

반원 형태의 UWB 안테나 설계

Design of a Half-Circle Shape UWB Antenna

이효경 · 이정남 · 장화열 · 박종권*

Hyo-Kyoung Lee · Jung-Nam Lee · Hwa-Yeol Jang · Jong-Kweon Park*

요 약

본 논문에서는 UWB 통신 시스템에서 사용될 수 있는 CPW 급전 구조를 이용한 평면형 반원 형태의 UWB 안테나를 설계, 제작 및 측정하였다. UWB 통신 주파수 대역(3.1 GHz~10.6 GHz) 내에 IEEE 802.11a(5.15 GHz~5.825 GHz) WLAN 대역이 포함되어 있어 상호 간섭 문제가 발생할 수 있기 때문에 이 주파수 대역을 차단시킬 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 노치 기능을 갖는 세 종류의 rectangular 슬롯, hat-shaped 슬롯, circle-shaped 슬롯 UWB 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나는 슬롯의 길이와 폭을 변화시켜 주파수 조정이 가능하다. 측정 결과, IEEE 802.11a WLAN 대역을 제외한 나머지 대역에서는 무지향성을 갖는 평탄한 이득을 얻었으며, 시뮬레이션 결과도 잘 일치함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, a planar half-circle shape ultra-wideband(UWB) antenna fed by CPW is designed, fabricated and measured for UWB communications. Within the UWB band(3.1 GHz~10.6 GHz), 5.15 GHz~5.825 GHz frequency band is used by IEEE 802.11a WLAN applications. It may be necessary to notch out this band to avoid interference with IEEE 802.11a WLAN. Therefore, we have proposed three kinds of UWB antennas having a notch function, such as a rectangular slot, a hat-shaped slot, a circle-shaped slot. The notch frequency of the proposed antenna can be adjusted by controlling the slot length or slot width. From the measured results, the proposed antennas show a good gain flatness except the IEEE 802.11a WLAN frequency band and have a reasonable agreement with simulated results.

Key words : Ultra-Wideband(UWB) Antenna, IEEE 802.11a WLAN, CPW, Notch Function, Half-Circle

I. 서 론

최근 ultra-wideband(이하 UWB) 무선 통신 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 기존의 narrow band 시스템 및 3G 셀룰러 기술로 설명되는 wideband 시스템과 구분하기 위해 중심 주파수의 25% 이상의 점유 대역폭을 차지하는 시스템 혹은 1.5 GHz 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선전송 기술 시스템을 말한다.

UWB의 통신 방식은 신호의 확산 특성을 이용한

기술로써 시간축 상에서 주기가 매우 짧은 펄스를 송신하게 되면 그 신호는 주파수축 상에서 아주 넓게 펼쳐진다는 원리를 이용한 기술이다. 즉 매우 짧은 주기를 갖는 펄스열로 확산시켜 통신을 수행하는 방식이며, 펄스의 주기를 매우 짧게 함으로써 각 국가별로 전파 기준으로 삼고 있는 주파수당 송신 에너지 밀도를 낮출 수 있게 하여 별다른 규제 없이 이 기술을 사용할 수 있도록 한 것이다.

이 기술은 무선 데이터 전송을 위해 수 GHz대의 초 광대역을 사용할 수 있을 뿐만 아니라 기존 IEEE

국립 한밭대학교 정보통신전문대학원(Graduate School of Information & Communications, Hanbat National University)

* 국립 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부(Department of Radio Wave Engineering, Hanbat National University)

· 논문 번호 : 20050608-065

· 수정완료일자 : 2005년 8월 30일

802.11a WLAN 기술의 전송 속도가 54 Mbps에 불과한데 비해 500 Mbps~1 Gbps의 초고속 전송 속도를 자랑한다. 또한 빠른 전송 속도에도 불구하고 전력 소모량은 휴대폰과 무선 랜(WLAN) 제품이 필요로 하는 전력량의 100분의 1 수준밖에 안 된다는 장점을 갖고 있다. 이런 수많은 장점으로 인해 전 세계적으로 활발한 연구가 진행 중이다. 특히 UWB 기술 구현의 핵심 기술 중의 하나인 안테나 분야 역시 많은 관심을 가지고 활발한 연구가 진행 중이다^{[11]~[15]}. 기존의 안테나와는 달리 UWB 안테나는 제약 사항이 많이 수반된다. 첫째, 이동성을 보장하기 위하여 안테나 크기가 작아야 한다. 둘째, 안테나의 위치가 변한다해도 전 방향에서 수신이 가능해야 하는 전 방향패턴과 작은 이득 변화량 특성을 만족해야 한다. 셋째, 펄스 통신을 수행하기 때문에 안테나의 그룹 딜레이를 확인해야 한다.

최근에는 위에서 언급한 제한 사항뿐만 아니라 원하는 주파수만을 선택해 필터링해 주는 UWB 노치(notch) 안테나가 주목을 받고 있다. UWB 통신 주파수 대역은 IEEE 802.11a WLAN 대역을 포함하고 있어 상호 간섭 문제가 발생할 수 있다. 이러한 주파수 간섭은 UWB 시스템을 구현할 시 안테나 다음 단계 UWB 필터를 위치시킴으로 해서 해결할 수가 있는데 이는 시스템의 크기가 커지게 되고 제작 단가가 높아진다는 단점이 있다. 이런 이유로 최근에 연구되고 있는 UWB 안테나는 안테나 자체에서 원하는 주파수만을 필터링할 수 있는 노치 기능을 갖는 UWB 안테나 개발에 집중하고 있다^{[6]~[9]}.

본 논문에서는 기존의 평면형 반원 구조^[10]를 이용한 새로운 UWB 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 측정 결과 임피던스 대역폭이 $S_{11} \leq -10$ dB에서 8.8 GHz(3.0 GHz~11.8 GHz)이고, 퍼센트 대역폭은 119%를 만족하였다. 또한 기존 UWB 안테나 성능을 개선하기 위해 두 가지 방법을 제시하였다. 하나는 그라운드 형태를 변형시키는 방법이고, 또 하나는 패치면 상단에 매칭 스텝을 추가한 방법이다. 그리고 원하는 주파수 대역을 필터링하기 위해 패치면에 세 가지 종류(rectangular-shaped, hat-shaped, circle-shaped)의 슬롯을 형성한 UWB 안테나를 설계·제작하여 비교하였다. 또한 제안된 안테나는 슬롯

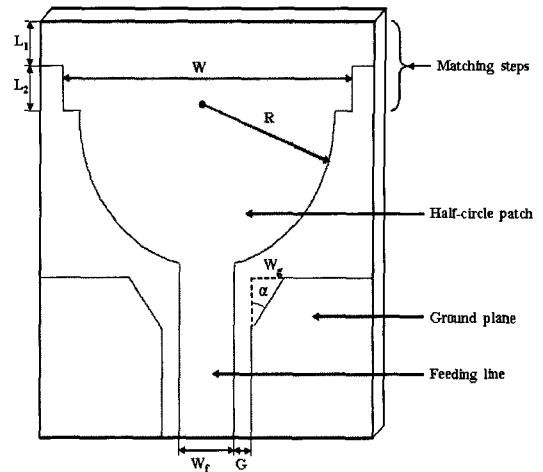


그림 1. 제안된 UWB 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed UWB antenna.

의 길이와 폭을 변화시키면서 나타나는 필터링 특성을 살펴보았다.

II. 제안된 안테나의 구조 및 설계 변수

2-1 제안된 안테나 구조

그림 1은 제안된 평면형 반원 형태의 UWB 안테나 구조를 나타낸 것이다. 사용된 기판은 유전율이 4.5이고, 두께가 0.762 mm인 Rogers사의 TMM4 기판을 사용하였으며, 사용된 전체 기판 크기는 30×30 mm²이다. 제안된 안테나는 CPW 급전 방식을 이용하였으며, 이는 마이크로스트립 급전 방식에 비해 분산이 적고 광대역 특성을 얻을 수 있으며, 접지면과 동일면에 급전 구조를 구현함으로써 급전 손실을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그리고 비아 홀(via-hole)을 사용하지 않고 수동 소자나 능동 소자의 직·병렬 부착이 용이하여 회로를 소형화 할 수 있다. 이런 급전 방식은 단순히 공정상의 이점뿐만 아니라 밀리미터 파(millimeter wave) 영역에서 비아(via)에 의한 기생 효과를 역시 줄일 수 있다. 그리고 CPW 급전 방식의 특성 임피던스 공식과 유효 유전율 공식을 이용하여 급전 라인의 폭은 3.5 mm, 급전 라인과 접지면 사이의 간격은 0.4 mm로 설계하였다. 안테나 설계에 사용된 기본 파라미터들은 표 1을 참고하길 바란다.

표 1. 제안된 안테나의 설계 파라미터

Table 1. Design parameters of the proposed antenna.

R	G	L ₁	L ₂	W	W _f	W _g	α
13 mm	0.4 mm	3 mm	3 mm	28 mm	3.5 mm	1.2 mm	30°

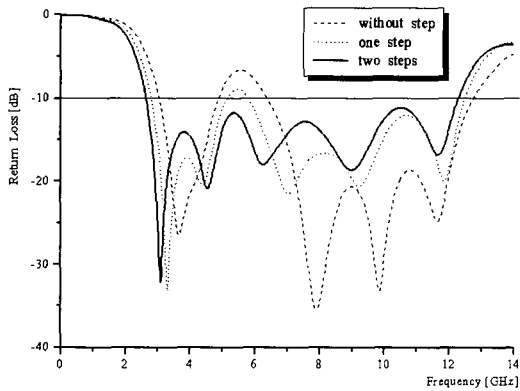
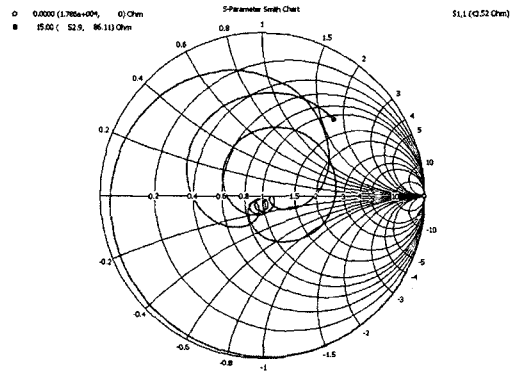


그림 2. 매칭 스텝 변화에 따른 반사 손실 시뮬레이션 결과

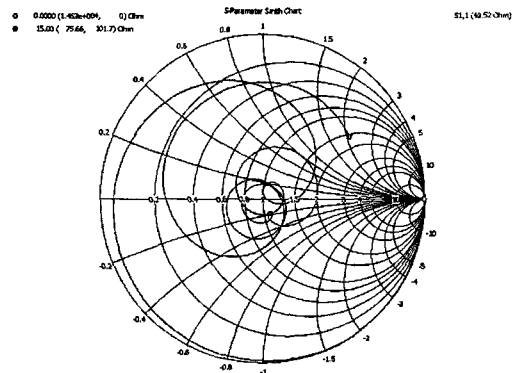
Fig. 2. Simulated return loss for different matching steps.

본 논문에서는 기존의 UWB 안테나 성능을 개선하기 위해 두 가지 방법을 제시하였다. 첫 번째는 기존에 소개된 임피던스 매칭에 의한 광대역 기법인 CPW 급전 라인과 패치면 사이에서 다양한 형태^[5]로 제시되었으나, 본 논문에서는 그림 1에서 보는 바와 같이 패치면 상단에 매칭 스텝을 구현하는 방법을 제시하였다. UWB 대역 중 4 GHz~7 GHz 사이의 반사 손실을 -10 dB 이하로 떨어뜨리는 것은 단순히 패치면의 모양이나 크기 변화로써 구현하기는 힘든 문제이다. 이런 문제를 해결하기 위해 스텝이라는 방법을 도입하게 되었다. 특히 반원 패치면에 한 개씩 매칭 스텝을 추가함으로써 스미스 차트 상에서 50 Ω으로 매칭이 되어짐을 그림 3을 통해 확인할 수 있다. 또한 그라운드와 반원 패치면 사이에 스텝을 구현하면 전류의 흐름이 원활하지 않아 특성이 좋지 않으며 제작하기도 힘든 문제가 발생한다. 따라서 UWB 전체 대역을 만족시키기 위해 패치면 상단에 사각 형태의 스텝 첫단을 가로 길이를 26 mm, 세로 길이를 3 mm로 하고, 둘째단의 사각 스텝의 가로 길이를 30 mm, 세로 길이를 3 mm로 설계하였다.

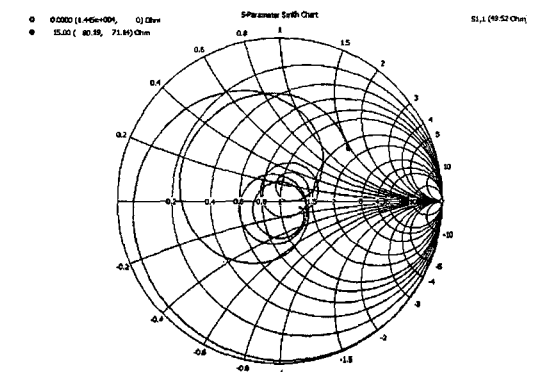
두 번째는 제한된 작은 크기에서 광대역을 구현



(a) 반원 패치면
(a) Half-circle patch



(b) 하나의 매칭 스텝
(b) One matching step



(c) 두 개의 매칭 스텝
(c) Two matching steps

그림 3. 스미스 차트

Fig. 3. Smith chart.

하는 방법으로 그라운드 모양을 변화시키는 방법을 제시하였다. UWB 안테나 성능 개선을 위해 기존의

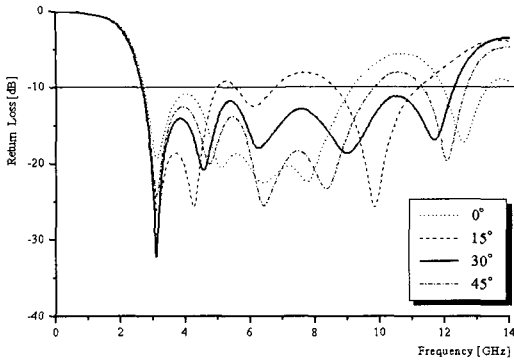


그림 4. 각도 α 변화에 따른 반사 손실 시뮬레이션 결과($W_g=1.2$ mm)
 Fig. 4. Simulated return loss for different angle α ($W_g=1.2$ mm).

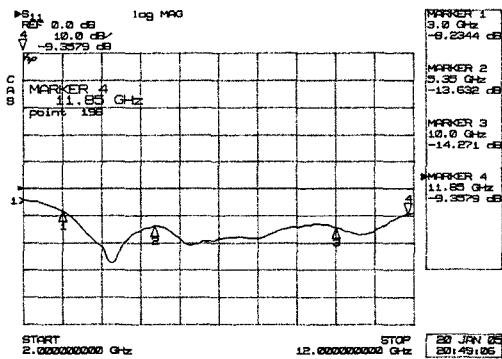


그림 5. 반사 손실 측정 결과
 Fig. 5. Measured return loss.

CPW 급전 사각 그라운드 방식^[5]에서 탈피하여 CPW 그라운드 모양을 변화시켰다. 그림 4에서 보는 바와 같이 CPW 그라운드 각도를 변화시키는 방법을 사용함으로써 고주파(9 GHz 이상) 부분의 주파수 문제를 해결하였다. W_g 가 1.2 mm로 고정된 상태에서 α 가 30° 일 경우 최적화 되었다.

2-2 평면형 반원 형태의 UWB 안테나 특성

그림 5는 제안된 안테나의 반사 손실을 측정한 것이다. 측정은 한국전자통신연구원(ETRI)에서 Anritsu Vector 네트워크 분석기(37397C)를 사용하여 무반사실(anechoic chamber)에서 측정하였다. 제안한 안테나 임피던스 대역폭은 $S_{11} \leq -10$ dB에서 9.6 GHz 3.0 GHz~11.8 GHz)이고, 퍼센트 대역폭은 119%

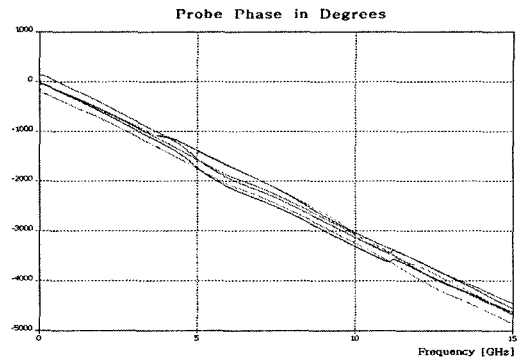


그림 6. Far-field 위상의 선형 특성 시뮬레이션
 Fig. 6. Simulated phase linearity of far-field.

이다. 그림 4의 시뮬레이션 결과와 그림 5의 측정 결과를 비교해 보면 측정 결과($S_{11} \leq -10$ dB에서 3.0 GHz)가 시뮬레이션 결과($S_{11} \leq -10$ dB에서 2.6 GHz)보다 400 MHz 정도 고주파로 이동하였는데 이는 제작 상에서 커넥터와 안테나 사이의 납땀에 의한 영향과 측정 상에서 측정 케이블 손실에 의한 영향으로 예상할 수 있다.

그림 6은 far-field에서의 위상의 선형 특성을 시뮬레이션 한 것이다. UWB 통신은 펄스를 이용한 통신 방식이므로 펄스 왜곡 정도를 나타내는 그룹 딜레이는 UWB 안테나 설계에서 중요한 파라미터 중의 하나이다. Far-field에서 위상이 얼마나 선형인지를 알기 위해서 그룹 딜레이가 필요하다. 그룹 딜레이 변화량이 1 ns를 초과하면 far-field에서 위상이 비선형적이게 되고, 그 결과 상당한 펄스 왜곡이 초래된다. 이러한 펄스의 왜곡은 UWB 통신 시스템에 치명적인 문제로 작용할 수 있다^[11]. 위상 딜레이(phase delay: Γ_p)와 그룹 딜레이(group delay: Γ_g)를 계산하는 것은 다음과 같다^[12].

$$\Gamma_p = -\frac{\beta(f)}{2\pi f} \quad \Gamma_g = -\frac{\partial \phi}{2\pi \partial f}$$

ϕ 는 far-field 위상이고, f 는 주파수이다.

그림 6의 결과는 CST사의 MWS에서 제공되는 probe를 사용하여 far-field 위상을 측정하였다. 안테나를 중심으로 양각(elevation angle)에서 0°~360° 사이를 45° 간격으로, 방위각(azimuthal angle)에서 0°~360° 사이를 45° 간격으로 probe를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 한 결과를 미분하면 그룹

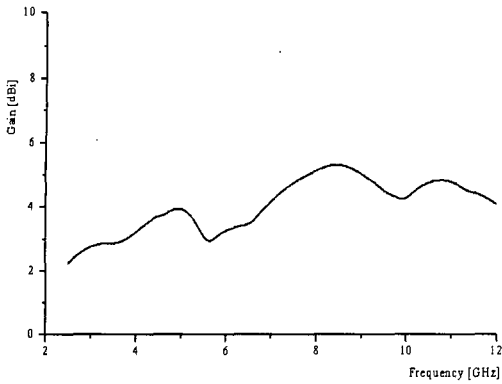


그림 7. 안테나 이득 시뮬레이션 결과
Fig. 7. Simulated antenna gain.

딜레이가 되기 때문에 그룹 딜레이 변화량이 1 ns 범
위에서 선형적이라면 probe를 이용한 시뮬레이션 결
과도 선형적이라고 예상할 수 있다. 따라서 그룹 딜

레이 결과와 far-field 패턴에서 위상이 선형 특성을
가짐을 알 수 있다.

그림 7은 제안된 안테나의 이득을 시뮬레이션 한
것이다. 안테나 이득이 2.4 dBi 에서 5.2 dBi 로 변하
며 이득 변화량이 2.8 dBi 이다. 만일 이득 변화량이
크면 특정한 주파수에서 지향성이 생긴다. 이는 안
테나의 위치 변화에 따라서 신호를 수신하지 못하는
경우가 발생할 수 있다.

그림 8은 제안된 안테나의 주파수에 따른 방사 패
턴을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 3
GHz, 5 GHz, 7 GHz, 9 GHz에서 모든 방향으로 송·
수신이 가능한 무지향성(omni-directional)을 가진다.
특히 이득 변화량이 작기 때문에 주파수에 따른 방
사 패턴이 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다. 또한
전계(E-plane)의 방사 패턴은 다이폴 안테나의 방사
패턴과 유사한 특성을 가짐을 확인할 수 있다.

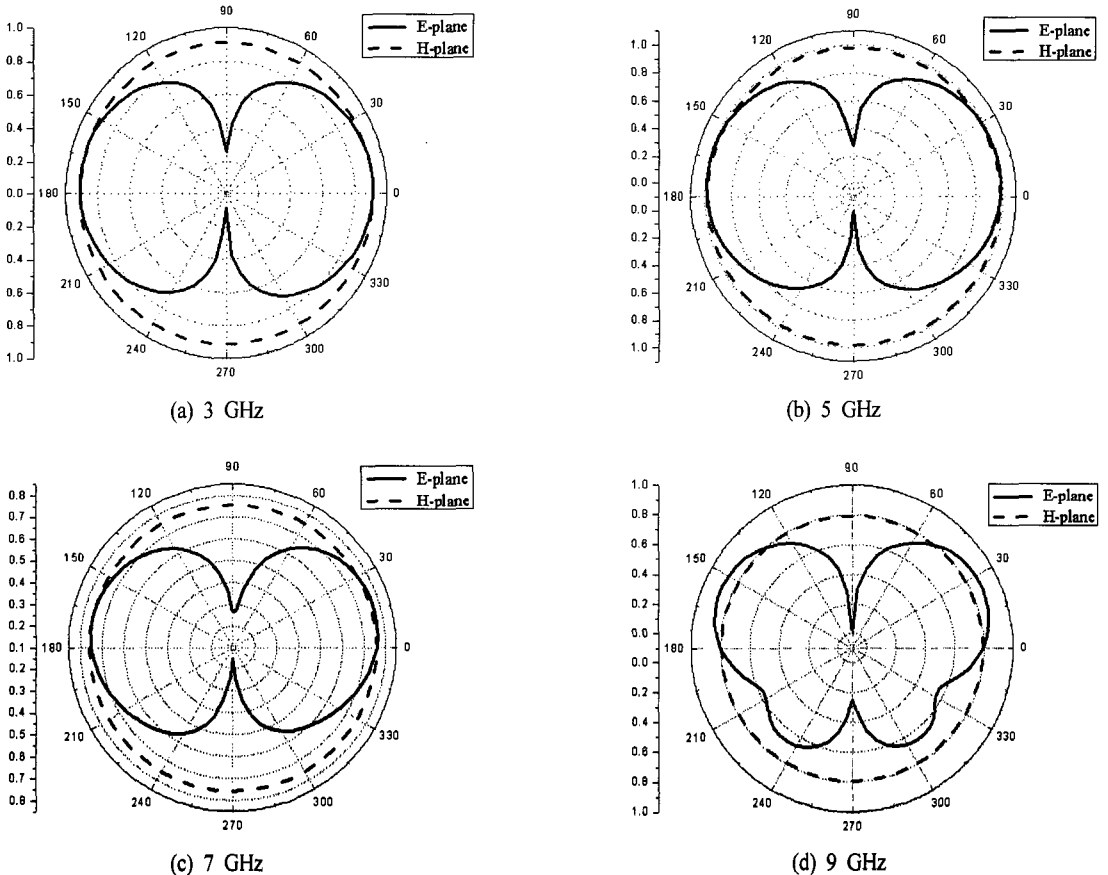


그림 8. 주파수에 따른 방사 패턴 시뮬레이션 결과
Fig. 8. Simulated radiation patterns as a function of the frequency.

III. 노치 기능을 가지는 UWB 안테나

3-1 UWB 노치 안테나 구조

그림 9는 세가지 종류의 rectangular 슬롯, hat-shaped 슬롯, circle-shaped 슬롯을 가지는 UWB 노치 안테나 구조이다. UWB 통신 주파수 대역 중 5.25 GHz 중심 주파수가 IEEE 802.11a WLAN 대역에 포함되어 있다. 이는 주파수간 상호 간섭 문제를 발생시킬 가능성이 있어 이 대역을 차단할 필요가 있다. 따라서 그림 9에서 보는 바와 같이 반원 모양의 패치면에 IEEE 802.11a WLAN 대역의 중심 주파수에서 공진하도록 $\lambda/4$ 길이로 슬롯을 두었다. 따라서 패치면 슬롯으로 인해 IEEE 802.11a WLAN 대역에서 공진이 생겨 이 주파수 대역에서 차단되었다. 노치 기능을 가지는 안테나의 최적 설계 파라미터들은 표 2를 참고하길 바란다.

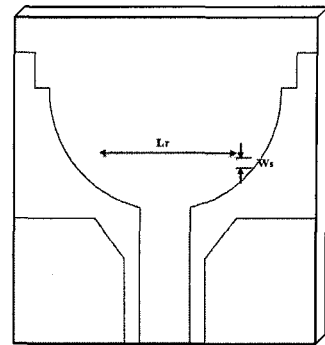
3-2 UWB 노치 안테나 특성

그림 10은 노치 기능을 갖는 제안한 안테나에서 independent control이 가능한 파라미터의 변화에 관한 것이다. Rectangular 슬롯과 hat-shaped 슬롯의 경우 L_r 과 W_h 슬롯 길이를 길게 할수록, $\lambda/4$ 길이가 길어짐으로써 주파수가 저주파로 이동되는 특성을 확인할 수 있다. 그러나 rectangular 슬롯과 hat-shaped 슬롯의 경우 W_s 는 거의 영향이 없다. 그리고 circle-shaped 슬롯의 경우 $D(R_o - R_i)$ 슬롯 간격을 넓게 할수록, 주파수가 고주파로 이동하는 특성을 보인다. 따라서 측정결과 차단하고자 하는 주파수 대역을 슬롯의 길이나 폭을 통하여 조절이 가능하다.

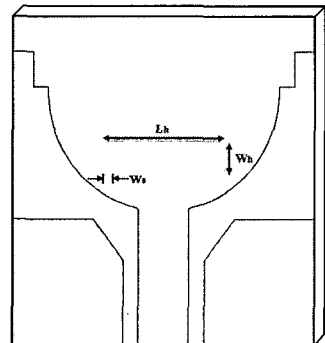
그림 11은 반원 모양의 패치면에 세 가지 종류의 슬롯이 있는 경우와 슬롯이 없는 경우를 한국전자통신연구원(ETRI)의 무반사실(anechoic chamber)에서 반사 손실을 측정한 결과이다. 그림에서 보는 바와

표 2. 노치 기능을 가지는 안테나의 설계 파라미터
Table 2. Design parameters of the notch function antenna.

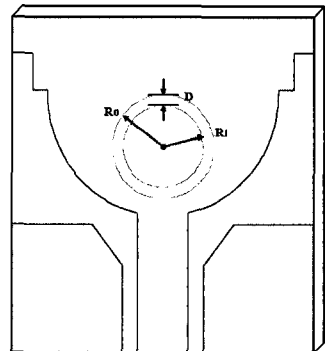
L_r	W_s	L_h	W_h	R_o	R_i	D
17.4 mm	0.13 mm	13.4 mm	2.3 mm	6.3 mm	5.8 mm	0.5 mm



(a) Rectangular 슬롯
(a) Rectangular slot



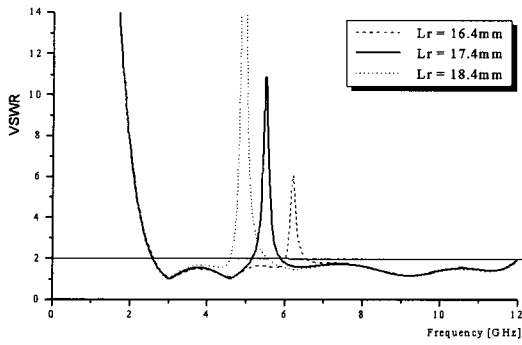
(b) Hat-shaped 슬롯
(b) Hat-shaped slot



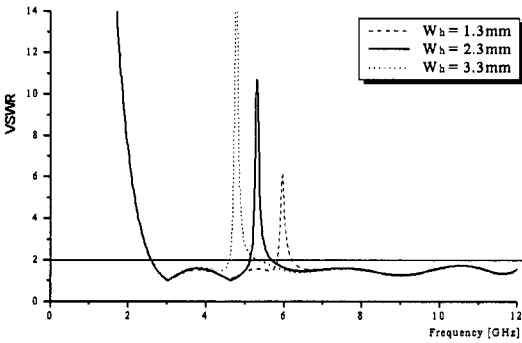
(c) Circle-shaped 슬롯
(c) Circle-shaped slot

그림 9. 제안된 노치 기능을 가지는 안테나 구조
Fig. 9. Geometry of the proposed UWB antennas having a notch function.

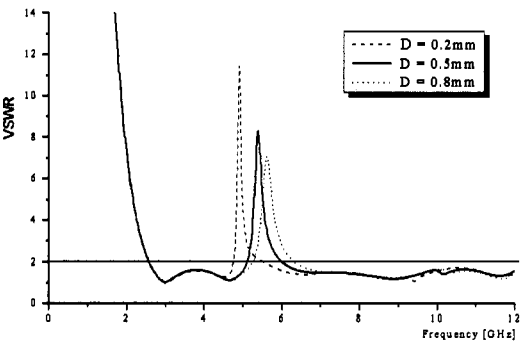
같이 슬롯이 없는 안테나는 전체 대역에서 $VSWR \leq 2$ 를 만족하고, 슬롯이 있는 안테나는 IEEE 802.11a



(a) L_r 변화($W_s=0.13$ mm)
 (a) L_r variation($W_s=0.13$ mm)



(b) W_h 변화($L_h=13.4$ mm)
 (b) W_h variation($L_h=13.4$ mm)

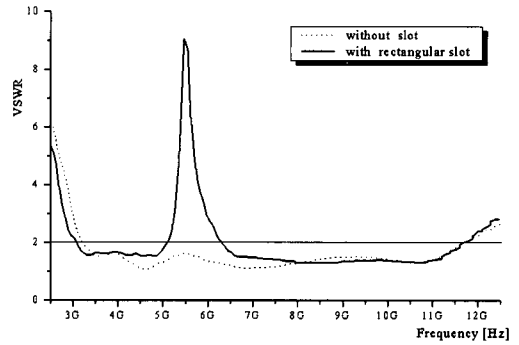


(c) D 변화($R=5.8$ mm)
 (c) D variation($R=5.8$ mm)

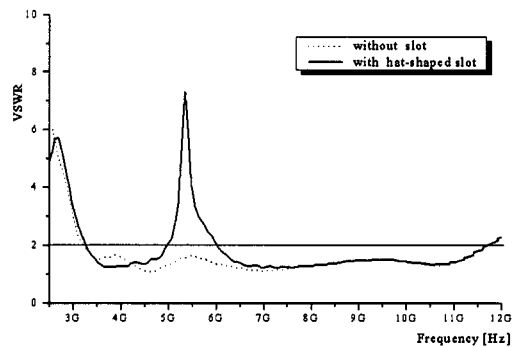
그림 10. 슬롯 파라미터 변화에 따른 VSWR 시뮬레이션 결과
 Fig. 10. Simulated VSWR for different slot parameters.

WLAN 대역에서 필터링 되는 것을 확인할 수 있다.

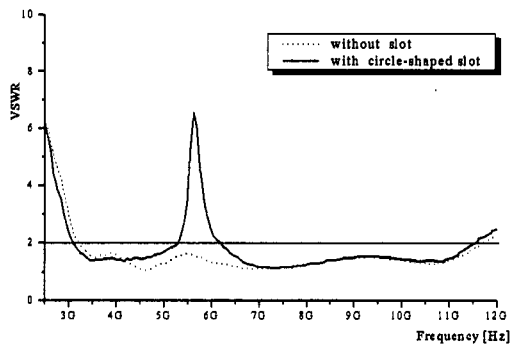
그림 12는 제안된 안테나의 전체 효율을 시뮬레이션 한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 다른 주파수 대역에서는 90% 이상의 효율을 나타내지만,



(a) Rectangular 슬롯
 (a) Rectangular slot



(b) Hat-shaped 슬롯
 (b) Hat-shaped slot



(c) Circle-shaped 슬롯
 (c) Circle-shaped slot

그림 11. VSWR 측정 결과
 Fig. 11. Measured VSWR.

IEEE 802.11a WLAN 대역에서는 효율이 급격히 감소됨을 확인할 수 있다. 따라서 슬롯의 유무에 따른 VSWR의 비교와 전체 효율을 통해서 제안된 반원형태의 UWB 안테나가 우수한 notch 특성을 가짐을 확인할 수 있다.

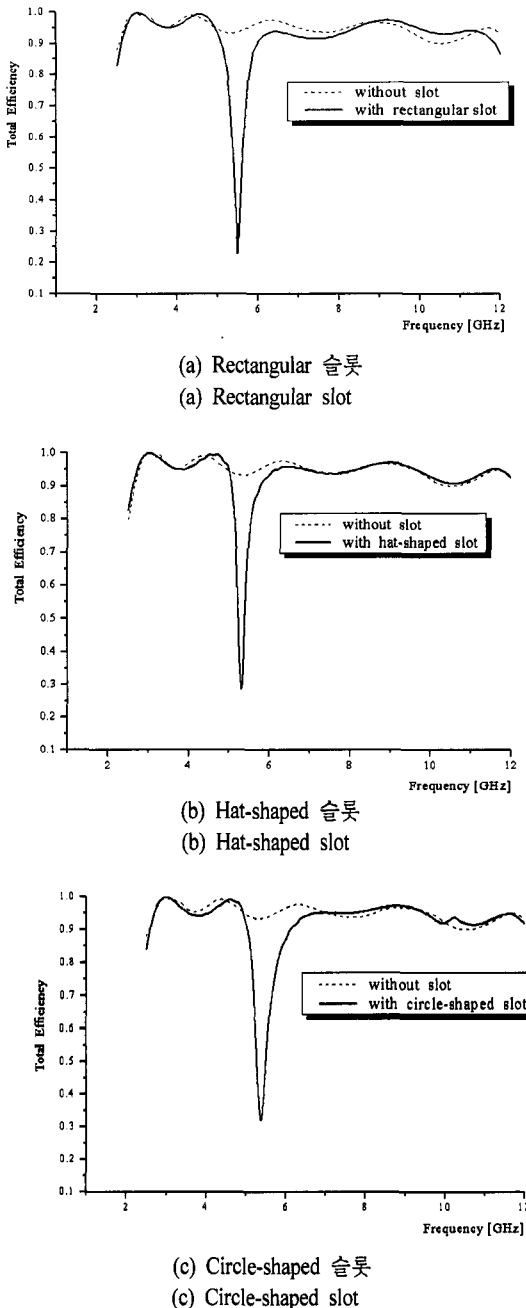


그림 12. 전체 효율 시뮬레이션 결과
Fig. 12. Simulated total efficiency.

IV. 결 론

본 논문에서는 UWB 통신 시스템에서 사용될 수 있는 CPW 급전 구조를 이용한 평면형 반원 UWB

안테나를 설계, 제작 및 측정하였으며, 시뮬레이션 결과 $VSWR \leq 2$ 를 기준으로 3.0 GHz에서 11.8 GHz 까지 UWB 전체 대역을 만족하였다. 4 GHz~7 GHz 대역에서 반사 손실을 -10 dB 이하로 떨어뜨리는 문제를 해결하기 위해 패치면 상단에 매칭 스텝을 구현하였고, 그라운드의 각도 변화를 줌으로써 전류의 흐름을 원활하게 하여 9 GHz 이상의 고주파 대역의 주파수 문제를 해결하였다. 또한 제한한 안테나가 이득 변화량이 2.8 dBi를 가짐으로써 UWB 안테나가 요구하는 무지향성을 만족한다. 그리고 UWB 통신 주파수 대역과 IEEE 802.11a WLAN 대역에서의 상호 간섭 문제를 해결하기 위해 세가지 종류의 rectangular 슬롯, hat-shaped 슬롯, circle-shaped 슬롯을 통해 노치 기능을 갖는 UWB 안테나를 구현하였다. 특히 노치 기능을 갖는 안테나는 슬롯의 길이와 폭을 조절하여 원하는 대역만을 필터링 시키는 independent control이 가능하도록 설계하였다.

참 고 문 헌

- [1] Tae-young Yang, Seong-Youp Suh, R. Nealy, W. A. Davis, and W. L. Stutzman, "Compact antennas for UWB applications", *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 19, no. 5, pp. 16-20, 2004.
- [2] T. Taniguchi, T. Kobayashi, "An omnidirectional and low-vswr antenna for the FCC-approved UWB frequency band", *IEEE Antennas and Propagation Society International Conference*, vol. 3, pp. 460-463, 2003.
- [3] K. Y. Yazdandoost, R. Kohno, "Bow-tie antenna for UWB communication frequency", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, pp. 2520-2523, 2004.
- [4] X. M. Qing, M. Y. W. Chia, and X. H. Wu, "Wide-slot antenna for UWB applications", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 1, pp. 834-837, 2003.
- [5] Seong H. Lee, Jong K. Park, and Jung N. Lee, "A novel CPW-fed ultra-wideband antenna design", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 44, pp. 393-396, 2005.

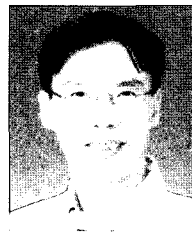
- [6] Saou-Wen Su, Kin-Lu Wong, and Chia-Lun Tang, "Band-notched ultra-wideband planar-monopole antenna", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 44, no. 3, pp. 217-219, 2005.
- [7] Saou-Wen Su, Kin-Lu Wong, and Fa-Shian Chang, "Compact printed ultra-wideband slot antenna with a band-notched operation", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 45 no. 2, pp. 128-130, 2005.
- [8] Hyung-Kuk Yoon, Hyung-Rak Kim, Ki-Hun Chang, Young-Joong Yoon, and Young-Hwan Kim, "A study on the UWB antenna with band-rejection characteristic", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, pp. 1784-1787, 2004.
- [9] A. J. Kerckhoff, H. Ling, "Design of a planar monopole antenna for use with ultra-wideband(UWB) having a band-notched characteristic", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 1, pp. 830-833, 2003.
- [10] Tae-Young Yang, W. A. Davis, "Planar half-disk antenna structures for ultra-wideband communications", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, vol. 3, pp. 2508-2511, 2004.
- [11] 이정남, 이성훈, 박종권, "사다리꼴 모양의 UWB 안테나 설계", *한국전자과학회논문지*, 16(3), pp. 1-10, 2005년 3월.
- [12] Wasim Q. Malik, Christopher J. Stevens, and David J. Edwards, "Spatio-spectral normalisation for ultra-wideband antenna dispersion", *High Frequency Postgraduate Student Colloquium*, pp. 87-92, 2004.

이 효 경



2005년 2월: 국립한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 (공학사)
 2005년 3월~현재: 국립한밭대학교 정보통신전문대학원 석사과정
 [주 관심분야] 초 광대역 안테나, 다중대역 안테나, 전자파 해석

장 화 열



2005년 2월: 국립한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 (공학사)
 2005년 3월~현재: 국립한밭대학교 정보통신전문대학원 석사과정
 [주 관심분야] 전자파 해석, 다중대역 안테나

이 정 남



2004년 2월: 국립한밭대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2004년 3월~현재: 국립한밭대학교 정보통신전문대학원 석사과정
 [주 관심분야] 초 광대역 안테나, RFID Reader 안테나, 전자파 응용

박 종 권



1994년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1997년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)
 2001년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학박사)
 2001년 3월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 선임연구원

2002년 2월~현재: 국립한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 조교수
 [주 관심분야] 초고주파공학, 전자파 산란 수치해석, 안테나