

# 비대칭 인셋 급전을 이용한 원형 편파 마이크로스트립 패치 안테나 설계

## Design of Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna Using Asymmetric Inset Feeding

박관준\*, 박동국\*\*

Kwan-Joon Park\*, Dong-Kook Park\*\*

### Abstract

In this paper, we propose a novel method for implementing a microstrip patch antenna with circular polarization characteristics through an asymmetric inset feed structure. The proposed method involves designing an antenna by taking advantage of the length difference of the asymmetric inset slots inserted into the antenna, as well as the lengths of additional slots incorporated into the design to achieve circular polarization characteristics. Using this approach, we designed and fabricated an antenna operating at 2.4 GHz in the S-band for satellite communication systems, utilizing a 1 mm thick FR-4 dielectric substrate. The measurement results confirmed a gain of 2 dBi, an axial ratio of less than 3 dB, and a reflection coefficient below -10 dB in the frequency range of 2.35 to 2.43 GHz. Based on these results, it is expected that by employing the proposed method, circularly polarized antennas utilizing inset feeds can be realised, thereby making them applicable in small satellite communication systems and various wireless IoT environmental service applications that use the ISM band.

### 요약

본 논문에서는 비대칭 인셋 급전 구조를 통해 원형 편파 특성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 구현하는 새로운 방법을 제안하고자 한다. 제안하는 방법은 안테나 안으로 삽입되는 비대칭 인셋 슬롯의 길이 차이와 추가적으로 삽입되는 슬롯의 길이를 이용하여, 원형편파 특성을 갖는 안테나를 설계하는 방법이다. 이 접근 방식을 사용하여 두께 1mm의 FR-4 유전체 기판을 활용하여 위성 통신시스템을 위한 S-band 2.4 GHz에서 동작하는 안테나를 설계 및 제작하였다. 측정 결과 2dBi의 이득, 3dB 이하의 축비, 2.35~2.43 GHz에서 -10dB 이하의 반사계수를 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 제안한 방법을 사용하면, 인셋 급전을 이용한 원형 편파 안테나를 구현할 수 있으며, 소형 위성 통신 시스템 및 ISM 대역을 사용하는 다양한 무선 IoT 환경 서비스 응용 분야에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

*Key words* : Asymmetric inset, circular polarization, inset fed, patch antenna, microstrip antenna

\* Dept. of Electronics and Electrical Inf. Engineering,  
Korea Maritime & Ocean University

★ Corresponding author

E-mail : dkpark@kmou.ac.kr, Tel : +82-51-410-4311  
Manuscript received Jul. 19, 2024; revised Aug. 4, 2024;  
accepted Aug. 22, 2024.

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.

### 1. 서론

위성 통신망 고도화를 비롯한 무선통신 산업의 급격한 발전에 의해 주파수 부족 문제 및 채널 간섭, 편파 유지 등의 문제가 대두됨에 따라 보다 효율적인 주파수의 활용방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 특히, 다중경로전파 환경에 인한 반사, 회절, 산란 등의 요인에 의해 fading 현상이 발생하는데 이에 대한 방안으로는 편파특성이 좋은 원형편파 안테나 사용이 요구된다[2].

원형편파는 장애물 잡음에 강하며, 투과성이 높고 다중 반사간섭에 강하여 편파손실이 적으므로, 이동통신에서 많이 사용하고 있다[3].

인셋 급전을 이용하는 마이크로스트립 패치 안테나는 급전선로가 패치 안테나에 삽입되어 50Ω 임피던스를 갖는 위치에 급전선로가 연결되므로 별도의 임피던스 정합 회로가 필요가 없어 패치 안테나를 사용한 다양한 응용분야에 인셋 급전용 안테나가 많이 사용되고 있다[4].

본 논문에서는 인셋 급전을 위해 패치 안테나 안으로 삽입된 slot의 길이를 다르게 한, 비대칭(asymmetric) 인셋 구조를 이용하여 원형편파 특성을 가진 안테나를 구현하는 방법을 제안한다. 비대칭 인셋 구조를 이용하여 간단히 구현이 가능한 원형편파 안테나에 대해 시뮬레이션을 하고, 실험을 통해 결과를 검증하였다.

### II. 안테나 구조 및 파라미터 검토

그림 1에 비대칭 인셋 급전을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나 구조를 나타내었다. 사각형 마이크로스트립 패치의 폭과 길이는 각각  $W$ ,  $L$ 이며, 인셋 급전을 위해 패치 안테나 안으로 삽입되는 slot  $S_1$ ,  $S_2$ 의 길이는  $d_1$ ,  $d_2$ 이며, slot의 폭은  $W_g$ 이다. 인셋 급전선로의 폭은  $W_f$ 이고, 유전체 기판의 전체 크기는  $W_s \times L_s$ 이다.

참고문헌 [5]은 그림 1의 구조로 밀리미터파 대역인 60 GHz에서 원형편파 특성을 갖는 비대칭 인셋 급전을 이용한 안테나를 제안하였다. 그림 1의 안테나 구조가 원형편파 특성을 갖는 것은 다음과 같은 이론적인 개념에 근거를 둔 것이다. 이론적인 근거를 설명하면 다음과 같다.

그림 2에 나타난 것처럼 대칭구조의 인셋 급전 패치 안테나에서 개략적으로 안테나의 길이  $L$ 을 중심주파수

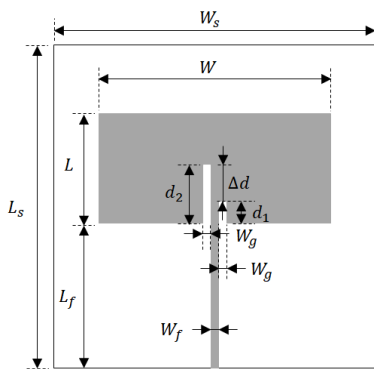


Fig. 1. A typical asymmetric inset fed patch antenna.  
그림 1. 일반적인 비대칭 인셋 급전 패치 안테나

의 약 반 파장( $\lambda/2$ ), 안테나의 폭  $W$ 을 약 한 파장( $1\lambda$ ) 정도로 한다. 그러면 패치 폭의 중심선을 기준으로 좌우의 정사각형 패치에 유도되는 전류는 그림 2와 같이 서로 수직이 된다.

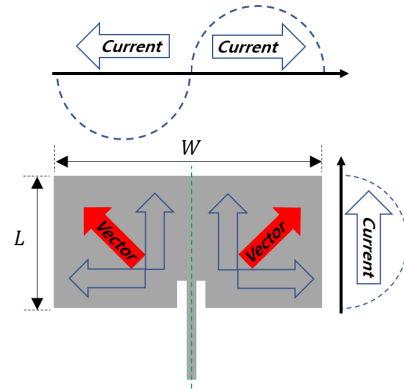


Fig. 2. Current distribution of an inset-fed patch antenna with  $\lambda$  width.

그림 2.  $\lambda$ 폭을 갖는 인셋 급전 패치 안테나의 전류 분포

원형편파를 구현하기 위해서는 전류의 방향이 수직이면서, 두 전류의 위상도 90°가 되어야 한다. 패치 좌우에 여기된 전류의 위상을 90°로 만들기 위해 그림 3과 같이 비대칭 인셋 급전선을 이용한다. 그림 3에서 급전선로를 통해 입력된 전류가 좌우의 패치 면으로 흘러들어갈 때, slot  $S_1$ 과 slot  $S_2$ 의 길이를 조절하여 패치 좌우에 흘러 들어가는 전류의 위상을 조절할 수 있다.

따라서 그림 3에서 slot  $S_1$ 과 slot  $S_2$ 의 길이의 차  $\Delta d_1$ 를 파장의 1/4 길이가 되도록 설계하면, 좌우의 패치에 여기되는 전류의 위상차를 90°로 할 수 있다. 이러한 개념으로 그림 1의 안테나가 원형편파 특성을 가진다.

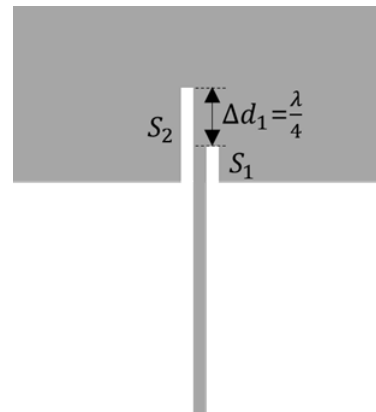


Fig. 3. Patch antenna with asymmetric inset feed length difference  $\lambda/4$ .

그림 3. 비대칭 인셋 급전 길이 차  $\lambda/4$  인 패치 안테나

본 논문에서는 위성통신시스템을 위한 S-band 2.4 GHz 대역에서 동작하는 그림 1 구조의 원형편파 인셋 급전 안테나를 설계하고자 한다.

앞서 설명한 개념을 이용하여 그림 1의 구조를 갖는 2.35~2.43 GHz에서 동작하는 원형편파 안테나 설계를 위해 설계 중심주파수는 2.4 GHz, 기판 재질은  $\epsilon_r = 4.3$ ,  $\tan\delta = 0.025$ 인 FR-4 에폭시를 사용하였다.

안테나의 길이  $L$ 과 급전선 길이  $L_f$ 를 고정시키고, 안테나 임피던스 정합 특성은 slot  $S_1$ 의 길이  $d_1$ 을 조절하여 구현하였다.  $d_2 = d_1 + \Delta d_1$ 라 두고  $\Delta d_1$ 을  $\lambda/4$ 로 고정하면,  $d_1$ 에 따라  $d_2$ 의 길이도 같이 변하게 된다.  $d_1$ 의 변화에 따른 반사계수 특성을 그림 4에 제시하였다.  $d_1$ 의 변화로 2.4 GHz 대역에서 공진주파수의 변화는 거의 없고, 반사계수 특성만 변하는 것을 볼 수 있으며  $d_1 = 6\text{mm}$ 에서 가장 좋은 안테나 반사계수 특성을 갖는다.

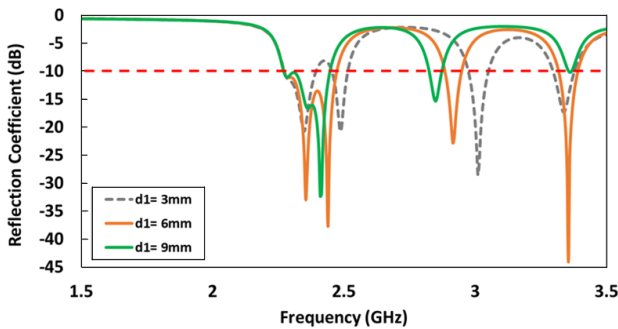


Fig. 4. Reflection coefficient of a typical of asymmetric inset fed patch antenna according to  $d_1$ .

그림 4. 일반적인 비대칭 인셋 급전 안테나의  $d_1$  변화에 따른 반사계수

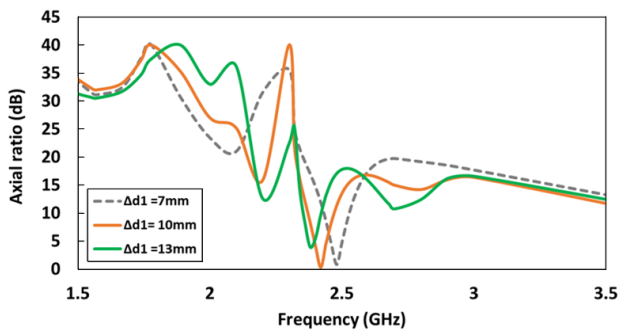


Fig. 5. Axial ratio of a typical inset fed patch antenna according to  $d_1$ .

그림 5. 일반적인 비대칭 인셋 급전 안테나의  $d_1$  변화에 따른 축비

또한 원형편파가 되기 위해서는 축비가 3 dB 이하이어야 한다.  $\Delta d_1$ 의 변화에 따른 축비 특성을 그림 5에 나타내었다.  $\Delta d_1 = 10\text{mm}$ 일 때, 축비 특성이 가장 좋은 것을 알 수 있다.

그러나 그림 5를 보면, 축비가 3 dB 이하인 주파수 대역폭이 27 MHz 정도로 매우 협대역이다. 이를 개선하기 위해 본 논문에서는 그림 6과 같이 slot  $S_3$ 을 추가한 안테나를 제안한다.

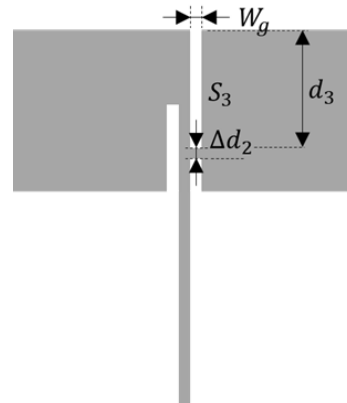
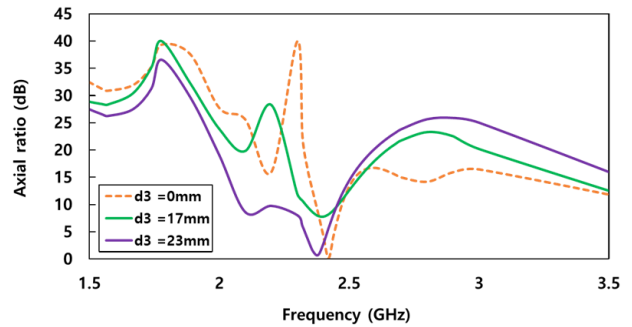
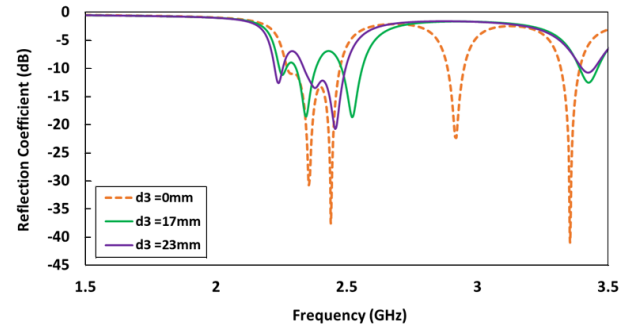


Fig. 6. The proposed asymmetrical inset fed patch antenna.

그림 6. 제안된 비대칭 인셋 급전 패치 안테나



(a) Axial ratio



(b) Reflection coefficient

Fig. 7. Axial ratio and Reflection coefficient of the proposed antenna.

그림 7. 제안하는 안테나의 축비와 반사 효율

그림 7에 slot  $S_3$ 를 추가한 구조의 축비 특성 및 반사 계수 특성을 제시하였다. 비교를 위해 slot  $S_3$ 이 없는 구조  $d_3 = 0\text{mm}$ 의 특성도 함께 나타내었다. slot  $S_3$ 의  $d_3$ 길이가  $0\text{mm}$ ,  $17\text{mm}$ ,  $23\text{mm}$ 로 변화함에 따라 축비 특성이 변하는 것을 볼 수 있다. slot  $S_3$ 이 없는 경우  $3\text{dB}$  축비 대역폭이  $27\text{MHz}$ 인 반면,  $d_3 = 23\text{mm}$ 일 때  $55\text{MHz}$ 로  $S_3$ 이 없을 때에 비해 대역폭이 약 2배 개 선되며, 광대역 특성을 가지는 것을 볼 수 있다. 이것은 종래와 비교하여 slot  $S_3$ 에 의해 넓은 대역폭에서 좌우 패치 면에 인가되는 두 전류의 크기와 위상이 개선되어 원형편파 특성이 구현되는 것을 의미한다. 한편 반사계 수 특성도 원하는 주파수 대역에서  $-10\text{dB}$  이하로 되는 것을 그림 7에서 볼 수 있다.

### III. 안테나 제작 및 측정

위에서 언급한 안테나 설계 방법에 따라, 두께  $1\text{mm}$ 인 FR-4 유전체 기판을 사용하여 S-band  $2.4\text{GHz}$  대역을 지원하는 안테나를 설계하고 제작하였다. 제작된 안테나의 모습은 그림 8에 나타내었으며, 제작된 안테나 치수는 표 1에 제시하였다. 반사계수를 벡터회로망 분석기를 이용하여 측정하였고, 그 결과를 시뮬레이션 값과 비교하여 그림 9에 나타내었다. 측정된 반사계수 특성이 시뮬레이션 결과에 비해 주파수가 조금 낮아졌으나 전반 적으로 시뮬레이션 결과와 유사함을 볼 수 있다. 반사계 수 특성이  $-10\text{dB}$  이하인 주파수 범위는 시뮬레이션에 서는  $2.34\sim 2.5\text{GHz}$ , 측정에서는  $2.32\sim 2.45\text{GHz}$ 로 확인되었다.

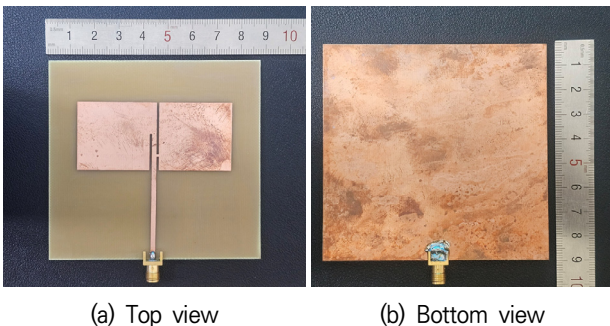


Fig. 8. Photographs of the fabricated antenna.  
그림 8. 제작된 안테나의 사진

그림 10에 측정된 축비 특성을 시뮬레이션 값과 비교 하여 나타내었다. 측정된 반사계수 특성이 시뮬레이션

Table 1. Antenna dimensions.

표 1. 안테나 치수(단위 mm)

$L_s$	$W_s$	$L$	$W$	$W_f$	$W_g$
88.9	88.8	30	64	1.9	1
$L_f$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$\Delta d_1$	$\Delta d_2$
40	6	16	23	10	1

결과와 매우 유사함을 볼 수 있다.

시뮬레이션 안테나 이득을 그림 11에 나타내었다.  $2.35\sim 2.43\text{GHz}$  주파수 대역에서 약  $2.25\text{dBi}$ 의 이득 을 나타내었다.  $2.42\text{GHz}$  주파수에서 시뮬레이션의 방 사패턴과 측정된 안테나의 방사패턴을 함께 그림 12에 나타내었다. 시뮬레이션의 방사패턴과 측정된 방사패턴 이 유사함을 알 수 있으며, 안테나 면의 수직 방향( $z$  축 방향)으로 주빔(main lobe)을 갖는 형태이며, 반전력빔 폭은  $77.7^\circ$ 가 됨을 확인할 수 있다. 이를 통해 앞 서 제 안한 원형편파 특성을 갖는 비대칭 인셋 급전을 이용한 안테나 구조가 유효함을 확인하였다.

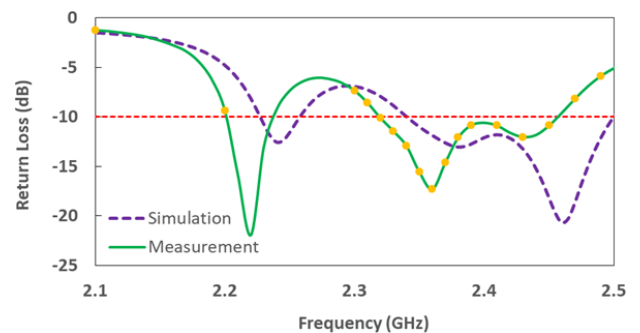


Fig. 9. Simulated and measured reflection coefficient of the proposed antenna.

그림 9. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 반사계수

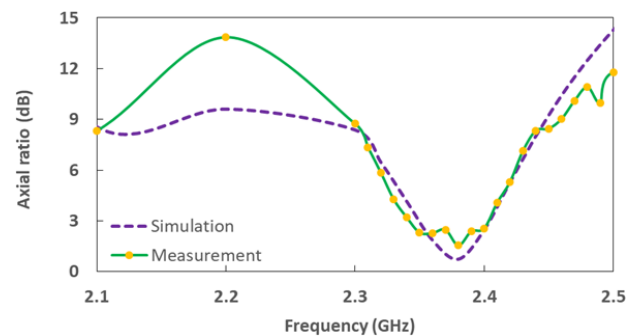


Fig. 10. Simulated and measured axial ratio of the proposed antenna.

그림 10. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 축비

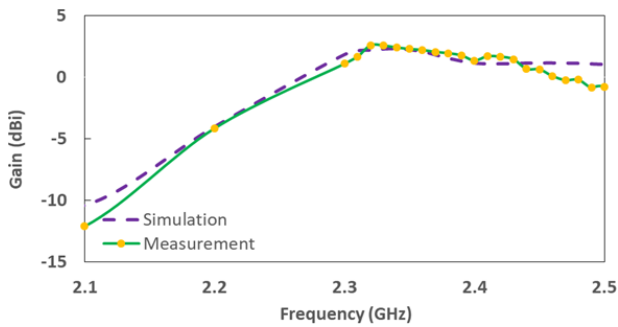
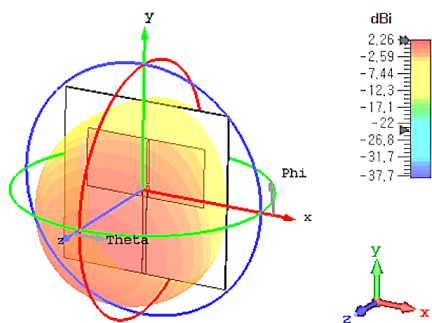
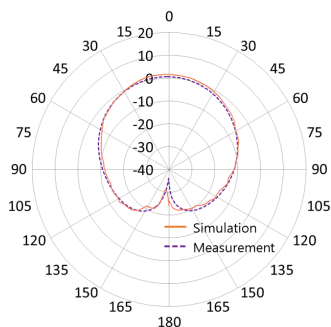


Fig. 11. Simulated and measured gain of the proposed antenna.

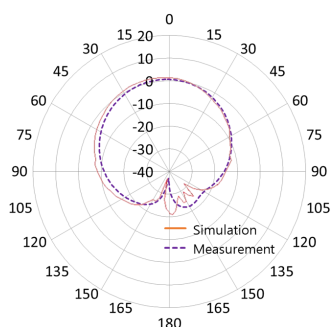
그림 11. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 이득



(a) 3D Directional Radiation Pattern



(b) yz-plane



(c) xz-plane

Fig. 12. The radiation patterns of the proposed antenna.

그림 12. 제안된 안테나의 방사패턴

#### IV. 결론

본 논문에서는 비대칭 인셋 급전 구조를 갖는 원형편파

사각형 패치 안테나를 제안하였다. 비대칭 slot의 길이 변화와 축비 특성 개선을 위해 추가로 제시된 slot의 길이에 따른 안테나 특성 변화를 조사하였고, 2.35~2.43 GHz에서 동작하는 원형편파 안테나를 설계하였다.

설계한 안테나를 제작하여 실험적으로 안테나 특성을 검증하였고, 2.35~2.43 GHz에서 최대이득 2 dBi 이상, 축비 3 dB 이하, 반사계수 -10 dB 이하의 특성을 구현하였다.

본 논문에서 제안한 비대칭 인셋 급전을 갖는 원형 편파 안테나는 위성통신시스템 등 다양한 응용 분야에서 활용이 가능할 것으로 기대된다.

#### References

- [1] Y. K. Yoon, T. J. Hwang, H. J. Hong, "Trend on policy and technology for utilizing efficiently the radio Resources," *Electronics and Telecommunications Research Institute*, 2006.  
DOI: 10.22648/ETRI.2006.J.210408
- [2] J. H. Lee, S.M. Kim, K. E. Joung, Y. S. An, Y. D. Kim and D. H. Ha, "A study on design and fabrication of circularly polarized antenna using microstrip patch," *2001 Spring KIMICS 2001 Conference*, pp.182-186, 2001, 7.
- [3] D. C. Jeon, "Design of ICS repeater antenna using vertically polarized wave in mobile communication of WCDMA," Unpublished doctoral dissertation, *CHOSUN University, Gwangju*, 2007.
- [4] J. P. Hong, B. M. Kim, H. W. Son, Y. K. Cho, "A study on the inset fed rectangular microstrip patch antenna for S-band applications," *JKIICE* vol.18, no.10, pp.2359-2366t. 2014.  
DOI: 10.6109/jkiice.2014.18.10.2359
- [5] T. H. Jang, Y. H. Han, J. Kim, and C. S. Park, "60GHz wideband low-profile circularly polarized patch antenna with an asymmetric inset," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 19, no.1, pp.44-48, 2020.  
DOI: 10.1109/LAWP.2019.2952405
- [6] D. K. Park, "Design of dual-band patch antenna using asymmetric inset feeding," *J. Inst. Korean Electr. Electron. Eng.*, vol.27, no.4, pp.405-410, 2023. DOI: 10.7471/ikeee.2023.27.4.405



- [7] V. G Roberto, R. Riccardo, D. Marco, "Single-layer line-fed broadband microstrip patch antenna on thin substrates," *Electronics*. 2021; 10(1):37. DOI: 10.3390/electronics10010037
- [8] D. Bhalla and K. Bansal, "Design of rectangular microstrip patch antenna using inset fed technique," *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol.7, no.4, pp.08-13, 2013. DOI: 10.9790/2834-0740813
- [9] N. P. Waweru, D. B. O. Konditi and P. K. Langat, "Ariation of input impedance with feeding position in probe and inset-fed microstrip patch antenna," *Innovative Systems Design and Engineering*, vol.3, no.7, pp.77-85, 2012.
- [10] M. A. Matin, and A. I. Sayeed, "design rule for inset-fed rectangular microstrip patch antenna," *WSEAS Transactions on Communications*, vol.9, pp.63-72, 2010.
- [11] D. Kapsidis, M. T. Chryssomallis and C. G. Christodoulou, "An accurate circuit model of a microstrip patch antenna for CAD applications," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, USNC/CNC/URSI North American Radio Science Meeting*, vol.3, pp.120-123, 2003. DOI: 10.1109/APS.2003.1219804

---

## BIOGRAPHY

---

### **Kwan-Joon Park** (Member)



2013 : BS degree in Electronics & Communications Engineering, National Korea Maritime & Ocean University.

2018 : MS degree in Electronics & Communications Engineering, National Korea Maritime & Ocean University.

2018~Present : PhD candidate in Electronics & Communications Engineering, National Korea Maritime & Ocean University.

2013~2024. 5 : General Manager, Intellian Technologies.

### **Dong-Kook Park** (Member)



1987 : BS degree in Electronics Engineering, Pusan National University.

1989 : MS degree in Electrical and Electronics Engineering, KAIST.

1994 : PhD degree in Electrical and Electronics Engineering, KAIST.

1996~Present : Professor, Korea Maritime & Ocean University