

# 원형편파를 갖는 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나

°이 태훈\*, 김 명석\*, 김 재학\*, 김 영두\*, 김 호용\*, 이 홍민\*\*  
경기대학교 전자공학과

경기도 수원시 팔달구 이의동 산 94-6번지 (우) 442-760  
전화 : (031) 246-8746 / 팩스 : (031) 249-9796  
E-mail : lghost@dreamwiz.com

## Printed Annular Ring Slot Antenna for Circular Polarization

°Tae-Hun Lee\*, Myung-Suck Kim\*, Jae-Hak Kim\*, Young-Do Kim\*, Ho-Yong Kim\*,  
Hong-Min Lee\*\*

Department of Electronic Engineering, Kyonggi University  
San 94-6, Yiui-Dong, Paldal-Gu, Suwon-Si, Kyonggi-do, Korea  
E-mail : lghost@dreamwiz.com

### 요 약

본 논문에서는 기존의 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나에 십자슬롯과 truncated를 통하여 원형편파를 구현할 수 있는 새로운 안테나 구조를 제안하였다. 급전구조는 입력단 설계가 간단하고 정합이 쉬운 전자파 결합방식을 사용하였고, Ansoft HFSS V8.0으로 최적화한 후 제작 및 측정 하였다. 제안된 안테나는 GPS(1.55MHz)대역에서 원형편파(RHCP, LHCP)특성을 만족하고, 각각의 안테나 구조에서 7.74%의 임피던스 대역폭(VSWR≤2)을 갖고 안테나의 방사소자를 소형화 하였다. 이는 기존의 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나의 임피던스 대역폭 및 편파특성을 획기적으로 개선한 것이다.

### I. 서 론

최근 무선통신 분야는 위성을 이용한 서비스를 위하여 국내외적으로 많은 연구가 진행 중에 있다. 이런 서비스를 위한 위성통신 시스템은 편파의 음영지역을 해소, 위치 추적 및 확인시스템, 주문형 비디오(VOD)등과 같이 다양한 무선통신 서비스로 확대되고 있다. 편파 측면에서 위성을 통한 통신 시스템에서는 기존의 육상 이동통신(Cellular, PCS)에서 사용하는 편파방식과 달리 원형편파(Circular Polarization) 특성을 갖는 안테나가 필요하다. 원형편파 안테나는 진리층을 통한 편파면의 회전이나, 위성과 극성변환이 우려되는 통신 환경(구름, 비, 안개, 등)에서 우수한 전송 특성을 가지고 있고, 신호의 다중경로에 대한 지연시간 특성이 우수하므로 향후 IMT-2000용 중계기, LMDS(Local Multi-point Distribution Service), 실내 무선랜 등 많은 응용분야에 적용할 수 있을 것으로 전망된다.<sup>[1]</sup>

이런 원형편파를 발생시키기 위해 가장 많이 사용되는 구조로는 단일 급전(Single-feed) 방식과 이중 급전(Dual-feed) 방식이 있는데, 단일 급전 방식에는 스트립라인 급전(Strip Line Feeding) 방법과 프로브 급전(Probe Feeding) 방법이 있다. 이러한 방법은 AR(Axial Ratio) 대역폭이 좁은 반면에 구조가 간단하고 RF 신호의 손실이 작은 장점이 있다. 또한 이중 급전 방식은 프로브로 다중급전하는 방법과 급전회로(Feed network)를 사용하는 방법이 있다. 이 방법은 구조가 복잡한 반면에 AR 대역폭이 넓은 장점이 있다.<sup>[2]</sup> 또한 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성을 개선하기 위해, 비유전율( $\epsilon_r$ )이 작고 두께가 두꺼운 기판을 사용하거나<sup>[3]</sup> 기생 결합된 소자를 이용해 대역폭을 개선하는 방법<sup>[4]</sup> 등 많은 방법들이 제안되었으나 상대적 크기의 증가와 제조공정의 어려움으로 인해 최근에는 안테나의 구조 자체를 변화시켜 대역폭을 넓히는 방법들이 제안되고 있다. 그 중 단일 방사소자로

비교적 넓은 광대역 특성을 갖는 슬롯(Slot) 안테나 구조는 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성을 개선하고, 상대적으로 소형화할 수 있는 장점으로 인해 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>[2]</sup>

본 논문에서는 단일 방사 소자인 원형 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성을 개선하고, 크기를 줄이며, 원형편파를 구현할 수 있는 원형 링 구조에 관하여 연구하였다. 제안된 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나는 동심 중앙에서 마이크로스트립 급전부와 좌우 45°각으로 길이가 서로 다른 십자슬롯을 두어 소형화 및 광대역 특성을 얻을 수 있었으며 패치의 대각선 방향으로 모서리를 truncated 하여 축비 특성을 개선하였다. 제안된 안테나 구조는 십자슬롯을 갖는 원형 마이크로스트립 안테나<sup>[5]</sup>보다 임피던스 대역폭이 4.3% 증가하였고, 방사소자의 크기 또한 78% 줄었다.

## II. 본 론

### 1. 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나

원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나의 일반적인 구조는 원형 패치 중앙에 동심으로 된 원형 슬롯을 내어 동일 레이어(layer)에 접지면과 방사소자가 슬롯에 의해서 분리된 구조이다. 급전방식은 입력단 설계가 쉬운 전자파 결합(Proximity Coupling) 급전방식을 사용하였고, 전체 구조는 그림 1에 나타내었다.

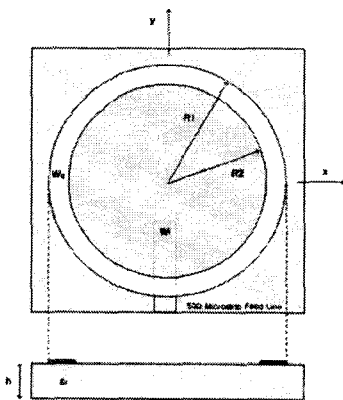


그림 1. 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나

원형 패치 안테나와는 달리 링 슬롯 안테나는 최저차 모드  $TM_{11}$  mode 공진주파수로 동작하는데 있어 지름의 1/2길이를 반파장을 얻을 수 있기 때문에, 지름이 반 파장이 되어야 하는 원형 마이

로스트립 안테나보다 더 작은 크기의 안테나로 설계할 수 있는 반면에 대역폭이 다소 좁고 원형편파를 발생시키기 위해서는 부파적인 회로를 설계하거나 안테나의 변형이 있어야만 하는 단점이 있다.<sup>[6]</sup> 그림 1의 안테나를 설계하는데 있어 방사소자의 반경 R2와 슬롯의 크기가 되는 R1을 결정해야한다. R1(outer radius)의 실효반경은 식 (1)에 의해서 결정되어 질수 있다.<sup>[7]</sup> 유전체의 높이는 파장에 비해 매우 작다고 가정하고 fringing field에 의한 확장 길이  $\Delta C_2$ 는

$$\Delta C_2 = \ln \left( \frac{R_2}{2 \cdot h} \right) + 1.41 \cdot \epsilon_r + 1.7726 + \frac{h}{R_2} \cdot (0.286 \cdot \epsilon_r + 1.65) \quad (1)$$

실효 외부반지름은 식 (2)에 의해 결정되고,

$$R_{1eff} = R_2 \cdot \sqrt{1 - \frac{2 \cdot h}{\pi \cdot a \cdot \epsilon_r} \cdot \Delta C_1} \quad (2)$$

R2(inner radius)의 실효 내부반지름도 식 (3), (4)에 의해 결정된다.

$$\Delta C_1 = \ln \left( \frac{R_1}{2 \cdot h} \right) + 1.41 \cdot \epsilon_r + 1.7726 + \frac{h}{R_1} \cdot (0.286 \cdot \epsilon_r + 1.65) \quad (3)$$

$$R_{2eff} = R_1 \cdot \sqrt{1 - \frac{2 \cdot h}{\pi \cdot a \cdot \epsilon_r} \cdot \Delta C_2} \quad (4)$$

R1과 R2의 간격 Ws가 커질수록 대역폭이 증가하지만 슬롯의 크기가 커지면 패치 사이즈가 적어지므로 상대적으로 공진주파수는 높아지는 경향을 나타낸다.

### 2. 원형편파를 갖는 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조

기존의 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나는 상대적으로 협대역이며 기본구조로는 원형편파를 갖기 힘들다. 따라서 최근에는 meandered-slot를 사용하여 패치에 인가되는 전류의 길이를 서로 다르게 하여 원형편파를 발생하는 방법<sup>[8]</sup>과 패치 중앙으로부터 길이가 같은 십자슬롯을 위치시키고 45° 각도에 동축 프로브로 급전하여 원형편파를 얻는 방법<sup>[9]</sup>이 제안되었다.

본 논문에서는 중앙으로부터 45° 각에 길이가 서로

로 다른 십자 슬롯을 두어 방사소자의 크기를 소형화하고, 원형편파를 구현할 수 있는 안테나 구조를 제안하였으며 패치를 truncated하여 양호한 축비 특성을 얻을 수 있었다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 안테나의 구조도를 나타내었다.

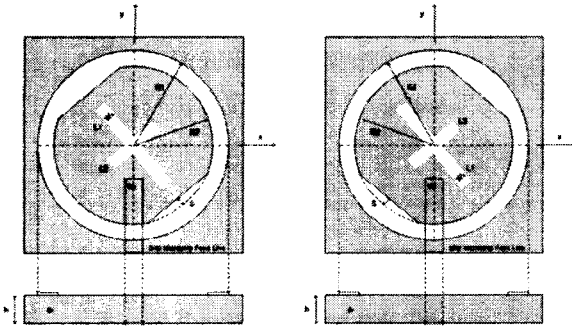


그림 2. 원형편파를 갖는 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나 (a) LHCP (b) RHCP

그림 3은 중앙에서 50Ω 마이크로스트립 급전 라인의 offset 길이에 따른 공진주파수와 대역폭의 변화를 나타내었다. 공진주파수는 1.5GHz에서 공진하고 원하는 대역폭을 얻기 위해서 offset 길이를 10mm로 결정하였다.

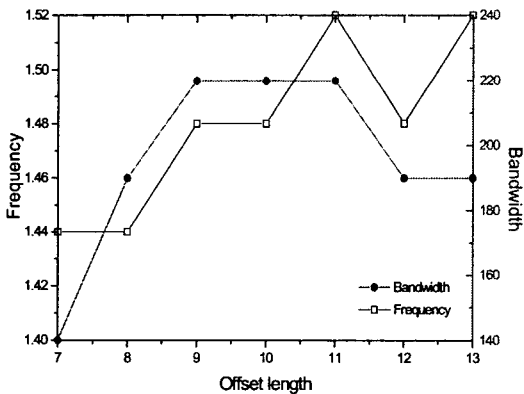


그림 3. offset길이에 따른 공진주파수와 대역폭

그림 4는 방사소자의 반경(R2)을 26mm 고정된 상태에서 십자 슬롯의 길이에 따른 공진주파수의 변화를 나타내었다. 십자슬롯의 L1과 L2의 길이가 길어질수록 공진주파수는 올라가는 것을 알 수 있다.

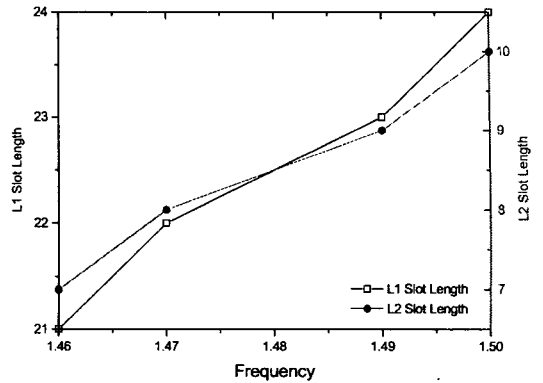


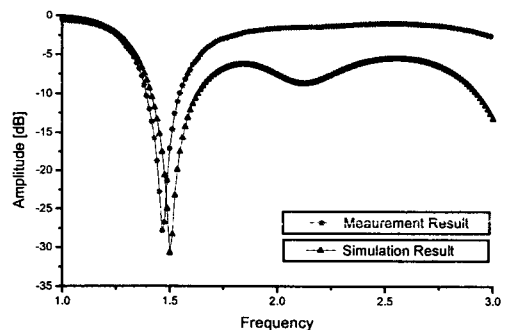
그림 4. 십자슬롯의 길이에 따른 공진주파수

표 1은 그림 2(a)에서  $\theta=0$  방향의 축비 패턴에서 LHCP 특성을 갖는 안테나의 십자슬롯 길이에 따른 원형편파 특성을 나타내고 있다. L2를 10mm로 고정하고 L1의 변화에 따른 축비 특성이 3dB 이하의 양호한 특성을 나타내고 있다.

표 1. L1의 길이에 따른 원형편파 특성

L1의 길이(mm)	LHCP [dB]	RHCP [dB]
24	5	-14
23	4	-14
22	4	-12
21	4	-11

그림 5(a), (b)는 RHCP, LHCP 구조 일때 각각의 임피던스 특성을 시뮬레이션값과 측정값으로 나타내었다. 시뮬레이션 결과와 측정값은 거의 일치하는 것을 알 수 있고, LHCP구조의 공진주파수가 50MHz 낮은 것을 알 수 있다.



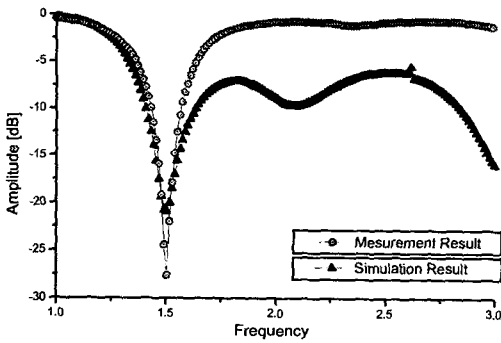


그림 5. (a) LHCP, (b) RHCP의 임피던스 특성

그림 6은 모의실험한 안테나의 방사패턴을 나타내었다. GPS대역에서 3dB 이하의 축비(Axial Ratio) 특성을 만족함을 확인 할 수 있었다.

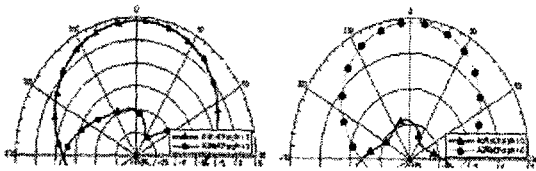


그림 6. (a) LHCP (b) RHCP의 방사패턴 특성

그림 7은 설계 제작된 안테나를 나타내었다. 기판은 Rogers(社)에 duroid 5880을 사용하였고 비유전율( $\epsilon_r$ )은 2.2 이고 두께는 1.6mm이다.

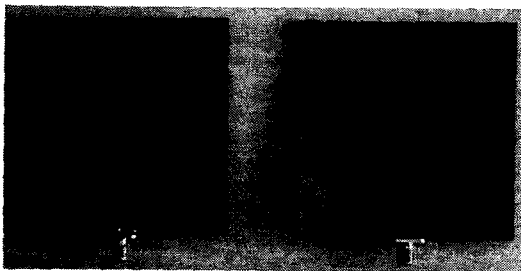


그림 7. 제작된 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나 (a) LHCP (b) RHCP

### III. 결 론

본 논문에서는 일반적인 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나 구조에서 소형화와 광대역 특성을 구현하기 위해서 패치 중앙에 십자슬롯을 사용하였으며 개선된 축비 특성을 얻기 위하여 45° 각도로 패치의 모서리를 truncated를 하였다. 설계 제작된 안

테나는 GPS대역에서 LHCP, RHCP 각각의 구조에서 120MHz의 임피던스 대역폭으로 만족하였고, 축비 특성도 3dB이하를 나타내었다. 따라서, 본 논문에서 제안한 안테나 구조는 기존의 원형 링 마이크로스트립 안테나에 비해 소형화된 방사소자로, 광대역 특성과 원형 편파 특성을 나타내고 있으므로 향후 위성통신 및 이동통신 시스템 등 여러 가지 용도로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] NTT이동통신망(주) 안테나연구그룹, "초고주파 안테나의 기초와 이동통신 안테나 시스템", 국제테크노정보연구소, 1998
- [2] Kin-Lu Wong, "Compact and Broadband Microstrip Antennas", Wiley & Son, 2002
- [3] D.M. Pozar and B. Kaufamn, "Increasing the Bandwidth of a Microstrip Antenna by Proximity Coupling", IEEE Trans. Elect. Lett., Vol. 23 No. 8, pp. 368-369, April 1987
- [4] G. Kumar and K. C. Gupta, "Nonradiating Edges and Four Edges Gap-Coupled Multiple Resonator Broad-Band Microstrip Antennas", IEEE Trans. AP, Vol. AP-33, pp. 497-499., 1985
- [5] Hisao Iwasaki, "A Circularly Polarized Small-Size Microstrip Antenna with a Cross Slot", IEEE Trans. AP, Vol. 44 no. 10, Oct 1996
- [6] Weng Cho Chew, "A Broad-BAND Annular-Ring Microstrip Antenna", IEEE Trans. AP, Vol. AP-30, No. 5., Sep. 1982
- [7] Javier Gomez-Tagle and Christos G. Christodoulou, "Extended Cavity Model Analysis of Stacked Microstrip Ring Antennas", IEEE Trans. AP, Vol. 45, No. 11, Nov. 1997
- [8] Kin-Lu Wong, Chien-Chin Huang, and Wen-Shan Chen, "Printed Ring Slot Antenna For Circular Polarization", IEEE Trans. AP, Vol. 50, No.1, Jan 2002
- [9] Ken-Shyang Chen, Chun-Kun Wu and Kin-Lu Wong, "Compact Circularly-Polarised Circular Microstrip Antenna with Cross-slot and Peripheral Cuts", IEEE Trans. Elect. Lett., Vol. 34 No. 11, May 1998