

2.4GHz ISM 대역용 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 안테나

정회원 박기동*

Modified H-slot Aperture-coupled Circular Polarization Microstrip Antennas for 2.4GHz ISM band

Ki-dong Park* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 2.4GHz ISM 대역용 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 전자파 해석 툴인 HFSS를 반복적으로 적용하여 최적의 안테나 설계 파라미터 값을 찾았다. 변형된 H형 슬롯의 중요 파라미터 SL1, SL2, SL3 및 SL4가 안테나의 입력 임피던스와 축비 특성에 미치는 영향을 검토하였다. 반사 손실, 축비 및 방사패턴 등의 HFSS 결과에 대해 다른 전자파 해석 툴인 CST 결과와 비교하였다. 제안한 안테나가 2.4GHz ISM 대역 등 여러 분야에서 충분히 사용될 수 있음을 확인하였다.

Key Words : ISM band, modified H-slot, circular polarization, microstrip antenna

ABSTRACT

In this paper, I propose the modified H-slot aperture-coupled circular polarization microstrip antennas for 2.4GHz ISM band. I also use the HFSS, electromagnetic analysis tool, in many times to find optimal design parameters for the antenna structure. I discuss the effects of the important parameters, SL1, SL2, SL3 and SL4, on the input impedance and axial ratio. The HFSS simulation results, such as return loss, axial ratio and radiation pattern of the proposed antenna are compared with results of the CST, another electromagnetic analysis tool. I can verify that the proposed antenna is valuable enough to be used in various applications as well as 2.4GHz ISM band.

I. 서 론

최근 정보통신 시스템 부문 중 무선통신망을 활용한 고속, 대용량 정보 전송에 대한 필요성이 크게 요구되고 있는 상황이다. 이에 따라 무선통신 시스템에서 사용되는 주파수 대역 또한 점차 고주파를 사용하는 방향으로 옮겨가고 있다. 이 중 2.4GHz 주파수 대역을 이용한 무선 네트워크 기반 기술에 관한 연구가 활

발히 이루어져 왔다. 특히 ISM 대역으로 일컬어지는 2.4GHz 대역(2.4~2.483GHz)을 이용한 무선 네트워크 기술의 개발이 활발히 추진되어 왔다. 현재 2.4GHz 대역을 이용하는 무선통신 기술은 무선 랜(Wireless LAN), 블루투스(Bluetooth), 지능형 교통 시스템(ITS)의 서브 시스템 분야인 주차관리 시스템, 자동요금징수 시스템(ETCS) 등에 적용되어 상용화에 이르고 있다. 따라서 2.4GHz ISM 대역을 이용한 무선통신망이

* 동강대학교 전기정보통신과(keedong0@nate.com)

논문번호 : 12018-0530, 접수일자 : 012년 5월 30일, 게재확정일자 : 012년 6월 21일

차세대 정보통신망의 근간을 이룰 것은 확실시되고 있다. 이와 같은 상황 속에서 무선통신망의 구축을 위해 가장 기본적이고 핵심적인 요소 중 하나는 바로 신호를 송수신 할 수 있는 고성능 안테나의 개발일 것이다.

따라서 본 논문에서는 2.4GHz ISM 대역에서 사용할 수 있는 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 전자파 해석 툴인 HFSS를 이용하여 최적의 안테나를 설계하였다. 그리고 제안한 안테나의 주요 파라미터들이 안테나의 입력 임피던스와 축비에 미치는 영향을 살펴보았다. 또한 설계된 최적의 안테나에 대한 산란손실, 축비 및 방사패턴 등의 해석 결과를 또 다른 전자파 해석 툴인 CST의 해석 결과와 비교하여 잘 일치함을 확인하였다.

II. 안테나 구조 및 파라미터 검토

개구결합 급전방식이 마이크로스트립 안테나의 방사 손실을 줄이기 위해 제안되어졌고, 접지면의 슬롯은 주로 직교 교차 슬롯(Orthogonal cross-slots)^[1-3], 경사 비선형 결합 슬롯(Inclined nonlinear coupling slot)^[4], 링 슬롯^[5], 바람개비형 슬롯^[6], H형 슬롯^[7] 등이 사용되었다. 그러나 본 논문에서는 그림 1처럼 접지면의 개구로 알파벳 H 모양을 변형한 슬롯을 제안하였다.

그림 1은 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 안테나의 구조이다. 기판 재질은 $\epsilon_{r1} = \epsilon_{r2} = 4.4$, $\tan\delta = 0.002$ 인 FR4 에폭시이고 $H1=0.8\text{mm}$, $H2=1.6\text{mm}$ 의 두께를 사용하였다. 설계 중심 주파수를 2.43GHz로 설정하고, 방사소자는 정사각형으로 길이 $L=27\text{mm}$, 급전선로는 폭 $W_f=1.5\text{mm}$ 로 임피던스가 50Ω 이 되도록 하였다. 접지면 역시 정사각형으로 길이 $L_g=60\text{mm}$, 슬롯 폭 $Sw=1.0\text{mm}$, 급전선로의 스타브 길이 $L_s=15.2\text{mm}$ 로 설정하였다.

최적의 설계 파라미터를 찾기 위해 변형된 H형 슬롯의 중요 파라미터 $SL1$, $SL2$, $SL3$ 및 $SL4$ 가 안테나의 입력임피던스 및 축비에 미치는 영향을 검토하였다.

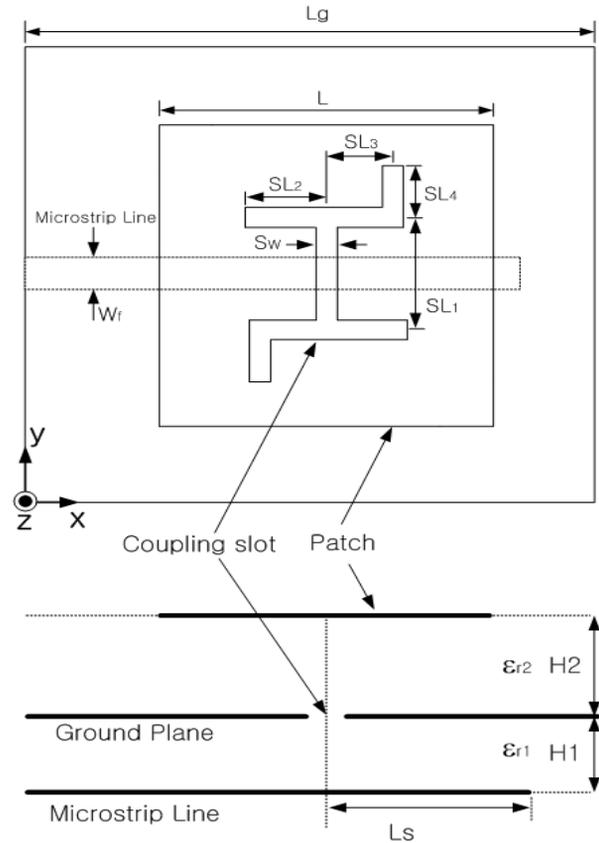


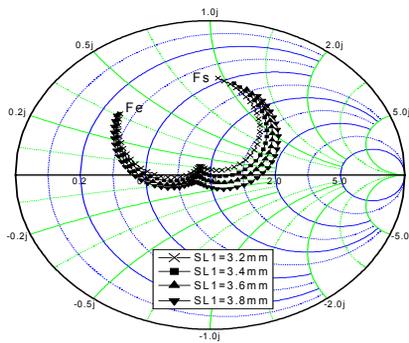
그림 1. 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 안테나
Fig. 1. The modified H-slot aperture-coupled circular polarization microstrip antenna.

그림 2는 $SL1$ 의 변화가 안테나의 입력임피던스와 축비에 미치는 영향을 살펴보기 위해 임피던스 케적과 축비를 주파수 영역에서 도시한 것이다. 나머지 파라미터 $SL2=4.6\text{mm}$, $SL3=2.8\text{mm}$, $SL4=4.1\text{mm}$ 값을 사용하였다.

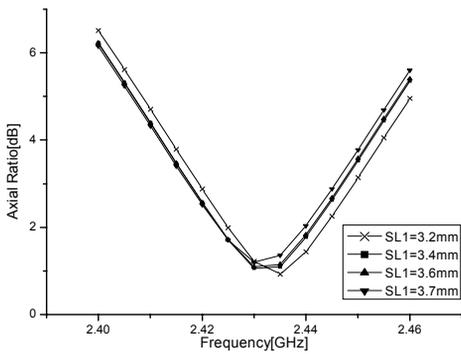
스미스차트의 (1,0) 부근에서 나타나는 입력임피던스 케적의 변곡점은 축비의 최저점과 일치하고 이 축비의 최저점 주파수가 중심주파수에 해당된다.

$SL1$ 의 증가에 따라 중심주파수에서의 임피던스 값이 유도성에서 용량성으로 바뀌지만 스미스차트의 (1,0) 으로부터 일정거리를 유지하고 있다. 또한 3 dB 축비 대역폭 역시 $SL1$ 의 증가에 따라 크게 변하지 않는다.

따라서 $SL1$ 은 중심주파수, 3dB 축비 대역폭 및 입력임피던스에 크게 영향을 끼치지 않음을 알 수 있다. 중심주파수를 고려하여 최적의 $SL1=3.4\text{mm}$ 로 선택하였다.



(a) Input impedance loci

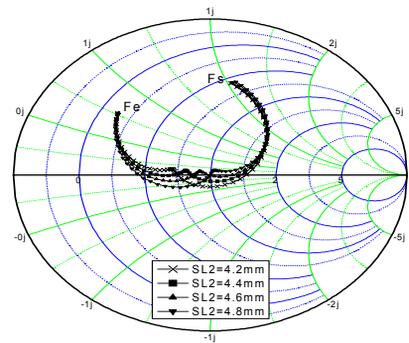


(b) Axial ratio plots

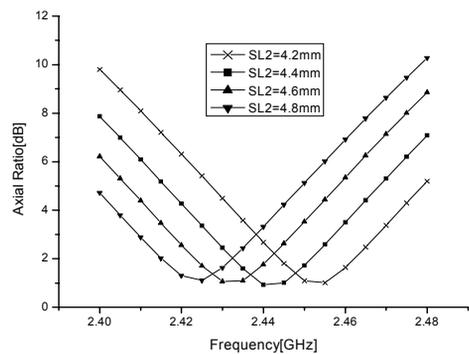
그림 2. 다양한 SL_1 에 따른 입력 임피던스와 축비 변화 ($F_s=2.3\text{GHz}$, $F_e=2.55\text{GHz}$, $\Delta f=5\text{MHz}$).
Fig. 2. Effects of various SL_1 on the input impedance loci and the axial ratio plots ($F_s=2.3\text{GHz}$, $F_e=2.55\text{GHz}$, $\Delta f=5\text{MHz}$).

그림 3은 SL_2 의 변화에 대해 입력임피던스 궤적과 축비를 도기한 것이다. 나머지 파라미터 $SL_1=3.4\text{mm}$, $SL_3=2.8\text{mm}$, $SL_4=4.1\text{mm}$ 값을 사용하였다. 중심 주파수의 입력임피던스 값은 $SL_2=4.6\text{mm}$ 을 기준으로 SL_2 의 값이 감소하거나 증가하면 50Ω으로부터 벗어나는 것을 알 수 있다. SL_2 의 값이 커지면 중심주파수는 낮아지지만 3dB 축비 대역폭은 거의 일정하다.

SL_2 는 중심주파수와 입력임피던스에 크게 영향을 끼치는 것을 확인할 수 있다. 중심주파수와 입력 임피던스를 고려하여 최적의 $SL_2=4.6\text{mm}$ 로 선택하였다.



(a) Input impedance loci



(b) Axial ratio plots

그림 3. 다양한 SL_2 에 따른 입력 임피던스와 축비 변화 ($F_s=2.3\text{GHz}$, $F_e=2.55\text{GHz}$, $\Delta f=5\text{MHz}$).
Fig. 3. Effects of various SL_2 on the input impedance loci and the axial ratio plots ($F_s=2.3\text{GHz}$, $F_e=2.55\text{GHz}$, $\Delta f=5\text{MHz}$).

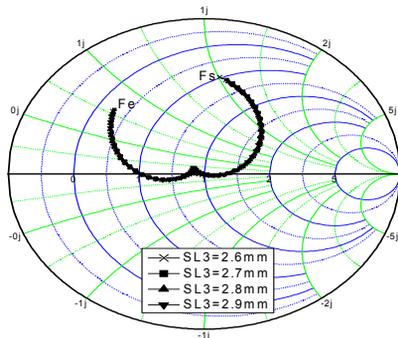
그림 4는 SL_3 의 변화에 대해 입력임피던스 궤적과 축비를 도기한 것이다. 나머지 파라미터 $SL_1=3.4\text{mm}$, $SL_2=4.6\text{mm}$, $SL_4=4.1\text{mm}$ 값을 사용하였다. SL_3 의 변화는 거의 입력임피던스의 변화를 가져오지 않지만 SL_3 가 길어지면 중심주파수는 약간 낮아지고 3dB 축비 대역폭은 증가한다.

SL_3 는 3dB 축비 대역폭에 영향을 주는 것을 알 수 있다. 3dB 축비 대역폭을 고려하여 최적의 $SL_3=2.9\text{mm}$ 로 선택하였다.

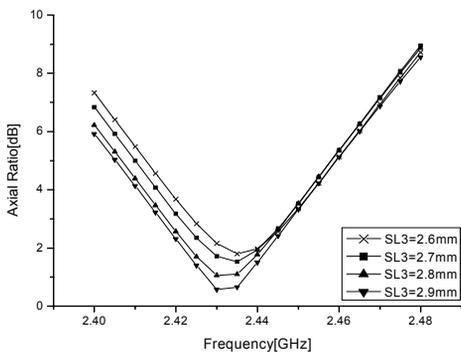
그림 5는 SL_4 의 변화에 대해 입력임피던스 궤적과 축비를 도기한 것이다. 나머지 파라미터 $SL_1=3.4\text{mm}$, $SL_2=4.6\text{mm}$, $SL_3=2.8\text{mm}$ 값을 사용하였다. $SL_4=3.9\text{mm}$ 을 기준으로 SL_4 의 값이 감소하거나 증가하면 중심 주파수의 입력임피던스 값이 50Ω으

로부터 벗어나고 SL_4 의 증가에 따라 3dB 축비 대역폭은 증가하는 것을 알 수 있다.

SL_4 는 입력임피던스와 3dB 축비 대역폭에 크게 영향을 끼치는 것을 확인할 수 있다. 입력임피던스와 3dB 축비 대역폭을 고려하여 최적의 $SL_4=4.1\text{mm}$ 로 선택하였다.



(a) Input impedance loci



(b) Axial ratio plots

그림 4. 다양한 SL_3 에 따른 입력 임피던스와 축비 변화 ($F_s=2.3\text{GHz}$, $F_e=2.55\text{GHz}$, $\Delta f=5\text{MHz}$).

Fig. 4. Effects of various SL_3 on the input impedance loci and the axial ratio plots($F_s=2.3\text{GHz}$, $F_e=2.55\text{GHz}$, $\Delta f=5\text{MHz}$).

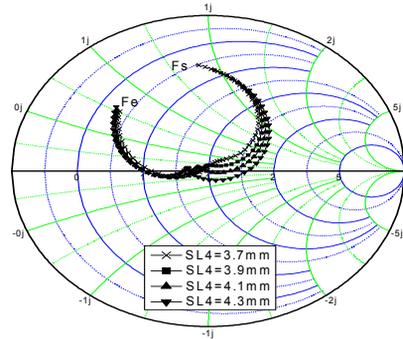
따라서 SL_2 의 변화는 중심주파수에, SL_2 와 SL_4 의 변화는 입력임피던스에, SL_3 와 SL_4 는 3dB 축비 대역폭에 많은 영향을 미치는 것을 확인하였다.

이상과 같이 반복적인 해석 과정을 거쳐 얻은 변형된 H형 슬롯의 중요 파라미터 SL_1 , SL_2 , SL_3 및 SL_4 값을 표 1에 작성하였다.

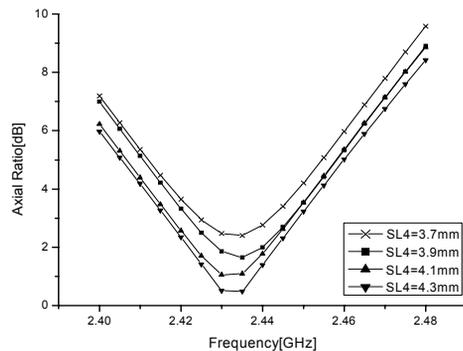
표 1. 변형된 H형 슬롯에 대한 최적 설계 파라미터(단위 : mm).

Table 1. Optimal parameters for the modified H-slot antenna.(unit : mm).

파라미터	값	파라미터	값
SL_1	3.4	SL_3	2.9
SL_2	4.6	SL_4	4.1



(a) Input impedance loci



(b) Axial ratio plots

그림 5. 다양한 SL_4 에 따른 입력 임피던스와 축비 변화 ($F_s=2.3\text{GHz}$, $F_e=2.55\text{GHz}$, $\Delta f=5\text{MHz}$).

Fig. 5. Effects of various SL_4 on the input impedance loci and the axial ratio plots($F_s=2.3\text{GHz}$, $F_e=2.55\text{GHz}$, $\Delta f=5\text{MHz}$).

III. 결과 검토

그림 6과 7은 제안한 안테나의 반사손실 및 축비를 HFSS와 CST로 해석하여 비교한 것이다. 반사손실에서 -10dB 대역폭을 살펴보면 HFSS의 경우 135MHz, CST의 경우 105MHz로 CST의 값이 약간 작

게 나타나지만 전체적인 S11의 특성은 잘 일치하는 것을 알 수 있다.

축비 특성에서는 HFSS의 경우 32MHz, CST의 경우 45MHz로 CST의 값이 약간 크게 나타나고 중심주파수는 HFSS의 경우 2.43GHz, CST의 경우 2.42GHz로 10MHz의 극히 작은 차이를 보인다. 따라서 제안한 안테나에 대한 최적의 설계가 이루어졌다는 것을 확인할 수 있다.

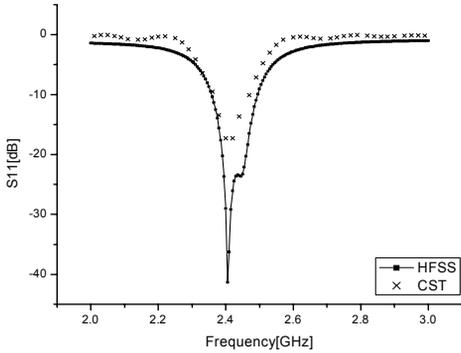


그림 6. 제안한 안테나에 대한 반사손실의 비교
Fig. 6. Comparison of return losses for the proposal antenna.

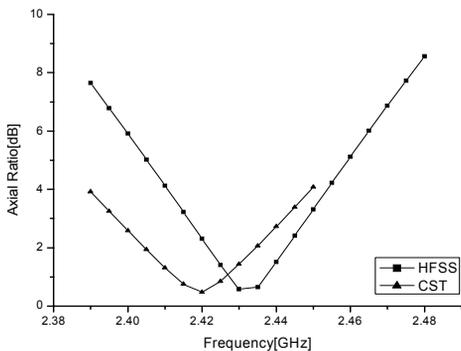
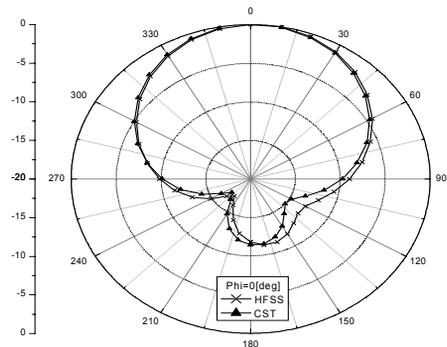
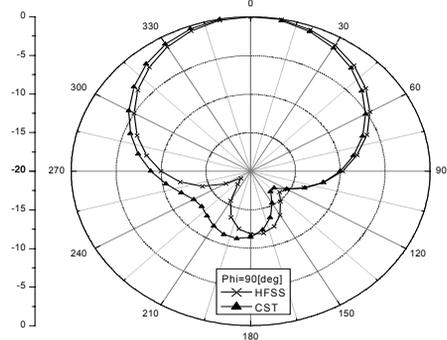


그림 7. 제안한 안테나에 대한 축비의 비교
Fig. 7. Comparison of axial ratios for the proposal antenna.



(a) xz plane



(b) yz plane

그림 8. 중심주파수에서 방사패턴(HFSS : 2.43GHz, CST : 2.42GHz).
Fig. 8. Radiation patterns at the center frequency (HFSS : 2.43GHz, CST : 2.42GHz).

그림 8은 중심주파수에서의 방사패턴을 비교한 것으로 잘 일치하는 것을 확인할 수 있다. 빔폭은 xz-plane($\phi=0^\circ$) 및 yz-plane($\phi=90^\circ$) 둘 다 92° 정도이다.

IV. 결론

본 논문에서는 변형된 H형 슬롯 개구결합 원형편파 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 급전 방식은 변형된 H형 슬롯을 사용한 개구결합 급전구조이고 안테나의 실제적인 사용을 위해 안테나의 접지면을 유한하게 한정시켰다. 전자파 해석 툴인 HFSS를 이용하여 반복적인 해석 과정을 거쳐 최적의 설계 파라미터 값을 찾았다.

특히 변형된 H형 슬롯의 중요 파라미터 SL1, SL2, SL3 및 SL4가 안테나의 입력임피던스 및 축비에 미치는 영향을 검토하였다.

제안한 안테나에 대한 설계의 타당성 및 실효성을 검증하기 위해 HFSS의 결과와 CST 결과를 비교하였다. 반사손실, 축비와 방사패턴이 거의 일치하였다. 따라서 제안한 안테나는 새로운 형태의 원형편파 안테나로서 충분히 2.4GHz ISM 대역용 안테나로 사용될 수 있음을 확인하였다.

향후 과제는 최적의 설계 파라미터 값을 갖는 안테나를 제작하여 반사손실, 축비 및 방사패턴 등을 측정함으로써 제안한 안테나의 유용성을 확인하는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Huang, C. Y., J. Y. Wu and K. L. Wong, "Cross-slot-coupled Microstrip Antenna and Dielectric Resonator Antenna for Circular Polarization," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, Vol. 47, No. 4, 1999, pp. 605-609.
- [2] Vlasits, T., et al., "Performance of a Cross Aperture Coupled Single Feed Circularly Polarized Patch Antenna," *Electronic Letters*, Vol. 32, No. 7, 1996, pp. 612-613.
- [3] Pozar, D. M. and S. M. Duffy, "A Dual-Band Circularly Polarized Aperture-Coupled Stacked Microstrip Antenna for Global Positioning Satellite," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, Vol. 45, No. 11, 1997, pp. 1618-1625.
- [4] Huang, C. Y., J. Y. Wu and K. L. Wong, "Slot-coupled Microstrip Antenna for Broadband Circular Polarization," *Electronic Letters*, Vol. 34, No. 9, 1998, pp. 835-836.
- [5] Jeen-sheen Row, "Design of aperture-coupled annular-ring Microstrip Antennas for Circular Polarization," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, Vol. 53, No. 5, 2005, pp. 1779-1784.
- [6] S. M. Park, and K. D. Park, "Antenna for RFID Reader," "Antenna for RFID Reader," in *Proceeding of 3rd the International Conference on Ubiquitous and Future Networks*, 2011, pp. 112-115.
- [7] 박기동, "H형 슬롯결합 원형편파 마이크로스트립 안테나," *한국통신학회 통신산업응용*, Vol. 36, No. 4, 2011, pp. 52-56.

박 기 동 (Ki-dong Park)

정회원



안테나 설계

1995년 2월 전남대학교 전자공학과 석사
 2000년 8월 전남대학교 전자공학과 박사
 1997년 3월~현재 동강대학 전기정보통신과 부교수
 <관심분야> 전자파 수치해석,