

광대역 지수형 테이퍼 슬롯 안테나 설계

박철민, 최병혁, 오동훈, 천창율, 김형석*

서울 시립대 전자전기컴퓨터공학부, 중앙대학교 전자전기공학부

Design of broadband exponential tapered slot antenna

Park Chelo-Min, Choi Byung-Hyuk, Oh Dong-Hoon, Cheon Chang-Yul

Dept. of Electrical and Computer Eng. University of Seoul, Dept. Electrical Eng. Chung Ang Univ.

Abstract - 본 논문에서는 지수형으로 테이퍼 된 슬롯 안테나로 광대역 안테나를 설계하였다. 이 안테나는 $VSWR \leq 2$ 를 기준으로 6GHz~18GHz까지 3:1의 광대역 특성을 나타낸다. 급전부는 마이크로스트립으로 설계되었고 안테나는 싱글 슬롯으로 설계하였기 때문에 급전부와 안테나 사이의 트랜지션은 marchand balun을 이용하여 해결하였다.

등 여러 가지 변수에 의해 변화한다. 마이크로스트립라인과 슬롯라인의 스테브는 광대역 특성을 구현하기 위해 marchand balun을 사용하였다. 자유공간과의 임피던스 정합을 위한 안테나의 임피던스를 결정짓는 나팔형 캐직의 모양은 (1)식에 의하여 결정된다[1].

$$y = c_1 e^{Rx} + c_2 \tag{1}$$

$$c_1 = \frac{y_2 - y_1}{e^{Rx_2} - e^{Rx_1}}, c_2 = \frac{y_1 e^{Rx_2} - y_2 e^{Rx_1}}{e^{Rx_2} - e^{Rx_1}}$$

1. 서 론

현재의 다기능 레이더(Multifunction Radar)나 통신 시스템에서는 여러 가지 기능을 하나의 안테나로 이용할 수 있는 다중 밴드 안테나를 필요로 하고 있다. 이러한 기능을 만족하기 위한 안테나는 1에서 2 옥타브(Octave)이상의 광대역 특성을 가져야하며, 동작 주파수 대역 내에서 복사 소자(Radiator)는 좋은 정합 특성과 넓은 복사 패턴을 가져야 한다. Gibson에 의해 처음 알려진 넛치(notch) 안테나는 공진형 안테나가 아닌 진행 파형 안테나로서 satellite communication, remote sensing, radio telescope 등에서 사용된다. 넛치 안테나는 자유공간과의 임피던스 정합을 용이하게 할 수 있도록 개구면(Aperture)을 크게 하고, 복사면까지 완충영역의 길이를 길게 하면 단일 복사 소자라도 광대역 주파수 특성을 얻을 수 있다. 단일 소자의 빔 폭(Beam Width)은 비교적 넓으면서 전계 및 자계 평면의 크기가 거의 동일하므로 넓은 빔 조향 범위를 가지는 위상 배열 안테나의 단일 복사 소자로 사용된다. 넛치 안테나의 설계 방식은 경험과 실험에 의존하던 과거와는 달리 수치 해석 프로그램의 발달로 인해 반복적으로 쉽게 설계할 수 있게 되었으나, 안테나의 특성을 결정짓는 변수의 선택 등 여러 가지 면에서 여전히 설계자의 경험에 의존하게 된다.

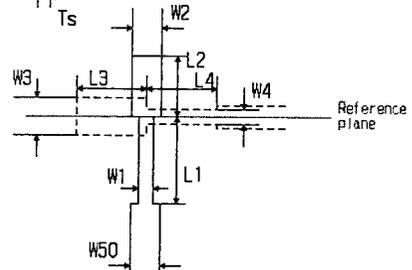
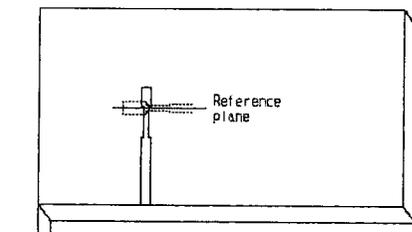
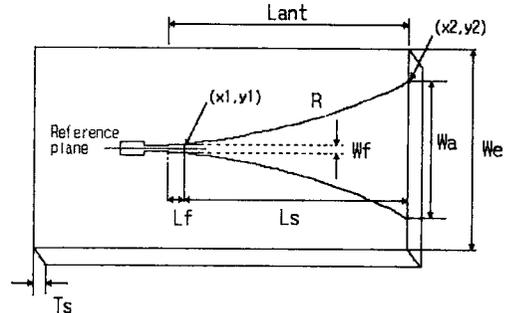


그림 1. 넛치 안테나의 변수

2. 본 론

2.1 안테나의 구조

넛치 안테나의 구조 및 변수는 그림 1과 같으며, 그림에서 알 수 있듯이 마이크로스트립라인(microstripline) 급전 넛치 안테나의 복사소자는 슬롯라인(slotline)이 나팔처럼 확장되는 복사부와 마이크로스트립라인에서 슬롯라인으로 변환되는 변환부로 구성되어 있다. 이는 단일 기판을 사용하기 때문에 스트립라인 급전구조보다 제작과 튜닝이 용이하다. 넛치 안테나의 특성은 넛치가 확장되는 기울기(R)와 길이(Ls), 마이크로스트립라인 및 슬롯라인으로 구성되는 변환부분인 마이크로스트립라인 스테브의 길이(L2)와 너비(w2), 슬롯라인 스테브의 길이(L3)와 너비(w3), 마이크로스트립 라인 및 슬롯라인의 너비(w0, w), 안테나 길이(Lant), 개구면 너비(Aperture Height : w0), 기판의 유전율, 기판 두께(T)

2.2.1 안테나의 설계

CST사의 Microwave studio를 이용하여 설계하였다. 그림 2,3,4,5는 안테나의 형태를 결정하기 위한 주요 변

수들의 값을 변화시킨 모의실험 값이다. L_s 를 변화시킨 경우 안테나의 길이가 길수록 더 좋은 특성을 보이고 있다. R 을 변화시킨 경우 곡률이 커질수록 특성이 나빠지는 현상을 보여준다. W_e 를 변화시킨 경우 안테나의 너비가 넓어질수록 특성이 좋아지는 것을 볼 수 있다. W_a 를 변화시킨 경우 개구면의 너비가 넓어질수록 특성이 좋아지다가 나빠지는 것을 확인할 수 있다. W_e 같은 경우 55일 경우와 60인 경우에 비슷한 값을 가지게 되는데 이때 안테나의 임피던스변화와 발륜의 대역폭을 고려하여 좀 더 평평하고 양 끝단에서 좀 더 좋은 특성을 가지는 변수를 선택하게 된다.

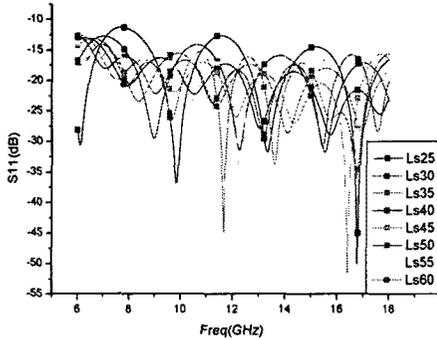


그림 2. L_s 를 변화시킨 모의실험 값

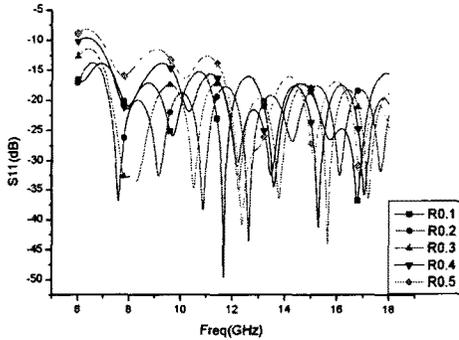


그림 3. R 을 변화시킨 모의실험 값

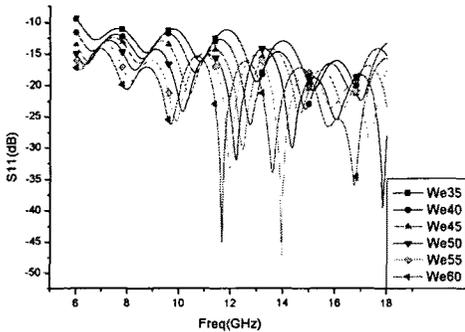


그림 4. W_e 를 변화시킨 모의실험 값

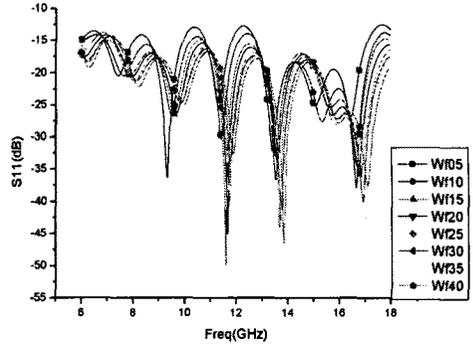


그림 6. W_f 를 변화시킨 모의실험 값

기 관		R	0.1	W_e	60mm
두께	유전율	W_f	1mm	W_a	30mm
		L_s	35mm	L_{ant}	38mm
0.5mm	2.2	L_f	3mm	T_s	0.5mm

표 2. 모의실험 결과 얻어진 안테나의 주요 변수

2.2.2 발륜의 설계

마이크로스트립라인에서 슬롯 라인으로 변환하기 위해서 변환기를 설계하였다.[2][3] 다른 구성 요소의 불연속(마이크로스트립-슬롯의 변환)에서 발생하는 변환을 일으켜 내부 임피던스의 정합 특성 뿐 아니라 대역폭에 영향을 준다. 이 원하지 않는 특성은 설계시 사용 대역을 넓게 할 경우 손실의 특성이 나빠지게 되고 손실을 좋게 할 경우 대역이 좁아지는 성질을 가진다.

W_1	0.7	L_1	4.6
W_2	1.5	L_2	2.3
W_3	1.5	L_3	3.8
W_4	0.6	L_4	5.4

표 2. 변환기의 주요 변수

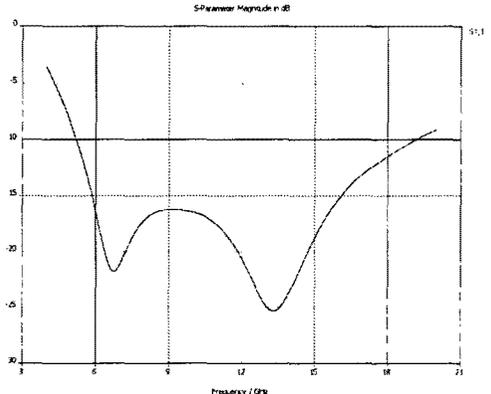


그림 7. 설계된 변환기의 모의실험 값

2.3 안테나의 제작과 측정

표1의 변수들을 가지고 실제로 안테나를 제작하였

다.(그림7) 실제 제작 시 기판은 미국 Roges사 제품을 사용하였으며 유전율(ϵ_r) 2.2, 기판 두께는 0.5mm, $\tan\delta = 0.0009$ 이다.

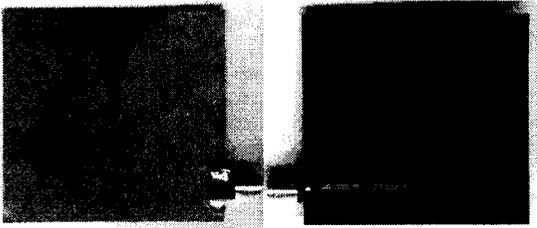


그림 7. 실제로 제작된 안테나

그림 8은 단일 너치 안테나의 반사 손실(Return Loss)에 대해 모의실험 결과와 실제 제작된 안테나를 비교한 그래프로 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

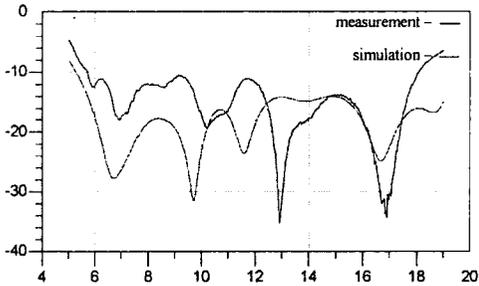


그림 8 측정결과와 모의실험값의 비교

3. 결 론

본 논문에서는 3 : 1이상의 광대역 주파수 대역에서 운용되는 마이크로스트립 급전 너치 안테나에 대하여 각 변수들이 가지는 특성에 대해 분석하였다. 광대역 주파수 대역 그리고 넓은 빔 조향 범위에서 -10dB 이하의 만족할 만한 반사 계수를 얻을 수 있었다. 향후 과제는 단일 소자 너치 안테나로 얻어진 결과를 가지고 배열 안테나에 응용하는 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Joon Shin, Daniel H. Schaubert, " A Parameter Study of Stripline-Fed Vivaldi Notch Antenna Arrays ", IEEE Trans. Antennas Propagat. vol.47, No. 5, May 1999
- [2] Trifunovic, V., Jokanovic, B., "Review of Printed Marchand and Double Y Baluns: Characteristics and Application", Microwave Theory and Techniques, IEEE Trans. Vol.42, Issue 8, Aug 1994 Page(s):1454 - 1462
- [3] K.C. Gupta, "Microstripline and Slotline", 2nd Edition, Artech House, Inc., 1996 pp 305-313