

---

# 프린트형 안테나의 접지면 크기에 따른 안테나 특성 변화에 관한 연구

송 면 규\*, 양 규 식\*\*

## A Study on the Antenna Characteristic Variation according to Ground Plane Size of Print Type Antenna

Myun-Kyu Song\*, Gyu-Sik Yang\*\*

### 요 약

본 논문에서는 접지면의 크기가 안테나의 성능에 미치는 영향을 분석하기 위하여 기존의 프린트형 안테나의 특성 개선 요구에 부응한 안테나를 설계·제작하여 프린트형 안테나의 접지면의 크기에 따른 특성을 측정, 분석하여 최적의 접지면 크기를 산출하였다.

폴디드 안테나의 특성에 미치는 접지면 효과를 알아 보기 위해 동박판을 잘라 기존의 폴디드 슬롯 안테나의 접지면을 확장시켰을 때 임피던스 및 방사 특성의 변화를 조사한 결과 임피던스 특성에는 별로 영향을 주지 않았으나, 방사 특성에는 많은 영향을 미치고 있음을 확인 할 수 있었다.

접지면의 크기를 고려한 엄격한 설계를 위해서는 복잡한 과정을 거쳐야 하지만, 접지면의 효과를 무시할 수 있는 적당한 크기를 산정하여 제작한다면 좀더 간단하게 안테나를 제작할 수 있을것이다.

### Abstract

In this dissertation, in order to analyze the ground plane size which will affect the antenna characteristic, the appropriate antenna was designed and produced in compliance with the needs that the existing antenna should be improved, and then the optimum ground plane size was calculated.

---

\* 한국해양대학교 전자통신공학과 박사과정 전파·통신공학 전공

\*\* 한국해양대학교 전자통신공학과 교수

접수일자 : 1999년 12월 31일

It was proved it affected the radiation characteristic greatly but didn't affect the impedance characteristic nearly when ground plane size of the existing folded slot antenna was enlarged with using the copper e cut in some size.

Though it require the complicate procedure by the strict design in order to calculate exactly, if it is made of the antenna of the appropriate size that the effect of ground plane can be taken no account, it can be made easily.

I. 서 론

프린트형 안테나는 종래의 입체형 마이크로파 안테나와 비교하여 가볍고 크기가 작으며 제작이 간편할 뿐만 아니라 부착면의 형상에 따라 운동성 있게 안테나를 설치할 수 있는 등 여러 가지의 장점을 갖고 있다<sup>[2],[7]</sup>.

프린트형 안테나의 설계에 있어서 일반적으로는 무한한 넓이의 접지면을 갖는 안테나로 가정하기 때문에 접지면의 크기가 한정된 실제의 안테나에서는 예상하지 못한 특성의 열화를 초래할 가능성이 있으므로 이를 체계적으로 조사하여 이론과 실제의 조화를 이룰 수 있는 연구가 필요하다.

일반적으로 실린더형 폴디드 다이폴 안테나는 기본 다이폴 안테나 보다 여러 가지 면에서 특성이 양호함은 이미 잘 알려진 사실이지만, 이를 평면형으로 구현하는데는 코프레나 스트립 선로를 사용하여야하는데 이는 급전선로와 모드 매칭에 문제점이 있어, 이를 코프레나 도파관에 의해 급전되는 폴디드 슬롯 형태로 구현하여 그 특성이 기존 패치나 다이폴 보다 훨씬 특성이 개선됨을 입증하였다.

특히 접지면의 크기가 안테나의 성능에 미치는 영향을 분석하기 위하여 코프레나 도파관 급전 폴디드 슬롯 안테나에 대하여 기판의 파라미터를 다르게 선정하고, 접지면의 크기를 달리하여 안테나를 설계하고 제작한 뒤 특성을 측정하고 분석하여 접지면의 크기에 영향을 받지 않을 수 있는 적당한 접지면의 크기를 산출하였다.

II. 프린트형 폴디드 슬롯 안테나의 설계와 제작

본 논문에서는 코프레나 도파관 선로의 장점을 활용하고, 폴디드형 안테나의 장점을 활용하기 위

하여 코프레나 도파관에 의해 급전되는 폴디드 슬롯 안테나를 대상으로 하였다<sup>[10]</sup>.

폴디드 슬롯 안테나를 설계하기 위한 안테나의 제원은 그림 1과 같으며, 제작의 편의를 위해 슬롯의 폭을 0.4 mm, 슬롯 간의 간격을 0.8 mm로 고정하는 것으로 하고, 설계 중심 주파수는 10 GHz로 하여 2 종류의 안테나를 설계하였다.

제기된 안테나의 제원과 사용할 유전체 기판 ( $\epsilon_r = 2.1$ , 기판 두께  $h = 1.575$  mm,  $\tan\delta = 0.001$ )을 기준으로 #1 안테나를 설계하였다.

위의 기판 파라미터와 안테나 제원을 기준으로 계산<sup>[10]</sup>된 코프레나 스트립 선로의 유효 비유전율  $\epsilon_{r,eff}$  는 1.5064, 특성임피던스  $Z_0$ 는 240.2  $\Omega$  이었다.

안테나의 공진 길이  $l$ 은 다음과 같은 실험식에 의해 구할 수 있다<sup>[7]</sup>.

$$l = 0.48\lambda_g - a_e \dots\dots\dots(1)$$

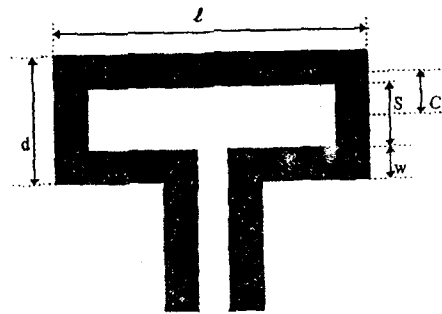


그림 1. 폴디드 다이폴 안테나의 제원  
Fig 1. Specification of folded dipole antenna

여기서,  $a_e$ 는 등가 반경으로 다음과 같은 식으로 구해진다.

$$a_e = \left[ \left( \frac{w}{4} \right) \times \left( c + [c^2 - \left( \frac{w}{4} \right)^2]^{-1/2} \right) \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

따라서 실험식에 의해 구해진 공진 길이는 11.04 mm로 계산되었으며, 이를 기준으로 구해진 폴디드 다이폴 안테나의 임피던스  $Z_{fd}$ 는  $49.42 + j 0.077^{[10]}$  이고, 이로부터 유도된 폴디드 슬롯 안테나의 입력 임피던스  $Z_{in}$ 는  $119.32 - j 4.70$  이었다. 급전선로 부분은 코프레나 도파관의 구조를 택하여, 안테나의 급전점에서의 입력 임피던스 119  $\Omega$ 를 만족하고, 신호원에서의 임피던스 50  $\Omega$ 을 만족하도록 하였다. 이를 위해서 안테나와 신호원 사이에 77.1  $\Omega$  선로로 이루어진  $\lambda/4$  변환기 부분을 두도록 설계하였다.

또한 비유전율  $\epsilon_r = 10.8$ , 유전체 두께 0.254 mm 인 기판을 이용한 #2 안테나를 같은 방법으로 설계하기 위하여 계산된 데이터는 다음과 같다.

안테나의 공진 길이 l은 7.78 mm, 입력 임피던스는  $99.52 - j 6.65$  이었다. 따라서 50  $\Omega$  급전선로와 임피던스 매칭을 위한 70.5  $\Omega$  선로로 이루어진  $\lambda/4$  변환기 부분을 두도록 설계하였다. 코프레나 도파관 선로의 설계식은 참고문헌<sup>[8]</sup>의 식을 이용하였으며, 코프레나 도파관의 급전부를 포함하여 설계된 전체의 안테나 도면은 그림2, 그림3과 같다.

제작의 정확성을 기하기 위하여 설계된 제원에 따라 10배 확대된 상태에서 도면을 그리고, 이를 다시 1/10 으로 축소 촬영하여 음화를 만든 뒤 준비된 마이크로파용 유전체 기판에 포토 에칭 기법을 사용하여 안테나를 제작하였다.

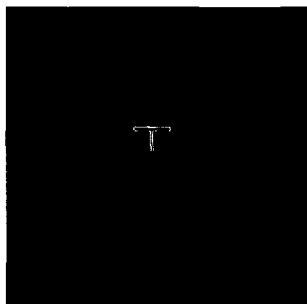


그림 2. 설계된 #1 안테나 도면  
Fig 2. Plan of designed #1 antenna

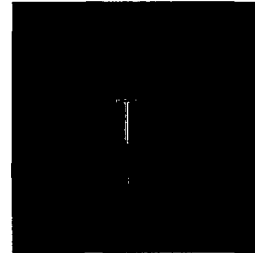


그림 3. 설계된 #2 안테나 도면  
Fig 3. Plan of designed #2 antenna

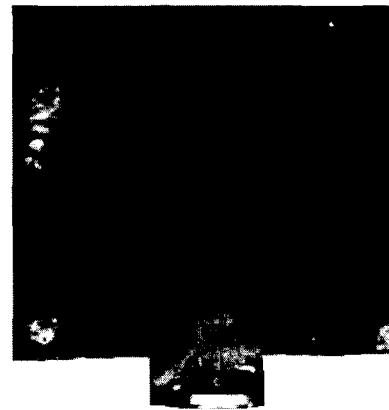


사진 1. #1 안테나(Ant only)  
Photo 1. #1 Ant(Ant only)

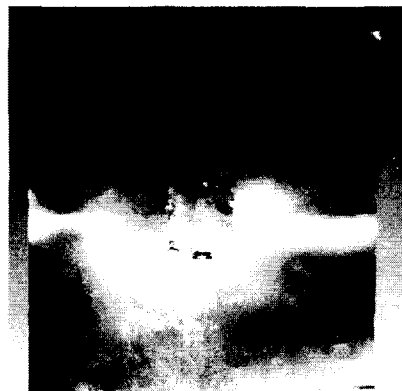


사진 2. #1 안테나(접지면 크기 24.5x24.5 cm)  
Photo 2. #1 Ant(Ground plane size 24.5x24.5 cm)

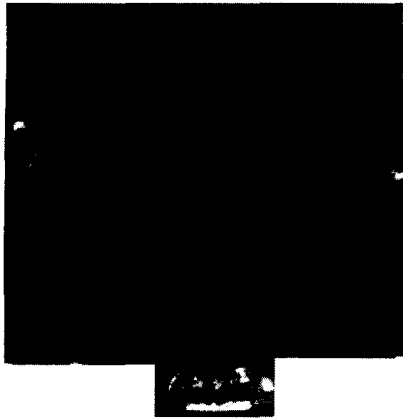


사진 3. #2 안테나(Ant only)  
Photo 3. #2 Ant(Ant only)

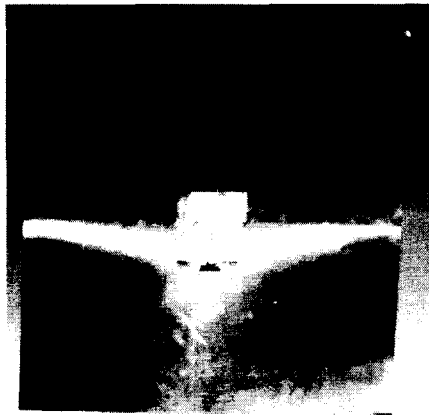


사진 4. #2 안테나(접지면 크기 24.5x24.5 cm)  
Photo 4. #2 Ant(Ground plane size 24.5x24.5 cm)

### III. 프린트형 풀디드 슬롯 안테나의 특성 측정

#### 3-1. 임피던스 특성 측정

제작된 2개의 풀디드 슬롯 안테나의 임피던스 특성을 알아보기 위하여 벡터 회로망 분석기로 반사손실을 측정하였다.

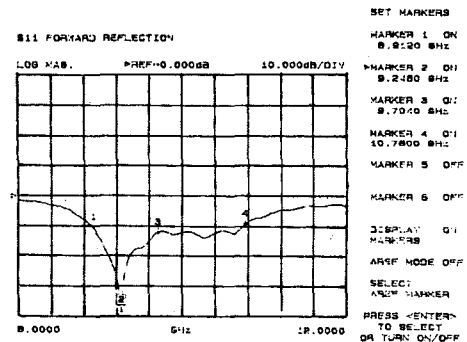
측정된 #1 안테나의 임피던스 특성을 살펴보면 설계 중심 주파수는 10 GHz 였으나 9.3 GHz에서 가장 좋은 공진 특성을 나타냈으며, 설계 주파수를 중심 하여 상하로 상당히 넓은 범위(약 20%)에 걸쳐 사용 가능함을 알 수 있었다. 이와 같은 주파수

특성은 기존의 패치형 안테나나 다이폴형 안테나의 수% 정도에 비하면 훨씬 개선된 것을 알 수 있다.

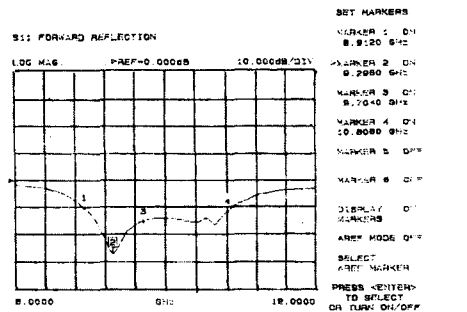
#2 안테나의 임피던스 특성은 10.9 GHz에서 공진을 하고 있으며, 주파수 대역폭은 약 8% 정도였다. 접지면의 크기에 따른 임피던스 특성 변화를 알아보기 위하여 기준 안테나(접지면 8x8 cm)에 동박으로 접지면을 확대하여 24.5x24.5 cm 일 때 각각의 임피던스 특성을 측정하였다.

#### 3-2. 방사 특성 측정

제작된 #1, #2 안테나의 방사특성은 전파무향실에서 각각 E면과 H면의 특성을 측정하였으며, 접지면의 넓이가 넓어질수록 방사 패턴의 리플 현상이 현저히 개선되고 있는 현상은 이론적으로 얻어진 방사패턴에서와 같이 접지면이 무한대가 되면



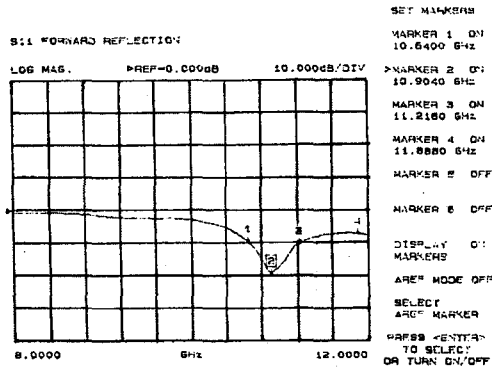
(a) 8x8 cm<sup>2</sup> 접지면



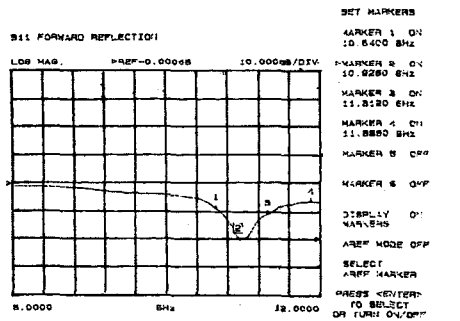
(b) 24.5x24.5 cm<sup>2</sup> 접지면

그림 4. #1 안테나의 반사손실  
Fig 4. Return loss of #1 antenna

리플 현상이 없어져 매끈한 방사특성을 얻을 수 있을 것임을 알 수 있었다. 전후 방사패턴의 특성이 완전히 일치하지 않음은 소스 컨덕터와 안테나 측정 지그의 영향으로 생각된다.

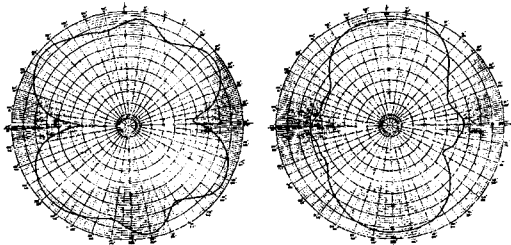


(a) 8x8 cm<sup>2</sup> 접지면

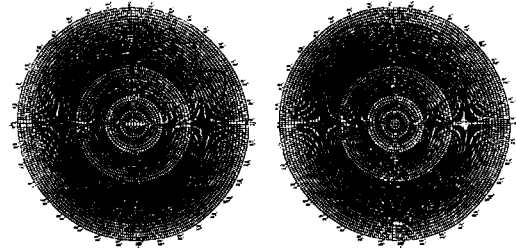


(b) 24x24 cm<sup>2</sup> 접지면

그림 5. #2 안테나의 반사손실  
Fig 5. Return loss of #2 antenna

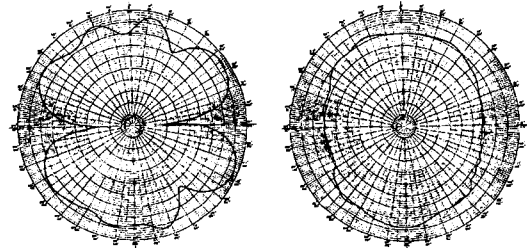


(a) E-plane 패턴 (b) H-plane 패턴  
그림 6. #1 안테나의 방사 특성 (8x8 cm<sup>2</sup> 접지면)  
Fig 6. Radiation characteristic of #1 antenna (Ant only)

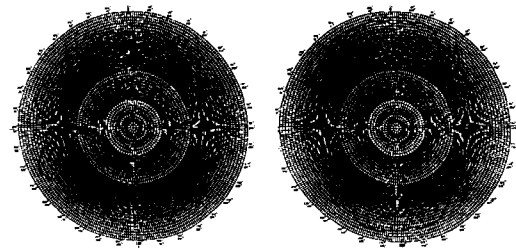


(a) E-plane 패턴 (b) H-plane 패턴  
그림 7. #1 안테나의 방사 특성 (24.5x24.5 cm<sup>2</sup> 접지면)

Fig 7. Radiation characteristic of #1 antenna (Ground plane size 24.5x24.5 cm<sup>2</sup>)



(a) E-plane 패턴 (b) H-plane 패턴  
그림 8. #2 안테나의 방사 특성 (8x8 cm<sup>2</sup> 접지면)  
Fig 8. Radiation characteristic of #2 antenna (Ant only)



(a) E-plane 패턴 (b) H-plane 패턴  
그림 9. #2 안테나의 방사 특성 (24.5x24.5 cm<sup>2</sup> 접지면)  
Fig 9. Radiation characteristic of #2 antenna (Ground plane size 24.5x24.5 cm<sup>2</sup>)

IV. 결론

폴디드 슬롯 안테나의 급전에는 마이크로스트립 선로 보다는 여러 가지 장점을 갖는 코프레나 도파관 선로를 이용할 수 있어 코프레나 도파관 급전 폴디드 슬롯 안테나를 구현하였으며, 특성을 측정해 본 결과 일반 패치나 다이폴 보다는 임피던스 특성이 훨씬 개선됨을 확인하였다.

이러한 폴디드 안테나의 특성에 미치는 접지면 효과를 알아보기 위해 동박판을 잘라 기존의 폴디드 슬롯 안테나의 접지면을 확장시켰을 때 임피던스 및 방사 특성의 변화를 조사한 결과 임피던스 특성에는 별로 영향을 주지 않았으나, 방사 특성에는 상당한 영향을 미치고 있음을 확인하였다.

일반적으로 프린트형 안테나를 설계할 때 접지면을 무한대로 가정하고 설계를 하지만, 위에서와 같은 실험을 통해 일정한 크기 이하의 접지면을 갖는 안테나는 그 특성이 현저하게 차이가 남을 확인할 수 있어, 특성 변화를 무시할 수 있는 크기를 알 수 있다면 향후 프린트형 안테나의 사용에 유익하게 활용될 수 있으리라 기대된다.

물론 접지면의 크기를 고려한 엄격한 설계를 위해서는 복잡한 과정을 거쳐야 하지만, 접지면의 효과를 무시할 수 있는 적당한 크기를 산정하여 제작한다면 복잡한 설계 절차를 거치지 않고도 간단히 설계, 제작할 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. I. J. Bahl, P. Bhartia, *Microstrip antennas*, Artech House, 1980
2. Fred Gardiol, *Microstrip circuits*, John Wiley & Sons, Inc., 1994
3. H. Howe Jr., "Microwave integrated circuits-an historical perspective", *IEEE trans. on microwave theory and technique*, vol.MTT-32, pp.991-996, 1984
4. K. R. Carver, J. W. Mink, "Microstrip antenna technology", *IEEE Trans. Antennas and propagation*, Vol.AP-29, pp.2-24, 1981
5. S. Nishimura, M. Haneishi, "Print antennas",

*Trans. of JIECE* Vol.69, No.3, pp.218-225, Mar. 1986

6. J. R. James, "Printed antennas", *Proc. SBMO Int. Microwave symp.*, Vol.1, pp.597-606, Jul. 1987
7. R. E. Munson, "Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays", *IEEE Trans. Antennas and propagation*, Vol.AP-22, pp.74-78, 1974
8. R. K. Hoffmann, *Handbook of Microwave integrated circuits*, Artech House Norwood, MA. U.S.A., pp.193-366, 1987
9. J. Huang, "The finite ground plane effect on the microstrip antenna radiation patterns", *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. AP-31, pp. 649-653, Jul. 1983
10. 송면규, 한중호, 이종녕, 양규식 "인쇄회로형 폴디드 슬롯 안테나 설계·제작" 한국해양정보통신학회 논문지, Vol.3, No.2, pp.267-271, Jun. 1999



송면규(Myun-Kyu Song)  
1978년 2월 목포해양대학교 통신공학과  
1991년 2월 서울산업대학교 전자공학과(공학사)  
1993년 8월 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)

1997년 3월~현재 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학박사 과정)

\*주관심분야 : 무선통신망, 안테나, 통신정책



양규식(Gyu-Sik Yang)  
1953년 11월생  
1974년 2월 한국항공대학교 통신공학과 졸업  
1984년 2월 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

1991년 8월 동 대학원 전자공학과 졸업(박사)  
1986년~현재 한국해양대학교 전자통신공학과 교수