

工學碩士 學位論文

스위칭 素子를 使用한 偏波 다이버시티 開口結合  
圓偏波 패치 안테나

Aperture Coupled Circularly Polarized Patch Antenna for  
Polarization Diversity using Switching Elements

指導教授 梁 圭 植

2004 年 2月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

電 子 通 信 工 學 科

尹 千 洙

工學碩士 學位論文

스위칭 素子를 사용한 圓偏波 다이버시티 開口結合  
圓偏波 패치 안테나

Aperture Coupled Circularly Polarized Patch Antenna for  
Polarization Diversity using Switching Elements

指導教授 梁 圭 植

2004 年 2月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

電 子 通 信 工 學 科

尹 千 洙

本 論 文 을 尹 千 洙 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

主 審      朴 東 國      ㉠

副 審      金 基 文      ㉠

副 審      梁 圭 植      ㉠

2004 年 2月

韓 國 海 洋 大 學 校    大 學 院

電 子 通 信 工 學 科

尹 千 洙

# 목 차

Abstract

제 1 장 서론 .....	1
1.1 연구의 필요성 및 목적 .....	1
1.2 연구의 내용 및 구성 .....	2
제 2 장 위성 방송의 현황 .....	4
2.1 직접 위성 방송의 현황 .....	4
2.2 무궁화 위성의 제원 .....	6
제 3 장 마이크로스트립 안테나 .....	8
3.1 마이크로스트립 안테나의 개요 .....	8
3.2 원편파 원리 .....	11
제 4 장 제안된 안테나 설계 및 모의실험 .....	14
4.1 제안된 안테나의 개요 .....	14
4.2 쇼트키 다이오드를 삽입한 전송선로 측정값 분석 .....	16
4.3 제안된 안테나의 모의 실험 결과 .....	20
제 5 장 실험 결과 및 고찰 .....	24
제 6 장 결론 .....	30
참고문헌 .....	32

## 표 차 례

<표 2 - 1> 방송 위성 업무용 주파수 분배 .....	5
<표 2 - 2> 무궁화 위성의 방송용 중계기 제원 .....	7
<표 2 - 3> 무궁화 위성의 방송 채널과 상하향 주파수 .....	7
<표 4 - 1> 다이오드 스위칭에 의한 편파 변화 .....	17

## 그 립 차 례

<그림 3 - 1> 마이크로스트립 급전 사각형 패치 안테나의 구조 .....	9
<그림 3 - 2> 사각형 패치 안테나 .....	10
<그림 3 - 3> 패치 안테나의 옆면 .....	11
<그림 3 - 4> 패치 안테나의 윗면 .....	11
<그림 3 - 5> 좌·우선회 편파의 회전 벡터의 분포도 .....	13
<그림 4 - 1> 급전 선로에서의 쇼트키 다이오드 위치 .....	15
<그림 4 - 2> 마이크로스트립 선로에서 쇼트키 다이오드의 삽입 구조 .....	17
<그림 4 - 3> 쇼트키 다이오드를 삽입하여 제작한 마이크로스트립 선로 ..	18
<그림 4 - 4> 쇼트키 다이오드의 On / Off에 따른 삽입손실 .....	19
<그림 4 - 5> 제안된 안테나의 구조 .....	19
<그림 4 - 6> 모의 실험상의 쇼트키 다이오드 동작에 의한 안테나 반사손실과 축비 .....	21
<그림 4 - 7> 쇼트키 다이오드 동작에 의한 모의 실험상의 방사패턴 .....	22

<그림 4-8> 쇼트키 다이오드 동작에 의한 좌·우선회 편파의 방사패턴	23
<그림 5-1> 안테나의 구조와 설계치 .....	24
<그림 5-2> 제작된 안테나 .....	25
<그림 5-3> 모의 실험값과 측정값의 반사손실 비교 .....	27
<그림 5-4> 우선회 편파에서 패치의 위치변화에 따른 반사손실의 변화 .....	29

## Abstract

Antenna systems that utilize polarization diversity are gaining popularity due to the development of wireless communication in recent years. The antenna systems have been used in many areas such as wireless local area networks (WLAN) and microwave tagging systems. They are also utilized to realize frequency reuse for doubling the system capability in satellite communication systems.

In this paper, it is presented a novel antenna for polarization diversity. The proposed antenna is aperture coupled circularly polarized patch antenna with switching elements. The antenna is designed and simulated at 2 GHz by using Ensemble software. The square patch in proposed antenna has a pair of truncated corners and the microstrip feed line has schottky diodes as switching element. A patch antenna with four schotttky diodes can achieve right hand circular polarization (RHCP) and left hand circular polarization (LHCP) depend on switching states.

Each of two schottky diodes were placed at  $\lambda/4$  from branch-off point of power divider and these diodes are shorted at high level voltage.

Simulation results of proposed antenna show 7.5 % 10 dB impedance bandwidth and 1.2 % axial ratio. The return loss of the antenna is mesured and agree well with simulation results.

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 필요성 및 목적

안테나(Antenna)는 “곤충의 촉각”의 뜻을 지닌 라틴어로부터 유래되었고, 전기적인 신호를 전파로 바꾸어 주거나 반대의 기능을 수행하는 장치로서, 맥스웰이 맥스웰 방정식으로부터 그 존재를 예견하였던 전자파를 헤르츠와 마르코니가 실험적으로 입증할 때부터 사용되었다. 이후 안테나 기술은 무선통신 시스템의 발전에 따라 진보하였으며, 그 한 분야로 위성통신을 들수 있다<sup>[1]</sup>.

최근 위성을 이용한 서비스를 위하여 국내외적으로 많은 위성통신용 안테나에 대한 연구가 진행중에 있고, 현재까지 위성통신에 이용되어진 안테나는 좋은 편파 특성과 높은 이득을 얻기 위해서 부피가 크고, 무거운 파라볼라 안테나 또는 혼 안테나를 많이 이용하였으나, 요즘에는 파라볼라 안테나와 혼 안테나에 비해 크기가 작고, 무게가 가벼우며, 설치가 용이한 마이크로스트립 배열 안테나가 위성 및 미사일, 고성능 항공기, 우주선 또는 이동통신분야 등의 여러 부분에 활용되고 있다.

특히 우리나라는 1992 년 최초로 실험용 소형 과학 위성인 우리별 위성을 발사한 이래 자국 위성을 보유한 나라가 되었고, 이후 계속적으로 위성체를 발사하여 본격적인 위성시대가 개막되었으며, 디지털 위성방송, 위성위치확인시스템(GPS ; Global Positioning System), 일기예보, 통신서비스 등 많은 부분에 위성을 활용하고 있다. 이러한 위성부분의 발전과 함께 더 효율성이 좋고, 다기능을 가진 안테나의 필요성 또한 요구되

고 있다<sup>[2]</sup>.

## 1.2 연구의 내용 및 구성

본 논문에서는 앞 절에서 언급한 위성통신부분에 다양하게 활용될 수 있는 다기능을 가진 평판형 마이크로스트립 안테나로 스위칭이 가능한 편파 다이버시티 개구결합 단일급전 원편파 패치 안테나 설계를 중점적으로 연구하였으며, 중심주파수는 위성방송용으로 상용화되고 있는 12 GHz 주파수보다 낮은 2 GHz에서 실험적으로 연구하였다.

일반적으로 원편파는 두개의 서로 다른 교차 모드가 필요하므로 이중 급전이 많이 사용된다. 본 논문에서는 전력 분배기(Power divider)형태를 가진 단일급전 패치 형태를 가지면서, 스위칭을 이용한 좌·우선회 편파의 변화를 위해 급전의 전력분배 지점에서  $\lambda/4$  지점에 쇼트키 다이오드(Schottky diode)를 사용하여, DC 바이어스 전압이 인가되는 극성에 의해 편파 변환이 가능하게 설계하였다.

또한, 마이크로스트립 안테나의 단점중의 하나인 수 %의 좁은 대역폭 특성을 개선하기 위해 마이크로스트립 접지면에 슬롯을 뚫어 여기하고, 전계가 가장 강한 부분에서 패치를 위치하도록 하되 일정한 간격을 두어 안테나 대역폭을 향상시키고자 노력하였다<sup>[3]</sup>.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 위성방송 현황과 현재 동작중인 통신·방송 위성인 무궁화 위성(Korea-sat)의 개요와 제원들에 대해서 설명하였고, 제3장에서는 본 논문의 가장 근원적인 개념인 마이크로스트립 안테나의 개요와 원편파의 원리를 간단하게 설명하였다. 또한, 제4장에는 제안한 안테나의 급전방법과 특성분석 및 모의 실험과

정을 설명하였고, 제5장에서는 실제 제작한 안테나에 대한 측정 결과와 모의 실험 결과를 비교, 검토를 하였다. 그리고 마지막 제6장에서 최종적인 결론을 도출하였다.

## 제 2 장 위성 방송의 현황

### 2.1 직접 위성 방송의 현황

직접 위성방송(DBS ; Direct Broadcasting Satellite)은 기존의 고지중계 송신소와 연계 운용하고 있는 간접 위성방송과 개념을 달리하여 우주로부터 고출력 직사 방송신호를 중계소 도움없이 개인 가옥에 취부된 개별 안테나를 통하여 직접 수신하는 형식을 말한다.

이런 위성방송에 적용되는 제반 규정은 국제전기통신연합 (ITU ; International Telecommunication Union) 산하 세계무선통신주관회의 (WARC ; World Administrative Radio Conference)에서 주파수 분배 및 기술적인 결정을 “국제전기통신조약 부속 무선통신규칙”에 근거하여 결정하고 있다.

ITU에서는 적도 상공 36,000 Km 떨어진 곳에 있는 정지궤도 위성 3개로 지구 전체를 다 수용할 수 있는 것을 바탕으로, 전세계를 3등분하여 제 1지역은 유럽, 아프리카, 러시아, 제 2지역은 북미, 남미, 그린란드, 제 3지역은 아시아, 호주 등으로 나누었고, 또한 WARC에서 통신 주파수에 관련된 내용을 의결하여, 통신 및 방송용 위성의 주파수는 3~30 GHz 대 설정하였고, 현재 방송위성 업무에 분배된 주파수는 700 MHz 대, 2.6 GHz 대, 12 GHz 대, 22 GHz 대, 42 GHz 대, 그리고 84 GHz 대로 나누어졌다.

<표 2-1> 은 방송위성 업무에 관한 결정된 주파수 분배를 나타내었다.

<표 2-1> 방송 위성 업무용 주파수 분배

<Table 2-1> Frequency allocation for DBS

	제1지역 유럽, 아프리카, 러시아	제2지역 남미, 북미, 그린란드	제3지역 아시아, 호주
620~790 MHz	방송	방송, 고정, 이동	고정, 이동, 방송
	방송위성에 분배		
2.5~2.69 GHz	고정 이동(항공이동 제외) 방송위성	고정 고정위성(제3지역은 2.5~2.535 GHz) 이동(항공이동 제외) 방송위성	
12 GHz	11.7~12.5 GHz 고정 방송 방송위성 이동(항공이동 제외)	12.1~12.3 GHz 고정 고정위성 (우주에서 지구) 이동(항공이동 제외) 방송, 방송위성	11.7~12.2 GHz 고정 이동 (항공이동 제외) 방송 방송위성
		12.3~12.7 GHz 고정 이동 (항공이동 제외) 방송 방송위성	12.5~12.75 GHz 고정 이동 (항공이동 제외) 방송 방송위성
22.5~23 GHz		고정,이동 위성(22.55~23 GHz),방송위성	
40.5~42.5 GHz	방송위성, 방송, 고정, 이동		
84~86 GHz	고정, 이동, 방송, 방송위성		

위의 국제전기통신연합 (ITU)에서 결정된 방송위성용 주파수라 할지라도 그 나라만 독점적으로 주파수를 사용할 수 없고, 각 주파수 대역에서 주파수 간격을 두어 몇 개의 채널을 할당하여 사용하고 있다.

우리나라는 1977년 WARC-BS (World Administrative Radio Conference-Broadcasting Satellite)에서 방송위성(BS ; Broadcasting Satellite)의 경도를 동경 110°로 할당하였고, 통신위성(CS ; Communication Satellite)은 1988년 WARC에서 동경 116°를 사용하기로 하였으며, 예비 궤도로 동경 113°를 추가로 등록하였다.

ITU가 선정한 세계 전역을 3개의 지역으로 분할한 지역에서 우리나라는 제3지역에 해당하며, 이 지역에는 11.7~12.2 GHz의 주파수 대역에 총 24개 채널이 규정되어 있고, 이중 한국과 일본, 파푸아뉴기니, 러시아 그리고 북한은 동일한 위치인 동경 110°의 정지궤도를 할당 받았으며, 우리나라는 CH 2, 4, 6, 8, 10 및 12 에서 좌선원편파 방식이 할당되었다. 그리고 위성 방송(BS)은 좌·우선회 원편파인 반면 위성 통신(CS)은 수직, 수평인 직선편파로 운영되고 있다<sup>[4]</sup>.

## 2.2 무궁화 위성의 제원

우리나라는 우리별 1호를 1992년 8월 최초로 성공적으로 발사함을 시작으로 현재까지 실험용 과학위성 우리별 1, 2, 3호와 통신·방송용 무궁화 위성 1, 2, 3호 및 다목적 실용위성 아리랑 1호를 보유하고 있다.

특히 통신·방송용 무궁화 위성의 설계상 수명은 10 년이며, 관제소는 1 개의 위성제어센터 (SCC ; Satellite Control Center) 와 2 개의 관제소(주, 보조)로 구성되었으며, 평상시에는 주관제소에 설치된 4~5 m급

제한 구동 안테나 2 기로 주·예비 위성을 관제하고, 비상시에는 보조관제소에 설치된 4~5 m급 제한 구동 안테나 1 기와 11~12 m급 전방향 구동 안테나로 주·예비 위성을 관제하게 된다<sup>[5]</sup>.

<표 2-2> 무궁화 위성의 방송용 중계기 제원

<Table 2-2> Specification for DBS transponder of the korea-sat

항목	제원	
	1호	2호
빔 커버리지	1.24×1.02도 타원형	
운용 채널 수	3채널	
예비 중계기 수	3기	
주파수	송신	11.70~12.00 GHz
	수신	14.50~14.80 GHz
편파	송신	좌선회 원형 편파
	수신	좌선회 원형 편파
채널 대역폭	27 MHz	
채널 가변 범위	16 dB	

<표 2-3> 무궁화 위성의 방송 채널과 상·하향 주파수

<Table 2-3> Broadcasting channel and up/down link frequency of the korea-sat

채널 번호	상향주파수 MHz	하향주파수 MHz
2	14,544.48	11,746.66
4	14,582.84	11,785.02
6	14,621.20	11,823.38
8	14,659.56	11,861.74
10	14,697.92	11,900.10
12	14,736.28	11,938.46

## 제 3 장 마이크로스트립 안테나

### 3.1 마이크로스트립 안테나의 개요

마이크로스트립 안테나에 대한 개념은 1940년대 유전체 속에 파묻힌 도체띠 구조인 스트립 선로의 단점을 개선하여 중앙 스트립을 기준으로 한쪽의 유전체를 완전히 제거해 버린 마이크로스트립 선로에서 출발하였다. 곧 마이크로스트립 선로로부터 불요방사를 억제하기 위한 연구와 더불어 이러한 불요방사를 이용해 안테나로 사용할 수 있다는 것을 1958년 Deschamps가 제안하였다<sup>[6]</sup>.

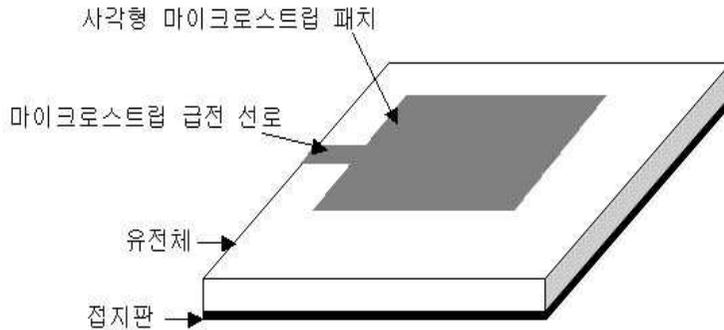
그러나 좋은 초고주파용 정밀 유전체 기판 제작의 어려움 때문에 개념 발표 후 발전을 하지 못하다가 1970년대 미사일과 우주선에 얹고, 유연한 안테나가 필요하게 되었으며, 마이크로스트립 안테나가 그 대안으로 제시되어 빠르게 발전하게 되었다.

최근에는 직접 위성방송 수신용 안테나로서 마이크로스트립 안테나가 실용화되어 널리 이용되고 있으며, 휴대 무전기나 항공기용 안테나로서 마이크로스트립 안테나에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

사각형 마이크로스트립 패치 안테나 구조를 <그림 3-1>에 나타내었다. 바닥에는 접지역할을 하는 도체가 있고, 그 위에는 유전체가 있으며, 제일 위에는 마이크로스트립 안테나는 대략 100 MHz에서 50 GHz 사이의 넓은 주파수 범위에 걸쳐서 사용할 수 있다.

마이크로스트립 안테나의 장점으로서는 가볍고, 부피가 적으며, 유연하여 안테나를 쉽게 미사일이나 비행체에 부착할 수 있으며, 또한 제작 단가가 싸고 이중 공진 주파수를 쉽게 만들 수 있으며, 선형 편파 및 원형

편파를 급전점의 위치 변화로 쉽게 구현할 수 있다[7],[8].



<그림 3-1> 마이크로스트립 급전 사각형 패치 안테나의 구조

<Fig. 3-1> Geometry of microstrip line feed rectangular patch antenna

이러한 장점 외의 단점으로는 주파수 대역폭이 중심주파수의 수 % 정도로 좁으며, 낮은 전력 운영 능력을 가지고, 표면파 발생 가능성이 있으며, 급전선에 의한 손실이 있고 그것에 의해 낮은 이득을 갖는다. 그리고 급전선과 복사소자가 같은 평면에 서로 인접하여 있어 분리도가 나쁘며, 배열을 할 경우 낮은 부엽을 만들기 어렵다.

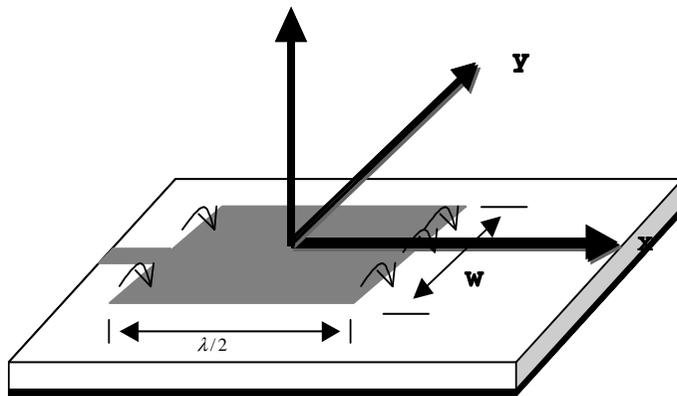
마이크로스트립 안테나는 위와 같은 단점이 있지만 항공기, 인공위성과 같은 고속 이동체 안테나로서 갖추어야 할 장점이 보다 더 강조되어 앞으로 더 많은 응용이 기대된다[9].

마이크로스트립 안테나의 방사는 방사소자와 접지판 사이의 프린징(fringing)필드에 의해서 발생된다. <그림 3-2> 에서처럼 패치의 길이를

$\lambda/2$  로 잡으면 패치의 양 끝단에서 누설 전계가 생긴다. 선로의 관점에서서는 손실에 해당되겠지만 안테나의 관점에서는 이 누설 전계가 공중으로 전파되는 복사 양이다. 이 누설 전계를 옆에서 보면 <그림 3-3> 와 같다.

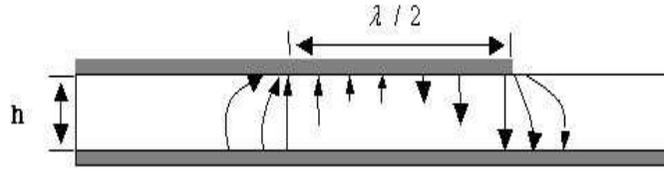
누설 전계를 수직성분과 수평성분으로 나누어보면 수직 성분은 양 끝단의 위상이 서로 반대되어 상쇄가 되나, 수평 성분은 위상이 일치하여 합쳐져 공중으로 방사되게 된다. 이것은 <그림 3-4> 처럼 거리  $\lambda/2$  만큼 떨어져서 폭이 유전체의 높이(h)이고 길이가 패치의 폭(w)과 같은 슬롯이 두 개가 있는 것과 같이 전자파가 복사되는 것으로 생각할 수 있다.

이와 같은 마이크로스트립 안테나를 두 개의 슬롯으로 모델링하여 해석하는 방법을 슬롯-전송 모델링 해석 방법이라고 한다.

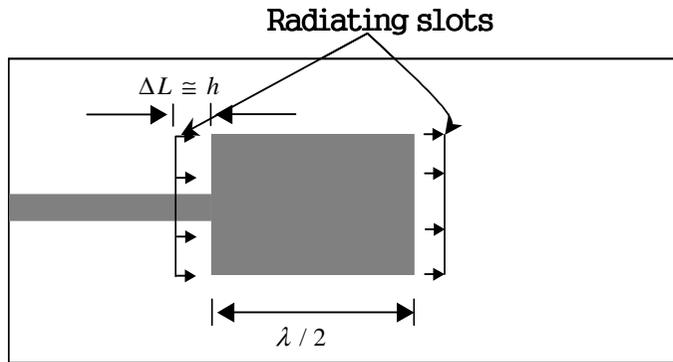


<그림 3-2> 사각형 패치 안테나

<Fig. 3-2> Rectangular microstrip patch antenna



<그림 3-3> 패치 안테나의 옆면  
 <Fig. 3-3> Side of patch antenna



<그림 3-4> 패치 안테나의 윗면  
 <Fig. 3-4> Upside of patch antenna

### 3.2 원편파 원리

전자파는 편파의 관점에서 표현하는 것이 일반적이다. 이런 편파란 주어진 한 곳에서 시간에 따라 변화하는 전기벡터 끝단의 궤적을 말한다.

같은 주파수를 갖는 둘 또는 그 이상의 전자파가 같은 방향으로 진행할 때, 편파는 그 모든 전자파를 합성한 후에 정의된다. 매질내 한점에서 전기장이 일직선상을 따라 진동하면 그 파를 선편파라 한다. 같은 원리로

전계벡터의 끝단의 궤적이 원을 그리면 원편파라 한다.

이 중 원편파는 직교하는 두 개의 편파 (수직편파, 수평편파)가 진폭은 같고, 90° 위상차를 가질때 전계 벡터가 시간에 따라 원형으로 회전하여 진행해 나가는 편파이다<sup>[10]</sup>.

자유 공간내에 아래와 같은 균일 평면파를 생각하자.

$$\overline{E}_x(z, t) = E_1 \cos (wt - k_0z + \theta_x) \hat{a}_x \text{ -----(1)}$$

$$\overline{E}_y(z, t) = E_2 \cos (wt - k_0z + \theta_y) \hat{a}_y \text{ -----(2)}$$

와 같이 표현되고,

여기서  $k_0$ 는 자유 공간의 전파상수로서  $k_0 = w\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$  이다.

원편파는  $z=0$  인  $xy$  평면에서  $E_1 = E_2 = E_0$ 이고,  $\theta_y = \theta_x - \frac{\pi}{2}$ 일때

식 (1)와 (2) 의 전계  $\overline{E}_x$  ,  $\overline{E}_y$  는

$$\overline{E}_x(0, t) = E_0 \cos (wt + \theta_x) \hat{a}_x \text{ -----(3)}$$

$$\overline{E}_y(0, t) = E_0 \sin (wt + \theta_x) \hat{a}_y \text{ -----(4)}$$

와 같이 표현되고, 전계 성분을 서로 제곱하여 더하면,

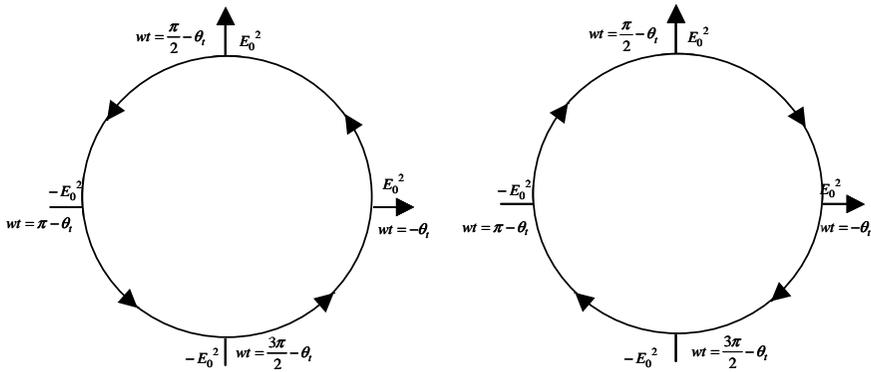
$$E_x^2(0, t) + E_y^2(0, t) = E_0^2$$

이므로 위의 식은 원의 방정식이 되고, 시간에 변화에 따른 식 (3)과 (4)의 값을 계산해 보면, <그림 3-5> (a) 와 같이 우선회 원편파 (RHCP ; Right Hand Circular Polarized wave)임을 알 수 있다.

같은 원리로  $\theta_y = \theta_x + \frac{\pi}{2}$ 로 두면, <그림 3-5> (b) 와 같이 좌선회 원

편파 (LHCP ; Left Hand Circular Polarized wave)임을 알수 있다[8].

한편, 원편파에서 축비 (AR ; Axial Ratio)는 편파의 장축과 단축의 비를 나타내며, 통상 축비가 3dB이내의 특성을 보일때 원편파를 형성한다.



(a) 우선회 원 편파

(b) 좌선회 원 편파

(a) RHCP

(b) LHCP

<그림 3-5> 좌 · 우선회 편파의 회전 벡터의 분포도

<Fig. 3-5> Distribution map of LHCP and RHCP vector

## 제 4 장 제안된 안테나 설계 및 모의 실험

### 4.1 제안된 안테나의 개요

제 3 장에서 살펴본 마이크로스트립 패치 안테나 개요와 원편파 형성 원리에 대한 내용을 바탕으로 단일 패치에 여기되는 급전의 위치를 스위칭 소자로 변환시켜 좌·우선회 편파를 모두 이용할 수 있는 원편파 패치 안테나를 설계하였다.

기존의 스위칭 소자를 이용한 원편파 안테나는 패치면 슬롯에 스위칭 소자의 동작으로, 서로 다른 모드가 형성되어 편파가 변환되는 논문들이 발표되었다<sup>[11],[12]</sup>.

본 논문에서는 기존의 발표된 논문들과는 달리 안테나의 급전부에 연결된 스위칭 소자를 이용하여 편파 변환을 할수 있는 방법을 제안한다.

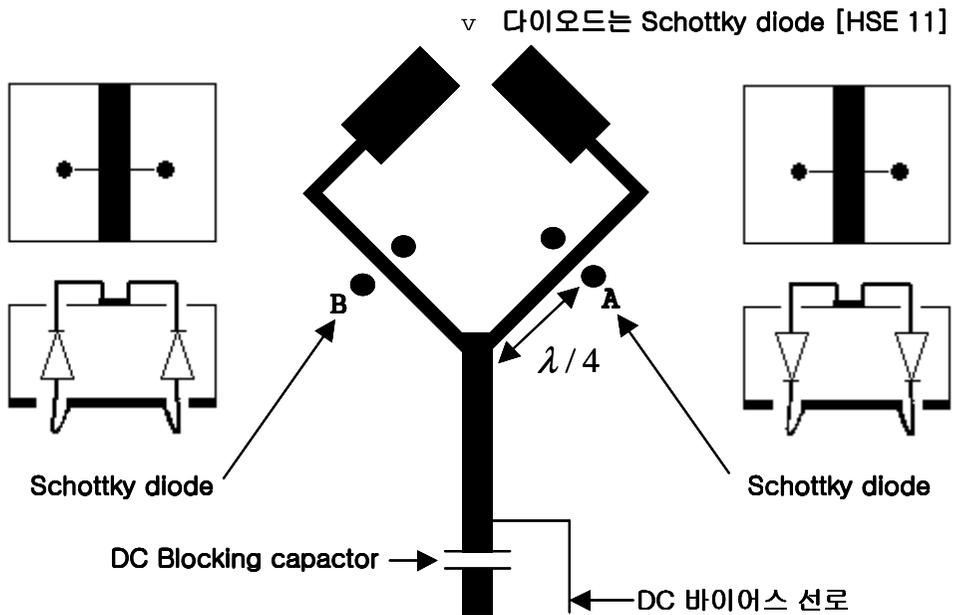
제안된 급전 방식은 단일 급전 구조<sup>[13]~[16]</sup>에서 이중 급전 형태를 취하기 위해 T 모양의 전력 분배기(Power divider) 모양으로 변형되는 급전을 사용하였다<sup>[17]</sup>.

T 모양으로 분배된 급전 구조는 분배기로부터  $\lambda/4$  지점에서 놓여있는 Schottky diode의 스위칭 동작에 의해 원하는 방향으로 신호가 인가되도록 하여, 좌·우선회 편파의 특성을 갖도록 하였다.

그리고 패치 안테나의 가장 문제점인 수 % 내인 대역폭의 특성을 넓히기 위해서 개구결합 급전 및 접지면과 패치 사이의 낮은 유전율( $\epsilon_r=1$ )과 높은 높이( $h=36$  mm)를 갖도록 안테나를 설계하였다. 접지면상의 개구면의 위치 및 폭과 길이는 모의 실험상에서 최적화하였다.

안테나 기판은 FR4 (유전율  $\epsilon_r=4.4$ ,  $h=1.6$  mm)를 사용하였으며, 4 개의 Schottky diode을 각각 한쌍씩 극성을 달리하여, 전력 분배기의 분배 지점에서  $\lambda/4$  지점에 급전 선로와 접지면을 연결하여 납땜을 하였다.

급전 선로에서의 Schottky diode 위치은 <그림 4-1> 과 같다.



<그림 4-1> 급전 선로에서의 Schottky diode 위치

<Fig. 4-1> Schottky diode position at feed point

<그림 4-1> 에서 급전 선로부분의 캐패시터 역할은 DC 차단 콘덴서로서, 급전 선로 옆의 얇은 마이크로스트립 ( $0.2$  mm) 선로는 DC 바이어스 선로이다.

DC 차단 콘덴서의 임피던스는 주파수  $2$  GHz에서 콘덴서를  $47$  pF으로 두면, 임피던스  $Z=-j0.00169$  는 거의 무시될 수 있다.

DC 바이어스 전압에 따른 제안된 안테나의 동작 편파 특성을 살펴보면 <표 4 -1> 과 같다.

## 4.2 쇼트키 다이오드를 삽입한 전송선로 측정값 분석

실제 안테나를 제작하기에 앞서 Schottky diode의 스위칭 작용에 의한 신호의 전달 및 차단 특성을 조사하고자 <그림 4-2> 와 같이 마이크로스트립 선로의  $\lambda/4$  지점에 Schottky diode를 삽입하여, 마이크로스트립 선로의 단락 상태를 확인하여 보았다.

설계된 마이크로스트립  $50\Omega$  선로의 폭은 0.3 mm이며, 한쌍의 Schottky diode를 선로의 끝단에서  $\lambda/4$  지점에 동일 극성으로 급전 선로와 접지면에 연결시켰다. <그림 4-3> 은 제작된 마이크로스트립을 나타내었다. 그리고 다이오드의 On / Off의 변화에 따른 측정값  $S_{21}$ 을 측정하여 <그림 4-4> 에 나타내었다.

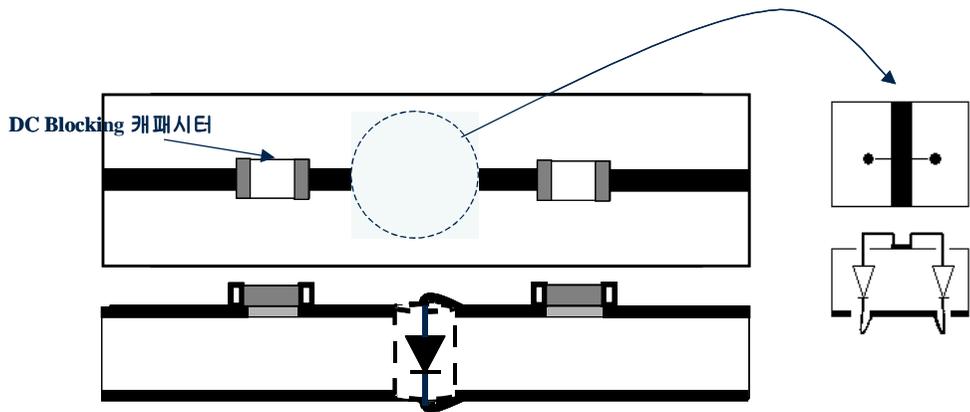
측정은 HP 8722ES Network Analyzer를 사용하였고, <그림 4-4> 에서 보듯이 2 GHz를 중심으로 Schottky diode의 On / Off에 따라 각 급전의 삽입손실 ( $S_{21}$ ) 차이가 거의 -10.5 dB차이를 보이고 있다. 이것을 통해 각 급전간의 격리도(Isolation)가 존재함을 확인할 수 있었다.

이 실험 결과를 근거로 하여 제작할 안테나에 DC 바이어스 전압을 달리하여 원하는 패치의 급전 위치에 스위칭적으로 급전을 인가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

<표 4-1> 다이오드 스위칭에 의한 편파 변화

<Table 4-1> Polarization change by diode switching

다이오드 A	다이오드 B	동작 편파
ON	OFF	우선회 편파(RHCP)
OFF	ON	좌선회 편파 (LHCP)



<그림 4-2> 마이크로스트립 선로에서 Schottky diode의 삽입구조

<Fig. 4-2> Insert geometry of schottky diode at microstrip line

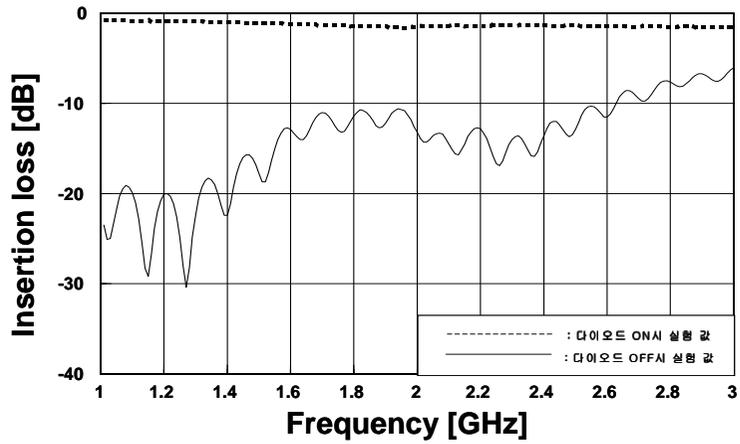


(a) 윗면 사진  
(a) The up side



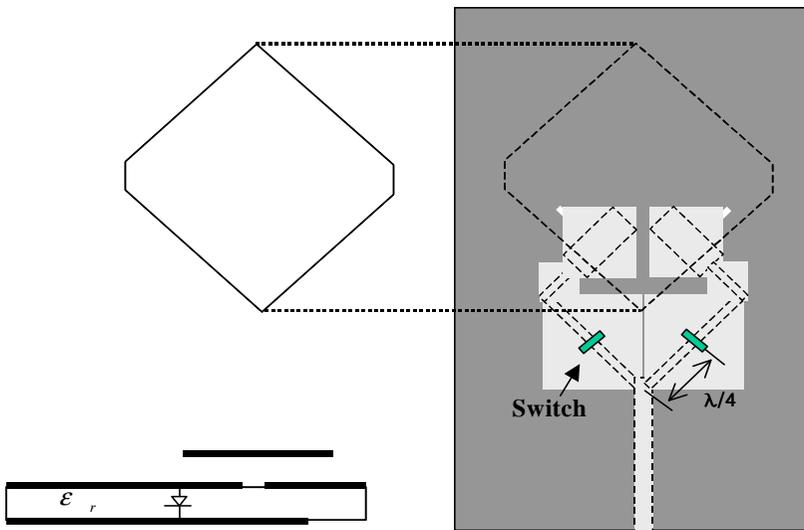
(b) 뒷면 사진  
(b) The back side

<그림 4-3> Schottky diode를 삽입하여 제작한 마이크로스트립 선로  
<Fig. 4-3> Fabricated microstrip line with schottky diode



<그림 4-4> Schottky diode의 on / off에 따른 삽입손실

<Fig. 4-4> Insertion loss of microstrip line when schottky diode on / off



<그림 4-5> 제안된 안테나의 구조

<Fig. 4-5> Structure of the proposed antenna

### 4.3 제안된 안테나의 모의 실험 결과

안테나 실제 제작에 앞서 Ansoft사의 Ensemble을 사용하여, 모의 실험을 하였으며, <그림 4-5> 은 제안한 안테나의 구조이다.

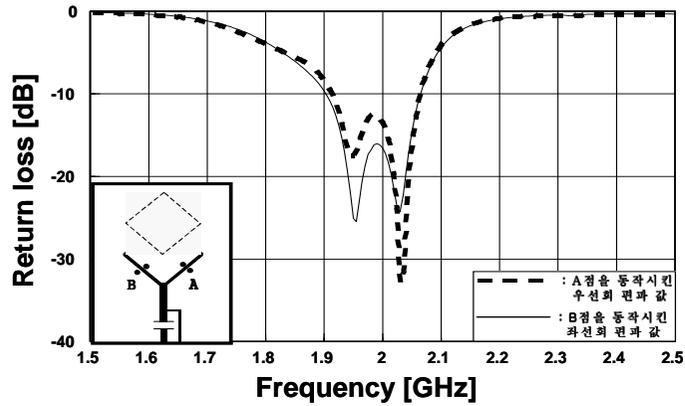
제작할 안테나는 모의 실험을 통해 크기와 폭을 조정하여 최적화 하였고, 최적화된 안테나의 반사손실 및 안테나의 축비, 이득, 방사패턴 등을 모의 실험을 통해 예측하였다. 모의 실험에서 Schottky diode는 설정된 저항값에 변화를 주어 On / Off로 증가하였다. 즉 모의 실험상의 단락 상태 (On)는 저항값을  $0\Omega$ 으로 두고, 개방 상태 (Off)는 저항값을  $1 \times 10^{10}\Omega$ 으로 하였다.

<그림 4-6>은 안테나의 반사손실 및 축비를 나타내었고, <그림 4-6> (a) 에서 안테나의 10dB 임피던스 대역폭이 1.916~2.06 GHz로 약 7.5%의 대역폭을 가지고, <그림 4-6> (b) 에서는 3dB 이하 축비의 대역폭은 1.95~1.97 GHz으로 안테나의 10 dB 임피던스 대역폭에 포함되며, 약 1.2%의 대역폭을 가짐을 확인할 수 있었다.

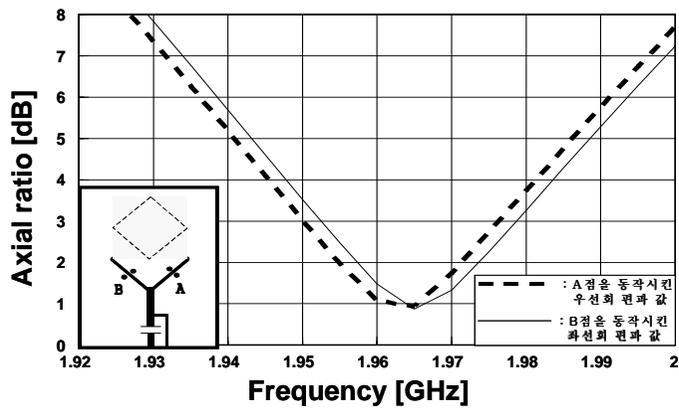
<그림 4-7> 는 방사패턴으로 E-평면 동일 편파 (co-pol) 및 교차 편파 (x-pol) 방사패턴이  $-15^\circ \sim 15^\circ$  까지 거의 일치하며, 이는 3 dB 빔폭이 약  $30^\circ$  이내임을 보인다.

<그림 4-8> 에서는 좌·우 선회 편파의 방사패턴의 차이를 나타낸 그림이고, <그림 4-8> (a) 는 A점이 단락되었을때 RHCP와 LHCP가  $0^\circ$  에서 -20 dB이상 차이를 보이므로 RHCP로 동작함을 확인할 수 있다.

<그림 4-8> (b)는 B점이 단락되었을때 LHCP와 RHCP가  $0^\circ$  에서 -20 dB이상으로 방사패턴이 차이를 보이므로 LHCP로 동작함을 확인할 수 있다.



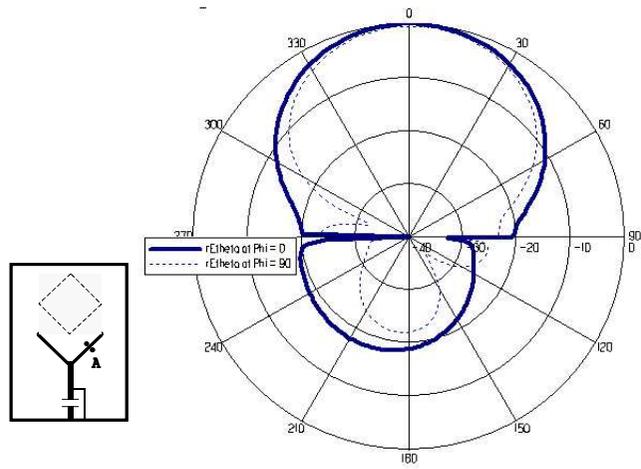
(a) 모의 실험상의 좌·우선회 편파 반사손실  
 (a) Return loss of simulated LHCP and RHCP



(b) 모의 실험상의 좌·우선회 편파 축비  
 (b) Axial ratio of simulated LHCP · RHCP

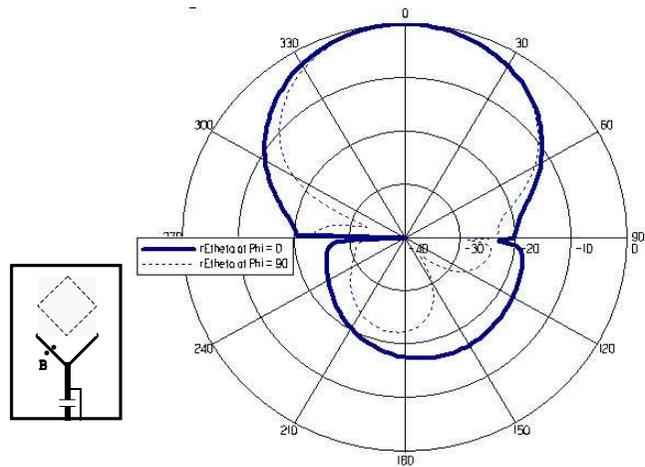
<그림 4-6> 모의 실험상의 Schottky diode 동작에 의한 안테나 반사손실과 축비

<Fig. 4-6> Simulated antenna return loss and axial ratio according to the schottky diode operation



(a) A점이 단락되었을때 모의 실험상의 방사패턴

(a) Simulated radiation pattern when A point was shorted

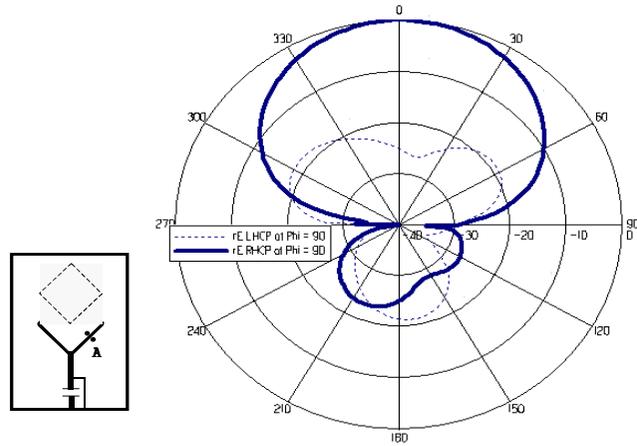


(b) B점이 단락되었을때 모의 실험상의 방사패턴

(b) Simulated radiation pattern when B point was shorted

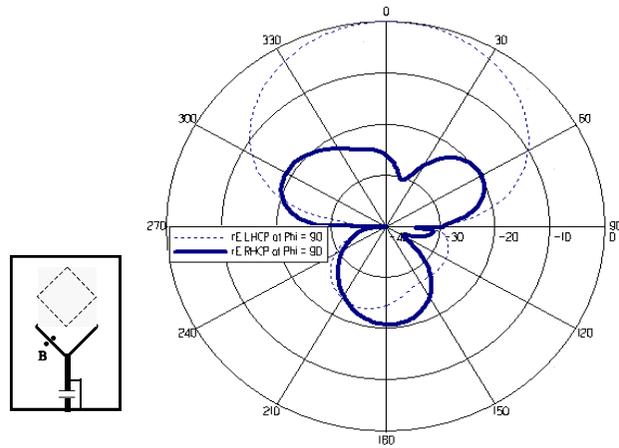
<그림 4-7> Shottky diode 동작에 의한 모의 실험상의 방사패턴

<Fig. 4-7> Simulated radiation pattern according to the schottky diode operation



(a) A점의 단락되었을때 우선회 편파의 방사패턴

(a) Radiation pattern of RHCP when A point was shorted



(b) B점의 단락되었을때 좌선회 편파의 방사패턴

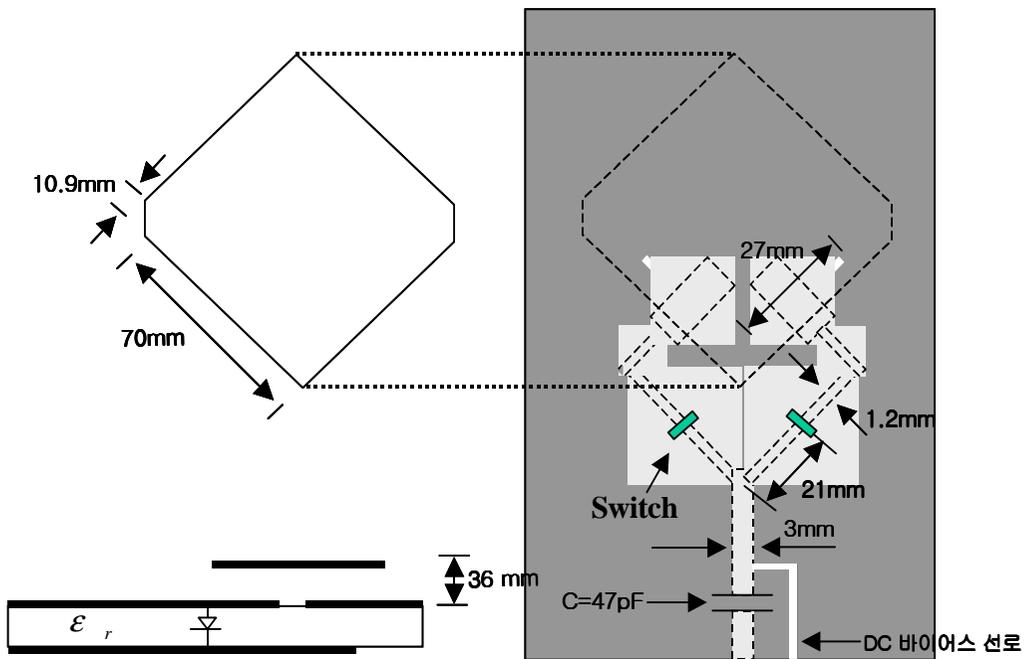
(b) Radiation pattern of LHCP when B point was shorted

<그림 4-8> Schottky diode 동작에 의한 좌·우 선회 편파의 방사패턴

<Fig. 4-8> Radiation pattern of RHCP and LHCP according to the schottky diode operation

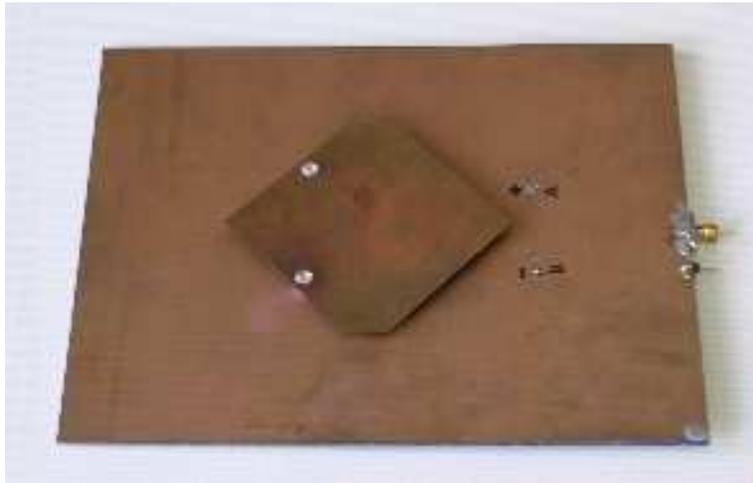
## 제 5 장 실험 결과 및 고찰

<그림 5-1> 는 위의 모의 실험을 근거로 하여 제작할 안테나의 크기를 나타내었고, <그림 5-2> 는 실제로 제작한 안테나의 사진이다.

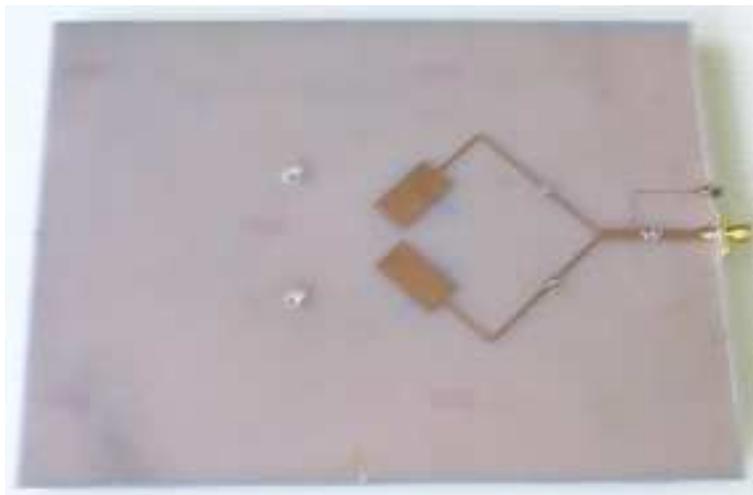


<그림 5-1> 안테나의 구조와 설계치

<Fig. 5-1> Structure and design parameters of the proposed antenna



(a) 안테나의 패치 부분  
(a) Patch part of antenna



(b) 안테나의 급전부  
(b) Feed part of antenna

<그림 5-2> 제작된 안테나  
<Fig. 5-2> Fabricated antenna

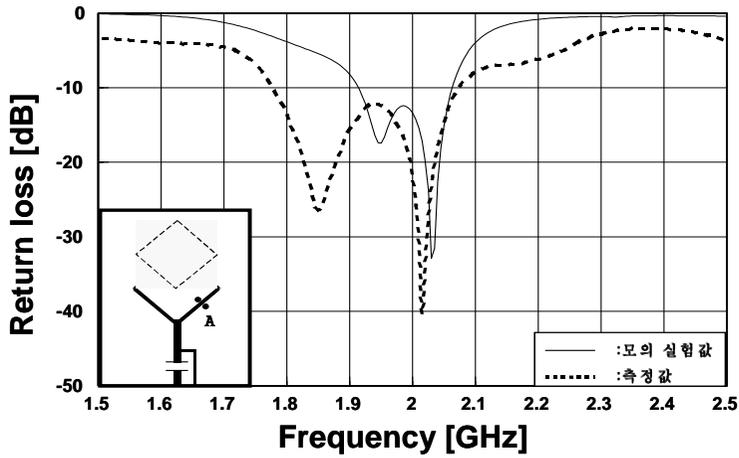
<그림 5-3> (a), (b) 에 DC 전압을 +1 V 및 -1 V 인가하였을 때 모의 실험값과 측정값을 비교하였으며, <그림 5-3> (a), (b) 에서 보는 바와 같이 모의 실험값과 측정값의 공진 주파수 특성이 거의 동일한 형태를 보였다. 좌 · 우선회 편파의 10 dB 임피던스 대역폭 (1.78~2.06 GHz) 또한 거의 일치함을 볼수 있는데, 이는 DC 바이어스 전압의 변화에 의해서 원하는 편파로 변화가 일어나고 있음을 확인하는 것이다.

그리고 안테나의 10 dB 임피던스 대역폭은 좌 · 우선회 편파 모두 1.78~2.06 GHz로 약 17 %이며, 모의 실험상의 7.5 %보다 9.5 % 넓은 대역폭을 가짐을 확인 할수 있다. 그러나 <그림 5-3> (a), (b) 에서 측정된 임피던스 대역폭과 측정된 공진 주파수가 모의 실험에 비해 임피던스 대역폭의 확장과 공진 주파수의 차이를 보이는 것은 여러 가지 요인이 있을 수 있으나, 실제 제작한 안테나의 경우 모의 실험상의 이상적인 소자 특성이 아닌 소자의 임피던스에 의해 공진 주파수가 더 떨어짐으로 인해 상대적으로 측정된 임피던스 대역폭이 모의 실험상의 임피던스보다 넓게 분포되어진 것으로 판단된다.

또한 제작시 공정상에서 급전 선로 및 접지면상의 개구면의 정확한 대칭이 되지 않거나, 공기중에 놓여 있는 동판의 패치가 평탄하지 않은 공정상의 이유 등으로 인해서 패치의 한쪽 전계의 모드 특성이 나빠져 측정 결과 DC 바이어스 전압 인가 극성에 따라 공진 특성의 변화가 발생되었을 것으로 추측된다.

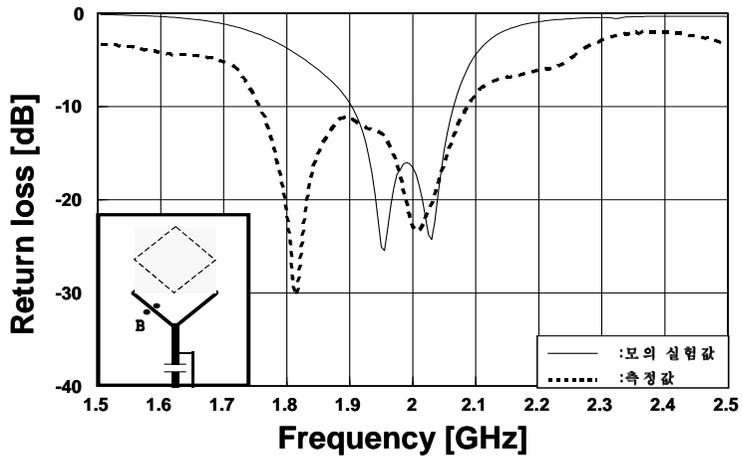
그러나 중요한 사실은 측정된 안테나를 DC 바이어스 전압의 변화를 주었을 경우 편파의 변화를 갖는 안테나가 설계할 수 있음을 확인할 수 있었다.

실험의 또 다른 몇 가지 검증으로, 우선회 편파가 동작하고 있을 때 패치 위치변화에 따른 반사손실의 변화를 <그림 5-4>에서 확인해 보았다.



(a) A점을 단락시켰을때의 모의 실험값과 측정값의 반사손실

(a) Simulated and measured return loss when A point was shorted

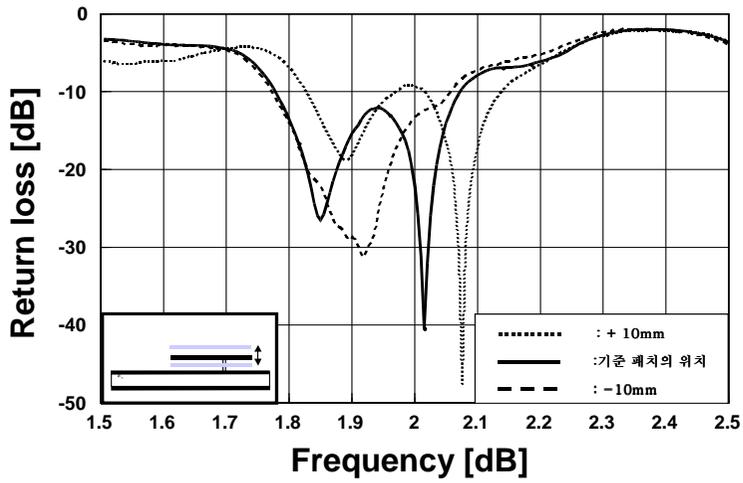


(b) B점을 단락시켰을때의 모의 실험값과 측정값의 반사손실

(b) Simulated and measured return loss when B point was shorted

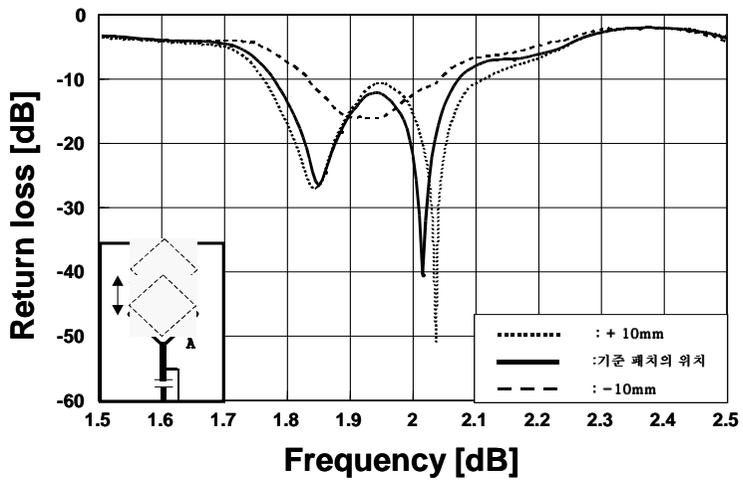
<그림 5-3> 모의 실험값과 측정값의 반사손실 비교

<Fig. 5-3> Comparison of return loss at the simulation or measurement



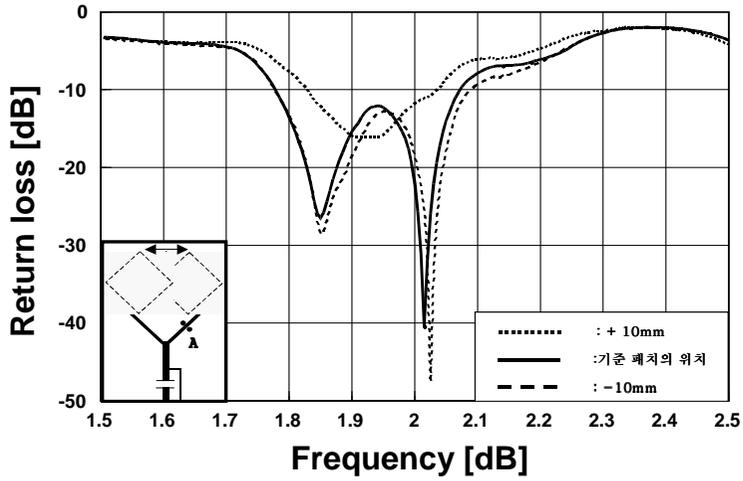
(a) 패치 높이 변화에 따른 반사손실 변화

(a) Return loss with patch height change



(b) 패치 상, 하 위치 변화에 따른 반사손실 변화

(b) Return loss with the patch position change (up, down)



(c) 패치 좌, 우 위치 변화에 따른 반사손실 변화  
(c) Return loss with the patch position change (Left, Right)

<그림 5-4> 우선회 편파에서 패치의 위치 변화에 따른 반사손실의 변화

<Fig. 5-4> Return loss with patch position change at RHCP

위의 <그림 5-4> 에서 보듯이 패치의 위치 변화에 따른 임피던스 대역폭의 변화는 적으나, 공진 특성은 크게 변함을 알 수 있다. 이는 급전면에서의 패치 위치가 중요함을 확인할 수 있다.

## 제 6 장 결 론

우리나라에서도 인공위성을 보유하게 됨에 따라 여러가지 위성서비스를 시작되었고, 특히 최근에는 위성통신 부분에 더욱 많은 서비스가 활성화됨으로서, 이를 위한 안테나 또한 많이 연구 개발되었으나, 편파의 변화를 이루는 안테나 개발은 미약했다. 이러한 이유로 본 논문에서는 실험적이지만 2 GHz에서 동작하는 스위칭이 가능한 위성 방송용(DBS) 원편파 안테나를 제안하였다.

이론적으로 원편파는 안테나에 급전되는 두개의 신호가 크기는 같고, 위상이  $90^\circ$  차이가 나도록 급전될때 형성되는 편파이다. 이를 위해 기존의 논문들에는 이중 급전 또는 하이브리드 급전을 사용하거나, 단일 급전에서 안테나의 물리적인 크기를 변화시켜 단일 원편파만을 형성하였다.

본 논문에서 제안된 안테나는 기본적인 원편파 형성 원리인 패치의 물리적인 크기를 변화시킨 형태에서 단지 급전의 위치를 스위칭 변화에 의해서 변화시킬수 있다면 단일 패치에서 좌·우선회 편파를 형성할 수 있을 것이라는 가정에서 구상했고 실제 제작하였다.

제작시 임피던스 대역폭을 넓혀 주고, 스위칭이 가능한 형태로 제작하기 위해 모의 실험상에서 최적화된 데이터를 근거로 안테나를 설계 제작하였다.

실제 제작한 안테나의 측정 결과값과 모의 실험 결과값이 잘 일치하므로, 본 논문에서 제안한 안테나가 DC 바이어스 전압에 의해서 편파 방향이 변화되는 원편파 안테나로 동작함을 증명하였다.

그러나 더 정확한 원편파의 특성을 위해서는 지속적인 실험 및 연구로

안테나의 방사패턴 및 축비를 더욱 개선할수 있는 방법이 필요하다고 생각한다. 한편 실험상의 편의를 위해 본 연구에는 2 GHz에서 동작하는 안테나를 설계하였지만, 직접 위성방송으로 사용되기 위해서는 상용화된 주파수로의 확장에 따른 보완이 필요할 것이다.

아울러 본 논문에서 언급한 단일 마이크로스트립 급전외에 또 다른 형태의 급전인 CPW(Coplanar Waveguide) 급전을 이용하거나, MEMS (Micro Electro Mechanical System) 공정을 사용하여 제작한다면 높은 주파수에 더 소형화된 안테나를 구현할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] <http://www.rfdh.com/>
- [2] 장성섭, “단락 I형 소형 마이크로스트립 패치 안테나 설계,” 석사학위 논문, 한국해양대학교 해사산업대학원, pp. 1~16, 2003.
- [3] 이문수, 최병하, 전성근, 양규식, 손태호, 안병철, “안테나 이론,” 미래컴, pp. 762~770, 2001.
- [4] 崔朝天, “船舶 搭載形 DBS 受信 안테나의 衛星 追跡 시스템에 대한 研究,” 박사학위 논문, 한국해양대학교, pp. 5~7, 1998.
- [5] 金光榮, “實用 衛星通信工學,” 교학연구사, pp. 302~323, 1996.
- [6] R. Garg, P. Bhartia, and I. Bahl, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House , pp. 493-530.
- [7] 장순범, 박동국, “소형 마이크로스트립 패치 안테나,” 한국전자과학회 논문지, 제 14권 제4호, pp. 351~355, April, 2003.
- [8] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, “안테나 이론과 설계,” 교보문고, pp. 261~270, 2002.
- [9] 조성문, “開口結合 및 三次元 遷移 마이크로스트립 線路로 給電되는 二重偏波 四角形 마이크로스트립 안테나,” 석사학위 논문, 한국해양대학교, pp. 3~8, 2002.
- [10] 이문수, 박동국, 남태철, 조병록, 박영태, 김홍수, “전자기학,” 平島出版社, pp. 344~377, 1999.
- [11] F. Yang, “A Reconfigurable Patch Antenna Using Switchable Slots for Circular Polarization Diversity,” *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 12, No. 3, pp. 2116-2124, March , 2002.

- [12] M. Boti, L. Dussopt and J. M. Laheurte, "Circularly Polarised Antenna with Switchable Polarisation Sense," *Electron Letters* Vol. 36, No. 18, 31st, Aug, 2000.
- [13] H. M. Chen and K. L Wong, "On the Circular Polarization Operation of Annular-Ring Microstrip Antennas," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.* Vol. 47, No. 8, pp. 1289-1292, Aug, 1990.
- [14] C. S. Lee and V. N, "Planar circularly polarized Microstrip Antenna With a single Feed," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.* Vol. 47, No. 6, pp. 1005-1007, June, 1999.
- [15] W. S. Chen, K. L Wong, and C. K Wu, "Inset Microstripline -Fed Circularly polarized Microstrip Antennas," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.* Vol. 48, No. 8, pp. 1253-1254, Aug, 2000.
- [16] 오세창, 전중창, 박위상, "단일 급전 원형 편파 마이크로스트립 안테나 설계," 한국전자과학회논문집, Vol. 10, No. 7, pp. 998-1009, Dec, 1999.
- [17] C. H. HO, L. Fan, and K. Chang, "New Uniplanar Coplanar Wave guide Hybrid-Ring Couplers and Magic-T's," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* Vol. 42, No. 12, pp. 2440-2448, Dec, 2000.

## 감사의 글

오랜 시간 동안 배움의 터전에서 기쁨과 슬픔, 갈등과 고뇌에도 스승의 가르침을 받아 보잘것 없지만, 저에게는 소중한 이 책을 만들게 되어 정말 기쁩니다.

거의 20년이란 긴 시간 동안 여러 가르침을 받고, 배움을 얻었지만 저의 머리 속에 남아있는 짧은 지식으로 이 한편의 책을 쓰기에는 너무도 어렵고 힘든 일이었습니다. 그러나 나름의 노력과 인내로 최선을 다 하였고, 저를 지켜 보시는 주위의 많은 분들의 성원과 격려가 있었기에 가능한 일이었을까라 생각합니다.

또한, 이 한편의 책이 사회를 나가기 직전의 저에게 더 큰 안목과 더 큰 꿈을 가질 수 있는 디딤돌이 되어 준 것이기에 저는 더욱 감사하게 생각합니다.

이런 감사함과 기쁨이 있기까지 저의 학업을 위해 많은 가르침을 주시고, 수 없는 충고와 방향을 일러 주신 지도 교수님인 양규식, 박동국 두 교수님들께 먼저 머리 숙여 감사드리며, 논문 심사를 해주신 김기문 교수님 외 학과 교수님들께도 감사드립니다.

그리고 연구실이라는 한 울타리 안에서 짧지만, 긴 2년 동안의 생활에서 많은 도움을 준 기수, 경대 형 및 동기 인용과 후배 순범, 현, 준희, 태경, 성진에게 고마움을 전하고, 저의 오랜 친구이자 후원자들인 성용, 창건, 종호, 봉섭, 현진, 상호 등에게도 고마움을 전합니다.

그리고 누구보다 오랜 시간동안 무던히도 속을 썩히고, 걱정만 끼친 아들에게 한 마디 불평없이 뒷 바라지 하시느라 고생하시고, 당신들이 배 고프고 추울 지라도, 아들에게 항상 먼저 따뜻한 밥과 옷을 건네시고, 챙겨 주시던 부모님의 마음과 깊은 은혜에 감사 드립니다.

저의 이런 노력이 부모님의 건강하심과 깊은 은혜가 있었기에 가능한 일이었기에 저희 부모님께 이 책을 받칩니다.

2003. 12. 31. 석사 윤천수 저