

광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 급전선로 설계

*문 영 길, *홍 성 옥, **김 흥 수
*제주대학교 통신공학과, **제주대학교 통신컴퓨터공학부
전화 : 064-754-3639 / 핸드폰 : 016-697-2029

Design of Feedline for Broadband Microstrip Slot Antenna

*Young-Kil Moon, *Seong-Uk Hong, **Heung-Soo Kim**
*Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.
**Faculty of Telecommunication & Computer Eng., Cheju Nat'l Univ.
E-mail : ykiki7@empal.com

Abstract

In this paper, a feedline which is a shape of a fork is designed to improve a bandwidth of the microstrip slot antenna. To determine design parameters of the feedline, the characteristics of the microstrip slot antenna is analyzed by changing design parameters of the feedline. The microstrip slot antenna with the feedline of a shape of a fork has a wide band, from 1.7 GHz to 6.1 GHz for $VSWR \leq 2$.

I. 서론

마이크로스트립 슬롯 안테나는 패치 안테나에 비해 대역폭이 넓은 장점이 있기 때문에, 슬롯 안테나를 이용하여 광대역 안테나를 설계하기 위한 많은 연구가 수행되었다. 특히 슬롯의 폭이 넓은 안테나는 슬롯과 급전선로를 정합시키면 넓은 대역폭을 얻을 수 있는 장점이 있다. 따라서 슬롯의 폭이 넓은 경우에 급전선로를 변형하여 임피던스 정합을 이루기 위한 방법들이 제시되었고, 이러한 변형된 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나는 약 50%의 넓은 대역폭을 갖는다.[1,2,3,4]

본 논문에서는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 대역폭을 개선하기 위한 급전선로를 설계한다. 이 급전선로는 포크 모양으로써, 슬롯 폭의 크기에 따라 변하는 임피던스를 보상하여 마이크로스트립 슬롯 안테나의 대역폭을 개선한다. 포크 모양 급전선로를 마이크로스트립 슬롯 안테나에 적용하여 설계 변수 변화에 따른 특성을 분석하고, 최대 대역폭이 얻어지는 설계 변수를 결정한다.

II. 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 급전선로 설계

II-1. 마이크로스트립 슬롯 안테나의 급전선로 구조

그림 1은 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조를 나타낸다. 슬롯은 길이가 L 이고 폭이 W 인 구형이다. 포크 모양의 동조 스티브는 슬롯의 영역 안에 위치하고, 급전선로와 연결되는 직선 선로 l_2 와 두 개의 평행 선로 l_3 , 그리고 두 평행 선로를 연결하는 선로 l_1 으로 구성된다. 포크 모양 동조 스티브의 폭은 마이크로스트립 급전선로의 폭과 동일하다.

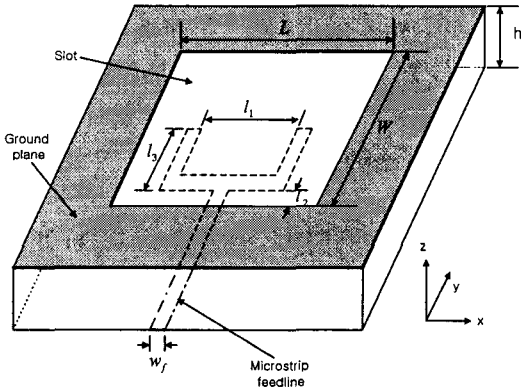


그림 1. 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나

포크 모양 급전선로는 폭이 넓은 슬롯과의 커플링을 제어하여 마이크로스트립 슬롯 안테나의 대역폭을 개선한다.

II-2. 포크 모양 급전선로와 마이크로스트립 슬롯 안테나 설계

포크 모양 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계에 사용된 기판은 비유전율이 4.4이고, 두께는 0.8 mm이다. 설계주파수는 2 GHz이고, 설계를 위한 시뮬레이션 툴로는 Ensemble 6.0을 사용하였다. 포크 모양 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수는 슬롯의 길이와 폭, 그리고 포크 모양 급전선로의 길이 l_1 , l_2 , l_3 이다. 접지면의 크기는 $120 \times 120 \text{ mm}$ 이고, 급전선로의 폭 w_f 는 1.52 mm이다.

슬롯의 길이는 다음의 식으로 계산할 수 있다.[4,5]

$$L = \frac{150}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot f_{GHz}} \quad [mm] \quad (1)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{2\epsilon_r}{1 + \epsilon_r} \quad (2)$$

여기서, ϵ_{eff} 는 기판의 실효 유전상수이다.

포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 급전선로를 설계하기 위한 기본 형태는 T-형 급전선로가 된다. 우선 T-형 급전선로를 설계하여 포크 모양의 급전선로를 설계하기 위한 설계 변수의 초기치를 결정한다.[6]

표 1은 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수에 대한 초기치를 나타낸다.

표 1. 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수 초기치(단위: mm)

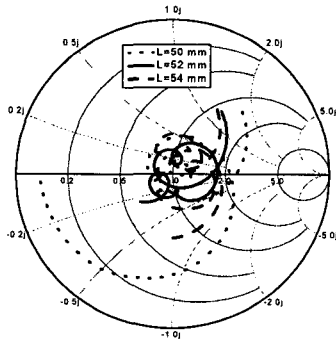
슬롯		포크 모양 급전선로		
L	W	l_1	l_2	l_3
58.7	29.2	20.8	12	0

마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수 초기치에서 슬롯의 길이는 설계주파수인 2 GHz에서 공진되도록 조정한다. 그리고 두 평행 선로의 길이 l_3 를 0 mm에서 1 mm 단위로 증가시키면서 슬롯의 폭을 변화시켜 시뮬레이션 하였다. 또한 두 평행 선로를 연결하는 선로 l_1 과 포크 모양 스텐트의 직선 선로 l_2 의 길이를 변화시키면서 슬롯의 폭을 조절하였다. 반복적인 시뮬레이션을 통해 $VSWR \leq 2$ 에 대해서 가장 넓은 대역폭이 나타나는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수를 결정하였다.

III. 시뮬레이션 결과 및 고찰

III-1. 설계 변수 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나 특성

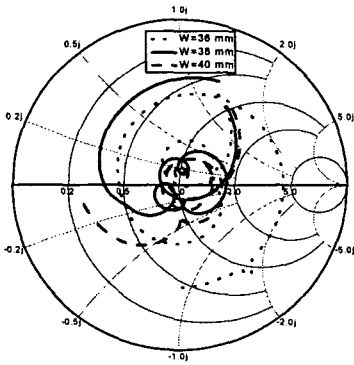
설계 변수 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나의 특성을 분석하여 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 급전선로 설계 변수를 결정하였다.



$W = 38 \text{ mm}$, $l_1 = 15 \text{ mm}$, $l_2 = 2.5 \text{ mm}$, $l_3 = 16 \text{ mm}$, 그림 2. 슬롯의 길이 변화에 따른 입력 임피던스

그림 2는 슬롯의 길이 변화에 따른 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 입력 임피던스를 나타낸다. 슬

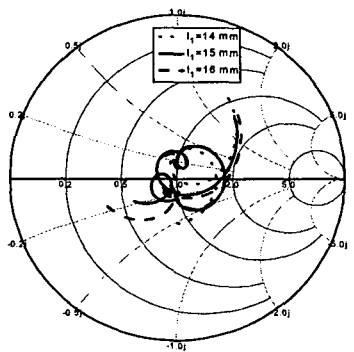
롯의 길이가 길어질수록 슬롯의 공진주파수는 점차 낮은 주파수 쪽으로 이동한다. 슬롯의 길이가 52 mm일 때, 안테나는 2 GHz에서 공진한다. 슬롯의 길이는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 공진 주파수에 영향을 준다는 것을 확인할 수 있다.



$L = 52\text{mm}, l_1 = 15\text{mm}, l_2 = 2.5\text{mm}, l_3 = 16\text{mm}$

그림 3. 슬롯 폭의 변화에 따른 입력 임피던스

그림 3은 슬롯 폭의 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나의 입력 임피던스 변화를 나타낸다. 슬롯 폭이 38 mm일 때, 임피던스 궤적은 넓은 주파수에 대해서 스미스 차트 중심에 위치하고 있다. 슬롯 폭을 조절하면 넓은 주파수 범위에서 양호한 정합을 이룰 수 있다.

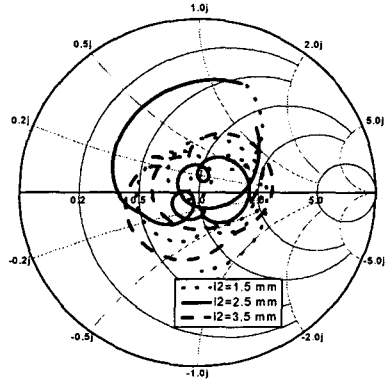


$L = 52\text{mm}, W = 38\text{mm}, l_2 = 2.5\text{mm}, l_3 = 16\text{mm}$

그림 4. l_1 의 길이 변화에 따른 입력 임피던스

그림 4는 두 평행 선로를 연결하는 선로 l_1 의 길이 변화에 따른 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 입력 임피던스 변화를 나타낸다. 포크 모양 급전선로에

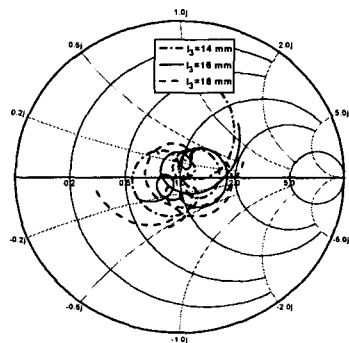
서 l_1 의 길이가 변함에 따라 슬롯과 급전선로 간의 커플링 세기가 변하고, 슬롯 안테나의 공진 수가 달라져 슬롯 안테나의 대역폭을 변화시킨다. 두 평행 선로 사이의 간격 l_1 이 15 mm일 때, 다중 공진이 발생하여 가장 넓은 대역폭이 나타났다.



$L = 52\text{mm}, W = 38\text{mm}, l_1 = 15\text{mm}, l_3 = 16\text{mm},$

그림 5. l_2 의 길이 변화에 따른 입력 임피던스

그림 5는 포크 모양 스텐더브의 직선 선로 l_2 의 길이 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나의 입력 임피던스 변화를 나타낸다. l_2 의 길이를 조정함으로써 슬롯 폭의 변화에 따른 임피던스의 변화를 보상하여 넓은 대역폭을 얻을 수 있다. l_2 의 길이가 2.5 mm일 때 가장 넓은 대역폭이 나타났다.



$L = 52\text{mm}, W = 38\text{mm}, l_1 = 15\text{mm}, l_2 = 2.5\text{mm}$

그림 6. l_3 의 길이 변화에 따른 입력 임피던스

그림 6은 두 평행 선로 l_3 의 길이 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나의 입력 임피던스 변화를 나타낸다. l_3 의 길이를 조정함으로써 입력 임피던스의 리액

턴스 성분을 보상하여 넓은 주파수 범위에서 양호한 정합이 이루어지게 한다. l_3 의 길이가 16 mm일 때 임피던스 캐적이 원의 중심에 집중되고 있다.

시뮬레이션 과정을 통해 가장 넓은 대역폭이 나타나는 포크 모양 급전선로와 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수를 표 2에 나타내었다.

표 2. 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나 설계 변수(단위: mm)

슬롯		포크 모양 급전선로		
L	W	l_1	l_2	l_3
52	38	15	2.5	16

III-2. 설계 결과

최종적으로 설계한 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 정재파비를 그림 7에 나타내었다. 급전선로는 2 GHz에서 설계되었지만, 설계 결과에서는 중심주파수가 3.9 GHz로 나타났다. 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나는 3.9 GHz를 중심으로 $V_{SWR} \leq 2$ 에 대해서 약 112%의 대역폭을 갖는다.

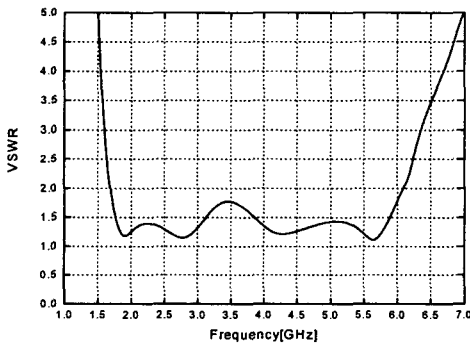


그림 7. 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 정재파비

IV. 결론

본 논문에서는 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 급전선로를 설계하였다. 설계 변수 변화에 따른 슬롯 안테나의 특성을 분석하여 포크 모양 급전선로의 설계 변수를 결정하였다. 슬롯 폭의 크기에 따라 포크 모양

급전선로의 설계 변수를 적절하게 조절함으로써 광대역 특성을 얻을 수 있었다.

본 논문에서 설계한 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나는 $V_{SWR} \leq 2$ 에 대해서 1.7 GHz에서 6.1 GHz까지의 넓은 대역을 갖는다.

향 후 포크 모양 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나를 이론적으로 모델화하고, 설계 변수를 계산하기 위한 수식을 유도하는 것이 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] Y. Yoshimura, "A microstrip slot antenna", IEEE Trans. Microwave Theory Tech, Vol. MTT-20, pp. 760-762, Nov. 1972.
- [2] Yong-Woong Jang, "Broadband T and shunt-stub-shaped microstrip-fed slot antenna backed by a ground plane", Microstrip and Optical Technology Letters, Vol. 32, pp. 278-280, February 2002.
- [3] Yong-Woong Jang, "Characteristic Analysis of Reverse-L-Shaped Microstrip-Fed Large-bandwidth Printed Slot Antenna", Wiley Periodicals, Inc. Int J RF and Microwave CAE 12: PP. 496-502, 2002.
- [4] B. N. Das and K. K. Joshi, "Impedance of a radiating slot in the ground plane of a microstripline", IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 30, pp. 922-926, Sept., 1982.
- [5] J. B. Knorr and J. Saenz, "End effect in a shorted slot," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-21, pp. 579-580, Sept., 1973
- [6] 김권일, 서영훈, 박익모, "T-모양 급전선을 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 최적 설계방법에 관한 연구", 한국전자과학회논문지, 제12권, 제4호, pp. 562-569, 2001년 6월.
- [7] Jia-Yi Sze, Kin-Lu Wong, "Bandwidth enhancement of a microstrip-line-fed printed wide-slot antenna", IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 49, pp. 1020-1024, July 2001