

변형된 폭을 갖는 마이크로스트립 급전 미앤더 슬롯 안테나

정회원 김 정 민*, 위 상 혁*, 유 태 훈**, 육 종 관*, 박 한 규*

Microstrip Feed Variable Width Meander Slot Antenna

Jung-Min Kim*, Sang-Hyuk Wi*, Tae-Hoon Yoo**, Jong-Gwan Yook*, and Han-Kyu Park*

Regular Members

요 약

본 논문에서는 단말기에 내장이 가능하고 회로의 소형화를 위한 변형된 슬롯 폭을 갖는 미앤더 슬롯 안테나 구조를 제안하였다. 소형의 안테나가 가지는 협대역 특성을 보완하기 위하여 슬롯 형태의 안테나를 미앤더 선로에 적용하였다. 안테나의 크기를 줄이기 위해서 최소의 면적에 안테나를 집적시킬 수 있는 미앤더 타입의 안테나를 사용하였고, 미앤더 슬롯의 임피던스 특성을 중심으로 최적화 하였다. 슬롯의 폭이 변함에 따라 선로의 인덕턴스와 캐패시턴스 값이 변하므로 안테나의 방사에 기여하지 않는 선로의 폭을 조절함으로써 공진주파수를 줄여 안테나의 크기를 더욱 줄일 수 있다. 제안된 안테나는 일반적인 마이크로스트립 안테나에 비해 5.5~10.4% 정도의 면적을 가진다.

ABSTRACT

In this paper, meander slot antenna having variable width is proposed for the application to personal communication devices or miniaturized circuits. To improve their narrow bandwidth characteristics of small size antennas, slot line-based geometry is adapted for meander line antennas. The meander slot line helps to decrease antenna size, and the input impedance of the slot line is calculated by the moment method based simulator. The value of inductance and capacitance on the line depends on the width of a slot. Accordingly, the size of antenna is reduced by decreasing the resonant frequency, that is, the width of slot which is unrelated to the radiation of an antenna is adjusted to maintain similar radiation characteristics. The dimension of proposed antenna is about 5.5%~10.6% of normal rectangular microstrip patch antenna.

1. 서 론

최근 정보화 사회로의 급속한 발전에 따라 이동통신과 같은 무선통신은 점차 대중화 되어가고 있는 추세이다. 기존의 음성 뿐만 아니라 인터넷 등의 데이터 전송을 위한 통신에서도 이동성이 강조되고 있고 이러한 요구를 만족시키기 위한 다양한 서비스와 프로토콜들이 개발되고 있다.

이동 통신이나 무선통신 등에서 사용되는 통신

기기들은 그 크기의 소형화가 요구되고 있으며 이를 위한 연구가 계속 되고 있다. 안테나는 기본적으로 동작하고자 하는 주파수에 대해 고정된 크기를 가지고 있기 때문에 안테나의 크기는 통신 기기 등의 크기를 제한한다. 현재 이러한 단말기에 부착된 안테나는 대부분 Whip/Helical 조합형으로 돌출부를 형성하고 있다. 이러한 돌출부는 단말기 전체 부피의 증가원인이 되고, 미관상 좋지 않으며, 파손 우려가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 최근 무

* 연세대학교 전기전자공학과 전파통신연구실 (vane007@yonsei.ac.kr) ** 동양공업전문대학 정보통신과
논문번호: 020360-0816, 접수일자: 2002년 8월 16일

※ 본 연구는 과학기술부 21세기 프론티어개발사업 "지능형마이크로시스템개발사업단"의 연구비 지원을 받아 수행한 연구결과입니다.

선통신 시장에서는 단말기에 내장 가능한 안테나를 개발하는 추세이다. 현재 상용화되고 있는 대표적인 내장형 안테나로는 역 F 형 안테나^[1]와 유전체 chip 안테나^[2]가 있다. 역 F형 안테나는 유럽에서 상용화되고 있는 대표적인 내장형 안테나로서 부피가 약간 크기 때문에 단말기 전체의 부피가 커지게 되는 단점이 있다. 반면 유전체 안테나는 일본 무라타(Murata)에서 관련 특허를 다수 소유하고 있기 때문에 국내에서 개발과 상용화가 힘든 실정이다. 본 연구에서 제시한 안테나는 chip 안테나처럼 비용 부담이 큰 고유전율 (30-40)을 갖는 유전체를 사용하지 않고 대량생산이 가능한 기판(예: 실리콘, 듀로이드) 사용하였기 때문에 저렴하고, 소형화 할 수 있는 장점이 있다.

마이크로스트립 안테나는 통신 및 레이더 시스템의 발달에 따라 소형화, 집적화가 요구되고 있다. 안테나를 소형화 하는 방법에는 고유전율의 기판을 이용하는 방법, 안테나의 모양을 변형시키는 방법, 유전체 칩을 이용하는 방법 등이 있는데, 이중 가장 효율적인 방법의 하나인 안테나의 모양을 변형시키는 방법으로 안테나 전기적 거리를 증가시켜 안테나를 소형화 할 수 있는 방법이 있다. H 모양의 안테나^[3]와 미앤더 선로모양의 안테나가 소형화 마이크로스트립 안테나로 연구되고 있다^{[4][5]}.

마이크로스트립 패치 안테나는 얇고 저렴한 장점이 있으나 낮은 주파수 대역에서는 대역폭이 현저히 줄어드는 현상이 있다. 따라서, 본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나보다 넓은 대역폭과 낮은 교차 편파 레벨을 나타내는 슬롯 안테나를 사용하였으며, 안테나의 소형화를 위해 미앤더 형태의 슬롯 안테나를 제안하였다. 마이크로 스트립 슬롯 안테나의 개념은 스트립 라인에서 슬롯이 공진을 일으키는 것에서 시작되었다. 이러한 형태의 안테나는 1954년 Oliner에 의해 스트립 전송선로에서의 직렬 슬롯의 방식을 연구하는 것에서부터 시작하였으며^[6], 1972년 Yoshimura에 의해 마이크로스트립 선로 슬롯 안테나가 제안되었다^[7]. 90년대에 들어서면서 CPW 급전선로를 사용한 슬롯 안테나의 개념이 Laheurte에 의해 제안되었다^[8].

슬롯 안테나를 사용할 경우 현재 상용화되고 있는 무선 단말기와 같이 낮은 교차 편파 레벨과 양방향 지향성 안테나의 설계가 가능한 장점이 있고, 마이크로 스트립 안테나와 같이 설계가 용이하고, 제작 단가가 저렴한 이점 때문에 아직도 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 슬롯 안테나에 소

형화 기법 중의 하나인 미앤더 형식의 슬롯 라인을 사용하여 안테나를 설계 및 제작 측정하였다. 기존의 미앤더 슬롯 안테나^{[5][9][10]}의 경우 스트립라인 급전방식을 사용하기 때문에 두개의 접지면 사이에 생기는 평행판 모드에 의해 안테나의 방사가 원활히 이루어지지 않는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 마이크로스트립 급전 방식을 사용하여 안테나의 효율을 증대 시키고 선로의 폭을 조절함으로써 안테나의 소형화를 가능하게 하는 기법을 제시하였다.

II. 안테나 설계

어떤 회로에서 굳게 진행되는 선로를 구부러서 구현하면 그 회로의 크기를 줄일 수 있으므로 미앤더 선로는 증폭기나 위상 변위기(phase shifter) 등의 초고주파 소자를 소형화 하는데 이용된다^[11]. 이 경우 미앤더 선로는 반사 손실(return loss)이 작고 위상이 굳게 진행되는 단일 선로와 같은 특성을 갖도록 설계되어야 한다. 또한 미앤더 선로는 저속파 구조나 협대역 여파기로 이용할 수 있고 범성형과 스티어링에 적합한 모놀리틱 안테나 어레이로 사용할 수도 있다^[12]. 본 논문에서는 미앤더 선로를 슬롯 선로에 적용시켜 미앤더 슬롯 선로를 이용하여 안테나를 소형화 시킬 수 있는 방법을 제시하였다. 안테나의 소형화는 대역폭의 감소를 야기함으로써 마이크로스트립 선로로 미앤더 안테나를 구현할 경우 대역폭이 현저히 줄어들게 되는 현상이 발생한다. 하지만 슬롯 안테나를 사용할 경우 마이크로스트립 안테나보다 대역폭의 증가를 가져올 수 있고, 단말기에 내장할 경우 양방향성 패턴을 가질 수 있게 된다.

그림 1은 미앤더 슬롯 선로의 전계 분포와 자계 전류 분포를 개략적으로 나타낸 것이다. 미앤더 선로는 주어진 안테나의 전기적 크기를 최소의 면적에 집적 시킬 수 있는 장점이 있다. 그림 1(a)에서 알 수 있듯이 미앤더 선로의 윗부분에서 생성되는 전계와 아래 부분의 전계는 서로 같은 방향을 가지지만, 수직방향의 선로에 걸리는 전계는 서로 다른 방향을 가지게 된다. 따라서, 이들 수직방향의 선로에서 생성되는 원거리장 필드는 서로 상쇄되게 된다. 그림 1(b)에 자계 전류 분포와 미앤더 슬롯의 방사하는 부분을 나타내었다. 일반적인 슬롯 안테나는 $1/2 \lambda_g$ 의 길이를 가지는 데에 반해, 미앤더 슬롯 안테나는 모서리 부분에서 가지는 손실과 평행한 각

선로간의 간섭 현상 때문에 대략 $1\lambda_g$ 의 길이를 가지게 된다.

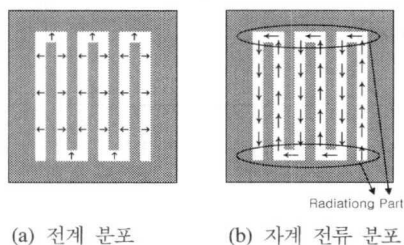


그림 1. 미앤더 슬롯 선로의 전계 분포와 자계 전류 분포

미앤더 슬롯 선로의 공진 특성을 알기 위해 그림 2와 같이 미앤더 슬롯 라인의 양 끝에 두개의 포트를 정의하여 모의 실험을 하였다. 모의 실험에 사용된 파라미터는 다음과 같다; 유전율=2.3, $a=1.0$ mm, $b=1.5$ mm, $H=13.5$ mm, $V=12$ mm. 모멘트 법 기반의 시뮬레이터를 사용해 계산해낸 임피던스 곡선을 그림 3에 나타내었다. 입력 임피던스의 실수부는 전력 소모를 의미하는데, 이것은 두 가지 원인으로 발생한다. 그 하나는 안테나를 떠난 방사전력을 의미하고, 또 다른 하나는 안테나 구조상에서 열과 관계된 저항성 손실이다. 입력 리액턴스는 안테나의 근거리장에 축적되는 전력을 나타낸다. 그림 3에서 입력 임피던스가 최대가 되고 입력 리액턴스가 0의 값을 가지는 공진주파수가 2.54 GHz 임을 알 수 있다.

본 논문에서는 이들 수직방향의 평행한 슬롯의 폭을 조절함으로써 안테나의 방사부분은 변화시키지 않고 안테나의 전기적 길이를 증가시키는 방법을 제안한다. 그림 5는 제안된 미앤더 슬롯 선로의 모습이다. 선로 폭의 변화는 등가회로 모델에서 인덕턴스 값과 커패시턴스 값의 증가를 가져와서 공진주파수의 변화를 가져오게 된다^[13]. 따라서 선로의 수평방향 성분의 폭은 변화시키지 않고 W_1 의 폭을 변화시켜가며 입력 임피던스의 변화를 살펴보았다. 그림 4는 슬롯의 폭을 $W_1=1.0$ mm, 0.5 mm, 0.1 mm로 변화시킴에 따른 임피던스 곡선이다. 슬롯의

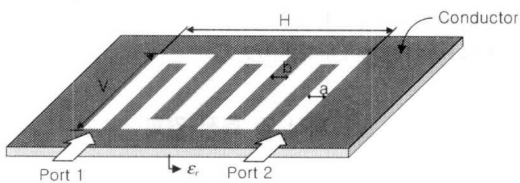


그림 2. 설계에 사용된 미앤더 선로의 모델

폭이 줄어들수록 따라 공진주파수가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

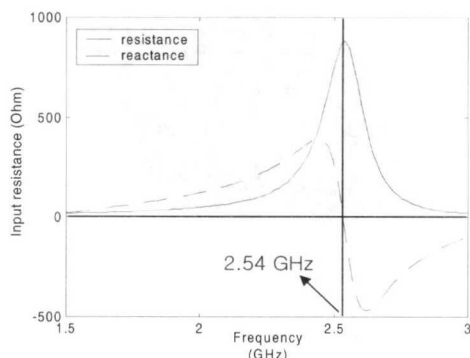


그림 3. 미앤더 선로의 입력 임피던스(일정한 선로 폭을 가질 경우)

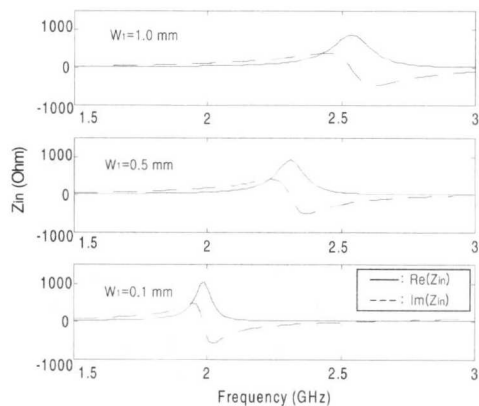


그림 4. W_1 변화에 따른 미앤더 선로의 입력 임피던스 특성

III. 모의실험 결과

본 절에서는 마이크로스트립 급전 방식에 의한 변형된 슬롯 폭을 갖는 미앤더 슬롯 안테나를 설계하였다. 그라운드면이 존재하는 슬롯 안테나의 경우 평행판 모드의 형성 때문에 안테나의 효율이 급격히 감소할 수 있다^{[9][10]}. 따라서 이러한 문제를 해결하고 안테나의 방사효율을 향상시키기 위하여 마이크로스트립 급전 방식을 이용한 슬롯 안테나를 설계하였다. 마이크로스트립 급전을 사용한 슬롯 안테나의 경우 패턴은 양방향 특성을 갖게 된다. 계산에 사용된 기판은 유전율 2.3이고 두께가 0.508 mm인 기판이다. 그림 5는 마이크로스트립 급전 방식을 사용한 슬롯 안테나의 기하학적 구조를 나타내고 있다. 급전선의 길이가 안테나의 크기를 벗

어나지 않는 범위 내에서 설계가 가능함을 알 수 있다.

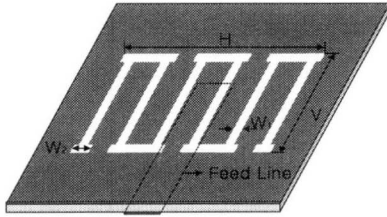


그림 5. 마이크로스트립 급전방식을 이용한 미앤더 슬롯 안테나의 구조

표 1. 스트립 급전선로를 이용한 미앤더 슬롯 안테나의 설계사양

	H (mm)	V (mm)	a (mm)	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)
Type I	13.5	12	1.0	1.0	1.0
Type II	13.5	12	1.0	0.5	1.0
Type III	13.5	12	1.0	0.1	1.0

표 1은 스트립 급전 방식을 이용한 미앤더 슬롯 안테나의 설계 파라미터이다. 수직 방향 슬롯의 폭에 따른 안테나의 공진 주파수 경향을 쉽게 알기 위하여 설계 파라미터 값의 W₁을 제외한 다른 값들은 모두 고정시키고 W₁의 값을 1.0 mm에서 0.1 mm 까지 변화시켜가며 주파수 특성을 계산 하였다. 그림 6을 보면 알 수 있듯이 안테나의 공진주파수가 슬롯 W₁의 폭을 변화시켜감에 따라 변화하는 것을 알 수 있다. W₁=1.0 mm 일 경우에는 안테나의 공진주파수가 대략 2.28 GHz에서 일어났고 -10 dB 대역폭은 대략 20 MHz 정도이다. 슬롯의 폭이 0.5 mm로 줄어들었을 경우 안테나의 공진주파수는 2.08 GHz 였으며 대역폭은 2.07 GHz에서 2.085 GHz까지 대략 15 MHz 정도의 값을 나타내었다. 슬롯의 폭을 0.1 mm까지 감소시켰을 경우 안테나의 공진 주파수는 1.80 GHz에서 일어났으며, 대역폭은 대략 8 MHz정도의 값을 나타내었다. 공진주파수가 줄어들에 따라 안테나의 크기가 감소하는 것은 알 수 있지만, 이에 반해 대역폭 역시 줄어드는 현상이 나타나는데 이는 소형 안테나가 갖는 일반적인 특성이다^[14]. 표 2에 계산 결과를 요약하였다. -10 dB 대역폭을 기준으로 저주파를, 고주파를 로 정의하였다. 설계된 안테나의 구조를 보면 미앤더 슬롯 라인의 길이가 대략 93.5 mm인 것을 알 수 있는데, 기판의 유전율이 2.3인 기판에서의 한 파장의 길이가 $1\lambda_g=98.9$ mm인 것을 보면 모서

리 부분에서의 손실과 선로간의 간섭 현상 때문에 대략 0.95 의 슬롯 길이를 가지는 것을 알 수 있다. 안테나의 방사부분의 길이는 14.75 mm로 대략 0.149 이다.

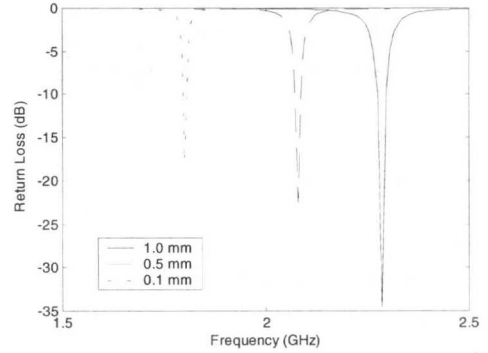


그림 6. W₁ 변화에 따른 공진주파수 계산 결과

표 2. 공진주파수 계산 결과 요약

W ₁ (mm)	대역폭 (MHz)	f _c (GHz)	S ₁₁ (dB)	f _l (GHz)	f _h (GHz)
1.0	20	2.285	-34	2.275	2.295
0.5	15	2.0808	-22	2.07	2.085
0.1	8	1.081	-18	1.797	1.805

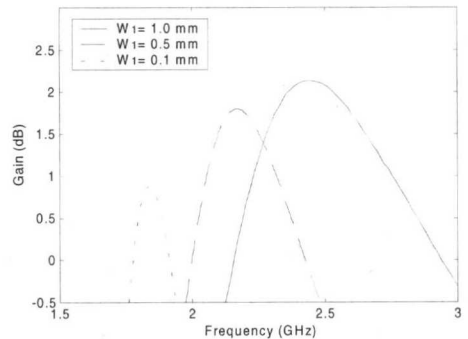


그림 7. 슬롯 폭에 따른 안테나 이득 모의실험 결과

그림 7은 슬롯 폭의 변화에 따른 안테나 이득 분포를 나타낸다. 안테나가 양방향 방사패턴을 나타내기 때문에 이득이 대략 2 dBi에서 1 dBi 사이에 분포하였고 슬롯 폭이 가늘어질수록 이득이 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

IV. 제작 및 측정 결과

본 절에서는 앞서 설계한 마이크로스트립 급전 미앤더 슬롯 안테나를 제작, 측정 하였으며, 슬롯의

폭의 변화에 따른 반사손실과 반사손실dB 인 대역폭 특성을 살펴 보았다. 그림 8(a)는 제작된 안테나의 방사면을 나타내며, 그림 8(b)는 안테나 뒷면의 급전부를 나타낸다. 앞장에서 제시한 구조의 미앤더 슬롯을 마이크로스트립 선로를 이용하여 급전 시켰으며, 안테나의 정합은 커플링의 정도를 슬롯의 길이를 상하로 조절함으로써 얻을 수 있었다. 사용된 기판은 유전율 2.3 두께 0.508 mm인 기판이며, 그라운드면의 크기는 30 mm로 고정시켰다. 방사에 기여하지 않는 슬롯의 폭을 변화시켜가며 측정을 하였다.

그림 9는 슬롯의 폭이 1.0 mm, 0.5 mm, 0.1 mm일 경우의 S_{11} 측정 결과이다. 슬롯의 폭이 1.0 mm일 경우에는 모의실험 결과에서는 공진주파수가 2.285 GHz 대역폭이 20 MHz이었던 것에 반해 제작된 안테나는 공진주파수가 2.226 GHz 대역폭이 2.198 GHz에서 2.253 GHz 까지 대략 55 MHz로 대역폭이 다소 넓어진 것을 알 수 있었다. 이는 유전체와 도체의 손실에 의해 Q값의 감소에 의한 것으로 설명할 수 있다. 슬롯의 폭이 0.5 mm일 경우에는 공진주파수가 2.05 GHz로 실험값인 2.08 GHz와 거의 일치했으며, 대역폭은 앞의 경우와 유사하게 실험값에 비해 15 MHz에서 28.75 GHz로 다소 늘어난 것을 확인할 수 있었다. 슬롯의 폭이 0.1 mm일 때 공진주파수는 실험값과 측정값이 대략 1.8 GHz로 거의 일치하였으며, 대역폭은 제작된 안테나의 경우 실험치인 8 MHz보다 넓은 21 MHz의 특성을 나타내었다. 안테나의 대역폭이 모의실험 결과 보다 늘어난 것은 유전체와 도체의 손실로 인

해 안테나의 Q값의 감소에 의한 것으로 생각되며, 공진주파수가 내려감에 따라 대역폭이 다소 줄어들게 되는 것은 전기적으로 소형 안테나가 가지게 되는 특성이다^[14]. 제시된 안테나의 구조는 그라운드면의 슬롯으로 인해 방사가 되게 되므로 양방향 패턴 특성을 가지게 된다. 방사패턴에 다수의 ripple이 존재하는 것은 유한한 접지면에 의한 효과이다.

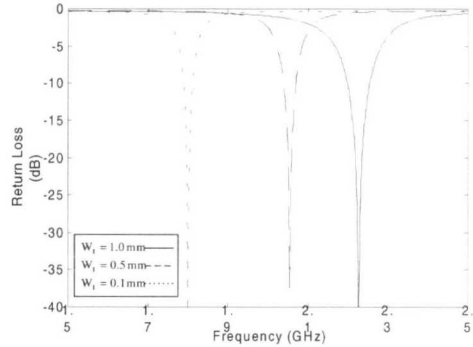
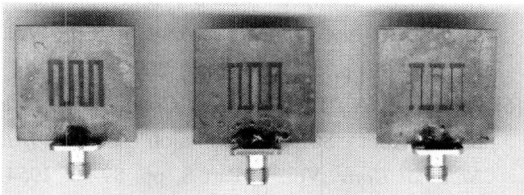
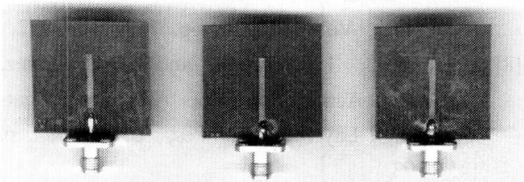


그림 9. 제안된 안테나의 공진주파수 특성 측정 결과

그림 10은 W_1 슬롯의 폭이 1.0 mm과 0.1 mm의 E 평면 방사패턴 측정 결과이다. 방사패턴의 측정은 근거리장 패턴 측정 장비를 사용하였다. 슬롯 폭이 변하더라도 방사패턴 특성은 전후방으로 방사가 일정하게 이루어지고 있음을 알 수 있다. 측정된 안테나의 이득은 슬롯의 폭 W_1 이 1.0 mm일 경우에는 2.236 GHz에서 2.726 dBi, 0.5 mm일 경우에는 2.05 GHz에서 3.337 dBi의 값을 가졌다. 폭이 0.1 mm일 경우에는 1.79 GHz에서 2.421 dBi이다. 슬롯 폭이 0.1 mm인 경우에는 이득이 다소 감소한 경향이 있지만 양방향 슬롯 안테나의 이득으로 양호한 성능을 나타냄을 볼 수 있다.



(a) 안테나의 윗면



(b) 안테나의 아랫면

그림 8. 제작된 마이크로스트립 급전 미앤더 슬롯 안테나의 모습

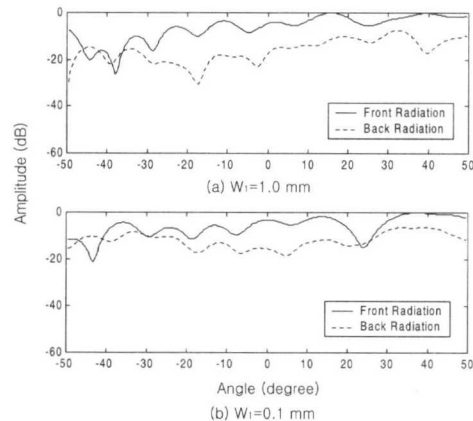


그림 10. 제작된 안테나의 방사패턴 측정결과(E평면)

표 3. 제안된 안테나의 모의실험 결과와 측정결과 비교

공진주파수 (GHz)		대역폭 (MHz)		대역폭 (%)		이득 (dBi)	
모의 실험	측정 결과	모의 실험	측정 결과	모의 실험	측정 결과	모의 실험	측정 결과
2.285	2.226	20	55	0.875	2.47	2.3	3.165
2.080	2.053	15	28.75	0.721	1.38	1.9	3.775
1.801	1.8	8	21.25	0.444	1.18	0.9	2.707

V. 결론

본 논문에서는 마이크로스트립 급전 방식을 적용한 변형된 슬롯 폭을 갖는 미앤더 슬롯 안테나를 제안하였다. 일반적인 소형 안테나가 가지는 협대역 특성을 보완하기 위하여 슬롯 형태의 안테나를 미앤더 선로에 적용하였다. 안테나의 크기를 줄이기 위해서 최소의 면적에 안테나를 집적 시킬 수 있는 미앤더 타입의 안테나를 사용하였고, 모멘트 법 기반의 시뮬레이터를 사용하여 미앤더 슬롯의 임피던스 특성을 살펴보았다. 슬롯의 폭이 변함에 따라 선로의 인덕턴스와 커패시턴스 값의 변화를 가져오므로 안테나의 방식에 기여하지 않는 선로의 폭을 조절함으로써 공진주파수를 줄여 안테나의 크기를 더욱 줄일 수 있었다.

제안된 마이크로스트립 급전 미앤더 슬롯 안테나의 크기는 13.5 mm × 12 mm로 공진주파수가 슬롯의 폭을 변화시킴에 따라 2.285 GHz에서 1.8 GHz까지 감소하는 것을 알 수 있었는데, 동일한 유전율과 두께를 갖는 기판에서 일반적인 정방형 마이크로스트립 안테나의 크기는 공진주파수 2.285 GHz에서 39 mm (39 mm 이고, 1.8 GHz에서는 54 mm (54 mm의 크기를 갖는다. 따라서 본 논문에서 제시한 선로의 폭을 변형시키는 슬롯 안테나는 일반적인 사각 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 5.5% ~ 10.6% 정도의 크기를 감음을 알 수 있다. 또한 측정된 안테나의 패턴과 이득은 양방향 패턴 특성을 나타내었으며, 전후방으로 2~3 dBi의 양호한 이득 특성을 나타내었다.

본 연구는 최근에 관심이 증가하고 있는 소형 안테나의 연구 추세에 따라 고비용의 유전체 안테나나 부피를 많이 차지하는 역 F형 안테나의 단점을 보완하고자 진행되었으며, 이를 위해 변형된 슬롯 폭을 갖는 미앤더 슬롯 안테나를 다양한 급전 방식을 이용하여 개발하였다. 제시된 안테나의 크기가 기존의 마이크로스트립 안테나보다 현저히 작은 크

기와 부피를 가지고 있고, 마이크로스트립 안테나의 단방향 패턴 특성을 슬롯 안테나의 장점인 양방향 패턴 특성으로 보완하였다. 향후 변형된 폭을 갖는 미앤더 슬롯 안테나의 모델링을 통해 설계 파라미터를 추출하고 설계식을 만듦으로써 미앤더 선로를 이용한 구조의 최적화가 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] Nakano, H.; Suzuki, R.; Yamauchi, J. "Low-profile inverted-F antenna with parasitic elements on an infinite ground plane," *Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings*, Vol. 145, No. 4, Aug. pp. 321 - 325, 1998.
- [2] St-Martin, J.T.H.; Antar, Y.M.M.; Kishk, A.A.; Ittipiboon, A.; Cuhaci, M. "Aperture-coupled dielectric resonator antenna," *Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp. 1086 - 1089. 1991
- [3] Michal J. Lancaster, Hanyang Y. Wang, and Jia-Sheng Hong, "Thin-Film HTS Planar Antennas," *IEEE Trans on Applied Superconductivity*, Vol. 8, No. 4, pp.168-177, Dec. 1998.
- [4] Hanyang Y. Wang and Michel J. Lancaster, "Aperture-Coupled Thin-Film Superconducting Meander Antennas," *IEEE Trans on Antennas and Propagation*, Vol. 47, No. 5, pp. 829-836, May 1999.
- [5] H. Y. Wang, J. Simkin, C. Emsom, and M. J. Lancaster, "Compact Meander Slot Antennas," *Microwave and Optical Technology Lett*, Vol. 24, No. 6, pp. 377-380, Mar. 2000.
- [6] Oliner, A. A., "The Radiation Conductance of a Series Slot Strip Transmission Line," *IRE National Conv.* Vol. 2. Part 8, pp. 89-90, 1954.
- [7] Yoshimura, Y., "A Microstrip Line Slot Antenna," *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, Vol. MTT-20, pp. 760-762, 1972.
- [8] Laheurte, J., L.P. Katehi, and G.M. Rebiez, "CPW-Fed Active Twin-Slots Antennas Radiating Trough Layered Substrates," *URSI Conf.*, p. 14, 1993.
- [9] Jung-Min Kim, Kun-Wook Kim, Jong-Gwan Yook, Han-Kyu Park, "Compact stripline-fed meander slot antenna," *Electronics Letters*, Vol.

37, No. 16, pp. 995 - 996, Aug. 2001.

[10] Jung-Min Kim, Jong-Gwan Yook, Woo-Young Song, Young-Joong Yoon, Jae-Yeong Park, Han-Kyu Park, "Compact meander-type slot antennas," *Antennas and Propagation Society, 2001 IEEE International Sym*, Vol. 2, pp. 724 - 727, 2001.

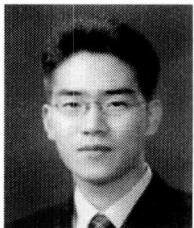
[11] 이진홍, 전공창, 박위상, "선로간 상호결합과 벤드의 등가회로를 이용한 마이크로스트립 미앤더 선로의 해석," *전자파기술학회지*, 제5권 1호, pp. 13-21, 1994년 3월.

[12] P.H. Hall and S. J. Vetterlein, "Microstrip Patch Array with Multiple Beams", *Proc, 19th European Microwave Conf.*, pp. 343-348, Sept. 1989.

[13] Brian C. Wadell, *Transmission Line Design Handbook*, Artech House, pp. 319-322, 1991.

[14] H. A. Weeler, "Small Antenna," *IEEE Trns. Antenna and Propagation*, Vol. 23, pp. 462-489, July 1975

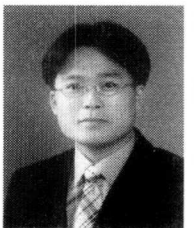
김 정 민(Jung-Min Kim) 준회원



2000년 2월 : 연세대학교
전기전자공학과(공학사)
2002년 2월 : 연세대학교
전기전자공학과(공학석사)
2002년 2월 ~ 현재 : 연세대학교
전기전자 공학과 박사과정

<주관심 분야> 안테나 및 초고주파 회로 설계, 초고주파 소자

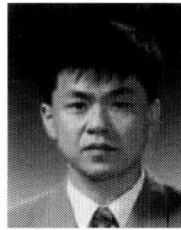
위 상 혁(Sang-Hyuk Wi) 준회원



2001년 2월 : 여수대학교
전자통신공학과(공학사)
2001년 8월 ~ 현재 : 연세대학교
전기전자공학과 석사과정
<주관심 분야> 안테나 및 초고주파 회로설계

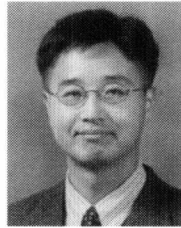
유 태 훈(Tea-Hoon Yoo) 정회원

1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
1987년~1993년 : 삼성전자 정보통신 연구소



1993년~현재 : 동양공업전문대학
정보통신과 부교수
2000년 : 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
<주관심 분야> 안테나설계 및 해석, 전자파해석, 초고주파 회로 설계

육 중 관(Jong-Gwan Yook) 정회원



1987년 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1989년 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1998년 : University of Michigan
전기전자공학과(공학박사)

1997년 1월~1998년 10월 : University of Michigan
Research Fellow

1998년 11월~1999년 2월 : Qualcomm Inc. Senior
Engineer

1999년 3월~2000년 2월 : 광주과학기술원 조교수
2000년 3월~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 조교수
<주관심 분야> 마이크로파 구조 해석 및 설계, RF MEMS, 박막공진 구조

박 한 규(Han-Kyu Park) 정회원



1964년 2월 : 연세대학교
전기공학과 (공학사)
1968년 2월 : 연세대학교
전기공학과 (공학석사)
1975년 : 불란서 파리 6대 대학
(공학박사)

1976년~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 교수

1979년~1980년 : 스탠포드대학교 교환교수

1989년~1994년 : 대통령 21세기 위원회 위원

1995년~1997년 : 정보통신부 전파위원회 위원장

1997년~현재 : 한국과학재단 이사

<주관심 분야> 마이크로파 소자, 스마트 안테나, 전파 전파, SAR