

무선 LAN을 위한 적층 구조의 Bow-Tie Antenna의 설계

Design of Stacked Bow-Tie Antenna for Wireless LAN

고 영 호

Young-Ho Ko

요 약

무선 LAN용 안테나로 주로 사용하는 마이크로스트립 패치 안테나에 대역폭을 증가시키기 위한 여러 가지 연구가 활발히 이루어지고 있다. 광대역 마이크로스트립 패치 안테나인 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 대역폭이 비교적 넓지만 상대적으로 이득이 낮고 크기도 크다는 단점이 있다. 본 논문에서는 넓은 대역폭을 가지며 중심주파수에서 상대적으로 이득이 높고 작은 크기를 가지는 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나를 무선 LAN용 주파수인 5.725~5.825 GHz 대역에 맞추어 설계하였다. 제안된안테나는 모의실험상에서 중심주파수가 5.78 GHz일 때 반사손실이 약 -34.2 dB이고 VSWR 2:1일 때 약 11.345%, VSWR 1.5:1일 때 7.4%의 대역폭을 가지며 제작된 실제 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 반사손실이 5.78 GHz에서 약 -38.45 dB이며 VSWR 2:1일 때 약 13%, VSWR 1.5:1일 때 5.6%의 대역폭을 가지며, -3 dB 빔폭은 73.16°, 6.5 dB의 이득을 가졌다.

Abstract

There are many researches to increase bandwidth of the microstrip patch antenna for wireless LAN. In spite of broad bandwidth, Bow-Tie antenna has disadvantages that are low gain and big size. In this paper, stacked Bow-Tie microstrip patch antenna for wireless LAN is designed in 5.725~5.825 GHz band. This antenna has characteristics that are broadband bandwidth, high gain and small size compared with microstrip patch antenna. In simulated results, the return loss is -34.2 dB at 5.78 GHz and bandwidth is 11.345% for VSWR 2:1 and 7.75% for VSWR 1.5:1. In measured results, the return loss is -38.45 dB at 5.78 GHz and bandwidth is 13% for VSWR 2:1 and 5.6% for VSWR 1.5:1. It has 73.16° -3 dB beam width and 6.5 dB gain.

I. 서 론

1980년대 후반에 Client-Server 환경과 함께 보급이 확산되기 시작한 LAN은 초기의 1~4 Mbps의 전송속도에 불과하였지만 1990년대 후반의 멀티미디어 시대의 개막과 더불어 고화질의 이미지, 동영상 멀티태스킹 등 서비스에 대한 욕구의 증대와 더불어 고속 LAN에 대한 연구를 활발하게 하였다^[1]. 또한 LAN의 발달과 함께 고성능의 PC 및 휴대용 컴

퓨터의 보급이 활발하게 이루어지면서 기존 유선 LAN이 가지고 있던 설치와 재배치 등의 문제점을 해결하고 유선 LAN이 설치되기 어려운 환경까지 무선 채널을 사용하여 LAN을 확장시킬 수 있는 이동성, 휴대성 및 간편성 등의 이점을 가지는 무선 LAN의 응용분야가 확산되고 있다^[1]. 이와 같은 무선전송기술의 발달로 인하여 1~2 Mbps의 전송속도를 가지는 2.4 GHz 대역의 무선 LAN표준인인 기존의 IEEE 802.11 규격을 향상시킨 5 GHz 대역 6~

「본 연구는 정보통신부의 정보통신 우수 시범학교 지원사업에 의하여 수행되었습니다.
전북대학교 전자정보공학부

· 논문 번호 : 20001002-110

· 수정완료일자 : 2000년 12월 13일

54 Mbps 전송속도를 가지는 OFDM 방식의 802.11 a 무선 LAN 표준 초안이 1999년 7월 IEEE 802.11 전체회의에서 확정되었다^{[1],[2]}.

무선 LAN 시스템에 사용되는 안테나에는 여러 가지가 사용되고 있다. 그중 저렴한 비용과 대량생산, 경량화 박형화, 그리고 초고주파 집적회로에 함께 구현할 수 있는 장점을 가지는 마이크로스트립 패치 안테나가 많이 사용되고 있다. 하지만 마이크로스트립 패치 안테나는 VSWR이 2:1 또는 그 이하인 주파수 영역을 생각할 때 1~5%인 협소한 대역폭을 가진다는 단점을 가지기 때문에 광대역 특성을 가지는 마이크로스트립 패치 안테나에 대한 연구가 활발한데 그중 하나가 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나이다^[3]. 그러나 일반적인 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나는 광대역의 특성을 가진 반면에 중심주파수에서의 이득이 낮고 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 상대적으로 크다는 단점을 가지고 있다^[4]. 따라서 본 논문에서는 마이크로스트립이 가지는 단점인 협소한 대역폭을 해결하는 광대역 특성을 가지면서 크기가 상대적으로 작으며 충분한 이득을 가지는 5.725 GHz~5.825 GHz 대역에서 사용 가능한 적층 구조의 Bow-Tie 안테나를 설계하였다^[5].

본 논문에서는 먼저 Bow-Tie 안테나의 기본이 되는 삼각패치를 해석하고 그 삼각패치를 바탕으로 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계를 하였다. 또한 설계된 안테나에 대해 interconnecting width c 및 각 요소들을 변환시켰을 때의 결과치를 비교하고 마지막으로 설계된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치의 모의실험 결과와 실제 제작된 안테나의 측정 결과를 비교하였다.

II. 단일 Bow-Tie 안테나 설계

본 논문에서 설계된 단일 Bow-Tie 안테나의 기본 구조는 그림 1과 같이 두 개의 삼각 패치를 겹쳐놓은 형태이며 이러한 형태의 Bow-Tie 안테나는 일반화된 구조식이 없기 때문에 두 개의 삼각패치를 해석하는 것에서부터 시작한다.

Bow-Tie 안테나의 특성중 하나는 그림 1-(a)에서와 같이 날개각 θ 를 변화함에 따라서 그 특징이 변

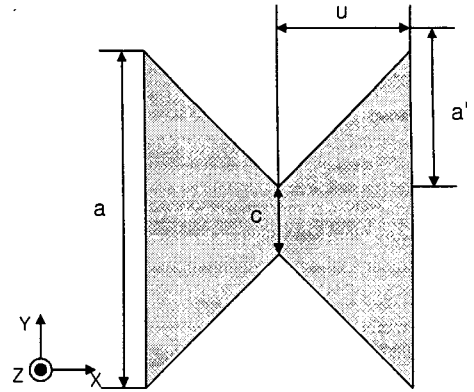


그림 1. 단일 Bow-Tie 안테나 의 구조
Fig. 1. Single Bow-Tie antenna.

화하게 되는데 본 논문에서는 날개각 θ 를 $0^\circ \sim 120^\circ$ 까지 변화시켜 가장 특성이 좋은 각도인 $\theta=90^\circ$ 일때를 선택하였다^{[3],[6],[7]}.

2.1 삼각패치의 설계 및 해석

일반적으로 널리 연구되어진 구형 또는 원형 패치와는 달리 삼각 패치는 아주 적은 연구가 되어왔지만 이등변 삼각형 패치에 대해서는 상대적으로 많은 연구가 되어 왔다^{[8]~[10]}.

패치의 해석에는 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 해석이 비교적 쉽고 물리적인 모델을 제공하는 cavity 모델을 사용하여 삼각 패치를 해석하였다.^{[8],[9]} 본 논문에서 사용되는 Cavity 모델은 기관의 두께가 파장의 길이보다 매우 작다는 것($t \ll \lambda$)에서 출발하며 다음과 같은 가정을 한다^{[8],[9]}.

- 가. 전계 E 는 단지 z 성분만을 가지며 자계 H 는 단지 도체 패치와 접지에 의해 경계되어지는 영역에서 횡방향 성분만을 가진다.
- 나. 앞의 영역에서 계는 z 에 따라 변화하지 않는다.
- 다. 마이크로스트립에서 전류는 경계면의 수직한 성분을 가지지 않기 때문에 맥스웰 방정식으로 부터 가장자리를 따라 H 의 접선성분은 무시할 수 있다.
- 라. 프린징 효과는 가장자리를 약간 넓힘으로 처리할 수 있다.

단일 정삼각형 패치의 cavity-model 이론에 의한 완전 자계 벽 경계조건을 만족하는 z에 무관한 TM 모드의 공진 주파수는 다음과 같다^{8, 9)}.

$$f_{mn} = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} (m^2 + mn + n^2)^{1/2} \quad (1)$$

여기에서 m 과 n 은 다양한 공진모드의 차수이다. 본 논문에서는 $m=0, n=1$ 인 기본모드를 선택하였다.

불완전 자계 벽 효과 생각하여 식 (1)을 사용하여 가장자리 길이 a 를 다음과 같이 유효치로 표현하였다^{8,9)}.

$$a_e = a + t(\epsilon_r)^{-1/2} \quad (2)$$

여기에서 t 는 패치의 두께이다.

또한 위의 불완전 자계 벽 조건에 의해 유효 유전율을 다음과 같이 구할 수 있다^{7),8)}.

$$\epsilon_e = \frac{1}{2} (\epsilon_r + 1) + \frac{1}{2} (\epsilon_r - 1) \left(1 + \frac{12t}{a}\right)^{-1/2} \quad (3)$$

이때 bow-tie 안테나의 수평 길이는 다음과 같은 관계를 가진다.

$$u = a/2 \quad (4)$$

위의 cavity 모델을 사용하여 그림과 같이 삼각형의 꼭지점으로부터 거리 d 만큼 떨어져 위치해 있는 동축 급전에서 바라봤을 때의 입력임피던스는 다음과 같다⁹⁾.

$$\begin{aligned} Z &= R + jX \\ &= -j\omega\mu_0 \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=n}^{\infty} \frac{4\sqrt{3}C'_{mn}}{27a^2} \\ &\quad \left[\cos\left(\frac{2\pi ld}{\sqrt{3}a}\right) j_0\left(\frac{\pi l 2w}{\sqrt{3}a}\right) \right. \\ &\quad + \cos\left(\frac{2\pi md}{\sqrt{3}a}\right) j_0\left(\frac{\pi m 2w}{\sqrt{3}a}\right) \\ &\quad \left. + \cos\left(\frac{2\pi nd}{\sqrt{3}a}\right) j_0\left(\frac{\pi n 2w}{\sqrt{3}a}\right) \right]^2 \\ &\quad \times \left[\frac{(\omega^2 - \omega_{mn}^2)\mu_0\epsilon + j\delta_{eff}k^2}{(\omega^2 - \omega_{mn}^2)^2\mu_0\epsilon^2 + \delta_{eff}^2k^4} \right] \end{aligned} \quad (5)$$

여기에서

δ_{eff} = 유효 손실 탄젠트

$$\begin{aligned} C'_{mn} &= 6 \\ m + n + l &= 0 \\ j_0(x) &= \sin x/x \quad \text{이다.} \end{aligned}$$

III. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계

위에 설계된 Bow-Tie 안테나의 경우 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 상대적으로 크기 때문에 Bow-Tie 안테나의 크기를 줄이기 위해 그림 2-(b)와 같이 두 개의 Bow-Tie 안테나를 겹친 형태의 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 형식을 설계하였다⁵⁾.

Cavity 이론을 사용하여 그림 3과 같은 순서에 의해 구해진 이등변 삼각형의 임피던스를 가지고 단일 Bow-Tie 안테나의 전체적인 임피던스를 계산하여 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나를 설계한다. 설계된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 급전에는 여러 가지가 있지만 마이크로스트립 선로 급전과 동축 급전이

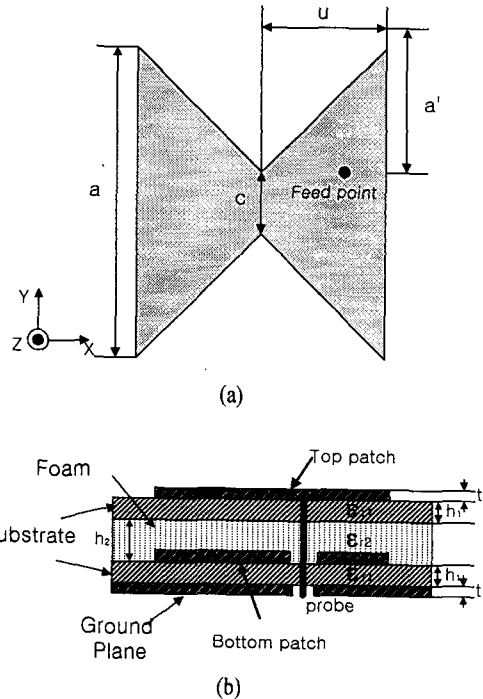


그림 2. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 구조

(a) 윗면 (b) 옆면

Fig. 2. Stacked Bow-Tie antenna geometry.

(a) Top view (b) Side view

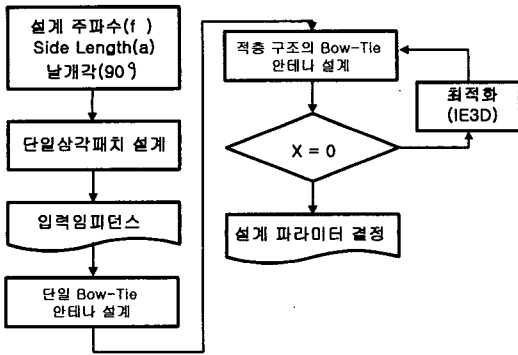


그림 3. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계 순서도
Fig. 3. Flowchart of the design for Stacked Bow-Tie antenna.

가장 많이 사용되고 있지만, 일반적으로 마이크로스트립 선로 급전은 기생효과에 의해 대역폭이 감소하고 임피던스 정합을 하기 힘들기 때문에 본 논문에서 설계된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나에서는 동축 급전 방식을 사용하였다^{[8],[11]}.

표 1은 설계된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 파라미터이다.

3.1 각 요소들의 변화에 따른 특성의 변화

본 논문에서 설계된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나는 interconnecting width, 급전점의 위치, foam의 두께에 따라 그 특성이 변화하기 때문에 각 요소들을 변화시켜가면서 특성들을 비교하였다.

Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 특성중 하나는 interconnecting width c 에 따라 안테나의 특성이 변한다는 것이다. 본 논문에서는 interconnecting width c 를 3~6까지 변화시키면 5.7~5.9 GHz 까지 공진 주파수가 변화하게 되는데 그림 4에 interconnecting width c 를 4~6까지 변화시켰을 때의 반사손실을 나타내었다. 그림에서 본 것과 같이 c 의 크기가 작아질수록 즉, 날개각이 90°에 가까워질수록 점진적으로 공진 주파수가 낮아지면서 반사손실이 작아짐을 알 수 있다. 본 논문에서는 우리가 원하는 주파수 대역인 5.8 GHz 근처에서 공진하면서 반사손실이 가장 작은 $c=4$ 일 때를 선택하였다^{[6],[7]}.

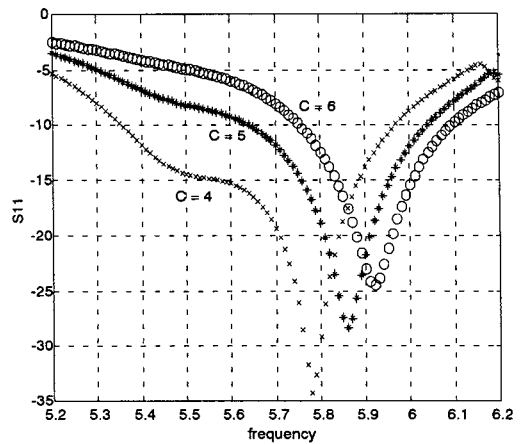


그림 4. 연결부분의 너비 c 에 따른 반사손실
Fig. 4. Return loss according to the interconnecting width c .

그림 5는 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 사이의 Foam의 높이에 따른 특성의 변화를 비교한 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 foam의 높이가 증가할수록 중심주파수가 높은 주파수대역으로 움직임을 볼 수 있다.

그림 6과 7은 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나에 급전을 할 때 그 위치에 따른 반사손실을 비교한 그림이다.

그림 6에서는 아래 패치에 급전을 한 경우와 윗면 패치에 급전을 하는 경우를 나타내었다. 일반적으로 밑면에 급전을 하는 경우에는 이중 공진을 얻

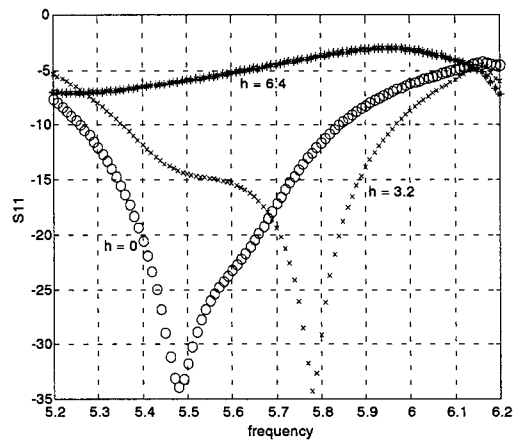


그림 5. Foam의 높이에 따른 반사손실
Fig. 5. Return loss according to height of the foam.

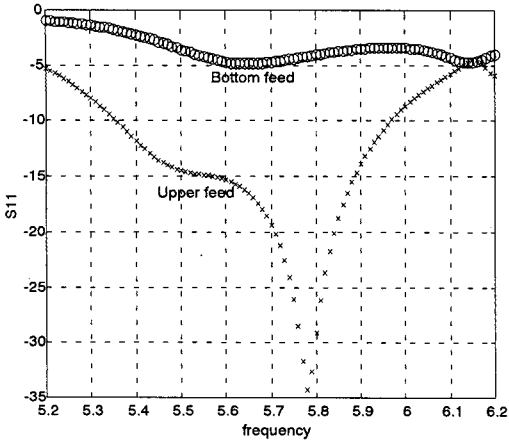


그림 6. 급전 위치에 따른 반사손실
Fig. 6. Return loss according to the feeding position.

기 위한 방법으로 사용되며 윗면에 급전하는 경우는 넓은 대역폭을 얻기 위해 사용하기 때문에 본 논문에서는 넓은 대역폭을 얻기 위해 윗면 패치에 급전하는 방식을 선택하였다.

그림 7은 패치 급전하는 위치에 따른 반사손실을 비교한 것을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 급전점이 가장자리 쪽으로 갈수록 공진 주파수가 높아지며 반사손실이 낮아지는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 5.8 GHz 대역에서 공진이 되도록 급전을 하였다.

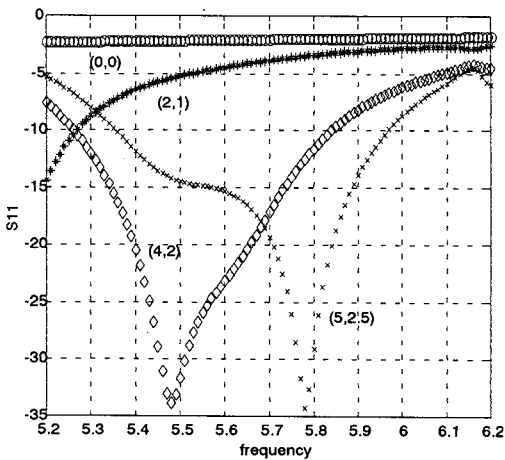


그림 7. 급전 위치에 따른 반사손실
Fig. 7. Return loss according to the feeding position (height).

IV. 측정 및 결과

적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 제작은 5.725~5.825 GHz 대역에서 공진이 되도록 제작이 되었으며 사용된 안테나는 기판 규격이 $\epsilon_r = 3.2$, 두께가 0.79 mm이고 도체 두께가 0.0035 mm인 기판을 사용하였다. 또한 패치와 패치 사이에 들어가는 foam은 $\epsilon_r = 1$ 인 foam을 사용하였다. 이때 전체적인 기판의 크기는 가로 20 mm, 세로 20 mm이며 높이는 5 mm였다.

위와 같이 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나를 제작 측정한 결과를 method of moment 기반의 모의 실험 툴인 IE3D를 사용한 모의 실험 결과와 함께 그림 8, 9, 10에 나타내었다. 이때 반사손실은 그림 8에 나타난 것처럼 모의실험과 측정치가 모두 공진 주파수 5.78 GHz에서 공진하는 것을 볼 수 있으며 모의실험의 경우 -34.24 dB, 측정치의 경우 -38.45 dB를 나타내었다. VSWR은 모의실험의 경우 2:1에서 11.345%, 측정치의 경우 13%를 가지며 1.5:1에서 모의실험치 7.4%, 측정치 5.6%로써 모의실험보다 1.5:1에 대한 VSWR의 대역폭 줄었지만 시스템에서 요구되어지는 충분한 대역폭을 가짐을 보였다.

그림 9와 10은 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 안테

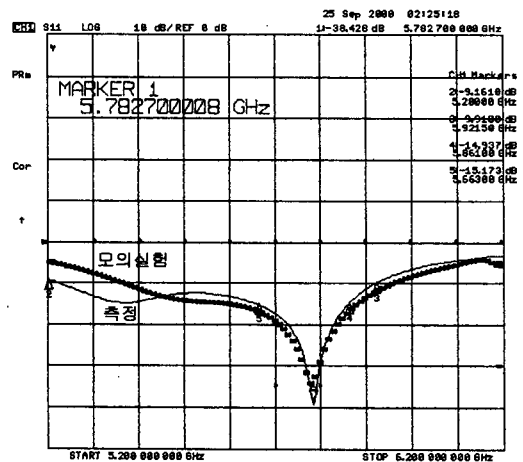


그림 8. 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 반사손실
Fig. 8. Return loss of the manufactured Stacked Bow-Tie antenna.

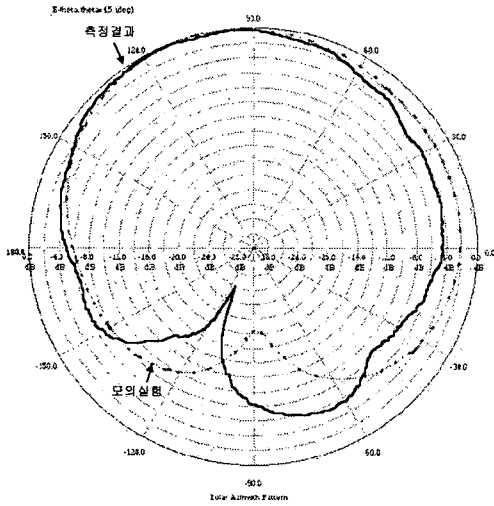


그림 9. 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 E-Plane
 Fig. 9. E-Plane of the manufactured Stacked Bow-Tie microstrip patch antenna.

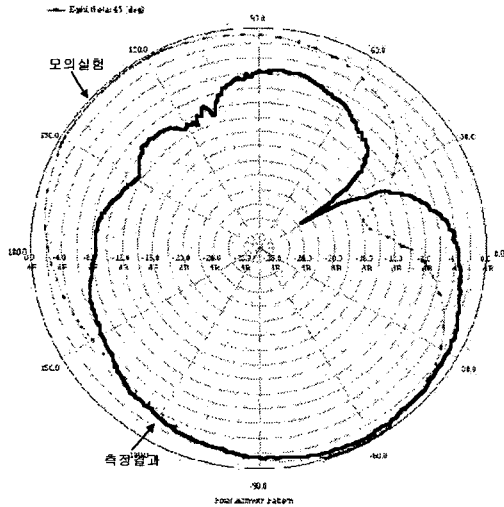


그림 10. 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 H-Plane
 Fig. 10. H-Plane of the manufactured Stacked Bow-Tie antenna.

나의 방사패턴을 측정하였을 때의 E-Plane과 H-Plane을 나타내었다. 모의실험결과와 비교하였을 때 거의 유사한 결과를 나타냄을 알 수 있으며 그림 12에 나타난 E-Plane 패턴에서 -3 dB 빔폭은 5.78 GHz에서 73.16° 이며 이득은 6.5 dB로 모의실험결

과와 약 0.55 dB 정도의 차이를 보였지만 안테나를 사용하기 위한 필요 이득인 6 dB 이상을 만족하였다. 이때 beam peak는 -6° 에서 -53.34 dB인데 이것은 급전의 위치의 오차에 의한 영향으로 생각된다. 그림 13은 H-plane이며 beam peak는 8° 에서 -53.72 dB이고 -3 dB 빔폭은 87.05° 이며 모의 실험 결과와 차이를 나타내는데 이것은 제작 시 급전 위치의 설정과 측정 시 측정 위치에 따른 오차라 생각이 된다.

V. 결 론

본 논문에서는 무선 LAN용 주파수 대역인 5.8 GHz 대역에서 광대역 특성을 가지며 소형화시킨 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 변형인 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나를 제작 설계하였다. 본 논문에서 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나는 시스템에서 요구되는 충분한 대역폭과 이득을 가지면서 일반적인 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 소형화가 가능하기 때문에 무선 LAN용 안테나 주파수 대역인 $5.725 \sim 5.825$ GHz대역에서 충분히 사용 가능할 것이라고 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] L. Setian, *Antennas with Wireless Applications*, Prentice Hall, 1998.
- [2] 조용수, "무선 LAN 기술 동향", 전자공학회 학회지, pp. 10, 1994. 7.
- [3] K. W. Loi, "Design of a wideband microstrip bowtie patch antenna", *IEEE, Proc-Microw, AP*, vol. 145, no. 2, April, 1998.
- [4] 김진, 최성열, 고영호, "Bow-Tie 안테나를 사용한 광대역 마이크로스트립 안테나의 설계", 전자공학회 하계 종합학술대회 논문집, vol. 1, no. 260-262, June, 2000.
- [5] S. H. Al-Charchafchi, W. K. Wan Ali, M. R. Ibrahim and S. R. Barnes, "Design of a Dual Patch Triangular Microstrip Antenna", *Applied Microwave & Wireless*, pp. 60-67, 1998. 3.

- [6] Joseph Helszain, "Planar Triangular Resonators with Magnetic Walls", *IEEE Trans MTT*, vol. MTT-26, no. 2, pp. 95-100, 1978. 2.
- [7] C. H. Ng, "Microstrip Bowtie Patch Antenna for Wireless Indoor Communications", *IEEE, RAWCON'98 Proceedings*, 1998.
- [8] Yu-De Lin, "Analysis and Design of Broad-side-Coupled Striplines-Fed Bow-Tie Antennas" *IEEE, AP*, vol. 46, no. 3, March, 1998.
- [9] Jean-Francois Zurcher, Fred E. Gardiol, *Broadband Patch Antennas*, Artech House, pp. 27-40, 1995
- [10] J. R. James, P.S. Hall, *Handbook of microstrip antennas*, Peter Peregrinus, vol. 1, pp. 151-169, 1989.
- [11] I.J. Bahl, P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, pp. 139-157, 1982.

고 영 호



1981년 2월 : 전북대학교 공과대학
전기공학과 (공학사)
1983년 2월 : 전북대학교 대학원
전기공학과 (공학석사)
1991년 3월 : 북해도대학 대학원
전기공학과 (공학박사)
1992년 9월~현재 : 전북대학교 전

자정보공학부 조교수

[주관심분야] 전자계 해석, 안테나 해석 및 설계