

논문 2004-41TC-8-11

포크모양의 급전선로를 갖는 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나 설계 및 제작

(Design and Fabrication of a Broadband Microstrip Slot Antenna with a Fork-shaped Feedline)

문 영 길*, 김 흥 수**

(Young-kil Moon and Heung-soo Kim)

요 약

본 논문에서는 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나를 설계하고 제작하였다. 폭이 넓은 슬롯 안테나의 광대역 특성을 얻기 위해 급전선로를 포크 모양으로 변형하고, 슬롯의 크기와 오프셋 간격을 조정하였다. 이러한 설계 변수 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나의 특성을 분석하여 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나를 설계하였다. 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나를 제작하여 측정된 결과, $VSWR \leq 2$ 에 대해서 1.65 GHz에서 6.20 GHz까지의 광대역 특성이 얻어졌다.

Abstract

In this paper, a microstrip slot antenna with a fork-shaped feedline is designed and fabricated. To obtain a broadband characteristic of a wide slot antenna, a feedline is transformed into a shape of a fork, and a size of the slot and offset length is varied. As the characteristics of the slot antenna as the function of design parameters are analyzed, a broadband microstrip slot antenna is designed. The microstrip slot antenna with a fork-shaped feedline is fabricated and its measured bandwidth is from 1.65 GHz to 6.20 GHz for $VSWR \leq 2$.

Keywords : a microstrip slot antenna, a fork-shaped feedline, a wide slot antenna, a broadband antenna

I. 서 론

마이크로스트립 슬롯 안테나는 패치 안테나에 비해 대역폭이 넓은 장점이 있기 때문에, 슬롯 안테나를 이용하여 광대역 안테나를 설계하기 위한 많은 연구가 수행되었다. 마이크로스트립 슬롯 안테나는 슬롯의 폭이 달라지는 경우에 급전선로를 적절하게 변형하면 임피던스 정합을 이룰 수가 있다. 폭이 좁은 슬롯 안테나의 일반적인 급전 방법은 마이크로스트립 급전선로를 슬롯의

중앙에 위치하도록 하여 급전하는 방법이다. 이 방법은 매우 큰 복사저항을 갖기 때문에 슬롯의 공진 주파수에서 급전선로와 슬롯의 정합이 어려운 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 급전선로의 위치를 슬롯의 중심에서 슬롯의 끝 쪽으로 오프셋(offset)시키는 방법이 제시되었다. 이 방법은 슬롯의 폭이 좁은 경우에 한하여 양호한 정합을 이룰 수 있지만, 슬롯 폭이 넓어지면 복사 저항이 커져서 양호한 정합을 이룰 수 없다. 폭이 넓은 슬롯 안테나는 급전선로를 변형함으로써 넓은 주파수 대역에서 임피던스 정합을 이룰 수 있다. 급전선로를 변형하여 폭이 넓은 슬롯과 임피던스 정합을 이루는 방법으로는 T형 급전선로를 이용한 방법, T형 급전선로에 병렬 스테브를 연결하는 방법, 그리고 역 L형 급전선로를 이용한 방법 등이 제시되었고, 이러한 급전

* 정회원, 제주대학교 통신공학과
(Dept. of Telecomm. Eng., Cheju Nat'l Univ.)

** 정회원, 제주대학교 통신컴퓨터 공학부
(Faculty of Telecomm. & Computer Eng., Cheju National University)

접수일자: 2003년10월10일, 수정완료일: 2004년8월4일

선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나는 약 50~100%의 넓은 대역폭을 갖는 특징이 있다.^[1,2,3,4]

본 논문에서는 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나를 설계하고 제작한다. 포크 모양 급전선로와 폭이 넓은 슬롯의 크기를 조정하여 급전선로와 슬롯 간의 커플링을 조절하여 넓은 주파수 범위에서 임피던스 정합이 이루어지게 한다. 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조와 특징을 알아보고, 설계 변수 변화에 따른 슬롯 안테나의 특성 변화를 분석하여 최대 대역폭이 얻어지는 슬롯 안테나를 설계한다. 설계한 슬롯 안테나를 제작하고 측정하여 광대역 특성이 얻어짐을 확인한다.

II. 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조 및 특징

마이크로스트립 슬롯 안테나는 슬롯의 폭이 넓어지면 대역폭이 증가하는 특징이 있다. 또한 슬롯의 폭이 넓은 경우 마이크로스트립 슬롯 안테나의 급전선로 형태를 변형하여 광대역 특성을 얻을 수 있다.^[5]

포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조는 그림 1과 같다. 그림 1과 같이 접지면에 폭이 넓은 슬롯이 삽입되고, 이 슬롯이 방사소자가 된다. 포크 모양의 급전선로는 두 개의 수직선로와 두 수평선로를 잇는 수평선로로 구성되고 접지면의 뒷면에 슬롯의 영역 내에 놓인다. 포크 모양의 급전선로 끝에서 방사된 전계는 슬롯을 여기 시켜 여러 모드에서 임피던스 정합이 이루어지게 한다. 포크 모양 급전선로의 길이에 따라서 폭이 넓은 슬롯과의 커플링이 변하여 마

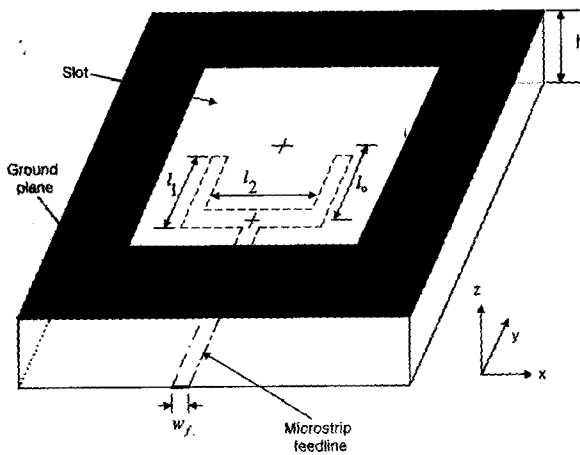


그림 1. 포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조
Fig. 1. The geometry of a microstrip slot antenna with a fork-shaped feedline.

이크로스트립 슬롯 안테나의 대역폭을 변화시킨다.

III. 마이크로스트립 슬롯 안테나 설계

포크 모양 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나 설계에는 비유전율 ϵ_r 이 3.38이고, 두께 h가 0.762 mm인 테프론 기판을 사용하였고, 시뮬레이션 툴로는 Ensemble 6.0을 사용하였다.

마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수는 슬롯의 길이 L과 폭 W, 포크 모양 급전선로의 수직선로 l_1 과 수평선로 l_2 의 길이, 그리고 슬롯의 중심과 수평선로의 중심 사이의 오프셋(offset) 간격 l_0 이다. 포크 모양 급전선로의 수직선로와 수평선로의 폭은 마이크로스트립 급전선로의 폭과 동일하게 1.76 mm로 하였다.

포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수 초기치는 T-형 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계치로 하였고, 그 값을 표 1에 나타내었다.

설계변수 초기치에서 슬롯의 크기는 고정시키고, 급전선로에서 두 수직선로 l_1 의 길이를 0 mm에서 슬롯 폭에 해당하는 12 mm까지 1 mm단위로 증가시켰을 때, 시뮬레이션 결과는 좋지 않은 정합 특성이 나타났다. 두 수직선로의 길이를 증가시키고, 각각의 수직선로 길이에 따라 수평선로 l_2 의 길이를 변화시키면서 시뮬레이션 하였지만, 슬롯의 크기를 고정시킨 상태에서는 양호한 정합 특성을 얻을 수 없었다. 따라서 두 수직선로의 길이를 증가시켜 가면서 슬롯의 폭을 증가시켰고, 슬롯의 폭이 증가함에 따라 오프셋 간격은 길어지게 되었다. 또한 수직선로의 길이가 증가하면서 수평선로의 길이는 그만큼 감소하게 되었고, 수평선로의 길이에 따라 슬롯의 길이도 변하게 되었다. 이러한 설계변수들의 변화에 대해서 반복적인 시뮬레이션을 수행하여, VSWR ≤ 2 에 대해서 양호한 정합 특성이 나타나는 설계 변수를 찾아내었다. 이렇게 찾아낸 설계변수에서 급전선로

표 1. 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수 초기치(단위: mm)
Table 1. Initial design parameters of the microstrip slot antenna(unit: mm).

슬롯		포크 모양 급전선로		
L	W	l_1	l_2	l_0
60	12	0	40	1.92

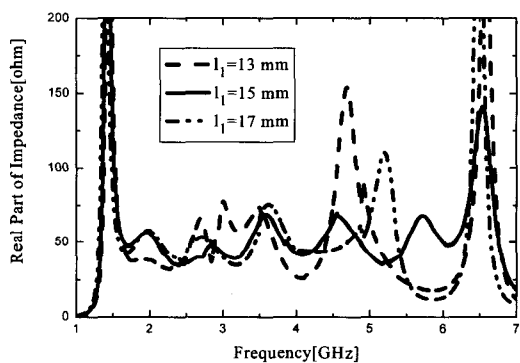
의 길이와 슬롯의 크기, 그리고 읍셋 간격을 조금씩 변화시키면서 마이크로스트립 슬롯 안테나의 특성을 분석하고, 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수를 최종적으로 결정하게 된다.

1. 급전선로의 길이 변화에 따른 안테나 특성

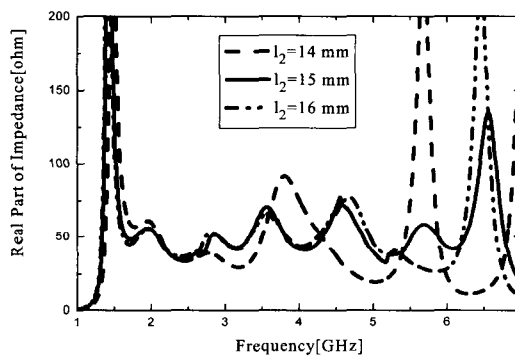
그림 2는 두 수직선로 l_1 의 길이 변화에 따른 입력 임피던스 변화를 나타낸다. 그림 2(a)에서 두 수직선로의 길이가 너무 짧은 경우에는 낮은 주파수에서의 저항값의 변화가 크고, 50Ω 근처의 저항값을 갖는 주파수의 범위가 좁게 나타난다. 수직선로의 길이가 너무 긴 경우에는 높은 주파수에서 너무 큰 저항값을 갖는다. 그림 2(b)에서는 수직선로의 길이가 너무 길거나 짧은 경우 입력 임피던스의 허수값의 변화가 주파수가 높아

질수록 크게 나타남을 확인할 수 있다. 두 수직선로의 길이가 15 mm일 때 가장 양호한 임피던스 특성이 나타났다.

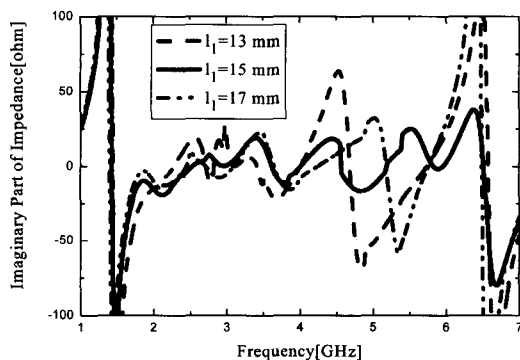
그림 3은 포크 모양 급전선로의 수평선로 l_2 의 길이 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나의 입력 임피던스 변화를 나타낸다. 수평선로의 길이는 슬롯의 길이에 대한 수직선로의 급전 위치를 결정하는 변수로, 수평선로의 길이에 따라 슬롯과 커플링 되는 정도가 변하고 여러 번의 공진을 발생시켜 대역폭을 변화시킨다. 낮은 주파수에서는 수평선로의 길이에 따른 임피던스 변화가 크지 않지만 높은 주파수에서는 입력 임피던스의 실수값과 허수값의 변화가 커진다. 수평선로의 길이가 15 mm일 때 임피던스의 변화가 가장 작게 나타났다.



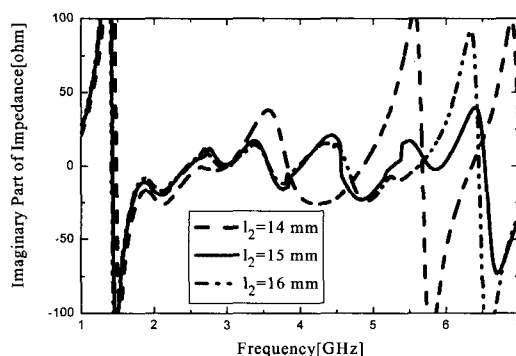
(a)



(a)



(b)



(b)

W=41 mm, L=56 mm, $l_2=15$ mm, $l_0=16.62$ mm

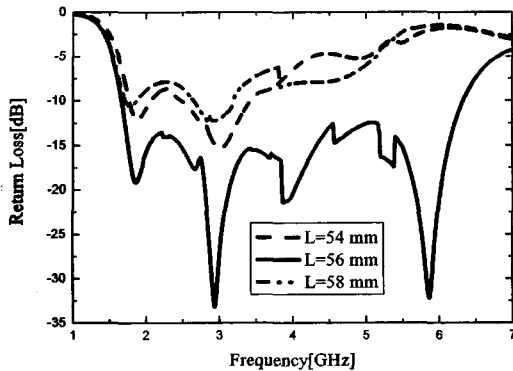
W=41 mm, L=56 mm, $l_1=15$ mm, $l_0=16.62$ mm

그림 2. 두 수직선로의 길이 변화에 따른 입력 임피던스 (a) 실수부, (b) 허수부

Fig. 2. Input impedance as a function of two vertical line length : (a) Real part, (b) Imaginary part.

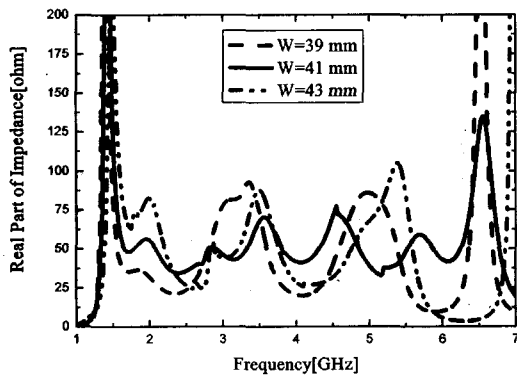
그림 3. 수평선로의 길이 변화에 따른 입력 임피던스 (a) 실수부, (b) 허수부

Fig. 3. Input impedance as a function of horizontal line length : (a) Real part, (b) Imaginary part.

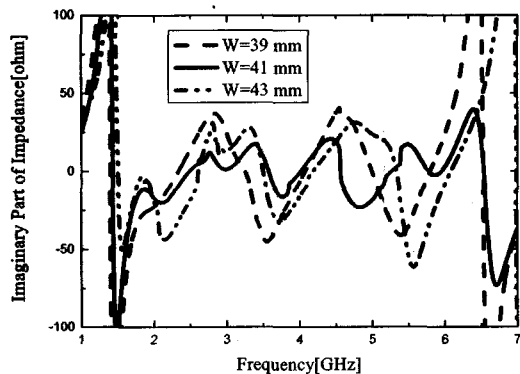


$W=41$ mm, $l_1=15$ mm, $l_2=15$ mm, $l_0=16.62$ mm

그림 4. 슬롯 길이의 변화에 따른 반사 손실 변화
Fig. 4. Return loss as a function of slot length.



(a)



(b)

$L=56$ mm, $l_1=15$ mm, $l_2=15$ mm, $l_0=16.62$ mm

그림 5. 슬롯 폭의 변화에 따른 입력 임피던스
(a) 실수부, (b) 허수부
Fig. 5. Input impedance as a function of slot width
(a) Real part, (b) Imaginary part.

2. 슬롯의 크기에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나 특성

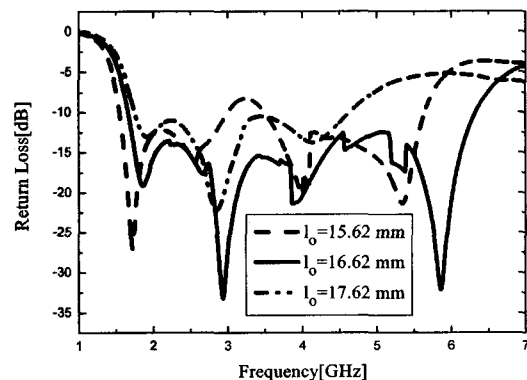
그림 4는 슬롯 길이 L 의 변화에 따른 반사 손실 값을 보여 주고 있다. 슬롯의 길이가 길어질수록 첫 번째 공진주파수는 점차 낮아지고, 반사 손실 특성이 슬롯의 길이에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 슬롯의 길이가 56 mm일 때 가장 양호한 특성이 나타났다.

그림 5는 슬롯 폭 W 의 변화에 따른 임피던스 변화를 나타낸다. 그림 5에서 슬롯의 폭이 증가할수록 입력 임피던스의 실수부와 허수부의 값이 변하는 주파수가 높아지고, 높은 주파수에서의 임피던스 변화가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 슬롯의 폭이 41 mm일 때 넓은 주파수 범위에서 입력 임피던스의 변화가 작게 나타나기 때문에 대역폭이 넓어짐을 알 수 있다.

3. 옵셋 간격에 따른 안테나 특성

그림 6은 옵셋 간격 l_0 의 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나의 반사 손실 값의 변화를 나타낸다. 그림 6에서 옵셋 간격이 너무 짧을 경우에는 슬롯에 여기 되는 전계의 세기가 커져서 입력 임피던스가 작아지게 되므로 반사 손실 값이 커졌고, 옵셋 간격이 너무 긴 경우에는 입력 임피던스가 커져서 반사 손실 값이 커지게 되었다. 옵셋 간격이 16.62 mm일 때 가장 양호한 반사 손실 특성이 나타났고, 이 때 수평선로와 슬롯의 하단과의 간격은 3 mm이다.

설계 변수 변화에 따른 마이크로스트립 슬롯 안테나의 특성을 분석하여 최종적으로 결정한 설계 변수를 표 2에 나타내었다.



$W=41$ mm, $L=56$ mm, $l_1=15$ mm, $l_2=15$ mm

그림 6. 옵셋 간격에 따른 반사 손실 변화
Fig. 6. Return loss as a function of offset position.

표 2. 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 설계 변수 (단위: mm)

Table 2. Design parameters of a broadband microstrip slot antenna(unit: mm).

슬롯		포크 모양 급전선로		
L	W	l_1	l_2	l_o
56	41	15	15	16.62

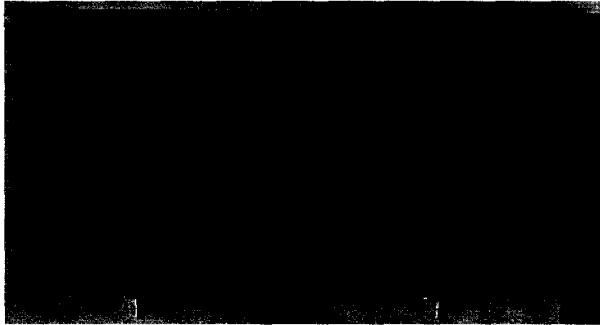


그림 7. 제작한 마이크로스트립 슬롯 안테나
Fig. 7. Fabricated microstrip slot antenna.

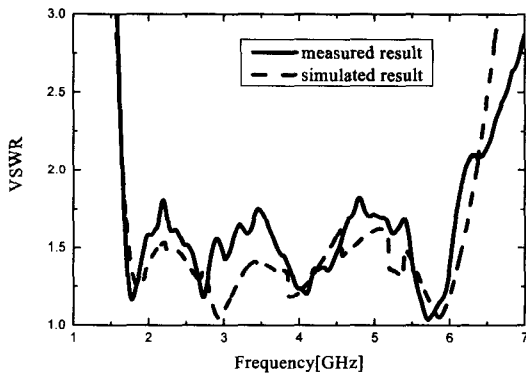


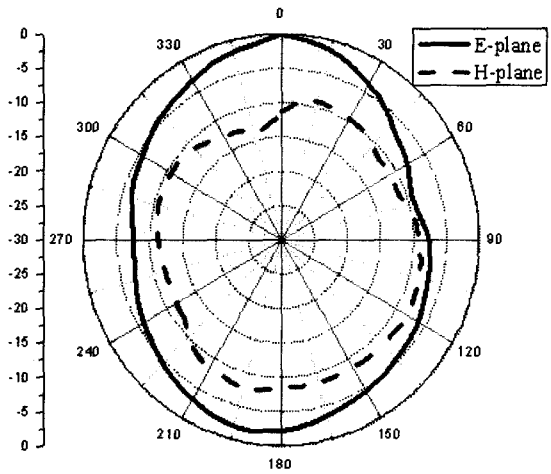
그림 8. 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 정재파비
Fig. 8. VSWR of a broadband microstrip slot antenna.

IV. 제작 및 측정 결과

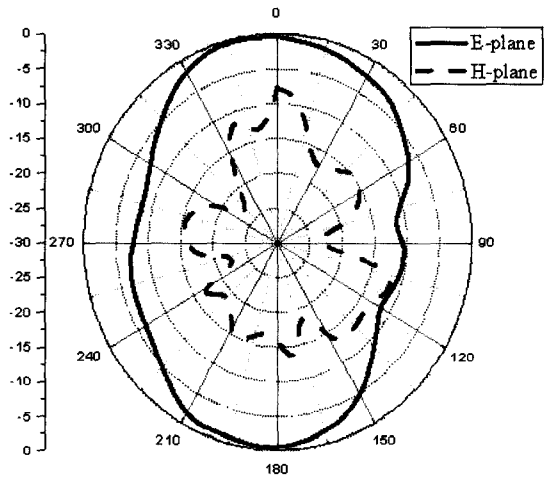
시뮬레이션에 의해 얻어진 결과에 의해 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나를 제작하였다. 그림 7은 제작한 포크 모양 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나이다.

그림 8은 제작한 안테나와 설계한 안테나의 정재파비 결과를 나타낸다. 제작된 안테나는 설계한 안테나에 비해 정재파비는 조금 높게 나타나지만, $VSWR \leq 2$ 를 기준으로 1.65 GHz에서 6.2 GHz까지 광대역 특성을 갖는다.

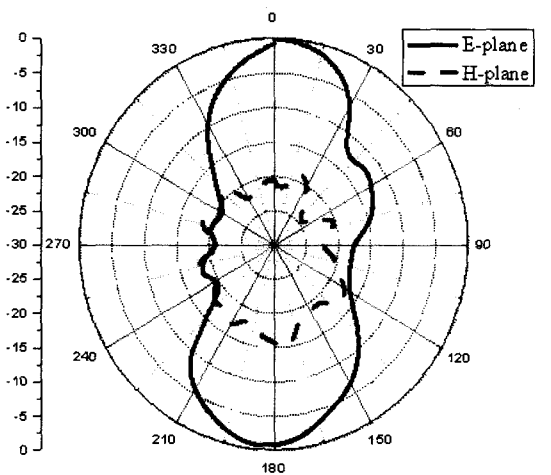
그림 9는 제작한 마이크로스트립 슬롯 안테나의 방



(a) 1.8 GHz



(b) 4.1 GHz



(c) 5.7 GHz

그림 9. 제작한 마이크로스트립 슬롯 안테나의 방사 사패턴

Fig. 9. Measured radiation patterns at (a) 1.8 GHz, (b) 4.1 GHz, (c) 5.7 GHz.

패턴을 나타낸다. 첫 번째 공진주파수인 1.8 GHz, 중간
의 공진주파수인 4.1 GHz, 그리고 마지막 공진주파수인
5.7 GHz에서의 방사 패턴을 비교하였다. 각각의 주파수
마다 모드가 다르기 때문에 다른 방사 패턴을 보이고
있다. 이 안테나에서 측정된 이득은 각각의 공진주파수
에 대해서 2 dBi, 3.2 dBi, 6.4 dBi로 나타났다.

III. 결 론

본 논문에서는 포크 모양의 급전선로를 갖는 광대역
마이크로스트립 슬롯 안테나를 설계하고 제작하였다.
포크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안
테나의 급전선로와 슬롯의 크기, 그리고 옵셋 간격에
따른 임피던스 변화를 확인하였다. 본 논문에서 설계한
마이크로스트립 슬롯 안테나는 포크 모양 급전선로의
길이에 따라 슬롯의 크기와 옵셋 간격을 조정하여 넓은
주파수 대역에서 임피던스 정합을 이룰 수 있었다. 포
크 모양의 급전선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테
나를 제작하여 측정된 결과 $VSWR \leq 2$ 에 대해서 1.65
GHz에서 6.2 GHz의 광대역 특성을 얻었다.

참 고 문 헌

- [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 band-

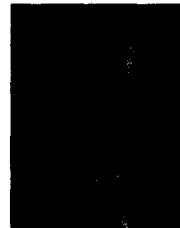
width Printed Slot Antenna", *Wiley Periodicals, Inc. Int J RF and Microwave CAE 12* : PP. 496-502, 2002.

- [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] M. Kahrizi, T. K. Sarkar, and Z. H. Maricevic, "Analysis of a wide radiating slot in the ground plane of a microstrip line," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-41, pp. 29-37, Jan., 1993.
- [6] 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.
- [7] 김권일, 서영훈, 박익모, "T-모양 급전선을 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 최적 설계방법에 관한 연구", *한국전자파학회논문지*, 제12권, 제4호, pp. 562-569, 2001년 6월
- [8] 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.

저 자 소 개



문 영 길(정회원)
2002년 제주대학교 통신공학과
(공학사).
2004년 제주대학교 대학원 전자
전기공학과(공학석사).
<주관심분야: 안테나 및 전파전파,
전자파 수치해석, 안테나 설계>



김 흥 수(정회원)
1978년 한양대학교 전자통신
공학과(공학사)
1980년 한양대학교 대학원
전자통신공학과(공학석사)
1990년 한양대학교 대학원
전자통신공학과(공학박사)
1987년~현재 제주대학교 통신컴퓨터공학부 통신
공학 전공 교수
<주관심분야: 전자파 산란, 안테나 설계 >