

UWB용 CPW-FED APERTURE 안테나 설계

조성식* · 박창현* · 박정아* · 김갑기*

*목포해양대학교

Designs on CPW-FED aperture antenna for uwb applications

Sung-sik Jo* · Chang-hyun Park* · Jung-ah Park* · Kab-ki Kim*

Mokpo National Maritime University

E-mail : zmwq11@naver.com

요 약

본 논문에서는 새로운 CPW UWB 홈 구조의 안테나를 설계하였다. 설계 되어진 안테나는 그라운드면 위에 직사각형을 패어낸 모형과 버섯형태의 스테르브로 구성되어진다. 또한, 버섯형태의 스테르브는 간단하고 적은 변수를 갖는 것과 동시에 원하는 UWB 대역에 맞는 가장 적절한 값을 구해내기에 편리하다. 안테나의 작은 홈의 크기는 $21.1 \times 8.1 \text{mm}^2$ 이며 두께는 1.5mm 에 유전율이 4.3을 가지는 FR-4에 제작되었다. CPW fed 평면 슬롯 안테나는 무선 주파수의 안테나에서 전파를 선택하여 증폭 시킨 후 중간주파수로 변환하는 회로와 함께 광대역, 저비용, 간단히 집적화 시킬 수 있는 이점들을 가지고 있다.

ABSTRACT

In this paper, a new co-planar waveguide ultra-wideband aperture is designed. The designed antenna consists of a rectangular aperture on a determined ground plane and a mushroom shaped stub. The mushroom-shaped stub, which is simple, convenient to analyze and optimise, has less parameter. This antenna has compact aperture size $21.1 \times 8.1 \text{mm}^2$, designed on FR-4 substrate with dielectric constant of 4.3, thickness of 1.5mm . CPW fed planar antenna has the advantages of wide-bandwidth, low-cost and easy interaction with the radio frequency front end circuitry.

키워드

CPW-fed aperture, tapering, stub, FCC, feeding

1. 서 론

UWB 기술은 높은 속도의 데이터율과 다중경로 간의 간섭을 최소화 할 수 있는 장점을 가지므로써 미래의 통신 시스템에서 중요한 기술이 될 것이다. 이러한 UWB 시스템에서 중요한 요소 중에 하나가 안테나인데, 이러한 안테나 제작에는 임피던스 정합에 따른 성능과 방사패턴, 안테나의 크기, 소비자를 위한 저가의 제작비용이 필요하게 될 것이다. 하지만 CPW 급전 평면 슬롯 안테나들은 전파를 선택하여 증폭 시킨 후 중간주파수로 변환하는 회로(Front-End Circuitry)를 포함함으로써 광대역, 저비용의 장점을 가지고 있어 CPW 급전 광대역 슬롯 안테나의 설계는 최근 많

은 각광을 받고 있다[1-8]. 이러한 안테나들의 대역폭은 FCC(연방통신위원회)에서 결정한 UWB 대역($3.1 \sim 10.6 \text{ GHz}$)의 약 60%를 커버 한다. 그렇다고 해서 커버하는 대역만큼 안테나의 크기가 작은 것은 아니다[1][2]. 직사각형 CPW-급전구조를 가지는 원형 슬롯 안테나는 UWB대역에서 좋은 특성을 가지지만[3], U자 형태로 된 조정 스테르브 사용과 점차적으로 줄어드는 복잡한 구조 때문에 급전 선로 설계에서 다수의 변수가 많이 사용된다[4][5]. 본 논문에서는 UWB대역을 가지는 CPW-급전 직사각형 홈이 파진 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 50Ω 로 매칭된 CPW 전송선로를 가지고 있으며, 전송선로 특성은 반원 스테르브에 의해 결정된다. 전체 급전 구조는 버섯

형태로 보이는 스테르브로 간단한 구조와 적은 변수를 가지게 된다.

II. 패치안테나 설계 이론

2.1. 패치의 폭과 길이

공진 주파수 f_r 에서 동작하도록 유전율이 ϵ_r 이고 두께가 h 인 기판위에 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는 경우 실제 폭 W 는

$$W = \frac{c}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

이 된다. 여기서 C 는 광속도, f_r 은 안테나의 공진 주파수이다. 공진패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진패치 가장자리에서의 계와 폭에 대해서 프린징이 발생하게 된다. 총 프린징 효과는 공진 패치의 크기와 기판높이의 함수로써 안테나의 공진주파수에 영향을 주기 때문에 고려해야한다. 마이크로스트립 선로에서 대부분의 전기력선은 기판에 존재하고 그 일부는 공기에 존재한다. 즉, 파의 일부는 기판에, 다른 일부는 공기로 진행하기 때문에 선로에서 프린징과 전파 전파를 계산하기 위하여 실효유전율을 도입한다. 실효유전율 ϵ_{re} 은 $W/h > 1$ 인 경우,

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

으로 나타낼 수 있다. 프린징 효과 때문에 마이크로 스트립 안테나의 공진패치는 물리적인 크기보다 전기적으로 더 큰 것처럼 보인다.

기본 E-평면(x-y평면)에서, 길이에 대한 공진패치 크기는 각 종단에서 Δl 만큼 확장되었다. Δl 은 Hammerstad 실험식으로 프린징 필드에 의한 확장효과이며 식(3)과 같다.

$$\Delta l = 0.412 \frac{(\epsilon_{re} + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{re} - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (3)$$

실효유전율 ϵ_{re} 와 선로확장 Δl 에 의해 방사체 길이 L 은

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{re}}} - 2\Delta l \quad (4)$$

이 된다. 사각형 공진패치의 경우 길이 L 은 일반적으로 $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ 이다.

2.2. 공진주파수의 결정

마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수 f_r 은 식(4)에 의해

$$f_r = \frac{c}{2(L + 2\Delta l) \sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (5)$$

과 같이 나타낼 수 있다. 공진주파수는 안테나 소자의 전기적인 길이 $(L + \Delta l)$, 실효유전율과 기판의 두께에 관계가 있지만 주로 길이에 의해 결정된다[9].

II. 안테나 설계

최적의 변수로 설계된 안테나는 다음 그림 1과 같다. 안테나는 PCB의 그라운드 면으로부터 직사각형을 파냄으로써 공진을 위하여 CPW-급전에 버섯형태로 된 스테르브로 구성되어져 있다.

설계된 안테나는 FR-4 기판을 사용하여 접지면 위에 설계하였고, 유전율은 $\epsilon_r=4.3$ 에 기판의 두께는 $h=1.5\text{mm}$ 이다.

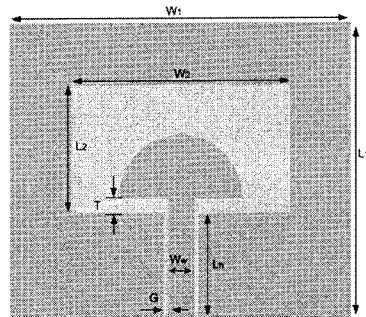


그림 1. 설계된 안테나의 layout
Fig. 1 Layout of the Digned Antenna

접지면의 폭 $W_1=32.8\text{mm}$, 높이 $L_1=27.8\text{mm}$ 이고 직사각형 홈의 폭 $W_2=21.1\text{mm}$, 높이 $L_2=12.1\text{mm}$ 이다. 50Ω CPW 급전 선로의 금속 스트립 선로 간격의 폭 $W_w=2.64\text{mm}$ 이고, 스트립 선로와 접지와의 간격은 $G=0.4\text{mm}$, $L_h=9.85\text{mm}$ 이다.

반지름 R 의 반원은 CPW 급전 선로의 끝 부분에 연결하였고, 반원 단자와 접지면의 가장자리 간격은 T 로 정의하였다. 버섯형태로 된 스테르브는 두개의 변수들을 가지는데, 이 두개의 변수는 반

경 R과 버섯형태로 된 스테르브와의 폭 T이다. 간단하게 최적의 값들을 찾을 수 있도록 이 회로는 설계하였다.

홀이 파진 안테나를 위한 버섯 형태로 된 조정 스테르브는 안테나의 광대역 특성을 향상시키기 위하여 슬롯과 급전 선로 사이를 연결한 것이다. 안테나 형성에 영향을 미치는 아주 중요한 변수인 반경 R과 폭 T를 조정해 보았다[6].

시뮬레이션은 CST사의 Microwave Studio 2006B를 사용하여 안테나를 설계하였고, 버섯 형태로 된 스테르브 반원의 반경 R값을 조정하여 그림 2와 같이 입력 대비 반사손실을 알아냈다. R=5.5mm 일 때, 입력 반사손실이 -10dB 미만의 결과를 얻을 수 있었다.

특성을 보였다.

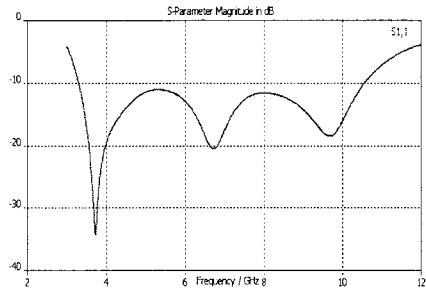


그림 4. 입력 대비 반사손실 |S11|
Fig. 4 Input return loss |S11|

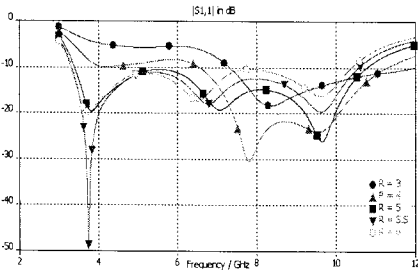


그림 2. R값의 변경에 따른 |S11|
Fig. 2 Simulated |S11| Curve under different Radius R

또한 안테나에 영향을 줄 수 있는 버섯 형태로 된 스테르브와 접지 면의 폭 T를 조정하여 그림 3과 같은 입력 대비 반사손실을 얻을 수 있었다.

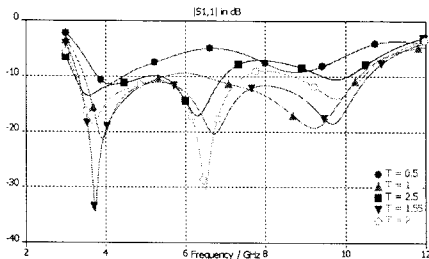


그림 3. T값의 변경에 따른 |S11|
Fig. 3 Simulated |S11| curve under different T

언어진 T와 R값을 지정하여 시뮬레이션한 결과 그림 4, 5에서와 같이 입력 대비 반사손실은 -10dB(VSWR 2:1) 미만이며 주파수 범위는 3.3[GHz] ~ 10.56[GHz]까지 약 7.26[GHz]의 광대역

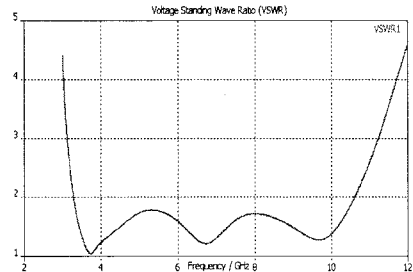


그림 5. 정재파비
Fig. 5 VSWR

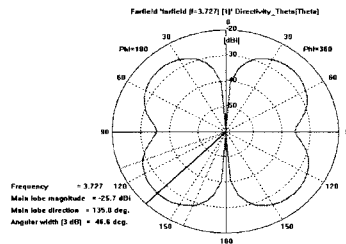


그림 6. 3.3[GHz] H-평면 방사패턴
Fig. 6 Radiation of the H-plane at [3..3GHz]

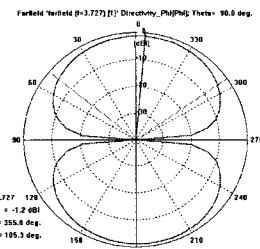


그림 7. 3.3[GHz] E-평면 방사패턴
Fig. 7 Radiation of the E-plane at [3..3GHz]

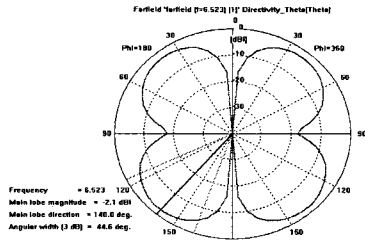


그림 8. 6.5[GHz] H-평면 방사패턴
Fig. 8 Radiation of the H-plane at [6.5GHz]

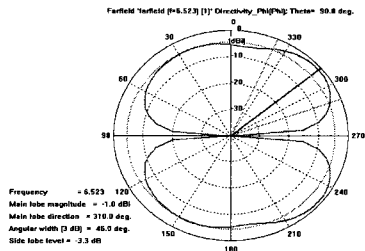


그림 9. 6.5[GHz] E-평면 방사패턴
Fig. 9 Radiation of the E-plane at [6.5GHz]

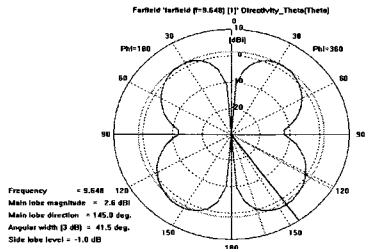


그림 10. 9.6[GHz] H-평면 방사패턴
Fig. 10 Radiation of the H-plane at [9.6GHz]

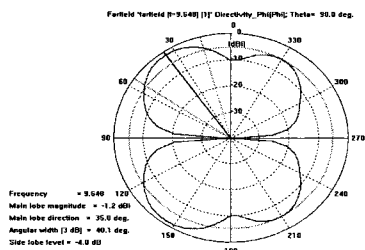


그림 11. 9.6[GHz] E-평면 방사패턴
Fig. 11 Radiation of the E-plane at [9.6GHz]

그림 6~11은 3.3[GHz], 6.5[GHz], 9.6[GHz]에 대한 H평면과 E평면의 방사패턴을 보여주고 있다. H평면은 전방향성 패턴을 가지면서 모노폴 안테나와 비슷하고 주파수가 증가함에 따라 점점 더 지향성이 되어간다. E평면은 특히 낮은 주파수들에서 거의 양 방향성을 보여준다. H 평면 패

턴은 E평면보다 비교적 더 넓은 교차편파를 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 UWB 대역을 만족하는 소형의 안테나를 제안하고 설계하였다. 제안된 안테나는 3.3[GHz] ~ 10.56[GHz]까지 약 7.26[GHz]대역의 광대역 특성을 보여주었고, -10dB(VSWR 2:1)이하의 입력 대비 반사손실과 정재파비를 나타내었다. H평면과 E평면의 방사 패턴의 결과는 H평면일 때, 전방향성 패턴을 보이면서 주파수가 증가함에 따라 점점 더 지향성이 증가하였고, E평면은 주파수가 낮아질수록 양방향성의 특성을 보여주었다. 설계되어진 안테나의 기판의 유전율은 $\epsilon_r=4.3$ 이며, 주파수 3.3GHz의 $\lambda/4$ 보다 더 적은 치수인 $22 \times 13 \text{mm}^2$ 로 그라운드 면을 파내어 소형으로 설계되었다. 설계된 마이크로스트립 패치 안테나는 기존에 발표된 복잡한 구조의 CPW 급전안테나와 비교하였을 때, 간단한 구조와 적은 변수들을 가지고 있고, 안테나는 전방향성의 방사 패턴과 안정된 방사 패턴의 특성을 보이게 설계되었다.

추후에 최적으로 설계된 시뮬레이션 데이터들을 가지고 제작을 할 것이며, 제작된 안테나는 UWB에서 충분히 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Chiou, J. Y., J. Y. Sze, and K. L. Wong, "A broad-band CPW-fed strip-loaded square slot antenna." IEEE Trans. Antennas propaga., Vol. 51, pp. 719-721, 2003.
- [2] Chen, H. D., "Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened tuning stub," IEEE Trans. Antennas propaga., Vol. 51, pp. 1382-1986, Aug. 2003.
- [3] Consoli, F., F. Maimone, and S. Barbarino, "Study of a PCW-fed circular slot antenna for UWB communications," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol. 48, pp. 2272-2277, Nov. 2006.
- [4] Li, P. C., J. X. Liang, and X. D. Chen, "Ultra-wideband elliptical slot antenna fed by tapered microstrip line with U-shaped tuning stub," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol. 47, pp. 140-143, Oct. 2005.
- [5] Li, P. C., J. X. Liang, and X. D. Chen, "Study of printed elliptical/circular slot antennas for ultrawideband applications," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol.54, pp. 1640-1674, 2006.

- [6] Lin, Y. C. and K. J. Hung, "Compact ultrawideband rectangular aperture antenna and band-notched designs," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol.54, pp. 3075-3081, Nov. 2006.
- [7] Saed, M. A., "Broadband CPW-fed planar slot antennas with various tuning stubs," Progress In Electromagnetics Reserch, PIER 66, pp. 199-212, 2006.
- [8] Jiao, J.-J., G. Zhao, F.-S. Zhang, H.-W. Yuan, and Y.-C. Jiao, "A broadband CPW-fed T-shape slot antenna," Progress In Electromagnetics Research, PIER 76, pp. 237-242, 2007.
- [9] 김평국 "적층구조를 이용한 광대역 무선랜용 2×1 배열 안테나 설계 및 제작에 관한 연구" 석사학위논문집, pp. 38-40, 2004.