

논문 2012-49TC-6-8

UWB 평면 패치안테나의 지향성이득의 향상 방법 (Directivity Gain Improvement Method for UWB Coplanar Patch Antenna)

주 창 북*

(Chang-Bok Joo)

요 약

UWB 주파수대역의 안테나로써 CPW 급전의 U-자형 평면 패치 안테나모델의 지향성이득 향상 방법을 검토하였다. 지향성이득 향상을 위해 CPW 급전의 U-자형 패치 안테나 모델에 개구슬롯 반사면을 추가하여 마이크로스트립 구조로 재구성하였다. 재구성한 안테나는 특성 임피던스 50.08Ω 에 대해 반사계수는 -6.5 dB ($VSWR < 3.3$) 이하이며 지향성이득은 $7.8 \text{ dBi} \sim 9.6 \text{ dBi}$, 전후방비는 $17.8 \text{ dB} \sim 28.7 \text{ dB}$ 그리고 $\theta = 0^\circ$ 의 주방사 방향에 대해 -3 dB 방사각의 범위가 $\pm 30^\circ$ 의 방사지향성의 패턴을 나타내 보였다.

Abstract

This paper discussed on the directive gain improvement method of the U-type ultra wide-band(UWB) planar patch antenna model with CPW feeding. For directive gain improvement, the U-type printed patch antenna model with CPW feeding is reconstructed as a microstrip structure by adding a reflection plane with aperture slot. The reflection coefficient of the reconstructed antenna is less than -6.5 dB ($VSWR < 3.3$) to the characteristic impedance of 50.08Ω and showed the directive radiation patterns with the directive gain of $7.5 \text{ dBi} \sim 10.1 \text{ dBi}$, the front-back ratio of $17.8 \text{ dB} \sim 28.7 \text{ dB}$ and the range of -3 dB radiation angle over $\pm 30^\circ$ to the main beam direction of $\theta = 0^\circ$.

Keywords : UWB antenna, U-type patch antenna, aperture slot, CPW feeding.

I. 서 론

UWB기술은 기존의 무선통신기술과 비교하여 매우 넓은 주파수대역폭에 걸쳐 상대적으로 낮은 전력스펙트럼밀도가 분포함으로써 우수한 다중간섭과 면역성과 고속 데이터 전송을 때문에 미래통신시스템을 위한 해법의 하나로 여겨지고 있다.

이미지정보, 위치정보에 관한 무선통신이나 위성, 레

이더 시스템 등과 같은 여러 가지 응용을 위한 UWB(ultra wideband)의 핵심기술로써 UWB 안테나에 관해 많은 연구개발이 이루어지고 있다^[1~3, 11~13, 19].

UWB의 가장 큰 특징인 $3.1 \sim 10.6 \text{ GHz}$ 의 초광대역에 사용가능한 안테나가 과제이고, 원형이나 타원형, 사각형, 슬롯구조, 삼각뿔구조의 모노폴 또는 다이폴안테나로부터 자기상보안테나 판상다이폴안테나 등 다양하며^[1~2, 9~11, 18, 20] UWB의 주파수 대역서 CPW(coplanar waveguide) 급전방법에 의하여 패치안테나의 반사계수를 -10 dB ($VSWR \leq 2$) 이하에서, 신호의 분산을 최소화하는 방사패턴에 대해 많은 연구가 이루어져 왔다^[4~8, 12~13, 16].

CPW 급전방식의 평면 패치안테나는 구조상의 특성

* 정회원, 경남대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering
Kyungnam University)

※ 본 논문은 2011년 경남대학교 학술연구지원에 의한 것임.

접수일자: 2012년4월29일, 수정완료일: 2012년6월14일

으로 반사계수의 크기가 비교적 낮게 되는 반면 방사이득이 낮은 무지향성의 방사패턴을 만들어낸다^[20]. 반면, 마이크로스트립 구조의 패치 안테나는 일반적으로 협대역의 지향성 패턴을 보여준다^[15, 17, 19~20].

본 논문에서는 UWB의 전 대역에 걸쳐 적용할 수 있는 마이크로스트립 패치안테나로 기존의 U-자형 CPW 급전 평면형안테나 모델^[14]에 개구 슬롯구조의 반사면을 추가시켜 마이크로스트립 구조로 재구성하여 지향성이득의 향상시키는 방법을 검토하여 보았다.

또한, 전단부(front-end)와의 임피던스 정합을 고려하여 안테나 입력 임피던스를 50 Ω 으로 되도록 하고 기존 안테나 모델^[14]과 비교하여 방사지향성을 향상시키는 방법에 중점을 두었다.

II장에서는 U자형 CPW 급전 평면형안테나 모델^[14]에 대해 전자계시물레이터인 CST를 사용하여 임피던스 특성과 방사패턴을 보인다. III장에서는 II장에서 평면형안테나 모델에 개구 슬롯구조의 반사면을 추가시켜 마이크로스트립 구조로 재구성하고 CST를 사용하여 지향성 이득을 높이는 방법을 살펴보았다. 그리고 IV장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 안테나 모델의 재구성

그림 1은 CPW 급전의 U-자형 평면 안테나 모델^[14]에 개구 슬롯구조의 반사면을 추가하여 구성한 마이크

표 1. 안테나 치수와 기판 정수

Table 1. Dimension of the antennas and substrate parameters.

Items	NO reflection plane [14]	Examination (with reflection plane)
ϵ_r	3.48	2.5
H(mm)	0.762	2.5
A(mm)	4.8	5.22
B(mm)	5.7	6.44
C(mm)		16
D(mm)		18
E(mm)		A+2G
F(mm)	1.5	1.04
G(mm)	0.3	0.085

로스트립 U-자형 평면 안테나구조를 나타내 보인 것이다.

CPW 급전의 U-자형 평면 안테나 모델은 그림 1(a)에서 평면형 급전선로에 U-자형 패치 방사체와 그 하부에 두께 H[mm], 비유전율 ϵ_r 의 안테나 기판으로 구성된다.

그림 1에서의 각 부분의 치수는 표 1에 나타내 보였다. 표 1에는 CPW 급전의 U-자형 평면 패치안테나 모델^[14]의 치수와 개구 슬롯구조의 반사면을 추가하여 구성한 마이크로스트립 CPW 급전의 U-자형 평면 안테나에 대해 CST 시뮬레이터를 통하여 구한 본 논문에서의 치수도 나타내 보였다.

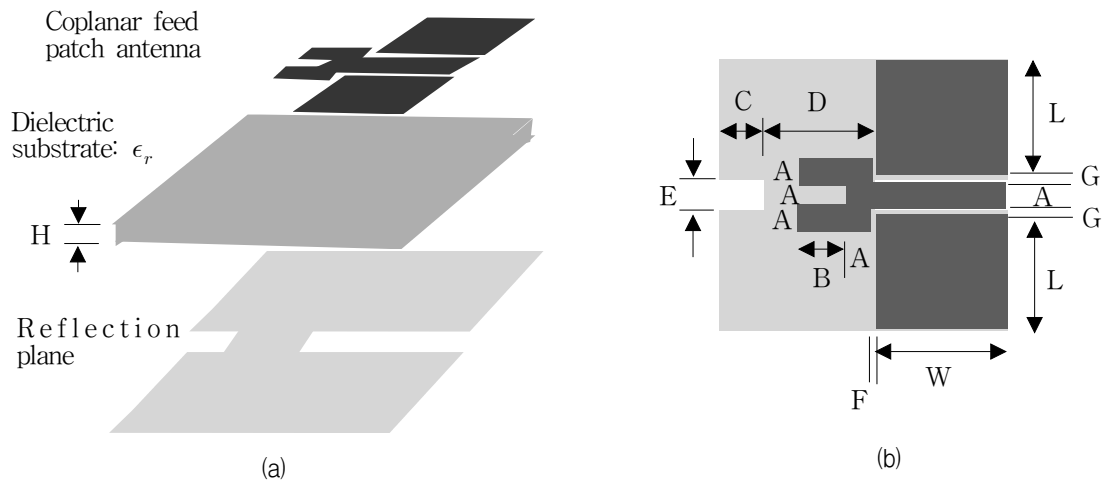


그림 1. 마이크로스트립 U-자형 평면 안테나구조
Fig. 1. Geometry of the CPW feed U-type microstrip antenna model.
(a) Schematic diagram (b) Plane figure

III. 안테나 모델의 동작특성

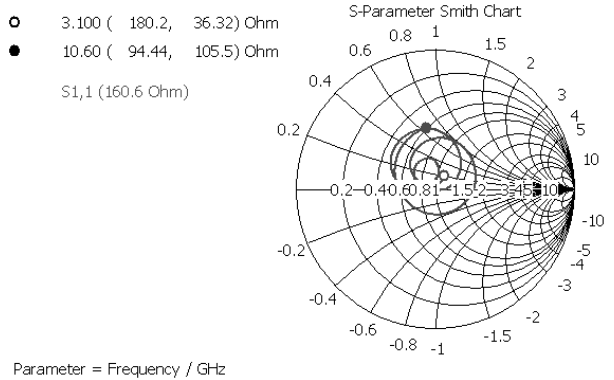
1. 기존 안테나 모델

CST 시뮬레이터를 통하여 기존의 안테나 모델인 CPW 급전 평면 안테나 모델의 동작특성을 보였다.

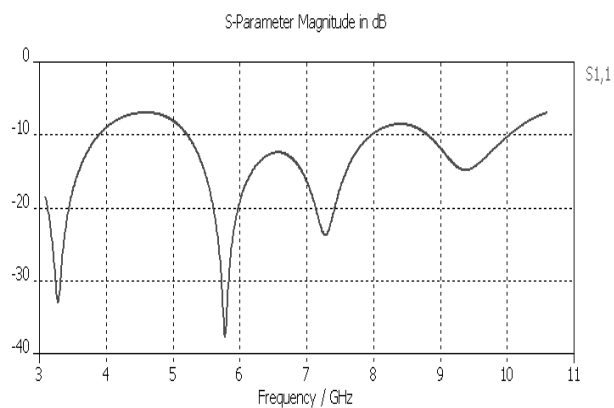
표 1에서와 같이 반사면이 없는 기존의 U-자형 CPW급전 평면안테나 치수에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 그림 2와 그림 3에 나타내 보였다.

그림 2는 안테나 급전 포트에서의 임피던스와 반사 계수를 나타내 보인 것이다. 입력 포트에서 특성 임피던스 160.6Ω 에 대해 UWB 전 대역에 걸쳐 반사계수는 -7.5 dB 이하로 됨을 볼 수 있다.

그림 3은 기존 CPW 급전 평면 안테나 모델의 수직 방향 즉, E-면과 수평방향인 H-면에서의 방사패턴



(a)



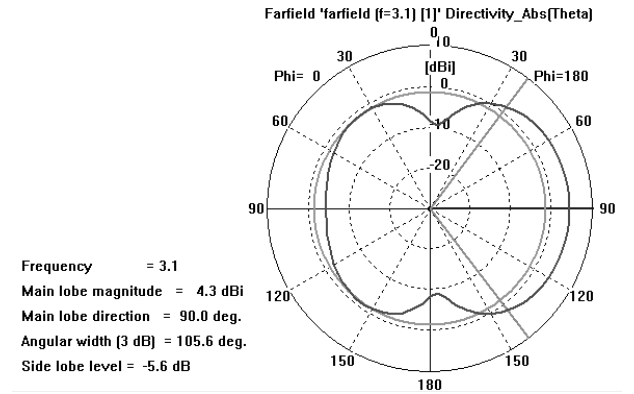
(b)

그림 2. 주파수에 따른 안테나의 임피던스와 반사 계수 [dB] (a) 스미스도표상의 입력 임피던스 (b) 반사계수

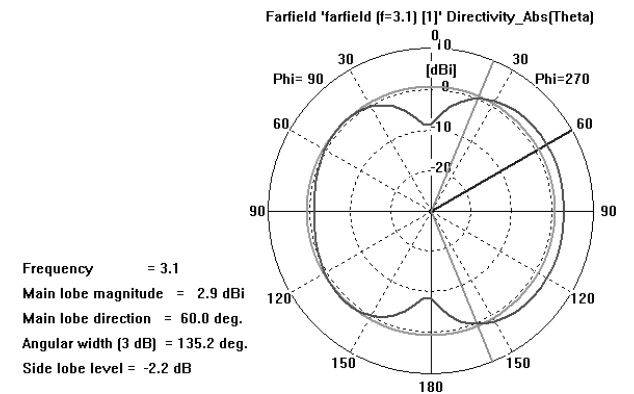
Fig. 2. Smith chart plot input impedance and reflection coefficient versus frequency (a) Input impedance (b) Reflection coefficient.

($E(\theta, \phi)$)을 나타내 보인 것이다.

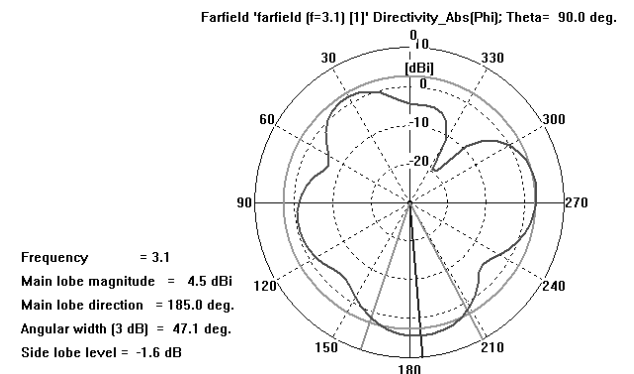
그림 3(a)은 주파수 3.1 GHz 에서의 E-면과 H-면의 방사패턴이다. E-면 패턴은 $\phi = 0^\circ$ 와 $\phi = 90^\circ$ 에서의 X-Z면과 Y-Z면에서의 전개방사패턴이고 H-면은



(a) $\phi = 0^\circ$



(b) $\phi = 90^\circ$

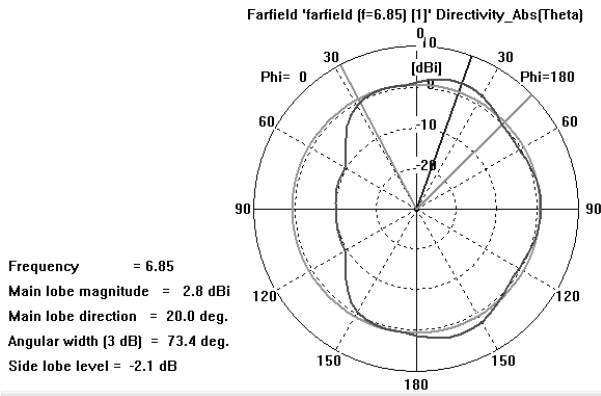


(c) $\theta = 90^\circ$

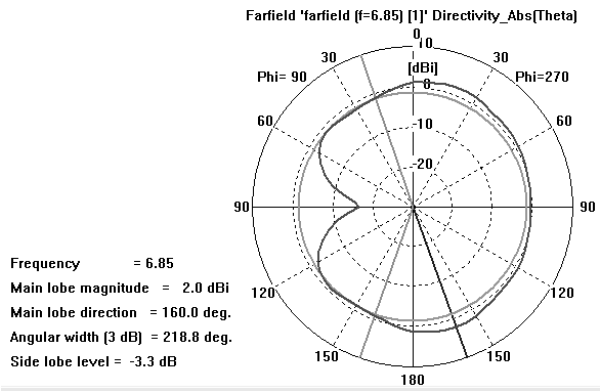
그림 3. 주파수 3.1 GHz 에서의 E-면과 H-면의 방사패턴

Fig. 3. E-plane and H-plane radiation patterns at 3.1 GHz.

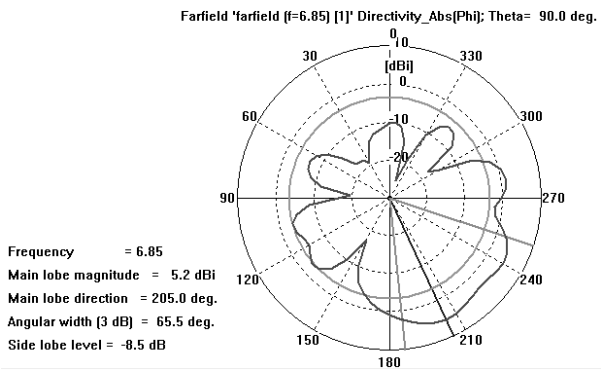
(a) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 0^\circ$ (b) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 90^\circ$ (c) $E(\theta, \phi)$ of $\theta = 90^\circ$



(a) $\phi = 0^\circ$



(b) $\phi = 90^\circ$



(c) $\theta = 90^\circ$

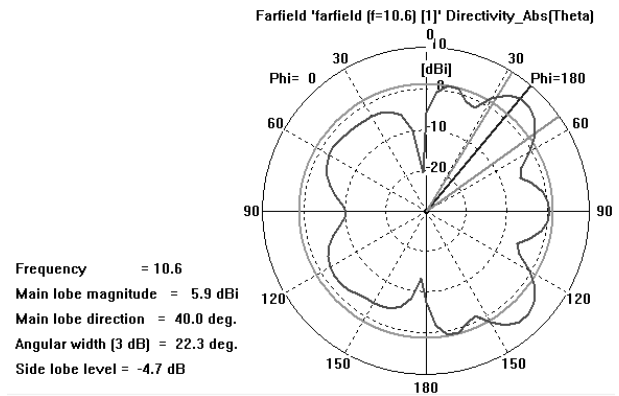
그림 4. 주파수 6.85 GHz 에서의 E-면과 H-면의 방사패턴

Fig. 4. E-plane and H-plane radiation patterns at 6.85 GHz .

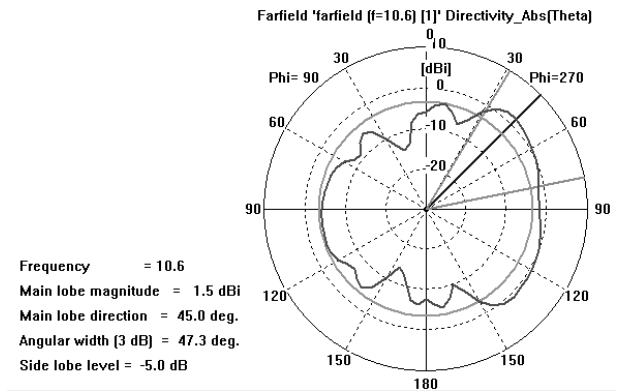
(a) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 0^\circ$ (b) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 90^\circ$ (c) $E(\theta, \phi)$ of $\theta = 90^\circ$

$\theta = 90^\circ$ 인 X-Y면에서의 전계방사패턴이다.

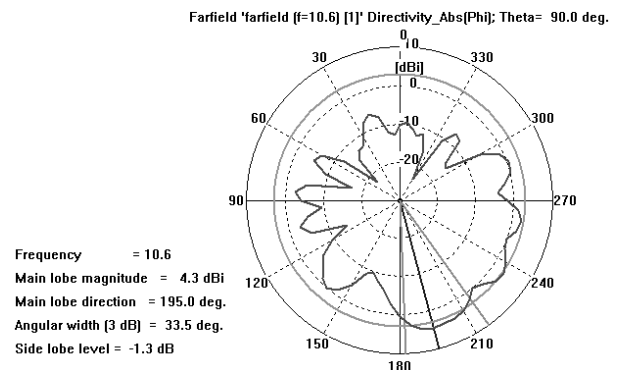
그림 3에서 주파수 3.1 GHz 에서의 주엽의 각도는 $\theta = 90^\circ$ 이며 최대 지향성 이득은 E-면에서 4.5dBi 이고, 전후방비는 3dB ~ 6dB 정도를 나타내 보이고 있



(a) $\phi = 0^\circ$



(b) $\phi = 90^\circ$



(c) $\theta = 90^\circ$

그림 5. 주파수 10.6 GHz 에서의 E-면과 H-면의 방사패턴

Fig. 5. E-plane and H-plane radiation patterns at 10.6 GHz .

(a) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 0^\circ$ (b) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 90^\circ$ (c) $E(\theta, \phi)$ of $\theta = 90^\circ$

으나 H-면 방향으로 대체로 전방향성의 방사특성을 보여주고 있다고 생각할 수 있다.

그림 4는 주파수 6.85 GHz 에서의 E-면과 H-면의 방사패턴을, 그림 5는 주파수 10.6 GHz 에서의 방사패

턴을 나타내 보인 것이다.

그림 4에서의 E-면과 H-면의 방사패턴에서 최대 방사방향은 수평면 방향이고 $\phi = 205^\circ$ 에서 5.2dBi 이며 전후방비 0dB 에서 4.9dB 로 수평방향과 수직방향에 이득은 작으나 다소의 방사지향성을 보여준다.

그림 5의 주파수 10.6GHz 에서의 E-면과 H-면의 방사패턴에서는 그림 4의 주파수 6.85GHz 에서의 E-면과 H-면의 방사패턴과 유사함을 보여준다.

2. 재구성의 안테나 모델

그림 1에서와 같이 개구 슬롯 반사면을 부가하여 재구성한 안테나 모델에 대한 CST 시뮬레이션 결과는 표 1에 나타내 보인 치수와 같다.

동일 평면상에 급전선과 접지면을 가지는 CPW 급전의 평면 패치 구조에서는 반사면이 없게 되므로 UWB의 전 주파수대역에서 반사계수의 크기를 -10dB ($VSWR \leq 2$) 이하로 하는 패치안테나에 대한 많은 연구보고가 이루어지고 있다^[12-13, 17].

이러한 연구결과에서 1dBi 에서 5dBi 정도의 이득에, 전,후방비 5dB 내외로 되는 대체로 전방향성의 지향특성을 보여준다^[20].

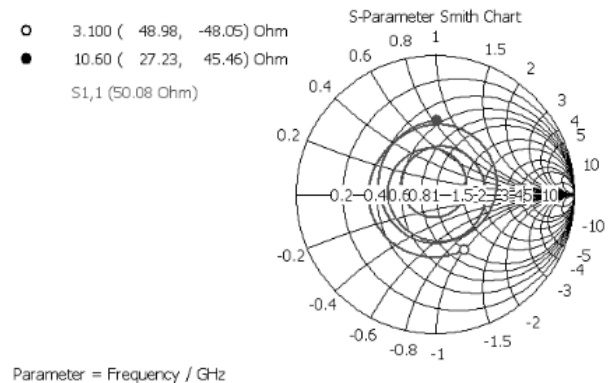
본 연구에서는 동일 평면상에 급전선과 접지면을 가지는 기존의 CPW 급전 U-자형 패치안테나 모델에 방사지향성의 향상을 위하여 개구 슬롯의 반사면을 부가하여 재구성한 마이크로스트립 구조의 CPW 급전 U-자형 패치안테나 모델의 동작특성을 검토하여 보았다.

사 패치면과 반사면과의 간격 H 가 커질수록 반사계수는 작아지나 지향성 이득은 감소한다. 그러므로 기관의 두께는 마이크로스트립 구조에서 TEM 전파모드를 고려하여 H 를 2.5mm 로 제한한다.

그리고 입력포트의 임피던스를 50Ω 으로 하기 위해 CPW 급전선과 양옆의 접지면사이의 간격 F 와 G 를 조절한다.

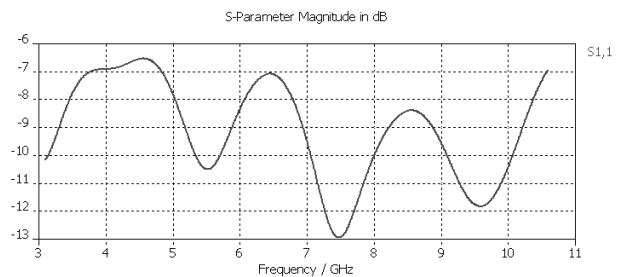
CST 시뮬레이터를 이용한 컴퓨터 시뮬레이션에서 입력포트의 임피던스는 일정한 급전선 폭 A 에서 간격 G 에 크게 영향을 받았다. G 를 조금씩 줄여감에 따라 입력포트의 임피던스를 50Ω 으로 되게 하였다.

일정한 안테나 패치와 급전선의 폭 A 그리고 G 의 크기에서 간격 F 의 크기 변화는 반사계수에 영향을 주었다. F 의 크기는 1mm 와 3mm 사이에서 간격조정이 이루어지며 이 범위를 벗어나면 다시 반사계수는 증가



Parameter = Frequency / GHz

(a)



(b)

그림 6. 주파수에 따른 재구성 안테나의 임피던스와 반사계수[dB] (a) 스미스도표상의 입력 임피던스 (b) 반사계수

Fig. 6. Smith chart plot input impedance and reflection coefficient versus frequency of reconstruction antenna (a) Input impedance (b) Reflection coefficient

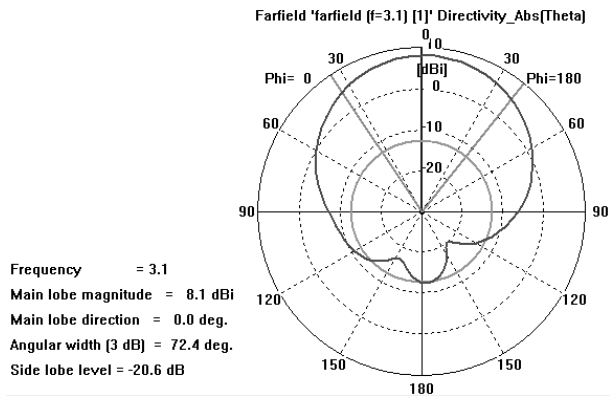
하였다.

한편, 일정한 F 와 G 에 의해 결정된 반사면의 개구슬롯의 폭 E 에서 방사패턴의 지향특성을 높이도록 개구슬롯의 길이는 C 와 D 에 의해 조절한다.

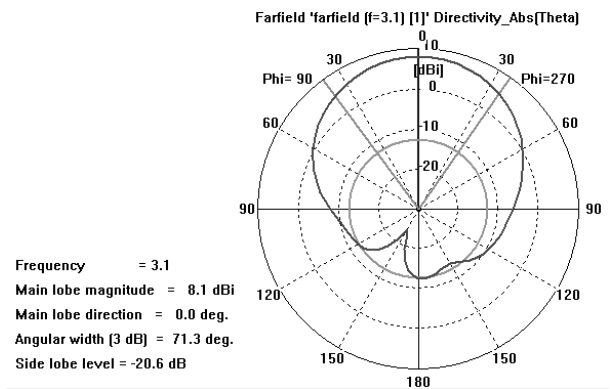
이러한 컴퓨터 시뮬레이션 과정을 통하여 구한 표 1과 같은 안테나 치수에서의 임피던스와 반사계수를 그림 6에 나타내 보였다.

그림 6에서와 같이 특성 임피던스 50Ω 에 대해 반사계수는 -6.5dB 이하로 나타났다. 이러한 결과는 그림 2와 비교해 볼 때 반사계수는 -1dB 정도 감소되어 있으나 입력 임피던스를 50Ω 으로 되도록 구성된 점과 기관의 두께 $H=2.5\text{mm}$ 의 마이크로스트립 구조를 고려한다면 기존 안테나 모델의 반사특성과 비슷한 수준이라 생각되어진다.

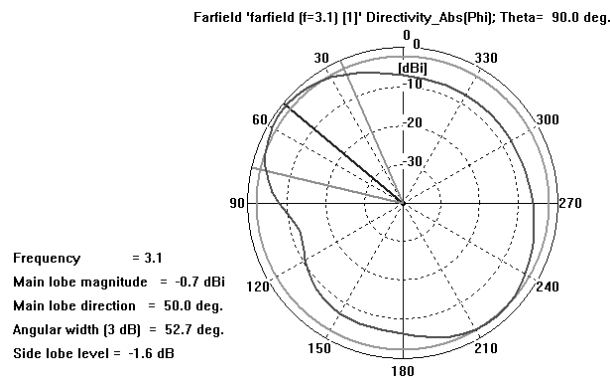
H 을 크게 하면 반사계수는 더 낮아지게 되나 반면에 지향성 이득이 줄어드는 문제가 발생한다.



(a)



(b)



(c)

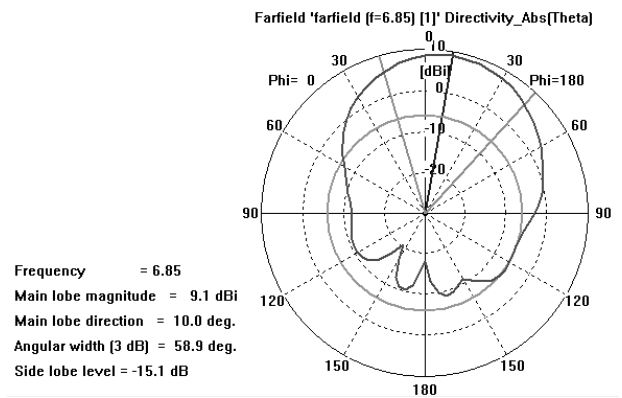
그림 7. 주파수 3.1 GHz 에서의 E-면과 H-면의 방사 패턴

Fig. 7. E-plane and H-plane radiation patterns at 3.1 GHz.

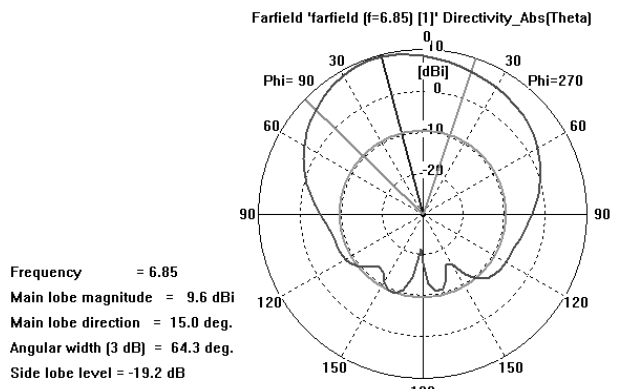
(a) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 0^\circ$ (b) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 90^\circ$ (c) $E(\theta, \phi)$ of $\theta = 90^\circ$

그래서 본 연구에서는 기존 안테나모델과 동등한 반사계수 특성에서 방사지향성 향상의 방법에 중점을 두었다.

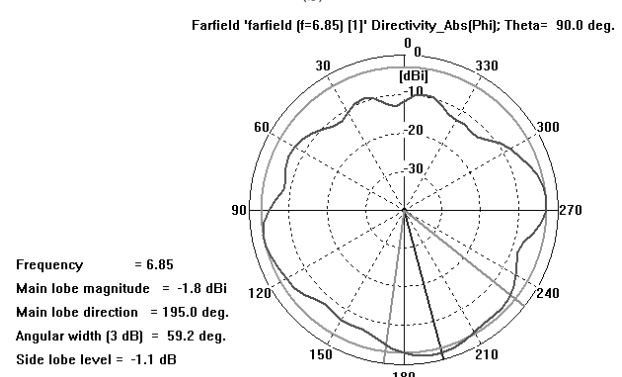
재구슬롯의 반사면을 부가하여 재구성한 안테나모델



(a)



(b)



(c)

그림 8. 주파수 6.85 GHz 에서의 E-면 과 H-면의 방사패턴

Fig. 8. E-plane and H-plane radiation patterns at 6.85 GHz .

(a) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 0^\circ$ (b) $E(\theta, \phi)$ of $\phi = 90^\circ$ (c) $E(\theta, \phi)$ of $\theta = 90^\circ$

의 지향성을 살펴보면 다음과 같다.

그림 7과 그림 8 그리고 그림 9는 재구성 안테나의 지향성 패턴을 나타내 보인 것이다.

UWB의 전주파수대역에서 주엽의 각도는 0° 즉, 패

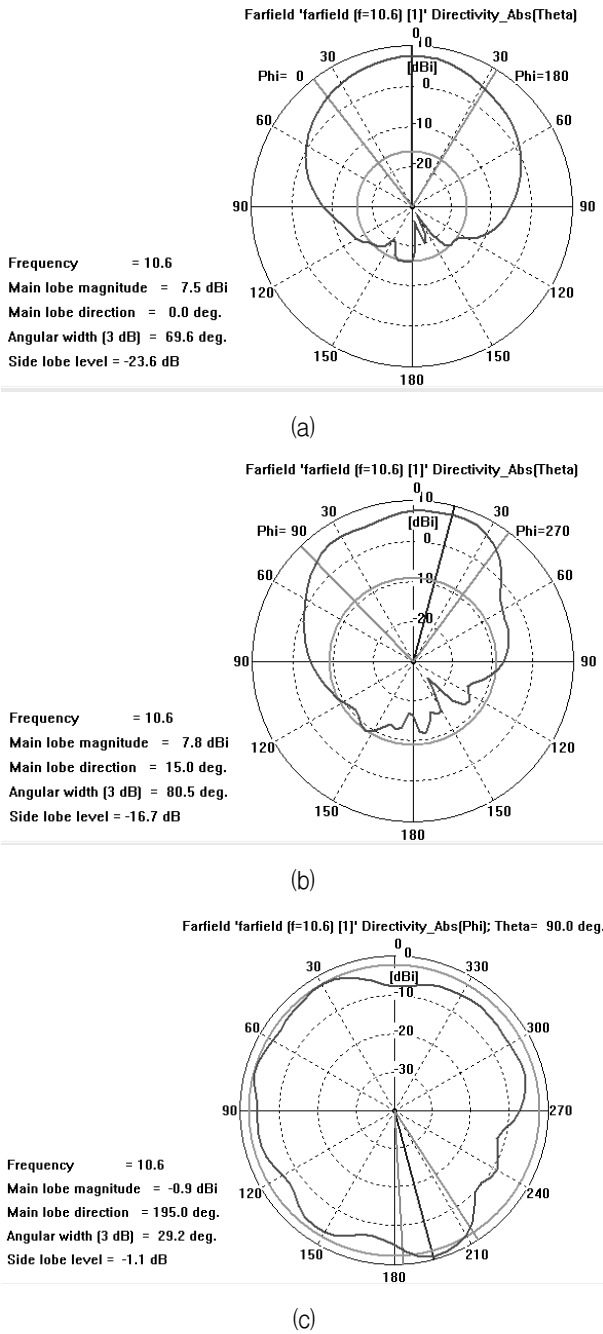


그림 9. 주파수 10.6 GHz에서의 E-면과 H-면의 방사 패턴

Fig. 9. E-plane and H-plane radiation patterns at 10.6 GHz.

(a) E-plane of $\phi = 0^\circ$ (b) E-plane of $\phi = 90^\circ$ (c) H-plane of $\theta = 90^\circ$

치안테나면 방향인 E-면에서의 지향성 이득은 7.8 dBi에서 9.6 dBi, 전후방비는 최소 17.8 dB로부터 최대 28.7 dB, 그리고 -3 dB 방사각의 범위는 $\pm 30^\circ$ 이상으로 되는 지향특성을 보여준다.

표 2. 컴퓨터시뮬레이션 결과 비교

Table 2. A comparison of Computer simulation results.

Items	Model antenna [14]	Examination (with reflection plane)
Input impedance	160.6Ω	50.08Ω
Reflection coef.	$\leq -7.5\text{dB}$	$\leq -6.5\text{dB}$
E-plane Gain	1.5 dBi ~ 5.9 dBi	7.8 dBi ~ 9.6 dBi
H-plane Gain	4.3 dBi ~ 5.2 dBi	-1.8 dBi ~ -0.7 dBi
Front Back ratio(E-p)	4.1 dB ~ 10.6 dB	17.8 dB ~ 28.7 dB
Front Back ratio(H-p)	6.1 dB ~ 13.7 dB	0 dB ~ 2 dB
E-plane main lobe	$\theta = 90^\circ \pm 60^\circ$	$\theta = \pm 30^\circ$

그러나 H-면에서는 -1.8 dBi에서 -0.7 dBi의 이득에 전후방비 0 dB에서 2 dB 정도로 패치안테나면 방향으로의 고른 방사특성을 보여준다.

이러한 컴퓨터시뮬레이션의 결과를 간략히 비교해 볼 수 있도록 표 2에 요약해 놓았다. 표 2에서와 같이 본 논문에서 재구성한 안테나는 지향특성이 크게 개선되어 있음을 나타내 보여준다.

IV. 결론

UWB는 3.1 GHz ~ 10.6 GHz인 광대역을 사용하기 때문에 주파수에 따라 안테나의 지향성이 변화되는 것은 피할 수 없는 일이다. 또한, 마이크로스트립 구조에서는 접지면의 영향으로 반사계수는 크고 지향성이득을 얻기가 어려운 문제가 있다.

본 논문에서는 U자형 CPW 급전 평면형안테나 모델에 개구 슬롯구조의 반사면을 추가시켜 마이크로스트립 구조로 재구성하고 CST 시뮬레이터를 사용하여 기존 안테나모델과 동등한 반사계수 특성에서 방사지향성 향상의 방법에 중점을 두어 살펴보았다.

본 연구에서 재구성한 안테나는 특성 임피던스 50 Ω에 대해 기존 안테나모델 수준의 반사특성을 보여준다.

한편, UWB대역내의 하한(3.1GHz), 중심(6.85GHz), 상한(10.6GHz)의 각각의 주파수에서 주엽의 각도는

$\theta = 0^\circ$ 즉, 패치안테나면 방향으로 지향성 이득은 7.8dBi 에서 9.6dBi , 전후방비는 최소 17.8dB 로부터 최대 28.7dB , 그리고 -3dB 방사각의 범위는 $\pm 30^\circ$ 이상으로 되는 패치안테나면 방향으로의 고른 방사지향특성을 보여준다.

반면, $\theta = 90^\circ$ 인 H-면에서는 -1.8dBi 에서 -0.7dBi 의 이득에 전후방비 0dB 에서 2dB 정도로 되는 무지향성을 보여준다.

참 고 문 헌

- [1] Zhi Ning Chen, "UWB antennas: Design and application", Information, Communications & Signal Processing, 2007 6th International Conference on Vol. Issue 10-13, pp1-5, Dec. 2007.
- [2] M. A. Peyrot, G. M. Galvan and H. Jardon, "State of the art in ultra-wideband antennas", Electrical and Electronics Engineering, 2005 2nd International Conference on Vol. Issue 7-9, pp101-105, Sept. 2005.
- [3] S. Y. Suh, W. L. Stuzman and W. A. Davis, "A new ultra wideband printed monopole antennas; The planar inverted cone antenna", IEEE Trans. on Antenna and Propagation, Vol.52, No.5, pp1361-1365, 2004.
- [4] M. J. Ammann and Z. N. Chen, "Wideband monopole antennas for multiband wireless systems", IEEE Antenna and Propagation Magazine, Vol.45, No.2, pp1146-150, April 2003.
- [5] Seok H. Choi, Jong K. Park, Sun K. Kim and Jae Y. Park, "A new ultra-wideband antenna for UWB applications", Microwave and Optical Technology Letters, Vol.40, No.5, pp 399-401, March 5 2004.
- [6] N. P. Agrawall, G. Kumar and K. P. Ray, "Wideband planar monopole antennas", IEEE Trans. on Antenna and Propagation, Vol.46, No.2, pp294-295, 1998.
- [7] K. Y. Yazdandoost and R. Kohno, "Ultra wideband antenna", IEEE Radio Communications, pp29-32, June 2004.
- [8] Nikolay Telzhensky and Yehuda Leviatan, "Planar differential elliptical UWB antenna optimization", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol.54, No.11, p3400-3406, 2006.
- [9] Hans Schantz, "The Art of Science of Ultrawideband Antennas", Artech House, 2005.
- [10] 주창복, "UWB용 사다리꼴 모노폴 마이크로스트립 안테나" 대한전자공학회 논문지, 46권, 2호, 2009.
- [11] A. Evans and M.J Ammann, "Plannar trapezoidal and pentagonal monopoles with impedance bandwidth in excess of 10:1", IEEE Antenna Propagat. symp., Vol.3, No.5, pp1558-1561, 1999.
- [12] S.S. Zhong, X.L. Liang, "CPW feed printed monopole antenna". Microwave Opt. Tech. letter, 48(7), 1242-1244, 2006.
- [13] S.H. Hsu and K. Chang, "Ultra- thin CPW-fed rectangular slot antenna for UWB applications." IEEE Antenna Propagat. symp., Vol.5, pp2587-2590, 2006.
- [14] KIM, J. YOON, T.CHOI, J "Design of an ultra wideband printed monopole antenna using FDTD and genetic algorithm." IEEE Microwave and Wireless Components Letters. 15(6), pp395-397, 2005.
- [15] 구환모, 윤영민, 김부균. "병렬스터브를 이용한 개구면 결합 마이크로스트립 패치 안테나의 대역 폭 확장". 대한전자공학회 논문지 TC, 49권 2호, 39-49쪽, 2012.
- [16] 이호상, 장재삼, 정영호, 김철복, 김재훈, 박승 배, 이문수. "모노폴 쌍으로 구성된 U자형 평면 UWB 안테나 설계". 대한전자공학회 논문지 TC, 45권 (9), 60-66쪽, 2008.
- [17] C.C. Lin, Y.C. Kan, L.C. Kuo and H.R. Chuang, "Plannar triangular monopole antennas for UWB communications". IEEE Microwave and wireless components letters, Vol.15, No.10, 2005.
- [18] X.L. Liang, S.S. Zhong, W. Wang and F.W. Yao, "Printed annular monopole antennas for ultra-wideband applications". IEEE Microwave and wireless components letters, Vol.15, No.10, pp71-72, 2006.
- [19] A.D. Capobianco, F.M. Pigozzo, A. Locatelli. "Directive ltra-Wideband Planar antennas". Microstrip antennas. IEEE published. Chap. 1, pp1-18, 2011.
- [20] S.S. Zhong. "UWB and SWB Planar Antenna Technology". Microstrip antennas. IEEE Published. Chap. 4, pp63-8, 2011.

— 저 자 소 개 —

주 창 복(정회원)
대한전자공학회 논문지
제46권 29호 참조
경남대학교 전자공학과