Journal of KIIT. Vol. 15, No. 11, pp. 87-92, Nov. 30, 2017. pISSN 1598-8619, eISSN 2093-7571 87
http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2017.15.11.87

직교 방사모드를 가지는 이중대역/이중편파 안테나 설계

정은태*, 유병길**

Design of Dual-Band/Dual-Polarized Antenna with Orthogonal Radiation Mode

Eun-Tae Jung*, Byung-Gil Yu**

요 약

통신용 안테나는 제한된 공간에서 요구되어지는 다양한 성능의 안테나를 필요로 한다. 본 논문에서는 직교 방사모드를 가지는 이중대역/이중편파 안테나를 제안하고 제작하였다. 제안된 안테나는 GPS L1 대역의 하부 방사체와 블루투스 대역의 상부방사체로 구성되어 있다. 하나의 급전구조에서 동작하며, 직교 방사모드를 이용하여 GPS L1 대역은 원형편파 성능의 지향성 방사모드를 블루투스 대역은 수직편파 성능의 무지향 방사모드를 구현하였다. 구현된 안테나는 서로 다른 방사모드를 동시에 구현 가능하기 때문에 소형화 장점을 가지며 하나의 급전 구조로 인해 추가적인 급전변환 구조가 필요 없어 손실소자로 인한 이득 저하 현상을 최소화 할 수 있다. 제안된 안테나는 제작 및 측정을 통해 GPS와 블루투스의 통신용 안테나에 적용 가능함을 확인 하였다.

Abstract

The communication antenna requires various performance antennas in a limited space. In this paper, a dual-band / dual-polarized antenna with orthogonal radiation mode was proposed and fabricated. The proposed antenna consists of the lower radiator of the GPS L1 band and the upper radiator of the Bluetooth band and operates in a single feeder structure. using orthogonal radiation mode, the GPS L1 band implements the directional radiation mode of circular polarization performance, and the Bluetooth band implements the omni-directional radiation mode of vertical polarization performance. The implemented antennas have the advantages of miniaturization because they can realize different radiation modes at the same time, single feed structure eliminates the need for an additional feed conversion structure and minimizes the gain drop due to the lose element. The proposed antenna can be applied to GPS and Bluetooth communication antennas through fabrication and measurement.

Keywords
dual-band, dual-polarization, orthogonal radiation mode, vertical polarization, horizontal polarization

* 한화시스템 위성데이터링크
- ORCID: http://orcid.org/0000-0003-1607-6360
** 한화시스템 위성데이터링크(교신저자)
- ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8858-0393

· Received: Oct. 25, 2017, Revised: Nov. 07, 2017, Accepted: Nov. 10, 2017
· Corresponding Author: Eun-Tae Jung
Dept. of The Satellite-Datalink Team, Hanwha-Systems Co., Ltd, Korea,
Tel.: +82-31-8091-7438, Email: euntae.jung@hanwha.com

Ⅰ. 서 론

통신용 안테나는 다양한 통신 분야를 위해 다수의 주파수대역을 만족하는 안테나들이 요구되고 있다. 이는 안테나를 설치할 수 있는 공간이 한정되어 있기 때문에 안테나 통합 및 소형화 기술이 필요하다. 이를 위한 여러 방법들 중에서 편파 다이버시티 기술의 이중편파 안테나가 대표적이다. 이중편파 기술들의 공통점은 각각의 급전에 편파 및 방사모드를 서로 다르게 하여 격리도 문제를 해결해 왔다[1][2]. 이러한 이중편파 안테나의 기술을 분류하면 두 개의 수평편파를 직교하도록 급전방향을 구조적으로 변경한 경우[3][4], 수직편파와 수평편파를 독립적으로 구현한 경우[5]로 나누어진다. 첫 번째 기술의 경우, 각각의 급전구조에서 동일한 지향성 방사모드 특성을 가진다[6]. 또한, 수평방향에서 무지향 특성이 아닌 수직방향에서 직교의 무지향 방사모드 특성을 구현하기도 한다[7]. 이러한 경우 이중대역의 서로 다른 방사모드를 구현하는데 한계가 있다. 두 번째 기술의 경우, 각각의 급전에 수직편파의 무지향성 방사모드와 수평편파의 지향성 방사모드를 구현하는 특성을 가진다[8]. 각각의 급전구조로 인해 서로 다른 방사모드 구현을 위해서 하이브리드 커플러 및 스위치 방식의 급전 변환 구조를 적용한 경우도 있다[9]. 이러한 경우 다수의 급전구조와 방사체로 이루어져 있어 안테나 소형화 방법에 어려움이 따르며 하이브리드 커플러 및 스위치 방법으로 인한 이득 저하가 발생하는 문제점을 가지게 된다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 직교 방사모드들 가지는 이중대역/이중편파 안테나를 제안하였다. 설계 주파수는 GPS L1 대역과 블루투스 대역이며, 하나의 급전구조로 이루어져 있다. GPS L1 대역의 하부방사체 전류가 수평으로 동작하는 지향성 방사모드의 원형편파 성능을 구현하였고 블루투스 대역의 상부방사체 전류가 수직으로 동작하는 무지향 방사모드의 수직편파 성능을 구현하였다. 이러한 성능을 단일 급전 구조로 동시에 구현 가능하기 때문에 소형화 장점을 가진다. 또한 추가적인 급전 변환구조가 필요가 없어 손실소자로 인한 이득 저하를 최소화할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 안테나 구성 및 설계로 본 논문에서 제안하는 직교 방사모드를 가지는 이중대역/이중편파 안테나의 구성에 대하여 논하고 시뮬레이션 결과에 근거하여 동작원리에 대해 기술한다. 3장에서는 설계한 안테나 제작 및 측정에 관하여 논한다. 실제적인 측정 실험결과를 도출한 내용에 대해 자세하게 기술한다. 4장에서는 성능평가를 근거로 결론에 대해 기술한다.

Ⅱ. 안테나 구성 및 설계

제안된 안테나의 구조 및 형상을 그림 1에 나타내었다. 안테나의 구성은 그라운드와 급전 그리고 하부방사체, 상부방사체로 이루어져 있다. 안테나의 급전을 통해 하부방사체에 RF 신호가 인가된다. 하부방사체는 원형편파와 지향성 방사성능을 위해 원형패치에 모서리 부분을 제거한 구조이며, 안테나 소형화를 위해 고 유전체인 세라믹(ϵ_r=81.8) 기판 위에 구현되어 있다. 하부방사체 상단에는 상부방체가 지지대 위에 구성되어 있으며, 상부방사체 패치 가운데에 단락 핀이 그라운드와 연결되는 구조이다.

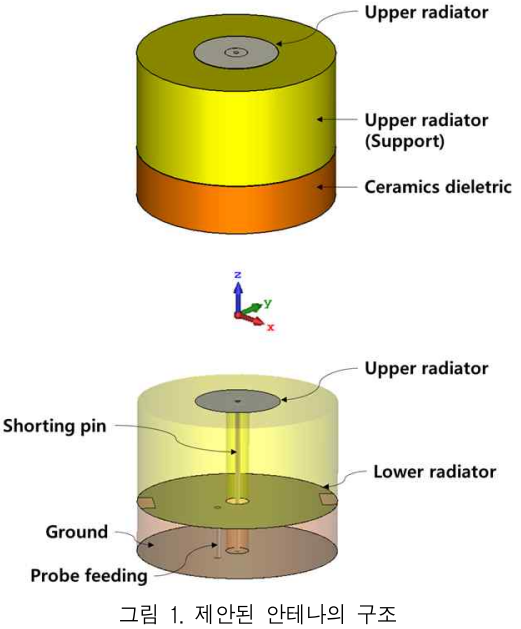

그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of proposed antenna

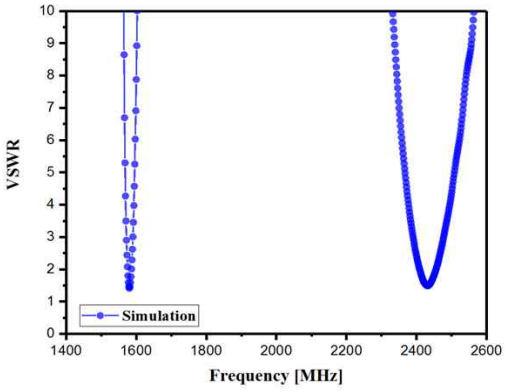

그림 2. 제안된 안테나의 시뮬레이션 VSWR
Fig. 2. Simulated VSWR of proposed antenna

하지만 단락 핀은 하부방사체와 전기적으로 개방되어 있다. 이러한 구조는 하부방사체의 전기적인 에너지를 상부방사체에 전달 되도록 커플링 효과를 이용 하였으며, 하나의 급전 구조를 통해 상부방사체와 하부방사체를 서로 다른 방사모드 특성이 동작 가능 하도록 설계하였다. 제안된 안테나는 상용 소프트웨어인 CST 사의 Microwave studio suite 2016를 이용하여 최적화 하였다.

그림 2는 설계한 안테나의 시뮬레이션 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) 결과를 보여준다. 해당 공진 주파수 GPS L1(1574~1576MHz) 대역과 블루투스(2400~2485MHz) 대역은 VSWR 3.5:1 이하 성능을 만족하였다. GPS L1 대역폭은 고 유전체인 세라믹 사용으로 인하여 상당히 좁으며 블루투스 대역폭도 세라믹 영향으로 상대적으로 좁게 형성되었다. 다음으로는 하부방사체는 GPS L1 대역에서 상부방사체는 블루투스 대역에서 성능이 구현됨을 시뮬레이션을 통해 확인하고자 한다.

그림 3과 그림 4는 시뮬레이션을 통해 최종 설계된 안테나의 E-field와 표면 전류를 나타낸다. 그림 3에서와 같이 GPS L1대역의 E-field는 하부방사체의 원형패치 모서리부분에 분포하고 있으며 표면 전류도 하부방사체 원형패치에 수평방향으로 분포됨을 확인할 수 있다. 이는 하부방사체의 원형패치가 GPS L1 대역에서 동작 하는걸 의미하며 수평방향의 전류가 회전되어 원형편파 성능이 구현됨을 확인할 수 있었다.

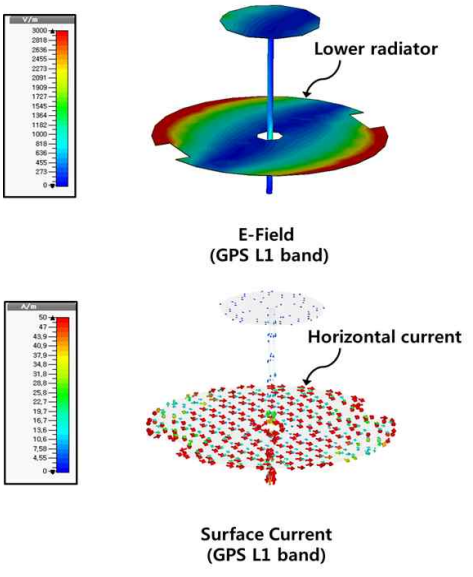

그림 3. GPS L1 대역의 E-field, 표면 전류
Fig. 3. E-field and surface current of GPS L1 band

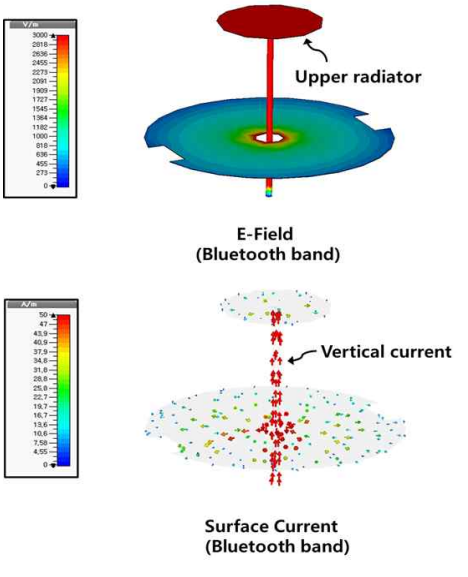

그림 4. 블루투스 대역의 E-field, 표면 전류
Fig. 4. E-field and surface current of bluetooth band

그림 4는 블루투스 대역의 E-field 와 표면 전류를 나타낸다. E-field는 상부방사체의 원형패치와 단락 핀에 집중되며 표면 전류 분포도 중앙 단락 핀에 집중되는 걸 확인할 수 있다. 이는 상부방사체와 단락 핀이 블루투스 대역에서 동작 하는 걸 의미하며 수직방향의 전류 분포로 수직편파 특성을 가지도록 설계하였다.

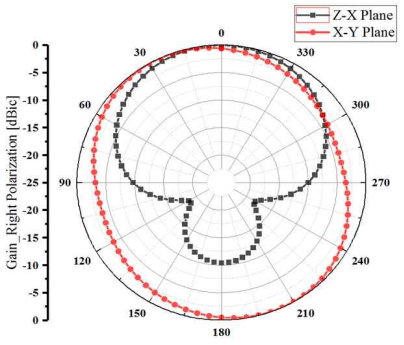

그림 5. GPS L1 대역의 2D 방사패턴
Fig. 5. 2D radiation pattern of GPS L1 band

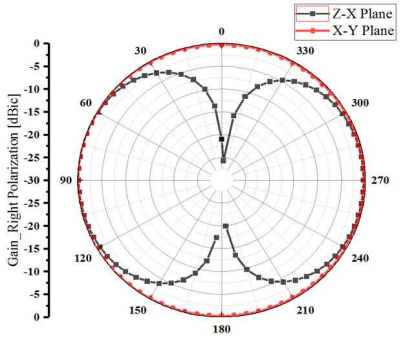

그림 6. Bluetooth 대역의 2D 방사패턴
Fig. 6. 2D radiation pattern of bluetooth band

그림 7. 제작된 안테나
Fig. 7. Fabricated antenna

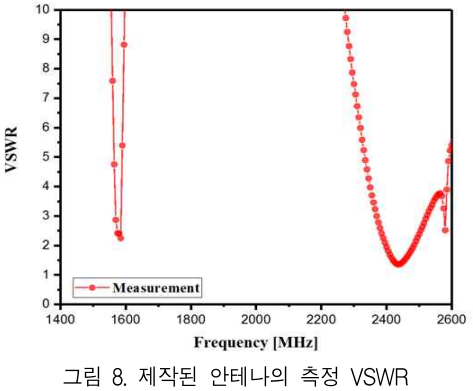

그림 8. 제작된 안테나의 측정 VSWR
Fig. 8. Measured VSWR of fabricated antenna

위 E-field 분포와 표면 전류 결과를 바탕으로 수평과 수직의 전류 분포로 인하여 나타나는 방사모드를 2D 방사패턴 성능을 통해 확인하고자 한다.

그림 5와 그림 6은 시뮬레이션 결과의 2D 방사패턴을 나타낸다. 그림 5에서와 같이 GPS L1 대역은 Z-X 평면에 해당하는 수직 방사패턴과 X-Y 평면에 해당하는 수평 방사패턴을 확인할 수 있다. 이 결과는 Z축 방향의 지향성 방사모드를 의미한다. 그림 6은 블루투스 대역의 2D 방사패턴 결과이며 그림 5와 같이 수직 방사패턴과 수평 방사패턴을 나타내었다. 수직패턴의 Z 방향으로 null이 형성되고 수평패턴은 전방향성 결과로 무지향 방사모드가 구현됨을 확인할 수 있다.

그림 5와 그림 6의 지향성과 무지향성 패턴 결과로 인해 안테나 방사모드가 서로 직교함을 확인 하였다. 시뮬레이션 결과를 근거하여 단일급전 구조로 이중대역(GPS L1, 블루투스) 만족 하였으며 각 대역의 서로 다른 원형편파의 지향성 방사모드와 수직편파의 무지향성 방사모드인 직교 방사모드를 구현하여 소형화할 수 있었다. 이러한 직교 방사모드 결과로 인해 GPS L1 대역과 블루투스 대역의 간섭 영향 문제도 자연스럽게 해결 가능하다.

III. 제작 및 측정

설계한 안테나의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 최적화된 이중대역/이중편파 안테나를 제작 하였다. 제작된 안테나는 VSWR 성능 검증을 위해 네트워크분석기를 사용하였고 이득 및 방사패턴 검증을 위해 전자파 무반사실에서 측정을 진행 하였다.

그림 7은 실제적으로 제작한 안테나 형상을 보여주며 제작된 안테나의 크기는 급전을 포함하여 17mm(Φ)×23.1mm 이다. 그림 8은 제작된 안테나의 측정된 VSWR 결과를 보여준다. GPS L1과 블루투스 대역에서 VSWR 3.5:1이하의 특성을 확인할 수 있다. 측정 결과는 그림 2의 시뮬레이션 결과와 거의 유사하며 결과에 대한 차이는 제작오차에 의한 것으로 판단된다.

그림 9와 10은 제작된 안테나의 3D 방사패턴 측정 결과를 나타낸다. 측정 결과 GPS L1 대역에서 지향성 방사패턴을 블루투스 대역에서 무지향성 방사패턴 성능을 만족 하였으며 방사패턴 시뮬레이션

결과 그림 5와 6과 같이 동일한 패턴 결과를 확인하였다. 측정된 안테나 평균 이득은 GPS L1에서 -1.87dBic, 블루투스에서 2.51dBi를 확인하였다.

그림 11은 GPS L1 대역의 축비 측정 결과를 보여주며 GPS L1(1574~1576MHz) 대역에서 축비 3dB 이하의 특성 결과로 인해 원형편파 성능이 동작하는 것을 알 수 있다.

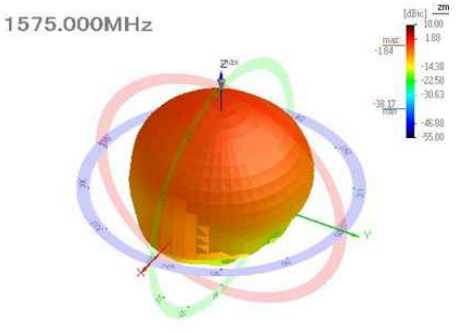

그림 9. GPS L1 대역의 측정 3D 패턴
Fig. 9. Measured 3D pattern of GPS L1 band

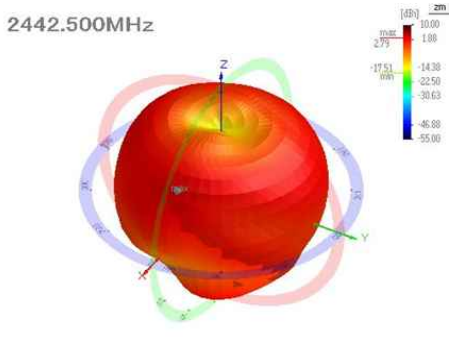

그림 10. Bluetooth 대역의 측정 3D 패턴
Fig. 10. Measured 3D pattern of bluetooth band

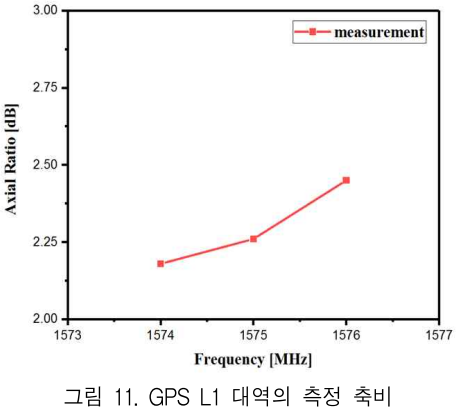

그림 11. GPS L1 대역의 측정 축비
Fig. 11. Measured axial ratio of GPS L1 band

표 1. 제작된 안테나의 규격
Table 1. Specifications of the fabricated antenna

	GPS L1	Bluetooth
Frequency	1574~1576MHz	2400~2485MHz
VSWR	Below 3.5:1	Below 3.5:1
Gain(average)	-1.87dBic	2.51dBi
Polarization	Circular polarization (RHCP)	Vertical polarization
Radiation pattern	Directional	Omni-directional

표 1은 측정 결과를 바탕으로 제작된 안테나의 성능 규격에 대해 나타내고 있다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 지향성 방사패턴과 무지향성 방사패턴을 위해 직교 방사모드로 동작하는 이중대역/이중편파 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 GPS 안테나의 통신을 위하여 전류가 수평으로 동작하는 지향성 방사모드의 원형편파 성능을 구현하였고, 블루투스 안테나의 통신을 위하여 전류가 수직으로 동작하는 무지향 방사모드의 수직편파 성능을 구현하였다. 각각의 급전구조를 가지는 기존의 이중편파 안테나의 최대 관심사인 격리도 문제를 직교 방사모드 성능을 이용하여 해결하였다. 이러한 특성은 수평편파의 지향성 방사모드와 수직편파의 무지향성 방사모드가 서로 직교하기 때문이다. 또한 제안된 안테나는 하나의 급전 구조로 이중대역과 이중편파의 다양한 성능을 동시 구현이 가능하기 때문에 안테나 소형화 장점을 가지며 추가적인 커플러 및 스위치 방식의 급전 구조가 필요 없기 때문에 손실소자로 인한 이득 저하 현상을 최소화 하는 장점을 가진다.

제작 및 측정결과 제안된 안테나 크기는 GPS L1과 블루투스 대역을 포함하고도 불구하고 상당히 작은 크기로 제작이 가능하였다. 그리고 측정실험을 통한 안테나의 성능 규격을 근거로 GPS와 블루투스의 통신용 안테나에 적용 가능함을 확인하였다.

References

[1] M. Gallo, E. A. Daviu, and M. F. Bataller, M. Bozzetti, J. M. M. G. Pardo, L. J. Llacer, "A

Broadband Pattern Diversity Annular Slot Antenna", IEEE Transactions on Antennas and propagation, Vol. 60, No. 3, pp. 1596-1600, Mar. 2012.

[2] X. J. Lin, Z. M. Xie, and P. S. Zhang, Y. Zhang, "A Broadband Filtering Duplex Patch Antenna With High Isolation", IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters, Vol. 16, pp. 1937-1940, Jul. 2017.

[3] H. Liu, Y. Liu, and S. Gong, "Design of a compact dual-polarised slot antenna with enhanced gain", IET Microw. Antennas Propag, Vol. 11, No. 6, pp. 892-897, Dec. 2016.

[4] W. Duan, X. Y. Zhang, and Y. M Pan, "Dual-Polarized Filtering Antenna With High Selectivity and Low Cross Polarization", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 64, No. 10, pp. 4188-4196, Oct. 2016.

[5] K. Chen, J. Yuan, and X. Luo "Compact dual-band dual circularly polarised annular-ring patch antenna for BeiDou navigation satellite system application", IET Microw. Antennas Propag, Vol. 11, No. 8, pp. 1079-1085, Mar. 2017.

[6] K. Zhang, F. Zhu, and S. Gao, "Differential-fed ultra-wideband slot-loaded patch antenna with dual orthogonal polarisation", Electronics Letters, Vol. 49, No. 25, pp. 1591-1593, Dec. 2013.

[7] J. H. Ko, and I. G. Choi, "Linear-Polarization diversity Antenna for RFID Readers", Journal of KIIT, Vol. 9, No. 4, pp. 63-69, Apr. 2011.

[8] J. Oh, and K. Sarabandi, "Compact, Low Profile, Common Aperture Polarization, and Pattern Diversity Antennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 62, No. 2, pp. 569-576, Feb. 2014.

[9] Y. Dong, and T. Itoh, "Planar Ultra-Wideband Antenna in Ku-and K-Band for Polarization Diversity Applications", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 60, No. 6, pp. 2886-2895, Jun. 2012.

저자소개

정 은 태 (Eun-Tae Jung)

2011년 2월 : 광운대학교 전파공학과(공학석사)
2011년 6월 ~ 2016년 4월 : ㈜에이스안테나 선임연구원
2016년 4월 ~ 현재 : ㈜한화시스템 선임연구원
관심분야 : 안테나 설계

유 병 길 (Byung-Gil Yu)

2010년 2월 : 광운대학교 전파공학과(공학박사)
2010년 4월 ~ 현재 : ㈜한화시스템 전문연구원
관심분야 : 안테나 설계