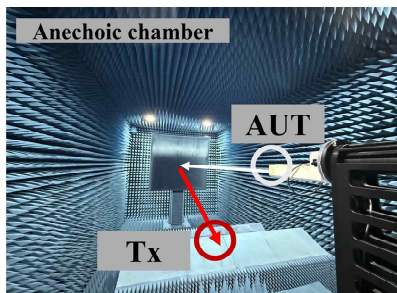
Parameter	Value [mm]	Parameter	Value [mm]
$L_1$	8.000	$u_2$	1.200
$h_1$	0.264	$u_3$	0.700
$h_2, h_3$	0.762	$u_4$	1.000
$r_1$	1.400	$w_1$	2.200
$r_2$	2.200	$w_2$	0.700
$r_3$	2.500	$b_1$	0.600
$u_1$	0.400	$b_2$	0.200

### 3.2 안테나 제작 및 측정 결과

그림 6은 제작된 안테나의 모습과 측정환경을 보여준다.



(a) 안테나 전면부 (a) Antenna front view  
(b) 안테나 후면부 (b) Antenna back view



(c) 방사 패턴 측정환경 (c) Radiation pattern measurement environment

그림 6. 제작된 안테나 및 측정환경

Fig. 6. Fabricated antenna and measurement environment

그림 6(a)와 (b)는 각각 제작된 안테나의 전면부와 후면부이다. 상단에서는 광대역 특성을 위한 환경 기생 패치를 확인할 수 있으며, 하단에는

CB-CPW 급전 선로와 신호 인가를 위한 SMPM 커넥터를 부착했다. 그림 6(c)는 제작된 안테나의 방사 패턴 성능을 확인하기 위한 무반향실(Anechoic chamber) 내 측정환경이다.

그림 7은 제안하는 안테나의 반사 계수 특성을 시뮬레이션한 결과와 측정 결과를 비교한 것이다. 시뮬레이션 결과(점선)는 29.5 GHz에서 -38.6 dB의 최소 반사 손실과 4.9 GHz(16.6%)의 -10 dB 대역폭을 나타냈다. 측정 결과(실선)는 중심 주파수는 28.3 GHz로 하향 이동하였으며, 최소 반사 손실은 -16.63 dB, 대역폭은 3 GHz(10%)로 성능 저하를 확인하였다. 또한, 29.5 GHz에서의 측정 반사 손실은 -10.6 dB로 나타나 동작 대역 내 충분한 임피던스 정합 특성을 확보하였다. 주어진 작동 대역에서 반사 계수의 최댓값은 27 GHz에서 -6.31 dB로 확인했다.

이러한 차이는 주로 측정 시스템과 제작 공정 오차에 기인하는 것으로 판단한다. 실제 측정에서는 시험 안테나(AUT, Antenna Under Test)의 SMPM 커넥터와 벡터 네트워크 분석기(VNA, Vector Network Analyzer) 사이에 SMPM-to-2.92 mm 어댑터가 사용되었다. Ka-대역에서는 높은 주파수 대역에서의 S-MPM 커넥터의 자체 손실, 커넥터 부착 정밀도와 어댑터와 같은 추가 부품의 삽입 손실이 총합하여 측정값에 반영됨으로써 반사 손실을 증가한 것으로 판단한다.

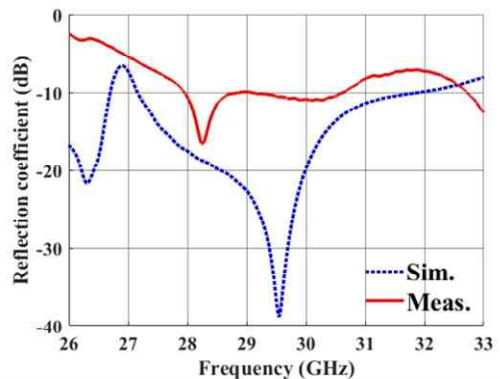


그림 7. 시뮬레이션 및 측정된 반사 계수 특성 결과  
Fig. 7. Simulated and measured reflection coefficient results

그림 8은 29 GHz와 29.5 GHz에서의 방사 패턴을 시뮬레이션 결과와 비교한 것이다. 측정된 방사 패턴의 형태는 시뮬레이션과 매우 유사했으며, 주 빔(Mainlobe)이 정면(Boresight) 방향으로 형성되는 일

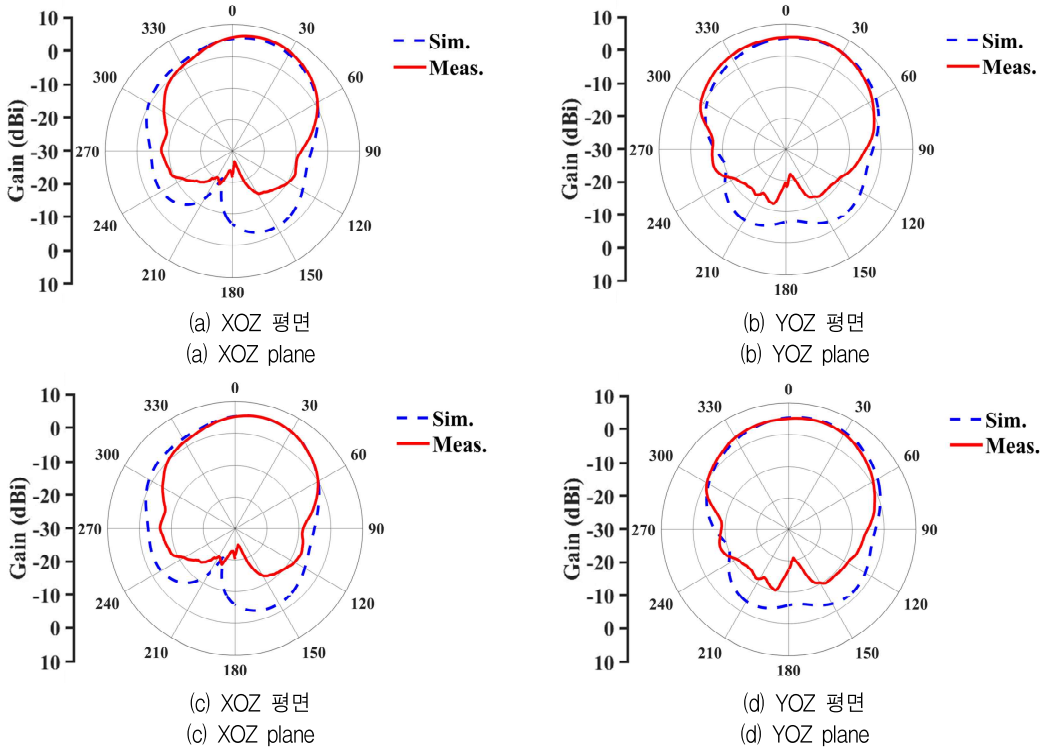


그림 8. 시뮬레이션 및 측정된 방사 패턴 결과: (a), (b) 29 GHz; (c), (d) 29.5 GHz  
 Fig. 8. Simulated and measured radiation patterns: (a), (b) 29 GHz; (c), (d) 29.5 GHz

관된 방사 특성을 나타냈다. 이러한 결과는 제안된 안테나가 예측대로 동작함을 보여주며 설계의 타당성을 입증한다.

는 임피던스 정합 특성과 제작 공정 등의 영향으로 이득이 감소하는 경향을 보였다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 Ka-대역 광대역 통신 시스템을 위한 CB-CPW 급전 방식의 다층 구조 패치 안테나를 제안하고, 시뮬레이션 및 측정을 통해 성능을 검증하였다. 설계 파라미터 최적화를 통해 4.9 GHz (16.6%)의 대역폭과 -38.6 dB의 최소 반사 손실을 확인하였다. 실제 측정된 최소 반사 손실은 -16.63 dB로 저하되었으며, 이는 측정 시스템(커넥터, 어댑터)의 손실 영향이 주된 원인인 것으로 판단한다. 이러한 영향에도 목표 중심 주파수인 29.5 GHz에서는 -10.6 dB의 반사 손실을 만족하였다. 방사 패턴은 시뮬레이션과 유사한 개형을 보였으며, 29.5 GHz에서 측정된 최대 이득은 6.2 dBi로 확인했다. 결론적으로, 제안하는 안테나는 Ka-대역에서 광대역

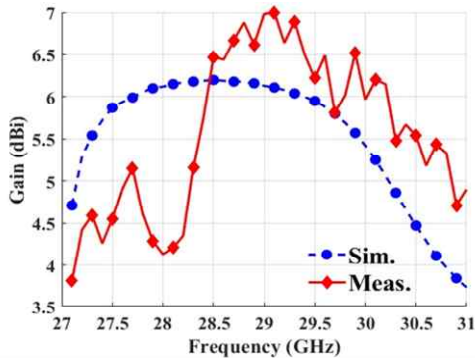


그림 9. 주파수에 따른 방사 패턴의 최대 이득  
 Fig. 9. Radiation pattern maximum gain versus frequency

그림 9는 주파수에 따른 안테나의 최대 이득을 비교한 그래프이다. 측정된 최대 이득은 29 GHz에서 6.9 dBi로 나타났으며, 28.5 GHz 이하 대역에서

특성을 구현하는 효과적인 설계에 효과적으로 적용될 수 있음을 검증하였다.

### Acknowledgment

본 논문은 2025년도 한국정보기술학회 하계종합학술대회에서 발표한 논문(Ka-대역 CPW 급전 방식의 광대역 다층 구조 패치 안테나)[12]을 확장한 것임.

### References

- [1] L. Jin, L. Wang, X. Jin, J. Zhu, K. Duan, and Z. Li, "Research on the Application of LEO Satellite in IoT", Proc. 2022 IEEE 2nd International Co-nference on Electronic Technology, Communication a-nd Information (ICETCI), Changchun, China, pp. 27-29, May 2022. <https://doi.org/10.1109/ICETCI55101.2022.9832117>.
- [2] Y. Tong, W. Cao, C. Wang, X.-Z. Bo, Y. Yang, and Z.-G. Liu, "Low-Profile Dual-Band Dual-Circularly-Polarized Antenna Hybridizing Folded Transmittarray and Multifeed Transmittarray", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 24, No. 4, pp. 798-802, Apr. 2025. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2024.3514755>.
- [3] Y. Kim, J.-K. Baek, H.-D. Chae, and J.-H. Joo, "Performance Verification of Active Phased Array Broadband Antenna in Ka-Band", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 24, No. 1, pp. 23-30, Feb. 2024. <https://doi.org/10.7236/IIBC.2024.24.1.23>.
- [4] A. D. C. Junior, H. Kaouach, and A. Barka, "Wideband and High-Efficiency Circularly Polarized Unit-Cell for X and Ka-Band Transmittarrays", IEEE Open Journal of Antennas and Propagation, Vol. 5, No. 4, pp. 1061-1070, Aug. 2024. <https://doi.org/10.1109/OJAP.2024.3409746>.
- [5] W. Li, X. H. Tang, and Y. Yang, "A Ka-Band Circularly Polarized Substrate Integrated Cavity-Backed Antenna Array", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 18, No. 9, pp. 1882-1886, Sep. 2019. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2019.2932111>.
- [6] S.-W. Kang and T.-S. Chang, "A Study on Patch Antenna for C-ITS with Rectangle Slot", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 24, No. 1, pp. 103-107, Feb. 2024. <https://doi.org/10.7236/IIBC.2024.24.1.103>.
- [7] C. Xu, J. Cao, S. Tao, and H. Wang, "Design of dual-polarized microstrip antenna array based on gap waveguide", Proc. 2021 IEEE Int. Workshop Electromagn.: Appl. Student Innov. Competition (i-WEM), Nanjing, China, pp. 1-3, Nov. 2021. <https://doi.org/10.1109/iWEM53379.2021.9790713>.
- [8] H. Al-Saedi, W. M. Abdel-Wahab, S. Gigoyan, R. Mitra, and S. Safavi-Naeini, "Ka-band antenna with high circular polarization purity and wide AR beamwidth", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 17, No. 9, pp. 1697-1701, Sep. 2018. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2018.2864172>.
- [9] M. Y. Park, S.-C. Yeo, and K. C. Hwang, "Design of a Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna with a Stacked Structure", Journal of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 35, No. 10, pp. 857-860, Oct. 2024. <https://doi.org/10.5515/KJKIEES.2024.35.10.857>.
- [10] C. A. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design, 4th Edition", Hoboken, NJ, USA: Wiley, pp. 872-939, Feb. 2016.
- [11] K. Chang and L.-H. Hsieh, "Microwave Ring Circuits and Related Structures", 2nd ed., John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, pp. 7-51, Apr. 2004.
- [12] S. M. Son and S. W. Oh, "Ka-band CPW-Fed Broadband Multilayer Patch Antenna", Proc. of 2025 KIIT Summer conference, Jeju, Korea, pp. 447-449, Jun. 2025.

저자소개

손 승 민 (Seungmin Son)



2020년 3월 ~ 현재 : 한남대학교  
전기전자공학과 학사과정  
관심분야 : 레이더, 안테나 설계

오 성 원 (Seongwon Oh)



1996년 2월 : 해군사관학교  
전기공학과(공학사)  
2002년 2월 : 포항공과대학교  
정보통신공학과(공학석사)  
2011년 8월 : 미국 텍사스 A&M  
대학교 전자공학과(공학박사)  
2019년 3월 ~ 현재 :

국립목포해양대학교 해군사관학부 부교수  
관심분야 : 레이더, 배열 안테나, RCS, 전파 환경 분석

박 태 용 (Tae-Yong Park)



1997년 2월 : 해군사관학교  
전자공학과(공학사)  
2005년 2월 : 포항공과대학교  
정보통신학과(공학석사)  
2016년 8월 : 아주대학교  
NCW학과(공학박사)  
2013년 3월 ~ 2016년 9월 :

호원대학교 국방기술학부 교수  
2016년 9월 ~ 현재 : 국립목포해양대학교 해군사관학부  
교수  
관심분야 : 전파 환경 분석, 무선통신, 레이더, RCS

이 상 훈 (Sanghun Lee)



2002년 2월 : 광운대학교  
전자공학과(공학사)  
2004년 2월 : 광운대학교  
전자공학과(공학석사)  
2012년 8월 : Texas A&M  
University 전자공학과(공학박사)  
2012년 6월 ~ 2014년 9월 :

삼성전자 반도체 부문 연구원  
2014년 9월 ~ 현재 : (주)웨이브피아 대표이사, CTO  
2023년 3월 ~ 현재 : 목포대학교 반도체공학과 조교수  
관심분야 : GaN Transistor 및 MMIC, CMOS IC