

# UWB용 사각 슬롯 패치 안테나의 설계

임태균\*, 조성식\*, 이진택\*, 김갑기\*

\*목포해양대학교

## Design of a Rectangular Slot Patch Antenna for UWB Application

Tai-Gyun Lim\*, Sung-Sik Jo\*, Jin-Taik Lee\*, Kab-Ki Kim\*

\*Mokpo Maritime University

E-mail : patriot1983@hanmail.net

### 요약

본 논문에서는 UWB용 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 3.1GHz에서 11.2GHz까지 동작한다. 안테나는 두 개의 스텝을 가진 사각패치와 하나의 슬롯으로 구성되며, 부분급전에 의해서 배면방사를 감소시킨다. 제안된 안테나의 디자인과 시뮬레이션 결과의 자세한 사항은 이후에 논의하기로 한다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose a ultra-wideband(UWB) antenna for UWB applications. The proposed antenna is designed to operate from 3.1GHz to 11.2GHz. It consists of a rectangular patch with two steps, a single slot on the patch, obtained to decrease the back radiation by a partial ground plane. Details of the proposed antenna design and measured results are presented and discussed.

### 키워드

UWB, rectangular patch, single slot, partial ground plane

## 1. 서론

최근 무선 통신 산업의 발달로 이중 대역 혹은 다중 대역에서 동작할 수 있는 안테나의 개발이 절실히 요구되고 있다. UWB(Ultra-wideband) 기술은 1nsec이하의 폭이 좁은 펄스를 이용하여 정보를 전송하는 기술로서 광대역에 걸쳐 기저대역 잡음과 같이 낮은 전력 스펙트럼밀도로 존재하므로 같은 대역을 사용하는 다른 통신스펙트럼과의 간섭을 주지 않으면서 고속 데이터 전송이 가능하기 때문에 미래통신시스템으로 주목받고 있다[1],[2],[3],[4].

2002년 UWB 기술은 미국 FCC(연방 통신 위원회)에서 주파수의 20% 이상의 점유 대역폭을 차지하는 시스템, 혹은 500[MHz]이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선 전송 기술이라 정의하였으며, 통신용으로는 3.1~10.6[GHz] 대역에서 사용이 허가되었다. 이에 따라 UWB의 가장 큰 특징인 3.1~10.6[GHz]의 초 광대역에 사용가능한 안테나가

과제이며, 이에 관한 여러 가지 안테나가 연구되고 있다[5].

UWB는 기존 무선 랜에 비해 5~10배가량 빠른 100~500Mbps의 무선 전송 속도를 가지며, 1/3이하의 저전력을 사용한다는 장점으로 인해 향후 홈 네트워크 완성 및 유비쿼터스 시장을 선점할 수 있는 차세대 전송 기술로 각광을 받고 있다. 이러한 UWB안테나는 광대역으로 저전력 동작을 하기 때문에 기본적으로 넓은 주파수 범위에서 양호한 임피던스 정합 및 방사 패턴을 유지하여야 하며, 통신 응답 또한 안정적이어야 한다.

따라서 본 논문에서는 UWB 전대역(3.1 ~10.6 [GHz])에서 2이하의 VSWR을 만족하며 -10dB이하의 입력 대비 반사손실을 갖는 디스크 모노폴안테나를 설계하였다. 안테나 특성의 최적화를 위하여 안테나의 FR4의 기판 위에 원반 형태의 패치를 제작한 모노폴 안테나를 설계하였다

## 2. 안테나 설계이론

### 2.1. 패치의 폭과 길이

공진 주파수  $f_r$ 에서 동작하도록 유전율이  $\epsilon_r$ 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 공진주파수이다. 공진패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진패치 가장자리에서의 계와 폭에 대해서 프린징이 발생하게 된다. 총 프린징 효과는 공진패치의 크기와 기판높이의 함수로써 안테나의 공진주파수에 영향을 주기 때문에 고려해야 한다. 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 실효 유전율을 도입한다. 실효유전율  $\epsilon_{re}$ 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  $\Delta l$ 만큼 확장되었다.  $\Delta l$ 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  $\epsilon_{re}$ 와 선로확장  $\Delta l$ 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[6].

### 3. 안테나의 제원

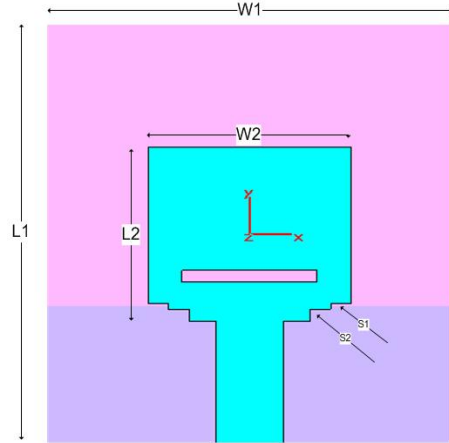


그림 1. 제안된 패치 안테나

제안된 사각패치 안테나는 각각 기판과 패치 부분, 하나의 슬롯, 두 개의 흡인 STEP으로 구성되어진다. 각각  $W1=30\text{mm}$ ,  $L1=35\text{mm}$ ,  $W2=15\text{mm}$ ,  $L2=14.5\text{mm}$ 이며 기판의 두께는  $1.6\text{mm}$ 이다.

$S1$ 과  $S2$ 는 각각  $1 \times 9\text{mm}^2$ ,  $1.5 \times 12\text{mm}^2$ 이며, 슬롯의 크기는  $1 \times 10\text{mm}^2$ 가 된다.

접지는 부분접지 방식을 사용하였고, 그 부분은 아래를 기준으로  $11.5\text{mm}$ 에 위치하고 있다.

### 4. 제안된 안테나의 시뮬레이션 결과

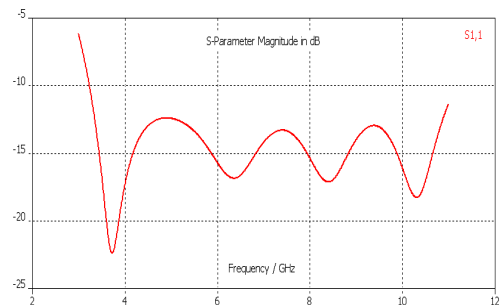


그림 2. 입력 대비 반사손실 |S11|

그림 2는 제안된 안테나의 입력 대비 반사 손

실로서 3.1~11.2[GHz]에서 -10dB이하로 나타나지  
 며, 약 8.1[GHz]의 광대역 특성을 보였다. 이 결과  
 로 국제 연방통신 위원회에서 지정한 UWB대역  
 의 약108%를 커버할 수 있는 결과를 보이게 되  
 었다.

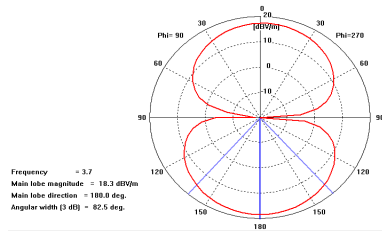


그림 3. 3.7[GHz] E-평면 방사패턴

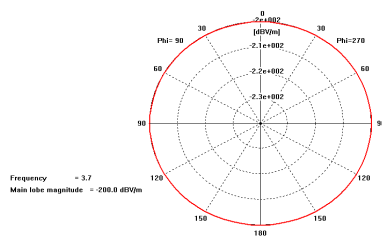


그림 4. 3.7[GHz] H-평면 방사패턴

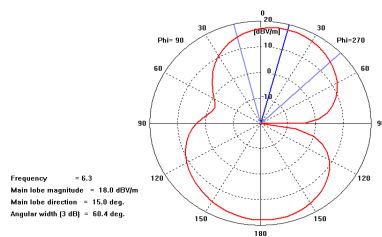


그림 5. 6.3[GHz] E-평면 방사패턴

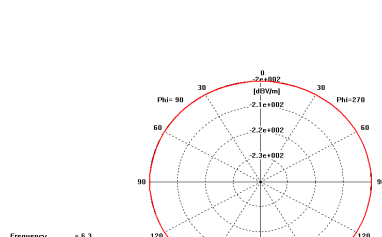


그림 6. 6.3[GHz] H-평면 방사패턴

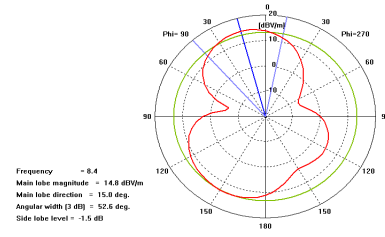


그림 7. 8.4[GHz] E-평면 방사패턴

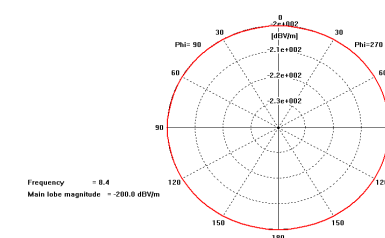


그림 8. 8.4[GHz] H-평면 방사패턴

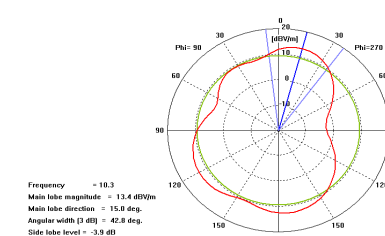


그림 9. 10.3[GHz]E-평면방사패턴

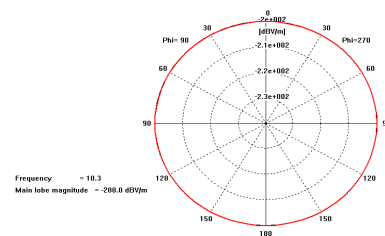


그림 10. 10.3[GHz]H-평면방사패턴

그림 6~13은 입력 대비 방사손실에서 보여준  
 것처럼 공진 주파수 3.7[GHz], 6.3[GHz], 8.4[GHz],  
 10.3[GHz]에 대한 E평면과 H평면의 방사패턴을 보  
 여주고 있다. 6.3[GHz]에서는 E-평면의 방사패턴은  
 기존의 모노폴 안테나와 비슷한 형태를 보여주  
 지만, 그 이상의 주파수에서는 로브형태를 띄기  
 시작한다. H평면은 거의 전방향성의 방사패턴을  
 보여준다

## 5. 결론

본 논문에서는 UWB 대역을 만족하는 소형의 안테나를 제안하고 설계하였다. 제안된 안테나는 3.1[GHz] ~ 10.2[GHz]까지 약 8.1[GHz]대역의 광대역 특성을 보여주었고, -10dB이하의 입력 대비 반사손실을 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  $\epsilon_r=4.4$ 이며,

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.