

마이크로스트립 원형 및 사각형 급전 슬롯 패치 안테나의 광대역 특성

이용창 · 백경훈

동아방송대학

Wide Band Characteristics of the Microstrip circular and square Slot Patch Antenna

Yong Chang Lee · Kyong Hoon Baek

Dong-Ah Broadcasting College

E-mail : yclee@dab-c.ac.kr

요 약

마이크로스트립 패치 안테나가 갖는 협대역 특성을 보완하기 위하여 슬롯 패치 안테나를 광대역 특성을 갖도록 설계하여 제작하였다. 마이크로스트립 슬롯 패치 안테나의 슬롯 크기와 급전부의 형태를 적절하게 설계하면 광대역의 특성을 가질 수 있다.

본 논문에서는 비유전율 10.6, 두께 50mil인 epsilon-10 기판을 사용하여 원형 급전 구조인 원형 슬롯 안테나를 제작하였을 경우, 주파수 대역이 1.5~2.28GHz으로 41%의 대역이 나타났다. 또한, 비유전율 4.75, 두께 1.6mm인 에폭시 기판에 사각형 급전 구조인 원형 슬롯 안테나를 제작한 결과, 주파수 대역 1.2~2.7GHz으로 77%의 대역 특성을 얻었다. 이들 결과는 각각의 슬롯 형태 구조에서의 광대역 특성들을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

To complement the narrow band characteristics of the microstrip patch antenna, the slot patch antenna was designed for the wide band characteristics. The microstrip slot patch antenna has wide band characteristics when the size of the slots and the feed line shapes are designed accordingly.

In this study, various substrates as a epsilon-10, and a epoxy were used to design slot patch antennas.

The feed line structure of the circular and square were also designed to have wide band. In the case of slot antennas with the circular patch shapes using epsilon-10 plate 50mm thickness with relative permittivity the 41% bandwidth on the 1.5~2.28GHz was shown. When an Epoxy plate 1.6mm thickness with relative permittivity 4.75 is used to construct a circular slot antenna with a square patch form, the frequency band width was obtained 77% as the 1.2~2.7GHz frequency range. These results are coincided well with the theoretical results.

Microstrip patch, Slot antenna, Substrate
Antenna, Microstrip, Substrate, Slot, VSWR

1. 서 론

마이크로스트립 패치 안테나의 기본 개념은 1953년 미국의 Deschamps에 의해 제안되었다.[1] Byron에 의해 1970년대에 접지 평면과 패치

사이에 유전체의 형태를 갖는 구조가 제안된 이후, 다양한 유전율을 갖는 기판 개발 및 기판의 포토 에칭 기술의 발달과 더불어 마이크로스트립의 불연속에서 생기는 복사를 이용한 마이크로스트립 안테나에 대한 연구가 진행되었다.

마이크로스트립 안테나는 대역폭이 좁고 이득이 작은 단점을 가지고 있으나, 일반적인 마이크로로파용 안테나에 비하여 가격이 저렴하고 소형, 경량으로 유전체 기판 위에 사진부식 방법으로 대량생산이 가능하다. 또한, 제작과 설치가 용이한 장점 때문에 현재 항공기, 우주선, 위성, 미사일, 레이더 및 무선통신 등에 널리 이용되고 있다.[2]

마이크로스트립 패치 안테나의 광대역을 위한 연구는 마이크로스트립 안테나가 등장하면서 아직까지 계속 연구되고 있다. Bode-Fano에 의하여 제안된 임피던스 정합 회로를 이용하여 대역폭을 넓히는 방법을 제안함으로써 10-20%의 대역폭을 얻을 수 있다고 발표하였다. Fong은 동축케이블 급전 구조의 끝에 일정한 간격을 두고 패치를 위치시키는 직렬 용량 방법으로 대역폭의 확장 효과를 얻을 수 있다고 발표하였다. 그러나 이 방법은 제작하기 어렵다는 단점을 가지고 있었으나, Hall에 의해 급전 구조 끝단에 원형판을 위치시킴으로써 30%까지의 대역 확장 효과를 얻을 수 있다고 발표하였다. 또한, 여러 연구자들에 의해 발표된 방법으로 직층 구조에 의한 대역폭 확장 방법을 발표되었다. 이들 방법은 많은 설계변수가 존재하고, 제작하기가 어려운 단점이 있다. 1980년도 Wood는 주 급전 패치의 주위에 여러 개의 기생 패치를 위치시켜 대역폭을 확장하는 방법이 소개하였다. 이 방법은 25% 정도의 대역폭 확장 효과가 있으나, 안테나의 면적이 커진다는 단점이 있다. 그 외 Croq와 Pozar는 다양한 크기의 다이폴과 개구결합된 안테나를 제안하였다.[3][4][5]

본 연구는 마이크로스트립 패치 안테나가 갖는 협대역 특성을 보완하기 위하여 슬롯 패치 안테나를 해석하고, 광대역 특성을 갖도록 연구한 논문이다. 해석방법으로 모먼트 법을 수치해석적인 방법을 이용하여 특정한 파라미터들을 산출하였다. 산출된 재원을 시뮬레이션 도구에 입력하므로써 설계된 안테나의 제반특성을 얻었다. 제작을 위하여 비유전율 10.6, 손실 탄젠트 0.0019, 두께 50mil의 epsilon-10 기판, 비유전율 4.75, 두께 1.6mm인 에폭시 기판을 사용하였다. 이들 기판을 이용하여 원형 급전 구조, 사각형 급전 구조를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나를 설계, 제작하였다. 제작된 안테나는 Wiltron 37347A 벡터 네트워크 애널리저를 이용하여 반사계수 및 스미스 차트 특성을 측정하였으며, 이론적인 시뮬레이션 결과와 비교 고찰하였다.

II. 원형 급전 원형 슬롯 안테나

기존의 마이크로스트립 원형 링 슬롯 안테나는 슬롯의 면적을 넓힘으로써 대역폭을 확장시킬 수 있으나, 이 방법으로 구성할 경우에 낮은 주파수 대역에서는 원형 링 안테나의 크기를 크게 한다

는 단점이 있으며, 원형 슬롯인 경우에서도 슬롯의 크기를 너무 크게 할 경우 안테나의 고유한 특성들을 잃게되는 한계가 있다.

다음의 그림 1.은 본 논문에 제작한 안테나의 사진이다. 제작된 안테나의 사양은 비유전율 10.6인 epsilon-10 기판을 사용하였으며, 두께는 50mil이다. 최적화 된 안테나의 각 부분의 치수는 급전선의 폭이 2mm이며, 길이는 20mm이다. 급전에 필요한 원형 모양의 라인의 반경이 13mm, 위 부분의 슬롯의 반경이 42mm이며, 읍셋 값은 29mm으로 설계하였다.

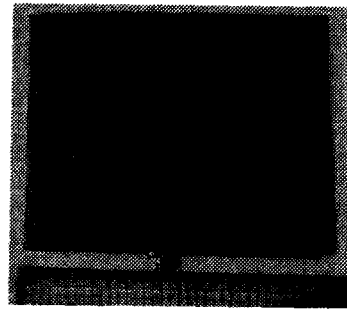


그림 1. 제작된 안테나의 사진

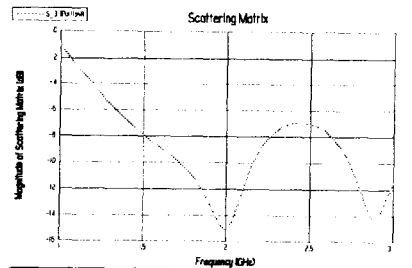


그림 2. 시뮬레이션 결과에 따른 반사계수 값

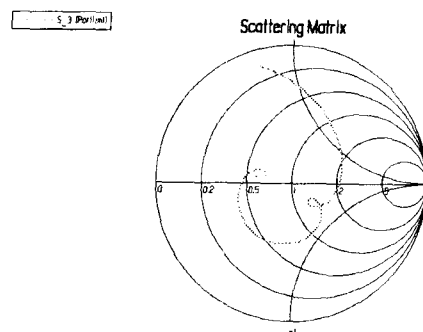


그림 3. 시뮬레이션 결과에 따른 스미스 차트

그림 2와 3은 앞에서 설명한 기판을 사용하여 최적화 된 시뮬레이션 결과 중에 반사계수 결과와 스미스 차트를 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과에서는 반사계수 특성과 VSWR은 스미스 차트상에 나타났듯이 2GHz와 2.8GHz 근처에서 이중 공진되는 형태를 보여주고 있으며, 이는 곡선 형태의 특성으로 보아 광대역 특성이 나타날 수 있다는 예측이 가능하다.

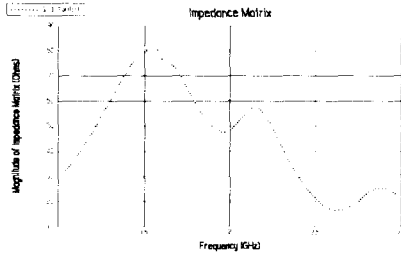


그림 4. 시뮬레이션 결과에 따른 임피던스 변화값

위 그림 4는 제작을 위하여 시뮬레이션 한 결과 중에 임피던스의 변화 특성을 보여주고 있다. 결과는 2GHz에서 실수값이 50Ω이며, 2.8GHz 근처에서는 25Ω의 특성을 나타내고 있다.

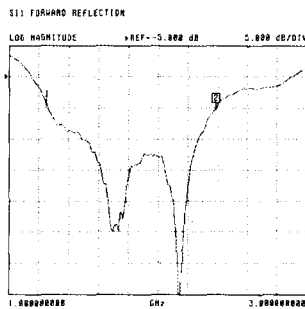


그림 5. 제작된 안테나의 반사계수 측정값

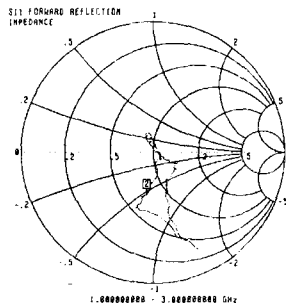


그림 6. 제작된 안테나의 스미스 차트

그림 5와 6은 제작된 안테나의 측정된 반사계수와 스미스 차트상에 나타난 결과들을 보여주고 있다. 측정된 결과는 사용주파수 대역이 1.5~2.28GHz으로 780MHz인 41%의 대역 특성이 측정되었다. 시뮬레이션 결과에서 예측하였듯이 이중 공진 형태를 유지하며, 사용 대역의 확장이 일어남을 알 수 있다.

III. 사각형 급전 원형 슬롯 안테나

급전부의 형태가 사각형의 구조를 갖는 원형 슬롯 안테나를 설계하여 제작하였다. 제작된 안테나의 사양은 비유전율 4.75인 에폭시를 사용하였으며, 두께는 1.6mm이다. 급전선의 폭(w)이 2.8mm이며, 길이(l)는 20mm이다. 급전에 필요한 정사각형 모양의 가로 × 세로(a)의 크기는 30 × 30mm, 위 부분의 슬롯의 반경(R_2)이 80mm이며, offset값은 15.25mm이다.

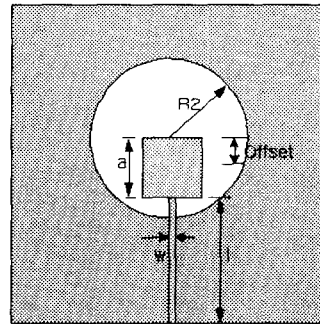


그림 7. 사각형 급전구조를 가진 슬롯 안테나

그림 7은 사각형의 급전 구조를 가진 마이크로스트립 슬롯 안테나의 형태를 나타낸 것이다.

그림에서 볼 수 있듯이 원형의 슬롯과 유전체를 사이에 두고 사각형의 급전 구조를 가진 형태이다. 시뮬레이션 과정에서 이 구조는 옵션의 위치에 매우 민감하게 반응하는 결과를 얻을 수 있었다.

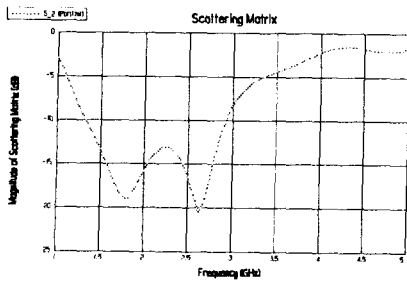


그림 8. 시뮬레이션 결과에 따른 반사계수 값

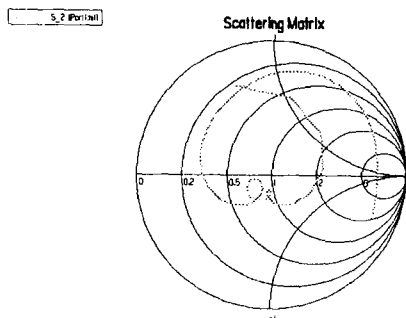


그림 9. 시뮬레이션 결과에 따른 스미스 차트

그림 8과 9는 사각형 급전 구조의 원형 슬롯 안테나를 시뮬레이션 한 결과들인 반사계수와 스미스 차트상에 나타난 결과들을 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과를 보면 사용주파수 대역이 1.3~3.9GHz으로 2.6GHz인 100% 정도의 광대역 특성이 나타났다.

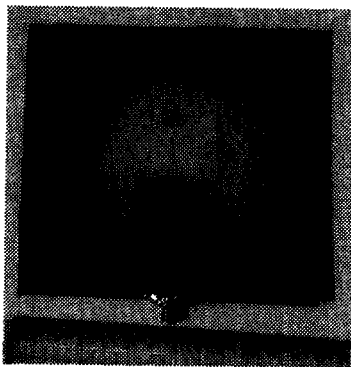


그림 10. 사각형 급전 구조를 가진 원형 슬롯 안테나

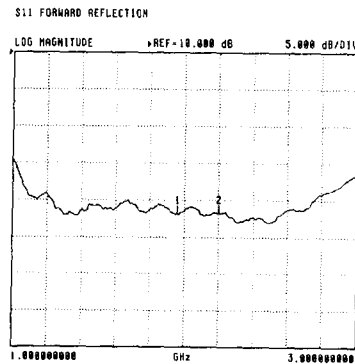


그림 11. 제작된 안테나의 반사계수

그림 10은 제작된 사각형 모양의 급전구조를 가진 안테나의 슬롯 부분에서 바라 본 실물 사진이다. 그림 11은 제작된 안테나의 측정 결과로, 사각형 급전 구조인 원형 슬롯 안테나를 제작한 결과에서는 사용주파수 대역이 1.2~2.7GHz으로 1.5GHz인 77% 정도의 대역 특성을 나타내었다. 시뮬레이션 결과와 제작 과정의 오차 등으로 인하여 다소의 차이가 있으나, 사용 주파수에 이론적인 설계 치에서 예상되는 경향 및 우수한 광대역 특성이 나타났다.

V. 결 론

마이크로스트립 안테나의 단점인 협대역 특성 개선을 위하여 슬롯 구조의 안테나를 설계하였다. 슬롯 형태의 안테나는 급전 구조에 따라 광대역 특성의 안테나 설계 및 제작에 매우 유용하다. 마이크로스트립 기판에 원형 및 사각형 슬롯을 설계하고 원형 및 사각형 구조의 급전으로 광대역 특성을 갖도록 설계하였다. 비유전율 10.6, 손실 탄젠트 0.0019, 두께 50mil인 epsilon-10 기판을 사용하여 원형 급전 안테나 제작 결과, 41%의 광대역 특성이 나타났다. 다른 형태의 광대역 특성을 얻기 위하여 비유전율 4.75, 손실 탄젠트 0.01, 두께 1.6mm의 에폭시 기판을 사용하여 사각형 급전 안테나를 설계하여 제작하였는데, 77% 대역의 광대역 특성을 얻을 수 있었다. 이들 결과는 각각의 슬롯 형태의 구조에서 최적화 된 광대역 특성들이며, 실측치는 이론치와 다소 차이가 있으나 전반적으로 볼 때 대역특성이 비슷한 양호한 결과를 보이고 있다.

참고문헌

[1] G.A. Deschamps, "Microstrip Microwave Antenna," presented at the 3rd ed, USAF Symp. on antenna, 1953.

- [2] Gutton, H., and G. Baissinot, "Flat Aerial for Ultra High Frequencies", French Patent no. 703113, 1955
- [3] E. V. Byron, "A new Flush-mounted antenna element for phased array application", in Proc. Phased-Array Antenna Symp., 1970, pp. 187-192
- [4] K. C. Gupta, Ramesh Garg, Inder Bahl, Prakash Bhartia, "Microstrip Lines and Slotlines", ch 3, pp. 204~210. 1996.
- [5] J. R. James, P. S. Hall, C. Wood, "Microstrip Antenna," ch 5, pp. 111~156, 1981.
- [6] C. A. Balanis, "Antenna theory", 2nd ed, ch 14, pp. 722~752, 1997.