

비동심원 복사구조와 저임피던스 급전구조를 갖는 광대역 마이크로스트립 안테나

°*신호섭 *김 남
충북대학교 정보통신공학과

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

°*Hosub Shin, *Nam Kim
*Dept. of Computer & Communication Eng., Chungbuk Nat'l Univ.

E-mail : hsshin@osp.chungbuk.ac.kr

ABSTRACT

본 논문에서는 S밴드(2-4 GHz)와 C밴드(4-8 GHz)에서 사용가능한 비동심원 복사구조와 저임피던스 급전구조를 갖는 광대역 원형 링슬롯 안테나를 제안하였다. 본 안테나는 유전율 4.3, 두께 1 mm의 기판을 대상으로 해석되었다. 제안된 안테나의 계산된 임피던스 대역폭은 122%($S_{11} < -10$ dB)이므로 기존의 원형 링슬롯 안테나보다 훨씬 광대역이다. 또한 주요 설계변수들을 변화시켰을 때 변경되는 안테나의 특성을 연구함으로써 최적화설계에 도움이 되도록 하였다.

1. 서론

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 광대역 안테나의 개발이 필수적이라 할 수 있겠다. 또한 통신장비가 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^[1]. 이러한 단점을 극복하기 위해서 기판의 두께를 증가시키는 방법^[2], 다층 기판을 사용하는 방법^[3], 대수 주기 배열 방법, 동일 평면상에 여러 개의 패치를 중복적으로 겹치는 방법, 기생소자가 용량성 결합으로 부가된 안테나를 사용하는 방법, 개구 결합 적층 마이크로스트립 안테나를 이용하는 방법^[4]

등 다양한 방법이 연구되고 있지만 안테나의 크기가 커진다는 문제점이 있으므로 안테나의 구조자체를 변화시켜서 대역폭을 넓히는 방법들이 제시되고 있다^[5].

원형 링슬롯 안테나는 원형 패치 안테나보다 크기를 줄일 수 있고 원형 패치 안테나보다 광대역 특성을 가진다^[6]. 본 논문에서는 원형 링슬롯 안테나의 대역폭을 더 넓히기 위해 원형 슬롯 내부에 비동심으로 원형 패치를 두었고 급전구조를 저임피던스 급전구조로 설계하였다. 해석결과 임피던스 대역폭을 122%까지 넓힘으로써 안테나의 임피던스 대역폭을 획기적으로 개선시킬 수 있었다.

2. 설계 이론

원형 링슬롯 안테나는 최저차 모드(TM₁₁)의 공진 주파수가 같은 크기의 원형 패치의 공진주파수보다 작기 때문에 원형 패치 안테나보다 더 작은 크기로 안테나를 설계할 수 있다. 왜냐하면 링슬롯에서 진행하는 전류의 평균길이가 최저차 모드에 대한 원형패

치내부에서 진행하는 전류의 평균길이보다 길기 때문이다¹⁶⁾.

동심원 구조를 갖는 링슬롯 안테나의 n차모드의 공진주파수는 다음과 같다¹⁷⁾.

$$f_n = \frac{nc}{\pi\sqrt{\epsilon_{eff}}(R_0 + R_i)} \quad (1)$$

여기서 c는 빛의 속도이고 ϵ_{eff} 는 실효 유전상수이며, R_0 와 R_i 는 각각 링의 밖과 안의 반지름이다. 원형 패치에 비해 링슬롯은 에너지를 덜 저장시키므로 식 (2)에 의해 더 적은 Q값을 가진다¹⁸⁾.

$$Q = w \frac{W_m + W_e}{P_l} \quad (2)$$

따라서 식 (3)에 의해 광대역 대역폭 특성을 가지게 되는 것이다¹⁹⁾.

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q_t} \quad (3)$$

이식들에서 W_m 은 인덕터 성분에 저장된 평균 자계 에너지이고 W_e 는 커패시터 성분에 저장된 평균 전계 에너지이며, P_l 은 공진회로의 손실이다. 또한 Δf 는 대역폭이고 f_0 는 공진주파수이며, Q_t 는 안테나의 total quality factor이다.

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

3. 최적화 설계

본 안테나의 설계변수로는 원형슬롯의 반지름(R_0), 원형패치의 반지름(R_i), 원형슬롯의 중심과 원형패치의 중심사이의 거리(offset1), 저임피던스 급전부분의 중심과 원형슬롯의 중심사이의 거리(offset2), 저임피던스 급전부분의 길이와 폭, 기판의 유전율과 높이 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 걸쳐서 반사손실값이 제일 많이 떨어지므로 임피던스 정합특성이 가장 좋다고 할 수 있다. 따라서 급전선로에 인가된 전력이 가장 많이

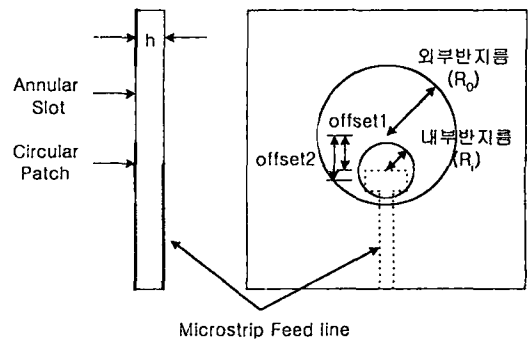
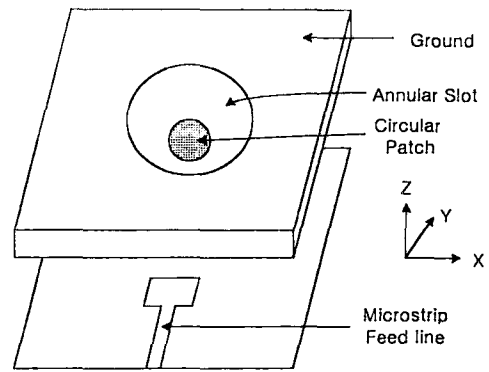


그림 1. 비동심원 복사구조와 저임피던스 급전구조를 갖는 원형 링슬롯 안테나의 구조도

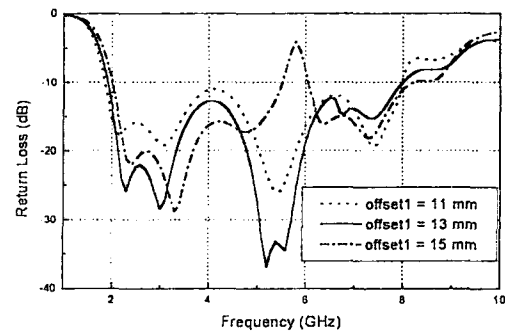


그림 2. 비동심 원형 링슬롯 안테나의 offset1에 따른 반사손실 변화 ($R_0 = 26$ mm, $R_i = 10$ mm, offset2 = 18.34 mm)

공기중에 복사된다고 할 수 있다.

그림 3은 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 일

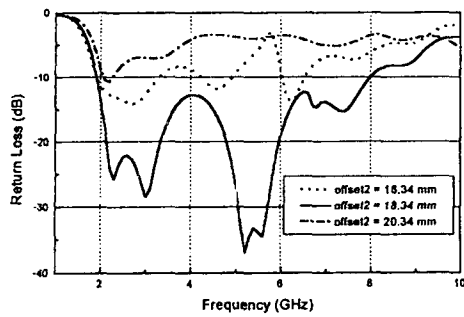


그림 3. 비동심 원형 링슬롯 안테나의 offset2에 따른 반사손실 변화 (Ro = 26 mm, Ri = 10 mm, offset1 = 13 mm)

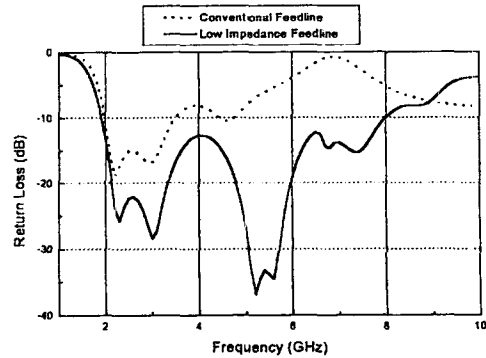


그림 5. 기존의 마이크로스트립 급전구조와 저임피던스 급전구조를 갖는 원형 링슬롯 안테나의 반사손실

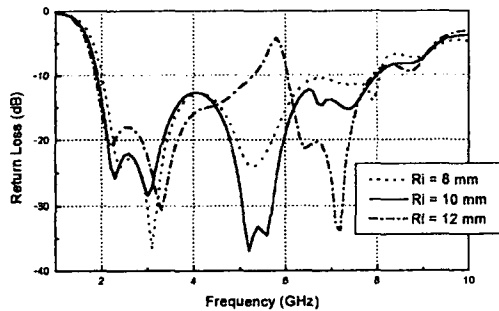


그림 4. 비동심 원형 링슬롯 안테나의 Ri에 따른 반사손실 변화 (Ro = 26 mm, offset1 = 13 mm, offset 2 = 18.34 mm)

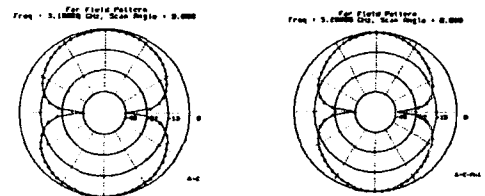
어나는 것으로 생각된다.

그림 4는 Ri에 따른 반사손실 특성을 나타낸 것이다. Ri를 증가시키에 따라 대역폭의 낮은 주파수대에서는 별로 변화를 보이지 않지만 높은 주파수대에서는 많은 변화를 보였다. Ri가 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 4배이상의 대역폭을 갖게 되는 것을 볼 수 있다. 이는 마이크로스트립 선로의 폭이 연속인 기존의 급전구조에서 선로의 폭이 불연속인 저임피던스 급전구조로 변경하면서 광대역의 주파수에 걸쳐 다중공진이 일어나고 임피던스 정합이 잘되기 때문이다.

표 1. 급전구조에 따른 대역폭 비교

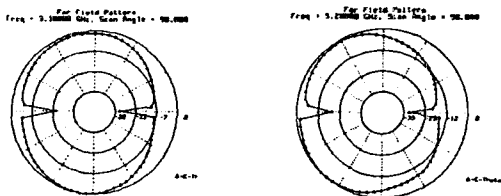
급전구조	주파수 구간 (GHz)	대역폭	
		GHz	%
Low Impedance Feedline	1.9 ~ 8	6.1	122
Conventional Feedline	2.0 ~ 3.5	1.5	54.5



(a) 3.1 GHz

(b) 5.2 GHz

그림 6. 최적화된 안테나의 전계 복사패턴 (E-Plane)



(a) 3.1 GHz

(b) 5.2 GHz

그림 7. 최적화된 안테나의 자계 복사패턴 (H-Plane)

그림 6과 7는 최적화된 안테나의 공진주파수 3.1 GHz와 5.2 GHz에서의 전계 복사패턴(E-Plane)과 자계 복사패턴(H-Plane)을 나타낸 것이다. 먼저 전계 복사패턴을 보면 주파수가 높아질수록 빔폭이 좀 더 좁아지지만 대칭패턴을 이루고 있다. 이는 안테나가 Y축을 기준으로 대칭구조이기 때문이다. 그러나 자계 복사패턴을 보면 비대칭구조를 이루고 있는데 이는 안테나가 X축을 기준으로 비대칭구조이기 때문이다.

4. 결론

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 122% (1.9 ~ 8.0 GHz)의 초광대역 특성을 가지며, 원형패치 안테나와 동심원 원형 링슬롯 안테나보다 크기가 작고 훨씬 광대역이다. 또한 추후 실제로 안테나를 제작하고 측정하여 해석결과와 비교함으로써 타당성을 검증할 것이다.

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

참 고 문 헌

- [1] S. H. David, "A survey of broadband microstrip patch antennas," *Microwave J.*, pp. 60-84, Sep., 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. AP-34, pp. 767-773, Jun. 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. AP-47, pp. 1416-1420, no. 9, Sep. 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, Sep. 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. AP-30, no. 5, pp. 918-922, Sept., 1982.
- [7] K. D. Stephan, N. Camilieri, and T. Itoh, "A quasi-optical polarization-duplexed balanced mixer for millimeter-wave applications," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-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.