

무선 LAN용 마이크로스트립 패치안테나 설계

김갑기

목포해양대학교

목 차

- I. 서 론
- II. 단일 패치안테나 설계
- III. 급전선 및 1×2 패치안테나 설계
- IV. 제작 및 측정
- V. 결 론

I. 서 론

오늘날 인터넷에 기반을 둔 새로운 서비스에 대한 통신 수요의 증대로 무선에 의한 인터넷 접속 증가는 물론 셀룰러 이동통신에서의 인터넷 접속 등이 폭발적으로 증가되어 가고 있다. 이에 따라 사용자의 정보 요구에 대한 마인드도 급속도로 변화하고, 휴대용 컴퓨터 또는 PDA(Personal Digital Assistant)의 보급이 증가하면서 장소에 상관없이 무선으로 기간 통신망에 접속시킬 수 있는 무선 LAN에 대한 관심이 고조되고 있다[1].

무선 LAN 시스템의 통신 거리를 넓히기 위해 수신 감도 개선에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 저잡음 증폭기를 사용하는 방법이 주로 이용된다[2]. 그러나 무선 LAN 시스템에서는 통신거리가 짧고, 소출력을 사용하며, 이동성 및 소형화를 우선으로 하기 때문에 저잡음 증폭기가 사용되지 않는다. 따라서 무선 LAN 시스템의 수신 감도를 개선하기 위해서는 안테나의 이득을 향상시켜야 한다.

마이크로스트립 안테나는 두께가 얇고, 프린트 회로 기술을 이용하기 때문에 제작이 간편하고, 저가이며, MMIC 설계에 적합하다는 장점이 있다. 특히 패치 모양과 모드를 선정함으로써 공진 주파수, 편파, 그리고 방사 패턴과 임피던스를 변화시킬 수 있다.

5.5 [GHz] 무선 LAN 시스템에 적용하기 위한 마이크로스트립 안테나를 단일 패치로 구성할 경우 기존의 2.4 [GHz] 대역의 무선 LAN 시스템에서 상용되는 동일한 안

테나의 이득을 얻을 수 있다고 할지라도 통신거리가 짧아지게 되는데 이를 보상해주기 위해서는 안테나의 이득이 개선되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 안테나의 이득과 VSWR 특성개선 및 입력 임피던스를 50 [Ω]에 일치시키기 위해서 기본 패치 두 개를 패치간의 간격을 $\lambda/2$ 로 배열하고 다단의 $\lambda/4$ 임피던스 변환기와 전력 분배기가 결합된 형태로 구성하였다. 또한 배열 안테나를 설계 제작하는데 사용되는 $\lambda/4$ 임피던스 변환기와 전력분배기를 HP사의 ADS2002 모델템 시뮬레이션을 사용하여 설계하고, 이를 결합하여 최적화된 1×2 배열 마이크로스트립 안테나를 유전율이 3.5이고, 두께가 0.508 [mm]인 타코닉사의 RF 테프론 기판위에 구현하였다.

제작된 마이크로스트립 배열 패치 안테나가 5.5 [GHz] 무선 LAN용으로 사용가능하도록 무지향 특성을 가지며, 안테나의 이득이 8 [dBi] 그리고 VSWR이 1.5 이하의 우수한 특성을 갖도록 최적화 하였다.

II. 단일 패치안테나 설계

2.1 단일 패치 안테나 설계 이론

사각형 마이크로 스트립 패치안테나의 설계는 다음에 기술된 공식을 이용하면 된다.

먼저 공진 주파수에서 동작하도록 유전율이 3.5이고 두께가 0.508mm인 기판위에 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는 경우 첫 번째로 양호한 방사효율을 얻기

위한 실제 패치 안테나의 폭은 식 (1)으로부터 계산된다[3].

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

여기서 c 는 광속, f_r 은 안테나의 공진 주파수이다.

두 번째로 안테나의 실효 유전율을 식 (2)에 의해서 계산한다.

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

세 번째로 안테나의 확장길이 Δl 을 식 (3)에 의해 계산하고

$$\Delta l = 0.412 \frac{(\epsilon_{re} + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{re} - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (3)$$

실제 패치의 길이 l 을 식 (4)에 의해 계산한다.

$$l = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{re}}} - 2\Delta l \quad (4)$$

삼각형 패치의 경우 길이 l 은 일반적으로 $\lambda_0/3 < l < \lambda_0/2$ 이다.

2.2 단일 패치 안테나 설계

위에서 서술한 수식에 근거하여 패치의 크기를 결정한다. 다음 모멘트 톨을 이용하여 패치의 크기를 최적화한 결과, 공진주파수 5.5GHz에서 패치의 폭 W 은 19.362mm 그리고 길이 l 은 14.132mm인 직사각형 기본패치를 설계하였다. 설계된 패치안테나는 공진주파수 5.5GHz에서 입력 임피던스가 145 $[\Omega]$ 이었고, 패치와 급전선로간의 임피던스 정합을 위해 $\lambda/4$ 임피던스 변환기를 이용하였으며, 기본 패치와 임피던스 변환기가 결합하여 그림 1과 같은 직사각형 단일 패치를 완성하였다.

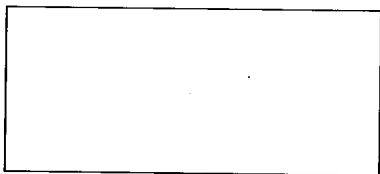


그림 1. 단일 패치 안테나

설계된 단일패치 안테나를 ADS 모멘트 시뮬레이션을 통하여 특성을 측정한 결과 반사계수는 약 -28dB, 이득은 약 5.7dBi, 방사패턴은 전방향 특성을 나타냄을 알 수 있었다.

III. 급전선 및 1×2 패치 안테나 설계

마이크로스트립 단일 안테나를 배열 확장하기 위해서 T-junction을 사용하여 소자간의 전력을 분배시켰다. T-junction은 전력이 분배되는 2-port 간의 격리도는 Wilkinson power divider에 비해서 떨어지지만, 제작이 용이하며 비교적 좋은 전력분배특성을 가지므로 일반적인 급전선 설계에 많이 사용되고 있다. 여기서 두 개의 출력 포트에 동일한 전력을 분배하는 T-junction 전력분배기를 이용하였고, 서로 다른 임피던스를 매칭 시키기 위해 $\lambda/4$ 임피던스 변환기를 이용하였다.

균일한 전력의 전송을 위한 T-junction 전력분배기의 설계는 그림 3과 같은 구조에서 각각의 특성임피던스 Z_1 과 Z_2 를 갖는 포트1과 포트2의 전력비를 $P_1 : P_2$ 라고하면 $Z_1 : Z_2 = P_2 : P_1$ 의 관계가 되도록 동일전력을 공급하기 위하여 포트1과 포트2 단자의 입력임피던스 값은 같아야 한다[4],[5].

Z_0 는 $Z_1 // Z_2$ 의 임피던스로 결정하면 된다. 여기서 각 포트가 만나는 불연속점에 의해 발생하는 리액턴스를 보상하기 위해 포트1과 포트2가 만나는 위치에서 그림 2와 같이 삼각형 모양으로 잘라내어 준다. 잘라내어 주는 크기는 일반적으로 $W = W'$ 이고 θ 의 크기는 30. 가 되도록 설계한다.

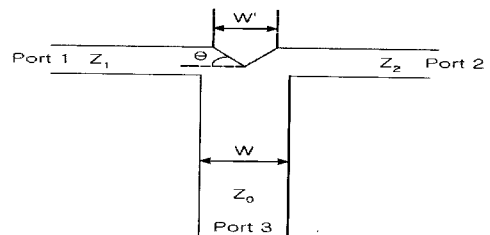


그림 2. 전력 분배기

그림 3은 T-junction 전력 분배기와 3단의 $\lambda/4$ 임피던스 변환기가 결합된 급전선을 보여주고 있다.

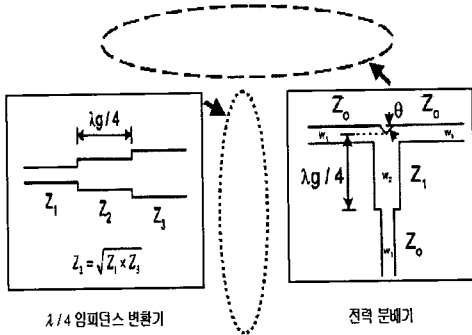


그림 3. 설계된 급전선

일반적으로 $\lambda/4$ 임피던스 변환기를 회로에 삽입할 경우 중심주파수에서 멀어질수록 VSWR이 급속히 악화되며 대역폭이 작아지게 된다. 따라서 급전점으로부터 $\lambda/4$ 임피던스 변환기를 단단으로 연결하여 임피던스의 변화폭을 작게 함과 동시에 VSWR의 변화폭과 대역폭을 넓게 하도록 하였다.

마이크로스트립 안테나의 배열은 동일한 단일 인쇄회로 기판위에 안테나와 급전회로망을 동시에 만들 수 있다는 장점이 있다. 좀 더 진보된 구현 방식의 개발로 송수신 회로에 안테나와 급전부를 동시에 결합해 다양한 시스템에 광범위하게 적용하고 있다. 안테나 기술은 전자기술의 발전과정과 유사하게 안테나에 독립적으로 연결된 각각의 소자들로부터 칩들(chips)이 급전선과 방사기에 완전히 결합되는 방향으로 발전하고 있다.

많은 배열 형태 중 하나로 마이크로스트립 안테나가 사용된다. 마이크로스트립 배열 안테나는 방사소자와 급전회로를 저가의 석판인쇄 기술을 이용해 단층 인쇄회로 기판에 만들 수 있으므로 고정 빔 응용에 많이 사용된다.

고정 빔 응용에서 소자간 거리는 그레이팅 로브를 피하기 위해 자유공간 파장 보다는 짧아야 하며, 상호결합을 줄이고 주어진 소자 개수에서 최대이득을 얻으며 급전선 간에 충분한 공간을 확보하고자 $\lambda/2$ 이상이 되도록 선택하여 마이크로스트립 패치간 상호결합이 발생하지 않도록 한다[6].

따라서 앞서 설계한 단일 패치 안테나를 $\lambda/4$ 임피던스 변환기와 패치간 간격을 조절하여 1×2 패치 안테나를 설계하였으며 이를 그림 4에서 보여주고 있다.

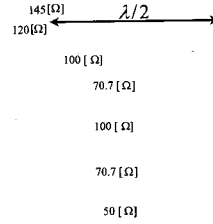
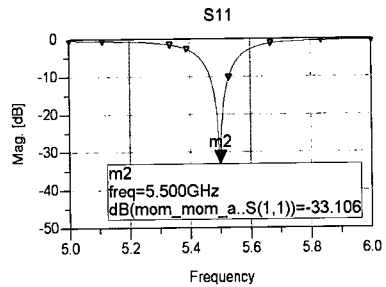
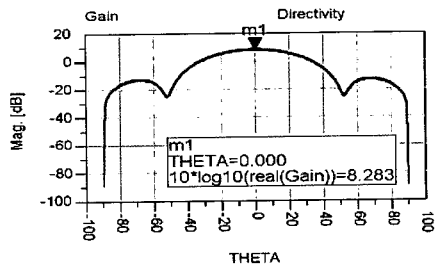


그림 4. 1×2 배열 패치 안테나

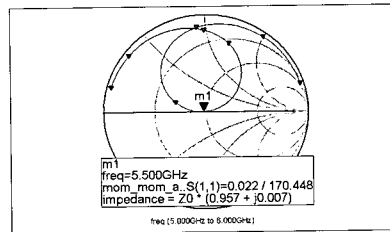
다음 그림 5에서 1×2 패치 안테나를 모멘텀 기법에 의한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.



(a) 패치 안테나의 입력반사손실



(b) 패치 안테나의 이득



(c) 패치 안테나의 입력 임피던스

그림 5. 1×2 패치 안테나의 특성

그림 5(a)에서 설계된 패치는 5.5 [GHz]에서 공진이 일어나는 것을 알 수 있으며, 반사손실은 약 -33 [dB]이고, 반사손실이 -10 [dB](VSWR 2:1)가 되는 대역폭은 약 40 [MHz]정도로 계산됨을 알 수 있다.

그림 5(b)는 설계된 단일 마이크로스트립 패치 안테나 방사소자의 원거리 영역 방사패턴을 나타내고 있으며, 이득은 8.3 [dBi], 무지향성 특성을 나타내고 있다. 또한 그림 5(c)는 입력 임피던스를 보여주고 있는데 입력 임피던스가 $47.8+j0 [\Omega]$ 임을 알 수 있다.

IV. 제작 및 측정

패치 안테나의 제작과정은 최적화된 레이아웃 결과를 기초로 해서 모멘텀 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 설계된 안테나를 dxf 파일로 추출하여 음화 필름을 제작하고 마이크로스트립 기판에 현상된 음화필름을 감광한 후에 감광되지 않은 부분을 기판에서 제거함으로써 실제 설계한 패치 안테나를 얻을 수 있다.

실제 설계 제작한 5.5 [GHz] 대역 1×2 배열 마이크로스트립 패치 안테나를 유전율 3.5, 기판두께 0.508 [mm]인 타코닉사의 테프론 기판위에 제작하였다. 그림 6은 1×2 배열 마이크로스트립 패치 안테나의 실물 사진을 보여주고 있다.

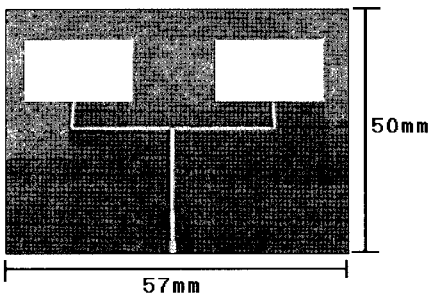


그림 6. 실물 사진

마이크로스트립 기판에 회로를 구현하는 과정에서 다음과 같은 점을 주의해야 한다.

첫째, 현상액을 기판에 칠하는 과정으로 두께는 어느 정도이며, 현상액이 얼마나 고르게 칠해야 하는지 하는 점이 있다. 현상액의 두께가 얇으면 얇을수록 감광시 시간이 적게 들고 설계한 회로에 부합된 회로를 얻을 수 있기 때문이다.

둘째, 감광된 회로를 구현하는 과정으로 어느 정도까지 감광되지 않은 부분을 제거해야 하는지 하는 문제이다. 제거하는데 시간이 많이 걸리면 실제 회로부분이 제거되는 경우가 발생되기 때문이다.

제작된 안테나를 Anritsu 37169A VNA (Vector Network Analyzer)를 사용하여 측정하기 위한 측정장치 배치 사진을 그림 7이 보여주고 있으며, 그림 8(a)부터 8(c)는 측정장치를 통한 결과를 보여주고 있다.

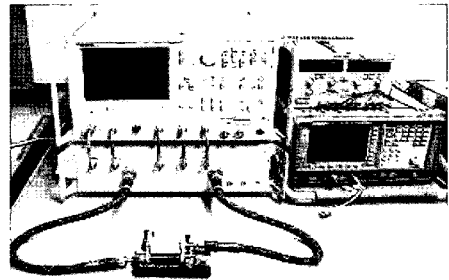
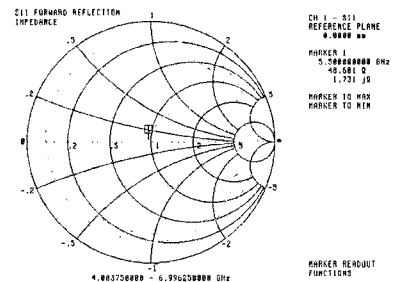
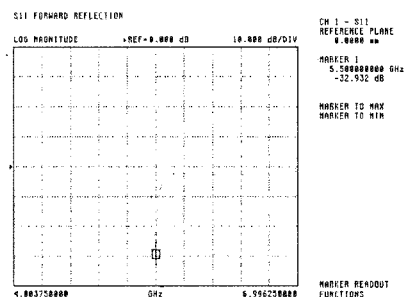


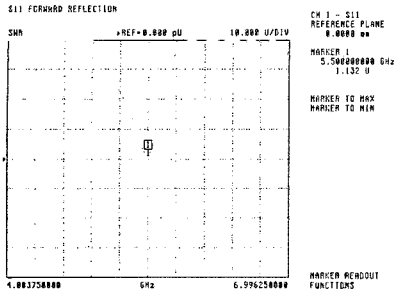
그림 7. 측정 장치의 사진



(a) 입력 임피던스



(b) 입력 반사손실



(c) 정재파비

그림 8. 측정결과

측정 결과로서 그림 8(a)에서 안테나의 입력 임피던스가 5.5 [GHz]에서 $48+j1$ [Ω]임을 알 수 있었다. 그림 8(b)는 입력 반사손실을 보여주고 있는 그림으로 5.5 [GHz]에서 -32 [dB]를 나타내었으며, 그림 8(c)는 전압 정재파비를 보여주는 그림으로 전압 정재파비가 1.132로 매우 좋은 특성을 가지는 것으로 측정되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 구형 마이크로스트립 패치를 사용하여 5.5 [GHz] 무선 LAN 주파수 대역에서 동작하며 선형편파특성을 갖는 마이크로스트립 배열 안테나를 설계 및 제작하였다.

패치 안테나에 대한 설계이론들을 근거로 ADS2002 시뮬레이션 프로그램인 모멘텀을 이용하여 5.5 [GHz] 단일 패치 안테나를 설계하였으며, 패치 이외의 불요방사를 줄이기 위해 높은 임피던스 급전선을 이용하여 정합회로의 크기를 줄였다. 이렇게 설계된 기본 패치에 대한 시뮬레이션을 통해 결과를 확인하고, 최적화하여 1×2 배열 안테나를 제작하였다.

설계된 1×2 배열 안테나의 시뮬레이션은 반사손실은 공진 주파수 5.5 [GHz]에서 -32 [dB], 대역폭은 VSWR 2:1에서 약 40 [MHz], 그리고 입력 임피던스는 $47.8+j0$ [Ω], 방사패턴에서 이득은 8 [dBi]의 특성을 나타내었다.

설계된 안테나를 비유전율 $\epsilon_r = 3.5$, 유전체 두께 $h = 0.508$ [mm], 콘덕터 두께 $t = 36$ [μ m], 손실 탄젠트 $\tan\delta = 0.002$ 로 타코닉사 테프론 기판위에 제작하였으며, 제작된 안테나는 Anritsu 37169A VNA (Vector Network

Analyzer)를 사용하여 측정하였다.

1×2 배열 패치 안테나의 측정결과 안테나의 중심주파수는 5.5 [GHz]에서 공진이 발생하였으며 중심주파수에서 반사손실은 -32 [dB]이고, 임피던스는 $48+j1$ [Ω] 을 나타내었으며 VSWR은 1.13으로 매우 우수한 특성을 보였다.

마이크로 스트립 패치 안테나를 배열시킴으로서 보다 지향성과 이득 및 주파수 대역폭이 개선됨을 확인할 수 있었으며, 다단의 $\lambda/4$ 임피던스 변환기를 사용하였기 때문에 임피던스 변화 폭이 적어서 5.5 [GHz] 근거리 무선 LAN에 사용되는 RF 모듈과 결합이 용이하다는 특성을 확인하였다. 이 설계 제작된 안테나는 무선 LAN 시스템에 사용되는 패치 안테나로 활용도가 클 것이라 사료된다.

참고문헌

- [1] 전찬욱, 고남영, "무선 LAN의 User 환경에 따른 전송 품질에 관한 연구," 한국해양정보통신학회논문지 vol. 7 no. 3 pp. 448-453, 2003. 6.
- [2] 민경식, 김경태, 박진생 "차세대 무선랜용 저잡음 증폭기 설계에 관한 연구," 한국전자과학회 전자과학기술 하계학술대회 vol. 1 no. 1 pp. 52-55, 2003.
- [3] R. J. Mailloux, J. Mcilvenna, and N. Kernweis "Microstrip array technology," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. Ap-29, no.1 pp. 25-38, Jan. 1981.
- [4] M. Kirsching, Jansen and N. Koster, "Accurate model for open end effect of microstrip lines," *Electron. Lett.*, vol. 17, pp. 123-125, 1981.
- [5] D. M. Pozer, "Input impedance and mutual coupling of rectangular microstrip antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.35, no.6, pp. 613-621, Jan. 1987.
- [6] Warren L. Eutzman, Gary A. Thiele *Antenna Theory and Design*. second edition Wiley pp. 268-269.

저자소개

김갑기



1980년 광운대학교 전자통신공학과 졸업
 1984년 건국대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1998년 건국대학교 대학원 전자공학과 공학박사

2001 ~ 2002년 뉴욕시립대학 전자공학과 연구교수
 1975년 ~ 현재 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수
 ※ 관심분야: 마이크로파 통신, RF 회로설계