

L자형 개구면을 갖는 광대역 마이크로스트립 패치 안테나

°신 호 섭*, 김 남*, 장 용 웅**, 이 승 엽***
*충북대학교 정보통신공학과, **극동정보대학 전자통신과,
***여수대학교 전자통신공학과

The Wideband Microstrip Patch Antenna with L-shaped Aperture

Ho-Sub Shin*, Nam Kim*, Yong-Woong Jang**, and Seung-yup Rhee
* Dept. of Computer & Communication Eng., Chungbuk Nat'l Univ.
** Dept. of Electronic Communication, Keuckdong College
*** Dept. of Electronic & Communication Eng., Yosu Nat'l Univ.

Abstract

In this paper, we designed the microstrip patch antenna with L-shaped aperture, which greatly enhances its bandwidth. We optimized to get a maximum bandwidth.

The microstrip patch antenna with L-shaped aperture has the widest bandwidth of the conventional aperture coupled microstrip patch antenna. This antenna also has the low-cross polarization level. The effects of changing several key design parameters of the antenna are investigated. We calculated the VSWR, input impedance, and radiation pattern.

I. 서 론

마이크로스트립 안테나는 소형, 경량이고 필요에 따라 여러 가지 유형으로 제작이 용이하는 등 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 이와같은 장점에도 불구하고 주파수 대역폭이 작기 때문에 실제로 적용할 때 많은 제한을 받는다^[1]. 이러한 단점을 보완하기 위해 기관의 두께를 증가시키거나 동일평면에 여러개의 패치를 중복적으로 겹치는 방법, 패치를 접지면 위에 떠있게 하고 비전도 편으로 지탱하게 하는 방법, 개구결합 마이크로스트립 패치 안테나를 이용하는 방법 등 다양한 방법이 연구되고 있다^[2]. 이중 개구결합 마이크로스트립 패치 안테나는 1985년 Pozar에 의해 제안^[3]되어온 이래 임피던스 대역폭을 상당히 넓힐 수 있고 공통 접지판을 사용함으로써 스푸리어스 급전 방식을 안테나 소자로부터 격리시킬 수 있고 급전 회로망에 더 많은 공간을 제공하기 때문에 다른 회로성분들을 독립적으로 설계가 가능하고 패치와 개구면의 모양을 변경하여 임피던스 대

역폭과 커플링을 자유자재로 조절할 수 있는 등 많은 장점을 가지므로 전세계에서 수많은 연구가 이루어져 왔다^{[4][5][6][7][8][9]}. 그러나 지금까지 연구되어온 개구결합 마이크로스트립 단일패치 안테나의 임피던스 대역폭(VSWR<2.0)은 50% 미만이므로 좀 더 개선되어야 할 여지가 남아있다.

따라서 본 논문에서는 보다 광대역 특성을 갖게 하기 위하여 L자형의 개구면을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 본 안테나는 또한 낮은 교차편과 레벨을 가졌다.

II. 설계 이론

개구결합 마이크로스트립 패치 안테나를 최적화하기 전에 먼저 가장 간단한 구조인 마이크로스트립 패치 안테나를 최적화한다.

공진주파수 f_r , 유전체 기관의 유전율 ϵ_r 과 기관의 두께 h 을 정한 다음 마이크로스트립 패치 안테나의 각 설계변수는 다음과 같이 개략적으로 구할 수 있

다.

먼저 마이크로스트립 패치 안테나의 폭 W 는 다음과 같이 구해질 수 있다^[8].

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

마이크로스트립 패치 안테나의 실효유전율은 다음과 같다.

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-1/2} \quad (2)$$

마이크로스트립 패치 안테나의 실제 길이(L)는 fringing 효과로 인해 전기적인 길이(L_{eff})보다 짧아진다. 그 차이를 ΔL 이라 할 때

$$\Delta L = h(0.412) \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (3)$$

따라서, 패치의 실제 길이는 다음과 같다.

$$L = \frac{\lambda}{2} - 2\Delta L \quad (4)$$

이 설계이론을 기반으로 해서 패치의 길이 L 과 폭 W 을 결정하였고 최대 대역폭을 갖는 안테나를 찾기 위해 나머지 파라미터를 체계적으로 변화시켜가면서 임피던스 정합을 시켰다.

III. 안테나의 구조 및 설계

1. 안테나의 구조

그림 1에서 패치의 길이(L_p)와 폭(W_p), 개구면의 길이(L_s)와 폭(W_s), 개구면 홈의 길이(L_{1s})와 폭(W_{1s}), T자형 마이크로스트립 급전선중 수평부의 설계변수(L_d, W_d), 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심 사이의 간격(offset), 급전선의 폭(W_f)과 각 기판의 유전율 ($\epsilon_{r1}, \epsilon_{r2}, \epsilon_{r3}$)과 두께(h_1, h_2, h_3)가 이 안테나의 구조를 결정짓는 설계파라미터이다. 일반적으로 개구결합 마이크로스트립 패치 안테나의 급전 선로 기판에는 유전율이 높고 얇은 기판을 사용하고 방사 패치의 유전체 기판에는 유전율이 낮고 두꺼운 기판이나 foam, air 등을 많이 사용한다. 본 논문에서는 3개의 기판이 사용되었다. 첫 번째 층에는 ϵ_{r1} 의 유전율과 두께 h_1 을 갖는 기판이며, 두 번째 층에는 1.01의 유전율과 두께 h_2 을 갖는 공기층이며, 세 번째 층에는 ϵ_{r3} 의 유전율과 두께 h_3 을 갖는 기판을 대상으로 설계하였다. 또한 ϵ_{r1} 의 유전율을 갖는 첫 번째 층의 기판의 밑면에는 T모양의 50Ω 마이크로스트립 급전선을 사용하였고 윗면에는 L자형의 결합 개구면

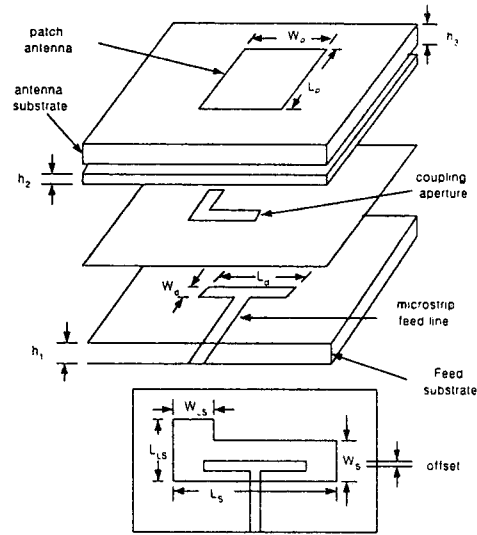


그림 1. L자형 개구면을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 구조

을 두었으며, ϵ_{r3} 의 유전율을 갖는 첫 번째 층 위에는 사각형 모양의 패치를 두었다.

2. 설계변수에 따른 전압 정재파비 특성의 변화와 분석

각 설계변수의 변화에 따라 안테나의 특성이 변하게 된다. 그림 2는 T모양 급전선 중 수평부의 길이(L_d)의 변화에 따른 전압 정재파비를 계산하기 위하여 나머지 설계변수들을 기본값으로 고정시키고 L_d 를 34 mm, 36 mm, 38 mm로 변화시켜가면서 계산된 전압 정재파비의 값을 본 것이다. L_d 값이 36 mm일 때 전압 정재파비 2 이하에서 사용 가능한 주파수 대역이 가장 넓음을 알 수 있다.

그림 3는 L자형 개구면중 L_{1s} 설계변수의 변화에 따른 전압 정재파비를 계산하기 위하여 나머지 설계변수들을 기본값으로 고정시키고 L_{1s} 를 18 mm, 20 mm, 22 mm로 변화시켜 가면서 계산된 전압 정재파비의 값을 본 것이다. L_{1s} 값이 20 mm일 때 전압 정재파비 대역폭(VSWR<2.0)이 가장 넓음을 알 수 있다.

그림 4는 L자형 개구면중 W_{1s} 변화에 따른 전압 정재파비를 계산하기 위해 나머지 설계변수를 기본값으로 두고 W_{1s} 을 5 mm, 7 mm, 9 mm로 변화시켜 가면서 전압 정재파비의 값을 계산한 결과이다. W_{1s} 값이 7 mm일 때 전압 정재파비 대역폭(VSWR<2.0)이 가장 넓음을 알 수 있다.

그림 5는 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심 사이의 간격(offset) 변화에 따른 전압 정재파비를 계산하기 위하여 나머지 설계변수를 기본값으로 두고, 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심 사이의 간격을 0 mm, 1 mm, 2 mm로 변화시켜가면서 전압 정재파비의 값을 계산한 결과이다. 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심 사이의 간격이 1 mm일 때 전압 정재파비 대역폭(VSWR<2.0)이 가장 넓음을 알 수 있다.

그림 6는 최적화된 안테나의 정규화된 입력임피던스를 주파수 상에서 본 결과이다. 광대역의 주파수에 걸쳐 입력 임피던스의 실수값이 1근처이고 허수값이 0에서 가까움을 알 수 있다. 따라서 본 안테나는 광대역 특성을 가지게 되는 것이다.

최적화된 안테나의 설계변수값을 계산한 결과, 패치의 길이(L_p)는 27 mm, 패치의 폭(W_p)은 46 mm, 수평부 급전선의 길이(L_d)는 38 mm, 수평부 급전선의 폭(W_d)은 2 mm, 급전선로의 폭(W_f)은 1.94 mm, L자형 개구면의 길이(L_s)는 44 mm, 폭(W_s)는 12 mm, 개구면 홈의 길이(L_h)는 20 mm, 폭(W_h)는 7 mm이고 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심사이의 간격(offset)는 1 mm이다. 또한 첫 번째 층의 유전율(ϵ_{r1})은 6.15, 두께(h_1)는 25mil이며, 두 번째 층의 유전율(ϵ_{r2})은 1.01, 두께(h_2)는 6.35mil이며, 세 번째 층의 유전율(ϵ_{r3})은 2.2, 두께(h_3)는 50mil이다.

본 안테나는 3층 공진이 일어나면서 광대역 특성을 얻었으며, 전압 정재파비 대역폭(VSWR<2.0)은 중심주파수 1.7 GHz에서 73.5%(1.25GHz)였다. 표 1은 최근에 나온 개구결합 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭 성능 비교이다.

그림 7는 E-평면과 H-평면에서 계산된 복사패턴이다. E-평면의 -3 dB 빔폭은 약 73.5° 이고 교차편과 레벨(cross-pol level)은 약 -17.63dB이며, H-평면의 -3 dB 빔폭은 약 148° 이고 교차편과 레벨은 약 -17.35 dB이다. 따라서 교차편과 레벨이 많이 억제되어 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 전압정재파비 대역폭(VSWR<2.0)을 73.5%(1.25GHz)까지 얻음으로써 지금까지 나온 개구결합 마이크로스트립 패치 안테나중 최대의 대역폭을 얻었다. 따라서 마이크로스트립 안테나의 최대 단점인 협대역 문제를 해결하였으며, 교차편과 레벨도 -17dB이하로 줄였으므로 더 실용성을 높일 수 있었다. 하지만 아직 확실히 타당성을 입증하기 위해서 제작해서 실험결과를 보여야 하는 과제가 남아있으므로 추후 제작해서 실험결과를 보일 예정이다.

본 안테나는 PCS, IMT-2000, WLL 등의 주파수

대역을 모두 만족함으로써 하나의 안테나로 이동통신 및 광대역 통신 시스템 등 여러 가지 용도로 사용될 수 있을 것이라고 생각된다.

참고문헌

- [1] K. C. Gupta, "Microstrip antenna design", Artech House, 1988.
- [2] S. H. David, "A survey of broadband microstrip patch antennas," Microwave J., pp. 60-84, Sept. 1996.
- [3] D. M. Pozar, "A microstrip antenna aperture coupled to a microstripline," Electron. Lett., vol. 21, pp. 49-50, Jan. 1985.
- [4] F. Croq and D. M. Pozar, "Millimeter wave design of wide-band aperture-coupled stacked microstrip antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 39, pp. 1770-1776, Dec. 1991.
- [5] H. Kittenplon, "Surface-wave effect in a wideband aperture-coupled stacked microstrip antenna array," Electron. Lett., vol. 32, pp. 792-793, Apr. 1996.
- [6] S. D. Targoski, R. B. Waterhouse and D. M. Pozar, "Wideband aperture coupled microstrip patch array with backlobe reduction," Electron. Lett., vol. 33, pp. 2005-2006, Nov. 1997.
- [7] L. Bekraoudi, "Low cost broadband microstrip antenna for satellite-TV reception," in IEEE Antennas Propagat. Soc. Symp. Dig., vol. 2, pp. 916-919, Orlando, July. 1999.
- [8] I. M. Park, B. J. Cho and R. Mittra, "An aperture-coupled small microstrip antenna with enhanced bandwidth," in IEEE Antennas Propagat. Soc. Symp. Dig., vol. 2, pp. 1212-1215, Orlando, July. 1999.
- [9] B. Barilese and C. Peixeiro, "Wide-band microstrip patch antenna element," in IEEE Antennas Propagat. Soc. Symp. Dig., vol. 2, pp. 1104-1107, 1998.
- [10] I. J. Bahl and P. Bhartia, Microstrip Antennas, Artech House, Dedham, MA, 1980
- [11] E. O. Hammerstad, "Equations for Microstrip Circuit Design," Proc. Fifth European Microwave Conf., pp. 268-272, Sep. 1975.

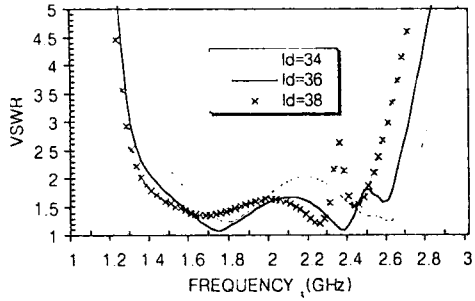


그림 2. L_d 변화에 따른 정재파비

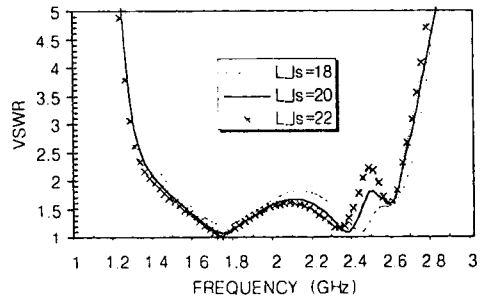


그림 3. L_s 변화에 따른 전압 정재파비

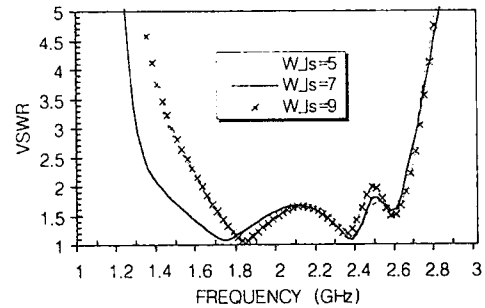


그림 4. W_b 변화에 따른 전압 정재파비

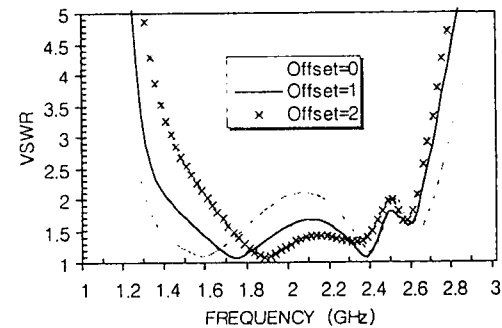


그림 5. offset 변화에 따른 전압 정재파비

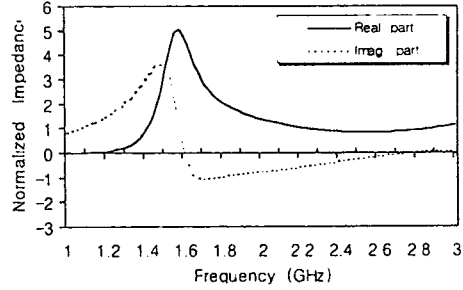


그림 6. 최적화된 안테나의 입력 임피던스

표 1. 최근 논문중 개구결합 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭 성능 비교

참고문헌	안테나 대역폭
[4]	32.5% ($S_{11} < -10.0$ dB)
[5]	25% ($S_{11} < -10.0$ dB)
[6]	27% ($S_{11} < -10.0$ dB)
[7]	32.6% (VSWR < 2.0)
[8]	12% (VSWR < 2.0)
[9]	44% ($S_{11} < -10.0$ dB)

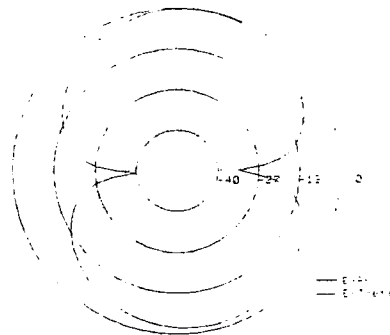


그림 7. E-평면 복사패턴

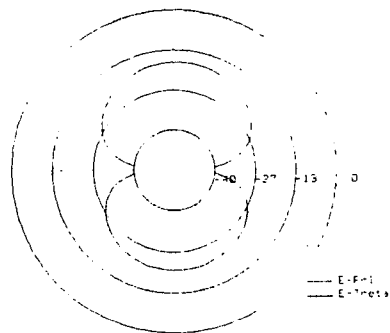


그림 8. H-평면 복사패턴