

論文2002-39TC-10-3

5.8GHz 대역 무선 LAN용 하이브리드 슬롯 안테나 설계 및 제작 (Design and Fabrication of the Hybrid Slot Antenna for Wireless LAN at 5.8GHz Band)

高水美*, 李權益**, 金興洙***

(Soo-Mi Ko, Kwoun-Ig Lee, and Heung-Soo Kim)

요약

본 논문에서는 충분한 대역폭과 이득을 갖는 5.8 GHz 대역의 무선 LAN용 하이브리드 슬롯 안테나를 설계하고 제작하였다. 설계한 안테나는 유도성 급전 슬롯과 용량성 급전 슬롯을 결합한 형태이다. 광대역을 얻기 위하여 유도성 급전 슬롯은 5.3 GHz에서 설계하였고, 용량성 급전 슬롯은 5.8 GHz에서 설계하였다. 설계시 주요 파라미터는 슬롯 폭과 CPW의 길이이다. 안테나는 Ensemble 6.0을 사용하여 시뮬레이션 하였으며 시뮬레이션 결과와 실제 제작한 안테나의 특성을 비교하였다. 제작된 하이브리드 슬롯 안테나의 공진 주파수는 5.8 GHz이고, VSWR<1.5를 기준으로 하여 28 %의 대역폭과 5 dBi의 이득을 얻었다. E-면과 H-면의 빔폭은 각각 60°와 44°이다.

Abstract

In this paper, a hybrid slot antenna is designed and fabricated for wireless LAN at 5.8 GHz band. The hybrid slot antenna is consisted of the inductively-fed slot and capacitively-fed slot. To obtain wide bandwidth, the inductively-fed slot is designed at 5.3 GHz and the capacitively-fed slot is designed at 5.8 GHz. Important parameters in the design are slot width and CPW length. The hybrid slot antenna is simulated by using Ensemble 6.0. The measured results of this antenna are compared with its simulated results. The resonant frequency of fabricated hybrid slot antenna is 5.8 GHz, the bandwidth for VSWR<1.5 is 28 % and the gain is 5 dBi. The 3-dB beamwidths in E-plane and H-plane are 60° and 44°, respectively.

Keywords : CPW, Slot antenna, Bandwidth enhancement

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 전송기술을 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 1~2 Mbps 전송속도를 갖는 2.4 GHz 대역의 무선 LAN의 규격을 향

* 學生會員, 濟州大學校 通信工學科

(Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.)

** 正會員, 濟州大學校 通信工學科

(Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.)

*** 正會員, 濟州大學校 通信컴퓨터工學部

(Faculty of Telecommunication and Computer Eng., Cheju Nat'l Univ.)

接受日字:2002年7月23日, 수정완료일:2002年9월16일

상시켜 6~24 Mbps의 전송속도를 갖는 5 GHz 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 구현할 수 있는 안테나 개발이 요구된다. 휴대용 단말기는 5.725~5.85 GHz 주파수 대역을 커버할 수 있는 충분한 대역폭과 5 dB 이내의 이득을 갖는 소형 안테나가 상용화되고 있다^[1].

현재 사용되어지고 있는 무선 통신 시스템용 안테나는 마이크로스트립 형태의 안테나가 주로 사용되어지고 있다. 마이크로스트립 구조는 제작이 용이하고 대량 생산이 가능하며 견고하고 가격도 저렴하여 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 CPW 급전 슬롯 안테나를 이용하여 ISM 대역의 무선 LAN(5.725~5.85 GHz)용 안테나로 사용할 수 있는 CPW 급전 마이크로스트립 하이브리드 슬롯 안테나를 설계·제작한다. 안테나의 정합을 위해서 주요 파라미터를 찾고, 이를 Ansoft사의 Ensemble 6.0을 사용하여 설계한다. 단일 슬롯 안테나의 특성과 하이브리드 슬롯 안테나의 특성을 설계하여 비교한다. 하이브리드 슬롯 안테나를 제작하여 시뮬레이션 결과와 제작한 안테나의 결과를 비교한다.

II. CPW 급전 선로 구조 및 특성

CPW 급전 선로는 그림1과 같이 중앙에 놓인 스트립과 갭에 의해 분리된 두 개의 접지 면으로 구성된 형태이다^[3-8].

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

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

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

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

이고, s 는 중심 스트립의 폭, w 는 갭의 폭이다. 그리고 유효 유전율은 다음과 같다.

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

여기서 ϵ_r 은 기판의 비유전율, h 는 기판의 두께이다.

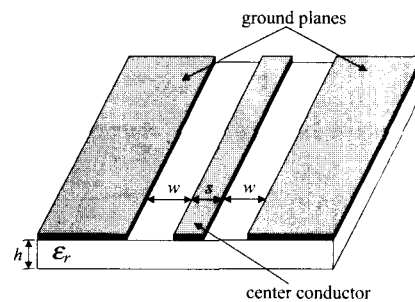


그림 1. CPW 급전 선로 구조

Fig. 1. CPW Geometry.

III. 슬롯 안테나 설계

우선 유도성 급전 슬롯 안테나를 원하는 중심 주파수에서 공진시키고, 이득과 대역폭을 향상시키기 위해서 유도성 급전 슬롯 안테나에 용량성 급전 슬롯을 결합시

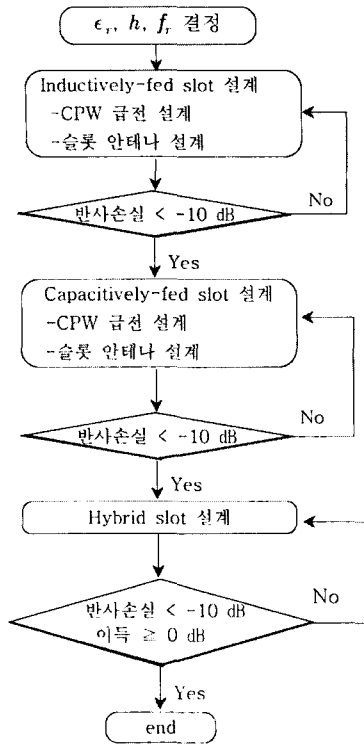


그림 2. 하이브리드 슬롯 안테나의 설계 블록도
Fig. 2. The block diagram for design of the hybrid slot antenna.

킨 하이브리드 슬롯 안테나를 설계한다. 이때 사용된 기판은 비유전율 $\epsilon_r=4.3$ 이고 두께 $h=1.6\text{mm}$ 인 FR4이며, 이를 Ansoft사의 Ensemble 6.0을 사용하여 시뮬레이션한다. 하이브리드 슬롯 안테나의 설계 과정을 <그림 2>에 나타내었다.

1. 단일 슬롯 안테나

유도성 급전 슬롯 안테나는 광대역 특성을 얻기 위하여 원하는 중심 주파수보다 조금 낮은 5.3 GHz에서 공진하도록 설계한다. 유도성 급전 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. 이때 얻어진 유효 유전율을 사용하여 슬롯의 길이 $L_s=0.925\lambda_d$ 를 계산한다.

안테나의 임피던스는 슬롯 폭 W_s 에 따라 변화하므로 슬롯 폭을 변화시키면서 CPW와 안테나를 정합 시킨다. <그림 3>에서 슬롯 폭 $W_s=4.5\text{mm}$ 일 때 최적의 정합 특성을 보임을 알 수 있다. 유도성 급전 슬롯 안테나는 5.3

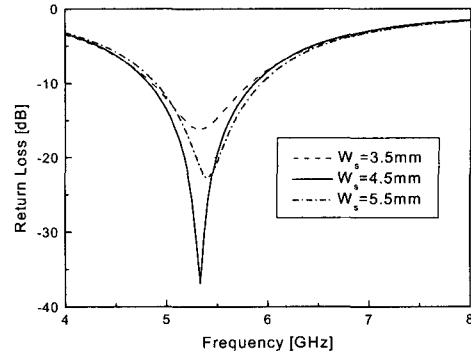


그림 3. 단일 슬롯 안테나의 슬롯 폭에 따른 반사 손실 특성
Fig. 3. Return loss of the inductively-fed slot antenna by changing the slot width.

GHz에서 <그림 3>에서의 같이 36dB의 반사 손실 특성과 VSWR<1.5를 기준으로 안테나의 대역폭은 11%이고 안테나의 이득은 2.3dBi이다.

2. 하이브리드 슬롯 안테나

단일 슬롯 안테나일 때의 대역폭과 이득을 향상시키기 위해 유도성 급전 슬롯 안테나와 용량성 급전 슬롯 안테나를 결합한 하이브리드 슬롯 안테나를 설계하였다. 설계한 안테나의 구조를 <그림 4>에 나타내었다.

용량성 급전 슬롯 안테나를 원하는 중심 주파수인 5.8 GHz에서 설계한다. 용량성 급전 슬롯 안테나의 CPW 급전 선로의 중심 스트립 폭 $S=10.9\text{mm}$ 이고 갭의 폭 $G=0.5\text{mm}$ 일 때 식(1)로부터 특성 임피던스 $Z_0=49\Omega$ 와 식(2)로부터 유효 유전율 $\epsilon_{eff}=2.106$ 을 찾아낸다. 용량성 급전 슬롯의 공진 길이 L 은 반파장이다.

유도성 급전 슬롯과 용량성 급전 슬롯을 결합시키면 상호간의 커플링에 의해서 안테나의 특성이 변하게 된다. 따라서 유도성 급전 슬롯에 용량성 급전 슬롯을 결

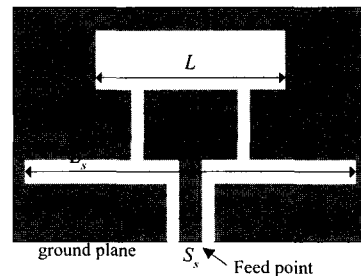


그림 4. CPW 급전 하이브리드 슬롯 안테나
Fig. 4. Geometry of the hybrid slot antenna fed by CPW.

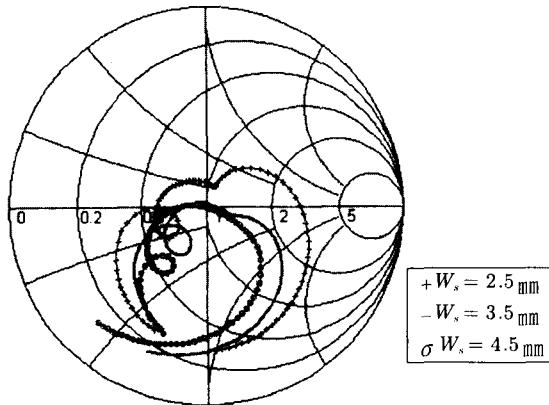


그림 5. 유도성 급전 슬롯 폭 W_s 에 따른 임피던스 케적($l_2=15\text{mm}$, $W=6\text{mm}$)
 Fig. 5. Impedance locus as the inductively-fed slot width W_s ($l_2=15\text{mm}$, $W=6\text{mm}$).

합하는 경우 각 슬롯의 폭 W , W_s 와 용량성 급전 슬롯의 급전 CPW 길이 l_2 를 조절하여 유도성 급전 슬롯과 용량성 급전 슬롯을 원하는 주파수에서 동작하도록 정합 시킨다. 유도성 급전 슬롯 폭 W_s 의 변화에 따른 임피던스 케적을 <그림 5>에 나타내었다.

<그림 5>에서 살펴보는 바와 같이 유도성 급전 슬롯 폭 W_s 가 감소할수록 임피던스 케적이 위로 올라가는 것을 확인할 수 있다.

다음으로 CPW 길이 l_2 에 따른 안테나 특성 변화를 <그림 6>에 나타내었다.

<그림 6>에서 l_2 가 감소할수록 임피던스 케적이 시

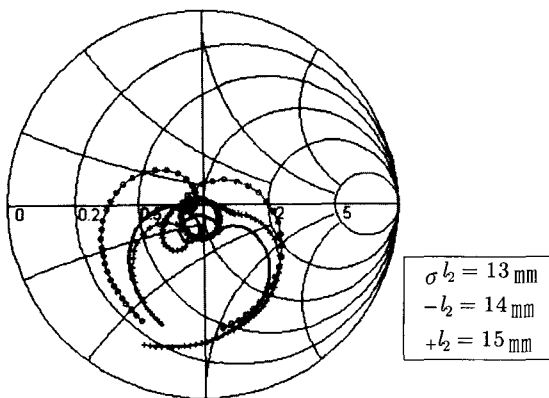


그림 6. l_2 변화에 따른 임피던스 케적($W=6\text{mm}$, $W_s=2.5\text{mm}$)
 Fig. 6. Impedance locus as length of the l_2 ($W=6\text{mm}$, $W_s=2.5\text{mm}$).

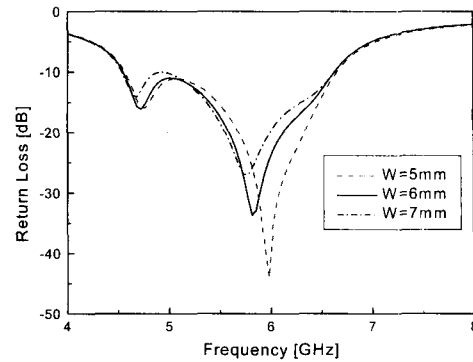


그림 7. 용량성 급전 슬롯 폭 W 에 따른 반사손실 특성 ($W_s=3.5\text{mm}$, $l_2=15\text{mm}$)
 Fig. 7. Return loss of the hybrid slot antenna as the capacitively-fed slot width W ($W_s=3.5\text{mm}$, $l_2=15\text{mm}$).

계 방향으로 회전하는 것을 볼 수 있다. 용량성 급전 슬롯 폭에 따른 반사 손실 특성을 <그림 7>에 나타내었다.

용량성 급전 슬롯 폭 W 가 증가할수록 주파수가 왼쪽으로 천이됨을 확인할 수 있다. 따라서 원하는 주파수 5.8 GHz에서 안테나가 공진하도록 하기 위해서 $W=6\text{mm}$, $W_s=2.5\text{mm}$, $l_2=13\text{mm}$ 인 경우를 선택하여 하이브리드 슬롯 안테나를 설계한다. 이때 안테나의 임피던스 케적을 <그림 8>에 나타내었다.

시뮬레이션 결과 안테나의 VSWR<1.5를 기준으로 28%의 대역폭과 전방 4 dBi, 후방 3.5 dBi의 이득을 얻을 수 있었다.

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

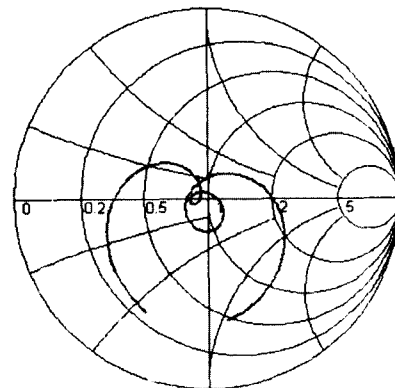


그림 8. 안테나의 임피던스 케적
 Fig. 8. Impedance locus of the hybrid slot antenna.

표 1. 안테나 설계 파라미터
Table 1. Parameters of the antenna.

단위 : mm	CPW폭	스트립폭	슬롯길이	슬롯폭	CPW길이
유도성 급전 슬롯	0.25	1.26	33.5	2.5	7
용량성 급전 슬롯	0.5	10.9	18	6	13

IV. 제작 및 측정

하이브리드 슬롯 안테나는 5.8 GHz 대역에서 동작하도록 제작하였고, 제작된 안테나는 <그림 9>에 나타내었다. 실제 제작한 안테나의 반사 손실 특성과 시뮬레이션 결과를 <그림 10>에 나타내었다.

<그림 11>에 안테나의 VSWR을 시뮬레이션 결과와 함께 나타내었다.

제작된 안테나는 5.8 GHz에서 VSWR<1.5를 기준으로 28%의 대역폭을 갖는다.

제작한 안테나의 E-면과 H-면 방사 패턴은 <그림 12>에 나타내었다. 제작한 안테나는 접지면이 안테나와 동

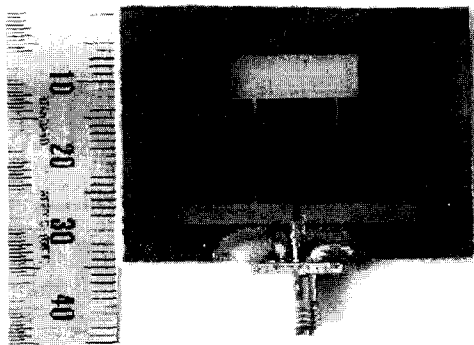


그림 9. 제작된 안테나
Fig. 9. Fabricated hybrid slot antenna.

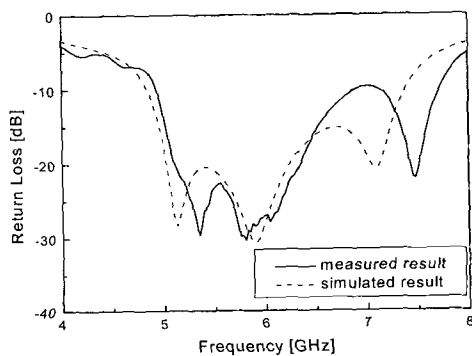


그림 10. 하이브리드 슬롯 안테나 반사 손실 특성
Fig. 10. Return loss of the hybrid antenna.

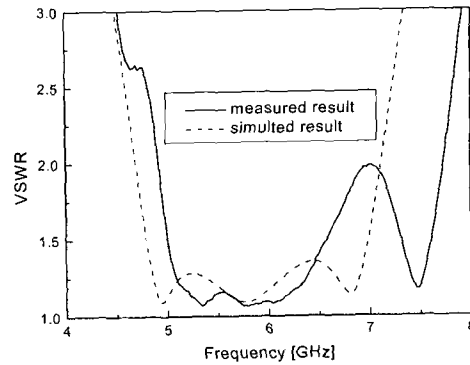


그림 11. 안테나의 VSWR
Fig. 11. VSWR of the hybrid antenna.

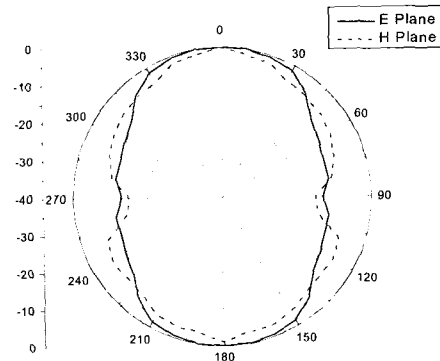


그림 12. 제작된 안테나의 복사 패턴
Fig. 12. Measured radiation pattern.

일 평면에 존재하므로 전·후방으로 원하는 방사 패턴을 갖는 것을 확인할 수 있다. E-면과 H-면의 3-dB 빔폭은 각각 60°와 44°이다.

IV. 결론

본 논문에서는 5.725~5.85 GHz 대역의 무선 LAN용 CPW 급전 하이브리드 슬롯 안테나를 설계·제작하였다. 단일 슬롯 안테나일 경우보다 이득과 대역폭을 향상시키기 위해서 유도성 급전 슬롯과 용량성 급전 슬롯을 결합시킨 형태의 하이브리드 슬롯 안테나를 설계·제작하였다. 제작한 안테나는 VSWR<1.5를 기준으로 28%의 대역폭과 5 dB의 이득을 가지며, E-면과 H-면의 3-dB 빔폭은 각각 60°와 44°였다. 따라서 본 논문에서 제작한 CPW 급전 하이브리드 슬롯 안테나는 5.8 GHz대 무선 LAN용 안테나로 적용 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [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 Microstrip Lines and Slot Lines, 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. MIT-17, pp. 1087~1090, Dec., 1969.
- [6] A.U. Bhohe, C.L. Holloway, M.Piket 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 Maheurte, 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 Sirra-Garcia and Jean Jacques Laurin, “Study of a CPW inductively Coupled Slot Antenna”, IEEE Trans. Antennas Propat., vol. AP-47, pp. 58~64, Jan., 1999.
- [9] John. D. Kraus, Antennas, McGRAW-HILL, 1988, pp. 625~660.

저 자 소 개



高水美(學生會員)

2001년 : 제주대학교 통신공학과(공학사). 2001~현재 : 제주대학교 통신공학과 석사과정. <주관심분야 : 안테나 및 전파전파, 전자파 수치해석>



李權益(正會員)

1993년 : 제주대학교 통신공학과(공학사). 1997년 : 제주대학교 대학원 통신공학과(공학석사). 2001년 : 제주대학교 대학원 통신공학과(박사수료). <주관심분야 : 안테나 및 전파전파, 전자파 수치해석>



金興洙(正會員)

1978년 : 한양대학교 전자통신공학과(공학사). 1980년 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사). 1990년 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학박사). 1987년~현재 : 제주대학교 통신컴퓨터공학부 통신공학전공 교수. <주관심분야 : 전자파산란, 안테나 설계>