

무인 이동체용 GNSS 서비스를 위한 원형 편파 안테나 설계

김정표*, 이민수**

Design of a circular polarized antenna for GNSS services of unmaned vehicle systems

Jeong-Pyo Kim*, Min-Soo Lee**

요약 본 논문은 4개의 방사 소자와 급전부로 구성된 소형 원형 편파 안테나를 제안한다. 제안된 안테나의 방사 소자는 $25\text{ mm} \times 3.2\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 크기의 FR4 기판을 이용하여 역 F 구조로 설계되고, 급전부의 4모서리에 위치한다. 급전부는 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 0.8\text{ mm}$ 크기를 갖는 FR4 기판에 구현되고, 4개의 출력 포트에서는 신호의 크기는 같고 90° 위상차를 갖도록 구현된다. 설계된 안테나는 급전 회로의 구현을 보다 쉽게 하기 위해 급전부의 출력 포트와 방사소자의 입력 포트의 임피던스는 $100\ \Omega$ 로 설계한다. 설계된 안테나 크기는 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 5.8\text{ mm}$ 의 크기를 가지며, $1.559 - 1.609\text{ GHz}$ 대역에서 동작한다. 구현된 안테나는 RHCP 특성을 가지며, 서비스 대역에서 3.5 dB 이하의 축비 특성과 1.5 dBic 이상의 이득 특성을 갖는다. 구현된 안테나는 기존의 세라믹 패치 안테나에 비해 넓은 대역에서 동작하기 때문에 GPS 뿐만 아니라 GLONASS와 BeiDou 등의 다양한 위성 항법 시스템에 동시 서비스가 가능하다.

Abstract We propose the compact circular polarized antenna. The radiation elements of the proposed antenna is designed using FR4 substrate with the size of $25\text{ mm} \times 3.2\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ and stand on four corners of the feed network substrate. The feeder network is designed on FR4 substrate with the size of $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 0.8\text{ mm}$ and has four oupt signals with same magnitude and 90° phase difference. The input impedances of the designed radiation elements and the output impedances of the feeder network are $100\ \Omega$. The designed antenna has the dimension of $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 5.8\text{ mm}$ and the operated frequency band of $1.559 - 1.609\text{ GHz}$. The fabricated antenna has RHCP radiation pattern and the measured results of axial ratio less than 3.5 dB and radiated gain more than 1.5 dBic . The fabricated antenna can apply to GLONASS and BeiDou systems as well as GPS system.

Key Words : Antenna, circular polarization, drone, GNSS, unmaned vehicle

1. 서론

무인 항공기, 드론, 무인 자동차, 자율 주행 자동차 등 무인 이동체에 대한 소비자들의 관심이 증가하고 있다. 글로벌 물류 서비스 업체를 중심으로 드론을 이용한 새로운 비즈니스 모델이 등장하고 있으며, 무인 자동차 기술 개발을 위해 자동차와 IT 업계 간의 경쟁도 심화되고 있다[1]. 이러한 무인 이동체의 안전한 운영을 위해서는 정확한 위치 파악이 요구되며, 이를 위해 위성 항법 시스템

(GNSS : Global Navigation Satellite System)은 필수요소이다[2]. 현재 미국 GPS(Global Positioning System)가 전세계 위성 항법 서비스 시장을 독점하고 있으며, 그 외에는 러시아의 GLONASS(Global Navigation Satellite System)가 있다. 최근 군사적 민감 사항의 증가로 다양한 국가에서 독자적인 위성 항법 시스템을 개발하고 있으며, 유럽은 Galileo, 중국은 BeiDou, 인도 IRNSS(Indian Regional Navigation Satellite System), 일본은 QZSS(Quasi-Zenith Satellite

*ATcodi Co., Ltd.

**Corresponding Author : Department of Electrical, Electronic and Communication Daejin University (lmsoo@daejin.ac.kr)

Received February 09, 2017

Revised February 14, 2017

Accepted February 16, 2017

System) 등이 있다.

차량 및 드론에 주로 사용되는 위성 항법용 시스템은 GPS 시스템(1563 - 1587 MHz)이며, 우회전 원형편파 (RHCP : Right Handed Circular Polarization) 안테나를 사용한다. 현재 널리 적용되고 있는 GPS 안테나로는 QHA(Quadrifilar Helical Antenna)와 마이크로스트립 패치 안테나이다. QHA는 안테나 축 방향으로 전자파가 방사되며, 원통형으로 설계가 가능하여 이동 통신 단말기에 적합하다[3-4]. 그러나 제작 단가가 비싸고 원통형으로 세워야 하기 때문에 차량 등 이동체에 적용하기 어렵다. 패치 안테나는 유전체 기판에 구성되므로 양산성이 좋고 저가 실현이 가능하다. 또한 기판 형태로 면과 평행하게 배치가 가능하여 이동체 장착에 매우 유리하다[5-7]. 하지만 GPS용 패치 안테나의 경우 안테나의 크기를 줄이기 위해 유전율이 높은 세라믹 소재를 사용하기 때문에 매우 좁은 대역폭 특성을 갖는다. 최근 GLONASS(1593 - 1609 MHz) 와 BeiDou(1559 - 1563 MHz) 등의 서비스를 동시에 제공할 수 있는 안테나에 대한 수요가 증가하고 있지만, 기존의 세라믹 안테나로는 다양한 GNSS 서비스가 제공되는 주파수 대역을 모두 만족시키기 어렵다.

본 논문에서는 소형 원형 편파 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 4개의 방사 소자와 급전부로 구성된다. 각 방사소자는 안테나의 소형화를 위해 F형 구조를 가지며, 급전부는 4개의 방사 소자에 신호의 크기는 같고 90° 위상차를 갖도록 구현된다. 설계된 안테나는 1599 - 1609 MHz 대역에서 동작 가능하며, GPS, GLONASS, BeiDou 등의 서비스에 적용할 수 있다.

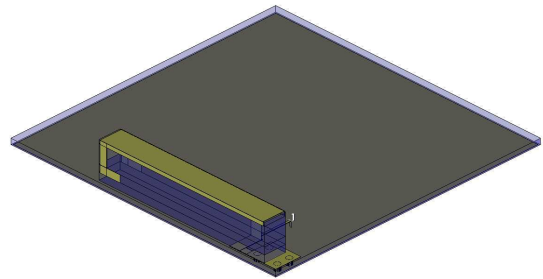
2. 원형 편파 안테나 설계

2.1 방사소자 설계

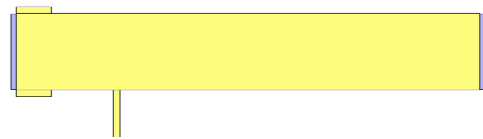
그림 1은 제안된 안테나의 단일 방사 소자를 보여준다. 방사소자는 25 mm × 3.2 mm × 5 mm 크기의 FR4 기판을 이용하여 역 F 구조[8-11]를 갖도록 설계하였으며, 설계된 방사소자는 40 mm

× 40 mm × 0.8 mm 크기를 갖는 FR4 기판의 한 모서리에 위치한다. 제안된 방사 소자는 그림 1(b)와 같이 상단면 전체에 주 방사소자가 있으며, 그림 1(c)와 그 반대 면에도 동일하게 양 측면으로 $W_a = 0.5$ mm 만큼의 확장되어 있다. 방사 소자의 공진 주파수를 조정하기 위해 그림 1(c)와 그 반대면 모두에 대칭 구조로 폭(W) 1 mm를 갖는 역 L 구조의 추가 방사 소자가 있으며, 가로 부분의 길이 L_1 을 이용하여 공진 주파수를 조절할 수 있다. 급전은 그림 1(c)에 보이는 한 측면에만 위치하며, 선로 폭 $W_f = 1.5$ mm이다. 그림 1(d)와 같이 단락 핀은 방사 소자에 위치하지 않고, 급전 기판에 위치하며 안테나의 입력 임피던스 정합을 조정할 수 있다.

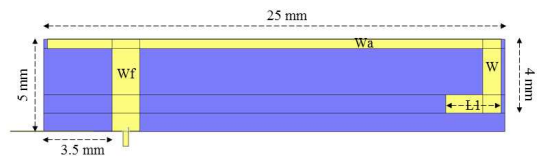
그림 2는 설계된 방사소자의 VSWR 특성을 보여준다. $L_1 = 3.3$ mm일 때 설계된 방사소자는 1.559 - 1.609 GHz 대역에서 약 2.5 이하의 VSWR 특성을 갖는다. 설계된 안테나는 급전 회로의 구현을 보다 쉽게 하기 위해 입력 임피던스가 100 Ω이 되도록 설계하였다.



(a) 전체 구조



(b) 상단면



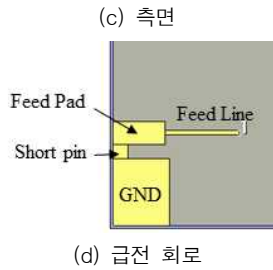


그림 1. 제안된 단일 방사 소자
Fig. 1. The proposed radiation element structure (a) total structure, (b) top view, (c) side view, and (d) feed structure

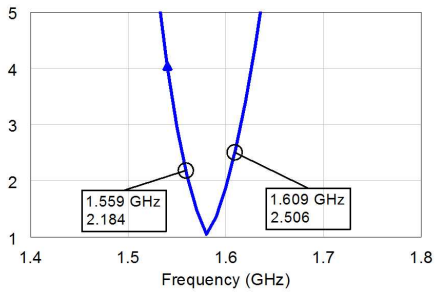


그림 2. 설계된 방사 소자의 VSWR 특성
Fig. 2. VSWR characteristic of the designed radiated element

2.2 급전소자 설계

그림 3은 직렬 분배 특성을 갖는 급전 회로를 보여 준다. 입력 포트 #1의 특성 임피던스는 50 Ω 이고, 4개의 출력 포트(#2 - #5)는 100 Ω의 특성 임피던스를 갖는다. 4개의 출력 포트의 전력이 모두 동일해야 하기 때문에 P2:P345 = 1:3, P3:P45 = 1:2, P4:P5 = 1:1의 관계를 갖는다. 각 분기 지점에서의 전력 분배는 비균등 T 분배기의 동작 원리를 통해 임피던스 비율로 조정할 수 있다[12].

우선 포트 #4와 #5는 1:1 분배이기 때문에 선로의 특성 임피던스는 모두 100 Ω이다. 포트 #3과 포트 #4 - #5는 1:2 전력 분배이기 때문에 Z3 = 100 Ω이면, Z45 = 50 Ω을 갖는다. 여기서 임피던스 정합을 위해 λ/4 전송선로 임피던스 변환 특성을 이용하여 Zc,34는 식 (1)과 같이 계산된다. 포

트 #2와 포트 #3 - #5는 1:3의 전력 분배 특성을 갖게 되는데, 이를 위해 Z2 = 100 Ω이면, Z345 = 25 Ω가 되어야 한다. 포트 #1과 다른 출력 포트 사이의 임피던스 정합을 위해 λ/4 전송선로 임피던스 변환 특성을 이용하여 Zc,345는 식 (2)와 같이 계산된다.

$$Z_{c,34} = \sqrt{Z_{45} \cdot Z_5 / Z_4} = 50 \Omega \quad (1)$$

$$Z_{c,23} = \sqrt{Z_{345} \cdot Z_{45} / Z_3} = 33.7 \Omega \quad (2)$$

입력 포트의 임피던스 정합을 위해 식 (3)을 이용하여 λ/4 전송선로의 특성 임피던스 Zc,1을 계산할 수 있다.

$$Z_{c,1} = \sqrt{Z_2 \cdot Z_{345}} = 35.35 \Omega \quad (3)$$

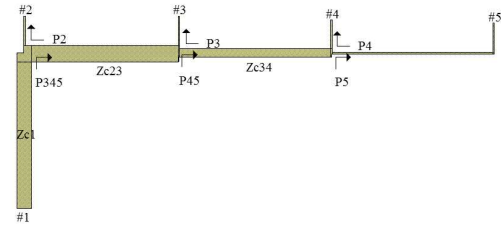


그림 3. 직렬 분배 급전 회로
Fig. 3. Series array feed network

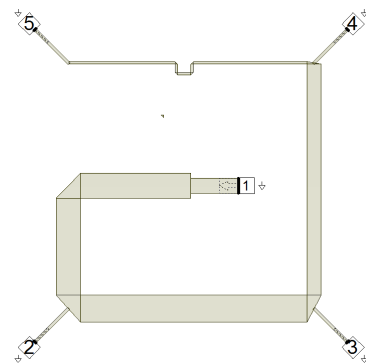


그림 4. 수정된 급전 회로
Fig. 4. Modified feed network

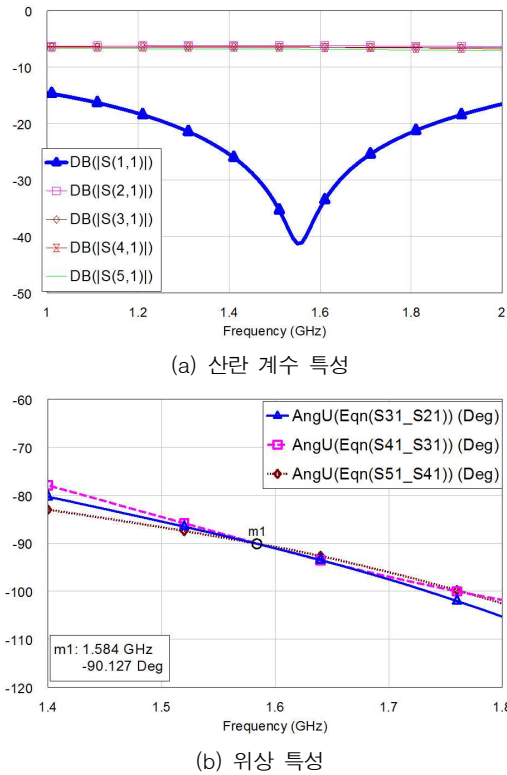


그림 5. 급전 회로 설계 특성
 Fig. 5. Simulated results of the designed feed network
 (a) S-parameters and (b) phase difference

각 출력 포트는 동일 한 신호 크기와 함께 90° 위상차를 갖도록 급전 회로가 설계되어야 한다. 그림 3에서 각 포트 사이 선로 길이는 모두 λ/4이며, 임피던스 정합을 위해 λ/4 전송선로를 사용하였기 때문에 임피던스 정합과 함께 90° 위상차를 동시에 구현할 수 있다[5, 11].

설계된 급전 회로는 원형 편파 안테나 구현을 위해 그림 4와 같이 수정할 수 있다. 그림 1(a)와 같이 모서리에 위치한 방사 소자를 회전시켜 4 모서리에 위치하게 하고, 그림 4를 통해 급전한다. 그림 5는 설계된 급전 회로 특성을 보여준다. 설계 주파수 대역인 1.559 - 1.609 GHz에 입력 임피던스 정합이 잘 되어 있으며, 각 출력 포트로의 위상차 특성이 90°임을 확인할 수 있다.

제안된 안테나는 NI사의 NI ARW Design

Environment 중 급전 소자는 Microwave Office와 AXIEM, 방사 소자와 전체 안테나는 Analyst를 이용하여 설계하였다.

3. 안테나 제작 및 측정

그림 6은 제작된 원형 편파 안테나를 보여 준다. 급전 소자는 40 mm × 40 mm × 0.8 mm 크기의 FR4 기판을 사용하였으며, 방사소자는 20 mm × 3.2 mm × 5 mm의 크기를 갖는 FR4 기판에 구현하였다. 구현된 전체 안테나 크기는 40 mm × 40 mm × 5.8 mm이다. 설계된 안테나는 RHCP 특성을 갖는다.

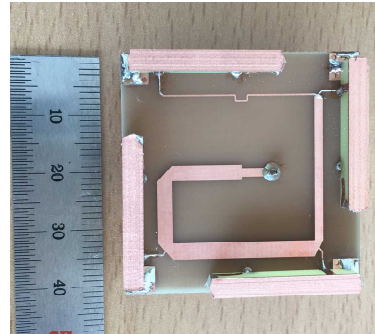


그림 6. 제작된 원형 편파 안테나
 Fig. 6. The photograph of the fabricated circular polarized antenna

그림 7은 제작된 안테나의 SWR 특성을 보여 준다. 설계주파수 대역인 1.559 - 1.609 GHz 대역에서 2 이하의 값을 갖도록 임피던스 정합이 이루어졌다.

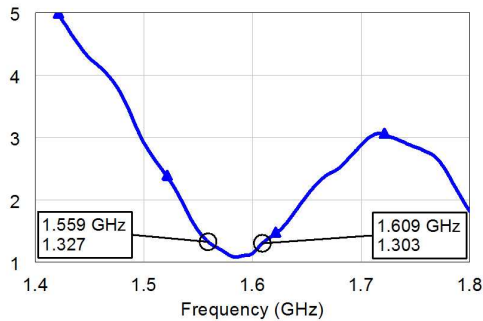


그림 7. 측정된 VSWR 특성
Fig. 7. Measured VSWR characteristic

그림 8은 설계주파수 대역에서 설계된 안테나의 이득과 축비 특성을 설계결과와 측정 결과를 비교하여 보여 준다. 1.56 GHz에서는 축비가 3 dB 이상의 특성을 갖지만, 그 외 대역에서는 모두 3 dB 이하의 특성을 가지며, 기존의 세라믹 안테나에 비해 비교적 축비 대역폭을 가짐을 확인할 수 있다. 시뮬레이션 결과에 비해 이득 특성은 0.5 dB 낮지만, 축비 특성은 더 우수하다. 이는 제작 과정에서 발생하는 손실 특성으로 인해 이득 특성은 감소하였지만, 방사 소자의 대역폭이 증가하고, 급전 회로에서의 각 포트별 전력 분배 편차가 감소하여 축비 특성은 개선된 것으로 판단된다.

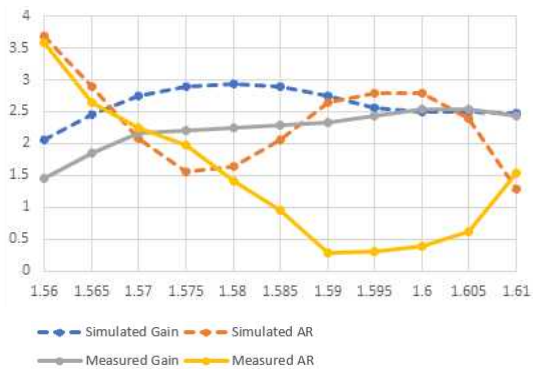


그림 8. 제안된 안테나의 설계 및 측정 결과
Fig. 8. The simulated and measured results of the proposed antenna

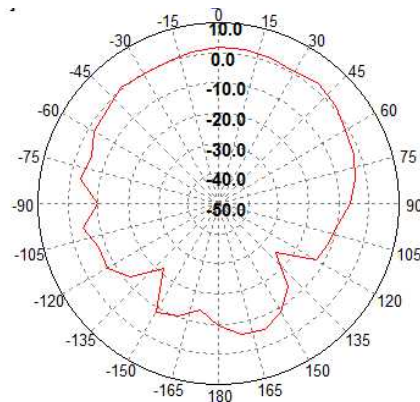


그림 9. 제작된 안테나의 방사 패턴 특성
Fig. 9. Radiation pattern of the fabricated antenna

그림 9는 제작된 안테나의 방사 패턴을 보여 준다. 제안된 안테나는 RHCP 특성을 가지며, 3 dB 빔폭은 약 105°를 갖는다.

4. 결론

본 논문에서는 4개의 방사 소자와 급전부로 구성된 소형 원형 편파 안테나를 제안하였다. 각 방사소자는 안테나의 소형화를 위해 역 F형 구조로 구현되며, 급전부는 4개의 방사 소자에 신호의 크기는 같고 90° 위상차를 갖는다.

제작된 원형 편파 안테나의 급전 소자는 40 mm × 40 mm × 0.8 mm 크기의 FR4 기판을 사용하였으며, 방사소자는 20 mm × 3.2 mm × 5 mm의 크기를 갖는 FR4 기판에 구현하였다. 구현된 전체 안테나 크기는 40 mm × 40 mm × 5.8 mm이다. 구현된 안테나는 RHCP 특성을 가지며, 1.559 - 1.609 GHz 대역에서 3.5 dB 이하의 축비 특성과 1.5 dBic 이상의 이득을 얻었다.

제안된 안테나는 단순한 구조로 비교적 넓은 대역 특성을 구현할 수 있고, 소형화 및 경량화가 용이하기 때문에 드론 및 자율 주행 차량과 같은 무인 이동체의 위성 항법 장치에 적용가능하다. 또한 기존 세라믹 패치 안테나보다 넓은 대역폭을 갖기 때문에 하나의 안테나로 다양한 위성 항법 시스템에 적용 가능할 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] D. Seo and S. Kim, "Analysis and policy direction of domestic competence of unmanned mobile industry for drone and autonomous vehicle(Korean)", *KIET Policy Documents*, May 2016.

[2] National Radio Research Agency, Korean Space Weather Center, GNSS Signal Monitoring Analysis System, <http://spaceweather.rra.go.kr/gnss/>

[3] V. F. Fusco, R. Cahill, and Rong-Lin Li, "Quadrifilar loop antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol.51, no.1, pp.115-120, Jan. 2003.

[4] A. Adams, R. Greenough, R. Wallenberg, A. Mendelovicz, and C. Lumjiak, "The quadrifilar helix antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol.22, no. 2, pp.173-178, Mar. 1974.

[5] G. Kumar and K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, pp.319-339, Artech House, Inc., 2003.

[6] T. Son, Bandwidth broadening for the GPS microstrip patch antenna," *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol.14, no.4, pp.73-79, Aug. 2015.

[7] W. Hu, L. Wen, Z. Tang, M. Zhang, and W. Xiao, "A wideband circularly polarized slot-loaded dipole antenna with L-shaped arms and parasitic patches," *Progress In Electromagnetics Research Letters*, vol. 66, pp.25-31, 2017.

[8] S. Nam, J. Kim, T. Cho, and H. Lee, "Design and implementation of the small PIFA with dual bandwidth usign LTCC," *The Journal of Korea Institute of Infomation, Electronics, and Communication Technology*, vol.1, no.1, pp.41-45, June 2008.

[9] W. Choi and H. Lee, "Designed of dual LTE-band MIMO antenna," *The Journal of Korea Institute of Infomation, Electronics, and Communication Technology*, vol.4, no.1, pp.46-52, Mar. 2011.

[10] C. Wang, I. Yoon, S. Hwang, X. Yan, and H. Park, "A study on multi-band antenna for mobile using coupling feeding," *The Journal of Korea Institute of Infomation, Electronics, and Communication Technology*, vol.7, no.4, pp.188-194, Dec. 2014.

[11] K. Hirasawa and M. Haneishi, *Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-profile Antennas*, pp.132-180, Artech House, Inc., 1992.

[12] J. Kim, M. Lee, and D. Yang, *Microwave circuits design using AWR Microwave Office*, pp.98-105, KSI. Co., Ltd., 2013.

저자약력

김 정 표(Jeong-Pyo Kim)

[정회원]



- 2000년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학사)
 - 2002년 2월 : 한양대학교 전자통신전파공학과(공학석사)
 - 2007년 8월 : 한양대학교 전자통신전파공학과(공학박사)
 - 2004년 2월 ~ 2011년 7월 : (주)EMW 책임연구원
 - 2011년 8월 ~ 2016년 1월 : RFIS 대표
 - 2016년 2월 ~ 현재 : (주)에이티코디 대표
- 안테나 및 전파전파, 마이크로파 회로, metamaterials

<관심분야>

이 민 수(Min-Soo Lee)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 전기전자통신공학부 통신공학전공 교수

<관심분야>

RF회로 및 무선통신시스템, 안테나 및 전자파전파