

U-slot 마이크로 스트립 안테나 연구

박용욱^{1*}

¹남서울대학교 전자공학과

A study of U-slot Microstrip Antenna

Yong Wook Park^{1*}

¹Electronic Engineering, Namseoul University

요 약 인터넷이 보급된 이후로 현대사회는 본격적인 정보화시대에 진입하게 되었다. 정보화시대에 발 맞춰 인터넷은 유선인터넷에서 무선인터넷으로 발전하게 되었다. 무선인터넷의 수요가 급증하자 기존에 사용된 2.4GHz대역의 통신은 포화상태에 이르게 되었으며 효율과 성능이 현저히 떨어지게 되었다. 이에 따라 5GHz대역의 통신이 주목을 받게 되었다. 본 논문에서는 5GHz대역의 통신이 가능한 U-slot 마이크로스트립 안테나를 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 통해 분석 및 설계하였다. 설계된 안테나를 유전율 4.4의 FR4-epoxy기판을 이용해 제작하고 최종적으로 회로망 분석기(Network Analyzer)를 통해 안테나 특성을 평가, 분석하였다.

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

Key Words : Antenna, Wireless internet, U-Slot, Patch, Microstrip, 5GHz

1. 서론

90년대 초 무선통신과 이동통신의 발달로 기존의 통신방식을 벗어난 새로운 형태의 통신수단인 인터넷이 일반인들에게 보급되었다. 인터넷은 유선인터넷의 형태로 급속히 발전하였으며 본격적인 정보화 시대로 진입하게 되었다.

인터넷은 이동성 및 확장성에 맞춰 유선인터넷에서 무선인터넷으로의 변화가 나타났다. 무선인터넷을 위한 2.4GHz 대역의 무선랜 기술은 전 세계적인 표준 대역으로서 보급되었다. 무선인터넷의 수요가 증가함에 따라

2.4GHz대역은 포화상태가 되어 혼선이 잦아지고 의료용 장비, 가정용 조리기기, 기타 무선기기가 2.4GHz 대역을 공동으로 사용하기 때문에 고속의 무선랜 서비스를 제공함에 있어서 여러 가지 장애가 발생하게 되었다[1]. 이러한 이유로 2003년 6월 스위스 제네바에서 개최된 WRC-2003 회의에서는 5GHz 대역에 대하여 1차 이동업 무용 주파수 대역으로서 주목하기 시작하였다[2,3].

무선인터넷에 있어서 가장 핵심이 되는 요소는 안테나 기술이다. 그중에서도 이동성과 확장성 등의 효율적인 요건을 가장 만족할 수 있는 안테나를 찾아야 하는 것이 관건이었다. 이와 같은 요구조건 중에서 가장 주목을 받

본 논문은 2012년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Yong Wook Park

Tel: +82-10-3797-6411 email: pyw@nsu.ac.kr

접수일 12년 05월 08일

수정일 12년 06월 07일

게재확정일 12년 08월 09일

은 것이 마이크로스트립 안테나였다.

마이크로스트립 안테나는 유전체판의 한 면은 접지판이며 반대 면에 마이크로스트립 선로로 회로를 구성하는 것으로 포토리소 그래피방법으로 제작하기 때문에 제작이 쉽고, 대량생산에 적합하며 취급이 용이한 장점이 있다. 대역폭이 좁고 이득이 낮은 단점이 있으나 제작의 간편성과 소형화에 있어서 가장 큰 효과를 보기 때문에 현재 무선랜 통신 이외에도 휴대폰 등과 같은 소형화 기기에서 사용되고 있다[4-6].

본 논문에서는 5GHz대역의 무선인터넷을 위한 지향성 및 주파수특성이 우수한 U-slot 형태의 마이크로스트립 안테나를 Ansoft사의 HFSS v11.0을 이용하여 설계 및 최적화하였다. 이와 같이 최적화된 안테나를 유전율 4.4의 FR4- epoxy기판을 이용해 포토리소그래피법으로 안테나를 제작하였으며 제작된 안테나의 특성을 회로망 분석기(Network Analyzer)를 사용하여 특성을 평가 및 분석하였다.

2. U-slot 마이크로스트립 안테나

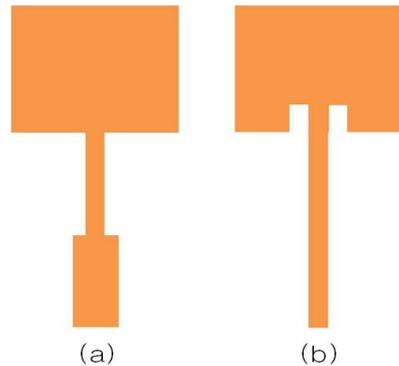
마이크로스트립 안테나는 평면 안테나에 속한다. 절연체 양면에 접착한 도체판 중 한쪽의 도체판을 스트립으로 한 것을 마이크로스트립 선로라고 하는데, 이러한 스트립과 다른 도체판이 2개의 급전선이 된다. 이러한 급전선을 동축 선로에 연결한 것이 최종적으로 마이크로스트립 안테나의 가장 기본적인 형태이다. 스트립의 폭을 넓게 하면 주파수 대역폭이 넓어지고 전파도 방사하기 쉽게 된다. 정사각형으로 한 마이크로스트립 안테나를 네모형 패치 안테나 또는 사각 패치 안테나, 원으로 한 것을 원형 패치 안테나라고 한다. 본 논문에서는 네모형태에 U-slot을 가지는 패치 안테나를 연구하였다. 이는 마이크로스트립 안테나는 인쇄기판으로 제작하기 때문에 대량생산에 적합하며, 높이가 낮고 평면상으로 되어 있어 견고하기 때문이다. 이와 같은 장점으로 대량의 작은 안테나를 필요로 하는 배열 안테나 소자로서 많이 사용된다 [7,8].

마이크로스트립 안테나에서 송신 또는 수신된 신호를 처리하거나 임피던스정합을 하기 위해서 여러 가지 급전방식을 사용한다. 급전방법은 직접결합, 전자기 결합, 그리고 개구결합과 같이 세 가지로 분류할 수 있다.

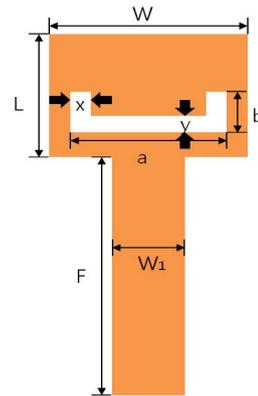
마이크로스트립 안테나 설계에 있어서 일반적으로 그림 1과 같은 $\lambda/4$ 변환기를 이용한 마이크로스트립 가장자리 급전과 슬롯을 활용한 삽입형 마이크로 스트립 급전방식이 활용되고 있다. 그림 1(a)와 같은 $\lambda/4$ 변환기를

이용한 마이크로스트립 가장자리 급전방식은 마이크로스트립 전송선로의 $\lambda/4$ 정합부를 이용하여 임피던스를 손쉽게 변환 시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 급전선의 폭이 좁아지는 특성을 가지고 있어 포토리소그래피법을 이용한 안테나 구현에 있어서 어려움이 생기는 단점이 있다.

$\lambda/4$ 변환기를 이용한 마이크로스트립 가장자리 급전방식의 단점을 보완할 수 있는 다른 급전방식으로는 그림 1(b)의 삽입형 마이크로스트립 급전방식이다.



[그림 1] 마이크로 스트립 안테나의 급전 방식
[Fig. 1] Feeding type of microstrip antenna



[그림 2] U-slot 안테나 구조도
[Fig. 2] Geometry of U-slot antenna

이는 평면형이며, 예칭하기 쉬울 뿐만 아니라 삽입 구조를 바꿔서 입력 임피던스를 조정할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서 연구한 삽입형 마이크로스트립 급전방식 중에 하나인 U-slot형은 그림 2와 같이 기본 패치에 U자 모양의 슬롯을 넣은 구조를 갖는다. 방사하는 면의 모서리의 밑 부분에 위치한 슬롯은 기본 공진 모드를 발생

시키는 지향성과 전파특성을 우수하게 만드는 특성을 가지고 있다.

3. 안테나의 설계 및 제작

마이크로스트립 안테나를 설계하기 이전에 안테나로서 가져야 하는 중요한 설계목표를 표 1과 같이 정의하였다. 표 1과 같은 설계 목표값을 구현하기 위해 마이크로스트립 안테나의 이론에 입각하여 그림 3과 같이 고주파 구조를 설계 분석할 수 있는 HFSS를 이용, 안테나를 설계 및 시뮬레이션을 통하여 3차원적으로 고주파의 전파 특성을 해석하였다.

설계된 안테나의 주파수 특성이 설계 목표값을 만족하면 설계된 안테나의 파라미터를 이용하여 포토리소그래피 방법으로 표 2와 같은 특성을 갖는 FR-4 기판을 이용하여 실제 안테나를 제작하였다. 최종적으로 제작된 안테나를 회로망 분석기(Network Analyzer)를 사용하여 주파수 특성을 평가 및 분석하였다.

[표 1] 안테나 설계목표
[Table 1] Design spec of antenna

구분	규격
중심주파수	5.2GHz
입력반사손실 (Input Return Loss)	-30dB이하
-10dB이하 대역폭	200MHz
VSWR(정재파비)	1.3 이하
편파	선형편파
임피던스	50Ω



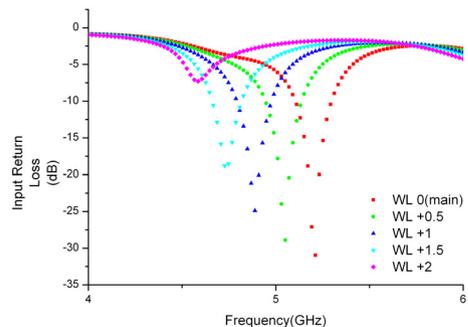
[그림 3] 마이크로스트립 안테나 제작과정
[Fig. 3] Flow chart of antenna fabrication

[표 2] 기판의 제원
[Table 2] Spec of substrate

항목	제원
메탈두께	17μ m(0.5 oz copper)
기판두께	1.6mm
유전율	4.4
Loss tangent	0.0004

4. 실험 및 결과

본 연구에서는 5.2GHz 중심주파수대역에서 입력 반사손실 -30dB 이하 VSWR이 1.3 이하인 특성을 갖는 그림 2와 같은 U-slot을 갖는 마이크로 스트립 패치 안테나를 설계하기 위해 그림 2와 같이 안테나의 특성에 큰 영향을 미치는 파라미터를 결정하여 특성 분석을 실시하였다. W, L은 안테나의 공진주파수를 결정하는 패치의 폭과 길이이며, a, b, x, y는 입력반사손실을 결정하는 슬롯의 가로, 세로의 폭을 나타내는 파라미터 이다. F와 W_1 은 사각패치소자에 전력을 공급하는 마이크로스트립 선로, 즉 피드라인을 의미한다.

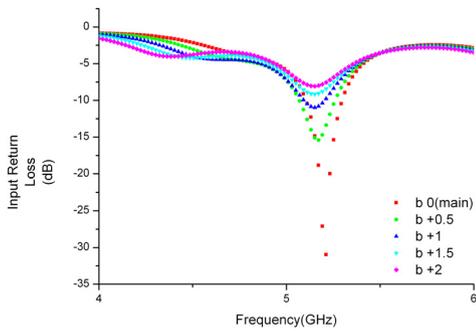


[그림 4] 패치의 폭과 길이 시뮬레이션 결과
[Fig. 4] Simulation results of patch width and length

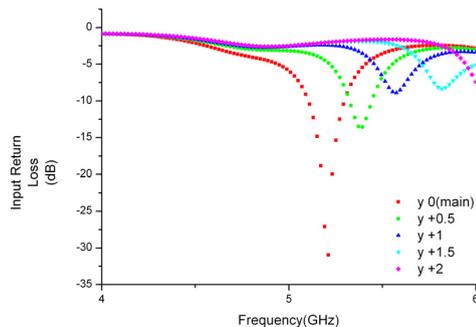
그림 4는 중심주파수에 영향을 미치는 패치의 크기에 대한 주파수 특성 변화를 시뮬레이션 한 결과이다. 17.56mm의 패치의 폭과 14.65mm의 패치길이를 갖는 것을 기준으로 패치의 폭과 길이를 0.5mm 단위로 증가시켰을 때 중심주파수는 5.2 GHz에서 점점 감소하는 현상을 보여주고 있으며 또한 입력반사손실 값은 점점 증가하는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 패치의 크기가 증가하면 $v = f \cdot \lambda$ 에 근거하여 파장의 길이가 증가하여 공진주파수가 감소하는 현상으로 생각된다. 마이크로스트립 안테나의 사각패치 내부에 존재하는 슬롯은 그림

2와 같은 U자 모양의 형태를 가지고 있다. 슬롯을 표현하기 위해서 4가지의 파라미터를 정의하였으며, 이 4가지 파라미터 중에서 중심주파수와 삽입손실에 큰 영향을 미치는 b 와 y 파라미터에 대한 안테나의 주파수 특성을 살펴보면 다음과 같다.

U-slot의 b 는 그림 2와 같이 U자형 슬롯부분에서 세로부분의 길이를 나타내는 파라미터이다. b 의 값 7.06mm를 기준 값으로 0.5mm씩 크기를 증가시키에 따라서 그림 5와 같이 중심주파수의 값은 변화없이 반사손실이 일정한 패턴을 가지고 증가하는 양상을 보였다. 따라서 U-slot의 세로부분의 길이인 파라미터 b 가 안테나의 삽입손실에 큰 영향을 미치는 인자임을 확인할 수 있었고 b 의 길이가 7.06mm의 크기를 가질 때 -32dB의 삽입손실 값을 가져 설계목표값을 만족하는 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다.



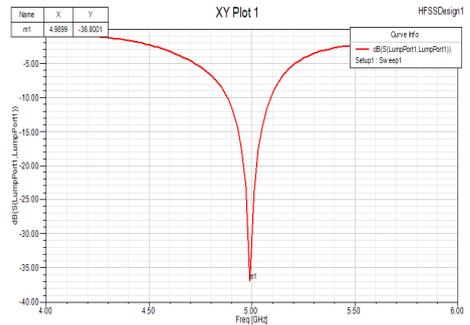
[그림 5] U-slot의 b 파라미터 시뮬레이션 결과
[Fig. 5] Simulation results of b parameters of U-slot



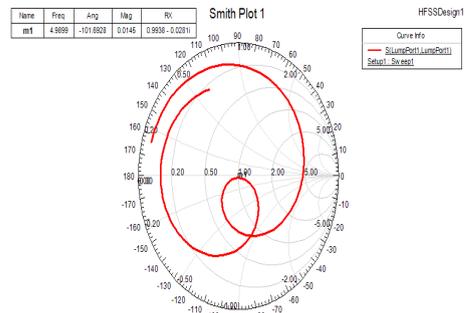
[그림 6] U-slot의 y 파라미터 시뮬레이션 결과
[Fig. 6] Simulation results of y parameters of U-slot

U-slot의 y 는 그림 2와 같이 U자형 슬롯부분에서 가로부분 슬롯의 높이를 나타내는 파라미터이다. 1.5mm의 크기를 기준 값으로 y 의 크기를 0.5mm씩 크기를 증가시키

에 따라서 그림 6과 같이 중심주파수가 증가함과 동시에 반사손실이 높아지는 현상을 보였다. 이와 같은 y 파라미터가 중심주파수와 반사손실 특성에 영향을 미치는 것은 슬롯의 크기 비율에 따라 발생하는 기생 커패시턴스 성분에 의한 것으로 생각된다. 이와 같은 U-slot 마이크로 스트립 안테나의 패치의 크기와 U-slot의 형태에 대한 특성을 분석하여 설계 목표를 만족하는 안테나를 HFSS를 사용하여 시뮬레이션 결과 값은 그림 7과 같다.



(a)

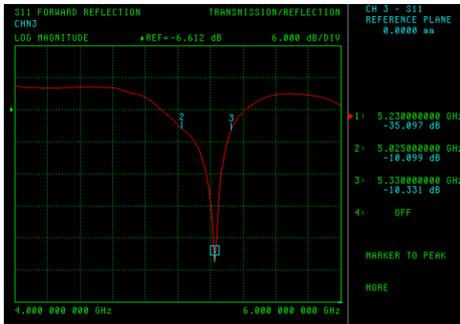


(b)

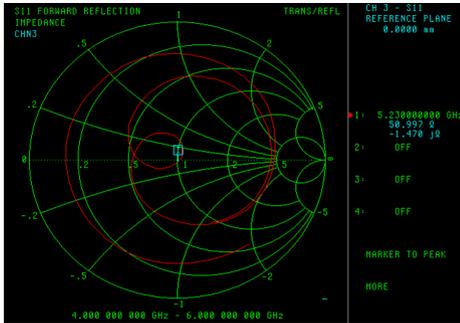
[그림 7] 안테나의 시뮬레이션 결과:
(a) S_{11} 파라미터, (b) 스미스차트

[Fig. 7] Simulation results of antenna
(a) S_{11} parameter, (b) smith chart

시뮬레이션 결과값을 토대로 FR-4 기판을 사용하여 U-slot 마이크로 스트립 안테나를 실제 제작을 하였고 제작된 안테나의 특성을 회로망 분석기(Network Analyzer)로 측정된 결과값은 그림 8과 같다. 실제 제작한 안테나의 측정 결과값은 중심주파수 5.23 GHz에서 반사손실은 -35.09 dB, 안테나의 대역폭은 220MHz 였으며, VSWR값은 1.036로 설계 목표값을 만족하였고 임피던스 값은 50 Ω 에 근접한 50.997 Ω 의 임피던스 값을 얻을 수 있었다.



(a)



(b)

[그림 8] 제작된 안테나의 측정결과:
(a) S₁₁ 파라미터, (b) 스미스차트

[Fig. 8] Measuring results of fabricated antenna:
(a) S₁₁ parameter, (b) smith chart

5. 결론

본 논문에서는 5GHz대역의 무선인터넷을 위한 지향성 및 주파수특성이 우수한 U-slot 형태의 마이크로스트립 안테나를 Ansoft사의 HFSS v11.0을 이용하여 설계 및 최적화하였다. 이와 같이 최적화된 안테나를 유전율 4.4의 FR4 -epoxy기판을 이용해 포토리소그래피법으로 안테나를 제작하였으며 제작된 안테나의 특성을 회로망 분석기(Network Analyzer)를 사용하여 특성을 평가 및 분석하였다. 제작된 u-slot 안테나는 중심주파수 5.23GHz에서 반사손실은 -35.09dB, 안테나의 대역폭은 220MHz 였으며, VSWR값은 1.036로 설계 목표값을 만족하였고 임피던스 값은 50Ω 에 근접한 50.997Ω 의 임피던스 값을 얻을 수 있었다.

References

- [1] I. G. Lee and I. P. Hong, "Design of Uniplanar Antenna of 2.45GHz Band for Wireless LAN Using Dipole Structures", The Journal of KIIT, vol.9, No.10, pp.29-34, 2010.
- [2] M. K. Kang and S. M. Lee, "Design and Fabrication of Array Antenna for Access Point in the WLAN Band", KICS, vol. 32, no. 12, pp. 446-448, 2007.
- [3] K. S. Park, S. Y. Choi, P. S. Shin and Y. H. Ko, "The Design of Compact and wideband antenna for wireless LAN at 5GHz band", IEEK, vol. 41, no. 6, pp. 93-99, 2004.
- [4] C. L. Mak, K. M. Lee and Y. L. Chow, "Experimental study of a Microstrip Patch Antenna with an L-shaped Probe", IEEE Transaction on Antenna and Propagation, vol. 48, no. 5, pp. 777-783, 2000.
- [5] Marija M. Nikolić Antonije R. Djordjević and Arye Nehorai, "Microstrip Antennas With Suppressed Radiation in Horizontal Directions and Reduced Coupling", IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 53, no. 11, pp. 3469-3476, 2005.
- [6] Y. J. Shin, K. C. Kang, et. al., "A Study on the Array Antenna for Satellite Broadcasting Receiver", The Journal of KIEE, pp. 787-788, 2003.
- [7] J. h. Kim, D. g. Oh, I. m. Park and Y. B. Park, "U-slot Microstrip Antenna with U-shaped Parasitic Patches", KIEES, vol. 20. no. 5, pp. 428-434, 2009.
- [8] J. H. Park, S. B. Lim and H. K. Choi, "Design of Improved U-Slotted Patch Antennas with EBG Ground Plane", KIEES, vol. 19. no. 3, pp. 304-310, 2008.

박 용 욱(Yong-wook Park)

[정회원]



- 1989년 2월 : 연세대학교 전기공학과 (공학사)
- 1991년 8월 : 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 연세대학교 전기공학과 (공학박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 부교수

<관심분야>

RF 디바이스, 전자소자, 센서