

# 사다리꼴 모양의 UWB 안테나 설계

## A Trapezoidal Ultra-Wideband Antenna Design

이 정 남 · 이 성 훈\* · 박 종 권\*\*

Jung-Nam Lee · Seong-Hun Lee\* · Jong-Kweon Park\*\*

### 요 약

본 논문에서는 UWB 통신 시스템에서 사용할 수 있는 CPW 구조를 이용한 새로운 UWB 안테나를 설계 제작하고 측정하였다. 제안된 안테나는 CST사의 Microwave Studio를 사용하여 설계하였다. 기판은 두께가 0.762 mm 이며 유전율이 4.5인 TMM4 기판을 사용하였다. 안테나는 VSWR≤2를 기준으로 3.1 GHz에서 11.5 GHz까지 UWB 통신 대역을 만족하며, 사각 슬롯을 이용하여 IEEE 802.11a 주파수 대역(5.15 GHz~5.825 GHz)은 차단하였다. 측정결과, 안테나의 그룹딜레이 변화량은 1 ns 미만으로 UWB 통신 시스템에 적합한 안테나이다.

### Abstract

In this paper, a novel Ultra-Wideband(UWB) antenna fed by CPW is designed, fabricated, and measured for UWB communications. We have used the Microwave Studio of CST to simulate the proposed antenna. It is designed to work on a substrate TMM4 of thickness 0.762 mm and relative permittivity 4.5. The proposed antenna is satisfied with Ultra-Wideband communication band from 3.1 GHz to 11.5 GHz, for VSWR≤2, and isolated IEEE 802.11a frequency band(5.15 GHz~5.825 GHz) using a rectangular slot. Measured group delay variation is less than 1 ns, thus indicating the proposed antenna a good candidate for UWB applications.

Key words : Ultra-Wideband Antenna, CPW, Notch, Group Delay, Omni-Directional

### I. 서 론

UWB(Ultra-WideBand)는 1990년대까지 미국방성의 '블랙프로젝트' 레이더 기술에 적용된 기술로 미연방 통신위원회(FCC)가 2002년 2월 UWB(3.1 GHz~10.6 GHz)의 상업적 사용을 허가, 본격적으로 상용화가 가능해진 기술이다. UWB 무선통신 기술은 디지털 부호 정보를 나노세컨드 이하의 매우 짧은 폭을 갖는 임펄스 신호로 변환하여 무선으로 전송하는 기술로서 광통신과 같은 수백 Mbps 정도의 초고속통신이 가능하며, 매우 낮은 송신전력의 사용으로 인해 배터리가 기존 무선통신방식보다 수십 배 이상

오래 사용할 수 있을 뿐 아니라, 송수신 장치도 매우 소형화 할 수 있어 기존의 무선통신 한계를 극복할 수 있는 차세대 기술로 주목받고 있으며 전 세계적으로 활발한 연구가 진행 중이다<sup>[1][2]</sup>.

UWB 통신시스템 개발 중 핵심 요소 한 가지가 초 광대역 안테나의 개발이다. 특히 이동성을 보장하기 위해서는 안테나의 크기가 작아야 하며, 제작하기 쉽고 저렴해야 한다. 그리고 주파수에 독립적으로 임피던스가 일정한 값을 갖는 구조를 가지고, 펄스 신호의 왜곡이 적은 것이어야 한다. 이러한 안테나의 개발은 쉽지 않으며 현재 전 세계적으로 수많은 개발자들이 초 광대역 안테나 연구에 참여하고

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

\*(주)파트론(Partron)

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

· 논문 번호 : 20041014-137

· 수정완료일자 : 2005년 2월 17일

있다. 현재 개발된 안테나는 사다리꼴 모양의 모노 폴 안테나<sup>[3]</sup>, 평면 볼케이노-스모크 안테나<sup>[4]</sup>, cpw-fed 보우 타이 삼각패치 안테나(cpw-fed bowtie/triangular patch antenna)<sup>[5]</sup>, partial ground를 이용한 UWB 안테나<sup>[6]</sup> 등의 여러 가지 안테나들이 개발되었다. 위에 언급된 안테나는 UWB 통신 주파수 전대역(3.1 GHz~10.6 GHz)에서 동작하는 안테나들이다. 그러나 UWB 통신 주파수 대역 내에는 IEEE 802.11a 주파수 대역(5.15 GHz~5.825 GHz)을 포함하고 있어 UWB 통신 시스템과 IEEE 802.11a 대역의 주파수 간섭 문제가 발생할 수 있기 때문에 IEEE 802.11a 주파수 대역을 차단시킬 필요가 있다. 최근에 연구되고 있는 UWB 안테나는 이러한 원하는 주파수만 필터링 하는 노치 기능을 갖는 UWB 안테나<sup>[7]</sup> 개발이 주목받고 있다.

본 논문에서는 UWB 통신 시스템에 사용될 사다리꼴 모양의 UWB 안테나와, 패치면에  $\lambda/4$  길이의 사각 슬롯을 뚫어 IEEE 802.11a 주파수 대역(5.15 GHz~5.825 GHz)을 차단하는 UWB 노치 안테나를 연구하였고 최적화하였다. 제안된 안테나는 CST사의 Microwave Studio를 이용하여 설계하였으며 사다리꼴 모양의 UWB 안테나는 3.1 GHz에서 11.5 GHz의 UWB 주파수 대역폭을 만족하였고, UWB 노치 안테나는 IEEE 802.11a 주파수 대역인 5.15 GHz~5.825 GHz 주파수 대역을 차단하였다. 시뮬레이션 결과는 반사손실  $-10$  dB 이하에서 약 7.3 GHz 정도의 대역폭을 가지며 측정값과 거의 일치한 결과를 보였다. 제안된 안테나는 기존의 안테나에 비해 향상된 선형적인 phase 특성을 나타내었는데 안테나간의 펄스 통신 실험을 통하여 그룹딜레이를 측정하여 이를 확인하였다. 수신안테나에서 약 1/10의 감쇠만 있을 뿐 전송된 펄스의 펄스 폭은 거의 변화 없이 수신되었다. 안테나의 방사 패턴은 3.5, 5.5, 7.5, 10.5 GHz 주파수 대역에서 측정하였다.

## II. 본 론

본 논문에서 제안된 안테나의 측정 결과를 알아보기에 앞서, 먼저 제안된 안테나의 구조 및 설계 변수들에 대해 기술한 후, 일반 안테나와는 다른 UWB 안테나만의 핵심이 되는 중요한 특징에 대하여 기술

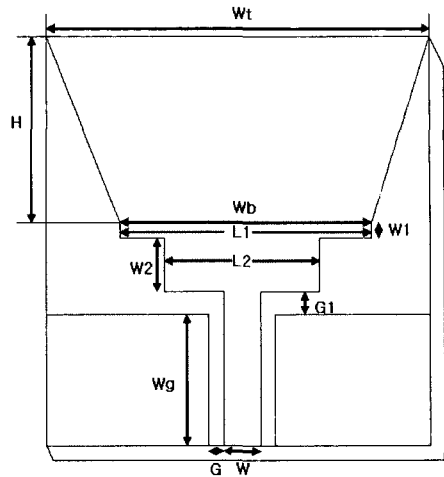


그림 1. 제안된 안테나 구조  
Fig. 1. Geometry of the proposed UWB antenna.

하고자 한다.

### 2-1 안테나 구조 및 설계 변수

그림 1은 제안된 안테나의 구조를 나타낸 것이다. 일반적으로 패치 안테나의 패치 모양은 전통적인 사각형 형태가 대부분이었다. 그러나 본 논문에서는 패치 모양을 전통적인 사각 패치 모양이 아닌 변형된 사다리꼴 형태로 설계하였다. 사다리꼴 모양의 패치는 일반 사각 패치보다 전류의 흐름을 더욱 원활하게 만들어 광대역 특성을 나타나게 한다. 이러한 특성을 이용하여 약 80 % 정도의 임피던스 대역폭을 향상시킨 논문이 보고되었다<sup>[3]</sup>.

일반 사각 패치를 변형한 사다리꼴 패치 모양에서는 원하는 광대역 특성을 얻을 수가 없었다. 때문에 그림 1에서의 사다리꼴 패치의 높이(H), 밑면(Wb), 윗면(Wt)의 폭과 길이를 변화시키면서 최적화하였다.

그림 2는 사다리꼴 패치의 밑면(Wb)은 20 mm로 고정한 상태에서 윗면(Wt)의 길이를 변화했을 때의 시뮬레이션 결과이다. Wt의 길이는  $3/4 Wb$ ,  $1/2 Wb$ ,  $1/4 Wb$ ,  $Wb+10$ 으로 변화해가면서 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 윗면(Wt)이 좁은 사다리꼴 모양에서 윗면(Wt)이 넓은 사다리꼴 형태로 변화하였을 때 원하는 광대역 특성을 얻을 수 있었다.

두 번째로 윗면(Wt)의 길이는 그림 2에서의 결과

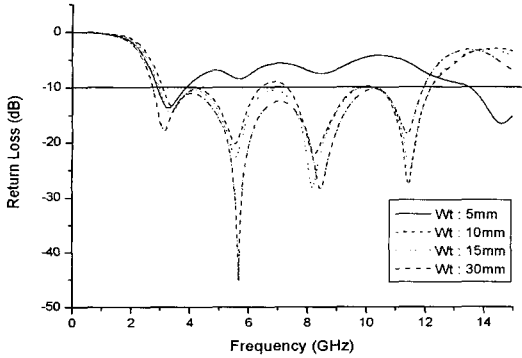


그림 2.  $W_t$  변화에 따른 반사손실 시뮬레이션  
Fig. 2. Simulated return loss for different  $W_t$ .

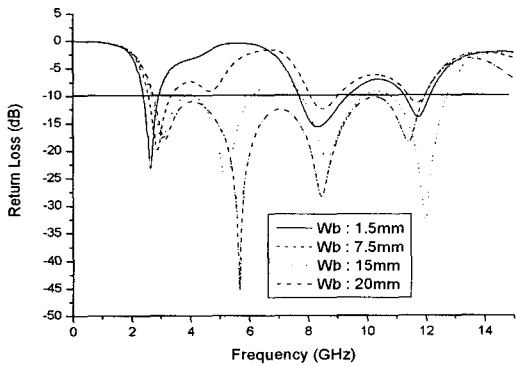


그림 3.  $W_b$  변화에 따른 반사손실 시뮬레이션  
Fig. 3. Simulated return loss for different  $W_b$ .

를 바탕으로 30 mm로 고정시킨 후 밑면( $W_b$ )을 변화해가면서 시뮬레이션 하였다.

그림 3은  $W_t$ 의 길이를 30 mm로 고정시킨 후  $W_b$ 의 길이를  $3/4 W_t$ ,  $1/2 W_t$ ,  $1/4 W_t$ ,  $1/20 W_t$ 로 변화하면서 시뮬레이션한 것이다. 시뮬레이션 결과 밑면( $W_b$ )의 넓이가 너무 좁거나 넓으면 광대역 특성이 나타나지 않았다.  $3/4 W_t$ 와  $1/2 W_t$ 의 중간 넓이인 20 mm로 최적화시킨 결과 원하는 광대역 특성을 얻을 수 있었다.

세 번째로 사다리꼴 윗면( $W_t$ )과 밑면( $W_b$ )을 시뮬레이션 최적화 결과인 30 mm, 20 mm로 고정한 후 사다리꼴의 높이( $H$ )를 변화하면서 시뮬레이션 하였다.

그림 4는 사다리꼴의 높이( $H$ )를 4 mm, 9 mm, 14 mm로 변화했을 때의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로 높이( $H$ )가 9 mm일 때도 광대역 특성이 나타나긴 하지만 저주파 대역에서 원하는 주파수 대역(3.1

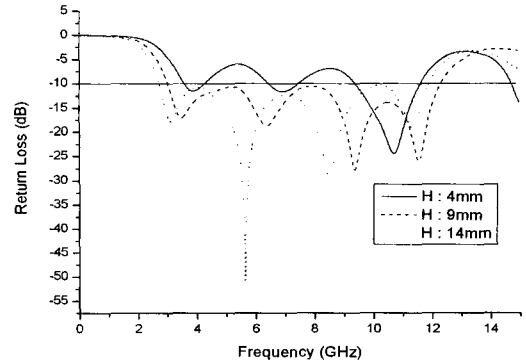


그림 4.  $H$  변화에 따른 반사손실 시뮬레이션  
Fig. 4. Simulated return loss for different  $H$ .

GHz)을 만족하지 않아 14 mm로 최적화 시켰다. 사다리꼴 모양의 패치를 시뮬레이션한 결과 윗면( $W_t$ )의 길이는 30 mm, 밑면( $W_b$ )의 길이는 20 mm, 높이( $H$ )는 14 mm일 때 만족할 만한 결과를 도출해낼 수 있었다.

한정된 기판 크기에서 패치 모양의 변화만으로는 광대역 특성을 얻는데 한계가 있다. 광대역 특성을 얻기 위해서 많은 논문들이 발표되었지만 본 논문에서는 패치면과 피드라인 중간에 다른 크기의 사각 패치인 사각 스텝(step)을 위치시켜 임피던스 매칭에 의한 광대역 방법을 사용하였다<sup>[6]</sup>. 그림 1에서 보는 바와 같이 패치면 바로 아래단에 2개의 사각 스텝(step)을 달아 임피던스 매칭을 유도하였다.

그림 5는 피드라인과 붙어있는 사각 스텝(step)의 높이( $W_2$ )를 변화했을 때의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이  $W_2$ 의 넓이가 줄

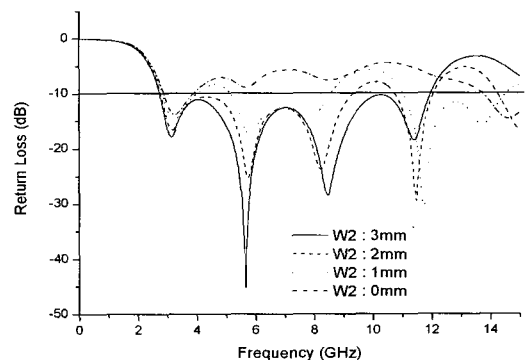


그림 5.  $W_2$  변화에 따른 반사손실 시뮬레이션  
Fig. 5. Simulated return loss for different  $W_2$ .

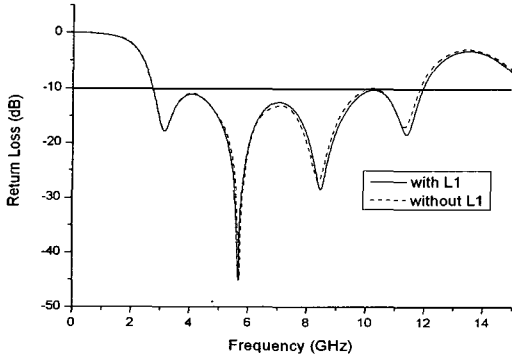


그림 6.  $L_1$  유무에 따른 반사손실 시뮬레이션  
Fig. 6. Simulated return loss as a function of  $L_1$ .

어둡에 따라 광대역 특성이 나타나지 않았으며 특히 사각 스텝(step)이 없을 때는 전혀 광대역 특성이 나타나지 않았다. 시뮬레이션 결과 피드라인과 붙어있는 사각 스텝(step)의 넓이를 3 mm로 최적화 시켰다.

그림 6은 패치면 바로 밑에 있는 사각 스텝(step)의 유무에 의한 반사손실을 시뮬레이션한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 사각 스텝(step)이 없을 때는 고주파 대역(10.6 GHz)을 만족하지 못하는 것을 발견할 수 있었다. 시뮬레이션 결과 사다리꼴 패치 밑면에  $L_1=20$  mm,  $W_1=1$  mm의 사각 스텝(step)과  $L_2=14$  mm,  $W_2=3$  mm의 사각 스텝(step)을 위치시킴으로 인해 광대역 특성이 나타남을 확인할 수 있었다.

CPW 급전구조의 패치 안테나를 설계할 때 기판 윗면으로 올라오는 그라운드와 패치 사이의 간격이 중요한데 이 간격이 너무 좁거나 넓으면 광대역 특성이 나타나지 않는다. 본 논문에서는 피드라인과 붙은 사각 스텝(step)과 그라운드 간격을 조절하여 최적화하였다.

그림 7은 사각 스텝(step)과 그라운드 간격  $G_1$ 을 변화하였을 때의 반사손실을 시뮬레이션한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 간격이 0.5 mm로 좁은 경우 전 대역에 걸쳐 광대역 특성이 나타나지 않았으며 1.5 mm로 넓은 경우 저주파 대역은 만족하나 고주파 대역에서 원하는 주파수 대역을 만족하지 않았다. 시뮬레이션 결과  $G_1=1$  mm일 때 원하는 광대역 특성을 얻을 수 있었다.

패치 안테나를 설계하는데 있어 급전 부분은 매우 중요한 부분 중 하나이다. 급전 방식으로는 마이

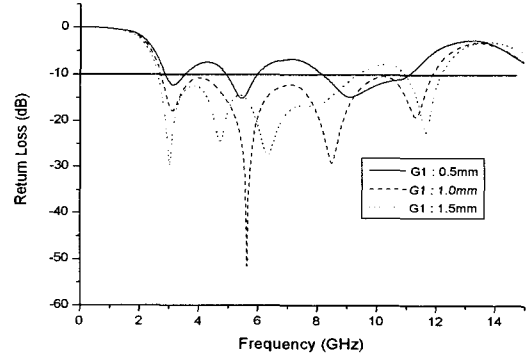


그림 7.  $G_1$  변화에 따른 반사손실 시뮬레이션  
Fig. 7. Simulated return loss for different  $G_1$ .

크로스트립라인과 CPW(Coplanar Waveguide) 급전방식이 많이 사용되는데 본 논문에서는 마이크로스트립라인에 비해 집적화하는 데 장점이 있고, 분산이 적게 발생하며, 광대역 특성 및 임피던스 정합이 쉽고, 적은 방사 손실, 작은 안테나 사이즈 구현 등 많은 장점이 있는 CPW 급전 방법을 사용하였다. 입력 임피던스 50 Ω 정합을 위하여 Feeding line과 Gap의 넓이를 CPW 급전방식의 특성 임피던스 공식과 유효 유전율 공식을 이용하여 feeding line( $W$ )은 3.5 mm, gap( $G$ )은 0.4 mm로 설계하여 50 Ω으로 정합하였다.

기판은 유전율이 4.5이며 loss tangent가 0.002, 두께가 0.762 mm인 Rogers사의 TMM4 기판을 사용하였다. 기판의 크기는  $30 \times 30$  mm<sup>2</sup>이다.

UWB 시스템의 주파수 대역(3.1 GHz~10.6 GHz)은 IEEE 802.11a 주파수 대역(5.15 GHz~5.825 GHz)이 포함되어 있다. 이는 두 주파수 간섭을 예상할 수 있다. 때문에 UWB 시스템 설계시 안테나단 다음에 band stop filter를 달아 IEEE 802.11a 주파수 대역을 필터링 한다. 이는 시스템의 크기가 커질 뿐만 아니라 비용이 더 많이 든다는 단점이 있다. 이런 단점을 보완하고자 UWB 안테나 자체에서 IEEE 802.11a 주파수 대역을 차단할 수 있는 UWB 노치(notch) 안테나를 설계하였다.

그림 8은 UWB 노치 안테나의 구조로써 그림 1의 사다리꼴 패치면에 IEEE 802.11a 중심주파수에서  $\lambda/4$  길이로 사각 슬롯을 형성한 것이다. 패치면의 사각 슬롯으로 인해 IEEE 802.11a의 주파수 대역에서

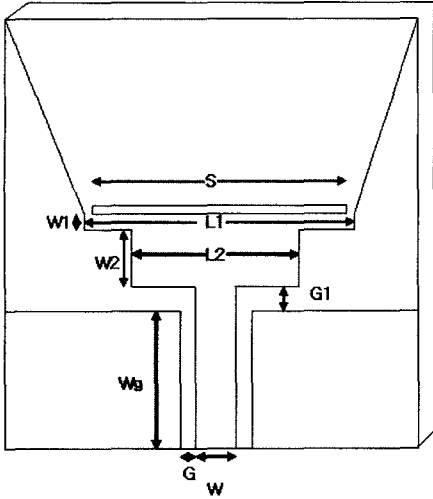


그림 8. 제안된 노치 안테나 구조  
Fig. 8. Geometry of the proposed UWB notch antenna.

공진이 생겨 IEEE 802.11a 주파수 대역은 차단될 것이라 예상할 수 있다. 본 논문에서 설계한 안테나의 기본적인 파라미터는 표 1을 참고하기 바란다.

2-2 UWB 안테나의 특징

서론에서도 언급된 바와 같이 UWB 무선통신 기술은 디지털 부호 정보를 나노세컨드 이하의 매우 짧은 폭을 가지는 임펄스 신호로 변환하여 무선으로 전송하는 기술이다. 때문에 펄스 왜곡 정도를 나타내는 지표인 group delay 측정이 매우 중요하다. 다음의 식을 이용하여 group delay를 계산할 수 있다.

$$\tau_g = -\frac{\partial \phi}{2\pi \partial f} \tag{1}$$

$\phi$ 는 far-field phase이고,  $f$ 는 주파수이다.

식 (1)에서 보는 바와 같이 far-field에서 phase가 얼마나 선형인지를 알기 위하여 group delay가 필요하다. Group delay variation이 1 ns를 초과하면 far-field에서 phase가 선형적이지 못하게 되고 그 결과 상당한 펄스 왜곡이 초래된다. 이러한 펄스의 왜곡은 UWB 통신 시스템에 치명적인 문제로 작용할 수 있

다. 본 논문에서는 제안된 안테나의 group delay를 측정하였고 far-field에서 phase가 얼마나 선형적인지를 probe 기능을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 안테나를 중심으로 양각(elevation angle)에서 0°~360° 사이를 45° 간격으로, 방위각(azimuthal angle)에서는 0°~360° 사이를 45° 간격으로 probe를 이용하여 시뮬레이션 하였다. Probe를 이용하여 시뮬레이션 한 결과를 미분하면 group delay가 되기 때문에 측정된 group delay variation이 1 ns 범위에서 선형적이라면 probe 시뮬레이션 결과도 선형적일 것이라 예상할 수 있다.

두 번째로 UWB 안테나는 모든 방향에서 수신이 가능해야 하기 때문에 안테나의 방사 패턴이 omnidirectional pattern 특성을 나타내야 한다. 안테나 패턴이 어느 방향으로 지향성을 가진다면 지향성이 높은 쪽으로만 수신이 될 것이라 예상할 수 있다. 이는 안테나의 위치 변화에 따라 신호를 수신하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 때문에 UWB 안테나의 경우 최대 이득 변화량을 3 dB로 제한하고 있다.

세 번째로 UWB 통신에서 가장 핵심적인 펄스 통신에 대해 기술하기로 하겠다. UWB 통신 시스템이 펄스에 의한 통신 방법임에도 불구하고 펄스 실험에 대한 안테나 측정은 전무하였다. CPW 급전에서의 펄스 전파 특성<sup>[8]</sup>을 살펴보면 전계는 다음과 같다.

$$v(t, z=0) = \begin{cases} v(t), & -T/2 \leq t \leq T/2 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases}$$

$$V(f, z=0) = \int_{-T/2}^{T/2} v(t, z=0) e^{-j2\pi ft} dt \tag{2}$$

$v(t)$ 와  $V(f)$ 는 푸리에의 변환쌍을 이룬다. 거리  $L$ 에서 주파수 영역의 펄스 신호는 다음과 같다.

$$V(f, z=L) = V(f, z=0) e^{-\gamma(f)L}$$

$$\gamma(f) = \alpha(f) + j\beta(f) \tag{3}$$

$\alpha(f), \beta(f)$ 는 감쇄 상수와 위상상수이다. 식 (3)에 푸리에 역 변환을 취하면  $z=L$ 에서 펄스의 시간영역 응답을 알 수 있다.

표 1. 안테나 파라미터  
Table 1. Antenna parameter.

$L_1$	$L_2$	$W_1$	$W_2$	$W_g$	$W$	$G$	$G_1$	$S$
20 mm	14 mm	1 mm	3 mm	11 mm	3.5 mm	0.4 mm	1 mm	18 mm

$$\begin{aligned}
 v(t, L) &= \int_{-\infty}^{\infty} V(f, z=L) e^{j2\pi ft} df \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} V(f, z=0) e^{j(2\pi ft - \beta(f)L)} e^{-\alpha(f)L} df \\
 \beta(f) &= 2\pi f \sqrt{\mu\epsilon(f)} = \frac{2\pi f}{c} \sqrt{\epsilon_{eff}(f)} \quad (4)
 \end{aligned}$$

$v(t, 0)$ 이 가우시안 펄스인 경우 시간영역에서의 푸리에의 변환 쌍은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 v(t, 0) &= A \exp(-a^2 t^2) \\
 V(f, 0) &= \frac{A\sqrt{\pi}}{a} \exp(-(2\pi f)^2 / 4a^2) \quad (5)
 \end{aligned}$$

위의 식을 살펴보면 기관의 두께 및 유전율에 따라, 전송하려는 펄스 신호의 주파수 대역 사이에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 본 논문에서는 두 안테나를 15 cm로 이격시킨 후 펄스 발생기를 이용하여 시간 영역상 펄스 측정을 하였다.

### III. 안테나 시뮬레이션 및 측정결과

그림 9는 그림 1의 안테나 반사 손실을 측정한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이  $S_{11} < -10$  dB에서 UWB 통신 시스템 주파수 대역인 3.1~10.6 GHz 대역을 만족함을 볼 수 있다.

그림 10은 제안된 안테나의 group delay를 측정한 것이다. 측정 결과에서 보는 바와 같이 제안된 안테나의 group delay는 1 ns 미만에서 일정하게 변화하는 것을 볼 수 있다. Group delay 측정 결과로 인해 far-field phase가 선형적일 것이라 예상할 수 있다. 다음 예상 결과를 알아보기 위해 probe를 이용하여 far-

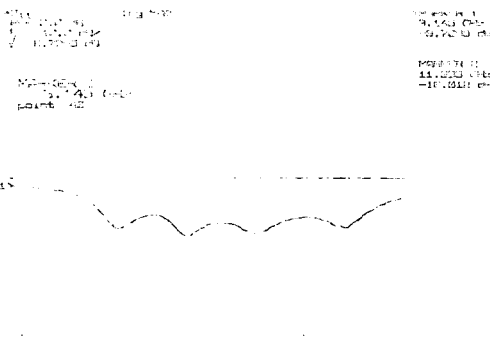


그림 9. 그림 1의 반사손실 측정 결과  
Fig. 9. Measured return loss versus frequency for Fig. 1.

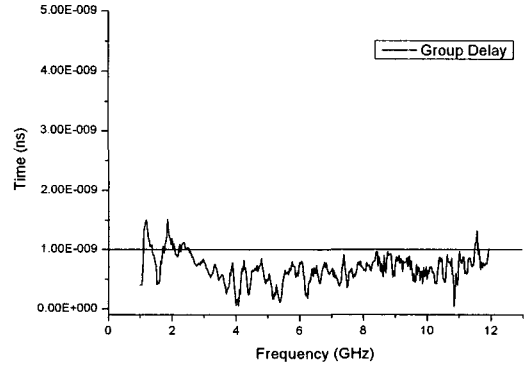


그림 10. Group delay 측정 결과  
Fig. 10. Measured group delay.

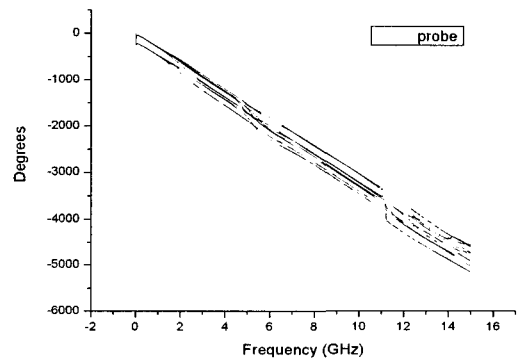


그림 11. Far-field 위상의 선형특성 시뮬레이션  
Fig. 11. Simulated Phase linearity of far-field.

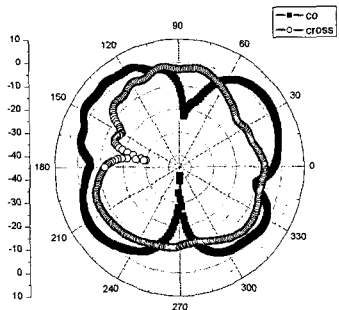
field phase가 얼마나 선형한지 시뮬레이션 하였다.

그림 11은 CST사의 MWS에서 probe 기능을 이용하여 far-field phase를 시뮬레이션 한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 group delay 측정 결과에서 나타난 것과 같이 far-field 패턴에서 위상이 선형 특성을 가짐을 알 수 있다. Group delay 측정 결과와 probe를 이용한 위상 특성 결과 값이 일치함을 알 수 있다.

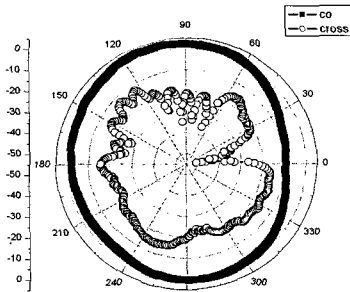
UWB 안테나는 모든 방향에서 송·수신할 수 있어야 한다. 때문에 모든 방향으로 방사하는 무지향성 즉, omni-directional pattern을 요구한다. 그림 12~15는 3.5 GHz, 5.5 GHz, 7.5 GHz, 10.5 GHz에서의 방사 패턴을 측정한 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 방사 패턴은 omni-directional pattern을 나타냄을 알 수 있다.

그림 16은 제안된 안테나의 이득 변화량을 측정한 것이다.

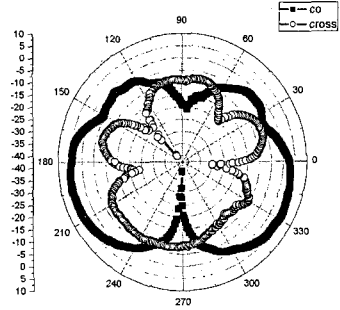


(a) E-plane

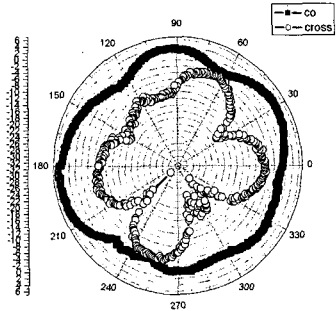


(b) H-plane

그림 12. 3.5 GHz에서의 방사패턴  
Fig. 12. Measured radiation patterns at 3.5 GHz.

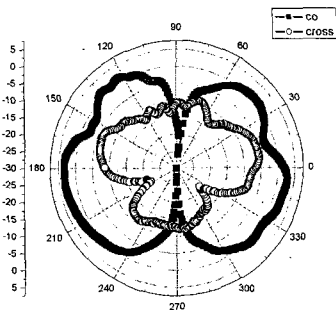


(a) E-plane

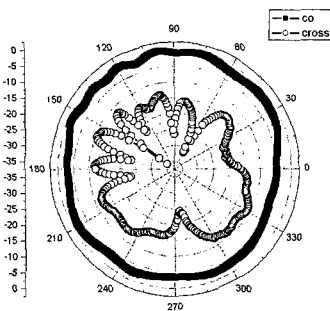


(b) H-plane

그림 14. 7.5 GHz에서의 방사패턴  
Fig. 14. Measured radiation patterns at 7.5 GHz.

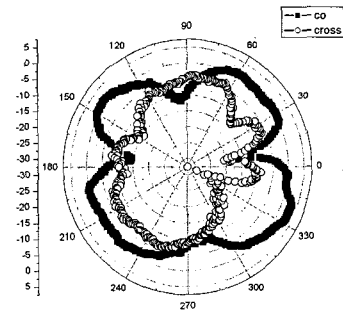


(a) E-plane

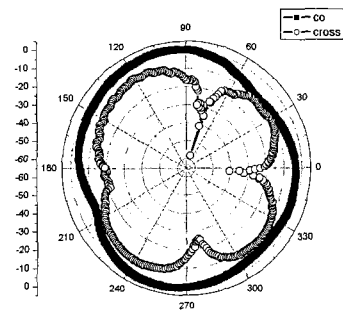


(b) H-plane

그림 13. 5.5 GHz에서의 방사패턴  
Fig. 13. Measured radiation patterns at 5.5 GHz.



(a) E-plane



(b) H-plane

그림 15. 10.5 GHz에서의 방사패턴  
Fig. 15. Measured radiation patterns at 10.5 GHz.

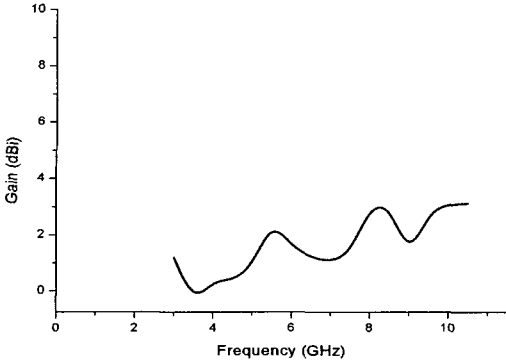


그림 16. 안테나 이득 측정 결과  
Fig. 16. Measured antenna gain versus frequency.

그림 16에서 보는 바와 같이 이득 변화량이 약 3 dBi로 측정되어 UWB 최대이득 범위를 만족하는 것을 볼 수 있다.

위의 시뮬레이션 결과와 측정 결과로 인하여 제안된 안테나는 펄스 통신이 가능할 것이라 예상할 수 있다. 그림 17은 제안된 안테나의 펄스 실험 전에 안테나의 펄스 실험 측정 장비 설정을 보여준 것이다.

그림 17에서 보는 바와 같이 송신 안테나에 펄스 발생기를 연결시키고 거리는 15 cm 이격시켜 수신 안테나를 두었다. 수신 안테나는 디지털 오실로스코프에 연결이 되어 있으며, 펄스의 기본 파형을 보기 위해 또 하나의 펄스 발생기를 오실로스코프의 채널 2에 연결하였다. 첫 번째 펄스 발생기에서 펄스를 발생시켜 송신 안테나를 통해 펄스가 수신 안테나로 입력된다. 그 펄스 폭을 오실로스코프로 측정하고 오실로스코프의 채널 2에 연결된 펄스 발생기에서 펄스를 발생시켜 오실로스코프로 측정한다. Time Domain사의 pulse generator(PulsON200TM)와 Tektronix사의 digital storage oscillo-scope(TDS6604)를 사용해

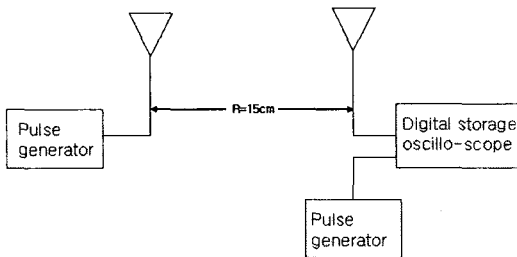
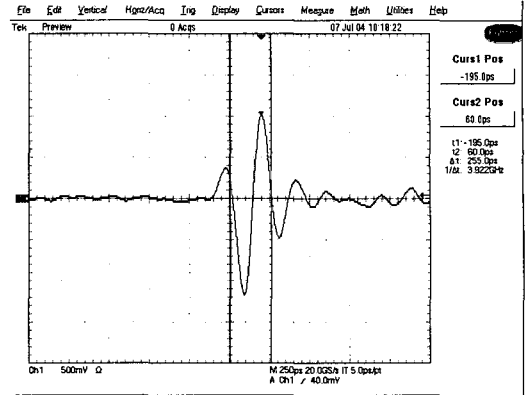
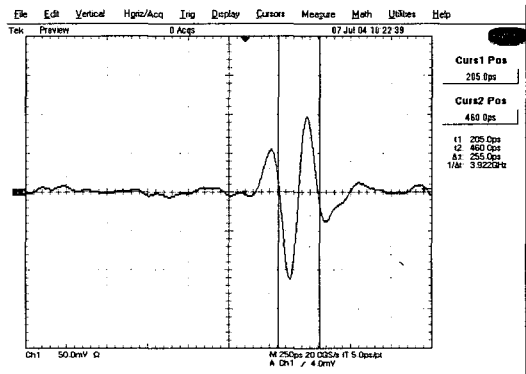


그림 17. 펄스 실험 장치  
Fig. 17. Setup for pulse measurement.



(a) 펄스 발생기 파형  
(a) Pulse generator waveform



(b) 제안된 수신안테나의 출력 파형  
(b) Output waveform of the proposed receiver antenna

그림 18. 펄스 측정  
Fig. 18. Pulse measurement.

측정하였으며 전자통신연구원(ETRI)에서 측정하였다.

그림 18(a)는 pulse generator waveform을 나타낸 것이고 그림 18(b)는 수신 안테나에서 수신된 펄스를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 수신된 펄스 신호는 오실로스코프 채널 2에서 인가한 펄스에 비해 약 1/10 정도만 줄었고 원 신호와 거의 같은 신호 레벨을 나타내었다. 측정 결과 제안된 안테나는 펄스를 이용하여 통신하는 UWB 통신 시스템에 적합한 안테나로 판명되었다.

다음은 그림 8에서 보인 사다리꼴 패치면에 사각 슬롯을 형성한 노치 안테나의 측정 결과 및 시뮬레이션 결과를 기술하고자 한다. 제안된 안테나는 반사손실만 측정했으며 이득 및 안테나의 효율은 시뮬레이션 결과이다.



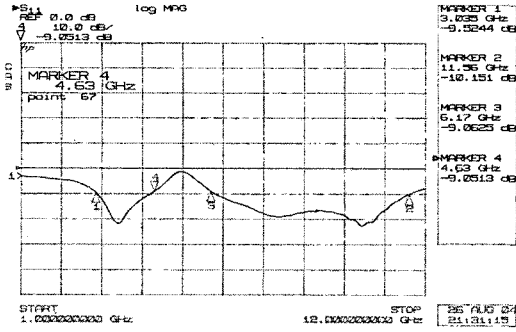


그림 19. 그림 8의 반사손실 측정 결과  
Fig. 19. Measured return loss versus frequency for Fig. 8.

그림 19는 그림 8에서의 노치 안테나의 반사 손실을 측정한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 IEEE 802.11a 주파수 대역(5.15 GHz~5.825 GHz)에서 공진이 발생하여 주파수 저지현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 그림 20은 그림 8에서의 노치 안테나의 이득 변화량을 시뮬레이션한 것이다.

그림 20에서 보는 바와 같이 시뮬레이션 상 IEEE 802.11a의 중심 주파수(5.35 GHz)에서는 안테나의 이득이 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. 안테나의 이득은 방향성과 효율의 곱으로 표현할 수 있으므로 시뮬레이션 결과 IEEE 802.11a 중심 주파수(5.35 GHz)에서는 안테나의 효율이 급격히 떨어짐을 예상할 수 있다.

그림 21은 안테나의 주파수별 전체 효율을 시뮬레이션한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 다른 주파수 대역은 90 % 이상의 효율을 나타내지만 IEEE 802.11a 중심주파수(5.35 GHz)에서는 효율이 약 13

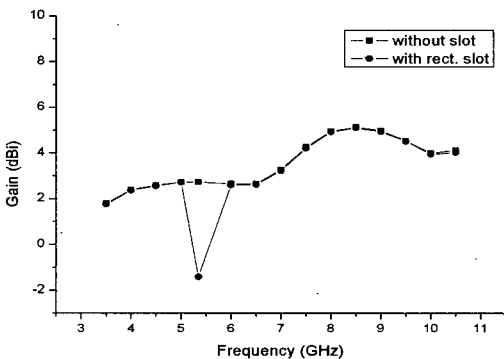


그림 20. 노치안테나 이득 시뮬레이션  
Fig. 20. Simulated notch antenna gain versus frequency.

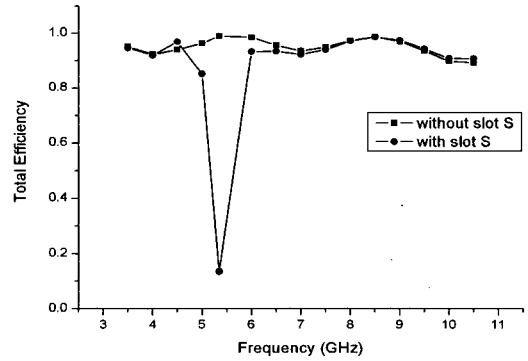


그림 21. 노치안테나 효율 시뮬레이션  
Fig. 21. Simulated notch antenna total efficiency.

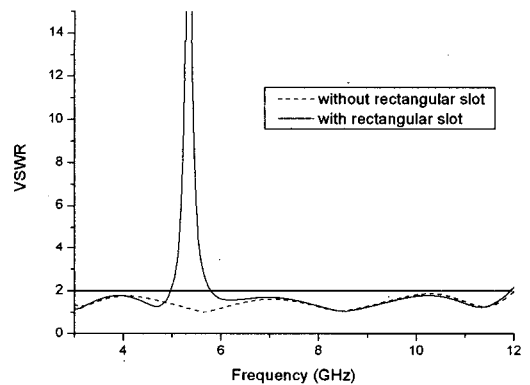


그림 22. 슬롯의 유무에 따른 VSWR 시뮬레이션  
Fig. 22. Simulated VSWR as a function of slot.

%로 급격히 감소하였다.

그림 22는 그림 1에서의 패치면에 사각 슬롯이 없는 경우와 그림 8의 패치면에 사각 슬롯이 있을 때의 VSWR을 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 IEEE 802.11a 주파수 대역은 필터링 하면서 다른 주파수 대역은 VSWR variation이 같은 것을 볼 수 있다.

그림 23은 그림 8의 사다리꼴 패치면에 형성한 사각 슬롯의 길이를 변화했을 때의 VSWR을 시뮬레이션한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 슬롯의 길이가 길어지면 저주파 대역으로 주파수가 이동하고, 슬롯의 길이가 짧아지면 고주파 대역으로 주파수가 이동하는 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션 결과 필터링하고자 하는 주파수 대역을 슬롯의 길이를 조정함으로써 설계할 수 있을 것이다.

그림 24는 그림 8의 사다리꼴 패치면에 형성한 사각 슬롯의 폭을 변화했을 때의 VSWR을 시뮬레이션

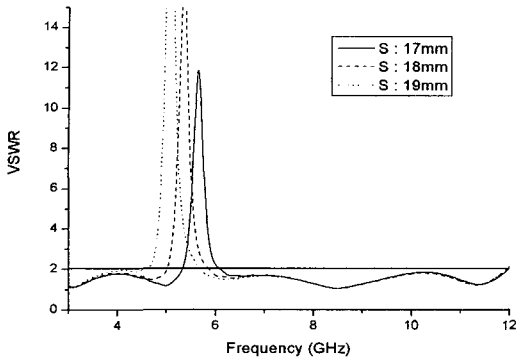


그림 23. 슬롯 길이 변화에 따른 VSWR 시뮬레이션  
Fig. 23. Simulated VSWR for different slot length.

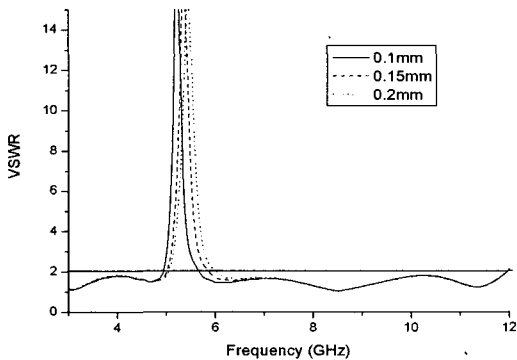


그림 24. 슬롯 폭 변화에 따른 VSWR 시뮬레이션  
Fig. 24. Simulated VSWR for different slot width.

한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 슬롯의 폭이 줄어들며 따라 주파수 대역폭이 줄어들며, 슬롯의 폭이 넓어짐에 따라 주파수 대역폭이 늘어나는 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션 결과 필터링 하고자 하는 주파수 대역폭을 슬롯의 폭을 조정함으로써 설계할 수 있을 것이라 기대한다.

#### IV. 결 론

논문에서는 UWB 통신 시스템에 사용될 수 있는 사다리꼴 모양의 UWB 안테나를 설계하였다. 안테나의 대역폭은 -10 dB에서 3.1 GHz~11.5 GHz의 UWB 통신 시스템을 만족하였다. Group delay는 1 ns 미만에서 변화하며, far-field 패턴에서 위상이 선형함을 보였다. 방사 패턴은 omni-directional pattern을 나타내어 전 방향으로 방사해야만 하는 UWB 안테나의 요구 조건을 만족하였다. 안테나의 이득 변화

율은 약 3 dBi로 요구하는 최대 이득 변화율을 만족하였다. 또한 펄스 실험을 통해 펄스를 이용한 통신을 하는 UWB 통신 시스템에 사용할 수 있는 UWB 안테나를 설계하였다. 패치에 슬롯을 형성하여 IEEE 802.11a 주파수 대역(5.15 GHz~5.825 GHz)을 차단할 수 있게 노치 기능을 갖는 안테나를 설계하였으며, 슬롯의 길이와 폭을 변화시키면서 원하는 주파수 대역과 대역폭을 차단할 수 있게 설계하였다.

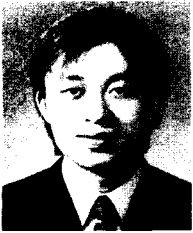
#### 참 고 문 헌

- [1] M. Ghavami, L. B. Michael, and R. Kohno, *Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering*, John Wiley & Sons, Ltd., pp. 1-62, 2004.
- [2] Kazimierz Siwiak, Debra Mckeown, *Ultra-Wideband Radio Technology*, John Wiley & Sons, Ltd., pp. 1-53, 2004.
- [3] Z. N. Chen, M. Y. W. Chia, "Impedance characteristics of trapezoidal planar monopole antenna", *Microwave Opt. Tech. Lett.*, 36(13), pp. 120-122, 2000.
- [4] Chen Ying, G. Y. Li, and Y. P. Zhang, "An LTCC planar ultra-wideband antenna", *Microwave Opt. Tech. Lett.*, vol. 42, no. 3, pp. 220-222, Aug. 2004.
- [5] N. Fortino, G. Kossiavas, J. Y. Dauvignac, and R. Staraj, "Novel antennas for ultra-wideband communications", *Microwave Opt. Tech. Lett.*, vol. 41, no. 3, pp. 166-169, May 2004.
- [6] S. H. Choi, J. K. Park, S. K. Kim, and J. Y. Park, "A new ultra-wideband antenna for UWB applications", *Microwave Opt. Tech. Lett.*, vol. 40, no. 5, pp. 399-401, Mar. 2004.
- [7] Y. Kim, D. H. Kwon, "CPW-fed planar ultra-wideband antenna having a frequency band notch function", *Electronics Letters*, vol. 40, no. 7, pp. 403-405, Apr. 2004.
- [8] 이승엽, 신용섭, "시간영역 측정을 이용한 CPW에서 가우시안 펄스 전송 특성", 한국전자과학회 논문지, 14(11), pp. 1143-1148, 2003년 11월.

[9] 이정남, 이성훈, 박종권, "CPW 급전 사다리꼴 모양의 UWB 안테나 설계", 마이크로파 및 광파 학

술대회 논문집, pp. 439-442, 2004년.

이 정 남



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

이 성 훈



2003년 2월: 국립한밭대학교 정보통신공학과 (공학사)  
2005년 2월: 국립한밭대학교 정보통신전문대학원 (공학석사)  
2005년 2월~현재: (주)파트론 주임연구원  
[주 관심분야] 이동통신용 안테나,

수동소자