

6GHz 대역용 패치 안테나 연구

박용욱*

A Study of Patch Antenna for 6GHz

Yong-Wook Park*

요약

인터넷이 보급된 이후로 우리 사회는 정보화시대에 진입하게 되었고, 인터넷도 유선인터넷에서 무선인터넷으로 변화하게 되었다. 무선인터넷의 수요가 급증하게 되면서 이전에 Wi-Fi에 이용하던 2.4 및 5GHz 대역의 인터넷 통신은 포화상태에 도달하게 되어 성능과 속도가 급속히 저하하게 되었다. 따라서 속도가 증가된 Wi-Fi 6E에 사용되는 6GHz 대역의 통신이 주목을 받게 되었다. 본 연구에서는 6GHz 대역에서 사용 가능한 패치형 마이크로스트립 안테나를 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 사용하여 특성을 분석하고 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나를 유전율 4.4의 FR4 기판을 이용해 안테나를 제작하고, 회로망 분석기를 사용하여 제작된 6GHz 대역용 패치 안테나 동작 특성을 분석하였다.

ABSTRACT

The modern society has become entry into the information age after the spread of Internet. 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, performance and speed of 2.4 and 5GHz band for Wi-Fi which leads to saturation of the communication was significantly fall. Accordingly, the communication of the 6GHz band for Wi-Fi 6E came to be interested. In this paper, we studied the design and fabrication of microstrip patch antenna to be used in wireless communication systems operating at around 6GHz band. To obtain antenna parameters such as patch size, inter patch space, antenna was simulated by HFSS(High Frequency Structure Simulator). From these parameters, slot microstrip patch antenna is fabricated using FR-4 of dielectric constant 4.4. The characteristics of fabricated patch type microstrip antenna were analyzed by network analyzer.

키워드

Microstrip Antenna, Wireless Communication, Wi-Fi, Patch, 6GHz, HFSS
마이크로스트립 안테나, 무선 통신, 와이파이, 패치, 6GHz, HFSS

1. 서론

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

다[1-3]. 특히 무선 LAN(: Local Area Network)은 사무실이나 기타 이동 통신 환경에서 활용도가 매우 높다. 그러나 현재 사용하고 있는 2.4GHz와 5GHz 주파수는 Wi-Fi 4와 Wi-Fi 5에 사용되고 있는 주파수

*교신저자 : 남서울대학교 전자공학과
• 접수일 : 2022. 09. 15
• 수정완료일 : 2022. 10. 29
• 게재확정일 : 2022. 12. 17

• Received : Sep. 15, 2022, Revised : Oct. 29, 2022, Accepted : Dec. 17, 2022
• Corresponding Author : Yong-Wook Park
Dept. of Electronics Engineering, Namseoul University
Email : pyw@nsu.ac.kr

대역으로 주파수 대역이 포화상태이고, 통신간섭 문제가 발생하기도 한다. 또한, 트래픽이 증가하면서 연결 지연 및 속도저하의 문제도 발생하고 있다. 차세대 주파수 대역이 공급되면서 기존보다 5배 빠른 초고속 Wi-Fi를 사용할 수 있게 될 것이다. 과학기술정보통신부는 6GHz 대역을 광대역 비면허 통신용 주파수로 공급한다고 밝혔다.

이를 완화하기 위해 이미 사용되고 있는 2개의 주파수 대역에 6GHz 대역 주파수를 추가한 Wi-Fi 6E가 개발되었다. 즉, 주파수를 더 확보하고 채널 대역폭을 확장하는 등 Wi-Fi의 성능을 높이기 위해 Wi-Fi 6E가 등장하게 되었고 우리나라는 6GHz 대역에서 쓸 수 있는 비면허 대역을 5,925 ~ 7,125MHz 대역으로 확정하였다. 다만 1,200MHz 대역폭 중 일부 대역을 이동통신사와 방송에서 활용 중이어서 하위 500MHz 대역만 우선 공급하게 되었다.

앞으로도 더 많은 종류의 프로그램 사용으로 데이터양이 많아져 대역을 만족하는 안테나를 이용하는 것보다 여러 데이터를 동시에 제공할 수 있는 다채널 안테나를 이용하는 것이 비용, 공간, 효율 등의 측면에서 이점을 갖는다. 이를 위해 안테나는 여러 주파수 대역을 모두 포함하는 광대역 특성을 가져야 하며, 원활한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 높은 이득 특성을 가져야 한다[4-7]. 한편 마이크로스트립 안테나는 평면 구조로 제작이 편리하고 비용이 저렴하여 널리 사용되고 있으며, 다른 소형화된 집적 회로와 결합이 가능하므로 휴대폰과 같은 소형기에 많이 사용된다. 하지만 일반적인 마이크로스트립 안테나는 협소한 대역폭을 가지므로 다양한 서비스를 제공하기가 어렵다는 문제점도 가지고 있다[8-12].

따라서 향후 충분한 이득과 대역폭을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나에 관한 연구가 증가하게 될 것으로 예상되며, 또한 Wi-Fi 6E에 응용 가능한 6GHz 대역에서 사용될 수 있는 패치형 안테나에 대한 특성 연구 역시 많은 연구자들이 연구를 수행할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 포화된 기존의 2.4GHz 및 5GHz통신대역 대신 6GHz대역에서 사용 가능한 지향성 및 안테나 동작 특성이 우수한 patch 형태 마이크로스트립 안테나를 시뮬레이션 프로그램 HFSS를 이용하여 설계하고, 우수한 동작 특성을 갖도록 설계된 패치형 마이크로 스트립 안테나를 유전율 4.4의 FR4

유전체 기판을 이용하여 박막제조법으로 안테나를 제작하였다. 이렇게 제작된 안테나의 동작특성을 분석하기 위하여 회로망 분석기(Network Analyzer, Keysight E5071C)를 사용하여 제작된 안테나 특성을 분석, 평가하였다.

II. 이론

마이크로스트립 안테나는 평면 안테나이다. 유전체 양면에 도금된 금속박막 중 하나의 금속박막에 선로를 제작하는 것을 마이크로스트립 선로라고 하는데, 이러한 선로와 다른 금속박 막판이 2개의 급전선이 된다. 급전선을 안테나의 패치 선로에 연결하여 제작하는 것이 마이크로스트립 안테나의 일반적인 구조이다. 설계하는 패치의 폭을 넓게 하면 동작되는 안테나의 주파수 대역폭이 확장되고 전파의 방사 특성도 향상되게 된다.

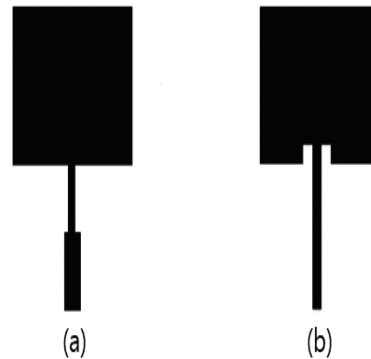


그림 1. 마이크로스트립 안테나의 급전방식
Fig. 1 Feeding type of microstrip antenna

설계되는 안테나의 구조를 정사각형으로 한 마이크로스트립 안테나를 사각 패치 안테나, 원형 형태를 가지는도록 한 것을 원형구조를 갖는 패치 안테나라고 한다. 본 논문에서는 안테나의 동작특성을 개선하기 위하여 네모형태의 패치에 T 형태를 갖도록 형상을 변화시켜 안테나 특성 변화를 HFSS를 사용하여 분석하였다. 마이크로스트립 안테나는 장점인 구조가 간단하여 대량 생산에 적합하고 안테나 구조가 평면상으로

되어있어 견고한 특성을 갖기 때문에 배열 안테나 소자로 많이 사용된다. 마이크로스트립 안테나에서 송신/수신 신호를 전달하고 임피던스정합을 수행하기 위하여 다양한 형태의 에너지 급전방식이 사용되고 있다. 급전선에 에너지를 공급하는 급전방식으로는 개구결합, 전자기결합과 직접결합 방식이 있다. 마이크로스트립 안테나는 일반적으로 그림 1과 같은 구조를 갖는 $\lambda/4$ 변환기의 마이크로스트립 가장자리 급전방식과 T 형태의 슬롯을 갖는 마이크로 스트립 급전방식이 많이 사용된다. 1(a)과 같은 구조의 $\lambda/4$ 변환기를 사용하는 급전방식은 전송선로에 $\lambda/4$ 정합부를 사용하여 입력임피던스를 쉽게 제어 할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 이러한 장점과는 달리 전원을 공급하는 급전선의 폭이 좁아지는 특성으로 안테나 제작시 어려움이 발생하는 단점이 존재한다. 이와 같은 $\lambda/4$ 변환기를 이용한 가장자리 급전방식에서 제작의 문제점을 해결할 수 있는 다른 급전방식이 T 형태 패치형 마이크로스트립 급전방식으로 그림 1(b)의 구조를 갖는다. 이는 평면형태로 금속박막을 에칭하기 용이하며, 필요에 따라 급전선의 삽입 형태를 변경하여 입력 임피던스를 제어할 수 있는 장점도 가진다. 본 논문에서는 다양한 급전선 방식 중에서 제작 및 동작 특성이 우수한 패치형 마이크로스트립 급전구조를 갖는 안테나의 동작특성에 대하여 연구를 수행하였다.

III. 안테나의 설계

6GHz 대역용 패치형 마이크로스트립 안테나를 제작하기 위하여 설계되는 안테나의 동작 특성은 표 1과 같다. 표 1에 정의하는 중심주파수, 삽입손실, 대역폭과 같은 설계 목표값을 구현하기 위해 구조체의 주파수 특성을 분석할 수 있는 HFSS 프로그램을 사용하여 안테나의 동작 특성을 그림 2와 같은 과정을 통하여 설계를 수행하고 표 1과 같은 동작특성을 갖는 패치형 마이크로스트립를 설계 한후 동작특성을 분석하였다.

HFSS 시뮬레이션을 통하여 설계된 안테나는 일반적인 박막제조공정인 포토리소그래피방법으로 유전율 4.4, 기판두께 1.6mm 그리고 loss tangent 0.0004의

특성을 갖는 FR-4 유전체 기판을 사용하여 설계된 안테나를 제작하였다.

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

Category	Spec
Center Frequency	6.2GHz
Return Loss	$\leq -30\text{dB}$
-10dB Bandwidth	500 MHz
VSWR	≤ 1.3

이와같이 제작된 안테나는 중심주파수, 삽입손실, 대역폭과 같은 안테나 특성을 확인하기 위해 회로망 분석기를 사용하여 표 1에서 제시된 각종 동작 특성을 측정하고 분석하였다.

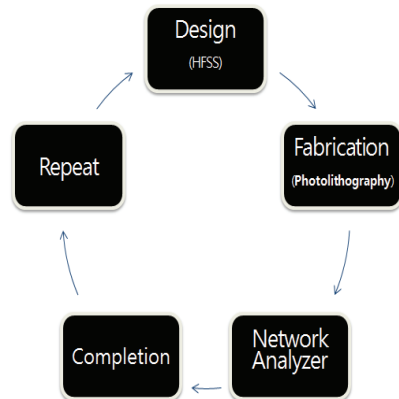


그림 2. 패치 안테나 제작 실험도
Fig. 2 fabrication Process of patch antenna

IV. 실험 및 결과

본 연구에서는 표 1과 같은 안테나의 동작특성인 중심주파수 6.2GHz, 입력 반사손실 -30dB 이하, 대역폭 500MHz 그리고 VSWR이 1.3 이하인 특성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하기 위해 그림 3과 같은 구조를 선택하였다.

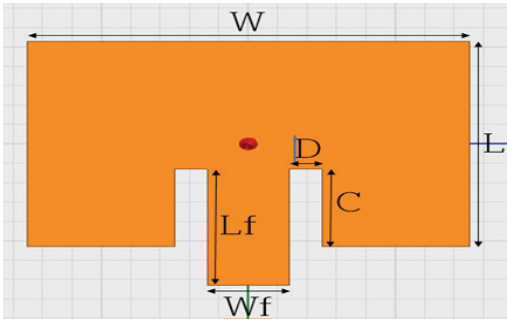


그림 3. 패치 안테나 구조
Fig. 3 Geometry of patch antenna

이와 같은 구조에서 안테나의 주파수 특성을 결정하는 패치 폭(W), 길이(L)과 같은 파라미터를 결정하기 위하여 그림 2와 같은 실험과정을 반복하며 안테나 특성 분석을 수행하였다. 설계 목표에 최대한 근접한 동작특성을 구현하기 위하여 W, L, Wf, Lf, C, D를 파라미터로 설정하였고 설정한 파라미터들을 변화시키면서 설계 목표에 가장 근접한 동작특성을 갖는 안테나를 설계하기 위해 각 파라미터의 값들을 변화시키면서 안테나의 특성을 분석하였다.

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

W [mm]	L [mm]	C [mm]	D [mm]	Wf [mm]	Lf [mm]
14.5	10.9	4	0.5	3	29.4

이와 같은 W, L, C, D, Wf, Lf 요소에 대한 특성을 각각 분석한 후, 주파수 동작 특성이 최적의 값을 갖는 패치형 마이크로스트립 안테나는 표 2와 같이 설계되었다. 표 2와 같이 최적화된 안테나에 대한 중심주파수, 대역폭 등의 동작특성에 대해 수행된 시뮬레이션 결과값을 그림 4에 보여주고 있다. 설계된 안테나의 모의실험 결과값을 바탕으로 FR-4 기판을 사용하여 표 2와 같은 크기를 갖는 패치형 마이크로 스트립 안테나를 박막제조법으로 제작한 안테나를 그림 5에 보여주고 있다.

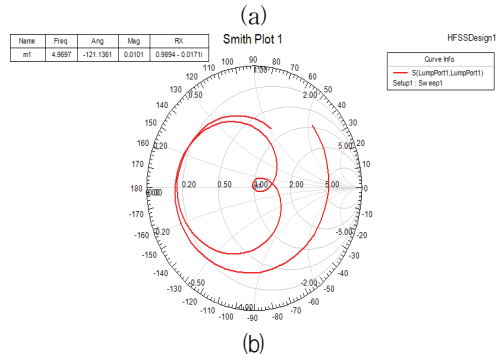
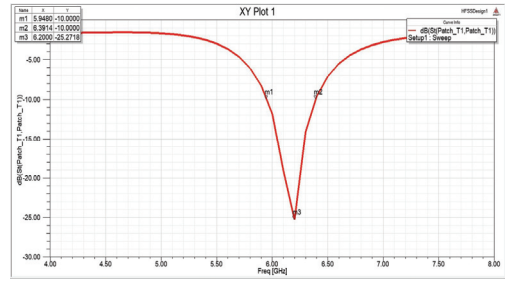


그림 4. 설계된 안테나 특성
(a) S11, (b) smith chart
Fig. 4 Simulation results of antenna
(a) S11, (b) smith chart

그림 5와 같이 제작된 안테나는 회로망 분석기를 사용하여 제작된 안테나의 중심주파수, 삽입손실, 대역폭, VSWR의 값들을 분석하였다. 측정된 동작특성의 값은 그림 6과 같다.

제작된 슬롯 마이크로스트립 안테나는 설계값과 비슷한 중심주파수 6.18GHz의 값을 가졌고 중심주파수에서의 측정된 반사손실은 -35dB를 보여주었다. 또한 -10dB 영역에서의 주파수 대역폭은 430MHz의 폭을 가졌고 안테나의 동작을 유무를 확인할 수 있는 VSWR값은 1.03으로 우수한 특성을 보여주었다.

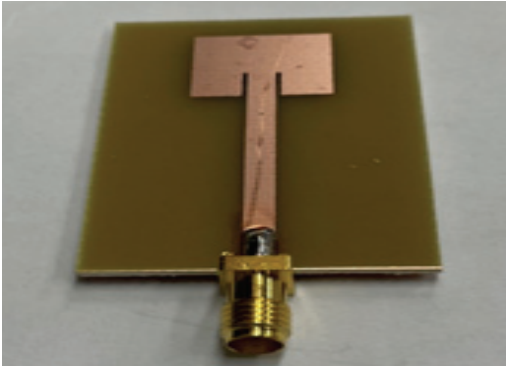
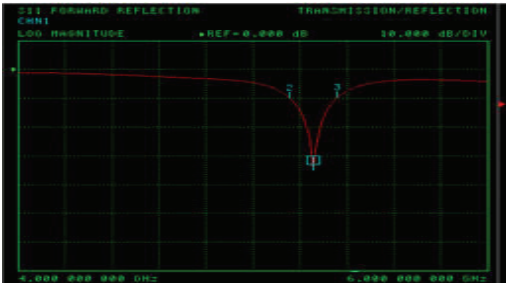
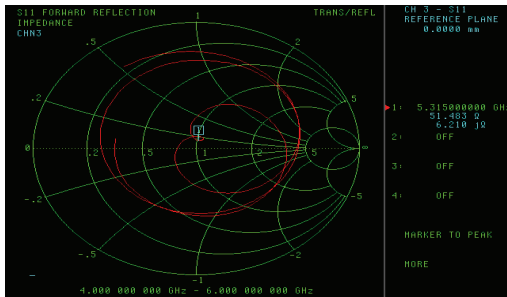


그림 5. 제작된 안테나의 사진
Fig. 5 Photo of fabricated antenna



(a)



(b)

그림 6. 제작된 안테나의 특성
: (a) S11, (b) smith chart
Fig. 6 Measuring data of fabricated antenna:
(a) S11, (b) smith chart

측정된 안테나의 동작특성과 설계값을 비교하여 보면 중심주파수와 반사손실 특성은 거의 목표 값과 일치하거나 우수한 특성을 보여주었지만, -10dB에서의 주파수 대역폭은, 70MHz의 오차가 발생되었다. 이는

같은 오차의 발생은 안테나 설계 시 기판과 HFSS의 외부 환경 설정 오류와 안테나 제작에서 발생하는 제작 불량에 의해 발생하는 오차로 생각되며 다음 연구에서는 이와 같은 오류를 보정하여 설계 및 제작과정을 수행하여야 할 것으로 판단된다.

V. 결론

본 논문에서는 Wi-Fi 6E에 적용 가능한 6GHz 대역의 무선인터넷에 활용이 가능한 패치형 마이크로스트립 안테나를 설계 제작하였다. 안테나의 특성을 분석하기 위해 HFSS 프로그램을 이용하여 안테나 특성을 분석하였고 설계된 안테나를 FR4 기판을 사용하여 제작하였다. 제작된 안테나의 동작특성을 회로망 분석기(Network Analyzer, Keysight E5071C)를 활용하여 제작된 안테나를 평가한 결과 제작된 안테나는 중심주파수 6.18 GHz에서 반사손실은 -35dB, -10dB에서의 주파수 대역폭은 430 MHz이었고, 1.03의 VSWR값을 갖는 안테나를 제작할 수 있었다. 향후 보완 연구를 수행하여 Wi-Fi 6E의 다중대역에서 사용 가능한 패치형 마이크로스트립 안테나 특성 개선 연구를 수행할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2021년도 남서울대학교 학술연구비 지원으로 수행되었습.

References

- [1] J. Jung and K. Kim, "A Study on Design Optimization for Anti-Jamming GPS Antenna," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 2, 2022, pp. 245-254.
- [2] H. Jung, J. Jung, and Y. Lim, "A Study on Excitation Error Estimation for Active Phased Array Antenna," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 1, 2022, pp. 23-30.

- [3] J. Yoon, "Design and Fabrication of DLP Array Antenna for 3.5 GHz Band," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 6, 2021, pp. 1037-1044.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Y. Kim, "Pattern-Switchable Microstrip Patch Antenna with Loop Structure," *J. of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 13, no. 11, 2012, pp. 5447-5451.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] H. Chen, "Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened stub," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol. 51, no. 8, 2003. pp. 1982-1986.

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