

무선랜 대역의 배열 안테나 설계 및 제작

박용욱^{1*}

¹남서울대학교 전자공학과

Design and Fabrication of Array antenna in the WLAN Band

Yong Wook Park^{1*}

¹Electronic Engineering, Namseoul University

요약 본 논문에서는 5GHz 대역의 무선랜에 적합한 역세스 포인터용 안테나를 설계 제작하였다. 설계된 안테나는 비교적 높은 이득과 광대역을 얻을 수 있는 2x2 평면 배열 마이크로 스트립 패치 안테나를 선택하였다. 대역폭 확대와 고이득에 중점을 둔 2x2 평면 배열 마이크로 스트립 패치 안테나를 패치의 크기, 패치 간격 등의 설계 파라미터에 대한 영향을 HFSS (High Frequency Structural Simulator)을 이용하여 분석한 후, FR-4 기판을 사용하여 안테나를 제작하고 특성을 분석하였다. 제작된 안테나 특성 측정 결과, 안테나의 중심 주파수는 5.06GHz, 반사손실은 -44dB, -10dB 대역폭은 200MHz의 특성을 보였고, 또한 VSWR은 1.1의 값을 얻을 수 있었다.

Abstract In this paper, we studied the design and fabrication of 2x2 array-type microstrip patch antenna to be used in wireless communication systems operating at around 5GHz band. To obtain wide bandwidth and high gain, antenna parameters such as patch size, inter patch space are simulated by HFSS(High Frequency Structure Simulator). From these parameters, the 2x2 array-type microstrip patch antenna is fabricated using FR-4 substrate. The measured results of the antenna are as follows: The center frequency of 5.06GHz, insertion loss of -44dB, bandwidth of 200MHz, and VWSR of 1.1.

Key Words : Antenna, Array, Patch, Microstrip, HFSS

1. 서론

오늘날 무선통신의 급격한 발전으로 인해 음성뿐만 아니라 다양한 형태의 데이터 전송 서비스가 상용화되고 있다. 장소에 상관없이 사용자가 소형의 통신장비를 이용하여 무선으로 기간통신망에 자유롭게 접속 할 수 있는 장점 때문에 무선랜(WLAN)을 사용한 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 급격히 증가되고 있다. 이러한 상황으로 스위스 제네바에서 개최된 WRC 회의에서 5GHz 대역에 대하여 1차 이동업무용 주파수 대역으로 재분배하였다. 무선랜 전용대역으로 할당된 5GHz 대역은 기존의 2.4GHz 무선랜 대역처럼 다른 기기의 영향을 받지 않으며, 최대 통신 속도 54Mbps의 고속 무선랜 서비스를 제공할 수 있기 때문에 이에 대한 관심이 고조되고 있다.

또한 5GHz 대역 무선랜 시스템의 표준규격을 만족하는 제품들이 최근에 등장하면서 5GHz 대역 무선랜의 활용방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이처럼 무선통신이 급속도로 발달함에 따라서 하나의 통신장비로 여러 가지 통신서비스를 제공받을 수 있는 통신장비의 개발과 이것을 뒷받침하기 위한 이중대역 혹은 광대역에서 동작할 수 있는 안테나 개발이 요구되고 있다. 휴대용 단말기 및 무선랜 시스템에서 사용되는 안테나는 부피가 작고, 제작이 간단하며, 집적화 설계에 적합한 마이크로스트립 안테나가 주로 사용된다[1-5]. 하지만 대역폭이 좁다는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 개선하기 위해 최근 낮은 유전율을 갖는 유전체 기판을 사용하거나 급전방식 변화 및 방사패치에 여러 가지 형태의 슬롯을 삽입하는 등의 방법을 사용하는 광대역화 기

*교신저자 : 박용욱(pyw@nsu.ac.kr)

접수일 11년 12월 12일

수정일 12년 01월 31일

게재확정일 12년 02월 10일

법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[6-8].

무선랜에 사용되는 5GHz 대역의 통신용 주파수는 비교적 높은 주파수이고 전달손실도 높기 때문에 사용되는 송신전력은 옥내용 무선기기로서는 다른 기기에 비하여 고출력이 필요하게 된다. 따라서 주파수 재사용의 중요한 요소가 되는 낮은 송신전력으로 안정된 통신 서비스를 제공하기 위하여 우수한 효율을 가진 안테나의 사용이 절대적으로 필요하다.

무선랜에 사용되는 안테나는 각 단말기에 위치하는 단말기용 안테나와 각 단말기와 유선랜 간의 게이트웨이 역할을 담당하는 역세스 포인트용 안테나에 의해 신호를 송수신하는 기능을 가진다. 따라서 본 논문에서는 5GHz 대역의 무선랜용으로, 대역폭 확대와 고이득에 중점을 2x2 형태의 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 설계 제작한 후, 제작한 안테나의 특성을 비교 분석하였다.

2. 마이크로스트립 안테나

마이크로스트립 안테나는 다른 안테나에 비해 무게가 가볍고 부피가 작으며 평면형 구조에 적합하기 때문에 로켓 및 위성 등의 시스템에 쉽게 부착될 수 있을 뿐 아니라, 포토에칭방법으로 제작이 간단하며 비용이 적게 드는 장점을 가진다. 또한 안테나를 설계할 때 급전선과 정합회로를 동시에 구현할 수 있을 뿐만 아니라 발진기, 증폭기, 주파수혼합기, 위상변위기 등의 초고주파회로와 쉽게 연결할 수 있기 때문에 많이 사용되고 있다. 그러나 대역폭이 좁고 표면파가 발생하여 손실이 크며 이득이 작고 사용될 수 있는 전력량도 제한되어 있기 때문에 이를 극복하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 마이크로스트립 패치 안테나를 설계할 때 가장 일반적인 형태는 사각 모양이다. 사각형 패치는 길이 L , 폭 W , 두께 t , 도전율 σ 인 양단이 개방된 전송선로로 가정하고, 양단은 가장자리 효과(fringing effect)를 고려하여 등가길이 Δl 을 첨가하여 해석한다. 여기서 패치 안테나의 길이 L 은 주로 안테나의 공진 주파수를 결정하며 대략 $\frac{\lambda}{3} < L < \frac{\lambda}{2}$ 정도이다. 안테나의 폭 W 는 주로 안테나의 입력임피던스를 결정하며, 안테나의 입력임피던스와 급전선의 특성임피던스가 정합되도록 설계한다. 이러한 경우 공진 주파수는 다음 식으로 표현된다.

$$f_r = \frac{mc}{2(L + \Delta l)\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (1)$$

여기서, 정수 m 은 모드번호이며, c 는 빛의 속도, ϵ_{eff} 는 유효유전율이다.

공진 주파수 f_r 에서 동작하도록 유전율이 ϵ_r 이고 두께가 h 인 기판위에 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는 경우 실제 폭 W 는 식 (2)와 같다.

$$W = \frac{c}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

여기서 폭 W 가 좁게 설계될 경우 방사효율이 저하되는 반면, 넓게 설계되면 방사효율이 커지지만 고차모드가 발생되어 전계의 왜곡이 발생할 수 있다. 공진패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진패치 가장자리에서의 계와 폭에서 가장자리 효과가 발생하게 된다. 이와 같은 가장자리 효과는 공진패치의 크기와 기판높이의 함수로서 안테나의 공진주파수에 영향을 주기 때문에 고려되어야 한다. 마이크로스트립 선로에서 대부분의 전기력선은 기판에 존재하고 그 일부는 공기에 존재한다. 즉, 파의 일부는 기판에, 다른 일부는 공기로 진행하기 때문에 선로에서 가장자리 효과와 전파를 계산하기 위하여 실효 유전율을 도입한다. 실효유전율 ϵ_{eff} 은 $W/h > 1$ 인 경우,

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

으로 나타낼 수 있다. 가장자리 효과 때문에 마이크로 스트립 안테나의 공진패치는 물리적인 크기보다 전기적으로 더 큰 것처럼 보인다. 기본 E-평면(x-y평면)에서, 길이에 대한 공진 패치 크기는 각 종단에서 Δl 만큼 확장되었다. Δl 은 Hammerstad 실험식으로 프린징 필드에 의한 확장효과이며 식 (4)와 같다.

$$\Delta l = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

실효유전율 ϵ_{eff} 와 선로확장 Δl 에 의해 방사체 길이 L 은

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta l \quad (5)$$

이 된다.

3. 안테나의 설계 및 제작

이동통신 기술의 발달로 단말기의 크기는 점점 작아지고 기능의 다양성은 더욱 요구되고 있다. 특히, 단말기에서 크기를 제한하는 가장 큰 부분이 바로 안테나이며 이는 또 외관상 부담이 되기 때문에 이를 줄이는 것이 과제로 대두되고 있다. 따라서 안테나를 소형화하면서 멀티밴드화 및 광대역화 하는 연구가 진행되고 있다. 마이크로스트립 안테나는 원래 대역폭이 매우 협소하다는 단점이 있다. 이러한 문제점 들을 해결하고 주파수 재사용의 중요한 요소가 되는 낮은 송신전력으로 안정된 통신 서비스를 제공하기 위하여 우수한 효율을 가진 안테나의 사용이 절대적으로 필요하다. 무선랜에 사용되는 안테나는 단말기용 안테나와 각 단말기와 유선랜 간의 게이트웨이 역할을 담당하는 액세스 포인트용 안테나에 의해 신호를 송수신하는 기능을 가진다. 이러한 기능을 효율적으로 수행하기 위해서는 안테나의 빔폭이 시스템에 적합하도록 설계되어야 하며, 신호를 가장 적절하게 수신하기 위하여 반사손실이 적으며, 양호한 이득을 가지도록 설계되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 설계 파라미터를 바탕으로 무선랜용 안테나로서 선형편파 특성을 가진 안테나를 설계하였다. 특히 마이크로스트립 특성을 활용하여 액세스 포인트용 안테나는 2x2 배열안테나로 대역폭 확보와 양호한 이득을 갖도록 설계 분석한 후 두께 1.6mm, 유전율 4.4, 메탈 두께 17 μ m 인 FR-4 기판을 사용하여 안테나를 제작하였다. 표 1은 현재 사용되고 있는 기본 규격을 참조한 무선랜용 안테나 설계 규격을 나타내고 있다.

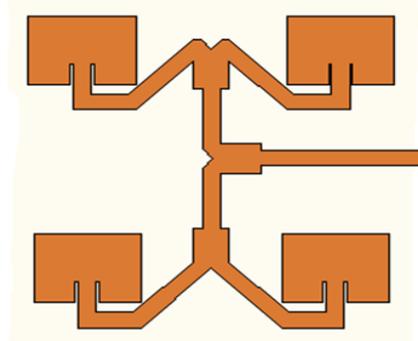
[표 1] 무선랜용 안테나 설계 규격
[Table 1] Design specs of Antenna for WLAN

항목	규격
주파수	5 GHz 대역
반사손실	-20 dB 이하
-10dB 대역폭	200 MHz
VSWR	1.3이하
편 파	선형편파

표 1과 같은 특성을 갖는 무선랜용 안테나로 2x2 평면 배열 안테나를 구현하였다. 여러 개의 패치 안테나를 확장하여 평면으로 배열한 평면 배열 안테나는 선형배열 안테나보다 부엽 준위가 작고 방사패턴 역시 더욱 대칭적이고 주 빔을 원하는 방향으로 주사할 수 있는 장점을 가진다.

그림 1은 무선랜용으로 설계한 2x2 평면 배열 안테나의 구조를 보여주고 있다. 설계된 2x2 마이크로스트립 배

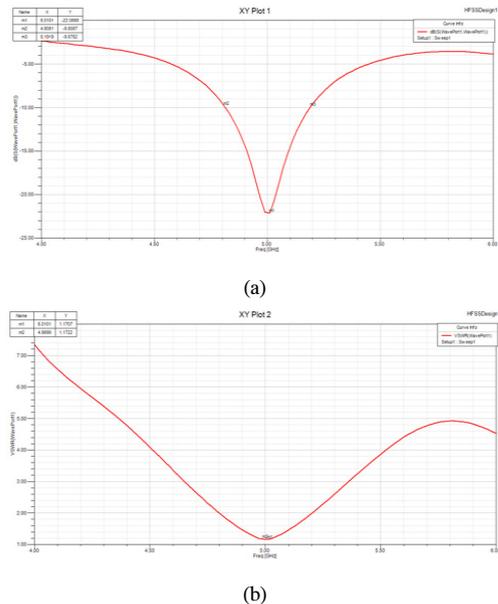
열 안테나는 RF 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 여러 가지 형태에 대한 수치계산을 통해 최적화된 형태를 결정하였고 또한 패치 안테나의 간격을 적절히 조절하여 이중 공진 효과로 인해 넓은 대역폭을 얻을 수 있도록 설계하였다.



[그림 1] 2x2 배열 안테나 구조
[Fig. 1] Geometry of 2x2 array antenna

4. 실험 및 결과

그림 1과 같이 설계된 2x2 평면 배열 마이크로스트립 안테나의 시뮬레이션 결과를 그림 2에 보여주고 있다.



[그림 2] 2x2 배열 안테나 시뮬레이션 결과
(A) 반사손실, (B) VSWR
[Fig. 2] Simulation results of 2x2 array antenna
(A) Return loss, (B) VSWR

였다. 무선랜 시스템용으로 비교적 크기에 제한을 받지 않는 엑서스 포인터용으로 마이크로 스트립 평면 배열 안테나를 선택하였다. 안테나는 낮은 반사손실과 광대역의 특성을 만족하도록 HFSS RF 프로그램으로 패치 안테나의 간격을 적절히 조절하여 이중 공진 효과로 인해 넓은 대역폭을 얻을 수 있도록 설계하고 이를 바탕으로 안테나를 제작하여 특성을 측정 평가하였다. 제작된 안테나는 중심 주파수는 5.06GHz로 목표 설계값에 근접한 결과값을 얻었다. 또한 중심 주파수에서의 반사손실은 대략 -44dB이고 제작한 안테나의 -10dB 대역폭은 200MHz로 설계목표인 광대역의 대역폭을 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

박 용 옥(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

References

- [1] 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.
- [2] M. K. Kang and, S. M. Lee, "Design and Fabrication of Array Antenna for Access Point in the WLAN Band", The Journal of KICS, pp. 446-448, 2007.
- [3] 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.
- [4] P. L. Sullivan, D. H. Schaubert, "Analysis of an Aperture-Coupled Microstrip Antenna", IEEE Trans and Propagat., AP-34, pp. 977-984, 1986.
- [5] H. Y. Lee, H. S. Kim, "The Design of a K-band 4x4 Microstrip patch Array Antenna with High Directivity", The Journal of KIEE, pp. 161-164, 2007.
- [6] P. C. Shama, and K. C. Gupta, "Analysis and Optimized Design of Single Feed Circularly Polarized Microstrip Antennas", IEEE Trans. Antennas Propagation, Ap-31, pp.949-955. 1989.
- [7] P. S. Hall and C. M. Hall, "Coplanar corporate feed effects in microstrip patch array design", IEEE proc., Vol. 135, 1988.
- [8] W. J. Lee, et. al., "Design and Fabrication of Wireless LAN for Miniaturized Microstrip Antenna", The Journal of KICS, pp. 907, 2006.