

무선 LAN용 Bow-Tie 안테나의 설계 및 제작

김진 · 박경수 · 이회복 · 임영환 · 고영호

전북대학교 전자정보공학부

(우)561-756 전라북도 전주시 덕진구 덕진 1동 664-14

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

Design and manufacture of Bow-Tie antenna for wireless LAN

Jin Kim · Kyoung-Soo Park · Hee-Bock Lee · Young-Hwan Lim Young-Ho Ko

Division of electronic and Information engineering, Chonbuk National University

664-14 Duckjin-1dong Duckjin-Gu Chonju-Si Chonlabuk-Do Korea

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 is 2:1 and 7.75% for VSWR is 1.5:1. In measured results, the return loss is -38.45dB at 5.78GHz and bandwidth is 13% for VSWR is 2:1 and 5.6% for VSWR is 1.5:1.

I. 서론

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.[1] 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.[1, 2]

본 논문에서는 먼저 Bow-Tie 안테나의 기본이 되는 삼각패치를 해석하고 그 삼각패치를 바탕으로 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계를 하였다. 마지막으로 설계된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치의 모의실험 결과와 실제 제작된 안테나의 측정 결과를 비교하였다.

II. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계

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

Bow-Tie 안테나는 일반화된 구조식이 없기 때문

에 두 개의 삼각패치를 해석하는 것에서부터 시작한다.

Bow-Tie 안테나의 특성중 하나는 그림 1-(a)에서와 같이 날개각 θ 를 변화함에 따라서 그 특성이 변화하게 되는데 본 논문에서는 날개각 θ 를 $0^\circ \sim 120^\circ$ 까지 변화시켜 가장 특성이 좋은 각도인 $\theta = 90^\circ$ 일때를 선택하였다.[1, 3, 4] 또한 Bow-Tie 안테나의 크기를 줄이기 위해 그림 1-(b)와 같이 두 개의 Bow-Tie를 겹친 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 안테나 형식을 사용하였다.[5]

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.[6, 7, 8]

패치의 해석에는 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 해석이 비교적 쉽고 물리적인 모델을 제공하는 cavity 모델을 사용하여 삼각 패치를 해석하였다. [6, 7] 본 논문에서 사용되는 Cavity 모델은 기판의 두께가 파장의 길이보다 매우 작다는 것 ($t \ll \lambda$)에서 출발하며 다음과 같은 가정을 한다.[6, 7]

이때 단일 정상각형 패치의 cavity-model 이론에 의한 완전 자계 벽 경계조건을 만족하는 z에 무관한 TM 모드의 공진 주파수는 다음과 같다.[6, 7]

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

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.[6, 7]

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

여기에서 t는 패치의 두께이다.

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

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

위의 cavity 모델을 사용하여 그림과 같이 삼각형의 꼭지점으로부터 거리 d만큼 떨어져 위치해 있는 동축 급전에서 바라봤을 때의 입력임피던스는 다음과 같다.[7]

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

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 청합을 하기 힘들기 때문에 본 논문에서 설계된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나에서는 동축 급전 방식을 사용하였다.[6, 7]

III. 실험 및 결과

설계된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나를 IE3D를 사용하여 모의실험하였을 때 결과를 그림 3에 나타내었다. 이때 반사손실은

공진 주파수인 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 0.0035mm인 기판을 사용하였다. 또한 패치와 패치 사이에 들어가는 foam은 $\epsilon_r = 1$ 인 foam을 사용하였다. 이때 전체적인 기판의 크기는 가로 20mm, 세로 20mm이며 높이는 5mm였다.

위와 같이 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 안테나를 제작 측정된 결과를 그림 4에 나타내었다. 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.

IV. 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.

참고문헌

[1] K.W.Loi, "Design of a wideband micro patch antenna", *IEE, Proc-Microw, AP*, No. 2, April 1998.
 [2] 조용수, "무선 LAN 기술 동향", 전자공학회 학지, pp. 10, 1994. 7.
 [3] C. H. Ng, "Microstrip Bowtie Patch Antenna for Wireless Indoor Communications", *IEEE, RAWCON'98 Proceedings*, 1998.
 [4] Yu-De Lin, "Analysis and Design of Broadside-Coupled Striplines-Fed Bow-Tie

Antennas" *IEEE, AP*, Vol. 46, No. 3, March 1998.

[5] Jean-Francois Zurcher, Fred E. Gardiol, *Broadband Patch Antennas*, Artech House, pp. 27-40, 1995
 [6] J. R. James, P.S. Hall, *Handbook of microstrip antennas*, Peter Peregrinus, Vol. 1, pp.151-169, 1989.
 [7] I.J. Bahl, P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, pp. 139-157, 1982.
 [8] 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
 [9] Joseph Helszain, "Planar Triangular Resonators with Magnetic Walls", *IEEE Trans MTT*, vol. MTT-26, no 2, pp. 95-100, 1978. 2.

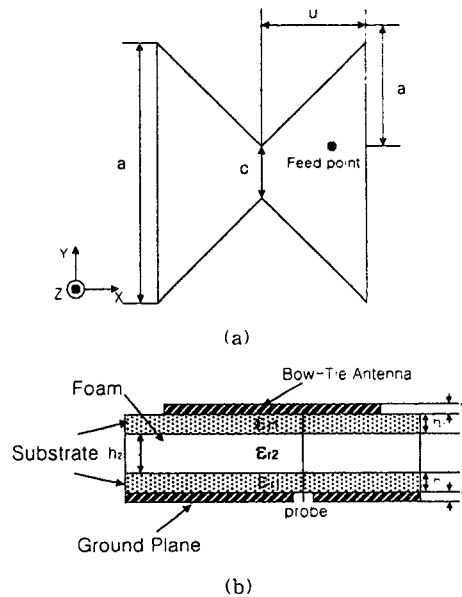


그림 1. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 구조
 (a) 윗면 (b) 옆면

Fig. 1. Stacked Bow-Tie antenna geometry
 (a) Top view (b) Side view

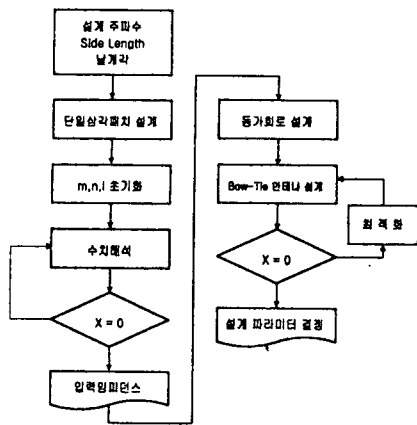


그림 2. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나 설계 순서도
 Fig. 2. Flowchart of the design for Stacked Bow-Tie antenna

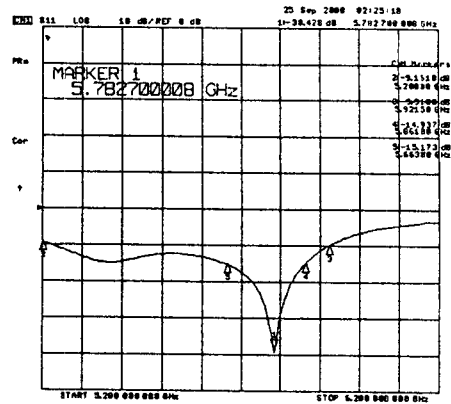


그림 11. 제작된 적층 구조의 Bow-Tie 마이크로스트립 패치 안테나의 반사손실
 Fig. 11. Return loss of the manufactured Stacked Bow-Tie microstrip patch antenna

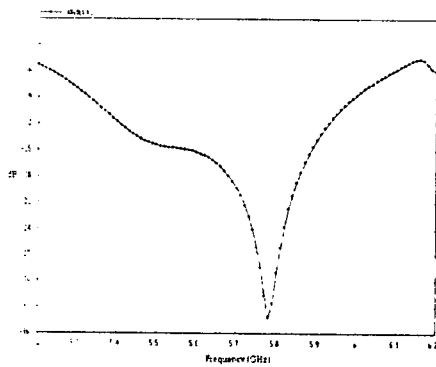


그림 8. 적층 구조의 Bow-Tie 안테나의 반사손실
 Fig. 8. Return loss of the Stacked Bow-Tie antenna