

# 대역 저지 특성을 갖는 휴대 단말기용 초소형 UWB Antenna에 관한 연구

## A Study on the UWB Antenna with Band-Stop Function for Mobile Handsets

임요한 · 윤영중 · 호요철\* · 정병운\*

Yohan Lim · Young Joong Yoon · Yo-Chuol Ho\* · Byungwoon Jung\*

### 요약

본 논문에서는 대역 저지 특성을 갖는 휴대 단말기용 초소형 UWB 안테나를 제안하였다. 안테나를 소형화 하면서 광대역 특성을 얻기 위해 안테나의 방사체와 밑면 및 옆면의 그라운드 간격을 조절하였다. 안테나의 PCB 뒷면으로 방사체를 연장하여 안테나 소형화를 구현하였으며, 안테나의 급전부를 tapered feeding structure로 변환하여 매칭 특성을 향상시켰다. 제안된 안테나의 주어진 공간은  $14 \times 14 \text{ mm}^2$ 로 설계되었으며, 안테나의 방사체 크기는  $10 \times 7 \text{ mm}^2$ 의 크기를 갖는다. 제안된 안테나는 VSWR < 2 기준으로 저주파 UWB 대역인 3.15~4.75 GHz와 고주파 UWB 대역인 7.2~10.2 GHz를 모두 커버하고, 5.8 GHz 대역에서는 대역 저지 특성을 갖도록 하였다. 상용화된 케이스에 장착하여 측정된 반사 손실 역시 유사한 특성이 나타남을 확인하였다. 측정된 이득은 케이스를 고려하지 않는 경우, 최대 5.85 dBi의 높은 이득 값을 나타내었으며, 케이스를 고려하더라도 -2~-3 dBi의 최대 이득 값이 유지됨을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, small UWB antenna with band-stop function for mobile handsets is proposed. A gap between radiator and under and side ground is adjusted for small size and broadband. A radiator is folded to the back side of PCB for miniaturization and tapered feeding structure is used to enhance matching characteristic. A antenna clearance has a size of  $14 \times 14 \text{ mm}^2$  and a size of radiator is  $10 \times 7 \text{ mm}^2$ . It covers all UWB band from 3.15 GHz to 4.75 GHz and from 7.2 GHz to 10.2 GHz for VSWR < 2 and has band stop characteristic at 5.8 GHz. A maximum gain is measured as 5.85 GHz. In case conventional handset case is considered, it also covers all UWB and a maximum gain is measured from -2 dBi to -2 dBi.

Key words : Small UWB Antenna, Band-Stop, Handset Case

### I. 서론

UWB(Ultra-Wideband)의 통신 방식은 신호의 확산 특성을 이용한 기술로 시간 축 상에서 주기가 매우 짧은 펄스를 송신하게 되면 그 신호는 주파수축 상

에서 아주 넓게 펼쳐진다는 원리를 이용한 기술로 UWB 무선 통신 시스템에 대한 관심이 높아져 왔다 [1,2]. 원래 군사적 목적으로 개발되었으나, 최근에는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 환경에서 기존의 유선 네트워크를 대체할 뿐 아니라 무선 단말기 사

「본 연구는 LG전자의 지원으로 수행되었음.」

연세대학교 전기전자공학과(Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University)

\*LG전자(LG Electronics)

· 논문 번호 : 20081128-04S

· 수정완료일자 : 2008년 11월 17일

이에서의 고속 데이터 통신을 가능하게 할 기술로 각광받고 있다. 특히, 휴대 단말기의 기존 USB를 대체할 기술로 UWB 기술을 이용한 wireless USB에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[3]</sup>. Wireless USB는 기존의 USB device driver와 호환성을 유지하고, 기기 인증 및 데이터 암호화 기능을 가지며 동시에 여러 개의 기기 사이에서의 무선 데이터 통신을 가능하게 하는 기술이다. 먼저, 사용자가 PC에 있는 음악, 동영상 등을 다운받을 때나 휴대폰으로 찍은 사진을 컴퓨터에 저장할 경우, 매번 USB 허브를 꺾다 뺐다 하는 불편함을 없앨 수 있다. 이것은 단순히 PC와 핸드폰 사이에서 뿐 아니라 디지털 카메라, 프린터, PMP 등 무선 단말기 사이에서 wireless USB 장치를 이용함으로써 손쉽게 무선 데이터 통신이 가능해짐을 의미하는 것이다. 이와 같은 통신이 가능해지기 위해 무엇보다 중요한 부품으로는 소형 광대역 안테나이다. 휴대 단말기의 이동 통신용 안테나에 또 다른 UWB 안테나를 장착하기 위해서는 상당히 작은 크기가 요구될 뿐 아니라 이동 통신용 안테나의 내장화를 하는 경우와 마찬가지로, 내장화로 인한 안테나 효율과 대역폭 감소, 누설 전류로 인한 안테나 특성 저하, 제한된 물리 공간으로 인한 방사 저항 감소, 휴대 단말기로 인한 특성 변화 등 많은 부분이 고려되어야 하기 때문이다<sup>[4]-[6]</sup>. 기존에 연구되었던 UWB 통신용 안테나는 저주파 UWB 대역인 3.15~4.75 GHz와 고주파 UWB 대역인 7.2~10.2 GHz를 모두 커버하고 대역 저지 특성을 갖기 위해 휴대폰 단말기에 실장될 수 없는 크기로 설계되어왔다. 또한, 안테나의 특성을 유지하기 위해 안테나에 주어진 공간은 더욱 큰 공간이 요구되었다<sup>[7]-[11]</sup>.

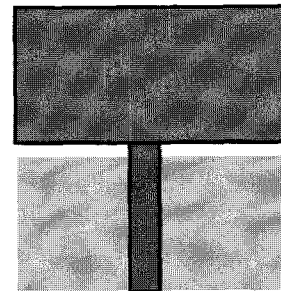
본 논문에서는 휴대 단말기에 부착될 수 있는 크기의 UWB 통신을 위한 초소형 UWB 안테나를 연구 개발하였다. 안테나를 소형화 하면서 광대역 특성을 얻기 위해 휴대 단말기에 부착되는 PCB와 안테나의 방사체의 간격을 조절하였다. 또한, 기존의 UWB 안테나 구조에서는 활용할 수 없고 휴대폰용 안테나에서만 활용 가능한 안테나의 옆면 그라운드를 이용하여 광대역 특성을 나타내었다. 고주파 UWB 대역의 매칭 특성을 향상시키기 위해 안테나의 급전부를 tapered feeding structure로 변환하여 매칭 특성을 향상시켰다. 제안된 안테나의 주어진 공간은 14×14

mm<sup>2</sup>로 설계되었으며, 안테나의 방사체 크기는 10×7 mm<sup>2</sup>로 상당히 작은 크기를 가지며, VSWR<2 기준으로 저주파 UWB 대역인 3.15~4.75 GHz와 고주파 UWB 대역인 7.2~10.2 GHz를 모두 커버하고, WLAN 대역인 5.8 GHz 부분에 대역 저지 특성을 갖도록 하였다. 시뮬레이션한 결과를 실제 제작하여 그 특성을 비교하였으며, 실제 휴대폰 케이스의 바 타입, 슬라이드 타입 및 폴더 타입에 장착하여 그 결과를 비교하였다.

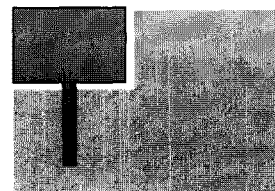
## II. 안테나 설계

### 2-1 휴대폰 환경을 고려한 UWB 안테나 설계

기존에 연구되었던 UWB 통신용 안테나와 달리 휴대폰 환경에서의 UWB 안테나를 설계하기 위해서는 휴대폰의 PCB에 안테나를 설계해야 한다. 따라서 그림 1에서와 같이 UWB 안테나의 옆면에도 휴대폰의 다른 부품들을 장착할 수 있는 PCB가 고려되어야 하며, 이는 안테나의 특성을 저하시키는 주요 원인이 된다. 또한, 휴대폰 단말기에 UWB 안테나가 장착되기 위해 상당히 작은 크기로 UWB 전 대역을

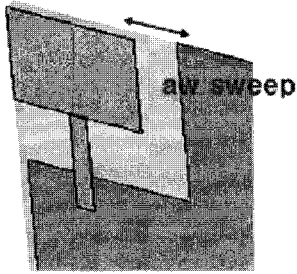


(a) 기존의 UWB 통신용 안테나  
(a) Previous antenna for UWB communication

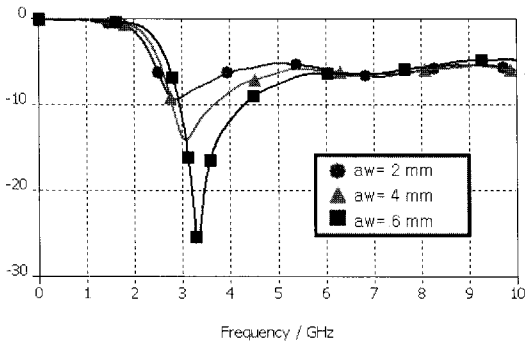


(b) 휴대폰용 UWB 안테나  
(b) UWB antenna for mobile handset

그림 1. UWB 안테나 설계  
Fig. 1. Design of UWB antenna.



(a) 안테나 구조  
(a) Antenna structure



(b) 반사 손실  
(b) Return loss

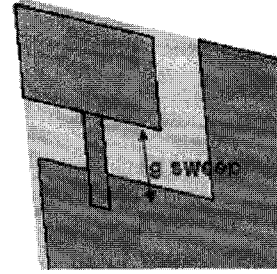
그림 2. 안테나의 방사체와 옆면 PCB간의 간격에 따른 반사 손실

Fig. 2. Return loss due to a gap between radiator and side part of PCB.

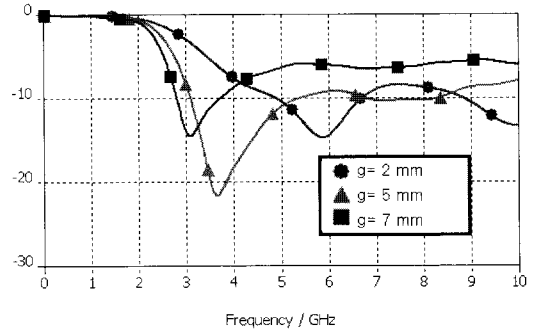
커버하는 안테나가 요구되기 때문에 안테나를 상당히 소형화 하면서도 안테나 옆면의 PCB를 고려해야 한다.

먼저, UWB 안테나의 성능 저하에 큰 영향을 줄 수 있는 옆면의 PCB를 이용하여 안테나의 소형화 및 광대역화를 구현하였으며, 그림 2에 안테나의 방사체와 옆면의 PCB의 간격에 따른 반사 손실을 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 안테나의 방사체와 옆면의 PCB의 간격을 조절함에 따라 광대역 특성이 나타남을 확인할 수 있다. 방사체와 PCB 간격이 너무 넓어지면 안테나를 위한 공간이 커지게 되어 PCB의 공간이 줄어들기 때문에 안테나의 공간과 반사 손실 특성을 고려하여 4 mm로 설계하였다. 안테나의 뒷면 PCB의 일부를 제거하여 광대역 특성을 얻을 수 있었으며, 방사체와 밑면의 그라운드와의 간격에 따른 반사 손실 특성을 그림 3에 나타내었다.



(a) 안테나 구조  
(a) Antenna structure



(b) 반사 손실  
(b) Return loss

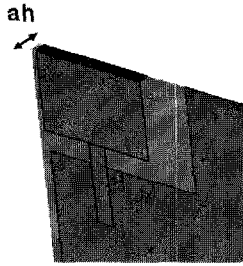
그림 3. 안테나의 방사체와 밑면 PCB간의 간격에 따른 반사 손실

Fig. 3. Return loss due to a gap between radiator and lower part of PCB.

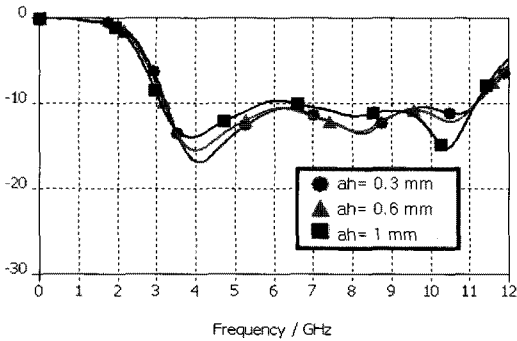
방사체의 밑면 PCB와의 간격은 안테나 전체 공간의 크기에 영향을 주지 않으므로 안테나의 특성이 가장 좋게 나타나는 5 mm로 설계하였다.

일반적으로 UWB 안테나를 소형화하면서 나타나는 가장 큰 문제점 중 하나는 안테나가 작아짐에 따라 저주파 대역인 3.15 GHz 대역까지 공진점이 떨어지지 않는 부분이다. 안테나의 부피를 넓히지 않고 안테나에 주어진 공간을 유지하면서 전류 패스를 확보하기 위해 방사체를 PCB의 뒷부분으로 연장하였다. 그 결과, 그림 4에서 나타낸 바와 같이  $VSWR < 2$  이하 기준으로 UWB의 저주파 대역인 3.15 GHz까지 모두 커버함을 확인할 수 있으며, PCB 높이를 최대한 이용하여 1 mm로 설계하였다.

결국, 휴대폰 환경에 요구되는 PCB를 고려하여 옆면과 밑면의 형태를 이용하여 저주파 및 고주파 UWB 대역을 모두 커버하는 안테나를 구현하였다. 안테나의 주어진 공간은  $14 \times 14 \text{ mm}^2$ 이고, 안테나의



(a) 안테나 구조  
(a) Antenna structure



(b) 반사 손실  
(b) Return loss

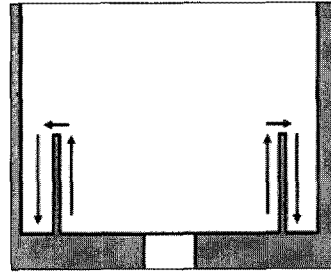
그림 4. 안테나의 방사체 연장에 따른 반사 손실  
Fig. 4. Return loss due to length of radiator.

방사체 크기는  $10 \times 7 \text{ mm}^2$ 로 휴대폰 단말기 안에 충분히 부착될 수 있는 초소형 안테나로 설계되었다.

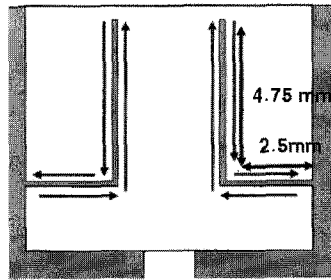
### 2-2 소형화된 안테나의 대역 저지 특성 구현

설계된 안테나에 5.8 GHz 부분에 대역 저지 특성을 구현하기 위해 안테나의 방사체에 5.8 GHz 대역에서의 1/4 파장인 7 mm의 길이만큼의 슬롯을 확보하여 그 주파수에서 전류가 반대로 흐르도록 유도하였다. 설계된 안테나의 방사체 크기인  $10 \times 7 \text{ mm}^2$ 에 슬롯을 삽입하기 위해 7 mm의 단일 형태의 슬롯을 삽입하기에는 안테나 크기가 너무 작기 때문에 슬롯의 형태 역시 역 L자 형태로 소형화하여 구현하였으며, 그림 5에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 역 L 형태로 슬롯을 구현하게 되면 슬롯의 가로와 세로 부분에서 모두 전류 상쇄가 나타나기 때문에, 안테나의 크기가 작아지더라도 대역 저지 특성을 구현할 수 있게 된다.

역 L 형태로 구현한 슬롯의 길이에 따른 대역 저



(a) 단일 슬롯 구조  
(a) Simple slot



(b) 소형화를 위한 역 L 형태 슬롯  
(b) Inverted L slot for miniaturization

그림 5. 대역 저지 특성을 위한 슬롯  
Fig. 5. Slot for band-stop.

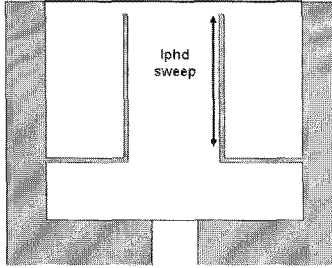
지 특성을 그림 6에 나타내었으며, 안테나의 크기가 작음에도 불구하고 5.8 GHz 대역에서의 1/4 파장인 7 mm의 길이를 확보하여 5.8 GHz 지점에서 대역 저지 특성을 나타낼 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 7에 대역 저지 특성이 나타나지 않는 3.1 GHz의 대역에서와 대역 저지 특성을 나타낸 5.8 GHz 대역에서 실제 시뮬레이션 상의 전류 분포를 비교하여 나타내었다.

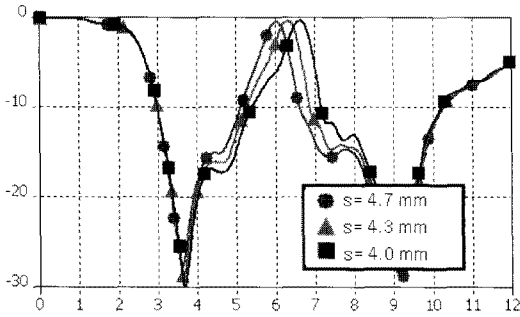
그림에서 보는 바와 같이 대역 저지 특성이 나타나지 않는 3.1 GHz 대역에서는 방사체의 전류와 슬롯의 전류의 방향이 동일하게 나타남을 확인할 수 있으며, 그라운드 전체에 전류가 고르게 분포됨을 확인할 수 있다. 그와 반대로 대역 저지 특성이 나타나는 5.8 GHz 대역에서는 안테나의 방사체와 슬롯의 전류가 반대로 나타나고, 그라운드 전체에 전류가 분포되지 않음을 확인할 수 있다.

## III. 측정 및 결과 고찰

### 3-1 제작 및 실험을 통한 안테나 튜닝



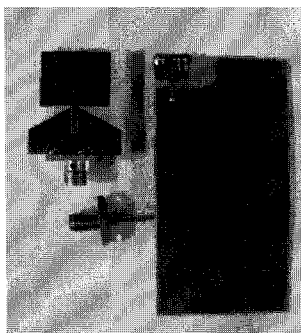
(a) 역 L 형태의 슬롯  
(a) Inverted L slot



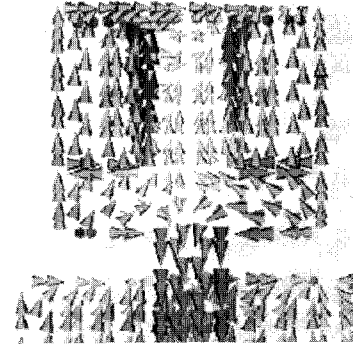
(b) 반사 손실  
(b) Return loss

그림 6. 역 L 형태 슬롯의 길이에 따른 반사 손실  
Fig. 6. Return loss due to length of inverted L slot.

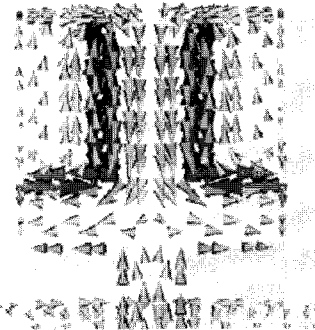
설계된 안테나를 제작하고 시뮬레이션 결과와 Bare 상태의 안테나 특성을 비교하였다. 그림 8에 PCB와 함께 제작한 안테나의 앞면과 뒷면을 나타내었으며, 기존에 연구되어 온 30×30 mm<sup>2</sup>의 크기를 갖는 UWB 안테나와 비교해 놓았다<sup>[11]</sup>. 그림에서 보는 바와 같이 기존의 UWB 안테나와 비교하여 상당히



(a) 앞면  
(a) Front



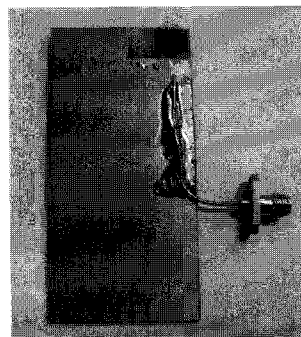
(a) 3.1 GHz 대역에서의 전류 분포  
(a) Current distribution at 3.1 GHz



(a) 5.8 GHz 대역에서의 전류 분포  
(a) Current distribution at 5.8 GHz

그림 7. 대역 저지 특성의 유무에 따른 전류 분포  
Fig. 7. Current distribution due to existence and non-existence of band-stop characteristic.

소형화되었음을 확인할 수 있다. 휴대폰 케이스에 넣어 측정할 것을 고려하여 안테나의 커넥터는 옆면에 위치하도록 설계하였다. 그림 9에 제안된 안테나



(b) 뒷면  
(b) Back

그림 8. 제작된 안테나  
Fig. 8. Fabricated antenna.

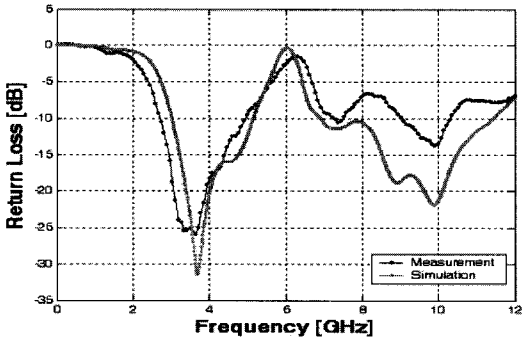
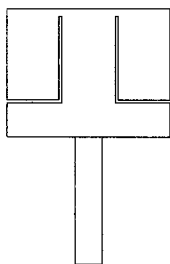


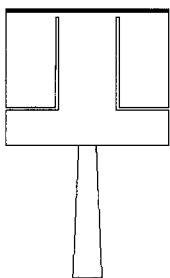
그림 9. 측정된 반사 손실  
Fig. 9. Measured return loss.

의 측정된 반사 손실을 시뮬레이션 값과 비교해 놓았다.

측정된 반사 손실은 시뮬레이션 결과와 유사한 특성을 보이나, 제작상의 오차로 인해 고주파 대역의 주파수 특성이 틀어지는 것을 볼 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 급전부의 구조를 변환하였으며, 변환된 급전 구조를 그림 10에 나타내었다. 급전부의 매칭 특성을 향상시키기 위해 급전 라인의 형



(a) 기존의 급전 구조  
(a) Previous feeding structure



(b) Tapered feeding structure  
(b) Tapered feeding structure

그림 10. 급전 구조  
Fig. 10. Feeding structure.

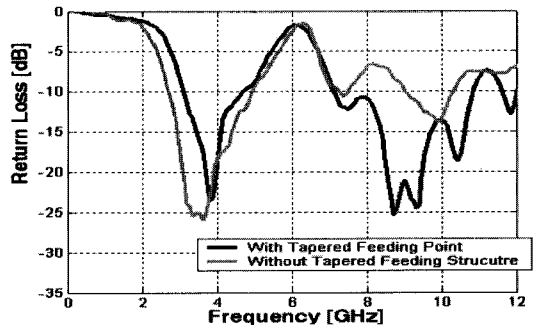


그림 11. Tapered feeding structure의 반사 손실  
Fig. 11. Return loss with tapered feeding structure.

태를 안테나의 방사에게 가까워질수록 좁아지도록 tapered feeding structure로 변환하였다.

변환된 급전 구조의 반사 손실을 급전 구조를 변환하지 않은 구조와 비교하였으며, 그림 11에 나타내었다.

고주파 대역의 매칭 특성이 향상됨으로써 대역 저지 특성에 영향을 주지 않고 VSWR<2 기준으로 저주파 및 고주파 UWB 대역을 모두 커버함을 확인할 수 있다. 제안된 안테나의 방사 패턴을 그림 12에 나타내었으며, 안테나의 최대 이득 값을 표 1에 나타내었다. 방사 패턴과 이득은 휴대폰 환경에서 가장 중요하게 고려되는 H-plane(XZ-plane)의 결과 값을 나타내었다. 저주파 및 고주파 UWB 대역과 대역 저지 특성을 갖는 5.8 GHz에서의 방사 패턴과 최대 이

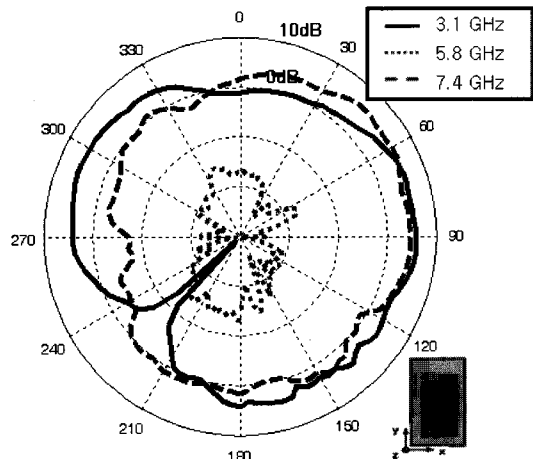


그림 12. 측정된 방사 패턴  
Fig. 12. Measured radiation pattern.

표 1. 제안된 안테나의 최대 이득

Table 1. Maximum gain of proposed antenna.

	Measured gain(dBi)		
	3.1 GHz	5.8 GHz	7.4 GHz
H 평면	2.79	-17.34	1.27

득 값을 각각 나타내었으며, 3.1 GHz와 7.4 GHz 대역에서는 무지향성 패턴이 나타남을 확인할 수 있으며, 안테나의 최대 이득은 4.0 GHz 대역에서 최대 5.85 dBi의 값을 갖는다. 대역 저지 특성을 갖는 5.8 GHz 대역에서는 실제로 방사하지 못하고 이득 값도 -17.34로 상당히 낮을 것을 확인할 수 있다.

3-2 휴대폰 케이스를 고려한 안테나 측정

제안된 안테나는 휴대폰 단말기용 안테나로 실제 단말기에 부착되었을 때의 안테나 특성이 중요하게 고려된다. 따라서 상용화 되고 있는 바 타입, 슬라이드 타입 및 폴더 타입의 휴대폰 케이스에 안테나를 부착하여 안테나의 특성을 나타내었다. 측정을 위한 각 케이스와 케이스에 부착되는 안테나의 위치를 그림 13에 나타내었으며, 휴대폰 케이스의 상단 부분에 안테나를 배치하여 측정하였다.

바 타입, 슬라이드 타입 및 폴더 타입의 케이스에 안테나를 부착하여 측정된 반사 손실을 그림 14에 나타내었다. Bare 상태와 각 케이스를 고려한 경우, 모두  $VSWR < 2$  기준으로 저주파 및 고주파 UWB 대역을 커버하고, 대역 저지 특성이 나타남을 확인할 수 있다.

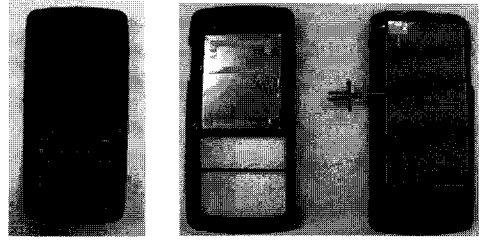
각 케이스에 장착된 안테나의 측정된 방사 패턴과 최대 이득 값을 그림 15와 표 2에 나타내었다.

Bare 상태에서 측정된 경우와 마찬가지로 저주파 UWB 대역인 3.1 GHz 대역과 고주파 UWB 대역인

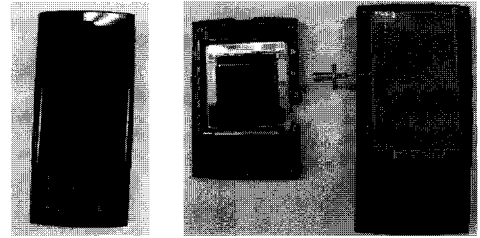
표 2. 휴대폰 케이스를 고려한 안테나의 최대 이득

Table 2. Maximum gain of proposed antenna with handset cases.

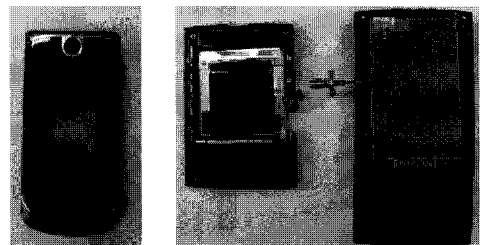
	Measured Gain(dBi)		
	3.1 GHz	5.8 GHz	7.4 GHz
바 타입	0.11	-17.42	-3.58
슬라이드 타입	-2.92	-16.24	-0.35
폴더 타입	-1.25	-16.15	-2.72



(a) 바 타입  
(a) Bar type



(b) 슬라이드 타입  
(b) Slide type



(b) 폴더 타입  
(b) Folder type

그림 13. 휴대폰 케이스 및 안테나 위치  
Fig. 13. Mobile handset case and location of antenna.

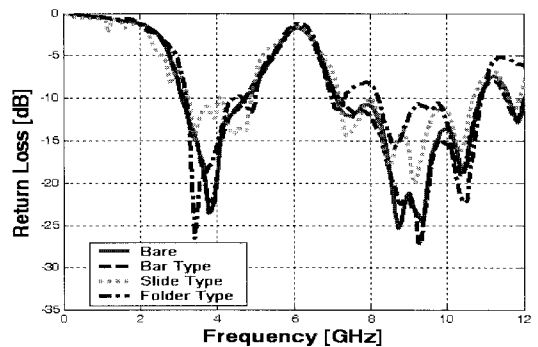
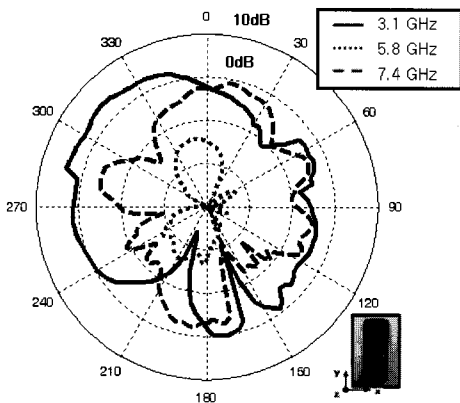
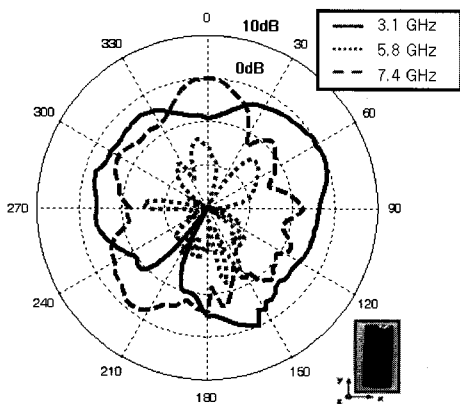


그림 14. 휴대폰 케이스를 고려한 측정된 반사 손실  
Fig. 14. Measured return loss with handset cases.

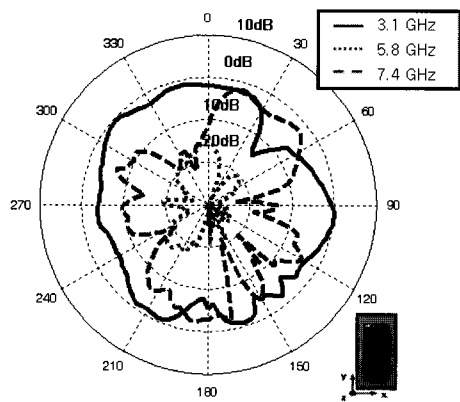
7.4 GHz 대역에서는 방사를 하고 대역 저지 대역에서는 방사하지 않음을 확인할 수 있으며, 휴대폰 케



(a) 바 타입  
(a) Bar type



(b) 슬라이드 타입  
(b) Slide type



(b) 플더 타입  
(b) Folder type

그림 15. 휴대폰 케이스에 장착된 안테나의 측정된 방사 패턴  
Fig. 15. Measured radiation pattern with handset cases.

이스의 영향으로 패턴의 찌그러짐이 나타남을 확인할 수 있다. 각 휴대폰에 장착하여도 최대 0.9 dBi의 이득 값을 최소 -2~-3 dBi의 이득 값이 유지됨을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 휴대 단말기에 부착될 수 있는 크기의 UWB 통신을 위한 초소형 UWB 안테나를 연구 개발하였다. 안테나를 소형화 하면서 광대역 특성을 얻기 위해 휴대 단말기에 부착되는 PC 안테나의 방사체와 뒷면의 그라운드의 간격을 조절하였다. 또한, 기존의 UWB 안테나 구조에서는 활용할 수 없고 휴대폰용 안테나에서만 활용 가능한 안테나의 옆면 그라운드를 이용하여 광대역 특성을 나타내었다. 안테나의 방사체와 옆면의 그라운드의 간격에 따라 저주파 대역의 매칭 특성이 좋아짐을 확인하여 광대역 특성을 얻을 수 있었다. 제안된 안테나의 주어진 공간은  $14 \times 14 \text{ mm}^2$ 로 설계되었으며, 안테나의 방사체 크기는  $10 \times 7 \text{ mm}^2$ 로 상당히 작은 크기를 갖는다. 제안된 안테나는  $VSWR < 2$  기준으로 저주파 UWB 대역인 3.15~4.75 GHz와 고주파 UWB 대역인 7.2~10.2 GHz를 모두 커버하고, 5.8 GHz 대역에서는 대역 저지 특성을 갖도록 하였다. 대역 저지 특성을 얻기 위해 안테나의 방사체에 슬롯을 넣어 5.8 GHz 대역에서의 1/4 파장의 길이만큼 전류가 상쇄되도록 설계하였다. 안테나의 PCB 뒷면으로 방사체를 연장하여 안테나 크기의 확장 없이 저주파 대역을 여유 있게 커버하도록 하였다. 시뮬레이션한 결과를 실제 제작하여 그 특성을 비교하였으며, 실제 휴대폰 케이스의 바 타입, 슬라이드 타입 및 폴더 타입에 장착하여 그 결과를 비교하였다.

본 논문에서 제안된 안테나는 휴대폰에 UWB 시스템을 도입하게 하여 기존의 USB에 UWB 기술을 이용한 wireless USB, 가정이나 사무실 내에서 움직임을 최대한 줄여 편리함을 가져올 홈네트워크, 바이오공학, 센싱 기능을 가진 UWB radar 등에 활용될 뿐 아니라 모든 사용자가 각자의 네트워크를 구현하는 효과까지 가져올 것으로 기대된다. 결국, 컨버전스화가 가속화하는 상황에서 이동 통신 단말기의 상용화에 큰 기여를 할 것으로 기대하며, 휴대폰



기술의 지평을 넓히는 동시에 무궁무진한 응용 서비스 모델을 통해 막대한 시장 창출 효과를 가져올 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

[1] R. J. Fontana, "A brief history of UWB communications", <http://www.multispectral.com/history.html>.

[2] 김창주, "주파수 자원 공유 기술 동향", 한국전자과학기술논문지, 18(2), pp. 29-34, 2007년 2월.

[3] Terence, See, S. P. Chen, and Zhi Ning, "A Small UWB antenna for wireless USB", *ICUWB 2007. IEEE International Conference*, pp. 198-203, Sep. 2007.

[4] The Intenna Group([www.intenna.com](http://www.intenna.com)).

[5] K. Hirasawa, M. Haneishi(eds.), Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-Profile Antennas. Chapter 5: Taga, T., "Analysis of planar inverted-F antennas and antenna design for portable radio equipment", Artech House, Boston, 1992.

[6] J. -O. Mattsson, J. L. Tracy, "Surface mounted PIFA", *Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 2A, pp. 379-382, Jul. 2005.

[7] Saou-Wen Su, Jui-Hung Chou, and Kin-Lu Wong, "Internal ultrawideband monopole antenna for wireless USB dongle applications", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, pp. 1180-1183, Apr. 2007.

[8] X. Chen, J. Liang, P. Li, L. Guo, C. C. Chiau, and C. G. Parini, "Planar UWB monopole antennas", *APMC 2005*, vol. 1, p. 4. Dec. 2005.

[9] Yohan Lim, Hyung Kuk Yoon, and Young-Hwan Kim, "The design of planar and rolled fat monopole antenna for UWB radio system", *APMC*, vol. 4, Dec. 2005.

[10] Su Won Bae, Hyung Kuk Yoon, Woo Suk Kang, Young Joong Yoon, and Cheon-Hee Lee, "A flexible monopole antenna with band-notch function for UWB systems", *APMC*, pp. 1-4, Dec. 2007.

[11] Hyung Kuk Yoon, Yohan Lim, Woosung Lee, Young Joong Yoon, Sang Min Han, and Young-Hwan Kim, "UWB wide slot antenna with band-notch function", *IEEE AP-S International Symposium, Albuquerque, New Mexico*, vol. 4, pp. 3059-3062, Jul. 2006.

### 임 요 한



안테나

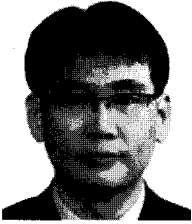
2004년 8월: 서울산업대학교 전기전자공학과 (공학사)  
 2007년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)  
 2007년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정  
 [주 관심분야] 마이크로파 소자 및

### 윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
 1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1991년 2월: Georgia Institute of Technology (공학박사)  
 1992년~1993년: 한국전자통신연구원 위성통신기술 연구단  
 1993년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수  
 [주 관심분야] 마이크로파 소자, 안테나, 전파전파, EMI/EMC

호 요 철

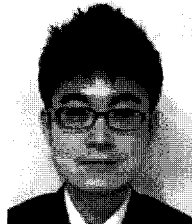


1987년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
1989년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자과 (공학석사)  
2000년 2월: University of Florida 전기전자공학과 (공학박사)  
2003년 7월~현재: LG전자 단말연

구소 상무

[주 관심분야] Digital RF Integrated Circuit Design

정 병 운



2001년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
2003년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)  
2007년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학박사)  
2007년 10월~현재: 삼성전자 책임

연구원

2001년 2월~현재: LG전자 단말연구소 선임연구원

[주 관심분야] Electrically Small Antenna 및 전자기파의 인체 영향