

광대역 특성을 가지는 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계

김진 · 최성열 · 박경수 · 이희복 · 고영호

전북대학교 전자정보공학부

전화번호 : 063-270-2390, E-mail : hermes@moak.chonbuk.ac.kr

A Design of stacked bow-tie antenna for broadband characteristics

Jin Kim · Sung-Yeul Choi · Kyung-Su Park · Hee-Bok Lee · Young-Ho Ko

Division of electronic and Information engineering, Chonbuk University

E-mail : hermes@moak.chonbuk.ac.kr

abstract

There are many researches to increase bandwidth of the microstrip patch antenna for wireless LAN. In spite of broad bandwidth, Bow-Tie microstrip patch antenna, broadband microstrip patch 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 5.725~5.825GHz 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 -34.2dB at 5.78GHz and bandwidth is 11.345% for VSWR 2:1 and 7.75% for VSWR 1.5:1. In measured results, the return loss is -38.45dB at 5.78GHz and bandwidth is 13% for VSWR 2:1 and 5.6% for VSWR 1.5:1. It has 59.37° -3dB beam width and 6.5dB gain.

1. 서론

LAN의 발달과 함께 고성능의 PC 및 휴대용 컴퓨터의 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 기존의 IEEE 802.11 규격을 향상시킨 5GHz 대역 6~54Mbps 전송속도를 가지는 OFDM 방식의 802.11a 무선 LAN 표준 초안이 1999년 7월 IEEE 802.11 전체회의에서 확정이 되었다. [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. 특히 마이크로스트립 패치 안테나의 단점인 대역폭 문제를 해결할 수 있는 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. 따라서 본 논문에서는 마이크로스트립이 가지는 단점인 협소한 대역폭을 해결하는 광대역 특성을 가지면서 크기가 상대적으로 작으며 충분한 이득을 가지는 5.725GHz~5.825GHz 대역에서 사용 가능한 적층 구조의 Bow-Tie 안테나를 설계하였다.[10]

본 논문에서는 먼저 Bow-Tie 안테나의 기본이 되는 삼각패치를 해석하고 그 삼각패치를 바탕으로 적층 구

조의 Bow-Tie 안테나 설계를 하여 모의실험 결과와 제작된 Bow-Tie 안테나의 측정결과를 비교하였다.

2. 본론

본 논문에서 설계된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 기본구조는 그림 1과 같다.

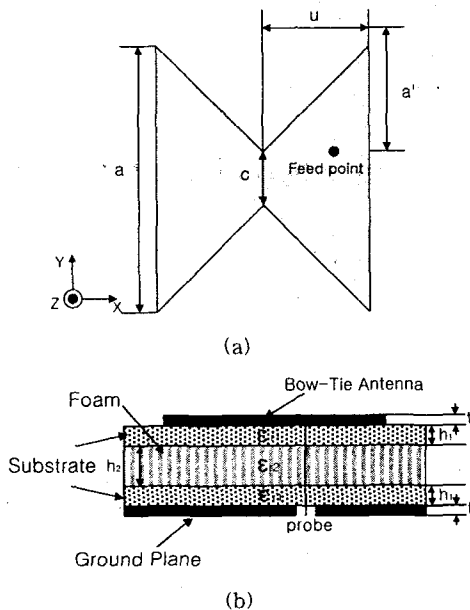


그림 1. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 구조
(a) 윗면 (b) 옆면

Bow-Tie 안테나는 일반화된 구조식이 없기 때문에 두 개의 삼각패치를 해석하는 것에서부터 시작한다. Bow-Tie 안테나의 특성 중 하나는 그림 1-(a) 에서와 같이 날개의 사이 각 θ 를 변화시키에 따라 그 특징이 변화하게 되는데 본 논문에서는 날개각 θ 를 $0^\circ \sim 120^\circ$ 까지 변화시켜 가장 특성이 좋은 각도인 $\theta = 90^\circ$ 일때를 선택하였다.[3, 4, 5] 또한 Bow-Tie 안테나의 크기를 줄이기 위해 그림 1-(b)와 같이 두 개의 Bow-Tie를 겹친 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로 스트립 안테나 형식을 사용하였다.[6]

2.1 삼각패치의 설계 및 해석

일반적으로 널리 연구되어진 구형 또는 원형 패치와는 달리 삼각 패치는 아주 적은 연구가 되어왔지만 이 등변 삼각형 패치에 대해서는 상대적으로 많은 연구가

되어 왔다.[7, 8, 9]

패치의 해석에는 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 해석이 비교적 쉽고 물리적인 모델을 제공하는 cavity 모델을 사용하여 삼각 패치를 해석하였다. [7, 8]

이때 단일 정삼각형 패치의 cavity-model 이론에 의한 완전 자계 벽 경계조건을 만족하는 z에 무관한 TM 모드의 공진 주파수는 다음과 같다.[7, 8]

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

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

불완전 자계 벽 효과 생각하여 식 (1)을 사용하여 가장자리 길이 a를 다음과 같이 유효치로 표현하였다.[7, 8]

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

여기에서 t는 패치의 두께이다.

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

$$u = a/2 \quad (3)$$

위의 cavity 모델을 사용하여 그림과 같이 삼각형의 꼭지점으로부터 거리 d만큼 떨어져 위치해 있는 동축 급전에서 바라봤을 때의 입력임피던스는 다음과 같다.[8]

$$\begin{aligned} Z &= R + jX \\ &= -j\omega\mu_0 \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=n}^{\infty} \frac{4\sqrt{3}C''_{mn}}{21a^2} \\ &\quad \left[\cos\left(\frac{2\pi d}{\sqrt{3}a}\right) j_0\left(\frac{\pi 2w}{\sqrt{3}a}\right) \right. \\ &\quad + \cos\left(\frac{2\pi m d}{\sqrt{3}a}\right) j_0\left(\frac{\pi m 2w}{\sqrt{3}a}\right) \\ &\quad \left. + \cos\left(\frac{2\pi n d}{\sqrt{3}a}\right) j_0\left(\frac{\pi n 2w}{\sqrt{3}a}\right) \right]^2 \\ &\quad \times \left[\frac{(\omega^2 - \omega_{mn}^2)\mu_0\epsilon + j\delta_{eff}k^2}{(\omega^2 - \omega_{mn}^2)^2\mu_0^2\epsilon^2 + \delta_{eff}^2k^4} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

여기에서

$$\delta_{eff} = \text{유효 손실 탄젠트}$$

$$C''_{mn} = 6$$

$$m + n + l = 0$$

$$j_0(x) = \sin x/x \text{ 이다.}$$

2.2 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계

Cavity 모델을 사용하여 그림 2와 같은 순서에 의해 구해진 이등변 삼각형의 임피던스를 가지고 단일 Bow-Tie 마이크로스트립 패치의 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 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.[7, 10]

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

단위 : mm

Parameter	Value
θ	90°
c	4
a	18.28
a'	5.14
u	7.14

표 1. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 설계 파라미터

3. 실험 및 결과

설계된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나를 IE3D를 사용한 모의실험 결과와 제작된 안테나를 측정된 결과를 그림 3에 나타내었다. 이때 모의실험에서 반사손실은 5.78GHz에서 -34.24dB였고 VSWR은 2:1일 때 약 11.345%이고 1.5:1일 때 약 7.4%였다.

적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 제작은 5.725~5.825GHz 대역에서 공진이 되도록 제작이 되었으며 사용된 안테나는 기판 규격이 $\epsilon_r = 3.2$, 두께가 0.79mm이고 도체 두께가 0.0035mm 인 기판을 사용하였다. 또한 패치와 패치 사이에 들어가는 foam은 $\epsilon_r = 1$ 인 foam을 사용하였다. 이때 전

체적인 기판의 크기는 가로 20mm, 세로 20mm이며 높이는 5mm였다. 이때 반사손실은 그림 공진주파수 5.78GHz에서 -38.45dB를 나타내었으며 VSWR은 2:1에서 13%를 가지며 1.5:1에서 5.6%로써 모의실험보다 1.5:1에 대한 VSWR의 대역폭 줄었지만 시스템에서 요구되어지는 충분한 대역폭을 가짐을 보였다.

그림 4와 5는 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 방사패턴을 측정하였을 때의 E-Plane과 H-Plane을 나타내었다. 모의실험결과와 비교하였을 때 거의 유사한 결과를 나타냄을 알 수 있으며 그림 4에 나타난 E-Plane 패턴에서 -3dB 빔폭은 5.78GHz에서 59.37°이며 이득은 6.5dB로 안테나를 사용하기 위한 필요 이득인 6dB를 만족하였다. 이때 beam peak는 -6°에서 -41.90dB인데 이것은 급전의 위치의 오차에 의한 영향으로 생각된다. 그림 5은 H-plane이며 beam peak는 8°에서 -42.81dB이고 -3dB 빔폭은 84.85°이었다.

4. 결론

본 논문에서는 무선 LAN용 주파수 대역인 5.8GHz 대역에서 광대역 특성을 가지며 좋은 이득이 가지며 크기를 줄인 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 충분한 대역폭과 이득을 가지면서 일반적인 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 소형화가 가능하기 때문에 무선 LAN용 안테나 주파수 대역인 5.725~5.825GHz대역에서 충분히 사용 가능할 것이라고 기대된다.

- [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", *IEE, Proc-Microw, AP*, Vol. 145, No. 2, April 1998.
- [4] C. H. Ng, "Microstrip Bowtie Patch Antenna for Wireless Indoor Communications", *IEEE, RAWCON'98 Proceedings*, 1998.
- [5] Yu-De Lin, "Analysis and Design of Broadside-Coupled Striplines-Fed Bow-Tie Antennas" *IEEE, AP*, Vol. 46, No. 3, March 1998.
- [6] Jean-Francois Zurcher, Fred E. Gardiol,

Broadband Patch Antennas, Artech House, pp. 27-40, 1995

- [7] J. R. James, P.S. Hall, *Handbook of microstrip antennas*, Peter Peregrinus, Vol 1, pp.151-169, 1989.
- [8] I.J. Bahl, P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, pp. 139-157, 1982.
- [9] 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
- [10] Joseph Helszain, "Planar Triangular Resonators with Magnetic Walls", *IEEE Trans MTT*, vol. MTT-26, no 2, pp. 95-100, 1978. 2.

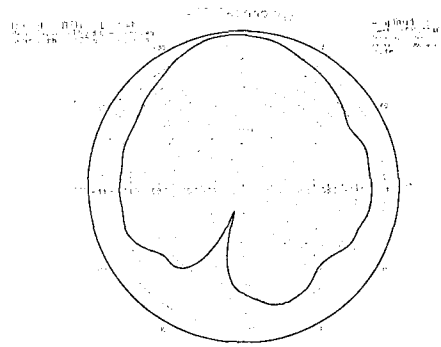


그림 4. 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 E-Plane

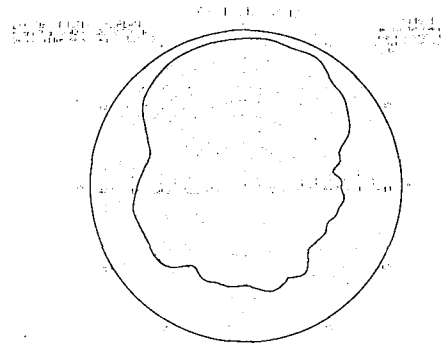


그림 5. 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 H-Plane

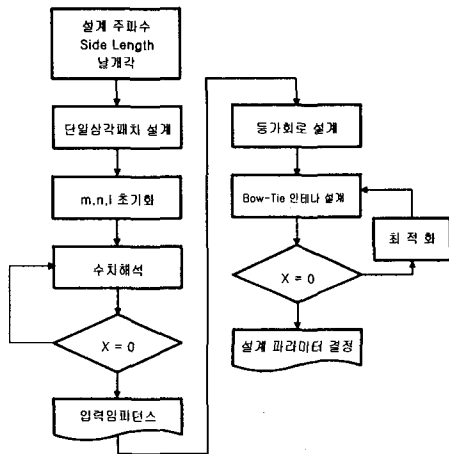


그림 2. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계 순서도

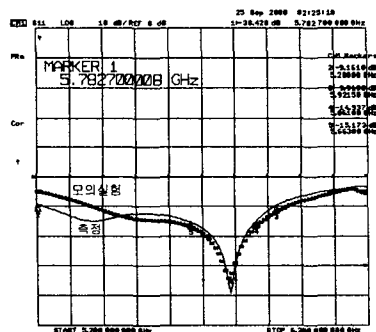


그림 3. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 반사손실