



Implementation of the Microstrip Patch Antenna with the Modified Ground Plane and Patch

Han-Young Park¹, Jae-Yeon Choi¹, Young-Ho Song²,

¹Department of Information & Communication Engineering, Namseoul University

²Department of Fire Safety Management, Daejeon Institute of Science and Technology

ABSTRACT

The Microstrip patch antenna with the edge-truncation is designed and analyzed. This antenna elements radiate efficiently as devices on microstrip printed circuit boards. Microstrip antenna arrays consist of microstrip antenna elements, feed and phasing networks, and any other microstrip devices. This patch antenna can be used alone as single radiators or as elements of microstrip phased arrays. The most commonly used microstrip element consists of a rectangular element that is photo etched from one side of a printed circuit board. The element is fed with a coaxial feed at the side of the board between the patch strip and the ground plane through the probe. Truncating the diagonally faced two edge by the shape of the triangle in the patch, right-hand circularly polarized wave can be radiated through this antenna with the cross shape slot in the ground plane. The antenna characteristic can be varied by the controlling the size of the truncated triangle and the size of the cross slot in the ground. And the antenna, its center frequency is 2.4GHz, was simulated using high frequency structure simulator, then was implemented with the board having the relative permittivity $\epsilon_r=4.4$ and measured using network analyzer. The simulated results are well matched with the measured. The ground plane has the cross shape slot in the center of the ground for the antenna bandwidth.

© 2014 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : edge truncation, rectangular patches, modified ground plane, RHCP

ARTICLE INFO: Received 29 October 2014, Revised 15 December 2014, Accepted 15 December 2014.

1. 서론

*Corresponding author is with the Department of Information & Communication Engineering, Namseoul University, 91 Daehak-ro Seobuk-gu Cheon-an city, 331-707, KOREA.
E-mail address: cjy@nsu.ac.kr

패치 안테나는 인쇄회로기판(PCB, Printed Circuit Board)에 패치 형상을 에칭하여 만드는데 제작의

편의성 때문에 많이 쓰인다. 이는 공진형 안테나 중 하나로서 다른 종류에 비해 이득과 대역폭이 협소하다는 단점이 있지만 대량 생산에 용이하기에 자주 쓰이는 편이다. 마이크로스트립 안테나의 패치소자와 패치 배열은 인쇄형 안테나의 가장 일반적인 형태이고 또한 패치의 패턴을 바꾸는 것으로 편파를 쉽게 조절할 수 있으며 부피가 작고 특정형태로 만들기 쉬우며 대량 생산시 생산비가 적게 들어서 안테나 엔지니어들에게 인기가 있다 [1][2][3]. 편파는 선형편파와 원형편파 두 종류가 있는데 동일한 주파수를 간섭 없이 다른 곳에서도 사용하기 위해 쓰인다. 특히 원형 편파는 주로 우주 통신(GPS 등)이나 DMB에서 사용된다.

최근에는 안테나의 광대역 특성을 얻기 위한 연구가 많이 이루어지고 있는데, 패치 안테나는 기본적으로 협대역 안테나이고 대역폭을 상승시키기가 매우 까다로운 안테나이지만, 대역폭을 확장하기 위한 잘 알려진 방식은 U-slot을 넣는 방법이나 배열을 통해 대역폭을 상승시키는 방법이다. 여기에서는 패치의 가장자리를 삼각형모양으로 절단하여 우선회 편파특성을 갖는 안테나를 설계 및 제작하도록 한다.

2. 본 론

2.1 설 계

가장 중요한 설계 변수는 기판을 구성하는 물질의 유전율(ϵr), 기판의 두께이다. 마이크로스트립 패치 안테나에서 고려해야 할 점은 급전회로망의 경우에는 전자장을 유전체 내부에 강하게 집중해야 하는 반면, 패치의 경우에는 전자장을 공간으로 방사하기 위해 전자장이 유전체 내부에 느슨하게 집중해야 하는 것이다. 이것은 높은 방사 효율과 원하는 편파, 임피던스, 대역폭을 얻기 위해서이다[4].

패치의 사이즈는 기본적으로 공진 주파수의 반파장 길이에 따르나 튜닝을 거치면서 결과적으로는 더 작아진다. 원형편파를 이루기 위해서는 다양한 방법이 있지만 여기서는 가장자리 절단 방식을 이용했고 임의로 우수편파(RHCP)를 택했다. 그리고 패치와 급전선간의 임피던스 매칭은 $\lambda/4$ 변환기를 이용했다. 접지면의 십자 슬롯은 임의로 크기를 조절하면서 특성 변화를 보았다.

중간 과정 설계치는 <표 1>과 같고 기판은 FR-4($\epsilon r = 4.4$)를 사용하였다.

표 1. 초기 설계치
Table 1. Dimension 1

분류	크기(mm)
기판 높이	1.6
패치 폭	29.6
패치 길이	30
Line1 폭	1.4
Line1 길이	17.5
Line2 폭	0.75
Line2 길이	18
슬롯 폭	1.5
슬롯 길이	7.25
x방향 절단 길이	4.29
y방향 절단 길이	5

<표 1>에서 x방향 절단 길이, y방향 절단 길이는 각각 축 방향의 삼각형 변의 길이를 말한다. 그림 1에 가장자리가 절단된 마이크로스트립 패치의 형상을 나타내었고, 십자모양의 슬롯이 포함된 접지면은 <그림 2>에 나타내었는데, <그림 1>에서 좌하단과 우상단의 절단된 삼각형의 크기는 서로 같고, 삼각형모양의 절단모양은 <그림 3>에 나타내었다. 또한 접지면에서의 슬롯의 모양은 <그림 4>에 나타내었다.

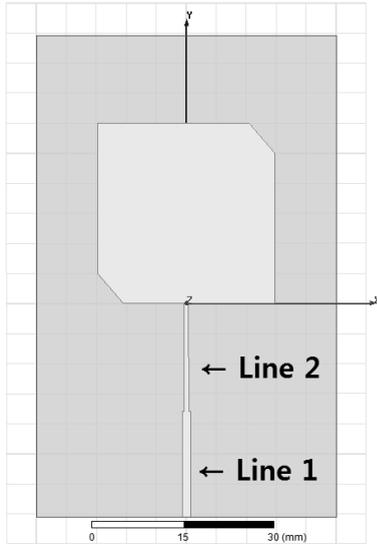


그림 1. 절단된 패치 형상(윗면)
Figure 1. the truncated shape of the microstrip patch(top view)

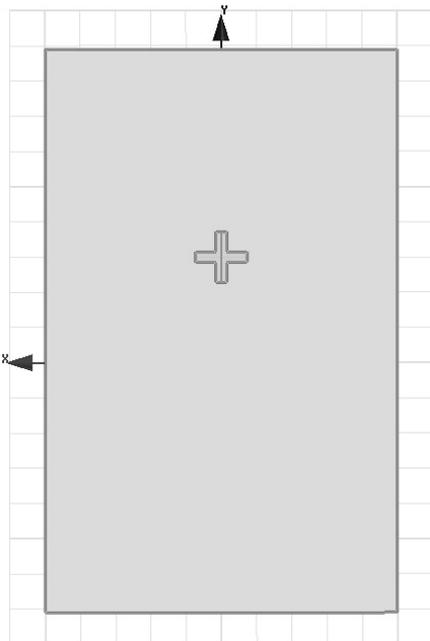


그림 2. 슬롯이 있는 접지면(아랫면)
Figure 2. the ground plane with the slot(bottom view)

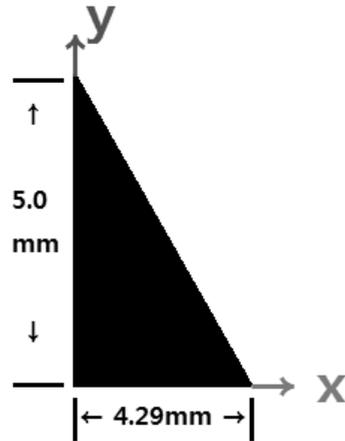


그림 3. 패치 가장자리 절단부의 크기
Figure 3. the size of the edge truncation of the patch

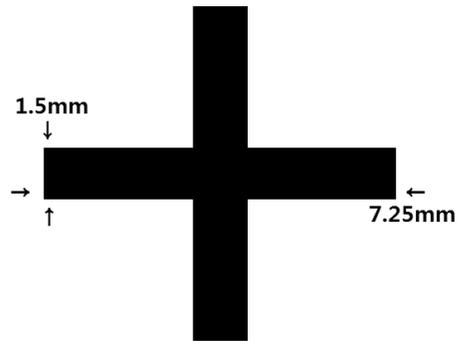


그림 4. 접지면 십자 슬롯
Figure 4. the cross slot in the ground plane

구체적인 설계스펙을 살펴보면 안테나의 동작주파수가 2.4GHz이고, 편파는 RHCP를 갖도록 하고, 기판의 유전율은 $\epsilon_r=4.4$, 그리고 안테나는 어느 정도의 대역폭 개선을 갖도록 한다.

대역폭 BW 는

$$BW = 3.77 \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r^2} \frac{W t}{L \lambda} \quad (1)$$

와 같이 개선되어 진다.

2.2 중간 모의실험 결과(표1 설계치)

사각패치의 반사계수 S_{11} 과 이득방사패턴, 그리고 AR방사패턴 및 대역폭의 시물레이션 값을 각각 <그림 5> <그림 6> <그림 7> <그림 8>에 나타내었다.

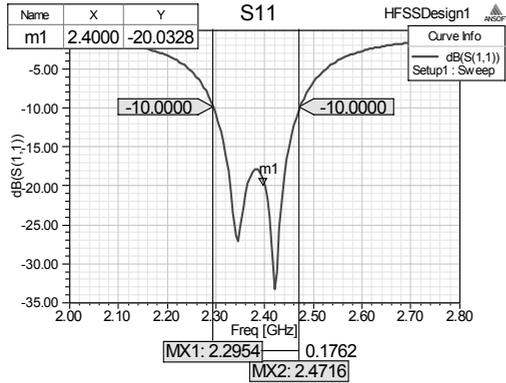


그림 5. 반사계수(S11[dB])

Figure 5. the reflection coefficient of the antenna(S11[dB])

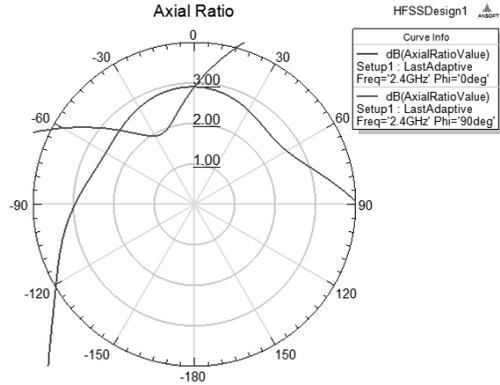


그림 7. AR<3dB 방사패턴 (2.4GHz)

Figure 7. AR<3dB radiation pattern

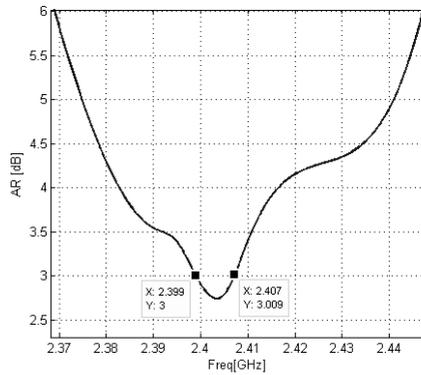


그림 8. AR<3dB 대역폭

Figure 8. AR<3dB Bandwidth
($\theta = 0^\circ$, $\phi = 0^\circ$)

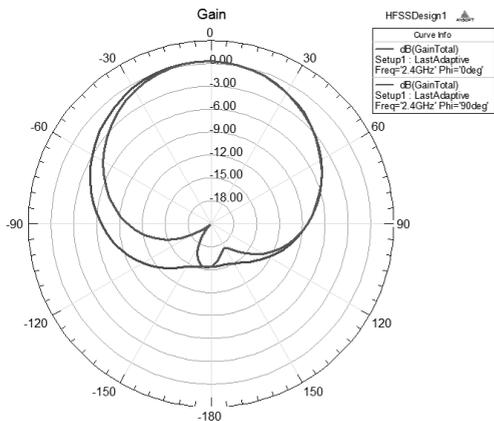


그림 6. 이득 방사패턴

Figure 6. the gain radiation pattern

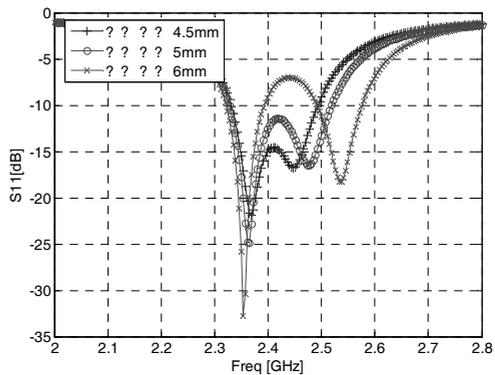


그림 9. 절단 길이에 따른 반사계수

Figure 9. the reflection coefficient according to the truncation size

<그림 9>에는 패치의 가장자리를 절단한 안테나에서의 반사계수를 나타내었다.

절단 길이가 길어짐에 따라 안테나는 이중 공진을 일으키려는 성질이 강해진다. 이중 공진을 일으키면서 AR에는 나쁜 영향을 미치지만 반대로 선형편파를 요구할 때는 대역폭이 크게 느는 장점이 있게 된다. 또한 접지면의 슬롯 사이즈 자체만으로 반사 손실의 변화는 크지 않고 AR에 크게 영향을 미치게 된다. 슬롯 사이즈가 변화할 때마다 매우 불규칙하게 AR 방사패턴이 바뀌게 된다.

편파 성능을 최적화시키면서 AR 방사패턴 면에서 좋은 특성을 보이는 절단길이는 x길이=3.33mm, y길이=4mm이고 슬롯의 사이즈는 슬롯 폭=1mm, 슬롯 길이=8mm였는데 이때의 공진 주파수는 약 2.44GHz이고 S11 대역폭은 약 136MHz이다.

AR 방사패턴의 3dB폭은 약 70도 정도이다. 또한 AR방사패턴의 50도 영역 내에서는 약 21.6MHz의 AR대역폭을 확보할 수 있다. 이득에는 큰 변화가 없으며, 최대 이득은 약 0.4dBi를 보이고 복사 효율은 43%이다.

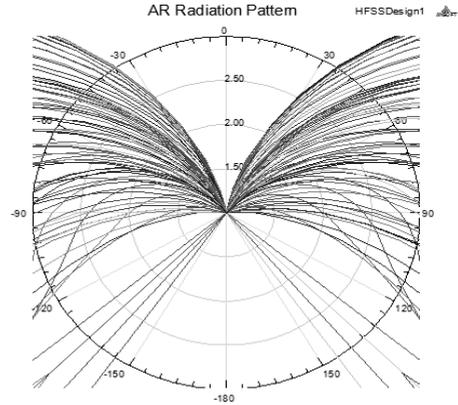


그림 11. 최종 AR 방사패턴
Figure 11. the resulted AR radiation pattern

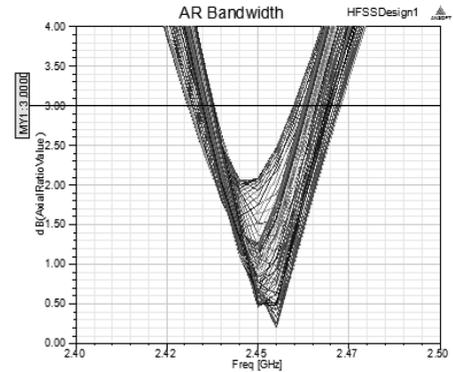


그림 12. 최종 AR 대역폭
Figure 12. the resulted AR bandwidth

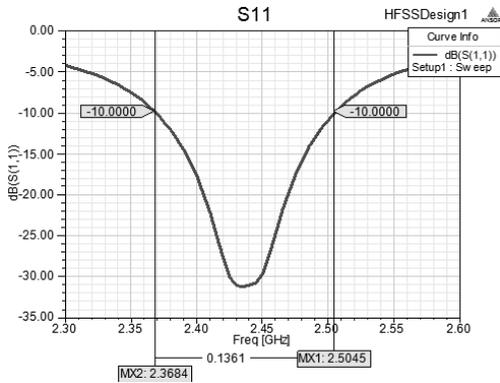


그림 10. 최종 대역폭
Figure 10. the resulted bandwidth

표 2. 설계된 안테나 제원
Table 2. the antenna specification

분류	크기(mm)
기판 높이	1.6
패치 폭	28.65
패치 길이	29.1
Line1 폭	1.4
Line1 길이	17.5
Line2 폭	0.675
Line2 길이	18
슬롯 폭	1
슬롯 길이	8
x방향 절단 길이	3.33
y방향 절단 길이	4

<표 2>의 최종 설계치에 의해 제작된 패치안테나의 실제 모형을 <그림 13>에 나타내었고, 측정된 S_{11} 의 값을 <그림 14>에 각각 나타내었는데, 측정 결과는 <그림 14>에서와 같이 중심주파수 2.4GHz에서 시뮬레이션값과 매우 잘 일치하고 있다.

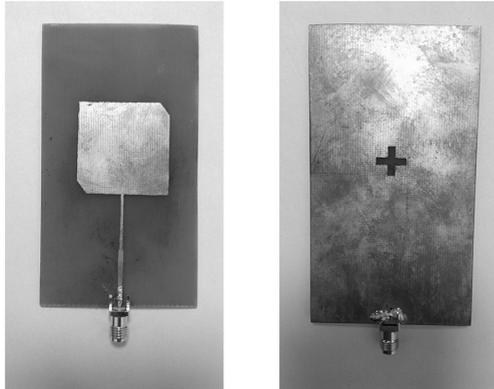


그림 13. 제작된 안테나의 실제모형
Figure 13. the picture of the implemented antenna

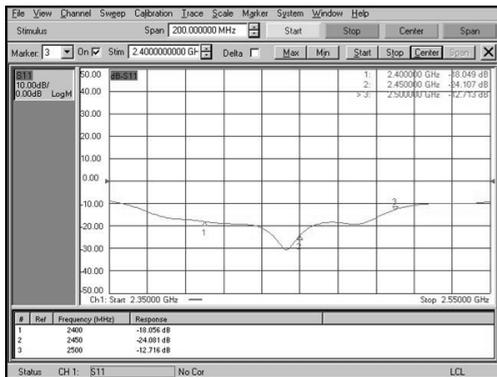


그림 14. 측정된 안테나 특성
Figure 14. the measured characteristics

3. 결 론

코너 절단형 원형 편파 안테나의 접지면에 십자 슬롯을 넣고 성능을 모의실험 해보았다.

코너의 절단은 S_{11} 대역폭과 편파 성능에 높은

영향력을 가지지만 접지면에 슬롯을 추가함으로써 S_{11} 에는 큰 영향을 미치지 않으면서도 편파 성능에는 큰 영향을 미치는 사실을 알 수 있다.

절단 길이를 늘릴 때마다 이중공진 특성이 강해지면서 임피던스 대역폭이 크게 확장되며, 반대로 줄이게 되면 원형편파가 더욱 안정적으로 생성되지만 임피던스 대역폭은 조금 감소된다.

이 안테나는 2.4GHz 부근에서 설계되었지만 비슷한 설계 방식으로 GPS나 DMB 주파수 대역에서도 사용할 수 있을 것 같다.

References

- [1] D. H. Schaubert, *Microstrip Antennas*, Electromagnetics, Vol. 12, pp. 381-401, July-December 1992.
- [2] D. R. Jackson, and N. G. Alexopoulos, *Simple approximate formulas for input resistance, bandwidth, and efficiency of a resonant rectangular patch*, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. 3, pp. 407-410, March 1991.
- [3] D. R. Jackson, and S. A. Long, J. T. Williams, and V. B. Davis, *Computer-aided design of rectangular microstrip antennas*, Ch. 5 in *Advances in Microstrip and Printed Antennas*, edited by K. F. Lee, Wiley, New York, 1997.
- [4] W. L. Stutzman, and G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, Wiley & Sons, 1998.
- [5] R. E. Munson, *Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays*, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. AP-22, pp. 74-78, Jan. 1974.
- [6] K. R. Carver and J. W. Mink, *Microstrip antenna technology*, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. AP-29, pp. 2-24, Jan. 1981.

- [7] A. Derneryd, *A theoretical investigation of the rectangular microstrip phased arrays*, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. AP-26, July 1978, pp. 532-535.
- [8] W. L. Weeks, *Antenna engineering*, McGraw-Hill, New York, Sec.2.6, 1968.
- [9] I. J. Bahl, and P. Bhartia, *Microstrip antennas*, Artech House, Inc., Dedham, Mass., 1980.
- [10] A. Derneryd, *Linear polarized microstrip antennas*, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. AP-24, pp. 846-850, November 1976.

변형된 접지면과 패치를 갖는 마이크로 스트립 패치안테나 구현

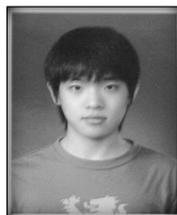
박한영¹, 최재연¹, 송영호²

¹남서울대학교 정보통신공학부

²대전과학기술대학교 소방안전관리과

요 약

이 논문에서는 패치안테나에서 사각형 모양의 패치의 대칭되는 두 가장자리를 삼각형 모양으로 절단하는 기법으로 우선회 원형 편파를 만든 패치 안테나를 기반으로 접지면에 십자 모양의 슬롯을 추가하여서 변하는 특성을 알아보았다. 안테나의 전체적인 크기는 슬롯으로 인하여 약간 감소하였고, 또한 편파를 위한 가장자리 삼각형의 절단 길이를 조절하거나 슬롯의 크기를 조절하여 우선회 편파의 특성을 변화시킬 수 있었다. 이 안테나는 중심주파수를 2.4GHz로 하여 고주파 회로 시뮬레이터를 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 또한 비유전율이 4.4인 기판에 제작하여 회로망 분석기로 측정하였으며, 이론적 결과와 시뮬레이션결과, 측정결과가 잘 일치하였다.



Han Young Park will receive the bachelor's degree in the Department of Information and Communications Engineering from the Namseoul University in Feb. 2015. He is a member of KKITS from 2014.

E-mail address: phylevon@gmail.com



Jae-Yeon Choi received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees in electronic communication engineering from Hanyang University, Seoul Korea in 1985, 1987 and 1998, respectively. From 1987 to 1989, he was with Samsung Advanced Institute of Technology. From 1989 to 1992, he was with LG Information & Communication Research Center. Since 1996 he has been with Department of Information & Communication, Namseoul University, Korea, where he is now a professor. E-mail : cjj@nsu.ac.kr



Young-Ho Song received the bachelor's degree in the Department of Safety Engineering from the Chungbuk National University in 1998. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Safety Engineering from Chungbuk National University in 2000 and 2005, respectively. He has been a professor in the Department of Fire Safety Management at Daejeon Institute of Science and Technology University since 2008. E-mail : sshae5@dst.ac.kr