

# 무선 통신용 10GHz 대역 슬롯 패치 안테나 연구

박용욱\*

A study of 10GHz Slot Patch Antenna for Wireless Communication

Yong-Wook Park\*

요약

무선인터넷의 수요가 급증하게 되면서 현재 사용하고 있는 2.4 및 5GHz 통신 대역은 포화상태에 도달하여 성능과 속도가 저하되고 있다. 따라서 본 논문에서는 향후 사용 가능한 10GHz 대역의 슬롯 패치 안테나 동작 특성을 설계 변수인 폭(W)과 길이(L), sL, sW, feed L, feed W를 변화시키며 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 통해 분석하고 이를 바탕으로 설계된 안테나를 유전율 4.4의 FR-4 기판을 사용하여 슬롯 패치 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 Network Analyzer를 이용하여 제작된 슬롯 패치 안테나의 주파수 동작 특성을 분석하였다. 제작된 슬롯 패치 안테나는 각각 중심주파수 10.23GHz, 반사손실 -32dB, -10dB 대역폭 420MHz으로 우수한 동작 특성을 보여주었다.

ABSTRACT

In the information age, internet was developed from the wired access to the wireless Internet access. When a surge in demand for wireless Internet access, efficiency and performance of 2.4 and 5GHz band which leads to saturation of the communication was significantly fall. In this paper, we studied the design and fabrication of slot patch antenna to be used in wireless communication systems operating at around 10GHz band. To obtain optimal antenna parameters such as patch size, inter patch space, sL, sW, feed L, feed w, slot patch antenna was simulated by HFSS(High Frequency Structure Simulator). From these parameters, slot and patch antenna is fabricated using FR-4 substrate of dielectric constant 4.4. The characteristics of fabricated antenna were analyzed by network analyzer. The fabricated slot patch antenna showed a center frequency as 10.23GHz, the minimum return loss as -32dB, and -10dB bandwidth as 420MHz respectively.

키워드

Antenna, Wireless Communication, Slot, Patch, 10GHz, HFSS  
안테나, 무선 통신, 슬롯, 패치, 10GHz, HFSS

## 1. 서론

최근 위성 및 이동 통신, GPS(Global Positioning System) 등의 무선통신은 현재 빠르게 발전하고 있다.

특히 무선 LAN(Local Area Network)은 사무실이나 기타 이동 통신 환경에서 활용도가 매우 높다[1-5]. 무선 LAN은 기존의 유선 LAN의 기능을 가지면서 많은 공간을 차지하지 않기 때문에 공간 활용 등의 많은 장점을

\* 교신저자 : 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과  
• 접수일 : 2021. 05. 03  
• 수정완료일 : 2021. 06. 25  
• 게재확정일 : 2021. 08. 17

• Received : May. 03, 2021, Revised : Jun. 25, 2021, Accepted : Aug. 17, 2021  
• Corresponding Author : Yong-Wook Park  
Dept. of Electronics Engineering, Namseoul University  
Email : pyw@nsu.ac.kr

보유하고 있지만, 점차 이용자가 급증하게 되면서 이전에 도입되어 사용하고 있는 2.4GHz 대역의 통신 품질이 떨어지고 통신에 장애가 생기는 문제가 발생하고 있고, 또한 현재 많이 사용하고 있는 5GHz 대역 역시 사용자 증가로 포화되어 차세대 주파수 대역이 필요한 상황이다.

현재 사용 중인 5G(5세대 이동 통신)는 다운로드 최대 속도가 20Gbps에 달하는 이동통신 기술로, 1Gbps의 속도인 LTE에 비해 20배 정도 최대속도가 빠르고, 5G가 가지는 낮은 지연성과 초연결성을 통해 가상현실, 자율주행, 사물인터넷 기술 등을 구현할 수 있다. 5G 기술은 고화질 이미지를 실시간으로 전송하기 때문에 초고속 대용량 통신 대역이 필요하다. 한국에서 사용되는 5G의 통신 주파수 할당 대역은 3.42~3.7GHz 대역, 26.5~28.9GHz 대역으로 무선 LAN으로 사용되는 2.4 GHz 및 5GHz 대역도 사용자 증가로 포화되어 무선 LAN의 사용 주파수는 점점 더 높은 고주파수 대역으로 이동할 것으로 예상된다.

따라서 현재 사용된 무선 LAN도 앞으로 기존 사용자와 데이터 전송량이 늘어나게 되면 통신 품질의 문제가 생기고 더 높은 주파수의 통신이 필요하게 될 것을 예상하여 본 논문에서는 안테나의 구조를 해석할 수 있는 HFSS를 이용하여 5GHz 대역보다 전송용량이 증대될 수 있는 10GHz 대역의 슬롯 패치 안테나 특성 연구를 수행하고자 한다[6-10].

본 연구에서는 10GHz 대역에서 사용 가능한 지향성 및 안테나 동작 특성이 우수한 슬롯 패치 형태의 마이크로스트립 안테나의 소형화를 위하여 슬롯 패치 형태에서 설계 변수인 폭(W)과 길이(L), sL, sW, feed L, feed W 등의 6개의 설계 변수의 특성을 HFSS (High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 설계 및 분석하고, 설계된 안테나를 유전율 4.4의 FR-4 유전체 기판위에 포토리소그래피 박막제조법으로 안테나를 제작하고 제작된 안테나의 특성을 회로망 분석기(Network Analyzer, Keysight E5071C)를 사용하여 무선 통신용 10GHz 대역 슬롯 패치 안테나 특성을 분석, 평가 연구를 수행하였다.

## II. 안테나 설계

본 연구에서 안테나의 소형화 및 협대역 특성 개선을 위해 높은 지향성과 안정된 동작 특성을 갖는 그림 1과

같은 슬롯 패치 안테나 구조를 선택하였고 각 구조 변수에 따른 안테나 특성을 확인하기 위해 HFSS 프로그램을 사용하여 설계된 안테나의 주파수 특성을 연구하였다. 슬롯 패치 형태의 마이크로스트립 안테나는 평면 안테나의 구조를 갖고 유전체 양면에 도금된 금속박막 중 하나의 금속박막에 제작된 스트립 선로가 급전선 역할을 하게 된다. 스트립 선로의 급전선을 안테나의 패치 선로에 연결하여 제작하는 것이 슬롯 패치 안테나의 일반적인 구조이다[11-15].

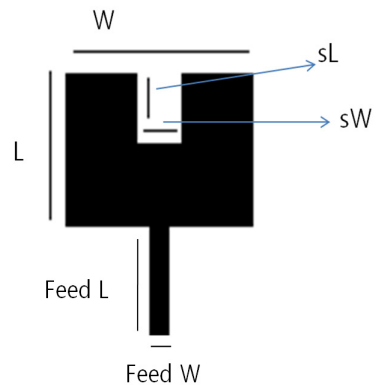


그림 1. 슬롯 패치 안테나 구조  
Fig. 1 Geometry of slot patch antenna

이와 같은 구조적 특성을 갖고 우수한 방사특성 및 주파수 동작 특성을 갖는 안테나 구조는 그림 1과 같다. 위와 같은 구조의 슬롯 패치 안테나는 그림과 같이 폭(W)과 길이(L), sL, sW, feed L, feed W 등의 6개의 설계 변수가 존재하고 이와 같은 변수에 따른 특성을 HFSS를 이용하여 각각의 설계 변수가 미치는 영향과 특성을 분석하였다. 10GHz 대역에서 동작하는 슬롯 패치 안테나를 위하여 제안된 안테나의 설계 목표는 표 1과 같다.

표 1. 안테나 설계 목표  
Table 1. Element values of antenna spec

Frequency	10 GHz
Input Return Loss	≤ -30 dB
-10dB Bandwidth	400 MHz

표 1과 같은 안테나 설계 목표를 달성하기 위하여 주파수(Frequency), 삽입손실(Return Loss), 대역폭(Bandwidth)과 같은 안테나 특성을 폭(W)과 길이(L), sL, sW, feed L, feed W 등의 6개의 설계 변수를 변화시키며 HFSS 프로그램을 사용하여 안테나의 동작 특성을 그림 2과 같은 과정을 통하여 안테나 설계를 수행하였다.

그림 1과 같은 구조의 슬롯 패치 안테나에서 중심주파수에 주로 영향을 미치는 폭(W)과 길이(L)의 변수에 대한 주파수 변화 특성을 확인하고 반사손실에 영향을 미칠 것으로 예상되는 sL, sW, feed L, feed W 등의 안테나 변수에 대하여도 설계된 안테나의 주파수 동작 특성을 연구하였다. HFSS를 사용하여 그림 2와 같은 안테나 설계 분석 과정을 통해 설계된 안테나는 박막 제조공정인 포토리소그래피법으로 유전율 4.4, 기판두께 1.6mm 그리고 loss tangent 0.0004의 특성을 갖는 FR-4 유전체 기판을 사용하여 설계된 구조의 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 중심주파수, 삽입손실, 대역폭과 같은 동작 특성을 회로망 분석기(Network Analyzer, Keysight E5071C)를 사용하여 안테나 동작 특성을 확인하였다.

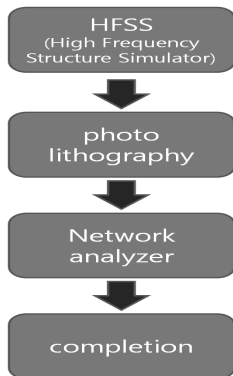


그림 2. 안테나 설계, 제작 과정  
Fig. 2 Fabrication & Design Process of antenna

### III. 실험 및 결과

본 연구에서는 표 1에 제안된 안테나 설계 목표인 중심주파수 10GHz, 입력 반사손실 -30dB 이하, 대역폭 400MHz의 동작 특성을 갖는 슬롯 패치 안테나를 그림 1과 같은 구조로 설계하였고 설계 특성을 만족하기 위해 각 파라미터의 특성을 HFSS로 분석하였다.

이와 같은 구조에서 안테나의 주파수 특성을 결정하는 중요한 역할을 하는 패치 폭(W)과 길이(L)의 파라미터를 결정하기 위하여 폭(W)은 10mm를 기준으로 1mm 간격으로 폭을 변화시키며 폭(W)의 변화에 따른 반사손실 특성을 확인하였다. 그림 3은 폭(W)을 1mm씩 감소하며 반사손실 특성을 확인한 HFSS 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 폭(W)이 감소함에 따라 중심주파수가 증가하는 특성을 보여준다. 이는 안테나 크기가 감소하면, 파장이 감소할 것이고 주파수가 증가할 것이라 구조 변화에 대한 특성과 일치하는 결과이다. 위의 실험에서 8mm 폭(W)에서 설계 목표값인 중심주파수 10GHz 특성값을 구현할 수 있었다. 또한 파장에 영향을 주는 다른 변수인 길이(L)에 따른 안테나 특성을 분석하기 위하여 8mm 폭(W)을 고정한 후 길이(L)를 7.7mm 값에서 1mm 간격으로 변화시키며 안테나 주파수 특성을 시뮬레이션 한 결과는 그림 4와 같다. 그림 4의 결과와 같이 길이(L)도 길이의 크기가 감소하면 중심주파수가 증가하는 특성을 보였고 5.7mm에서 설계 목표의 중심주파수 값에 도달하는 것을 HFSS 시뮬레이션을 통하여 확인할 수 있었다.

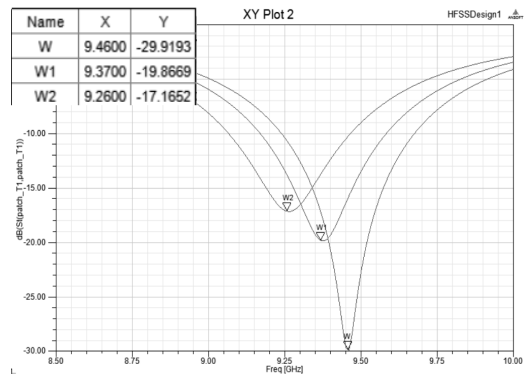


그림 3 W 변화에 따른 시뮬레이션 결과  
Fig. 3 Simulation results of W Variations

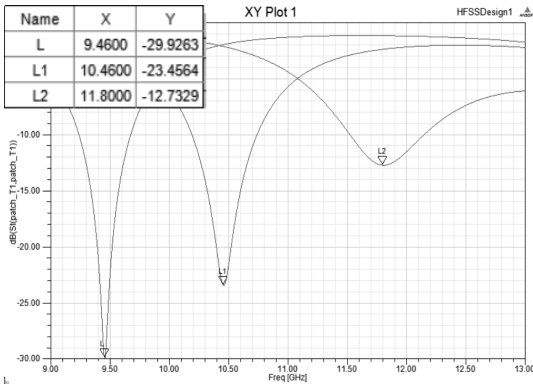


그림 4. L 변화에 따른 시뮬레이션 결과  
Fig. 4 Simulation results of L Variations

또한, sL, sW, feed L, feed W의 변수에 대한 특성도 각 설계 변수값을 변화시키며 주파수 및 반사손실 특성을 분석하였다. 이와 같은 폭(W)과 길이(L), sL, sW, feed L, feed W의 파라미터 대한 특성 분석을 수행한 후, 표1과 같은 안테나 설계값을 만족하는 동작특성을 갖는 슬롯 패치 안테나의 최적화된 각 안테나 변수값은 표 2와 같이 설계되었다. 표 2와 같이 최적화된 안테나에 대한 중심주파수, 대역폭 등의 시뮬레이션 결과값은 그림 5와 같다.

표 2. 최적화된 안테나 설계 값  
Table 2. Optimization for antenna design

L (mm)	W (mm)	sL (mm)	sW (mm)	feed L (mm)	feed W (mm)
5.7	8	2.7	2	4.14	0.7

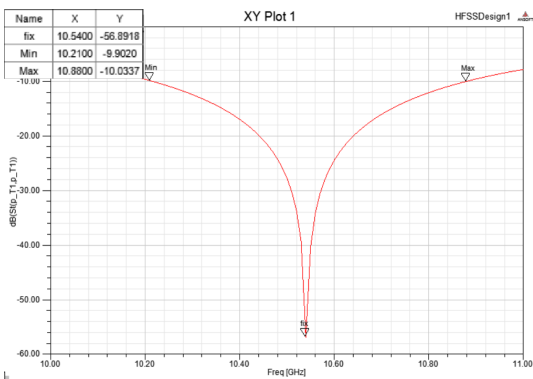


그림 5. 안테나의 return loss 시뮬레이션 결과  
Fig. 5 Simulation return loss results of slot antenna

그림 5의 결과에서 확인한 슬롯 패치 안테나의 동작 특성이 표 1에서 제안된 안테나 설계 목표값을 달성하여 설계된 안테나의 모의실험 결과값을 바탕으로 FR-4 기판을 사용하여 박막제조법으로 제작한 슬롯 패치 안테나를 그림 6에 보여주고 있다.

그림 6과 같이 FR-4 기판위에 제작된 안테나는 회로망 분석기(Network Analyzer)를 사용하여 제작된 안테나의 중심주파수, 삽입손실, 대역폭의 값들을 분석하였다. 측정된 안테나의 주파수 특성은 그림 7과 같다.



그림 6. 실제 제작한 안테나  
Fig. 6 Photo of fabricated antenna

FR-4 기판에 제작된 무선통신용 10GHz 대역 슬롯 패치 안테나는 제안된 설계값과 비슷한 중심주파수 10.23GHz의 값을 가졌고 중심주파수에서의 측정된 반사손실은 -32dB값을 보여주었다. 또한 -10dB 영역에서의 주파수 대역폭은 420MHz의 폭을 가졌고 안테나의 동작을 유무를 확인할 수 있는 VSWR값도 우수한 동작 특성을 보여주었다.

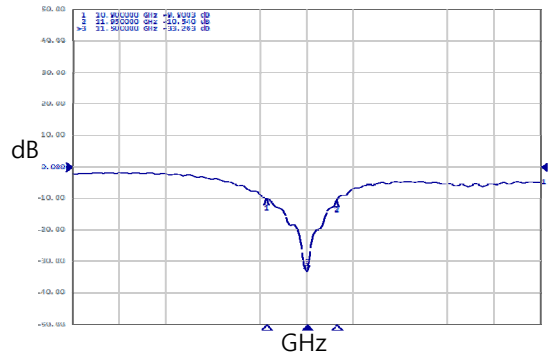


그림 7. 제작된 슬롯 패치안테나 return loss 특성  
Fig. 7 Measuring return loss data of fabricated slot patch antenna

제작된 안테나의 동작특성과 설계값을 비교하여 보면 중심주파수의 특성은 약간의 오차가 발생하였지만 반사손실과 -10dB에서의 주파수 대역폭은 설계 목표값을 달성하였다. 중심주파수에 발생한 오차는 안테나 설계 시 HFSS의 외부 환경 설정 오류와 안테나 제작에서 발생하는 급전 부분에서의 납땜과 같은 제작 불량에 의한 오차로 생각된다.

## V. 결 론

본 논문에서는 10GHz 대역의 무선통신에 활용이 가능한 지향성 및 동작 특성이 양호한 슬롯 패치 안테나를 설계 제작하였다. 안테나의 특성을 분석하기 위해 HFSS 프로그램을 이용하여 안테나 특성을 분석하였고 설계된 안테나를 FR-4 기판을 사용하여 제작하였다. 제작된 안테나의 동작특성을 회로망 분석기(Network Analyzer, Keysight E5071C)를 활용하여 제작된 안테나를 분석한 결과 제작된 안테나는 중심주파수 10.23GHz에서 반사손실은 -32dB, -10dB에서의 주파수 대역폭은 420MHz의 값을 보여주었다. 이와 같은 연구를 바탕으로 향후 차세대 무선통신에 활용하기 위한 소형화 및 특성 개선 연구를 진행할 것이다.

### 감사의 글

본 논문은 2020년도 남서울대학교 학술연구비 지원으로 수행되었습.

## References

- [1] J. Yoon and G. Choi, "A Design and Implementation of CPW-fed Antenna with Two Branch Strip for WLAN Applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 4, 2015, pp. 455-462.
- [2] J. Jung and S. Park, "A Study on Adaptive Pattern Null Synthesis for Active Phased Array Antenna," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 3, 2021, pp. 407-416.
- [3] T. Kim and S. Hwang, "Adaptive Beamforming System Based on Combined Array Antenna," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 9-18.
- [4] S. Yoon, "Implementation of Multi-Beam Pattern Compact MIMO Antenna based on Switched Parasitic Antenna," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 2, 2020, pp. 219-224.
- [5] O. Kim, G. Kim and S. Rhee, "Wideband Slot-Coupled Microstrip Antenna with The Reflector," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, 2019, pp. 1045-1052.
- [6] Y. Park, "Dual T type antenna study for LTE communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 1, 2015, pp. 7-11.
- [7] C. L. Tang and K. L. Wong, "Single-feed slotted equilateral-triangular microstrip antenna for circular polarization," *IEEE Trans. Antennas propagat.*, vol. 47, no. 11, 1999, pp. 1174-1178.
- [8] M. Nikolić, A. Djordjević, and A. Nehorai. "Microstrip Antennas With Suppressed Radiation in Horizontal Directions and Reduced Coupling" *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol. 53, no. 11, 2005, pp. 3469-3476.
- [9] J. Yoon and Y. Rhee, "Design and Fabrication of Dual-Ring Monopole Antenna for Wideband Characteristics," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 9, 2013, pp. 1285-1291.
- [10] O. Kim, "Design of Dual-band Microstrip Antenna for Wireless Communication Applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1275-1279.

- [11] W. Cao, Y. Xiang, B. Zahng, A. Liu, T. Yu, and D. Guo, "A Low Cost Compact Patch Antenna With Beam Steering Based on CSRR-Loaded Ground," *IEEE Antenna Wireless Propagation Letters*, vol. 10, no. 1, 2011, pp. 1520-1523.
- [12] C. Mak, K. Lee, and Y. Chow, "Experimental study of a Microstrip Patch Antenna with an L-shaped Probe," *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 48, no. 5, 2000, pp. 777-783.
- [13] S. Lee, H. Kim, and Y. Lee, "Mitigation of co-channel interference in Bluetooth piconets," *IEEE Trans. Wireless Comm.* vol. 11, no. 4, 2012, pp. 1249-1254.
- [14] H. Chen, "Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened stub," *IEEE Trans. Antennas Propagation*. vol. 51, no. 8, 2003. pp. 1982-1986.
- [15] J. Kim and J. Yeo, "CPW-fed Compact Slot Antenna Matched by T-shaped Stub," *J. of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 13, no. 12, 2012, pp. 3140-3145.

## 저자 소개



### **박용욱(Yong-Wook Park)**

1989년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1991년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1999년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : RF 디바이스, 안테나, 센서