

5.8GHz 대역의 무선LAN용 CPW급전 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나 설계 및 제작

고수미, *이권익, **김홍수
*제주대 통신공학과, **제주대학교 통신컴퓨터 공학부
전화 : 064-754-3639 / Fax : 064-755-3610

Design and Fabrication of Microstrip Hybrid Slot Antenna Fed by CPW for Wireless LAN at 5.8GHz Band

Soo Mi Ko, Kwoun Ig Lee, Heung Soo Kim
*Dept. of Telecommunication, Cheju Nat'l University,
**Faculty of Telecommunication and computer, Cheju Nat'l University
E-mail : gg1979117@hotmail.com

Abstract

In This paper, a microstrip slot antenna is designed and fabricated for wireless LAN at 5.8GHz band. The microstrip slot antenna is fed by CPW and formed the inductively slot and the capacitively slot. To obtain wideband, the inductively slot is designed at 5.3GHz and the capacitively slot is designed at 5.8GHz. Resonant frequency of the fabricated microstrip slot antenna is 5.8GHz, the bandwidth for VSWR<1.5 is 29% and the gain is 4.6dB. The 3-dB beamwidth of E-plane and H-plane is 80° and 120°, respectively.

I. 서론

최근 노트북 PC와 PDA 등과 같은 휴대용 단말기의 보급이 확산됨에 따라 이들을 장소에 상관없이 컴퓨터 망에 연결시키는 수단으로 무선 LAN이 구축되고 있다. 무선 LAN은 무선 전송 기술을 사용하여 기존의 유선 LAN의 미비점을 보완하고, 유선 LAN의 설치가 어려운 환경까지 무선 채널을 통해 LAN을 확장시킬 수 있는 이동성, 휴대성 및 간편성 등의 이점으로 응용분야가 광범위해지고 있다. 무선 멀티미디어 서비스

요구의 증가와 무선 전송 기술의 발달로 인하여 기존의 1~2Mbps 전송속도를 갖는 2.4GHz 대역의 무선 LAN의 규격을 향상시켜 6~54Mbps의 전송속도를 갖는 5GHz 대역 무선 LAN을 사용할 예정이다. 따라서 휴대용 단말기와 액세스 포인트(AP)간 통신을 위한 무선 LAN 카드와 더불어 저렴한 비용과 대량생산, 경량화, 그리고 초고주파 집적회로에 함께 구현 할 수 있고 충분한 대역폭과 원하는 방사 특성을 갖는 안테나 개발이 요구되고 있다^[1].

현재 사용되어지고 있는 무선 통신 시스템용 안테나는 주로 마이크로스트립 구조가 사용되어지고 있다. 마이크로스트립 구조는 제작이 용이하고 대량 생산이 가능하며 견고하고 가격도 저렴하며 부피가 작고 가볍다는 장점이 있다. 반면 3~4%의 좁은 대역폭과 낮은 효율을 갖는다는 단점이 있다^[2]. 이러한 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성을 개선하기 위한 많은 연구가 진행되어져 왔으며 여러 가지 방법들이 제안되었다. 일반적으로 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 증가시키기 위한 방법으로는 기판의 비유전율을 낮추는 방법과 기판의 두께를 증가시키는 방법이 있다. 그러나 기판의 두께가 증가함에 따라 표면파가 증가하게 되어 효율이 떨어지게 되고 패턴의 왜곡을 일으키게 된다. 그밖에 패치의 형태를 변형시키는 방법, 기생소자를 추가하는 방법, 적층형 구조 등을 사용하는 방법

등이 있다. 그러나 이러한 구조들은 동일 평면 또는 다른 층으로의 물리적 크기를 증가시켜야 하는 문제가 있다^[2]. 최근에는 슬롯 안테나에 동일 평면 도파관 (coplanar waveguide : CPW)으로 급전시킨 안테나들이 많이 연구되어지고 있다^{[3]-[6]}.

CPW는 신호선과 접지면이 한 면에 있기 때문에 광대역 특성을 얻을 수 있다. 또한 공정시 back-side 공정이 필요치 않게 됨에 따라 공정을 단순화시킬 수 있다. CPW는 기존 마이크로스트립 선로에 비하여 초고주파 집적회로(MMIC)가 용이하다^{[3]-[6]}.

본 논문에서는 [6]에서 제안한 CPW 급전 슬롯 안테나를 이용하여 ISM대역의 무선 LAN (5.725GHz~5.85GHz)용 안테나로 사용할 수 있는 CPW 급전 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나를 설계·제작하였다. 연구에서 설계한 안테나의 특성을 Ansoft사의 Ensemble 6.0을 사용하여 해석하였다. 광대역을 얻기 위해 유도성 슬롯 안테나를 5.3GHz에서 설계하였고, 용량성 슬롯 안테나는 5.8GHz에서 설계하였다. 안테나의 정합을 위해서 슬롯의 폭과 용량성 슬롯 안테나의 급전 CPW의 길이를 조절하여 안테나의 설계 파라미터를 결정하고, 제작된 측정 결과와 비교한다.

II. CPW 급전 선로 구조 및 특성

CPW 급전 선로는 그림 1.과 같이 중앙에 놓인 스트립과 갭에 의해 분리된 두 개의 접지면으로 구성된 형태이다^{[3]-[8]}.

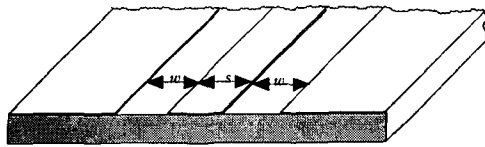


그림 1. CPW 급전 선로 구조

CPW 급전 선로의 특성 임피던스와 유효 유전율은 중심 스트립과 갭의 폭, 기판의 비유전율과 두께를 이용하여 구한다. CPW의 특성 임피던스는 다음과 같다^{[7]-[8]}.

$$Z_0 = \frac{30\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \frac{K'(k)}{K(k)} \quad (1)$$

여기에서

$$k = \frac{s}{s+2w} \quad (1-1)$$

$$\frac{K(k)}{K'(k)} = \begin{cases} \frac{1}{\pi} \ln \left[2 \frac{1+\sqrt{k}}{1-\sqrt{k}} \right] & \text{for } 0.707 \leq k \leq 1 \\ \frac{\pi}{\ln \left[2 \frac{1+\sqrt{k'}}{1-\sqrt{k'}} \right]} & \text{for } 0 \leq k \leq 0.707 \end{cases} \quad (1-2)$$

여기서 s 는 중심 스트립의 폭, w 는 갭의 폭이다. 그리고 유효 유전율은 다음과 같다^{[7]-[8]}.

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} \left[\tanh \left\{ 1.785 \log \left(\frac{h}{w} \right) + 1.75 \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{kw}{h} \{ 0.04 - 0.7k \} \right. \right. \\ \left. \left. + 0.01(1 - 0.1\epsilon_r)(0.25 + k) \right\} \right] \quad (2)$$

여기서 ϵ_r 은 기판의 비유전율, h 는 기판의 두께이다.

III. 슬롯 안테나 설계

본 논문에서는 단일 슬롯 안테나일 때의 대역폭과 이득을 향상시키기 위해 유도성 슬롯 안테나와 용량성 슬롯 안테나를 결합한 형태의 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나를 설계하였다. 안테나는 비유전율 $\epsilon_r=4.3$ 이고, 기판의 두께 $h=1.6\text{mm}$ 인 FR4 기판을 사용하였다. 설계한 안테나의 형태는 그림 2.에 나타내었다.

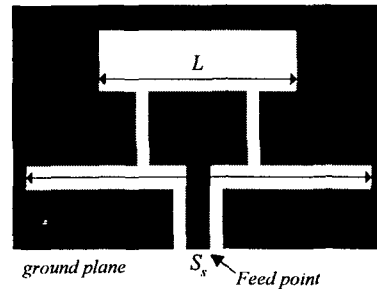


그림 2. CPW 급전 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나

안테나의 광대역 특성을 얻기 위하여 유도성 슬롯 안테나는 원하는 중심주파수보다 조금 낮은 5.3GHz에서 설계하고 용량성 슬롯 안테나는 원하는 중심 주파수인 5.8GHz에서 설계한다.

우선, 5.3GHz에서 동작하는 유도성 슬롯 안테나를 설계한다. 유도성 슬롯 안테나의 CPW 급전 선로의 중심 스트립 폭 $S_s=1.26\text{mm}$ 이고 갭의 폭 $G_s=0.25\text{mm}$ 인 경우에 식 (1)과 (2)를 사용하여 특성 임피던스 $Z_0=58\Omega$, 유효 유전율 $\epsilon_{eff}=2.566$ 을 얻는다. 이로부터 슬롯의 길이 $L_s=0.925\lambda_d$ 를 계산할 수 있다. 안테나의 임피던스는 슬롯 폭 W_s 에 따라 변화하므로 슬롯 폭을 변화시키면서 CPW와 안테나를 정합 시킨다. 기준 유도성 슬롯 안테나를 5.3GHz에서 설계하여 그림3.에 서와 같이 36dB의 반사 손실 특성을 얻을 수 있고, 안테나의 이득은 2.3dB이다.

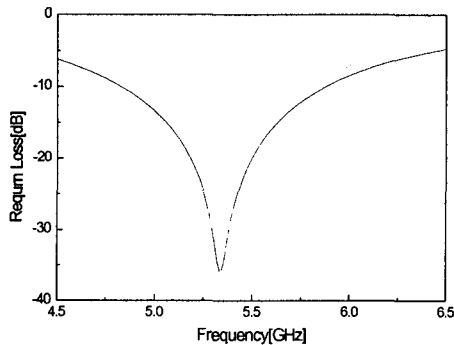


그림3. 유도성 슬롯 안테나의 반사 손실 특성

다음으로 용량성 슬롯 안테나를 원하는 중심 주파수인 5.8GHz에서 설계한다. 용량성 슬롯 안테나의 CPW 급전 선로의 중심 스트립 폭 $S=10.9\text{mm}$ 이고 갭의 폭 $G=0.5\text{mm}$ 일 때 (1)식으로부터 특성 임피던스 $Z_0=49\Omega$ 와 (2)식으로부터 유효 유전율 $\epsilon_{eff}=2.106$ 을 찾아내고 이로부터 반파장 슬롯 길이 L 를 구할 수 있다. 유도성 슬롯과 용량성 슬롯을 결합시키면 상호 간의 커플링에 의해서 안테나의 특성이 변하게 된다. 따라서 유도성 슬롯에 용량성 슬롯을 결합할 경우 각 슬롯의 폭 W , W_s 와 용량성 슬롯의 급전 CPW 길이 l_2 를 조절하여 유도성 슬롯과 용량성 슬롯을 정합 시킨다. CPW 길이 l_2 에 따른 안테나 특성 변화를 그림 4.에 나타내었다. 그림 4.에서 보는 것과 같이 $l_2=14\text{mm}$ 일 때 $l_2=15\text{mm}$ 일 경우보다 더 넓은 대역폭을 얻을 수 있으나 안테나의 정합 특성 면에서 $l_2=15\text{mm}$ 일 때 최적의 정합 특성을 갖는 것을 볼 수 있다.

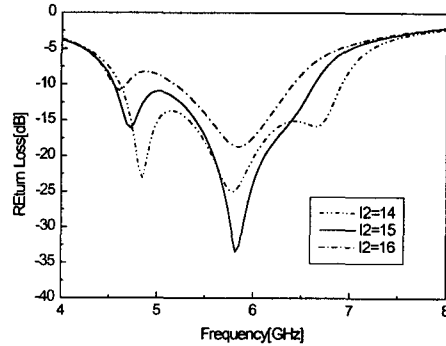


그림 4. 용량성 슬롯 안테나 급전 CPW 길이 l_2 에 따른 반사 손실 특성

그림 3.과 그림 4.를 비교하면 단일 마이크로스트립 슬롯일 때보다 두 개의 슬롯을 결합하였을 경우 더 넓은 대역폭을 얻을 수 있음을 확인할 수 있고 이때의 안테나 이득은 4.6dB이다.

위의 설계 파라미터로부터 광대역 및 이득을 항상시킬 수 있는 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나의 설계 파라미터를 표1에 나타내었다.

표 1. 제안한 안테나 설계 파라미터 (단위: mm)

	cpw 폭	스트립 폭	슬롯 길이	슬롯 폭	CPW 길이
유도성 슬롯	0.25	1.26	33.5	3.5	4.4
용량성 슬롯	0.5	10.9	18	6	15

IV. 제작 및 측정

마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나는 5.8GHz 대역에서 동작하도록 제작하였다.

실제 제작한 안테나의 반사 손실 특성과 시뮬레이션 결과를 그림5.에 나타내었다. 제작된 안테나는 5.8GHz에서 $VSWR<1.5$ 를 기준으로 29%의 대역폭을 갖는다.

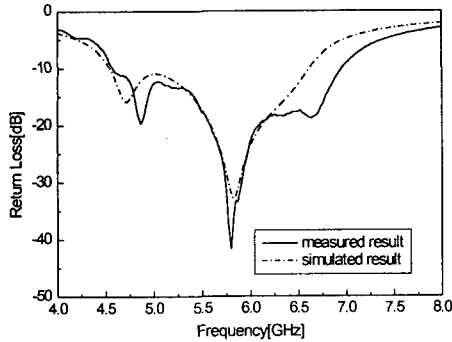


그림 5. 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나 반사 손실 특성

제작한 안테나의 E-평면과 H-평면 방사 패턴은 그림 6에 나타내었다. 제작한 안테나는 접지면이 안테나와 동일 평면에 존재하므로 전·후방으로 원하는 방사 패턴을 갖는 것을 확인할 수 있다. E-면과 H-면의 3-dB 빔폭은 각각 80°와 120°이다.

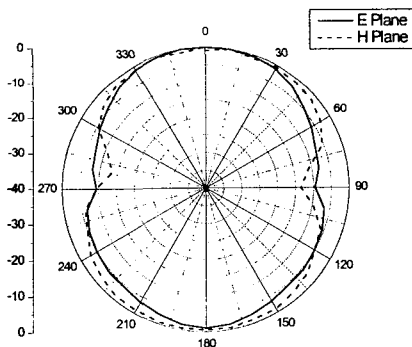


그림 6. 제작된 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나의 복사 패턴

IV. 결론

본 논문에서는 5.725GHz~5.85GHz 대역의 무선 LAN용 CPW 급전 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나를 설계·제작하였다. 단일 슬롯 안테나일 경우보다 이득과 대역폭을 향상시키기 위해서 유도성 슬롯과 용량성 슬롯을 결합시킨 형태의 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나를 설계·제작하였다. 제작한 안테나는 VSWR < 1.5를 기준으로 29%의 대역폭과 4.6dB의 이득을 갖으며, E-면과 H-면의 3-dB 빔 폭은 각각 80°

와 120°였다. 본 논문에서 제작한 CPW 급전 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나는 5.8GHz대 무선 LAN용 안테나로 적용 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] 고영호, "무선 LAN을 위한 적층 구조의 Bow-tie Antenna의 설계", 전자과학회학회지, 제 11권, 제 8호, pp. 1455-1461, 2000, 12
- [2] J.R. James & P.S. Hall, "Handbook of Microstrip Antennas", Peter Peregrinus, 1989
- [3] K.C. Gupta, Ramesh Garg, I.J. Bahl "Micro strip Lines and Slotlines", Artech House, pp. 257-300, 1979
- [4] Rainee N. Simons, "Coplanar Waveguide Circuits, Components, and Systems", John Wiley & Sons, 2001
- [5] Cheng P. Wen, "Coplanar Waveguide : A Surface Strip Transmission Line Suitable for Nonreciprocal Gyromagnetic Device Applications", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-17, pp. 1087-1090, Dec., 1969
- [6] A.U. Bhohe, C.L. Holloway, M. Picket-May and R. Hall, "Coplanar waveguide fed wideband slot antenna", Electronics Letters, 2000 3rd August, Vol. 36, no. 16, pp. 1340-1342
- [7] Laurent Giauffrent, Jean-Marc Laheurte, and A. Papiernik, "Study of Various Shapes of the Coupling Slot in CPW-Fed Microstrip Antennas", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-45, pp. 642-647, April, 1997
- [8] Santiago Sierra-Garcia and Jean-Jacques Laurin, "Study of a CPW inductively Coupled Slot Antenna", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-47, pp. 58-64, Jan., 1999
- [9] John.D. Kraus, "Antennas", McGRAW- HILL, 1988, pp. 625-660