

---

# 비동심원 복사구조와 저임피던스 급전구조를 갖는 소형 광대역 마이크로스트립 안테나

신 호 섭\*

Small and Wideband Microstrip Antenna with Eccentric Radiating Structure and Low Impedance Feeding Structure

Ho-Sub Shin\*

---

이 논문은 2005학년도 군산대학교 신임교수 연구비 지원에 의하여 연구되었음

---

## 요 약

본 논문에서는 S밴드(2-4 GHz)와 C밴드(4-8 GHz)에서 사용가능한 비동심원 복사구조와 저임피던스 급전구조를 갖는 소형 광대역 원형 링슬롯 안테나를 제안하였다. 본 안테나는 유전율 4.3, 두께 1 mm의 기판을 대상으로 해석되었다. 제안된 안테나의 측정된 임피던스 대역폭은 118%( $S_{11} \leq -10$  dB)이므로 기존의 원형 링슬롯 안테나보다 훨씬 광대역이다. 또한 주요 설계변수들을 변화시켰을 때 변경되는 안테나의 특성을 연구함으로써 최적화설계에 도움이 되도록 하였다.

## ABSTRACT

The small and wideband annular ring slot antenna with eccentric radiating structure and low impedance feedline is presented. This antenna is analyzed by using substrate with permittivity 4.3 and thickness 1 mm. As the measured impedance bandwidth of proposed antenna is 118%( $S_{11} \leq -10$  dB), its bandwidth is much broader than that of conventional annular ring slot antenna.

## 키워드

wideband, annular ring slot, microstrip, antenna

## I. 서 론

우리는 지금 21세기 지식 정보화 시대에 살고 있으며, 지식 정보화 시대에서는 지식 정보산업이 가장 부가가치가 크다고 할 수 있다. 따라서 언제 어디서나 대용량의 정보를 교환할 수 있는 무선 통신 장비의 개발을 위해 광대

역 안테나의 개발이 필수적이라 할 수 있겠다. 또한 통신 장비가 점점 휴대가능할 수 있게 됨에 따라 소형, 경량, 박형의 특징을 가지는 마이크로스트립 안테나에 대한 연구가 활발해지고 있다. 하지만 마이크로스트립 안테나는 대역폭이 좁아서 실제로 적용하기에는 어려운 단점을 가지고 있어서 대역폭을 개선하기 위해 여러 가지 방법들이

연구되고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 단점을 극복하기 위해서 기관의 두께를 증가시키는 방법<sup>[2]</sup>, 다층 기관을 사용하는 방법 [3], 대수 주기 배열 방법, 동일 평면상에 여러개의 패치를 중복적으로 겹치는 방법, 기생소자가 용량성 결합으로 부가된 안테나를 사용하는 방법, 개구 결합 적층 마이크로 스트립 안테나를 이용하는 방법<sup>[4]</sup> 등 다양한 방법이 연구되고 있지만 안테나의 크기가 커진다는 문제점이 있으므로 안테나의 구조자체를 변화시켜서 대역폭을 넓히는 방법들이 제시되고 있다<sup>[5]</sup>.

원형 링슬롯 안테나는 원형 패치 안테나보다 크기를 줄일 수 있고 원형 패치 안테나보다 광대역 특성을 가진다<sup>[6]</sup>. 본 논문에서는 원형 링슬롯 안테나의 대역폭을 더 넓히기 위해 원형 슬롯 내부에 비동심으로 원형 패치를 두었고 급전구조를 저임피던스 급전구조로 설계하였다. 해석결과 임피던스 대역폭을 118%까지 넓힘으로써 안테나의 임피던스 대역폭을 획기적으로 개선시킬 수 있었다.

II. 설계 이론

원형 링슬롯 안테나는 최저차 모드(TM<sub>11</sub>)의 공진주파수가 같은 크기의 원형 패치의 공진주파수보다 작기 때문에 원형 패치 안테나보다 더 작은 크기로 안테나를 설계할 수 있다. 왜냐하면 링슬롯에서 진행하는 전류의 평균 길이가 최저차 모드에 대한 원형패치내부에서 진행하는 전류의 평균길이보다 길기 때문이다<sup>[6]</sup>.

동심원 구조를 갖는 링슬롯 안테나의 n차모드의 공진주파수는 다음과 같다<sup>[7]</sup>.

$$f_n = \frac{nc}{\pi\sqrt{\epsilon_{eff}}(R_o + R_i)} \tag{1}$$

여기서 c는 빛의 속도이고  $\epsilon_{eff}$ 는 실효 유전상수이며,  $R_o$ 와  $R_i$ 는 각각 링의 밖과 안의 반지름이다. 원형 패치에 비해 링슬롯은 에너지를 덜 저장시키므로 식 (2)에 의해 더 적은 Q값을 가진다<sup>[8]</sup>.

$$Q = w \frac{W_m + W_e}{P_i} \tag{2}$$

따라서 식 (3)에 의해 광대역 대역폭 특성을 가지게 되는 것이다<sup>[9]</sup>.

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q_t} \tag{3}$$

이식들에서  $W_m$ 은 인덕터 성분에 저장된 평균 자계에너지이고  $W_e$ 는 커패시터 성분에 저장된 평균 전계 에너지이며,  $P_i$ 은 공진회로의 손실이다. 또한  $\Delta f$ 는 대역폭이고  $f_0$ 는 공진주파수이며,  $Q_t$ 는 안테나의 total quality factor이다.

본 논문에서는 더욱 광대역 특성을 갖게 하기 위해 비동심으로 링슬롯을 내고 저임피던스 급전구조를 갖는 안테나를 설계하였다. 그림 1은 제안한 안테나의 구조도이다.

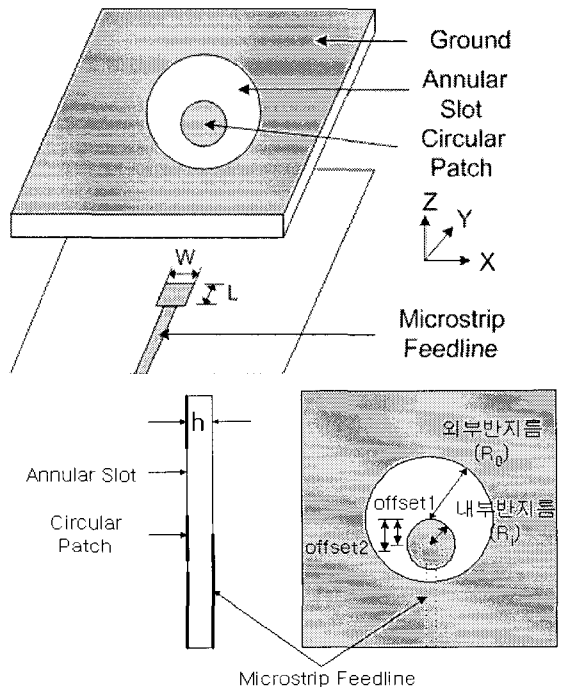


그림 1. 비동심원 복사구조와 저임피던스 급전구조를 갖는 원형 링슬롯 안테나의 구조도  
Fig. 1. Geometry of an annular ring slot antenna with eccentric radiating structure and low impedance feeding structure

### III. 최적화 설계

본 안테나의 설계변수로는 원형슬롯의 반지름( $R_o$ ), 원형패치의 반지름( $R_i$ ), 원형슬롯의 중심과 원형패치의 중심 사이의 거리(offset1), 저임피던스 급전부분의 중심과 원형슬롯의 중심사이의 거리(offset2), 저임피던스 급전부분의 길이(L)와 폭(W), 기판의 유전율과 높이(h) 등이 있다.

그림 2는 offset1에 따른 반사손실( $S_{11}$ ) 특성을 나타낸 것이다. offset1가 낮은 주파수대역에서는 작은 변화를 보이지만 높은 주파수대역에서는 큰 변화를 보였다. offset1가 13 mm일 때 초광대역 주파수대역(1.9 ~ 8.0 GHz)에 걸

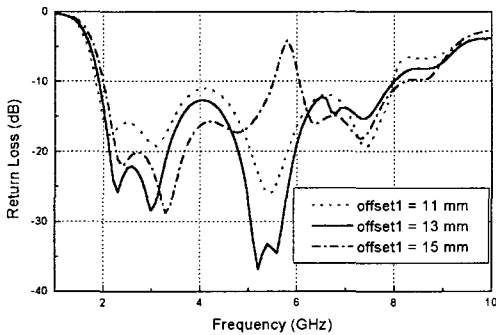


그림 2. 비동심 원형 링슬롯 안테나의 offset1에 따른 반사손실 변화 ( $R_o = 26$  mm,  $R_i = 10$  mm, offset2 = 18.34 mm, L = 12 mm, W = 13.5 mm) (계산치)

Fig. 2. Calculated return loss as an offset1 variation of eccentric annular ring slot antenna

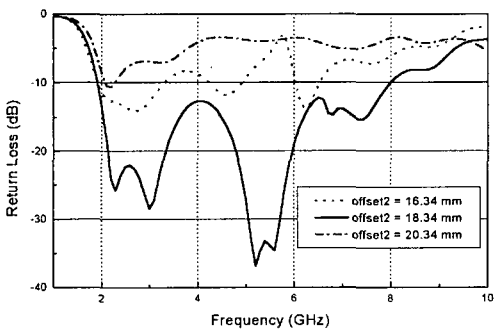


그림 3. 비동심 원형 링슬롯 안테나의 offset2에 따른 반사손실 변화 ( $R_o = 26$  mm,  $R_i = 10$  mm, offset1 = 13 mm, L = 12 mm, W = 13.5 mm) (계산치)

Fig. 3. Calculated return loss as an offset2 variation of eccentric annular ring slot antenna

쳐서 반사손실값이 제일 많이 떨어지므로 임피던스 정합 특성이 가장 좋다고 할 수 있다. 따라서 급전선로에 인가된 전력이 가장 많이 공기중에 복사된다고 할 수 있다.

그림 3는 offset2에 따른 반사손실( $S_{11}$ ) 특성을 나타낸 것이다. offset2가 18.34 mm에 가까워질수록 반사손실 특성이 좋아지고 18.34 mm에서 멀어질수록 반사손실 특성이 나빠지는 것을 볼 수 있다. 이 때 급전선의 저임피던스 부분은 접지면의 원형슬롯을 벗어나지 않으면서 하단부분에 위치하고 동시에 슬롯안의 원형패치의 하단부분에 위치한다. 이 때 급전선과 원형패치와 원형슬롯간에 적절한 커플링이 일어나는 것으로 생각된다.

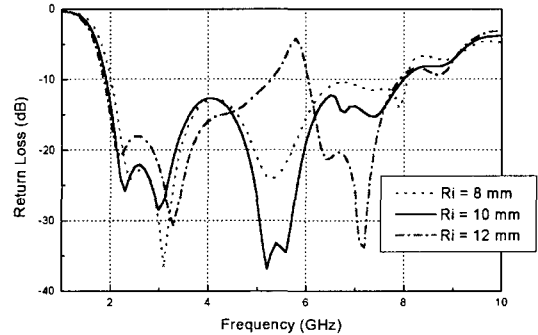


그림 4. 비동심 원형 링슬롯 안테나의  $R_i$ 에 따른 반사손실 변화 ( $R_o = 26$  mm, offset1 = 13 mm, offset2 = 18.34 mm, L = 12 mm, W = 13.5 mm) (계산치)

Fig. 4. Calculated return loss as a  $R_i$  variation of eccentric annular ring slot antenna

그림 4는  $R_i$ 에 따른 반사손실 특성을 나타낸 것이다.  $R_i$ 를 증가시키에 따라 대역폭의 낮은 주파수대에서는 별로 변화를 보이지 않지만 높은 주파수대에서는 많은 변화를 보였다.  $R_i$ 가 10 mm일 때 전체적으로 반사손실값이 가장 많이 떨어지므로 제일 좋은 특성을 보이고 있다. 원형패치의 반경이 10 mm일 때 급전선로와 원형슬롯 간에 적절한 커플링이 일어나 보다 많은 전력을 전달시켜주는 것으로 생각된다.

그림 5는 기존의 마이크로스트립 급전구조를 갖는 원형 링슬롯 안테나와 최적화된 저임피던스 급전구조를 갖는 원형 링슬롯 안테나의 반사손실 특성을 비교한 것이다. 표 1에서 저임피던스 급전구조를 갖게 되면서 약 4배 이상의 대역폭을 갖게 되는 것을 볼 수 있다. 이는 마이크로스트립 선로의 폭이 연속인 기존의 급전구조에서 선로

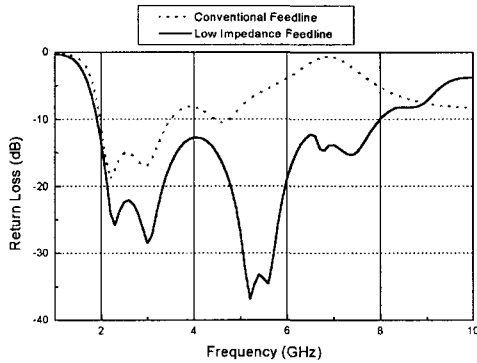


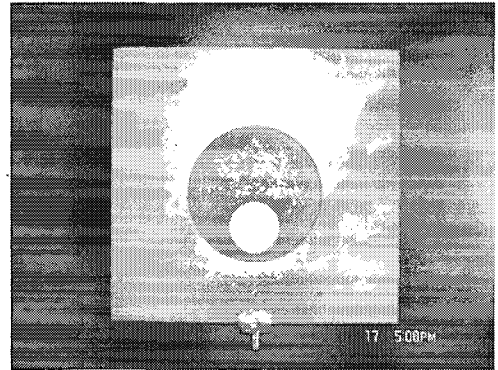
그림 5. 기존의 마이크로스트립 급전선로나 저임피던스 급전선로를 갖는 비동심 원형 링슬롯 안테나의 반사손실 비교 (계산치)  
 Fig. 5. Comparison of the eccentric annular ring slot antenna with conventional feedline or low impedance feedline

표 1. 급전구조에 따른 대역폭 비교  
 Table 1. Comparison of the bandwidth for a feedline structure

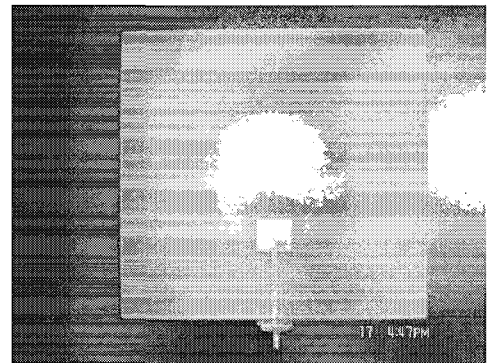
급전구조	주파수 구간 (GHz)	대역폭	
		GHz	%
Low Impedance Feedline	1.9 ~ 8.0	6.1	122
Conventional Feedline	2.0 ~ 3.5	1.5	54.5

의 폭이 불연속인 저임피던스 급전구조로 변경하면서 광대역의 주파수에 걸쳐 다중공진이 일어나고 임피던스 정합이 잘되기 때문이다.

최적화된 안테나는 급속피막 에칭법을 이용하여, 유전율 4.3, 두께 1 mm의 FR-4 기판에 제작되었으며, 그림 6에 제작된 안테나의 실물사진을 나타내었다. 그림 7에는 최적화된 안테나의 반사손실의 계산치와 측정치를 비교한 결과를 나타내었다. -10 dB를 기준으로 최저주파수는 거의 일치하는데 최고주파수는 약간의 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 RF의 특성상 미세한 구조의 차이가 생겨도 특성이 변하는 점과 설계치를 따르는 정확한 안테나의 제작이 어려운 점으로 인해 생겨나는 것으로 생각된다. 표 2에 -10 dB 반사손실을 기준으로 최적화된 안테나의 계산치와 측정치의 주파수구간과 대역폭을 비교하여 나타내었다.



(a)



(b)

그림 6. 제작된 안테나의 실물 사진.

(a) 접지면 (b) 급전선로

Fig. 6. Photograph of a fabricated antenna.

(a) Ground plane (b) Feedline

그림 8과 9는 제작된 안테나의 공진주파수 3.0GHz와 5.0 GHz에서의 전계면 복사패턴(E-Plane)과 자계면 복사패턴(H-Plane)의 측정치를 나타낸 것이다. 둘다 전후방으로 균일하게 복사되며, 안테나면과 수직인 방향에서 최대복사가 일어난다. 전계면 복사패턴을 보면 비대칭구조를 이루고 있는데 이는 안테나가 X축을 기준으로 비대칭구조이기 때문이다. 그러나 자계 복사패턴을 보면 대칭구조를 이루고 있는데 이는 안테나가 Y축을 기준으로 대칭구조이기 때문이다. 3 GHz에서 E-plane은 68°의 3 dB 빔폭 (HPBW)을 나타내고 H-plane은 64°의 HPBW를 나타내며, 5 GHz에서 E-plane은 40°의 HPBW를 나타내고 H-plane은 49°의 HPBW를 나타낸다. 제작된 안테나의 이득은 3 GHz에서 3.516 dBi이고 5 GHz에서 3.847 dBi이다.

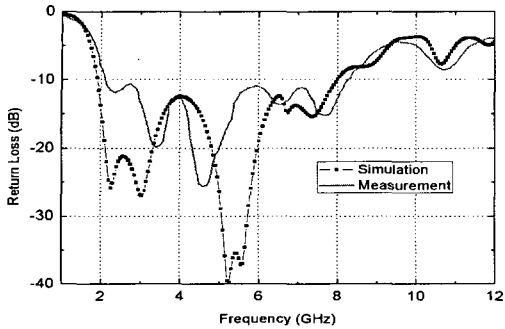


그림 7. 최적화된 안테나의 반사손실의 계산치와 측정치의 비교

Fig. 7. Comparison of the calculated and measured return loss of an optimized antenna

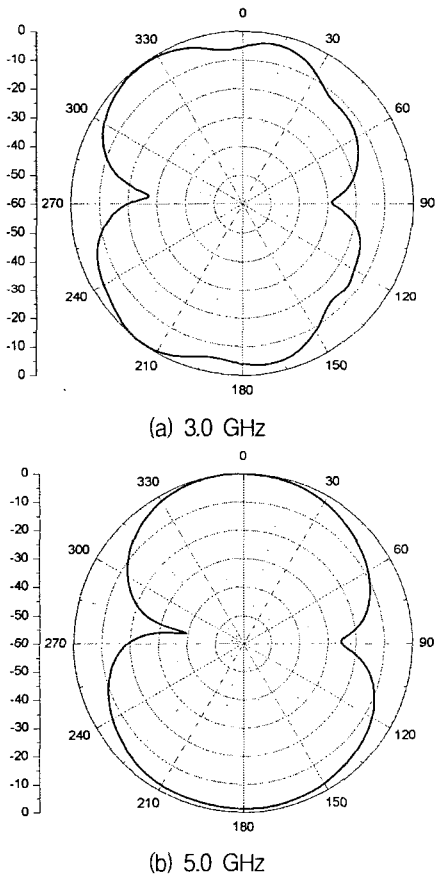


그림 8. 최적화된 안테나의 전계면 복사패턴 (E-Plane)  
Fig. 8 Radiation patterns of an optimized antenna (E-Plane)

표 2. 최적화된 안테나의 반사손실의 계산치와 측정치의 비교

Table 2. Comparison of the calculated and measured return loss of an optimized antenna

	주파수 구간 (GHz)	대역폭	
		GHz	%
Simulation	1.9 ~ 8.0	6.1	122
Measurement	2.12 ~ 8.25	6.13	118

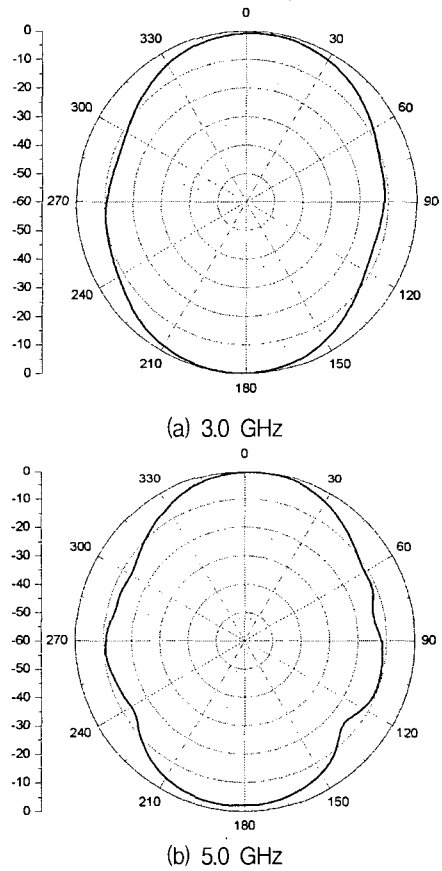


그림 9. 최적화된 안테나의 자계면 복사패턴 (H-Plane)  
Fig. 9 Radiation patterns of an optimized antenna (H-Plane)

#### IV. 결 론

본 논문에서는 크기가 작고 초광대역 특성을 갖는 S밴드와 C밴드에서 사용가능한 비동심원 원형 링슬롯 안테나를 제시하였다. 크기를 줄이고 광대역 특성을 가지게 하기 위해 비동심원으로 슬롯 내부에 원형패치를 두었고 급전선로를 저임피던스 특성을 갖는 불연속 마이크로스트립 선로를 사용하였다. 최적화된 안테나의 대역폭은 -10 dB를 기준으로 118%(2.12~8.25 GHz)의 초광대역 특성을 가지며, 원형패치 안테나나 원형 슬롯 안테나보다 크기가 작고 훨씬 광대역이다.

본 안테나는 기존의 마이크로스트립 안테나보다 대역폭을 획기적으로 개선시킴으로써 하나의 안테나로 광대역 이동통신 및 통신 시스템 등 여러가지 용도로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

[1] S. H. David, "A survey of broadband microstrip patch antennas," *Microwave J.*, pp. 60-84, Sept. 1996.

[2] E. Chang, S. A. Long, and W. F. Richards, "An experimental investigation of electrically thick rectangular microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 34, pp. 767-773, June 1986.

[3] Z. F. Liu, P. S. Kooi, L. W. Li, M. S. Leong, and T. S. Yeo, "A method for designing broad-band microstrip antennas in multi-layered planar structures," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 47, no. 9, pp. 1416-1420, Sept. 1999.

[4] S. D. Targonski, R. B. Waterhouse, and D. M. Pozar, "Design of wide-band aperture- stacked patch microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 46, no. 9, pp. 1245-1251, Sept. 1998.

[5] H. F. Lee and W. Chen, *Advanced in Microstrip and Printed Antennas*, John Wiley & Sons, Inc., 1997.

[6] W. C. Chew, "A broadband annular ring microstrip antenna," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 30, no. 5, pp. 918-922, Sept. 1982.

[7] K. D. Stephan, N. Camilieri, and T. Itoh, "A quasi-optical polarization-duplexed mixer for millimeter-wave

applications," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 31, no. 2, pp. 164-170, Feb. 1983.

[8] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Addison-Wesley, Inc., 1998.

[9] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, Inc., 1997.

#### 저자소개



신 호 섭(Ho-Sub Shin)

1995년 8월 충북대학교 정보통신공학과 (공학사).

1998년 2월 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사).

2003년 8월 충북대학교 정보통신공학과 (공학박사).

2002년 1월~2004년 1월 국제전자정밀 중앙연구소 연구원

2004년 2월~2005년 2월 충북대학교 기초과학연구소  
전임연구원

2005년 2월~2005년 3월 충북테크노파크 전략산업기획단  
선임연구원

2005년 3월~현재 군산대학교 공과대학 전자정보공학부  
전임강사

※ 관심분야 : 안테나 설계 및 해석, 전자파 수치해석, 전파  
전파, EMI/EMC