



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

안전모에 부착되는 MOB용 패치 안테나에 관한 연구

**A Study on Patch Antenna for MOB attached on  
Safety helmet**



지도교수 양규식

2016년 2월

한국해양대학교 대학원

전자통신공학과

김재원

본 논문을 김재원의 공학석사 학위논문으로 인준함

위원장      공학박사   박 동 국      (인)

위 원      공학박사   이 상 배      (인)

위 원      공학박사   양 규 식      (인)



2016년 2월

한국해양대학교 대학원

# 목 차

List of Table .....	iii
List of Figure .....	iv
Abstract .....	v
<b>제 1 장 서론</b> .....	<b>1</b>
1.1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1.2 국내외 관련 규정 .....	3
1.3 국내외 MOB 개발 현황 .....	5
1.4 연구 방법 및 내용 .....	7
<b>제 2 장 안테나 설계 이론</b> .....	<b>8</b>
2.1 안테나 이론 .....	8
2.1.1 안테나의 정의 및 특성 .....	8
2.1.2 공진 및 편파 .....	10
2.1.3 S 파라미터 .....	12
2.2 마이크로스트립 패치 안테나 .....	13
2.2.1 마이크로스트립 패치 안테나 정의 및 설계 이론 .....	13
2.2.2 마이크로스트립 패치 안테나 대역폭과 지향성 .....	17
<b>제 3 장 안전모 부착용 마이크로스트립 패치 안테나 설계</b> .....	<b>19</b>
3.1 마이크로스트립 패치 안테나 설계 .....	19
3.1.1 안전모 사양 .....	19
3.2 슬롯 링 형태를 가지는 패치 안테나 .....	20
3.3 슬롯 링 패치 안테나 시뮬레이션 .....	21
3.3.1 파라메타 A의 변화에 따른 시뮬레이션 .....	23
3.3.2 파라메타 B의 변화에 따른 시뮬레이션 .....	24
3.3.3 파라메타 C의 변화에 따른 시뮬레이션 .....	24
3.3.4 축비(Axial Ratio) 시뮬레이션 .....	25
3.3.5 안테나 방사 패턴 및 이득 .....	26

제 4 장 안전모 부착용 마이크로스트립 패치 안테나 제작 및 측정 ..... 27

  4.1 마이크로스트립 패치 안테나 제작 및 측정 ..... 27

    4.1.1 안테나 파라메타 ..... 27

    4.1.2 안테나 제작 및 측정 ..... 28

  4.2 곡면에 부착된 패치 안테나 측정 ..... 29

  4.3 인체의 영향 분석 및 측정 ..... 30

제 5 장 결론 ..... 33



## List of Tables

표 1.1 ITU Radio Regulation UHF 해상이동 대역 송신 주파수 .....	4
표 1.2 방송통신위원회 제2012-100호 대한민국 주파수 분배표 .....	5
표 2.1 마이크로스트립 패치 안테나 특성 .....	14
표 3.1 안전모 사양 .....	20
표 3.2 설계 사양 .....	22
표 3.3 제안된 안테나 초기 설계 파라메타 .....	23
표 4.1 최적의 안테나 설계 파라메타 .....	27



## List of Figures

그림 1.1 Life Jacket용 MOB .....	2
그림 1.2 제안된 MOB 개요도 .....	3
그림 1.3 AIS MOB 개요도 .....	6
그림 2.1 안테나 이득 .....	10
그림 2.2 직선편파와 원형편파 .....	11
그림 2.3 S 파라미터 정의 .....	12
그림 2.4 안테나의 S 파라미터 .....	13
그림 2.5 마이크로스트립 패치 안테나 .....	14
그림 2.6 패치 안테나 종류 .....	15
그림 2.7 프린징 효과 .....	17
그림 3.1 안전모 내측 및 안테나 부착 위치 .....	20
그림 3.2 제안된 슬롯 링 패치 안테나 .....	21
그림 3.3 설계된 슬롯 링 패치 안테나 .....	22
그림 3.4 코너컷 길이(A) 변화에 대한 반사계수 .....	23
그림 3.5 세로 방향 슬롯 폭 넓이(B) 변화에 대한 반사계수 .....	24
그림 3.6 가로 방향 슬롯 폭 넓이(C) 변화에 대한 반사계수 .....	25
그림 3.7 축비(Axial Ratio) 시뮬레이션 결과 .....	25
그림 3.8 X-Z Plane pattern at 1,590 MHz .....	26
그림 3.9 Y-Z Plane pattern at 1,590 MHz .....	26
그림 4.1 제작된 마이크로스트립 패치 안테나 .....	28
그림 4.2 안테나의 시뮬레이션 반사계수 .....	28
그림 4.3 측정된 안테나에 대한 반사계수 .....	29
그림 4.4 안전모에 부착된 마이크로스트립 패치 안테나 .....	30
그림 4.5 안전모에 부착된 안테나에 대한 반사계수 측정값 .....	30
그림 4.6 안전모 착용한 모습 .....	31
그림 4.7 착용된 안전모에 부착된 안테나의 반사계수 .....	31

# A Study on Patch Antenna for MOB attached on Safety Helmet

Kim, Jae Won

Department of Radio Electronics Engineering  
Graduate School of Korea Maritime University

## Abstract

The purpose of this study is to design for MOB Antenna attached on Safety Helmet using Microstrip Patch Antenna. The Patch Antenna is designed by 0.2mm FR-4 substrate with 64×64mm size. The proposed antenna is based on a Slot-ring design which cover Inmarsat(1.52 ~ 1.65GHz) and GPS(1.575GHz) frequency band. To obtain the optimized parameters, HFSS simulator is used, and the parameters are found by simulation. Antenna is designed and manufactured by optimized parameters and analysis of the result between Antenna measurement and simulation. Proposed antenna satisfied the -10dB impedance Bandwidth requirement while simultaneously covering the 1.53 ~ 1.65 GHz.

**KEY WORDS:** Microstrip patch antenna, Inmarsat C, GPS, FR-4, Slot-ring, HFSS



# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

해상선원위치발신장치(MOB; Man OverBoard)<sup>[1]</sup>는 선상에 있는 사람이 바다에 빠진 경우 자기 선박에서의 신속하고 우선적인 구조와 주변 선박에 의한 구조가 가능하도록 수난자의 위치를 본선에서 수신할 수 있도록 하는 장치를 말한다. 이는 선박의 갑판(Deck) 상에서 미끄러지거나, 갑작스러운 선박의 동요, 자살의 시도 등의 많은 경우에 의해 발생하는 선외 추락 시 빠른 구조 활동을 가능케 하는 수단이다. 하지만, 현재 대다수의 여객선과 화물선 및 어선은 승객과 승무원의 선외 추락에 대하여 적절히 대처하지 못하고 있으며, 당직 항해사 또는 견시자의 시각 및 청각에 의존하고 있는 실정이다. 해양수산부 통계 정보<sup>[2]</sup>를 참조하면 정확한 통계조차 이루어지지 못하고 있는 실정이나 비슷한 사례를 분석하여 유추하면 해난사고로 연간 약 140건의 어선원 인명피해가 보고되었다.

정부는 SOLAS(International Convention for The Safety of Life at Sea; 세계 해상인명안전협약) 및 선박안전법에 의한 각종 안전 항해 장비를 선박의 톤수 및 항해구역에 따라 선박에 강제 탑재토록 하고 있으며, 여기에는 GMDSS(Global Maritime of Distress and Safety System; 세계해상조난안전제도) 장비를 포함하여 ECDIS(Electronic Navigational Chart Display and Information System; 전자해도표시장치), SSAS(Ship Security Alert System; 선박보안경보장치), AIS(Automatic Identification System; 선박자동식별장치) 장비 등이 포함된다.

본 논문에서는 선외추락 상황이 발생하여 구조조정 업무를 개시할 필요가 있을 때, 빠른 시간 내에 이를 식별하고 구조 업무를 개시할 수 있도록 휴대가 간편하면서 선박의 GMDSS 장비인 Inmarsat C 장비를 이용하여 경보를 발하

고 위치 정보를 활용할 수 있는 패치형 안테나를 제안하고자 한다.

현재 MOB 단말기가 시판되어 있으나, 이는 구명동의(Life Jacket)에 포함되는 형식으로 일상 선상 업무 중에서 사용하기에는 활용성이 떨어질 수 밖에 없다. 하지만, 제안하고자 하는 안테나는 일상 선상 업무에 필수적으로 활용되는 안전모에 부착하는 방식을 이용하여 MOB 장치가 부착된 구명동의를 착용치 않고 물에 빠진 경우에도 Inmarsat 위성을 통해 경보 및 위치 신호를 송신하고, 위성은 각 선박의 Inmarsat C 장비로 GPS 위치 신호 및 경보 신호 중계를 통한 MOB 안테나로서의 역할을 할 수 있도록 광대역 및 소형화하는데 초점을 맞추었다.



그림. 1.1 Life Jacket용 MOB

불의의 사고로 구명동의(Life Jacket)을 미처 착용하지 못하고 물에 빠졌을 경우 안전모를 착용한 상태에서는 경보신호를 발신할 수 있도록 함으로써 조난 경보 및 조난 위치 송신으로 빠른 구조 활동에 따른 생존율을 높이는 등의 많은 이점이 있을 것이라 생각된다.

GPS 및 Inmarsat C 신호를 이용하기 위해서는 ITU(International Telecommunication Union; 국제전기통신연합)에 의해 할당된 UHF 대역인 GPS(1,575.42Mhz) 와 Inmarsat C(RX: 1,5375Mhz TX: 1,6375MHz) 주파수 대역

을 만족시켜야 한다. 이를 위해 마이크로스트립 패치 형태의 안테나를 사용하여 구현하면 소형화할 수 있는 장점이 있는 반면, 요구되는 넓은 대역폭을 구현하기는 많은 어려움이 있다. 또한 안테나를 소형화하면 입력 저항의 감소, 리액턴스 값의 상승으로 인한 안테나 대역폭의 감소와 같은 단점이 있어 안테나 성능 열화를 최소한으로 감소시키면서 소형화하는 것이 필요하다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 승객 및 승무원의 안전모 크기에 적용 가능한 패치 안테나의 소형화와 국내의 GPS 주파수 대역 및 Inmarsat C 장비의 주파수 대역을 모두 포함하는 1,530~1,650Mhz 대역의 마이크로스트립 패치안테나 설계에 중점을 두었다.

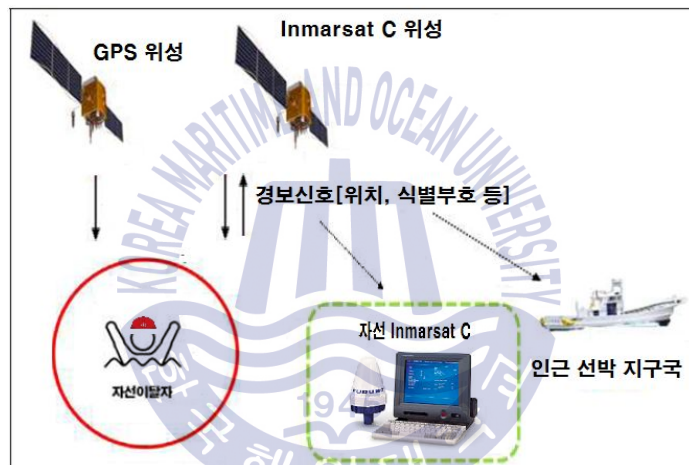


그림. 1.2 제안된 MOB 개요도

## 1.2 국내외 관련 규정

ITU Radio Regulation Vol. 1 에 규정된 1,520~1,650Mhz 대역에서의 주파수 업무분배표는 표. 1.1과 같다. 국제전기통신연합(ITU)은 주파수의 효율적 분배를 위하여 전 세계를 3개의 구역으로 구분하고 있으며, 우리나라가 속한 곳은 제 3지역이다. 이 주파수 대역은 전세계 해상조난안전시스템(GMDSS)용 조난 및 안전통신 주파수로서 Inmarsat C 장비의 송·수신 주파수 TX(1626.5~1645.5MHz), RX(1530~1545MHz)가 규정되어 있으며, GPS (1563~1587MHz) 용도로도 사용된다. ITU에서는 이 주파수를 GMDSS 용도의

우주 대 지구, 지구 대 우주 또는 무선허행위성 업무를 위한 제 1순위(주업무) 용도로 사용할 것을 요구하고 있으므로, Inmarsat C 장비를 이용한 MOB 시스템을 구축하기 위해서는 동 주파수 대역을 부가적으로 사용할 수 있도록 제 2순위(보조업무) 용도로 사용할 수 있도록 분배 요청 등의 관련 규정의 수정 노력이 필요하다.

표 1.1 ITU Radio Regulation UHF 해상이동 대역 송신 주파수

1525~1650Mhz

업무분배		
제1지역	제2지역	제3지역
1525-1530 우주운용(우주 대 지구) 고정이동위성 (우주 대 지구) 지구탐사위성 이동(항공 이동 제외)	1525-1530 우주운용(우주 대 지구) 이동위성 (우주 대 지구) 지구탐사위성 고정 이동	1525-1530 우주운용(우주 대 지구) 고정 이동위성 (우주 대 지구) 지구탐사위성 이동
1530-1535 우주운용(우주 대 지구) 이동위성 (우주 대 지구) 지구탐사위성 고정 이동	1530-1535 우주운용(우주 대 지구) 이동위성(우주 대 지구) 지구탐사위성 고정 이동	
1535-1559 이동위성(우주 대 지구)		
1559-1610 항공무선허행 무선허행위성(우주 대 지구)(우주 대 우주)		
1613.8-1626.58 이동위성(지구대 우주) 항공무선허행 이동위성(우주 대 지구)	1613.8-1626.58 이동위성(지구대 우주) 항공무선허행 무선측위위성(지구 대 우주) 이동위성(우주 대 지구)	1613.8-1626.58 이동위성(지구대 우주) 항공무선허행 이동위성(우주 대 지구) 무선측위위성(지구 대 우주)
1535-1559 이동위성(지구 대 우주)		

표 1.2 방송통신위원회 제2012-100호 대한민국 주파수 분배표

분배표	내 용
K110A	<p>1525~1544 MHz, 1545~1559 MHz, 1626.5~1645.5 MHz 및 1646.5~1660.5 MHz의 주파수대역은 어떤 업무의 피더링크에도 사용해서는 안 된다. 그러나 주관청은 예외적으로 이동위성업무의 특정 고정지점에 위치한 지구국이 동 주파수대역을 사용하는 우주국을 경유하여 통신하는 것을 허가할 수 있다.</p> <p>1530~1544 MHz 및 1626.5~1645.5 MHz의 주파수대역에서 전과규칙 제9조 제II절의 절차를 이동위성업무에 적용하는 경우에 전세계해상조난안전시스템(GMDSS)의 조난, 긴급, 안전 통신용 주파수 요구를 우선적으로 수용해야 한다. 해상이동위성 조난, 긴급 및 안전 통신은 하나의 통신망으로 운용되는 다른 모든 이동위성통신에 비해 우선접속 및 즉각적인 사용권을 갖는다. 이동위성시스템은 GMDSS의 조난, 긴급 및 안전 통신에 허용할 수 없는 간섭을 주지 않아야 하고 보호를 요구하지 못한다. 다른 이동위성업무의 안전 관련 통신의 우선권이 고려되어야 한다. (결의 222(WRC-2000)의 규정을 적용해야 한다.) (WRC-2000)</p>

### 1.3 국내외 MOB 개발 현황

1999년 도입된 세계해상조난안전제도(GMDSS)는 디지털선택호출(DSC) 기능에 의하여 조난 경보가 자동으로 발신되도록 지원하고 있으며, 선박자동식별시스템(AIS)이 모든 선박의 위치를 자동으로 식별할 수 있는 기능이 있음을 이용한 선외추락 발생 시 경보신호를 발신하는 시스템이 여러 제조업체들에 의해서 개발되고 있다<sup>[4]</sup>. 이 시스템은 전 세계적으로 동일한 주파수와 기술을 이용하면 국제적인 구조시스템으로 발전시킬 수 있음을 고려하여 ITU(국제전기통신연합)의 관련 연구반(WP5B) 회의에서 이와 관련된 기술과 시스템에 대한 보고서를

개발 중에 있다<sup>[5]</sup>.

MOB 설비는 현재 개발되어 사용되고 있거나 개발 중인 것으로 다음과 같은 4가지 종류가 있다.

첫째는 AIS-MOB로 해상중사자가 소형 AIS 송신기를 소지하고 물에 빠졌을 때 작동시키면 본선이나 타 선박의 AIS 설비가 수신하여 경보를 발하는 시스템이다. 기 구축된 AIS 시스템을 이용하므로 구축이 용이한 반면 기존의 선박 자동식별시스템의 통신량 증가에 따른 통신부하를 가중시키므로 이와 관련하여 연구가 이루어지고 있다<sup>[6]</sup>.

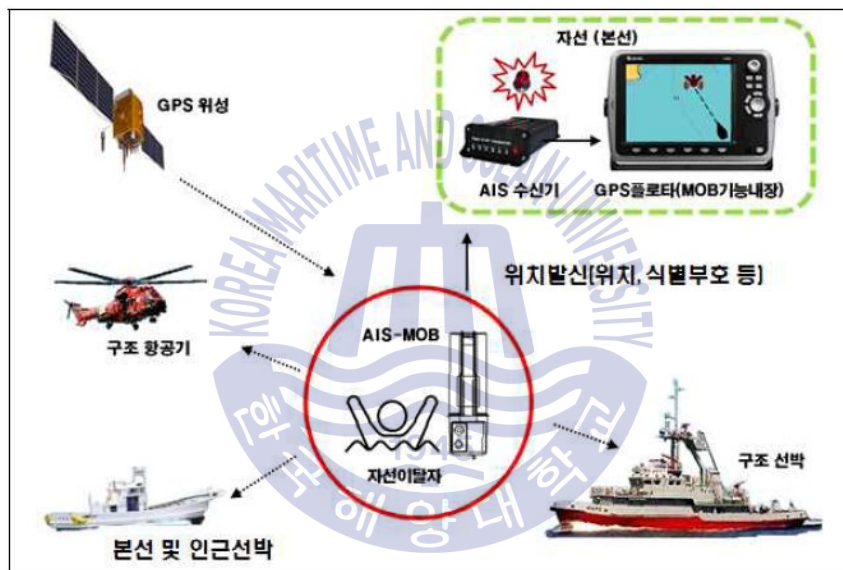


그림. 1.3 AIS MOB 개요도

둘째는 DSC-MOB로서 GMDSS에서 사용하고 있는 조난경보시스템의 기능을 VHF 주파수 156.525MHz(채널 70번)를 이용하여 본선 및 타 선박에 익수자의 발생을 알리는 시스템이다. 이 시스템 또한 기존의 설비를 이용하므로 시스템의 구축이 용이하나 조난 전용 주파수를 이용해야 하는 것이므로 조난주파수 보호라는 측면을 고려해야 할 필요성이 요구된다.

셋째는 121.5MHz-MOB로서 항공조난주파수 121.5MHz를 사용하여 기존의 항

공조난시스템을 활용하는 방식으로서 선박에서는 별도의 전용수신기가 필요하다.

넷째는 27MHz-MOB로서 27MHz 대의 소형송신기로 신호가 발사되면 본선의 전용수신기에서 경보가 발생하고 이 설비와 연동되어있는 DSC 설비나 AIS 설비 기타 다른 통신시스템을 이용하여 본선 외의 타 기관으로 경보를 전달할 수 있는 시스템이다.

MOB 표준화에 대해서는 국제해사기구와 국제전기통신연합에서 전문가들이 연합하여 공동으로 연구가 진행 중이며, 현재 우리나라는 이미 AIS를 이용한 AIS-MOB가 업체에서 개발<sup>7)</sup>되었으나, 시판되지는 못하고 있는 실정이다.

#### 1.4 연구 방법 및 내용

본 연구는 먼저 MOB 관련 동향 및 이용현황을 파악하기 위하여 국내외 관련 규정 및 연구보고서, 논문 등을 분석한 다음 실무에 적합한 안테나 구현 방법 등을 살펴보고 그 문제점과 아울러 해결방안을 제시하는 방법으로 진행한다.

이를 위해 제2장에서 마이크로스트립 패치 안테나 개념 정리를 통해 기술적 개요와 광대역을 가지는 패치 안테나 구현을 위한 이론적 배경을 소개한다.

제3장에서는 상용 Tool인 Ansys사의 HFSS를 이용하여 시뮬레이션하고 최적의 안테나를 설계한다.

제4장에서는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 안테나를 제작하여 측정하고 그 결과를 시뮬레이션 결과와 비교 분석한다.

마지막으로 제5장에서 본 연구의 결론을 도출하고 앞으로의 연구방향을 제시한다.

## 제 2 장 안테나 설계 이론

### 2.1 안테나 이론

본 장에서는 마이크로스트립 안테나 설계를 위한 이론적 배경 및 기술에 관해 정리하고자 한다. 현재 많은 기술들이 개발되고 상용화되었으나 여기에서는 RHCP(Right Handed Circular Polarization; 우선회 원형편파) 패치 안테나를 구현하기 위한 이론 및 기술을 중점으로 하였다.

#### 2.1.1 안테나의 정의 및 특성

안테나는 특정 영역대의 전자기파를 송신 혹은 수신하기 위한 변환장치로서 주로 지상 혹은 공중의 대기 중이나 우주 공간에서 작동하며 물속이나 땅속에서는 작동에 제한을 받는다. 물리적으로 안테나는 어떤 전압이 변조된 전류와 함께 가해질 때 발생하는 전자기장을 방사하는 전도체의 배열이라고 볼 수 있다.

안테나의 특성을 나타내는 파라메타는 다양하나, 주로 임피던스, 이득, 지향성에 의해 나타낼 수 있다. 첫째, 임피던스는 전류가 흐르기 어려움을 나타내는 양으로 부하와 관련된 개념으로 활용된다. 식(2-1)에서와 같이 임피던스는 특정 구조 또는 회로 위치에서의 전압과 전류의 비를 나타낸다. 교류회로에서 저항값  $Z$ 는 임피던스,  $I$ 는 전류,  $V$ 는 전압으로 표현한다. 또한, 교류회로에서의 코일에 의한 인덕턴스  $L$ 과 콘덴서에 의한 캐패시턴스  $C$ 로 에너지가 축적되면 에너지가 소모된 것처럼 보이나 실제로는 에너지가 재활용되게 되며, 이러한 현상을 이용하여 부하를 걸 수 있다. 개념적 수식으로 정리하면 식(2-2)와 같다.

$$Z = \frac{V}{I} \quad (2-1)$$



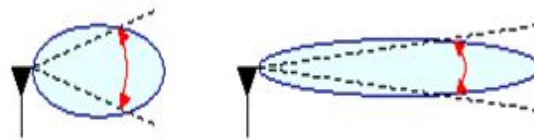
$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \quad (2-2)$$

전송선로(Transmission Line)의 특성임피던스(Characteristic Impedance;  $Z_0$ )는 식(2-3)과 같이 표현된다. 특성임피던스는 하나의 회로 혹은 시스템의 기준이 되는 임피던스를 말한다. 지멘스  $G$ 는 전기전도율을 나타내며, 전기 저항  $R$ 의 역수이다.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (2-3)$$

송신기, 동축케이블 및 안테나 모두 각각의 임피던스 값을 가지고 있으며 세 임피던스 값이 일치할 때에 가장 효과적으로 전파가 전해진다. 보통 송신기와 동축 케이블의 임피던스는  $50\Omega$ 으로 고정되어서 생산되나 안테나의 임피던스는  $50\Omega$ 이 아닌 경우가 많다. 그러므로 안테나의 임피던스가  $50\Omega$ 에 가깝도록 조정을 해주어야 하며 이러한 조정을 임피던스 정합(Matching)이라고 한다. SWR(Standing Wave Ratio; 정재파비)은 바로 이 임피던스가 일치한 정도를 나타내는 값이다. SWR은 1 이상의 값을 가지며 SWR이 1에 가까우면 더욱 효과적으로 전파를 보낼 수 있고 송신기의 손상이 적어진다.

둘째, 이득은 동일 방향, 동일 거리에 동일 전계를 주기 위해 기준 안테나에 공급한 전력과 최대치가 얻어지도록 방향을 설정한 임의의 안테나에 공급되는 전력의 비를 말한다. 그림. 2.1에서 나타낸 바와 같이 목적하는 방향으로 얼마만큼 전파를 집중하여 복사하였는가를 말하며, 이는 입력신호 대비 출력신호가 더 커진다는 의미가 아닌 방향성(Directivity)으로 인해 파생되는 상대적 이득을 의미한다. 그러므로 이득이 높은 안테나를 사용하면 작은 출력으로도 먼 거리의 무선국과 효과적으로 교신을 할 수 있게 되는 것이다. 이득의 단위는 dB(데시벨)을 사용한다.



(a)저이득

(b)고이득

그림. 2.1 안테나 이득

셋째, 지향성은 특정한 방향으로 전파를 더 많이 보내려는 성질을 말한다. 지향성의 유무에 따라 지향성 안테나(Directional Antenna)와 무지향성 안테나(Omni directional Antenna)로 구분한다. 실제 안테나는 입체적으로 전파를 방사하지만 편의상 수평면에서의 지향성과 수직면에서의 지향성으로 나누어 고찰한다. 지향성의 선택 유무는 안테나의 용도에 따르며, 지향성 안테나는 주로 전파의 발신지를 탐지하는 RDF(Radio Direction Finder; 무선방향탐지기) 및 RADAR(Radio Detecting and Ranging; 레이더) 등에 사용되고, 무지향성 안테나는 일반적인 목적의 범용 안테나에 사용된다.

이러한 지향성을 사용 목적에 맞게 변화시키기 위해 사용하는 방법으로는 안테나 반사판을 이용하거나, 안테나의 위상을 조절하는 방법이 있다. 전자는 주로 위성 통신을 위한 파라볼라 안테나 등에서 사용되며 안테나 방향을 조정하기 위한 Rotator(수평 이동)와 Elevator(수직 이동) 장치를 사용한다. 후자는 안테나의 어레이(Array) 기술을 이용한 것으로서 두 개 이상의 반파장 다이폴 안테나에 동위상의 급전을 하였을 때 방향이 같고 지향성이 상승하게 되는 원리를 이용한 것이다. 만약 두 안테나에 역위상 급전을 하게 되면 방향은 같으나 지향성이 하락하게 된다<sup>[8]</sup>.

### 2.1.2 공진 및 편파

공진(Resonance)은 안테나가 어떤 특정한 파장의 전파를 가장 효과적으로 보내고 받는 현상을 말한다. 즉, 주파수 선택적 특성을 가지는 현상이다. 이는 입력되는 신호의 주기와 공진구조물이 가진 고유의 주기성이 일치됨으로서 발생하게 된다. 안테나의 길이가 파장의 1/2의 정수배일 때 발생하며, 이때의 주파수 중 가장 낮은 주파수를 안테나의 공진 주파수라고 한다.

일반적으로 공진이라 함은 전기적 공진인 LC 공진을 말하며, 에너지 축적 소

자인 인덕터와 캐패시터의 특성에 기인한다. 공진이 되기 위해서는 LC가 존재하면서 임피던스의 허수부가 0이 되어야 한다. 다음은 복소 임피던스의 수식으로 공진주파수를 정하기 위한 수식을 유추하면 아래와 같다.

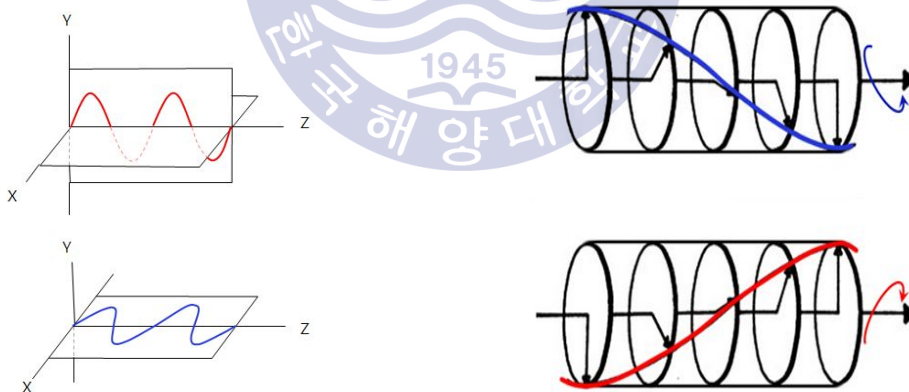
$$Z = R + jX = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \quad (2-4)$$

이 중에서 허수 임피던스가 0이 되어 없어지는 주파수가 공진 주파수이다.

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC} = 0 \quad (2-5)$$

이 식을 통하여  $f$ 를 구하면 아래와 같이 공진 주파수가 정해진다.

$$\text{resonance frequency} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2-6)$$



(a)직선편파[수직편파(上), 수평 편파(下)] (b)원형편파[RHCP(上), LHCP(下)]

그림. 2.2 직선편파와 원형편파

편파(Polarization)는 전자기파의 진행 방향에 대한 전기장(E field)의 크기 및 회전을 구분한 것이다. 안테나는 고유의 편파 형태를 갖고 있으며, 그림. 2.2에서 나타난 바와 같이 크게 직선편파(Linear Polarization)와 원형편파(Circular

Polarization)로 구분된다. 송·수신 안테나의 편파 정렬은 중요한 문제이다. 직선 편파에서 송·수신 안테나의 편파 방향이 어긋나면 송·수신 성능이 떨어지게 되며, 서로 직교하는 편파를 가지게 되면 신호의 교류가 불가능하다. 또한 원형편파의 경우도 회전방향이 좌, 우측으로 서로 같아야 원활한 통신이 가능하다. 편파를 효율적으로 이용하면 전파자원을 절약하게 되고, 잡음과 간섭 등을 억제하게 되어 양호한 통신이 가능하게 된다.

### 2.1.3 S 파라미터

주파수 분포 상에서 입력전압 대 출력전압의 비를 말한다. 그림. 2.3에서와 같이 S<sub>21</sub> 이라함은 1번 Port에서 입력한 전압과 2번 Port에서 출력된 전압의 비율을 의미하는 것이다. 즉, 1번 Port의 입력 전력이 2번 Port로 얼마나 출력되는가를 나타내는 수치이며 식(2-7)과 같이 표현한다.

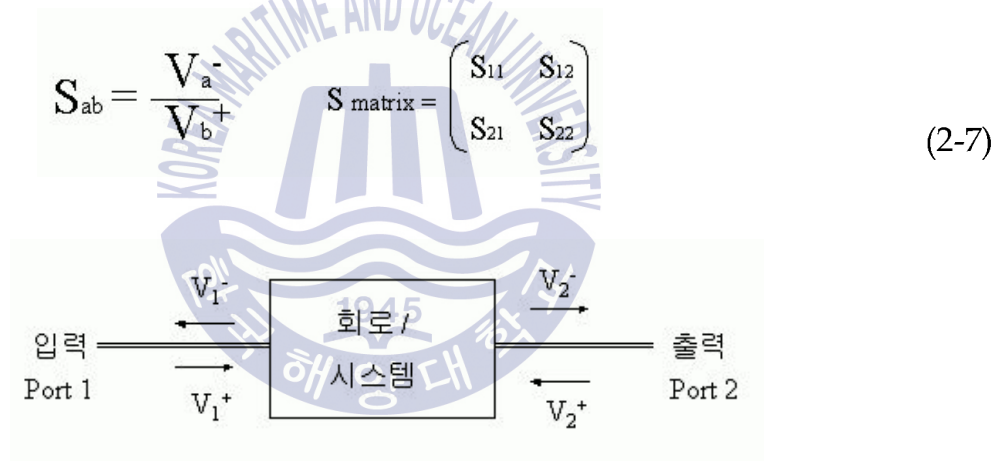


그림. 2.3 S 파라미터 정의

안테나의 경우 Multi-Port를 제외하고는 일반적으로 입력 Port만 존재하므로 S<sub>11</sub>만 출력된다. 보통 특정 주파수대역에서 S<sub>11</sub> 값이 하락하게 되는 형상을 취하게 되는데, 이는 그 주파수에서 입력전압이 반사되지 않고 최대한 외부로 방출된다는 의미이다. 그림. 2.4에서와 같이 S<sub>11</sub>이 크게 떨어질수록 SWR도 작아져 안테나의 방사특성이 좋다는 의미가 되며, 떨어지는 그래프의 폭에 따라 협대역, 광대역으로 구분한다<sup>[9]</sup>.

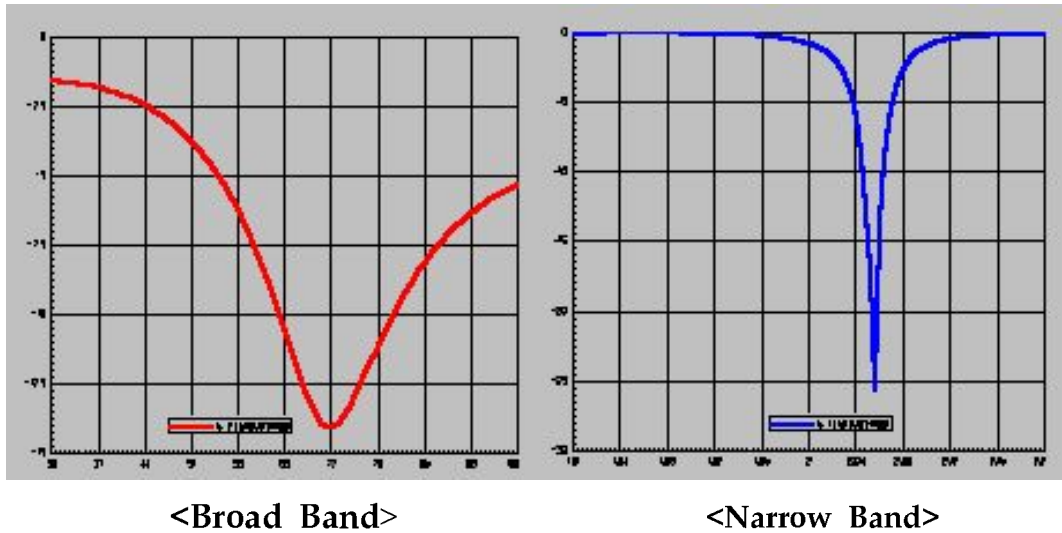


그림. 2.4 안테나의 S 파라미터

## 2.2 마이크로스트립 패치 안테나

1950년대에 처음 소개된 마이크로스트립 패치 안테나는 방사패턴 특성이 주파수에 대해서는 변화가 적지만 임피던스에 대해서는 그렇지 못하다. 따라서 단지 수 퍼센트의 임피던스 대역폭이 기본적인 마이크로스트립 패치 안테나의 제한 요소가 되었으나, 1980년대에 새로운 급전 방법을 통해 대역폭이 개선되었다. 본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는데 Slot-ring 방식을 이용하여 안테나를 광대역화하는 방법<sup>[10]</sup>을 이용하고자 한다.

### 2.2.1 마이크로스트립 패치 안테나 정의 및 설계 이론

마이크로스트립 기판 위에 네모 혹은 원형 형태로 금속패턴을 만든 후, 여러 가지 형태로 급전하여 전파를 송수신하는 안테나를 말한다. 일반적으로 고주파 회로에서는 선로의 길이 자체가 회로 소자값 그 자체인 경우도 많기에 함부로 길이를 조절할 수 없고, 신호선과 접지 사이에 다른 선로가 지나간다면 그 영향이 상당히 크므로 접지의 위치가 중요하다. 또한 고주파가 될수록 선로의 내부가 아닌 외부 표면에만 전류가 흐르는 현상(Skin Effect)이 발생하여 안테나로서 방사하려는 경향이 강해져 선로 금속 자체로는 신호를 보내기 힘들다. 이러한 고주파의 특성 조건을 만족하기 위해 고안된 고주파용 회로기판이 마이크

로스트립이다.

이러한 마이크로스트립 기판을 사용한 패치 안테나의 구조는 그림. 2.5에서와 같이 기판 밑면 전체의 금속판을 이용해 접지(Ground)로 하고, 그 위에 일정 두께의 유전체 기판을 올린 뒤 유전체 위에 선로 형상을 구현한 것이다. 이를 통해 신호선과 접지 간의 거리와 매질 특성이 균일하게 배치되고, 선로와 접지 사이에 전자파 Field 에너지에 신호를 보존하며 전송하게 된다.

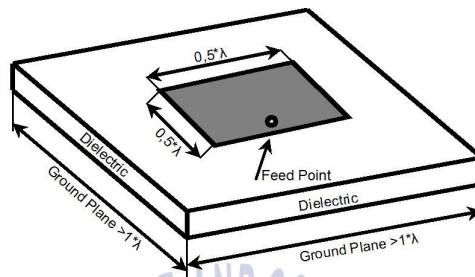


그림. 2.5 마이크로스트립 패치 안테나

마이크로스트립 패치 안테나는 소형, 경량의 특성 및 여러 가지 패턴 조합과 손쉬운 배열을 통한 다양한 특성을 이끌어 낼 수 있는 장점이 있지만, 구조상 높은 전력 신호를 다루지 못하는 한계가 있다<sup>[11]</sup>.

표 2.1에 마이크로스트립 패치 안테나의 특성에 관해 나타내었다.

표 2.1 마이크로스트립 패치 안테나 특성

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 작고 가벼움</li> <li>◦ 대량 생산이 용이함</li> <li>◦ 집적화가 쉬움</li> <li>◦ 어레이(Arrey) 안테나 구현이 쉬움</li> <li>◦ 기판 크기 조절 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 높은 전력을 다룰 수 없음(저전력)</li> <li>◦ 상대적 고가의 기판</li> <li>◦ Surface wave coupling 존재</li> <li>◦ 전송가능한 대역폭 좁음</li> <li>◦ 초고주파에서 Fringing field가 늘어남</li> </ul>

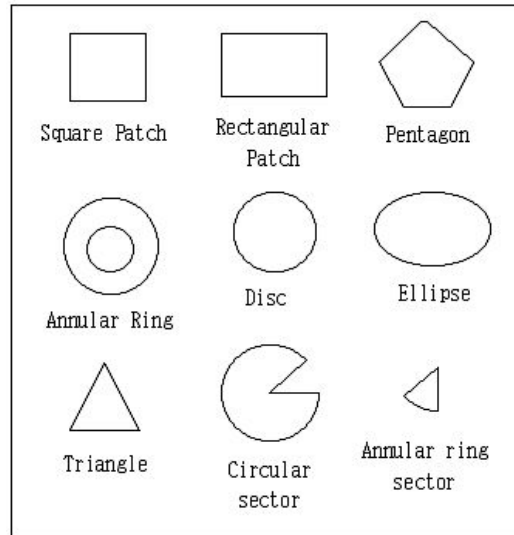


그림. 2.6 패치 안테나 종류

그림. 2.6에서와 같이 마이크로스트립 패치 안테나의 유전체 기판 위에 놓이게 되는 패치의 모양은 그 구조에 제한이 없으나 해석의 용이함 때문에 주로 사각형 패치와 디스크형 패치가 많이 사용된다.

본 논문에서 구현하게 될 마이크로스트립 슬롯 링(slot-ring) 안테나는 접지면에 뚫린 슬롯으로 구성되고 이것은 마이크로스트립 라인에 의해 급전된다. 이 안테나는 슬롯에서 복사가 일어나며 단방향 그리고 양방향으로 복사패턴을 만들어 낼 수 있는 장점이 있고, 마이크로스트립 급전선의 면을 따라 배열된 스트립 도체와 슬롯의 조합으로써 원형편파 복사특성을 얻을 수 있다. 슬롯의 모양은 폭이 좁거나 넓은 사각형 또는 원형 등이 가능하다.

마이크로스트립 패치 안테나를 동작시키기 위해서는 복사소자를 여기 시키는 방법이 필요하고 이것은 신중한 고려가 필요하다. 단일소자 안테나와 선형 또는 평면 배열안테나에 전력을 인가하는 방법은 매우 다양하나, 대표적인 급전 방식으로는 마이크로스트립 급전방식(microstrip feeding), 동축케이블 급전방식(coaxial cable feeding), 전자기적 결합 급전방식(electromagnetically coupled feeding) 등이 있다<sup>[12]~[14]</sup>. 마이크로스트립 급전방식은 안테나의 입력 임피던스와 50[Ω] 급전 임피던스가 같지 않기 때문에 급전선과 안테나 사이의 매칭이 필요하게 되고 안테나의 복사패턴 등에 영향을 미치지만 제작이 용이하다는 특징이 있다.

마이크로스트립 패치 안테나의 분석 모델 중 공동 모델(Cavity model)<sup>[15]</sup>은 직사각형 패치에 국한되지 않고 일차원적 변화에 제한이 없어 일반적으로 사용된다.

패치의 넓이( $W$ )은 다음과 같이 계산된다.

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}} \quad (2-8)$$

여기서  $\epsilon_r$ 은 비유전율,  $f_r$ 은 안테나 동작 주파수를 나타낸다.

유효 유전율(Effective dielectric constant)는 다음과 같다.

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2-9)$$

프린징 길이(Fringing length)는  $\Delta L$ 로 나타내며 다음과 같다.

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_r + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_r - 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (2-10)$$

실제 패치의 길이( $L$ )은 다음과 같다.

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (2-11)$$

양쪽 가장자리에서의 프린징 전장으로 인한 전체 프린징 길이  $2\Delta L$ 은 공진을 위해 반파장에서 줄어드는 패치 길이의 양이다.

기판의 길이는 다음과 같이 계산된다.

여기서  $W_g$ 는 기판의 폭,  $L_g$ 는 기판의 길이를 말한다.

$$W_g = 6h + W \quad (2-12)$$

$$L_g = 6h + L \quad (2-13)$$



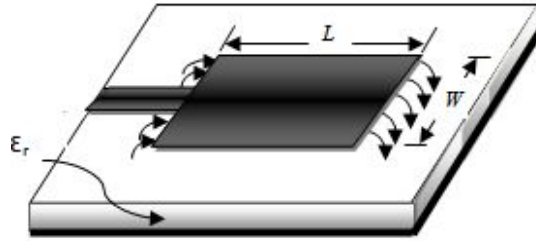


그림. 2.7 프린징 효과

## 2.2.2 마이크로스트립 패치 안테나 대역폭과 지향성

마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭은 일반적으로 빔패턴의 형태 또는 방향, 손실 및 사이드 로브(Side lobe)의 증가, 편파 및 전압정재파비(VSWR)의 관계에 따라 제한된다. 마이크로스트립 패치 안테나의 광대역 특성은 전압정재파비가 1~2까지 되는 주파수 범위를 대역특성으로 정의하므로, 광대역 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭은 슬롯 사이의 낮은 마이크로스트립 전송선로 임피던스와 슬롯의 복사저항의 비에 의하여 결정된다.

일반적으로 마이크로스트립 패치 안테나는 매우 협소한 대역폭 특성을 나타내므로 광대역 특성을 얻기 위한 방법으로 다음 3가지를 주로 이용한다.

- (a) 공진 길이를 감소시키기 위하여 높은 유전상수 물질을 사용한다.  
(즉,  $\epsilon_r$ 이 큰 마이크로스트립 기판을 사용)
- (b) 방사기의 인덕턴스를 증가시키기 위하여 구멍을 만들거나 슬롯을 삽입한다.
- (c) 제한된 대역폭 사이에서 전압정재파비의 감소를 위해 리액티브 소자를 부가시킨다.

지향성은 안테나의 특징을 설명하는 파라메타로서 평균 전력밀도에 대한 주빔의 전력밀도의 비로서 정의한다. 마이크로스트립 안테나에 대한 지향성은 식 (2-14)와 같이 정의된다.

$$D = \frac{4\pi^2 W^2}{\Lambda_0} \quad (2-14)$$

마이크로스트립 패치 안테나의 이득과 지향성 관계식은

$$G_e = \eta D_{WMA} \quad (2-15)$$

로 주어지며  $\eta$ 는 안테나의 효율을 나타낸다. 안테나의 효율  $\eta$ 는 안테나에 입력되는 전력에 대하여 전송된 전력의 비로소 정의할 수 있으므로

$$\eta = \frac{P_0}{P_{in}} = \frac{P_0}{P_0 + P_L} \quad (2-16)$$

로 나타낼 수 있으며 이때  $P_0$ 는 복사전력,  $P_L$ 은 마이크로스트립 패치 안테나의 유전체 손실, 도체손실에 의하여 나타나는 소산전력이다. 일반적으로 마이크로스트립 패치 안테나는 배열시켰을 때 안테나 효율  $\eta$ 를 90%까지 높일 수 있다.

## 제 3 장 안전모 부착용 마이크로스트립 패치 안테나 설계

### 3.1 마이크로스트립 패치 안테나 설계

본 장에서는 안전모에 부착 가능한 단일급전의 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나는 기계적 특성인 가벼운 중량 및 우수한 강도가 요구되며, 전기적 특성인 안테나 방사 특성이 우수하여야 한다. 본 장에서는 안전모에 부착할 수 있도록 두께가 얇고 유연성을 가진 0.2mm 두께의 FR-4 재질 기판을 사용하면서 대역폭 확대를 위해 접지면에 패치를 삽입하는 슬롯 링 형태를 사용하고, RHCP 구현을 위해 대각선 양측의 모서리 부분에 45° 방향의 대각선 양측의 모서리 부분을 잘라내는 코너컷 방식으로 구현하였다<sup>[16]~[18]</sup>.

본 논문에서는 안테나 설계시 적용되는 매개변수들의 정확한 값을 적용하기 위해 Ansys사의 HFSS 시뮬레이터를 사용하였다.

#### 3.1.1 안전모 사양

본 논문에서 사용되는 안전모는 선박에서 가장 많이 활용되는 투구형 안전모로서 추락에 의한 위험 및 감전 방지용 성능을 가지고 있다. 설계되는 안테나는 안전모에 부착되어야 하므로 적절한 공간이 필요하며, Inmarsat 정지위성과의 원활한 통신을 위해서는 안전모 안쪽 윗면의 공간에 설계되는 안테나를 부착하는 것이 가장 적합하다. 안전모의 사양은 표 3.1과 같고, 내측 및 안테나 부착위치는 그림. 3.1과 같다. 실측 결과, 안전모 안쪽 윗면 공간의 최대 활용 사이즈는 80mm×100mm(가로×세로)로 제작될 안테나를 부착하는데 충분한 것으로 판단된다.

표 3.1 안전모 사양

구 분	값
길 이	276 mm
넓 이	220 mm
높 이	140 mm
머리 둘레	64 mm



그림. 3.1 안전모 내측 및 안테나 부착 위치

### 3.2 슬롯 링 형태를 가지는 패치 안테나

마이크로스트립 패치 안테나의 협대역의 특성으로 인해 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭은 공진주파수의 1~2% 정도이다<sup>[19]</sup>. 본 논문에서 제안한 주파수 대역 1,530 ~ 1,650Mhz의 안테나는 약 7.5%(120Mhz)의 최소 대역폭을 필요로 한다. 마이크로스트립 안테나의 대역폭 확장을 위해서는 유전율이 낮은 기판을 사용하거나 두꺼운 유전체를 사용하는 방법, 적층 구조를 사용하는 방법<sup>[20]</sup>, 슬롯 링 안테나<sup>[21]</sup> 등이 제안되었다.

본 논문에서는 대역폭 7.5% 이상의 성능을 가지기 위해 마이크로스트립 결합(coupling) 급전을 통해 구현하였으며, 곡면에 부착이 용이한 FR4 재질의 0.2mm 두께의 기판을 이용하여 설계하였다.

또한 GPS 또는 사각 패치 안테나에서 원형 편파를 얻는 방법으로 이중 급전, 대각선 슬롯 등을 이용하는 방법<sup>[22]</sup>이 있으나, 제안된 안테나는 기판의 양 모서리를 잘라내는 코너컷 방식으로 구현하였으며, RHCP(Right Hand Circular

Polarization)를 구현을 위해 패치면의 45° 방향 양쪽 모서리를 잘라내었다. 그림. 3.2에 제안된 안테나의 설계 형태를 대략적으로 나타내었다.

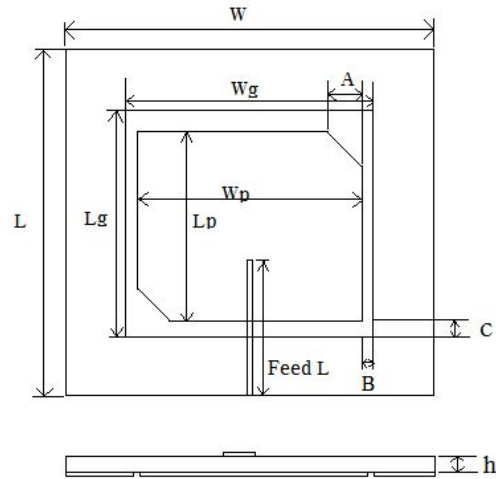


그림. 3.2 제안된 슬롯 링 패치 안테나

### 3.3 슬롯 링 패치 안테나 시뮬레이션

최적의 설계 파라미터를 찾기 위해 슬롯 링 패치안테나의 중요 파라미터인 A, B, C 가 안테나의 입력 임피던스 및 축비에 미치는 영향과 RHCP 구현을 위한 3dB 이하 값을 만족하는 최적의 값을 검토하였다.

급전은 마이크로스트립 라인 급전(Microstrip Line feed)을 이용하여 구현하였으며 안테나 설계를 위해 전자파 해석 툴인 Ansys사의 HFSS Ver.13 시뮬레이터를 사용하였다. GPS와 Inmarsat C의 송·수신 주파수를 모두 수용하기 위해 1.53 ~ 1.65GHz의 대역폭과 우수원형편파(RHCP)를 충족해야 하므로 안테나의 설계 사양은 표. 3.2와 같다.

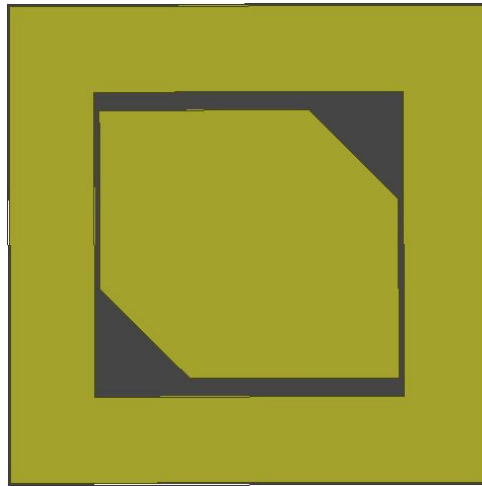


그림. 3.3 설계된 슬롯 링 패치 안테나

표 3.2 설계 사양

구분	GPS & Inmarsat Antenna
중심주파수	1.59 GHz
반사계수	-10 dB 이하
축 비	3 dB 이하
편파 형태	RHCP

초기 시뮬레이션을 위한 파라메타로서, 유전체 기판 사이즈는 안전모에 부착할 수 있도록 필요 최소 사이즈인  $64 \times 64$  mm인 정사각형으로 고정한 뒤, 패치의 길이( $L_p$ ) 36 mm, 패치 폭( $W_p$ ) 40 mm로 설정하였다.  $45^\circ$  방향의 양쪽 모서리를 잘라내는 코너 컷 길이(A)는 반사계수 변화치를 시뮬레이션 한 결과 10mm 이상부터 원하는 대역폭에서의 결과 값이 도출되어 설정하였으며, 세로 방향 슬롯 폭(B) 및 가로 방향 슬롯 폭(C) 또한 A와 같은 방법을 적용하였다. 제안된 안테나의 설계 파라메타는 표 3.3에 나타내었다.

표 3.3 제안된 안테나 초기 설계 파라메타

구분	설정 값
공진주파수( $f_r$ )	1.59 GHz
유전율( $\epsilon_r$ )	4.4
유전체 기판 높이(h)	0.2 mm
유전체 기판 사이즈 (H×L)	64 × 64 mm
코너 컷 길이(A)	10 mm
Lg-Wp 사이 폭(B)	0.5 mm
Lp-Wg 사이 폭(C)	2.3 mm
급전 라인 두께	0.2 mm
급전 라인 길이	22 mm

### 3.3.1 파라메타 A의 변화에 따른 시뮬레이션

그림. 3.4에서는 패치의 45° 대각선 방향 양쪽 모서리를 잘라낸 코너 컷의 길이(A) 변화에 따른 반사 계수 특성 변화를 나타내었다. A가 10mm에서 13mm로 1mm씩 증가함에 따라 반사계수 기준점 -10dB는 1.53~1.65GHz 구간에서 모두 만족되었으나, 공진주파수가 상승되었다. 이로부터 코너 컷 길이(A)는 증가할수록 공진주파수 상승 및 임피던스 정합 특성이 향상되는 장점이 있으나, 임계점인 12mm를 넘어서면 최저 설계 주파수 1.53GHz에서의 반사 계수가 감소되는 단점이 있음을 알 수 있다. 이를 통해 최적의 코너 컷 길이(A)를 12mm로 설정하기로 한다.

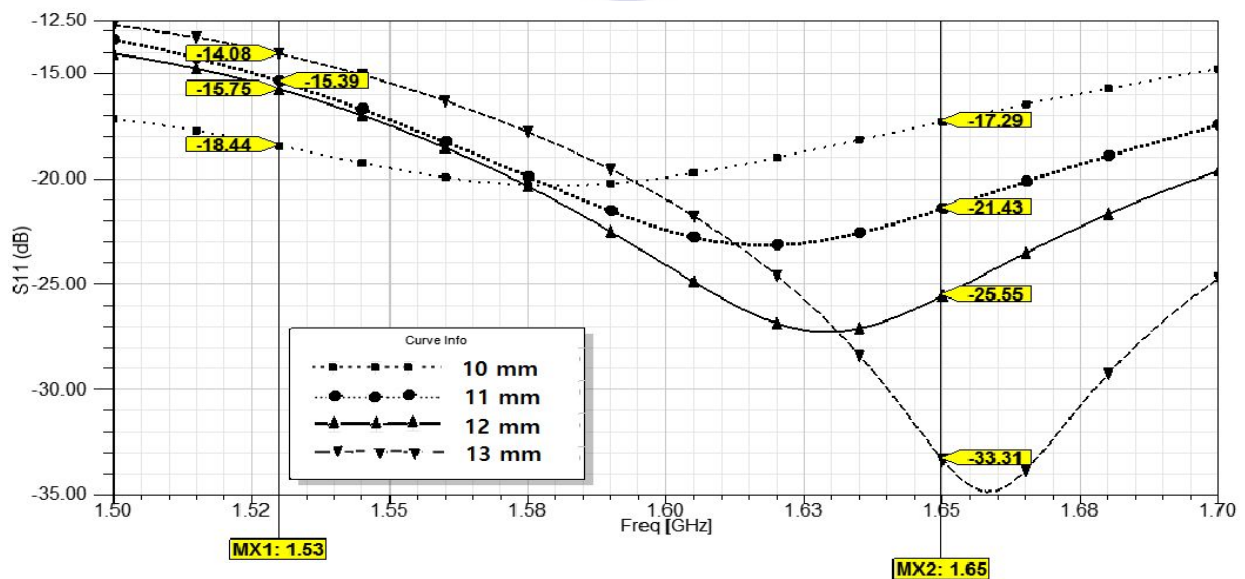


그림. 3.4 코너컷 길이(A) 변화에 대한 반사계수

### 3.3.2 파라메타 B의 변화에 따른 시뮬레이션

그림. 3.5은 패치와 접지 사이 길이 방향(Lg-Wp) 슬롯 폭 넓이(B) 변화에 의한 반사 계수 특성 변화를 나타내었다. B를 0.5mm에서 0.8mm 까지 0.1mm 간격으로 증가시켜본 결과, 패치와 접지 사이 길이 방향 폭 넓이 변화에 의한 공진주파수는 1.63~1.67GHz로 약간 상승하였지만, 0.7mm를 기준으로 반사계수가 설계했던 주파수 범위에 거의 일정하게 정합이 이루어짐을 알 수 있다. 즉, B의 길이는 0.7mm로 설정하는 것이 최적임을 알 수 있다.

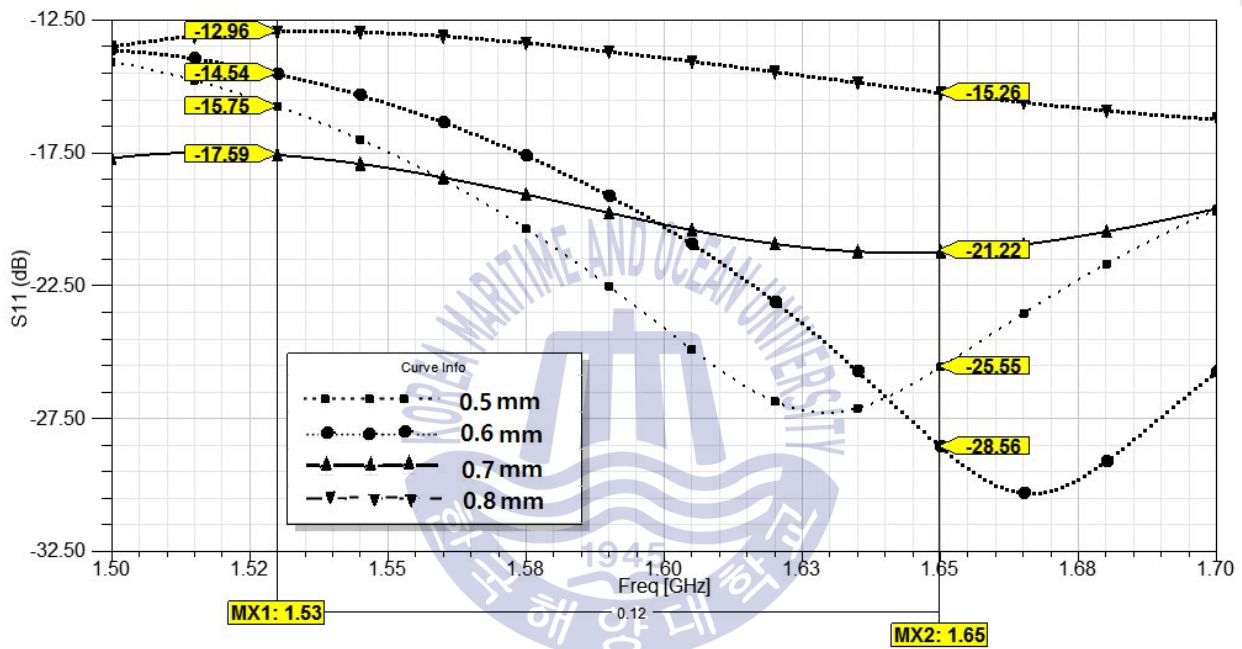


그림. 3.5 세로 방향 슬롯 폭 넓이(B) 변화에 대한 반사계수

### 3.3.3 파라메타 C의 변화에 따른 시뮬레이션

그림. 3.6에서는 Lp-Wg 사이 가로 방향 슬롯 폭 넓이(C)의 변화에 따른 반사 계수 특성 변화를 나타내었다. C가 2.3mm에서 2.45mm 까지 0.05mm씩 증가함에 따라 반사계수는 1.53~1.65GHz 대역에서 모두 -10dB 이하를 만족하였으나, 2.4mm를 기준으로 최대 설계 주파수 1.65GHz에 대한 반사계수 정합 특성이 하락하였다. 이로부터 패치와 접지의 넓이 방향 폭(C)의 변화에 의한 공진 주파수는 일정 기준점을 사이로 폭의 넓이가 커짐에 따라 대역폭 확장 및 임피던스 정합 특성이 향상되는 장점이 있으나, 기준점을 초과할 시 공진주파수가 낮아지는 특성이 있음을 알 수 있다.



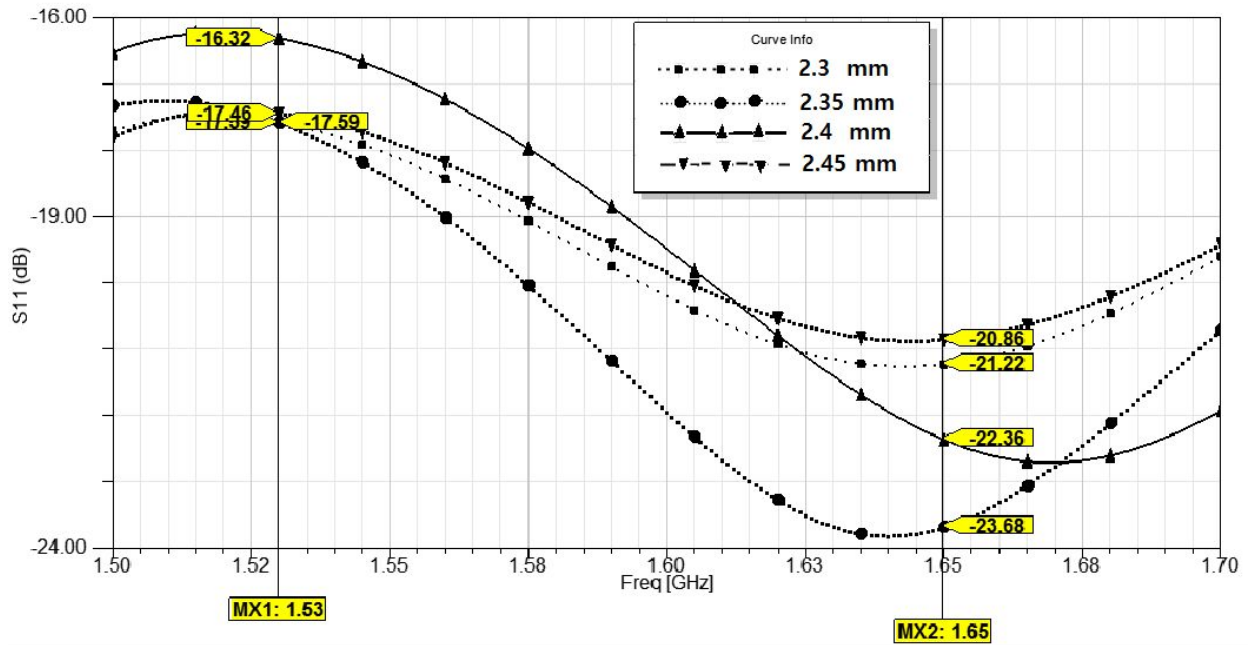


그림. 3.6 가로 방향 슬롯 폭 넓이(C) 변화에 대한 반사계수

### 3.3.4 축비(Axial Ratio) 시뮬레이션

그림. 3.7에는 RHCP 구현을 위한 축비(Axial Ratio)의 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 코너컷 A의 값 12mm 및 B의 값 0.7mm, C의 값이 2.4mm일 때 축비는 설계한 주파수 대역(1.53GHz ~ 1.65GHz)에서 2.78dB ~ 2.90dB를 나타내어 3dB 이하를 만족하였다.

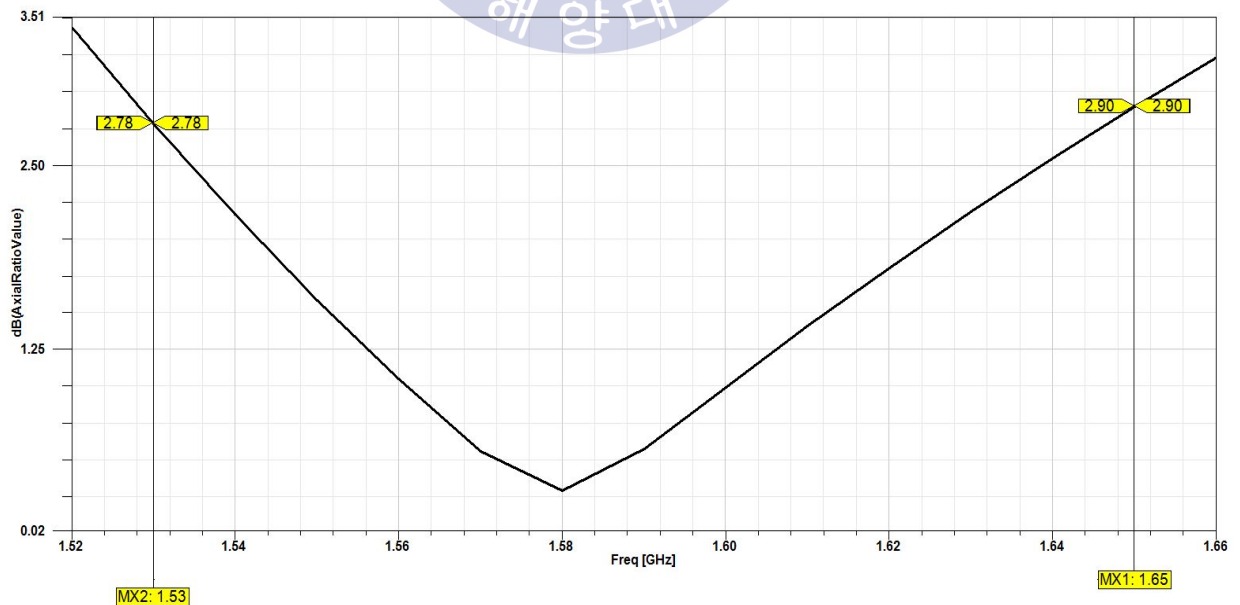


그림. 3.7 축비(Axial Ratio) 시뮬레이션 결과

### 3.3.5 안테나 방사 패턴 및 이득

그림. 3.8에서는 X-Z 평면에서의  $E_\theta$ ,  $E_\phi$  에 대한 방사패턴, 그림. 3.9는 Y-Z 평면에서의  $E_\theta$ ,  $E_\phi$  에 대한 방사패턴을 나타내었다. 1.59GHz의 중심주파수에 대한 이득(Gain)의 방사패턴 시뮬레이션 결과이다.  $E_\theta$ ,  $E_\phi$ 는 0 ~ 90° 방향으로 완전한 무지향성은 아니지만, 무지향성에 가깝게 방사되고 있음을 알 수 있다. 1.59GHz 중심주파수에서의 이득은 약 2.3dBi로 나타났다.

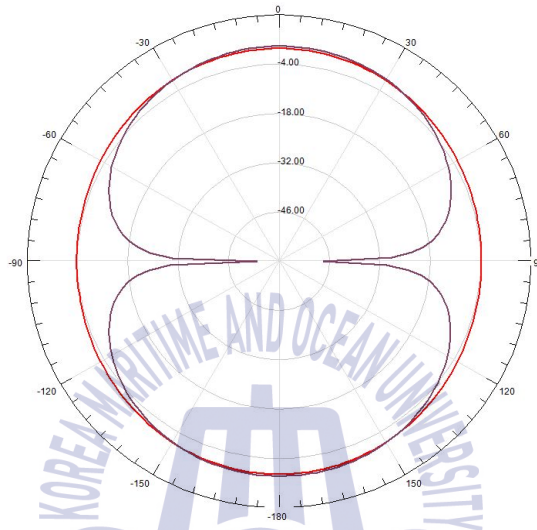


그림. 3.8 X-Z plane pattern at 1,590 MHz

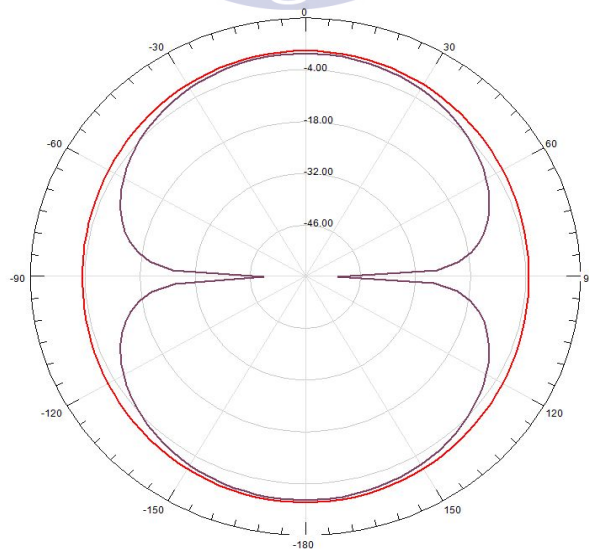


그림. 3.9 Y-Z plane pattern at 1,590 MHz

## 제 4 장 안전모 부착용 마이크로스트립 패치 안테나 제작 및 측정

### 4.1 마이크로스트립 패치안테나 제작 및 측정

앞 장에서 설계된 안전모 부착용 마이크로스트립 패치 안테나의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 안테나를 제작하고 측정하였다.

#### 4.1.1 안테나 파라메타

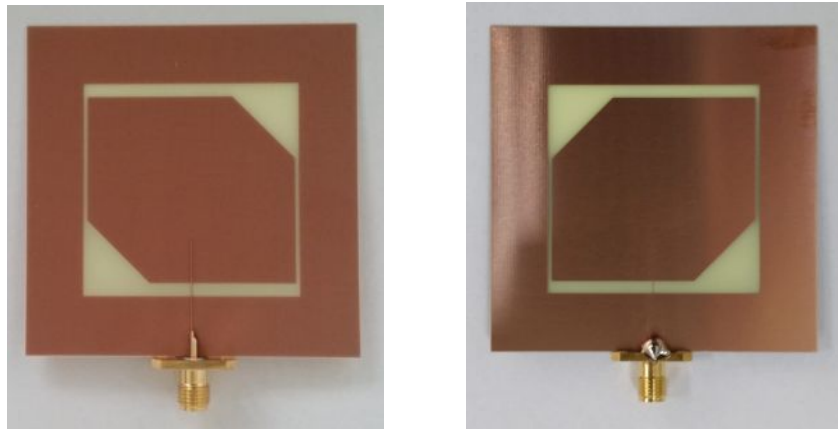
시뮬레이션을 통해 실제 안테나 설계를 위한 최적의 파라메타를 구하고 그 결과를 표 4.1에 나타내었다. 설계 시와 마찬가지로 기판은 유전율 4.4의 FR-4 기판을 사용하였으며, 기판의 두께는 0.2mm이다. 안테나의 제작 방법은 식각(etching)을 통해 이루어졌으며, 마이크로스트립 급전 방식으로 SMA 커넥터를 부착하여 안테나의 급전부를 제작하였다.

**표 4.1** 최적의 안테나 설계 파라메타

구 분	설 정 값
공진주파수( $f_r$ )	1.59 GHz
유전율( $\epsilon_r$ )	4.4
유전체 기판 높이(h)	0.2 mm
유전체 기판 길이(H)	64.5 mm
유전체 기판 폭(L)	64.5 mm
Lg	40.9 mm
Wg	41.4 mm
Lp	36 mm
Wp	40 mm
A	12 mm
B	0.7 mm
C	2.4 mm

### 4.1.2 안테나 제작 및 측정

최적화된 설계 변수를 토대로 제작한 안테나의 사진은 그림. 4.1과 같으며, 안테나의 반사 계수는 벡터 네트워크 분석기(Vector Network Analyzer)를 이용하여 측정하였다.



(a) 앞면 (b) 뒷면

그림. 4.1 제작된 마이크로스트립 패치 안테나

그림. 4.2와 그림. 4.3에는 최적화된 안테나의 시뮬레이션 반사계수 결과 및 측정된 반사계수 결과를 비교하였다. 시뮬레이션 값과 비교해 측정값에 손실이 많이 발생되었는데, 이는 실제 안테나 제작 상 발생한 Loss 때문인 것으로 사료된다. 하지만 안테나의  $-10\text{dB}$  대역폭으로  $1.53\sim 1.65\text{GHz}$ 의 대역폭을 가짐으로써 설계했던 대역폭을 모두 얻을 수 있었다.

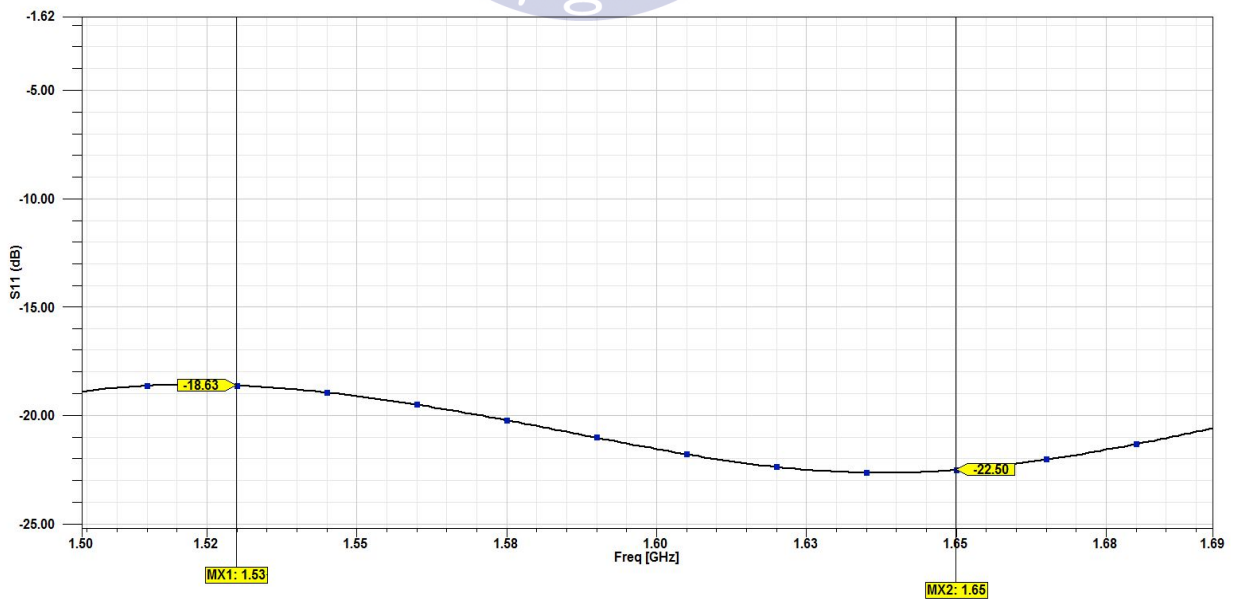


그림. 4.2 안테나의 시뮬레이션 반사계수

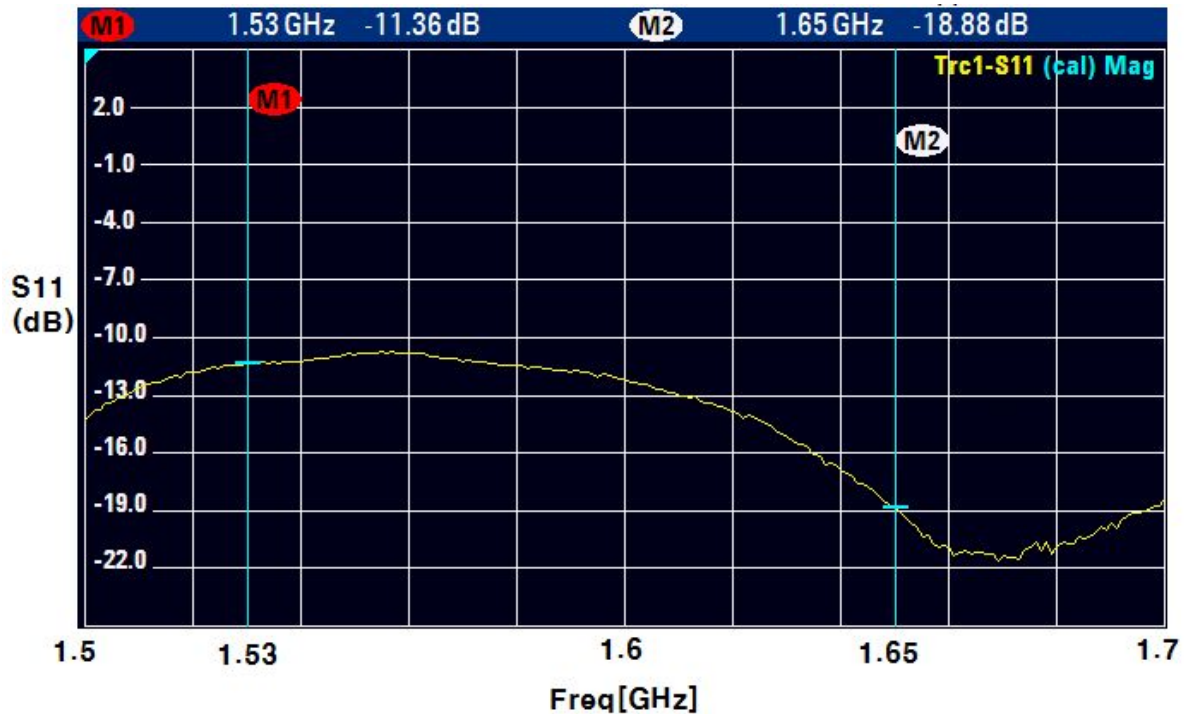


그림. 4.3 측정된 안테나에 대한 반사계수

## 4.2 곡면에 부착된 패치 안테나 측정

본 논문에서 구현한 마이크로스트립 패치 안테나는 안전모의 안쪽의 곡면부에 부착되어야 하므로 패치의 휨으로 인한 특성 변화를 점검할 필요가 있다. 패치안테나의 곡률에 대한 실험 결과는 기존 발표되었던 논문 자료<sup>[23]</sup>를 참고하였으며, 본 논문에서 구현된 안테나는 그림. 4.4와 같이 약 5° 이내의 곡면에 부착되므로 곡률에 대한 반사계수 손실은 거의 없을 것으로 예상하였다. 측정을 위해 제작된 마이크로스트립 패치 안테나를 안전모 안쪽 윗 부분에 유리테이프로 임시 고정하여 측정하였고, 그 결과는 그림. 4.5와 같다. 예상했던바와 달리 설계했던 주파수 대역에서 약 1~5dB의 반사계수 손실이 있었으며, 1.68GHz의 공진점이 아래 주파수 대역으로 이동하면서 손실이 발생하였으나, 반사계수는 모두 -10dB 이하의 수치를 나타내었다. 이로써, 일부 대역이 설계했던 주파수에 대한 반사계수 한계점에 근접함으로써 Inmarsat 위성을 통한 수신이 원활하지 못할 가능성이 있을 것으로 예상되나 경보 및 위치정보의 송신은 충분할 것으로 판단된다.

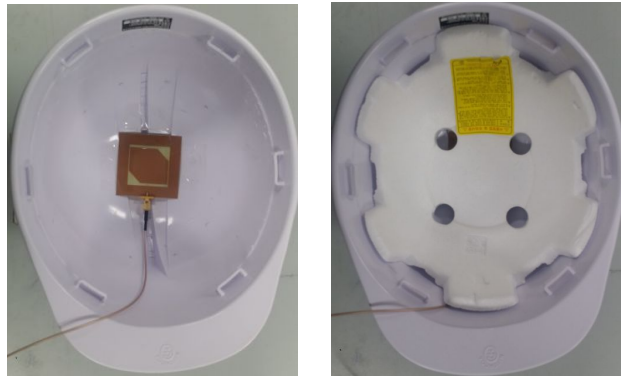


그림. 4.4 안전모에 부착된 마이크로스트립 패치 안테나

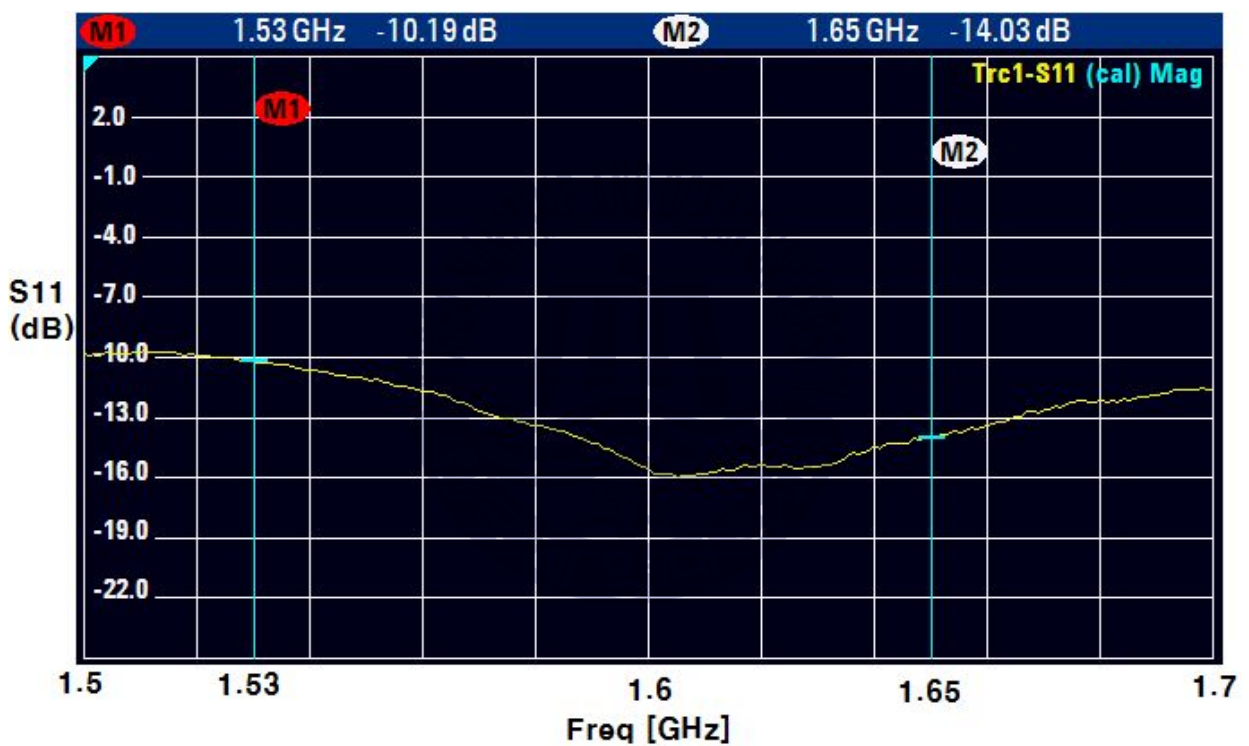


그림. 4.5 안전모에 부착된 안테나에 대한 반사계수 측정값

### 4.3 인체의 영향 분석 및 측정

안전모에 부착된 패치 안테나는 인체와 근접하여 부착됨으로써 인체의 영향을 받아 안테나의 특성이 변화할 것으로 예상되고 이에 대한 고려가 필요하다. 인체가 마이크로스트립 패치 안테나에 근접함으로써 안테나의 성능에 미치는

변화에 대해 관련 연구<sup>[24]</sup>가 이루어져 왔으며, 인체의 영향을 받아 안테나의 특성이 변화하는지를 실제 측정을 통해 분석해 보았다. 실험을 위해 그림. 4.6과 같이 직접 안전모를 착용한 상태에서의 반사계수를 측정하고 그 결과를 그림. 4.7에 나타내었다.



그림. 4.6 안전모 착용한 모습

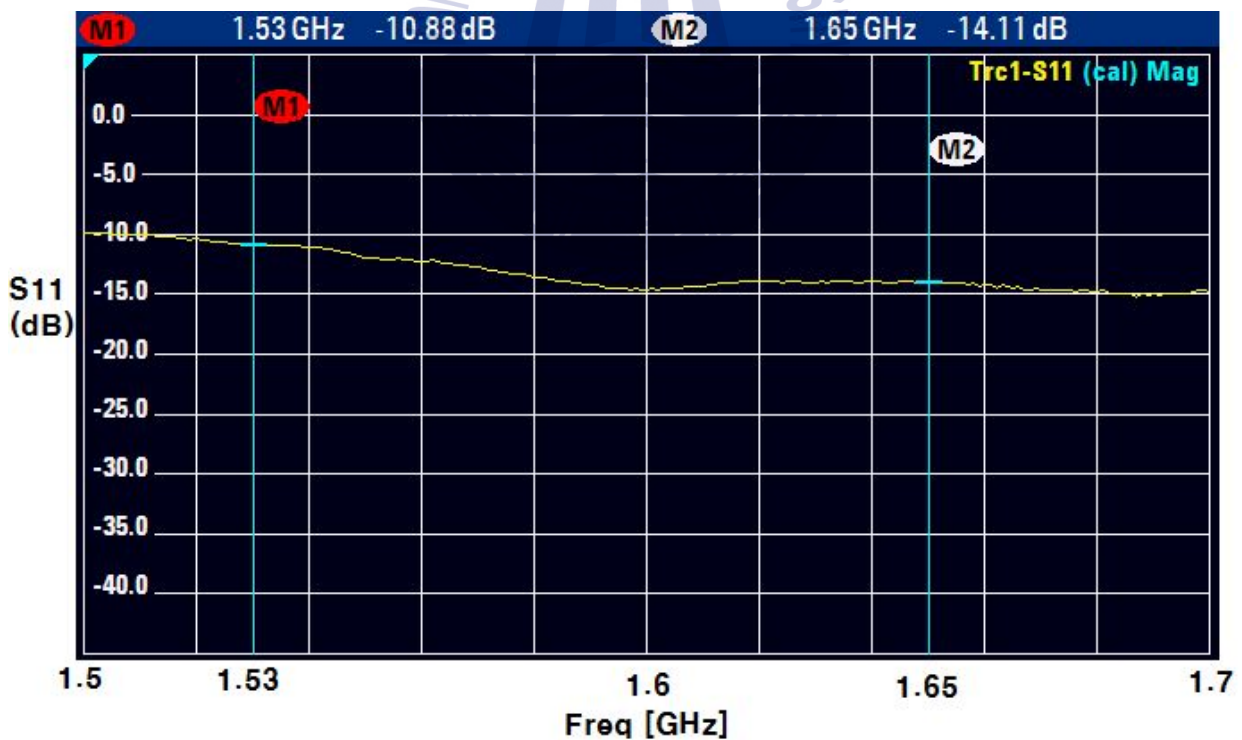


그림. 4.7 착용된 안전모에 부착된 안테나의 반사계수

측정 결과, 설계했던 주파수 대역(1.53 ~ 1.65GHz)에서의 반사계수 값이 모두 -10dB를 만족하였고, 안전모를 착용치 않고 측정할 경우와 비슷한 결과를 보여주었다. 안전모에 부착되어 머리에 착용한 안테나에 대한 반사계수는 자유공간 내의 안테나 반사계수와 비슷한 특성을 나타내고 있다. 이는 인체와 안테나 사이에 15mm의 스티로폼이 자리하고 있어 직접적으로 인체와 마이크로스트립 패치 안테나가 접촉되지 않아 영향을 크게 받지 않았음으로 판단된다.





## 제 5 장 결론

본 연구에서는 선박에서 발생하는 선외 추락 상황 시 구조 대상자의 조난 사실을 탐지하고 위치 정보를 발신하여 빠른 시간 내에 구조 활동을 시작할 수 있도록 하는 MOB(Man Overboard) 장치 구현을 위해, 선내 작업 시 항상 활용되는 안전모 부착용 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 마이크로스트립 패치 안테나는 일반적으로 사용할 수 있는 대역폭이 좁아 본 연구에서 구현하고자 하는 GPS 및 Inmarsat C 안테나의 사용 주파수 대역(1.53 ~ 1.65GHz)을 만족하기 위한 개선 방법을 제시하고자 먼저 국제 및 국내 주파수 분배 현황을 조사하였고 우리나라의 선외 추락 사고 현황을 조사하였다. 아울러 마이크로스트립 패치 안테나의 제작과 관련한 이론적 배경을 살펴보았으며, 이를 바탕으로 HFSS 시뮬레이터를 이용하여 최적화된 수치를 도출하고, 실제 안테나 제작 및 측정을 통해 설계값과의 비교 분석을 통해 검증하였다. 그 결과는 다음과 같다.

(1) 현재 상용화된 MOB 관련 장치는 대부분 구명동의 부착형으로 구현되고 있으나, 실제 선박의 일상 업무에는 주로 구명동의를 착용하고 있지 않고 작업에 임하므로 항상 착용하게 되는 안전모를 이용하여 Inmarsat 위성의 경보 중계 기능을 활용한 Inmarsat C 장비의 경보의 발신 및 GPS 위성 신호 수신을 통한 위치 정보 발신이 가능하도록 설계하였으며, 향후 조난자도 조난경보가 제대로 전달되었는지를 확인할 수 있도록 Inmarsat C 장비의 수신 주파수까지 이용할 수 있도록 설계하였다.

(2) 전파규칙(Radio Regulation) 및 전파법 내용을 검토한 결과, 사용하고자 하는 주파수 대역은 제 1업무(주업무)로서 위성이동업무에 분배되어 있어 설계된 MOB 안테나를 동 대역에서 이용하기 위해서는 향후 제 2업무(부가업무) 분배 요청 등을 통한 노력이 필요하다.

(3) 마이크로스트립 패치 안테나의 협대역 특성을 개선하고자 슬롯 링 패치 안테나 방식을 사용하였으며, 마이크로스트립 라인을 이용하여 급전하였다. 우선회원편파(RHCP) 특성 구현을 위해 패치 면에 45° 방향의 양쪽 대각선 방향을 잘라내는 코너 컷 방식을 사용하여 설계하고 HFSS 시뮬레이터를 이용하여 최적의 수치를 도출하였다.

(4) 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 안테나를 제작 및 측정하여 시뮬레이션 결과치와 비교·분석하였고, 실제 제작된 안테나의 성능이 시뮬레이션 값보다는 다소 미치지 못하지만 기준값인 -10dB를 만족함으로써 Inmarsat C 경보기능을 이용한 MOB 안테나로서 사용이 가능함을 보였다.

향후 연구로는 제한된 구부러진 공간에 착용되는 안테나라는 특수성만을 고려하여 얇은 기판을 사용함으로써 소형화라는 이점을 가지지 못한 부분의 보완을 위해 선행 연구된 많은 논문의 검토를 바탕으로 안전모에 부착하는데 무리가 없는 유전체 두께를 활용한 소형화 및 광대역화를 구현에 대한 연구가 필요할 것이다. 이를 위해서는 다중 공진 및 다중 축비 안테나에 대한 연구 또한 필요할 것이다. 마지막으로 안전모 등 인체에 근접한 위치에 구현되는 안테나에 의한 인체의 전자파 영향 등이 고려되어 설계되어야 할 필요가 있으므로 이와 관련된 연구가 필요할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 미래전파공학연구소, 2013. *해상안전 무선설비 이용실태 및 주파수 이용효율화 방안 연구*. 서울:미래전파공학연구소. pp.143
- [2] 해양수산부 통계시스템, 2015. *국가승인통계*, [Online] (Updated 14 July 2015) Available at:  
<http://www.mof.go.kr/content/view.do?menuKey=394&contentKey=47>
- [3] Warren L.S. & Gary A.T., *Antenna Theory and Design*, 3rd Ed. 교보문고. pp.544
- [4] 장동원, 2010. U-선박 구현을 위한 해상통신망 국제 표준화 및 기술 동향 연구, 2010년도 한국통신학회 학술대회논문집. pp.338~339
- [5] 송중호, 2013. *해상구조를 위한 경보장치의 개발*, ICT Standardization Commitee, TTA 간행물, 2013-13호
- [6] 이상재, 정중식, 박계각, 2013. 해상안전서비스에 대한 AIS 통신량 증가의 영향에 관한 연구, 2013년도 해양환경안전학회 춘계학술발표회.
- [7] 한국해운신문, 2012. *삼영이엔씨, AIS MOB 통해 선원지킴이 자처*, [Online] (Updated 25 Oct 2012) Available at:  
<http://m.maritimepress.co.kr/news/articleView.html?idxno=89909>
- [8] RFDH 운영자. 2014. *the basic of RF*, 코너북
- [9] 오정균, 정현필, 2009. *안테나 공학*. 삼보출판사
- [10] Dwibedi, K, et al., 2013. "Dual band CPW fed wearable monopole antenna", *Information & Communication Technologies (ICT)*, 11-12 April 2013, pp.1134-1137

- [11] Huynh T., Lee K F., 1995. *Single-layer single-patch wideband microstrip antenna*, *Electronics Letters*, Vol.31.
- [12] K. Chang, Ed., 1990. *Handbook of Microwave and Optical Components*, New York: John Wiley & Sons.
- [13] J.R.James, P.S. Hall, and C. Wood, 1981. *Microstrip Antenna Theory and Design*, United Kingdom: Peter Peregrinus LTD.
- [14] I.J.Bahl and P.Bhartia, 1980. *Microstrip Antennas*, Artech House, Norwood, MA.
- [15] Mohammad A.A, Subhi H, Ahmad A.K & Juma S.M, 2006. Cavity model analysis of rectangular microstrip antenna operating in TM<sub>03</sub>mode, *Information and communication technologies*, 2006. ICTTA '06 2nd, Vol.2.
- [16] 임지훈, 양규식, 정성훈, 박동국, 2014. 탐색 및 구조 시스템용 구멍조끼 내장형 안테나”, *한국항해항만학회지 제38권 제4호*, pp.367-371.
- [17] 이태훈, 김명석, 김영두, 이홍민. 2003. 원형편파를 갖는 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나, *한국전자과학회논문지 제14권 제1호*, pp.77-80.
- [18] 서영훈, 박인모, 2000. 광대역 특성을 갖는 변형된 원형링 마이크로스트립 슬롯 안테나, *한국전자과학회 논문지*, 11(5), pp.773-781.
- [19] D.M. Pozar, 1992. Microstrip antennas, *Proceedings of the IEEE*, 80(1), pp.79-91.
- [20] Gupta K.C., Dumar G., 1985. Nonradiation edges and four edges gap-coupled multiple resonator broad-band microstrip antenna, *IEEE trans. Antennas and Propagat.*, Vol. AP-33.
- [21] 김근용 등, 2010. 원형편파 마이크로스트립 안테나의 연구. *한국전자통신학회 학술대회지*. pp. 111-113.
- [22] 임지훈, 2015. 수색 구조를 위한 구멍조끼 장착용 다중대역 안테나. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- [23] 이호준 등, 2009. 착용 가능한 광대역 패치 안테나, *대한전자공학회 학술*

지, pp.295-296.

- [24] Lilja, J., et al., 2013. Body-Worn Antennas Making a Splash: Lifejacket-Integrated Antennas for Global Search and Rescue Satellite System. *Antennas and Propagation Magazine, IEEE*.

