

무선랜 대역의 액세스 포인트용 배열안테나의 설계 및 제작

정회원 강문규*, 종신회원 이상목**

Design and Fabrication of Array Antenna for Access Point in the WLAN Band

Moon-Kyoo Kang* *Regular Member*, Sang-Mok Lee** *Lifelong Member*

요 약

본 논문은 5GHz 대역의 무선랜에 적합한 액세스 포인트(access point)용 안테나를 설계 및 제작하였다. 설계된 안테나는 비교적 높은 이득을 얻을 수 있는 4×4 배열형 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 본안테나의 경우 배열 형태의 마이크로스트립 패치 안테나의 덩개와 기판의 유전율과 두께를 조절하고, 패치와 패치 사이의 간격을 적절히 조정하여 그레이팅 로브(grating lobe)를 제거하여, 정해진 배열 소자수로서 큰 이득을 얻을 수 있도록 패치간의 상호결합을 최소가 되도록 설계하였다. 설계된 4×4 배열 안테나를 제작 및 측정한 결과, 5GHz대역에서 적합한 빔 모양과 대역폭 그리고 만족할 수 있는 이득을 얻어 필요한 요구조건을 만족하였다. 안테나의 설계는 Ensemble 5.1을 이용하였다.

Key Words : WLAN, Access Point Antenna, FAS

ABSTRACT

In this paper, we studied the design and fabrication of 4×4 array-type microstrip patch antenna to be used in wireless communication systems operating at around 5GHz band. Calibrating the permittivity and thickness of superstrate and substrate, and removing grating lobe at inter-patch space, the deflection of inter-patch is minimized to improve the antenna gain for a given number of array elements. From measured results, we show that the fabricated 4×4 array antenna has an appropriate beam pattern and antenna gain, which meet antenna requirements specifications. The simulation results represented for Ensemble 5.1.

I. 서 론

최근 시장이 확대되고 있는 이동 및 위성통신과 더불어 기존의 유선랜(Local Area Network)이 이동 단말기를 통한 무선랜(Wireless Local Area Network)으로 확장되고 있는 추세이다. 즉, 이동성과 확장성을 크게 하면서 대량의 정보 전송을 위한 무선랜 기술이 지속적으로 발전하고 있다.

특히, 고도 정보사회에서는 언제, 어디서, 누구와도 통신이 가능한 통신 시스템이 필요하며, 이를 실현하기 위하여 무선 자원을 활용한 이동 정보통신망의 개발이 필수적이다. 따라서 동축케이블이나 광케이블을 사용한 유선랜 시스템과 더불어 무선랜 시스템 구축을 통한 정보통신망의 다양성 및 확장성이 증가됨과 동시에 무선랜 시스템의 장점을 이용한 정보통신망의 특징을 극대화 시킬 수 있다.

* 재능대학 컴퓨터정보과(kmk555@jnc.ac.kr), **재능대학 정보통신과(smlee@jnc.ac.kr)
논문번호 : 07092-1120, 접수일자 : 2007년 11월 20일

무선랜의 개발 및 표준화 동향은 현재 5GHz 대역의 무선랜은 개발이 진행되고 있으며, 또한 17GHz 대역의 무선랜은 표준화가 진행 중인 상태이다^[1].

이러한 상황하에 ITU는 5.150~5.350GHz 및 5.470~5.725GHz 그리고 5.725~5.825GHz 대역을 세계 공통으로 무선랜 등의 고정접속시스템(FAS)용으로 분배를 검토하기로 결정하였다.

5GHz 대역은 통신용 주파수로는 비교적 높은 주파수이고 전달 손실도 커지기 때문에 송신 전력은 옥내용 무선기기로서는 고출력으로 되어있다. 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 액세스 포인트용 안테나에 의해 신호를 송수신하는 기능을 가진다.

따라서 본 논문에서는 열거한 특성을 만족하는 5GHz 대역의 무선랜 용으로서, 대역폭 확대와 고이득에 중점을 둔 액세스 포인트용 배열형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제작하였다.

II. 마이크로스트립 안테나

마이크로스트립 안테나는 다른 안테나에 비해 무게가 가볍고 부피가 작으며 평면형구조에 적합하기 때문에 미사일이나 로켓 및 위성 등 이동체 시스템에 쉽게 부착될 수 있을 뿐 아니라, 포토에칭기법으로 제작이 간단하며 비용 역시 적게 든다. 또한 안테나를 설계할 때 급전선과 정합회로를 동시에 구현할 수 있을 뿐 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 극복하기위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다^[2].

마이크로스트립 패치 안테나를 설계할 때 가장 일반적인 형태는 사각 모양이다. 사각형 패치는 길이 L , 폭 W 두께 t , 도전을 σ 인 양단이 개방된 전송선로로 가정하고, 양단은 가장자리효과(fringing effect)를 고려하여 등가길이 Δl 을 첨가하여 해석한다. 여기서 패치 안테나의 길이 L 은 주로 안테나

의 공진 주파수를 결정하며 대략 $\lambda/3 < L < \lambda/2$ 정도이다.

안테나의 폭 W 는 주로 안테나의 입력임피던스를 결정하며, 안테나의 입력임피던스와 급전선의 특성 임피던스가 정합 되도록 설계한다. 이러한 경우 공진 주파수는 다음 식으로 구할 수 있다^[2-4].

$$f_m = \frac{mc}{2(L + \Delta l)\sqrt{\epsilon_e}} \quad (1)$$

여기서, 정수 m 은 모드 번호로서 $m=1,2,3,\dots(\neq 0)$ 으로 주어지고, c 는 빛의 속도, ϵ_e 는 유효 유전율로서 다음과 같이 주어진다.

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

패치 폭 W 는 (3)식과 같이 주어지며, W 가 좁게 설계될 경우 방사효율이 저하되는 반면, 넓게 설계되면 방사효율은 커지지만 고차모드가 발생되어 전자계의 왜곡이 발생할 수 있다.

$$W = \frac{c}{2f_m} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right)^{-1/2} \quad (3)$$

양단이 개방된 가장자리 전자계는 패치의 유효길이를 늘려주기 때문에 반 파장 패치의 길이가 유전체 기판에서의 반 파장보다 약간 짧게 설계한다. 반 파장 패치의 공진길이에 대한 근사값은 다음과 같이 주어진다.

$$L \approx 0.49 \lambda_d = 0.49 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

여기서 λ 는 자유공간에서의 파장이고, λ_d 는 유전체 기판에서의 파장이다.

가장자리효과에 의한 미소길이 증가분 Δl 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta l = 0.412h \left(\frac{\epsilon_e + 0.3}{\epsilon_e - 0.258} \right) \left(\frac{\frac{W}{h} + 0.264}{\frac{W}{h} + 0.8} \right) \quad (5)$$

기판 특성에 따른 이득과 주파수의 관계를 고려

할 때 이득은 주어진 유전율 ϵ_r 에서 유전체의 두께 h 가 증가함에 따라 증가하고, ϵ_r 이 증가함에 따라 감소하는 특성을 가진다.

$$AF = AF_{x4} \times AF_{y4} \tag{6}$$

또한 주 빔이 $\theta = \theta_0$, $\phi = \phi_0$ 위치에 있을 때 $AF(\theta, \phi)$ 의 최대 지향성은 다음과 같다.

$$D = \frac{4\pi [AF(\theta_0, \phi_0)][AF(\theta_0, \phi_0)]^* |_{\max}}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} [AF(\theta, \phi)][AF(\theta, \phi)]^* \sin\theta d\theta d\phi} \tag{7}$$

III. 무선랜용 안테나의 설계 및 제작

3.1 무선랜용 안테나의 설계규격

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 빔 폭이 시스템에 적합하도록 설계되어야 하며, 신호를 가장 적절하게 수신하기 위하여 반사손실이 적으며, 양호한 이득을 가지도록 설계되어야 한다. 본 논문은 이러한 설계 파라미터를 바탕으로 무선랜의 액세스 포인트용 안테나로서 선형편파 특성을 가진 안테나를 설계하였다. 특히 마이크로스트립 특성을 활용하여 액세스 포인트용 안테나는 4×4 배열안테나로 대역폭 확보와 양호한 이득을 갖는 안테나를 설계 및 제작하였다. 표 1은 미국의 U-NII대역 정의에 의한 기본 규격을 참조한 5GHz 대역의 무선랜용 안테나 설계 규격을 나타냈다.

본 논문에서는 Taconic 사의 유전율 2.17, 두께 1.57mm인 기판을 사용하였으며, 패치와 패치사이의 간격은 그레이팅 로브를 제거하고, 정해진 배열 소자 수로서 이득을 증가시키고, 패치간의 상호결합을 최소화 하였다.

그림 1은 설계된 4×4 배열 안테나 사각패치는 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 여러 가지 형태에 대한 수치계산에 의해 최적의 형태를 결정하였다. 패치 사이의 간격을 적절히 조절하여 이중 공진 효과로 인해 넓은 대역폭을 얻을 수 있도록 하였다.

표 1. 무선랜용 안테나 설계 규격

항 목	규 격
주파수(GHz)	5GHz 대역
방사소자	마이크로스트립 패치
편 파	선형편파
이 득(dBi)	6dBi이상
3dB 대역폭	16.56MHz

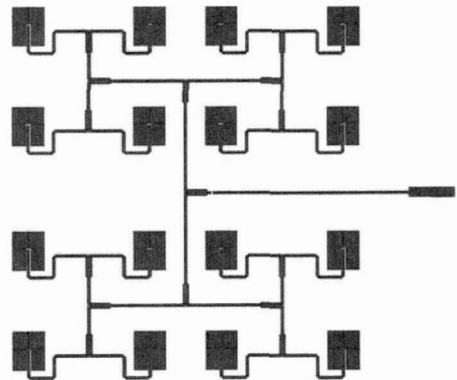


그림 1. 설계된 4×4 배열 안테나 구조

3.2 무선랜용 4×4 배열안테나의 설계

무선랜의 액세스 포인트용 안테나로서 4×4평면배열 안테나를 구현하였다. 여러 개의 방사소자들을 확장하여 평면으로 배열한 평면 배열 안테나는 선형 배열 안테나보다 부엽 준위가 작고 방사패턴 역시 더욱 대칭적으로서 더욱 보편적이며, 주 빔을 원하는 임의의 방향으로 주사할 수 있는 장점도 가지고 있다.

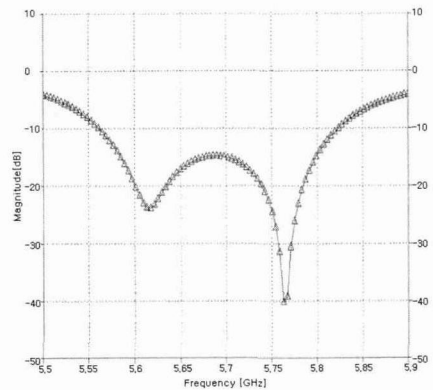


그림 2. 4×4 배열 안테나의 반사손실(시뮬레이션값)

4×4 배열안테나의 배열계수 AF 는 x축 방향 선형 배열 안테나의 배열계수 AF_{x4} 과 y축 방향 선형 배열 안테나의 배열계수 AF_{y4} 의 곱과 같다^[5].

그림 2는 4×4 배열 안테나의 반사손실(시뮬레이션값)을 나타내며, -10dB을 기준으로 5.57GHz에서 5.82GHz까지 대략 250MHz(4.4%)를 얻었다.

그림 3은 4×4 배열 안테나의 이득(시뮬레이션값)을 나타내고 있으며, 5.58~5.58GHz범위에서 약 19~20.1dBi의 값을 갖고, 5.75GHz에서 최대치를 갖는다.

그림 4는 4×4 배열 안테나의 방사패턴(시뮬레이션 값)을 나타내고 있다.

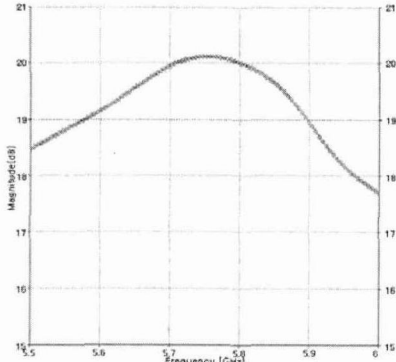
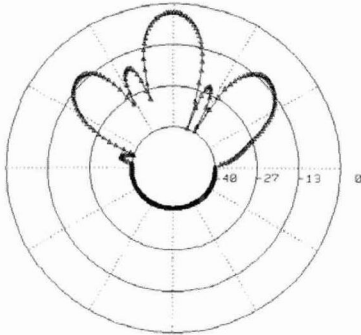


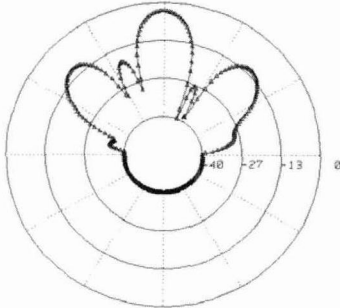
그림 3. 4×4 배열 안테나의 이득(시뮬레이션 값)

For Field Pattern
Freq = 5.75306 GHz, Scan Angle = 0.000



(a)E-평면

For Field Pattern
Freq = 5.82245 GHz, Scan Angle = 0.000



(b)H-평면

그림 4. 4×4 배열 안테나의 방사패턴(시뮬레이션 값)

3.3 무선랜용 4×4 배열안테나의 제작

무선랜에서 사용할 수 있는 액세스 포인트용 마이크로스트립 패치 안테나를 시뮬레이션 결과를 바탕으로 하여 제작 및 측정하였다. 그림 5에 제작한 4×4 배열안테나를 나타냈다.

그림 6에 4×4 배열 안테나의 반사손실 측정결과를 나타냈다.

5.505 ~ 5.805GHz 대역 내에서 약 -10dB의 반사손실이 나타나므로 안테나 대역폭은 대략 300MHz (5.3%)임을 알 수 있다. 또한, 안테나 방사패턴의 측정치는 그림 7과 같다. 안테나 방사패턴은 5.6, 5.65, 5.7, 5.75 그리고 5.8 GHz에서 각각 측정하였으며, 결과는 다음과 같다.

그림 7(a)는 4×4 배열 안테나의 E-평면의 방사패턴(측정값)을 나타내며, 3dB 빔 폭은 약 15.3°, 반전력 빔 폭(HPBW)은 약 20°이며, 5.7GHz에서 빔 최대치 20.3dBi를 나타냈다.

그림 7(b)는 4×4 배열 안테나의 H-평면 방사패턴(측정값)을 나타내며, 3dB 빔 폭은 약 15.5°, 반전력 빔 폭(HPBW)은 20°이며, 5.7GHz에서 빔 최대치 20.6 dBi를 나타내어 양호한 이득을 얻었다.

그림 8은 4×4 배열 안테나의 이득(측정값)으로 5.50~5.85GHz범위에서 16~20.5dBi 사이의 값을 갖고, 5.7GHz에서 최대치 20.5dBi를 나타내었다.

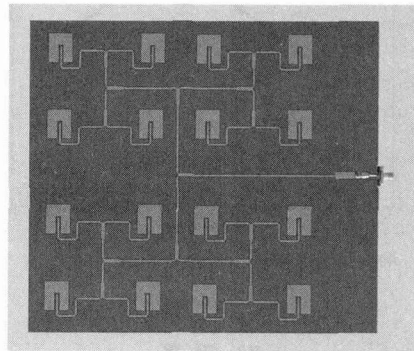


그림 5. 제작된 4×4 배열 안테나

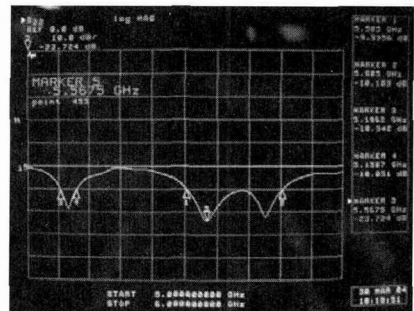
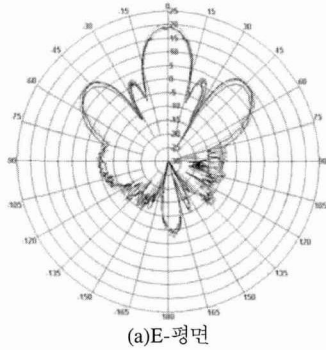
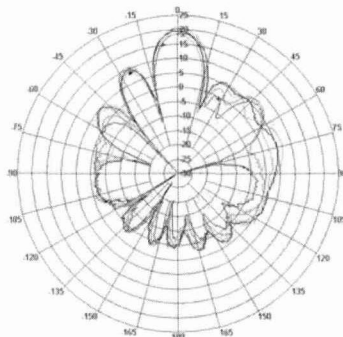


그림 6. 4×4 배열 안테나 반사손실(측정값)



(a)E-평면



(b)H-평면

그림 7. 4×4 배열 안테나의 방사패턴(측정치)

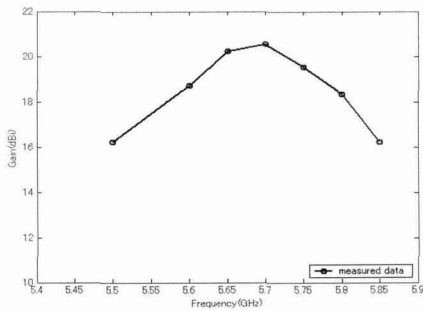


그림 8. 4×4 배열 안테나의 이득(측정값)

IV. 결론

본 논문은 5GHz 대역의 무선랜에서 사용 가능한 엑세스 포인트용 안테나에 대하여 연구하였다. 무선랜 시스템용으로서 비교적 크기에 제한을 받지 않는 엑세스 포인트용으로 4×4 마이크로스트립 배열 안테나를 선택하였다. 안테나는 고이득과 광대역 특성이 요구되도록 앙상블을 이용한 모의실험을 통해 설계하였으며, 이를 바탕으로 안테나를 제작하여 제값을 측정하였다.

설계 및 제작된 안테나의 경우 배열 안테나 패치

사이의 간격은 그레이팅 로브를 줄일 수 있는 최적의 간격으로 두었고, 정해진 배열 소자수로서 비교적 큰 이득을 얻고, 패치간의 상호결합이 최소화하도록 설계하였다. 시뮬레이션값과 측정값 사이에 발생하는 약간의 오차는 제작상의 오류로 판단된다.

따라서, 본 논문에서 제안된 안테나의 측정 결과에 따라서, 엑세스 포인트용 배열 안테나는 고이득과 넓은 대역폭을 확보하여, 최근 대두되고 있는 국내 고속 멀티미디어 서비스를 위한 5GHz 무선랜 시스템에 적용 가능성이 크다고 판단되며, 무선랜 서비스 대역의 실내·외 시스템에 유용한 안테나가 될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 오승곤, “국내외 5GHz 대역 주파수 이용 동향,” 한국통신학회지, 제19권, 5호, pp. 646-654, 2002년 5월.
- [2] P. C. Sharma, 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.
- [3] D. M. Pozar, D. H. Schaubert, *The analysis and design of microstrip antenna and arrays*, IEEE Press, 1995 Balanis, *Antenna theory analysis and design* J. Wiley & Sons, INC.
- [4] J. R. James and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, IEE Electromagnetic Waves Series 28.
- [5] C. A. Balanis *Advanced Engineering Electromagnetics*, John Wiley & Sons. INC.,1989
- [6] J. F. Zurcher and F. E. Gardiol, *Broadband Patch Antenna*, Artech House Publishers.
- [7] P. S. Hall and C. M. Hall, “Coplanar corporate feed effects in microstrip patch array design,” *IEEE Proc.*, vol. 135, 1988.

강 문 규 (Moon-Kyoo Kang)

정회원

2006년 8T 참조

현재 재능대학 컴퓨터정보과 교수

이 상 목 (Sang-Mok Lee)

중심회원

2006년 8T 참조

현재 재능대학 정보통신과 교수