

광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나

박 익 모, 서 영 훈
아주대학교 전자공학부

BROADBAND MICROSTRIP SLOT ANTENNAS

Ikmo Park and Young Hoon Suh
School of Electronics Engineering, Ajou University

Abstract

본 논문에서는 직사각형 마이크로스트립 슬롯 안테나에서 폭이 넓은 슬롯에는 적합하지 않은 기존의 급전 구조 대신 T자형 급전 방식과 십자형 급전 방식으로 안테나를 설계하였다. 여기서 제시한 T자형 급전 방식을 이용하여 슬롯 폭이 20 mm일 때 41%의 대역폭 특성을 얻었고, 십자형 급전 방식으로는 슬롯 폭이 32 mm일 때 96%의 대역폭을 얻었다. 또한 기존의 원형 링 슬롯 안테나의 구조를 바꾸어 슬롯의 원주(circumference)가 163 mm일 때 1.35 octave의 광대역 특성을 얻었고, 원형 슬롯 안테나와 이에 적합한 급전 방식을 제시하여 슬롯의 원주가 같은 때 3.25 octave의 광대역 특성을 얻었다.

I. 서 론

1953년 Deschamps[1]에 의해 처음으로 제안되었으며, 1970년대 초반 Howell[2]과 Munson[3]에 의해 발전되어진 마이크로스트립 안테나는 가격이 싸고 평면 배열로 만들기 쉬우며 단면적이 작고 초고주파 회로와 함께 집적화가 쉽다는 이점이 있다. 이에 반해 마이크로스트립 안테나는 대역폭이 좁다는 큰 단점을 가지고 있는데, 이런 단점을 개선하기 위해 많은 연구가 진행 중에 있고, 여러 가지 방법들이 제시되어 왔다 [4, 5]. 이들 방법 중에는

유전 상수가 작고 두께가 두꺼운 기판을 사용하거나 [6] 기생 결합된 소자를 이용해 대역폭을 개선하는 방법 [7] 등이 제시되었으나, 기존에 제시된 위의 방법들은 안테나의 크기가 커지는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 최근 안테나 구조 자체를 변화시켜 대역폭을 넓히는 방법들이 제안되어 왔다. 특히, 단일 방사 소자로 비교적 넓은 광대역 특성을 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나도 이와 같은 최근의 흐름에 따라 구조를 개선시켜 보다 넓은 대역폭을 갖게 하는 연구가 진행되고 있다. 마이크로스트립 슬롯 안테나의 연구에서는 대부분이 직사각형 슬롯 안테나에 대해 급전 구조를 변화시켜 임피던스 정합을 이루는 방법들이 제시되었으며, 이러한 방법을 통해 마이크로스트립 슬롯 안테나에서 20%의 광대역 특성을 나타내는 급전 방식이 제안되었다 [8].

본 논문에서는 직사각형 슬롯 안테나에서 대역폭의 확장을 위해 T자형 급전 방식과 십자형 급전 방식을 제안하여 VSWR < 2 를 기준으로, T자형 급전 방식은 41%, 십자형 급전 방식으로는 96%의 광대역 특성을 얻었다. 또한 기존의 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조를 변형시켜 VSWR < 2 를 기준으로 1.35 octave의 광대역 특성을 얻었고 이 변형된 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나를 응용하여 새로운 구조의 원형 마이크로스트립 슬롯 안테나와 이에 적합한 급전 방식을 제안하여 대역폭이 3.25 octave인 광대역 안테나를 설계하였다.

II. 안테나의 구조와 설계 변수

1. 직사각형 마이크로스트립 슬롯 안테나

1.1 T자형 급전 방식

그림 1은 직사각형 마이크로스트립 슬롯 안테나를 T자형으로 급전한 구조도와 설계 변수를 나타내고 있다.

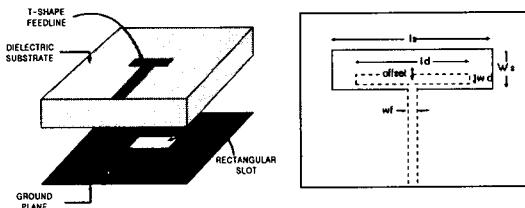


그림 1. T자형 급전 방식의 구조도

그림 2는 슬롯의 길이(l_s)가 50 mm, 슬롯 폭(W_s)이 16 mm일 때 최적화된 안테나의 S_{11} 특성을 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교한 그림이다. 공진 주파수는 2.3 GHz이며 VSWR < 2 를 기준으로 사용 주파수 대역폭은 840 MHz로 중심 주파수에서 34.6%의 광대역 특성을 얻었다.

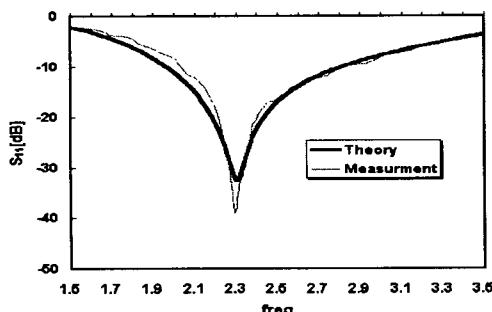


그림 2. 슬롯 폭이 16 mm일 때 최적의 S_{11} 특성

표 1에서는 슬롯의 길이(l_s)를 50 mm로 고정시키고 슬롯의 폭(W_s)을 6 mm에서 20 mm까지 4 mm 간격으로 증가시켜가면서 설계한 최적의 설계 변수와 대역폭을 보여주고 있다. 각각의 슬롯 폭에 따라 offset과 슬롯 폭의 비 즉, $\frac{\text{offset}}{W_s}$ 가 대략 0.275 정도의 비율로 일정할 때

최적의 정합 특성을 얻을 수 있었고, 사용 주파수 대역폭은 슬롯 폭에 비례하여 대역폭이 증가하는 특성을 얻었다.

표 1. 슬롯 폭에 대한 최적의 설계 변수와 대역폭

W_s	l_d	offset	offset / W_s	% BW
8	37	2.2	0.275	22.8
12	37	3.2	0.267	27
16	34.5	4.5	0.281	34.6
20	34.5	5.7	0.285	40.3

1.2 십자형 급전 방식

그림 3은 십자형 급전 방식의 구조도와 설계 변수를 나타낸다.

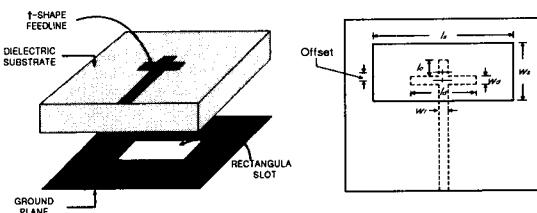


그림 3. 십자형 급전 방식의 구조도

십자형 급전 방식은 앞에서 제시한 T자형 급전 방식에서 T자형 급전선의 정 중앙에 개방 스터브를 더한 것이라 할 수 있다. 십자형 급전 방식은 앞의 T자형 급전 방식보다 설계 변수가 많아 설계하기에 유리할 뿐 아니라 T자형 급전 방식보다 슬롯의 폭이 더 넓은 경우에도 쉽게 정합할 수 있어 대역폭을 크게 넓힐 수 있다.

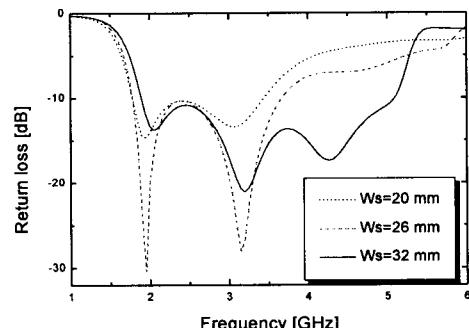


그림 4. 슬롯의 폭에 따른 S_{11} 변화

그림 4는 슬롯의 길이를 고정시키고, 슬롯의 폭을 변화시켰을 때 각각의 슬롯 폭에 따른 최적화된 S_{11} 의 특성을 나타낸 그림이다. 그림에서 보이는 것처럼 슬롯의 폭에 비례하여 대역폭이 증가함을 알 수 있다. 슬롯의 폭(W_s)이 32 mm일 때 90% 이상의 광대역 특성을 얻을 수 있었다.

그림 5는 유전 상수가 4.3이고 두께가 1 mm인 FR-4 기판을 사용해 슬롯 길이와 폭이 각각 50 mm와 32 mm 일 때 실제 제작된 안테나의 S_{11} 의 특성을 측정치와 비교한 그림이다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 약간의 차이를 보이는데 이는 시뮬레이션 시에는 무한 접지면을 사용하였지만 실제 제작에 있어서는 유한 접지면의 크기가 150 mm × 150 mm인 기판을 사용했기 때문에 약간의 차이를 보이고 있다.

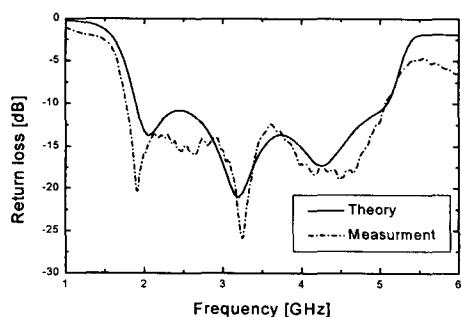


그림 5. $W_s = 32$ mm일 때 최적화된 시뮬레이션 결과와 제작 측정 결과

그림 6은 2 GHz에서 E-plane과 H-plane의 방사패턴 측정치를 나타낸 그림이다. 유한 접지면을 사용하였기 때문에 E-plane 패턴은 8자형으로 H-plane 패턴은 원형으로 나타내고 있다.

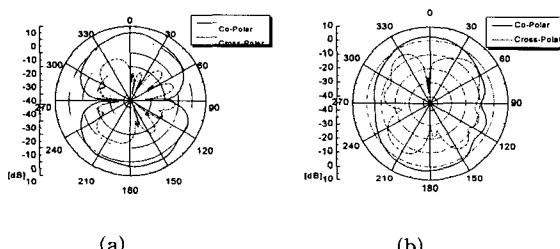


그림 6. (a) E-plane pattern, (b) H-plane pattern

1.3 변형된 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나

그림 7은 변형된 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조도와 설계 변수를 나타난 그림이다.

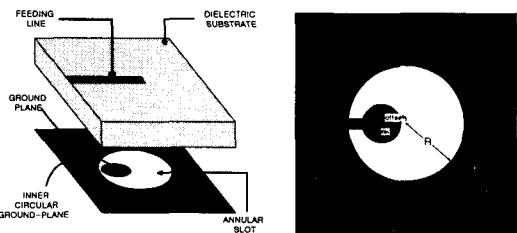


그림 7. 변형된 원형 링 슬롯 안테나 구조.

그림 8은 슬롯 안의 원형 패치(R_{in})의 크기에 따른 S_{11} 의 변화이다. 그림에서 보듯 R_{in} 이 커짐에 따라 대역폭이 확장됨을 알 수 있다. 슬롯의 지름(R)이 26 mm로 고정되었을 때, R_{in} 이 11 mm에서 VSWR < 2를 기준으로 1.35 octave의 광대역 특성을 얻었다.

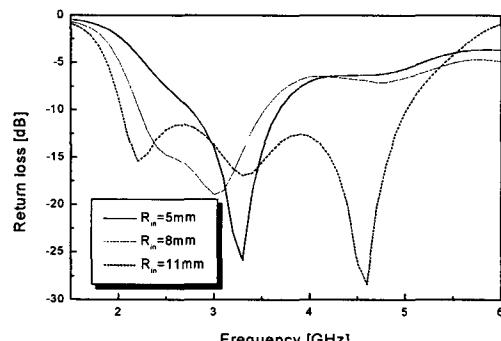


그림 8. R_{in} 에 따른 S_{11} 의 변화

1.4 원형 마이크로스트립 슬롯 안테나

그림 9는 원형 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조도와 설계 변수를 나타낸 그림이다. 변형된 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나에서 실제적인 슬롯의 면적을 넓힘으로써 더욱 넓은 대역폭을 얻을 수 있다.

그림 10은 원형 슬롯의 반지름(R)을 26mm로 고정시킨 후 설계 변수인 급전선 종단의 원형 반지름(R_{in})의 변화에 따른 S_{11} 의 변화를 나타낸 그림이다.

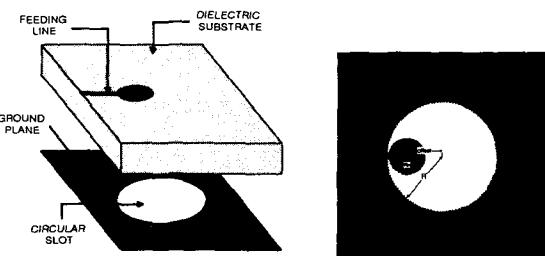


그림 9. 원형 슬롯 안테나의 구조

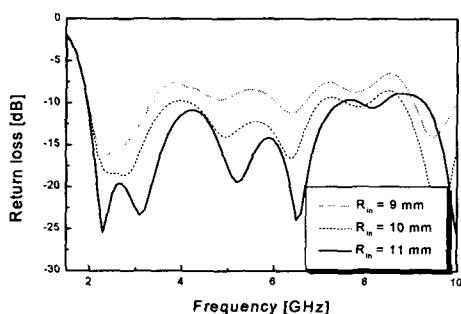
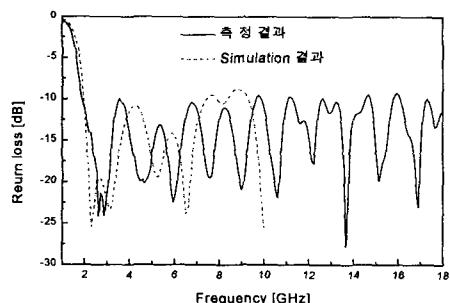
그림 10. 급전선 중단의 원형 크기에 따른 S_{11} 의 변화그림 11. 최적화된 원형 슬롯 안테나의 S_{11} 측정과 시뮬레이션 결과.

그림 11은 원형 슬롯의 반지름(R)이 26 mm이고, 급전선 중단의 원형 반지름(R_{in})이 11 mm, offset이 13 mm일 때의 시뮬레이션 결과와 두께가 1 mm인 FR-4기판에 제작하여 측정한 S_{11} 을 비교한 그림이다. 사용한 PC의 계산용량 부족으로 인해 시뮬레이션의 결과는 10 GHz까지만 보이고 있다. 측정 결과 S_{11} 이 VSWR < 2를 기준으로 3.25 octave의 광대역 특성을 보였음을 관찰하였다.

III. 결론

본 논문에서는 직사각형 마이크로스트립 슬롯 안테나의 대역폭에 많은 영향을 주는 슬롯의 폭을 넓히기 위해 기존의 급전 방식이 아닌 T자형 급전 방식과 십자형 급전 방식을 제시하여 설계하였다. 논문에서 제시한 급전 방식은 기존의 좁은 슬롯에서만 정합이 되던 급전 방식과는 달리 넓은 슬롯에서도 좋은 정합 특성을 얻을 수 있었다. T자형 급전 방식의 경우 슬롯 폭이 20 mm일 때 41%, 십자형 급전 방식의 경우 슬롯의 폭을 32 mm까지 넓혀 96%의 광대역 특성을 얻었다. T자형 급전 방식의 경우 각 슬롯 폭에 따른 최적화를 이루어 슬롯의 폭과 offset의 비율이 대략 0.275 정도일 때 최적의 대역폭을 얻을 수 있었다.

변형된 원형 링 슬롯 안테나와 원형 슬롯 안테나의 경우 VSWR < 2를 기준으로 각각 1.35 octave와 3.25 octave의 매우 넓은 대역폭을 얻었다. 원형 슬롯 안테나의 구조는 슬롯의 면적을 넓혀, 그 슬롯을 통해 다중 공진을 일으킴으로써 마이크로스트립 안테나의 큰 단점인 협대역 특성을 획기적으로 개선하였다.

참고 문헌

- [1] G. A. Deschamps, "Microstrip microwave antennas," 3rd USAF Symp. Antennas, 1953.
- [2] J. Q. Howell, "Microstrip antennas," IEEE AP-S Int. Symp. Digest, pp. 177-180, 1972.
- [3] R. E. Munson, "Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-22, pp. 74-78, 1974.
- [4] S. H. David, "A survey of broadband microstrip patch antennas," *Microwave J.*, pp. 60-84, Sept. 1996.
- [5] D. M. Pozar, "A review of bandwidth enhancement techniques for microstrip antennas," *Microstrip Antennas*, pp. 157-163, IEEE Press, New York, 1995.
- [6] 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, June 1986.
- [7] P. B. Katehi, N. G. Alexopoulos, and I. Y. Hsia, "A bandwidth enhancement method for microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-35, pp. 5-12, Jan. 1987.
- [8] A. Axelrod, M. Kisliuk, and J. Maoz, "Broadband microstrip-fed slot radiator," *Microwave J.*, pp. 81-94, June 1989.