

碩士學位論文

UWB 통신을 위한 CPW 급전 디스크
섹터 안테나 설계 및 제작



濟州大學校 大學院

通信工學科

林 廷 炫

2007年 12月

UWB 통신을 위한 CPW 급전 디스크
섹터 안테나 설계 및 제작

指導教授 梁斗榮

林廷炫

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2007年 12月

林廷炫의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 林載允



委員 左政祐



委員 梁斗榮



濟州大學校 大學院

2007 年 12 月

A CPW-fed Disc Sector Antenna Design and Fabrication for UWB Communications

Jung-hyun Lim

(Supervised by professor Doo-yeong Yang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree
of Master of Engineering

2007. 12.

This thesis has been examined and approved.

Thesis director, Jea-yun Lim, Prof. of Telecom. Eng.

Jea Yun Lim

Thesis director, Jeong-woo Jwa., Prof. of Telecom. Eng.

Jeong Woo, Jwa

Thesis director, Doo-yeong Yang, Prof. of Telecom. Eng.

Doo Yeong, Yang

(Name and signature)

2007. 12. 14

Date

Department of Telecommunication Engineering
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

Abstract	1
I. 서론	3
II. 관련 연구	5
1. UWB 무선 통신 기술	5
2. UWB 안테나의 특성	6
3. 동일 평면 도파관(CPW) 급전	8
III. CPW 급전 디스크 섹터 안테나 설계	10
1. CPW 급전 디스크 섹터 안테나	10
2. 방향성 조절이 가능한 디스크 섹터 안테나	18
3. 저지 대역 특성을 갖는 디스크 섹터 안테나	23
IV. 제작 및 측정	26
1. CPW 급전 디스크 섹터 안테나 제작 및 측정	26
2. 방향성 조절이 가능한 디스크 섹터 안테나 제작 및 측정	30
3. 저지 대역 특성을 갖는 디스크 섹터 안테나 제작 및 측정	32
V. 결론	35
참고 문헌	36

Abstract

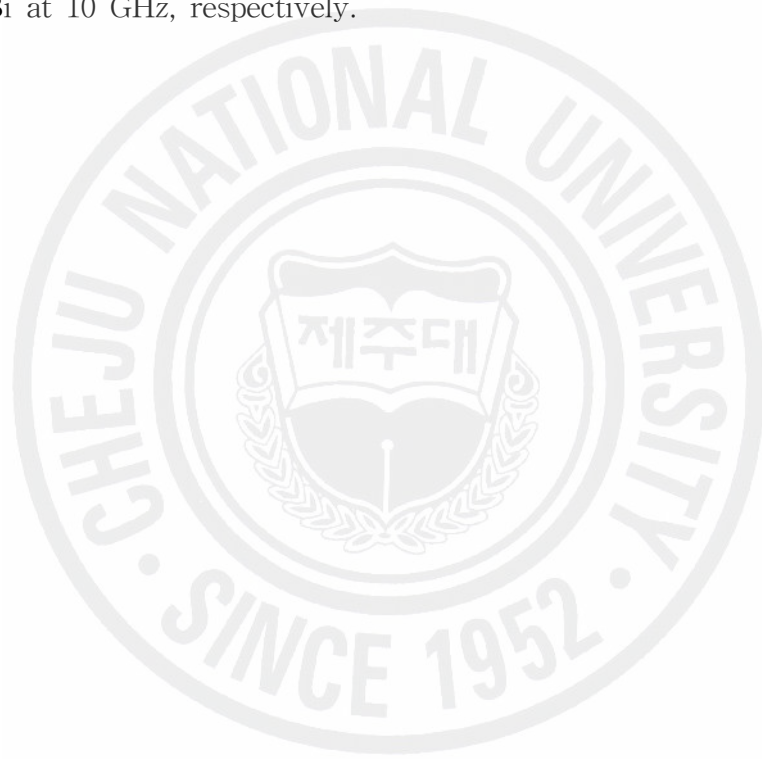
Technology of ultra-wide band(UWB) communications for the next generation is a radio transmission technology that consumes a very low electric power and transmits digital data on the free space using by Gaussian monocycle pulse. The wireless UWB system is utilized in the frequency ranges from 3.1 GHz to 10.6 GHz. The goal of the UWB antenna design is to make an antenna with small size, simple structure that produces low distortions but can provide a wide bandwidth and omni-directional pattern.

In this paper, we design and fabricate disk sector antenna fed by CPW for UWB communications. Also, we insert a rectangular slit on the arc-edge, or fan-shaped slit on the side edge of disk sector antenna. Then, the antenna has either directivity of E-plane or band stop characteristics. In order to antenna design, input impedance is matched with the feed line of 50Ω varying parameters that compose of the antenna. These parameters are the radius, flare angle of disk sector, length of ground and length of ground corner near by feed line. In case that there is a rectangular slit on the arc-edge of disc sector antenna, impedance bandwidth is only a little changed. However, the disc sector antenna has directivity to opposite of direction with a rectangular slit. Because a rectangular slit is inserted along direction of electric current at the position whose surface current intensity is not strong. On the other hand, radiation pattern of the antenna does not change in case that there are two fan-shaped slits on the side edges of disk sector antenna. However, the antenna has characteristics that band stop frequency is controlled as the length of fan-shaped slit. Because surface current intensity of fan-shaped slit inserted on the side edge is strong.

Dimension of the antenna designed for UWB communication is $72\text{mm} \times$

26mm, and impedance bandwidth through computer simulation is 3~13 GHz in $VSWR \leq 2$. From results in measurements, impedance bandwidth is 1.98~11 GHz. When the results in measurements are compared with simulation results, the phenomenon of frequency shift has a little effect on the left side over the operating frequency of UWB system. Because the effect on ground plane of fabricated antenna is weaker than that of simulation result.

Return loss and gain of fabricated antenna are -50.38 dB, 1.34 dBi at 3.5 GHz, -12.27 dB, 3.35 dBi at 5.5 GHz, -23.2 dB, 3.8 dBi at 8 GHz and -16.17 dB, 5.2 dBi at 10 GHz, respectively.



I. 서론

최근 전자 기술의 발달로 나노세컨드 이하의 짧은 펄스를 이용한 통신기기의 개발이 가능해짐에 따라 이 기술을 이용한 UWB(ultra-wideband) 무선 통신이 나타나게 되었다. UWB는 매우 짧은 펄스를 이용하여 정보를 송수신하는 무선 통신 기술로 현재 한정된 주파수 자원에 비해 주파수에 대한 수요가 급증하는 문제를 해결하기 위한 방법으로 관심을 모으고 있다. 즉 UWB 무선 통신 기술은 기존의 통신 시스템의 주파수 스펙트럼을 공유함으로써 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 사용할 수 있게 해준다^{[1][2]}.

UWB 통신기술은 펄스의 듀티 사이클(duty cycle)이 매우 작기 때문에 전송 속도가 빠르고 다중 접속이 가능하여 PC를 비롯한 주변기기, PDA, 휴대폰, 디지털 TV, 디지털 카메라 등 다양한 디지털 멀티미디어 기기를 연결하는데 적용되고 있다^[3]. UWB 통신은 전력 세기가 매우 낮아 기존의 무선 서비스 주파수 대역에서 사용하여도 간섭 영향이 적다. 현재 UWB에 가장 간섭을 크게 유발할 수 있는 무선 서비스는 UWB처럼 저 전력을 이용하는 GPS 서비스이다. 하지만 이러한 GPS 서비스와의 간섭을 방지하기 위해 UWB 응용 분야의 사용 주파수 대역을 2GHz 이상으로 정하였다. UWB 통신은 협대역 시스템에서 사용하는 정현파 대신 임펄스 신호를 사용하기 때문에 넓은 주파수 대역에서 에너지가 분포한다. 이렇게 신호에너지를 초광대역으로 분산하여 송신함으로써 다른 통신시스템에는 거의 영향을 주지 않는다. 기존의 무선 통신 방식의 대부분이 슈퍼헤테로다인(super-heterodyne)방식을 사용하는데 반해 UWB 시스템은 기저대역에서의 직접 변환에 의한 호모다인(homodyne)방식을 사용하기 때문에 송수신기에서의 주파수 변환 과정이 필요치 않아 회로가 간단하고 전력 소모가 적어 여러 응용분야에 사용할 수 있다는 장점이 있다. 이런 수많은 장점들로 인해 UWB 통신에 대한 관심이 집중되고 있으며 UWB 기술 구현의 핵심적인 기술 중의 하나인 안테나 분야 역시 많은 연구가 진행되고 있다.

UWB 통신용 안테나는 광대역에서 저 전력으로 동작하므로 넓은 주파수 범위에서 양호한 임피던스 매칭 및 비교적 일정한 방사패턴을 유지해야 한다. 안테나

는 넓은 주 빔(main beam)을 가지며, 낮은 부엽(side lobe)은 물론 낮은 VSWR이 요구된다. 안테나에서 신호를 수신하는 경우 일정한 편파 특성을 가져야 하는데 광대역에서는 원형 편파 특성을 유지하기가 쉽지 않으므로 선형 편파를 갖는 안테나를 주로 사용한다. 또한 휴대용 UWB 통신 단말기에 사용되는 경우 소형화 추세에 있는 RF 시스템의 요구조건에 맞게 전기적으로 소형인 안테나의 설계가 필요하다^{[4]-[7]}.

본 논문에서는 UWB 통신용 CPW(coplanar waveguide) 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하고 제작한다. 안테나를 설계하기 위해 먼저 50 Ω에 맞는 CPW 급전 선로의 폭 그리고 스트립 선로와 접지면의 간격을 결정한다. 안테나 구조에서 중심주파수는 5 GHz에 맞춰 디스크 섹터의 반지름 값과 중심각을 조절하고 사각형 접지면 구조에서 변형시킨 모서리 부분의 길이와 접지면의 가로 길이를 조절하여 안테나와 급전 선로를 정합시킨다. 안테나의 반사손실 특성을 유지한 상태에서 방사패턴을 조절하기 위해 디스크 섹터 안테나의 상단부에 사각형 슬릿을 삽입한 구조에 대해 분석한다. 또한 디스크 섹터 가장자리에 부채꼴 슬릿을 삽입하여 저지 대역 특성을 갖는 안테나를 제안한다.

본 논문의 구성은 제 II장에서 UWB 무선 통신 기술의 특성과 UWB 안테나의 일반적인 특성에 대해 설명한다. 제 III장에서는 CPW 급전 방식을 사용한 디스크 섹터 안테나를 설계하고 각각 다른 구조의 슬릿을 삽입한 디스크 섹터 안테나의 특성을 분석한다. 제 IV장에서는 UWB 통신용 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 제작 측정하여 시뮬레이션 결과와 비교, 분석한다. 마지막으로 제 V장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

1. UWB 무선 통신 기술

UWB는 1950년대에 미국 국방부에서 군사적인 목적으로만 사용하다가 2002년 미연방 통신위원회(FCC)가 UWB의 상업적 사용을 허가함으로써 본격적으로 상용화가 가능해진 기술이다. UWB 기술은 매우 낮은 전력을 사용하여 초광대역의 주파수 대역으로 디지털 데이터를 전송하는 획기적인 차세대 무선 전송 기술로 주파수 대역이 3.1~10.6 GHz이고 중심주파수가 20 % 이상의 점유 대역폭을 차지하는 시스템 또는 500 MHz 이상의 점유 대역폭을 가지는 무선 전송기술이라고 정의하고 있다^{[1][8]-[10]}. UWB 시스템에서 송신단은 나노세컨드 단위의 매우 좁은 폭을 갖는 가우시안 모노사이클 펄스(Gaussian monocycle pulse)를 이용하거나 임펄스 신호를 펄스위치변조(pulse position modulation)하는 방식 등으로 신호를 전송한다. 이처럼 UWB 신호는 매우 짧은 펄스를 이용하기 때문에 다른 무선 통신 시스템으로부터 간섭에 대한 대처 능력이 뛰어나고 54 Mbps의 전송속도를 갖는 IEEE 802. 11a WLAN 기술보다 10배 이상 빠른 전송속도를 자랑한다. 또한 빠른 전송 속도에도 불구하고 전력 소모량은 휴대폰과 무선 랜 전력량의 100분의 1 수준밖에 안 된다는 장점을 갖고 있다.

UWB 통신 방식은 RF 반송파를 사용하는 기존의 무선 통신 시스템과 달리 거의 전 주파수대역에 걸쳐 전력 스펙트럼이 존재하는 폭이 매우 좁은 모노펄스 신호를 이용한다. 이러한 신호의 전력 스펙트럼은 마치 기저 대역 잡음과 같이 존재하므로 타 통신 시스템에 거의 간섭을 주지 않고 무선통신에서 발생하는 다중 경로(multi-path)현상에 대한 대처 능력이 탁월하다. 또한 초단 펄스를 사용함으로써 인터셉트하기가 매우 어렵고 대역폭 또한 광대역 특성을 갖고 전송 속도도 기존의 통신 시스템에 비해 매우 빠르다^{[11]-[13]}. 이러한 장점들 때문에 UWB 무선 통신 기술은 간섭과 검파 확률이 낮은 장비, 비행체 등에 대한 충돌 방지 장비, 비행기와 다른 항공시설에서 지상으로부터의 고도를 측정하는 고도계, 위치 추적 등의 특별히 안전한 통신이 요구되는 중요한 국방 기술로도 쓰이며, 환

자의 상태점검, 산모의 태아 상태 검진 등의 의학 기술에도 많은 영향을 가져올 수 있는 중요한 기술이다.

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

2. UWB 안테나의 특성

일반적인 UWB 안테나의 특성으로는 광 대역 특성과 주파수에 따른 일정한 이득 변화율 그리고 넓은 복사패턴이 요구된다. 특히 안테나의 입력 단에서 반사 손실이 -10 dB보다 작아지도록 임피던스 정합을 시켜야 한다. UWB 안테나는 넓은 주빔을 가지며, 낮은 부엽은 물론 낮은 VSWR이 요구되고 안테나에서 신호를 수신하는 경우 일정한 편파 특성을 가져야 하므로 원형 편파보다는 선형 편파를 갖는 안테나를 설계해야 한다. UWB 통신 시스템은 입력된 펄스 신호가 광 대역 특성을 갖고 있기 때문에 안테나에서 주파수 특성에 의한 전송 속도가 지연되어 펄스에 분산 효과가 발생할 수 있다. 그러므로 신호의 대역폭이 변화해도 분산 효과가 없는 안테나를 설계해야 한다. UWB 안테나는 기본적으로 광대역 안테나이며, 주파수에 관계없이 일정한 임피던스 특성과 복사패턴을 유지하도록 설계해야 한다. 표 1은 UWB 시스템에 적용할 수 있는 안테나의 개발 사양을 나타낸 것이다^[4].

표 1. 일반적인 UWB 안테나 개발 사양

	안테나 사양
사용 주파수 대역	3.1~10.6 GHz
임피던스 대역폭	VSWR<2 (3.1~10.6 GHz)
이득 변화율	3 dBi 내외
안테나 방사패턴	주파수에 따라 일정한 패턴
방사전력 밀도	-41.25 dBm

최근에는 원하는 주파수만을 선택해 필터링해주는 UWB 노치(notch) 안테나가 주목을 받고 있다. 왜냐하면 UWB 통신 주파수 대역은 IEEE. 802.11a WLAN 대역을 포함하고 있어 상호 간섭 문제가 발생할 수 있다. 이러한 주파수 간섭은 시스템 구현 시에 필터를 필요로 하게 되고 이는 전체 시스템의 크기가 커지고 제작 단가가 높아지는 단점이 있다. 이런 이유로 최근에는 안테나 자체에서 원하는 주파수만을 필터링할 수 있는 노치기능을 갖는 UWB 안테나도 개발되고 있다. 휴대용 UWB 통신 단말기에 사용되는 안테나의 경우 소형화 추세에 있는 RF 시스템의 요구조건에 맞게 전기적으로 소형화가 이루어져야 하고 응용분야에 알맞은 구조를 갖는 안테나 설계가 필요하다^{[4]-[7]}. 현재 개발되고 있는 안테나의 구조로는 사각형, 원형을 갖는 평면형 모노폴 안테나, 슬롯 안테나, 보우-타이 안테나 등이 있다. 여기서 모노폴 형태를 제외한 다른 안테나 구조는 물리적인 크기가 커 내장용 안테나로 쓰기에는 무리가 있다^{[14]-[16]}. 지금까지 UWB 통신을 위해 개발된 안테나의 종류들은 일반적인 사각형 패치보다 전류의 흐름을 원활하게 하기 위해 사다리꼴 모양의 패치를 이용한 안테나^[6], 3-20 GHz의 넓은 대역폭을 갖는 직사각형 평면 모노폴 안테나^[19] 등이 있다. 여기서 사다리꼴 모양의 패치 안테나의 경우 정합 스티브(matching stub)를 따로 구현해야 된다는 단점이 있고 후자의 경우에는 넓은 대역폭을 갖는 장점이 있지만 접지면의 크기가 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 로 휴대용 UWB 통신 단말기에는 사용이 적합하지 못하다. 따라서 본 논문에서는 임피던스 정합이 용이하고 크기가 작고 넓은 대역폭을 갖는 휴대용 UWB 안테나를 제안한다.

일반적인 평면형 모노폴 안테나는 급전 선로와 방사체가 유전체 위의 동일한 평면에 존재하며 급전 선로 아래 유한한 접지면이 존재하는 구조이다. 방사체의 모양에 따라 이중 대역 혹은 초광대역 특성을 나타낸다. 평면형 안테나를 초광대역 특성을 갖도록 하기 위해서는 안테나의 방사체 모양이 중요하다. 방사체에 흐르는 전류의 방향이 주파수에 급격히 변하지 않는 구조일 때 광대역 특성이 나타나게 된다. 또 급전 방식에 따라 마이크로스트립 라인으로 급전한 경우와 CPW 로 급전한 경우가 있다. 이 중 CPW 급전은 접지면과 동일한 면에 급전 구조를 구현하기 때문에 급전 손실을 줄 일 수 있다는 장점을 가지고 있다.

3. 동일 평면 도파관(CPW) 급전

CPW 급전 방식은 마이크로스트립 급전 방식에 비해 분산이 적고 광대역 특성을 얻을 수 있으며, 접지면과 동일한 면에 급전 구조를 구현함으로써 경유 홀(via-hole)을 사용하지 않고 수동소자나 능동소자의 직·병렬 부착이 용이하여 회로를 소형화 할 수 있을 뿐만 아니라 밀리미터파(millimeter wave)영역에서 경유 홀에 의한 기생 효과를 줄 일 수 있다. 또한 CPW는 급전선과 접지면에 수직으로 필드가 형성되기 때문에 마이크로스트립과 달리 완전한 TEM 모드를 구현할 수 있어서 고주파 영역으로 갈수록 마이크로스트립보다 CPW의 전송특성이 좋아진다^[17].

CPW 급전 선로의 구조는 그림 1과 같이 중앙의 급전 선로와 일정 간격으로 떨어진 두 개의 접지면으로 구성된다.

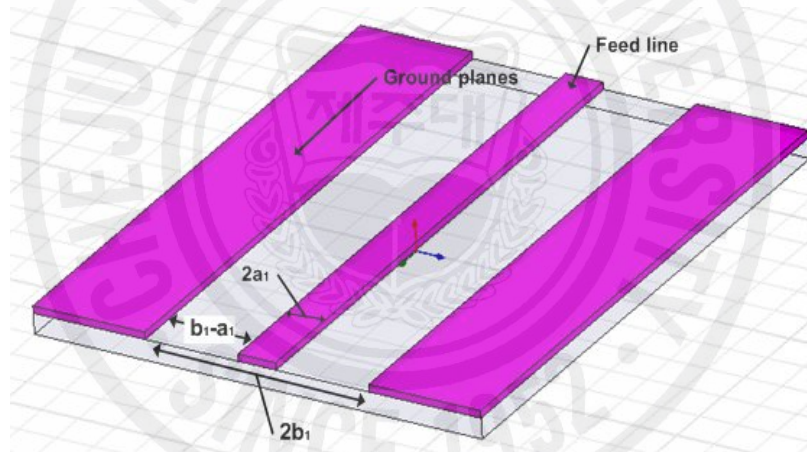


그림 1. 기판 상의 CPW 급전 구조

CPW 급전 선로의 특성 임피던스와 유효 유전율은 중심 스트립의 폭과 중심 스트립과 접지면 사이의 간격, 기판의 비유전율과 두께를 이용하여 구한다. CPW의 특성 임피던스는 식(1)과 같다^[18].

여기서, $2a_1$ 는 중심 스트립의 폭, $2b_1$ 는 두 접지면 사이의 거리이고, $K(k')$ 와 $K(k)$ 는 제 1종 타원 적분 함수이다. 그리고 유효유전율은 식(2)와 같다.

$$Z_0 = \frac{30\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \frac{K'(k)}{K(k)} \quad (1)$$

$$k = \frac{a_1}{b_1} \quad (1-1)$$

$$K'(k) = K(k') \quad (1-2)$$

$$k' = \sqrt{1-k^2} \quad (1-3)$$

$$\frac{K(k)}{K'(k)} = \begin{cases} \frac{1}{\pi} \ln \left[2 \frac{1+\sqrt{k}}{1-\sqrt{k}} \right] & \text{for } 0.707 < k \leq 1 \\ \frac{\pi}{\ln \left[2 \frac{1+\sqrt{k'}}{1-\sqrt{k'}} \right]} & \text{for } 0 \leq k \leq 0.707 \end{cases} \quad (1-4)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} \left[\tanh \left\{ 1.785 \log \left(\frac{h}{w} \right) + 1.75 \right\} + \frac{kw}{h} \{ 0.04 - 0.7k + 0.01(1 - 0.1\epsilon_r)(0.25 + k) \} \right] \quad (2)$$

여기서, ϵ_r 은 기판의 상대유전율, h 는 기판의 두께이다.

그림 2는 중심 스트립의 폭과 두 접지면 사이의 거리에 따른 함수 a_1/b_1 와 상대유전율 값에 따른 특성 임피던스 곡선이다. 여기서 주어진 기판의 상대유전율 값과 특성 임피던스 50 Ω값을 가지고 CPW 급전선로의 폭과 간격을 결정한다.

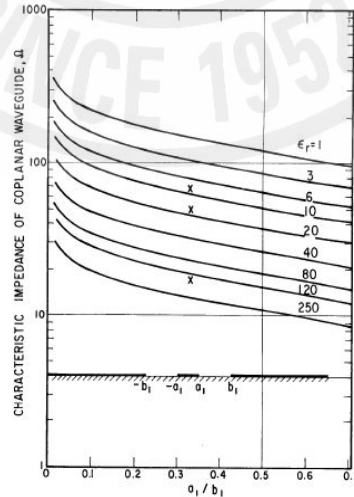
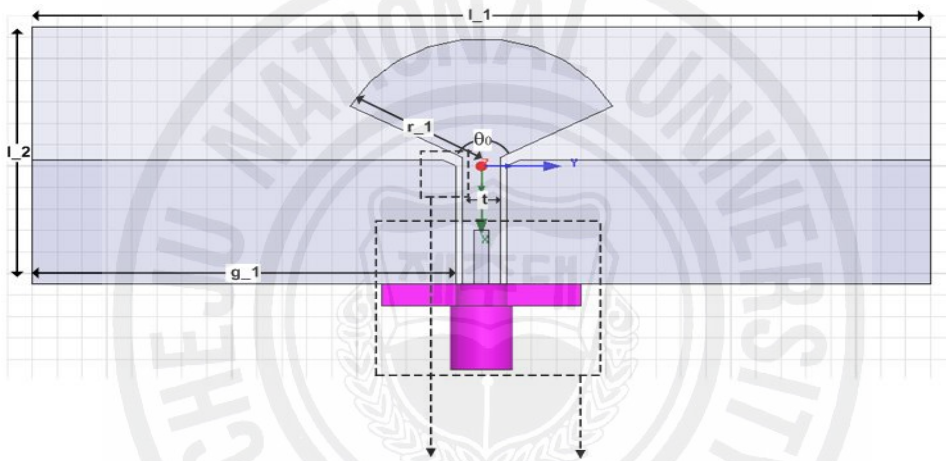


그림 2. 상대유전율과 $\frac{a_1}{b_1}$ 의 함수에 따른 CPW 임피던스 특성

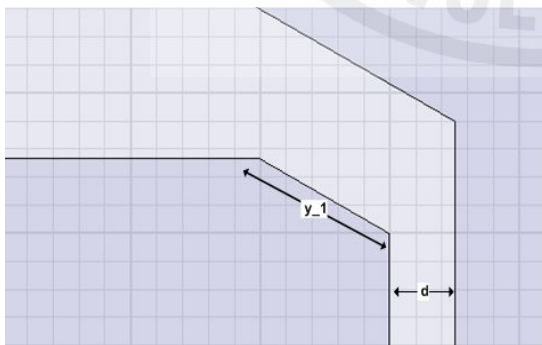
III. CPW 급전 디스크 섹터 안테나 설계

본 논문에서는 UWB 통신용 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하고, 안테나 방사체에 사각형 슬릿과 부채꼴 슬릿을 삽입하였을 때의 안테나의 특성에 대해 분석한다. 안테나는 비유전율 $\epsilon_r = 4.8$, 손실 탄젠트 $\tan\delta = 0.0018$, 두께 $t = 0.787\text{mm}$ 인 FR-4 기판 상에 설계한다.

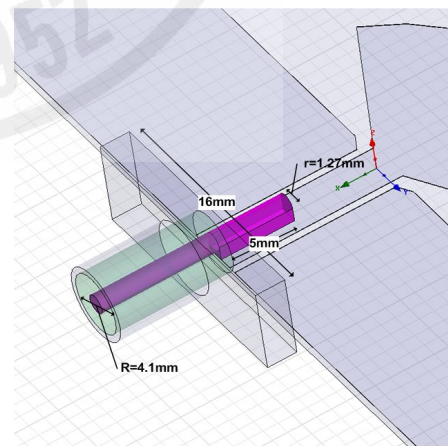
1. CPW 급전 디스크 섹터 안테나 설계



(가) 디스크 섹터 안테나의 파라미터



(나) 접지면과 스트립 선로 사이의 파라미터



(다) SMA타입 동축 커넥터의 구조

그림 3. 디스크 섹터 안테나의 구조

그림 3의 (가)와 (나)는 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하기 위한 안테나 파라미터를 나타낸 것이다. l_1 와 l_2 은 안테나의 가로와 세로의 길이이며, g_1 은 접지면의 가로 길이이다. r_1 은 디스크 섹터의 반지름이며, θ_0 는 디스크 섹터의 중심각, t 는 스트립 선로의 폭이다. 또한 d 는 접지면과 스트립선로 사이의 간격이고, y_1 은 변형시킨 접지면의 길이이다. 그림 3의 (다)는 일반적으로 사용되는 SMA타입 동축 커넥터 구조를 나타낸 것으로 내부 절연물은 비유전율이 2.1인 테플론으로 채워져 있다.

그림 3의 안테나 구조에서 디스크 섹터의 반지름 값과 중심각을 중심주파수 5 GHz에 조절하고 사각형 접지면의 모서리 부분을 깎아 내어 전류의 흐름을 원활하게 하여 원하는 광대역 특성을 얻는다. 안테나의 방사체는 중심각 θ_0 가 124° 이고 반지름 r_1 이 11.9mm 인 디스크 섹터 형태를 갖고 안테나의 급전 방식은 CPW의 사각형 접지면 모서리 부분을 깎아 내어 제한된 크기에서 광대역 특성을 갖도록 하였다. 안테나의 임피던스는 반지름 r_1 과 중심각 θ_0 , 모서리 부분의 길이 y_1 , 접지면의 가로 길이 l_1 에 따라 변화한다. 따라서 이 변수들을 조절하여 CPW 급전 선로와 안테나를 정합시킨다. CPW 급전 선로는 식 (1), (2)로부터 50 Ω 에 정합되도록 스트립 선로의 폭 t 와 스트립 선로와 접지면의 간격 d 를 결정하였다.

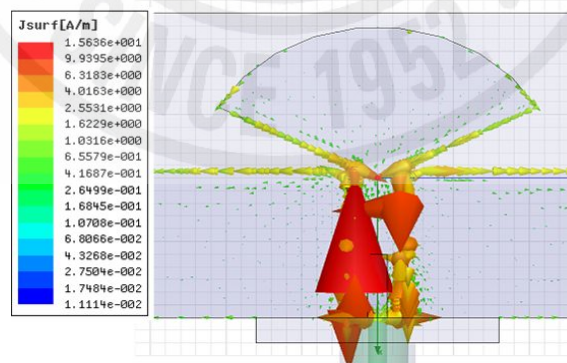
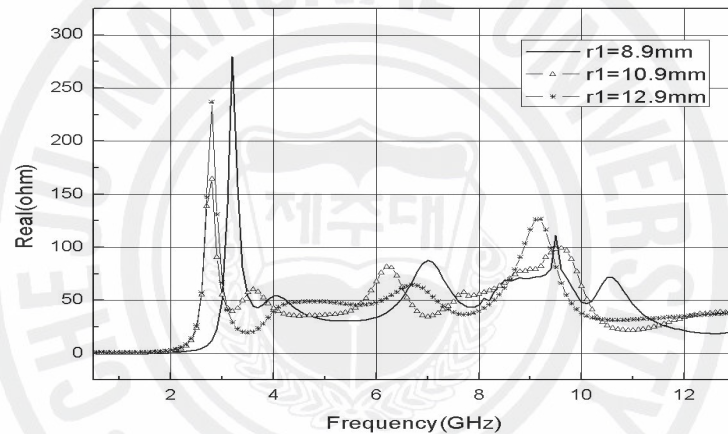


그림 4. 디스크 섹터 안테나의 표면 전류의 세기

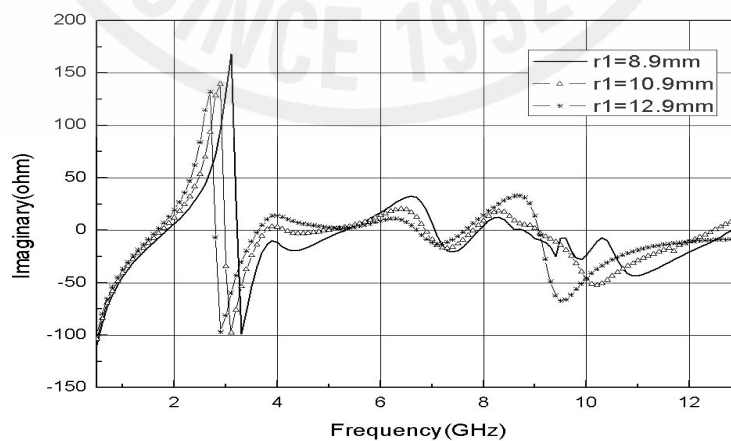
그림 4는 디스크 섹터 안테나의 표면에 흐르는 전류의 세기를 나타낸 그림이다. 표면 전류는 급전부인 동축 커넥터에서 스트립 선로를 따라 가장 강하게 형

성되고 안테나의 방사체인 디스크 섹터의 가장자리 부분을 지나면서 조금씩 약해지다가 디스크 섹터의 호를 이루는 부분에서는 전류의 세기가 거의 0이 된다. 여기서 전류의 세기가 강하게 형성되는 부분에 설계 파라미터를 설정하고 그 파라미터 값을 가변시키면 원하는 안테나의 임피던스 값을 얻을 수 있다.

그림 5는 디스크 섹터의 반지름 r_1 에 따른 안테나의 시뮬레이션 임피던스 특성을 나타낸 것이다. 디스크 섹터의 반지름 r_1 을 $8.9mm$ 에서 $12.9mm$ 까지 $2mm$ 단위로 가변시키면서 임피던스 변화 특성을 살펴보면 반지름 r_1 이 커질수록 공진점은 점점 낮은 주파수 쪽으로 이동한다. 이는 디스크 섹터의 반지름이 증가함에 따라 전체 안테나의 크기가 커져 공진 주파수가 낮은 쪽으로 이동하기 때문이다.



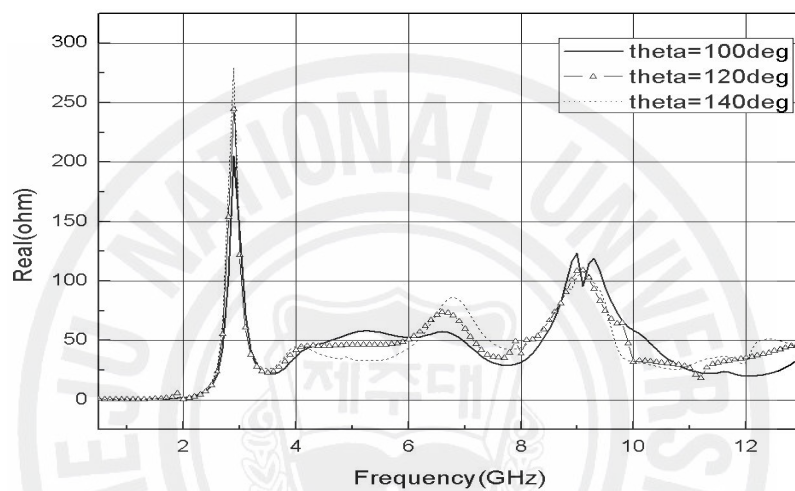
(가) 실수부



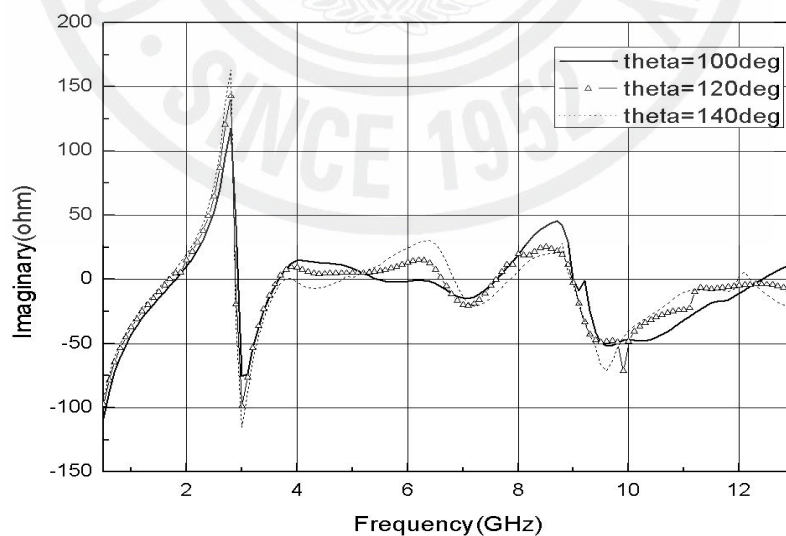
(나) 허수부

그림 5. 디스크 섹터의 반지름 r_1 에 따른 임피던스 특성

그림 6은 디스크 섹터의 중심각 θ_0 에 따른 안테나의 시뮬레이션 임피던스 특성을 나타낸 것이다. 디스크 섹터의 중심각 θ_0 을 100° 에서 140° 까지 변화시키면서 임피던스 특성을 살펴보면 1차 공진되는 지점인 3 GHz 부근에서는 임피던스의 변화가 거의 없다. 하지만 고주파 영역으로 갈수록 중심각 θ_0 에 따라 임피던스가 변화하는 것을 알 수 있다. 따라서 디스크 섹터의 중심각을 조정함으로써 고주파 영역에서의 임피던스 정합이 가능하다.



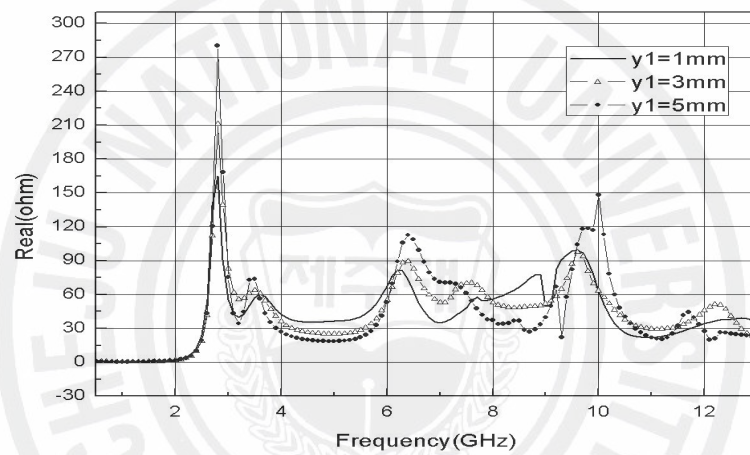
(가) 실수부



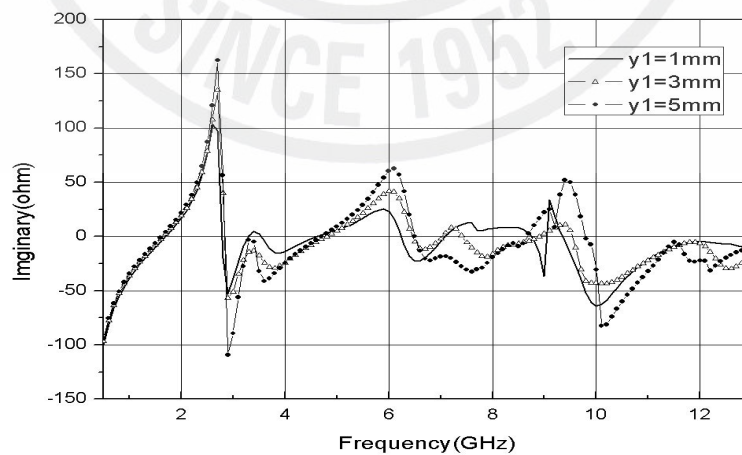
(나) 허수부

그림 6. 디스크 섹터의 중심각 θ_0 에 따른 임피던스 특성

그림 7은 접지면의 모서리 부분을 깎아 내어 변형시킨 접지면의 길이 y_1 에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성이다. 변형시킨 접지면의 길이가 길어짐에 따라 공진점은 점점 높은 주파수 쪽으로 이동하고 반사손실 특성에도 영향을 미친다. 변형시킨 접지면의 길이가 길어진다는 것은 안테나의 방사체인 디스크 섹터와 접지면과의 커플링 되는 영역이 그만큼 커진다는 것을 의미한다. 즉, 디스크 섹터의 반지름의 전기적인 길이가 감소하였기 때문에 공진점이 높은 주파수 쪽으로 이동한 것이다. 따라서 변형시킨 접지면의 길이를 적절히 조절함으로써 광대역 특성을 얻을 수 있다.



(가) 실수부



(나) 허수부

그림 7. 변형시킨 접지면의 길이 y_1 에 따른 임피던스 특성

그림 8은 접지면의 가로길이 g_1 에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성으로 접지면의 크기가 커질수록 낮은 주파수 대역까지 임피던스 정합이 이루어져 넓은 대역폭을 얻을 수 있다. 하지만 광대역 특성을 위해 접지면의 크기를 무한정 크게 한다는 것은 전체 시스템의 크기를 증가시키는 결과를 초래한다. 그래서 적당한 접지면의 길이를 결정하여 시스템의 크기를 줄이면서 안정적으로 안테나와 접지면 사이의 전계를 형성할 수 있게 하는 것이 중요하다.

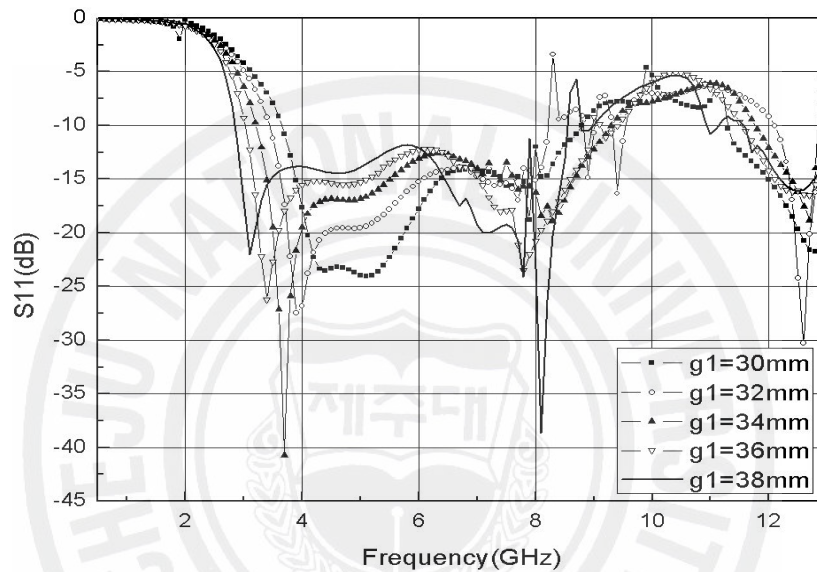


그림 8. 접지면의 가로길이 g_1 에 따른 반사 손실 값의 변화

앞의 그림 5와 6, 7, 8로부터 디스크 섹터의 반지름 값과 중심각, 접지면의 모서리 부분의 길이를 조절하여 안테나의 임피던스에 맞도록 설계하고, UWB 대역폭에 만족하도록 접지면의 가로길이를 조절한다. 그래서 얻은 $r_1 = 11.9mm$, $\theta_0 = 124^\circ$, $y_1 = 1mm$, $g_1 = 36mm$ 값을 가지고 디스크 섹터 안테나를 설계한다. 위의 값들을 이용하여 디스크 섹터 안테나를 설계하였을 때 안테나의 반사손실 특성을 그림 9에 나타내었다. CPW 급전 디스크 섹터 안테나는 공진 주파수 3.4 GHz에서 반사손실 값이 -28.42 dB, 9 GHz에서 -45.58 dB이고 입력 임피던스 대역폭은 $VSWR \leq 2$ 를 기준으로 3 ~ 13 GHz 이상으로 UWB 대역폭을 만족함을 알 수 있다.

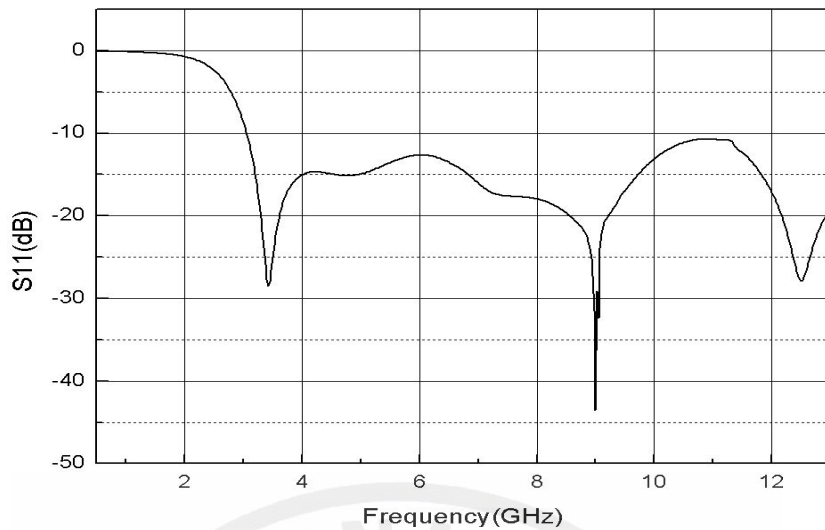
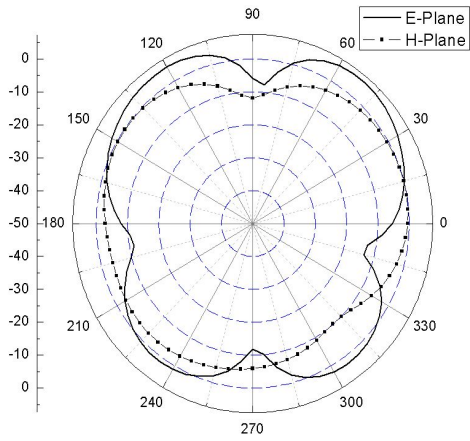


그림 9. 설계된 디스크 섹터 안테나의 반사손실 값

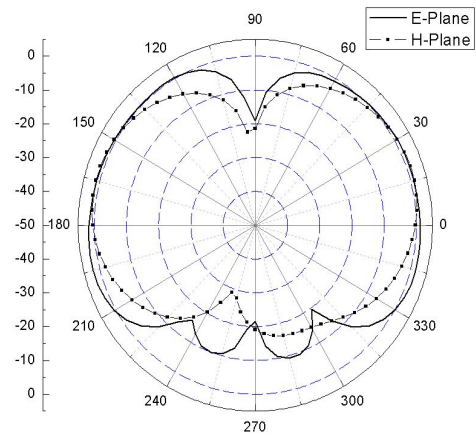
그림 10은 디스크 섹터 안테나의 주파수에 따른 방사패턴 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 E-Plane은 $\theta=90^\circ$ 인 XY 평면이고, H-Plane은 $\phi=180^\circ$ 인 YZ 평면이다. 그림 10에서 E-Plane의 0° 가 되는 지점은 그림 3의 안테나 구조에서 Y축($\phi=90^\circ$)을 의미하는 것으로 E-Plane 방사패턴을 안테나가 놓인 방향과 일치시키기 위해 각도를 설정한 것이다.

그림 10에서 디스크 섹터 안테나는 각 주파수 대역에서 E-Plane의 $\phi=0^\circ$ 와 $\phi=180^\circ$ 인 부근에서 널(null) 값으로 최소 방사가 일어나고, H-Plane의 $\theta=0^\circ$ 에서 주 빔이 방사하고 있다. 안테나의 방사패턴은 3.5 GHz에서 8 GHz까지는 좌우 8자 형태를 나타내고 10 GHz대역에서는 위상이 틀어져 있어 부분적으로 조금 차이가 있지만 유사한 방사패턴을 나타내고 있어 UWB용 안테나로 적합하다.

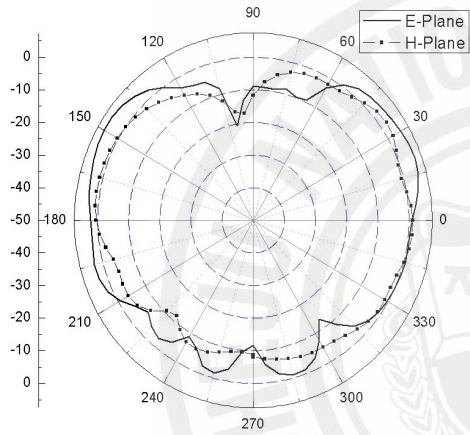
그림 11은 디스크 섹터 안테나의 주파수에 따른 이득 특성 시뮬레이션 결과이다. 안테나의 이득은 최소 3.05 dBi에서 최대 6.8 dBi로 주파수가 높아질수록 증가하고 있다. 이는 고주파 대역으로 갈수록 안테나의 방사패턴이 찌그러짐 현상으로 지향성 특성을 나타내기 때문에 이득이 증가하는 것이다.



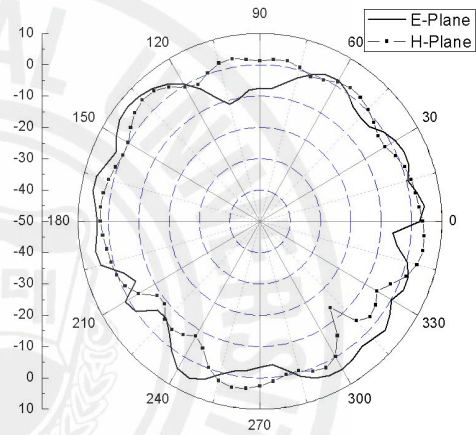
(가) 3.5 GHz



(나) 5.5 GHz



(다) 8 GHz



(라) 10 GHz

그림 10. 주파수에 따른 방사패턴 시뮬레이션 값

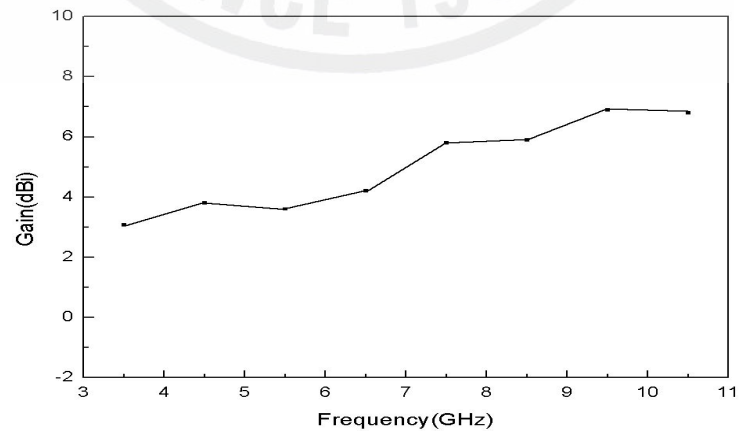


그림 11. 주파수에 따른 이득 특성 시뮬레이션 값

2. 방향성 조절이 가능한 디스크 섹터 안테나

안테나의 방사패턴을 원하는 방향으로 조절하기 위해 앞에서 설계한 디스크 섹터 안테나의 상단부에 사각형 모양의 슬릿을 삽입한다. 사각형 슬릿을 삽입한 안테나 구조는 그림 12와 같다.

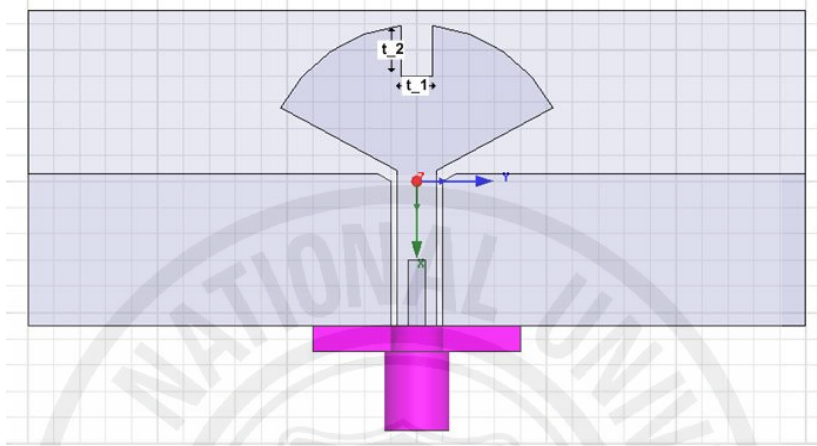


그림 12. 사각형 슬릿을 삽입하였을 때의 안테나 구조

그림 12에서 방향성을 조절하기 위한 안테나의 파라미터인 사각형 슬릿의 길이는 t_2 , 사각형 슬릿의 폭은 t_1 이다. 앞의 그림 4의 디스크 섹터 안테나의 표면 전류 세기에서 방사체의 호를 이루는 지점에서는 전류의 세기가 약하기 때문에 사각형 슬릿에 따른 전류의 변화가 거의 없다. 이를 이용하여 안테나의 임피던스 값은 유지한 상태에서 슬릿에 따라 안테나의 방사패턴을 조절할 수 있다.

그림 13은 슬릿을 삽입한 안테나 구조에서의 표면 전류 분포를 나타낸 것이다. 사각형 슬릿을 표면 전류가 흐르는 방향을 따라 삽입하였기 때문에 슬릿의 길이 t_2 에 무관하게 일정한 전류 분포를 나타내고 있다. 또한 사각형 슬릿의 폭 t_1 의 크기가 표면 전류의 경로에 영향을 줄 정도로 크지 않다면 슬릿의 삽입에 따른 표면 전류 분포의 변화는 거의 없을 것이다. 이는 슬릿의 길이와 폭의 변화에 따른 임피던스 특성으로 확인 할 수 있었다.

그림 14는 안테나의 방사체에 슬릿을 삽입하지 않았을 때와 슬릿을 삽입했을 때 슬릿의 길이 t_2 에 따른 시뮬레이션 임피던스 특성이다.

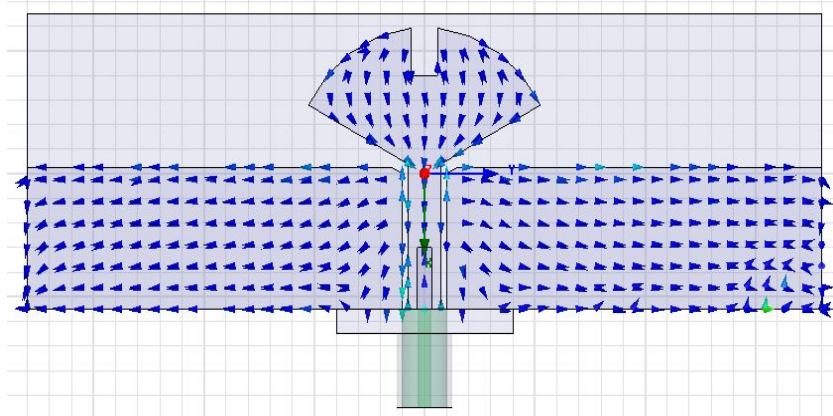
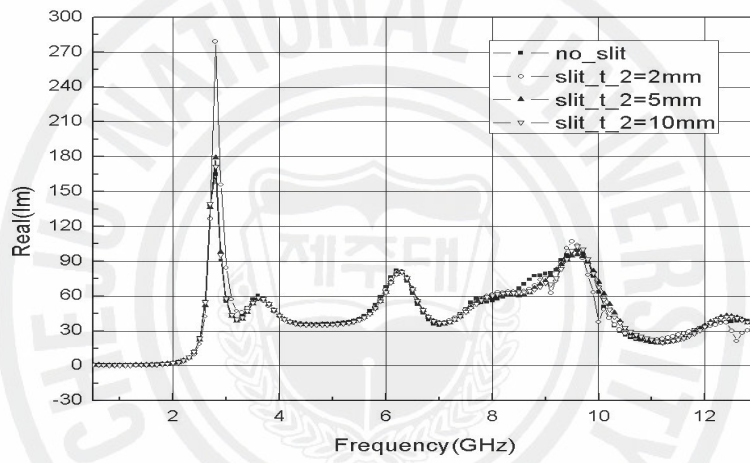
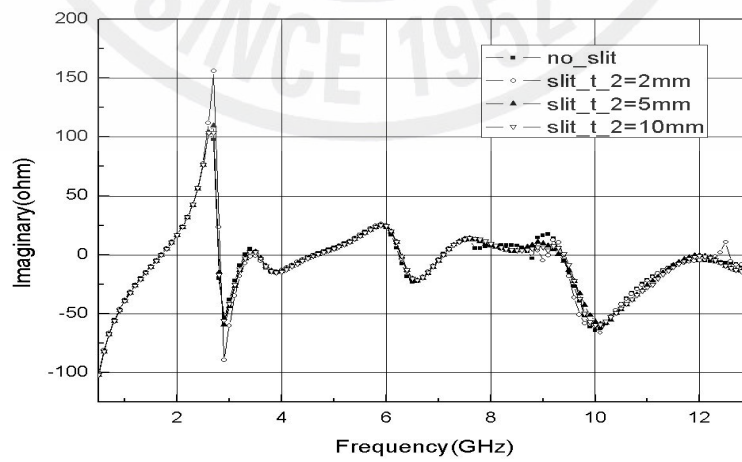


그림 13. 사각형 슬릿을 삽입한 안테나의 표면 전류 분포



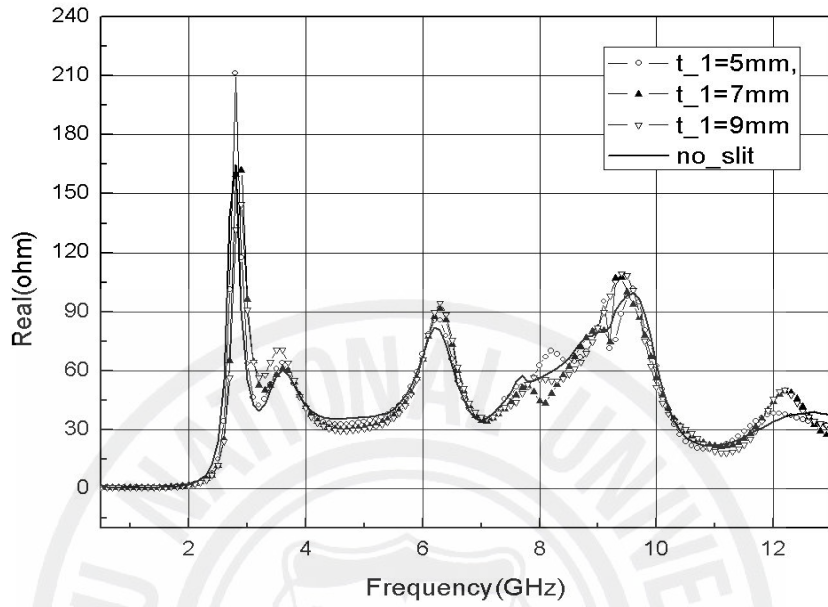
(가) 실수부



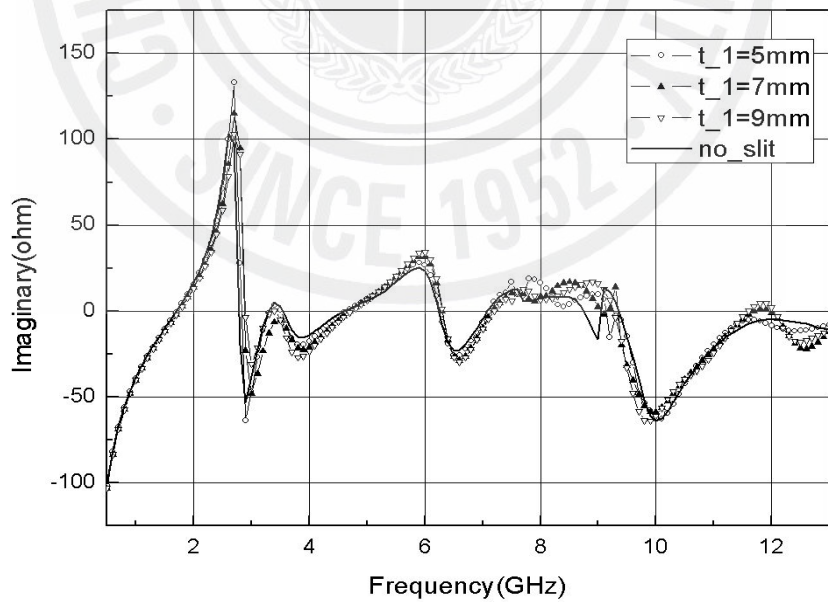
(나) 허수부

그림 14. 슬릿의 길이 t_2 에 따른 임피던스 특성

그림 15는 안테나의 방사체에 슬릿을 삽입하지 않았을 때와 슬릿을 삽입했을 때 슬릿의 폭 t_1 에 따른 시뮬레이션 임피던스 특성이다.



(가) 실수부

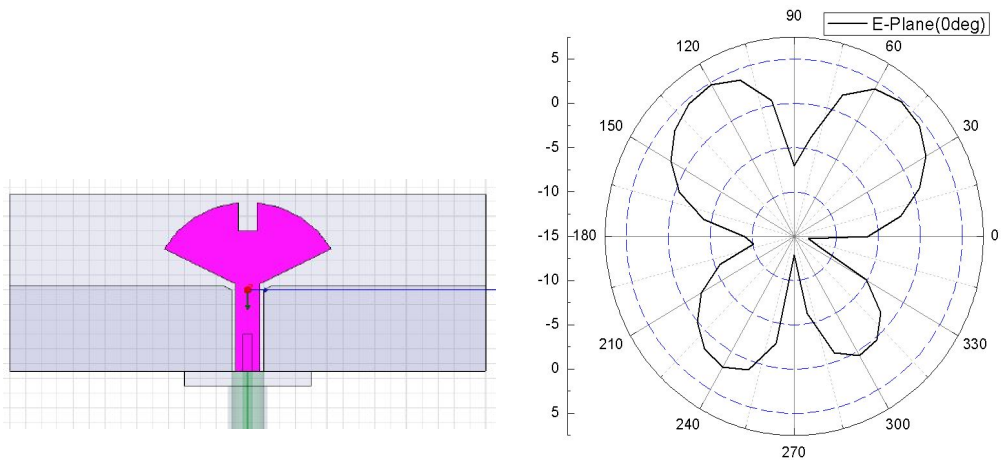


(나) 허수부

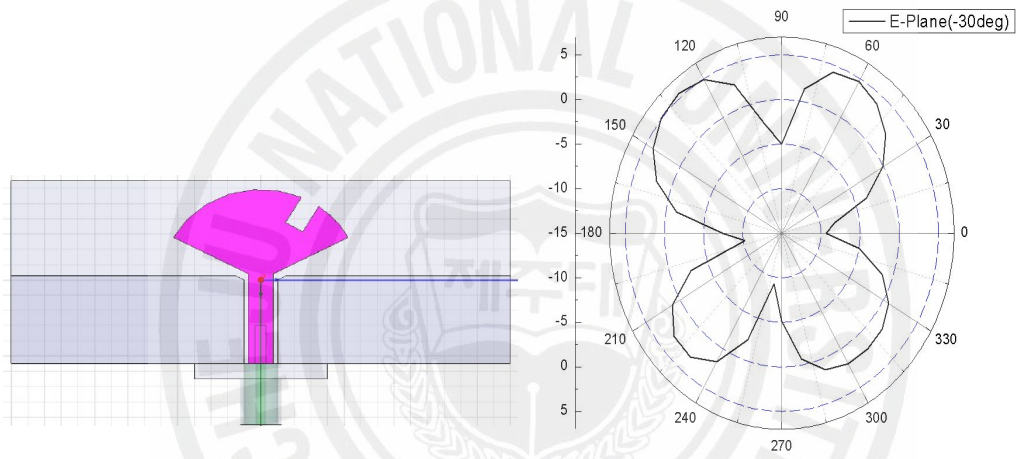
그림 15. 슬릿의 폭 t_1 에 따른 임피던스 특성

앞의 그림 14, 15로부터 디스크 섹터 안테나의 호 부분에 슬릿을 삽입하였을 때의 임피던스 특성은 슬릿의 길이와 폭의 변화에 따라 영향이 거의 없다는 사실을 확인하였다. 다시 말해 디스크 섹터 안테나의 슬릿의 길이와 폭의 변화는 표면 전류의 분포에 거의 영향을 주지 않아 안테나의 대역폭 특성과 반사손실 특성은 큰 차이를 나타내지 않는다. 그렇다면 사각형 슬릿의 삽입 유무에 따른 안테나의 방사패턴에도 변화가 없는지를 살펴볼 필요가 있다.

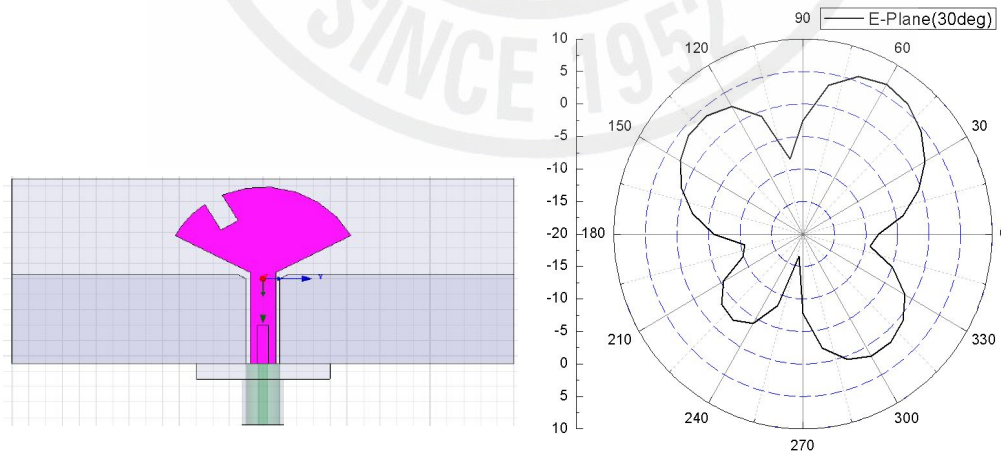
그림 16은 디스크 섹터 안테나에 슬릿을 삽입한 위치에 따른 안테나의 방사패턴이다. 그림에서 안테나의 E-plane 방사패턴은 3.5 GHz에서 $\theta = 90^\circ$ 인 XY 평면상에 그려진다. 여기서 E-Plane(0deg)는 사각형 슬릿을 호의 중앙에 삽입하였을 때의 E-Plane 방사패턴이고 E-Plane(-30deg)는 호의 중앙으로부터 우측 30° 되는 지점에 슬릿을 삽입하였을 때의 E-Plane 방사패턴, E-Plane(30deg)는 호의 중앙으로부터 좌측 30° 되는 지점에 슬릿을 삽입하였을 때의 E-Plane 방사패턴을 나타낸다. 그림 16의 (가)와 같이 디스크 섹터 안테나에 사각형 슬릿을 호 중앙에 삽입하였을 때 안테나의 방사패턴은 슬릿의 위치에서 좌우로 방사되는 형태를 띠고 있고 최대 이득 값은 4.86 dBi이다. 그림 16의 (나)와 같이 슬릿의 위치가 호의 중앙에서 우측으로 30° 기울어진 디스크 섹터 안테나의 방사패턴은 슬릿을 삽입하지 않은 방향으로 주 빔이 방사되고 있다. 또한 안테나의 최대 이득 값은 5.5 dBi로 슬릿이 없는 디스크 섹터 방향으로 지향성을 갖게 된다. 그림 16의 (다)는 슬릿의 위치가 좌측으로 30° 기울어진 디스크 섹터 안테나이다. 이때의 방사패턴 역시 슬릿을 삽입하지 않은 방향으로 주 빔이 방사되고 최대 이득 값은 5.04 dBi이다. 이와 같이 슬릿을 삽입하였을 때 방사패턴이 달라지는 이유는 슬릿이 없을 때 방사체 내부에 골고루 분포되어 있던 전류가 슬릿을 삽입함으로써 전류 밀도에 변화가 생겼기 때문이다. 이러한 전류 밀도의 변화가 전계의 형성에 영향을 미쳐 방사패턴이 변하게 되는 것이다. 위의 결과로부터 디스크 섹터 안테나의 방사체 부분에 사각형 모양의 슬릿을 삽입하는 위치를 변화시키면 안테나의 주 빔이 방사되는 방향을 조절 할 수 있다. 즉 다양한 종류의 UWB 통신 단말기들의 용도에 맞도록 안테나 주 빔의 방향을 조절 할 수 있는 안테나의 설계가 가능하다.



(가) 슬릿을 호 중앙에 삽입하였을 때



(나) 슬릿을 호의 우측(-30°)에 삽입하였을 때



(다) 슬릿을 호의 좌측(30°)에 삽입하였을 때

그림 16. 슬릿의 위치에 따른 방사패턴 특성

3. 저지 대역 특성을 갖는 디스크 섹터 안테나

디스크 섹터 안테나의 가장자리에 부채꼴 모양의 슬릿을 삽입하여 안테나의 방사패턴은 변화시키지 않고 슬릿의 길이만큼 주파수 대역을 저지시키는 안테나를 설계한다.

그림 17은 부채꼴 슬릿을 삽입한 디스크 섹터 안테나 구조이다.

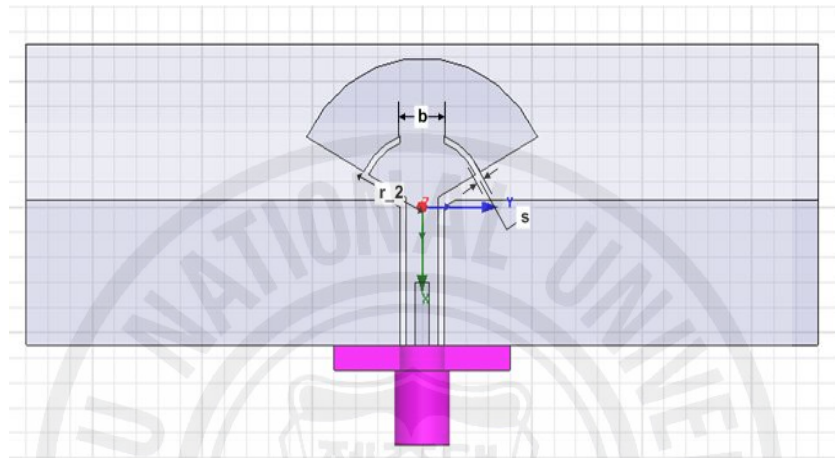


그림 17. 부채꼴 슬릿을 삽입한 디스크 섹터 안테나 구조

그림 18은 부채꼴 슬릿을 삽입하지 않은 안테나 구조에서 표면에 흐르는 전류 분포를 나타낸 것이다. 안테나 내부에서 전류의 방향은 급변하지 않고 방사체 모양을 따라 일정하게 흐르고 있음을 알 수 있다.

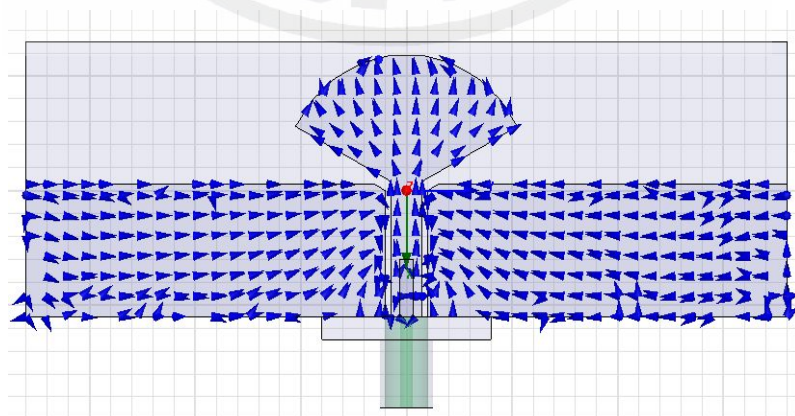


그림 18. 슬릿을 삽입하지 않았을 때의 표면 전류 분포

그림 19는 디스크 섹터 안테나의 가장자리에 부채꼴 슬릿을 삽입하였을 때의 표면 전류 분포를 나타낸 것이다. 전류의 분포가 일정한 그림 18과는 달리 표면 전류의 경로가 부채꼴 슬릿을 따라 변화하고 있다. 이러한 전류 경로 차이로 인해 안테나의 임피던스 값이 변하고 반사손실 특성 역시 달라진다.

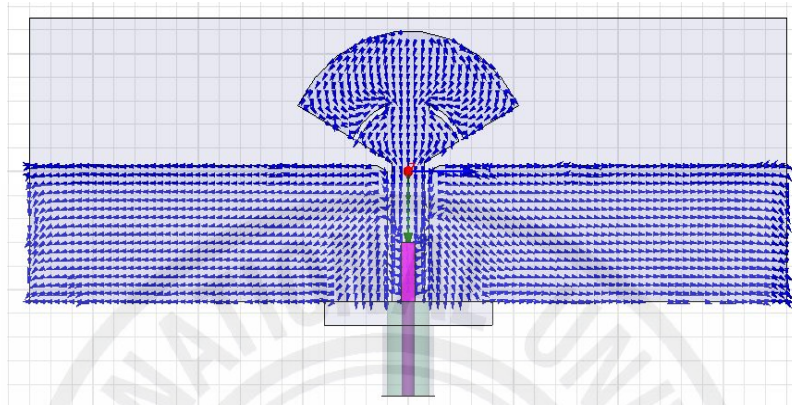
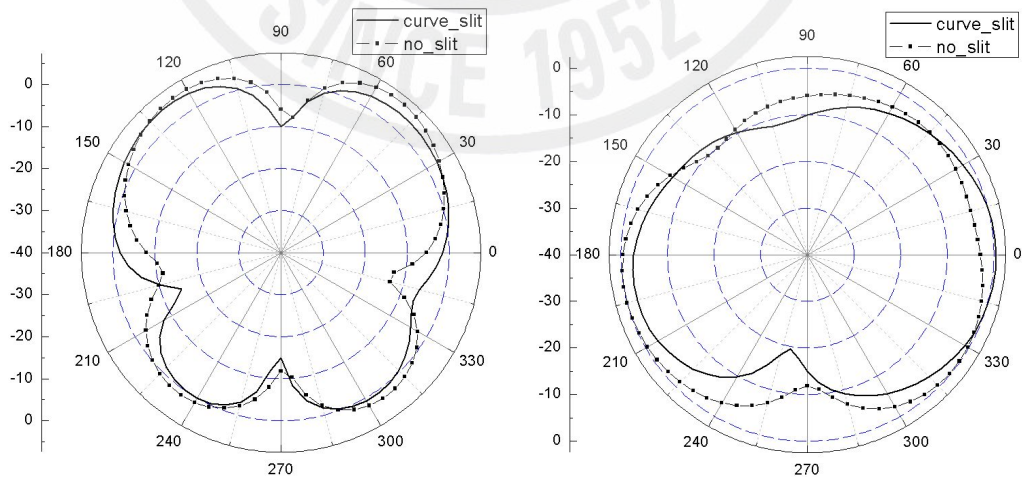


그림 19. 슬릿을 삽입하였을 때 표면 전류 경로

그림 20은 3.5 GHz대역에서 부채꼴 슬릿이 없을 때의 방사패턴과 슬릿을 삽입하였을 때의 방사패턴을 비교한 것이다. 여기서 E-Plane은 $\theta = 90^\circ$ 인 XY 평면이고, H-Plane은 $\phi = 180^\circ$ 인 YZ 평면이다.



(가) E-Plane

(나) H-Plane

그림 20. 슬릿의 유무에 따른 방사패턴 특성

여기서 `curve_slit`은 부채꼴 슬릿을 삽입하였을 때의 방사패턴이고 `no_slit`은 슬릿을 삽입하지 않았을 때의 방사패턴을 나타낸다.

디스크 섹터 안테나의 가장자리에 부채꼴 슬릿을 삽입하였을 때의 방사패턴은 슬릿을 삽입하지 않은 경우의 방사패턴과 거의 달라지지 않음을 알 수 있다. 하지만 안테나의 반사손실 특성에는 변화가 생긴다.

그림 21은 안테나의 파라미터 값 $r_2 = 6mm$, 슬릿의 폭 $s = 2mm$ 로 고정시킨 상태에서 부채꼴 슬릿의 간격 b 를 가변시켰을 때의 반사손실 특성이다. 슬릿 간격의 변화는 1차 공진되는 주파수에는 큰 영향을 미치고 있지 않지만 슬릿 간격 b 가 감소함에 따라 통과되는 주파수 대역이 낮아지는 특성을 보인다. 슬릿 간격 b 의 감소는 부채꼴 슬릿 길이의 증가를 의미하는 것으로 슬릿 길이가 길어짐에 따라 점점 낮은 주파수 대역만을 통과시키는 것이다. 즉 슬릿 간격을 조절함으로써 주파수 선택효과를 얻을 수 있다.

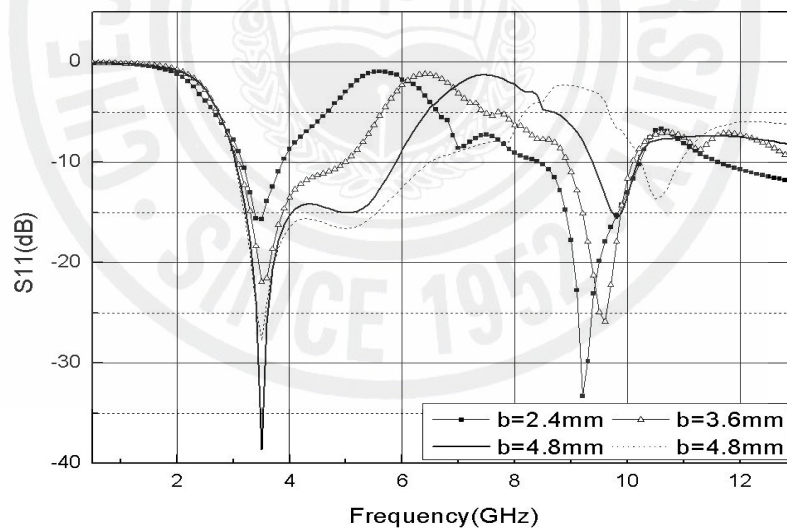


그림 21. 부채꼴 슬릿의 간격 b 에 따른 반사손실 특성

IV. 제작 및 측정

1. CPW 급전 디스크 섹터 안테나 제작 및 측정

표 1은 설계된 CPW 급전 디스크 섹터 안테나의 파라미터를 나타낸 것이며, 안테나는 비유전율 $\epsilon_r = 4.7$, 손실탄젠트 $\tan\delta = 0.0018$, 두께 $t = 0.787\text{mm}$ 인 기판 상에 제작한다.

표 1. 안테나 파라미터 값

설계 제원	파라미터	설계 수치
안테나의 가로 길이(mm)	l_1	72
안테나의 세로 길이(mm)	l_2	26
접지면의 가로 길이(mm)	g_1	33.99
디스크 섹터의 반지름(mm)	r_1	11.9
디스크 섹터의 중심각(deg)	θ	124
변형된 접지면의 길이(mm)	y_1	1
스트립선로의 폭(mm)	t	3
접지면과 스트립 선로의 간격(mm)	d	0.51

위의 파라미터 값으로 설계된 안테나를 CAD 작업을 통해 잉크젯 필름을 사용하여 기판에 맞도록 출력한다. 동박 표면에 특수 감광액이 코팅되어 있는 기판 위에 출력한 도면을 놓고 감광기에서 약 120초 간 감광시킨다. 감광시킨 기판을 DP-60 현상제를 사용하여 현상하면 안테나 부분만 남게 된다. 이 기판을 물에 용해된 애칭액에 넣어 약 18분 간 부식시켜 안테나를 제작한다. 제작된 안테나의 전체크기는 $76\text{mm} \times 26\text{mm}$ 이고 급전은 50 Ω 동축 케이블을 사용한다.

그림 22는 제작된 CPW 급전 디스크 섹터 안테나 사진이며 그림 23은 제작된 안테나를 벡터 회로망 분석기(vector network analyzer, Anritsu37369A)를 사용하여 측정한 반사손실 값과 시뮬레이션 값을 비교한 그래프이다.

시뮬레이션 및 측정된 입력 임피던스 대역폭($VSWR \leq 2$)은 각각 3 ~13 GHz 와 1.98 ~11 GHz로 UWB 대역폭(3.1~10.6 GHz)을 모두 만족함을 알 수 있다. 제작한 안테나의 측정 결과를 시뮬레이션 결과와 비교해보면 낮은 주파수 쪽으

로의 천이 현상이 발생했음을 알 수 있다. 그 이유는 제작한 안테나의 접지 특성이 이론적 결과보다 미약하게 나타나 3.1 GHz부근에서 주파수 차단특성을 제대로 유지시키기 어려웠기 때문이다.



그림 22. 제작된 안테나 사진

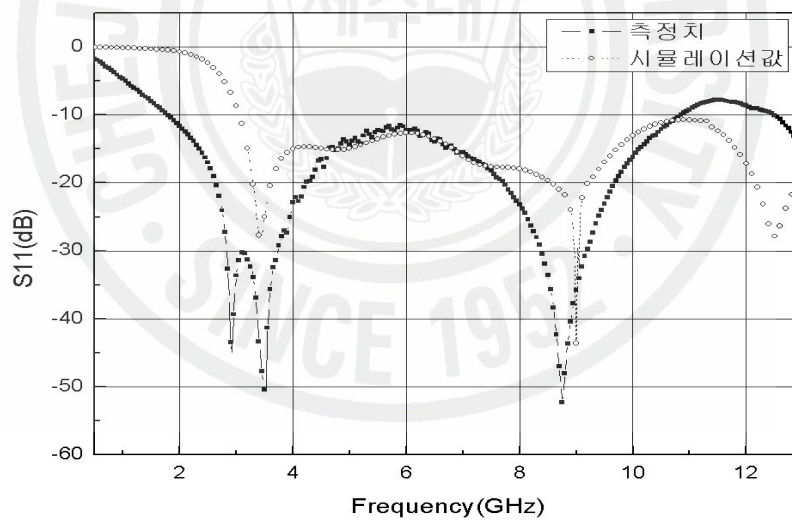


그림 23. 반사손실 시뮬레이션 및 측정값(dB)

그림 24는 안테나의 방사패턴과 이득을 측정한 무반사 측정실의 구조를 나타낸 것이다. 무반사실의 크기는 $10(L)m \times 5(W)m \times 9(H)m$ 이고 측정주파수 범위는 3.5~6 GHz이다. 측정을 위한 기준 안테나는 C밴드 혼 안테나(Horn Antenna)를

사용하고 안테나의 패턴 측정을 위한 포지셔너 컨트롤러(positioner control) 시스템은 ORBIT/FR사의 AUT Positioner system을 사용한다. 이때 사용한 벡터 회로망 분석기는 Agilent사의 N5230A PNA-L Network Analyzer이고, 측정 주파수 대역은 300 kHz~6 GHz이다. 시스템 컨트롤러(system controller)를 위한 컴퓨터 사양은 펜티엄 4, CPU 3 GHz에 운영체제는 windows XP이다. 또한 시스템 컨트롤러와 계측장비 간 연결 케이블은 범용 인터페이스 버스(general purpose interface bus)를 사용한다.

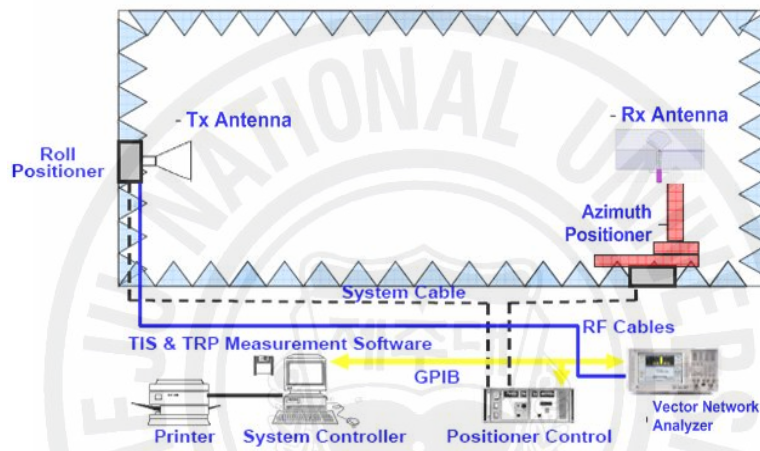
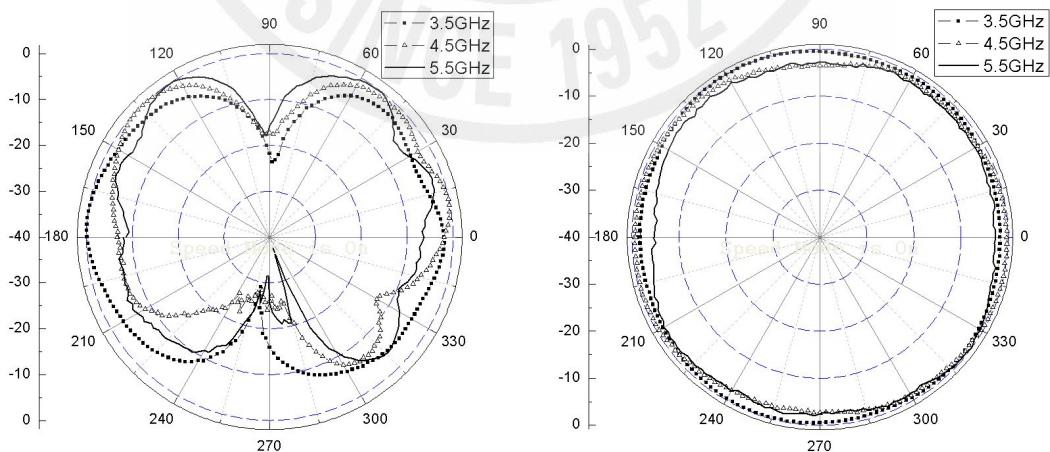


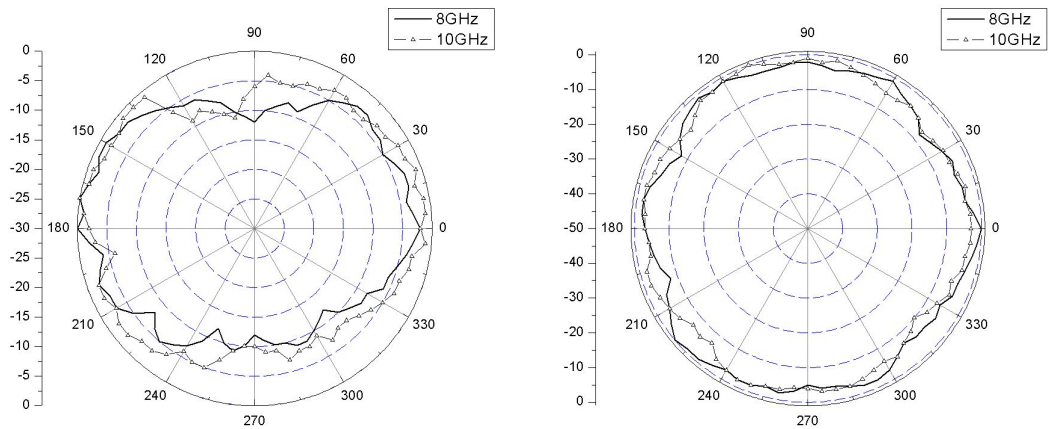
그림 24. 원거리장 무반사 측정실 구조



(가) E-Plane

(나) H-Plane

그림 25. 3.5~5.5 GHz에서의 방사패턴 측정 값



(가) E-Plane

(나) H-Plane

그림 26. 8과 10 GHz에서의 방사패턴 측정 값

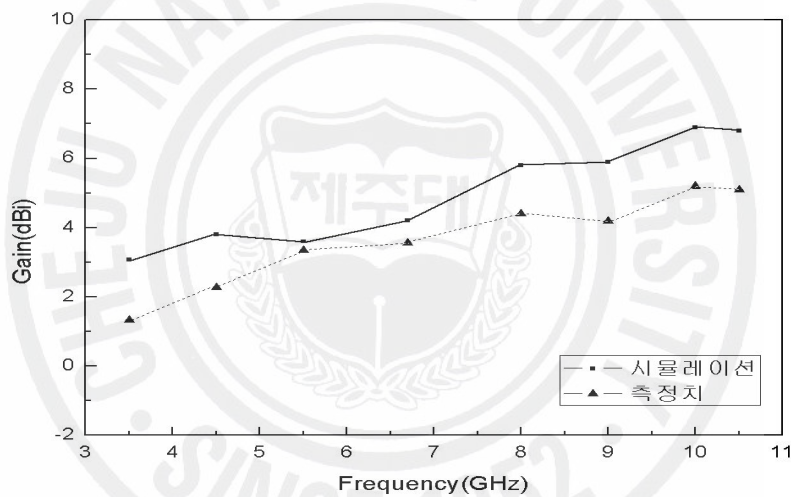


그림 27. 안테나 이득 시뮬레이션 및 측정값

그림 25는 방사패턴 측정값을 나타낸 그림이다. 무반사실에서 측정한 결과 3.5~5.5 GHz까지의 대역에서 E-Plane의 경우 그림 10의 시뮬레이션 결과와 마찬가지로 $\phi=0^\circ$ 와 $\phi=180^\circ$ 인 부근에서 널이 생기고 H-Plane인 경우 $\theta=0^\circ$ 에서 주 빔이 방사하고 있다.

그림 26은 기준안테나를 X 밴드 혼 안테나로 사용하였을 때의 8, 10 GHz대역에서의 방사패턴 값이다. 측정 각도는 5° 간격이고 혼 안테나와의 거리는 30cm이다. 측정결과 8, 10 GHz대역에서도 E-Plane의 경우 $\phi=0^\circ$ 와 $\phi=180^\circ$ 인 부근에

서 널이 생기고 H-Plane인 경우에는 $\theta=0^\circ$ 에서 주 빔이 방사한다. 따라서 제작한 안테나는 UWB 주파수 대역에 따라 일정한 방사패턴을 갖는다.

그림 27은 제작한 안테나의 주파수에 따른 이득 특성의 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 나타낸 것이다. 안테나의 이득은 5 GHz이하의 저주파에서는 3 dBi미만의 값으로 전지향성 특성을 보이지만 5 GHz이상의 고주파로 갈수록 패턴의 쓸림 현상으로 이득이 높아짐을 알 수 있다. 하지만 전반적인 방사패턴은 대체적으로 유지시킬 수 있음을 앞의 그림 25, 26을 통해 알 수 있다. 위의 결과들로부터 본 논문에서 제안하는 CPW 급전 디스크 섹터 안테나는 UWB용 안테나로 적합하다.

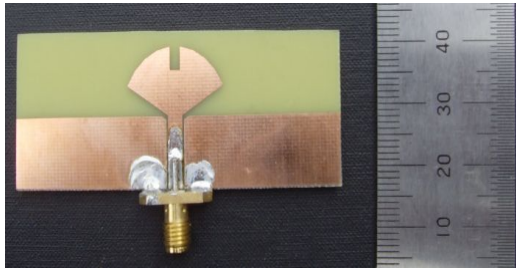
2. 방향성 조절이 가능한 디스크 섹터 안테나 제작 및 측정

표 2는 방향성 조절을 위해 설계된 CPW 급전 디스크 섹터 안테나의 파라미터를 나타낸 것이며, 안테나는 비유전율 $\epsilon_r = 4.7$, 손실탄젠트 $\tan\delta = 0.0018$, 두께 $t = 0.787\text{mm}$ 인 기판 상에 제작한다.

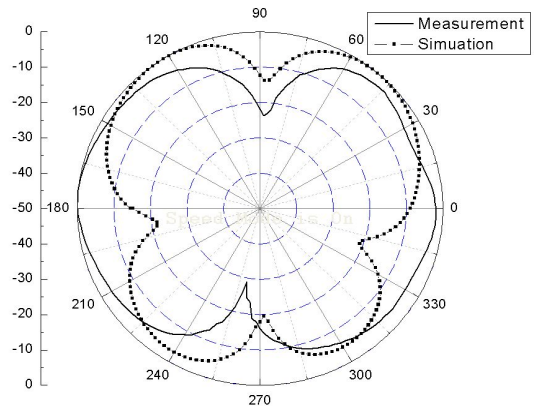
표 2. 안테나 파라미터 값

설계 제원	파라미터	설계 수치
안테나의 가로 길이(mm)	l_1	72
안테나의 세로 길이(mm)	l_2	26
접지면의 가로 길이(mm)	g_1	33.99
디스크 섹터의 반지름(mm)	r_1	11.9
디스크 섹터의 중심각(deg)	θ	124
변형된 접지면의 길이(mm)	y_1	1
스트립선로의 폭(mm)	t	3
접지면과 스트립 선로의 간격(mm)	d	0.51
슬릿의 길이(mm)	t_2	3.83
슬릿의 폭(mm)	t_1	2.4

그림 28, 29, 30은 방향성 조절을 위해 슬릿을 삽입한 안테나의 제작 사진과 3.5 GHz에서의 E-Plane 방사패턴 측정값이고, 그림 31은 슬릿의 위치에 따른 반사손실 측정값이다.

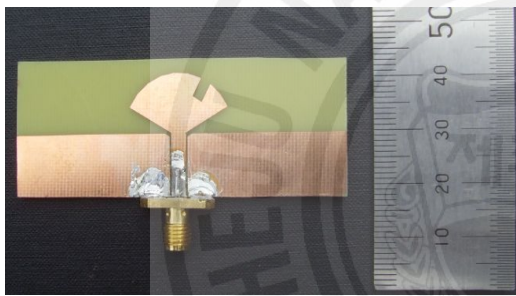


(가) 제작한 안테나 사진

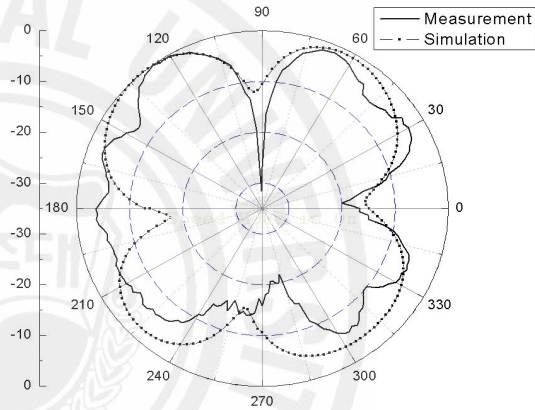


(나) 3.5 GHz에서의 방사패턴(E-Plane)

그림 28. 슬릿을 호 중앙에 삽입한 경우

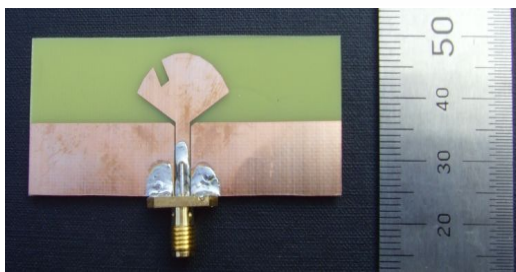


(가) 제작한 안테나 사진

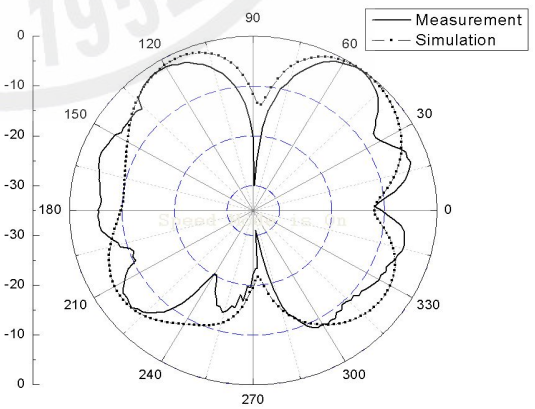


(나) 3.5 GHz에서의 방사패턴(E-Plane)

그림 29. 슬릿을 호 우측(-30°)에 삽입한 경우



(가) 제작한 안테나 사진



(나) 3.5 GHz에서의 방사패턴(E-Plane)

그림 30. 슬릿을 호 좌측(30°)에 삽입한 경우

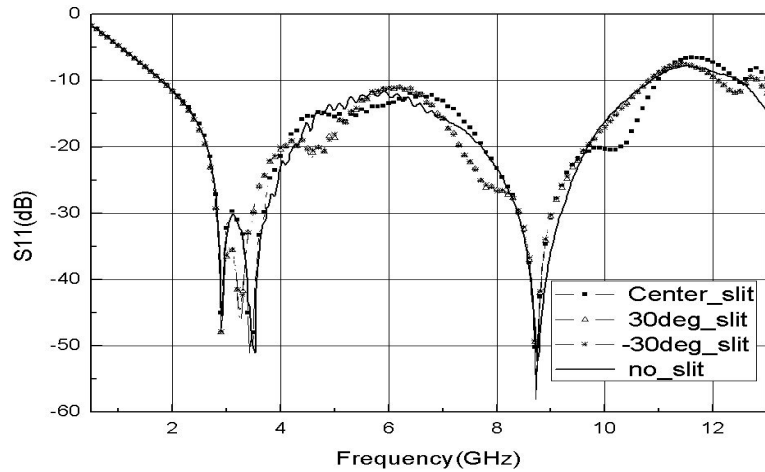


그림 31. 슬릿의 유무 및 슬릿의 위치에 따른 반사손실 측정값

그림 28에서 중앙에 슬릿을 삽입하였을 경우 슬릿을 중심으로 좌우 이득편차가 0.5 dBi 안팎으로 8자 모양의 방사패턴 특성을 나타낸다. 그림 29에서는 슬릿을 삽입하지 않은 방향인 좌측 145°인 지점에서 최대 이득을 나타내고 있다. 슬릿을 삽입한 방향과 삽입하지 않은 방향의 이득편차는 약 2 dBi로 삽입하지 않은 방향으로 지향성 특성을 나타낸다. 그림 30에서 슬릿을 삽입하지 않은 방향인 우측 30°에서 최대 이득 값이 나타나고 슬릿을 삽입하지 않은 방향과의 이득 편차는 약 1.5 dBi로 슬릿을 삽입함으로써 방사패턴에 변화가 생겼음을 알 수 있다. 또한 그림 31로부터 슬릿의 유무나 슬릿의 위치에 관계없이 일정한 대역폭 특성을 나타냄을 알 수 있다. 위의 결과들로부터 디스크 섹터 안테나의 방사체 부분에 사각형 모양의 슬릿을 삽입하는 위치를 변화시키면 안테나의 주 빔이 방사되는 방향을 조절 할 수 있고 이때 안테나의 대역폭 특성에는 변화가 거의 없다. 이와 같은 특성을 이용하면 다양한 종류의 UWB 통신 단말기들의 용도에 맞도록 안테나 주 빔의 방향을 조절 할 수 있는 안테나의 설계가 가능하다.

3. 저지 대역 특성을 갖는 디스크 섹터 안테나 제작 및 측정

표 3은 저지 대역 특성을 갖는 CPW 급전 디스크 섹터 안테나의 파라미터를 나타낸 것이며, 그림 32는 이를 제작한 안테나 사진이다. 안테나는 비유전율 $\epsilon_r = 4.7$, 손실탄젠트 $\tan\delta = 0.0018$, 두께 $t = 0.787\text{mm}$ 인 기판 상에 제작한다.

표 3. 안테나 파라미터 값

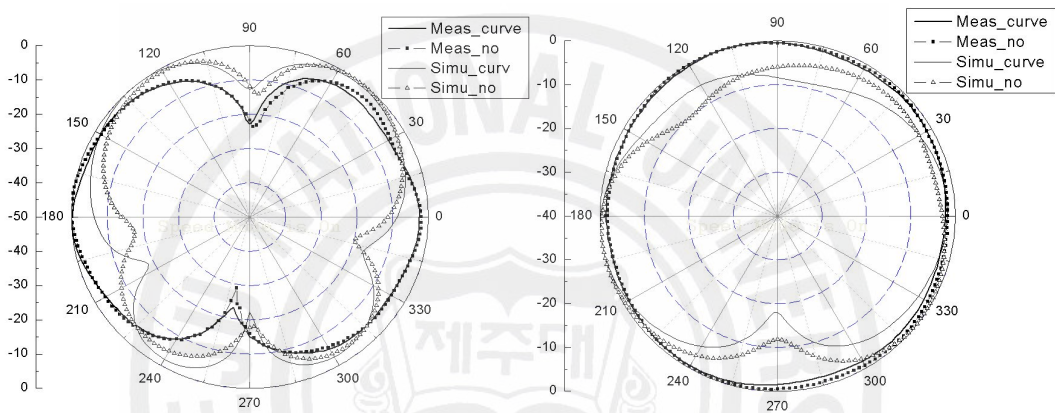
설계 제원	파라미터	설계 수치
안테나의 가로 길이(mm)	l_1	72
안테나의 세로 길이(mm)	l_2	26
접지면의 가로 길이(mm)	g_1	33.99
디스크 섹터의 반지름(mm)	r_1	11.9
디스크 섹터의 중심각(deg)	θ	124
변형된 접지면의 길이(mm)	y_1	1
스트립선로의 폭(mm)	t	3
접지면과 스트립 선로의 간격(mm)	d	0.51
부채꼴 슬릿의 반지름(mm)	r_2	6
부채꼴 슬릿 사이의 간격(mm)	b	2.4
부채꼴 슬릿의 폭(mm)	s	2



그림 32. 저지 대역 특성을 갖는 안테나 사진

그림 33, 34는 부채꼴 슬릿의 유무에 따른 방사패턴 측정값과 반사손실 측정값이다. 그림 33에서 Meas_curve는 부채꼴 슬릿을 삽입하였을 때의 측정값이고 Meas_no는 부채꼴 슬릿을 삽입하지 않았을 때의 측정값, Simu_curve는 부채꼴 슬릿을 삽입하였을 때의 시뮬레이션 값, Simu_no는 부채꼴 슬릿을 삽입하지 않았을 때의 시뮬레이션 값을 나타낸다. 시뮬레이션 값과 측정값의 방사패턴은 E-Plane의 경우 $\phi=90^\circ$, $\phi=270^\circ$ 다소 차이가 있지만 널 값이 나타나는 부근이 둘 다 $\phi=0^\circ, \phi=180^\circ$ 인 방향이고 전반적인 패턴은 8자 형태를 보인다. 시뮬레이션 값과 측정값 두 경우 모두 부채꼴 슬릿을 삽입하였을 때나 삽입하지 않았을 때의 방사패턴은 거의 차이가 없음을 그림 33을 통해 확인하였다. 하지만 그림 34의 반사손실 시뮬레이션 및 측정값을 보면 안테나의 반사손실 특성에 변화

가 생겨 다중 대역에서 공진하는 특성이 나타났다. 측정결과 반사손실 값은 시뮬레이션 값에 비해 1차 공진점은 550 MHz정도 2차 공진점은 500 MHz정도 낮은 주파수로 천이되었다. 또한 1차 공진점은 시뮬레이션 결과 3.45 GHz에서 -15.64 dBi를 보이는 반면 측정결과 반사손실 값은 2.9 GHz에서 -49.17 dBi를 보인다. 이와 같은 원인은 안테나를 제작할 때 에칭시간이 길어져 접지면과 급전 선로사이의 간격이 과 부식으로 인해 시뮬레이션 결과보다 넓어져 주파수 차단특성을 제대로 유지시키기 어려웠기 때문이다.



(가) 3.5 GHz에서의 E-Plane (나) 3.5 GHz에서의 H-Plane
 그림 33. 부채꼴 슬릿의 유무에 따른 방사패턴 시뮬레이션 및 측정값

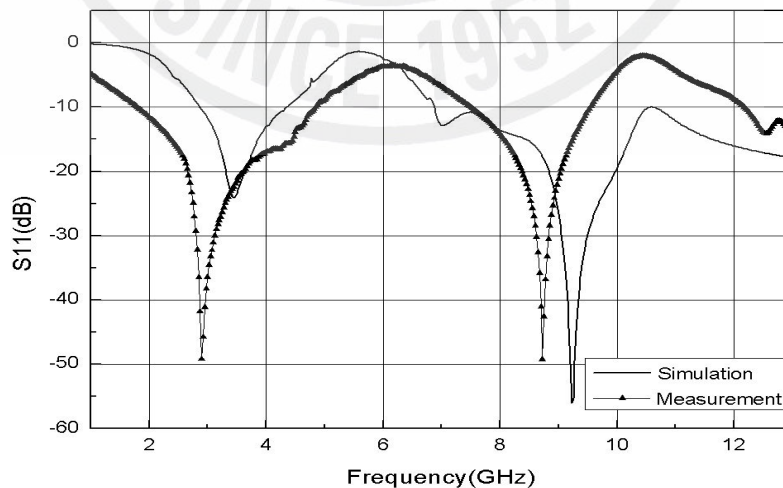


그림 34. 부채꼴 슬릿의 유무에 따른 반사손실 시뮬레이션 및 측정값

V. 결론

본 논문에서는 UWB 대역에서 동작하는 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 설계하고, 제작하였다. 안테나의 입력 임피던스와 급전 선로의 특성 임피던스 간의 정합은 안테나 설계 파라미터인 디스크 섹터의 반지름 r_1 과 디스크 섹터의 중심각 θ_0 , 접지면의 가로길이 g_1 , 변형시킨 접지면의 모서리 부분의 길이 y_1 을 조절하여 UWB 대역인 3.1~ 10.6 GHz에서 50 Ω 이 되도록 결정하였다. 안테나의 방사패턴을 조절하기 위해 디스크 섹터의 호 부분에 사각형 슬릿을 삽입하였다. 사각형 슬릿을 삽입한 위치에 따라 안테나의 방사패턴이 달라짐을 확인하였고 이때의 임피던스 대역폭은 거의 변화가 없었다. 사각형 슬릿을 표면 전류의 세기가 강하지 않은 위치에 전류의 방향을 따라 삽입하였기 때문에 안테나의 임피던스에는 거의 영향을 주지 않은 것이다. 또한 안테나가 저지 대역 특성을 갖게 하기 위해 표면 전류의 세기가 큰 디스크 섹터 안테나의 가장자리에 부채꼴 슬릿을 삽입하여 임피던스 값을 변화시켰다. 그 결과 부채꼴 슬릿의 길이에 따라 차단되는 주파수가 결정되어 저지 대역 특성이 나타났다.

설계한 CPW 급전 디스크 섹터 안테나를 실제 제작하여 특성을 확인하고 Anritsu사의 벡터 회로망 분석기를 사용하여 반사손실 값과 안테나의 대역폭을 측정하였다. 그 결과 제작된 안테나의 크기는 $72\text{mm} \times 26\text{mm}$ 이고 임피던스 대역폭은 1.98 ~11 GHz이다. 제작한 안테나의 반사손실과 이득특성은 3.5 GHz에서 -50.38 dB, 1.34 dBi와 5.5 GHz에서 -12.27 dB, 3.35 dBi, 8 GHz에서 -23.2 dB, 3.8 dBi 그리고 10 GHz에서 -16.17 dB, 5.2 dBi를 갖는다. 안테나의 방사패턴은 각 주파수 대역에서 E-Plane의 $\phi=0^\circ$ 와 $\phi=180^\circ$ 인 부근에서 널 값으로 최소 방사가 일어나고, H-Plane의 $\theta=0^\circ$ 에서 주 빔이 방사하고 있다. 그리고 3.5 GHz에서 8 GHz까지는 좌우 8자 형태를 나타내고 10 GHz대역에서는 위상이 틀어져 있어 부분적으로 조금 차이가 있지만 유사한 방사패턴을 나타내고 있다.

본 논문에서 제안한 안테나는 UWB 대역폭에서 반사 손실이 -10 dB 이하이고 주파수에 따라 일정한 방사패턴 특성을 가지므로 UWB용 안테나로 적합하다.

참 고 문 헌

- [1] 송형규, 유영환, 박현진, “UWB 무선 통신 기술”, *한국통신학회지*, 제19권 제5호, pp. 121-135, May 2002.
- [2] 이성수, 조상인, “UWB 네트워킹기술과 표준화”, *한국통신학회지*, 제20권 제2호, pp. 68-76, Feb. 2003.
- [3] 조병록, 문희, “UWB 응용분야”, *한국전자과학회지*, 제13권 제3호, pp. 83-94, July 2002.
- [4] 이영훈, “UWB 안테나 기술”, *한국통신학회지*, 제20권 제2호, pp. 22-30, Feb. 2003.
- [5] 김종규, 허유강, 조영기, “UWB 안테나 기술동향”, *한국전자과학회지*, 제13권 제3호, pp. 24-32, July 2002.
- [6] Albert K. Y.. Lai, "A Nobel Antenna for Ultra-Wide Band Application", *IEEE Antenna Prop.*, vol.40, no.7, pp. 755-760, July 1992.
- [7] 윤영중, 김형락, 황광선, “차세대 이동통신을 위한 안테나”, *한국전자과학회*, 제13권 제4호, pp. 47-59, Oct. 2002.
- [8] [http //www.uwb.org](http://www.uwb.org)
- [9] K. Siwiak, "Ultra-Wideband Radio Introducing a New Technology", *IEEE VTC-2001*, May 2001.
- [10] K. Siwiak, P. Withington and S. Phelan, "Ultra-Wideband Radio the Emergence of an Important New Technology", *IEEE VTC-2001*, May 2001.
- [11] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Ultra-wide Bandwidth Time-hopping Spread-spectrum Impulse Radio for Wireless Multiple-access Communications", *IEEE Trans Communications*. vol.48, no.4, pp. 679-691, Apr. 2000.
- [12] R. A. Scholtz, "Multiple Access with Time-hopping Impulse Modulation", *Proc. IEEE Military Communications Conf.(Boston*.

- U.S.), pp. 447-450, Oct. 1993.
- [13] F. Ramirez-Mireles and R. A. Scholtz, "Multiple-access Performance limits with Time Hopping and Pulse Position Modulation", *Proc. IEEE Military Communications Conf.*, pp. 529-533. Oct. 1998.
- [14] Wen-Chung Liu and Chuan-Chien Huang, "A CPW-fed L-shaped Slot Planar Monopole Antenna for Tripleband Operations", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol.44, no.6, March 2005.
- [15] Seong H. Lee, Jong K. Park and Jung N. Lee, "A Novel CPW-fed Ultra-wide Band Antenna Design", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol.44, no.5, pp. 393-396, March 2005.
- [16] Seong-Youp Suh, W. Stutzman, W. Davis, A. Waltho, and J. Schiffer, "A Novel CPW-fed Disc Antenna", *Antenna and Propagation Society Symposium IEEE*, vol.3, pp. 2919-2922, June 2004.
- [17] Gupta K. C., *Microstrip Antenna Design*, Artch House, pp. 263-289, 1988.
- [18] J. Helszajn., *Microwave Planar Passive Circuits and Filters*, John willy & Sons, pp. 12-16, 1994.
- [19] M. A. Peyrot-solis, H. Jardon-aguilar., "Ultra-wideband Planr Monopole Antenna for Operation in the 3-20 GHz Band", *Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Ecology, 2005. IEEE 6th International Symposium*, vol.6, pp. 97-100, June 2005.

감사의 글

대학원 생활을 시작하면서 열심히 해야겠다는 각오를 했지만, 2년이 지나 되돌아보면 아쉬움이 많이 남습니다. 학위논문이 결실을 맺기까지 항상 옆에서 배움의 길을 넓혀주시고 늘 부족했던 저를 따뜻함과 깊은 배려로 아껴주시고 때론 따끔한 충고로 꾸짖어주시던 양두영 교수님께 먼저 감사드립니다. 바쁘신 일정에도 부족한 논문을 보완하는데 도움을 주신 김홍수 교수님, 좌정우 교수님, 임재윤 교수님께 깊이 감사드립니다. 그리고 학부생 과정부터 대학원 석사과정을 수료하기까지 가르침을 주신 이용학 교수님, 문건 교수님, 강진식 교수님께도 감사드립니다. 석사과정 동안 USN 연구팀을 이끄시느라 고생하신 권익이형, 연구하는데 많은 조언과 도움을 주신 봉수형 정말 고맙습니다. 형들이 있어 석사과정을 무사히 마칠 수 있었습니다. 대학원 선배로서 많은 격려를 해주신 성욱이형, 동현이형, 은진이누나, 진경이형 모두 감사드리고 건강하십시오. 처음 연구실 생활을 시작할 때 힘이 되어준 경진이형, 건일이, 일용이 모두 고마워. 그리고 졸업은 먼저 했지만 학부과정부터 함께해온 우리 서방신기 멤버인 도형이, 창남이, 지윤아 정말 고마워. 같이 입학해서 내 고민도 많이 들어주고 고생도 같이 한 은주야 고마워. 대학원 과정동안 같은 연구실에서 수발이 되어준 연구실 후배들, 준호, 윤길이, 효철이, 종석이, 보람이, 석천이, 현우, 희정이 모두모두 정말 고맙다. 그리고 내가 짜증내고 불평해도 잘 받아주던 우리 조교선생님 윤희, 정수야 고마워. 아! 먼저 과사무실을 지키던 진호형도 고맙습니다.

끝으로 오늘이 있기까지 사랑과 희생으로 보살펴주신 부모님께 감사드리고, 항상 든든한 후원자가 되어주신 할아버지 할머니께도 감사의 마음을 전합니다. 사랑하는 동생 현주, 수진아 고마워.