

논문 2006-43TC-7-17

U형 접지면 상의 E-패치 안테나 설계

(Design of an E-Patch Antenna on the U-Shaped Ground Plane)

박 영 식*, 임 정 섭**, 황 호 순**, 장 재 삼***, 이 문 수****

(Young-Sik Park, Jung-Sup Lim, Ho-Soon Hwang, Jae-Sam Jang, and Mun-Soo Lee)

요약

본 논문에서는 U형 접지면 상의 E-패치 안테나를 설계하고 실험적으로 고찰한다. 교차편파를 줄이고 마이크로스트립 패치 안테나의 이득을 향상하기 위하여 U형 접지면 상에 마이크로스트립 패치 안테나를 설치한다. 주방사체로서, 가능한 안테나 크기를 줄이기 위하여 E형 패치를 사용한다. 또한 안테나의 대역폭을 향상시키기 위하여, 가능한 두꺼운 기판의 낮은 유전율이 사용되고 E형 패치 안테나의 공기층 위에 사각형 패치가 씌워진다. 안테나의 방사 특성은 CST 5.0 시뮬레이션 소프트웨어로 계산된다. 실험결과 접지면의 벽 높이를 증가할수록 안테나 교차편파가 감소하고 이득이 증가한다.

Abstract

In this paper, an E-patch antenna on the U-shaped ground plane is designed and experimental studied. In order to reduce to cross-polarization level and to enhance the gain of the microstrip patch antenna, a U-shaped ground plane is employed in the microstrip patch antenna. As a main radiator, an E-shaped patch is used to reduce the antenna size as small as possible. Also to enhance the bandwidth of the antenna, a substrate of the lowest permittivity of which thickness as thick as possible is used and a rectangular patch is overlaid on the air substrate of the E-shaped patch antenna. The radiation characteristics of the antenna are calculated by CST Microwave Studio 5.0 simulation software. Experimental results show that by increasing the height of the sidewall of the ground plane, the antenna gain is increased and the cross-polarization level is decreased.

Keywords : E-patch antenna, U-shaped ground plane, cross-polarization, CST

I. 서 론

일반적인 마이크로스트립 안테나는 소형, 경량, 두께 가 얇고 제작이 용이한 장점이 있는 반면 저 효율, 저 전력, 높은 Q(quality factor)로 인하여 주파수 대역폭이 2~3 % 정도로 좁고 교차편파(cross polarization)가 크며 이득이 낮다. 그리고, 급전선에서 원하지 않는 방사가 발생한다. 마이크로스트립 대역폭을 개선하기 위해 두꺼운 기판이나 유전율이 낮은 기판을 사용하면 제작 비용이 증가하고 표면파가 발생되어 효율이 나빠진다.

따라서 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭을 개선하려는 연구는 현재 안테나 기술에 있어서 우선적으로 요구된다.

대역폭을 늘리기 위해 임피던스 정합회로나 다층구조, 그리고 주 방사소자와 동일평면상에 기생패치를 사용하는 방법이 연구되었다. 그러나 다층 구조시 구조적 비대칭성은 빔의 분산을 야기시키고, 동일평면상에서 기생패치와의 개구 결합 방법은 위상배열 구현의 어려움이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 마이크로스트립 안테나의 여러 가지 문제점들을 감안하여 U자 모양의 접지 벽을 가지는 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나를 설계한다. 누설파 및 표면파 등의 손실로 인하여 이득이 낮은 마이크로스트립 안테나의 단점을 보완하기 위해

* 정희원, 경상대학교 컴퓨터정보통신연구소
(Engineering Research Institute(RICIC),
GyeongSang National University)
접수일자: 2006년4월23일, 수정완료일: 2006년7월14일

접지면에 두 개의 벽을 사용하여 교차편파를 감소시키고 이득을 증가시킨다^[1]. 패치 안테나의 크기를 줄이기 위하여 E-형 패치를 사용하고, 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭을 개선하기 위해서 기생패치(parasitic patch)를 부가하여 다중 배열한다^[2].

마이크로스트립 패치 안테나는 CST(computer simulation tool) ver. 5.0의 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 설계한다. 그리고 안테나 제작에 사용된 상층과 하층기판으로 유전율 1, 두께 13.3 mm인 공기기판^[3]을 사용한다. 벡터 회로망 분석기(Vector Network Analyzer : Anritsu 37369A)와 근계 측정장비(Near-Field Measurement System : ORBIT FR959)를 사용하여 설계·제작한 안테나는 안테나의 반사손실(return loss), 임피던스와 방사패턴을 실험적으로 측정하고 계산결과와 비교, 검토한다.

II. U-형 접지면 상의 E-패치 안테나

1. E-패치 안테나 구조

안테나의 제조비용은 회로가 차지하는 기판크기에 관계하므로, 동일 유전체 기판 상에서 능동소자와 안테나를 집적시킬 때, 안테나의 크기는 아주 중요하다. 밀리미터 주파수대에서 안테나의 크기가 작기 때문에 기판 상에서 적은 비용으로 제조할 수 있는 반면, 마이크로파 주파수대에서 안테나의 크기는 상대적으로 크기 때문에 기판상에 제조하는 것은 비경제적이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 패치 안테나의 크기를 줄이기 위한 여러 가지 방법들이 연구되었고, 그 중 한 방법으로서 V. Palanisamy가 제안한 E-패치 안테나가 있으며, E-패치 안테나는 반-파장 패치 구형 안테나에 비해 크기를 1/10로 줄일 수 있다^[4].

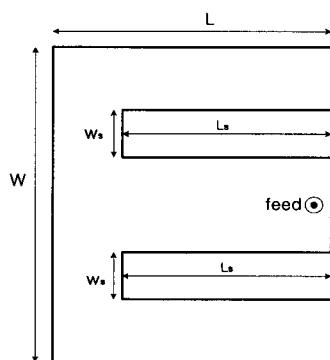


그림 1. E-패치의 구조

Fig. 1. The layout of the E-shaped patch.

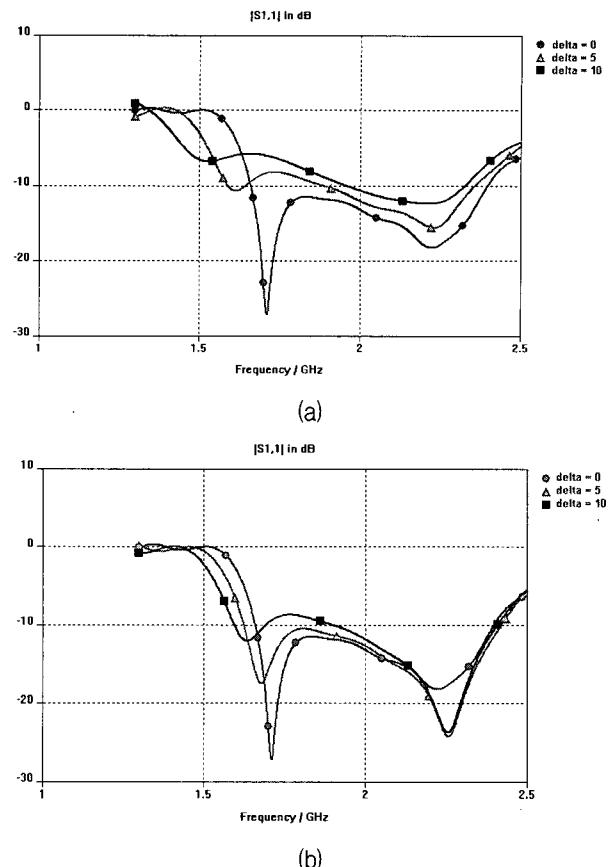


그림 2. E-패치의 L_S 와 W_S 에 따른 반사손실 변화 (a)
슬롯 길이의 변화에 따른 E-패치 반사손실 (b)
슬롯 폭의 변화에 따른 E-패치 반사손실

Fig. 2. Return loss variations due to L_S (length) and W_S (width) of the E-shaped patch (a) Return loss of the E-shaped patch depending on the slot length variation (b) Return loss of the E-shaped patch depending on the slot width variation.

그림 1은 E-형 패치의 구조를 나타낸 것으로, E-형 패치의 슬롯길이(L_S)와 슬롯폭(W_S)에 따라 공진주파수는 그림 2와 같이 변화한다. W_S 를 고정시키고 L_S 를 증가시키면 공진주파수는 그림 2(a)와 같이 감소하고, L_S 를 고정시키고 W_S 를 증가시키면 그림 2(b)와 같이 공진 주파수가 감소함을 알 수 있다.

2. U-형 접지면이 교차편파와 이득에 미치는 영향
일반적으로, 교차편파(Cross-polarization)는 원하지 않는 서로 상반되는 편파로서 안테나의 성능을 저하시킨다. 선형 편파의 경우에는 수직 편파와 수평 편파가 서로 상대의 교차편파가 되고, 원 편파의 경우에는 우선회 타원 편파와 좌선회 타원 편파가 서로의 교차편파가 된다.

U-형 접지면으로 구성된 마이크로스트립 패치 안테나에서는 수직 접지벽의 측면 전파방사 제한효과로 인하여 패치의 전면 방향으로의 방사세기가 커지게 된다. 이로 인해 U-형 접지면은 교차편파를 감소시키고 이득을 증가시키는 효과가 있다.

III. 설계 및 실험

1. 안테나 설계

본 연구에서는 마이크로스트립안테나의 소형화를 위해 E-패치를 사용하고, 대역폭 개선을 위해 기생패치를 적층시키는 한편, 교차편파를 줄이고 이득을 향상시키기 위해 접지면을 U형으로 하여 안테나를 구성하고자 한다. 설계하려는 안테나 성능은 표 1과 같다.

안테나에 사용되는 기판의 규격은 표 2(하층기판) 및 표 3(상층기판)과 같다.

그림 3은 설계된 안테나의 크기를 나타낸 것이다. 상층의 기생패치는 하층의 방사소자보다 크기가 작으며, 상층의 기생패치의 크기는 40×60 mm, 하층의 방사소자는 60×90 mm이고, 접지면은 80×150 mm이다. 그리고 임피던스 정합이 최적으로 되는 접지면과 하층의 방사소자의 간격은 13.3 mm이고, 하층의 방사소자와 기생패치의 간격은 16 mm이다.

표 1. 안테나 규격

Table 1. Antenna specifications.

	Specification
Operating Frequency	1.5GHz~2.3GHz(800MHz)
Polarization	Linear Polarization
Return Loss	less than -10dB
VSWR	less than 2.0

표 2. 하층기판 규격

Table 2. Substrate specifications.

	Specification
Metal thickness	1mm
Substrate thickness	13.3mm
Dielectric constant	1(air)

표 3. 상층기판 규격

Table 3. Superstrate specifications.

	Specification
Superstrate thickness	1mm
Dielectric constant	1(air)

그림 4는 $H=0$ mm일 때, 기생패치가 있는 E-형 패치 안테나와 기생패치가 없는 E-형 패치 안테나의 반사손실을 비교한 것이다. 기생패치가 없는 E-형 패치 안테나의 대역폭은 602.5 MHz(1671.2 MHz ~ 2273.7 MHz)이지만, 기생패치를 둔 E-형 패치 안테나의 대역폭은 737.29 MHz(1661 MHz ~ 2398.29 MHz)로 대역폭이 21.3 % 증가되었다.

그림 5는 $H=7.5$ mm일 때 기생패치가 있는 E-형 패치 안테나와 기생패치가 없는 E-형 패치 안테나의 반사손실을 비교한 것이다. 기생패치가 없는 E-형 패치 안테나의 대역폭은 607.63 MHz(1560 MHz ~ 2167.63 MHz)이지만, 기생패치를 둔 E-형 패치 안테나의 대역폭은 727.12 MHz(1536.48 MHz ~ 2263.6 MHz)로 대역폭이 19.7 % 증가되었다.

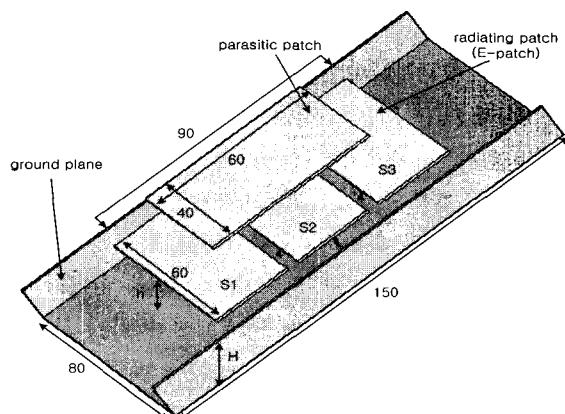


그림 3. U-형 접지면 상의 E-형 패치 안테나 크기

Fig. 3. Dimension of an E-shaped patch antenna on the U-shaped ground plane.

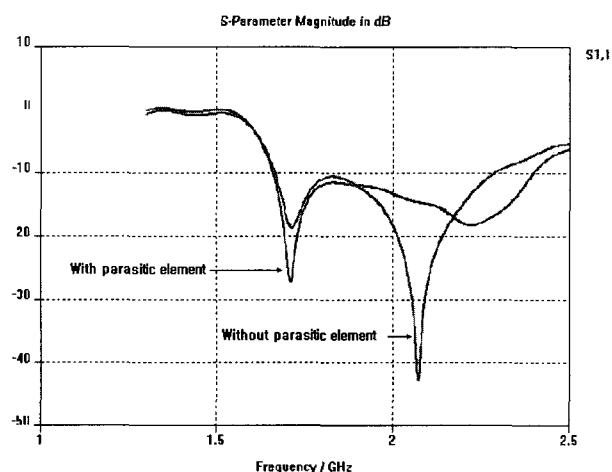


그림 4. U-형 접지면($H=0$ mm)상의 계산된 E-패치 안테나 반사손실

Fig. 4. Calculated return loss of the E-patch antenna on the U-shaped ground plane($H=0$ mm).

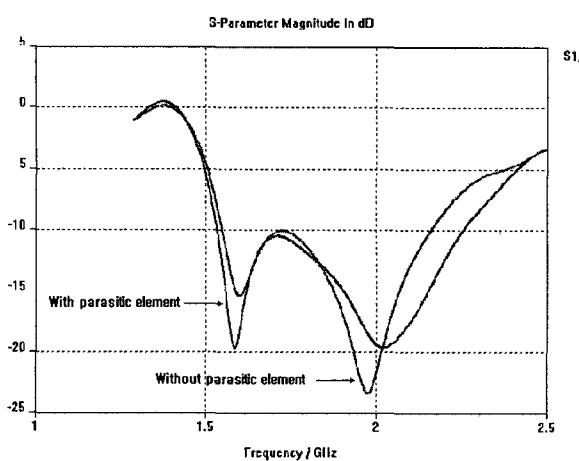


그림 5. U-형 접지면($H=7.5$ mm)상의 계산된 E-패치 안테나 반사손실

Fig. 5. Calculated return loss of the E-patch antenna on the U-shaped ground plane($H=7.5$ mm).

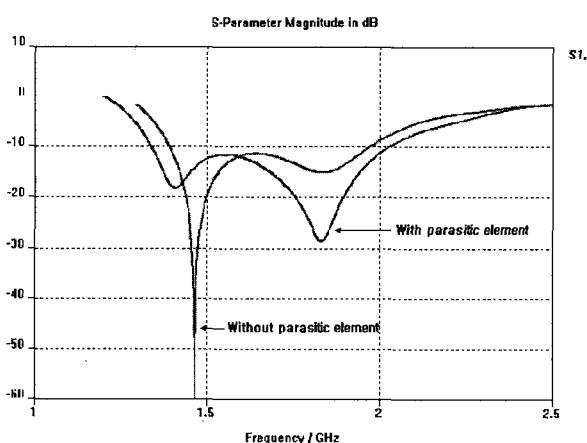


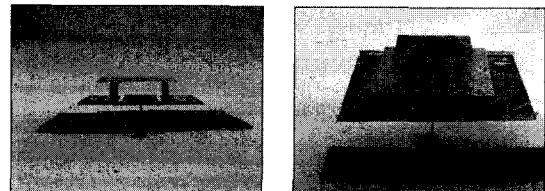
그림 6. U-형 접지면($H=15$ mm)상의 계산된 E-패치 안테나 반사손실

Fig. 6. Calculated return loss of the E-patch antenna on the U-shaped ground plane($H=15$ mm).

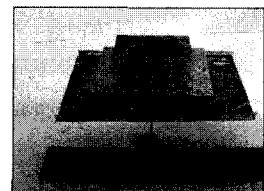
그림 6은 $H=15$ mm일 때 기생패치가 있는 E-형 패치 안테나와 기생패치가 없는 E-형 패치 안테나의 반사손실을 비교한 것이다. 기생패치가 없는 E-형 패치 안테나의 대역폭은 577.1 MHz(1399.2 MHz ~ 1976.3 MHz)이지만, 기생패치를 둔 E-형 패치 안테나의 대역폭은 691.6 MHz(1338.1 MHz ~ 2029.7 MHz)로 대역폭이 19.8 % 증가되었다.

2. 안테나 제작

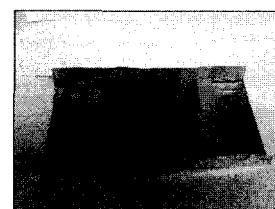
그림 7은 $H=0$ mm, $H=7.5$ mm, $H=15$ mm로 제작된 안테나의 사진이다.



(a) $H=0$ mm



(b) $H=7.5$ mm



(c) $H=15$ mm

그림 7. U-형 접지면상의 E-패치 안테나 사진 (a) $H=0$ mm (b) $H=7.5$ mm (c) $H=15$ mm

Fig. 7. Pictures of the E-patch antenna on the U-shaped ground plane (a) $H=0$ mm (b) $H=7.5$ mm (c) $H=15$ mm.

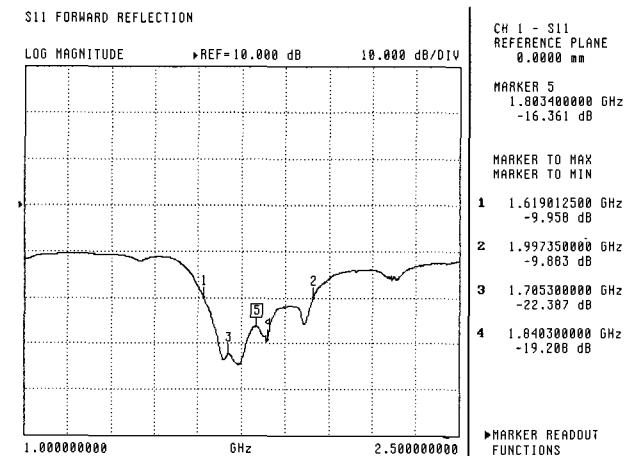


그림 8. U-형 접지면($H=0$ mm)상의 측정된 E-패치 안테나 반사손실

Fig. 8. Measured return loss of the E-patch antenna on the U-shaped ground plane($H=0$ mm).

3. 안테나 측정

제작된 안테나의 측정은 40 MHz에서 40 GHz까지 주파수 특성 측정이 가능한 회로망 분석기(network analyzer, Anritsu 37369A)를 이용하여 안테나의 반사손실, 입력임피던스, 전압정재파비(VSWR)를 측정하였다. 그림 8은 U형 접지면 높이가 $H=0$ mm일 때 측정된 반사손실 특성으로, 대역폭은 378 MHz (1619 MHz ~ 1997.3 MHz)이다.

그림 9는 U형 접지면 높이가 $H=7.5$ mm일 때 측정된

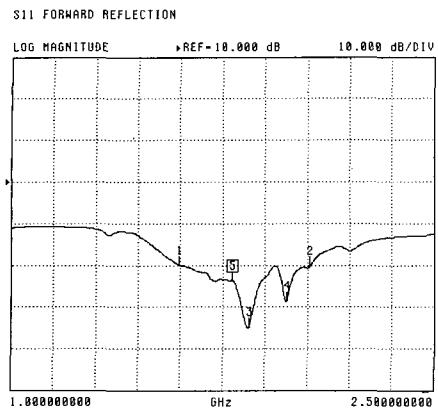


그림 9. U-형 접지면($H=7.5$ mm)상의 측정된 E-패치 안테나 반사손실

Fig. 9. Measured return loss of the E-patch antenna on the U-shaped ground plane($H=7.5$ mm).

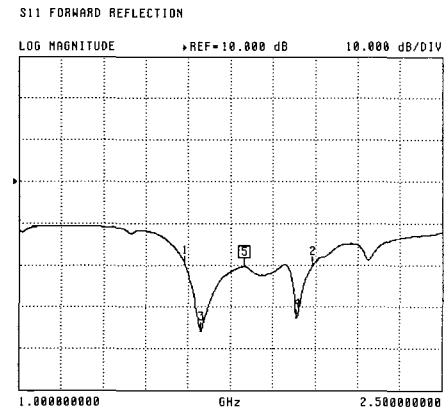


그림 10. U-형 접지면($H=15$ mm)상의 측정된 E-패치 안테나 반사손실

Fig. 10. Measured return loss of the E-patch antenna on the U-shaped ground plane($H=15$ mm).

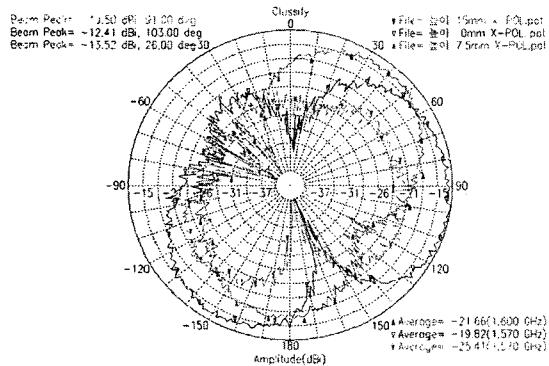


그림 11. 벽 높이에 따른 E-패치 안테나의 교차편파 변화 ($H=0$, $H=7.5$ mm, $H=15$ mm)

Fig. 11. Variations of the cross-polarization of the E-patch antenna depending on the sidewall heights($H=0$, $H=7.5$ mm, $H=15$ mm).

반사손실 특성으로 대역폭은 465.8 MHz (1596 MHz~2061.8 MHz)이다.

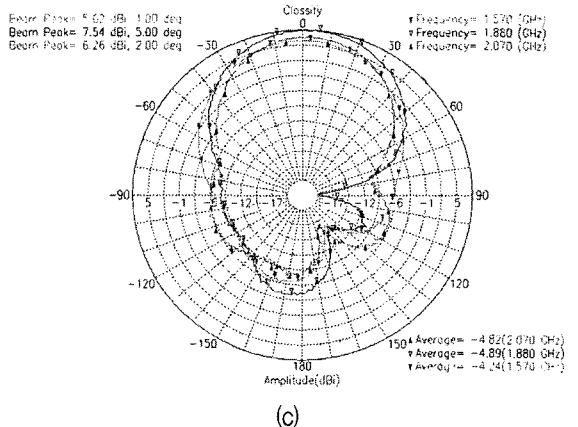
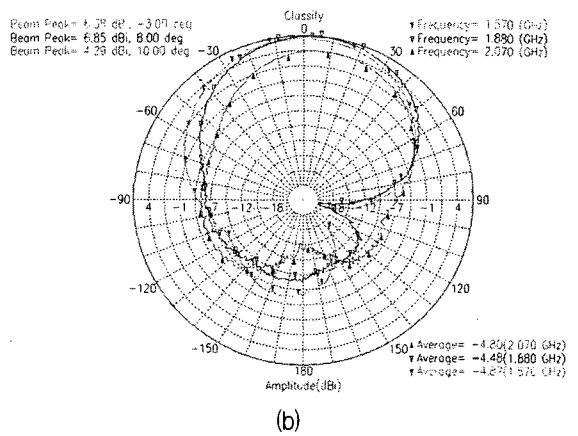
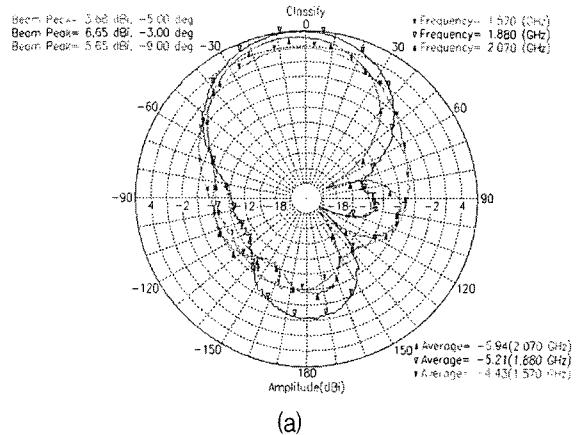


그림 12. 벽 높이에 따른 E-패치 안테나의 이득 변화 (a) $H=0$ (b) $H=7.5$ mm (c) $H=15$ mm

Fig. 12. Variations of the gain of the E-patch antenna depending on the sidewall heights (a) $H=0$ (b) $H=7.5$ mm (c) $H=15$ mm.

그림 10은 U형 접지면 높이가 $H=15$ mm일 때 측정된 반사손실 특성으로 대역폭은 465.8 MHz (1596 MHz~2061.8 MHz)이다.

그림 11, 12는 $H=0$ mm, $H=7.5$ mm, $H=15$ mm일 때, 각각의 중심주파수에서 측정된 교차편파와 이득을 측정한 패턴으로서, U-형 접지면이 길어질수록(0 mm → 7.5 mm → 15 mm) 교차편파가 감소(-12.41 dB →

-13.52 dBi → -19.5 dBi)하고 이득이 증가(6.65 dBi → 6.85 dBi → 7.54 dBi) 할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 U형 접지면 상의 E-패치 안테나를 설계하였다. 마이크로스트립 패치 안테나를 소형화하기 위해 두 개의 슬롯을 가지는 E-형 패치를 사용하고, 안테나 방사효율을 증가시키고 대역폭을 향상하기 위하여 두꺼운 공기기판(하층 공기기판 13.3 mm, 상층 공기기판 16 mm)위에 기생패치를 적층하였다. 아울러 교차편파의 감소와 이득 증가 효과를 위하여 U-형 접지면을 사용하였고 접지면의 높이가 증가할수록(0 mm → 7.5 mm → 15 mm) 교차편파가 감소(-12.41 dBi → -13.52 dBi → -19.5 dBi)하고 동시에 이득이 향상(6.65 dBi → 6.85 dBi → 7.54 dBi)되었음을 증명하였다.

참 고 문 헌

- [1] W. H. Hsu and K. L. Wong, "A dual capacitively fed broadband patch antenna with reduced cross-polarization radiation," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 26, pp. 169-171, 2000.
- [2] David M. Pozar, "A Review of Bandwidth Enhancement Technique for Microstrip Antennas," *IEEE Press. Microstrip Antennas*, pp. 157-165.
- [3] W. H. Hsu, "studies of broadband patch antennas with an air substrate Ph. D. dissertation," Department of Electrical Engineering, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, 2001.
- [4] D. Singh, P. Gardner, P. S. Hall, "Miniaturised microstrip antenna for MMIC applications," *Electronics Letters*, vol. 33, pp. 1830-1831, October 1997.

저 자 소 개



박 영 식(정회원)
2002년 경상대학교 전자공학과 학사
2004년 경상대학교 전자공학과 석사
2004년 ~ 현재 한국 SONY전자 (주) 재직

<주관심분야 : 마이크로파, 이동통신, ANT>



임 정 섭(정회원)
1998년 경상대학교 전자공학과 학사
2000년 경상대학교 전자공학과 석사
2001년 ~ 현재 경상대학교 전자공학과 박사 과정

1999년 ~ 현재 KT 재직

<주관심분야 : 마이크로파, 이동통신, ANT>



황 호 순(정회원)
1997년 진주산업대 전산학과 학사
2002년 경상대학교 전자공학과 석사
2002년 ~ 현재 경상대학교 전자공학과 박사 과정

1978년 ~ 현재 KT 재직

<주관심분야 : MW공학, 이동통신, ANT, Wibro>



장 재 삼(정회원)
1997년 경상대학교 전자공학과 학사
1999년 경상대학교 전자공학과 석사
2002년 ~ 현재 경상대학교 전자공학과 박사 과정
2002년 ~ 현재 (주)A-Telecom 재직

<주관심분야 : 이동통신, RF, PLL, ANT>



이 문 수(정회원)
1970년 한국항공대 항공통신공학과 학사
1980년 한양대학교 전자통신공학과 석사
1984년 한양대학교 전자통신공학과 박사
1981년 ~ 1986년 제주대학교 통신공학과 부교수
1986년 ~ 1987년 미국 COMSAT연구소 연구원
1997년 ~ 1999년 경상대학교 부설 정보통신연구센터 소장
1998년 ~ 2000년 전자과학회 영남지부 지부장
2004년 ~ 2005년 미시시피대학교 방문교수
1986년 ~ 현재 경상대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : 마이크로파, 이동통신, ANT, GIS>