

## 요 약 문

## 제 출 문

본 보고서를 「선박 Top Side의 전자파 인체노출 안전구역 운영 가이드라인 연구용역」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015. 12. 04.

연구책임자 : 조 형 래 (한국해양대학교)  
 연구 원 : 서 동 환 (한국해양대학교)  
 연구보조원 : 최 기 도 (한국해양대학교)

1. 과 제 명 : 선박 Top Side의 전자파인체노출 안전구역 운영 가이드라인 연구용역
2. 연 구 기 간 : 2015.09.23.~2015.12.04
3. 연구책임자 : 조 형 래
4. 계획 대 진도  
 가. 월별 추진내용

세부연구내용	연구자	주별 추진일정				비 고
		9	10	11	12	
문헌조사 및 구조분석	조형래 최기도					
설문지 조사 및 DB화	서동환 최기도					
장비 스펙 및 매뉴얼 조사	서동환 최기도					
실선 측정	최기도					
실선 측정 및 분석	최기도					
전자파안전 Guide Line마련	조형래 서동환					
최종보고서	조형래 서동환 최기도					
분기별 수행진도 (%)		20%	30%	30%	20%	

#### 나. 세부 과제별 추진사항

- 1) 선박의 종류별 갑판구역의 모델링 완료
- 2) 선박 Top Side에 탑재되는 장비의 스펙조사 완료
- 3) 선박의 Top Side의 전자파강도측정 완료
- 4) 선박의 Top Side에 적용 가능한 운영 가이드라인 제시 완료

### 5. 연구 결과

- 1) 국내·외 전자파 인체영향 연구 동향 파악
- 2) 국내·외 EMF 프로젝트 최근 동향정리
- 3) 선박의 구조 및 명칭 내용 수집
- 4) 선박의 최상층 갑판구역에 탑재되는 기자재 종류 및 역할 수집
- 5) 선박관련 종사자 21명을 대상으로 설문조사 실시 및 분석
- 6) 선박의 Top Side에 적용 가능한 측정 위치 고안
- 7) 실선 3척을 대상으로 전자파강도시험 실시 및 분석
- 8) 측정된 결과를 국내 전자파강도기준, ICNIRP 전자파 강도기준 비교분석
- 9) 장비 설치 가이드라인, 장비 운영 가이드라인, 장비 안전 가이드라인 제시

### 6. 기대효과

본 연구에서는 전자파 취약구역인 선박의 Top Side에 대한 전자파인체노출 안전구역 운영 가이드라인 연구를 통하여 국내외 연구동향을 파악하고, 선박의 종사자를 대상으로 설문조사 후 선박의 Top Side에 적용 가능한 최적 위치에서 전자파강도를 측정하였다. 측정결과들을 토대로 제시한 전자파 안전가이드라인과 측정결과 비교 데이터들은 추후 선박의 전자파 환경연구를 위한 기초자료로 활용하게 될 것이다.

### 7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
Narda SRM - 3006	-	1	실선측정	미보유	대여	

### 8. 기타사항

## 최종보고서 초록

## SUMMARY

국문 초록		
<p>최근 육상의 전자파 환경에 대한 인체 유해도는 지속적인 투자와 연구가 이루어지고 있지만 해상의 주거 및 근무환경인 선박의 전자파 환경에 관한 시험 및 분석은 연구되지 않는 실정이다.</p> <p>따라서 본 과제에서는 선박의 Top Side에 탑재되는 고출력 안테나 및 레이더에 대하여 전자파 강도 측정을 하였고 측정결과를 기반으로 3가지의 안전가이드라인을 제시하였다.</p> <p>본 과제는 전자파 취약구역인 선박의 Top Side에 대하여 전기장 강도를 측정하고 측정결과를 바탕으로 안전가이드라인을 제안하였다는 점에서 매우 유용한 자료로 활용 될 것이다.</p>		
영문 초록		
<p>In a recent land electromagnetic environment, research and investments in the EMF Exposure is being carried out. But ship of maritime area has not been studied.</p> <p>In this study, we measured EMF Strength high power radar and antenna on the top side of the ship and suggest three security guidelines that is considered result value.</p> <p>The project is to be used for measuring the electric field strength of the electromagnetic wave in the zone of weakness Top Side of the ship, and we propose a safety guidelines on the basis of the measurement results in that a very useful material.</p>		
색 인 어	한글	선박, 최상층갑판구역, 전자파 강도, 전기장 강도
	영문	Ship, Top Side, EMF Strength, Electronic field strength

Because of the recent rapid advances in the development of ships with a larger proportion of electrical and electronic equipment, The usable frequency spread spectrum on ships is global trend. As a result, there have been from the technical aspects of the electromagnetic interference in electronic devices and circuits with each other, the degree of harmful electromagnetic waves on the human body has become a major problem.

In a recent land electromagnetic environment, research and investments in the EMF Exposure is being carried out. But ship of maritime area has not been studied.

In this study, we measured EMF Strength high power radar and antenna on the top side of the ship and suggest three security guidelines that is considered result value.

First, guidelines is add contents that was considered EMF Exposure in human body.

Second, guideline of operating equipment is tabulated the measured results and made a draft of manual to operate the equipment refer to the measurement result.

Third, safety guidelines is the heat model that is measured values. Heat Model has been expressed that makes it easier to see exposure level and distance from the equipment by representing the electromagnetic exposure index by distance, therefore It will be used as needed resources to work after that the easier the electrical field strength generated from operations during equipment in the ship of Top Side.

# 목 차

The project is to be used for measuring the electric field strength of the electromagnetic wave in the zone of weakness Top Side of the ship, and we propose a safety guidelines on the basis of the measurement results in that a very useful material. However, survey result show most of the crew have done work without learning on electromagnetic waves, so we draw a conclusion the critical point what apply to occupational exposure standard. Therefore, this should be train to human exposure for seafarers working on ships of the Top Side. In the case of an airplane specify safety guidelines for each area-specific equipment, Whereas the ship is not performed in the considered. Therefore Top Side of Ship will be set up to safety guidelines

- 제 1 장 연구의 목적 및 방법.....13
  - 제 1절. 연구의 목적.....13
  - 제 2절. 추진전략 및 방법 .....14
    - 1. 추진전략 .....14
    - 2. 추진방법 .....15
- 제 2 장 선박의 시스템 분석.....16
  - 제 1 절 선박의 종류.....16
    - 1. 선박의 구조와 명칭.....16
    - 2. 선박의 Top Side에 탑재되는 기자재 종류 및 역할....18
  - 제 2절. 선박의 선종별 기술정보.....20
- 제 3 장 측정방법 및 측정장비.....24
  - 제 1절. 선원들에 대한 전자파이해도 조사.....24
    - 1. 전자파에 대한 인식조사.....25
    - 2. Top Side 작업내용조사.....26
    - 3. 작업 시 장비와의 간격조사.....27
    - 4. 이동 시 장비와의 간격 조사 .....28
    - 5. 작업 시 소요시간 조사 .....29
  - 제 2절. 측정방법 및 측정장비.....30
    - 1. 측정방법.....30

2. 측정장비	33
제 4 장 실선 측정결과	35
제 1절. 실선 측정결과	35
1. Top Side 측정(한바다 호)	36
2. Top Side 측정(한나라 호)	40
3. Top Side 측정(상선)	44
제 5 장 측정결과 분석	48
제 1절. 국내 전자파강도기준	48
제 2절. ICNIRP 전자파강도기준	51
제 3절. 일반인, 직업인에 대한 전자파강도기준 분석	51
1. 한바다 호 결과 분석	52
2. 한나라 호 결과 분석	56
3. 상선 결과 분석	60
제 4절. Top Side 운영 가이드라인	64
1. 장비 설치가이드라인	64
2. 장비 운영가이드라인	66
3. 장비 안전가이드라인	69
제 6 장 결론	75
제 1절. 문제점 및 개선방안	75
1. 문제점	64
2. 향후 추진계획	66
제 2절. 결론	51

## 표 목 차

표 2-1 선박의 선종별 Top Side 탑재장비	21
표 3-1 측정 장비 목록	33
표 4-1 한바다 호	35
표 5-1 일반인에 대한 국내전자파강도기준	49
표 5-2 직업인에 대한 국내전자파강도기준	50
표 5-3 일반인에 대한 ICNIRP 전자파강도기준	51
표 5-4 직업인에 대한 ICNIRP 전자파강도기준	51
표 5-5 한바다 호 결과 분석 (일반인 기준 분석)	52
표 5-6 한바다 호 결과 분석 (직업인 기준 분석)	54
표 5-7 한나라 호 결과 분석 (일반인 기준 분석)	56
표 5-8 한나라 호 결과 분석 (직업인 기준 분석)	58
표 5-9 상선 결과 분석 (일반인 기준 분석)	60
표 5-10 상선 결과 분석 (직업인 기준 분석)	60
표 5-11 Top Side의 주요 장비별 노출도	67

## 그 립 목 차

그림 2-1 선박의 최상층 갑판 구역.....	17
그림 2-2 선박의 항해 데크.....	18
그림 2-3. 레이더 (Radar).....	19
그림 2-4. 안테나(Antenna).....	20
그림 3-1 EMF 설문조사.....	24
그림 3-2 전자파에 대한 인식 조사.....	25
그림 3-3 EMF 관련정보 습득경로.....	26
그림 3-4 Top Side의 작업내용.....	27
그림 3-5 탑재 장비와의 작업거리.....	28
그림 3-6 이동시 장비와의 간격.....	29
그림 3-7 작업 소요 시간.....	29
그림 3-8 측정위치.....	31
그림 3-9 Top Side의 전자파강도 측정위치.....	32
그림 3-10 측정방법 블록도.....	32
그림 3-11. E-Field Antenna.....	33
그림 3-12. H-Field Antenna.....	33
그림 3-13. SRM-3000.....	34
그림 3-14. Computer.....	34
그림 4-1 한국해양대학교 실습선 한바다 호.....	35
그림 4-2. Top Side VHF Antenna.....	36
그림 4-3. Top Side AIS Antenna.....	36
그림 4-4. Top Side S-Band Radar.....	36

그림 4-5 VHF 안테나 측정결과.....	37
그림 4-6 AIS 안테나 측정결과.....	38
그림 4-7 UHF 안테나 측정결과.....	39
그림 4-8 S-Band 레이더 측정결과.....	40
그림 4-9 Top Side VHF Antenna.....	41
그림 4-10 Top Side AIS Antenna.....	41
그림 4-11 VHF 안테나 측정.....	41
그림 4-12 AIS 안테나 측정.....	42
그림 4-13 UHF 안테나 측정.....	43
그림 4-14 S-Band 레이더 측정.....	44
그림 4-15 VHF 안테나 측정.....	45
그림 4-16 AIS 안테나 측정.....	46
그림 4-17 UHF 안테나 측정.....	47
그림 5-1 안테나 설치 모형도.....	66
그림 5-2 VHF안테나 안전가이드라인(일반인 기준).....	70
그림 5-3 VHF안테나 안전가이드라인(직업인 기준).....	70
그림 5-4 AIS 안테나 안전가이드라인(일반인 기준).....	71
그림 5-5 AIS 안테나 안전가이드라인(직업인 기준).....	72
그림 5-6 UHF 안테나 안전가이드라인(일반인 기준).....	73
그림 5-7 UHF 안테나 안전가이드라인(직업인 기준).....	73

## 제 1장 연구의 목적 및 방법

### 제 1절. 연구의 목적

21세기 정보화 사회로서의 진입을 위해서는 전자·통신 산업의 발전이 필수적이고 이는 전자장비의 다양화 및 소형화 그리고 고급화로 이어져 왔다. 그 결과 기술적인 측면에서 전자소자 및 회로에서의 전자파 상호간의 간섭 및 전자파 유해 여부에 관한 논란이 점차 확산되고 있는 실정이다.

전자파에 과다 노출되면 인체에 유해할 수 있다는 연구결과와 발표 이후 세계 보건기구(WHO, World Health Organization)는 1996년부터 EMF 프로젝트를 수행하고 있으며, IARC(International Agency for Research on Cancer)에서는 2002년도에 극 저주파 전자계를 발암물질 2B등급으로 분류 하였고, 2011년 5월에는 Interphone Study의 연구결과에 따라서 이동단말기의 전자파 역시 발암물질 2B로 분류하였다.

이러한 연구결과 발표에 따른 전자파에 대한 국민들의 불안감을 해소하기 위하여 전자파의 인체 노출량을 정량적으로 평가하고 분석하여 객관적으로 평가할 수 있는 방법을 개발하고자 국제전기기술위원회(IEC, International Electrotechnical Commission)는 TC 106 전문기술위원회를 1999년에 설립하여 다양한 정보통신 분야의 국제 표준을 제정 및 발간하고 있다. 현재 TC 106은 다양한 Working Group, Project Team, Maintenance Team 으로 구성되어 있으며, 각 작업반에서는 휴대전화, 이동통신 기지국, 전력선 등 전자파 인체노출량 평가방법에 대한 표준화 프로젝트를 수행하고 있다.

이에 따라 우리나라에서도 이러한 국제 표준화에 적극적으로 대응하기

위해 미래창조과학부 국립전파연구원에서 2000년 12월 산·학·연·관 관련 전문가로 구성된 전자파인체보호위원회”를 설립 및 운영하고 있다.

이와 같이 육상의 전자파 환경에 대한 연구는 지속적인 투자와 지원이 이루어지고 있지만 해상의 주거 및 근무환경인 선박의 전자파 환경의 인체노출량에 대한 정량적 평가 및 분석은 연구되지 않는 실정이다.

최신 건조되는 선박들은 대형화, 고속화, 고 효율화 등의 첨단 선박으로 진화되고 있으며, 공간이 협소한 선박의 특징 때문에 선박 내 전자·통신 장비들은 매우 근접한 거리에 탑재되어있다. 또한 선박의 Top Side에는 선박의 항해 및 통신을 위한 고출력 안테나 및 레이더가 탑재 및 운영되고 있음에도 불구하고 선원 및 승객들이 전자파 노출에 대해 인식도 못한 작업 및 이동을 하고 있다.

따라서 본 연구 용역에서는 선박의 Top Side에 탑재되어 있는 통신장비에 대하여 전자파 환경을 측정 분석하여 선박에 상주하고 있는 선원 및 승객들의 안전 가이드라인을 마련하는 것이 목적이다.

### 제 2절. 추진전략 및 방법

#### 1. 추진전략

- 가. 본 연구용역 과제는 선박의 종류별 Top Side에 탑재되는 통신장비를 조사하고 선박에 상주하고 있는 선원 및 승객을 대상으로 설문지 조사를 실시 후 이동경로 조사 및 작업 경로를 수집한다.
- 나. 선박의 Top Side의 전자파강도 측정을 위해 필요한 항목을 조사하고 수행방법에 대한 협의와 도출된 내용을 바탕으로 측정된 결과를 수치해석 한다.
- 다. 비교 분석한 결과를 바탕으로 선박의 장비 설치 가이드라인, 장비운영 가이드라인, 장비안전 가이드라인을 마련한다.

## 제 2장 선박의 시스템 분석

### 2. 추진 방법

- 가. 선박의 Top Side 구조를 파악하여 적합한 측정법 고안
- 나. 선박의 Top Side에 탑재되는 장비에 대한 주파수 및 전력 출력량 조사
- 다. 선박의 정박 상태 (정상적인 전원 동작과 운항 대기 상태)에서 무선통신기기들의 전기장강도를 측정하고 이들의 영향을 평가
- 라. 측정결과 수치해석 후 선박의 Top Side에 적용 가능한 안전 가이드라인 제시

### 제 1절. 선박의 종류

#### 1. 선박의 구조와 명칭

선박의 구조는 항해구역 및 선박 총톤수에 의해 각종 전장시스템의 탑재 여부가 결정되어진다. 하지만 요즘 많은 선박들이 이러한 기준과는 상관없이 선박 안전을 위해 보다 많은 항해 및 통신장비와 안전 시스템을 장착하고 있다. 이러한 장비들이 많이 탑재될수록 선박의 전자파 환경은 더욱 악화될 것이다.

선박의 주요 구성을 보면 신체에 해당하는 선체(Hull)와 두뇌에 해당하는 선교(Bridge), 최상층갑판구역(Top Side), 심장인 메인 엔진(Main Engine), 배에서 전기를 만드는 발전기(Generator), 발에 해당하는 배를 항해할 수 있게 하는 프로펠러(Propeller) 등으로 구성된다.

선박의 최상층 갑판구역 및 선교에는 선박과 선박, 선박과 연안국의 간 통신과 선박의 위치를 확인하여 안전한 항해를 하기 위한안테나 및 레이더가 탑재되어 있으며 전자파에 가장 민감한 장비들이 탑재되어 있는 장소이다. 선박의 최상층 갑판구역과 선교에 탑재되어 있는 장비는 아래와 같다.

- RADAR(RADio Detection And Ranging) : X-BAND, S-BAND
- ARPA (Automatic Radar Plotting Aids) : 자동 레이더 플로팅 장치
- Echo Sounder : 음향 측심기



- AIS(Auto Identification System) : 본선 및 상대 선박의 정보 제공
- GPS(Global Positioning System) : 항해를 위해 자기 위치 수신
- EPIRB(Emergency Position Indicating Radio Beacon) : 위성 자동조난 발사 장비
- VHF(MF/HF) : 통신장비
- VDR(VOYAGE DATA RECORDER) : 선박의 Black Box (운항정보)
- Wheel : 선박의 핸들
- LED 선등 : LED 로 구동되는 항해등
- ECDIS(Electronic Chart Display & Information System) : 전자해도표시 시스템



그림 2-1 선박의 최상층 갑판 구역



그림 2-2 선박의 항해 데크

## 2. 선박의 Top Side에 탑재되는 기자재 종류 및 역할

선박은 선박 고유의 성능을 만족하기 위해 수많은 기자재들이 탑재되어 있다. 이러한 기자재들은 대부분 전기를 공급받아 성능을 구현한다. 배의 안전한 항해를 위해서 항해 통신장비들이 탑재되어 있으며 위 장비들의 원활한 통신 및 제어를 위해 선박의 Top Side에는 고출력 안테나 및 레이더 장비들이 설치된다. 이러한 기자재는 상호간의 전자기 적합성 문제 뿐 아니라, 근처에서 작업하는 사람에게까지 영향을 미친다.

### 가. 레이더

레이더는 빛과 같은 속도로 직진하고 물체에 부딪히면 반사하는 전파의 고유한 특성을 이용한 계기이다. 즉 레이더 마스트에 설치된 스캐너를 이용하여 전파를 발사하고, 그 전파가 어떤 물표에 부딪혀 반사파가 돌아올 때까지의 시간을 측정하여 거리를 알아내어 모니터 상에 표시하게 된다. 레이더는 다른 전파계기와는 달리 위치 측정 뿐 아니라, 자선 주위에 있는 모든 물체와 지형 및 타선의 상대적인 위치변화 등이 모니터 위에 화면으로 표시되므로 충돌방지 등의 안전항해에 아주 중요하다. 특히 야간이나 시계가 제한된 경우

또는 선박의 교통량이 폭주할 경우 등에 중요한 역할을 하는 항해 계기이다.



그림 2-3. 레이더 (Radar)

#### 나. 안테나

무선통신에서 통신을 달성하기 위해 공간에 효율적으로 전파를 방사하거나, 또는 전파에 의해 효율적으로 기전력을 유기시키기 위해 공중에 가설한 도선을 안테나라 한다. 송신용 안테나와 수신용 안테나도 그 기본원리는 같으나, 사용하는 주파수에 따라 모양이 여러 가지로 달라진다. 선박의 Top Side에 탑재되는 안테나로는 VHF 안테나 (156~165 MHz), MF/HF 안테나 (1~21 MHz), UHF 안테나 (400~500 MHz)등이 있으며 선박의 안전한 항해를 위해 전파를 송수신 하고 있다.



그림 2-4. 안테나(Antenna)

### 제 2절. 선박의 선종별 기술정보

선박의 운항을 위해 탑재되는 기자재들은 모두 같은 장비들이 탑재되는 것은 아니며, 선박의 급수별로 탑재되는 법정장비가 다르다. 또한 선주의 요구사항 및 취향에 따라 별개의 장비들이 추가로 탑재될 수 있으며, 기자재 배치 또한 여러 형태로 배치될 수 있다.

선박의 선종별 Top Side에 탑재되는 기자재는 아래와 같이 확인할 수 있다.

표 2-1 선박의 선종별 Top Side 탑재장비

실선	톤수	선박 사진	Top Side 탑재장비
카훼리 여객선	69톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SSB(30W)</li> <li>- VHF 안테나</li> <li>- 레이더</li> </ul>
예인선	797톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- VHF 안테나</li> <li>- UHF 안테나</li> </ul>
항로표지선	97톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SSB(30W)</li> <li>- VHF 안테나</li> <li>- 레이더</li> </ul>
연구소 생태 탐방선	37톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- DGPS</li> <li>- VHF 안테나</li> </ul>
청항선	70톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SSB</li> <li>- DGPS</li> <li>- VHF 안테나</li> <li>- 레이더</li> </ul>
무궁화 28호	499톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- DGPS</li> <li>- AIS 안테나</li> <li>- VHF</li> </ul>

유선 (티파니 21)	298톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SSB(30W)</li> <li>- VHF 안테나</li> <li>- 레이더</li> </ul>
유류 저장 부선	700톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SSB(30W)</li> <li>- VHF 안테나</li> <li>- 레이더</li> </ul>
항만 순찰선	44톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SSB(30W)</li> <li>- VHF 안테나</li> <li>- 레이더</li> <li>- 위성안테나</li> </ul>
시험 조사선	6.17톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS PLOTTER</li> <li>- VHF 안테나</li> <li>- 레이더</li> </ul>
시험 조사선	31톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- INMARSAT-C</li> <li>- VHF 안테나</li> <li>- 레이더</li> </ul>
부유물 수거선	약 5톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내비게이션</li> </ul>
근해 트롤 어선	142톤		<ul style="list-style-type: none"> <li>- SSB</li> <li>- 레이더</li> <li>- GPS PLOTTER</li> </ul>

대형기선 저인망	139톤		- GPS PLOTTER
근해 안강만 어선	89톤		- SSB - VHF 안테나 - 어군탐지기 - 조난 신호 발신기
근해 채낚기 어선	71톤		- SSB - 레이더 - 조난신호자동발생기 - VHF 안테나
연안채낚기 어선	9.7톤		- SSB - VHF 안테나 - 레이더 - GPS PLOTTER
근해 통발 어선	79톤		- SSB - 레이더 - VHF 안테나
근해 자망 어선	39톤		- SSB - 레이더 - VHF 안테나
실습선 한바다 호	약6,000 톤		- S,X-Band 레이더 - VHF 안테나 - UHF 안테나 - 위성통신안테나 - MF/HF 안테나

## 제 3장 측정방법 및 측정 장비

### 제 1절. 선원들에 대한 전자파 이해도 조사

본 절에서는 선박에 상주하고 있는 선원들을 대상으로 전자파에 대한 인식 조사 및 Top Side에서 작업 시 이동거리 및 작업거리를 조사하여 Top Side의 설치된 전자장비 측정에 반영할 예비조사를 수행하였다.

그림 3-1은 2015년 9월부터 2015년 11월까지 선박에 상주하고 있는 선원들을 대상으로 전자파 인식을 조사하기 위하여 갑판사관 31명, 갑판부원 16명, 기관사관 26명, 기관부원 5명 등 총 78명을 대상으로 설문지 조사를 실시하였다. 추가로 선박의 Top Side의 전자장비에 대한 측정을 위해 작업시간, 이동거리, 작업거리를 항목을 설문조사를 통해 예비 조사 후 실선 측정 시 해당 내용을 반영하였다.

**선박 Top Side의 전자파인체노출 안전구역 운영 가이드라인  
연구구역 설문조사**

■ 「선박 Top Side의 전자파인체노출 안전구역 운영 가이드라인 연구」 용역 추진을 위해 한국해양대학교 전과공학과 주관으로 선박의 Top Side와 관련된 전자파 인체 노출에 대한 설문조사를 실시하고 있습니다. 본 조사에 협조해 주시면 대단히 감사하겠습니다.  
■ 한국해양대학교 전과공학과 교수 조영래 T:033-410-4421, C:010-4577-4421  
한국해양대학교 전과공학과 석사과정 최기도 T:033-410-4833, F:010-5527-5299

1. 당신은 EMF 관해 기본적인 지식이 있습니까?  
 ① 알고 있다.                      ② 모른다.                      ③ 기타(                      )  
 ※ 1번 응답시 2번에 대한 질문을 작성해 주십시오.

2. 전자파 인체 노출과 관련된 정보를 어떤 경주로 알게 되었습니까?  
 ① 전자파 교육                      ② TV(뉴스 및 프로그램)                      ③ 인터넷  
 ④ 학교 수업                      ⑤ 작업 매뉴얼                      ⑥ 기타(                      )

3. 선박의 최상층 갑판구역에서 작업 시 작업내용은 무엇입니까?  
 ① 선체 점검                      ② 통신장비의 고장 수리                      ③ 환경 정리  
 ④ 기타(                      )

4. 선박의 최상층 갑판구역에서 작업 시 소요시간을 기입하여 주십시오.  

통신장비	소요시간

5. 선박의 최상층 갑판구역에서 작업 시 장비와의 작업간격을 기입하여 주십시오.  
 ① 10 cm                      ② 30 cm                      ③ 50 cm  
 ④ 기타(                      )

6. 선박의 최상층 갑판구역에서 이동 시 통신장비와의 간격을 기입하여 주십시오.  
 ① 30 cm                      ② 50 cm                      ③ 1 m  
 ④ 기타(                      )

그림 3-1 EMF 설문조사

## 1. 전자파에 대한 인식 조사

그림 3-2는 2015년 9월부터 2015년 11월까지 선박에 상주하고 있는 선원들을 대상으로 전자파 인식을 조사하기 위해 설문조사 결과를 정리한 내용이다. 선원들의 전자파에 대한 인식조사 분석 결과 선원들의 12명(15%)만이 전자파에 대해 “모른다”라고 응답하였다. 현재 선원 및 관련종사자들이 전자파에 대한 인식 없이 작업 및 이동이 이루어지고 있다는 점을 고려하여 국가기관과 공기업에서 국가차원의 교육 및 인프라 확장이 더욱 활발히 이루어져야 할 것이며, 전자파 인체유해성 논란에서 배제될 수 없는 국내 선박관련 대학 및 기관에서 전자파에 대한 교육 및 연구를 더욱 활성화 해야 할 것으로 보인다.

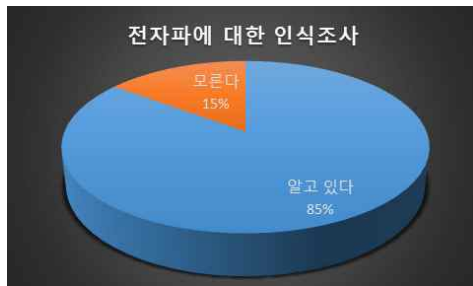


그림 3-2 전자파에 대한 인식 조사

그림 3-3은 전자파 인체노출 관련내용 정보를 얻게 된 경로에 관한 설문이다. 분석 결과 선원들의 44명이 “TV”라고 응답하였으며 그 다음은 “인터넷”, “기타 (개인 관심에 의해 정보조사)” 등이 이 범위에 포함되었다. 이는 국가적으로 전자파 인체 노출에 대한 정보 제공 및 인프라 구축이 필요하다는 점을 시사하고 있다.

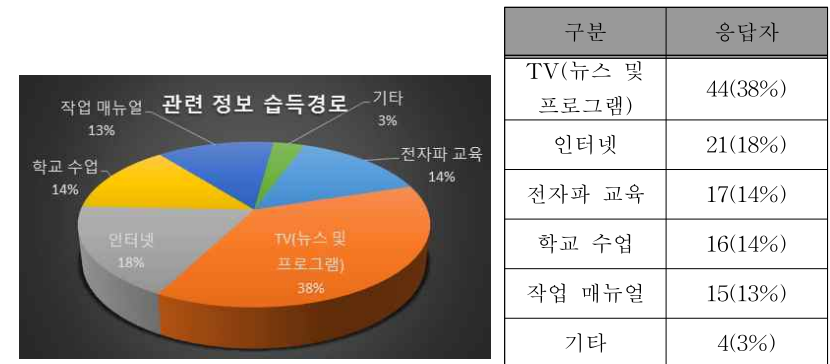


그림 3-3 EMF 관련정보 습득경로

## 2. Top Side의 작업 내용 조사

최신 건조되는 선박의 대형화, 고속화, 안전화 등의 요구에 따라 선박의 Top Side에 설치되는 전자장비는 고출력 및 고주파수를 사용하게 되었다. 이에 따라 선박의 협소한 공간적인 특징 때문에 선내 Top Side에는 선박의 항해를 위한 안테나, 및 레이더 등이 많은 장비들이 근접한 거리에 탑재되어 있으며 선원들은 선박의 Top Side에서 작업 시 많은 장비들로 이루어진 전자파



환경에 노출되어 있는 상태에서 작업이 이루어지고 있다.



그림 3-4 Top Side의 작업 내용

그림 3-4는 선박에 상주하고 있는 선원들을 대상으로 Top Side에서 수행되는 작업 내용을 조사한 것이다. Top Side에서 가장 활발히 작업이 이루어지는 것은 고장수리 및 상황점검으로 나타났다. 그 다음은 환경정리 및 기타 등의 순으로 조사되었다. 그래프를 통하여 상황 점검 및 고장수리의 작업이 많다는 것을 알 수 있는데, 이는 측정 장비와 매우 근접한 거리에서 작업이 이루어진다는 점을 짐작해 볼 수 있다. 따라서 측정 시 선원들이 Top Side에 탑재되어 있는 안테나 및 레이더 장비를 다룰 때에 선원들의 작업 위치 역시 고려하여 측정 및 장기적 노출에 대한 결과 분석이 이루어져야 한다는 점을 알 수 있다.

### 3. 작업 시 장비와의 간격 조사

그림 3-5는 선박에 상주하거나 선박 관련 업무에 종사하는 사람을 대상으로 선박에서 작업 시 전자장비와의 간격을 조사한 것이다.



그림 3-5 탑재 장비와의 작업거리

Top Side에서 작업 시 탑재 장비와 선원들 사이의 작업 거리는 30cm가 가장 많았으며 그 다음으로는 50cm라고 조사되었다. 이는 선원들이 선박의 탑재장비에서 작업 시 매우 근접한 거리에서 작업을 하고 있으며 전자파 강도 측정 시 본 위치에서의 측정을 해야한다는 점을 나타내고 있다.

### 4. 이동 시 장비와의 간격 조사

그림 3-6는 선박에 상주하거나 선박 관련 업무에 종사하는 사람을 대상으로 선박의 Top Side에서 이동시 장비와의 거리 간격을 조사한 것이다. Top Side에서 이동시 기타 의견이 있었으며 기타에 대한 내용으로는 1m ~ 5m 사이의 내용으로 다양하였다. 그 다음으로는 50cm, 30cm의 거리가 그래프에 포함되었다. 본 그래프의 결과(주요 이동거리)를 고려하여 전자파 강도 측정을 진행하였다.



그림 3-6 이동시 장비와의 간격

## 5. 작업 소요 시간 조사

그림 3-7는 선박에 상주하거나 선박 관련 업무에 종사하는 사람을 대상으로 선박의 Top Side에서 통신장비 작업 시 작업시간을 조사한 것이다. 그래프를 보면 소요시간이 0~1시간 22명, 1~2시간 32명, 2~3시간이 18명으로 조사되었으며, 주로 1~2시간 동안 작업한다고 하는 응답자가 많았다.



그림 3-7 작업 소요 시간

## 제 2절. 측정방법 및 측정장비

### 1. 측정 방법

#### 가. 국내 전자파강도기준 측정방법

전파법 제 47조의2제1항과 동법시행령 제 123조제1항제2호의 규정에 따라서 전자파강도 측정기준(국립전파연구원 고시)에 전자파 강도 측정위치를 다음과 같이 고시하고 있다.

측정위치는 그림 3-8과 같이 프로브 중심 높이를 지면으로부터 1.1 m, 1.5 m, 1.7 m로 위치시켜 총 3개의 위치에서 측정 한다.

측정 절차는 다음을 따른다.

가. 기본측정 : 기본측정의 절차는 다음 순서를 따른다..

- 1) 측정기기의 적합 여부를 확인한다.
- 2) 측정환경을 확인하고 기록한다.
- 3) 측정시작지점을 선정하지 않고 안전시설로부터 1 m 떨어진 지점을 측정지점으로 한다.
- 4) 프로브의 높이를 지면으로부터 1.5 m에 위치시킨다.
- 5) 측정기기를 그림 3-8에 따라 배치하고, 프로브와 수신기를 1.0 m 이상 이격시킨다.
- 6) 수신기를 다음과 같이 조정한다.
  - 가) 수신기의 측정 주파수와 측정 대역폭은 측정대상 신호의 주파수 및 대역폭과 동일하게 조정한다.
  - 나) 검파 모드는 실효값을 측정할 수 있게 조정한다.

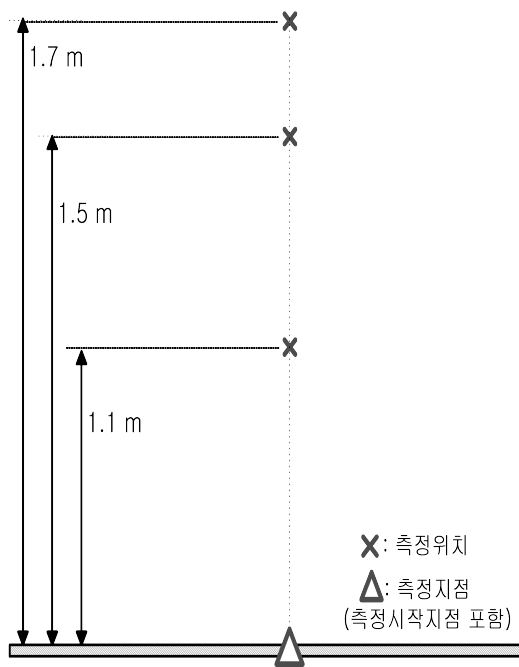


그림 3-8 측정위치

#### 나. 선박의 Top Side의 전자파강도 측정위치

선박의 Top Side에 설치되어 있는 장비들은 VHF 안테나, AIS 안테나, UHF 안테나, S-Band 레이더 등이다. 위 전자장비의 전자파강도를 측정하기 위해서 선원들을 대상으로 작업거리 및 이동거리를 조사하였고, 이에 따라 선박의 Top Side의 측정위치는 그림 3-8과 같이 진행하였다.

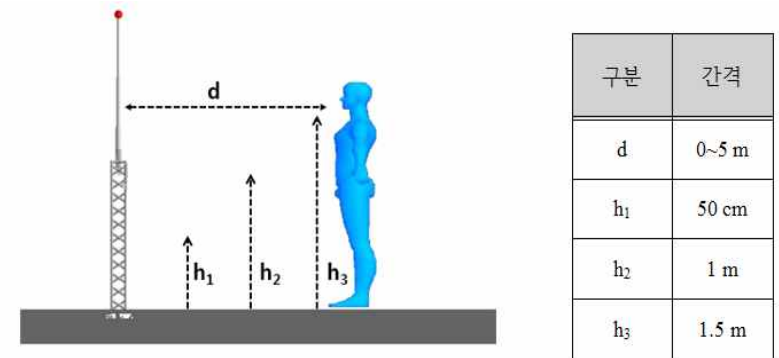


그림 3-9 Top Side의 전자파강도 측정위치

#### 다. 선박의 Top Side의 전자파강도 측정방법

측정은 아래 그림 3-9와 같은 구성으로 측정을 시행하였다. 측정하고자 하는 시험품으로부터 선원의 작업하는 위치 및 선원의 이동하는 경로를 중심으로 측정하였다. 측정된 공간은 차폐된 공간이 아닌 자유공간 상에서 측정을 시행하였다. 안테나는 E-Field 안테나를 이용하여 전자파강도를 측정하였다. 측정주파수 대역은 VHF 안테나 156 MHz, AIS 안테나 162 MHz, UHF 안테나 420 MHz, S-Band 레이더 3.05 GHz의 대역이다.

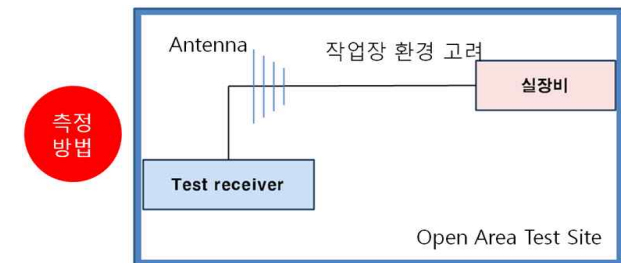


그림 3-10 측정방법 블록도



측정장비는 독일 Narda 사의 SRM-3006 장비를 사용하여 측정하였으며 E-Field 안테나 측정대역은 27 MHz~3 GHz, 400 MHz~6 GHz이다. 측정 장비는 시험 안테나, 프로브, 스펙트럼 분석기, PC로 구성하여 전자파강도 측정을 진행하였다.

표 3-1 측정장비 목록

장비명	제작사	MODEL	Freq. Band
EMF TEST Antenna	Narda	-	27 MHz ~ 3 GHz
EMF TEST Antenna	Narda	-	400 MHz ~ 6 GHz
E-Filed Analyzer	Narda	SRM-3006	27 MHz ~ 6 GHz
Computer	SONY	Vaio	-



그림 3-13. SRM-3000



그림 3-14. Computer

## 2. 측정 장비

선박의 Top Side EMF 환경 측정을 위한 주요 측정장비는 아래와 같다.



그림 3-11. E-Field Antenna



그림 3-12. H-Field Antenna

## 제 4장 실선 측정결과

### 제 1절. 실선 측정결과

선박의 전자파환경 측정을 위해 한국해양대학교의 실습선인 한바다호, 한나라 호 그리고 일반 상선에서 측정하였다. 측정 방법으로는 국내 전자파강도 측정방법을 활용하였으며 측정 위치는 사전조사 후 선박의 Top Side에 적합한 측정방법을 고안 후 측정하였다. 표 4-1은 측정대상 선박인 한바다호의 주요제원이다.

표 4-1 한바다 호

구 조	상선 / 여객선
폭	17.80 m
전 장	117.20 m
깊이	8.15 m
항해 속도	최대 19.0 knots, 상용 17.5 knots
정 원	246명



그림 4-1 한국해양대학교 실습선 한바다 호

### 1. Top Side 측정(한바다 호)

Top Side 에서의 측정은 선박의 항해 중 사용하는 항해장비(안테나 및 레이더)에서의 전자계를 측정하였다.

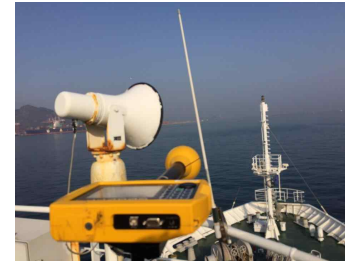


그림 4-2. Top Side VHF Antenna



그림 4-3. Top Side AIS Antenna

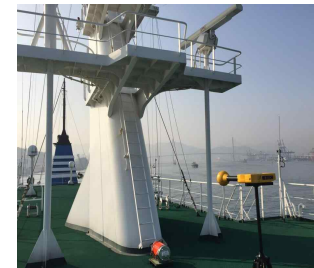


그림 4-4. Top Side S-Band Radar

#### 가. VHF 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 VHF 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

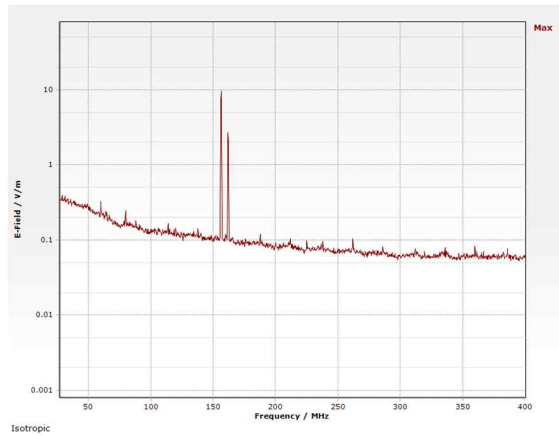


그림 4-5 VHF 안테나 측정결과

그림 4-5는 측정거리 1.5m와 높이 0.5m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 VHF 안테나 동작주파수 156MHz에서 9.653 V/m로 기준대비 약 34.2 %가 측정되었으며 이때에 AIS 안테나에서 송신이 이루어져 162MHz에서 2.653 V/m로 기준대비 약 9.4 %가 측정되었다.

#### 나. AIS 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 AIS 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

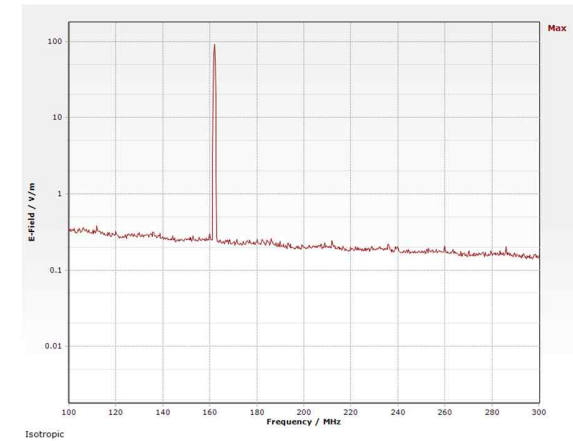


그림 4-6 AIS 안테나 측정결과

그림 4-6는 측정거리 5cm와 높이 1.5cm에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 AIS 안테나 동작주파수 162MHz에서 93.13 V/m로 기준대비 약 332.6 %가 측정되었다.

#### 다. UHF 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 UHF 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

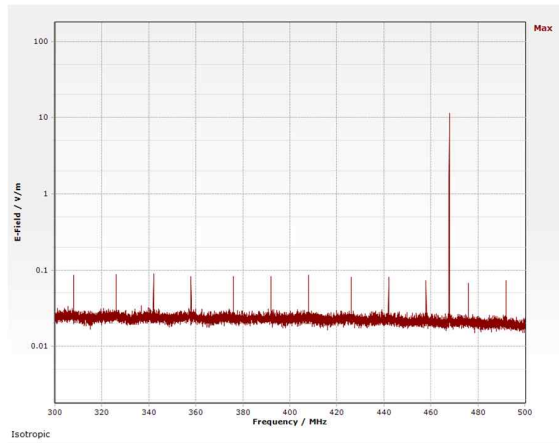


그림 4-7 UHF 안테나 측정결과

그림 4-7는 측정거리 1m와 높이 1.5m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 UHF 안테나 동작주파수 423 MHz에서 18.44 V/m로 기준대비 약 65.2 %가 측정되었다.

#### 라. S-Band 레이더 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 S-Band 레이더장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

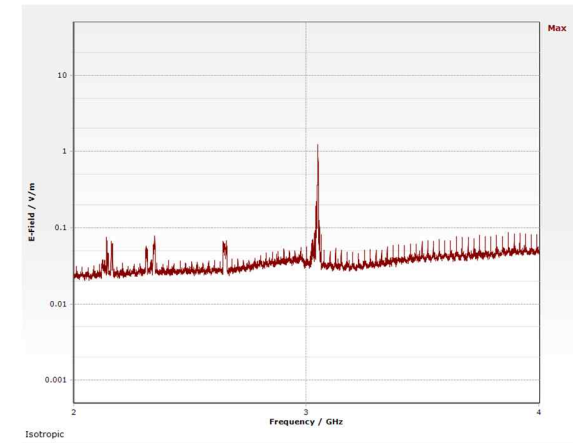


그림 4-8 S-Band 레이더 측정결과

그림 4-8는 측정거리 10m와 높이 1.5m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 S-Band 레이더 동작주파수 3.05 GHz에서 1.23 V/m로 기준대비 약 2.0 %가 측정되었다.

#### 2. Top Side 측정(한나라 호)

Top Side 에서의 측정은 선박의 항해 중 사용하는 항해장비(안테나 및 레이더)에서의 전자계를 측정하였다.



그림 4-9. Top Side VHF Antenna



그림 4-10. Top Side AIS Antenna

#### 가. VHF 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 VHF 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

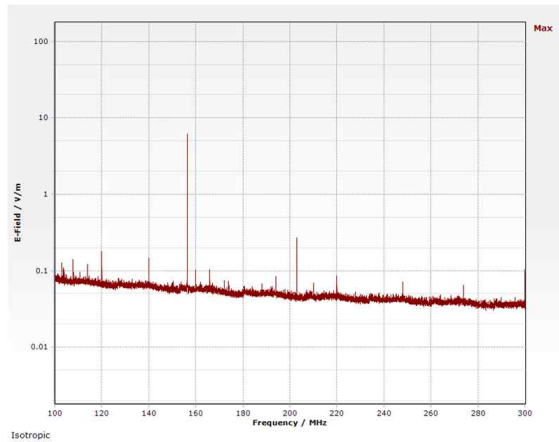


그림 4-11 VHF 안테나 측정

그림 4-11는 측정거리 1.5m와 높이 0.5m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 VHF 안테나 동작주파수 156 MHz에서 9.327 V/m로 기준대비 약 33.2 %가 측정되었다.

#### 나. AIS 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 AIS 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

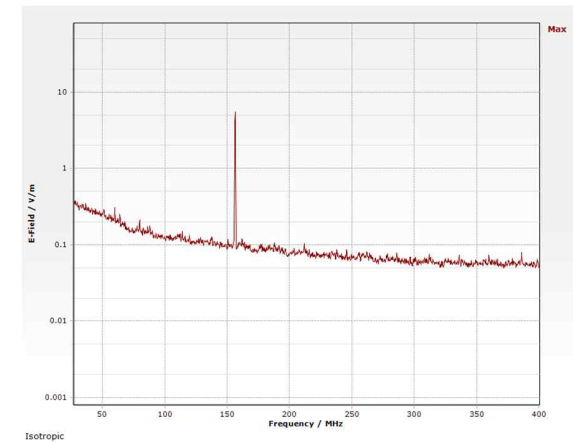


그림 4-12 AIS 안테나 측정

그림 4-12는 측정거리 1.5 m와 높이 1 m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 AIS 안테나 동작주파수 156 MHz에서 6.213 V/m로 기준대비 약 22.2 %가 측정되었다.

#### 다. UHF 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 UHF 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

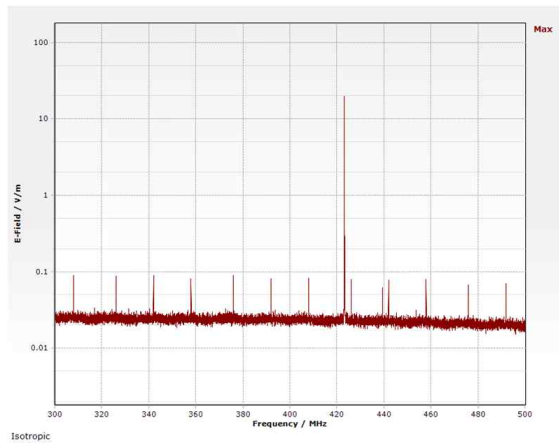


그림 4-13 UHF 안테나 측정

그림 4-13는 측정거리 0.5 m와 높이 1.5 m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 UHF 안테나 동작주파수 423 MHz에서 24.31 V/m로 기준대비 약 86.8 %가 측정되었다.

#### 라. S-Band 레이더 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 S-Band 레이더장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

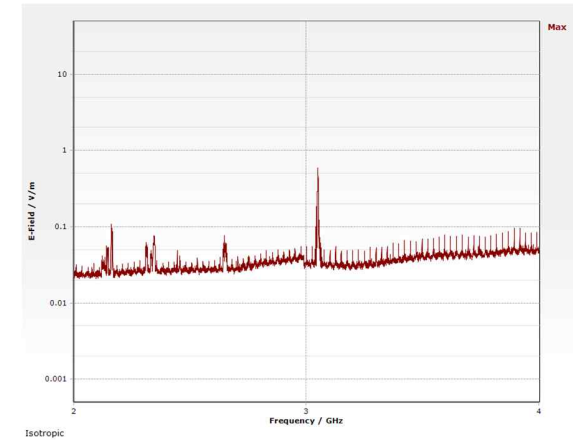


그림 4-14 S-Band 레이더 측정

그림 4-14는 측정거리 0 m와 높이 1.5 m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 S-Band 레이더 동작주파수 3.05 GHz에서 0.6 V/m로 기준대비 약 0.9 %가 측정되었다.

#### 2. Top Side 측정(상선)

Top Side 에서의 측정은 선박의 항해 중 사용하는 항해장비(안테나 및 레이더)에서의 전자계를 측정하였다.

### 가. VHF 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 중 통신을 위한 VHF 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

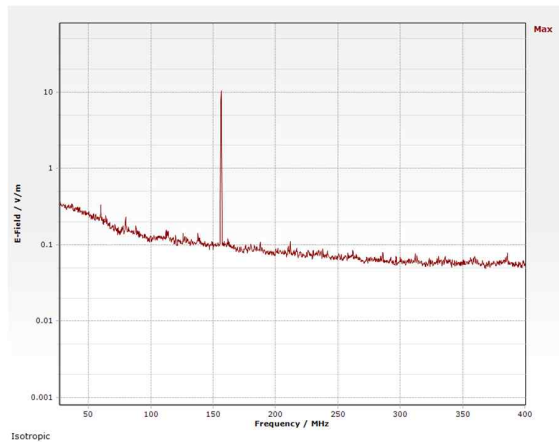


그림 4-15 VHF 안테나 측정

그림 4-15는 측정거리 2m와 높이 1m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 VHF 안테나 동작주파수 156MHz에서 10.04 V/m로 기준대비 약 35.8 %가 측정되었다.

### 나. AIS 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 시 항해 중 통신을 위한 AIS 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

는 MAX HOLD이다.

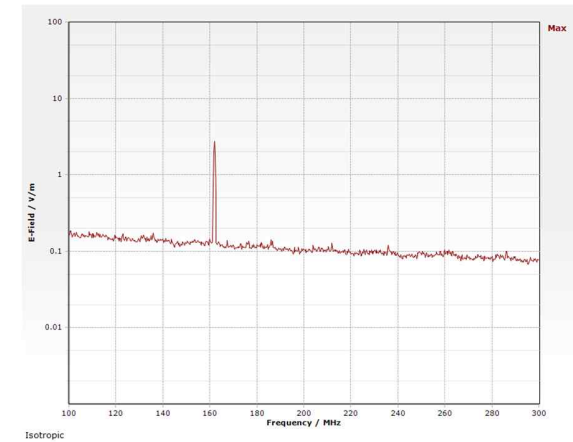


그림 4-16 AIS 안테나 측정

그림 4-16는 측정거리 3m와 높이 1.5m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 AIS 안테나 동작주파수 162MHz에서 2.73 V/m로 기준대비 약 9.75 %가 측정되었다.

### 다. UHF 안테나 측정

선교(Bridge)에서 항해 시 항해 중 통신을 위한 UHF 안테나장비를 이용하여 신호를 송수신 시 전기장 강도(E-Field)를 측정하였다. 측정된 결과는 MAX HOLD로 표시되도록 하였다.

## 제 5장 측정결과 분석

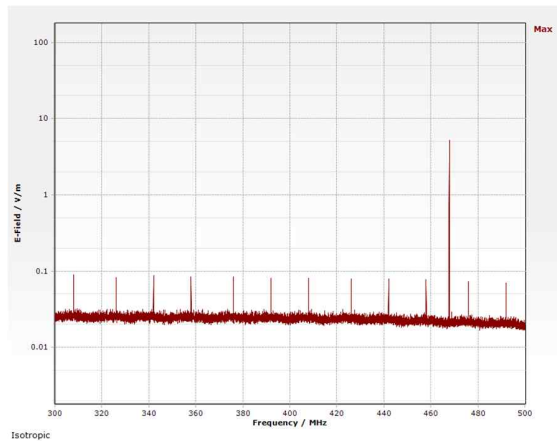


그림 4-17 UHF 안테나 측정

그림 4-17은 측정거리 3m와 높이 0.5m에서 전기장강도를 측정한 스펙트럼을 보여주고 있다. 측정 결과 UHF 안테나 동작주파수 467MHz에서 5.47 V/m로 기준대비 약 18.4 %가 측정되었다.

본 연구에서는 한국해양대학교의 실습선 한바다호, 한나라 호 그리고 상선을 측정하였다. 총 3척의 선박 Top Side에서 측정한 측정결과 값을 일반인 기준, 직업인 기준으로 분류한 후 국내 전자파강도기준, 국외 ICNIRP의 전자파강도기준과 비교분석 하였다.

### 제 1절. 국내 전자파강도기준

전자파강도기준은 전자파로부터 인체 노출에 대한 최악의 경우를 가정하여 도출된 전자기장 세기 또는 전력밀도로 나라마다 조금씩 상이하며 우리나라의 인체보호 기준은 국제 비전리 복사방호위원회(ICNIRP)의 기준을 활용하여 미래창조과학부 고시(제 2015-18호 전자파인체보호기준)을 적용하고 있다.



표 5-1 일반인에 대한 국내전자파강도기준

주파수 범위	전기장강도 (V/m)	자기장강도 (A/m)	자속밀도 ( $\mu$ T)	전력밀도 (W/m <sup>2</sup> )
1Hz 이하	-	$3.2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	
1Hz 이상 ~ 8Hz 미만	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8Hz 이상 ~ 25Hz 미만	10,000	4,000/f	5,000/f	
0.025MHz 이상 ~ 0.8MHz 미만	250/f	4/f	5/f	
0.8MHz 이상 ~ 3MHz 미만	250/f	5	6.25	
3MHz 이상 ~ 150MHz 미만	87	5	6.25	
0.15MHz 이상 ~ 1MHz 미만	87	0.73/f	0.92/f	
1MHz 이상 ~ 10MHz 미만	$87/f^{1/2}$	0.73/f	0.92/f	2
10MHz 이상 ~ 400MHz 미만	28	0.073	0.092	
400MHz 이상 ~ 2,000MHz 미만	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	
2GHz 이상 ~ 300GHz 미만	61	0.16	0.20	

비고 :

1. 주파수(f)의 단위는 주파수 범위란에 표시된 단위와 같다.
2. 전기장강도, 자기장강도 및 자속밀도는 실효치로 한다. 자속밀도는 자기장강도에 자유공간의 투자율( $4\pi \times 10^{-7}$ )을 곱한 것이며 전력밀도는 주어진 주파수에서 전기장강도에 자기장강도를 곱한 것이다.
3. 이하의 주파수대역에서 측정값은 100kHz 시간평균을 취하지 않은 최대값으로 한다.
4. 100kHz 이상 10GHz 미만의 주파수 대역에서 측정 평균시간은 6분으로 한다.
5. 10GHz 이상의 주파수대역에서 측정 평균시간은  $68/f^{1.05}$  분으로 한다. 단, f의 단위는 GHz 이다.
6. 동일 장소 또는 그 주변에 복수의 무선국이 전자파를 복사하는 경우 또는 하나의 무선국이 다중주파수의 전자파를 복사하는 경우 전기장강도 및 자기장강도에 관하여는 위 표의 각 주파수에서 복사되

는 값의 기준값에 대한 비율의 제곱의 합 또는 전력밀도에 관하여는 위 표의 각 주파수에서 복사되는 값의 기준값에 대한 비율의 합이 각각 1을 초과하지 않아야 한다.

표 5-2 직업인에 대한 국내전자파강도기준

주파수 범위	전기장강도 (V/m)	자기장강도 (A/m)	자속밀도 ( $\mu$ T)	전력밀도 (W/m <sup>2</sup> )
1Hz 이하	-	$1.63 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	
1Hz 이상 ~ 8Hz 미만	20,000	$1.63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	
8Hz 이상 ~ 25Hz 미만	20,000	$2 \times 10^4/f$	$2.5 \times 10^4/f$	
0.025MHz 이상 ~ 0.82MHz 미만	500/f	20/f	25/f	
0.82MHz 이상 ~ 65MHz 미만	610	24.4	30.7	
0.065MHz 이상 ~ 1MHz 미만	610	1.6/f	2.0/f	
1MHz 이상 ~ 10MHz 미만	610/f	1.6/f	2.0/f	
10MHz 이상 ~ 400MHz 미만	61	0.16	0.2	10
400MHz 이상 ~ 2,000MHz 미만	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$	f/40
2GHz 이상 ~ 300GHz 미만	137	0.36	0.45	50

## 제 2절. ICNIRP 기준

ICNIRP(국제 비이온화방사 보호 위원회)는 IRPA(국제 방사선 보호 연합)에서 1992년 설립한 독일의 국제 비정부 기구로서 우리 생활속에서 쉽게 접하는 휴대전화, 전자장비 등의 전자기파를 발생시키는 제품의 방사선 전자파 노출 한도를 결정하고, 고시하는 역할을 하고 있다. ICNIRP 전기장강도기준은 아래 표 5-3, 5-4와 같다.

표 5-3 일반인에 대한 ICNIRP 전자파강도기준

Frequency range	E-field Strength (V/m)	H-field Strength (A/m)	B-field (uT)
3-150 kHz	87	5	6.25
0.15-1 MHz	87	0.73/f	0.92/f
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	0.73/f	0.92/f
10-400 MHz	28	0.073	0.092
400-2,000MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$
2-300 GHz	61	0.16	0.20

표 5-4 직업인에 대한 ICNIRP 전자파강도기준

Frequency range	E-field Strength (V/m)	H-field Strength (A/m)	B-field (uT)
0.82-65 kHz	610	24.4	30.7
0.065-1 MHz	610	1.6/f	2.0/f
1-10 MHz	610/f	1.6/f	2.0/f
10-400 MHz	61	0.16	0.2
400-2,000MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$
2-300 GHz	137	0.45	0.45

### 제 3절. 일반인, 직업인에 대한 전자파강도기준분석

본 절에서는 선박의 Top Side에서 측정한 결과를 국내 전자파강도기준 그리고 ICNIRP의 전자파강도기준과 상호 비교분석하여 어떠한 경향으로 차이가 나는지 분석 하고자 한다. 따라서 본 절에서는 측정 결과를 국내 전자파강도기준과 ICNIRP기준을 비교분석하여 선박에서 작업 및 이동이 이루어지는 선원 및 승객에 대한 전자파인체노출정도를 파악하고자 한

다.

#### 1. 한바다 호 결과 분석

한바다 호의 VHF 안테나, AIS 안테나, UHF 안테나, S-Band 레이더에서 측정한 결과를 국내 전자파 강도기준 그리고 ICNIRP 기준으로 비교한 값은 표 5-5, 표 5-6에서 나타내었다. 노출지수는 전자파 인체보호기준상의 전기장강도(또는 자기장강도) 기준값과 측정값의 비의 제곱 또는 전력밀도 기준값과 측정값의 비를 말한다.

$$\text{노출지수} = (\text{전기장 측정값} / \text{전기장강도 기준값})^2$$

표 5-5 한바다 호 결과 분석 (일반인 기준 분석)

장비	주파수	높이	거리	국내 기준	ICNIRP 기준	전기장 강도	노출지수
VHF 안테나	156 MHz	0.5	0.5	28.00	28.00	10.82	0.15
	156 MHz	0.5	1	28.00	28.00	10.16	0.13
	156 MHz	0.5	1.5	28.00	28.00	9.65	0.12
	156 MHz	0.5	2	28.00	28.00	5.25	0.03
	156 MHz	0.5	3	28.00	28.00	6.34	0.05
	156 MHz	0.5	4	28.00	28.00	5.42	0.03
	156 MHz	0.5	5	28.00	28.00	4.46	0.02
	156 MHz	1	0.5	28.00	28.00	10.70	0.15
	156 MHz	1	1	28.00	28.00	11.34	0.16
	156 MHz	1	1.5	28.00	28.00	10.70	0.15
	156 MHz	1	2	28.00	28.00	10.46	0.14
	156 MHz	1	3	28.00	28.00	10.11	0.13
	156 MHz	1	4	28.00	28.00	8.69	0.09
	156 MHz	1	5	28.00	28.00	6.23	0.04
	156 MHz	1.5	0.5	28.00	28.00	15.42	0.30
	156 MHz	1.5	1	28.00	28.00	13.69	0.24
	156 MHz	1.5	1.5	28.00	28.00	12.33	0.19
	156 MHz	1.5	2	28.00	28.00	10.86	0.15
	156 MHz	1.5	3	28.00	28.00	9.67	0.11
	156 MHz	1.5	4	28.00	28.00	7.43	0.07
	156 MHz	1.5	5	28.00	28.00	4.38	0.02
AIS	162 MHz	0.5	0.5	28.00	28.00	6.87	0.06

안테나	162 MHz	0.5	1	28.00	28.00	6.38	0.05
	162 MHz	0.5	1.5	28.00	28.00	4.36	0.02
	162 MHz	0.5	2	28.00	28.00	3.63	0.01
	162 MHz	0.5	3	28.00	28.00	2.84	0.01
	162 MHz	0.5	4	28.00	28.00	2.19	0.01
	162 MHz	0.5	5	28.00	28.00	1.09	0.00
	162 MHz	1	0.5	28.00	28.00	7.88	0.07
	162 MHz	1	1	28.00	28.00	6.45	0.05
	162 MHz	1	1.5	28.00	28.00	5.72	0.04
	162 MHz	1	2	28.00	28.00	4.26	0.02
	162 MHz	1	3	28.00	28.00	3.06	0.01
	162 MHz	1	4	28.00	28.00	2.44	0.01
	162 MHz	1	5	28.00	28.00	1.62	0.00
	<b>162 MHz</b>	<b>1.5</b>	<b>0.05</b>	<b>28.00</b>	<b>28.00</b>	<b>93.13</b>	<b>11.06</b>
	162 MHz	1.5	1	28.00	28.00	8.63	0.09
	162 MHz	1.5	1.5	28.00	28.00	7.62	0.07
	162 MHz	1.5	2	28.00	28.00	5.24	0.03
	162 MHz	1.5	3	28.00	28.00	4.32	0.02
	162 MHz	1.5	4	28.00	28.00	2.96	0.01
	162 MHz	1.5	5	28.00	28.00	2.06	0.01
UHF 안테나	423 MHz	0.5	0.5	28.27	28.27	20.41	0.52
	423 MHz	0.5	1	28.27	28.27	16.44	0.33
	423 MHz	0.5	1.5	28.27	28.27	12.63	0.20
	423 MHz	0.5	2	28.27	28.27	11.72	0.17
	423 MHz	0.5	3	28.27	28.27	9.27	0.10
	423 MHz	0.5	4	28.27	28.27	7.11	0.06
	423 MHz	0.5	5	28.27	28.27	5.2	0.03
	423 MHz	1	0.5	28.27	28.27	26.83	0.90
	423 MHz	1	1	28.27	28.27	19.42	0.47
	423 MHz	1	1.5	28.27	28.27	17.37	0.38
	423 MHz	1	2	28.27	28.27	14.76	0.28
	423 MHz	1	3	28.27	28.27	10.65	0.14
	423 MHz	1	4	28.27	28.27	6.28	0.05
	423 MHz	1	5	28.27	28.27	2.64	0.01
	423 MHz	1.5	0.05	28.27	28.27	23.71	0.70
	423 MHz	1.5	1	28.27	28.27	18.44	0.43
	423 MHz	1.5	1.5	28.27	28.27	16.32	0.33
	423 MHz	1.5	2	28.27	28.27	13.39	0.22
	423 MHz	1.5	3	28.27	28.27	12.84	0.21
	423 MHz	1.5	4	28.27	28.27	8.82	0.09
	423 MHz	1.5	5	28.27	28.27	5.24	0.03
S-Band	3050 MHz	1.5	0	61	61	0.18	0.00
	3050 MHz	1.5	2	61	61	0.43	0.00
	3050 MHz	1.5	4	61	61	0.79	0.00
	3050 MHz	1.5	6	61	61	0.98	0.00
레이더	3050 MHz	1.5	8	61	61	1.03	0.00

	3050 MHz	1.5	10	61	61	1.23	0.00
	3050 MHz	1.5	12	61	61	6.19	0.01

한국해양대학교 실습선 한바다 호에서 측정결과 AIS 안테나와 5 cm거리에서 노출지수가 11.06으로 국내기준과 ICNIRP 기준을 초과하였으며 나머지 측정 결과는 기준을 만족한다. 그러나 UHF 안테나에서 기준을 만족하였지만 거리가 약 2m 이하에서 국내 기준과 근접한 결과를 도출할 수 있었다. S-Band레이더의 경우에는 방사되는 전력은 높지만 레이더에서 직선으로 방사하려는 방사패턴의 특성 때문에 실제 Top Side에서 전기장강도가 높게 측정되지 않았다.

표 5-6 한바다 호 결과 분석 (직업인 기준 분석)

장비	주파수	높이	거리	국내 기준	ICNIRP 기준	전기장 강도	노출지 수
VHF 안테나	156 MHz	0.5	0.5	61	61	10.82	0.03
	156 MHz	0.5	1	61	61	10.16	0.02
	156 MHz	0.5	1.5	61	61	9.65	0.02
	156 MHz	0.5	2	61	61	5.25	0.01
	156 MHz	0.5	3	61	61	6.34	0.01
	156 MHz	0.5	4	61	61	5.42	0.00
	156 MHz	0.5	5	61	61	4.46	0.00
	156 MHz	1	0.5	61	61	10.70	0.03
	156 MHz	1	1	61	61	11.34	0.03
	156 MHz	1	1.5	61	61	10.70	0.03
	156 MHz	1	2	61	61	10.46	0.03
	156 MHz	1	3	61	61	10.11	0.03
	156 MHz	1	4	61	61	8.69	0.02
	156 MHz	1	5	61	61	6.23	0.01
	156 MHz	1.5	0.5	61	61	15.42	0.06
	156 MHz	1.5	1	61	61	13.69	0.05
	156 MHz	1.5	1.5	61	61	12.33	0.04
	156 MHz	1.5	2	61	61	10.86	0.03
	156 MHz	1.5	3	61	61	9.67	0.02
	156 MHz	1.5	4	61	61	7.43	0.01
	156 MHz	1.5	5	61	61	4.38	0.00
AIS 안테나	162 MHz	0.5	0.5	61	61	6.87	0.01
	162 MHz	0.5	1	61	61	6.38	0.01
	162 MHz	0.5	1.5	61	61	4.36	0.01

	162 MHz	0.5	2	61	61	3.63	0.00
	162 MHz	0.5	3	61	61	2.84	0.00
	162 MHz	0.5	4	61	61	2.19	0.00
	162 MHz	0.5	5	61	61	1.09	0.00
	162 MHz	1	0.5	61	61	7.88	0.01
	162 MHz	1	1	61	61	6.45	0.01
	162 MHz	1	1.5	61	61	5.72	0.01
	162 MHz	1	2	61	61	4.26	0.00
	162 MHz	1	3	61	61	3.06	0.00
	162 MHz	1	4	61	61	2.44	0.00
	162 MHz	1	5	61	61	1.62	0.00
	<b>162 MHz</b>	<b>1.5</b>	<b>0.05</b>	<b>61</b>	<b>61</b>	<b>93.13</b>	<b>2.27</b>
	162 MHz	1.5	1	61	61	8.63	0.02
	162 MHz	1.5	1.5	61	61	7.62	0.01
	162 MHz	1.5	2	61	61	5.24	0.01
	162 MHz	1.5	3	61	61	4.32	0.00
	162 MHz	1.5	4	61	61	2.96	0.00
	162 MHz	1.5	5	61	61	2.06	0.00
UHF 안테나	423 MHz	0.5	0.5	61	61	20.41	0.11
	423 MHz	0.5	1	61	61	16.44	0.07
	423 MHz	0.5	1.5	61	61	12.63	0.04
	423 MHz	0.5	2	61	61	11.72	0.04
	423 MHz	0.5	3	61	61	9.27	0.02
	423 MHz	0.5	4	61	61	7.11	0.01
	423 MHz	0.5	5	61	61	5.2	0.01
	423 MHz	1	0.5	61	61	26.83	0.19
	423 MHz	1	1	61	61	19.42	0.10
	423 MHz	1	1.5	61	61	17.37	0.08
	423 MHz	1	2	61	61	14.76	0.05
	423 MHz	1	3	61	61	10.65	0.03
	423 MHz	1	4	61	61	6.28	0.01
	423 MHz	1	5	61	61	2.64	0.00
	423 MHz	1.5	0.05	61	61	23.71	0.15
	423 MHz	1.5	1	61	61	18.44	0.09
	423 MHz	1.5	1.5	61	61	16.32	0.07
	423 MHz	1.5	2	61	61	13.39	0.04
	423 MHz	1.5	3	61	61	12.84	0.04
	423 MHz	1.5	4	61	61	8.82	0.02
	423 MHz	1.5	5	61	61	5.24	0.01
S-Band  레이더	3050 MHz	1.5	0	137	137	0.18	0.00
	3050 MHz	1.5	2	137	137	0.43	0.00
	3050 MHz	1.5	4	137	137	0.79	0.00
	3050 MHz	1.5	6	137	137	0.98	0.00
	3050 MHz	1.5	8	137	137	1.03	0.00
	3050 MHz	1.5	10	137	137	1.23	0.00
	3050 MHz	1.5	12	137	137	6.19	0.00

한국해양대학교 실습선 한나라 호에서 측정결과를 직업인 기준과 비교  
해 보았을 때 AIS 안테나와 5cm거리에서 노출지수가 2.27로 국내기준과  
ICNIRP 기준을 초과하였으며 나머지 측정 결과는 기준을 만족한다.

## 2. 한나라 호 결과 분석

한나라 호의 VHF 안테나, AIS 안테나, UHF 안테나, S-Band 레이더에  
서 측정한 결과를 국내 전자파 강도기준 그리고 ICNIRP 기준으로 비교  
한 값은 표 5-7, 표 5-8에서 나타내었다.

표 5-7 한나라 호 결과 분석 (일반인 기준 분석)

장비	주파수	높이	거리	국내 기준	ICNIRP 기준	전기장 강도	노출지 수
VHF 안테나	156 MHz	0.5	0.5	28.00	28.00	11.84	0.18
	156 MHz	0.5	1	28.00	28.00	10.46	0.14
	156 MHz	0.5	1.5	28.00	28.00	9.33	0.11
	156 MHz	0.5	2	28.00	28.00	7.63	0.07
	156 MHz	0.5	3	28.00	28.00	5.23	0.03
	156 MHz	0.5	4	28.00	28.00	4.82	0.02
	156 MHz	0.5	5	28.00	28.00	3.24	0.01
	156 MHz	1	0.5	28.00	28.00	12.63	0.2
	156 MHz	1	1	28.00	28.00	11.96	0.18
	156 MHz	1	1.5	28.00	28.00	10.32	0.14
	156 MHz	1	2	28.00	28.00	9.88	0.12
	156 MHz	1	3	28.00	28.00	8.42	0.09
	156 MHz	1	4	28.00	28.00	8.69	0.09
	156 MHz	1	5	28.00	28.00	8.64	0.09
	156 MHz	1.5	0.5	28.00	28.00	13.26	0.22
	156 MHz	1.5	1	28.00	28.00	12.74	0.20
	156 MHz	1.5	1.5	28.00	28.00	11.95	0.18
	156 MHz	1.5	2	28.00	28.00	10.46	0.14
	156 MHz	1.5	3	28.00	28.00	9.28	0.10
	156 MHz	1.5	4	28.00	28.00	8.36	0.09
	156 MHz	1.5	5	28.00	28.00	5.38	0.03
AIS 안테나	162 MHz	0.5	0.5	28.00	28.00	7.87	0.07
	162 MHz	0.5	1	28.00	28.00	5.62	0.04
	162 MHz	0.5	1.5	28.00	28.00	4.24	0.02

	162 MHz	0.5	2	28.00	28.00	3.12	0.01
	162 MHz	0.5	3	28.00	28.00	2.56	0.01
	162 MHz	0.5	4	28.00	28.00	1.96	0.00
	162 MHz	0.5	5	28.00	28.00	0.96	0.00
	162 MHz	1	0.5	28.00	28.00	8.45	0.10
	162 MHz	1	1	28.00	28.00	7.33	0.06
	162 MHz	1	1.5	28.00	28.00	6.21	0.05
	162 MHz	1	2	28.00	28.00	4.33	0.02
	162 MHz	1	3	28.00	28.00	3.27	0.01
	162 MHz	1	4	28.00	28.00	1.93	0.00
	162 MHz	1	5	28.00	28.00	1.42	0.00
	<b>162 MHz</b>	<b>1.5</b>	<b>0.05</b>	<b>28.00</b>	<b>28.00</b>	<b>91.84</b>	<b>10.76</b>
	162 MHz	1.5	1	28.00	28.00	7.13	0.06
	162 MHz	1.5	1.5	28.00	28.00	5.92	0.04
	162 MHz	1.5	2	28.00	28.00	3.27	0.01
	162 MHz	1.5	3	28.00	28.00	3.04	0.01
	162 MHz	1.5	4	28.00	28.00	2.81	0.01
	162 MHz	1.5	5	28.00	28.00	1.88	0.00
UHF 안테나	423 MHz	0.5	0.5	28.27	28.27	21.32	0.57
	423 MHz	0.5	1	28.27	28.27	18.66	0.44
	423 MHz	0.5	1.5	28.27	28.27	13.23	0.22
	423 MHz	0.5	2	28.27	28.27	11.42	0.16
	423 MHz	0.5	3	28.27	28.27	8.84	0.10
	423 MHz	0.5	4	28.27	28.27	6.98	0.06
	423 MHz	0.5	5	28.27	28.27	4.92	0.03
	423 MHz	1	0.5	28.27	28.27	25.23	0.80
	423 MHz	1	1	28.27	28.27	21.76	0.59
	423 MHz	1	1.5	28.27	28.27	19.27	0.46
	423 MHz	1	2	28.27	28.27	15.35	0.29
	423 MHz	1	3	28.27	28.27	11.76	0.17
	423 MHz	1	4	28.27	28.27	6.25	0.05
	423 MHz	1	5	28.27	28.27	3.47	0.02
	423 MHz	1.5	0.05	28.27	28.27	24.31	0.74
	423 MHz	1.5	1	28.27	28.27	19.23	0.46
	423 MHz	1.5	1.5	28.27	28.27	15.47	0.30
	423 MHz	1.5	2	28.27	28.27	13.17	0.22
	423 MHz	1.5	3	28.27	28.27	11.93	0.18
	423 MHz	1.5	4	28.27	28.27	9.27	0.11
	423 MHz	1.5	5	28.27	28.27	0.62	0.00
S-Band  레이더	3050 MHz	1.5	0	61.00	61.00	0.59	0.00
	3050 MHz	1.5	2	61.00	61.00	0.98	0.00
	3050 MHz	1.5	4	61.00	61.00	1.02	0.00
	3050 MHz	1.5	6	61.00	61.00	1.42	0.00
	3050 MHz	1.5	8	61.00	61.00	1.62	0.00
	3050 MHz	1.5	10	61.00	61.00	4.43	0.01

한국해양대학교 실습선 한나라 호에서 측정결과 AIS 안테나와 5 cm거리에서 노출지수가 10.76으로 국내기준과 ICNIRP 기준을 초과하였으며 나머지 측정 결과는 기준을 만족한다. 그러나 UHF 안테나에서 기준을 만족하였지만 거리가 약 2m 이하에서 국내 기준과 근접한 결과를 도출할 수 있었다.

표 5-8 한나라 호 결과 분석 (직업인 기준 분석)

장비	주파수	높이	거리	국내 기준	ICNIRP 기준	전기장 강도	노출지 수
VHF 안테나	156 MHz	0.5	0.5	61.00	61.00	11.82	0.04
	156 MHz	0.5	1	61.00	61.00	10.46	0.03
	156 MHz	0.5	1.5	61.00	61.00	9.33	0.02
	156 MHz	0.5	2	61.00	61.00	7.63	0.02
	156 MHz	0.5	3	61.00	61.00	5.23	0.01
	156 MHz	0.5	4	61.00	61.00	4.82	0.01
	156 MHz	0.5	5	61.00	61.00	3.24	0.00
	156 MHz	1	0.5	61.00	61.00	12.63	0.04
	156 MHz	1	1	61.00	61.00	11.96	0.03
	156 MHz	1	1.5	61.00	61.00	10.32	0.03
	156 MHz	1	2	61.00	61.00	9.88	0.03
	156 MHz	1	3	61.00	61.00	8.42	0.02
	156 MHz	1	4	61.00	61.00	8.69	0.02
	156 MHz	1	5	61.00	61.00	8.64	0.02
	156 MHz	1.5	0.5	61.00	61.00	13.26	0.04
	156 MHz	1.5	1	61.00	61.00	12.74	0.04
	156 MHz	1.5	1.5	61.00	61.00	11.95	0.03
	156 MHz	1.5	2	61.00	61.00	10.46	0.02
	156 MHz	1.5	3	61.00	61.00	9.28	0.02
	156 MHz	1.5	4	61.00	61.00	8.36	0.02
	156 MHz	1.5	5	61.00	61.00	5.38	0.01
AIS 안테나	162 MHz	0.5	0.5	61.00	61.00	7.87	0.02
	162 MHz	0.5	1	61.00	61.00	5.62	0.01
	162 MHz	0.5	1.5	61.00	61.00	4.24	0.00
	162 MHz	0.5	2	61.00	61.00	3.12	0.00
	162 MHz	0.5	3	61.00	61.00	2.56	0.00
	162 MHz	0.5	4	61.00	61.00	1.96	0.00
	162 MHz	0.5	5	61.00	61.00	0.96	0.00
	162 MHz	1	0.5	61.00	61.00	8.45	0.02
	162 MHz	1	1	61.00	61.00	7.33	0.01
	162 MHz	1	1.5	61.00	61.00	6.21	0.01
	162 MHz	1	2	61.00	61.00	4.33	0.01

	162 MHz	1	3	61.00	61.00	3.27	0.00
	162 MHz	1	4	61.00	61.00	1.93	0.00
	162 MHz	1	5	61.00	61.00	1.42	0.00
	<b>162 MHz</b>	<b>1.5</b>	<b>0.05</b>	<b>61.00</b>	<b>61.00</b>	<b>91.84</b>	<b>2.26</b>
	162 MHz	1.5	1	61.00	61.00	7.13	0.01
	162 MHz	1.5	1.5	61.00	61.00	5.92	0.01
	162 MHz	1.5	2	61.00	61.00	3.27	0.00
	162 MHz	1.5	3	61.00	61.00	3.04	0.00
	162 MHz	1.5	4	61.00	61.00	2.81	0.00
	162 MHz	1.5	5	61.00	61.00	1.88	0.00
UHF 안테나	423 MHz	0.5	0.5	61.00	61.00	21.32	0.12
	423 MHz	0.5	1	61.00	61.00	18.66	0.09
	423 MHz	0.5	1.5	61.00	61.00	13.23	0.04
	423 MHz	0.5	2	61.00	61.00	11.42	0.04
	423 MHz	0.5	3	61.00	61.00	8.84	0.02
	423 MHz	0.5	4	61.00	61.00	6.98	0.01
	423 MHz	0.5	5	61.00	61.00	4.92	0.01
	423 MHz	1	0.5	61.00	61.00	25.23	0.17
	423 MHz	1	1	61.00	61.00	21.76	0.13
	423 MHz	1	1.5	61.00	61.00	19.27	0.10
	423 MHz	1	2	61.00	61.00	15.35	0.06
	423 MHz	1	3	61.00	61.00	11.76	0.03
	423 MHz	1	4	61.00	61.00	6.25	0.01
	423 MHz	1	5	61.00	61.00	3.47	0.00
	423 MHz	1.5	0.05	61.00	61.00	24.31	0.15
	423 MHz	1.5	1	61.00	61.00	19.23	0.10
	423 MHz	1.5	1.5	61.00	61.00	15.47	0.06
	423 MHz	1.5	2	61.00	61.00	13.17	0.04
	423 MHz	1.5	3	61.00	61.00	11.93	0.03
	423 MHz	1.5	4	61.00	61.00	9.27	0.02
	423 MHz	1.5	5	61.00	61.00	6.33	0.01
S-Band  레이더	3050 MHz	1.5	0	137.00	137.00	0.59	0.00
	3050 MHz	1.5	2	137.00	137.00	0.98	0.00
	3050 MHz	1.5	4	137.00	137.00	1.02	0.00
	3050 MHz	1.5	6	137.00	137.00	1.42	0.00
	3050 MHz	1.5	8	137	137	1.62	0.00
	3050 MHz	1.5	10	137	137	4.43	0.00

한국해양대학교 실습선 한나라 호에서 측정결과를 직업인 기준과 비교해 보았을 때 AIS 안테나와 5 cm거리에서 노출지수가 2.26으로 국내기준과 ICNIRP 기준을 초과하였으며 나머지 측정 결과는 기준을 만족한다.

### 3. 상선 측정 결과 분석

상선의 VHF 안테나, AIS 안테나, UHF 안테나에서 측정한 결과를 국내 전자파 강도기준 그리고 ICNIRP 기준으로 비교한 값은 표 5-9, 표 5-10에서 나타내었다.

표 5-9 상선 결과 분석 (일반인 기준 분석)

장비	주파수	높이	거리	국내 기준	ICNIRP 기준	전기장 강도	노출지 수
VHF 안테나	156 MHz	0.5	0.5	28.00	28.00	10.37	0.14
	156 MHz	0.5	1	28.00	28.00	10.63	0.14
	156 MHz	0.5	1.5	28.00	28.00	9.29	0.11
	156 MHz	0.5	2	28.00	28.00	8.46	0.09
	156 MHz	0.5	3	28.00	28.00	4.88	0.03
	156 MHz	0.5	4	28.00	28.00	3.97	0.02
	156 MHz	0.5	5	28.00	28.00	3.12	0.01
	156 MHz	1	0.5	28.00	28.00	12.93	0.21
	156 MHz	1	1	28.00	28.00	11.13	0.16
	156 MHz	1	1.5	28.00	28.00	10.63	0.14
	156 MHz	1	2	28.00	28.00	10.04	0.13
	156 MHz	1	3	28.00	28.00	9.12	0.11
	156 MHz	1	4	28.00	28.00	8.34	0.09
	156 MHz	1	5	28.00	28.00	6.13	0.05
	156 MHz	1.5	0.5	28.00	28.00	13.36	0.23
	156 MHz	1.5	1	28.00	28.00	12.45	0.20
	156 MHz	1.5	1.5	28.00	28.00	11.04	0.16
	156 MHz	1.5	2	28.00	28.00	9.98	0.23
	156 MHz	1.5	3	28.00	28.00	8.45	0.09
	156 MHz	1.5	4	28.00	28.00	7.23	0.07
	156 MHz	1.5	5	28.00	28.00	6.41	0.05
AIS 안테나	162 MHz	0.5	0.5	28.00	28.00	6.35	0.05
	162 MHz	0.5	1	28.00	28.00	5.26	0.04
	162 MHz	0.5	1.5	28.00	28.00	4.78	0.03
	162 MHz	0.5	2	28.00	28.00	3.45	0.02
	162 MHz	0.5	3	28.00	28.00	2.42	0.01
	162 MHz	0.5	4	28.00	28.00	1.56	0.00
	162 MHz	0.5	5	28.00	28.00	0.95	0.00
	162 MHz	1	0.5	28.00	28.00	9.34	0.11

	162 MHz	1	1	28.00	28.00	8.16	0.08
	162 MHz	1	1.5	28.00	28.00	7.21	0.07
	162 MHz	1	2	28.00	28.00	5.23	0.03
	162 MHz	1	3	28.00	28.00	3.46	0.02
	162 MHz	1	4	28.00	28.00	2.15	0.01
	162 MHz	1	5	28.00	28.00	1.23	0.00
	162 MHz	1.5	0.5	28.00	28.00	8.64	0.10
	162 MHz	1.5	1	28.00	28.00	8.06	0.08
	162 MHz	1.5	1.5	28.00	28.00	7.32	0.07
	162 MHz	1.5	2	28.00	28.00	4.09	0.02
	162 MHz	1.5	3	28.00	28.00	2.73	0.01
	162 MHz	1.5	4	28.00	28.00	2.15	0.01
UHF 안테나	423 MHz	0.5	0.5	28.27	28.27	10.36	0.13
	423 MHz	0.5	1	28.27	28.27	9.14	0.10
	423 MHz	0.5	1.5	28.27	28.27	8.36	0.09
	423 MHz	0.5	2	28.27	28.27	6.82	0.06
	423 MHz	0.5	3	28.27	28.27	5.47	0.04
	423 MHz	0.5	4	28.27	28.27	4.24	0.02
	423 MHz	0.5	5	28.27	28.27	4.38	0.02
	423 MHz	1	0.5	28.27	28.27	9.63	0.12
	423 MHz	1	1	28.27	28.27	8.98	0.10
	423 MHz	1	1.5	28.27	28.27	8.12	0.08
	423 MHz	1	2	28.27	28.27	7.39	0.07
	423 MHz	1	3	28.27	28.27	6.46	0.05
	423 MHz	1	4	28.27	28.27	5.35	0.04
	423 MHz	1	5	28.27	28.27	5.08	0.03
	423 MHz	1.5	0.05	28.27	28.27	10.46	0.14
	423 MHz	1.5	1	28.27	28.27	9.42	0.11
	423 MHz	1.5	1.5	28.27	28.27	7.86	0.08
	423 MHz	1.5	2	28.27	28.27	6.93	0.06
	423 MHz	1.5	3	28.27	28.27	6.04	0.05
	423 MHz	1.5	4	28.27	28.27	5.83	0.04
	423 MHz	1.5	5	28.27	28.27	4.91	0.03

상선에서 측정결과는 국내전자파강도기준 그리고 ICNIRP 전자파강도기준을 만족한다. 한바다 호, 한나라 호와는 달리 상선의 UHF안테나에 측정되는 전기장 강도가 낮은 이유는 한국해양대학교 실습선 한바다 호, 한나라 호와는 다른 UHF 장비를 사용하고 있고 이에 따라 출력되는 전력 차이에 의한 것으로 사료된다.

표 5-10 상선 결과 분석 (직업인 기준 분석)

장비	주파수	높이	거리	국내 기준	ICNIRP 기준	전기장 강도	노출지 수
VHF 안테나	156 MHz	0.5	0.5	61.00	61.00	10.37	0.14
	156 MHz	0.5	1	61.00	61.00	10.63	0.14
	156 MHz	0.5	1.5	61.00	61.00	9.29	0.11
	156 MHz	0.5	2	61.00	61.00	8.46	0.09
	156 MHz	0.5	3	61.00	61.00	4.88	0.03
	156 MHz	0.5	4	61.00	61.00	3.97	0.02
	156 MHz	0.5	5	61.00	61.00	3.12	0.01
	156 MHz	1	0.5	61.00	61.00	12.93	0.21
	156 MHz	1	1	61.00	61.00	11.13	0.16
	156 MHz	1	1.5	61.00	61.00	10.63	0.14
	156 MHz	1	2	61.00	61.00	10.04	0.13
	156 MHz	1	3	61.00	61.00	9.12	0.11
	156 MHz	1	4	61.00	61.00	8.34	0.09
	156 MHz	1	5	61.00	61.00	6.13	0.05
	156 MHz	1.5	0.5	61.00	61.00	13.36	0.23
	156 MHz	1.5	1	61.00	61.00	12.45	0.20
	156 MHz	1.5	1.5	61.00	61.00	11.04	0.16
	156 MHz	1.5	2	61.00	61.00	9.98	0.23
	156 MHz	1.5	3	61.00	61.00	8.45	0.09
	156 MHz	1.5	4	61.00	61.00	7.23	0.07
	156 MHz	1.5	5	61.00	61.00	6.41	0.05
AIS 안테나	162 MHz	0.5	0.5	61.00	61.00	6.35	0.05
	162 MHz	0.5	1	61.00	61.00	5.26	0.04
	162 MHz	0.5	1.5	61.00	61.00	4.78	0.03
	162 MHz	0.5	2	61.00	61.00	3.45	0.02
	162 MHz	0.5	3	61.00	61.00	2.42	0.01
	162 MHz	0.5	4	61.00	61.00	1.56	0.00
	162 MHz	0.5	5	61.00	61.00	0.95	0.00
	162 MHz	1	0.5	61.00	61.00	9.34	0.11
	162 MHz	1	1	61.00	61.00	8.16	0.08
	162 MHz	1	1.5	61.00	61.00	7.21	0.07
	162 MHz	1	2	61.00	61.00	5.23	0.03
	162 MHz	1	3	61.00	61.00	3.46	0.02
	162 MHz	1	4	61.00	61.00	2.15	0.01
	162 MHz	1	5	61.00	61.00	1.23	0.00
	162 MHz	1.5	0.5	61.00	61.00	8.64	0.10
	162 MHz	1.5	1	61.00	61.00	8.06	0.08
	162 MHz	1.5	1.5	61.00	61.00	7.32	0.07
	162 MHz	1.5	2	61.00	61.00	4.09	0.02

UHF 안테나	162 MHz	1.5	3	61.00	61.00	2.73	0.01
	162 MHz	1.5	4	61.00	61.00	2.15	0.01
	162 MHz	1.5	5	61.00	61.00	0.92	0.00
	467 MHz	0.5	0.5	61.70	61.00	10.36	0.13
	467 MHz	0.5	1	61.70	61.00	9.14	0.10
	467 MHz	0.5	1.5	61.70	61.00	8.36	0.09
	467 MHz	0.5	2	61.70	61.00	6.82	0.06
	467 MHz	0.5	3	61.70	61.00	5.47	0.04
	467 MHz	0.5	4	61.70	61.00	4.24	0.02
	467 MHz	0.5	5	61.70	61.00	4.38	0.02
	467 MHz	1	0.5	61.70	61.00	9.63	0.12
	467 MHz	1	1	61.70	61.00	8.98	0.10
	467 MHz	1	1.5	61.70	61.00	8.12	0.08
	467 MHz	1	2	61.70	61.00	7.39	0.07
	467 MHz	1	3	61.70	61.00	6.46	0.05
	467 MHz	1	4	61.70	61.00	5.35	0.04
	467 MHz	1	5	61.70	61.00	5.08	0.03
	467 MHz	1.5	0.05	61.70	61.00	10.46	0.14
	467 MHz	1.5	1	61.70	61.00	9.42	0.11
	467 MHz	1.5	1.5	61.70	61.00	7.86	0.08
	467 MHz	1.5	2	61.70	61.00	6.93	0.06
	467 MHz	1.5	3	61.70	61.00	6.04	0.05
	467 MHz	1.5	4	61.70	61.00	5.83	0.04
	467 MHz	1.5	5	61.70	61.00	4.91	0.03

상선에서 측정결과는 국내전자파강도기준 그리고 ICNIRP 전자파강도기준을 만족한다.

## 제 4절. Top Side 운영 가이드라인

본 절에서는 선박의 Top Side에서 전자파인체노출 안전구역 운영 가이드라인을 제안하고자 한다. 안전 가이드라인은 장비 설치 가이드라인, 장비 운영 가이드라인, 마지막으로 장비 안전 가이드라인으로 구성하였다.

### 1. 장비 설치 가이드라인

제안하는 선박의 Top Side에 탑재되는 장비에 대한 설치 가이드라인은 장비 설치 시 선원들에 대한 전자파인체노출을 고려하여 안전하게 설치되는 것을 목적으로 한다. 선박의 Top Side에 탑재되는 장비는 크게 레이더, 안테나가 있다. 선박에 탑재되어 있는 레이더의 경우에는 레이더의 방사특성상 직선으로 방사하려는 성질 때문에 Top Side에 전자파 노출을 크게 발생시키지 않는다. 그러나 선박에 탑재되는 안테나의 경우에는 전방사적 특징 때문에 설치되는 안테나에 대한 설치 가이드라인이 필요하다.

#### 가. VHF안테나, AIS안테나 설치 가이드라인

VHF안테나와 AIS안테나의 경우에는 1개의 안테나가 해당 주파수대역을 만족하여 1개의 장비로 2개의 신호를 송수신한다. 선박에 Top Side에 설치되는 안테나에 대한 설치 가이드라인은 아래와 같다.

1. 안테나 특성적 관점: 1) 일반적으로 VHF, AIS 안테나는 선박의 높은 위치에 설치되어야 하고 다른 장비와 가능한 많이 떨어져 있어야 한다.



2) VHF, AIS 안테나는 전도성 물질로 만들어진 구조로부터 떨어져 최소한 2M정도의 높은 곳에서 놓여야 한다, 뿐만 아니라 큰 수직 물체에 가깝게 설치해서는 안되며, VHF, AIS 안테나는 수평으로 360도 시야를 확보해야 한다.

3) VHF, AIS 안테나는 레이더나 다른 송신 레이더 및 송신 라디오 안테나 같은 고압 에너지원으로부터 적어도 3M 정도 떨어져 설치해야 하고 송신 빔으로부터 벗어나 있어야 한다.

4) 같은 높이에서 한 개 이상의 안테나가 설치되어서는 안되며, VHF, AIS 안테나가 다른 안테나와 같은 높이에 위치해 있다면 안테나 거리를 최소 2M 이상 떨어져 설치되어야 한다.

5) 주변의 큰 구조물로부터 떨어져 수직 2M, 수평 6M 이상 떨어져 있어야 한다.

2. 전자파노출 관점: 1) 일반적으로 VHF, AIS 안테나는 방사되는 전기장강도를 고려해 선원이 작업 및 이동하는 경로로부터 2M 이상 떨어진 위치에 설치되어야 한다.
- 2) 일반적으로 VHF, AIS 안테나 설치 시 전자파 인체노출과 관련된 내용사항을 해당 장비에 표기하여야 한다.
- 3) 전자파 노출로부터 인체를 보호하기 위해 설치된 안테나로부터 2M 이하의 거리 지표면에 적색 및 진입금지표시 표시하여야 한다.

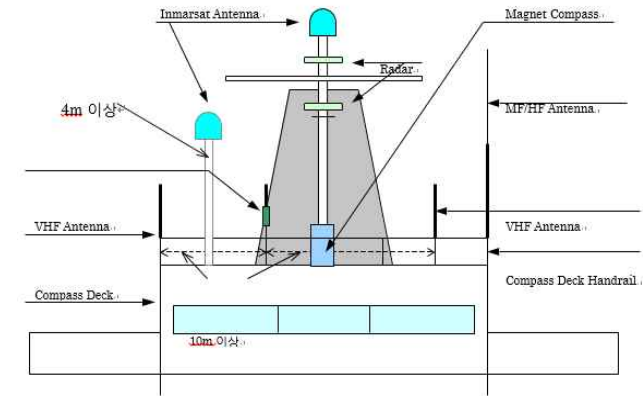


그림 5-1 안테나 설치 모형도

## 2. 장비 운영 가이드라인

제안하는 선박의 Top Side에 탑재되는 장비에 대한 운영 가이드라인은 선원들의 해당 전자장비 관련 업무 시 전자파인체노출에서 안전하게 장비를 사용하는 것을 목적으로 한다.

### 가. 장비별 주요 전기장 강도

장비별 주요 전기장강도는 측정 결과에서 직업인에 대한 국내 전자파강도기준에 근접 및 초과하는 결과를 바탕으로 선박에 거리별 높이별 전기장강도 측정값을 표 5-11과 같이 표현하였다.

표 5-11 Top Side의 주요 장비별 노출도

장비	주파수 (Hz)	거리 (cm)	높이 (m)	전기장강도 (V/m)	노출지수
VHF 안테나	156	5	0.5~1.5	75.0~80.0	1.5~1.7
AIS 안테나	162	5	0.5~1.5	90.0~95.0	2.17~2.42
UHF 안테나	423	50	0.5~1.5	20.0~30.0	0.1~0.24

VHF 안테나, AIS 안테나에서 매우 근접한 거리 5cm에서는 전기장 강도가 약 75.0~80.0 V/m, 90~95.0 V/m로 측정되었으며 이는 직업인에 대한 국내 전자파강도기준을 초과한 것이다. 따라서 선원들의 해당 장비 운영 시 장비와의 거리를 50cm 이상의 거리에서 작업이 이루어 져야 된다는 점을 시사하고 있다. UHF 안테나에서는 0.5 m에서 약 20~30 V/m로 측정되었다. 이 결과는 국내 직업인에 대한 전자파강도기준 적용 시 0.1의 노출지수로서 낮은 결과이지만 일반인 기준 적용 시 0.9 이상의 노출지수로 매우 높은 값이다.

#### 나. 장비 운영 매뉴얼 제안

선박의 Top Side의 안테나에서 선원들이 작업할 때에 장비에 대한 운영에 대한 매뉴얼은 다음과 같은 사항을 고려할 수 있다.

1. 장비 및 장비 관리자에 대한 명칭이 정의되어야 한다.
2. 운영 관리자는 장비와 전자파인체노출 관련된 교육에 대한 이수 사항이 고려되어야 한다.
3. 운영관리자는 장비의 명확한 관리책임과 효율적인 운영을 위한 관리 체계를 구축하여야 한다.
4. 운영관리자는 Top Side에 탑재되는 장비에 대해 정상적인 사용

과 해당 지역에서 작업하는 선원들에게 탑재장비와 전자파의 인체노출과 관련된 사항을 교육 및 설명이 진행되어야 한다.

다음과 같은 사항을 고려한 Top Side의 운영 지침서 예안은 다음과 같다.

1. 목적: 이 지침은 선박의 Top Side에 탑재되는 장비에 대한 전자파 인체노출과 관련된 업무내용 및 처리 절차를 정의하고 이에 따른 책임과 권한을 명백히 하여 장비 운영 시 전자파로부터의 피해를 줄이기 위함을 목적으로 한다.
2. 적용: 이 지침은 전파법 제 47조의 2에 따라 국내전자파강도기준을 적용하고 있으며 선원들이 Top Side에서 작업하는 VHF 안테나, AIS안테나, 그리고 UHF 안테나에 대하여 적용한다.
3. 정의: 1) “전기장강도”는 전기장 내의 한 점에 있는 단위 양전하에 작용하는 힘을 말한다.  
2) “장비”라 함은 Top Side에서 탑재되는 장비로서 전자파 노출원을 가지는 물품을 말한다.  
3) “운영 관리자”라 함은 선박의 Top Side에 탑재되어 있는 장비에 대하여 운용 및 관리에 대한 업무를 전반적으로 책임지는 자로서 그 예로는 각 선박의 통신장이 있다.  
4) “선원”이라 함은 선박의 항해를 위하여 선박에서 종사하는 사람들의 총칭을 말한다.
4. 업무 수행 절차: 선박의 Top Side에서 안테나와 관련된 업무 시 운영 관리자 및 선원은 다음 각 호에 내용을 따라야 한다.  
1) 운용관리자는 선박의 Top Side에 탑재되는 장비와 장비에서 방사되는 전기장강도에 대하여 충분한 숙지가

이루어져야 한다.

- 2) 숙지된 장비에 대하여 타 선원이 작업 시 장비에 따른 전자파 인체노출 관련 교육이 이루어져야한다.
- 3) 장비 작업 시 작업하는 선원은 교육된 내용을 바탕으로 전원 차단 및 장비와의 충분한 거리를 두어 업무를 수행한다.
- 4) Top Side에 탑재되어있는 장비 고장 수리 시 운용관리자에게 보고하여 작업 동안에 통신장비의 조작을 금지한다.

### 3. 장비 안전 가이드라인

제안하는 선박의 Top Side에 탑재되는 장비에 대한 안전 가이드라인은 거리와 노출지수 값을 Heat Model로 표현하고 있다. 따라서 선박의 Top Side에서 작업하는 선원들이 각 장비에 대하여 충분한 거리를 두어 장비에서 발생하는 전자파노출로부터 선원을 보호하는 것이 목적이다.

#### 가. VHF 안테나 안전가이드라인

VHF 안테나 안전가이드라인은 앞에서 측정한 한바다 호, 한나라 호, 상선의 측정결과를 국내전자파강도기준에서 고시된 노출지수에 적용하여 Heat Model을 작성한 것이다. 각 선박의 VHF 안테나에서 방사되는 전기장강도의 값은 크게 차이가 나타나지 않았다. 따라서 각 선박의 측정값을 평균값으로 환산 후 국내 전자파강도기준의 일반인기준, 직업인 기준으로 분류하여 Heat Model로 표현하였다. Heat Model은 노출원으로부터 거리별 전자파 노출지수를 나타낸 것이다.

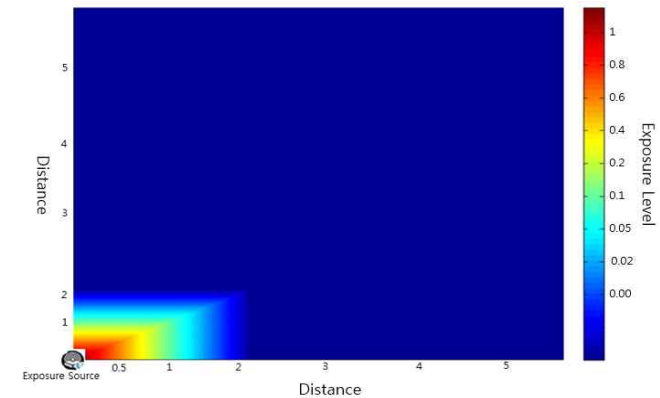


그림 5-2 VHF안테나 안전가이드라인(일반인 기준)

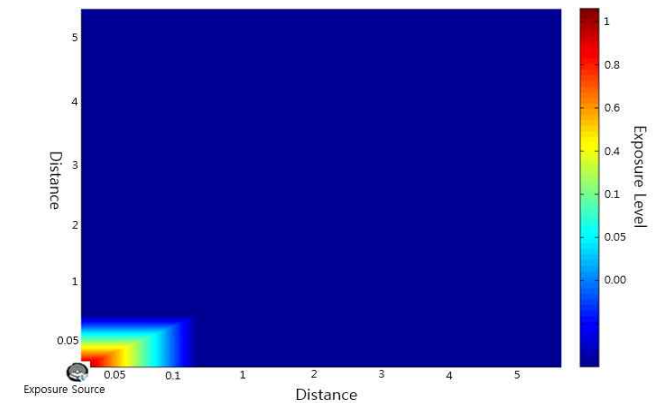


그림 5-3 VHF 안테나 안전가이드라인(직업인 기준)

그림 5-2, 그림 5-3는 일반인, 직업인 기준에 적용하여 VHF안테나 안전가이드라인을 Heat Model로 표현한 것이다. 그림 5-1, 그림 5-2의 붉은 영역은 노출지수가 0.8 ~ 1 이상의 지역으로 전자파 인체노출이 매우

높은 구역이다. 파란색의 영역은 노출지수가 0.00 ~ 0.05 이하로 전자파 인체노출로부터 안전한 구역이라 할 수 있다. 따라서 선박의 Top Side의 VHF안테나 관련 업무 수행 시 적어도 1m 이상 거리를 두는 것이 전자파로부터 인체를 보호할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

#### 나. AIS 안테나 안전가이드라인

AIS 안테나 안전가이드라인은 앞에서 측정한 한바다 호, 한나라 호, 상선의 측정결과를 국내전자파강도기준에서 고시된 노출지수에 적용하여 Heat Model을 작성한 것이다. 각 선박의 AIS 안테나에서 방사되는 전기장강도의 값은 크게 차이가 나타나지 않았다. 따라서 각 선박의 측정값을 평균값으로 환산 후 국내 전자파강도기준의 일반인기준, 직업인 기준으로 분류하여 Heat Model로 표현하였다.

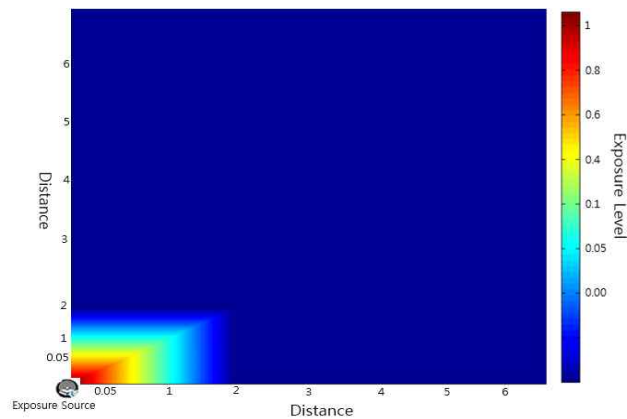


그림 5-3 AIS 안테나 안전가이드라인(일반인 기준)

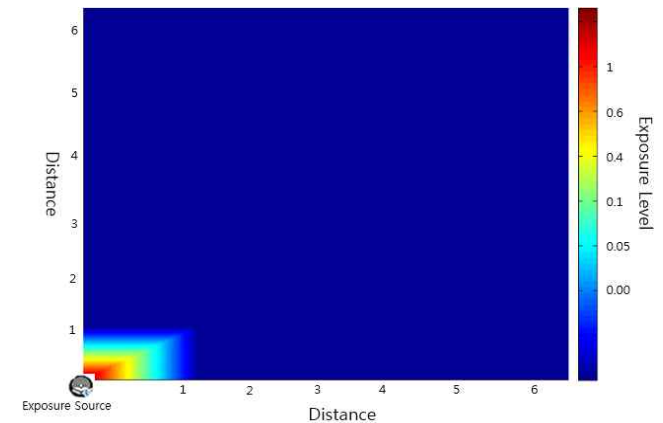


그림 5-4 AIS 안테나 안전가이드라인(직업인 기준)

그림 5-3, 그림 5-4는 일반인, 직업인 기준에 적용하여 AIS 안테나 안전가이드라인을 Heat Model로 표현한 것이다. 그림 5-3, 그림 5-4의 붉은 영역은 노출지수가 0.8 ~ 1 이상의 지역으로 전자파 인체노출이 매우 높은 구역이다. 파란색의 영역은 노출지수가 0.00 ~ 0.05 이하로 전자파 인체노출로부터 안전한 구역이라 할 수 있다. 따라서 선박의 Top Side의 AIS 안테나 관련 업무 수행 시 적어도 50cm 이상 거리를 두는 것이 전자파로부터 인체를 보호할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

#### 다. UHF 안테나 안전가이드라인

UHF 안테나 안전가이드라인은 앞에서 측정한 한바다 호, 한나라 호, 측정결과를 국내전자파강도기준에서 고시된 노출지수에 적용하여 Heat Model을 작성한 것이다. 각 선박의 UHF 안테나에서 방사되는 전기장강도의 값은 크게 차이가 나타나지 않았다. 따라서 각 선박의 측정값을 평균값으로 환산 후 국내 전자파강도기준의 일반인기준, 직업인 기준으로 분류하여 Heat Model로 표현하였다.

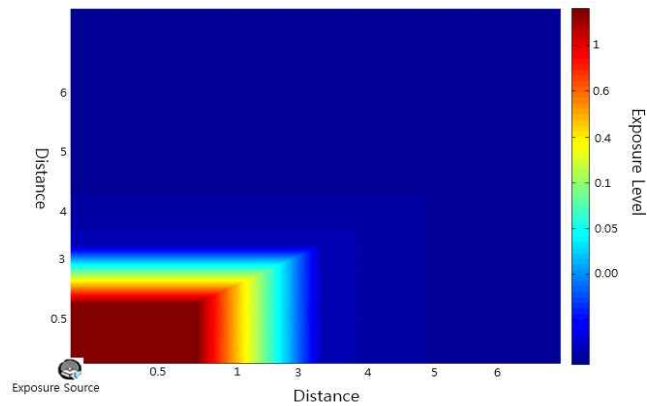


그림 5-5 UHF 안테나 안전가이드라인(일반인 기준)

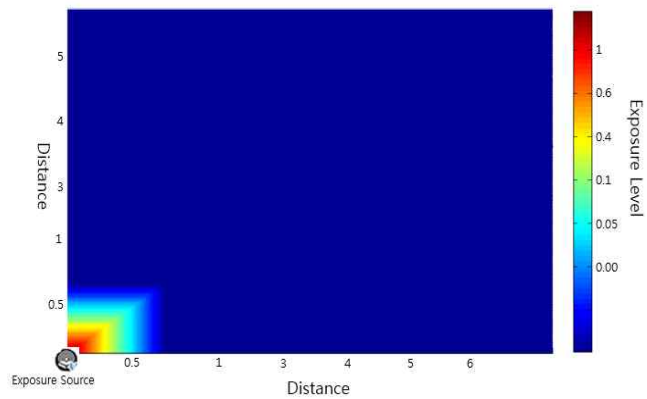


그림 5-5 UHF 안테나 안전가이드라인(직업인 기준)

그림 5-5, 그림 5-6는 일반인, 직업인 기준에 적용하여 UHF 안테나 안전가이드라인을 Heat Model로 표현한 것이다. 그림 5-5, 그림 5-6의 붉은 영역은 노출지수가 0.8 ~ 1 이상의 지역으로 전자파 인체노출이 매우 높은 구역이다. 파란색의 영역은 노출지수가 0.00 ~ 0.05 이하로 전자

파 인체노출로부터 안전한 구역이라 할 수 있다. 따라서 선박의 Top Side의 AIS 안테나 관련 업무 수행 시 적어도 1.5m 이상 거리를 두는 것이 전자파로부터 인체를 보호할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

## 제 6장 결론

### 제 1절. 문제점 및 개선방안

#### 1. 문제점

- (1) 선박의 UHF 안테나의 경우 안테나 종류별 방사되는 전기장강도 값과 동작주파수가 다르므로 안테나의 종류별 측정이 이루어 져야 한다.
- (2) 3척의 선박으로는 제안한 안전가이드라인을 적용하는 것에는 한계가 있으므로 추가적인 측정과 측정결과 분석을 통해 안전가이드라인에 대한 데이터의 신뢰성을 확보해야 한다.
- (3) 실제 어선의 내부에 항해·통신 장비가 인체와 매우 가까운 위치에 탑재되어 있고 Top Side와 Bridge의 높이 차이가 많이 있지 않는 점을 고려해 어선에 대한 전자파강도 분석이 필요하다 사료된다.

#### 2. 향후 추진계획

- (1) 선박 Top Side의 경우 선박에 종사하는 근로자 뿐 아니라 승선해 있는 승객들도 충분히 올라 다닐 수 있는 환경이었으며, 선박 및 해상교통관제센터와의 교신을 위해 VHF 단말기를 사용 할 경우 적지 않은 전자파가 인체에 노출되어 진다. 이에 대해 향후 과제를 통해 선박의 Tip Side의 경우 안테나로부터의 이격거리를 세분화해 측정해야 하며, 선원 및 승객들이 안전하게 접근할 수 있는 구역에 대해 연구가 필요할 것으로 사료 된다.

- (2) 선박 Top Side의 MF, HF 같은 경우 MF, HF 안테나 등이 사용되는데, MF, HF 안테나는 1 kHz의 주파수를 사용하여 본 과제에서는 장비 Scope의 문제로 측정이 불가능했다. 하지만 선박 운항 시 가장 많이 사용되는 항해장비가 MF, HF 안테나임을 감안하면 향후 연구 과제에서 반드시 해당 MF, HF 안테나의 연구가 이루어 져야 할 것으로 사료 된다.
- (3) 상대적으로 선원들의 체류시간이 길며, 보다 많고 복잡한 장비들이 탑재되어 있는 함정의 경우 보다 정밀한 EMF 분석이 필요하다 사료 된다.

## 제 2절. 결론

21세기 정보화 사회로의 진입을 위해서는 전자 · 통신 산업의 발전이 필수적이고, 이는 전자장비의 다양화 및 소형화 그리고 고급화로 이어지며 이를 위한 사용 주파수 대역의 확장이 전 세계적인 추세이다. 그 결과 기술적인 측면에서 전자소자 및 회로에서의 전자파 상호간의 간섭이 커다란 문제점으로 대두되고 있으며, 전자파 환경에서 인체에 대한 전자파 유해도가 주요 이슈 상황이 되고 있다.

선박은 고출력 안테나 및 증폭기가 내재되어 있는 최상층 갑판구역(Top Side), 무선 설비 및 항해 장비가 내재되어있는 선교 및 갑판구역(Bridge Deck), 선원들이 주거공간인 선원실(Crew Space)로 이루어져 있다. 특히 선박의 최상층 갑판구역 Top Side에서는 AIS, VHF, UHF, MF, HF 안테나 및 고출력 레이더가 탑재되어 있으며 선원들은 전자파의 인체노출에 대한 인식 없이 작업 및 활동이 이루어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 선박의 Top Side에 탑재되는 고출력 안테나 및 레이더에 대하여 전자파 강도 측정을 하였고 측정결과를 기반으로 3가지의 안전가이드라인을 제시하였다.

첫째 선박에 안테나 설치 시 전자파인체노출에 대한 내용을 고려하여 설치해야 한다

둘째 장비운영가이드라인은 측정된 결과를 표로 표현하였으며 측정결과에 따라 장비를 운영하는 지침서 예안을 작성하였다. 본 지침서는 향후 전자파 취약구역을 대상으로 하는 연구에 있어 매우 유용하게 활용될 것이라 사료된다.

셋째 안전가이드라인은 측정된 결과를 Heat Model로 표현하였다. Heat Model에는 거리별 전자파노출지수를 표현하여 장비로부터 인체의 거리별 전자파 노출량을 쉽게 볼 수 있도록 표현하였으며, 따라서 선박의 Top Side에서 작업 시 장비에서 발생하는 전기장

강도를 보다 쉽게 인지 후 작업하는데 필요한 자료로 활용될 것이다.

본 과제는 전자파 취약구역인 선박의 Top Side에 대하여 전기장 강도를 측정하고 측정결과를 바탕으로 안전가이드라인을 제안하였다는 점에서 매우 유용한 자료로 활용 될 것이다. 그러나 설문조사 결과 선원들의 대부분이 전자파에 대한 교육을 학습하지 않은 상태로 작업이 이루어지고 있으며 이에 따라 직업인 기준을 적용하는 것에는 한계가 있음을 도출할 수 있었다. 따라서 선박의 Top Side에서 작업하는 선원에 대하여 전자파인체노출과 관련된 교육이 이루어져야 할 것이다. 또한 비행기의 경우 각 구역별 장비에 대한 안전지침을 표기를 하는데 반해 선박에서는 이루어지지 않고 있으므로 각 장비별 안전지침을 선박의 Top Side에 배치해야 될 것이라 사료된다.

## 연구결과 활용계획서

연구과제명	선박 Top Side의 전자파인체노출 안전구역 운영가이드라인 연구용역					
연구분야	전자파환경					
연구구분	일반연구용역					
연구책임자	소 속	한국 해양대학교	직위 · 직급	교수	성 명	조형태
연구기간	2015.09.23.~2015.12.04					
주요활용 분야	○ 향후 전자파 인체노출 취약구역에 관한 연구에 활용  ○ 향후 선박의 최상층 갑판구역 전자파 가이드라인에 기초자료로 활용					
국내외 공업소유권	구 분	명 칭	출원일	등록 일	기타	
학술지발표 현황	구분	학술지명	신청일	게재 일	기 타	
타 연구로 활용계획	○ 향후 계획중인 “선박의 Total EMF Environment Solution 대책개발”과제에 기초연구자료로 활용  ○ 연구가 미흡한 중공업 분야, 자동차 분야, 철도 분야 등 에 좋은 사례					
기타활용 계획	○ 향후 계획중인 선박의 Top Side에 대한 전자파인체노출 안전가이드라인 연구 논문에 기초자료로 활용					