

# 광대역 나비형 안테나 설계

이상훈\* · 김민준\*

\*동의대학교 정보통신공학과

## Design of a broadband bow-tie antenna

Sang-hun Lee\* · Min-jun Kim\*

\*Dept. of Information & Communication Engineering, Dong-eui University

lsh002359@neolife.net

### 요 약

본 논문에서는 광대역 동작을 위한 나비형 안테나의 임피던스 특성을 분석했다. 펄스 표면하 레이더는 지중 매질물에 대한 정보를 수집하기 위하여 임펄스를 사용하므로, 이러한 임펄스의 광대역 특성으로 인하여 급전점에서 발생하는 반사를 최소화할 수 있도록 광대역 정합 특성을 가진 안테나가 사용되어진다. 따라서, 본 논문에서는 광대역 특성을 가지는 나비형 안테나를 Ensemble 5.0으로 분석하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we analyzed the impedance characteristic of the bow-tie antenna for the broadband operation. The pulsed subsurface radar uses the impulse to collect information for subsurface objects, so the broadband antenna is used to minimize reflections in the feed point for the broadband characteristic of impulse. Therefore, in this paper we analyzed the broadband bow-tie antenna with Ensemble 5.0.

### 키워드

broadband, bow-tie patch antenna, GPR, pulsed radar

## I. 서 론

표면하 레이더는 지표면 또는 건물의 표면을 통해 전자파를 방사하고, 산란체나 유전율이 다른 매질을 통과할 경우에 반사되어 되돌아 온 신호를 분석하여 지표면이나, 건물의 표면에 대한 정보를 파악하는데 사용되는 레이더이다. 펄스방식의 레이더는 시간 지연특성을 이용하기 때문에 송수신간의 상호결합에 의한 영향이 적으나, 충분한 분해능을 위해서 매우 좁은 펄스를 사용하므로, 이를 위한 광대역 안테나가 필요하다. 기존 마이크로스트립 패치 안테나들은 대역폭이 1%~5%의 협대역을 가지고 있다. 그러나, 본 논문에서는 광대역 특성을 가지는 나비형 패치 안테나를 설계하고자 한다. 광대역 특성은  $S_{11}$ 과 VSWR 그리고 임피던스로서 알 수 있는데, 여기서는 임피던스의 주파수에 따른 광대역 특성을

확인하게 된다. 설계는 우선적으로 단일 정삼각형 패치를 설계하고, 다음으로 두 개 정삼각형 패치에서 서로 겹쳐서 나타나는 나비형 안테나의 팔 길이 ( $l$ )와 측면 길이 ( $a$ )를 고정시키고, 상호 연결 폭( $c$ )을 가변시키면서 입력 임피던스의 광대역 평탄 특성의 폭을 결정하고, 50[Ω]의 전송선로와 정합과정을 거치게 된다.

본 논문에서는 Ensemble 5.0을 사용하여 bow-tie 패치 안테나를 분석하였다.

여기서 사용한 기판은  $\epsilon_r=4.6$ ,  $h=1.6$ [mm]인 FR-4 기판을 사용하였다. 그리고, 대역폭은  $S_{11}[\text{dB}]<-10[\text{dB}]$ 와  $VSWR<2$ 로 결정할 경우 8.42[%]가 되었다.

## II. 안테나 설계 방법

a. 단일 정삼각형 패치 안테나 설계

단일 정삼각형 패치 안테나의 공진기 모델에서  $TM_z$  모드에 대한 공진 주파수 공식은 다음과 같다.

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

여기서,  $m, n$ 은 공진 모드의 차수이다. 그리고, 비방사 자계 벽 효과에 의해서  $a$ 를  $a_e$ 로 대체시켜야 한다.

$$a_e = a + \frac{t}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

여기서,  $f_{mn}=5.5[\text{GHz}]$ 에서 정삼각형 한변의 길이  $a$ 는  $16.95[\text{mm}]$ 이고, 중심선의 길이(bow-tie의 팔길이)  $l$ 은  $\text{asin}(60^\circ)$ 로써  $14.68[\text{mm}]$ 이다.

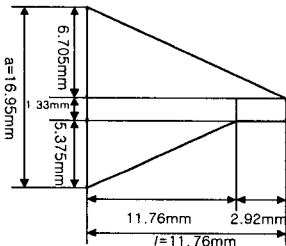


그림 1. 단일 정삼각형 패치 안테나 구조

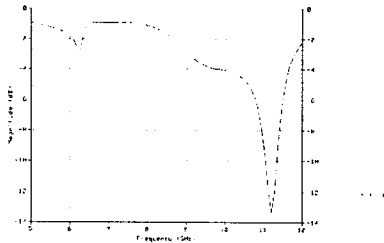


그림 2. Return Loss(S11[dB])

단일 정삼각형 패치 안테나를 겹쳐서 bow-tie 안테나를 만들기 위해 중심부에서 겹치는 부분이 생기게 된다. 따라서 단일 정삼각형에서 꼭지점 끝부분에서  $50[\Omega]$  선로의 폭으로 끌어내려서 strip source를 연결하여 시뮬레이션 한 경우가 그림 1이다. 그림 2에서는 이것을 시뮬레이션 한 결과로서, 2개의 dip point를 가지게 되는데, 2번째 dip point가 설계 주파수의 약 2배의 주파수이고, 우수한  $S_{11}$  특성을 가지게 되므로, bow tie안테나의 동작 주파수를 설계 주파수의 절반 아래에서 설계하게 된다.

b. 임피던스의 최대 광대역 특성을 가지는 c값 결정

다음으로, 2개의 정삼각형 패치를 중간 연결부분인  $c$ 의 폭을 가지고 겹쳐서 입력 임피던스를 시뮬레이션 한다. 여기서는  $a=16.95[\text{mm}]$ 와  $l=14.68[\text{mm}]$ 를 고정시키고, 연결 폭인  $c$ 를 조절하면서 안테나의 입력 임피던스의 최대 평탄특성을 가지는  $c$ 를 시뮬레이션을 통해서 찾아냈다. 아래는 최적의  $c$ 값을 가진 bow-tie 안테나의 구조와 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.

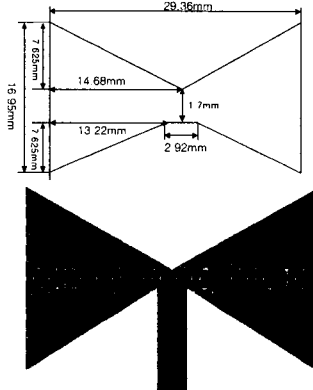


그림 3. 최적화 된 bow-tie 안테나 구조의 치수와 앙상블 Layout

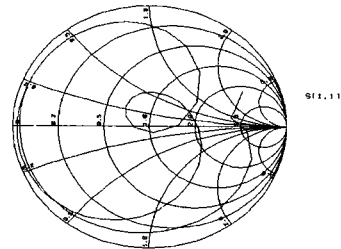


그림 4. Smith Chart

그림 4-7은 안테나의 입력단에서 들여다 본 안테나 특성들을 보여주고 있다. 중심 주파수  $9.4899[\text{GHz}]$ 에서  $S_{11}[\text{dB}] < -10[\text{dB}]$ ,  $\text{VSWR} < 2$ 로 대역폭을 결정할 경우, 약 6.7[%]의 대역폭을 가졌다.

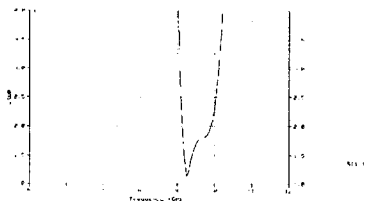


그림 5. VSWR

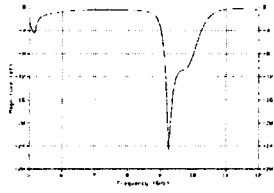


그림 6. Return loss ( $S_{11}$ [dB])

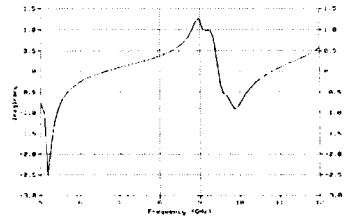


그림 9  $a/c=5.3262$ ,  $c=3.18$ [mm]인 경우  
(Re/Im)

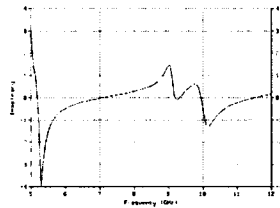
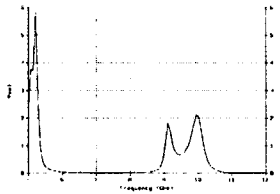


그림 7  $a/c=9.9867$ ,  $c=1.7$ [mm]인 경우  
(Re/Im)

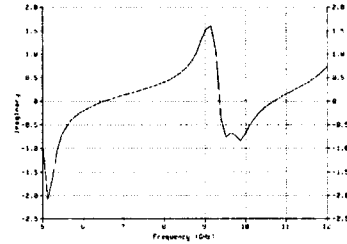
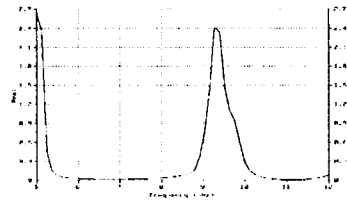


그림 10  $a/c=4.7936$ ,  $c=3.54$ [mm]인 경우  
(Re/Im)

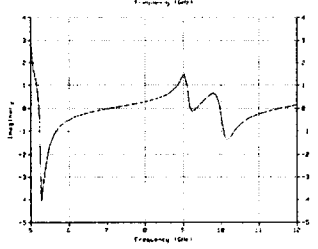
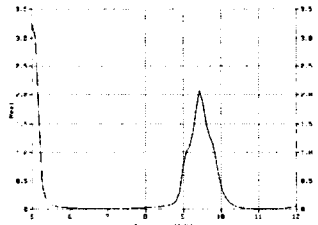


그림 8  $a/c=10.5$ ,  $c=1.6$ [mm]인 경우(Re/Im)

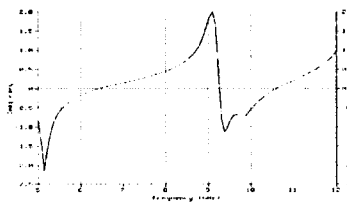
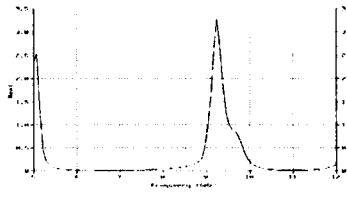


그림 11  $a/c=4.3978$ ,  $c=3.89$ [mm]인 경우  
(Re/Im)

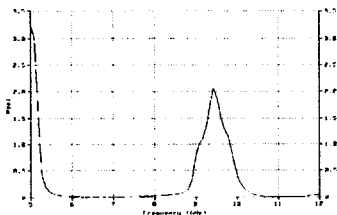


그림 9-11는  $a/c$ 값을 바꾸어 가면서 즉,  $c$ 값을 조절하면서 안테나의 입력 임피던스의 평탄특성을 보여 주고 있다. 여기에서  $c=1.7$ 을 기준으로 크거나 작을 경우에 임피던스의 평탄 특성(Re/Im 부분의 최소 차이 값을 가질 경우)은 나빠짐을 알 수 있다.

c. 안테나와 50[Ω] 전송선로의 정합 네트워크

다음으로, 앙상블로 시뮬레이션 된 S11파일을 \*.s1p파일의 Touchstone파일로 변환시켜서 ADS 1.1로 Optimization을 수행하여 더욱 넓은 대역폭을 얻었다. 여기에서는, 안테나 입력단의 폭을 50 [Ω]의 전송선로 폭으로 고정시키고, 첫단의 길이와 다음 단( 50[Ω] 커패터 쪽)의 폭과 길이를 S11 < -15[dB]로 최적화 시켰다. 이로써, 더욱 넓은 광대역 특성의 안테나를 얻게 되었다.

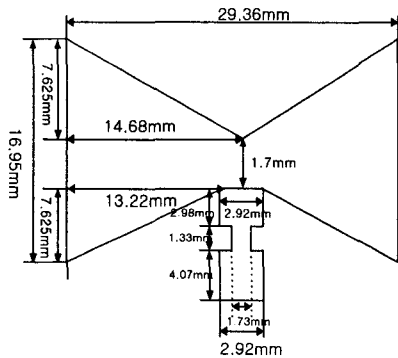


그림 12 최적화 된 bow-tie 안테나 구조와 치수

III. 시뮬레이션 결과

여기에서는 설계된 나비형 패치 안테나의 스미스 차트, 전압정재파비(VSWR), 반사 손실 S11과 방사 패턴을 보여주고 있다.

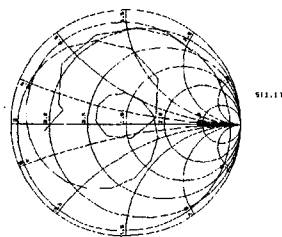


그림 13 Smith Chart

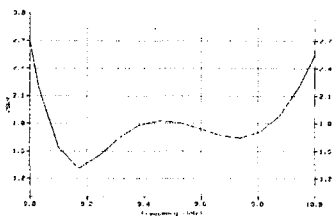


그림 14 VSWR

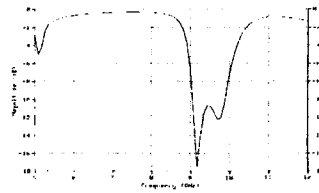


그림 15 반사손실 ( S11[dB] )

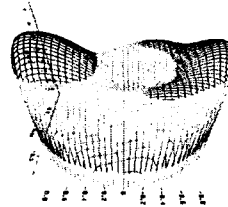
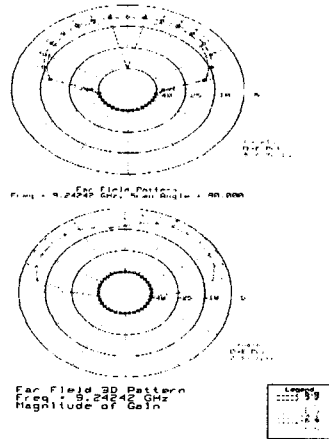


그림 16 9.24242[GHz]에서의 Far Field Pattern

IV. 결 론

본 논문에서는 표면하 레이더에 사용되는 광대역 나비형 안테나를 설계하였다. 광대역 안테나의 상호연결부분인 c를 조절하여 임피던스의 광대역 평탄특성을 얻을 수 있었다. 설계 된 bow-tie 안테나의 대역폭은 S11<-10[dB],( VSWR≤2)로 할 경우에 8.42[%]의 값을 얻었다.

참고문헌

- [1] Ramesh Garg, Prakash Bhartia, Inder Bahl, Apisak Ittipiboon, "Microstrip Antenna Design Handbook" , AH, 2001.
- [2] Warren L. Stutzman, Gray A. Thiele," Antenna theory and design (2rd ed.)", John Wiley & Sons, Inc. 1998.
- [3] JR. James & PS. Hall, "Handbook of Microstrip Antenna" , IEE, 1989.