

# 무선랜 대역 저지특성을 갖는 UWB 안테나 설계

## Design of Antenna for UWB Application notched WLAN-Band

김갑기\*

Kab-Ki Kim\*

### 요 약

본 논문에서는 Ultra-Wideband(UWB) 통신을 위한 새로운 저지대역 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 광대역 특성을 가지며, IEEE 802.11a와 HIPERLAN/2에 의해 사용이 제한된 5.15~5.825GHz에서 주파수 대역 저지 특성을 갖는다. 광대역 특성을 얻기 위하여 부분 그라운드와 notch cut 구조를 사용하였고 저지 대역 특성을 얻기 위해 패치면에 U-slot을 삽입하였다. 설계된 안테나는 4.90~5.92GHz 대역을 저지하며 3.1~10.6GHz 대역에서 정재파비 2이하를 만족하는 광대역 특성을 나타낸다.

### Abstract

In this paper, a compact antenna with band-rejected characteristic for Ultra-Wideband(UWB) applications is proposed. The designed antenna not only shows sufficient impedance bandwidth but has band-rejected characteristic for the frequency band of 5.15~5.825GHz limited by IEEE 802.11a and HIPERLAN/2. To obtain both properties of wideband band rejection, the techniques of a partial ground plane and embedded thin U-slot into planar radiator are used respectively. A designed antenna satisfied a VSWR less than 2:1 for the frequency band of 3.1~10.3GHz with band rejection of 4.90~5.92GHz.

Key words : UWB Antenna, Band Rejection characteristic, Microstrip-fed antenna, FCC

### I. 서 론

무선 이동통신 기술의 빠른 발달로 인해 다양한 통신 서비스들의 주파수 사용에 대한 요구가 급증하게 되었다. 이에 따라 한정된 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 활용하는 새로운 통신 시스템이 필요로 하게 되었다. 미국 연방통신 위원회(FCC : Federal Communications Commission)는 이러한 무선 통신 기술을 해결하기 위하여 군사용으로 사용하던 초광대역 무선 통신 기술을 상업용으로 승인하였다[1].

UWB 통신 방식은 매우 낮은 전력을 사용하여 기

존 시스템에 대한 간섭을 최소화하고 초고속 통신이 가능한 획기적인 무선 통신 기술이다. 최근에 UWB 통신 시스템에서 사용되는 평면형 모노폴과 다이폴 안테나들의 연구가 활발히 진행되고 있다[2],[3]. 그러나 큰 출력 신호를 사용하는 IEEE 802.a와 HIPERLAN/2에 의해 5.15~5.825[GHz] 대역의 사용이 제한되어진다. 이에 따라 주파수 대역 저지 특성을 갖는 UWB 통신용 안테나가 연구되고 있다[4],[5].

본 논문에서는 제한된 주파수 대역에서 저지 대역 특성을 갖으면서 광대역 특성을 갖는 소형 UWB용 마이크로 스트립 라인급전 안테나를 설계하였다. 광

\* 목포해양대학교 전자통신공학부(Electronic & Communication Eng., Mokpo Maritime Univ.)

· 제1저자 (First Author) : 김갑기

· 투고일자 : 2009년 9월 17일

· 심사(수정)일자 : 2009년 9월 18일 (수정일자 : 2009년 10월 23일)

· 게재일자 : 2009년 10월 30일

대역 특성을 갖기 위해 부분적인 그라운드 면과 Notch cut 구조를 사용하였고 5.4[GHz] 에서  $\lambda/4$ 의 길이를 갖는 U모양의 얇은 슬롯을 삽입 하여 5.15~5.825 [GHz] 대역을 저지하였다.

## II. 안테나 설계 이론

### 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 공진 주파수이다. 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 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 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  $(L + \Delta l)$ , 실효유전율 과 기판의 두께에 관계가 있지만 주로 길이에 의해 결정된다 [6].

## III. 제안된 안테나 설계

### 3-1 안테나의 제원

그림 1은 제안된 UWB안테나의 구조를 최적의 변수로 설계한 것을 보여주고 있으며, 안테나는 원형 디스크 패치와 설계된 원형 디스크 패치 상에 직사각형 슬롯을 파내어 구성한다. 원형 디스크 방사체는 두께 2mm, 유전율 4.4인 FR-4 기판 위에 반경 6.5mm의 원형 디스크패치를 설계하였다.

Notch cut의 면적은  $8 \times 0.5\text{mm}^2$ 이고 U-slot의 길이는  $\lambda/4$ (중심주파수: 5.4[GHz]) 정도의 길이를 갖는다. 광대역 대역폭을 만족 시킨 후 U-slot을 삽입하여 저지 대역 특성을 얻었다.

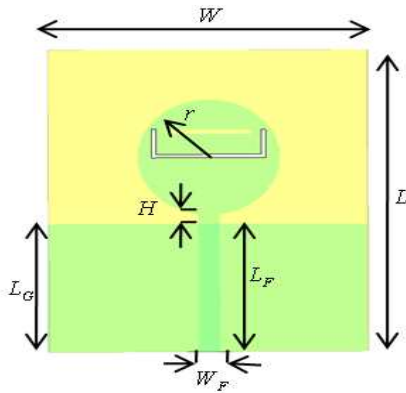


그림 1. 설계된 안테나의 layout  
Fig. 1. Layout of the designed antenna.

표1. 제작된 안테나의 파라미터  
Table 1. The parameters of the proposed antenna.

W[mm]	L[mm]	$L_G$ [mm]	$L_F$ [mm]
30	35	14.8	16
$W_F$ [mm]	H[mm]	r[mm]	/
2	1.2	6.7	

Notch cut의 면적은  $8 \times 0.5 \text{mm}^2$ 이고 U-slot의 길이는  $\lambda/4$ (중심주파수: 5.4[GHz]) 정도의 길이를 갖는다. 광대역 대역폭을 만족 시킨 후 U-slot을 삽입하여 저지 대역 특성을 얻었다.

3-2 안테나의 파라미터 조정

제안된 안테나를 위한 임피던스 대역은 변수인 안테나와 접지면의 크기, 급전과의 간격(H), 슬롯 치수에 의해 심각한 영향을 받는다. 특히, 가장 큰 영향을 주는 안테나의 크기(R)와 접지면의 크기( $L_G$ )를 조정해 보았다.

시뮬레이션은 CST사의 Microwave Studio 2006B를 사용하여 안테나를 설계하였으며, 원형 디스크의 반경 R값과 접지면의 크기  $L_G$ 를 조정하여 그림 2와 그림 3과 같이 입력 대비 반사손실을 얻어낼 수 있었다.

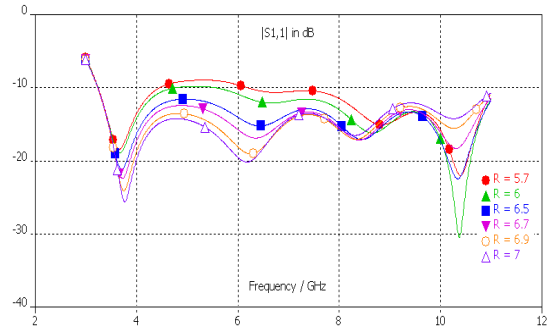


그림 2. R값의 변경에 따른 |S11|  
Fig. 2. Simulated |S11| curve under different Radius R

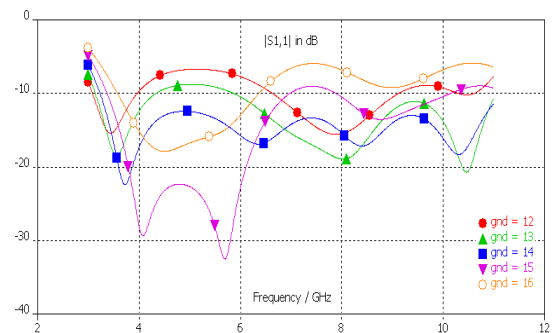


그림 3.  $L_G$ 값의 변경에 따른 |S11|  
Fig. 3 Simulated |S11| curve under different  $L_G$

얻어진 R과  $L_G$ 를 지정하여 시뮬레이션한 결과 그림 4, 5와 같이 입력 대비 반사손실이 -10dB(VSWR 2:1) 미만이며, 주파수 범위는 3.1~11.2[GHz] 까지 약 8.1[GHz]의 광대역 특성을 보였다.

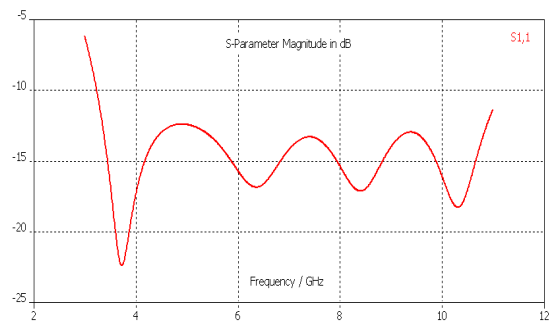


그림 4. 입력 대비 반사손실 |S11|  
Fig. 4. Input return loss |S11|

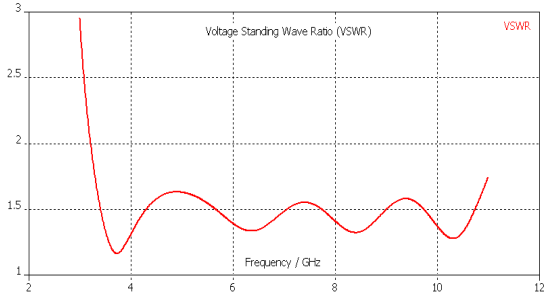


그림 5. 정재파비

Fig. 5. Voltage Standing Wave Ratio(VSWR)

3-3 패치면상에 U-slot 삽입

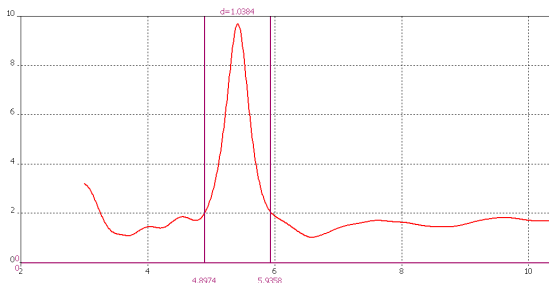


그림 6. slot을 삽입한 후 정재파비

Fig. 6. Embedded slot Voltage Standing Wave Ratio(VSWR)

마지막으로 저지 대역 특성을 얻기 위해 U모양의 얇은 Slot을 삽입하였다. Slot 안쪽의 전류가 흐르는 방향과 바깥쪽의 전류가 흐르는 방향이 정확하게 반대가 되어 원하는 주파수 대역에서 저지 특성을 얻을 수 있었다[5].

Slot을 삽입함으로써 UWB 대역폭을 만족하면서 5[GHz] 대역에서 저지 대역 특성을 얻을 수 있었다.

3-4 공진 주파수에서의 방사 패턴

그림 7~14는 공진 주파수 3.7, 6.3, 8.4, 10.3[GHz]에 대한 E평면과 H평면의 방사패턴을 보여주고 있다. 6.3[GHz]에서 E평면의 방사패턴은 기존의 모노폴 안테나와 비슷한 형태를 보여주지만 그 이상의 주파수에서는 로브형태를 띄기 시작하고 H평면은 거의 전방향성의 방사패턴을 보여준다.

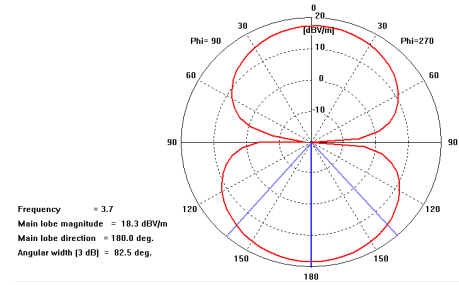


그림 7. 3.7[GHz] E-평면 방사패턴

Fig. 7. Radiation pattern of the E-plane at 3.7[GHz]

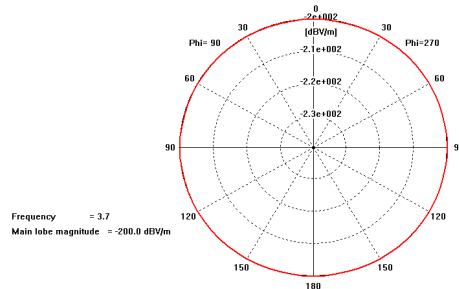


그림 8. 3.7[GHz] H-평면 방사패턴

Fig. 8. Radiation pattern of the H-plane at 3.7[GHz]

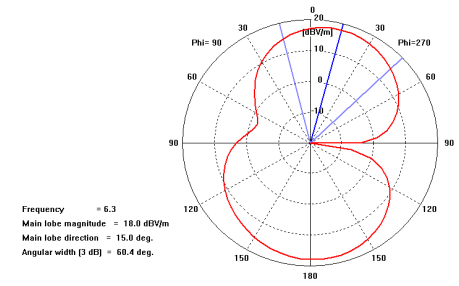


그림 9. 6.3[GHz] E-평면 방사패턴

Fig. 9. Radiation pattern of the E-plane at 6.3[GHz]

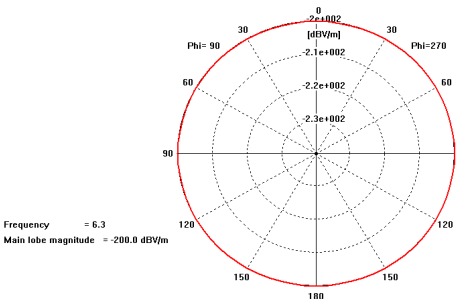


그림 10. 6.7[GHz] H-평면 방사패턴

Fig. 10. Radiation pattern of the H-plane at 6.7[GHz]

## IV. 결 론

본 논문에서는 제안된 UWB 마이크로스트립 안테나는 두께 2mm, 유전율 4.4인 FR-4의 기판에 원형 디스크 패치와 슬롯 그리고 부분적인 그라운드 면으로 설계되어졌다. 시뮬레이션 결과 3.1~11.2[GHz]까지 약 8.1[GHz]의 광대역 특성을 보여주었으며, 이 결과는 미국 연방통신위원회에서 제정한 UWB대역의 108%를 커버하는 것을 알 수 있었고 -10dB이하의 입력 대비 반사손실과 정재파비 VSWR 2:1의 결과를 얻었다. 무선랜의 5[GHz] 대역 저지를 위해 패치면에 U 슬롯을 삽입하여 4.90~5.9[GHz] 저지 대역 특성을 보였다. 따라서 제안된 안테나는 대역 저지 필터를 사용하지 않고도, 광대역 특성과 5[GHz] 대의 저지 대역 특성을 가지므로 UWB 통신 시스템에 적용 가능성을 알 수 있다.

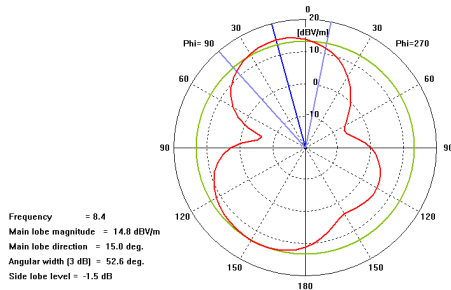


그림 11. 8.4[GHz] E-평면 방사패턴  
Fig. 11. Radiation pattern of the E-plane at 8.4[GHz]

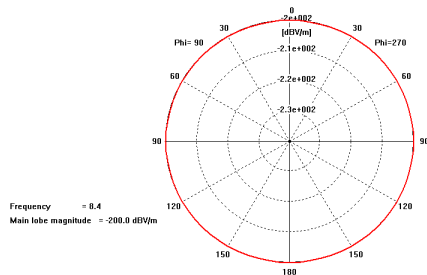


그림 12. 8.4[GHz] H-평면 방사패턴  
Fig. 12. Radiation pattern of the H-plane at 8.4[GHz]

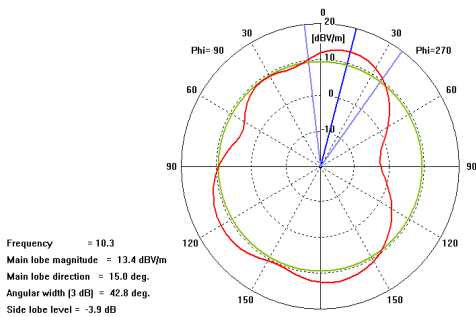


그림 13. 10.3[GHz] E-평면 방사패턴  
Fig. 13 Radiation pattern of the E-plane at 10.3[GHz]

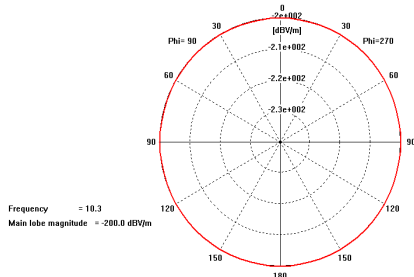


그림 14. 10.3[GHz] H-평면 방사패턴  
Fig. 14 Radiation pattern of the H-plane at 10.3[GHz]

## 참 고 문 헌

- [1] Anon., FCC First Report and Order on Ultra-Wideband Technology, Feb. 2002.
- [2] Y. Rikuta, R Kohno, "Planar monopole antenna with dual frequency for UWB system", *IEEE conference on Ultra Wideband System and Technologied*, Reston, VA, pp. 176-179, Nov. 2003.
- [3] E. Lule, T. Babij, "Koch island fractal ultra wideband dipole antenna", *IEEE Int'l Symposium on antenna and propagation*, Monterey, CA, vol. 2, pp. 2516-2519, Jul. 2004.
- [4] Y.Kim, D. H. Kwon, "CPW-fed planar ultra wideband antenna having a frequency band notch function", *IEEE Electronic Letters*, Vol. 40, pp. 403-405, Apr. 2004.
- [5] A. Kerckhoff, H. Ling, "Design of a planaar monopole antennas for use with ultra-wideband(UWB) having a band0notched characteristic", *IEEE Int'l Symposium on antenna*

*and propagation*, OH, vol. 1, pp. 830-833, jun. 2003.

- [6] 김평국 “적층구조를 이용한 광대역 무선랜용 2×1 배열 안테나 설계 및 제작에 관한 연구” 석사학위논문집, pp. 38-40, 2004.
- [7] H. Schantz, G. Wolence, and E. Myszka, "Frequency notched antenna", *IEEE Conference on Ultra Wideband System and Technologies*, Reston, VA, pp. 214-218, Nov. 2003

### 김 갑 기



1980년 광운대학교 통신공학과 (공학사)  
 1984년 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1998년 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)  
 2001~2002년 뉴욕시립대학 전자공학과 연구교수

현재 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수

관심분야 : 마이크로파 통신, 초고주파 회로설계, 해상무선통신, 이동통신, 위성통신