

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()

해양구조기술개발사업

최종 보고서

BSPM61990-12530-1
R&D / 20190435

선체 내 생존자 수색 및 생존성 확보 기술개발 최종보고서

2020. 12. 31.

주관연구기관 / 한국해양과학기술원

해양수산부
해양수산과학기술진흥원

2019
0435

선체 내
생존자
수색
및
생존성
확보
기술
개발
최
종
보
고
서

2020

해양수산과학기술진흥원
해양수산부

Development of technology on survivor search and
survivability assurance in the accident ship

제 출 문

해양수산과학기술진흥원장 귀하

'선체 내 생존자 수색 및 생존성 확보 기술 개발'(총 연구기간 : 2017.07.01 ~ 2020.12.31) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2020. 12. 31.

주관연구기관명: 한국해양과학기술원 (기관장) 김 용 서



주관연구책임자: 김 용

국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제18조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

주요 참여 연구원

연구책임자	김 응
참여연구원	강민구, 고성협, 김미란 김병남, 김성현, 박요섭 양찬수, 정섬규, 지호윤 최복경

보고서 요약서

과제 번호	20190435	총 연구 기간	2017.07.01 ~ 2020.12.31
연구사업명	해양구조기술개발사업		
연구과제명	선체 내 생존자 수색 및 생존성 확보기술 개발		
총 연구기간 참여연구원 수	총: 명	총 연구개발비	정부: 1,410,000 천원 기업: 천원 기타: 천원 계: 1,410,000 천원
수행기관명	한국해양과학기술원		참여기업명:
국제공동연구	상대국명:		상대국 연구기관명:
<ul style="list-style-type: none"> · 선박 침몰 시 조기에 선체 내 수중 생존자를 수색하는 첨단기술을 확보하기 위하여 선체 내 생존자 탐지 및 저시정 환경 극복을 위한 휴대용 다이버 영상 장비를 개발함. · 선체 내 생존자의 구조 신호를 청음하는 선체 부착형 청음시스템은 구조 신호를 청음하는 청음센서 본체부, 획득한 신호를 구조함으로 전송하는 수중 무선 UT-AM 통신 모듈, 유무선으로 신호를 전송하는 해상 WiFi 부이, 구조함에서 신호를 수신하는 Deck Unit, 장비를 제어하고 생존자를 탐지하는 S/W 등으로 개발됨 · 선체 부착형 청음시스템의 최대 운용 수심은 100m 이며, 수중무선 통신 및 해상 WiFi 부이를 통하여 사고지점으로부터 최소 500m 거리까지 신호를 송수신할 수 있음 · 저시정 수중에서 수색 활동을 지원하기 위한 휴대용 다이버 영상 장비는 음향소나 영상과 광학 영상을 획득하여 수중전시기에 표출되고, 동시에 유선케이블을 통하여 해상에서 모니터링 가능함. · 휴대용 다이버 영상장비는 수중 휴대성을 고려하여 중성부력에 최대 운용수심은 50m 이고, 다이버의 위치 확인을 위한 수심, 방향, GPS 정보, 이동 트랙 등의 정보가 수중전시기에 표출됨 			

요 약 문

연구의 목적 및 내용	<p>선박 침몰 시 조기에 선체 내 수중 생존자를 탐색하는 첨단기술을 연구하고 동시에 생존성 확보를 위한 제반 기술을 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> · 선체 내 구조자 탐지용 청음시스템 및 수중 무선통신 체계 개발 · 음향소나 및 수중광학장비와의 연동 체계 개발
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선체 부착형 청음시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 해상 선박 사고 시 선체 내의 생존자의 구조 요청 신호를 획득하기 위한 선체 부착형 청음시스템을 개발하였음. 청음시스템 본체는 센서부(청음센서, 진동센서), 컨트롤 유닛부(저전력 저소음의 메인/신호보드와 전원보드), 외부 하우징 기구부로 구성되어 있음. 본체 기구부는 알루미늄 하우징으로 제작하였으며 수중 100m 이상의 방수 성능을 가지고 있음. - 선체 부착형 청음시스템에서 청음한 신호를 수중 무선 통신을 통하여 해상 구조함으로 전송하는 UT-AM 통신 기반의 통신 모듈을 제작하였음. 수중 통신 모듈은 여러 개의 청음시스템을 운용하기 위하여 다채널로 송수신 할 수 있게 채널 선택 기능을 가지고 있음 - 침몰선박에 대응하기 위한 수중 무선통신의 대안 기술로 침몰선박에 부착된 청음시스템에서 해상부이까지 유선으로 통신을 하고, 해상부이에서 WIFI로 주변 구조함에 신호를 무선으로 전송하는 WIFI AP buoy를 개발함. - 해상 구조함에서 청음 신호를 획득하기 위한 수중 UT-AM 통신과 해상 유무선 WIFI 부이에 대한 Deck Unit을 제작함 - 장비 운영 지점으로부터 최소 500m 이내에서는 구조함에서 원활한 자료의 수신이 가능한 것으로 해상실험을 통하여 확인함 - 실시간으로 청음 된 신호를 시각적으로 확인하고, 부착형 청음시스템의 기능 제어를 위한 소프트웨어를 개발하여 지식재산권을 확보 ○ 음향소나 및 수중 광학 장비와의 연동 체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저시정 환경에서 탐색구조 효율성을 높이기 위한 음향영상과 광학영상을 획득하여 수중 구조사의 탐색탐지거리를 증대 시킬 수 있는 휴대용 다이버 영상장비를 개발함 - 수중 다이버에 의한 장비의 기능 조작의 편의성을 위하여 제어부를 조이스틱과 버튼을 적용하였음 - 휴대용 다이버 영상 장비는 다이버의 위치 확인을 위하여 수심, 방향, GPS 정보 등을 표시하는 기능이 있음

연구개발성과	- 휴대용 다이버 영상 장비의 왜곡된 광학 이미지를 보정하고, 해수 유동 및 다이버의 움직임에 의해 흔들리는 노이즈를 제거하는 알고리즘을 추가하여 장비 운용 소프트웨어를 개발하고 등록하였음				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 사고 선박의 선체 내에서 발생하는 음성 및 진동 등의 신호를 청음하는 장비 개발로 해양수색구조의 초동 현장대응 능력 기술 확보 ○ 저시정 환경에서 수중 물체를 인식할 수 있는 기술력 확보로 선박 사고 시 선체내부의 실종자를 조기에 수습할 수 있으며, 수색 기간 단축으로 예산 절감 효과 발생				
핵심어 (5개 이내)	수색구조	생존자 탐지	선체청음	음향가시화	물체인식

SUMMARY

Purpose & Contents	<p>The research is studying all kinds of high technologies to search early underwater survivors in a sinking ship and to ensure survivability at the same time.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Development of the listening device for detecting survivors in the accident ship and the underwater wireless communication system. • Development of the integrated system with acoustic sonar and underwater optical equipment.
Results	<ul style="list-style-type: none"> ○ Development of the hull-attached hydro-listening system <ul style="list-style-type: none"> - The hydrophone system is developed that can be attached on the ship to take SOS signals of survivors in the hull in case of a ship accident. The listening device of the hull-attached hydro-listening system is including a sensor part(hydrophone, vibration sensor), a control unit part(low power and low noise main/signal board and power board), and an exterior connector part. The housing of the listening device is produced by aluminum and has a waterproof performance of over 100 m in depth. - The UT-AM communication module transmits the collected signal by the hull-attached hydro-listening system to a marine rescue vessel through underwater wireless communication. The underwater communication module has a function to select multichannel for operating many devices. - The alternative technology of underwater wireless communication to respond with a sinking ship, the WIFI AP buoy with wired/wireless communication was developed. The wire communication transmits signals from the listening device to the surface WIFI buoy in the water, and wireless communication sends the signal from the buoy to the rescue ship. - The deck unit for the rescue ship receives signals transmitted from a UT-AM communication module and a surface WIFI buoy. - Through experiment, the communication system confirmed that data transmission is possible within at least 500m between the listening device and a rescue ship.

<p>Results</p>	<ul style="list-style-type: none"> - The software for the hull-attached hydro-listening system can visually check the signals collected in real-time and control the setting of the device. ○ Development of integrated system with Acoustic Sonar and Underwater Optical Equipment - For enhancement search and rescue efficiency in a low visibility environment, the DiverNavi is developed to increase the distance of search detection of an underwater rescue diver by taking acoustic images and optical images. - The control part of DiverNavi is equipped with a joystick and buttons for the convenience of operating by underwater divers. - The DiverNavi has the function of displaying depth, direction, and GPS information to check the diver's location. - The operating software of DiverNavi has an algorithm to correct distorted optical images and remove noise shaken by seawater flow and diver movement. This software is registered with The Korea Copyright Commission. 				
<p>Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Securing the technology for the capability of first action on-site of marine search and rescue by developing equipment that listens to signals such as voice and vibration caused within the hull in an accident ship ○ Securing the technology to recognize objects in the underwater environment with low visibility, possible finding the missing person quickly in the hull in case of an accident, and effecting to save the budget by shortening the search period 				
<p>Keywords</p>	<p>Search and Rescue</p>	<p>Survivor Detection</p>	<p>Sound Listening</p>	<p>Acoustic Visualization</p>	<p>Object Recognition</p>

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	1
제 1 절 연구개발 목적	1
제 2 절 연구개발의 필요성	2
제 3 절 연구개발 범위	5
제 2 장. 국내외 기술 개발 현황	7
제 1 절 국내·외 기술 현황	7
제 2 절 연구 결과의 위치	12
제 3 장 연구 수행 내용 및 성과	15
제 1 절 1 차년도 연구 수행 내용 및 성과	15
1. 획득 음향신호 주파수 범위 측정	15
2. 획득 신호 주파수 밴드 필터 설계	17
3. 실시간 신호 획득 장치 제작	18
4. 청음센서 선체 부착 방안 수립	21
제 2 절 2 차년도 연구 수행 내용 및 성과	23
1. 수중 생존자 탐지용 선체 부착형 청음시스템 제작	23
2. 선체 부착형 청음시스템과 수신기 간 수중 무선 통신체계 개발	31
3. 수중 청음시스템과 구조사(함) 간 유선 전송체계 개발	38
4. 음향소나 기초기술 및 수중 광학장비 영상 처리 기술 개발	42
제 3 절 3 차년도 연구 수행 내용 및 성과	47
1. 음향탐지 정보로부터 생존자 인식 알고리즘 및 장비 운영 프로그램 개발	47
2. 한국형 음향소나 및 수중 광학 장비와의 연동 체계 개발	54
3. 영상처리 통합기술 개발	62
제 4 절 4 차년도 연구 수행 내용 및 성과	65
1. 수중생존자 탐지 청음시스템, 음향소나 및 수중광학장비 체계의 선박을 이용한 해상성능 시험 수행	65
2. 수중생존자 탐지 청음시스템, 음향소나 및 수중광학장비 체계 고도화	81
제 5 절 연구개발 장비 핵심내용 및 공인 성능시험 수행	117

1. 연구개발 장비의 핵심내용	117
2. 선체 부착형 청음시스템의 성능 시험	121
3. 휴대용 다이버 영상 장비의 성능 시험	142
제 6 절 시제품 운영 매뉴얼	164
1. 선체 부착형 청음시스템 운영 매뉴얼	164
2. 휴대용 다이버 영상장비 운영 매뉴얼	189
제 7 절 결론	206
제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	211
제 5 장 연구개발성과의 활용계획	216
제 6 장 연구개발성과의 보안등급	218
제 7 장 연구시설·장비종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	218
제 8 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	219
제 9 장 연구개발과제의 대표적 연구 실적	221
제 10 장 기타 성과	231
제 11 장 참고 문헌	236

표 목차

표 1.1	해양사고 종류별 인명 피해 건수	3
표 1.2	선박톤수별 해양사고 건수	3
표 2.1	음향이미지 소나 관련 업체	7
표 2.2	국외 주요 수중청음기의 개발 사양	10
표 2.3	국외 주요 수중 음향소나 카메라 사양	11
표 3.1	실시간 신호 획득 장치 메인보드 사양	20
표 3.2	실시간 신호 획득 장치 신호보드 사양	20
표 3.3	실시간 신호 획득 장치 전원보드 사양	20
표 3.4	울진 죽변해역 해상에서 상용 수중모뎀 통신 성능 확인 실험 결과	32
표 3.5	UT 통신(AM/FM) 전송 성능 검증 1차 해상 시험 내용	35
표 3.6	UT 통신(AM/FM) 전송 성능 검증 2차 해상 시험 내용	37
표 3.7	이미지소나에서 획득한 이미지 프레임의 파일 Header 구성	64
표 3.8	영상 안정화 알고리즘에서 사용한 칼만 필터 변수	103
표 3.9	영상 안정화 알고리즘의 모델 행렬	103
표 3.10	휴대용 다이버 영상 장비 버튼 및 마우스 조작	108
표 3.11	선체 부착형 청음시스템의 최종 성능 목표치	121
표 3.12	휴대용 다이버 영상 장비의 최종 성능 목표치	142

그림 목차

그림 1.1 전복사고 발생 시 전복선의 생존자 확인 방법	3
그림 1.2 연차별 연구목표 및 주요 연구 내용	6
그림 2.1 해양산업의 전략적 Positioning 결과	13
그림 3.1 온누리호의 살려주세요 원음과 수중 청음 실험 결과	15
그림 3.2 온누리호의 망치 타격음 원음 및 수중 청음 실험 결과	15
그림 3.3 이어도호의 살려주세요 원음과 수중 청음 실험 결과	16
그림 3.4 이어도호의 망치 타격음 원음 및 수중 청음 실험 결과	16
그림 3.5 장목호의 살려주세요 원음과 수중 청음 실험 결과	17
그림 3.6 장목호의 망치 타격음 원음 및 수중 청음 실험 결과	17
그림 3.7 청음센서(Hydrophone)용 수신 Amp 설계 및 청음시스템의 단계별 증폭회로 ..	18
그림 3.8 실시간 신호 획득 장치 메인보드 (Main Board), 파워보드 (Power Board) 신호보드 (Signal Amp Board)주요 보드 제작 실물	19
그림 3.9 선박별 선체 외부 곡률에 부착 방법	21
그림 3.10 수중모뎀 독립형 청음시스템 기구부 3D 형상 및 내부 구조도	22
그림 3.11 선체 부착형 청음장치 기구부 구성도	23
그림 3.12 선체 부착형 청음시스템 장비 전체 구성도	24
그림 3.13 선체 부착형 청음시스템을 위한 3D 형상 변경 과정	25
그림 3.14 청음장치용 통합 신호처리 보드 구성도	26
그림 3.15 청음시스템 기구부 제어와 신호처리 기능이 통합된 보드 제작	26
그림 3.16 노이즈 제거 및 저전력 기술을 적용한 2차년도 Power Board 제작	28
그림 3.17 청음시스템 하우징 조립 및 수중커넥터 연결	29
그림 3.18 2차년도 청음시스템 상단부의 커넥터 항목	29
그림 3.19 선체 부착형 청음시스템의 무선통신 기술 적용을 위한 수중모뎀 실해역 검증실험 개요도	31
그림 3.20 UT 통신에 의한 신호 전송 검증에 사용된 트랜스듀서(송신기)	33
그림 3.21 수중 UT 통신 실험을 위한 원신호(“살려주세요” 음성신호)의 (상) 파형과 (하) 스펙트로그램	33
그림 3.22 UT 통신에 의한 신호 전송 검증에 사용된 청음기(수신기)	34
그림 3.23 수중 UT 통신 검증을 위한 1차 해상실험 위치 및 실험모식도	35
그림 3.24 해상 UT 통신 검증 1차 실험 시 수신기 수심 10 m 장비간 거리 260 m에서 (a) 수신된 AM 변조신호와 (b) 복조된 AM 신호의 파형 및 스펙트로그램	36
그림 3.25 해상 UT 통신 검증 1차 실험 시 수신기 수심 10 m 장비간 거리 260m 에서 (a) 수신된 FM 변조신호와 (b) 복조된 FM 신호의 파형 및 스펙트로그램	36
그림 3.26 수중 UT 통신 검증을 위한 2차 해상실험 위치 및 실험 모식도	37
그림 3.27 해상 UT 통신 검증 2차 실험 시 수신기 수심 10 m 장비간 거리 160 m에서 (a) 수신된 AM 변조신호와 (b) 복조된 AM 신호의 파형 및	

스펙트로그램	38
그림 3.28 청음 장치용 스피커 하드웨어 구성도와 구성품	39
그림 3.29 청음 장치용 스피커 기구부 3D모델링 형상도	40
그림 3.30 WIFI AP Buoy 하드웨어 구성 모식도	41
그림 3.31 유-무선 통신용 WIFI AP BUOY 장비 구성도	42
그림 3.32 유-무선 통신을 위한 WIFI 부이 3D 형상 설계도	42
그림 3.33 음향소나 및 수중광학장치 기초기술개발 Block Diagram	43
그림 3.34 음향소나 통신연동 방식 구성도	43
그림 3.35 음향소나 및 수중광학장비 2차 3D 모델링 형상도	44
그림 3.36 2차 설계한 음향소나 및 수중광학장비 연동 체계 구성도	45
그림 3.37 휴대용 영상장비에 사용된 음향소나 카메라 사양	46
그림 3.38 음향카메라의 최대탐지 및 최대설정 거리 실험 해역	46
그림 3.39 청음 신호 송신을 위한 수중 무선 UT-AM 통신 모듈	47
그림 3.40 해상 구조함용 UT-AM 수중통신 및 WIFI 통신을 위한 Deck Unit	48
그림 3.41 서해해양특수구조대의 전복선박을 이용한 부착형 청음시스템 실험	49
그림 3.42 침몰 선박을 모의한 청음장치 실험해역 실험	49
그림 3.43 진해 앞바다 수심 30m 해역의 해상 유무선 WIFI 부이를 이용한 거리별 신호 획득 결과	50
그림 3.44 진해 앞바다 수심 30m 해역의 수중 UT-AM 통신에 위한 거리별 신호 획득 결과	51
그림 3.45 선체 부착형 청음시스템 운용 S/W 구성도	52
그림 3.46 선체 부착형 청음시스템 장비 운용 S/W 메인 화면	52
그림 3.47 선체 부착형 청음시스템 장비 운용 S/W의 장비 설정부	52
그림 3.48 Threshold Curve 기능에 의한 신호 인식 그래프	53
그림 3.49 3차년도 다이버 영상 장비 최종 3D 설계 형상	54
그림 3.50 음향소나의 외형설계 및 제작 형상	55
그림 3.51 신호처리 모듈 보드(FPGA)와 음향소나 모듈 보드	56
그림 3.52 휴대용 다이버 영상 장비를 위한 수중 Main 처리 장치용 산업용 PC	57
그림 3.53 휴대용 다이버 영상장비 제어를 위한 HID 보드, 조이스틱, 키보드 제작	58
그림 3.54 휴대용 다이버 영상 장비의 센서 보드 연동도 및 제작 실물	59
그림 3.55 휴대용 다이버 영상 장비의 Main 하우징 조립 및 외부 연결부	60
그림 3.56 휴대용 다이버 영상 장비의 센서 하우징과 배터리 하우징	61
그림 3.57 휴대용 다이버 영상 장비 최종 조립 형상	61
그림 3.58 휴대용 다이버 영상 장비의 수중전시기에 이미지소나 영상과 광학영상 전시 화면	63
그림 3.59 선체 부착형 청음시스템 해상 실험을 위한 기준 음원 테스트	65
그림 3.60 부착형 수중 청음시스템 성능 시험을 위한 해상실험 위치 및 실험모식도	66
그림 3.61 선체 부착형 청음시스템에 대한 서귀포 잠수함 1차 실험 시의 잠항 수심	66
그림 3.62 서귀포 잠수함 1차 실험 시 구조신호 송출 위치 및 청음장치 부착 예시	67
그림 3.63 서귀포 잠수함 1차 실험 시의 해양환경 및 파고	67
그림 3.64 잠수함 대상 실험 시에 해경구조대원이 수심 20m에서 장비를 부착하는	

현장 사진	68
그림 3.65 잠수함 1차 실험에서 내부에 설치된 마이크론폰과 스피커 거리간 볼륨별 구조 신호 크기	69
그림 3.66 잠수함 1차 실험에서 내부의 구조신호를 청음장치로 획득하여 수중 UT-AM 무선 통신으로 전송하여 해상에서 수신한 청음신호 크기	69
그림 3.67 잠수함 1차 실험에서 내부의 구조신호를 청음장치로 획득하여 유무선 WIFI 부이로 전송하여 해상에서 수신한 청음신호 크기	70
그림 3.68 잠수함 1차 해상실험 시 거리에 따른 수신레벨	70
그림 3.69 서귀포 잠수함 2차 실험 시 청음 장비 부착 위치와 구조신호 송출 위치	71
그림 3.70 서귀포 잠수함 2차 실험 시의 해양환경 관측 결과	72
그림 3.71 잠수함 2차 실험에서 내부에 설치된 마이크론폰과 스피커 거리간 볼륨별 구조 신호 크기	73
그림 3.72 잠수함 2차 실험에서 내부의 구조신호를 청음장치로 획득하여 유무선 WIFI 부이로 전송하여 해상에서 수신한 청음신호 크기	74
그림 3.73 잠수함 2차 해상실험 시 거리에 따른 수신레벨	75
그림 3.74 온누리호(1500 톤급)를 활용한 선체 부착형 청음시스템 청음 실험	76
그림 3.75 온누리호 실험 장소에서의 스피커 위치. (a) 휴게실 (b) 탁구장 (c) 기관실(수중청음기 방향) (d) 기관실(수중청음기 반대방향)	77
그림 3.76 온누리호의 각 실험 장소에서 취득된 구조신호와 스펙트럼	78
그림 3.77 휴대용 다이어 영상 장비의 해상 실험 현장 사진	79
그림 3.78 휴대용 다이버 영상 장비를 이용한 타깃 거리별 물체 탐지 실험	80
그림 3.79 휴대용 다이버 영상 장비의 유선 통신 기능에 대한 해상 실험	80
그림 3.80 청음장치의 수중커넥터 변경을 통한 MCBH-8F/MCBH-3F Pinmap 배치도	81
그림 3.81 전원스위치 적용 및 수중에서 LAN커넥터 연결 방식	82
그림 3.82 S/N 비 개선을 위한 8층 PCB 기법을 적용한 Signal board Artwork 설계 및 제작	82
그림 3.83 청음장치용 전원보드의 개선 (상) 전과 (하) 후 실물	83
그림 3.84 청음장치용 (상) Main Board의 수신부와 디지털부를 분리한 보드 제작과 (하) PCB 보드 장착 결과	84
그림 3.85 ANSYS 시뮬레이션 해석을 위한 파라미터 설정 및 해석 결과	85
그림 3.86 청음시스템 본체부의 경량화를 위한 (상) 밀면 기구부 개선 및 (하) 하우스 높이 개선	86
그림 3.87 청음시스템 본체부의 개선 (상) 전후 실물 및 (하) 무게 비교	87
그림 3.88 선체 부착형 청음장치와 수중 무선 UT-AM 통신 모듈 최종 결과	87
그림 3.89 (상) 1 kHz 단일주파수 변조 및 (하) 25 kHz에 변조된 1.5 kHz 신호 복조 시뮬레이션 결과	88
그림 3.90 (상) FPGA로 구현된 SSB-SC 변조 다이어그램 및 (하) 상·하측파를 구분한 채널 설정 예시	89
그림 3.91 FPGA를 적용한 다채널 수중 무선 UT-AM 송신보드	90
그림 3.92 (상) FPGA로 구현된 SSB-SC 복조 다이어그램 및 (하) FPGA를 적용한 UT-AM 수신 보드	91

그림 3.93 UT 수신 DECK에 장착된 FPGA를 적용한 UT수신보드	91
그림 3.94 수중 무선 UT-AM 통신 모듈의 다채널 간섭 실험 구성도	92
그림 3.95 수중 무선 UT-AM 통신 모듈의 다채널 간섭 실험 결과	93
그림 3.96 선체 부착형 청음시스템용 블루투스 모듈 설계 도면	94
그림 3.97 선체 부착형 청음시스템용 블루투스 모듈 장착 및 동작 상태	95
그림 3.98 선체 부착형 청음시스템 S/W의 시간정보, 재생바, 파일 변환기능 개선	96
그림 3.99 렌즈 왜곡된 바둑판 격자 배열 이미지와 연속 이미지 촬영 각도	97
그림 3.100 이미지 당 최소 자승법의 손실 함수 값	98
그림 3.101 광학 영상의 꼭지점 탐지 결과	98
그림 3.102 광학 영상의 (좌) 왜곡 보정 전, (우) 왜곡 보정 후	98
그림 3.103 광학 영상 안정화 알고리즘 흐름도	99
그림 3.104 Harris Corner detection 방법으로 탐지된 특징점 예시	100
그림 3.105 Harris Corner detection의 특징점을 이용한 Affine 변환 결과	101
그림 3.106 광학 영상 안정화를 위한 모션 필터링 흐름도	102
그림 3.107 광학 영상에서 잡음을 제거하기 위한 칼만 필터 흐름도	102
그림 3.108 추정된 모션 매개 변수 값 비교	104
그림 3.109 DiverNavi 프로그램 메인 화면	106
그림 3.110 DiverNavi 센서 상태 창	106
그림 3.111 Setting 다이얼로그	107
그림 3.112 휴대용 다이버 영상 장비의 마우스 및 버튼부	107
그림 3.113 휴대용 다이버 영상장비용 GPS 안테나 장치 3D 모델링 및 내부 구조	109
그림 3.114 휴대용 다이버 영상장비용 GPS 안테나 장치 제작 과정	109
그림 3.115 휴대용 다이버 영상장비용 GPS 안테나 장치와 지그	110
그림 3.116 휴대용 다이버 영상 장비의 배터리 고도화	110
그림 3.117 휴대용 다이버 영상 장비의 센서보드 통신 프로토콜 개선	111
그림 3.118 휴대용 다이버 영상 장비의 부력 개선전의 무게 측정 실험	112
그림 3.119 휴대용 다이버 영상 장비의 부력재 재설계 3D 형상	112
그림 3.120 개선된 부력재를 휴대용 다이버 영상장비 조립한 최종 형상	113
그림 3.121 휴대용 다이버 영상 장비의 부력 개선후의 무게 측정 실험	114
그림 3.122 휴대용 다이버 영상 장비의 양성부력 실험 및 활용 가능한 상용 보조 부력재	114
그림 3.123 원격접속 VNC 프로그램을 적용하여 다이버영상장비의 영상을 구조함으로 전송하는 개념도	116
그림 3.124 휴대용 다이버 영상 장비의 전시 화면을 50m LAN 케이블을 통한 PC 전송 실험	116
그림 3.125 선체 부착형 청음시스템 운영 시나리오	119

Contents

Chapter 1. Introduction	1
Section 1. Objectives of R&D	1
Section 2. Necessity of R&D	2
Section 3. Scope of R&D	5
Chapter 2. Status of technical development	7
Section 1. Status of domestic and foreign technical development	7
Section 2. Status of research results	12
Chapter 3. Contents and achievements of research	15
Section 1. Results of the 1st year research	15
1. Measurement of the sound signal frequency range	15
2. Design of the frequency band filter for sound signal	17
3. Development of the real-time signal acquisition device	18
4. Establishment of the method for attaching the device	21
Section 2. Results of the 2nd year research	23
1. Manufacture of the hull-attached hydro-listening system for underwater survivor detection	23
2. Development of the underwater wireless communication system between hull-attached hydro-listening system and receiver	31
3. Development of the wired communication system between hull-attached hydro-listening system and ship	38
4. Development of basic technology of acoustic sonar and image processing technology of underwater optical equipment	42
Section 3. Results of the 3rd year research	47
1. Development of the equipment operation program and the survivor recognition algorithm	47
2. Development of the integrated system between acoustic image sonar and underwater optical device	54
3. Development of integrated image processing technology	62

Section 4. Results of the 4th year research	65
1. Marine performance test of the hull-attached hydro-listening system and the DiverNavi equipment	65
2. Improvement of the hull-attached hydro-listening system and the DiverNavi equipment	81
Section 5. Certified performance test for the developed prototype	117
1. Core content of the development equipment	117
2. Performance test of the hull-attached hydro-listening system	121
3. Performance test of the DiverNavi equipment	142
Section 6. Operation manual of prototypes	164
1. Operation manual of the hull-attached hydro-listening system	164
2. Operation manual of the DiverNavi equipment	189
Section 7. Conclusion	206
Chapter 4. Achievement of objectives and contribution to related fields	211
Chapter 5. Application plan of the research results	216
Chapter 6. Security level of the research results	218
Chapter 7. Status of research facility and equipment registered in ZEUS	218
Chapter 8. Performance of Safety ACT	219
Chapter 9. Representative research achievements of R&D tasks	221
Chapter 10. Other achievement	231
Chapter 11. References	236

List of Tables

Table 1.1	Number of casualties by type of maritime accident	3
Table 1.2	Number of maritime accidents by ship tonnage	3
Table 2.1	Companies related acoustic sonar image	7
Table 2.2	Specification of major underwater hydrophone in foreign	10
Table 2.3	Specification of major sonar image device in foreign	11
Table 3.1	Specification of the main board for real-time signal acquisition	20
Table 3.2	Specification of the signal board for real-time signal acquisition	20
Table 3.3	Specification of the power board for real-time signal acquisition	20
Table 3.4	Experimental results on the performance of commercial underwater modem communication in the offshore Jukbyeon, Uljin	32
Table 3.5	Results of the 1st test of the performance verification of data transmission by UT communication (AM/FM)	35
Table 3.6	Results of the 2nd test of the performance verification of data transmission by UT communication (AM/FM)	37
Table 3.7	Header configuration of image frame acquired from image SONA	64
Table 3.8	Parameters of Kalman filter used in image stabilization algorithm	103
Table 3.9	Model matrix of image stabilization algorithm	103
Table 3.10	Operating of the button and mouse on the DiverNavi equipment	108
Table 3.11	Final performance of the hull-attached hydro-listening system	121
Table 3.12	Final performance of the DiverNavi equipment	142

List of Figures

Fig. 1.1 Method of survivor check in the hull in the event of a rollover accident	3
Fig. 1.2 Annual research objectives and major research content	6
Fig. 2.1 Strategic positioning of the maritime industry	13
Fig. 3.1 Result of underwater listening test of rescue request sound on the R/V Onnuri	15
Fig. 3.2 Result of underwater listening test of hammer tapping signal on the R/V Onnuri	15
Fig. 3.3 Result of underwater listening test of rescue request sound on the R/V Ieado	16
Fig. 3.4 Result of underwater listening test of hammer tapping signal on the R/V Ieado	16
Fig. 3.5 Result of underwater listening test of rescue request sound on the R/V Jangmok	17
Fig. 3.6 Result of underwater listening test of hammer tapping signal on the R/V Jangmok	17
Fig. 3.7 Design of the receiving AMP and the step-by-step amplification circuit for Hydrophone	18
Fig. 3.8 Manufacture of the main board, the power board, the signal amp board for real-time signal acquisition device	19
Fig. 3.9 Attachment method according to the external curvature of ship's hull	21
Fig. 3.10 3D shape and internal structure of the hull-attached hydro-listening system with independent underwater modem	22
Fig. 3.11 Component diagram of the hull-attached hydro-listening system	23
Fig. 3.12 Equipment configuration of the hull-attached hydro-listening system	24
Fig. 3.13 3D-Shape updating of the hull-attached hydro-listening system	25
Fig. 3.14 Diagram of integrated signal processing board for listening device	26
Fig. 3.15 Manufacture of the board for integrated signal processing and control of listening device	26
Fig. 3.16 Manufacture of power board applying noise removal and low power technology in the 2nd year	28
Fig. 3.17 Assembling the Housing and underwater Connectors of the listening device	29
Fig. 3.18 Connectors of the upper part of the listening device developed in the 2nd year	29
Fig. 3.19 Schematic diagram of a verification experiment of an underwater modem for the application of wireless communication technology of	

the hull-attached listening system	31
Fig. 3.20 Transducer used for signal transmission verification during UT communication experiment	33
Fig. 3.21 Waveform (upper) and spectrogram (lower) of the original voice signal used in underwater UT communication experiment	33
Fig. 3.22 Hydrophone used for signal transmission verification during UT communication experiment	34
Fig. 3.23 Sea area and experimental schematic diagram of the 1st test for underwater UT communication verification	35
Fig. 3.24 Waveform and spectrogram of (a) received AM modulated signal and (b) demodulated AM signal at a distance of 260 m between receiver and equipment at a depth of 10 m during the 1st experiment of UT communication verification	36
Fig. 3.25 Waveform and spectrogram of (a) received FM modulated signal and (b) demodulated FM signal at a distance of 260 m between receiver and equipment at a depth of 10 m during the 1st experiment of UT communication verification	36
Fig. 3.26 Sea area and experimental schematic diagram of the 2nd test for underwater UT communication verification	37
Fig. 3.27 Waveform and spectrogram of (a) received AM modulated signal and (b) demodulated AM signal at a distance of 160 m between receiver and equipment at a depth of 10 m during the 2nd experiment of UT communication verification	38
Fig. 3.28 Hardware configuration and components of a speaker for listening device	39
Fig. 3.29 3D modeling shape of the speaker for listening device	40
Fig. 3.30 Schematic diagram of hardware configuration for a WIFI AP buoy	41
Fig. 3.31 Hardware components of the WIFI AP buoy for a wired-wireless communication	42
Fig. 3.32 3D modeling shape of the WIFI AP buoy for a wired-wireless communication	42
Fig. 3.33 Block diagram for basic technology development of acoustic sonar and underwater optical device	43
Fig. 3.34 Configuration diagram of communication linkage for acoustic sonar	43
Fig. 3.35 Secondary 3D modeling shape of an integrated system of acoustic sonar and underwater optical equipment	44
Fig. 3.36 Composition of an integrated system of acoustic sonar and underwater optical equipment in the second design	45
Fig. 3.37 Specifications of a sonar image sensor used in the DiverNavi	46
Fig. 3.38 Experimental area of maximum detection and maximum set distance of sonar image sensor	46
Fig. 3.39 Underwater wireless UT-AM communication module to transmit the collected	

signal	47
Fig. 3.40 Deck unit for UT-AM communication and WIFI AP buoy for rescue ship	48
Fig. 3.41 Experiment of the hull-attached hydro-listening system using an overturned ship of the West Sea Special Security Unit	49
Fig. 3.42 Marine test of the hull-attached hydro-listening system assuming a sinking ship	49
Fig. 3.43 Signal acquisition result for each distance using a WIFI buoy in the 30m water depth off the Jinhae sea	50
Fig. 3.44 Signal acquisition result for each distance using an UT-AM communication module in the 30m water depth off the Jinhae sea	51
Fig. 3.45 Configuration diagram of an operating software for the hull-attached hydro-listening system	52
Fig. 3.46 Main window of an operating software for the hull-attached hydro-listening system	52
Fig. 3.47 Equipment setting window of an operating software for the hull-attached hydro-listening system	52
Fig. 3.48 Graph of signal recognition by Threshold Curve Function	53
Fig. 3.49 Final 3D design shape of the DiverNavi equipment in the 3rd year	54
Fig. 3.50 External design and manufacture of acoustic image sonar	55
Fig. 3.51 Signal processing module board (FPGA) and acoustic sonar module board	56
Fig. 3.52 Imbedded PC for main processing unit of the DiverNavi	57
Fig. 3.53 Manufacture of HID board, joystick, and keyboard for controlling of DiverNavi	58
Fig. 3.54 Linkage and production of sensor board for DiverNavi	59
Fig. 3.55 Main housing assembly and external connectors of DiverNavi	60
Fig. 3.56 Sensor housing and battery housing of DiverNavi	61
Fig. 3.57 Final assembly of DiverNavi	61
Fig. 3.58 Display screen of sonar image and optical image in underwater display unit of DiverNav	63
Fig. 3.59 Standard sound source test for marine experiment of the hull-attached listening system	65
Fig. 3.60 Location of marine experiments and a schematic diagram for performance testing of the hull-attached listening system	66
Fig. 3.61 Submarine depth of the 1st experiment on Seogwipo Submarine of the hull-attached listening system	66
Fig. 3.62 Location of sound source and attachment of the listening device during the 1st experiment on Seogwipo submarine	67
Fig. 3.63 Marine environment during the 1st experiment on Seogwipo submarine	67

Fig. 3.64 Photo of attaching device at a depth of 20m during an experiment on a submarine	68
Fig. 3.65 Signal level for each volume according to the distance between the microphone and speaker installed inside in the 1st submarine experiment	69
Fig. 3.66 Amplitude of the signal received by the underwater UT-AM communication module in the 1st submarine experiment	69
Fig. 3.67 Amplitude of the signal received by the WIFI buoy in the 1st submarine experiment	70
Fig. 3.68 Receiving level according to distance in the 1st submarine test	70
Fig. 3.69 Location of sound source and listening device during the 2nd experiment on Seogwipo submarine	71
Fig. 3.70 Marine environment during the 2nd experiment on Seogwipo submarine	72
Fig. 3.71 Signal level for each volume according to the distance between the microphone and speaker installed inside in the 2nd submarine experiment	73
Fig. 3.72 Amplitude of the signal received by the WIFI buoy in the 2nd submarine experiment	74
Fig. 3.73 Receiving level according to distance in the 2nd submarine test	75
Fig. 3.74 Test of a hull-attached listening system on R/V Onnuri (1500 ton class)	76
Fig. 3.75 Location of a speaker in the R/V Onnuri. (a) lounge (b) exercise room (c) near place and (d) long place in the engine room	77
Fig. 3.76 Signals and spectra collected from each area on R/V Onnuri	78
Fig. 3.77 Photo of coastal experiment on DiverNavi equipment	79
Fig. 3.78 Object detection by target distance using the DeiverNavi	80
Fig. 3.79 Experiment on wired communication of the DeiverNavi	80
Fig. 3.80 Pinmap layout of MCBH-8F/MCBH-3F through upgrade of underwater connector part of the listening device	81
Fig. 3.81 Applying the power switch and underwater connection of LAN to the DiverNavi	82
Fig. 3.82 Signal board artwork design and manufacture applying 8-layer PCB technique to improve S/N ratio	82
Fig. 3.83 Results (top) before and (bottom) after upgrade of power board for listening device	83
Fig. 3.84 PCB board manufacturing by separating the main board into a signal receiving part and a digital part	84
Fig. 3.85 Parameter setting and analysis for ANSYS simulation program	85
Fig. 3.86 Improving of the housing to reduce the weight of the listening device	86

Fig. 3.87 Weight (left) before and (right) after improvement of the housing part of the listening device	87
Fig. 3.88 Final result of the hull-attached listening system including an underwater wireless UT-AM communication module	87
Fig. 3.89 Demodulation simulation of (top) 1 kHz single frequency modulation and (bottom) 1.5 kHz signal modulated at 25 kHz	88
Fig. 3.90 (upper) SSB-SC modulation diagram implemented with FPGA and (lower) channel setting for upper and lower side waves	89
Fig. 3.91 UT-AM transmission board for multi-channel underwater wireless using FPGA	90
Fig. 3.92 (top) SSB-SC demodulation diagram implemented with FPGA and (bottom) UT-AM receiving board applying FPGA	91
Fig. 3.93 UT receiving board applying FPGA mounted on Deck unit	91
Fig. 3.94 Multi-channel interference experiment of underwater wireless UT-AM communication module	92
Fig. 3.95 Multi-channel interference test results of underwater wireless UT-AM communication module	93
Fig. 3.96 Bluetooth module design for the hull-attached listening system	94
Fig. 3.97 Bluetooth module installation and operations on the hull-attached listening system	95
Fig. 3.98 Advancement of software for the hull-attached listening system	96
Fig. 3.99 Image distorted by lens and shooting angle of continuous image	97
Fig. 3.100 Loss function of least square per image	98
Fig. 3.101 Corner detection result of optical image	98
Fig. 3.102 (left) Before and (right) after distortion correction of optical image	98
Fig. 3.103 Flowchart of optical image stabilization algorithm	99
Fig. 3.104 Example of feature points detected by Harris Corner detection method	100
Fig. 3.105 Affine transformation result using feature points of Harris corner detection	101
Fig. 3.106 Flowchart of motion filtering for stabilization of optical image	102
Fig. 3.107 Flowchart of Kalman filter to remove noise from optical image	102
Fig. 3.108 Comparison of estimated motion parameters before and after algorithm application	104
Fig. 3.109 Main window of a DiverNavi software	106
Fig. 3.110 Status window on sensors of the DiverNavi	106
Fig. 3.111 Setting dialog of a DiverNavi software	107
Fig. 3.112 Mouse and button part of the DiverNavi	107
Fig. 3.113 3D modeling of GPS antenna device for the DiverNavi	109
Fig. 3.114 Manufacture of GPS antenna device for the DiverNavi	109
Fig. 3.115 GPS antenna device and jig for the DiverNavi	110
Fig. 3.116 Battery performance improvement of the DiverNavi	110

Fig. 3.117 Improvement of sensor board communication protocol of the DiverNavi	111
Fig. 3.118 Weight measurement before buoyancy improvement of the DiverNavi	112
Fig. 3.119 Redesigned 3D shape of the buoyancy material of the DiverNavi	112
Fig. 3.120 Final shape of the DiverNavi equipment with improved buoyancy material	113
Fig. 3.121 Weight measurement after improving the buoyancy of the DiverNavi	114
Fig. 3.122 Test of positive buoyancy on the DiverNavi and commercial auxiliary buoyancy material	114
Fig. 3.123 Conceptual diagram of video transmission from DiverNavi to rescue ship with remote access VNC program	116
Fig. 3.124 Transmission experiment of DiverNavi's display screen to PC through LAN communication	116
Fig. 3.125 Operation Scenario of the hull-attached hydro-listening system	119

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목적

1. 최종목표

- 선박 침몰 시 조기에 선체 내 수중 생존자를 수색하는 첨단기술을 연구하고 동시에 생존성 확보를 위한 제반 기술을 연구
- 수중 인체탐지용 청음시스템 및 수중 무선통신 체계 개발
- 구조·탐색 음향소나 및 수중광학장비와의 연동 체계 개발

2. 설정근거

- 세월호 및 천안함 사고와 같은 대형 해양사고를 경험하면서 국민적 관심이 높아진 수중 생존자의 탐지를 통한 초동 현장대응능력 강화 기술에 역점을 둠.
- 선박 전복/침몰 시 수중 생존자 수색은 골든타임을 다투는 시급한 사항임.
- 전복/침몰된 선박의 선재 감청, 수중통신 등의 기술개발은 선체 내의 생존자 확인 및 구조 확보에 필수적인 요소임.
- 선박 관련된 전복·침몰사고 발생 시에 선체 내에 생존해 있는 생존자 유무를 판단할 수 있는 과학기술적 수단이 부재함.
- 음향탐지를 이용한 생존자 수색 기술은 세계적으로도 미개발 상태임.
- 해양사고 다발지역인 남해와 서해는 수중 탁도가 높아 사고 선박의 선체 및 수중의 실종자 수색을 다이버가 육안으로 수행하기에 한계가 있음.
- 음향을 이용한 물체 탐지와 광학을 이용한 영상 탐지 기술을 접목하여 저시정 환경을 극복하여 가시거리를 확보할 수 있는 기술 개발이 필요함.

제 2 절 연구개발의 필요성

중앙해양안전심판원(2020)의 통계 자료에 따르면, 전복 및 침몰 사고에 의한 해상사고로 2015년~2019년 사이에 총 212명의 사망, 실종, 부상자의 인명 피해가 발생하였다(표 1.1). 과거 단독 선박에 의한 대형 사고로는 1970년에 남영호에서 326명, 1953년 창경호에서 309명, 1993년 서해 페리호에서 292명, 2014년 세월호에서 304명이 사망 및 실종되었다. 2010년의 천안함 사고와 2014년의 세월호 침몰사고를 경험하면서 대형 해양사고에서 선체 내 생존자 여부가 국가적 이슈로 부각되었다. 대형 선박 사고 발생 시 사고자의 수중 생존 여부에 대한 정보 부재는 상황별 인적·물적 가용 자원을 시기적절하게 투입하기 위한 해양재난 대응 지휘부의 수색구조 계획 수립 및 현장지휘를 어렵게 하고 있다.

수중에 사람이 빠진 경우, 생존가능시간 이전에 익수자는 탈진 및 의식불명 상태가 되며, 수온에 따라서 3.3~10℃ 사이에서는 30분에서 1시간 사이에 탈진 및 의식불명 상태가 되고, 이 수온에서의 생존가능 시간은 약 1~3 시간 이다(MSG, 2017; TSBC, 1998). 따라서 선박 사고 시 수중 생존자 수색은 골든타임을 다투는 시급한 사항이나, 현재 구난 장비는 골든타임 내에 사고선박의 생존자를 효과적으로 탐지할 수 있는 기술과 성능에 한계가 있어 최초 피해평가(생존·실종자 여부) 정보를 신속히 파악할 수 없는 한계가 있다.

해상에서 선박의 전복사고가 발생하면, 해경의 구조사는 전복선 내의 생존자를 선저에서 귀로 확인한다(그림 1.1). 이 확인 절차는 다음과 같다. 1) 구조사는 구조선에서 전복선의 선저위로 이동하여 망치 등으로 선저를 두드려서 생존자의 반응 여부를 확인한다. 전복선박의 선저가 단일 선저로 되어 있으면, 대형 스피커로 선내로 향하여 질문을 하여도 효과적인 때가 있어서 전복 선내에서 반응을 보일 수 있다. 2) 구조사는 선저에 귀를 대고 열심히 청취하면, 선내의 소리를 청취할 수 있으며, 이렇게 하면서 선내에 있는 사람과 대화 노력을 계속하여 상태를 확인 한다. 3) 선저를 두드려 반응이 없더라도 매 30분 정도 마다 수 회 씩 선체를 두드려 반응을 기다린다. 현재의 전복선박의 선체 내 생존자 확인은 구조사의 청각에 의해 이루어지고 있다. 소형 선박의 전복사고에서는 긴급 대응 측면에서 청각에 의한 방법이 효율적일 수 있으나, 복잡한 대형선박의 전복사고나 침몰선박에 대해서는 구조사가 청각으로 생존자를 확인하는 것이 어렵다. 따라서 과학적 기술을 이용하여 대형선박의 전복사고 및 침몰선박에 대응한 선체 내 생존자를 수색할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

표 1.1 해양사고 종류별 인명 피해 건수(중앙해양안전심판원, 2020)

사고종류		2015	2016	2017	2018	2019	계	비고
사고건	전복	32	49	65	46	110	302	합계 488건
	침몰	31	27	29	38	61	186	
인명 피해	전복	31	15	35	36	41	158	사망+실종+부상
	침몰	9	11	30	2	2	54	사망+실종+부상



그림 1.1 전복사고 발생 시 전복선의 생존자 확인 방법

표 1.2 선박톤수별 해양사고 건수(중앙해양안전심판원, 2020)

톤(ton)수	5톤 미만	5~20톤	20~100톤	100~500톤	500~1천톤	1천~5천톤	5천~1만톤	1만~5만톤	5만톤 이상	미상	합계
2015~2019 사고건수	5843	3486	2681	783	223	491	141	169	102	116	14035

최근 5년간 발생한 해상 선박사고는 대부분 20톤 이하의 소형선박에서 9,329건이 발생하였으나(표 1.2), 소형 선박은 구조사가 사고에 대하여 직접 대응을 통한 구조가 가능하여 본 사업에서 개발한 기술의 적용 대상 선박으로 정의를 하지 않았다. 청음시스템에 의한 선체 내 생존자 탐지 기술은 선박 톤수 20톤에서 5000톤 이하의 선박을 대상으로 하였다.

서해 및 남해와 같이 탁도가 높은 해역에서 해양사고 발생 시 수십 cm 이내의 저시야로 인하여 수중 수색구조를 구조사의 육안이나 일반 광학장비로 수행하는 것은 매우 어려우며, 현실적으로 극한 해양환경인 저시정 문제로 수색구조 기간이 장기화 되고 있다. 따라서 우리나라 해역의 해양사고 현장에서 사용할 수 있는 특화된 영상 수색장비에 대한 기술 확보가 필요 있다.

수중 환경은 육상 환경에 비해서 로봇을 이용한 원격 작업이나 자동화 작업을 적용하

기 힘든데 가장 큰 이유는 육상에 비해서 수중의 경우 광학 영상을 활용할 수 있는 가시 거리가 극히 제한되며 레이저 등 육상에서 필수적으로 사용되는 센서류의 적용이 어려워 기존의 로봇에 적용되는 많은 센서류들의 활용이 제한되기 때문이다. 특히, 로봇에 많이 사용되는 광학카메라 기반의 비전센서의 경우 수중에서의 활용도는 극히 제한되며 이마저도 탁도가 심할 경우 활용이 어렵다. 2010년도 3월의 천안함 사고와 2014년 4월에 발생한 세월호 사고에서 수중시야 확보가 되지 않아 선체 내 수색 및 인양 작업에서 많은 어려움이 있었다. 따라서 우리나라 연근해에서 부유물질에 의한 수중 시야 확보가 어려운 환경에서 수중 수색구조를 지원할 수 있는 광학과 음향 영상을 통합적으로 가시화 할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

제 3 절 연구개발 범위

1. 1차년도(2017년)

해당연도 연구개발 목표	수중 생존자 탐색용 청음시스템 기초 기술 개발
세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위
○ 수중 생존자 탐색용 청음시스템 기초 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 획득 음향신호 주파수 범위 측정 - 획득 신호 주파수 밴드 필터 설계 - 실시간 신호 획득 장치 제작 - 청음센서 선체 부착 방안 수립

2. 2차년도(2018년)

해당연도 연구개발 목표	구조·탐색 생존자 탐지용 청음기 개발, 음향소나 및 수중광학 장비와의 연동 기초기술 개발
세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위
○ 선체 내 생존자 탐지를 위한 부착형 청음시스템 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 수중 생존자 탐지용 선체 부착형 청음시스템 제작 - 선체 부착형 청음시스템과 수신기 간 수중 무선 통신체계 개발 - 수중 청음시스템과 구조사(함) 간 유선 전송체계 개발
○ 한국형 음향소나 및 수중광학장비와의 연동체계 개발을 위한 3D 형상 도면 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 음향소나 기초기술 및 수중 광학장비 영상 처리 기술 개발

3. 3차년도(2019년)

해당연도 연구개발 목표	생존자 탐지용 프로그램 개발 /한국형 음향소나 및 수중광학 장비와의 연동 기초기술 개발
세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위
○ 생존자 탐지용 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 음향탐지 정보로부터 생존자 인식 알고리즘 및 장비 운영 프로그램 개발
○ 한국형 음향소나 및 수중광학 장비와의 연동 기초기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 한국형 음향소나 및 수중 광학 장비와의 연동 체계 개발 - 영상처리 및 음향처리 방식 통합 기술 개발

4. 4차년도(2020년)

해당연도 연구개발 목표	해상 성능시험 및 개발품 고도화
세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위
○ 해상 성능시험 및 개발품 고도화	<ul style="list-style-type: none"> - 수중생존자 탐지 청음시스템, 음향소나 및 수중광학장비 체계의 선박을 이용한 해상성능 시험 수행 - 수중생존자 탐지 청음시스템, 음향소나 및 수중광학장비 체계 고도화



그림 1.2 연차별 연구목표 및 주요 연구 내용

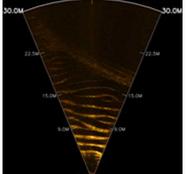
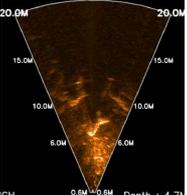
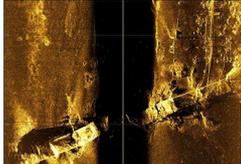
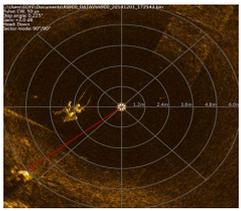
제 2 장. 국내외 기술 개발 현황

제 1 절 국내·외 기술 현황

1. 국내 기술 현황

- 국내의 수중청음센서 기술은 수중진동, 수중항법, 잠수함 탐지, 고래생태연구, 수중 지형 조사 등에서 활용되고 있음
- 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소에서는 천해역에서 대용량의 지향성 초음파 송신부와 배열센서를 사용하여 9.7km까지 10kbps로 전송할 수 있는 단방향 수중통신모뎀 테스트베드를 개발하였으며, 나아가 6km거리에서 10kbps의 전송속도를 제공할 수 있는 양방향 수중통신모뎀 개발
- (주)이오브이 울트라소닉스는 수중에서 음향을 통해 유실된 선박 및 차량, 인명 등을 탐색할 수 있는 수중 음향 영상장비인 Echologger RS900을 개발(표 2.1). 다이버용이 아닌 해상에서 운용하는 장비로 수중에서 다이버가 직접 운용하기 어려움

표 2.1 음향이미지 소나 관련 업체

소 나 테 크 (주)	다이버용 Image Sonar 장점 : 이동중에도 영상 취득가능 다이버용 제품		
소 나 테 크 (주)	Image Sonar 장점 : 이동중에도 영상 취득가능		
소 나 테 크 (주)	Side Scan Sonar 장점 : 영상품질이 높다 단점 : 직진스캐닝방식이어서 고정포인트에서는 불가능하고 일반적으로 선박에서 토잉하는 방식으로 사용		
(주)이오브이 울트라소닉스	Scanning Sonar 단점 : 이동시사용 불가, 고정포인트에서만 사용가능하여 다이버용으로는 부적합 장점 : 가격 저렴		

- 수중통신용 음향채널 및 표준화 연구(선박해양플랜트연구소)를 통하여 수중환경에서 장시간·실시간 관측 및 제어를 위한 기저국 기반 수중 관측·제어망 기술, 멀티밴드 수중음향센서, 광대역 수중통신모뎀 등의 기술 개발 중
- 해양 음향측심 물성 모니터링기기 국산화 개발(광주과학기술원)에서는 고해상도 멀티빔 음향측심기 및 고효율화 모듈 개발 진행 중
- 한국해양과학기술원은 연구용 형태의 소형 공간배열센서를 자체적으로 제작하여 육상, 실험실 규모의 수조시험 및 실험역 해상시험을 통해 수중음원의 방위를 추정하는 기술력 보유(특허)
- 최근 한양대, 인하대, 해양대에서는 고래의 소리를 모방한 수중음향통신 기법을 연구 중이며, 다양한 기법을 적용하여 다중경로 환경 및 높은 신호 대 잡음비를 효과적으로 극복할 수 있는 수중통신 방법을 연구개발하고 있음.
- 고래류 출현을 원격 모니터링하기 위하여 고정점에 설치할 고래류 수중 음향전송시스템을 시험 제작하여 제주도 향내 및 퍼시픽랜드 돌고래 쇼장 내에서의 실험을 통하여 수중 음향전송시스템의 사용 가능성에 대하여 평가하여 실시간으로 고래류의 수중음향을 관측할 수 있음을 확인(신 등, 2008)
- 음향렌즈 카메라 시스템에 2 차원 영상화 시스템 구현을 위해 k-Wave 시뮬레이션을 통해 신호를 생성하고 미가공 데이터로부터 입력 간섭제거, 거리에 따른 밝기 보상, 주파수 영역 필터링, 포락선 검출, log compression, scan conversion, colorization 을 수행하여 수중물체 확인(이 등, 2014a)
- 수중음향 카메라용으로 제작된 압전배열 변환기의 성능 평가 시스템을 구성하고, 기본적인 수중음향 변환기의 성능지표(송/수신 감도 및 방향성 등) 측정. 1차원 배열센서를 이용한 위상배열 영상을 얻어 수중음향 카메라용 배열 센서로의 사용 가능성 연구(박 등, 2016)
- 해수면부터 최대 12 m 수층에 대해서 음향 카메라의 방사 빔 각도를 수직 방향으로 모니터링한 후, 획득한 디지털 음향 영상을 처리하여 어류의 개체수 및 체장 분포 추출(이 등, 2014b)
- 단방향 통신은 수신측의 장비 상태를 고려하지 않고, 송신측에서 계속 계속하고, 변조된 신호를 송신하게 됨(이, 2019). 이 경우 송신측의 장비는 많은 전력을 소비하게 되어 장비의 운용시간을 단축시킴. 수신측 장비의 상태를 고려하여 송신측의 장비를 운용하면서 전력 소비를 줄이는 기술이 개발되고 있음.
- 얇은 고무질 진동판을 가진 청음기가 수면 아래로부터 올라오는 음파에 따라 진동하여 수중의 소리를 공기 중에서 들을 수 있도록 소리를 내는 청음 기술이 개발되고 있음(Bok et al., 2018). 현재 좁은 범위에서 수직으로 오는 소리는 청음이 되나 경사를 가지고 입사하는 음파는 신호 획득에 한계가 있는 것으로 알려짐.
- 수중 음향 카메라 영상의 도플러 왜곡을 보정하기 위하여 고속(30kn) 기동하는 환경

에서 단순 스왑 음향 카메라로 영상을 획득할 때 발생하는 도플러 왜곡을 극좌표 값 산출, 송신주파수 값 산출, 도플러 천이량 산출, 천이 빔 수 산출 단계를 거쳐 영상을 보정하는 기술이 개발되었으며(배 등, 2019), 현재 다중 스왑 음향카메라에 대한 보정 기술은 연구가 진행 중.

2. 국외 기술 현황

- 수중청음기는 수중의 음파를 수신할 목적으로 음향 에너지를 전기 에너지로 변환하는 전기 음향 변환기로 국외에서 개발된 수중청음기(hydrophone)은 Teledyne의 자회사인 덴마크의 RESON, 덴마크의 Brüel & Kjær 사, 그리고 미국의 High Tech Inc. 등에서 개발되어 우수한 성능의 상용 제품이 판매되고 있음(표 2.2)
- 해양에서 사람에게 의해서 발생하는 목소리와 인위적인 충격에 의한 소리를 청음하기 위한 하이드로폰의 감도와 주파수 응답범위는 일반적으로 -170dB ~ -220dB, 2 Hz ~100 kHz 임
- 수중음향을 이용하여 데이터를 전송하는 기술에 대한 연구는 1960년대 이후 지속적으로 수행되어옴. 최근에는 CPU의 신호처리 속도의 발달로 아날로그 방식이 아닌 디지털 방식의 모뎀 개발이 주류를 이루고 있음
- Teledyne Benthos사에서는 MFSK와 PSK 방식의 변조기법을 사용하며 다중경로를 피하기 위한 가드타임(guard period) 설정이 가능. 수중과 수상과의 데이터 통신을 위해 수상 유닛용 모뎀(ATM-891 등)이 있음
- 수중 기계 작업에서 외부 인식은 매우 중요하나, 작업으로 인한 물의 탁도로 광학 카메라로 외부 작업 정보를 획득하는 것은 불가능 함. 이를 극복하기 위하여 음향 비디오 카메라를 개발하여 수중작업에서의 음향카메라의 성능을 실험하였음. 실험을 통해 음향카메라가 해상도 문제로 형상 인식의 정확도는 떨어지지만 대상 물체와 수중 건설 기계를 측정하고 인식할 수 있는 것을 평가함(Hirabayashi et al., 2016)
- EvoLogics는 독일에 본사를 둔 회사로서 S2C(sweep-spread carrier) 기술을 적용한 모뎀 제작사임. 모뎀은 크게 R 시리즈와 M 시리즈로 구분되며 주파수 대역, 전송속도 및 거리, 운용수심 등에 따라 구분됨. R 시리즈는 USBL을 이용한 위치추적 기능이 가능한 특징이 있음
- 영국 Tritech International Ltd는 영국 업체로서 수중음향 모뎀을 비롯한 여러 장비를 생산하고 있음. 수중음향 모뎀으로는 AM-300과 Micron Data Modem의 두 종류가 있음. Micron Data Modem은 ROV나 AUV 장착이 용이한 소형모뎀이며, 위치탐지가 가능한 특징이 있음
- 국외 기술 및 시장의 경우 국내와 달리 수중 음향영상 관련 기술을 많이 보유하고 있으며 기술력을 바탕으로 수중 탐사 장비를 꾸준히 개발하여 현재 국외 시장에 시판 되고 있음

표 2.2 국외 주요 수중청음기의 개발 사양

항목	수중청음기 제작사					
	RESON		HTI		B&K	
모델명 (Model)	TC4014 	TC4032 	HTI-99-HF 	HTI-99-UHF 	8103 	8106 
감도 (Sensitivity)	-186dB re. 1V/ μ Pa	-170dB re. 1V/ μ Pa	-204 dB re. 1V/ μ Pa	-210 dB re. 1V/ μ Pa	-211dB re. 1V/ μ Pa	-174dB re. 1V/ μ Pa
주파수 응답 (Frequency Response)	15 Hz ~ 480 kHz	5 Hz ~ 120 kHz	2 Hz ~ 125kHz	2 Hz ~ 250 kHz	0.1Hz ~ 180 kHz	7Hz ~ 30 kHz
최대 운용 수심 (Operating Depth)	900 m	600 m	2,000 m	2,000 m	400m	1000m
크기 (Size)	직경 3.8cm 길이 27.3cm	직경 3.8cm 길이 28.4cm	직경 2.54cm 길이 7.6 cm	직경 2.54cm 길이 7.6 cm	직경 1.0cm 길이 5.0cm	직경 3.2cm 길이 18.2cm

- 현재 전방탐지소나는 Imagenex(Canada)사, BlueView(USA)사 등에서 Imaging sonar 센서를 개발 및 판매하고 있으며, 초음파카메라는 SoundMetrics(USA)사에서 DIDSON300 제품으로 판매하고 있으나, 국외 수중센서 전문기업이 독점 생산 중이며 미국, 영국 등 국방관련 연구소, 학계, 전문기업에서 연구개발 중임
- 미국의 Sound Metrics 사(<http://www.soundmetrics.com>)는 수심 100m 에서 운용 가능한 DIDSON Diver Held를 개발하여 함. 음향주파수에 따라 1.8MHz는 15m, 1.1MHz는 35m의 물체를 인지할 수 있는 성능임
- 수중 음향소나 카메라의 대표적인 개발사는 BlueView, Sound Metrics, Pomtec, Tritech 등이 있음(표 2.3)
- FarSunder사의 Matthew J. Zimmerman는 3차원 전방감시 위상지연 배열(Phased array)의 장애물 회피 소나(OAS : Obstacle Avoidance Sonar)를 구현하고 이를 상품화하였으며, EchoPilot사는 수심 200 m 이하의 천해의 해양에서 소형 선박 운항 시 해저장애물 및 해저지형 변화를 실시간으로 관측할 수 있는 범용 2차원 전방감시소나를 개발 함
- Reson사의 Seabat7123은 3개의 다중 주파수 (110, 240, 455 kHz)를 사용하는 전방감시소나로 선택적으로 주파수를 달리하여 운용할 수 있고, Seabat7123은 AUV나 ROV

에 장착하여 사용할 수 있으며 운용주파수에 따라서 120도 에서 45도의 수직 지향각을 가짐

- 미국 마이애미대학 연구팀(Sarah and Jianganf, 2008)은 DIDSON 고주파 멀티 음파 탐지기 물고기의 고해상도 이미지를 생성하여, 낮은 가시도 조건에서 물고기의 모양, 크기 및 움직임을 기록하였음
- 수중통신에 음향(Acoustic)을 활용할 기술이 일반적 있었으나, 최근에는 RF전파와 광학(Optical)을 이용한 수중통신 기술이 개발되고 있음. 현재 기술수준에서 RF통신은 10m 이내 이며, 광학 통신 가능 거리는 최대 100m 이내 임.
- 최근 수중 물체를 인식하는 기술이 1개의 음향영상과 2개의 광학영상을 합성하여 물체를 인식하고, 3D-스테레오로 가시화하는 수준의 기술 개발이 도입되고 있음

표 2.3 국외 주요 수중 음향소나 카메라 사양

<p>BlueView (P900-130)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operating Frequency : 900 KHz - Update Rate : Up to 15 Hz - Field-of-View : 130 ° - Max Range : 100 m - Optimum Range : 2 - 60 m - Beam Width : 1 ° (H) x 20 ° (V) - Number of Beams : 768 - Beam Spacing : 0.18 ° - Weight : 5.7 lbs.(in Air)/1.4 lbs.(in water) - Depth Rating : 1,000 m - Size (max OD) : 11.3 x 5.0 in 	 <p>The image shows the BlueView P900-130 camera, a black cylindrical device with the brand name 'BlueView' and 'TECHNOLOGIES' visible. Below it is a sonar image showing a dark, textured underwater environment with a grid overlay.</p>
<p>Sound Metrics (DIDSON 300M)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operating Frequency : 1.1/1.8 MHz (Detection mode/Identification mode) - Max Range : 40/10 m (Detectionmode/Identification mode) - Field-of-View : 29 ° - Beam Width : 0.4 ° (H) x 14 ° (V)/0.3 ° (H) x 14 ° (V) (Detection mode/Identification mode) - Number of Beams : 48/96 (Detection mode/Identification mode) - Beam Spacing : 0.6 ° /0.3 ° (Detection mode/Identification mode) - Weight : 7.9 kg(in Air)/1.0 kg(in water) - Size : 31.0 x 20.6 x 17.1 cm 	 <p>The image shows the Sound Metrics DIDSON 300M camera, a black rectangular device with a lens. Below it is a sonar image showing a blue, grid-like pattern representing the underwater environment.</p>
<p>Pommec (Diver Handheld Sonar & Navigation console)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operating Frequency : 650 ~ 750 KHz - Max Range : 100 m - Field-of-View : 120 ° - Beam Width : 3 ° (H) x 35 ° (V) - Range resolution : 7.5 mm - Weight in air : 2.6 kg in water : 0.8 Kg - Size : 340 x 240 x 125 mm³ 	 <p>The image shows the Pommec handheld sonar console, a black device with a screen and buttons. Below it is a sonar image showing a fan-shaped, grayscale representation of the underwater environment.</p>

제 2 절 연구 결과의 위치

1. 시장 현황

- 중앙해양안전심판원(2020)에 의하면, 우리나라의 선박 전복 및 침몰사고로 인한 인명 피해는 2015년 40명, 2016년 26명, 2017년 65명, 2018년 38명, 2019년 43명으로 최근 2015년에서 2019년 사이에 총 212명의 인명 피해 발생
- 국내의 해양사고로 인한 경제적 손실은 해양산업위원회(2014)에 의하면, 2005년 2,293억원에서 2011년 2,927억원으로 28% 증가
- 국제기구인 IMO는 인적요인에 의한 해양사고 예방을 위해 기존 선박운항관리체계에 ICT를 융합한 e-Navi 도입을 결정(2018년 전면시행)하고, 시정 선점을 위한 선제적 대응을 위해 각국이 연구개발 추진
- 음향가시화 장비의 국외 기술 및 시장의 경우 국내와 달리 기술을 많이 보유하고 있으며 기술력을 바탕으로 수중 탐사 장비(Pommec(Diver Handheld Sonar & Navigation console)를 꾸준히 개발 중이고, 유사 장비(Sound Metrics(DIDSON 300M), Farsounder(3DT))가 주로 수심 측량용으로 사용되고 있음
- 현재 국내 기술 및 시장을 분석한 결과 다이버용 전문 탐사 장비로 개발된 사례는 아직 미흡하며, 지방 소방본부에 이오브이 울트라소닉사의 Echologger RS900이라는 수중 음향 탐색 장비가 보급되어 사용되고 있음. 수중 관련 장비들에 관한 관심이 점차 높아짐에 따라 수중 탐색 장비개발이 지속적으로 발전될 것으로 전망

2. 경쟁구조

- 미국, 유럽을 중심으로 대형 해양사고 이후 지속적인 대규모 투자가 이뤄지고 있으며, 글로벌 다국적 기업 및 연구소가 전세계 시장을 주도
- 해양안전 수색구조 및 구난산업은 미국, 독일, 프랑스, 노르웨이 등이 시장을 점유하고 있으며, 사고선박 인양의 구난업은 미국(TITAN), 네덜란드(SMIT) 기업에서 전세계 대규모 사업을 독식
- 우리나라는 포괄적인 기술개발이 부족한 상태이며, 이에 따라 시장 점유율도 매우 낮은 추격자 수준임

3. 기술 위치

- e-Navi. 기술 도입을 통해 세계 해양안전 시장규모는 2018년부터 2030년까지 항해, 통신장비, 교통관제 등의 분야에 연간 약 25조원씩 320조원의 직접시장과 해양관련 분야에 연간 약 70조원씩 900조원의 간접시장이 형성될 것으로 전망(미래창조과학부, 2015)

- 해양산업위원회 (2014)는 한국 해양산업 발전 전략 보고서에서 국가통합 해양안전망 구축을 위한 미래 추진 기술로 극한환경에서의 해난사고 발생시 구난, 구조, 수색 작업을 가능하게 하는 초기 대응기술 개발과 강한 조류, 높은 파랑 등 악천후 및 극한 환경에서 작업 가능한 다목적 해양구조물 개발, 음향가시화시스템 개발 등 차세대 해난 구조, 수색기술 개발을 제시 함
- 해양산업의 전략적 위치(그림 2.1)를 시장규모와 향후 2030년까지의 성장률의 2가지 지표를 사용하여 5점 척도로 평가한 시장매력도와 각 산업별로 도출된 KSF(Key Success Factors)를 상대평가(선진국 수준=100)한 경쟁역량으로 표현하면, 2030년에 해양안전 분야는 해양산업 평균에 비해 시장매력도는 높지만, 내부경쟁역량은 다소 미흡할 것으로 전망 됨(해양산업위원회, 2014)

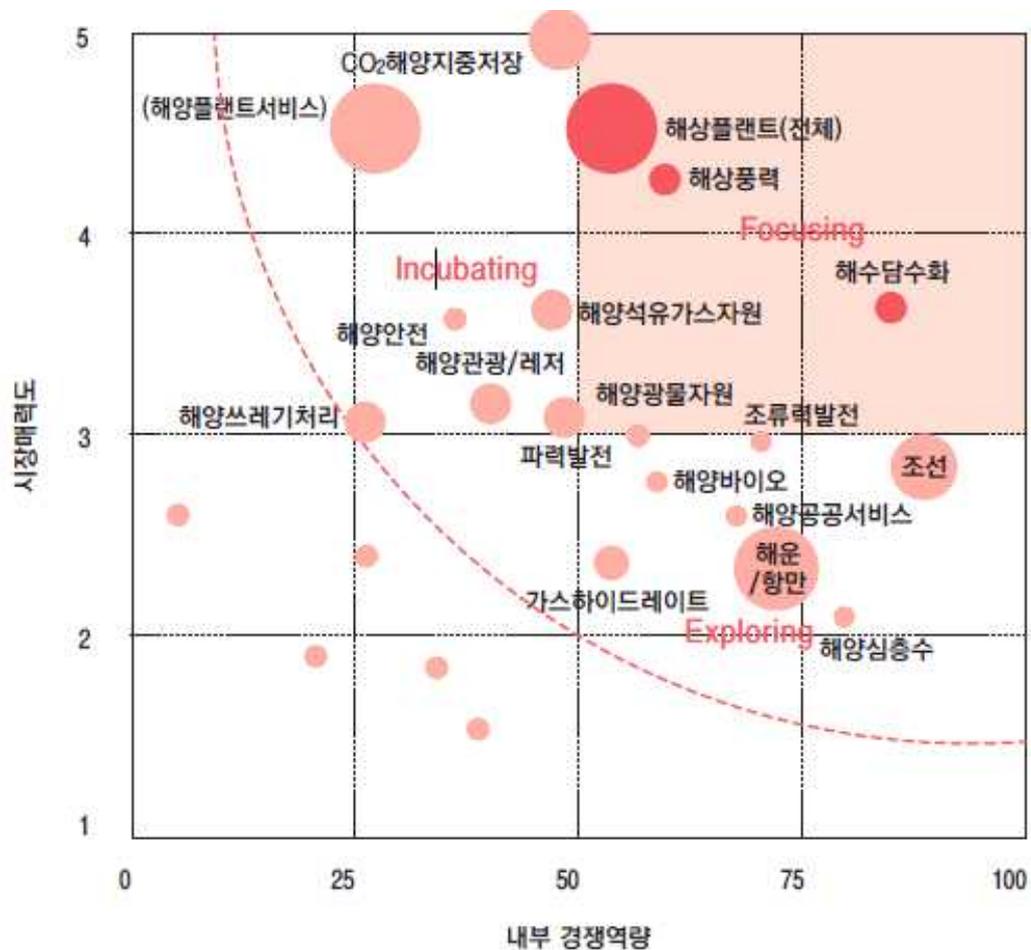


그림 2.1 해양산업의 전략적 Positioning 결과, 원의 크기는 2030년 시장규모

제 3 장 연구 수행 내용 및 성과

제 1 절 1차년도 연구 수행 내용 및 성과

1. 획득 음향신호 주파수 범위 측정

선체 내에서 발생한 음향의 수중 전달 특성을 측정하기 위하여 모의 실험을 위한 테스트 구조물에 수중 및 해상에서 음향 전달 주파수 특성 측정하고, 실제 선박을 대상으로 40톤급(FRP선), 357톤급(강철선), 1370톤급(강철선)을 대상으로 ‘살려주세요’ 구조음과 망치 타격음에 대한 주파수 전달 특성 측정하였다.

가. 온누리호 선체 내 신호 수중 청음 실험

살려주세요 음성 원음에서는 저주파대역에서 고주파대역까지 고르게 분포하지만, 수중 청음 결과에서는 3kHz 이상의 주파수대역에서는 선체 외부로 방사되는 음성이 감소되었다(그림 3.1). 망치 타격음은 충격파의 특성을 띄며 저주파대역에서 고주파대역까지 고르게 분포하며, 선체 외부 청음센서에서도 유사한 주파수 대역의 스펙트럼으로 나타났다(그림 3.2).

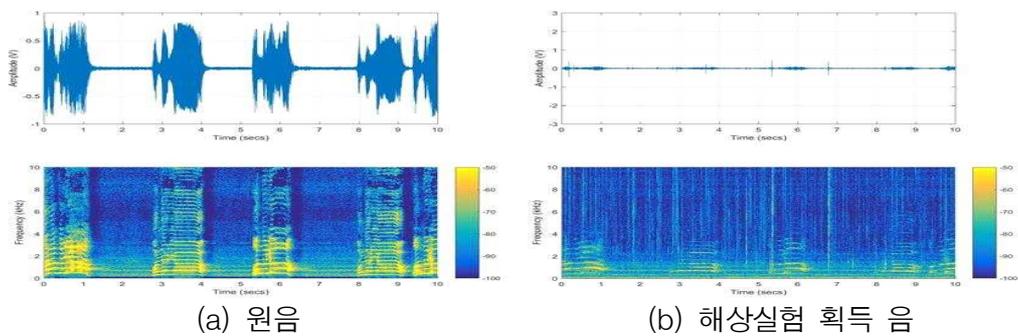


그림 3.1 온누리호의 살려주세요 원음과 수중 청음 실험 결과

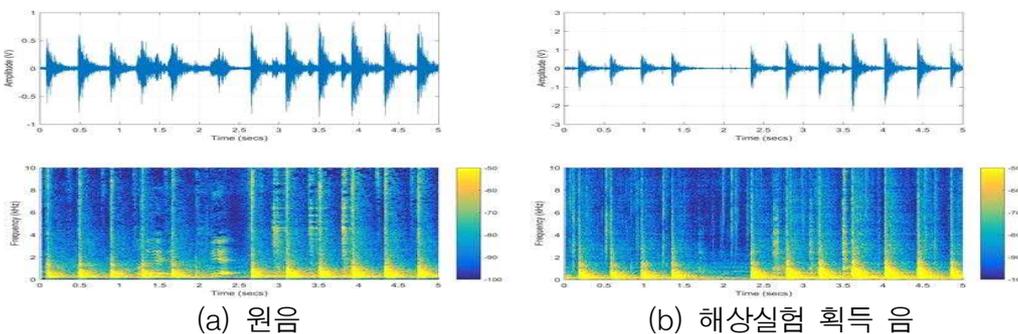


그림 3.2 온누리호의 망치 타격음 원음 및 수중 청음 실험 결과

나. 이어도호 선체 내 신호 수중 청음 실험

‘살려주세요’ 음성 원음에서는 저주파대역에서 고주파대역까지 고르게 분포하지만, 선체 외부로 방사된 음성은 매우 감소하였다(그림 3.3). 망치 타격음은 충격파의 특성을 띄며 저주파대역에서 고주파대역까지 고르게 분포하며, 선체 외부에서도 유사한 형태의 스펙트럼이 얻어졌다(그림 3.4).

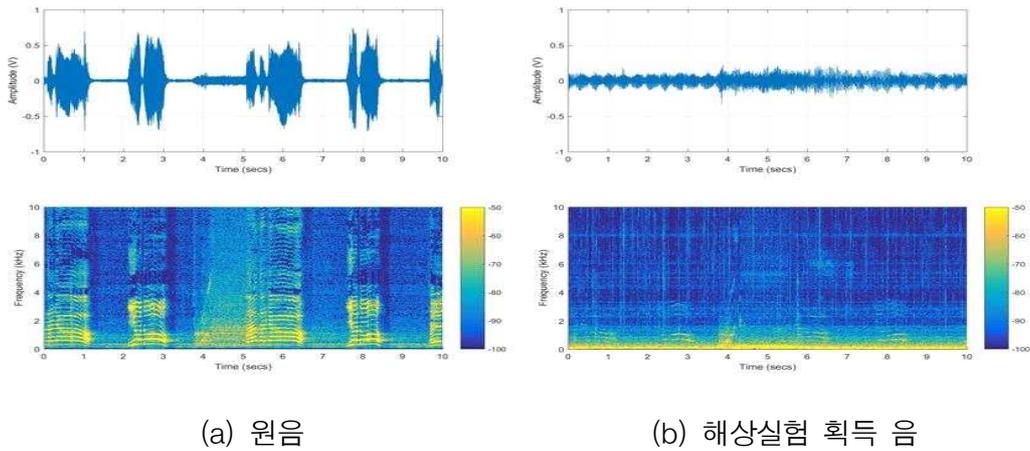


그림 3.3 이어도호의 살려주세요 원음과 수중 청음 실험 결과

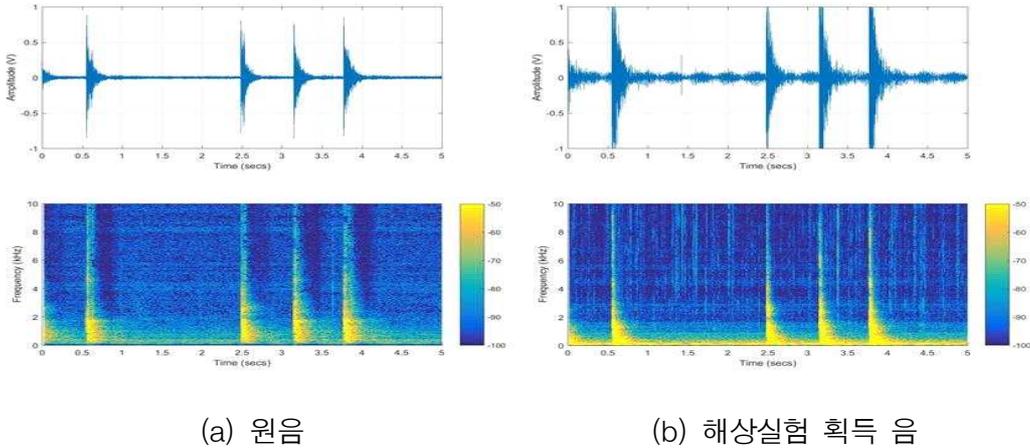
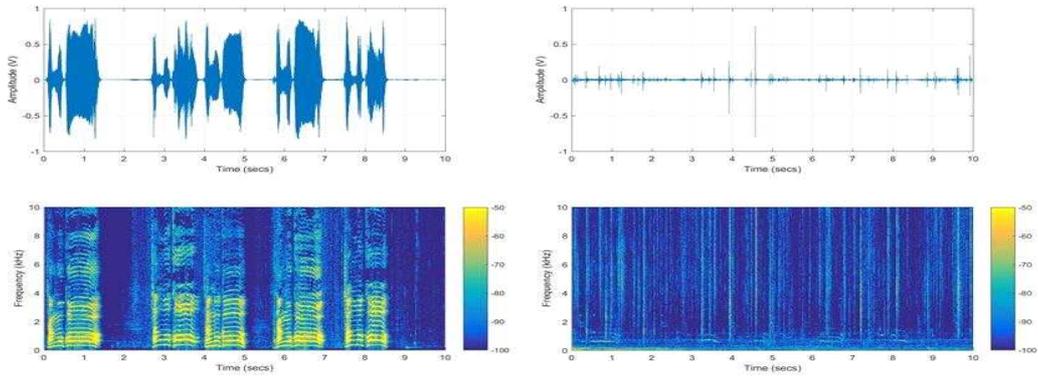


그림 3.4 이어도호의 망치 타격음 원음 및 수중 청음 실험 결과

다. 장목호 선체 내 신호 수중 청음 실험

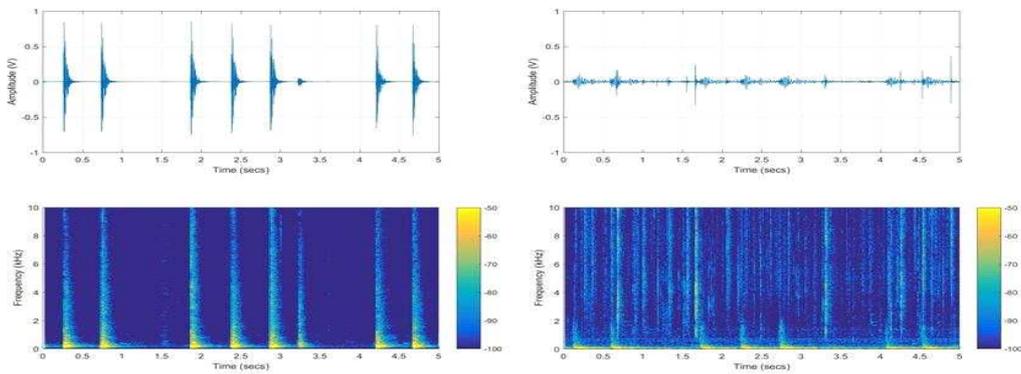
살려주세요 음성 원음에서는 저주파대역에서 고주파대역까지 고르게 분포하지만, 선체 외부로 방사되는 음성이 매우 감소함 (그림 3.5). 망치 타격음은 선체 외부에서도 충격파의 특성을 띄며 저주파대역에서 고주파대역까지 고르게 분포 하지만 (그림 3.6), 장목호의 FRP 재질 및 2중 선체 구조에 의해 선체외부로 방사되는 소음이 크기가 매우 작음.



(a) 원음

(b) 해상실험 획득 음

그림 3.5 장목호의 살려주세요 원음과 수중 청음 실험 결과



(a) 원음

(b) 해상실험 획득 음

그림 3.6 장목호의 망치 타격음 원음 및 수중 청음 실험 결과

2. 획득 신호 주파수 밴드 필터 설계

청음센서를 통하여 선체 내에서 발생하는 소리를 획득하기 위한 수신 청음센서용 수신 Amp, 대상음을 정확히 획득하기 위한 Filter 회로 설계, 획득 신호 주파수 증폭 회로를 설계하여 실시간 신호 획득 장치에 반영하였다(그림 3.7).

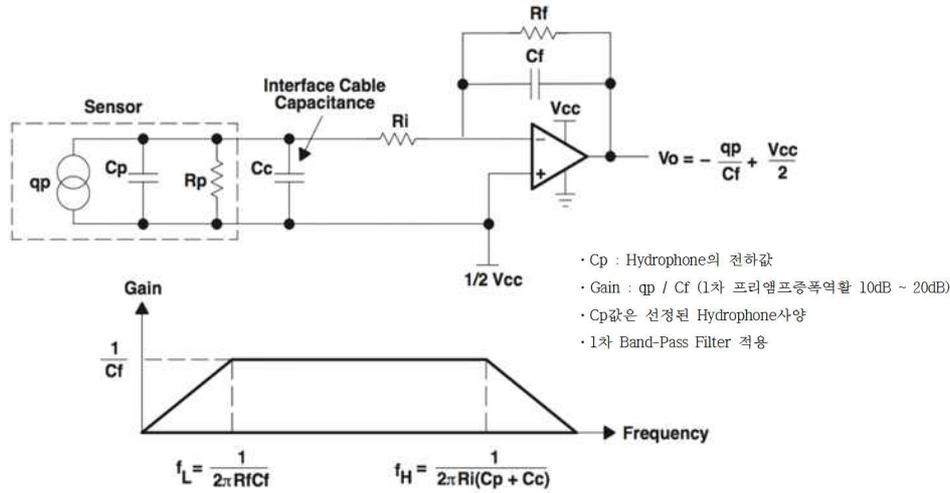


그림 3.7 청음센서(Hydrophone)용 수신 Amp 설계 및 청음시스템의 단계별 증폭회로

3. 실시간 신호 획득 장치 제작

센서부에서 신호를 수신하여 처리하는 신호보드(Signal Board), 처리된 신호를 외부로 송신하는 메인보드(Main Board), 그리고 메인보드와 신호보드에 전원을 공급하는 파워보드(Power Board) 각각 제작하여 테스트 모듈 구축하였다(그림 3.8).

메인보드는 청음센서 및 진동센서용 ADC 2부와 예비 ADC 1부, RS232통신부, LAN 통신부, SD 저장부, 전원입력부, 디버그용 JTAG부, LED 상태부, 그리고 메인 CPU부로 구성되어 있다(표 3.1). 신호보드는 신호 입력부, PreAmp부, 가변증폭부, Low-pass 필터부, 증폭필터부, 전원입력부로 구성되어 있다. 전원보드는 9~36 VDC 전원입력부, 센서용 12VDCA 모듈, 디지털용 5VDC 모듈, 아날로그부용 ±5 VDCA 모듈, EMI부, 외부 전원 출력을 위한 메인보드용 전원출력부, 신호보드용 전원출력부, 그리고 전원상태확인 LED로 구성하였다.

최대 샘플링주파수는 음성 분석을 위해서는 1kHz 성분만을 위해 16.384 kHz까지 지원하나, 그 이상 65.536 kHz까지 가능하다. 다만 이는 무선(Wifi)이 아닌 유선으로만 가능하며, 무선시에는 데이터 끊김 현상이 발생할 수 있으며, 사용상의 오버스펙일 수도 있어서 구현하지는 않았다. 전원입력은 디지털부용 5 VDC와 ADC부용 ±5VDCA가 사용되어지며, 전원보드는 전원의 필터 처리가 되어 있고, 2차적으로 입력부에 LC전원필터로 노이즈 억

제회로가 설계 적용되어 있다. GAIN 설정은 3pin port 제어를 통해 수신증폭회로로 전달 된다.

신호보드의 최대 증폭은 50 dB이며, 최소는 -6 dB로 2배 감소까지 가능하다. 입출력 전압의 크기의 비인 게인(Gain)은 Port 핀으로 설정 가능하며, 8단계로 조절할 수 있게 되어 있다(표 3.2). 출력 신호는 $\pm 2.5V$ 이상의 신호이며, 잡음을 최소화 하기 위해 동축 케이블로 메인보드에 연결할 수 있는 단자로 제작하였다. Low-pass 필터는 Butterworth 4차 Low-Pass Filter를 사용하여 20 kHz에서 비선형이 되도록 하였다.

전원보드용 DCDC컨버터는 총 3개로 구성되어 있으며, 5VDC, 12VDC, $\pm 5VDC$ 로 3 종류이다(표 3.3). 최종 출력단에는 DC용 EMI Filter 소자로 노이즈를 최소화 하였다.

개발한 부착형 청음시스템 테스트 모듈을 국가공인 기관을 통하여 수신감도 -180dB, 최대청음주파수 1kHz, 센서자체소음 -10dB에 대한 1차년도 목표치 성능 인증 시험을 하였다.

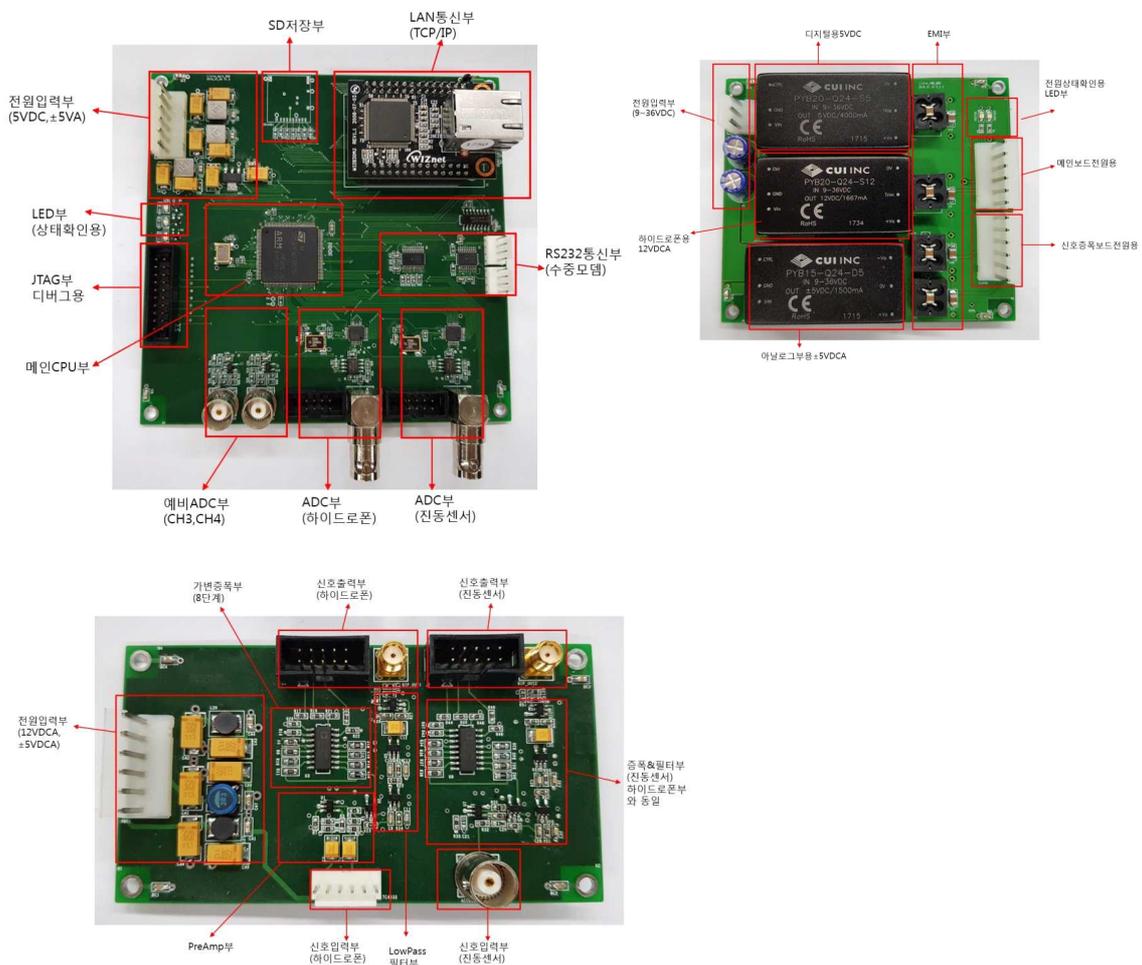


그림 3.8 실시간 신호 획득 장치 메인보드 (Main Board), 파워보드 (Power Board) 그리고 신호보드 (Signal Amp Board) 주요 보드 제작 실물

표 3.1 실시간 신호 획득 장치 메인보드 사양

항목	규격
보드사양	
재질	PCB타입, 4층 FR-4기판
사이즈	127mm x 125mm
샘플링주파수	2048Hz, 4096Hz, 8192Hz, 16384Hz
Gain설정	8단계(-6dB,0dB,6dB,10dB,20dB,30dB,40dB,50dB)
입력전원	+5VDC,±5DCA
소비전류	70mA @24VDC
통신방식	TCP/IP LAN방식, IP:192.168.1.166 ,PORT:4668
입력신호	-2.5V~+2.5V(Bipolar)
Main CPU사양	
Model	STM32F103 72MHz
clock	Max 72MHz
ADC 사양	
범위	16Bit Bipolar input range(+2.5V~-2.5V)
샘플링속도	500 kS/S
취득방식	Successive Approximation Register
출력방식	16bit Parallel Bus

표 3.2 실시간 신호 획득 장치 신호보드 사양

항목	규격
재질	PCB타입, 4층 FR-4기판
크기	109mm x 60mm
소비전류	5mA @24VDC
입력채널	2CH
증폭률	-6dB ~ 50dB(8단계 Port설정)
입력전압	±5VCA
필터	4차 20kHz Low-Pass Filter

표 3.3 실시간 신호 획득 장치 전원보드 사양

항목	규격
재질	PCB타입, 4층 FR-4기판
크기	102mm x 87mm
소비전류	80mA @24VDC
출력전압 및 전류	5VDC 4A, 12VDC 1.667A, ±5VDCA 1.5A

4. 청음센서 선체 부착 방안 수립

가. 선박별 표면 특성(재질, 곡률)에 따른 부착 방안 연구

선박의 외형은 일반적으로 유선형 구조로 되어 있다. 선체 부착형 청음시스템 개발 시에 곡률로 이루어진 선체 외부에 최적으로 부착할 수 있는 기구부의 설계가 필요하다. 선체 외부에 대한 주기적인 청소에도 불구하고 생물체(따개비), 해조류, 그리고 수중 부유물질의 고착체 등이 붙어 있다. 이러한 이물질 등으로 인하여 일반적으로 사용할 수 있는 고무흡착방식의 부착방법은 효율성이 떨어지지만, 철선의 경우에는 자석을 이용한 부착방법이 효율적이다.

부착형 청음시스템의 기구부를 직접 선체 외부에 부착하는 방법보다는 청음시스템에 추가적으로 선체 곡률에 따라 가변적으로 회전할 수 있는 부착기구부를 제작하는 방법이 효과적이다(그림 3.9).

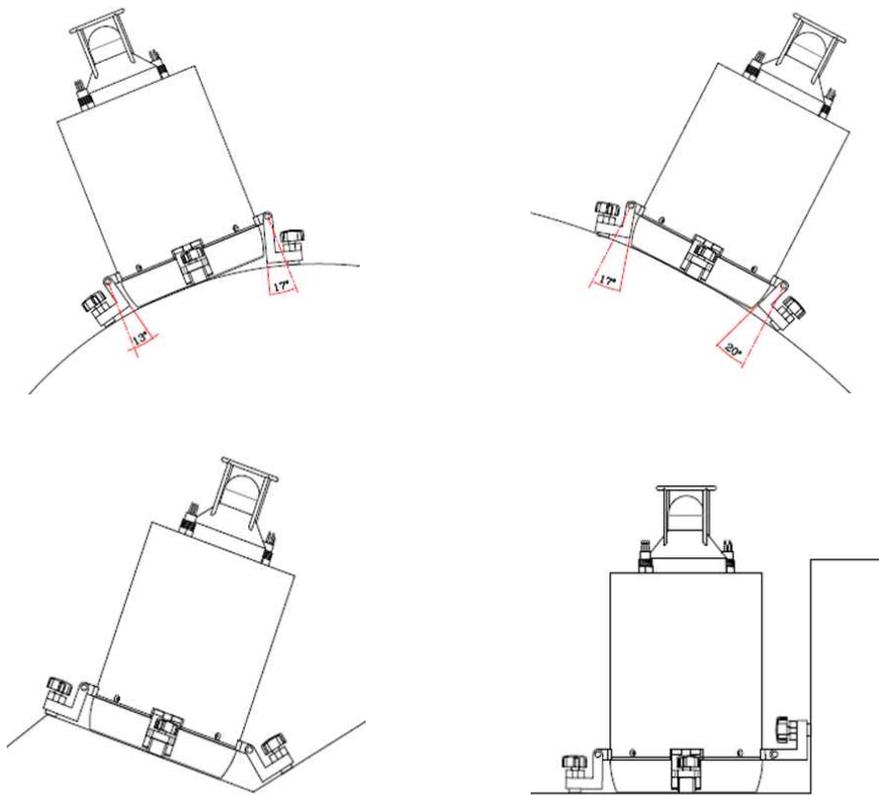


그림 3.9 선박별 선체 외부 곡률에 부착 방법

나. 기구부 제작방안 수립

해양경찰청 산하 수색구조 전문가의 자문 의견을 반영하여 상황에 따라 청음시스템부와 수중통신부를 분리하여 소형경량으로 운영할 수 있는 선체 부착형 청음시스템 기구부를 설계하였다.

인위적 진동 및 음향신호 탐지를 위한 선체 부착형 청음 시스템 기구부는 구조요원에

의해 선체 외부에 부착 가능하도록 소형·경량으로 설계하였으며, 선체 부착용 청음 시스템 기구부의 청음센서(hydrophone)은 선체 내에서 발생하는 음향신호를 잘 수신할 수 있도록 청음장치를 외부에 노출되도록 설계하였다.

청음시스템 기구부는 총 3차에 걸쳐서 수정·보완을 하였다. 1차 기본 설계는 연구계획서 및 기술 개발 개념을 기초로 하여 기구부와 수중통신을 위한 모뎀을 일체형으로 하는 것으로 설계하였으며, 2차 설계는 휴대성과 상황별 해양사고 발생 시에 긴급 대응하기 위한 방안(수중모뎀이 불필요한 사고)으로 수중청음시스템 기구부와 수중 모뎀부를 독립형으로 하여 제작 방안을 마련하였다. 사업을 수행하면서 해경 전문가 자문의견을 반영하여 3차 설계 변경 안을 마련하였다. 3차 기구부 제작 방안에서는 기구부의 소형 경량화뿐 아니라 해상 사고 시 현장 환경의 각종 가이드 선의 간섭을 고려하여 기구부의 높이를 낮추었다.

부착형 청음시스템 기구부의 2차 설계안인 수중모뎀을 외부에 부착하는 모양을 기준으로 해경 현장 구조 전문가의 요구 사항을 반영하여 높이를 낮추어 수정·보완된 3차 설계안을 최종적으로 도출하였다. 수정된 기구부의 높이는 기존 285mm에서 157mm로 낮추었다. 또한 선체에 부착하는 기구부는 다이버가 수중에서 마그네틱 기구부 부착을 쉽게 하도록 회전방식에서 원터치 방식으로 개선하였다(그림 3.10).

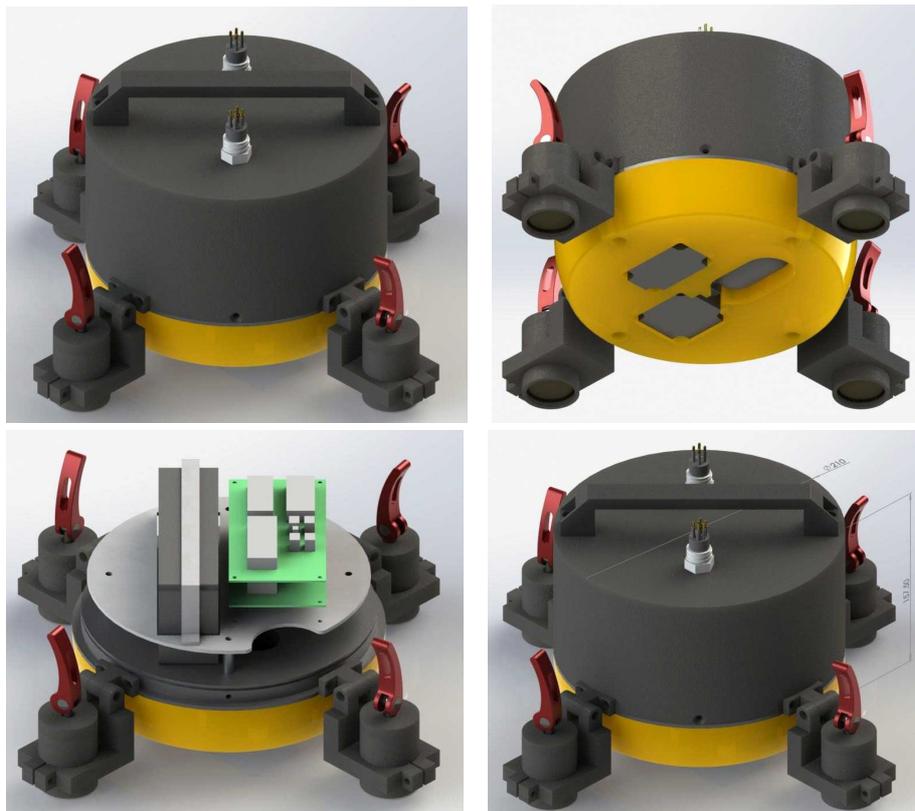


그림 3.10 수중모뎀 독립형 청음시스템 기구부 3D 형상 및 내부 구조도

제 2 절 2차년도 연구 수행 내용 및 성과

1. 수중 생존자 탐지용 선체 부착형 청음시스템 제작

가. 효율적 선체 부착을 위한 부착형 청음시스템 외형 설계 및 제작

1차년도에 수행한 해양경찰청 전문가 자문회의 및 내부 연구를 통하여 선체 부착형 청음시스템 기구부의 주요 기능을 아래와 같이 설정하고 기구부와 보드 설계 시에 반영하였다(그림 3.11).



그림 3.11 선체 부착형 청음장치 기구부 구성도

- 선체 내 생존자신호 수신용 청음센서부
- 청음장치 외부에 노이즈 캔슬링용 마이크로폰 탑재
- 기구부에서 신호 증폭 상태를 확인하기 위한 LED 창
- 구조함에서 음성명령전달 후 청음장치용 외부스피커로 출력
- 유선 LAN 또는 무선 WIFI 모뎀 부착 후 실시간 청음데이터 전송
- 수중모뎀과 같은 외부통신이 가능토록 RS232통신 포트 구현
- 자체 저장을 위한 내부메모리 포함
- 내부배터리 충전타입

청음시스템은 청음장치, 수중 무선통신 모듈, 해상 유무선 WIFI AP 부이로 구성되며, 부가적으로 부착할 수 있는 부가장치부로 크게 구성된다(그림 3.12). 청음장치는 선체 내

생존자의 청음신호를 수신하여 모선으로 발신해주는 장치이다. 청음신호는 수중용 하이 드로폰 혹은 진동센서를 이용하여 취득하며, 최종 데이터는 디지털로 양자화 하여 유선 또는 무선으로 전송한다. 해상 유무선 WIFI AP Buoy는 청음장치에서 발신된 고속 LAN 통신신호를 근거리 무선랜망을 이용하여 구조함으로 전송해주는 장치이다. 최소 500m 이상을 2.4G 대역의 주파수를 이용하며, IEEE의 802.11 무선 표준을 준수하는 제품이 내장 되어 있다. 802.11 b/g/n과 같이 고속보다는 거리가 뛰어난 규격을 사용한다. 또한 수중 100m까지 연결할 수 있는 CAT5의 수중용 유선케이블로 수중에 설치된 청음장치를 지상 통신을 가능토록 하였다. 스피커(헤드셋)는 해상 전복사고 발생 시 선박의 선저에 설치된 청음장치에서 수신한 청음신호를 근처 수색자가 직접들을 수 있도록 출력시켜주는 음향 출력장치이다. 선저에서 구조작업을 수행하는 구조사가 전복선체 위에서 직접 신호를 확인할 수 있다. 수중 무선 UT(Underwater Telephone)-AM 통신 모듈은 청음장치의 청음신호를 DSB-SC(Double Side Band-Suppressed Carrier) 또는 SSB(single Side Band)방식을 이용하여 변조하여 구조함으로 전달하는 역할을 한다. 전송에 사용되는 센서는 수중용 프로젝터로 사용가능한 주파수대역은 25~35kHz로 청음신호에 간섭이 없는 대역이다.

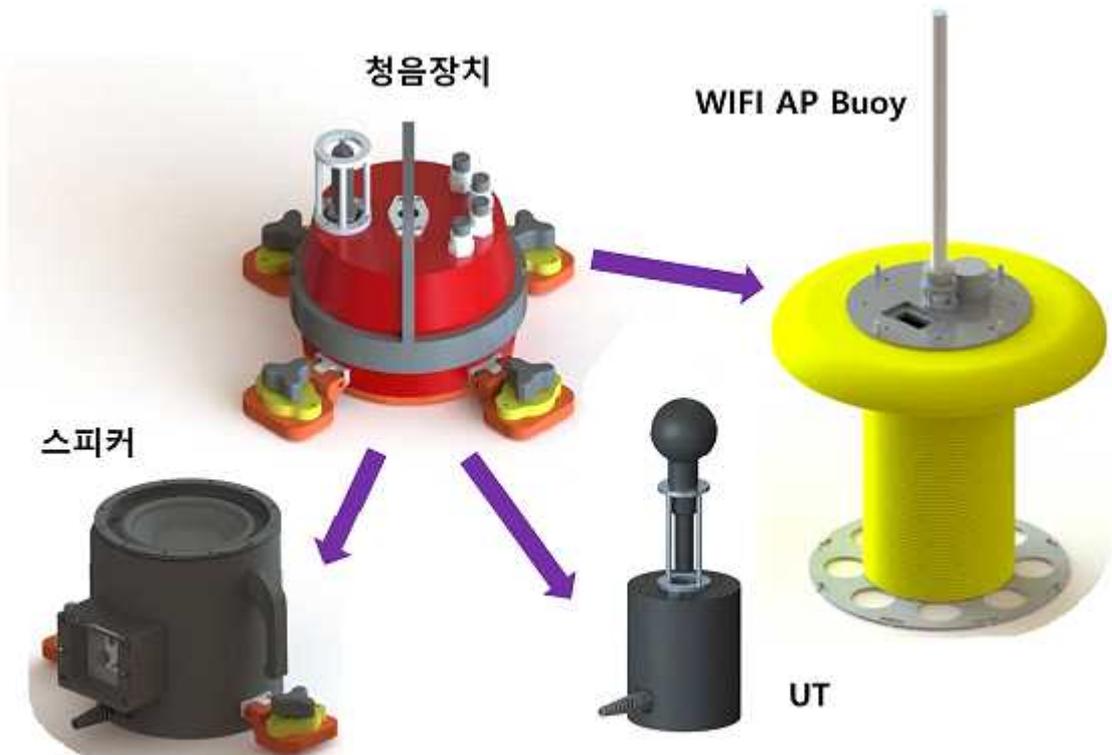


그림 3.12 선체 부착형 청음시스템 장비 전체 구성도

청음시스템 기구부의 1차 시제품에서 도출된 개선 사항을 반영하여 외부장치 연결을 위해 수중커넥터를 2개에서 4개로 늘렸으며, 장비 동작 상태를 확인할 수 있는 LED창을 반영하여 최종 기구부의 설계를 완료하였다. 또한 외형을 폴리카보네이트 하우징에서 해상에서 사용 시에 장비의 견고성을 높이기 위해 상대적으로 무게 차이가 크게 발생하지 않는 재질의 알루미늄 하우징으로 변경하였다. 휴대용 손잡이는 본체 상단부 위치에서 휴대시의 불편함을 감소시키기 위하여 부착지그부로 변경하였다. 기술적인 개선 사항을 반영하여 2차 시제품을 제작하였다. 제작된 2차 시제품을 가지고 기구부 하우징에 대한 방수 성능을 파악하기 위하여 챔버를 이용하여 수중 100m 급 방수 실험을 수행하여 기구부의 방수 성능에 문제가 없음을 확인하였다. 총 5차에 걸쳐 형상설계 변경이 있었으며, 최종시제품을 3차에 걸쳐 완성하였다(그림 3.13). 이때, 해경자문과 시제품 제작 후 발견된 문제점을 보완하여 수정사항을 반영하였다.



그림 3.13 선체 부착형 청음시스템을 위한 3D 형상 변경 과정

나. 청음시스템 주요 보드 통합 및 개선

선체 부착형 청음장치의 소형화를 위하여 모든 IC를 SMD 타입으로 적용하였으며, RC 소자 부품 사이즈도 0805 사이즈에서 한 단계 작은 0603 사이즈 중심으로 구성하여 보드 사이즈를 작게 최적화 하였다. 1차년도에 테스트 모듈로 제작한 청음장치 기구부에 적용

할 Main 보드와 Signal 보드를 통합하여 하나의 보드로 설계하여 기구부 내의 구성물을 간소화 하였다(그림 3.14, 그림 3.15). 또한 자료 전송을 위한 LAN 모듈 대신 LAN IC를 이용하여 회로 구성을 최적화하면서 보드 크기를 최소화 하였다. 이때 기존의 LAN 커넥터는 소형 몰렉스 커넥터로 변경하였다.

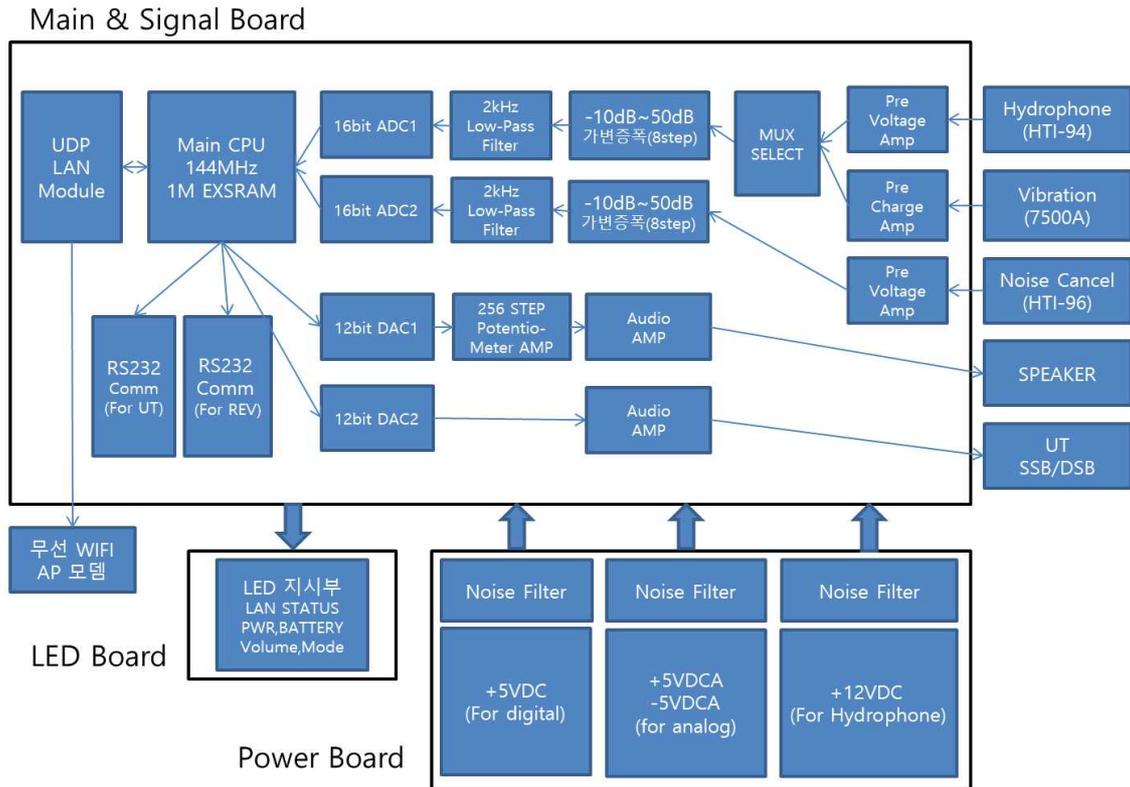


그림 3.14 청음장치용 통합 신호처리 보드 구성도

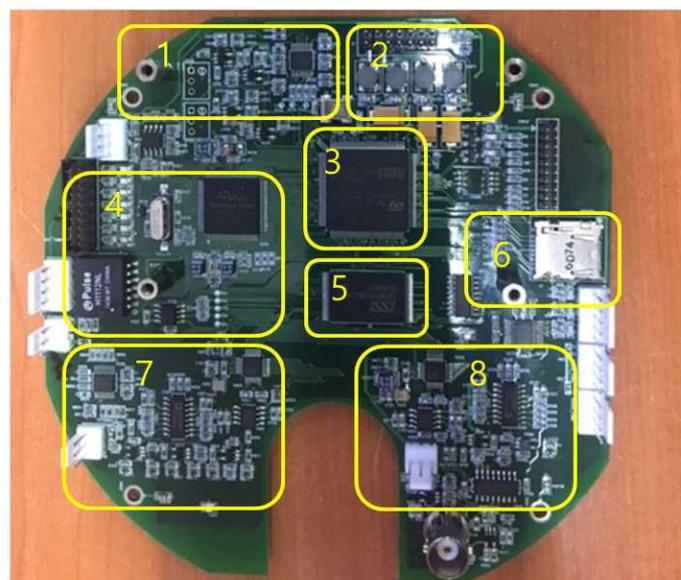


그림 3.15 청음시스템 기구부 제어와 신호처리 기능이 통합된 보드 제작

- UT/ Speaker 출력부(1) : Main CPU 자체 부가기능인 12Bit DAC를 이용하여 디지털 데이터를 아날로그화 한 신호를 Audio AMP단을 통하여 출력시킨다. 출력단에는 2kHz 이하의 신호만 전달될 수 있도록 Low-Pass Filter가 적용되어 있다.
- 전원입력단 EMI필터부(Digital 5V, Analog $\pm 5V, 12V$)(2) : Power Board에서 입력되는 신호를 2차적으로 잡음제거용 파워 인덕터를 사용하여 전원 잡음을 최소화하였다. 설치된 인덕터는 고주파 잡음 제거용으로 22uH 이하로 설계되어 있다.
- Main Process 부(3) : 최대 40kHz의 샘플링을 구현하기 위해 ST사의 하이엔급의 MCU인 STM32F4 시리즈를 적용하였으며, 자체 SRAM과 Flash 메모리의 용량이 크기 때문에 각종 기능 구현이 용이한 제품이다.
- LAN(UDP) 통신부(4) : 최대 30Mbps 이상의 전송 속도를 가지는 Wiznet의 W5300 IC를 적용하여 구현하였으며, 칩에 자체 IP 스택이 구현되어 있어 Main CPU의 부하를 절감시켜준다. WIFI 무선전송을 적용할 시에는 통신 불량까지 고려하여 TCP/IP가 아닌 UDP방식으로 적용하여 구현하였다.
- RAM메모리부(5) : LAN 송수신 및 하이드로폰 ADC를 고용량 데이터를 임시 저장하기 위해 CPU 자체 메모리는 한계가 있어 부가적으로 장착하였다.
- RS232 통신부(6) : 일반적으로 MCU내에 UART가 구현되어 있지만 이는 TTL 레벨 신호로써 외부와 통신을 하기 위해서는 RS232 IC를 이용하여 신호를 RS232 레벨로 변환해준다. 총 2개의 RS232 Port가 구현되어 있으며, Port 1개는 UT 통신을 위한 용도이며, 나머지 1개는 예비로 구현되어 있다.
- 노이즈캔슬링용 하이드로폰 증폭 및 ADC부(7) : H/W 노이즈캔슬링을 적용하기 위해 회로를 구현하였으며, 신호합성을 아날로그방식이 아닌 디지털로 구현하기 위해 독립적인 16bit ADC로 양자화하는 구조로 되어 있다.
- 하이드로폰/진동센서 증폭 및 ADC부(8) : 침몰 또는 전복된 선체 내 생존자의 신호를 인식하기 위한 용도이며, 청음장치 하부 바닥면에 센서가 설치되어 있다. 설치된 센서로부터 수신되는 신호를 인식할 수 있는 레벨까지 증폭하고, 이를 MCU에서 처리할 수 있게 디지털 신호로 양자화할 수 있도록 16bit ADC회로로 구현되어 있다. 증폭은 멀티플렉서 IC를 이용하여 8단계 변경이 가능하도록 하였으며, SAR구조의 16bit Parallel Bus타입의 ADC IC를 적용하였다.

넓은 주파수 대역의 신호를 모두 받아들이는 청음장치에서는 특정 주파수 성분을 수신하는 Matched-Filter 기술을 적용하는 것에는 한계가 있다. 따라서 청음한 신호에서 사용자가 분석하고 싶은 대역만을 필터링해서 수신하는 기능을 소프트웨어로 구현하여 특정신호대역만을 추출할 수 있도록 밴드패스 필터를 구현하였다.

테스트 모듈로 제작된 1차년도의 Power 보드를 개선하기 위하여 기존의 상용화된 DC-DC 제품에서 Step-Down Switching Regulator IC를 이용한 소형 Power 회로로 구성하

였다. 또한 저전력 설계를 위해 Linear Voltage Regulator 제품이 아닌 Switching Regulator를 이용하였으며, Switching 잡음을 최소화하기 위해 EMI 필터와 Low ESR MLCC 콘덴서를 적용하여 Power Board를 제작하였다(그림 3.16).

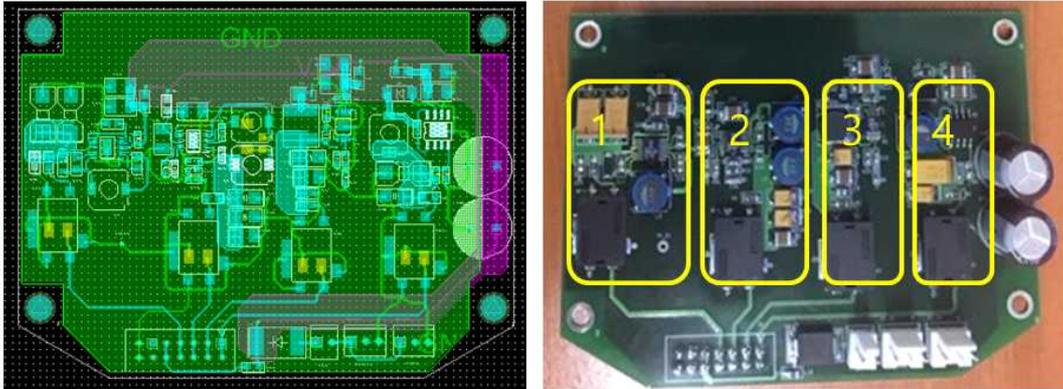


그림 3.16 노이즈 제거 및 저전력 기술을 적용한 2차년도 Power Board 제작

- 12VDC 출력부(1) : 청음 하이드로폰(HTI-94)과 노이즈캔슬링용 하이드로폰의 전원
- -5VDCA 출력부(2) : 증폭 및 필터부의 음전원
- +5VDCA 출력부(3) : 증폭 및 필터부의 양전원
- +5VDCD 출력부(4) : 디지털부 즉 MCU, RS232 IC, LAN IC 등의 전원

다. 청음장치 시제품 제작

청음장치 조립 전 각 기능을 단계적으로 검증하여 장비의 신뢰성을 높였다. 먼저 Power Board의 출력 전원을 확인한 뒤 Power Board와 Main Signal 보드에 장착하여 테스트를 수행하였다. Main Board 펌웨어를 실시간 디버깅하여 문제점 및 버그를 제거 하였으며, 외부 부가장치도 같이 검증하였다. 청음장치 하우징에 보드를 장착하고 청음용 하이드로폰 및 진동센서를 장착하였다. 또한 청음장치 하우징에 수중커넥터를 장착하고, 커넥터 케이블에 청음장치 보드와 맞는 커넥터를 연결하였다(그림 3.17). 청음시스템 하우징의 외부 상단에는 4개의 연결부가 있으며(그림 3.18), 각 연결 소켓은 전원 및 LAN 통신, UT-통신, 스피커 연결, 설정 스위치 조정에 사용된다.

청음장치의 데이터를 전송하기 위한 수중용 유선 LAN 케이블을 최대 100m까지 통신 시험하여 최대 100m 케이블 조건에서도 문제가 없는지 확인하였다. 또한 외부 스피커를 모듈로 연결하여 청음신호가 정상적으로 출력되는지를 확인하였다.

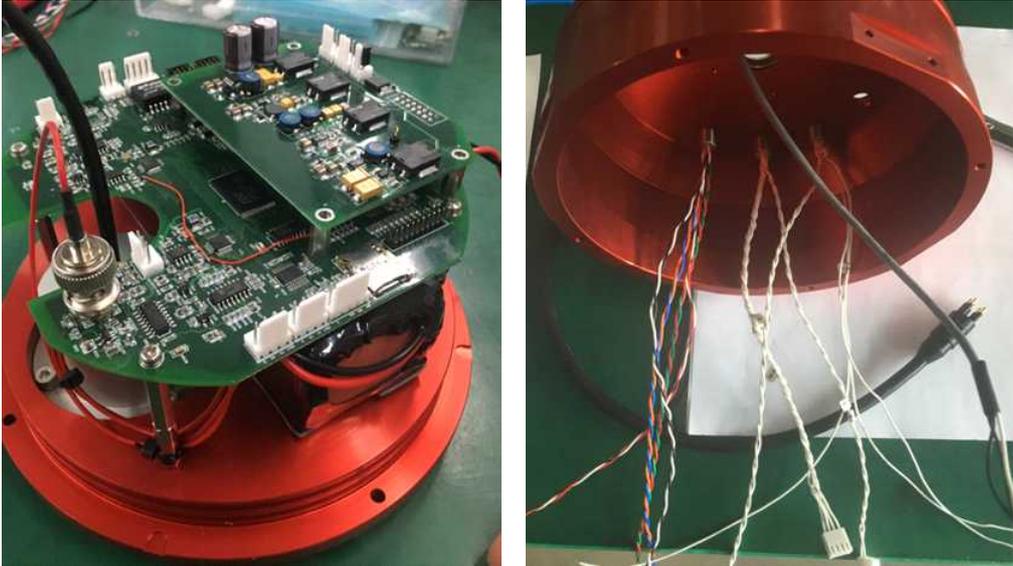


그림 3.17 청음시스템 하우징 조립 및 수중커넥터 연결



그림 3.18 2차년도 청음시스템 상단부의 커넥터 항목

- MCBH-8F 연결부 : 전원스위치, 배터리 충전, LAN통신 기능

핀번호	항 목	비 고
1	Charge+	11.1V리튬폴리머 배터리
2	Charge-	
3	Tx+	10/100Mbps LAN UDP통신
4	Tx-	
5	Rx+	
6	Rx-	
7	SW1	7,8번 Short 장비ON
8	SW2	7.8번 Open 장비OFF

- MCBH-6F 연결부 : UT통신 연결용

핀번호	항 목	비 고
1	Sig+	청음신호 출력
2	Sig-	
3	Battery_Power	RS232통신 및 전원
4	RS232TX	
5	RS232RX	
6	GND	

- MCBH-5F 연결부 : 스피커 연결용

핀번호	항 목	비 고
1	Sig+	청음신호 출력
2	Sig-	
3	RS232TX	RS232통신용
4	RS232RX	
5	GND	

- MCBH-4F 연결부 : 기능 설정용 스위치 연결용

핀번호	항 목	비 고
1	SW1	Up버튼
2	SW2	Down버튼
3	SW3	Mode버튼
4	GND	

2. 선체 부착형 청음시스템과 수신기 간 수중 무선 통신체계 개발

가. 수중모뎀을 이용한 수중신호 전송 성능 검증

해상에서 수중모뎀을 이용한 신호 전송 성능 검증을 위해 2018년 8월 1일 울진 죽변항 해상에서 실험을 수행하였다. 청음신호를 수중모뎀으로 실시간으로 전송하기 위해서 “살려주세요”가 녹음되어 있는 음성파일을 생성하여 사용하였다, 이 음성신호는 수직 분해능은 8 bit이며, 최대 1 kHz 신호를 분석하기 위해 2 kHz 샘플링의 데이터이다. 음성파일의 길이는 10 초이며, 실시간 전송을 위해서는 10초안에 전송 완료되어야 한다. 사용된 Evologics (모델:S2CM 42/65) 장비는 전송률 up to 31.2 kbit/sec (3.9 kbyte/sec)는 데이터 전송률이 아닌 데이터를 전송하기 위한 한 bit의 폭을 의미한다. 수중 모뎀 통신 해상실험은 울진 죽변항 근처의 수심 40m 이상 지점의 실험역이며, 송신기와 수신기간의 거리별 전송 성능을 검증하기 위하여 2척의 선박을 사용하였다. 신호를 수신하는 수신기 수중모뎀이 설치된 선박(일진호)은 고정 지점에 정박을 한 상태에서 신호를 송신하는 선박(장목호)이 신호를 송신하면서 거리별 성능을 측정하였다(그림 3.19).

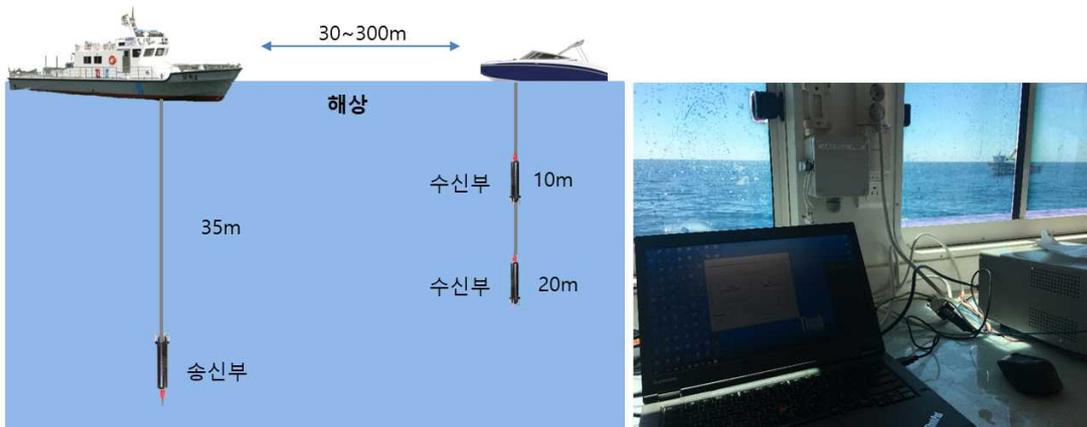


그림 3.19 선체 부착형 청음시스템의 무선통신 기술 적용을 위한 수중모뎀 실험역 검증실험 개요도

신호 송신용 수중모뎀은 수심 35m에 위치시키고, 수신용 수중모뎀은 수심 10m와 20m에 설치하여 총 8 회의 실험역 실험을 수행하였다(표 3.4). 대부분의 실험에서 신호 전송이 최소 1분에서 10분 사이에서 신호 전송 실패가 발생하였다. 이때의 신호 전송률은 7 ~ 53% 사이이다. 이때 송신 모뎀과 수신 모뎀 사이의 거리가 100m 이상 넘어갈 경우 전송 실패가 나타났다. 총 8 회의 수중모뎀 성능 실험 중에서 수신 모뎀이 10m에 위치해 있으며, 거리가 약 70m 부근에서 1 회만 전송 성공하였다. 그러나 이 경우에도 10초간의 자료를 송신하고 수신하는데 78초 (1분 18초)의 전송시간이 소요되었다. 따라서 요구조자의 구조 신호를 실시간 전송하기 위한 통신 방법으로 수중모뎀을 사용하는 것은 성능적으로 불가능한 것으로 확인되었다.

표 3.4 울진 죽변해역 해상에서 상용 수중모뎀 통신 성능 확인 실험 결과

실험 No.	시간	내용	선박간거리	전송률	비고
		Source Level : 0 Gain : High 수신부 : 20m			
1	09:51:45	전송시작	70m		
	09:53:33		83m		
	09:54:37		100m		
	09:54:55	3분이상후 전송실패	110m	45%	
		Source Level : 1 Gain : High 수신부 : 20m			
2	09:56:20	전송시작	176m		
	09:57:34		200m		
	09:58:00	1분이상후 전송실패	220m	10%	
		Source Level : 1 Gain : High 수신부 : 20m			
3	10:03:10	전송시작	30m		
	10:06:10		60m		
	10:07:32		100m		
	10:09:20	6분이상후 전송실패	135m	53%	
		Source Level : 1 Gain : High 수신부 : 20m			
4	10:09:30	전송시작	140m		
	10:10:20		200m		
	10:11:00	강제종료	210m	0%	
		Source Level : 1 Gain : High 수신부 : 10m			
5	10:18:50	전송시작	65m		
	10:20:25		100m		
	10:24:40		200m		
	10:28:00	10분이상후 전송실패	253m	45%	
		Source Level : 0 Gain : High 수신부 : 10m			
6	10:34:20		30m		
	10:35:38	1분18초 전송완료	70m	100%	전송성공
		Source Level : 0 Gain : High 수신부 : 10m			
7	10:37:54	전송시작	140m		
	10:38:19		160m		
	10:39:20		200m		
	10:41:20	3분이상후 전송실패	297m	7%	
		Source Level : 0 Gain : High 수신부 : 10m			
8	10:47:50	전송시작	60m		
	10:50:40		150m		
	10:51:45		200m		
	10:54:00	6분이상후 전송실패	287m	32%	

나. UT(Underwater Telephone) 기술을 적용한 수중신호 전송 성능 검증

UT-AM/FM 통신을 이용한 수중신호 전송 가능성 검증을 위해 그림 2.49의 “살려주세요”의 원음을 선체 부착형 청음시스템에서 획득된 원신호로 가정하고 실험을 수행하였다. 변조 신호의 수중 전송에 사용된 트랜스듀서는 Neptune社의 D26과 D60을 사용하였으며(그림 3.20), 각각의 공진주파수(resonant frequency)는 변조 신호의 중심주파수 26, 60 kHz와 동일하다. 수조실험과 첫 번째 해상실험에서는 그림 3.21과 같이 원음을 중심주파수 60 kHz의 AM 방식의 변조 신호와 동일한 중심주파수에 대역폭 20 kHz를 가지는 FM 방식의 변조 신호를 만들어 수중신호로 전송하였다. 두 번째 해상실험에서는 중심주파수 26 kHz의 AM/FM 신호를 수중신호로 전송하였으며 FM 신호의 주파수대역폭은 10 kHz 이다. 수조실험과 첫 번째 해상실험에서의 변조 신호 송신 음압레벨(sound pressure level)은 트랜스듀서의 1m 거리에서 측정된 송신 신호의 최대 진폭 값을 기준으로 하여 AM 신호 약 161 dB, FM 신호 약 164 dB 이다. 두 번째 해상실험에서의 변조 신호 송신 음압레벨(sound pressure level)은 동일한 기준으로 AM 신호 약 160 dB, FM신호 약 162 dB로 센서간 큰 차이는 없었다.



그림 3.20 UT 통신에 의한 신호 전송 검증에 사용된 트랜스듀서(송신기). 사용된 모델은 Neptune社의 (a) D26과 (b) D60 임

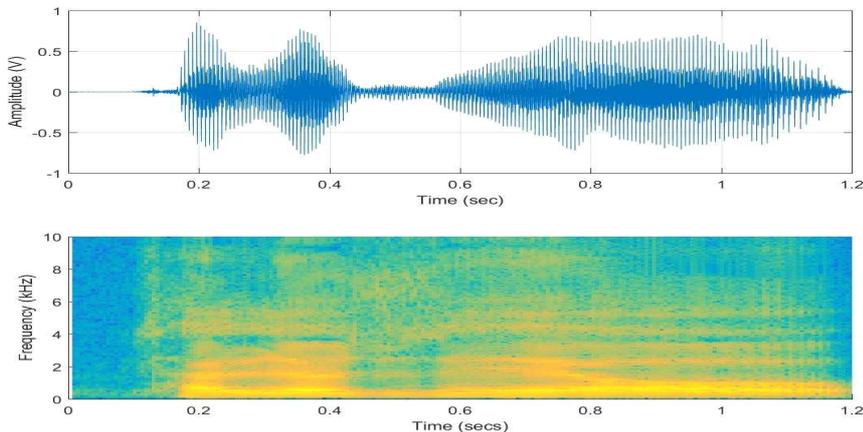


그림 3.21 수중 UT 통신 실험을 위한 원신호(“살려주세요” 음성신호)의 (상) 파형과 (하) 스펙트로그램

해상실험을 통해 AM/FM 통신을 이용한 수중 신호 전송 검증을 수행하였으며 음성신호 “살려주세요”의 원음을 AM/FM 신호로 변조하여 수중 전송하였고, 청음기(icListenHF)를 설치(그림 3.22)하여 변조 신호를 수신하는 실험을 수행하였다. 해상실험의 경우 3개 청음기를 각각 10m, 15m, 30m 수심에 설치하였다.

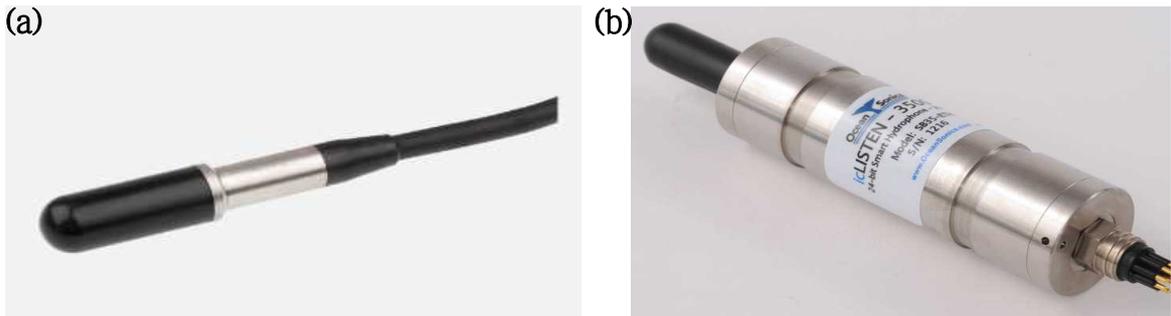


그림 3.22 UT 통신에 의한 신호 전송 검증에 사용된 청음기(수신기). (a) B&K 8104 (b) icListenHF

해상의 AM/FM 통신을 이용한 신호 전송 성능 검증을 위해 1차 해상 실험은 2018년 7월 19일 한국해양과학기술원의 연구선을 이용하여 전남 노화도 해상에서 실험을 수행하였다. 실험에 사용한 신호는 중심주파수 60 kHz의 AM/FM신호, 트랜스듀서 D60을 사용하였고, 수중 3개 수심(10, 15, 30m)에 설치된 청음기(hydrophone, icListenHF)를 이용하여 수신하였다(그림 3.23). 트랜스듀서와 청음기간의 직선거리는 최소 260 m에서 최대 1000m로 이격하여 실험하였다(표 3.5). 수신된 변조신호(AM/FM)를 복조(demodulation)하여 원신호를 복원하였고 복원된 신호를 통해 UT 통신의 전송 성능 검증을 수행하였다.

1차 해상실험의 AM 통신의 경우, 그림 3.24와 같이 복조를 통한 신호 복원 시 정확한 음성을 판별할 수 있었으며 복조 신호의 스펙트로그램에서도 원신호의 주파수 특성이 나타나는 것을 확인하였다. FM 통신의 경우 그림 3.25처럼, 수신된 신호는 발생한 잡음에 의해 복조하여도 원신호 “살려주세요” 음성을 인지하기 어려웠으며 고주파 대역에 포함된 잡음을 제거하기 위해 2 kHz lowpass 필터를 적용하였으나 음성으로 판단하기 어려웠으며 스펙트로그램에서도 원신호의 주파수특성이 나타나지 않았다.

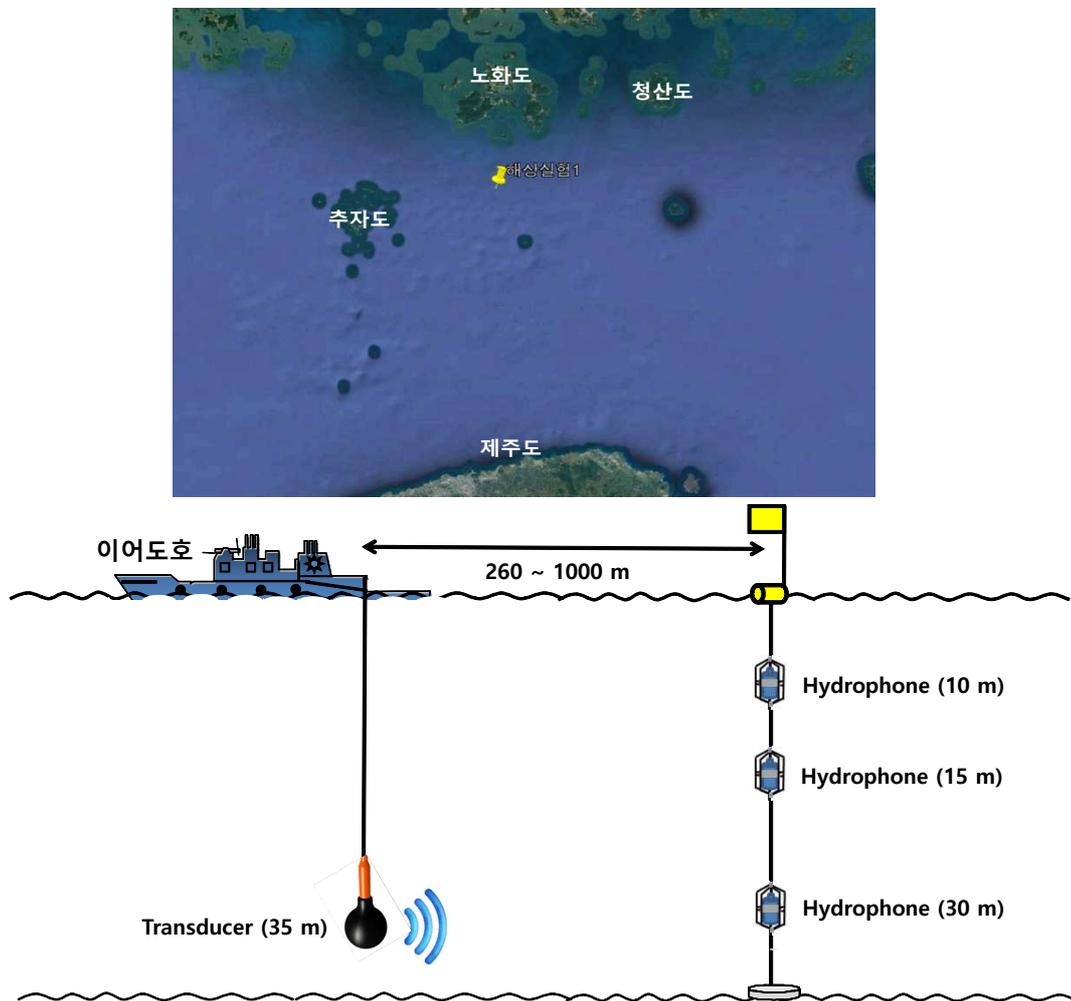


그림 3.23 수중 UT 통신 검증을 위한 1차 해상실험 위치 및 실험모식도

표 3.5 UT 통신(AM/FM) 전송 성능 검증 1차 해상 시험 내용(○: 실험 실시, ×: 실험 미실시)

	통신	수심/거리 (m)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
			1차 노화도	AM	10m	x	260	o	o	o	o	o
15m	x	260			o	o	o	o	o	o	o	o
30m	x	260			o	o	o	o	o	o	o	o
FM	10m	x		260	o	o	o	o	o	o	o	o
	15m	x		260	o	o	o	o	o	o	o	o
	30m	x		260	o	o	o	o	o	o	o	o

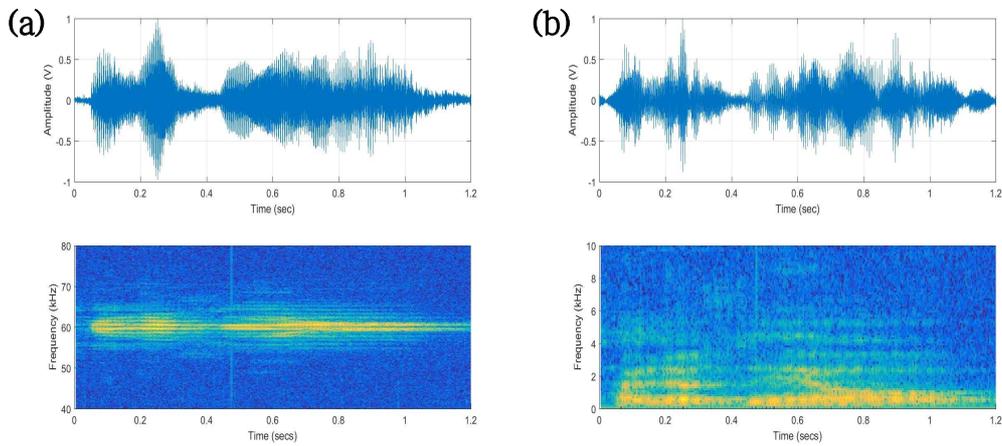


그림 3.24 해상 UT 통신 검증 1차 실험 시 수신기 수심 10 m 장비간 거리 260 m 에서 (a) 수신된 AM 변조신호와 (b) 복조된 AM 신호의 파형 및 스펙트로그램

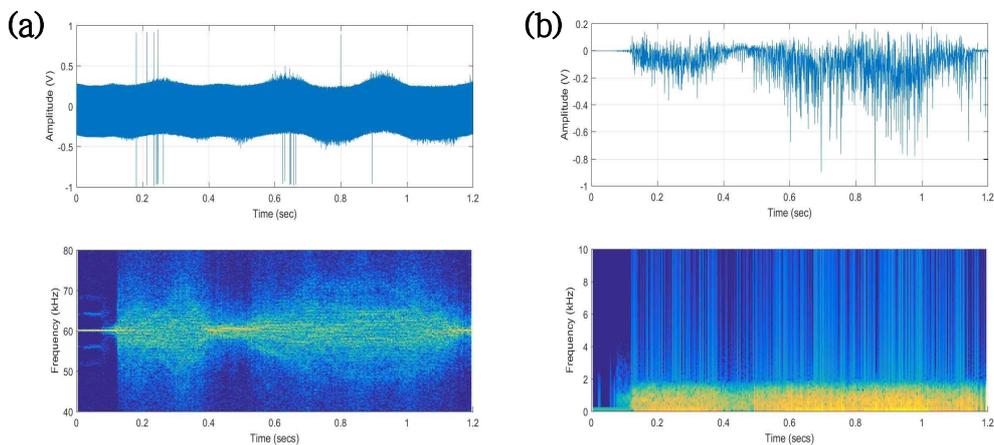


그림 3.25 해상 UT 통신 검증 1차 실험 시 수신기 수심 10 m 장비간 거리 260m 에서 (a) 수신된 FM 변조신호와 (b) 복조된 FM 신호의 파형 및 스펙트로그램

AM 통신을 이용한 수중 신호 전송은 수신단의 수심과 거리에 관계없이 “살려주세요” 음성을 인지할 수 있었으며 원신호의 주파수특성이 스펙트로그램 상에 나타나는 것을 확인하였다. 최 근접 거리에서부터 500m 거리까지 수신된 신호에서는 원신호와 유사한 스펙트로그램을 얻을 수 있었으며 1000m 거리에서 수신된 신호에서는 주파수 4 kHz 이상대역에서의 특성이 약하게 나타나는 것을 확인하였다. 또, 500m 이상 거리가 멀어질수록 수신된 신호에서 하울링 현상이 나타나는 것을 확인하였다. 하지만, FM 통신을 이용한 복조신호에서는 최 근접거리에서도 음성을 인지하기가 어려웠으며 잡음제거를 위한 lowpass 필터 통과대역인 2 kHz 이하 대역에서도 주파수특성이 나타나지 않았다.

2차 해상 실험은 2018년 7월 31일 한국해양과학기술원의 연구선을 이용하여 울진 죽변항 해상에서 2차 실험을 수행하였다(그림 3.26). 송신하고자 하는 원신호를 중심주파수 26 kHz의 AM/FM 신호로 변조하여 트랜스듀서 D26을 통해 전송하였다. FM 신호의 경우 주파수 대역폭을 10 kHz로 하였다. 송신된 신호는 수중 3개 수심(10, 20, 30m)에 설치된 청음기(hydrophone, icListenHF)를 이용하여 수신하였다. 트랜스듀서와 청음기 간의 직선

거리를 최소 160 m에서 최대 1000 m로 이격하면서 실험하였다(표 3.6). 수신된 변조 신호(AM/FM)를 복조(demodulation)하여 원신호를 복원하였고 복원된 신호를 통해 UT 통신의 전송 성능 검증을 수행하였다.

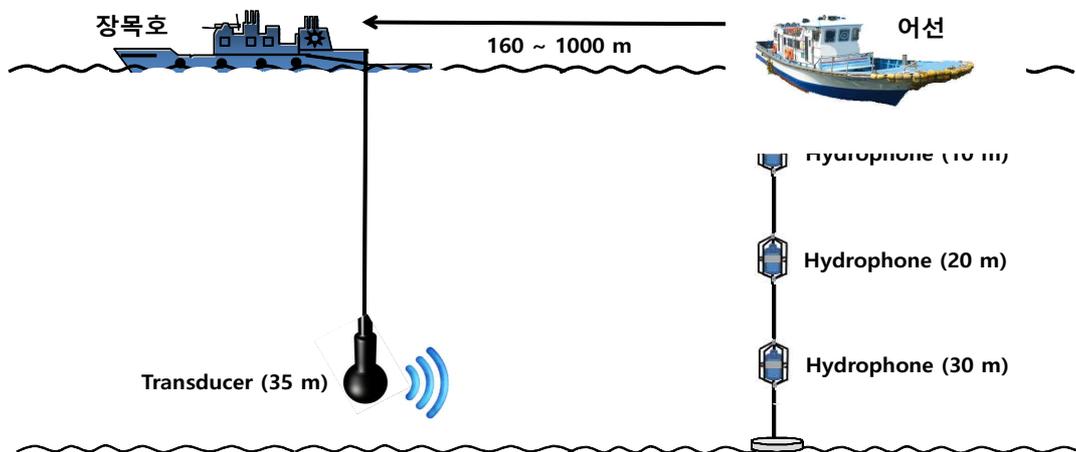


그림 3.26 수중 UT 통신 검증을 위한 2차 해상실험 위치 및 실험 모식도

표 3.6 UT 통신(AM/FM) 전송 성능 검증 2차 해상 시험 내용(○: 실험 실시, ×: 실험 미실시)

	통신	수심/거리 (m)	거리										
			100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
1차 울진	AM	10m	x	160	311	o	o	o	o	o	o	o	o
		15m	x	160	311	o	o	o	o	o	o	o	o
		30m	x	160	311	o	o	o	o	o	o	o	o
	FM	10m	x	160	311	o	o	o	o	o	o	o	o
		15m	x	160	311	o	o	o	o	o	o	o	o
		30m	x	160	311	o	o	o	o	o	o	o	o

2차 해상실험에서도 AM 통신의 경우, 그림 3.27과 같이 복조를 통한 신호 복원 시 정확한 음성을 판별이 가능했으며 스펙트로그램에서도 원신호의 주파수 특성이 나타났다. 또한, FM 통신은 잡음에 의해 원신호 “살려주세요” 음성을 인지하기 어려웠으며 고주파 대역에 포함된 잡음을 제거하기 위해 2 kHz lowpass 필터를 적용하여도 음성으로 판단하기 어려웠다. 1차 해상실험과 마찬가지로 AM 통신을 이용한 수중 신호 전송은 수신단의 수심과 거리에 관계없이 음성을 인지할 수 있었으며 원신호의 주파수 특성이 스펙트로그램에 나타났다. 마찬가지로 근접 거리에서부터 500m 거리까지 수신된 신호에서는 원신호와 유사한 스펙트로그램을 얻을 수 있었으며 1000m 거리에서 수신된 신호에서는 주파수 4 kHz 이상 대역에서의 특성이 약하게 나타나며 동시에 울림 현상이 나타났다.

수중 통신을 위한 UT-AM 방식은 송신기와 수신기간의 거리가 500 m까지는 원신호와 유사한 음향 스펙트로그램을 나타나며, 거리 1000 m에서 수신된 신호는 주파수 4 kHz 이상대역에서 음향 특성이 약하지만, 소리의 확인은 가능하여 수중무선 통신 방법으로 적용하는데 기술적인 문제는 없는 것으로 확인하였다.

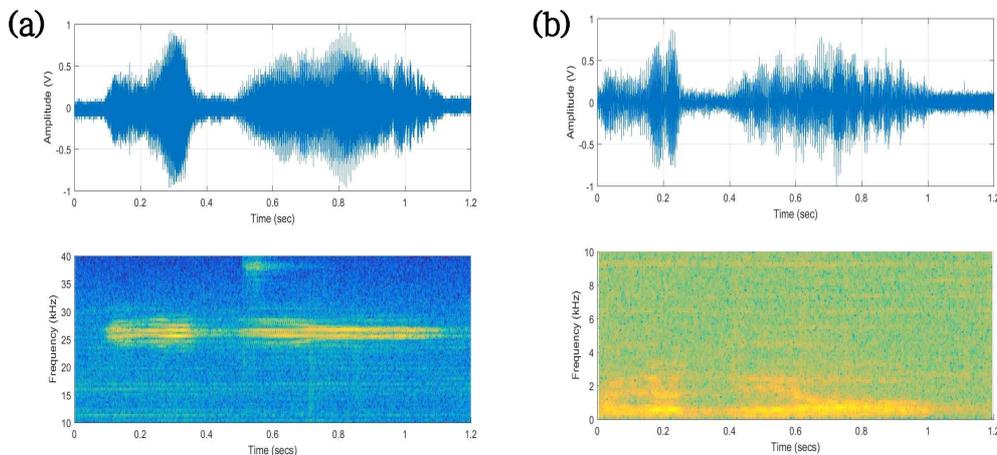


그림 3.27 해상 UT 통신 검증 2차 실험 시 수신기 수심 10 m 장비간 거리 160 m 에서 (a) 수신된 AM 변조신호와 (b) 복조된 AM 신호의 파형 및 스펙트로그램

3. 수중 청음시스템과 구조사(함) 간 유선 전송체계 개발

가. 전복사고 대응을 위한 청음장치용 스피커

해상에서 전복사고 발생 시 전복선박에 부착된 청음장치로부터 수신된 신호를 구조자들이 청음할 수 있도록 청음장치용 스피커를 제작하였다. 스피커 구성은 일반 앰프내장형 스피커와 동일하다. 다만 배터리를 내장하여 독립적으로 극한조건에서도 3시간 이상 연속적으로 동작 가능하도록 설계하였으며, 내부배터리 용량을 외부에 표시하여 배터리 용량을 바로 확인 가능한 구조로 되어 있다(그림 3.28). 해상환경에 맞게 라이트방수 조건

을 적용한 외부 하우징으로 제작하였다. 스피커 하우징은 운용성 및 작업성을 고려하여 튼튼하고 가벼운 아세탈재질로 선정하였다. Audio Amp는 스테레오 타입이 아닌 단일출력인 Mono 타입 제품으로 선정하여 사이즈를 최소화하였으며, 배터리 지시기는 LCD에 현재 용량이 퍼센트 값으로 표출된다.

청음장치용 스피커는 출력이 60W급이다. 이 스피커를 구동하기 위해서는 최대 출력을 허용하는 Audio Amp를 사용하여야 한다. 스피커에 최대출력에 맞는 60W급 Audio Amp를 설계하여 제작하였다. 해상 전복사고 발생 시에 획득한 신호를 현장에서 확인하기 위한 기구부를 설계하여 제작하였다(그림 3.29).

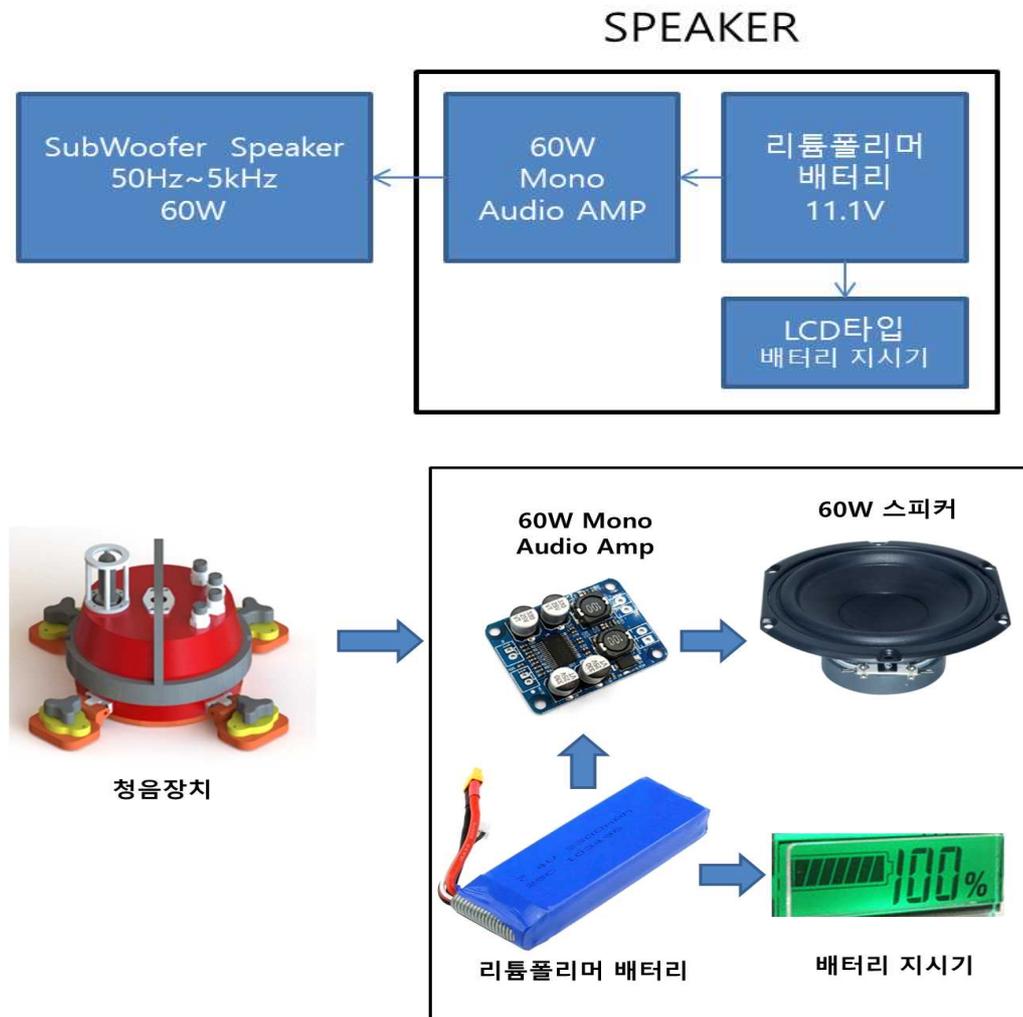


그림 3.28 청음 장치용 스피커 하드웨어 구성도와 구성품

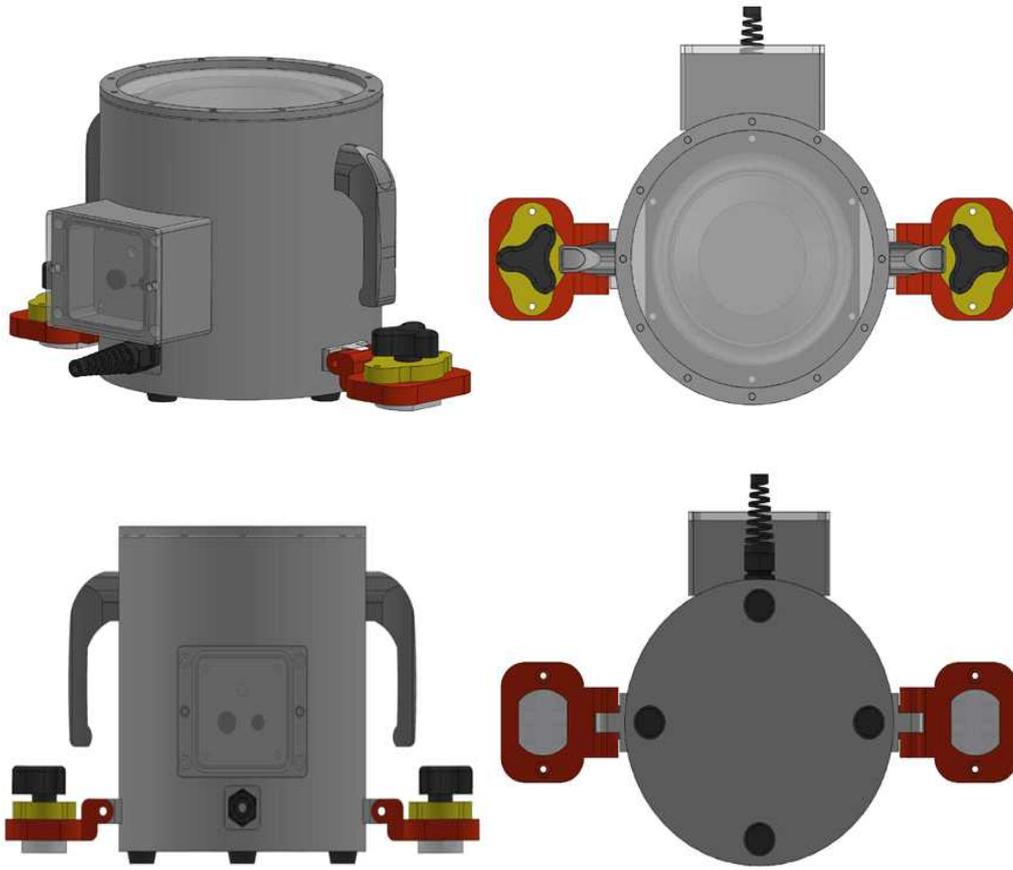


그림 3.29 청음 장치용 스피커 기구부 3D모델링 형상도

나. 해상 유무선 WIFI 통신 부이 제작

현재 해상에서 사용되는 유선 통신 신호선과 무선통신 기능이 있는 소형부이 타입은 크게 2 가지로 Reel Type과 Cylinder Type이 있다. Cylinder 타입은 안테나의 위치가 해수면보다 높게 설치가 가능하여 장거리 통신에는 유리하지만 선체 부착형 청음장비와 연결되는 긴 케이블로 인하여 휴대성이 용이하지 않다. 본 연구에서는 부착형 청음장치와 유선으로 연결하여 해상에서 WIFI 통신을 할 경우 최소 500m 무선거리에서 통신이 가능하고, 신속하게 장비의 설치가 가능한 Reel Type WIFI Buoy로 설계하였다. 청음장치가 수중에 설치될 경우 신뢰성 있는 데이터를 전송하기 위하여 수중과 해상간의 유선통신 시스템을 구축한 뒤, 해상과 구조선간의 무선전파통신을 할 수 있게 구현하였다.

Reel Type WIFI 부이 개발 시에 무선 WIFI는 상용제품의 무선전송방식인 IEEE 802.11 a/b/g을 지원하며 최고 108Mbps의 무선속도를 지원한다. 전원은 9~50V로 입력폭이 넓어 전원 사양에 제약을 받지 않는다. 운용 주파수는 2.4G이며 Booster에서의 송신출력은 2500mW(34dBm)이다. 이때 무선모뎀은 5G 또는 2.4GHz 대역을 사용할 예정이다. 또한 WIFI 안테나는 장거리 통신이 가능하도록 최소 5 dBi 이상의 제품을 적용하였다. 다이폴 안테나는 수평방향에 대해서는 전방향 특성을 가진다. 수직에 대해서는 20도 이하의 빔각을 가지고 있으며, 해양환경에선 수평 전방향특성이 필수적이기 때문에 다이폴 안테나

를 채택하였다(그림 3.30, 그림 3.31).

유선-무선 통신 체계를 개발하기 위하여 Reel type buoy를 제작하였으며, 이때 유선케이블의 Reel 수용량은 잠수사의 작업 가능 수심 40 m를 고려하여 100m로 설계하였다. 수중용 LAN케이블은 소형ROV용 케이블에 사용되는 제품이며, 가벼운 무게로 운용성이 뛰어나 청음장치에 적용하였다. LAN 케이블 직경은 7.6mm이며, twisted Pairs 구조의 8pin 방식이다. 또한 내부에 Kevlar Strength Fibers가 있어 인장력이 우수하고, 외력에 의한 파손은 쉽게 일어나지 않는다. 파단강도는 155kgf이며 운용강도는 35kgf이다. 무게도 1m당 0.043kg으로 최대 100m시 4.3kg으로 무게 또한 가볍다.

해상에서 운용을 하기 위해서는 양성부력이 필수이다. 이러한 양성부력조건을 만족하는 것이 FRP부력재이다. 공기튜브 또는 스티로폼 타입은 부력은 좋으나 외부충격에 약하여 파손 가능성이 크다. 부력재로 가장 적합한 EVA재질은 소량 제작으로는 적합하지 않아 소량을 원하는 형상으로 제작가능한 FRP에 내부 아이소핑크를 넣어 부력효과를 높여 제작하였다(그림 3.32). 제작된 해상 유무선 WIFI 부이는 80m이상의 케이블을 감을 수 있는 릴 구조의 기구부 형태로 되어있으며, 전자부인 방수 하우징까지 합친 무게가 사람 한 명이 운용할 수 있는 14kg 이다.

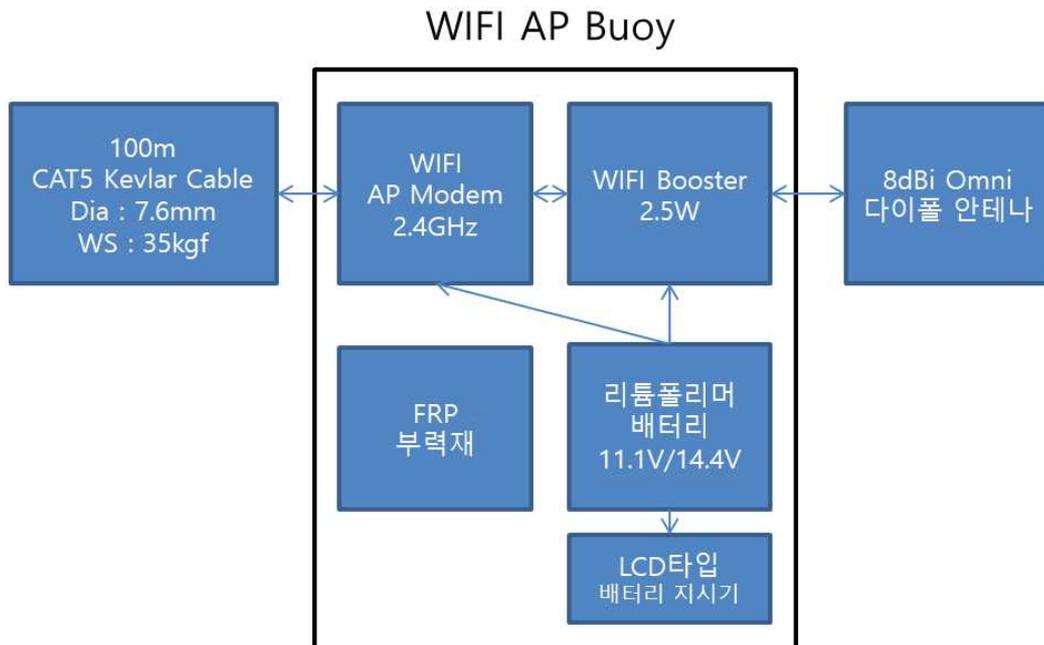


그림 3.30 WIFI AP Buoy 하드웨어 구성 모식도

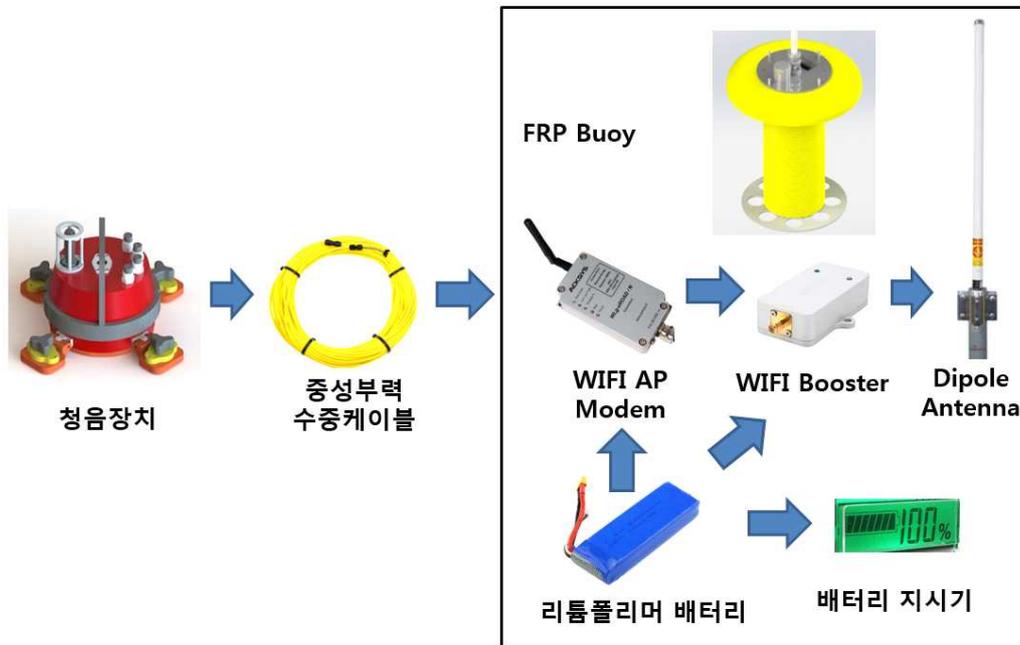


그림 3.31 유-무선 통신용 WIFI AP BUOY 장비 구성도



그림 3.32 유-무선 통신을 위한 WIFI 부이 3D 형상 설계도

4. 음향소나 기초기술 및 수중 광학장비 영상 처리 기술 개발

가. 음향소나 및 광학장비 연동을 위한 3D 설계도 제작

우리나라의 서해 및 남해의 수중 환경은 탁도가 심하여 시정 상태가 좋지 못하다. 수중 시정거리의 수십 cm로 짧은 한계는 해양사고 발생 시 수중 수색을 어렵게 한다. 이 문제를 해결하기 위하여 음향소나 카메라를 활용하여 일반 광학카메라와 연동된 휴대용 수중 영상장비를 개발하기 위한 요소 기술을 검토하였다(그림 3.33). 휴대용 수중 영상장비를 개발하기 위해 활용할 요소 기술로는 영상을 획득하기 위한 음향소나와 광학센서,

수중항법을 위한 GPS 센서와 Navigation 센서, 영상을 처리하기 위한 메인보드, 입출력을 위한 키보드 및 LCD 모니터, 그리고 전원부와 광원이 필요하다(그림 3.34).

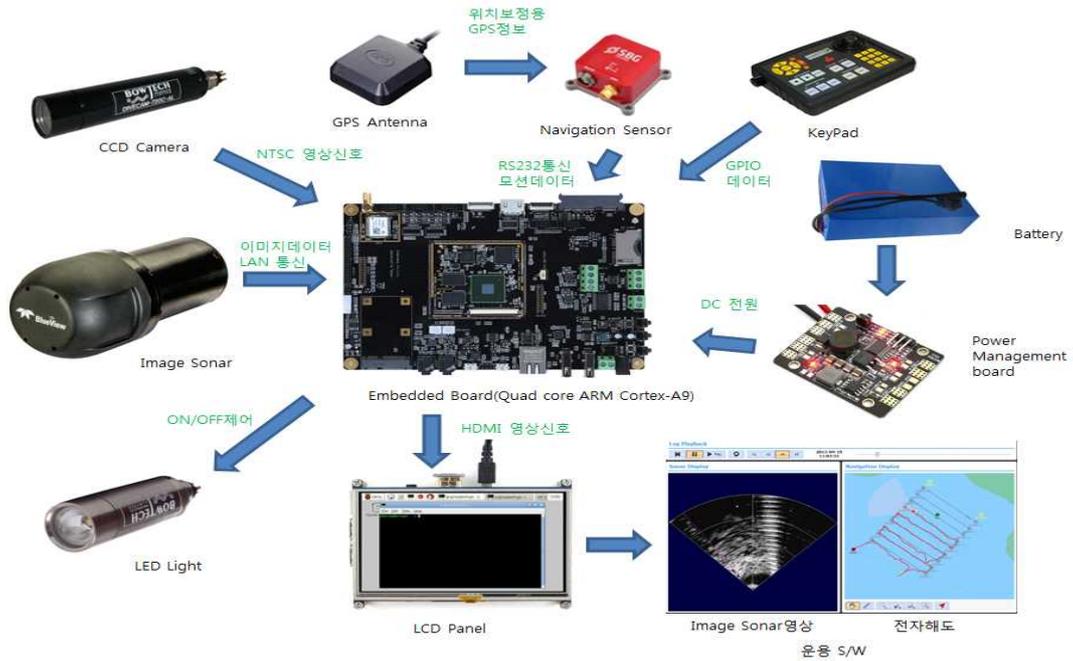


그림 3.33 음향소나 및 수중광학장치 기초기술개발 Block Diagram

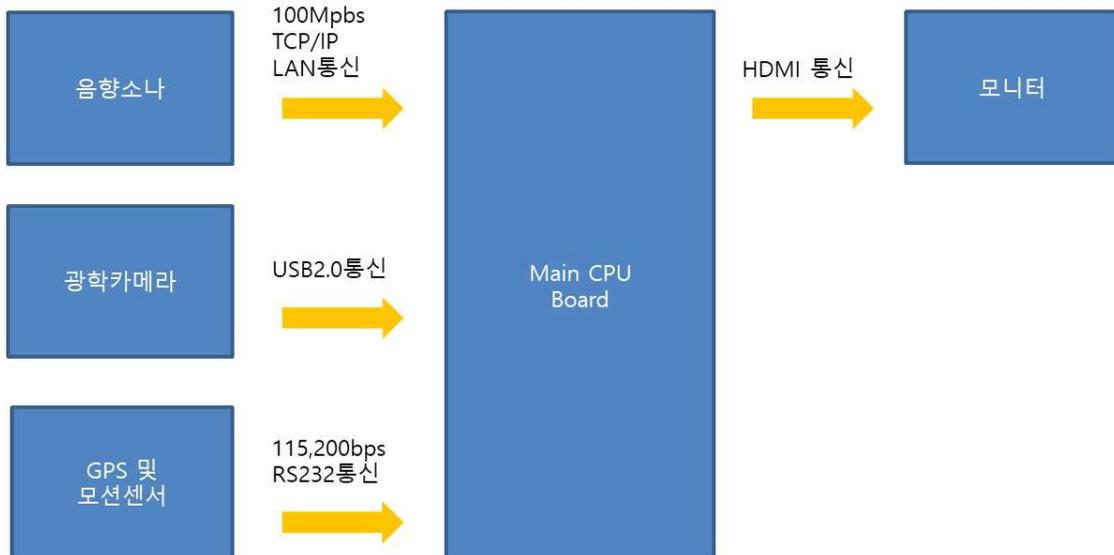


그림 3.34 음향소나 통신연동 방식 구성도

방대한 양의 음향소나 이미지 정보를 획득하기 위해서는 안정적인 고속통신이 필요하다. 본 과제의 3차년도에서는 고속 통신에서 신뢰성이 보장되는 TCP/IP LAN방식을 채택하였다. 광학카메라에서 처리되는 영상신호는 NTSC방식이나 NTSC를 USB로 변환해주는 컨버터를 부착하여 Main CPU와 통신은 USB통신으로 구하였다. 위치정보를 알 수 있는 GPS 및 모션센서의 출력은 대부분 UART 통신 방식이다. UART 통신 중에서 TTL 혹은 RS232 방식이 많으며, 테스트가 용이한 RS232 방식을 적용할 예정이다. LCD는 가장 일반적인 HDMI 버스통신 타입의 제품으로 하였다.

휴대용 영상장비에서 필요한 센서의 구성품을 가지고 외부장치 부착 및 부속품 배치를 고려하여 설계도 형상을 완성하였다(그림 3.35).



그림 3.35 음향소나 및 수중광학장비 2차 3D 모델링 형상도

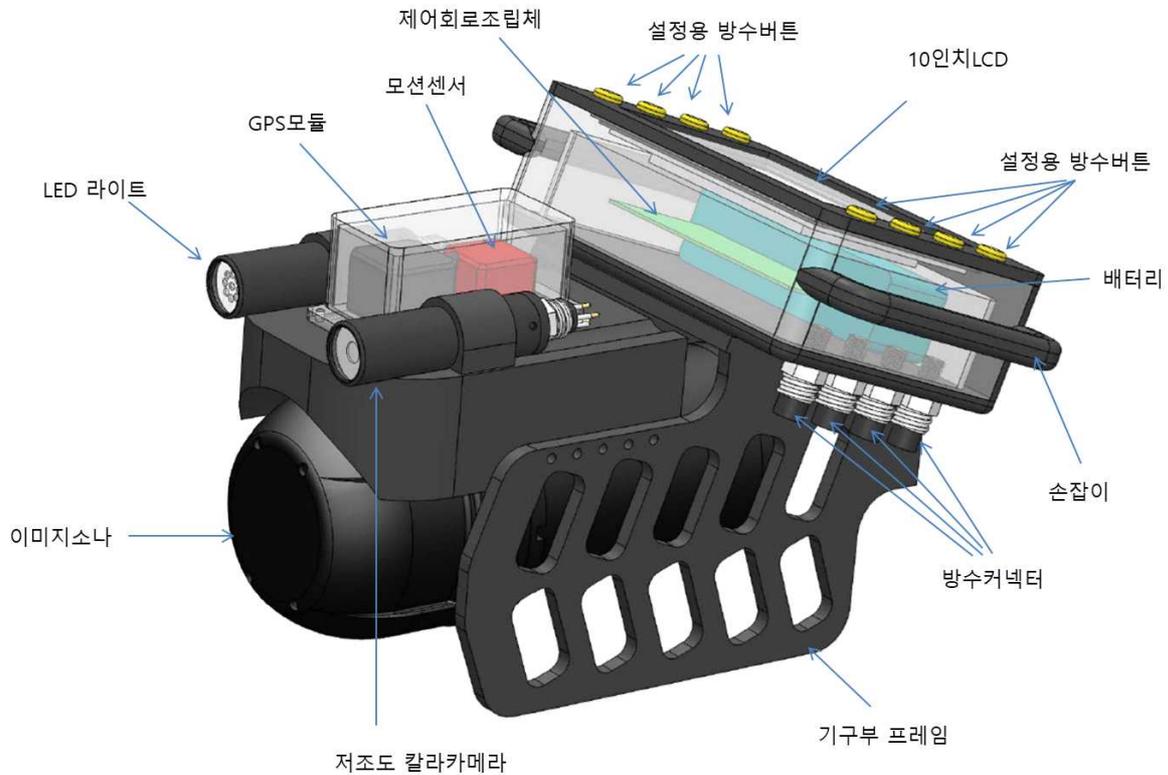
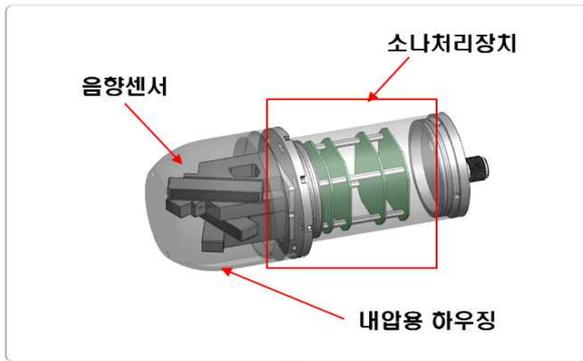


그림 3.36 2차 설계한 음향소나 및 수중광학장비 연동 체계 구성도

2차 설계한 3D 형상도는 중성부력을 고려하여 설계를 하였지만, 3차년도 연구를 수행하면서 장비의 부력 제어를 위하여 부력제를 추가 부착 가능하게 부착용 나사홀을 추가하였다. 또한 수중장비를 장착하기 위한 수중커넥터가 반영되어 있어 라이트, 광학장치, 음향소나 등을 메인장치에 연결할 수 있는 구조로 기초 설계하였다. 2차 3D 설계도를 활용하여 전문가 자문의견을 수렴하여 최종 3D 모델링을 설계하고(그림 3.36), 각 외부장비를 음향소나 및 수중광학장비 기구부에 부착가능 여부와 운용 적합성을 판단하여 시제품을 3차년도에 제작하였다.

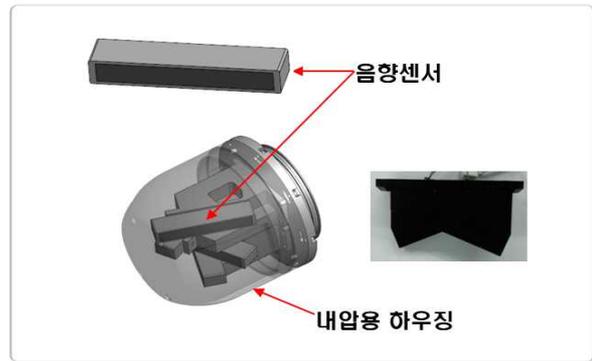
나. 음향소나 최대탐지거리 및 최대설정 Range에 따른 영상 획득 실험

음향소나와 광학장비 연동 체계를 개발하기 위하여 국내에서 기 개발한 음향소나를 활용하였다(그림 3.37). 이 음향소나가 장비 목표 사양을 충족하는지 검증하기 위하여 최대 탐지거리 40m와 최대 설정 Range 70m에 대한 시험을 2018년 11월 21일에 한국해양대학교 물량장에서 실시하였다(그림 3.38). 위성지도상에서 표시되어 있는 폰툰에서 방파제 끝까지 40m 정도의 거리를 탐지할 수 있는 것을 확인하였다.



소나처리장치 기본사양

- 최대탐지거리/최대Range : 40m/70m
- 2개 장착(수신 빔 수 256개)시 수평 빔 45도 구현
- 최대 프레임수 : 15Hz 이상(@10m Range)
- 소비전류 : 30W이하
- 통신방식 : LAN
- Main Processor : IMX6



음향센서 기본사양

- 주파수 : 900kHz ±300kHz
- 2개 장착(수신 빔 수 256개)시 수평 빔 45도 구현
- 빔 간격 0.18°(수평) ,20°(수직)

그림 3.37 휴대용 영상장비에 사용된 음향소나 카메라 사양

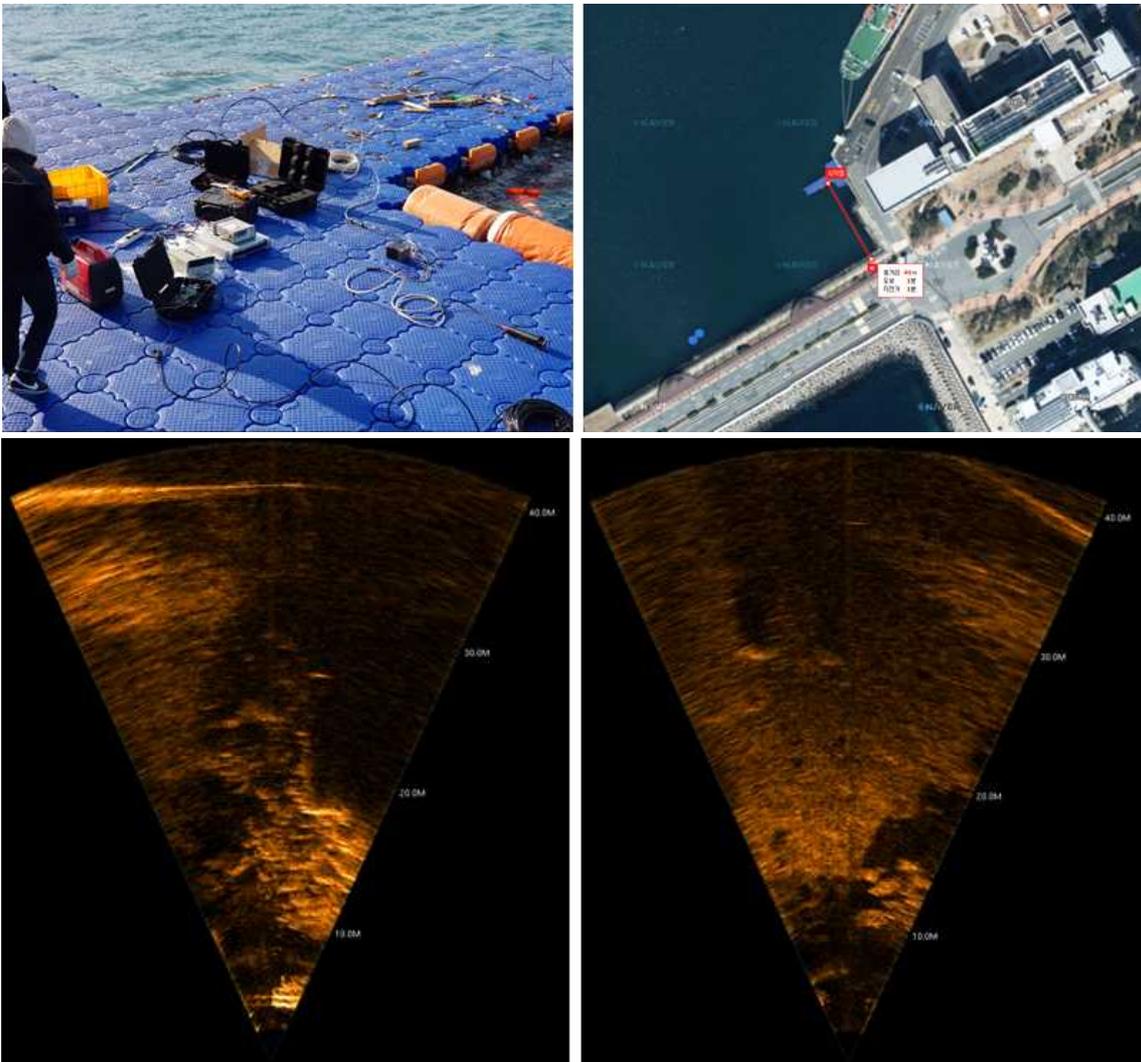


그림 3.38 음향카메라의 최대탐지 및 최대설정 거리 실험 해역(한국해양대학교 물량장)

제 3 절 3차년도 연구 수행 내용 및 성과

1. 음향탐지 정보로부터 생존자 인식 알고리즘 및 장비 운영 프로그램 개발

가. 선체 부착형 청음시스템 고도화

해상 실험을 통하여 2차년도에 수중 통신 방법으로 확정된 UT-AM 통신을 구현하기 위하여 수중무선 통신 모듈을 제작하였다(그림 3.39). 수중의 선체 부착형 청음시스템에 장착되는 UT-AM 송신 모듈은 청음장치에서 들어오는 신호를 1차 전치 증폭단을 거쳐 변조부에 입력 된다. 일반적인 AM의 신호 변조 방식에는 DSB-SC, DSB-TC 그리고 SSB 변조가 있다(Rappaport, 2006). 3차년도 연구에서는 수중 송신하기 위한 신호의 변조는 AM DSB-SC (Piwnicki, 1983) 방식을 적용하였으며, 변조된 신호는 D26 센서의 공칭주파수 26kHz의 근처 25.6kHz 케리어 주파수를 사용하여, 25.6kHz의 성분만 송신되도록 4차 밴드패스 필터를 이용하여 필터한 후에 송신한다.

수중에서 UT-AM 모듈과 해상 유무선 WIFI 부이를 통하여 송신된 신호를 해상 구조함에서 수신하기 위하여 구조함용 Deck Unit을 제작하였다(그림 3.40). Deck Unit은 WIFI 수신 장치와 UT 수신 장치를 하나의 일체형 케이스로 되어 있다. 해상 유무선 WIFI 수신부는 WIFI Buoy에서 송신되는 무선데이터를 취득하기 위해 수신부에도 동일한 WIFI 모듈과 WIFI 증폭 모듈이 장착되어 있고, WIFI 모듈과 PC를 연결할 수 있게 케이스 외부에는 RJ45 단자가 있다. UT 수신부는 UT를 이용하여 청음장치에서 송신되는 청음신호를 수신하기 위해 하이드로폰 TC-4032를 연결할 수 있게 되어 있으며, 하이드로폰에서 수신된 신호는 DSB-SC 복조 보드와 네트워크 보드를 거쳐 LAN통신으로 PC와 연결 된다.



그림 3.39 청음 신호 송신을 위한 수중 무선 UT-AM 통신 모듈



그림 3.40 해상 구조함용 UT-AM 수중통신 및 WIFI 통신을 위한 Deck Unit

해상에 표류하는 전복사고 선박에서 구조사가 선체에 승선하여 생존자 유무를 판별하기 위하여 기존에 제작한 방수형 스피커를 개선하였다. 해상환경에서 주변 소음을 최소화하여 구조사가 스피커 대신 유선용 헤드폰 혹은 이어폰을 연결 할 수 있도록 개량하였다.

선박의 전복사고 발생 시 부착형 청음시스템 활용성을 확인하기 위하여 목포에 소재한 서해해양특수구조대에서 보유한 훈련용 전복선박을 사용하여 부착형 청음시스템의 전복 선박 적용 현장 실험을 2019년 4월 17일에 수행하였다. 해경 구조대원이 직접 장비를 운용하며 부착형 청음시스템의 해상스피커와 헤드셋 출력 신호의 효율성을 검증하고, 부착형 청음시스템에서 WIFI 해상부이 통신을 통한 제어 및 신호 획득을 검증하였다(그림 3.41).

침몰 선박에 대한 모의실험을 위하여 침몰 선박과 비슷한 조건을 구현하기 위하여 철재 방수하우징을 만들어 내부에 MP3 플레이어를 설치하고, ‘살려주세요’ 음원을 재생하여 청음하는 실험을 2019년 9월 18월에 진해 앞바다에서 수행하였다(그림 3.42). 수중 UT-AM 모듈이 설치된 청음장치를 자석방식의 부착 지그를 이용하여 하우징 외부에 장착하여 수중 실험 조건 구축하였다. 실험 시 철재 하우징의 위치 수심은 30m 이었으며, 통신거리 확인을 위한 실험 거리는 최대 1km이상까지 하여 해상 유무선 WIFI 부이 방식과 수중 UT-AM 방식을 각각 테스트 하였다. 실험 결과, WIFI 통신은 700m까지 끊김 없이 청음할 수 있었으며(그림 3.43), 수중 무선 UT-AM 방식도 500m 까지는 원활히 음원을 확인할 수 있었으며, 이 이상 거리가 멀어질수록 잡음 신호가 커지는 것을 확인하였다(그림 3.44).

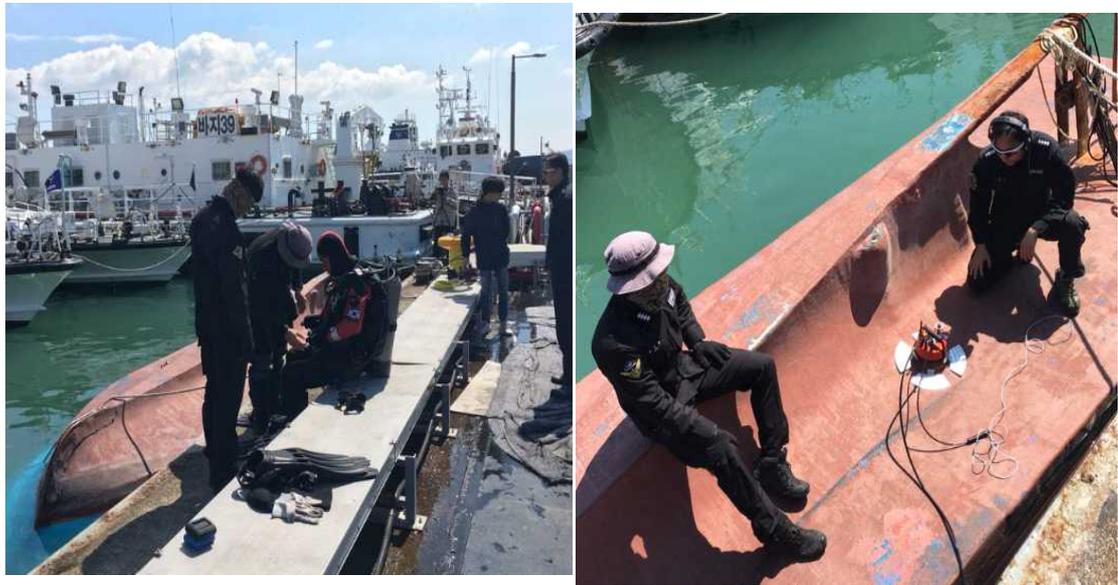


그림 3.41 서해해양특수구조대의 전복선박을 이용한 부착형 청음시스템 실험

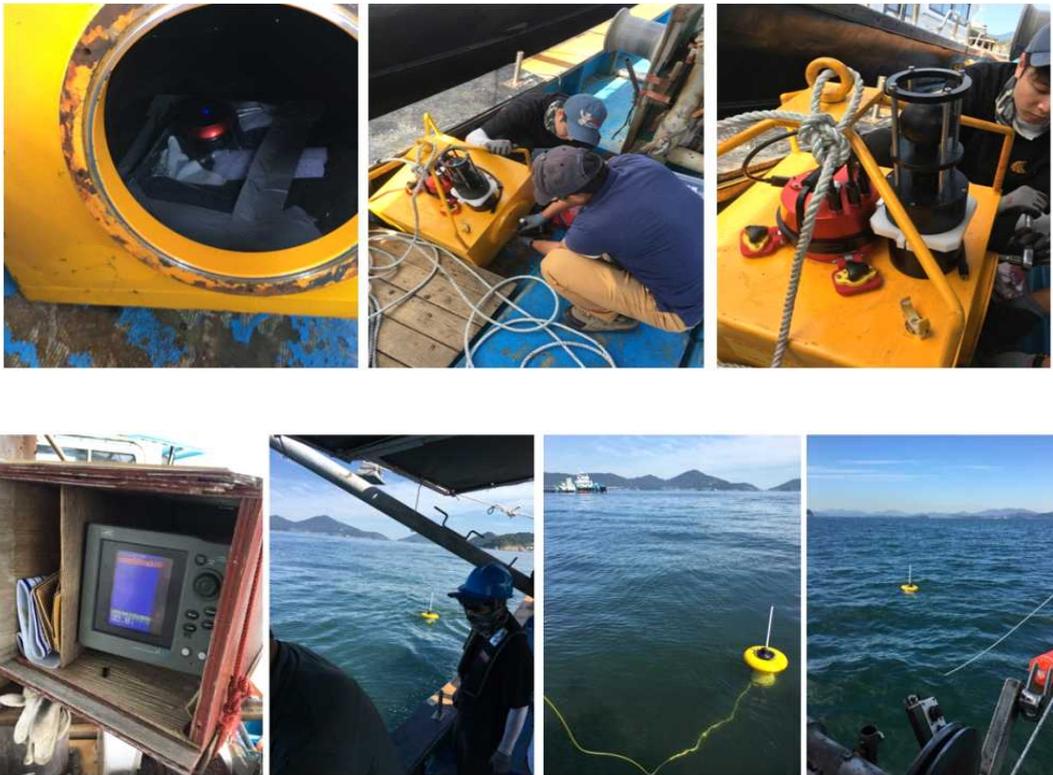


그림 3.42 침몰 선박을 모의한 청음장치 실험역 실험

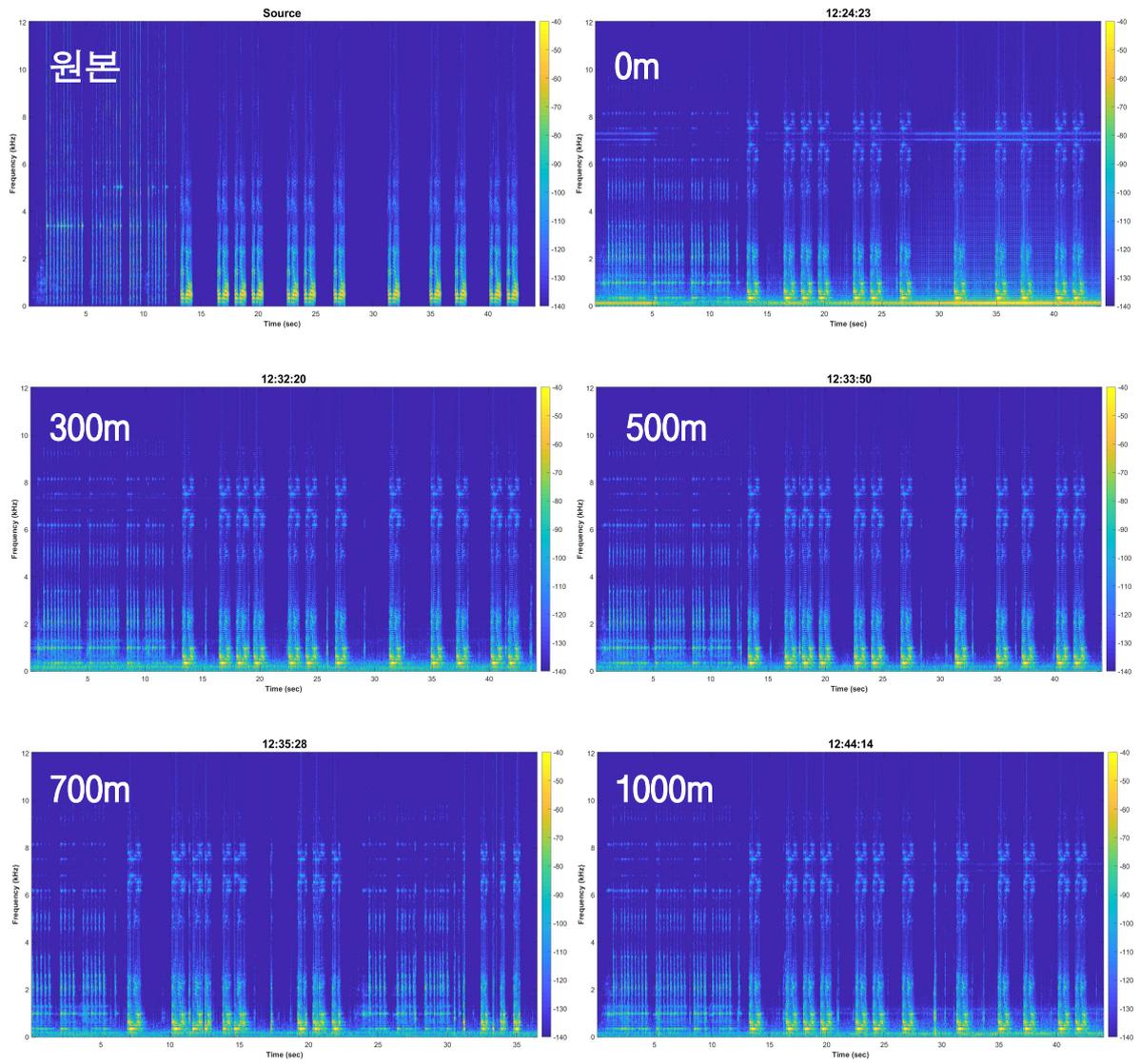


그림 3.43 진해 앞바다 수심 30m 해역의 해상 유무선 WIFI 부이를 이용한 거리별 신호 획득 결과

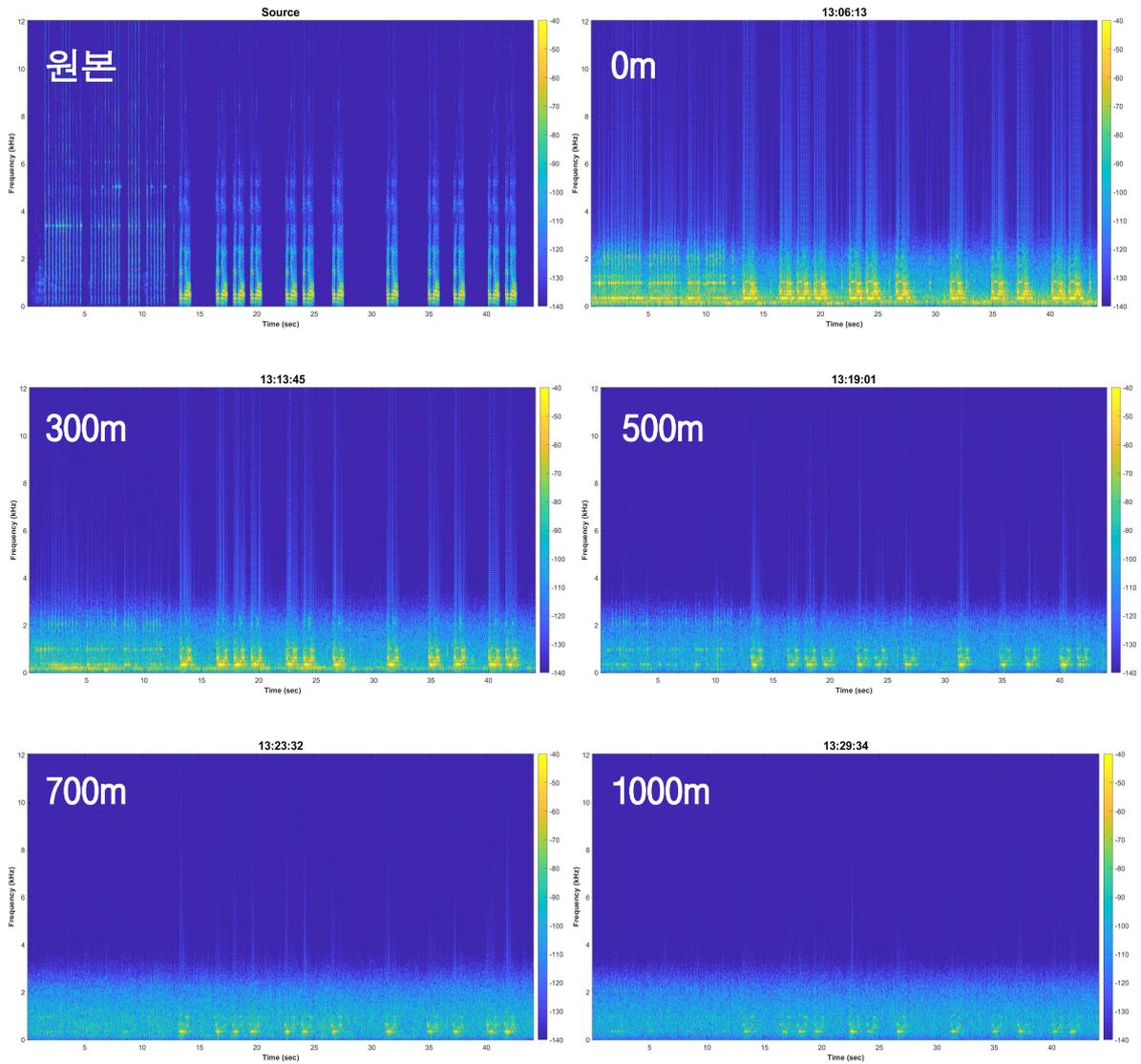


그림 3.44 진해 앞바다 수심 30m 해역의 수중 UT-AM 통신에 위한 거리별 신호 획득 결과

나. 생존자 인식 알고리즘 개발 및 장비 운영 프로그램 고도화

청음장치 운용프로그램은 설정/제어, 신호처리/분석, 전시의 3 부분으로 구성되어 있다(그림 3.45). 설정 제어부는 구조사가 청음장치에 관련된 설정을 제어하는 기능을 수행하고, 신호처리/분석부는 수신된 신호를 구조사가 파악하기 용이하도록 신호를 필터링 및 증폭하는 기능을 포함하고 있다. 전시부는 구조사가 육안으로 생존자의 음성이나 생존신호를 확인할 수 있도록 획득된 신호를 그래픽으로 표시하는 기능을 가지고 있다(그림 3.46, 그림 3.47).

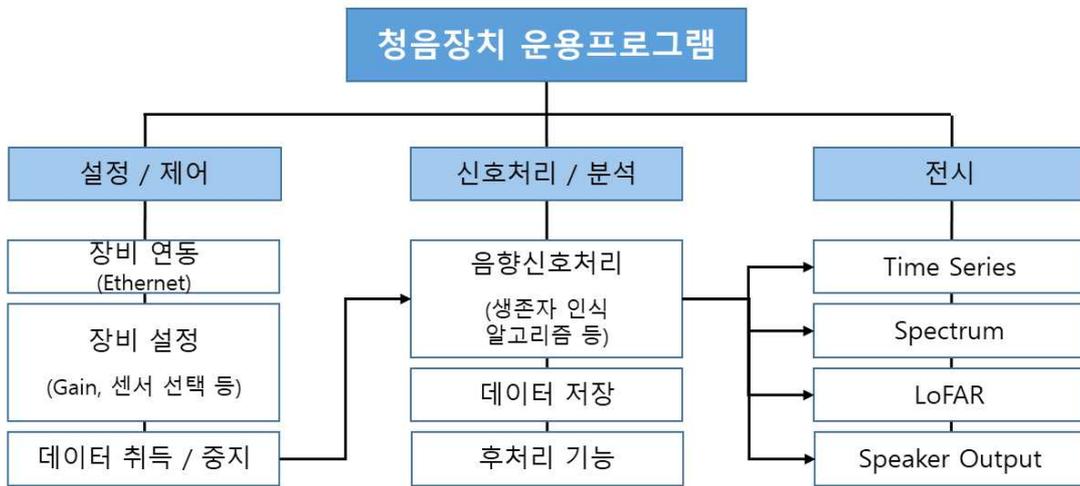


그림 3.45 선체 부착형 청음시스템 운용 S/W 구성도

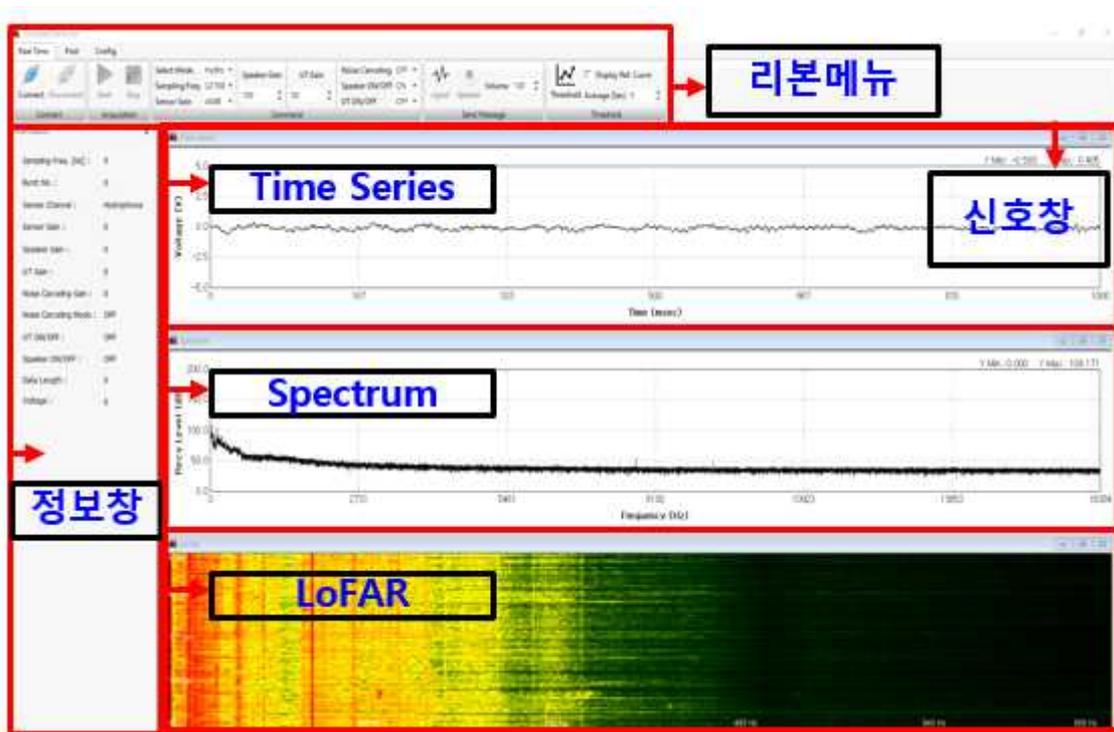


그림 3.46 선체 부착형 청음시스템 장비 운용 S/W 메인 화면

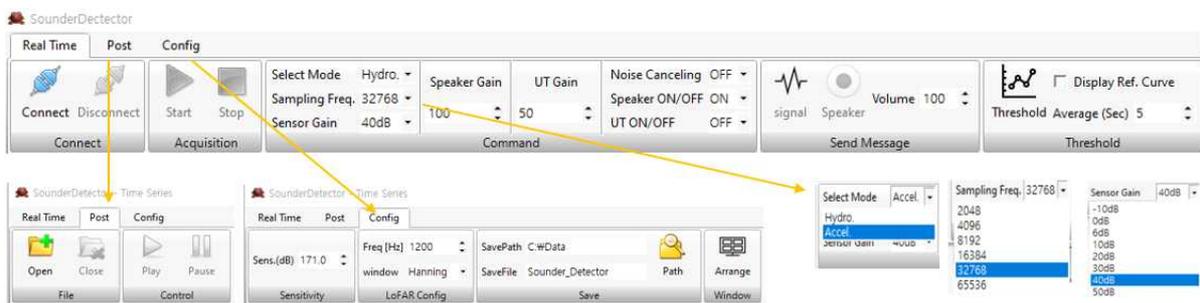


그림 3.47 선체 부착형 청음시스템 장비 운용 S/W의 장비 설정부

수신된 신호로부터 생존자를 인식하기 위하여 생존자 음성에 해당하는 주파수별로 Threshold를 설정하여 Reference Curve를 생성할 수 있게 하였다(그림 3.48). Spectrum 영역에서 Reference Curve와 수신된 레벨을 비교하여 Threshold와 오차가 -10dB 이내 이며 그래프는 초록색으로 전시되며, Threshold 레벨 이상이며 그래프는 빨간색으로 전시되고, 동시에 정보 창에 WARNING 경고 문구 표시하게 된다(그림 3.48). 또한 SW에서 주파수별 Threshold를 정의하고, 오차의 한계를 사용자가 조정할 수 있게 하였다. 또한 Impulse Noise가 아닌 반복적인 음압 레벨을 확인하기 위해 시간에 따른 평균 필터를 이용한 Threshold 기능을 가지고 있다. 일정한 설정 시간 동안의 음압 레벨을 확인하여 Threshold와의 차이를 확인하여 Spectrum을 전시하게 된다.

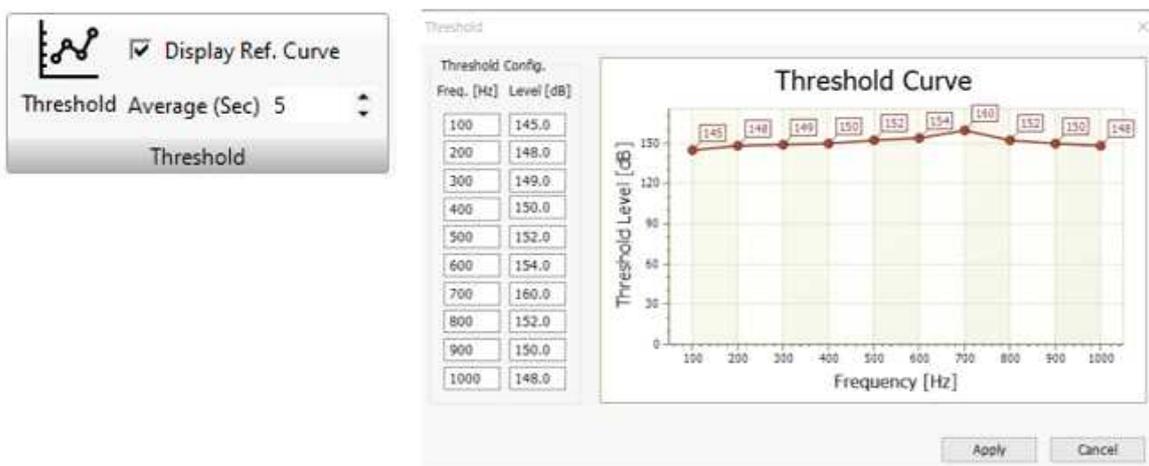


그림 3.48 Threshold Curve 기능에 의한 신호 인식 그래프

2. 한국형 음향소나 및 수중 광학 장비와의 연동 체계 개발

가. 음향소나 영상획득 시스템 제작

휴대용 음향소나 광학장비에 대한 기구부를 2차에 걸쳐서 3D 상세 설계를 완료하였다. 외형 재질 중 방수가 필요한 하우징부는 알루미늄 재질로 설계 하였고, 그 외에는 폴리 카보네이트와 같은 비중이 작지만 견고한 재질로 설계하였다(그림 3.49). 부력재는 외부에 FRP 코팅을 얇게 도포하였으며, 내부 부력은 아이소핑크를 사용하였다. 키패드와 조이스틱을 Main 컨트롤 하우징에 포함 시키고, 몰딩 처리함으로써 방수 문제를 해결하고. 키패드를 2개 배치하여 여러 기능의 단축키를 지정할 수 있게 하였다.

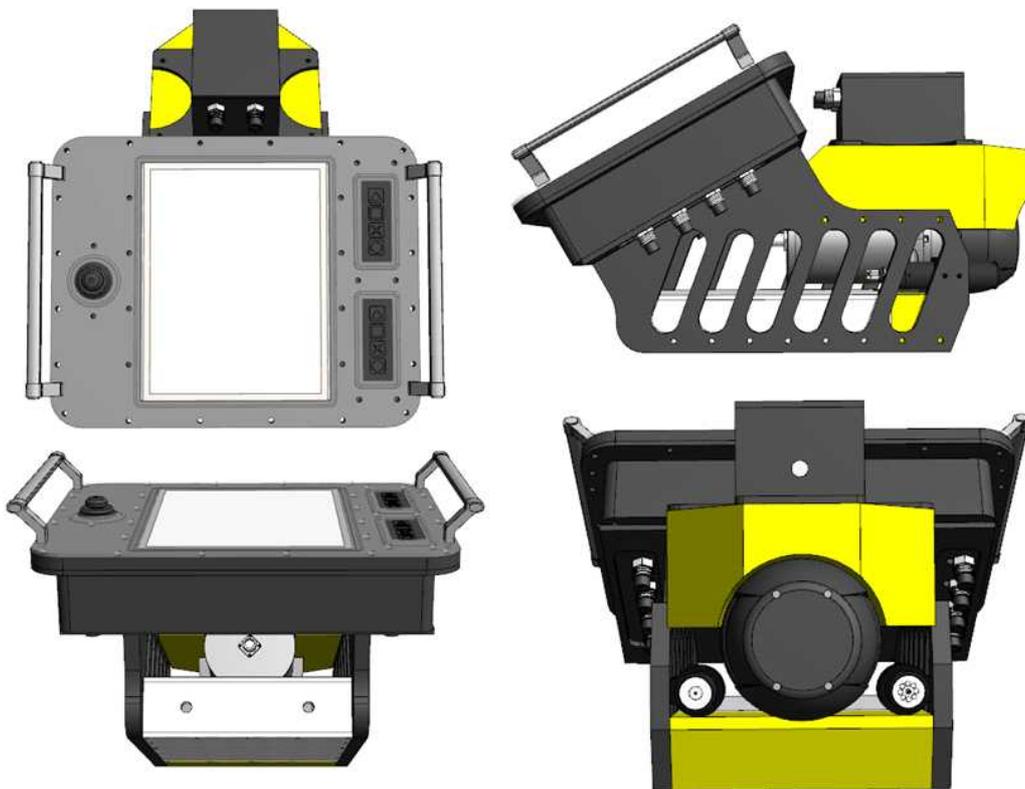


그림 3.49 3차년도 дай버 영상 장비 최종 3D 설계 형상

이미지소나는 음파를 이용하여 해저나 수중 물체를 이미지화하는 장치로 한 이미지를 얻기 위해 센서를 회전 시켜가며 음파 송수신을 여러 번 수행하여 이미지형상을 만드는 스캐닝 방식과 한 번에 전체적으로 음파를 송수신하여 이미지를 얻는 빔포밍 방식이 있다(Cerqueira et al., 2017). 본 개발에서는 빔포밍 방식을 사용하였다.

음향소나 외형은 휴대용 дай버 영상 장비에 장착이 용이하도록 원형이며, 소형화를 위한 내부 공간 확보를 위해 원기둥 형상으로 구성되어 있다(그림 3.50). 크기는 130mm x 290mm 이하이며, 공기 중 무게는 2.6kg이내이고, 수중무게는 0.7kg 정도 이다. 음향소나는 다수 개의 센서로 되어 있으며, 각 센서들은 해당하는 영역의 이미지 영상을 취득하

게 된다. 소나 센서는 주파수가 900 kHz($\pm 300\text{kHz}$) 이며, 수평으로 1도 이며, 수직으로 26.6도의 사양을 가진다. 수평 센서는 물리적인 빔각이며, 다수의 빔을 이용하여 135° 로 구성하였다.



그림 3.50 음향소나의 외형설계 및 제작 형상

신호처리모듈은 최대 탐지거리 60m까지 데이터를 처리하는데 성능상의 문제가 없도록 Artix-7 FPGA (TE0711 내장형 모듈 Artix-7 A100T 100MHz 32MB)를 사용하였다. FPGA 모듈은 고속연산을 담당하여 실시간으로 빔처리를 해주는 역할을 한다. 신호처리모듈은 소나 센서에서 들어오는 신호를 수신모듈로 통해서 수신하여 신호 처리 후 고속 LAN 통신 방식으로 PC와 같은 이미지 전시기로 전송한다(그림 3.51). 전원모듈은 다른 모듈로 원활한 전원 공급을 위하여 아날로그용 전원 $\pm 5\text{V}$, 디지털 전원용으로 5V와 3.3V, 송신 출력용 전원 12V와 $\pm 15\text{V}$ 를 각기 다른 전원 관리 IC 소자나 DCDC 컨버터로부터 출력하게 된다.



그림 3.51 신호처리 모듈 보드(FPGA)와 음향소나 모듈 보드

센서 덮개는 소나센서를 외부로부터 보호하고 음파의 송수신에는 영향을 크게 주지 않는 EPDM고무 재질로이다. 덮개 설계 시에 전방 및 측면은 얇게 하고, 상하부는 두껍게 하여 모양의 변형을 막으면서 음파의 투과는 방해하지 않도록 제작하였다(그림 3.50). 음향소나 내압용 하우징은 운용수심 50m 목표치를 달성하기 위하여 알루미늄 재질로 하였으며, 내부 전자부품 및 음향센서 커넥터 등을 방수하는 역할을 하고, 각 음향센서가 바라보는 방향을 고정해주고 음향센서를 외부 충격으로부터 보호한다.

나. 음향소나 수중전시기 개발

음향소나 영상획득용 장치로 6세대 CPU가 장착된 산업용 PC를 적용하였다(그림 3.52). 이 PC는 전원 DC 12V로 동작하고, 2개의 LAN port와 HDMI port가 있다. 고속통신용 1Gbps의 LAN Port 2개중 1 port는 음향소나와 연동에 사용하고, 1 port는 구조함과 통신에 활용 하였다. HDMI port는 수중 영상 전시용 12인치 디스플레이에 신호를 출력하기 위한 port로 사용하였다. 자체 제작한 HID 보드에서 마우스 인식을 위한 USB와 Mess

storage와 같은 외부와 연동을 위해 USB 2 por를 구비하였다. 임베디드 PC의 RS232 COM 포트는 총 2개로 COM1은 센서 모듈과 연결되어 GPS, 수심(압력)센서, 모션센서, 그 외부가 온도센서 데이터를 전송하며, COM2는 HID보드와 연결되어 키입력 및 전원제어/상태정보 데이터를 전송한다. COM1/COM2의 통신 속도는 115,200bps로 설정하였다.

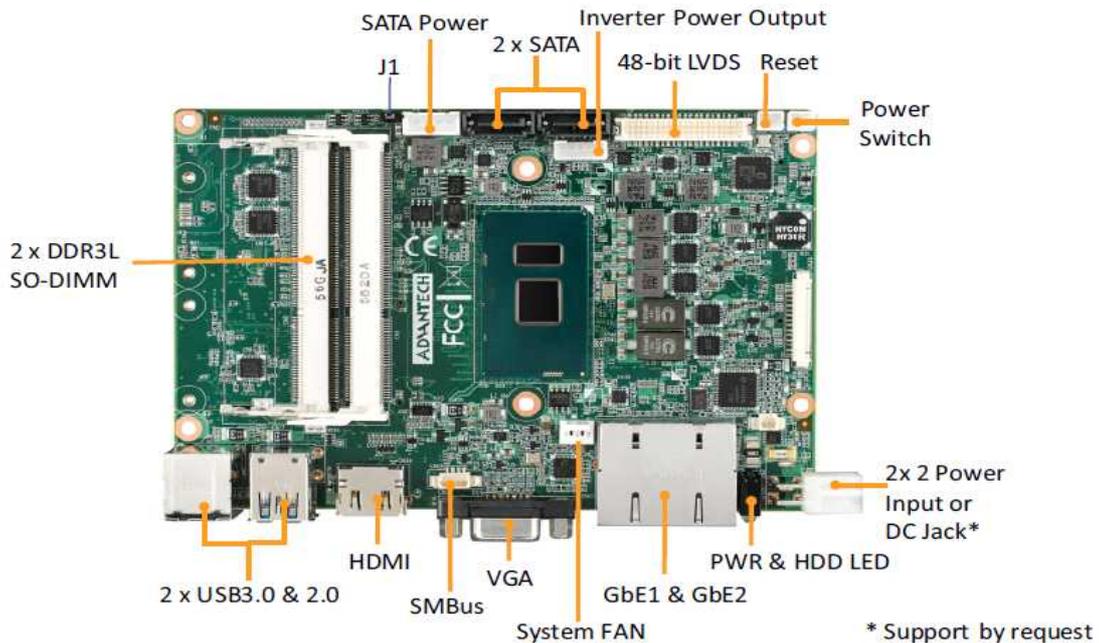


그림 3.52 휴대용 다이버 영상 장비를 위한 수중 Main 처리 장치용 산업용 PC

다이버 영상 장비 제어를 위한 HID 보드 및 제어부 제작하였다(그림 3.53). HID 보드는 마우스 장치와 같은 기능을 하는 보드이며, USB HID Device 모드를 이용하였다. HID 보드는 조이스틱 마우스 기능 이외에 8개의 키패드 입력과 음향소나, 광학카메라, 라이트와 같은 부가장치를 ON/OFF 제어하는 기능을 수행한다. 각 장비로 출력되는 전압을 ADC 기능으로 모니터링해서 상태 정보로 확인할 수 있다.

다이버 영상 장비용 제어 장치로 키패드와 조이스틱을 적용하였다. 키패드는 멤브레인 타입으로 개별적인 방수 처리 없이 전체를 방수하는 구조로 개조할 수 있어 최대 압력 5bar에 견딜 수 있게 적용 하였다. 조이스틱은 포텐셜미터(Potentiometer, X, Y axis) 타입이며, 전압으로 미세 제어까지 가능하기 때문에 가감속기능이 가능하다. 제어부의 방수를 위해 금형을 통해 고무방수커버를 제작하였으며, 고무커버 고정은 외부 테두리 부분을 둔턱 형태로 제작하여 방수 처리하였다.

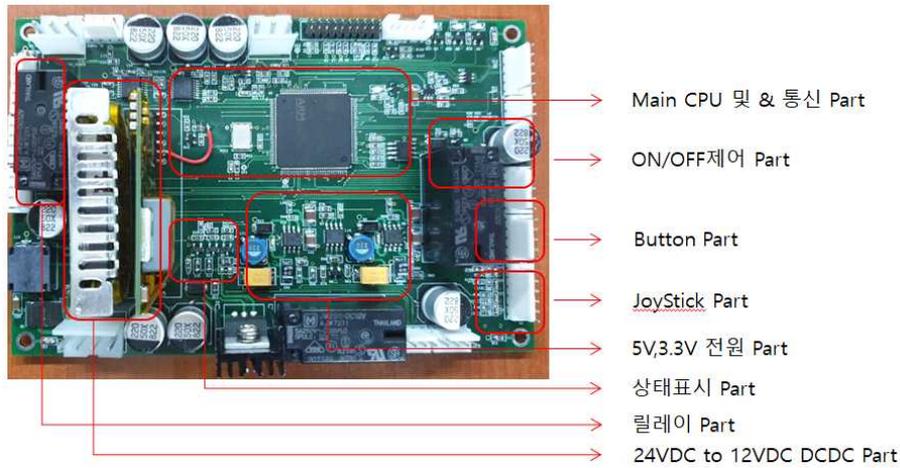


그림 3.53 휴대용 다이버 영상장비 제어를 위한 HID 보드, 조이스틱 그리고 키보드 제작

휴대용 다이버 영상 장비에 부착된 GPS 모듈, IMU 모듈, 압력센서 및 온도 센서로부터 데이터를 수신받아 HID 보드로 데이터를 전달하는 센서 보드를 제작하였다(그림 3.54). 센서 보드는 STM32 MCU를 사용하여 각 모듈과 시리얼 통신으로 데이터를 송수신한다. 해상 위치에서는 Ublox GPS 모듈을 사용하여 위성 GPS 신호를 수신하여 위치를 표시한다. 이 외에 수심과 수온 측정을 위한 압력센서 (KELLER), 온도센서(PT100)가 있으며 ADC 처리하여 수심 및 수온 값을 MCU로 전송하게 된다.

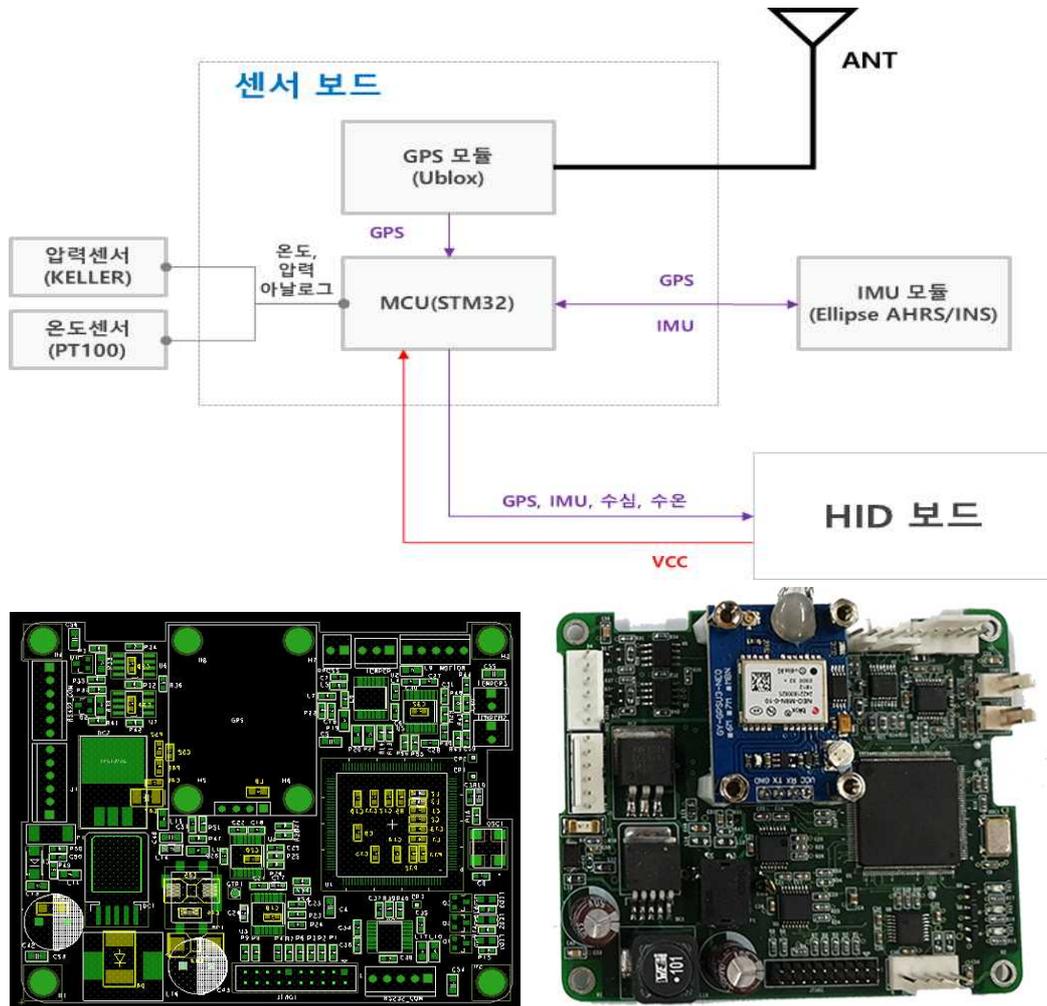


그림 3.54 휴대용 다이버 영상 장비의 센서 보드 연동도 및 제작 실물

휴대용 다이버 영상 장비의 Main 하우징은 임베디드 PC, HID보드, 광학영상신호 USB 컨버터가 설치되어 있으며, 외부 장치를 연결할 수는 수중커넥터부가 있다(그림 3.55). Main 하우징에는 총 8EA의 외부 단자가 있으며, USB는 총 2Port로 구성되어 있다. USB port는 데이터 백업 및 프로그램 업데이트에 활용되고, 부가적으로 USB 마우스, USB 키보드를 연결하여 일반 PC 같이 사용할 수 있다. EXT LAN Port는 다이버가 수중에 투입되었을 경우 유선케이블을 통해 다이버가 보는 화면을 보조적으로 선상에서 확인할 수 있도록 전송하는 port 기능을 한다. 전원은 24 VDC의 배터리 입력 전원을 사용하며, 장비 FULL 동작 시 전류는 최대 3A(즉 75W의 전력)를 소비한다.

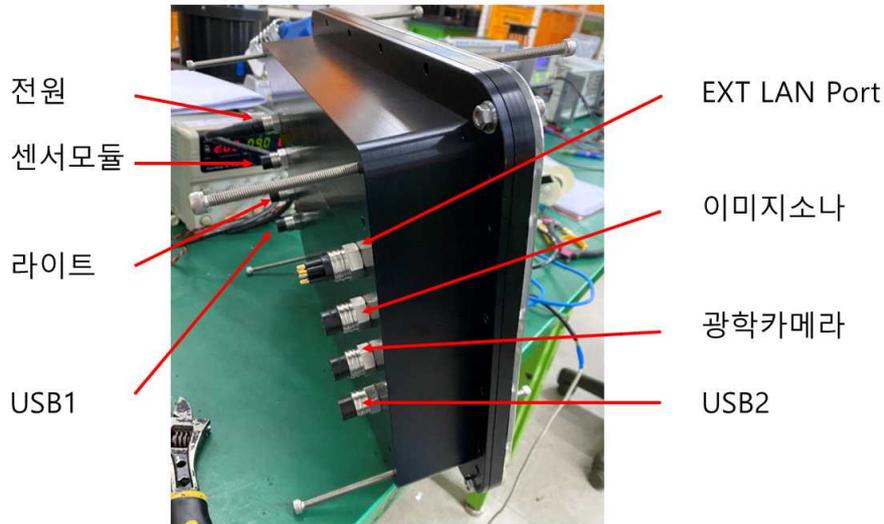


그림 3.55 휴대용 다이버 영상 장비의 Main 하우징 조립 및 외부 연결부

센서 하우징은 센서 모듈을 설치하기 위한 하우징으로 GNSS, 모션센서, 압력센서, 온도센서 등의 데이터를 취합하여 임베디드 PC로 전송한다(그림 3.56). 다이버의 수심 정보를 획득하기 위한 압력 센서는 개발 장비의 운용수심 50m를 고려하여 60m 까지 작동하는 제품을 사용하였으며, 수심은 전류 형태로 4~20mA 범위로 출력된다. 센서 하우징의 수중커넥터 단자는 총 2개로 한 개는 Main 하우징과 연결되며, 다른 하나는 외부 GPS 안테나와 연결할 수 있다.

배터리 하우징 내부에는 25.6V 배터리가 내장되어 있으며, 하우징의 수중커넥터는 Main 하우징 전원 공급용 단자와 충전용 단자의 2개로 구성되어 있다. 다이버 영상 장비의 최대 전류는 3A 이며, 3차년도에는 리튬인산철의 배터리팩을 사용하였으나, 연속전류 3.3A전격에 근접하여 배터리 교체가 필요한 상태이며, 4차년도에 25.6V 6,600mA의 리튬 폴리머로 대체하였다.

휴대용 다이버 영상 장비를 최종 조립 하였으며, 외형재질은 대부분 해수에 강한 애노다이징 된 알루미늄이며, 부력재만 아이소핑크/FRP로 구성되어 있다(그림 3.57). 3차년도의 제작 완료된 휴대용 다이버 영상 장비의 크기는 550mm × 400mm × 312mm 이고, 공기 중 무게는 22.5kg 이다. 참고로 해외 유사 장비의 무게가 20kg 임을 감안하면 큰 차이는 없다. 수중에서의 중성 부력에 해당하는 수중 무게 0kg을 달성하기 위하여 4차년도에 외부 지그부의 부력재를 교체하였다.

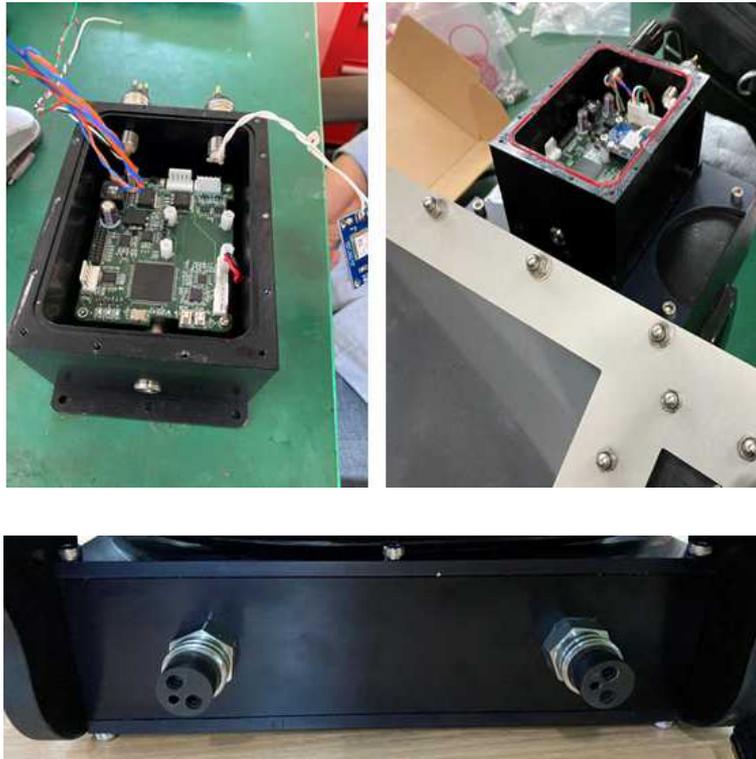


그림 3.56 휴대용 다이버 영상 장비의 센서 하우징과 배터리 하우징

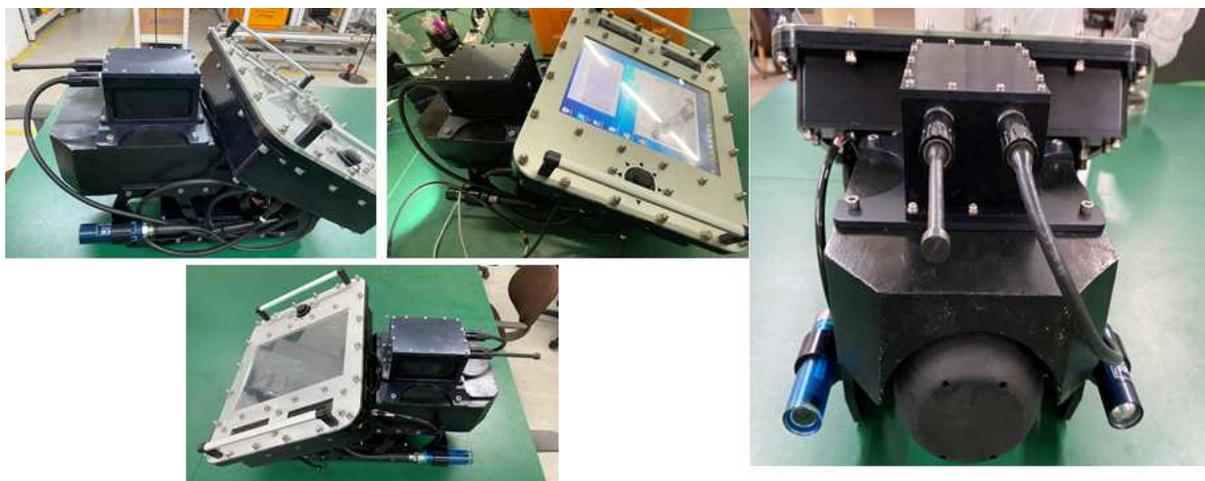


그림 3.57 휴대용 다이버 영상 장비 최종 조립 형상

3. 영상처리 통합기술 개발

가. 광학영상과 이미지소나영상 전시 기능

수중 광학 카메라는 NTSC 또는 PAL방식의 영상 신호에 호환 가능하며, 개발된 다이버 영상 장비는 Color 또는 저조도 Monochrome 카메라가 장착 가능하고, 수중광학 카메라 연동 테스트에서는 Color 카메라와 저조도 Monochrome 카메라 모두 호환테스트를 수행하였다(그림 3.58). 수중 광학 카메라 사용 시 수중 조명 확보를 위하여 다이버 영상 장비에 라이트가 설치되어 있으며, 라이트는 총 3단계 밝기로 제어 가능하고, ON/OFF 할 수 있다. 이미지소나는 대용량 자료를 고속으로 전송하여 자료 처리를 수행하고, 해상에 위치한 구조함에 영상을 유선으로 전송하기 위하여 다이버 영상 장비에 고속 LAN 통신 방식을 적용하였다.

수중 광학 영상을 획득하기 위해 TELEDYNE사의 Divecam 720C-AL을 사용하였으며, 해당 제품은 광각 65°의 고해상도 영상을 수심 100m까지 운용이 가능하다. Divecam을 통해 얻은 아날로그 영상을 캡처 보드를 통해 디지털 영상으로 변환한 뒤에 컴퓨터에 영상 스트림을 제공한다. 광학 디지털 영상 스트림을 전시하기 위해 마이크로소프트사의 멀티미디어 프레임워크인 다이렉트쇼(DirectShow)를 사용하였고, 응용 프로그램은 영상 녹화 및 캡처를 담당하는 STRecorder와 녹화 영상을 재생하는 STPlayer를 제작하여 사용하였다. STRecorder는 영상 녹화 및 캡처 기능 처리하며, 미리보기나 녹화 버튼을 누르면 응용 프로그램에 Divecam이 제공하는 영상 스트림을 실시간 전시하고, 동영상은 avi 포맷, 캡처 이미지는 bmp 포맷으로 저장된다. 설정을 통하여 영상의 밝기, 대비, 색상, 채도, 선예도, 해상도를 조정할 수 있다. STPlayer는 STRecorder가 저장한 avi 파일을 재생하는 기능을 수행하며, 기본적인 기능으로 앞으로 건너뛰기, 뒤로 건너뛰기, 일시 정지, 정지 기능이 있다. 하단의 스크롤바를 이용해 원하는 시간대의 영상과 재생 속도를 조절하는 기능도 포함되어 있다. 영상표시용 SW의 다이얼로그 창은 확대 및 축소가 가능하여 광학 영상 전체화면 View 기능과 멀티 View 기능을 이용하여 음향소나 영상과 동시에 표출이 가능하다.

데이터 저장 기능 활성화 시에 광학 영상, 이미지소나 영상, GPS 데이터 등은 바이너리 파일로 저장된다. 이미지소나용 데이터는 헤더 프레임과 데이터 프레임으로 구분되며, 헤더 프레임에는 데이터 프레임의 개수와 데이터 타입 등의 정보가 저장된다(표 3.7). 헤더 프레임의 Byte수는 고정으로 164개이며, 헤더에는 구분자로 Start Packet 데이터가 있고, 이미지소나에서 0xAAAA5555 이다. 헤더프레임에는 그 외의 설정 정보 또는 외부 센서 데이터까지 전송 가능토록 필드가 할당되어 있다. 이미지소나의 재생은 재생할 데이터를 선택하기 위해 파일 열기 기능과 파일 닫기가 있으며, 파일 열기로 Open 된 파일은 재생과 중지기능으로 재생할 수 있으며, 추가적으로 하단에 사이드 바를 통해 재생 위치를 조정할 수 있다. 이미지소나 장비에서 취득된 데이터를 수신한 후, 소나 영상 전시와 동시에 소나 상태 정보가 표시된다. 상태정보로는 Ping_Count (핑번호), Gain (출력 dB값),

Range (거리), Ch_Count (소나 장비 내부 빔 채널수), Data_Count (샘플링 하여 수신되는 채널별 데이터 개수), Data_FPS (초당 수신되는 펄스 수) 가 있다. 이미지 소나 자료 전송은 100Mbps를 지원하는 TCP/IP 통신 방식을 적용하였으며, 최대 70Mbps의 속도로 RAW 데이터를 전송할 수 있다.



그림 3.58 휴대용 다이버 영상 장비의 수중전시기에 이미지소나 영상과 광학영상 전시 화면

표 3.7 이미지소나에서 획득한 이미지 프레임의 파일 Header 구성

Header Frame						
No	Name	Type	byte	Description	Value	Note
0	Start Packet	unsigned int	4		0xAAAA5555	
1	Packet Length	unsigned int	4		164	Header length
2	Version	unsigned int	4	Ex) 1.0.0 -> 100		
3	Error Code	unsigned int	4			
4	Interval	unsigned int	4	Microsecond		
5	Burst Number	unsigned int	4	프레임 번호	0 ~	
6	Range	unsigned int	4	m 단위	1 ~ 100	
7	Year	unsigned int	4			
8	Month	unsigned int	4			
9	Day	unsigned int	4			
10	Hour	unsigned int	4			
11	Minute	unsigned int	4			
12	Second	unsigned int	4			
13	Latitude[2]	unsigned int	4*2	Ex) 1234.5678	[0] : 1234 [1] : 5678	
14	Longitude[2]	unsigned int	4*2	Ex) 12345.6789	[0] : 12345 [1] : 6789	
15	Reserved[20]	unsigned int	4*20			
16	Gain	unsigned int	4			
17	TVG	unsigned int	4			
18	Data Count	unsigned int	4	Range에 의해 데이터 수선정		
19	Channel Count	unsigned int	4	채널수	768	
Total			164			

제 4 절 4차년도 연구 수행 내용 및 성과

1. 수중생존자 탐지 청음시스템, 음향소나 및 수중광학장비 체계의 선박을 이용한 해상성능 시험 수행

가. 선체 부착형 청음시스템 해상 실험을 위한 기준 음원 테스트

선체 부착형 청음시스템을 해상에서 실험하기 위한 기준 음원을 생성하였다. 기준 음원은 긴급 상황 시에 소리치는 ‘살려주세요’로 선정하였으며, 음원을 실험시에 발생시키는 장치로 연속 자동 재생이 가능한 스피커를 사용하였다. 스피커에서 송출되는 음원의 레벨을 확인하기 위하여 주변의 소음이 전혀 없는 환경에서 스피커와 마이크로폰(B&K TYPE 4191)을 거리 1m의 간격에서 볼륨별 음원을 재생시키면서 측정하였다(그림 3.59). 측정된 신호는 마이크로폰 수신 감도를 보정해준 후, 압력값(Pa)에서 주파수 분석을 하여 20Hz~25kHz 주파수성분들의 오버올레벨을 계산하였다. 실험 결과, 스피커 볼륨 10 단계는 오버올레벨이 약 80dB 이며, 이것은 지하철 소음 또는 버스차 내 소음 환경에 해당하고, 스피커 볼륨 30 단계는 오버올레벨이 약 92dB 이며, 이것은 시끄러운 공장안 또는 굴삭기 작업 환경의 소음에 해당하였다. 따라서 해상 실험시 스피커에서 재생하는 음원의 볼륨 단계를 각각 10, 20, 30 으로 하여 시험을 진행하였다.



거리 (m)	볼륨	오버올레벨 (dB)
1	5	69.78
1	10	79.26
1	15	83.70
1	20	86.56
1	25	89.48
1	30	92.08
3	25	83.66
6	25	78.79
9	25	77.40
10	25	77.40

그림 3.59 선체 부착형 청음시스템 해상 실험을 위한 기준 음원 테스트

나. 선체 부착형 청음시스템의 서귀포 잠수함 1차 실험

선체 부착형 수중 청음시스템의 해상 운용 시 성능을 시험하기 위해 2020년 06월 25일 제주도 서귀포 해역에서 관광 잠수함을 이용하여 해상에서 실험을 수행하였다(그림 3.60). 침몰 사고를 모의하기 위해 잠수함을 수심 20m(수심센서가 선설의 약 2m 위의 해체에 장착됨)에 위치시킨 후(그림 3.61), 잠수함 내부에서 구조신호를 송출하였으며, 잠수함의 해체에 부착형 수중 청음시스템의 기구부를 부착하여 WIFI 통신과 UT-AM 통신을 통해 해상의 바지선에서 구조신호를 실시간으로 모니터링 하였다. 구조신호는 일정한 음량으로 송출하기 위해 “살려주세요”가 녹음되어 있는 음성파일을 스피커를 이용하여 잠수함 내부에서 송출하였으며, 다양한 음원 레벨에서 청음시스템의 성능을 시험하기 위해 구조 신호를 송출하는 스피커의 볼륨을 10, 20, 30으로 설정하여 스피커의 위치를 부착형 수중 청음시스템 기구부로부터 0m, 5m, 10m 떨어진 지점으로 옮겨가며 실험하였다(그림 3.62). 실험 중 수중 청음시스템의 센서 계인을 WIFI 통신은 40dB, UT-AM 통신은 30dB로 설정하여 구조신호를 취득하였다. 또한 신호 분석 시에 스피커의 볼륨과 위치에 따른 음원 레벨의 변화를 확인하기 위해 청음시스템 기구부의 설치 지점 아래의 잠수함 내부에 마이크를 설치하여 동시 녹음을 진행하였다. 마이크는 B&K사의 TYPE 4191 모델을 사용하였으며 부착형 수중 청음시스템과 동일한 샘플링 주파수인 65536Hz로 설정하여 연속 녹음하였다.

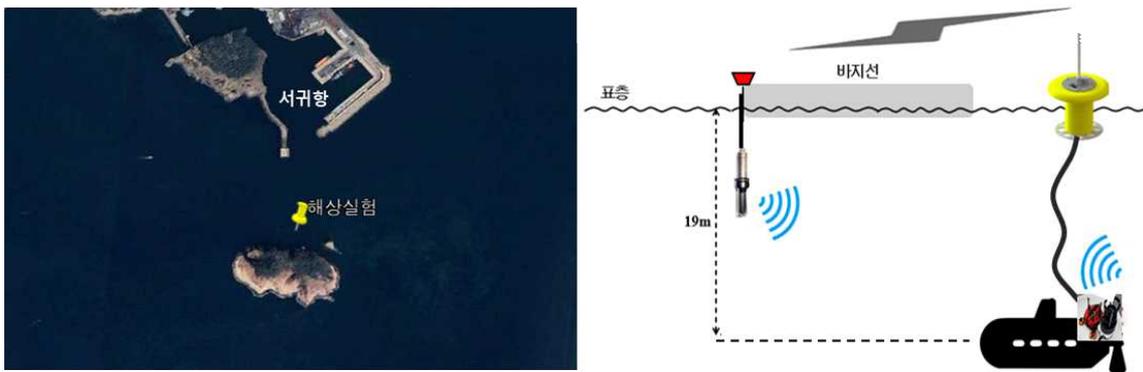


그림 3.60 부착형 수중 청음시스템 성능 시험을 위한 해상실험 위치 및 실험모식도

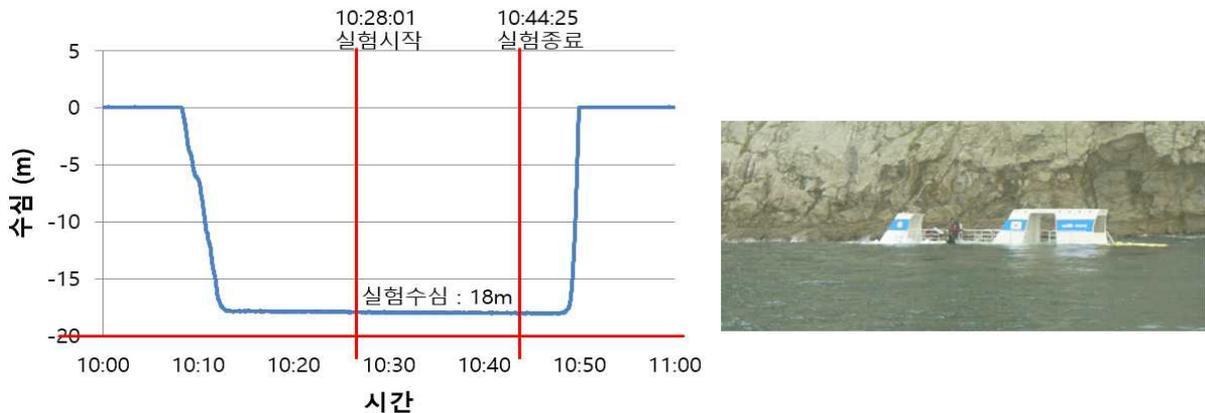


그림 3.61 선체 부착형 청음시스템에 대한 서귀포 잠수함 1차 실험 시의 잠함 수심



그림 3.62 서귀포 잠수함 1차 실험 시 구조신호 송출 위치 및 청음장치 부착 예시

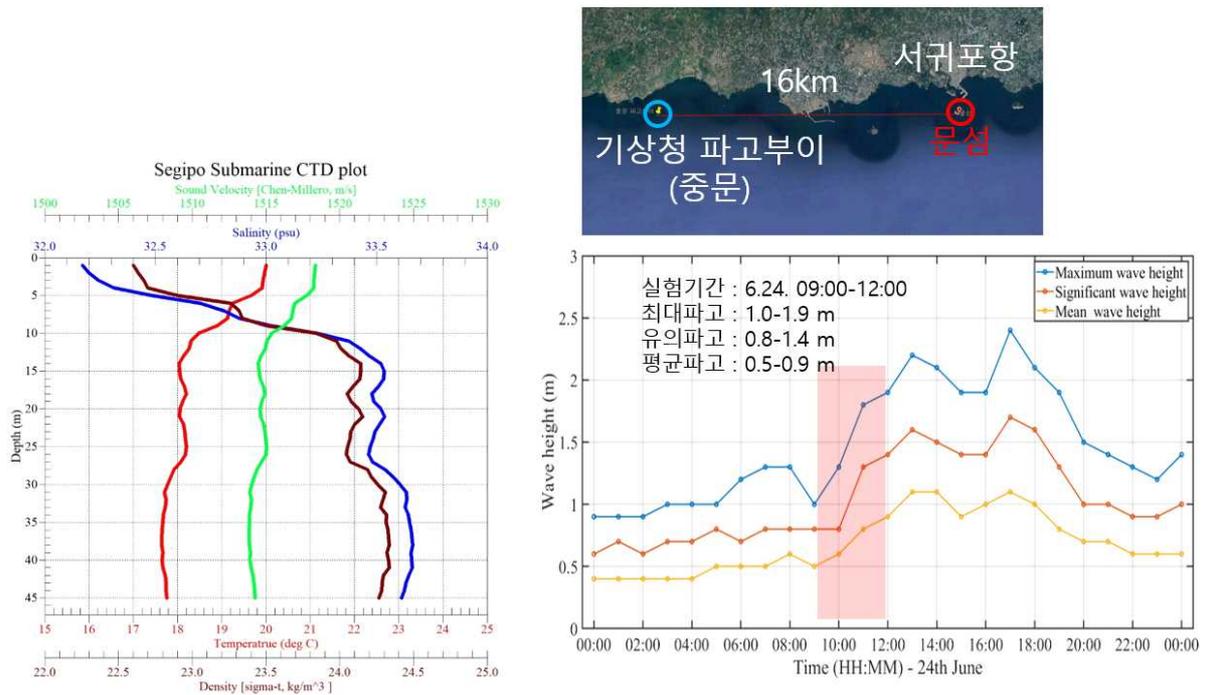


그림 3.63 서귀포 잠수함 1차 실험 시의 해양환경 및 파고

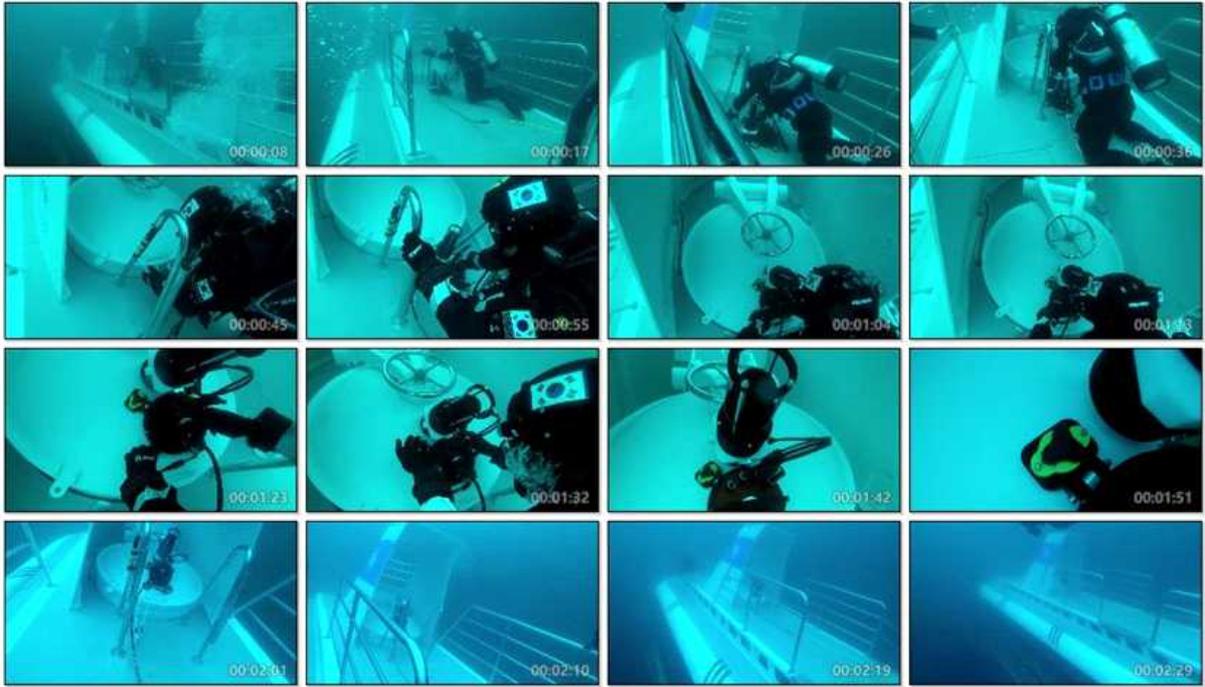


그림 3.64 잠수함 대상 실험시에 해경구조대원이 수심 20m에서 장비를 부착하는 현장 사진

1차 현장 실험의 해양환경은 표층은 수온이 약 20℃ 이며, 잠수함이 위치한 수심 20m 층은 수온이 약 18℃ 이었다. 또한 음속은 표층에서 약 1517 m/s 이고, 수심 20m 층은 약 1515 m/s로 나타났다(그림 3.63). 따라서 표층에서부터 잠수함 위치한 수심 20m 사이에는 음파의 전달 특성은 저층으로 하향 굴절하는 경향이 강하다. 따라서 실험 수심층에서 표층의 수신기로 수중 무선 통신 시에 음파의 전달이 다소 불리한 환경 이었다. 장비 운영 테스트를 같이 진행하기 위하여 서귀포 해양경찰서의 해양구조대의 협조를 받아 구조대원이 직접 수심 20m의 잠수함의 해치에 선체 부착형 청음시스템을 설치하고, 해상 바지선에서는 해상 부이를 투하하였다(그림 3.64).

실험 중 모든 경우에서 수중 청음기를 통해 구조신호를 청취할 수 있었다. 취득된 데이터는 스피커의 위치와 볼륨에 따른 음원레벨 변화를 확인하기 위하여 주파수 분석을 수행하였다. 주변에 딱총새우가 다수 서식하여 딱총새우의 신호를 제거하기 위해 1 kHz lowpass 필터를 적용하였으며, 전력 스펙트럼 레벨을 구한 후 구조신호의 에너지가 집중된 20 Hz ~ 1000 Hz 대역에서 측정된 음압으로부터 관심주파수 대역의 에너지를 더한 후 레벨 값을 계산하는 오버올 레벨을 계산하여 최종 수신레벨을 구하였다. 그림 3.65는 잠수함 내부에서 마이크로폰으로 취득한 시계열 데이터이며, 스피커의 거리가 멀어지거나 볼륨이 작아질수록 신호 크기 또한 작아지는 모습을 확인하였다.

부착형 수중 청음 시스템으로 취득한 데이터는 잠수함의 발전기 소리, 주변 선박소음, 딱총새우 소리 등 주변 환경음이 같이 취득되었다. 스피커의 거리가 멀어지고 볼륨이 작아질수록 시계열 신호에서 구조신호는 주변 환경음에 묻혀 눈으로 탐지하기 어려워지지만 여전히 청취가 가능함을 확인했다. 그림 3.66은 부착형 수중 청음시스템의 UT-AM 통

신으로 수신한 구조신호이다. UT-AM 통신은 주변 환경에 영향을 받아 수신된 데이터가 약간씩 왜곡되었으며 소음의 준위가 높았지만, 여전히 구조신호를 수월하게 인지할 수 있었다. 그림 3.67은 부착형 수중 청음시스템의 WIFI 통신으로 수신한 구조신호이다. WIFI 통신으로 수신한 데이터는 UT-AM보다 안정적이지만, 실험 당시 계인을 높게 설정하여 오버로드가 발생하였다.

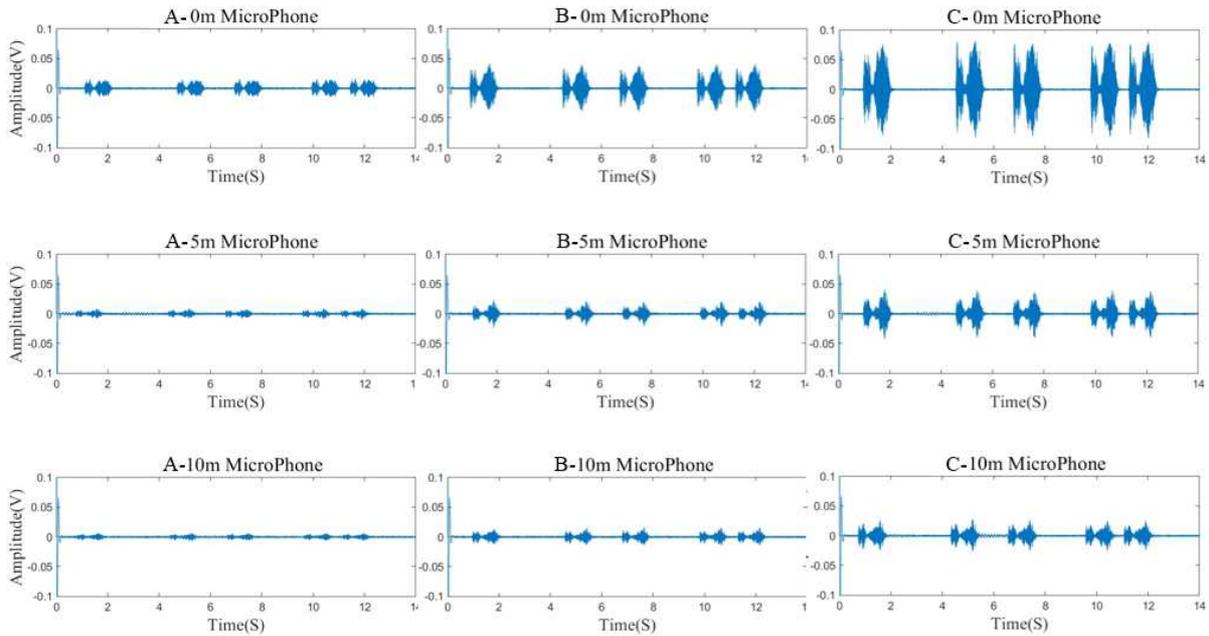


그림 3.65 잠수함 1차 실험에서 내부에 설치된 마이크론폰과 스피커 거리간 볼륨별 구조 신호 크기. A는 스피커 볼륨 10, B는 볼륨 20, C는 볼륨 30을 의미함

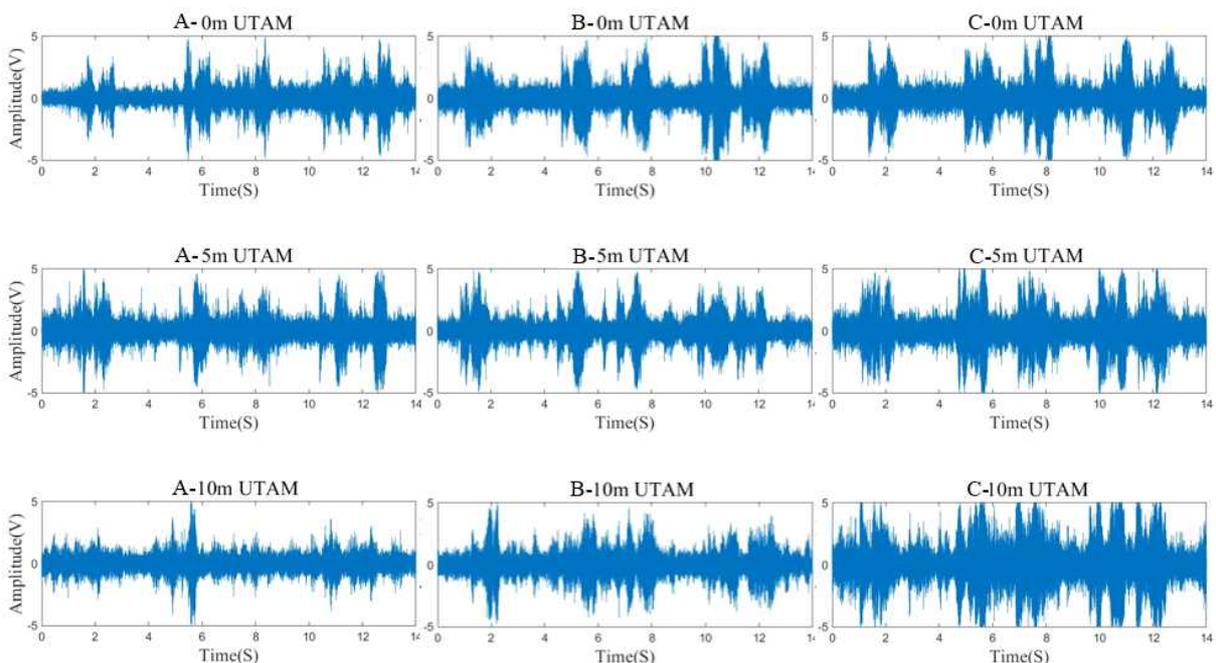


그림 3.66 잠수함 1차 실험에서 내부의 구조신호를 청음장치로 획득하여 수중 UT-AM 무선 통신으로 전송하여 해상에서 수신한 청음신호 크기. A는 스피커 볼륨 10, B는 볼륨 20, C는 볼륨 30을 의미함

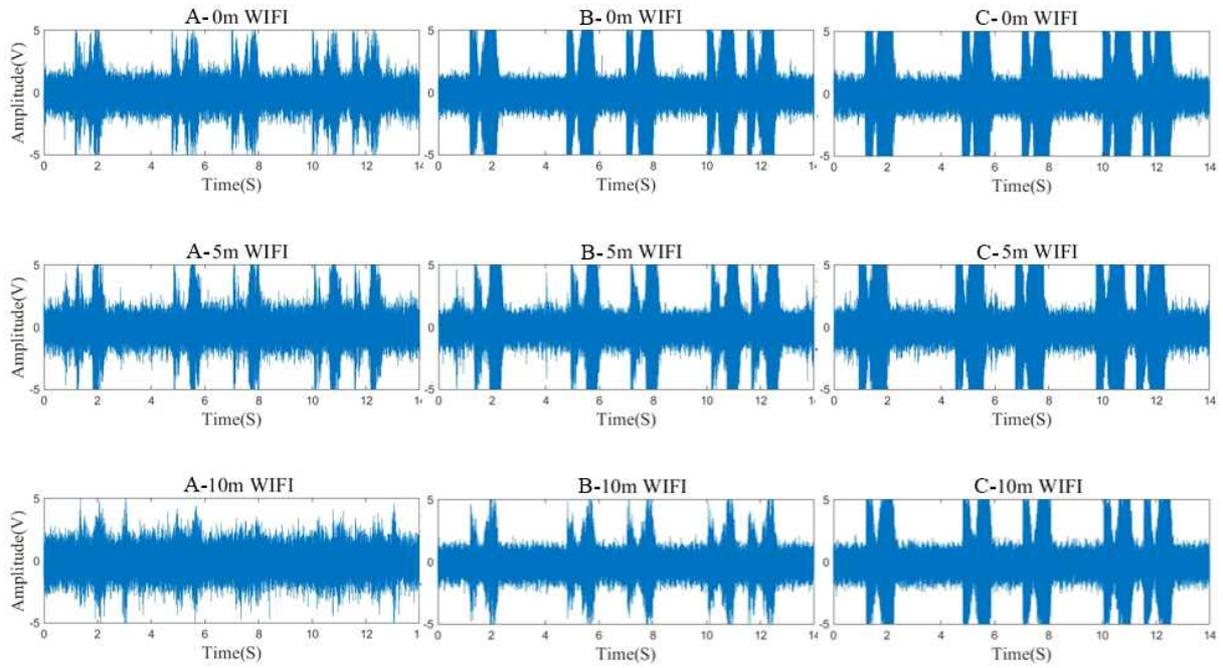


그림 3.67 잠수함 1차 실험에서 내부의 구조신호를 청음장치로 획득하여 유무선 WIFI 부이로 전송하여 해상에서 수신한 청음신호 크기. A는 스피커 볼륨 10, B는 볼륨 20, C는 볼륨 30을 의미함

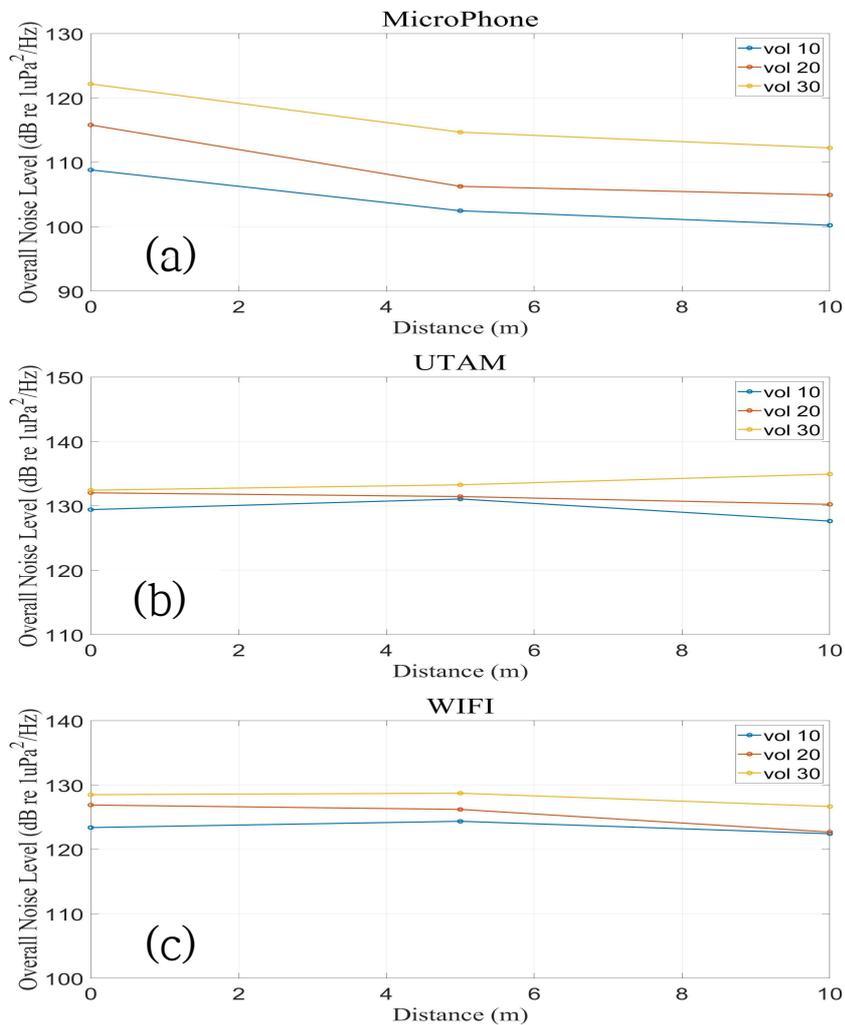


그림 3.68 잠수함 1차 해상실험 시 거리에 따른 수신레벨. (a) 마이크로폰, (b) UT-AM, (c) WIFI를 의미함

구조신호 수신 방법별로 거리에 따른 수신레벨을 나타내었다. 마이크로폰으로 취득한 구조신호의 경우 스피커의 거리가 멀어지고 볼륨이 작아질수록 수신레벨 또한 낮아졌으며 최소 레벨은 100 dB 이(그림 3.68). UT-AM 통신으로 수신한 구조신호의 경우 취득 당시 해양환경의 악화로 주변소음레벨이 높아져 수신레벨이 묻혀 스피커의 거리에 따른 경향성은 나타나지 않지만, 스피커의 볼륨이 낮아질수록 수신레벨이 낮아짐을 확인했다. WIFI 통신으로 수신한 구조신호는 오버로드가 발생하여 같은 방법으로 취득했음에도 전체적으로 UT-AM보다 5dB 낮게 분포했으며, 거의 수평으로 나타났다. 으며, WIFI 통신은 UT-AM 통신 보다 원활한 수신이 가능했다. 두 통신 방법 모두 124 ~ 135 dB 범위에서 구조신호가 탐지되었다.

WIFI 통신 실험시 게인을 높게 40dB로 설정한 이유는 미세한 구조 신호를 증폭을 통하여 장비에서 탐지할 수 있는 최대의 음성을 확인하기 위한 것이다. 게인 증폭된 신호를 통하여 생존자 확인은 가능 하였으나, 장비 및 청음 된 신호특성을 분석하기에는 신호 오버로드에 의해 자료 분석에 어려움이 있어 오버로드가 발생하지 않게 게인을 20dB 이하로 줄인 2차 실험을 진행하였다.

다. 선체 부착형 청음시스템의 서귀포 잠수함 2차 실험

선체 부착형 수중 청음시스템의 해상 운용 시 성능을 시험하기 위해 2020년 09월 23일 제주도 서귀포 해역에서 관광 잠수함을 이용하여 해상에서 실험을 수행하였다. 2차 해상실험은 1차 해상실험 당시 WIFI 통신으로 수신한 데이터에서 오버로드가 발생한 것을 보완하기 위해 진행되었으며, 1차 해상실험과 동일한 환경에서 WIFI 통신의 시험만이 수행되었다. 스피커의 위치는 더욱 세분화 하여 수중 청음시스템 기구부로부터 0m, 3m, 6m, 9m, 12m 떨어진 지점에서 스피커의 거리에 따른 수신레벨의 변화를 자세히 확인하고자 하였다(그림 3.69). 1차 해상실험과는 달리 스피커의 볼륨을 조절할 시 센서 게인을 함께 조절하여 오버로드가 발생하지 않도록 설정하였다. 그 결과 스피커의 볼륨이 10과 20인 경우, 게인은 20으로 설정되었고, 스피커 볼륨이 30인 경우 게인은 10으로 설정되었다.

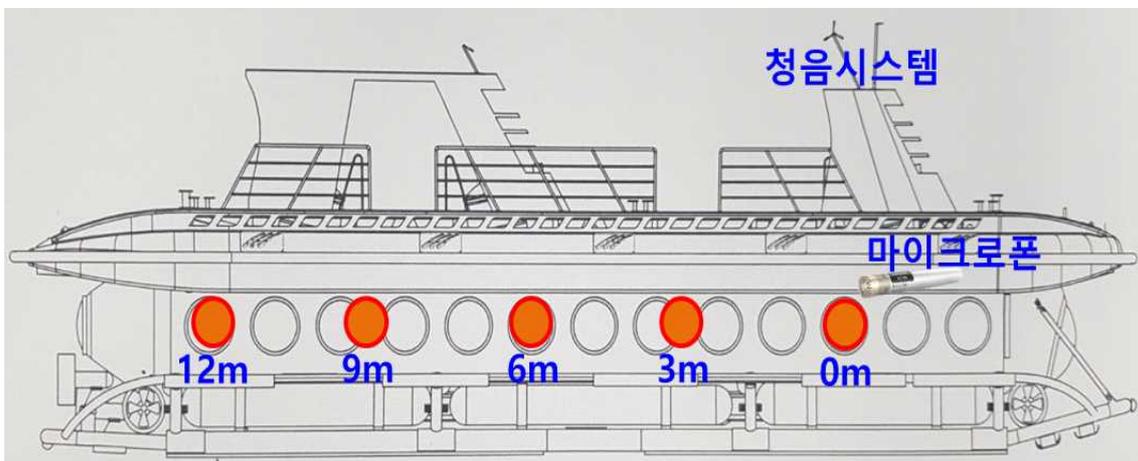


그림 3.69 서귀포 잠수함 2차 실험 시 청음 장비 부착 위치와 구조신호 송출 위치

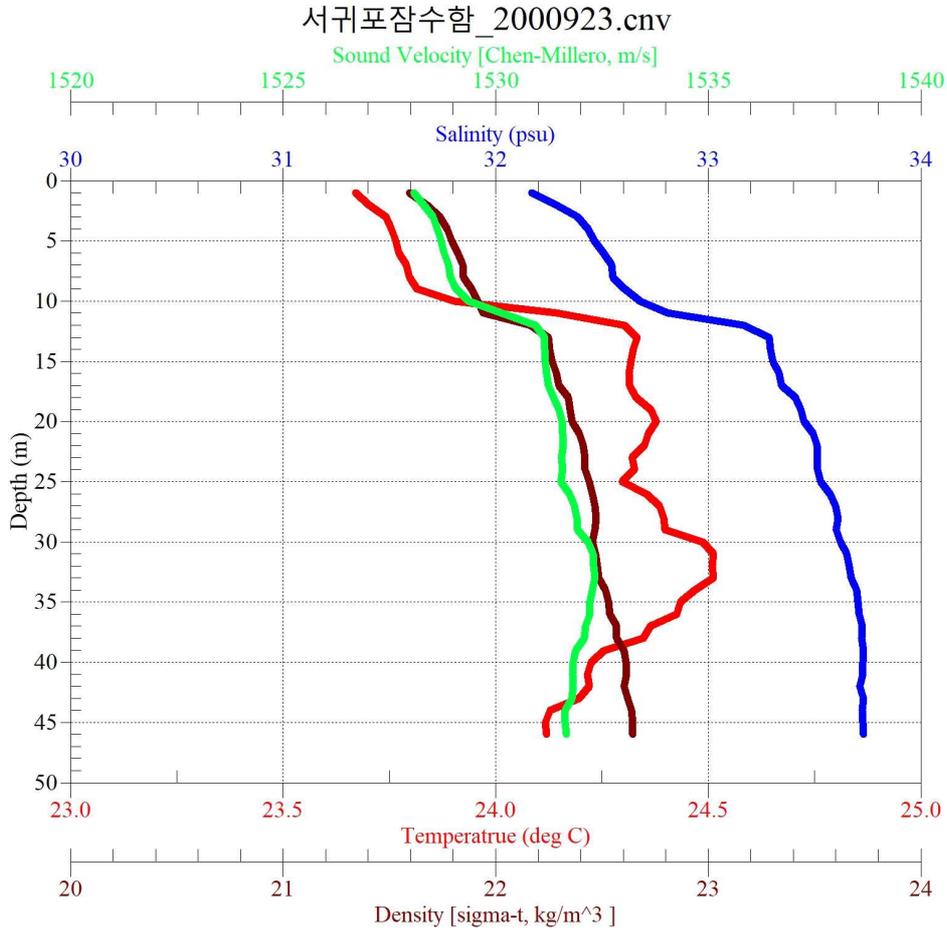


그림 3.70 서귀포 잠수함 2차 실험 시의 해양환경 관측 결과

2차 현장 실험의 해양환경은 표층은 수온이 약 23.7℃ 이며, 잠수함이 위치한 수심 20m 층은 수온이 약 24.3℃ 이었다. 또한 음속은 표층에서 약 1528 m/s 이고, 수심 20m 층은 약 1531 m/s로 나타났다(그림 3.70). 따라서 잠수함 위치에서 수중으로 송출된 음은 표층으로 잘 전달되는 상향 굴절하는 환경이다.

그림 3.71은 마이크로폰으로 측정한 구조신호이며, 그림 3.72는 WIFI 통신으로 수신한 구조신호이다. 마이크로폰으로 측정한 구조신호는 1차 해상실험과 유사하게 취득되었다. WIFI 통신으로 취득한 데이터는 스피커 볼륨 20과 30인 실험에서 1차 해상실험 당시 보다 해양환경이 좋아 주변 환경음으로 인한 노이즈가 적었다. 하지만 스피커 볼륨 10으로 설정하여 실험할 때 주변 환경음으로 인한 노이즈가 증가하였다.

WIFI 통신에 대한 1차 실험의 그림 3.67에서 청음된 신호의 Amplitude 특성은 오버로드로 인하여 정확히 파악할 수 없었으나, 재실험을 진행한 2차 실험의 그림 3.72의 결과와 같이 구조음의 신호가 강할수록(볼륨 10에서 볼륨 30으로 갈수록) 주변 잡음의 영향을 덜 받고 생존자의 음성을 확인할 수 있었다.

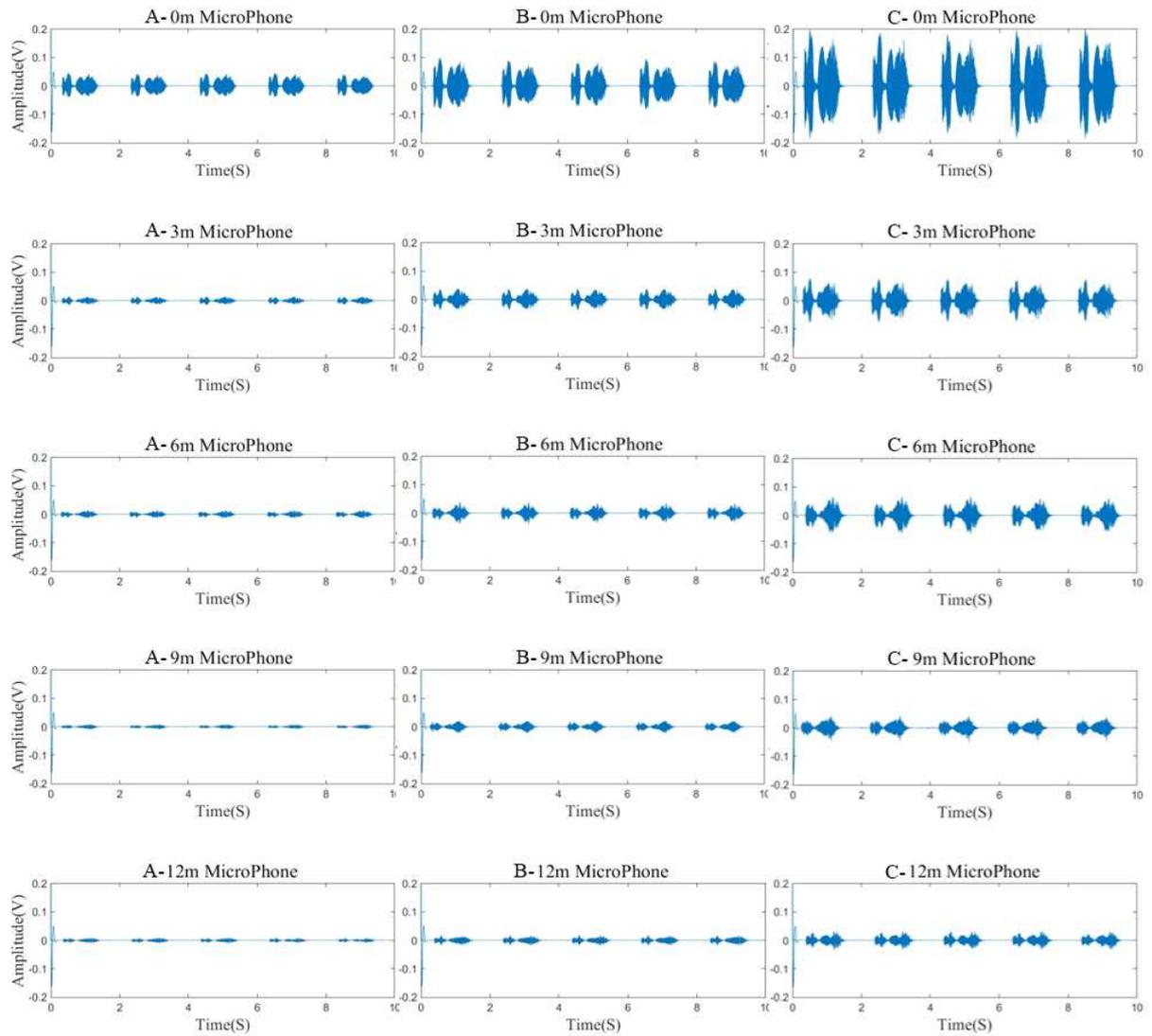


그림 3.71 잠수함 2차 실험에서 내부에 설치된 마이크론폰과 스피커 거리간 볼륨별 구조 신호 크기. A는 스피커 볼륨 10, B는 볼륨 20, C는 볼륨 30을 의미함

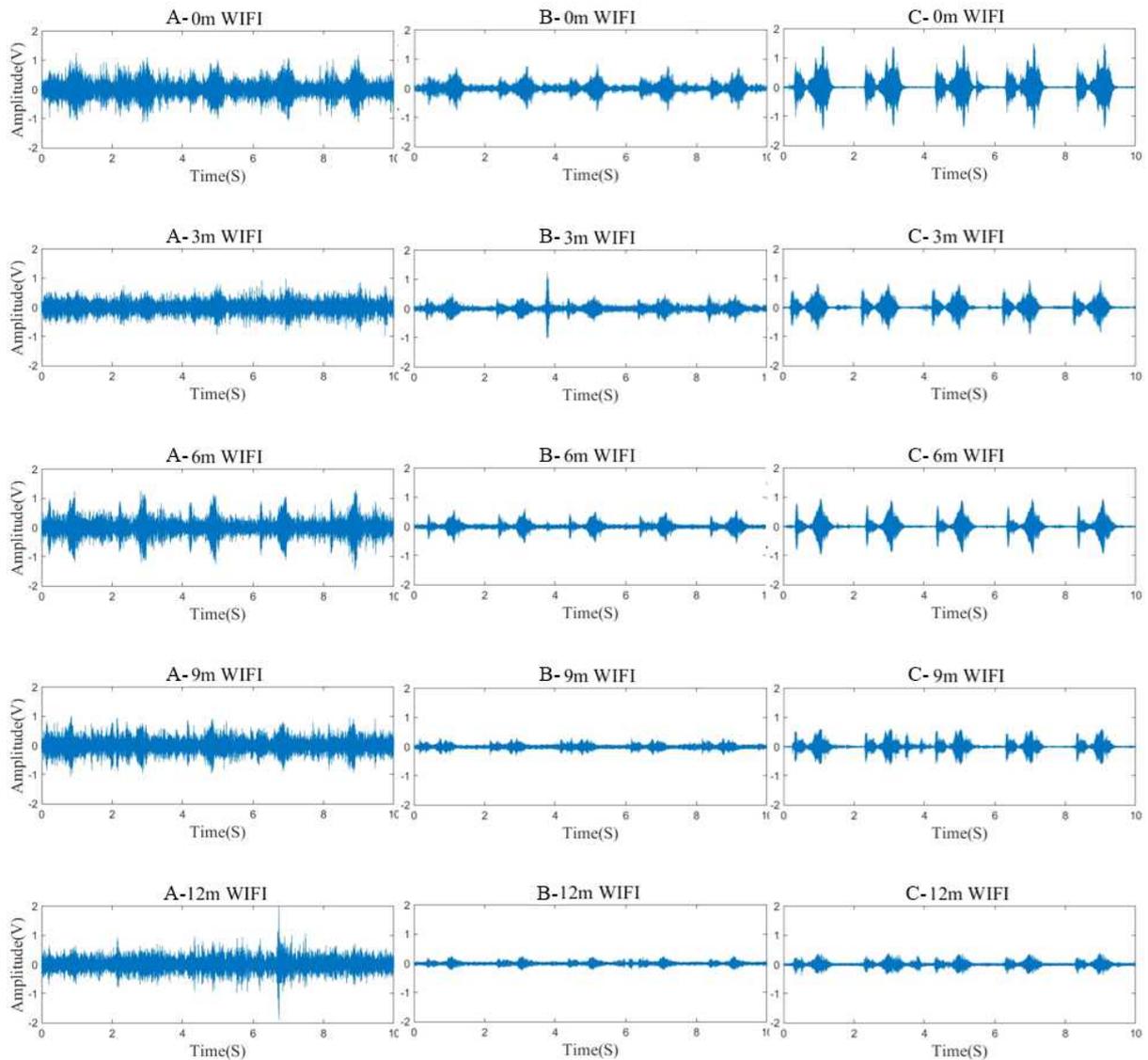


그림 3.72 잠수함 2차 실험에서 내부의 구조신호를 청음장치로 획득하여 유무선 WIFI 부이로 전송하여 해상에서 수신한 청음신호 크기. A는 스피커 볼륨 10, B는 볼륨 20, C는 볼륨 30을 의미함

구조신호 수신 방법별로 거리에 따른 수신레벨을 나타내었다. 마이크론의 경우 1차 해상실험과 유사하게 스피커의 거리가 멀어질수록, 볼륨이 낮을수록 수신레벨이 감소하였으며, 최소 레벨은 104dB 이다(그림 3.73). WIFI 통신의 경우 볼륨 20과 30일 경우 마이크론과 유사한 경향을 나타내었지만, 볼륨 10일 때 주변 환경음으로부터 발생하는 노이즈가 증가하면서, 구조신호가 노이즈에 묻혔다. 이로 인해 스피커의 거리와 관계없이 수신레벨이 일정해졌다.

1차 해상실험과 2차 해상실험을 통해 선박사고 시 부착형 수중 청음시스템의 적용 가능성을 확인하였다. UT-AM 통신의 경우 해양 환경이 안 좋을 경우 수신된 데이터에 약간의 왜곡과 끊기는 현상이 발생하지만 여전히 생존자의 유무를 파악할 수 있었다.

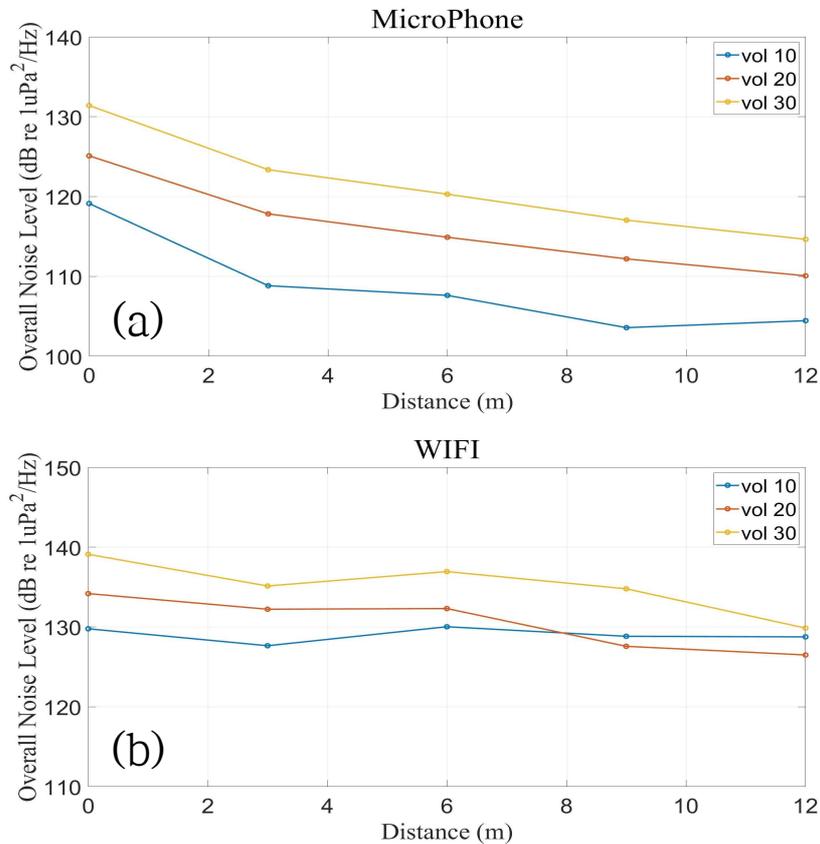


그림 3.73 잠수함 2차 해상실험 시 거리에 따른 수신레벨. (a) 마이크로폰 (b) WIFI의 결과

라. 선체 내부 구조에 따른 선체 부착형 수중 청음시스템의 성능 시험

선체 부착형 수중 청음시스템의 운용 시 장착위치의 내부 구조에 따른 성능을 시험하기 위해 2020년 10월 22일 거제도 장목항에서 한국해양과학기술원의 연구선, 전장 63.8m, 선폭 12m의 1500톤급 철선인 온누리호를 이용하여 실험을 수행하였다(그림 3.74). 요구조자가 발생시키는 구조신호는 선체 내부에서 외부로 전달될 때, 내부 구조에 영향을 받는다. 요구조자가 다양한 내부 구조물에 따른 선체 부착형 수중 청음시스템의 성능을 모의 실험 하기 위해, 약간의 방음처리와 인테리어가 되어있는 휴게실, 방음처리가 되어있으며 스피커가 위치한 외벽과 선체사이에 약 2.5m 너비의 오일 저장 탱크가 있는 탁구장, 그리고 방음처리가 전혀 없으며 내부에 구조가 나누어져있지 아니하고 개방되어 있는 기관실 세 가지의 선박 내부 구조물에서 실험을 진행하였다(그림 3.75). 온누리호는 항구에 정박 중이었고, 발전기만이 기동되고 있는 상태였다. 구조신호는 일정한 음량으로 송출하기 위해 “살려주세요”가 녹음되어 있는 음성파일을 스피커를 이용하여 송출하였으며, 다양한 음원레벨에서 청음시스템의 성능을 시험하기 위해 구조신호를 송출하는 스피커의 볼륨을 30으로 설정하여 실험을 진행하였다. (a),(b),(c)의 실험 장소에서 선체 외부의 부착형 청음 시스템 기구부가 부착되어 있는 방향을 향해 구조신호를 송출하였고, (d)의 경우 (c)와 같은 위치에 기구부가 부착하고 맞은편 벽면으로 구조신호를 송출하여 실험을 진행하였다.



그림 3.74 온누리호(1500 톤급)를 활용한 선체 부착형 청음시스템 청음 실험

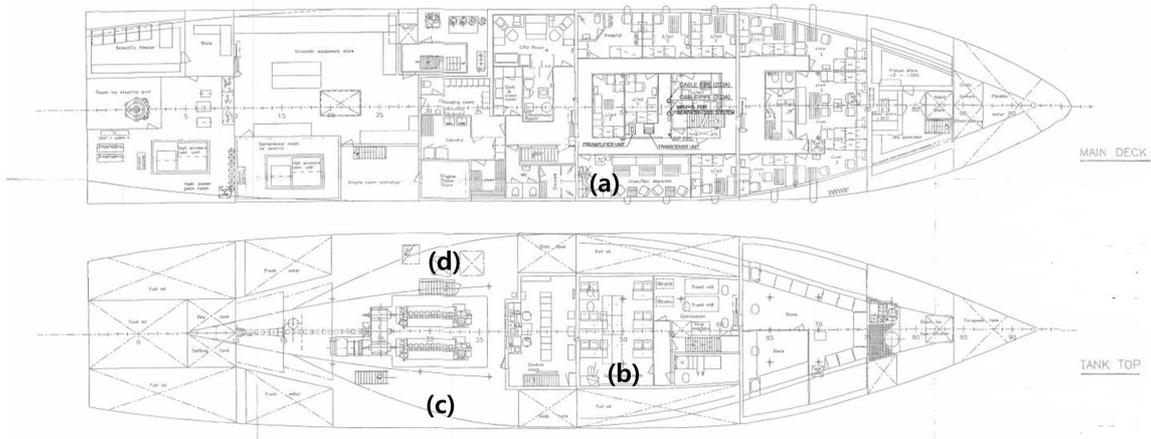


그림 3.75 온누리호 실험 장소에서의 스피커 위치. (a) 휴게실 (b) 탁구장 (c) 기관실(수중청음기 방향) (d) 기관실(수중청음기 반대방향)

각 실험 장소에서 부착형 수중 청음시스템으로 취득된 시계열 데이터를 스펙트럼 분석하였다(그림 3.76). 스펙트럼에는 수신레벨을 확인하기 위해 20~1000 Hz의 오버올레벨을 표기하였다. 휴게실에서 측정된 데이터(a)는 인테리어와 방음이 된 내부구조에 의해 구조신호의 전파가 방해받아 128.5 dB의 수신레벨이 측정되었다. 탁구장에서 취득된 데이터(b) 또한 같은 내부 구조에 의해 구조신호의 전파가 방해 받았으며, 탁구장 외벽과 선체 사이의 오일 저장 탱크에 의해 휴게실에서의 상황보다 더욱 낮은 127.6 dB의 수신레벨이 측정되었다. 반면 방음처리가 안 되어있고, 개방되어있는 기관실에서는 스피커와 부착형 수중 청음시스템 사이에 방해물이 강철판 하나만 존재하여(c) 133.4 dB로 높은 수신레벨이 측정되었으며, 또한 수중청음기의 반대 방향으로 구조신호를 송출했을 경우(d) 방음구조가 없고 개방되어 있어 비록 스피커와 수중 청음기의 거리는 휴게실(a)와 탁구장(b)의 상황 보다 멀지만 130.0 dB로 보다 높은 수신레벨이 측정되었다.

실험을 통해 부착형 수중 청음기 운용시 선체 내 생존자가 소리의 전파가 방해되는 장소에 그렇지 않은 장소보다 구조신호의 수신레벨이 감소하는 것을 확인했다. 수신레벨이 낮은 휴게실과 탁구장은 음성이 선박의 실내 인테리어 등의 시설물에 의해 흡수되었지만, 청음시스템으로 ‘살려주세요’ 음원을 확인할 수 있었다. 그리고 실내 인테리어가 없는 강철판으로만 구성된 기관실에서는 음원의 수신레벨의 감소 없이 매우 잘 들렸다. 따라서, 승객이 많이 이용하는 선실 등은 선박 건조시에 음원을 흡수할 수 있는 많은 인테리어가 포함되기 때문에 음원의 손실이 발생하고, 인테리어가 적용되지 않는 장소 등이 요구조자의 구조 신호를 확인이 양호하였다.

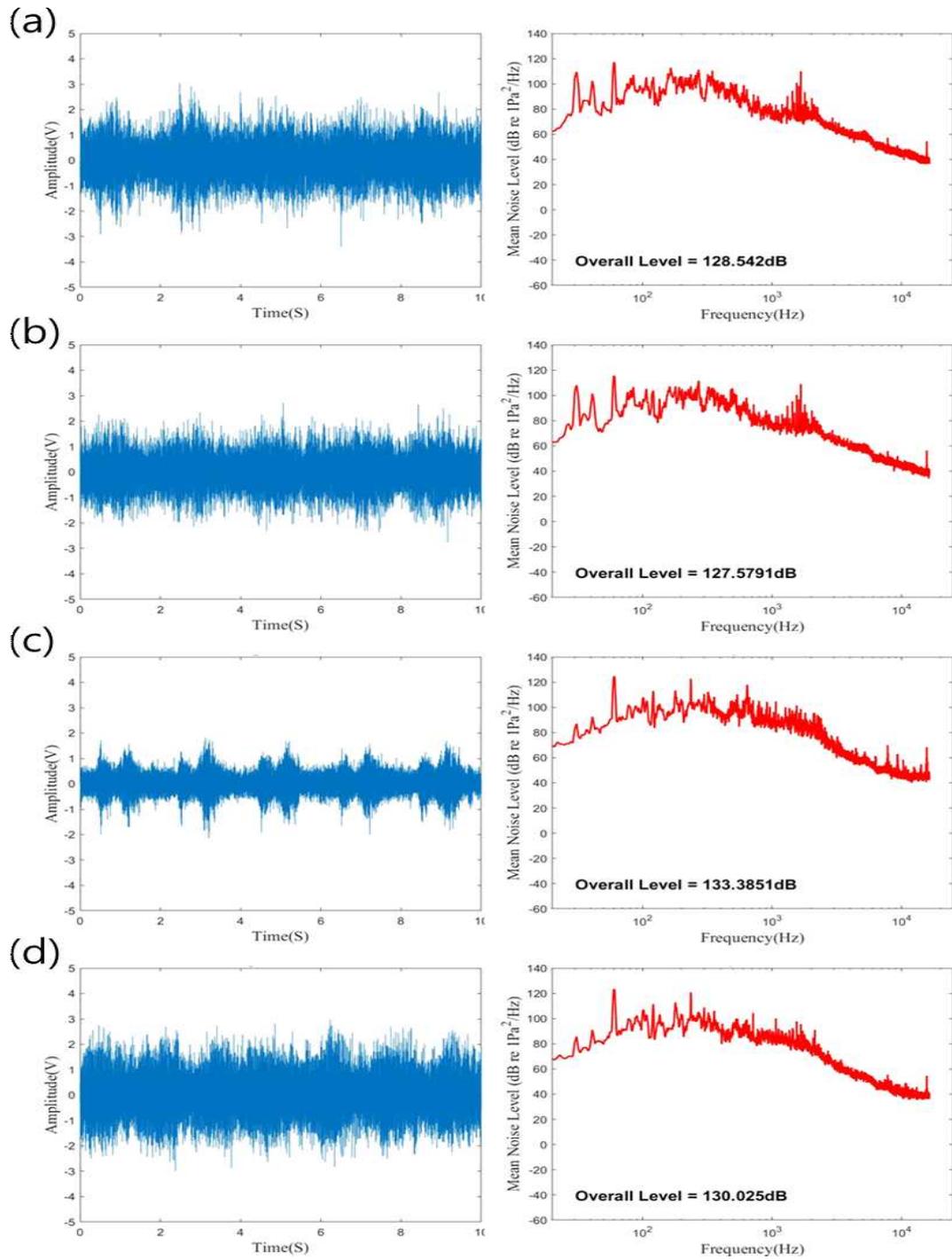


그림 3.76 온누리호의 각 실험 장소에서 취득된 구조신호와 스펙트럼. (a) 휴게실 (b) 탁구장 (c) 기관실(수중청음기 방향) (d) 기관실(수중청음기 반대방향)

마. 휴대용 다이버 영상 장비의 해상 성능 시험

저시정 환경에서 수중 수색 시에 수중 물체를 탐지하기 위한 가시거리를 확보하기 위한 휴대용 다이버 영상 장비를 개발하였다. 휴대용 다이버 영상 장비는 음향을 활용한 이미지소나 센서로부터 음향 영상을 획득하고, 광학카메라 센서로부터 광학 영상을 획득할 수 있다. 개발 장비의 테스트는 부산 영도의 한국해양과학기술원 주변 해안에서 해상 시설물을 대상으로 2020년 11월 26에 수행하였다(그림 3.77). 장비 테스트는 다이버가 자유롭게 이동하면서 수중에서 영상을 획득하는 것과 해상에서 수중환경을 모니터링하기 위한 유선 케이블이 연결된 상태에서 장비를 운용하는 방법으로 수행되었다.

해상 실험 당시의 수중 가시거리는 약 5m 이었다. 이때 휴대용 다이버 영상 장비의 물체를 탐지하기 위한 range를 20m로 설정하고 실험을 진행하였다. 해상에 설치된 타켓은 지름 약 20cm의 노란색의 원기둥 파이프 시설이다. 이 시설은 수중에서 음향영상에서는 설정된 20m 부터 탐지가 되기 시작하였으며, 광학센서에서는 약 5m부터 탐지되기 시작하였다. 그리고 목표물의 거리가 약 2m가 될 때, 식별 가능한 물체로 나타났다(그림 3.78). 또한 유선으로 연결하여 휴대용 다이버 영상 장비를 해상으로 이미지를 전송하고, 해상에서 장비를 제어하는 실험을 진행하였다(그림 3.79). 이때 유선 케이블은 80m 이다. 유선 케이블을 통하여 다이버가 장비를 운용하는 동안, 해상에서 영상을 동시에 모니터링 하고, 장비를 제어하는데 문제가 없었다.

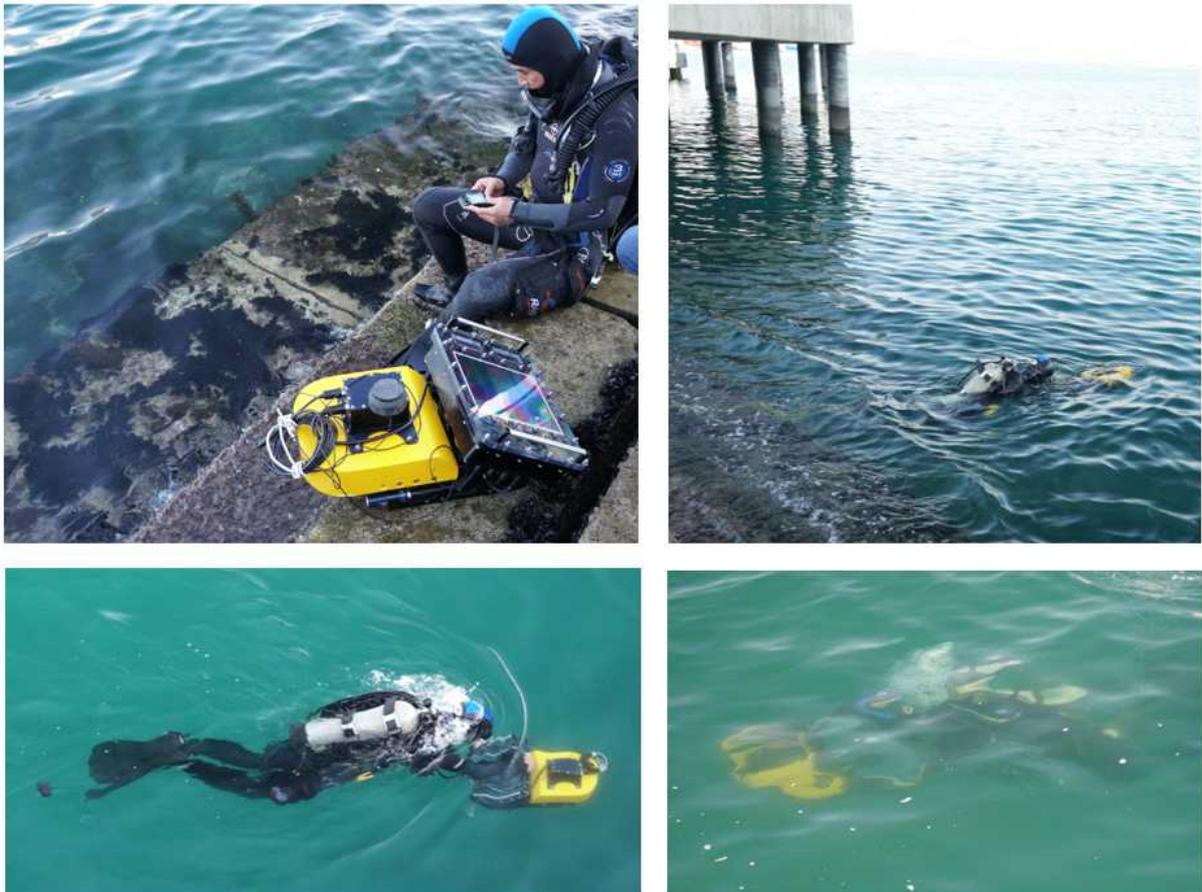


그림 3.77 휴대용 다이버 영상 장비의 해상 실험 현장 사진

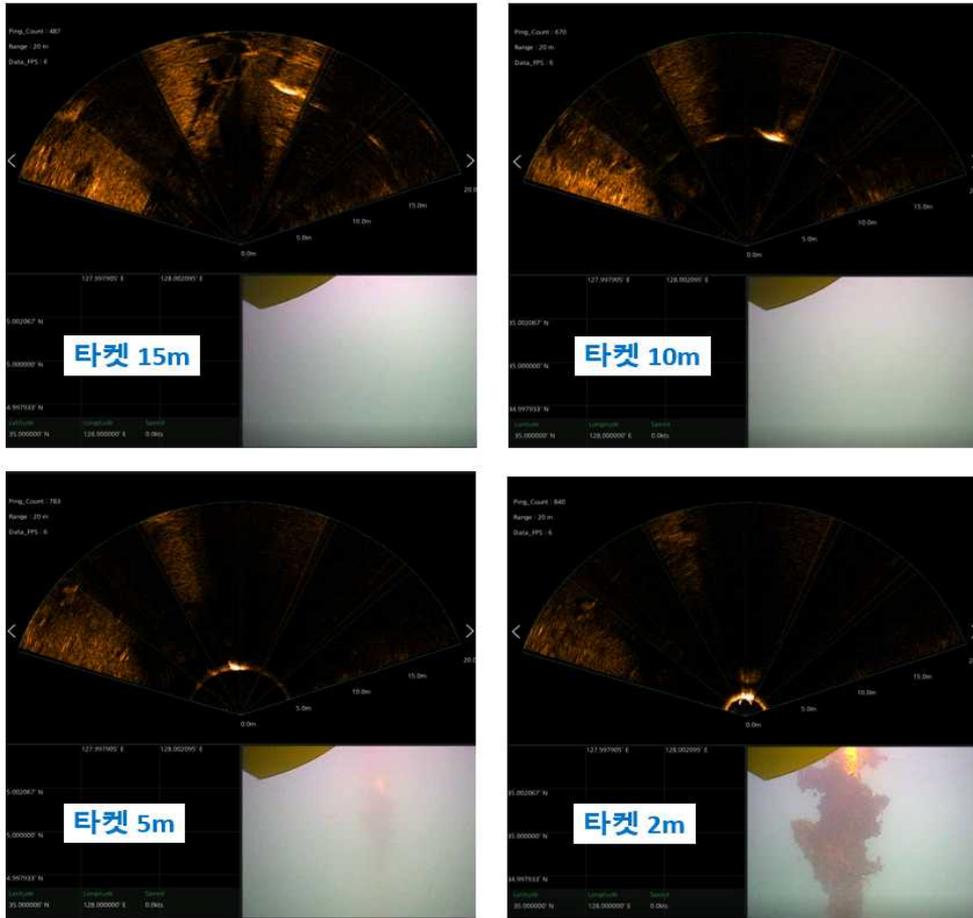


그림 3.78 휴대용 다이버 영상 장비를 이용한 타겟 거리별 물체 탐지 실험



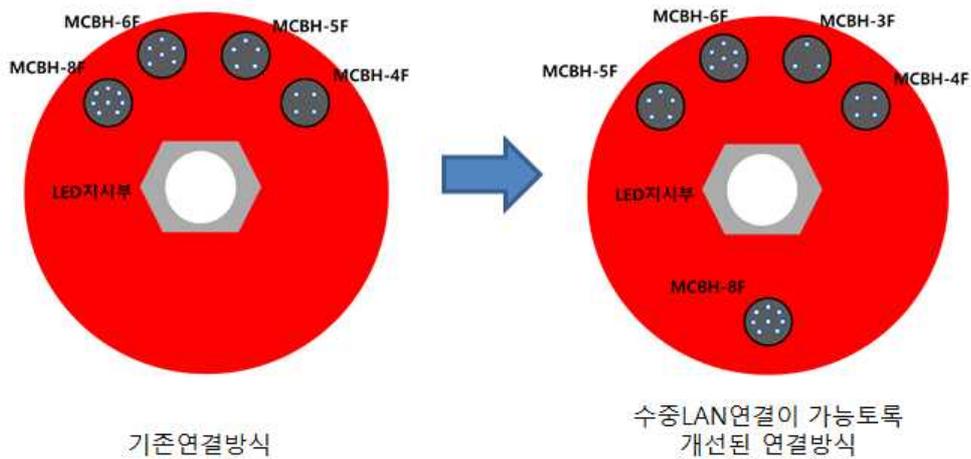
그림 3.79 휴대용 다이버 영상 장비의 유선 통신 기능에 대한 해상 실험

2. 수중생존자 탐지 청음시스템, 음향소나 및 수중광학장비 체계 고도화

가. 선체 부착형 청음시스템 고도화

(1) 선체 부착형 청음시스템의 수중 LAN 연결 기능 구현

기존 개발 장비는 외부 커넥터의 연결 방식이 8pin Female 커넥터에 LAN통신 및 배터리 충전핀이 같이 존재하여 수중에서 커넥터를 분리하면 전원 소트가 발생하는 문제가 존재하여, 수중에서 LAN의 연결 및 분리가 불가능하였다. 이 문제를 해결하기 위하여 수중커넥터를 Wet-mate 타입을 사용하고, 전원부와 LAN 통신부의 커넥터를 분리하여 수중에서 연결/분리가 가능하게 하였다. 이를 위하여 수중 커넥터를 전체적으로 재배치하였고(그림 3.80), 또한 전원스위치를 별도로 두어 사용자의 조작상의 복잡성을 제거하였다(그림 3.81).



핀번호	항 목	비 고
1	TX+	10/100Mbps LAN UDP통신
2	TX-	
3	RX+	
4	RX-	
5	NC	
6	NC	
7	NC	
8	NC	

핀번호	항 목	비 고	
1	Charge+/SW	11.1V충전기+	SW Short시 ON
2	SW		SW Open시 OFF
3	Charge-	11.1V충전기-	

그림 3.80 청음장치의 수중커넥터 변경을 통한 MCBH-8F/MCBH-3F Pinmap 배치도

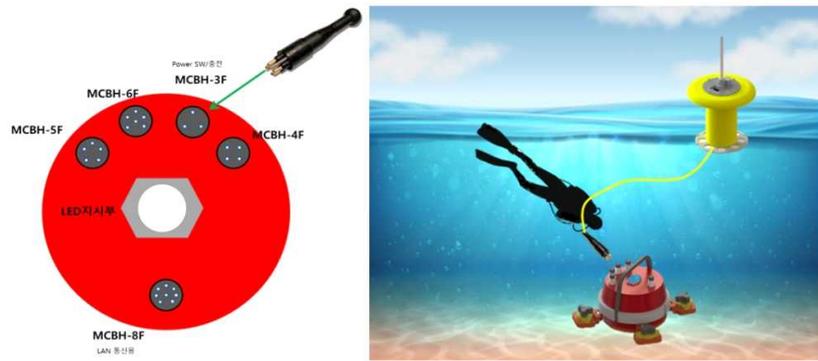
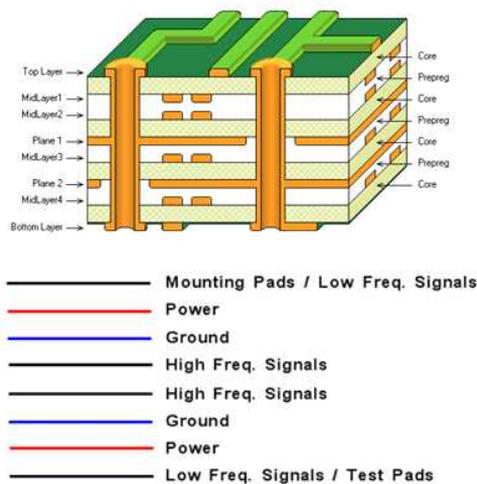


그림 3.81 전원스위치 적용 및 수중에서 LAN커넥터 연결 방식

(2) 선체 부착형 청음시스템의 회로보드 고도화

(가) EMI/EMC PCB 설계 기법을 적용한 SNR (신호대잡음비) 개선

Signal board의 EMC/EMI 성능 향상을 위해 8 layer 설계 기법을 적용하여 내층에 Signal plane을 구성하여 Power와 GND에 대한 Shielding 기능을 할 수 있게 Signal Board PCB를 재 제작하였다(그림 3.82). 또한 여러 층의 GND plane을 사용하여 GND 인피던스 (impedance)를 낮게 하였다. 이때 Signal board의 수신 채널은 2채널로 하였으며, 1개 채널은 Hydrophone 전용 입력 채널이며, 다른 1개 채널은 아날로그 스위치 IC를 이용하여 진동센서 혹은 Hydrophone을 선택하는데 사용하도록 하였다.



Layout Cross Section

Subclass Name	Type	Material	Thickness (mil)	Conductivity (rho/ft)	Dielectric Constant	Loss Tangent	Negative Anisotropy	Shield	Width (mil)
1	SURFACE	AIR			1	0			
2	TOP CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0			5.00
3	INSIGND1	FR-4	0	0	4.5	0.025			
4	INDIPWR1	CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0.025		7.00
5	INSIGND2	FR-4	0	0	4.5	0.025			
6	INDIGND1	CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0.025		7.00
7	INSIGND3	FR-4	0	0	4.5	0.025			
8	INDISIG1	CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0.025		7.00
9	INSIGND4	FR-4	0	0	4.5	0.025			
10	INDIGND2	CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0.025		7.00
11	INSIGND5	FR-4	0	0	4.5	0.025			
12	INDIGND3	CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0.025		7.00
13	INSIGND6	FR-4	0	0	4.5	0.025			
14	INDIPWR2	CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0.025		7.00
15	INSIGND7	FR-4	0	0	4.5	0.025			
16	BOTTOM CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0			5.00
17	SURFACE	AIR			1	0			

Total Thickness: 65.6 MIL
 Layer Type: ALL
 Material: ALL
 Field to Set: Thickness
 Value to Set: []
 Show Single Impedance
 Show Diff Impedance

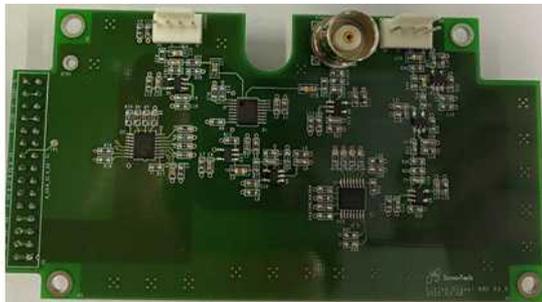
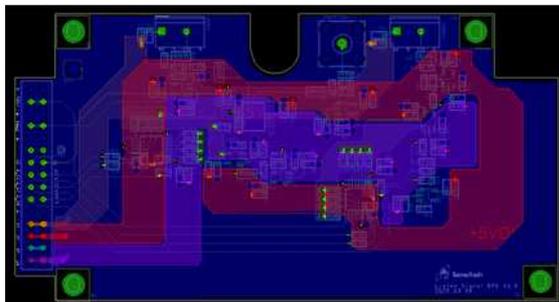


그림 3.82 S/N 비 개선을 위한 8층 PCB 기법을 적용한 Signal board Artwork 설계 및 제작

(나) 전원부 입력단 개선 및 보호회로 적용

개선 전 청음장치 내의 전원보드 전원은 +3.3V, +5V, -5V, +12V로 구성되어 있었으며, ADC의 입력 사양이 최대 $\pm 5V$ 이었다. 또한 OPAMP 특성상 신호 출력은 입력전원 $\pm 5V$ 보다 낮게 출력하는 특성이 있었다. rail-to-rail 기능을 가진 OPAMP를 사용하더라도 전원이 $\pm 5V$ 에 최대한 가깝게 출력되지만 범위가 $\pm 5V$ 를 넘을 수는 없었다. 이 문제를 해결하기 위해 OPAMP의 입력을 $\pm 9V$ 로 인가하여 최대 출력을 $\pm 5V$ 가 넘도록 재설계하였다.

개선된 전원보드의 전원은 +3.3V, $\pm 5V$, $\pm 9V$ 로 총 5개의 전원을 가지며, OPAMP용 전원을 $\pm 9V$ 로 변경하였다. 또한 배터리 과손 방지를 위한 자동 전원 차단 기능을 적용하기 위하여 배터리 내부 보호회로이 외에 추가로 배터리 입력부의 전압을 측정하여 시스템을 보호할 수 있는 보호회로를 적용하였다. 보호회로는 가변저항으로 차단전압을 조정할 수 있어 배터리 전압 타입을 바꿔도 셋팅으로 언제든지 변경 가능하다. 그리고 입력 전원부에 커먼모드 라인필터를 적용하여, 배터리의 노이즈 차폐 기능을 구현하였다(그림 3.83). 배터리는 11.1V 리튬폴리머가 현재 적용되어 있으나, 14.4V배터리도 적용가능하다.

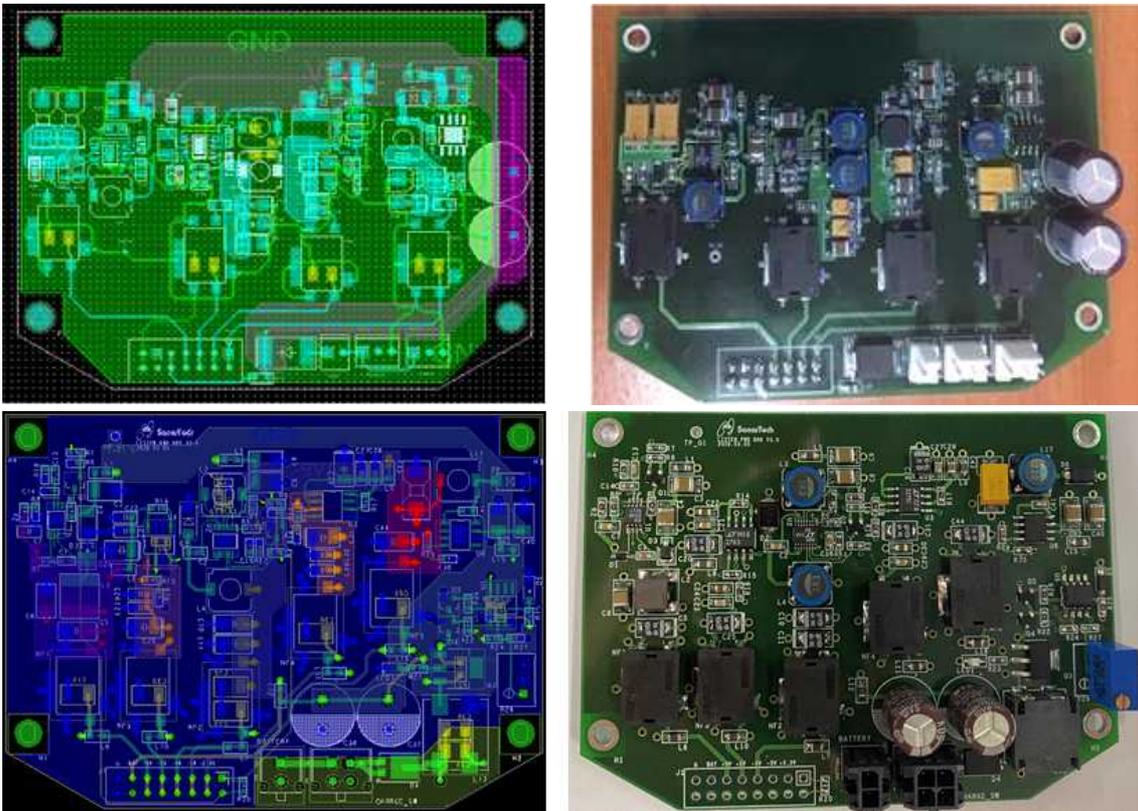
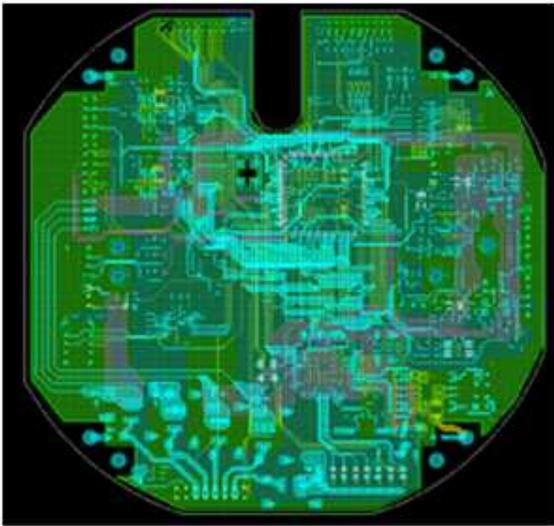


그림 3.83 청음장치용 전원보드의 개선 (상) 전과 (하) 후 실물

(다) 디지털 잡음 최소화를 위한 Signal부를 분리한 Main Board 제작

기 제작한 2차 년도의 통합보드는 청음센서 및 진동센서로부터 획득한 신호에 대한 아날로그의 Signal 입력부와 신호를 처리하고 전송하는 디지털부가 Main Board에 하나로 통합하여 제작하였다. 이 통합 보드에서는 LAN 통신 시 디지털 노이즈가 청음 신호에 영향을 주는 것을 나타냈다. 또한 일부 제작된 회로부에 오류가 있어 이 부분을 랩핑 와이어로 연결하여 사용하였는데, 이 부분을 수정하여 설계에 반영하여 제작하였다. 따라서 Digital Part와 Analog Part의 분리에 따라 청음센서와 진동센서로부터 신호를 수신하는 수신보드를 별도로 제작하여 Board to Board 커넥터를 배치하여 장착할 수 있게 하였다 (그림 3.84).



이전 청음장치 PCB구성



개선된 청음장치 PCB구성

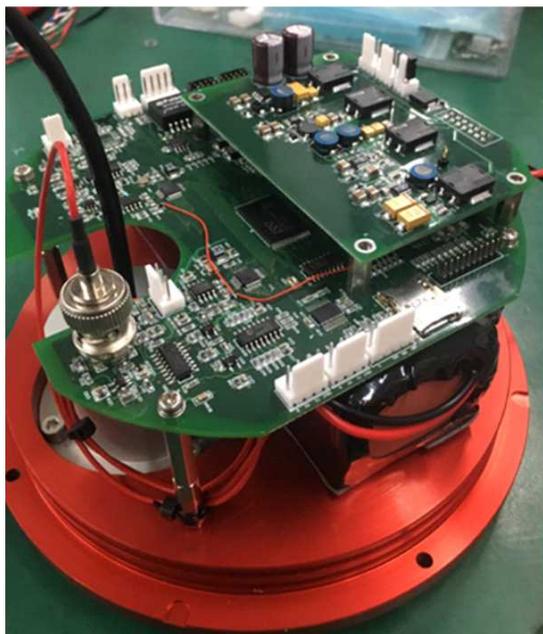


그림 3.84 청음장치용 (상) Main Board의 수신부와 디지털부를 분리한 보드 제작과 (하) PCB 보드 장착 결과

(라) 선체 부착형 청음시스템 본체부의 경량화 및 소형화

기 제작한 청음시스템 본체는 100m (10bar) 압력 이상에서 운용하기 위한 목표 성능을 만족시키기 위하여 하우징의 크기가 다소 크고, 두께가 두꺼운 문제점이 있었다. 수중 다이버에 의한 휴대성을 높이기 위하여 하우징의 본체를 경량화 및 소형화 하는 개선을 하였다.

본체 하우징의 기구부에 대한 3차원 압력 해석을 위하여 ANSYS 시뮬레이션 프로그램을 통하여 구조 해석을 하고, 목표 성능 수압에 문제가 안 되는 범위까지 기구부를 수정하였다. 해석 조건에서 외부압력은 10bar로 설정하였으며, 해석을 위한 Node 수는 96726개와 Element수는 56855개 이다(그림 3.85). 시뮬레이션 해석을 통하여 센서가 장착되는 밀봉 하우징부에 압력에 대한 여유가 있어서 이 부분을 내부 살각기를 통하여 하우징을 경량화 하였다.

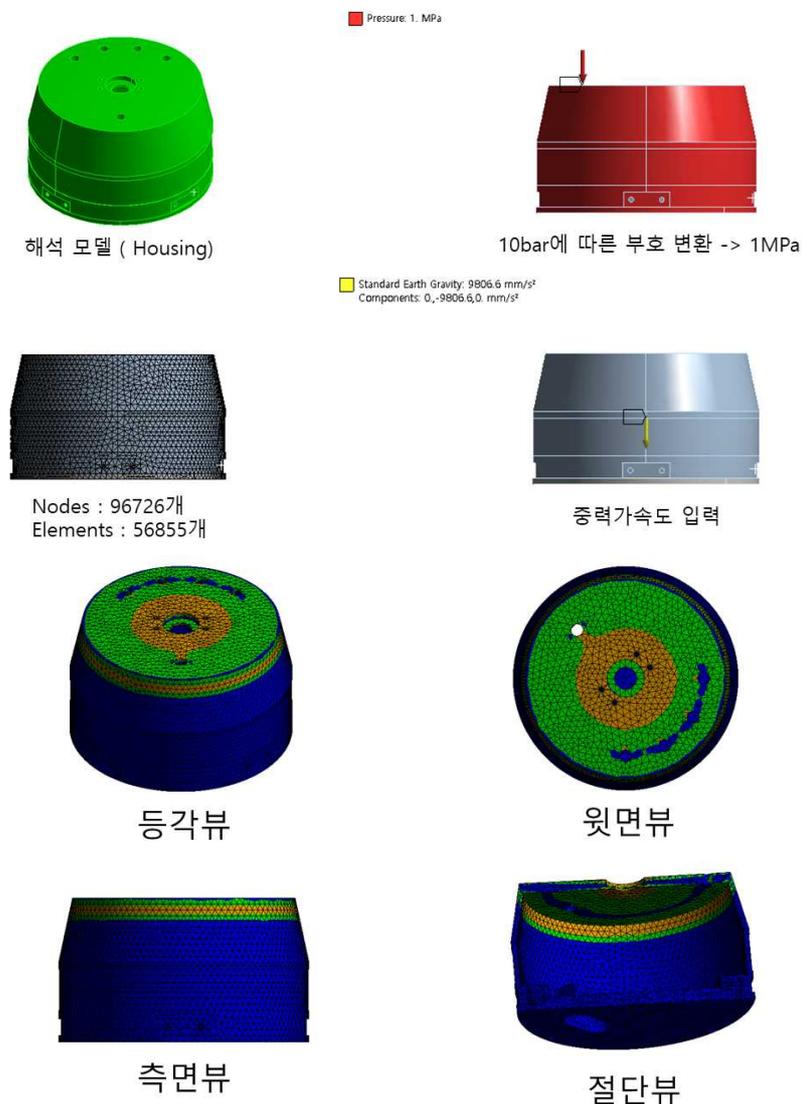


그림 3.85 ANSYS 시뮬레이션 해석을 위한 파라미터 설정 및 해석 결과

하우징에 대한 경량화 전 3D 설계도면을 해석시뮬레이션을 이용하여 10bar에서도 방수 및 외형 변형이 발생하지 않는지 확인하고 제작을 진행 하였다. 기존 하우징에서 가장 무게를 많이 차지하는 부분이 센서가 부착되는 밀면 기구부로 나타나, 밀면 기구부의 내부를 살각기를 하여 경량화를 추진하였다. 또한 청음장치의 내부에 배터리, 각종 보드, 센서 등의 위치에 따른 공간을 제조정하여 기존 하우징의 높이 122mm를 약 7mm 축소하여 기구부 높이를 115mm로 수정하였다(그림 3.86). 본체부 하우징의 높이 축소는 경량화의 이점뿐만아니라 수중에서 선체에 장비를 부착 시에 해수유동에 의한 저항을 감소시켜서 안정적으로 장비가 선체에 부착되어 있게 하는 잇점도 있다.

개선전의 기존 청음장치 본체부의 무게는 약 5.9kg 이였으며, 기구부 개선을 통하여 약 1.15 kg이 경량화 된 무게 4.75kg로 개선되었다(그림 3.87). 이 결과는 개선 전에 비해 개선 후 약 19.5%의 경량화가 이루어졌다. 개선된 최종 선체 부착형 청음시스템의 본체부를 적용하여 그림 3.88과 같이 수중 무선 UT-AM 통신 모듈을 결합하였다.

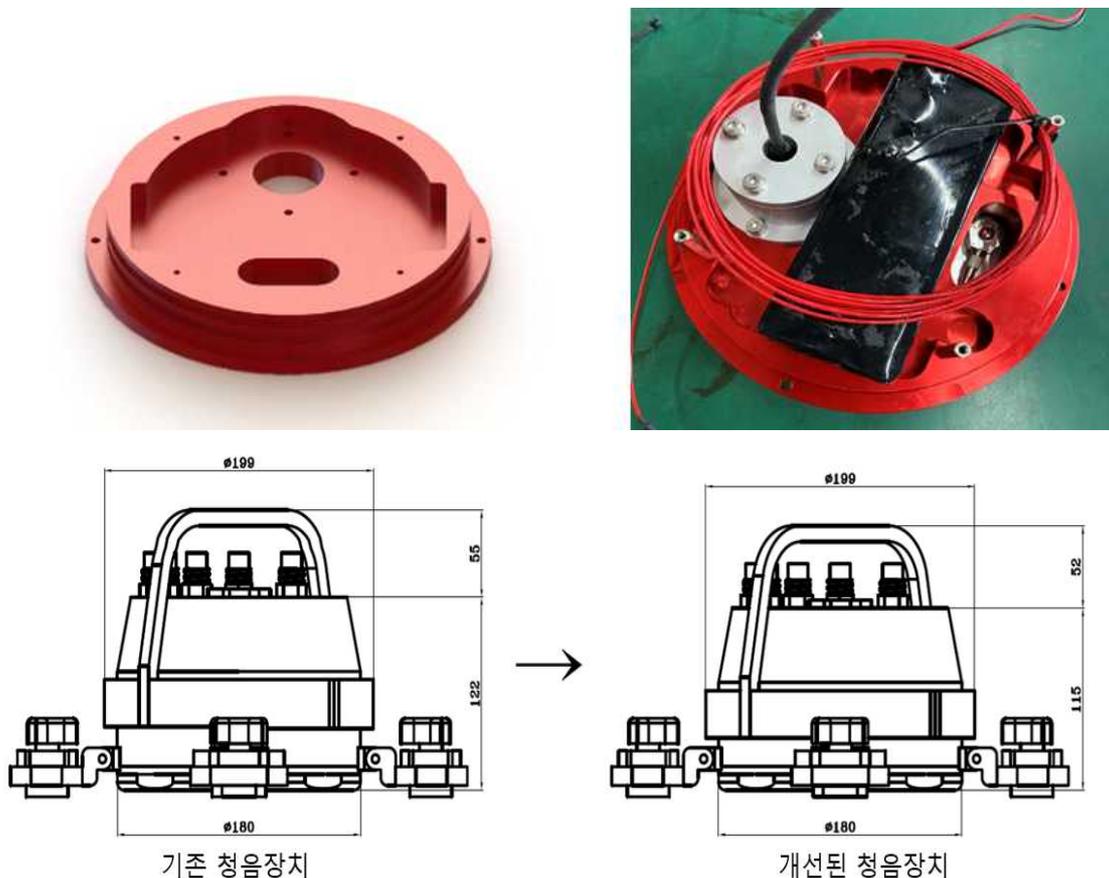


그림 3.86 청음시스템 본체부의 경량화를 위한 (상) 밀면 기구부 개선 및 (하) 하우징 높이 개선



그림 3.87 청음시스템 본체부의 개선 (상) 전후 실물 및 (하) 무게 비교



그림 3.88 선체 부착형 청음장치와 수중 무선 UT-AM 통신 모듈 최종 결과

(마) 수중 무선 UT-AM 통신의 다채널 확보를 위한 디지털방식 UT기술 적용

3차년도에 적용한 DSB-SC 변조 방식을 반송주파수를 기준으로 상측파대와 하측파대의 대역을 사용하여 다채널을 확보하기 위하여 SSB-SC 방식으로 수정하였다. 설계 가능 논리 소자와 프로그래밍이 가능한 내부 회로가 포함된 FPGA (field programmable gate array) 반도체 소자를 적용하여 25 kHz와 32.768 kHz의 Carrier 주파수에 대한 1kHz 단일 주파수를 입력하여 SSB-SC 변조 성능을 시뮬레이션으로 하였다(그림 3.89). 이 SSB (Single-Sideband) - SC (Suppressed-Carrier) 변조 방식은 기존 full AM 방식 대비 반송주파수를 줄임으로 전력 소모가 낮다. Carrier 주파수 25 kHz에 1 kHz을 인가한 실험에서 26 kHz와 24 kHz의 주파수 성분이 생성되며, 이를 고차 밴드패스필터를 이용하여 채널을 분리시킬 수 있었다. 또한 32.768 kHz에서도 31.768 kHz 성분과 33.768 kHz 성분으로 발생하는 것을 확인하였다. 추가적으로 28.5 kHz의 변조 신호를 복조하여 1.5 kHz 주파수 성분을 복조할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인 하였다.

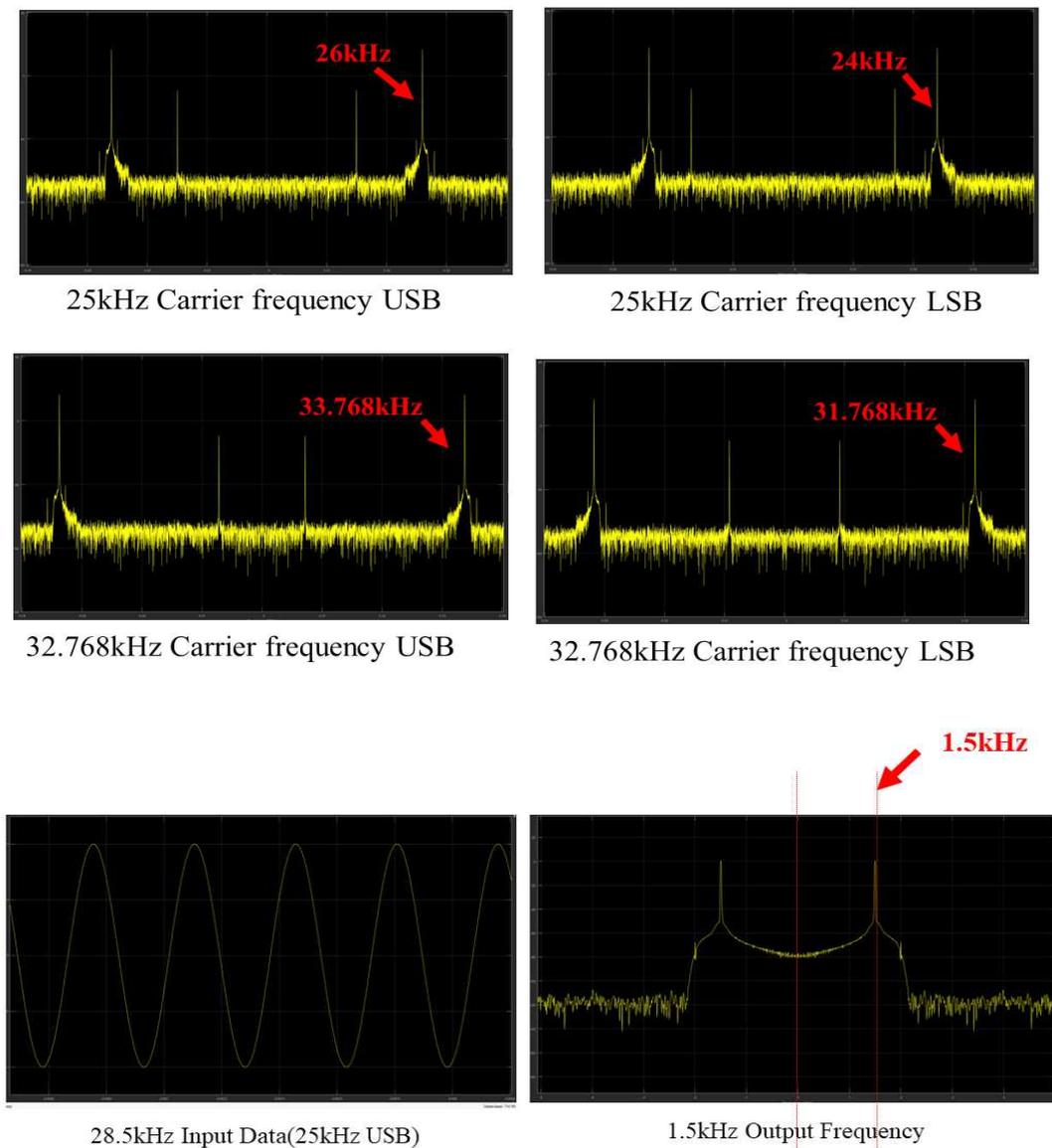


그림 3.89 (상) 1 kHz 단일주파수 변조 및 (하) 25 kHz에 변조된 1.5 kHz 신호 복조 시뮬레이션 결과

3차년도에 개발한 수중 무선 UT-AM 통신 방식은 전용 아날로그 IC를 적용하여 단 채널에서만 통신이 가능하였다. 통신 주파수를 변경하기 위해서는 송신 모듈의 기본 R, C 단위소자를 회로보드에서 변경하여야 가능하였다. 그러나 FPGA를 이용하여 구현하게 되면, 외부통신 또는 외부 pin으로 사용 주파수를 다양하게 변경 할 수 있다.

수중 무선 UT-AM 통신 모듈의 송신 센서 D26의 공칭주파수는 26 kHz 이지만, FPGA 프로그램을 최적화하기 위해 25 kHz를 Carrier 주파수로 설정하였다. 위상 지연 모듈은 입력신호를 -90° 위상 지연 신호를 만들며, 이 신호는 SSB-SC 알고리즘에 사용된다. 수중 통신을 위한 채널 선택 모듈은 보드의 스위치로 설정할 수 있게 하였으며, 장비 운용 전에 사용자의 보드 채널 선택 Pin 설정에 의해 정해진다(그림 3.90).

반송주파수 믹서는 25 kHz와 32.768 kHz를 사용하며, 채널 선택 모듈에 따라 사용되는 반송주파수가 달라진다. 본 개발에서는 다채널 통신을 위하여 주파수 25 kHz와 32.768 kHz가 사용되며, 또한 각각 상측파대와 하측파대를 이용할 경우에 최대 4채널까지 사용 가능하다(그림 3.91). 차후 개발 장비가 제품화될 경우 훨씬 많은 채널을 구현 가능하며, 이는 송신 센서에 따라 결정할 수 있다.

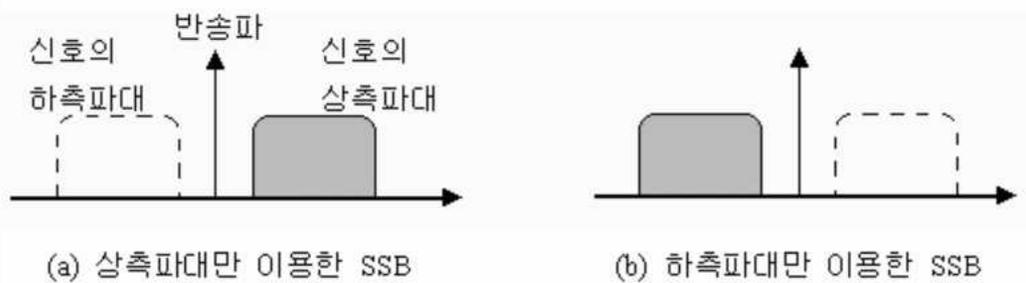
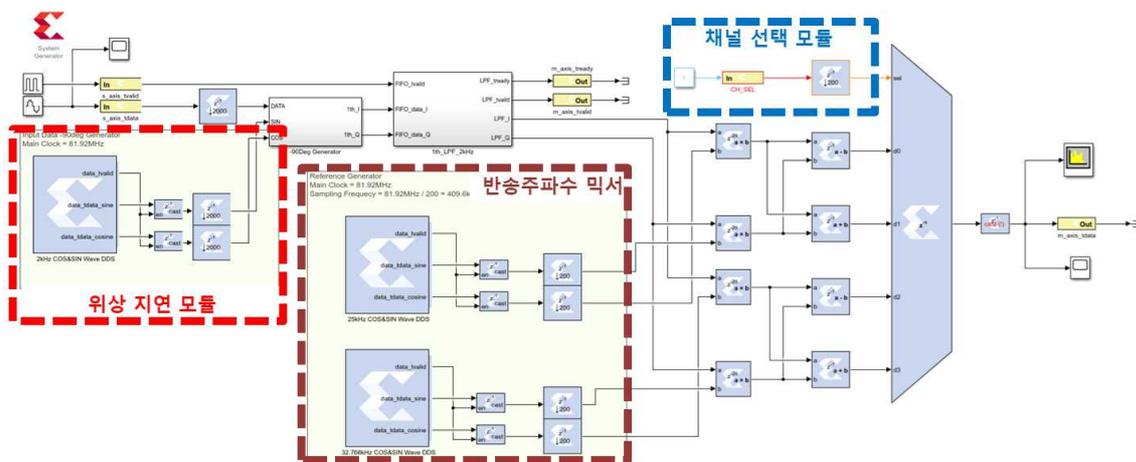


그림 3.90 (상) FPGA로 구현된 SSB-SC 변조 다이어그램 및 (하) 상·하측파를 구분한 채널 설정 예시

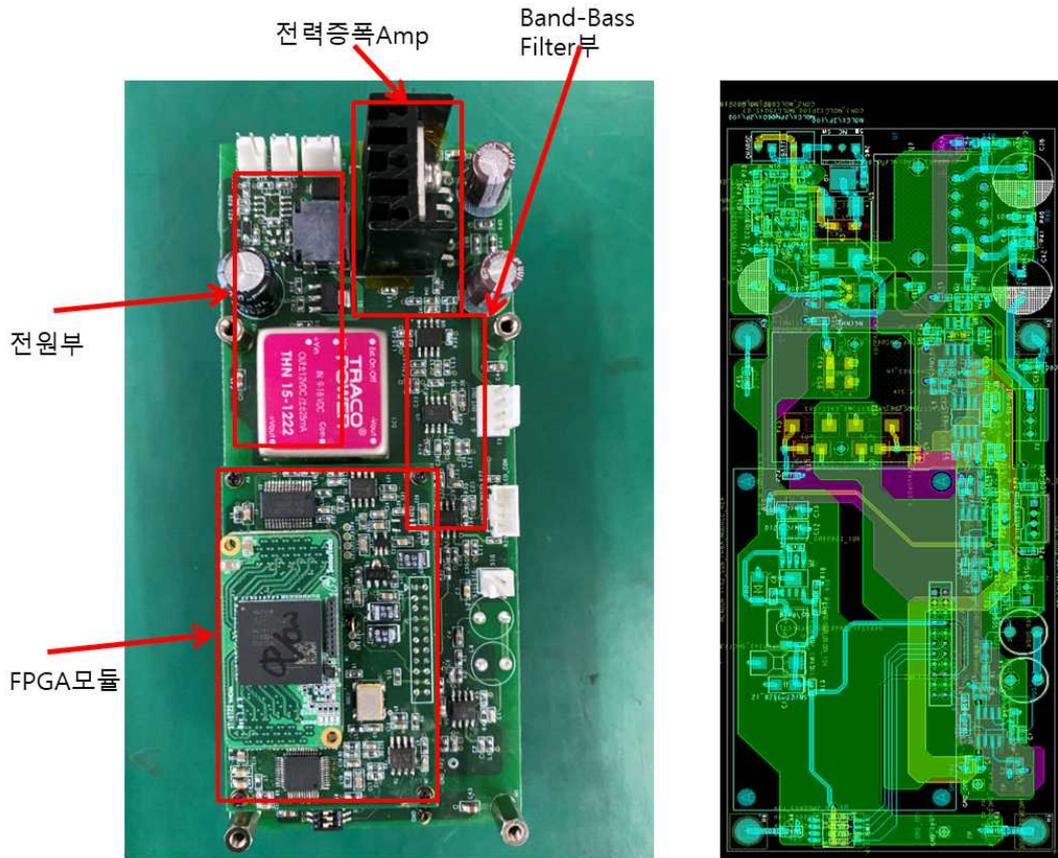


그림 3.91 FPGA를 적용한 다채널 수중 무선 UT-AM 송신보드

수중 무선 UT-AM 통신 모듈에서 송신된 신호는 하이드로폰(TC-4032)을 통해 획득되어 UT 수신 보드로 전송된다. 이 신호는 Preamp 및 가변증폭기를 거쳐 FPGA모듈로 ADC IC로 통해 처리된다. 수신 FPGA 모듈에서 Carrier 주파수 성분을 제거하고, 3 kHz 이하의 음성 성분만 분리하여 다시 DAC로 재 출력된다. 수신 채널의 변경은 DIP 스위치로 할 수 있으며, 송신부와 마찬가지로 최대 4CH까지 변경이 가능하다.

각 채널에 해당하는 대역필터를 통해 수신보드 입력신호는 해당주파수 이외의 대역은 필터링 된다. 반송주파수 믹서 모듈은 25 kHz 및 32.768 kHz의 반송주파수를 생성하여 곱해줌으로써 반송주파수 성분을 제거하고 음성신호만을 출력한다. 수신보드의 2 kHz 믹서 모듈은 변조단에서 -90° 위상 지연 신호를 만들어주기 위해 사용한 2 kHz를 제거하는 역할을 한다(그림 3.92, 그림 3.93). 채널선택 모듈은 보드의 스위치 설정에 따라 달라지며, 사용 전 사용자의 보드 채널선택 Pin설정에 의해 결정할 수 있다.

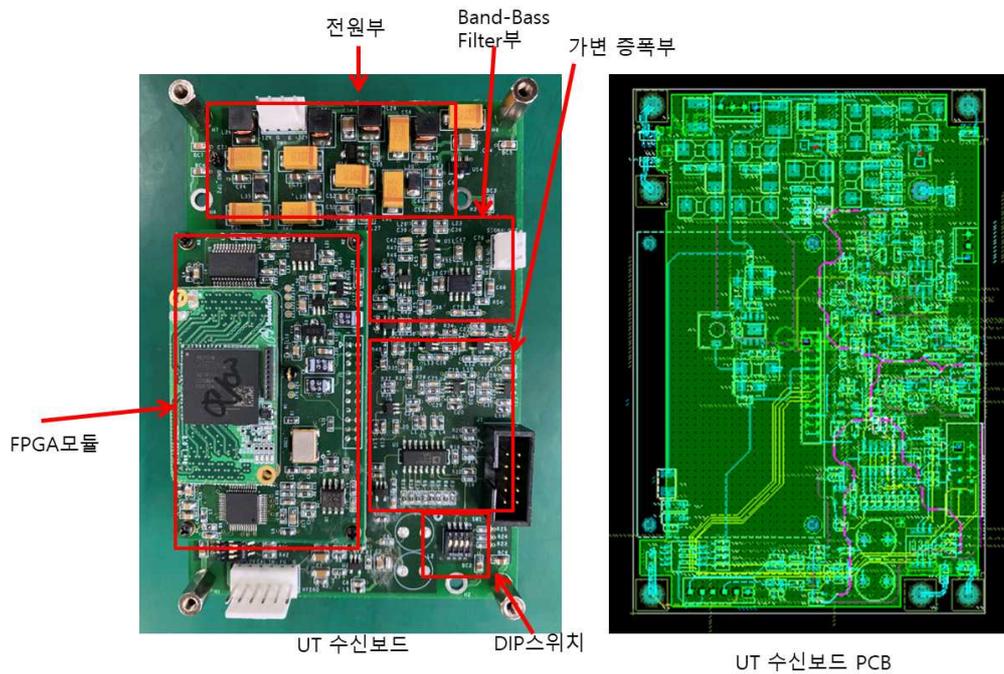
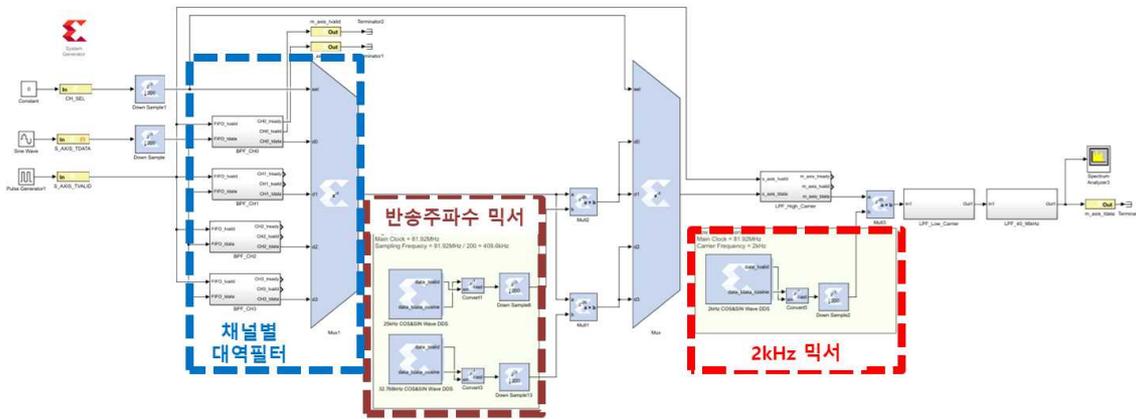


그림 3.92 (상) FPGA로 구현된 SSB-SC 복조 다이어그램 및 (하) FPGA를 적용한 UT-AM 수신보드

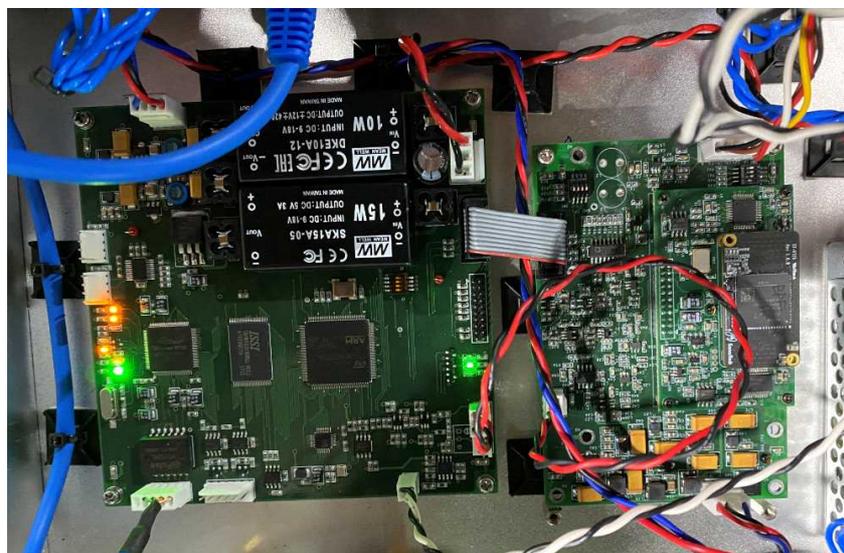


그림 3.93 UT 수신 DECK에 장착된 FPGA를 적용한 UT수신보드

수중 무선 UT-AM 통신 모듈의 채널간 간섭을 테스트하기 위하여 수조 실험을 진행하였다. 실험 방법은 프로젝터 D26과 UT로 음성신호 및 900 Hz 신호를 각각 송신하고, 하이드로폰 TC4032으로 수신한 신호를 Sound Detector 프로그램을 이용하여 채널 간 신호 간섭 정도를 측정하였다(그림 3.94). 이때 프로젝터 D26과 UT는 수평으로 설치하고 3m 거리에 TC4032 하이드로폰을 설치하였다.

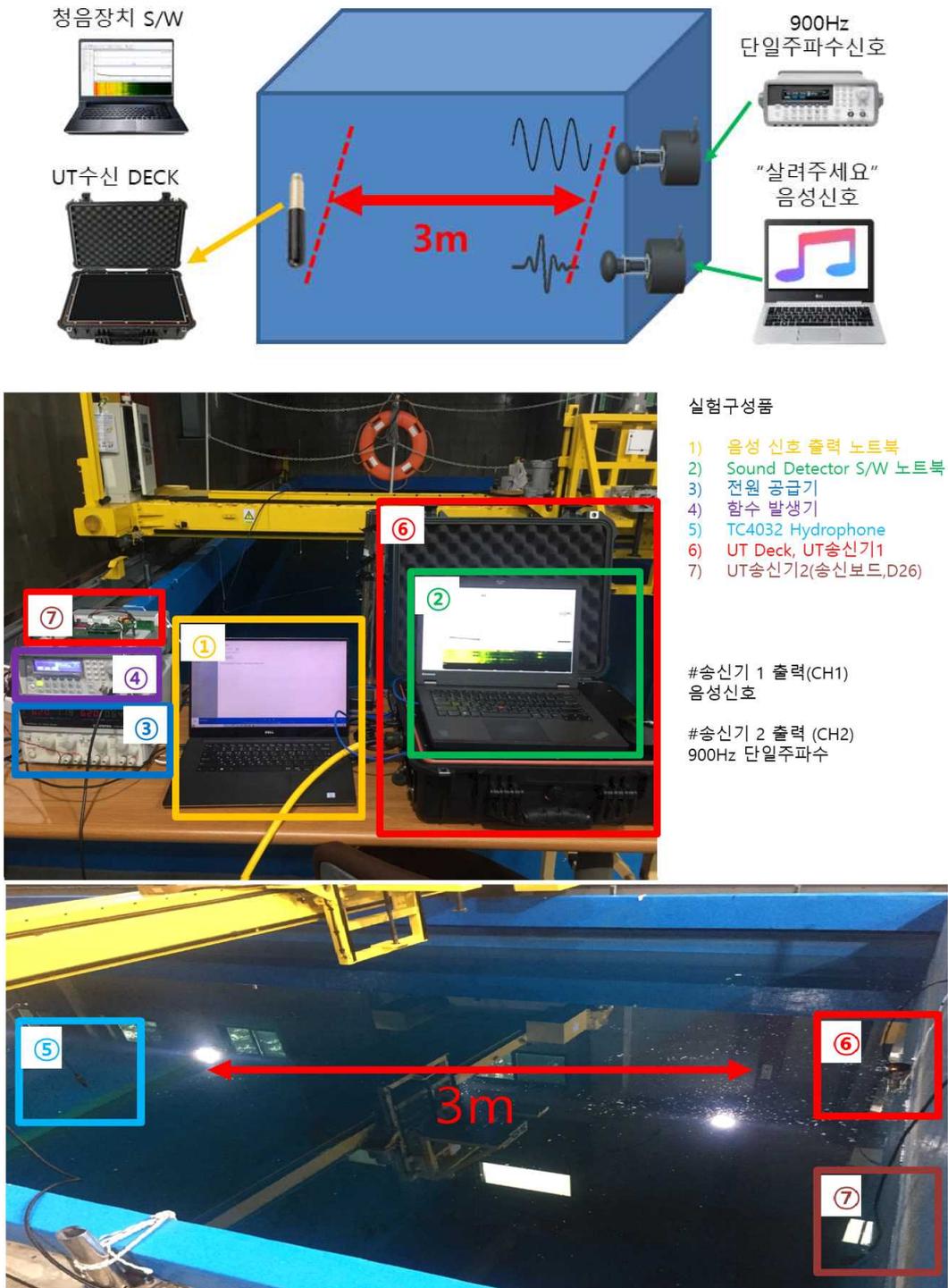


그림 3.94 수중 무선 UT-AM 통신 모듈의 다채널 간섭 실험 구성도

1차 실험은 송신기1(CH1)과 송신기2(CH2)를 수조에서 동시 송출하는 조건과 송신기 1(CH1)의 송출을 멈추고 송신기2(CH2)만을 송출하였을 때의 조건을 비교하였다(그림 3.95). 수신부는 CH1으로만 설정하여 송신기1의 신호만 수신하였으며, 이때 송신기2에 의한 신호 간섭 영향은 발생하지 않았다.

2차 실험은 송신기1(CH1)과 송신기2(CH2)를 수조에서 동시 송출하는 조건과 송신기 2(CH2)의 송출을 멈추고 송신기1(CH1)만을 송출하였을 때의 조건을 비교하였다(그림 3.95). 수신부는 CH2로만 설정하여 송신기2의 신호만 수신하였으며, 송신기1에 의한 간섭 영향은 없는 것으로 확인하였다.

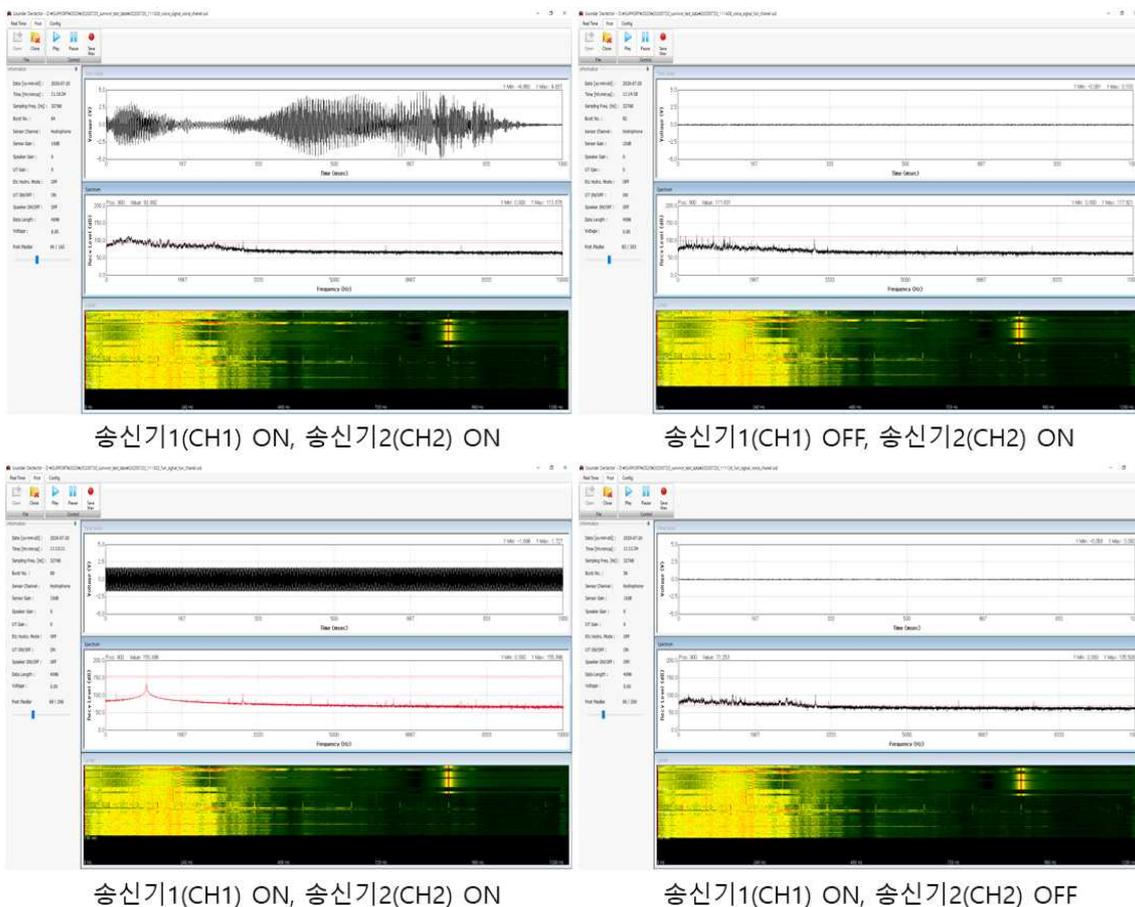


그림 3.95 수중 무선 UT-AM 통신 모듈의 다채널 간섭 실험 결과. (상) 송신기 CH1의 off 시의 CH2의 UT 신호 획득 및 (하) 송신기 CH2의 off 시의 CH1의 UT 신호 획득 결과

(바) 선체 부착형 청음시스템용 블루투스 모듈 제작

해상 전복 선박에 선체 부착형 청음시스템의 본체만을 활용하여 선체의 생존자 신호를 탐지하기 위해서는 유선의 해상스피커 또는 헤드셋이 필요하다. 상용화되어 있는 음성출력 장치는 유선 방식뿐 아니라 보편적으로 무선의 블루투스 방식이 많이 사용되고 있다. 다양한 블루투스 방식의 무선 스피커나 헤드셋을 연결하기 위하여 본체에 장착할

수 있는 블루투스 모듈을 개발하였다.

블루투스 모듈을 개발하기 위하여 상용화되어 있는 블루투스 Version 5.0의 모듈을 사용하였다. 개발한 청음 장치용 블루투스모듈은 청음장치로부터 전원 5VDC와 청음신호 $\pm 5V$ 신호레벨을 입력 받을 수 있는 연결단자와 장비 간 페어링을 위한 버튼이 상부에 있다. 그리고 LED를 통해 연결 상태를 확인할 수 있는 표시기가 적용되어 있다. 이 블루투스 모듈은 해양에서 사용하기 위해 방진방수등급 IP68 제품의 엔클로저 박스 케이스를 적용하였으며, 외부스위치도 IP68 등급, 청음장치와 연결하는 외부케이블은 케이블그랜드를 통해 완벽 방수 되도록 제작하였다. 장치의 크기는 65mm × 65mm × 41mm 이다(그림 3.96).

이 블루투스모듈은 구조자가 전복된 선박위에서 생존자를 수색하기 위해 만들어진 기능이다. 침몰된 선박에서 청음장치를 이용한 청음은 UT-AM 통신 모듈 또는 WIFI 부이를 이용해야 한다.

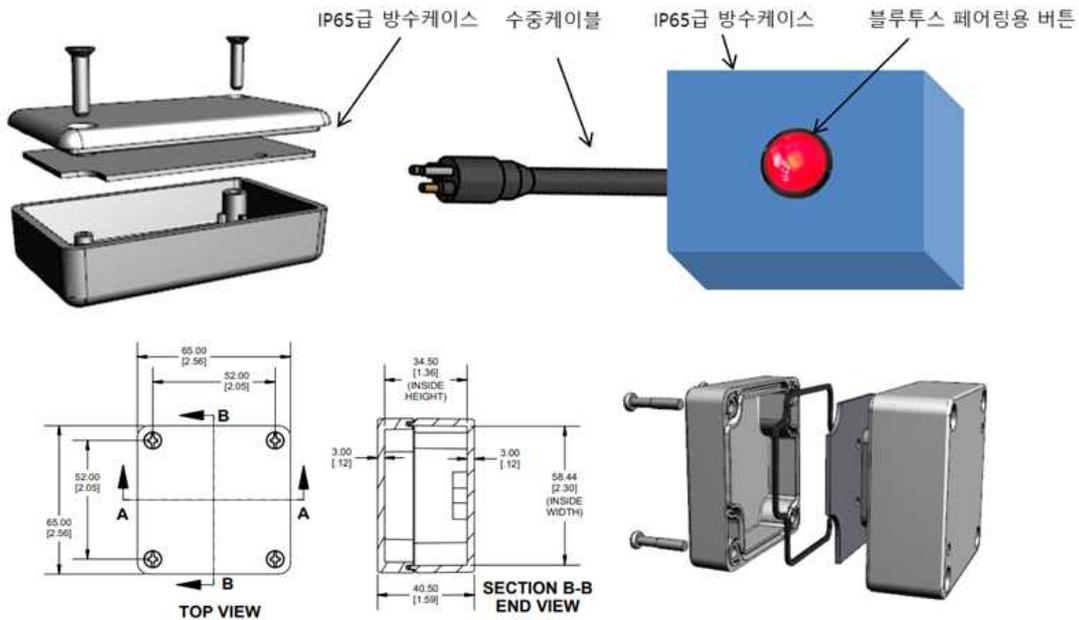
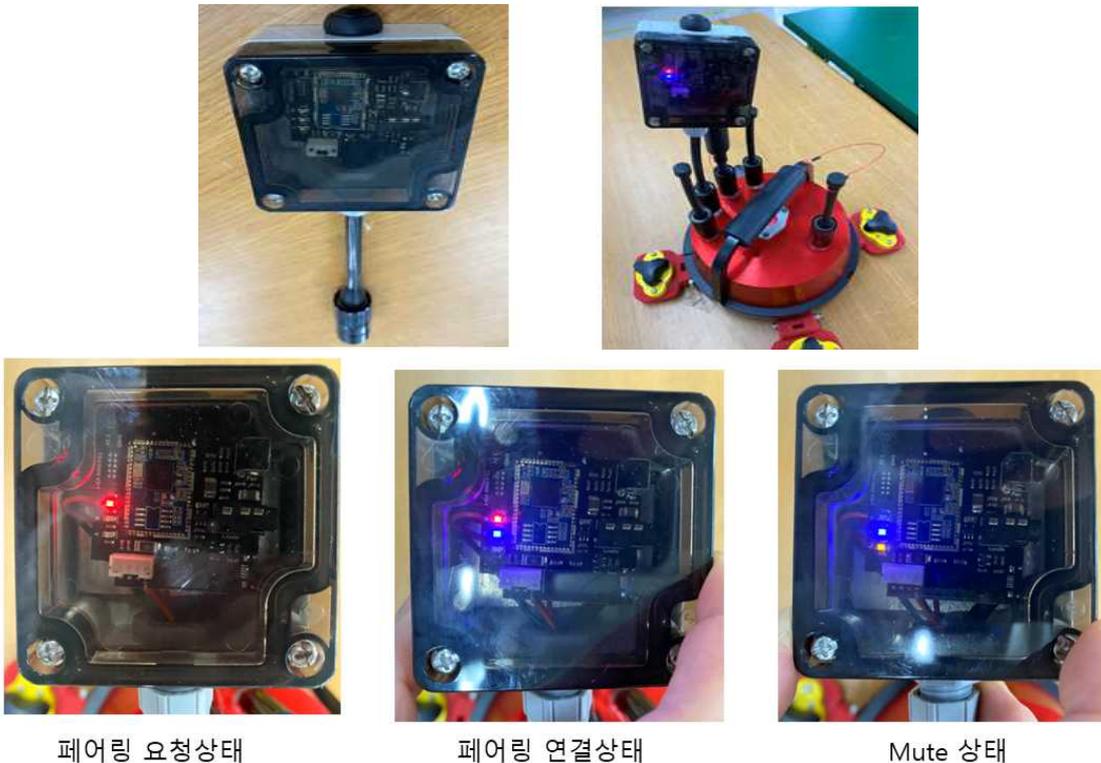


그림 3.96 선체 부착형 청음시스템용 블루투스 모듈 설계 도면

선체 부착형 청음시스템용 블루투스 모듈은 다음과 같이 사용할 수 있다(그림 3.97).

- 페어링 요청 상태
 - 연결된 장비가 현재 없으며, 주기적으로 파란색 LED가 깜빡거린다. 주기적으로 페어링 요청을 시도하는 상태이다.
 - 페어링 강제 요청은 설정용 버튼을 길게 5 ~ 7초 눌리면 강제를 연결 시도한다.
 - 블루투스 모듈은 전원 인가 후에는 최종 연결된 블루투스 장비로 재연결을 시도하여 한 번 연결된 장비는 전원만 ON 하면 자동 연결된다.

- 페어링 연결 상태
 - 블루투스 장치와 연결되었으며, 현재 신호가 블루투스 장치로 출력되어 음향신호를 발생시키는 상태이다.
- MUTE 상태
 - 페어링 연결 상태에서만 적용 가능하며, 버튼을 짧게 누르면 MUTE/NORMAL 상태를 교차로 선택 가능하다.
 - MUTE상태에서는 페어링은 된 상태이지만, 음향신호를 발생시키지 않아 블루투스장치로 신호를 출력하지 않는다.



페어링 요청상태

페어링 연결상태

Mute 상태

그림 3.97 선체 부착형 청음시스템용 블루투스 모듈 장착 및 동작 상태

(사) 선체 부착형 청음시스템 S/W 기능 추가

3차년도에 장비를 운용하면서 나타난 자료를 저장하기 위한 저장 기능, 저장된 고유 포맷의 파일을 WAV 포맷으로 저장하는 기능, 재생시에 측정된 시간 정보 표시 기능 등을 추가하여 소프트웨어를 개선하였다(그림 3.98). 청음신호를 저장 시 파일명에 시간 정보가 있으나, 재생되는 특정 구간의 시점에서는 시간 확인이 힘든 점을 고려하여 데이터 저장시 현재시간 정보값까지 저장하게 하였고, 이 정보를 정보창에 표시하게 하였다. 또한 저장데이터 확인 시 특정 구간으로 이동할 수 있도록 Post PlayBar를 만들어 현재 파일의 어느 부분을 재생하고 있는지 확인하고, 구간 이동을 할 수 있게 하였다. 또한 저장된 데이터는 청음장치 SW에서만 재생 가능한 RAW 파일로 되어 있는 것을 WAV 파일

변환 기능으로 모든 음악재생기기를 통해 재생 가능하도록 하였다.

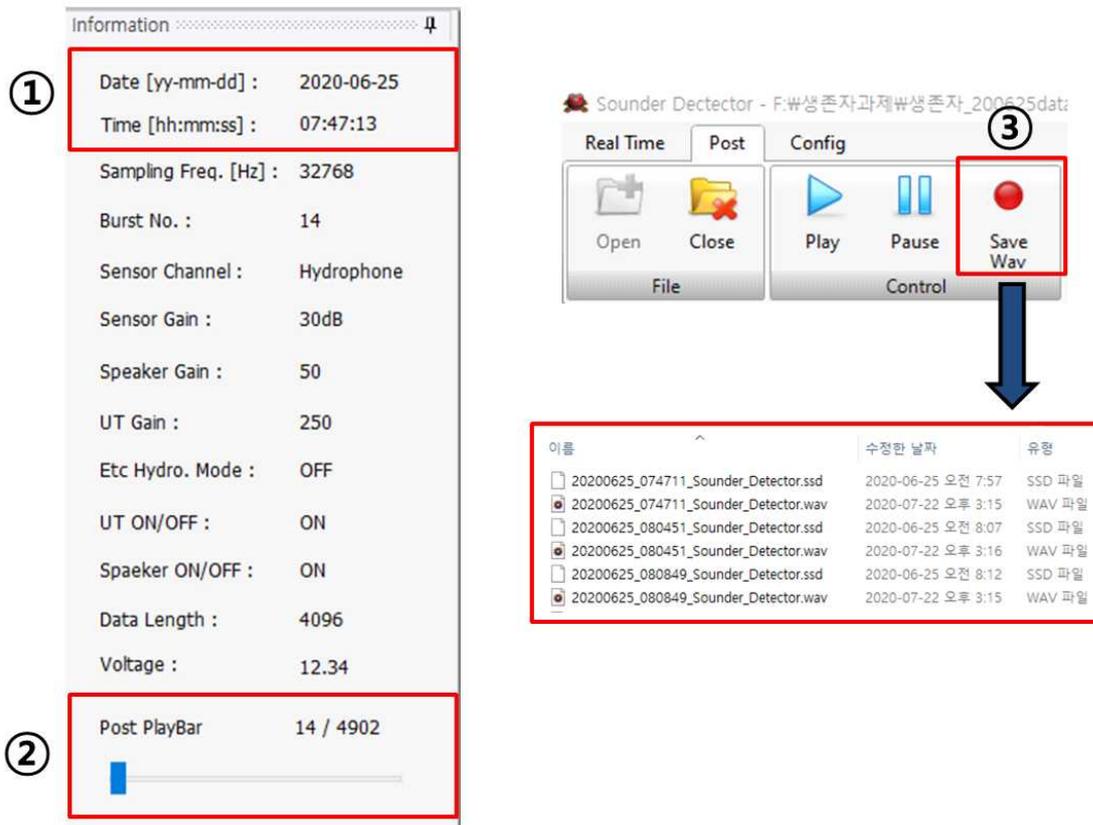


그림 3.98 선체 부착형 청음시스템 S/W의 시간정보, 재생바, 파일 변환기능 개선

나. 휴대용 다이버 영상 장비 체계 고도화

(1) 휴대용 다이버 영상 장비용 통합 SW 고도화

(가) 광학 카메라 영상 보정 알고리즘

성공적인 생존자 수색을 위해 광학 카메라 DIVECAM-720C-AL의 영상 보정 알고리즘을 구현했다. 이 알고리즘은 카메라 영상의 보정과 안정화가 목표이다. 광학 카메라 영상 보정은 카메라의 렌즈의 좌표계간 변환 관계를 설명하는 매개 변수로 추정하였다. 카메라 매개 변수를 추정하기 위해 3D 월드 좌표계의 데이터 포인트와 2D 영상 좌표계가 필요하다. 일반적으로 바둑판과 같은 보정 패턴의 여러 이미지를 사용해 월드 좌표계와 영상 좌표계를 사상할 수 있다. 본 알고리즘의 가정은 영상 사상 함수가 최소 자승 최소화 알고리즘을 통해 보정 계수를 테일러 급수로 최적화할 수 있다는 것이다. 이 기법은 특정 환경에 의존하지 않아 여러 상황에 독립적이고 유연하게 대처할 수 있다.

광학 카메라 DIVECAM-720C-AL로 캡처한 바둑판 격자 배열 이미지의 격자 꼭지점은 월드 좌표계 상으로 2cm 간격으로 하였다. 해당 바둑판 격자에 대해 경계점을 추출하고 여러장의 이미지에 대해 최소자승법으로 왜곡 계수를 추정하며, 이 왜곡 계수를 통해 영

상 좌표계를 보정하게 된다. 바둑판 격자 배열 이미지를 여러 각도에서 취득하게 되면, 취득한 이미지는 카메라 렌즈에 의해 왜곡되어 있게 된다(그림 3.99). 왜곡된 이미지에 대해 탐지 알고리즘을 적용하여 꼭지점의 좌표를 찾은 뒤, 탐지된 꼭지점들의 좌표와 실제로 위치해야하는 꼭지점 좌표 간 최소자승해를 구하여 왜곡 계수를 추정한다. 방사형 왜곡된 이미지에 대하여 테일러 근사를 통해 간략화 된 보정 전 왜곡된 카메라 영상 좌표는 다음과 같다.

$$x_{distorted} = x(1 + k_1 * r^2 + k_2 * r^4 + k_3 * r^6)$$

$$y_{distorted} = y(1 + k_1 * r^2 + k_2 * r^4 + k_3 * r^6)$$

여기서 x 와 y 는 왜곡되지 않은 영상의 픽셀 좌표이며, k_1, k_2, k_3 는 렌즈 방사형 왜곡 계수 이고, r^2 은 $x^2 + y^2$ 이다.

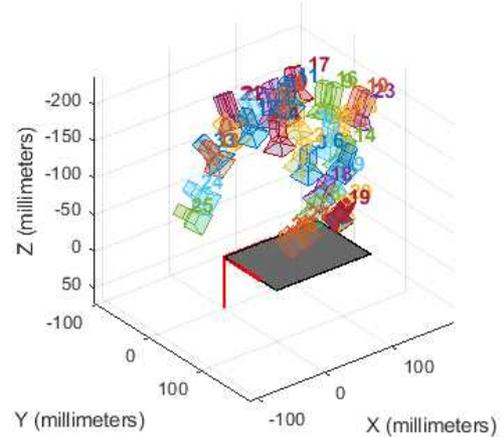
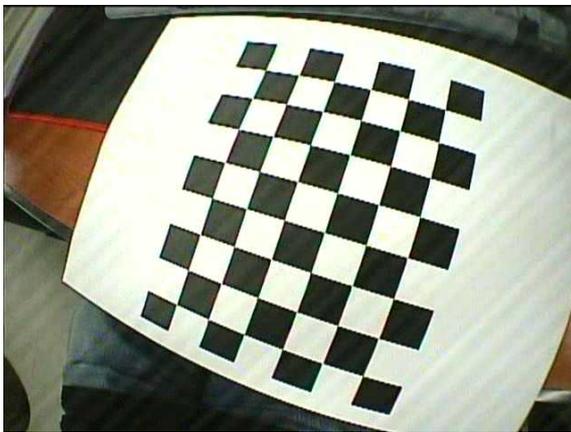


그림 3.99 렌즈 왜곡된 바둑판 격자 배열 이미지와 연속 이미지 촬영 각도

본 연구에서 촬영한 표본 이미지들에 대한 최소 자승법의 손실 함수 값은 전체 이미지에서는 오차가 0.73 픽셀이나, 아웃라이어를 제거한 이미지에서는 0.49 픽셀로 나타났다(그림 3.100). 테스트 결과, 아웃라이어 이미지에서는 녹색 원으로 표시된 꼭지점에서 좌표 탐지가 실패하였다(그림 3.101). 따라서 손실 함수 값이 큰 아웃라이어 이미지를 제거하고 왜곡 계수를 재추정한 것을 카메라 왜곡 보정 계수로 사용하였다. 보정이 적용되기 전인 좌측 이미지에서 방사형 왜곡이 두드러지게 나타나는 것과 달리, 알고리즘 적용 후의 우측 이미지에서는 방사형 왜곡이 사라졌음을 알 수 있다(그림 3.102).

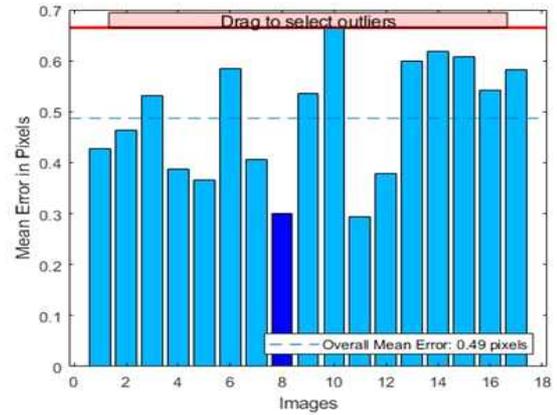
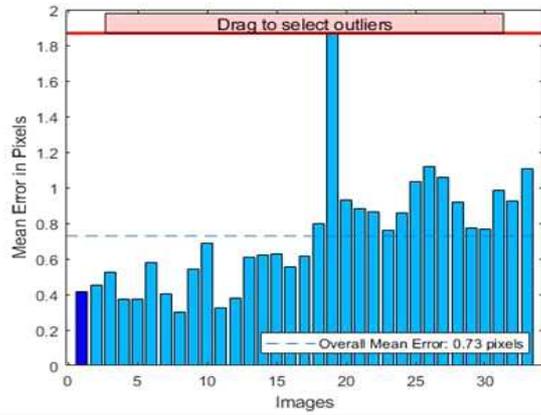


그림 3.100 이미지 당 최소 자승법의 손실 함수 값(좌: 전체 이미지, 우: 아웃라이어 제거)

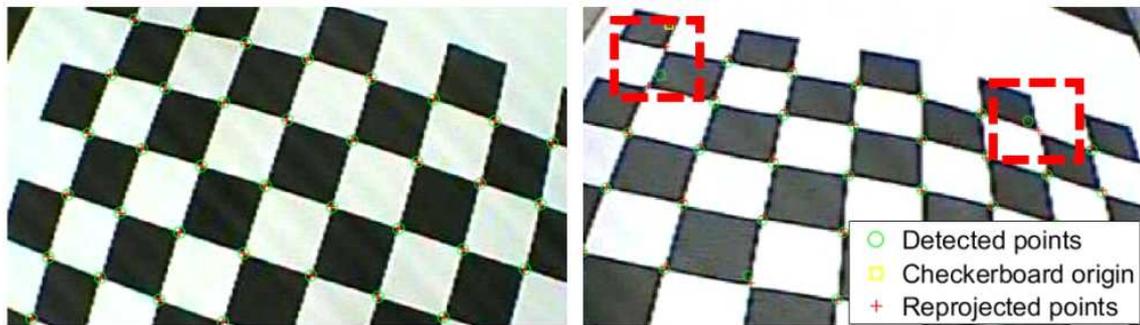


그림 3.101 광학 영상의 꼭지점 탐지 결과(좌: 손실 함수 값 최소, 우: 손실 함수 값 최대)



그림 3.102 광학 영상의 (좌) 왜곡 보정 전, (우) 왜곡 보정 후

(나) 광학 영상 안정화 알고리즘 적용

해수 유동 및 다이버의 움직임에 의해 흔들리는 광학 영상을 안정화하기 위해 영상 안정화 알고리즘을 추가하였다(그림 3.103). 이 알고리즘은 코너점(corner point) 감지 알고리즘을 사용해 코너점의 좌표점을 추출하고, 추출된 좌표를 이용해 이어지는 프레임 간의 광학 영상 흐름을 계산한다. 연속된 영상 프레임에서 감지된 좌표는 아핀 변환 모

델을 사용해 흔들리는 영상의 움직임의 모션 매개 변수를 추정하는 데 사용된다. 이후에 칼만 필터와 저역 통과 필터로 추정된 모션 매개 변수를 평활화 한다. 최종적으로 평활화 된 매개 변수를 사용해 흔들리는 영상을 보정하여 안정화된 연속적인 영상 프레임을 획득하였다.

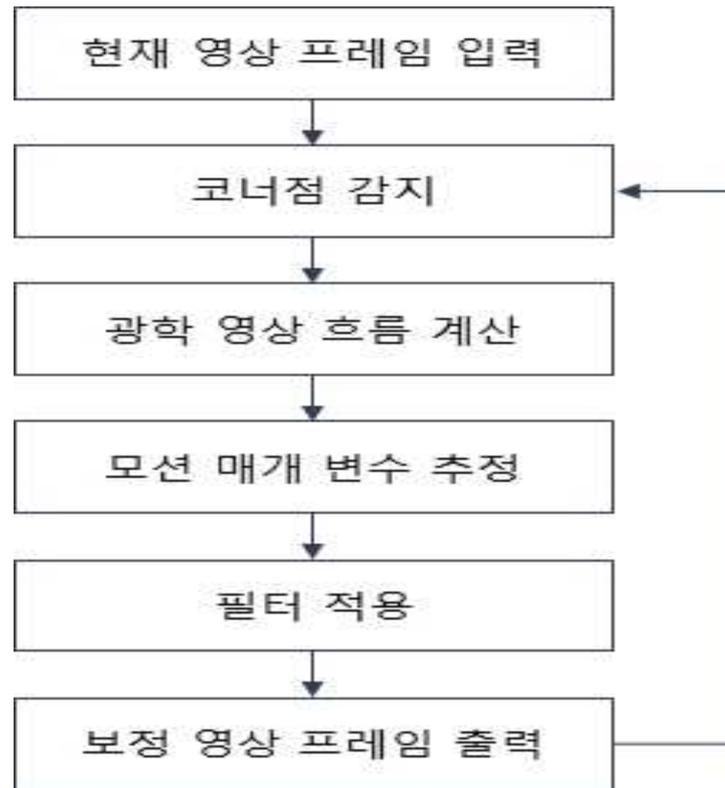


그림 3.103 광학 영상 안정화 알고리즘 흐름도

특징점이란 두 개 이상의 영상 프레임을 매칭할 때 주위 배경과 구분되면서 식별이 용이한 지점을 의미한다. 영상의 특징점이 되기 위해서는 물체의 형태나 크기, 위치가 변해도 식별이 가능해야 하며, 카메라의 시점, 조명이 변해도 영상에서 해당 지점을 찾아낼 수 있어야 한다. 이러한 조건을 만족하는 특징점으로 본 연구에서는 코너점(corner)을 사용하였다.

특징점인 코너점을 탐지하기 위하여 Harris Corner detection 방법을 사용하였다(Harris and Stephens, 1988). 영상의 특정 위치 (x, y) 에서 Δx 와 Δy 만큼 떨어진 픽셀 사이에 영상이 변화하는 경우에 영상의 변화량은 다음과 같이 최소 제곱합으로 나타낼 수 있다.

$$E(\Delta x, \Delta y) = \sum_w [I(x_i + \Delta x_i, y_i) - I(x_i, y_i)]^2$$

이 때, 변화량이 매우 작다고 가정하여 1차 테일러 근사를 사용하면 다음과 같은 식이 유도된다.

$$\begin{aligned}
I(x_i + \Delta x_i, y_i + \Delta y_i) &\approx I(x_i, y_i) + [I_x(x_i, y_i) \ I_y(x_i, y_i)] \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \\
E(\Delta x, \Delta y) &= \sum_W [I(x_i + \Delta x_i, y_i) - I(x_i, y_i)]^2 \\
&\approx \sum_W [I(x_i, y_i) + [I_x(x_i, y_i) \ I_y(x_i, y_i)] \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} - I(x_i, y_i)]^2 \\
&= [\Delta x \ \Delta y] \begin{bmatrix} \sum_W I_x(x_i, y_i)^2 & \sum_W I_x(x_i, y_i) I_y(x_i, y_i) \\ \sum_W I_x(x_i, y_i) I_y(x_i, y_i) & \sum_W I_y(x_i, y_i)^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \\
&= [\Delta x \ \Delta y] M \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

여기서 2 by 2 행렬 M의 고유값을 λ_1, λ_2 ($\lambda_1 \geq \lambda_2$)라 하면, 영상 변화량 E는 윈도우 W를 λ_1 의 고유벡터 방향으로 이동시킬 때 최댓값을 갖고, 반면에 λ_2 의 방향으로 이동시킬 때 최솟값을 갖는다. 따라서 두 고유값이 둘 다 큰 값을 가지면 코너점이 된다(그림 3.104). 연속된 두 프레임 사이의 흐름을 계산해 감지된 코너점은 이후에 두 프레임 사이의 모션 매개 변수를 추정하는 데 사용된다.



그림 3.104 Harris Corner detection 방법으로 탐지된 특징점 예시

광학 영상의 이어지는 시퀀스는 Affine 변환으로 모델링할 수 있다(Fuh and Maragos, 1991). Affine 변환은 영상을 구성하는 픽셀의 배치 구조를 변경하여 평행 이동, 확대 및

축소, 회전 등 영상의 모양을 바꾸는 기하학적 변환이다. $I(x,y)$ 과 $J(x',y')$ 를 영상 시퀀스 I, J 의 두 연속 프레임에서 광학 영상 흐름에 의해 주어진 픽셀 위치로 두면, 두 점 사이의 변환 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S \cdot \cos\theta & -S \cdot \sin\theta \\ S \cdot \sin\theta & S \cdot \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix}$$

여기서 S, θ, T_x, T_y 는 각각 스케일, 회전각, x 축과 y 축에 대한 변환이다. 모션 추정 이후, Affine 변환을 통해 특징점을 기준으로 화면을 회전시킬 수 있다(그림 3.105).

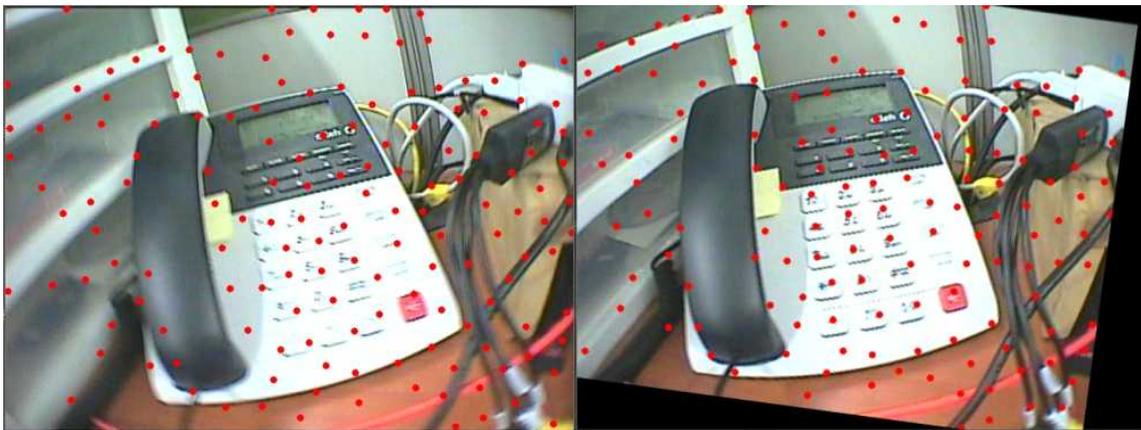


그림 3.105 Harris Corner detection의 특징점을 이용한 Affine 변환 결과(좌: 변환 전, 우: 변환 후)

안정화된 비디오 동영상들 얻기 위해 영상 시퀀스의 첫 번째 프레임은 안정적이라고 가정하고 기준 프레임하여 두 번째 프레임을 안정화 하고, 다시 두 번째 프레임은 다음 프레임을 안정화하기 위한 기준 프레임으로 사용한다. 이러한 연속적인 처리를 마지막 프레임까지 수행하게 된다. 모션 추정에서 얻어진 매개 변수에는 잡음, 즉 다이버의 의도하지 않은 움직임이 내재되어 있다. 다이버의 의식적인 움직임은 느린 낮은 주파수 성분인 반면에, 카메라 센서의 의도하지 않은 움직임은 빠르고 빈도가 높으며 예측하기 어렵다. 프레임을 보정하려면 이러한 두 종류의 움직임을 분류해야 한다. 모션 추정에서 얻어진 Affine 변환 행렬 M 은 다음과 같다.

$$M = \begin{bmatrix} S \cdot \cos\theta & -S \cdot \sin\theta & T_x \\ S \cdot \sin\theta & S \cdot \cos\theta & T_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

여기서, $M_{cumulative}$ 은 현재 프레임까지 모든 Affine 변환의 곱이면서 첫 번째 프레임 이후의 모든 카메라 모션을 나타내는 누적 변환이다. 비디오 시퀀스를 안정화하기 위해 누적 변환에서 얻은 모션 매개 변수에 칼만 필터와 저주파 통과 필터를 적용하고 전체 변환인 $M_{smoothed}$ 로 구성한다. 평활화된 프레임을 얻기 위해 다음을 이용한다.

$$A_{smoothed} = M_{smoothed}(M_{cumulative})^{-1}A_{current}$$

칼만 필터를 이용한 모션 필터링 기법은 불안정한 영상에 백색 가우스 잡음만 존재한다는 가정을 기반으로 한다. 그러나 일반적으로 백색 잡음 외에도 다른 잡음 성분이 혼재한다. 따라서 칼만 필터를 거친 후에도 여전히 불안정한 영상을 보일 수 있다. 최대한 안정화된 영상을 얻기 위해 본 연구에서는 칼만 필터에 의해 추정된 모션 매개 변수를 저역 통과 필터에 전달해 영상의 추가 잡음을 제거하는 과정을 거친다(그림 3.106). 저역 통과 필터링 후에 다시 칼만 필터를 거침으로써 잡음을 최대한 제거하고 안정화 된 영상을 얻는다(그림 3.107, 표 3.8).

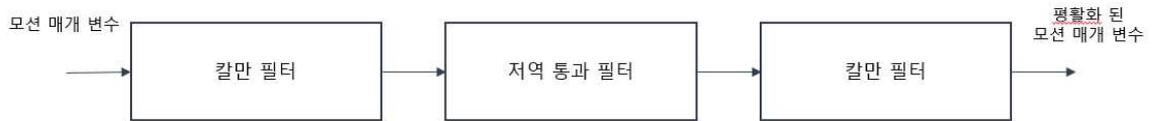


그림 3.106 광학 영상 안정화를 위한 모션 필터링 흐름도

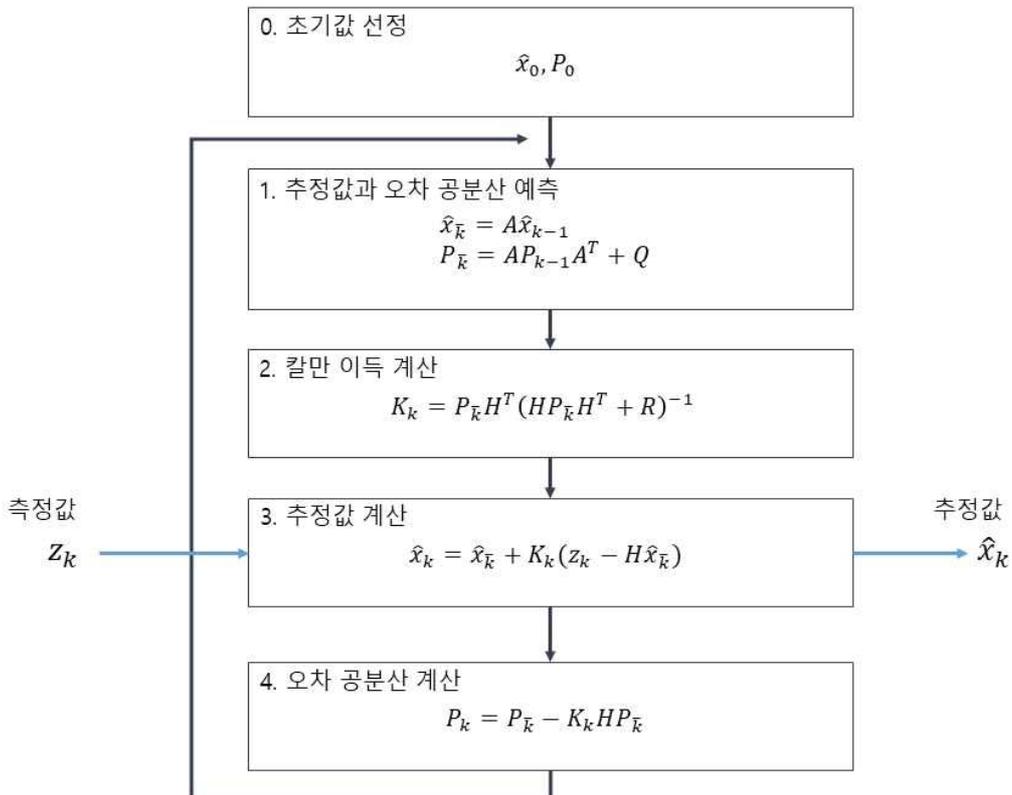


그림 3.107 광학 영상에서 잡음을 제거하기 위한 칼만 필터 흐름도

표 3.8 영상 안정화 알고리즘에서 사용한 칼만 필터 변수

표기	의미
\hat{x}_0	추정 값의 초기 값
P_0	오차 공분산의 초기 값
z_k	측정값
\hat{x}_k	추정값
P_k	\hat{x}_k 의 오차 공분산
\hat{x}_k^-	\hat{x}_k 의 예측값
P_k^-	P_k 의 예측값
K_k	칼만 이득

표 3.9 영상 안정화 알고리즘의 모델 행렬

표기	의미
A	\hat{x}_{k-1} 을 통해 추정값 예측에 사용되는 행렬
H	\hat{x}_k^- 을 측정값의 형태로 변환함에 사용되는 행렬
Q	시스템 잡음
R	측정 노이즈

영상 시퀀스의 초기 정보를 알 수 없으므로 초기 값 \hat{x}_0 와 P_0 은 알고리즘 시작과 동시에 무작위로 선택 된다. 무작위로 선택된 초기 값은 칼만 필터 알고리즘에 의해 최초 몇 개의 프레임동안 적절한 값으로 수렴하게 된다. 본 연구에서 사용되는 선형 칼만 필터는 예측 과정에서 상태 벡터와 공분산을 예측한 후(표 3.8), 추정 과정에서 칼만 이득을 얻어 그 값을 이용하여 최종 상태와 공분산을 구하는 과정을 사용하였다(유, 2015). 예측 과정에서는 이전 단계에서 계산한 추정 값 \hat{x}_{k-1} 를 사용해 시스템 모델 A 와의 계산을 통해 새로운 추정값을 예측한다(표 3.9). 이 때, 예측한 값이 정규분포의 평균을 기준으로 어떤 모습을 지니고 있는지 이전 공분산 P_{k-1} 을 사용해 새로운 오차 공분산 P_k^- 도 함께 예측한다. 예측 과정이 끝나면 칼만 이득을 계산한다. 이 과정에서는 예측 과정에서 계산한 오차 공분산의 예측 값 P_k^- 와 측정값의 노이즈 R 을 사용한다.

- 예측 과정

$$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1}$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q$$

추정 과정에서는 추정값과 오차 공분산을 계산한다. 추정 과정에서 추정 값을 계산할 때는 예측 과정에서 계산한 \hat{x}_k 과 입력으로 받은 z_k 를 이용한다. 추정 값의 계산식은 예측 과정에서 구한 \hat{x}_k 와 z_k 의 차이를 보상한다. 이 보상에 칼만 이득이 사용되는데 z_k 와 \hat{x}_k 의 결과에 영향을 미친다.

- 추정 과정

$$K_k = P_k H^T (H P_k H^T + R)^{-1}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k + K_k (z_k - H \hat{x}_k)$$

$$P_k = P_k - K_k H P_k$$

이산 가우시안 필터인 저역 통과 필터 $g[k]$ 는 다음의 연속 가우시안 $h(t)$ 을 샘플링 하여 구성된다.

$$h(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$$

이산 가우시안 임펄스 응답 $g[k]$ 는 프레임의 수인 $-r$ 에서 r 까지 샘플링 된다.

$$g[k] = \frac{1}{G} e^{-\left(\frac{k}{\sigma}\right)^2}$$

$$G = \sum_{i=-r}^r e^{-\left(\frac{i}{\sigma}\right)^2}, \quad k = [-r, r].$$

새로운 모션 매개 변수는 이산 컨볼루션을 통해 얻어지며, 이는 다시 칼만 필터로 전달되어 모션 잡음을 추가로 제거하고 평활화된 모션 매개 변수를 얻는다. 그림 3.108은 모션 매개 변수의 x 축, y 축 이동 추정 값이다. 상단의 패널은 x 축 방향 움직임을 보여주고, 하단의 패널은 y 축 방향 움직임을 나타낸다.

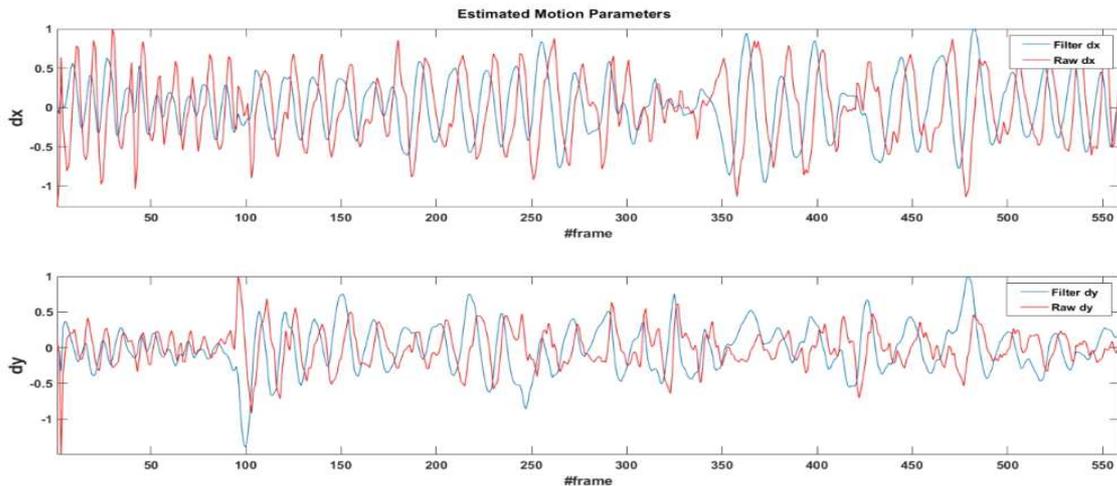


그림 3.108 추정된 모션 매개 변수 값 비교(붉은 색: 알고리즘 적용 전, 푸른 색: 적용 후)

(다) 휴대용 다이버 영상 장비용 운용 SW 제작

휴대용 다이버 영상 장비(DiverNavi)를 수중에서 다이버가 손쉽게 제어 및 운용 가능하도록 모든 기능을 통합한 운용 소프트웨어를 개발하였다. 운용 소프트웨어의 주요 기능은 이미지 소나 on/off, 광학센서 on/off, 라이트 on/off, 라이트 광량 조절, 수중 광학 영상 이미지 표시, 음향 소나 영상 이미지 표시, 해상 위치시 GNSS 좌표 표시, 모션 센서를 이용한 Heading 및 Pitch, Roll 표시, 압력 센서로 다이버 수심 표시 등이 있다(그림 3.109).

DiverNavi 소프트웨어의 메인창은 센서 상태 창, 음향 카메라 창, GPS 창, 광학 카메라 창으로 구분된다. 센서 상태 창은 ① 소나 및 광학 센서와 라이트의 on/off 상태를 표시하는 전시부, ② MCU 센서로부터 획득된 Roll, Heading, Pitch 정보 전시부, ③ GPS 연결 상태와 수심 정보 표시부, ④ 메인화면 레이아웃 변경 기능 버튼, ⑤ 다이버의 방향을 표시하는 전시부 그리고 ⑥ 장비 설정 진입 버튼으로 구성되어 있다(그림 3.110).

설정(setting) 버튼을 통해 장비 제어 기능을 수행하면, 휴대용 다이버 영상 장비의 각종 설정을 위한 메뉴창에 표시된다(그림 3.111). 여기에서는 ① 이미지소나(음향카메라)의 연결, 녹화, 재생 등의 설정, ② 광학카메라를 영상을 녹화하고 재생하는 기능, ③ 프로그램 메인 화면의 레이아웃 변경 설정, ④ 장비와 소프트웨어 간 시리얼 송수신 내역을 확인할 수 있는 시리얼 통신 모니터링 탭 그리고 ⑤ 장비가 사용 중인 전압 값을 나타내는 탭 등의 설정 및 보기 기능이 있다.

음향 카메라 창은 이미지소나에 전원 공급하여 작동시킨 후, ‘Setting’ 메뉴에서 ‘이미지 소나’를 선택하고 ‘연결’ 버튼을 선택하면 장비가 작동하면서 화면에 이미지 소나의 빔포밍 결과가 영상으로 표시된다. GPS 창은 GPS 센서가 연결되면, 정보를 가져와 현재 위도, 경도 및 속도를 나타내게 되고, 다이버의 이동 경로를 확인할 수 있다. 광학 카메라 창은 ‘Setting’ 메뉴에서 ‘카메라’를 선택하고 ‘미리보기’ 버튼을 선택하면 광학 영상을 전시해 주는 창이다.

휴대용 다이버 영상 장비용 운용 SW에 대한 사용자 매뉴얼을 별도로 제작 완료 하였다.



그림 3.109 DiverNavi 프로그램 메인 화면



그림 3.110 DiverNavi 센서 상태 창

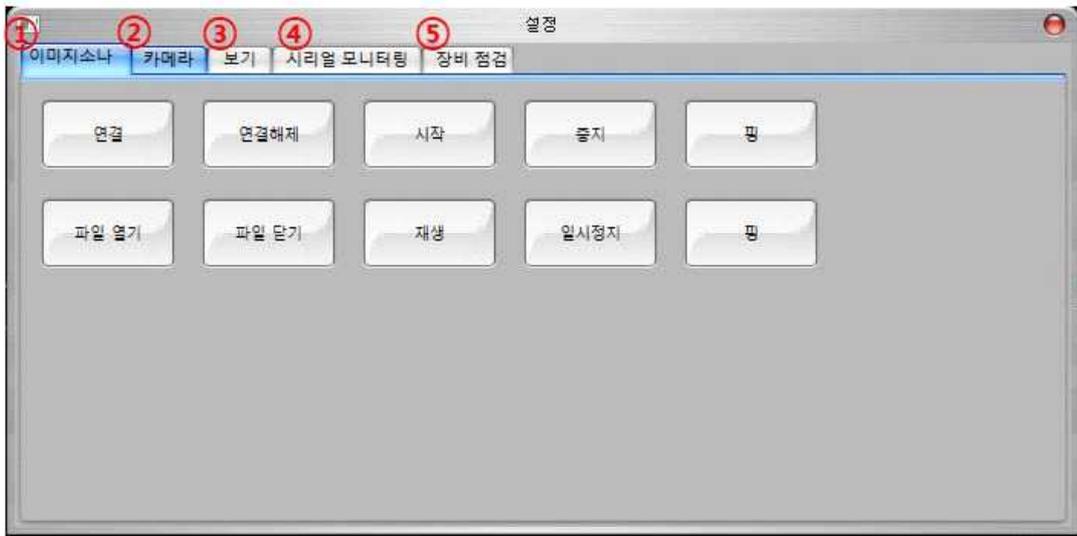


그림 3.111 Setting 다이얼로그

수중에서 다이버가 조이스틱 및 기본 버튼으로 장비의 제어가 용이하고, 직관성을 높이기 위하여 장비의 조작을 위한 버튼 및 마우스 기능을 사용할 수 있게 하였다(그림 3.112). 버튼으로는 기본적으로 장비의 주전원 on/off, 음향 및 광학 카메라 전원 제어, 장비 화면 레이아웃 변경, 라이트 강도 제어, 마우스 좌우 클릭, 광학 카메라 녹화 시작/중지 기능을 수행할 수 있다(표 3.10).

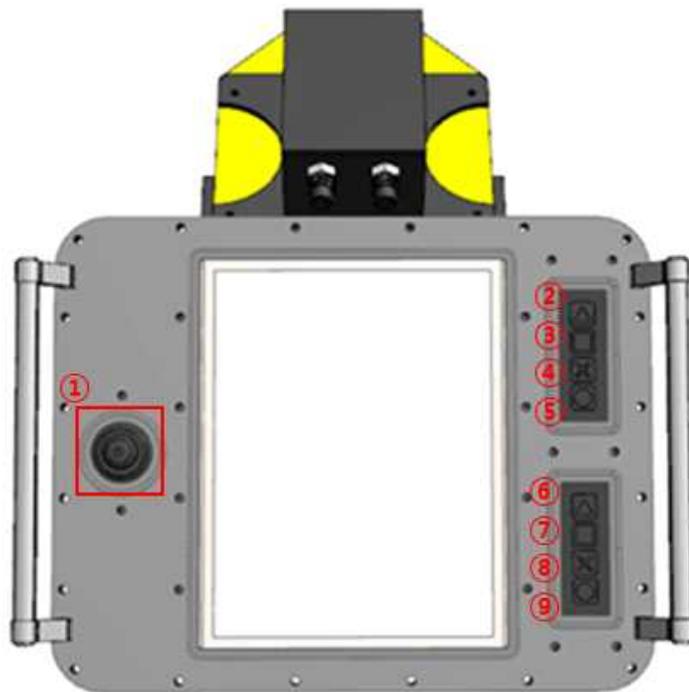


그림 3.112 휴대용 다이버 영상 장비의 마우스 및 버튼부

표 3.10 휴대용 다이버 영상 장비 버튼 및 마우스 조작

번호	항목	설명
①	마우스 조작 스틱	좌우상하로 조작하여 마우스 제어
②	장비 전원	장비 전원 버튼
③	장비 부착물 전원	음향 및 광학 카메라 전원을 인가
④	화면 전환	장비 화면 레이아웃 변경
⑤	광학 카메라 라이트 제어	광학 카메라 라이트 강도 제어
⑥	마우스 좌클릭	마우스 좌클릭
⑦	마우스 우클릭	마우스 우클릭
⑧	녹화 시작	광학 카메라 녹화 시작
⑨	녹화 중지	광학 카메라 녹화 중지

(2) 휴대용 다이버 영상 장비 하드웨어 고도화

(가) 수중용 GPS 안테나 장치 제작

휴대용 다이버 영상 장비를 수중에서 사용하기 위해서는 내부 방수가 필수적으로 이루어져야한다. 해상에서 운용시에 위치 정보를 수신하기 위한 GPS 모듈을 소형·경량화하여 방수처리 하기 위해 몰딩 방식을 채택하였다. GPS 모듈을 해상 표면으로 부상시키기 위하여 부력재로 형상을 제작하였으며, 부력재 내부에 GPS 안테나를 매립하고, 전체 몰딩하는 기법을 사용하였다(그림 3.113). 몰딩은 일반적으로 해양에서 많이 사용하는 수중 몰딩재를 사용하였다.

GPS 안테나는 GNSS 신호를 수신할 수 있는 타입의 제품이며, 수신율을 높이기 위해 안테나 사이즈가 최대한 큰 제품을 선정하였다. 부력을 높이기 위해 부력재 내부재질의 대부분은 아이소핑크로 되어 있다. 소량제작을 위해 직접 몰딩틀을 만들어 제작하였으며, 몰딩액은 수중몰딩에 사용되는 3M 제품으로 하였다. 몰딩을 완료한 후, 연마기를 이용하여 표면을 매끄럽게 연마하여 최종 완성 하였다(그림 3.114). GPS 전파 신호는 금속 재질에는 차폐되지만, 제작한 몰딩 시제품에서는 신호가 투과되어 GPS 좌표 인식에 문제가 없다.

수중에서 수중표면으로 GPS 안테나 장치를 부상시키기 쉽게 손으로 밀어서 뺄 수 있는 구조로 제작하였다. 안테나 하우징을 위한 지그 재질은 탄성이 있는 아세탈 이며, 지그의 한쪽을 개방하여 쉽게 다이버가 부상시킬 수 있는 구조로 되어 있다(그림 3.115).

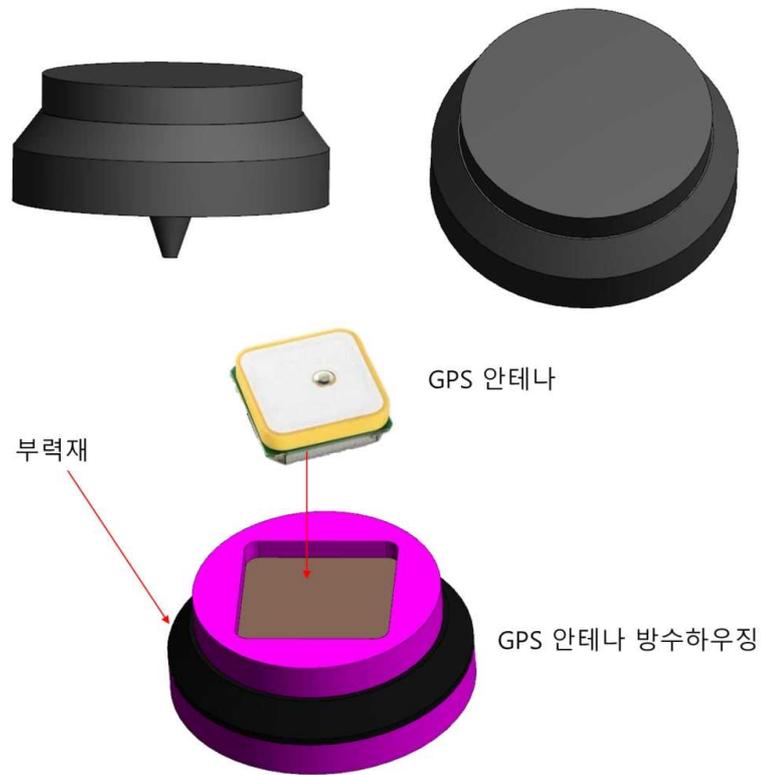


그림 3.113 휴대용 다이버 영상장비용 GPS 안테나 장치 3D 모델링 및 내부 구조

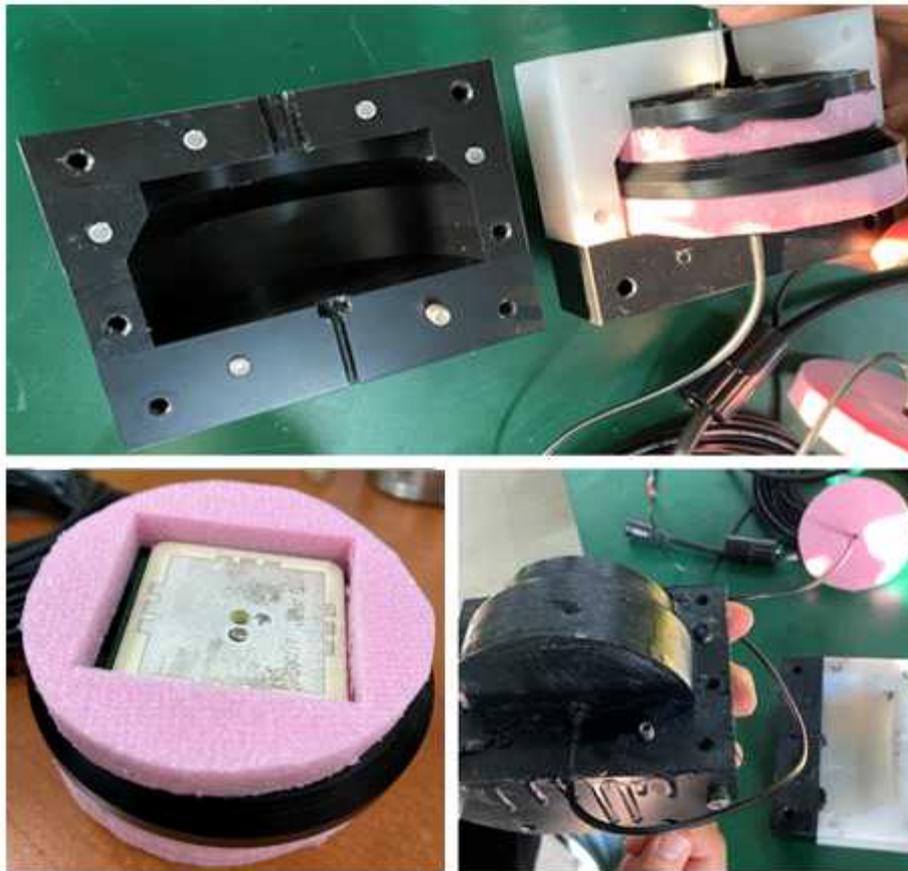


그림 3.114 휴대용 다이버 영상장비용 GPS 안테나 장치 제작 과정

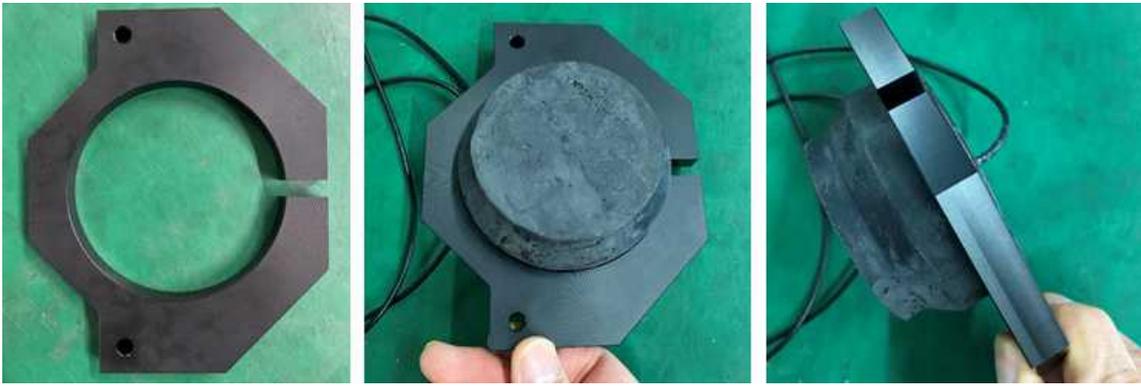


그림 3.115 휴대용 다이버 영상장비용 GPS 안테나 장치와 지그

(나) 휴대용 다이버 영상 장비 배터리 개선

리튬인산철 배터리는 최근 안정성이 입증되어 많은 분야에서 사용되어지고 있다. 본 개발 3차년도에 사용한 리튬인산철 배터리는 3300 mAh의 병렬로 구성되어 있는 제품으로 2.5A 이상 전류 소비 시 배터리의 보호 회로에서 출력 전압을 차단하는 증상이 있어 다른 제품으로 변경하게 되었다. 대용량의 리튬인산철 배터리인 6600 mAh의 제품은 기 개발된 휴대용 다이버 영상 장비의 배터리 하우징 내부에 설치가 불가능하여 리튬폴리머 (Lithium Polymer) 배터리로 변경하였다. 사용된 리튬폴리머 배터리의 전압은 25.9V 이고, 용량은 7000 mA 이며, 크기는 1셀 7개가 연결되어 약 82mm × 49mm × 135mm 이다 (그림 3.116).



개선 전 리튬인산철

개선 후 리튬폴리머

타입	Lithium Polymer	
전압	25.9V	
용량	7000mA	
셀연결방식	7S1P	
사이즈	(82mm × 49mm × 135mm) 1cell x7ea	

그림 3.116 휴대용 다이버 영상 장비의 배터리 고도화

(다) 휴대용 다이버 영상 장비의 센서보드 고도화

센서 보드는 GPS 데이터를 수신하여 RS232 UART 통신을 통하여 임베디드 PC로 전달하는 기능과 MCU 모션 센서로부터 장비의 Pitch, Roll, Heading 데이터를 취득하여 메인 PC로 전달하게 된다. 또한 압력 센서를 이용하여 최대 60m까지 수심을 측정 가능할 수 있다(그림 3.117). 기존 3 차년도의 센서 보드에 추가적인 기능으로 보드 전압을 측정하여 상태 진단을 할 수 있는 기능을 추가하였다. 또한 차후 다이버가 위치한 수심의 수온 정보를 획득할 수 있도록 온도센서를 추가할 수 있게 보드 레벨에서 구현 완료하였다.



1. Sensor BRD 출력 데이터

- Send [STM(Sensor brd) -> S/W]
- PORT : USART1
- BAUD : 9,600 bps
- DATA BIT : 8
- STOP BIT : 1
- PARITY : none

No.	데이터	데이터 형식	Serial 전송값	비고
1	PT100 & 압력센서	ASCII	\$TEMP_DEP.x.x.y.yy*hh	x.x : PT100 온도 값(미사용) y.yy : Depth sensor 값(단위 bar)
2	서미스터	ASCII	\$TH.x.x.y.y*hh	x.x : Thermistor 1(미사용) y.y : Thermistor 2(미사용)
3	BITE(sensor brd)	ASCII	\$BITE.x.x.y.y.z.z*hh	x.x : 12V 전압 y.y : 5V 전압 z.z : 3.3V 전압
4	MOTION 값	ASCII	\$MOTION.Roll x.x x Pitch y.y y Yaw z.zz*hh	x.xx : Roll data(degree) y.yy : Pitch data(degree) z.zz : Yaw data(degree)
5	GPS	ASCII	\$GNxxx. \$GPxxx. \$BDxxx.	하부 자료 참조

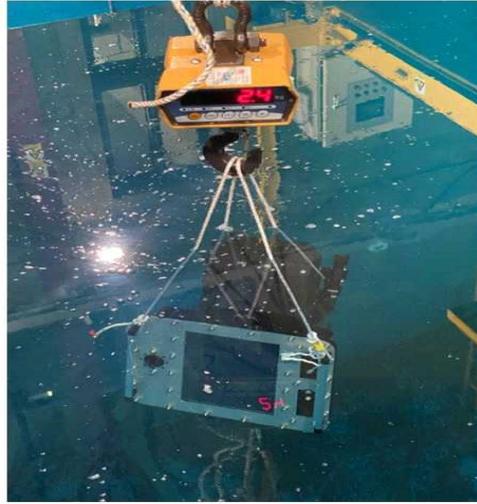
그림 3.117 휴대용 다이버 영상 장비의 센서보드 통신 프로토콜 개선

(라) 휴대용 다이버 영상 장비의 부력재 제작

휴대용 다이버 영상 장비의 개선 사항을 반영하여 최종 조립한 결과, 해수중에서 중성 부력을 유지하기 위해서는 수중 무게 확인 시 3kg의 부력이 더 요구되는 것을 확인하였다(그림 3.118). 이미지소나의 수중 부력(공기중 2.4kg + 수중 0.6kg)에 해당하는 음성 부력을 중성 부력으로 유지시키기 위하여 추가적인 3kg의 부력을 양성 부력이 필요하였다. 이에 휴대용 다이버 영상 장비의 부력재에 대한 3D형상을 재설계하였다(그림 3.119). 부력재 재질은 내부에는 아이소핑크 재질로 되어 있으며, 외부에는 FRP로 마감처리를 하여 수중 내압과 부력을 동시에 만족하도록 하였다(그림 3.120).



공기중 : 20.6kg



수중 : 2.4kg

그림 3.118 휴대용 다이버 영상 장비의 부력 개선전의 무게 측정 실험



그림 3.119 휴대용 다이버 영상 장비의 부력재 재설계 3D 형상



그림 3.120 개선된 부력재를 휴대용 다이버 영상장비 조립한 최종 형상

부력재 변경 후 무게는 공기중에서 24.8kg이며, 수중에서는 0.6kg으로 제작되었다(그림 3.121). 3차년도 비해 공기 중 무게의 증가는 부력재의 형상이 바뀌어 증가된 부분과 50m의 압력을 위해 전면 투명 패널의 두께를 5T에서 12T로 증가시켰기 때문이다. 다만 수중 무게는 0.6kg으로 중성부력에 거의 근접하였으며, 0kg의 중성부력으로 맞추기 위해 보정용 부력재를 휴대용 다이버 영상장비에 추가 설치하였다. 보정용 부력재는 흔히 구할 수 있는 제품이며, 600g의 부력을 가지는 모델로 장착하였으며, 사용자가 원하는 부력에 맞게 다양한 부력재로 선정할 수 있다(그림 3.122).

최종적으로 휴대용 다이버 영상 장비의 수중 부력은 약한 양성 부력으로 셋팅하여 수중에 있더라도 부력에 의해 부상하도록 하였다. 이것은 다이버가 장비를 놓치더라도 장비가 해역표면으로 부상하게끔 하여 장비 분실 방지 위한 것이다.



공기중 : 24.8kg



수중 : 0.4~0.6kg

그림 3.121 휴대용 다이버 영상 장비의 부력 개선후의 무게 측정 실험

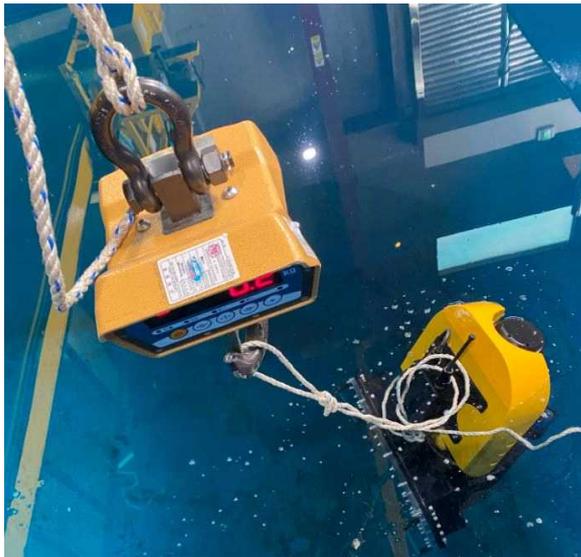


그림 3.122 휴대용 다이버 영상 장비의 양성부력 실험 및 활용 가능한 상용 보조 부력재

(3) 고속 통신 방식을 이용한 구조함과의 통신 체계 구축

수중의 휴대용 다이버 영상 장비에서 획득한 영상 정보를 구조함으로 전송하기 위하여 PC to PC를 연결하는 원격접속 기법을 사용하였다. 일반적으로 원격 접속 프로그램은 Teamviewer, 크롬데스크탑, 윈도우의 원격데스크탑 등이 있다. 이 원격 접속 프로그램들은 인터넷이 되지 않는 상황에서 원격접속을 할 수 없는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 인터넷망에 연결되지 않아도 운용이 가능하고, 외부에서 장비에 접속할 시에 장비가 로그아웃되는 문제가 발생하지 않는 유선 LAN 환경의 전용 접속 프로그램을 사용하였다. 이 프로그램은 오픈 소스로 GNU General Public License로 배포되는 가상 네트워크 컴퓨팅을 사용하는 VNC server 프로그램이다(그림 3.123). VNC 접속 프로그램을 이용하면, 유선으로 연결된 휴대용 다이버 영상 장비의 메인 PC에 원격으로 접속하여 장비의 전시 화면을 그대로 보면서 제어 할 수 있다(그림 3.124).

휴대용 다이버 영상 장비의 임베디드 PC의 IP는 192.168.100.10으로 설정되어 있으며, 이 IP는 사용자에게 의해 언제든지 변경 가능하다. 또한 보안성을 위해 암호를 작용할 수 있다. VNC 원격 접속 프로그램을 이용해 수중에서 작업 중인 다이버의 상황을 확인 가능하며, 구조함에서 특정명령을 전송을 할 수도 있다. 현재 테스트 편집기를 이용하여 상황전달을 할 수 있으며, Diver Navi SW에 테스트 입력창을 차후 고도화를 통해 적용할 수도 있다.

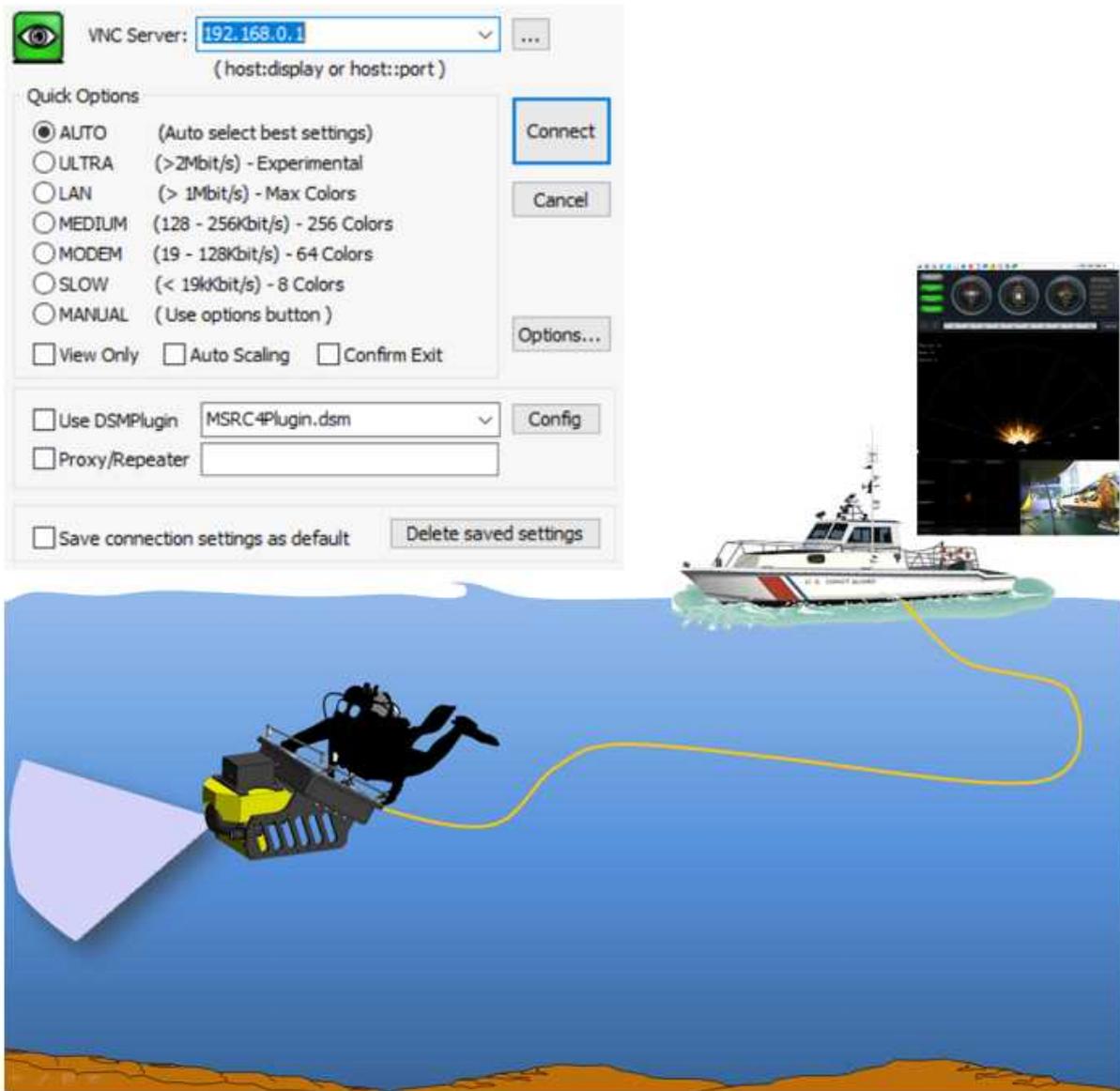


그림 3.123 원격접속 VNC 프로그램을 적용하여 다이버영상장비의 영상을 구조함으로 전송하는 개념도



그림 3.124 휴대용 다이버 영상 장비의 전시 화면을 50m LAN 케이블을 통한 PC 전송 실험

제 5 절 연구개발 장비 핵심내용 및 공인 성능시험 수행

1. 연구개발 장비의 핵심내용

가. 선체 부착형 청음시스템 핵심 내용

선체 내에서 발생하는 진동 및 소음 등의 신호를 수신할 수 있는 청음장비의 제작 기술을 확보하였다. 해양 선박 사고 시 선체 내의 생존자 구조 요청 신호를 획득하기 위한 선체 부착형 청음시스템을 선체 부착 본체부, 수중 무선 UT-AM 통신 모듈, 해상 유무선 WiFi 부이, Deck unit, 블루투스모듈, 장비 SW 등으로 구성하여 개발하였다.

선체 내 소리를 청음하기 위한 센서는 Hydrophone HTI-94를 적용하였다. 이 센서의 주파수 범위는 2Hz ~ 30kHz 이고, 센서 자체 수신감도는 -198 dB re 1V/uPa 이며, 센서 내장 앰프감도는 -160.7 dB re 1V/uPa 이다. 선체를 직접 타격하여 선체를 통하여 바로 전달되는 진동을 감지하기 위하여 진동센서 7500A를 적용하였다. 획득한 신호를 수중 무선 UT-AM 통신으로 송신 및 수신하기 위한 모듈을 개발하고, 신호의 변조 및 복조 보드의 DIP 스위치 설정 변경을 통해 4개의 통신 채널에서 설정 가능하다. 변조 신호를 출력하기 위하여 트랜스듀서 D26 센서를 사용하였다. 트랜스듀서 D26 센서는 송신감도가 25 ~ 32 kHz 주파수 대역까지 145 dB의 출력을 낼 수 있다. 또한 수신부의 센서는 TC-4032를 사용하였다. TC-4032의 수신 감도는 -170 dB 이며, 최대 수신된 전압이 1 Vrms 근처에서 음원레벨이 170 dB가 된다.

해상 유무선 WIFI 부이는 상용의 IEEE 802.11 a/b/g을 지원하며, 최고 108Mbps의 무선 속도를 지원한다. 운용 주파수는 2.4GHz이며 Booster에서의 송신출력은 2500mW(34dBm)이다. 부이의 다이폴 안테나는 수평방향에 대해 전방향 특성을 가지고, 수직에 대해서는 20도 이하의 빔각을 가진다. 통신 케이블은 직경이 7.6mm이고, 파단강도는 155kgf이며, 운용강도는 35kgf이다.

획득한 신호는 신호처리보드에서 Butterworth 4차 Low-Pass Filter를 적용한 Active Low-Pass 필터를 설계하여 위상 응답이 1 kHz에서 비선형이 되도록 하였다. 신호의 증폭을 위해 -10 ~ 40dB에서 8단계의 증폭회로를 적용하여 선체 내 생존자의 음성 및 신호를 가장 적합하게 획득할 수 있게 하였다.

본체부 알루미늄 하우징은 수중 100m 이상에서 운영 할 수 있는 방수 성능을 확보하였으며, 사용자 운영상의 효율성을 높이기 위하여 해상 유무선 WiFi 부이의 케이블은 수중에서도 탈부착이 가능하다.

선체 부착형 청음장비를 원격에서 제어하고 음향 및 진동 신호로부터 특정 신호(생존자)를 탐지할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 설정/제어부, 신호처리/분석부, 신호 전시부로 각각 구성하였으며, 신호 전시부는 청음 신호를 그래픽적으로 표출하여 생존자의 신호를 가시적으로 확인할 수 있다. 프로그램의 주요 기능으로는 다음과 같

다.

- 장치의 연결 및 해제 기능
 - 실시간 신호 획득 시작 및 멈춤 기능
 - 각종 설정 및 명령어 기능
 - 센서(청음센서, 진동센서) 선택 기능
 - 수신 신호 샘플링 주파수 설정
 - 센서 게인(gain) 설정
 - 스피커 및 UT 통신 게인(gain) 설정
 - 스피커 및 UT 통신 on/off 가능
 - 스피커 설정 기능
 - 출력음성 신호 전시 및 음성 신호 전달
 - 음성 볼륨 크기 조정, 음성 신호 샘플링 길이 설정
- 등이 있다.

나. 선체 부착형 청음시스템 운영 시나리오

해상에서 선박 사고가 발생하여 해경 구조대원이 출동하여 선체 생존자를 구조하는 단계에서 선체 내 생존자를 확인하는 장비로 선체 부착형 청음시스템을 운영할 수 있다. 사고 현장의 정보를 통해 사고 유형을 전복사고 침몰사고로 구분하여 장비를 운영해야 한다(그림 3.125).

전복 사고의 경우는 선체에 부착하여 신호를 청음하는 본체부와 헤드셋만을 운영한다. 전복사고는 신속한 긴급 대응이 중요하므로, 높은 파도 등으로 구조사가 선내로 진입이 어려운 경우에 플로팅부이를 통해 선박을 안정화 시키는 동시에 해상 전복 선박의 선저에서 헤드셋이 연결된 본체부를 에어포켓의 형성 가능 부분에 접촉하여 직접 증폭된 소리를 통해 요구조자를 확인할 수 있다. 해상의 선박, 파도, 바람 등의 소음으로 요구조자를 미식별하는 문제를 경감시킬 수 있으며, 청음 효율성을 높이기 위하여 노이즈캔슬링이 적용된 헤드셋이 매우 유용하다.

침몰사고의 경우는 현장 출동시의 인력과 출동 선박의 규모에 따라 수중통신 방법을 달리하여야 한다. 한편 편제로 긴급 출동하는 경우는 수중 UT-AM 통신 방식을 사용하고, 한편 출동시에는 유무선 해상 WIFI 부이를 사용할 수 있다. 한편 출동시에는 사고 현장의 환경조건을 고려하여 부이를 투하하기 어려운 높은 파도 환경에서는 구조작업 효율성 측면에서 수중 UT-AM 통신 방식이 유리하다. 또한 주변의 밀집된 구조 선박 등에 의해 주변 소음이 높은 경우는 깨끗한 음질의 소리를 획득하기 위하여 유무선 해상 WIFI 부이의 사용을 권장한다. 그러나, 파도도 낮고 주변 소음도 적은 환경은 수중 UT-AM 통신의 사용도 가능하다.

각 통신 방법으로 송신된 신호를 해상 구조함의 Deck Unit에서 수신하여 선체 부착형 청음시스템 운영 소프트웨어가 탑재된 PC를 통해 음성 또는 신호 분석 그래프를 통해 생존자를 탐지할 수 있다.

대형 침몰 선박 사고는 선체 내의 생존자를 구조사가 직접 확인할 수 없기 때문에 선체 부착형 청음시스템은 요구조자를 확인하는 초기 장비로 활용되어야 한다. 요구조자의 구조 요청 신호로 판단되는 신호가 감지되는 경우, 잠수 구조사에 대한 수색 지휘를 통해 인명 구조를 수행하여야 한다. 현재 연구 개발을 통해 제작된 1식의 장비로는 선체 내 요구조자의 위치를 정확히 파악할 수 없다. 따라서 구조 요청 음성신호가 확인되는 경우는 선체 부착 위치를 이동하면서 강하게 소리가 나는 위치를 탐색하는 작업을 수행할 수도 있다. 향후, 장비의 고도화를 통해 여러 대의 장비를 동시에 운영할 수 있는 시스템으로 개선되어야 한다.

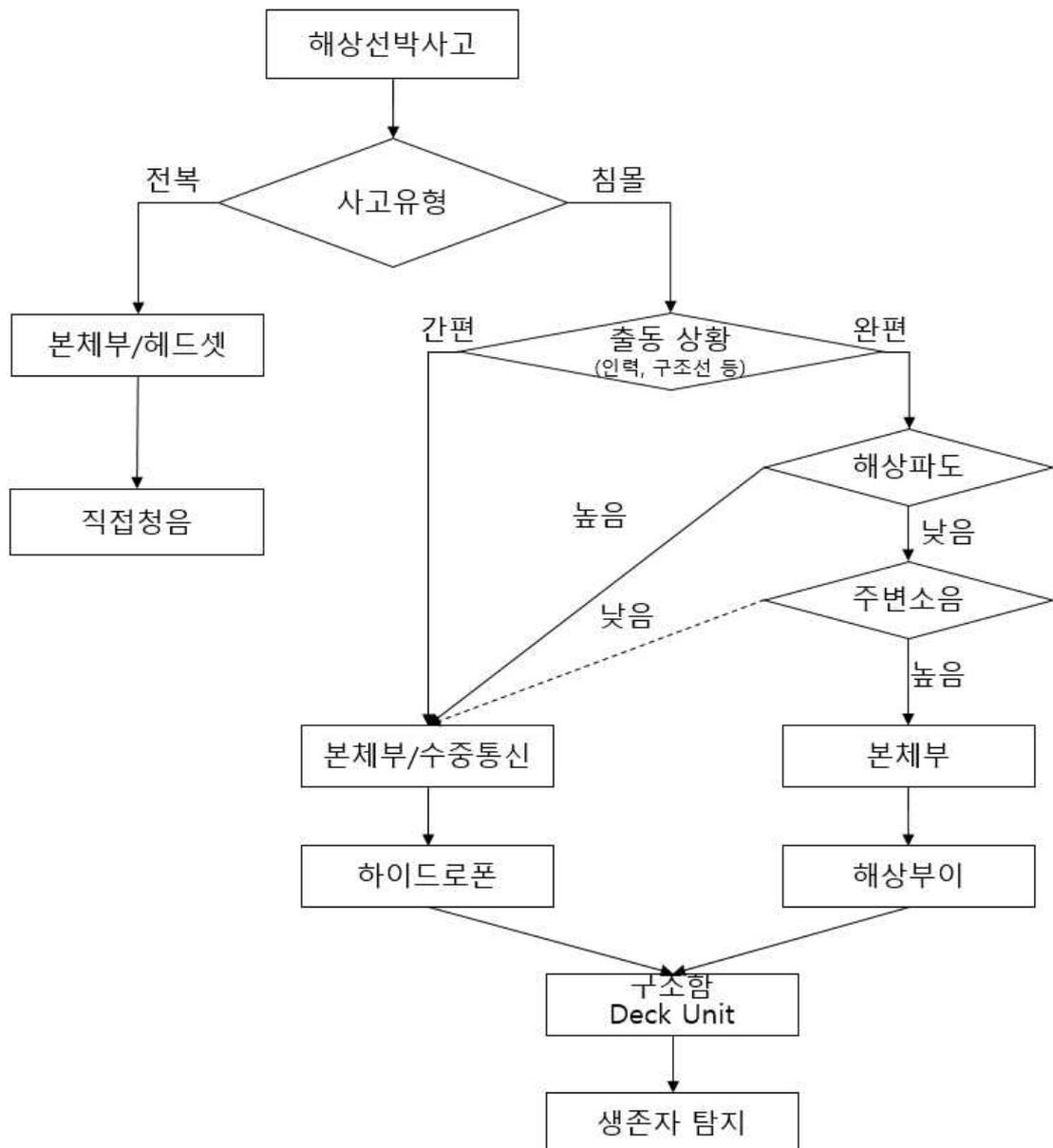


그림 3.125 선체 부착형 청음시스템 운영 시나리오

다. 음향소나 및 수중광학장비 연동체계 핵심 내용

저시정의 악조건을 극복하여 수중의 물체를 탐지하기 위한 음향소나와 수중광학센서를 연동하여 영상을 획득하기 위한 휴대용 다이버 영상 장비를 개발하였다.

음향영상을 획득하기 위한 음향소나는 다수 개의 센서로 되어 있으며, 각 센서들은 해당하는 영역의 이미지 영상을 취득한다. 소나 센서는 주파수가 $900\text{ kHz}(\pm 300\text{kHz})$ 이며, 수평으로 1도이며, 수직으로 26.6도의 설계 사양을 갖고 있다. 수평 센서는 물리적인 빔 각이며, 다수의 빔을 이용하여 120도로 구성하였다. 광학영상을 획득하는 광학카메라 렌즈에 의한 방사형 왜곡과 장비의 미세한 흔들림에 의한 영상 잡음을 제거하기 하기 위하여 영상보정과 영상 프레임 안정화 기술을 적용하였다.

휴대용 다이버 영상장비는 수중에서 다이버가 조이스틱 및 기본 버튼으로 장비를 제어할 수 있도록 직관성 있는 버튼 및 마우스 채택하였고, 해상에서 원격 접속 VNC 프로그램을 통해 유선으로 수중의 휴대용 다이버 영상 장비와 연결하여 수중 촬영 영상 확인 및 장비 제어를 가능하게 하였다.

2. 선체 부착형 청음시스템의 성능 시험

가. 선체 부착형 청음시스템 시험 성능 목표

개발한 시제품 ‘선체 부착형 청음시스템’의 목표 성능치(표 3.11)를 확인하기 위하여 총 8개 항목에 대한 성능 확인 시험을 한국조선해양기자재원에 의뢰하여 수행하였다. 수신감도 측정은 송신센서의 음원준위를 활용하여 수중청음장치의 수신 감도가 -150 dB 이상인지 확인하는 시험이며, 최대 청음주파수 측정은 신호 발생기를 통해 1kHz의 주파수 음을 송출하여 해당주파수 대역의 신호(1kHz) 검출 유무를 확인하는 시험이며, Noise Level 측정은 신호발생기로 500Hz~1kHz까지 신호를 송출하여 수신되는 주파수 신호 대비 노이즈 레벨의 차이가 -20dB 이상인지 확인하는 시험이며, 유선 통신 측정은 최대 샘플링 주파수를 측정하는 시험으로 샘플링주파수 설정(fs)을 40kHz 이상으로 설정하여 Power Spectrum의 최대주파수 fs/2를 확인하는 시험이다. 수중통신 측정은 UT-AM 장치를 통해 변조된 출력 신호를 수신하여 복조한 후에 주파수별 허용 범위 10% 이내인지 확인하는 시험이고, 운용 수심 측정은 개발된 시제품이 수중 100m의 압력에서 정상적으로 운영할 수 있는 방수 여부를 확인하는 시험이고, 사용시간 측정은 장비의 운영 가능한 24 시간을 확인하는 시험이고, 내진동 측정은 주파수 30 ~ 100 Hz로 1Grms의 힘이 가해질 때 장비의 이상유무를 확인하는 시험이다.

선체 부착형 청음시스템에 대한 공인 인증 성능 시험 확인은 최종목표치에 대하여 2019년에 5개 항목에 대하여 시험 성적서 KOMERI-0601-19T4831-1을 통하여 달성 완료하였으며, 2020년 10월에 운용수심과 사용시간에 대한 2개 항목의 성능 시험을 통하여 시험 성적서 KOMERI-0306-20T4129-A를 발급 받았다. 또한 시제품의 내진동에 관한 시험은 2021년 1월에 수행하여 목표치에 대한 성능 확인을 시험 성적서 KOMERI-0602-20T4839로 완료하였다.

표 3.11 선체 부착형 청음시스템의 최종 성능 목표 관련 성적서 번호

순번	성능 지표	최종 성능 목표	성적서 번호
1	수신 감도	-150 dB	KOMERI-0601-19T4831-1
2	최대 청음주파수	1 kHz	KOMERI-0601-19T4831-1
3	Noise Level	-20 dB	KOMERI-0601-19T4831-1
4	유선 통신	40 kHz 샘플링	KOMERI-0601-19T4831-1
5	수중 통신	오차율 10% 이하	KOMERI-0601-19T4831-1
6	운용수심	수심 100m 이상	KOMERI-0306-20T4129-A
7	사용시간	24시간	KOMERI-0306-20T4129-A
8	내진동	30 ~ 100 Hz	KOMERI-0602-20T4839

나. 선체 부착형 청음시스템 수신감도 측정 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5260

시험성적서 번호 :

KOMERI-0601-19T4831-1
http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



1. 수신 감도 시험

1.1 시험 환경

- 온도 (최저 20 °C / 최고 24 °C)
- 습도 (최저 29 % RH / 최고 74 % RH)

1.2 시험 규격

- 의뢰자 요구사항

1.3 시험 장비

	장비명	제작사	모델	일련번호	교정유효일자
◆	디지털 멀티미터	AGILENT	34410A	MY47008034	2020.08.12
◆	오실로스코프	Tektronix	DPO 4054	C022401	2020.08.12
◆	신호발생기	KEYSIGHT	33210A	MY57000520	2020.08.14
◆	전원공급기	Gwinstek	SPD 3606	EM873176	2020.08.12
◆	송신센서	Lubell labs	LL916	152.29	-
◆	증폭기	iNUKE	NU12000	S1300224AMS	-

1.4 시험 설치

- 송신센서(LL916)를 수조 1.5 m 깊이에 전방을 향하여 설치한다.
- 측정대상 시료인 수신센서(TC4032, 수중청음장치)를 송신센서와 마주보도록 설치하며 깊이는 1.5 m, 송신센서와의 거리는 2 m 위치에 설치 한다.
- 신호발생기(33210A)에서 Sine wave input voltage: 1 V_{pp}, Burst mode를 선택하여 5 cycle, PRF : 10 ms 로 설정한다.

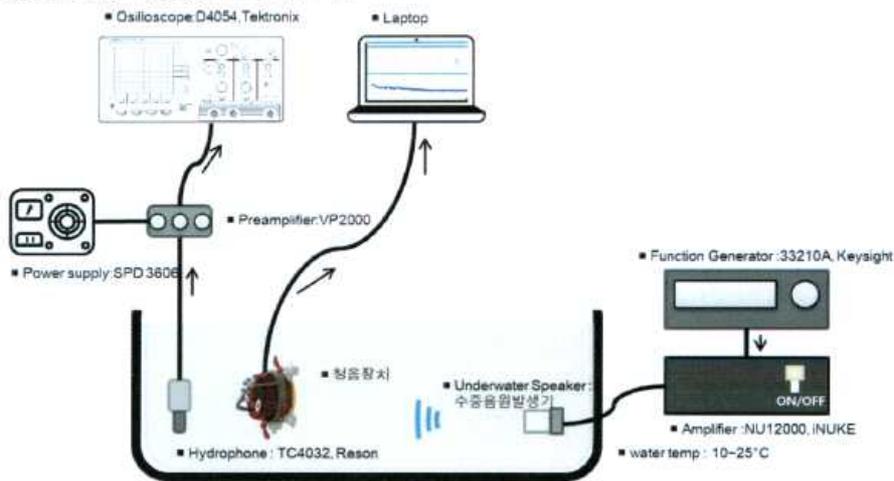


그림 1-1 시험 구성도



사진 1-1 시료 식별표

1.5 시험 절차

- 다기능 파형 발생기를 사용하여 200 Hz ~ 1 kHz의 범위의 신호를 100 Hz 간격으로 송신센서를 통해 신호를 발생시킨다.
- 기준센서인 TC4032의 수신전압은 오실로스코프로 확인하고, 측정대상 시료인 수신센서(수중청음장치)의 수신전압은 Sounder detector를 통해 확인한다.
- TC4032 신호와 비교하여 수중청음장치의 수신신호가 몇 dB 증폭되었는지 계산한다.
- 증폭된 dB값을 TC4032 수신감도에서 보상하여 측정 주파수 대역별 수중청음장치의 수신감도를 계산한다.
- 계산된 수신센서(수중청음장치)의 수신 감도가 -150 dB 이상인지 확인한다.
(측정 범위 : 200 Hz ~ 1 kHz)

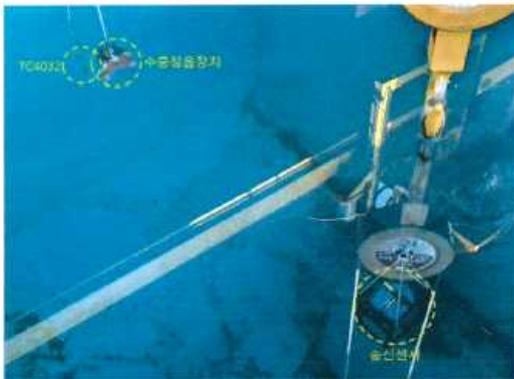


사진 1-2 시험 장면

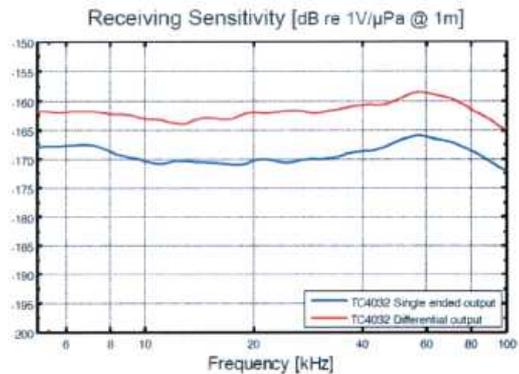


그림 1-2 TC4032 수신감도

※ 1 m 거리일 때 평균수신감도 -1675 dB

(범위 : 200 Hz ~ 1 kHz)

송신센서 - 수신센서 거리 2 m → $20 \times \log_{10} 2$ ≒ 6 dB

2 m 거리일 때 평균수신감도 -1735 dB



1.6 시험 결과

· 측정대상 시료인 수신센서(TC4032, 수중청음장치)의 RVS 시험 결과는 아래 표 1-1에서 보여주며, 계산된 수신센서(수중청음장치)의 수신감도가 측정 범위 200 Hz ~ 1 kHz 에서 -150 dB 이상임을 확인함.

표 1-1 수신 감도 시험 결과

(a) TC4032

Frequency (Hz)	Max.	Min.	Vp1
200	0.260	-0.200	0.460
300	0.500	-0.450	0.950
400	0.940	-0.810	1.750
500	1.050	-1.050	2.100
600	1.900	-1.600	3.500
700	0.980	-1.240	2.220
800	2.000	-2.000	4.000
900	1.840	-2.020	3.860
1 000	2.020	-2.140	4.160

(b) 수중청음장치

Frequency (Hz)	Max.	Min.	Vp2
200	0.509	-0.695	1.204
300	1.189	-1.064	2.253
400	2.601	-2.063	4.664
500	2.391	-2.398	4.789
600	3.247	-3.213	6.460
700	1.565	-1.680	3.245
800	3.523	-3.716	7.239
900	3.692	-3.768	7.460
1 000	3.777	-3.822	7.599

(c) 수중청음장치 수신감도

Frequency (Hz)	Vp2 / Vp1	dB	TC4032 거리보상 수신감도	수중청음장치 거리보상 수신감도
200	2.617	8.357	-173.5	-165.143
300	2.372	7.501	-173.5	-165.999
400	2.665	8.514	-173.5	-164.986
500	2.280	7.161	-173.5	-166.339
600	1.846	5.323	-173.5	-168.177
700	1.462	3.297	-173.5	-170.203
800	1.810	5.152	-173.5	-168.348
900	1.933	5.723	-173.5	-167.777
1 000	1.827	5.233	-173.5	-168.267

다. 선체 부착형 청음시스템 최대 청음 주파수 측정 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5260

시험성적서 번호 :

KOMERI-0601-19T4831-1

http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



2. 최대 청음 주파수 시험

2.1 시험 환경

- 온도 (최저 20 ℃ / 최고 24 ℃)
- 습도 (최저 29 % RH / 최고 74 % RH)

2.2 시험 규격

- 의뢰자 요구사항

2.3 시험 장비

	장비명	제작사	모델	일련번호	교정유효일자
◆	신호발생기	KEYSIGHT	33210A	MY57000520	2020.08.14
◆	송신센서	Lubell labs	LL916	15229	-
◆	증폭기	iNUKE	NU12000	S1300224AMS	-

2.4 시험 설치

- 송신센서(LL916)를 수조 1.5 m 깊이에 전방을 향하여 설치한다.
- 측정대상 시료인 수중청음장치를 송신센서와 마주보도록 설치하며 깊이는 1.5 m, 송신센서와의 거리는 2 m 위치에 설치 한다.
- 신호발생기(33210A)에서 Sine wave input voltage: 1 V_{pp}, Burst mode를 설정한다.

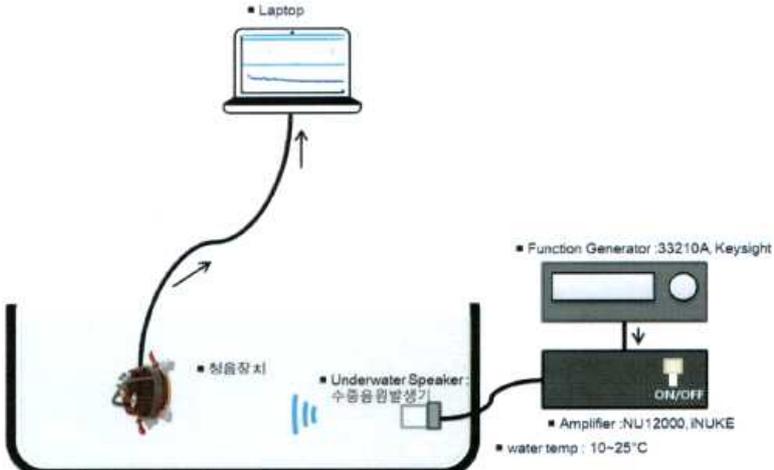


그림 2-1 시험 구성도



2.5 시험 절차

- 다기능 파형 발생기를 사용하여 1 kHz의 신호를 송신센서를 통해 신호를 발생시킨다.
- 청음장치로 들어오는 신호를 Sounder Detector를 통해 확인한다.
- 해당주파수 내역의 신호(1 kHz)가 검출되는지 확인한다.



사진 2-1 시료 식별표

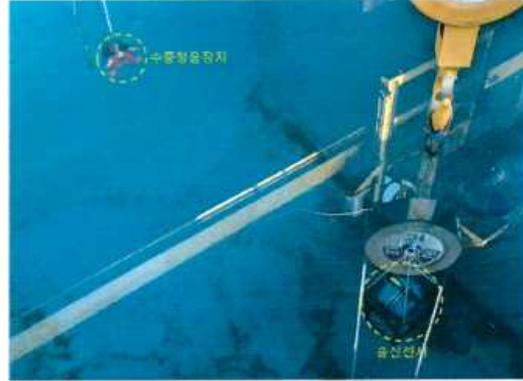
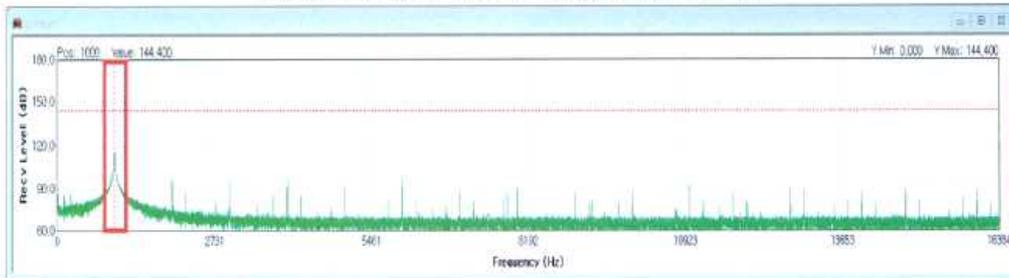


사진 2-2 시험 장면

2.6 시험 결과

- 측정대상 시료인 청음장치의 최대청음주파수 측정(1 kHz) 시험 결과는 아래 그림 2-2에서 보여주며, 1 kHz 내역의 신호가 검출되는 것을 확인함.

그림 2-2 최대청음주파수 측정(1 kHz) 시험 결과



라. 선체 부착형 청음시스템 Noise Level 측정 시험 결과



한국조선해양기자재연구원
 부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
 Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5260

시험성적서 번호 :
 KOMERI-0601-19T4831-1
<http://www.komeri.re.kr>

Korea
 Marine Equipment
 Research Institute



3. Noise Level 측정 시험

3.1 시험 환경

- 온도 (최저 20 °C / 최고 24 °C)
- 습도 (최저 29 % R.H. / 최고 74 % R.H.)

3.2 시험 규격

- 의뢰자 요구사항

3.3 시험 장비

	장비명	제작사	모델	일련번호	교정유효일자
◆	신호발생기	KEYSIGHT	33210A	MY57000520	2020.08.14
◆	송신센서	Lubell labs	LL916	15229	-
◆	증폭기	iNUKE	NU12000	S1300224AMS	-

3.4 시험 설치

- 송신센서(LL916)를 수조 1.5 m 깊이에 전방을 향하여 설치한다.
- 측정대상 시료인 수중청음장치를 송신센서와 마주보도록 설치하며 깊이는 1.5 m, 송신센서와의 거리는 2 m 위치에 설치 한다.
- 신호발생기(33210A)에서 Sine wave input voltage: 1 V_{pp}, Burst mode를 설정한다.

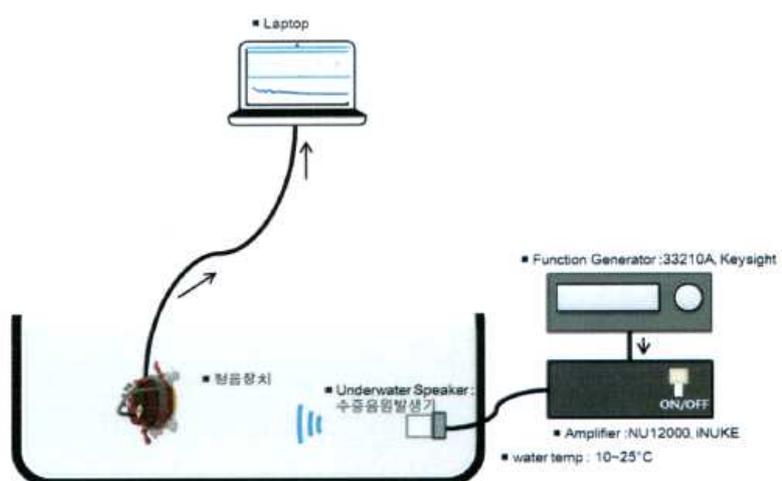


그림 3-1 시험 구성도



3.5 시험 절차

- 신호발생기를 사용하여 500 Hz ~ 1 kHz의 범위의 신호를 100 Hz 간격으로 송신센서를 통해 신호를 발생시킨다.
- 청음장치로 들어오는 신호를 Sounder Detector를 통해 확인한다.
- 수신되는 주파수 신호 대비 노이즈 레벨의 차이가 -20 dB 이상인지 확인한다.

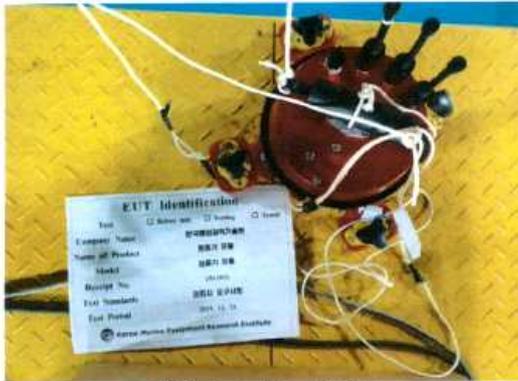


사진 3-1 시료 식별표

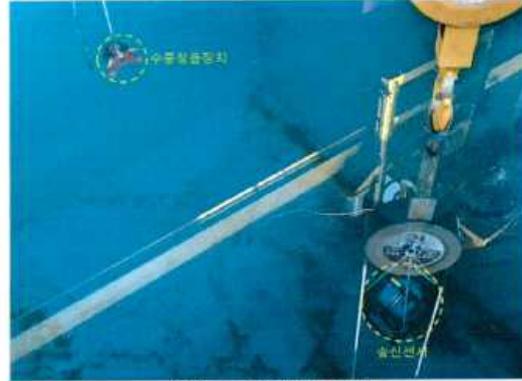
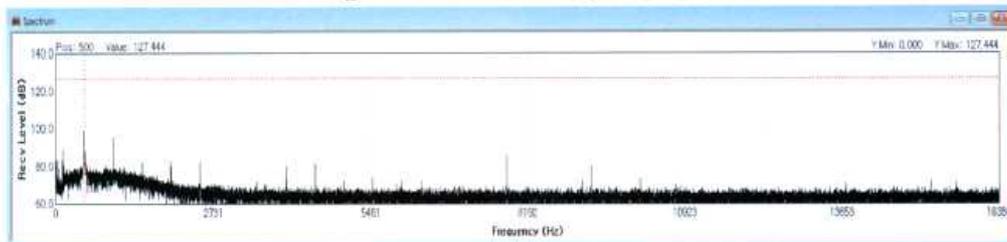


사진 3-2 시험 장면

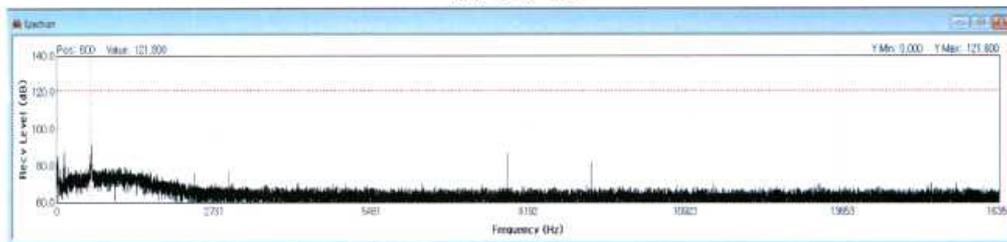
3.6 시험 결과

- 측정대상 시료인 청음장치의 Noise level 측정 시험 결과는 아래 그림 3-2에서 보여주며, 측정 범위 500 Hz ~ 1 kHz 에서 수신되는 주파수 신호 대비 노이즈 레벨 차이가 -20 dB 이상임을 확인함.

그림 3-2 Noise level 측정 시험 결과



(a) 500 Hz



(b) 600 Hz

마. 선체 부착형 청음시스템 유선 통신 측정 시험 결과

 한국조선해양기자재연구원 부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754) Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5260	시험성적서 번호 : KOMERI-0601-19T4831-1 http://www.komeri.re.kr	Korea Marine Equipment Research Institute	

4. 유선 통신 시험

4.1 시험 환경

- 온도 (최저 20 ℃ / 최고 24 ℃)
- 습도 (최저 29 % R.H. / 최고 74 % R.H.)

4.2 시험 규격

- 의뢰자 요구사항

4.3 시험 장비

	장비명	제작사	모델	일련번호	교정유효일자
◆	신호발생기	KEYSIGHT	33210A	MY57000520	2020. 08. 14
◆	송신센서	Lurbell labs	LL916	15229	-
◆	증폭기	iNUKE	NU12000	SI300224AMS	-

4.4 시험 설치

- 송신센서(LL916)를 수조 1.5 m 깊이에 전방을 향하여 설치한다.
- 측정대상 시료인 수중청음장치를 송신센서와 마주보도록 설치하며 깊이는 1.5 m, 송신센서와의 거리는 2 m 위치에 설치 한다.

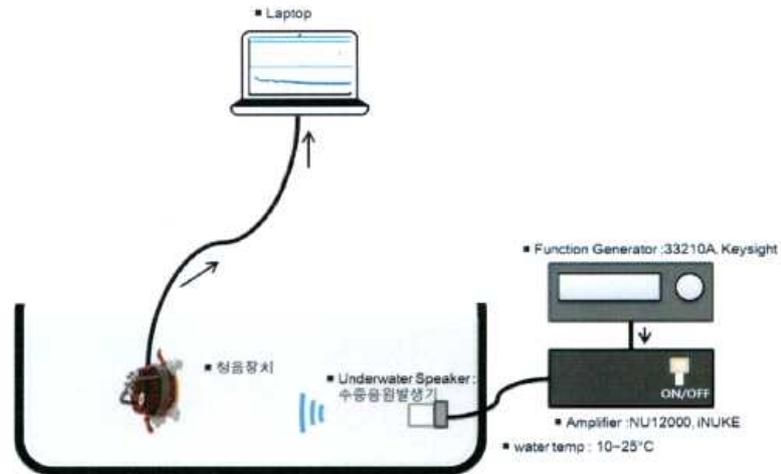


그림 4-1 시험 구성도



4.5 시험 절차

- 청음장치로 들어오는 신호를 Sounder Detector를 통해 확인한다.
- Sounder Detector의 샘플링주파수(f_s) 설정을 40 kHz 이상으로 설정하여, Power Spectrum의 최대주파수의 표시가 $f_s/2$ 로 표시되는지 확인한다.



사진 4-1 시료 식별표

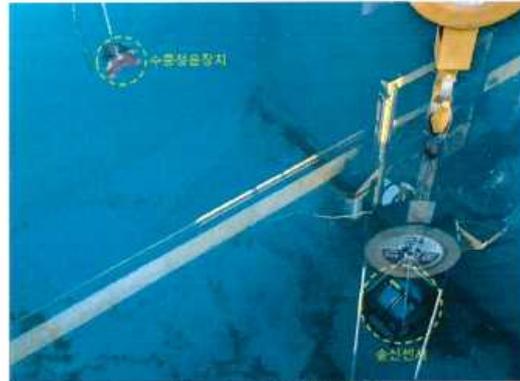


사진 4-2 시험 장면

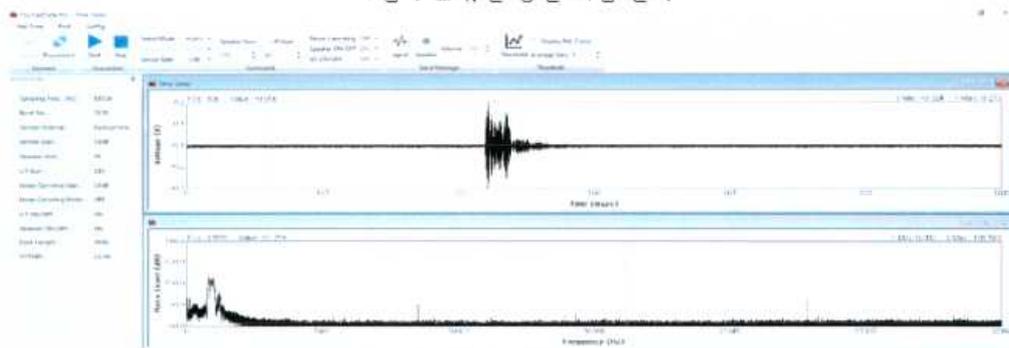
4.6 시험 결과

- 측정대상 시료인 청음장치의 유선 통신 시험 결과는 아래 표 4-1 및 그림 4-2에서 보여주며, Sounder Detector를 통해 확인해 본 결과 샘플링 주파수(f_s)는 40 kHz 이상으로 설정되었으며, Power Spectrum의 최대주파수도 $f_s/2$ 로 표시된 것을 확인함.

표 4-1 유선 통신 시험 결과

항목	샘플링 주파수(f_s)	Power Spectrum 최대주파수
설정값	65 536 Hz	32 768 Hz

그림 1-2 유선 통신 시험 결과



바. 선체 부착형 청음시스템 수중 통신 측정 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5260

시험성적서 번호 :

KOMERI-0601-19T4831-1

http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



5. 수중 통신 시험

5.1 시험 환경

- 온도 (최저 20 °C / 최고 24 °C)
- 습도 (최저 29 % RH / 최고 74 % RH)

5.2 시험 규격

- 의뢰자 요구사항

5.3 시험 장비

장비명	제작사	모델	일련번호	교정유효일자
◆ 신호발생기	KEYSIGHT	33210A	MY57000520	2020. 08. 14

5.4 시험 설치

- 청음용 UT장치를 수조 1.5 m 깊이에 설치한다.
- 수신센서(TC4032)를 청음용 UT장치와 평행하도록 설치하며 깊이는 1.5 m, 청음용 TU와의 거리는 5 m 위치에 설치한다.

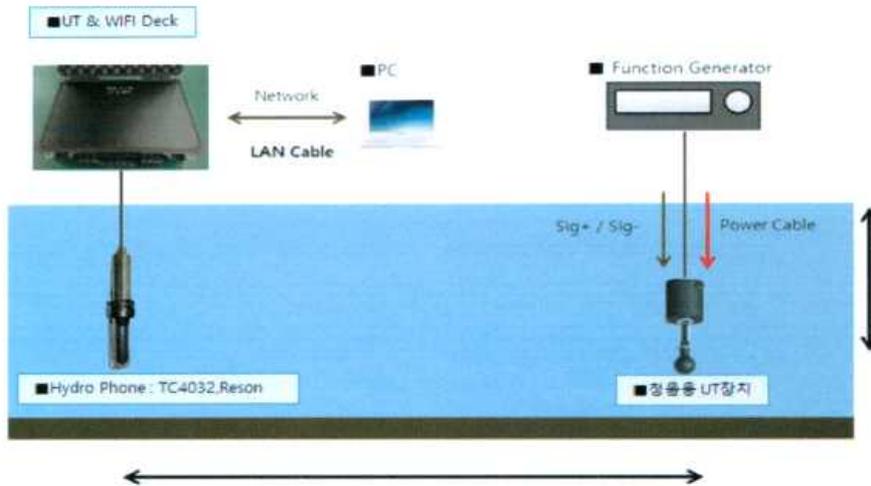


그림 5-1 시험 구성도



5.5 시험 절차

- 신호발생기에서 청음용 UT장치로 250 Hz / 500 Hz / 750 Hz / 1 kHz 의 신호를 발생하면 UT장치에서 변조된 출력신호를 송신하며, 이를 수신센서(TC4032)에서 신호를 받는다.
- 수신센서(TC4032)와 케이블로 연결된 UT & Wifi Deck 에서 복조 기능을 거친다.
- UT & Wifi Deck에서 복조를 거친 신호가 LAN Cable을 통해 Sounder Detector에서 각각의 주파수에서 주파수 출력을 확인한다.
- 측정된 주파수 출력값이 주파수별 허용 범위 10 % 이내인지 확인한다.



사진 5-1 시료 식별표

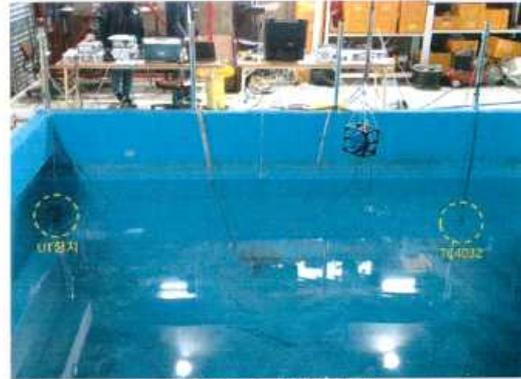


사진 5-2 시험 장면

5.6 시험 결과

- 수중 통신 시험 결과는 아래 표 5-1 및 그림 5-2에서 보여주며, 측정된 주파수를 확인해 본 결과 허용 범위 10 % 이내인 것을 확인함.

표 5-1 수중 통신 시험 결과

발생 주파수	주파수 측정값	허용 범위(10 %)
250 Hz	251 Hz	225 Hz ~ 275 Hz
500 Hz	501 Hz	450 Hz ~ 550 Hz
750 Hz	749 Hz	675 Hz ~ 825 Hz
1 000 Hz	999 Hz	900 Hz ~ 1 100 Hz

사. 선체 부착형 청음시스템 사용 시간 측정 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0306-20T4129-A
http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



1. 사용시간

1.1 시험 환경

- 온도 (최저 22 ℃ / 최고 24 ℃)
- 습도 (최저 48 % R.H. / 최고 50 % R.H.)

1.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

1.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ DC 전원 공급장치	SPD-3606	-	-
◆ 아날로그/디지털 멀티미터	34410A	MY47008034	2021. 08. 19

1.4 시료 설치

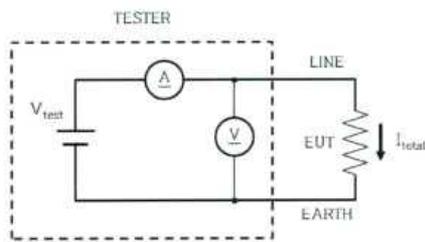


그림 1-1 시험구성도



사진 1-1 시료설치





15 시험 절차

- 디지털 멀티미터로 모듈에 인가되는 전류를 10 초 간격으로 10 회 측정하여 평균값을 산출한다.
- 평균값이 배터리 출력전류 보다 작거나 동일하여야 한다.
- 적용 배터리 : DTP7249135-51021RR, 3.7 V, 6.0 Ah
- 배터리 구성 : 직렬 3 set × 병렬 2 set

16 시험 결과

표 1-1 시험결과

입력전압	측정값 (A)	평균값 (A)	기준값 (A)	시험결과
DC 11.1 V	0.238	0.237 7	12	적합
	0.238			
	0.237			
	0.238			
	0.238			
	0.237			
	0.238			
	0.238			
	0.237			
	0.238			

- 끝 -

배터리 : 리튬폴리머(3.7VDC 6000mA) 6개

구 성: 배터리 3개를 직렬로 2개 구성 후, 이 셋트를 병렬로 구성(총 6개)

직렬성능효과 : $3.7 \times 3 = 11.1\text{VDC}$

병렬성능효과 : $6\text{A} \times 2 = 12\text{A}$

공인시험 : 시간당 소비전류 평균 0.237Ah (0.23A)

결 과 : $12\text{A} / 0.237\text{Ah} = 50.63 \text{ hour}$ (24시간 운용 충족)

아. 선체 부착형 청음시스템 운영 수심 측정 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우46754)
Tel. 051-400-5200, Fax. 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0306-20T4129-A
http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



2. 운용수심

2.1 시험 환경

- 온도 (최저 25 ℃ / 최고 26 ℃)
- 습도 (최저 55 % RH / 최고 58 % RH)

2.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

2.3 시험 장비

	장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆	수압챔버	-	-	-
◆	게이지압용 압력계	(0 ~ 7) MPa	218I72D0037	2021. 02. 23
◆	스톱워치	HS-80TW	903Q07R-1	2022. 08. 13

2.4 시료 설치

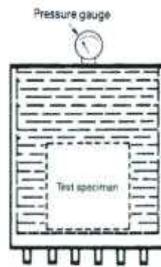


그림 2-1 시험구성도



사진 2-1 시료설치

KOMERI-Lab-P-78-03(1)

페이지(6) / 총(8)



G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : sL6P1YF1kOw=





2.5 시험 절차

- 청음장치 기구부를 압력 챔버에 넣어 100 m 압력(10 bar) 으로 10분간 유지한다.
- 시험 후 제품내부에 누수가 없어야 한다.

2.6 시험 결과

- 시험 후 제품내부에 물이 침투되지 않음.

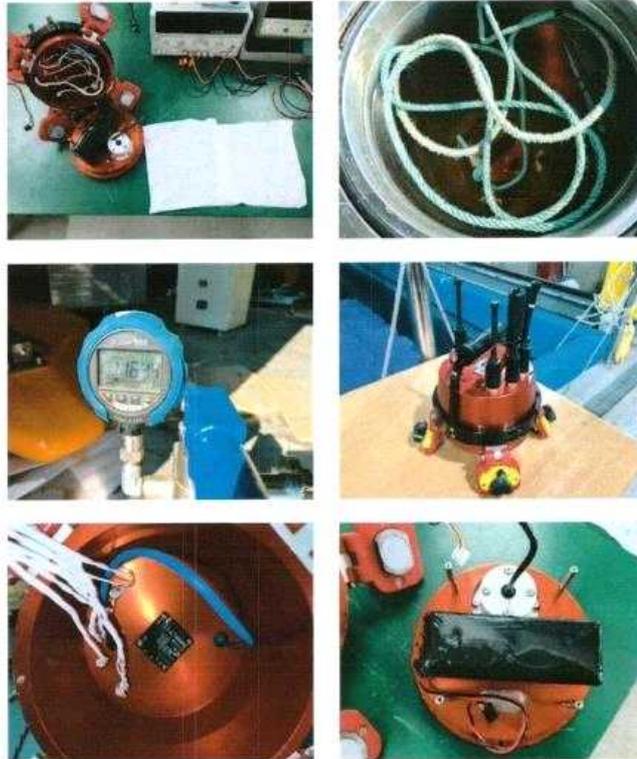


사진 2-2 시험결과

- 끝 -



자. 선체 부착형 청음시스템 내진동 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 미음산단 5로 35(우 46744)
Tel 051-400-5400, Fax 051-400-5410

시험성적서 번호 :

KOMERI-0602-20T4839

http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



1. 진동 시험

1.1 시험 환경

- 온도 (최저 19 °C / 최고 22 °C)
- 습도 (최저 33 % R.H. / 최고 39 % R.H.)

1.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

1.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ Medium vibration test machine-I	EDS3000LS4-445	D0902017	~ 2021. 05. 29
◆ Accelerometer	AC107-1A	5097	~ 2021. 03. 30

1.4 시료 설치

- 시료를 정상적인 지지 수단과 정상적인 형태로 진동대에 설치한다.

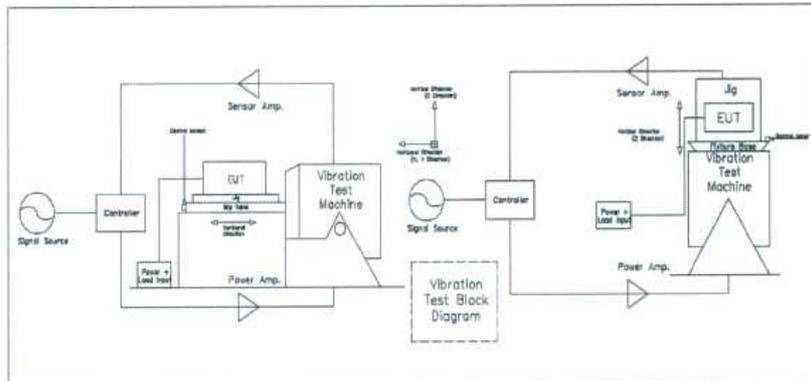


그림 1-1 시험 구성도

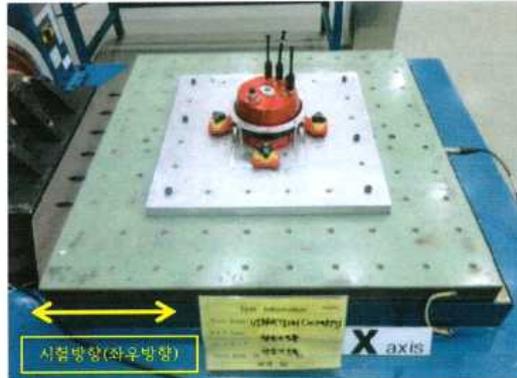


사진 1-1 X 축 설치



사진 1-2 Y 축 설치



사진 1-3 Z 축 설치



1.5 시험 절차

- 아래 표 1-1의 조건으로 랜덤진동을 인가한다.

표 1-1 랜덤진동 시험 조건

주파수 (Hz)	PSD (g ² /Hz)	Grms	시험 시간 (min)	시험 방향
30 ~ 100	0.014 286	약 1	60	X, Y, Z

※ 비고
 1. g ≒ 9.8 m/s²
 2. PSD = Power Spectral Density

1.6 시험 결과

1.6.1 랜덤진동 시험 그래프

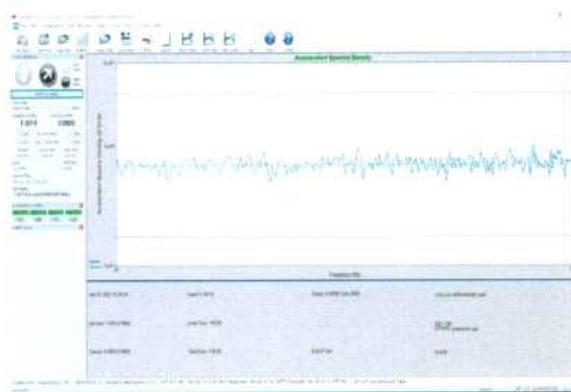


그림 1-2 X 축 랜덤진동

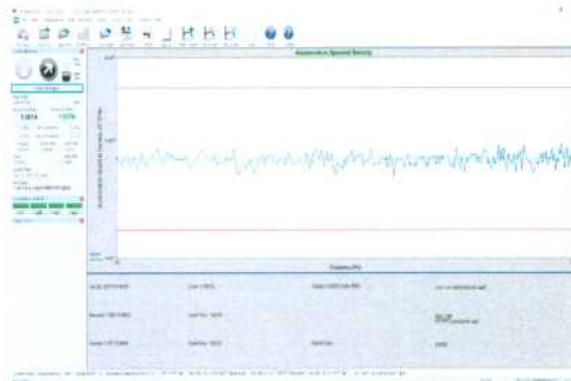


그림 1-3 Y 축 랜덤진동

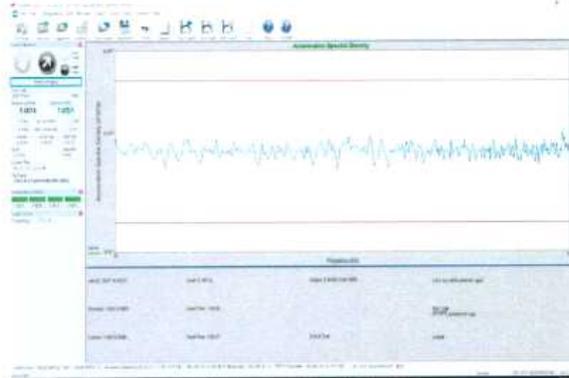


그림 1-4 Z 축 랜덤진동

16.2 결론

표 1-2 검사 결과

시험 항목	검사 항목	결과
진동 시험	성능 확인	적합
	육안 확인	적합

※첨부II. 체크리스트 참조



사진 1-4 시험 전 성능 확인



사진 1-5 시험 후 성능 확인

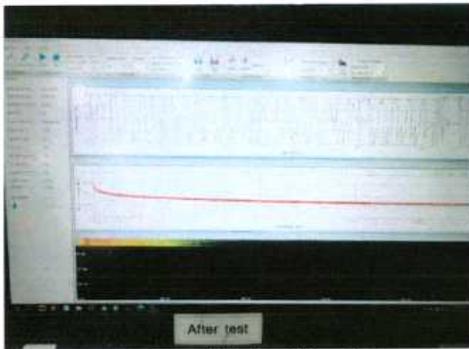


사진 1-6 시험 후 성능 확인



사진 1-7 시험 후 육안 확인



사진 1-8 시험 후 육안 확인



사진 1-9 시험 후 육안 확인

-끝-

3. 휴대용 다이버 영상 장비의 성능 시험

가. 휴대용 다이버 영상 장비 시험 성능 목표

개발한 시제품 ‘휴대용 다이버 영상 장비’의 목표 성능치(표 3.12)를 확인하기 위하여 총 8개 항목에 대한 성능 확인 시험을 한국조선해양기자재원에 의뢰하여 수행하였다. 최대탐지거리 측정은 실제 거리 60m 이상 되는 목표물의 음향소나 이미지를 확인하는 시험이며, 최대 range 측정은 장비의 소프트웨어를 통하여 100m Range를 설정하고 정상적으로 동작하는지 확인하는 시험이며, 최대 프레임수 측정은 장비 운영 소프트웨어로 Range를 5m로 설정하여 수평스케일의 송신 파형의 발신 간격이 15Hz 인지 확인하는 시험이며, 수중무게 측정은 개발된 시제품의 해수중 무게가 중성부력(0kg±1kg이하)인지 확인하는 시험이다. 사용시간 측정은 라이트 off 조건에서 장비의 운용 가능한 24시간을 측정하는 시험이고, 운용 수심 측정은 개발된 시제품이 수중 50m의 압력에서 정상적으로 운영할 수 있는 방수 여부를 확인하는 시험이고, 빔각 측정은 시제품의 음향 소나에서 수평 120° 범위내의 물체를 탐지할 수 있는지 확인하는 시험이며, 내진동 측정은 주파수 30 ~ 100 Hz로 1Grms의 힘이 가해질 때 장비의 이상유무를 확인하는 시험이다.

휴대용 다이버 영상 장비에 대한 공인 인증 성능 시험 확인은 2021년 1월 13일에 7개 항목에 대하여 수행하였고, 내진동 1개 항목은 2021년 1월 21일에 진행하였다. 공인 인증 기관인 한국조선해양기자재연구원을 통한 성능 시험을 통하여 개발 시제품의 성능 목표치에 대한 시험성적서를 KOMERI-0311-20T4999와 KOMERI-0602-20T4998로 발급받았다.

표 3.12 휴대용 다이버 영상 장비의 최종 성능 목표 관련 성적서 번호

순번	성능 지표	최종 성능 목표	성적서 번호
1	최대 탐지거리	60m 이상	KOMERI-0311-20T4999
2	최대 range	100m	KOMERI-0311-20T4999
3	최대 프레임수	15 Hz 이상	KOMERI-0311-20T4999
4	수중무게	0 kg	KOMERI-0311-20T4999
5	사용 시간	2 시간 이상	KOMERI-0311-20T4999
6	운용 수심	50m	KOMERI-0311-20T4999
7	빔각	120°	KOMERI-0311-20T4999
8	내진동	30 ~ 100 Hz	KOMERI-0602-20T4998

나. 휴대용 다이버 영상 장비 최대 탐지거리 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0311-20T4999

<http://www.komeri.re.kr>

Korea
Marine Equipment
Research Institute



1. 최대탐지거리

1.1 시험 환경

- 온도 (최저 8.0 ℃ / 최고 10.3 ℃)
- 습도 (최저 44.7 % R.H. / 최고 50.6 % R.H.)

1.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

1.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ 레이저 거리 측정기	Leica DISTO™ X310	0852650644	~ 2021. 07. 22
◆ 레이저 거리 측정기	ProXC	001735	-

1.4 시료 설치

- 시료는 정상적으로 작동되는 구성으로 설치한다.



사진 1-1 시료 설치



1.5 시험 절차

- 60 m 이상 측정 가능한 지역에서 다이버영상장비를 설치한다.
- DiverNavi S/W의 음향소나 이미지를 확인하여 목표물과의 거리가 60 m 이상인지 확인한다.

1.6 시험 결과

- 60 m 이상 측정 가능한 지역에서 목표물과의 거리는 최소 69 m 였음.
- DiverNavi S/W 에서 데이터를 저장한 후 식별소나 - 초음파카메라 S/W 로 목표물과의 거리를 측정한 결과 69.392 m 였음.



사진 1-2 다이버영상장비 설치



사진 1-3 목표물



사진 1-4 데이터 저장

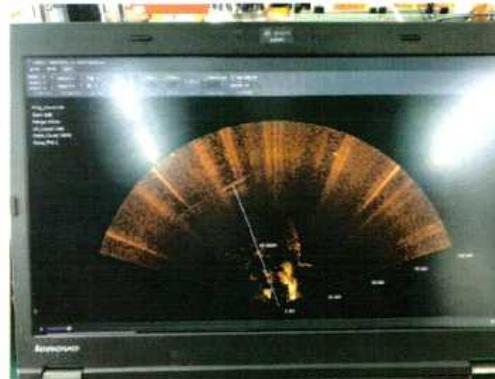


사진 1-5 거리 측정

다. 휴대용 다이버 영상 장비 최대 range 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

시험성적서 번호 :

KOMERI-0311-20T4999

Korea
Marine Equipment
Research Institute



부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

<http://www.komeri.re.kr>

2. 최대 range

2.1 시험 환경

- 온도 (최저 8.0 °C / 최고 10.3 °C)
- 습도 (최저 44.7 % R.H. / 최고 50.6 % R.H.)

2.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

2.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ -	-	-	-

2.4 시료 설치

- 시료는 정상적으로 작동되는 구성으로 설치한다.



사진 2-1 시료 설치



2.5 시험 절차

- 다이버영상장비의 S/W 인 DiverNavi 를 운용하여 음향소나 장비를 동작시킨다.
- 음향소나장비의 Range 를 100 m 로 설정한다.

2.6 시험 결과

- DiverNavi S/W 에서 100 m Range 가 설정 가능하였음.



사진 2-2 Range 100 m 설정



사진 2-3 Range 100 m 설정 확인

라. 휴대용 다이버 영상 장비 최대 프레임수 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0311-20T4999

<http://www.komeri.re.kr>

Korea
Marine Equipment
Research Institute



3. 최대 프레임수

3.1 시험 환경

- 온도 (최저 8.0 ℃ / 최고 10.3 ℃)
- 습도 (최저 44.7 % R.H / 최고 50.6 % R.H)

3.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

3.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ -	-	-	-

3.4 시료 설치

- 시료는 정상적으로 작동되는 구성으로 설치한다.



사진 3-1 시료 설치



3.5 시험 절차

- 다이버영상장비의 S/W 인 DiverNavi 를 운용하여 음향소나 장비를 동작시킨다.
- 음향소나장비의 Range 를 5 m 로 설정한다.
- DiverNavi S/W 정보창에서 FPS 값을 확인한다.

3.6 시험 결과

- DiverNavi S/W 에서 5 m Range 를 설정한 후 Data_FPS 값을 확인한 결과 16 이었음.



사진 3-2 Range 설정 5 m

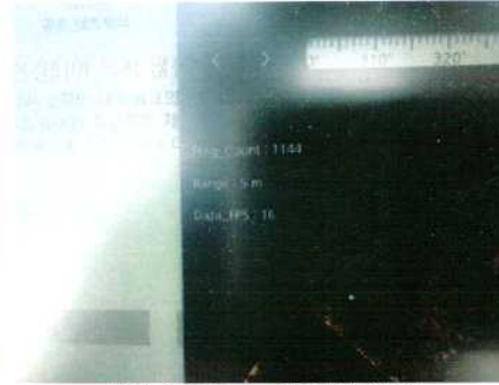


사진 3-3 Data_FPS 값 확인

마. 휴대용 다이버 영상 장비 수중무게 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0311-20T4999

<http://www.komeri.re.kr>

Korea
Marine Equipment
Research Institute



4. 수중무게

4.1 시험 환경

- 온도 (최저 13.1 °C / 최고 18.0 °C)
- 습도 (최저 30.2 % R.H. / 최고 50.6 % R.H.)

4.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

4.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ 전기식 지시저울 (크레인 저울)	TC-IT	TC13018	~ 2021. 02. 26

4.4 시료 설치

- 시료는 정상적으로 작동되는 구성으로 설치한다.



사진 4-1 시료 설치



4.5 시험 절차

- 크레인 저울을 크레인에 설치한다.
- 시료(다이버영상장비)에 로프 혹은 슬링벨트를 연결하고 반대편을 크레인 저울에 연결한다.
- 크레인을 이동시켜 시료를 수중에 투입하여 측정되는 무게 값을 확인한다.

4.6 시험 결과

- 수중에 투입하기 전 시료(다이버영상장비)의 무게는 24.8 kg 이었고, 수중에 투입한 후 측정되는 무게는 0 kg 이었음.



사진 4-2 무게 측정 (수중 투입 전)

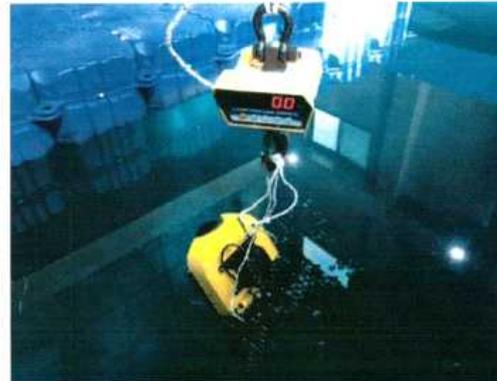


사진 4-3 무게 측정 (수중 투입 후)

바. 휴대용 다이버 영상 장비 사용시간 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0311-20T4999

<http://www.komeri.re.kr>

Korea
Marine Equipment
Research Institute



5. 사용시간

5.1 시험 환경

- 온도 (최저 13.1 °C / 최고 18.0 °C)
- 습도 (최저 30.2 % R.H. / 최고 50.6 % R.H.)

5.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

5.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ 직류 전원 공급기	SPD-3606	EP842518	~ 2021. 02. 19
◆ 아날로그/디지털 멀티미터	34410A	MY47008034	~ 2021. 08. 19

5.4 시료 설치

- 시료는 정상적으로 작동되는 구성으로 설치한다.



사진 5-1 시료 설치



5.5 시험 절차

- 다이버영상장비의 배터리 하우징을 분리해 배터리를 연결을 빼고 DC전원공급기와 연결한다.
- 전원공급기 전압은 DC 25.9 V, 전류는 5 A 이상으로 설정한다.
- 다이버영상장비, 카메라, 음향소나 전원을 인가하여 소비전류를 측정한다. (라이트는 OFF)
- 10회 측정 후 평균 값을 계산한다.

5.6 시험 결과

- 시험결과는 표 5-1 과 같음.

표 5-1 시험결과

측정횟수	전류 측정결과	평균 값
1회	2.357 5 A	2.446 2 A
2회	2.415 9 A	
3회	2.427 4 A	
4회	2.480 6 A	
5회	2.309 9 A	
6회	2.276 4 A	
7회	2.572 2 A	
8회	2.521 9 A	
9회	2.472 9 A	
10회	2.627 6 A	

배터리 : 리튬폴리머(3.7VDC 7300mA) 7개

구 성: 배터리 7개를 직렬로 구성(총 7개)

직렬성능효과 : 3.7VDC × 7 = 25.9VDC

공인시험 : 시간당 소비전류 평균 2.446Ah

결 과 : 7.3A / 2.446h = 2.98 hour (2시간 운용 충족)



6. 운용수심

6.1 시험 환경

- 온도 (최저 13.1 °C / 최고 18.0 °C)
- 습도 (최저 30.2 % R.H. / 최고 50.6 % R.H.)

6.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

6.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ 게이지압용 압력계 (디지털형)	(0 ~ 7) MPa	218172D0037	~ 2021. 02. 24
◆ 초시계	HS-3	225085	~ 2022. 06. 25

6.4 시료 설치

- 시료는 정상적으로 작동되는 구성으로 설치한다.



사진 6-1 시료 설치



6.5 시험 절차

- 다이버영상장비 분해한다. (음향소나, 수중카메라, 수중라이트 기성품 제외)
- 총 3개의 배터리하우징, 센서하우징, 메인하우징의 내부보드를 제거한다.
- 압력챔버에 동시에 3개의 하우징을 투입시킨다.
- 5 bar 이상으로 압력을 천천히 가한 후 5 min 이상 유지한다.
- 압력 제거 후 각각의 하우징을 열어 내부에 누수가 발생했는지 확인한다.
※ 참고로 소량의 몇 방울은 하우징 개방 시 들어갈 수 있음.

6.6 시험 결과

- 총 3개의 배터리하우징, 센서하우징, 메인하우징의 압력시험(5 bar 이상, 5 min 이상 유지) 이후 개방하여 누수여부를 확인한 결과 누수가 발생하지 않았음.



사진 6-2 배터리하우징(압력시험 전)



사진 6-3 센서하우징(압력시험 전)

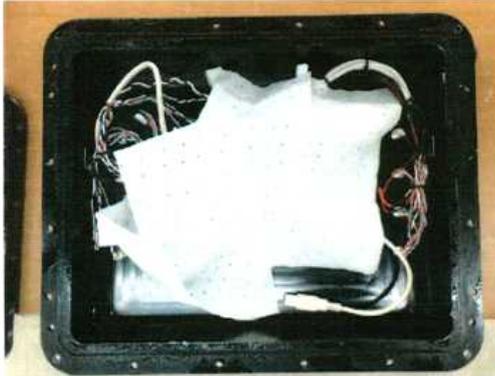


사진 6-4 메인하우징(압력시험 전)

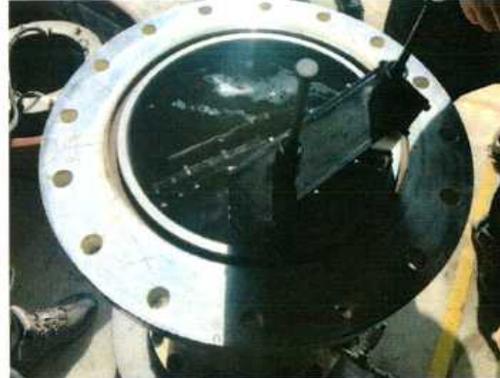


사진 6-5 3개의 하우징 투입



사진 6-6 압력시험



사진 6-7 배터리하우징(압력시험 후)



사진 6-8 센서하우징(압력시험 후)

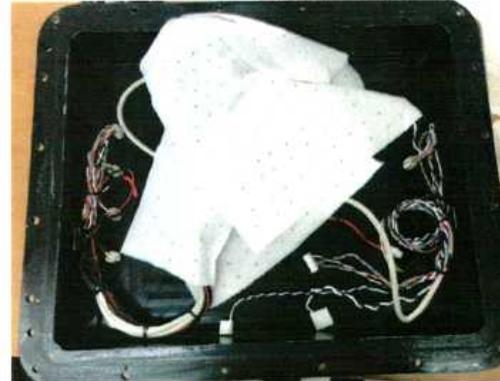


사진 6-9 메인하우징(압력시험 후)

아. 휴대용 다이버 영상 장비 빔각 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0311-20T4999

<http://www.komeri.re.kr>

Korea
Marine Equipment
Research Institute



7. 빔각

7.1 시험 환경

- 온도 (최저 13.1 °C / 최고 18.0 °C)
- 습도 (최저 30.2 % R.H. / 최고 50.6 % R.H.)

7.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

7.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ 표준내·외경줄자 (섬유제 줄자)	(0 ~ 100) m	KMC-1600	~ 2022. 06. 08

7.4 시료 설치

- 시료는 정상적으로 작동되는 구성으로 설치한다.

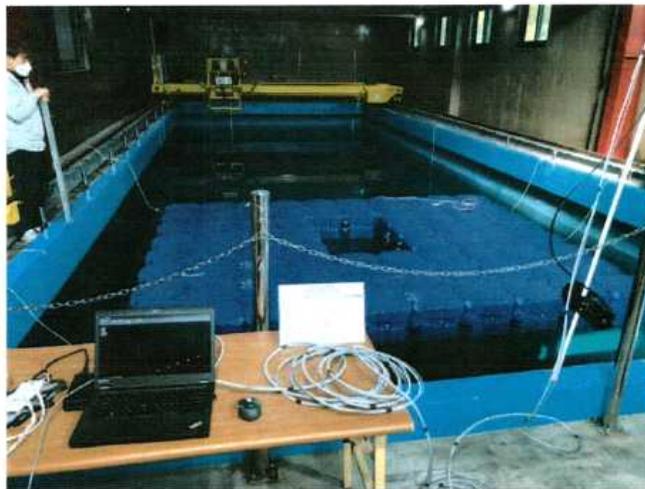


사진 7-1 시료 설치



7.5 시험 절차

- 음향소나를 풀대에 설치한다.
- 음향소나와 음향소나용 통신전원케이블을 연결한다.
- 통신전원케이블의 전원단자와 전원공급기와 연결한다.
- 통신전원케이블의 LAN 단자를 노트북과 연결하고 IP를 설정한다.
- 음향소나를 수조에 장착하고 전원을 인가한다.
- 식별소나 - 초음파카메라 S/W 를 동작하여 운용 Range 를 10 m 이상으로 설정한다.
- 120° 빔각을 확인하기 위해 그림 1-1 위치($R = 4.2\text{ m}$)에 탐지범위 측정용 타겟을 수중에 투입하여 타겟 1, 2 가 영상에 인식되는지 확인한다.

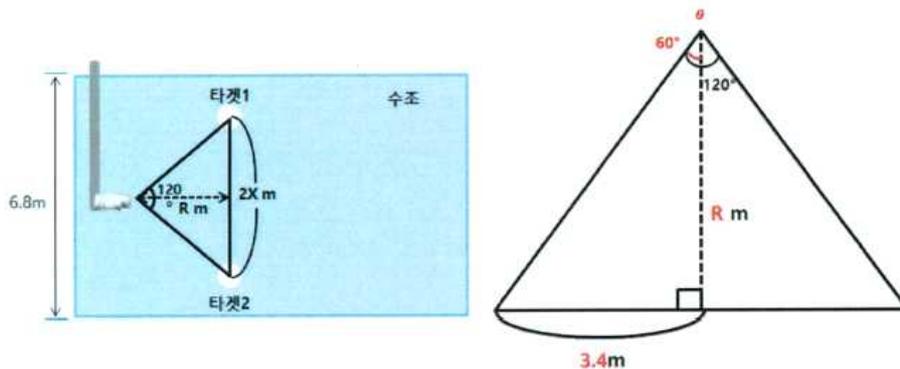


그림 7-1 타겟 1, 2 설치 위치

7.6 시험 결과

- 그림 7-1($R = 4.2\text{ m}$)과 같이 타겟을 설치하여 확인한 결과 타겟 1, 2 모두 영상에서 인식되었음.



사진 7-2 음향소나 길이 측정



사진 7-3 타겟 위치 표시(4.2 m)



사진 7-4 타겟 1, 2 미설치

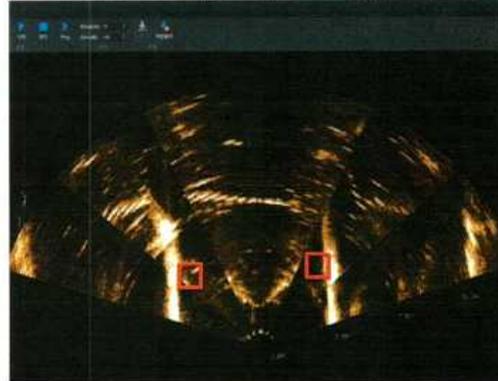


사진 7-5 타겟 1, 2 미설치 영상



사진 7-6 타겟 1, 2 설치



사진 7-7 타겟 1, 2 설치 영상

자. 휴대용 다이버 영상 장비 내진동 시험 결과



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 미음산단 5로 35(우 46744)
Tel 051-400-5400, Fax 051-400-5410

시험성적서 번호 :

KOMERI-0602-20T4998

http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



1. 진동 시험

1.1 시험 환경

- 온도 (최저 17 °C / 최고 21 °C)
- 습도 (최저 27 % R.H. / 최고 35 % R.H.)

1.2 시험 규격

- 신청자 요구사항

1.3 시험 장비

장비명	모델	일련번호	교정유효일자
◆ Medium vibration test machine-I	EDS3000LS4-445	D0902017	~ 2021. 05. 29
◆ Accelerometer	AC107-1A	5097	~ 2021. 03. 30

1.4 시료 설치

- 시료를 정상적인 지지 수단과 정상적인 형태로 진동대에 설치한다.

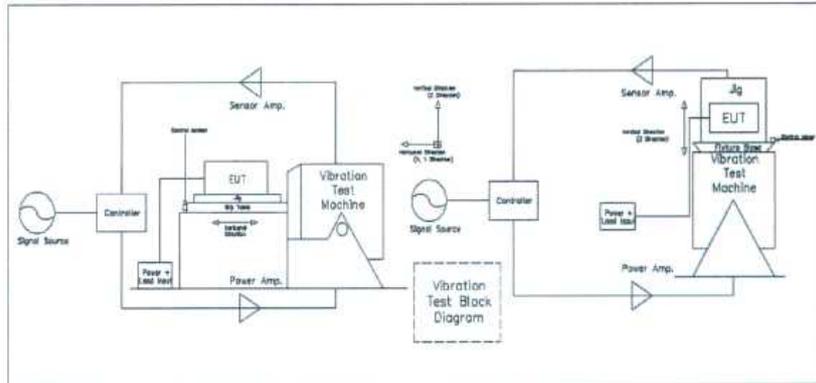


그림 1-1 시험 구성도



사진 1-1 X 축 설치



사진 1-2 Y 축 설치



사진 1-3 Z 축 설치



1.5 시험 절차

- 아래 표 1-1의 조건으로 랜덤진동을 인가한다.

표 1-1 랜덤진동 시험 조건

주파수 (Hz)	PSD (g ² /Hz)	Grms	시험 시간 (min)	시험 방향
30 ~ 100	0.014 286	약 1	60	X, Y, Z

※ 비고
 1. g ≙ 9.8 m/s²
 2. PSD = Power Spectral Density

1.6 시험 결과

1.6.1 랜덤진동 시험 그래프

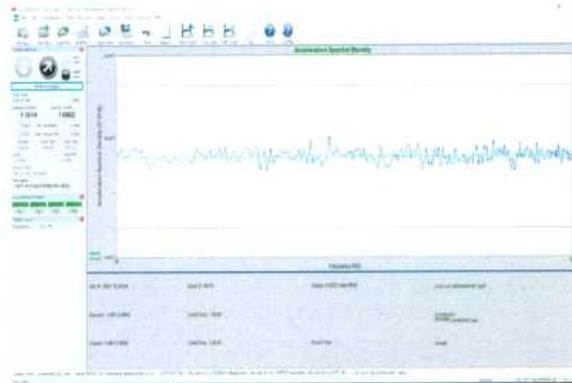


그림 1-2 X 축 랜덤진동

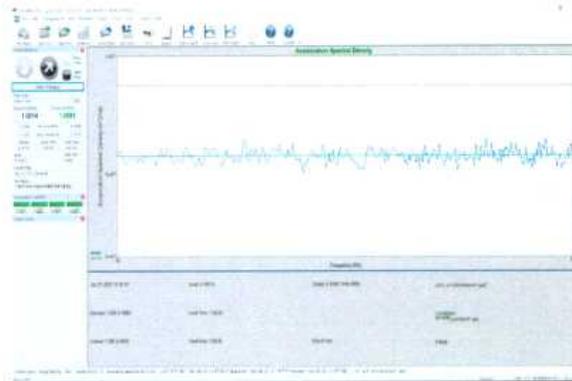


그림 1-2 V 축 래더지도

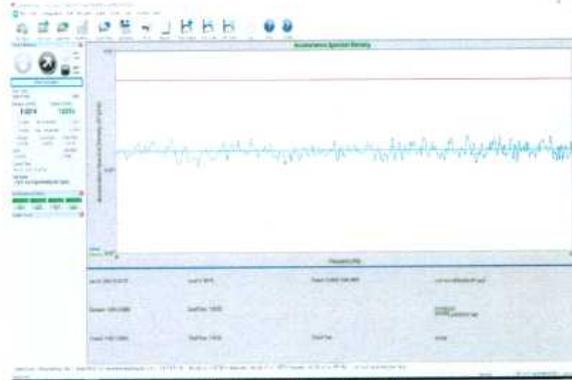


그림 1-4 Z 축 랜덤진동

1.6.2 결론

표 1-2 검사 결과

시험 항목	검사 항목	결과
진동 시험	성능 확인	적합
	육안 확인	적합
※첨부II, 체크리스트 참조		



사진 1-4 시험 전 성능 확인



사진 1-5 시험 후 성능 확인

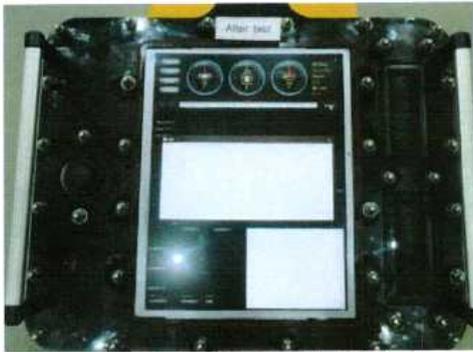


사진 1-6 시험 후 성능 확인



사진 1-7 시험 후 육안 확인



사진 1-8 시험 후 육안 확인



사진 1-9 시험 후 육안 확인

제 6 절 시제품 운영 매뉴얼

1. 선체 부착형 청음시스템 운영 매뉴얼

바다에서 찾은 국민의 행복, 인류에 공헌하는 해양과학기술

선체 생존자 탐지용 프로그램 운용매뉴얼

Version 1.1

2020.12



한국해양과학기술원

(우) 49111 부산광역시 영도구 해양로 385 (동삼동 1166)

Tel: +82-51-664-3600

www.kiost.ac.kr

<제목 차례>

1. 장비 구성	1
1.1. 장비 사양	1
1.2. 본체 구성품 사양	2
1.3. 장비 결선도	3
1.4. 장비 상태표시부	6
1.5. 블루투스 송신기	8
2. 장비 운영 시나리오	9
2.1. 전복사고 운용 방법	9
2.2. 침몰사고 운용 방법	9
3. 장비 연결	11
3.1. 장비 세팅	11
3.2. 장비 연결	14
4. 운용프로그램 기본구성	15
5. 전시화면	16
5.1. 정보 창	16
5.2. 신호 창	18
6. 리본메뉴	20
6.1. Real Time (실시간)	20
6.2. Post (후처리)	22
6.3. Config. (설정)	22
7. 기타 유의사항	23
7.1. 수중 운영 시 수중커넥터 분리 유의	23
7.2. 연결 커넥터 관리	23

1. 장비 구성

1.1. 장비 사양

선체 부착형 청음시스템은 다음의 장비로 구성되어 있다.

- 선체 부착형 청음시스템 본체부
- 수중 UT-AM 통신 모듈
- 해상 WIFI 부이
- Deck unit
- 블루투스 송신기
- 스위치 박스

선체 부착형 청음시스템 본체부의 기술적 사양은 다음과 같다.

항 목	사 양	비고
통신방식	100Mbps Ethernet UDP	
배터리	리튬폴리머 11.1V 12A	
운용시간	최대 24시간	
최대운용수심	100m	
증폭	-10dB ~ 50dB 8step	
인터페이스	UT-AM 무선 통신 모듈	Freq: 25kHz, 32.768kHz 사용시간 : 12시간
	유무선 WIFI Buoy	Freq: 2.4G RF 사용시간 : 24시간
	Bluetooth송신기, 외부 스피커, Remote 스위치	
Sampling Rate	2.048kHz ~ 65.536kHz	
최대청음주파수	1kHz 이상	

- UT 수중무선 통신은 AM 통신을 위하여 SSB 방식 사용.
- 보드의 Dip 스위치 조작을 통하여 사용 주파수는 32.768 ~34.768 kHz, 30.768 ~32.768 kHz, 25 ~ 27 kHz, 23 ~ 25 kHz의 4개 주파수 대역을 선택

- UT의 주파수 밴드폭은 음성 주파수 대역을 기준으로 정하였으며, 10Hz~2kHz까지 밴드패스 필터가 적용됨

1.2. 본체 구성품 사양

- 청음센서 (HTI-94)

항목	사양
주파수 범위	2Hz ~ 30kHz
센서자체수신감도	-198 dB re 1V/uPa
센서내장앰프감도	-160.7 dB re 1V/uPa

- 진동센서

항목	사양
Sensitivity(pC/g)	20pC/g
Frequency Response(Hz)	1Hz ~ 6kHz
Operating Temperature	-73°C ~ +260°C
Capacitance(pF)	1050pF
Dynamic Range(g)	±1250

- 송신센서 (D26)

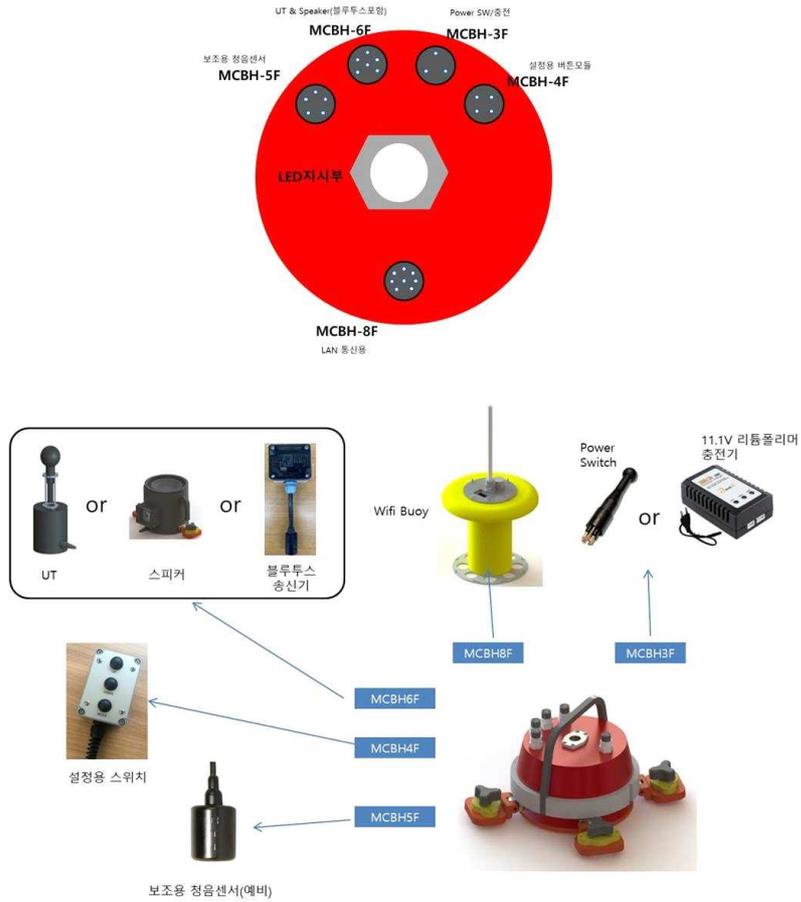
항목	사양
Resonant Frequency (Nominal)	26 kHz
Beam Pattern	Omni ± 2 dB up ~ 35 kHz
Transmit Sensitivity	148 dB re 1μPa/V @ 1m

- 수신센서 (TC-4032)

항목	사양
Useable Bandwidth	5 Hz ~ 120 kHz
Receive Sensitivity (dB re. 1V/uPa)	-170 (-164 differential)

1.3. 장비 결선도

1) 커넥터별 기능



[침음장치 시스템 구성도]

2) Pin map

- LAN 통신용(MCBH-8F)

핀번호	항 목	비 고
1	TX+	10/100Mbps LAN UDP통신
2	TX-	
3	RX+	
4	RX-	
5	NC	
6	NC	
7	NC	
8	NC	

- 보조용 청음센서(MCBH-5F)

핀번호	항 목	비 고
1	9VDC	Hydrophone 전원
2	GND	
3	Signal	Hydrophone 신호
4	GND	
5	NC	

- Power 스위치/충전(MCBH-3F)

핀번호	항 목	비 고	
1	Charge+/SW	11.1V충전기+	SW Short시 ON SW Open시 OFF
2	SW		
3	Charge-	11.1V충전기-	

- UT & Speaker(MCBH-6F)

핀번호	항 목	비 고
1	UT Sig+	UT 신호용
2	GND	
3	Speaker Sig+	외부스피커 및 블루투스 신호용
4	GND	
5	5VDC	블루투스 전원
6	GND	

- 설정용 버튼모듈(MCBH-4F)

핀번호	항 목	비 고
1	SW1	Up버튼
2	SW2	Down버튼
3	SW3	Mode버튼
4	GND	

1.4. 장비 상태표시부



[청음장치 제어스위치와 상태 표시부]

1) 상태표시부 기능 설명

- ACT LED : LAN망에서 RX/TX시 LED가 깜빡거린다.
- LINK LED : LAN망이 접속되면 LED가 켜진다.
- POWER LED : 청음장치에 전원이 인가되면 LED가 켜진다.
- BATT LED : 배터리전압이 10.5V이하가 되면 LED가 켜지고, 꺼진 뒤에는 11.1V이상이 되어야 LED가 꺼진다.
- STATE LED : 청음장치가 청음데이터를 LAN을 통해 송신할 때 LED가 켜진다.
- MODE LED

MODE1	MODE2	설정상태	비고
OFF	OFF	하이드로폰/진동센서 청음센서 선택	
ON	OFF	청음센서 감도	
OFF	ON	청음센서 감도	
ON	ON	스피커 감도	

2) 하이드로폰/진동센서 청음센서 선택

VALUE1	VALUE2	VALUE3	VALUE4	현재상태	비고
OFF	OFF	OFF	OFF	하이드로폰 모드	
ON	OFF	OFF	OFF	사용안함	
OFF	ON	OFF	OFF	사용안함	
ON	ON	OFF	OFF	사용안함	
OFF	OFF	ON	OFF	사용안함	
ON	ON	ON	OFF	사용안함	
OFF	OFF	OFF	ON	사용안함	
OFF	OFF	ON	ON	사용안함	
ON	ON	ON	ON	진동센서 모드	

3) 청음센서 감도

VALUE1	VALUE2	VALUE3	VALUE4	현재상태	비고
OFF	OFF	OFF	OFF	사용안함	
ON	OFF	OFF	OFF	-10dB	
OFF	ON	OFF	OFF	0dB	
ON	ON	OFF	OFF	6dB	
OFF	OFF	ON	OFF	10dB	
ON	ON	ON	OFF	20dB	
ON	OFF	OFF	ON	30dB	
OFF	OFF	ON	ON	40dB	
ON	ON	ON	ON	50dB	

4) 스피커 감도

VALUE1	VALUE2	VALUE3	VALUE4	현재상태	비고
OFF	OFF	OFF	OFF	스피커 OFF	
ON	OFF	OFF	OFF	볼륨값 30 이하	
OFF	ON	OFF	OFF	볼륨값 60 이하	
ON	ON	OFF	OFF	볼륨값 90 이하	
OFF	OFF	ON	OFF	볼륨값 120 이하	
ON	ON	ON	OFF	볼륨값 150 이하	
ON	OFF	OFF	ON	볼륨값 180 이하	
OFF	OFF	ON	ON	볼륨값 210 이하	
ON	ON	ON	ON	볼륨값 211 이상	

1.5. 블루투스 송신기



블루투스 설정용 버튼



페어링 요청상태



페어링 연결상태



Mute 상태

[블루투스 모듈 동작방식]

1) 페어링 요청 상태

- 연결된 장비가 현재 없으며, 주기적으로 파란색LED가 깜빡거리며 주기적으로 페어링 요청을 시도하는 상태이다.
- 페어링 강제 요청은 설정용 버튼을 길게 5~7초 눌러면 강제로 연결 시도함.
- 블루투스 모듈은 전원인가후에는 최종 연결된 블루투스 장비로 재연결 시도하여 한 번 연결된 장비는 전원만 ON하면 자동 연결된다.

2) 페어링 연결 상태

- 블루투스장치와 연결되었으며, 현재 신호가 블루투스 장치로 출력되어 음향신호를 발생시키는 상태이다.

3) MUTE 상태

- 페어링 연결상태에서만 적용가능하며, 버튼을 짧게 누리면 MUTE/Normal 상태를 교차로 선택 가능하다.
- MUTE상태에서는 페어링은 된 상태이지만 음향신호를 발생시키지 않아 블루투스 장치로 신호는 전송되지 않는다.

2. 장비 운영 시나리오

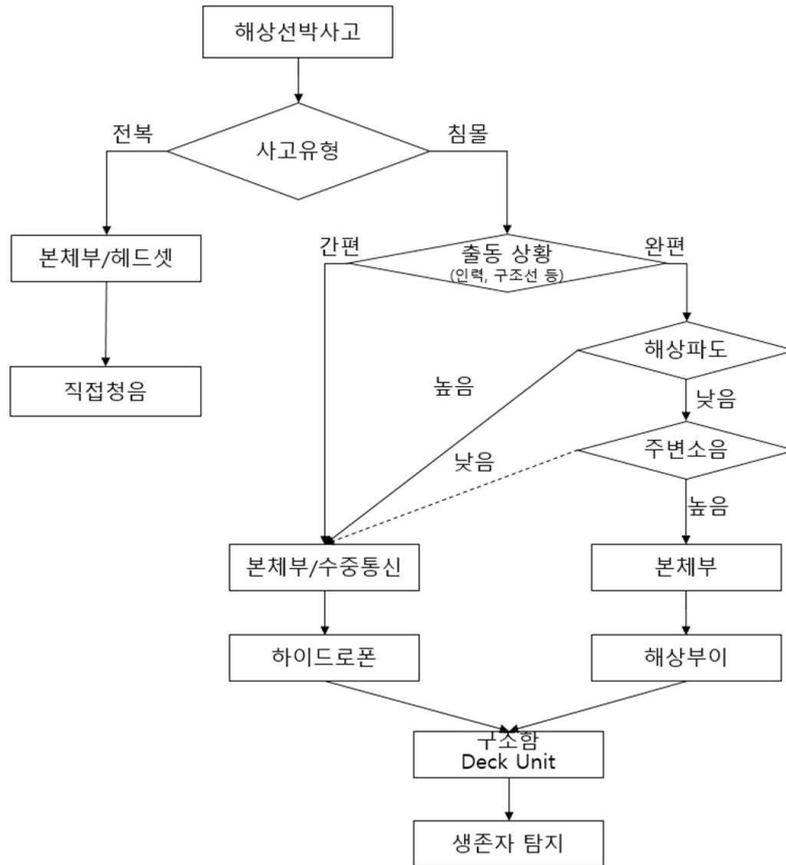
- 해상에서 선박 사고가 발생하여 해경 구조대원이 출동하여 선체 생존자를 구조하는 단계에서 선체 내 생존자를 확인하는 장비로 선체 부착형 청음시스템을 운영
- 사고 현장의 정보를 통해 사고 유형을 전복사고 침몰사고로 구분하여 장비를 운영

2.1. 전복사고 운용 방법

- 전복 사고의 경우는 선체에 부착하여 신호를 청음하는 본체부와 헤드셋만을 운영
- 안정화 된 전복 선박의 선저에서 헤드셋이 연결된 본체부를 에어포켓의 형성 가능 부분에 접촉하여 직접 증폭된 소리를 통해 요구조자를 확인
- 해상의 선박, 파도, 바람 등의 소음으로 요구조자를 미식별하는 문제를 경감시킬 수 있으며, 청음 효율성을 높이기 위하여 노이즈캔슬링이 적용된 헤드셋이 유용

2.2. 침몰사고 운용 방법

- 침몰사고의 경우는 현장 출동시의 인력과 출동 선박의 규모에 따라 수중통신 방법을 달리하여야 함
- 간편 편제로 긴급 출동하는 경우는 수중 UT-AM 통신 방식을 사용하고, 완편 출동시에는 유무선 해상 WIFI 부이를 사용할 수 있음
- 완편 출동시에는 사고 현장의 환경조건을 고려하여 부이를 투하하기 어려운 높은 파도 환경에서는 구조작업 효율성 측면에서 수중 UT-AM 통신 방식이 유리
- 주변의 밀집된 구조 선박 등에 의해 주변 소음이 높은 경우는 깨끗한 음질의 소리를 획득하기 위하여 유무선 해상 WIFI 부이의 사용을 권장
- 파도도 낮고 주변 소음도 적은 환경은 수중 UT-AM 통신의 사용 가능
- 각 통신 방법으로 송신된 신호를 해상 구조함의 Deck Unit에서 수신하여 선체 부착형 청음시스템 운영 소프트웨어가 탑재된 PC를 통해 음성 또는 신호 분석 그래프를 통해 생존자를 탐지



[선체 부착형 청음시스템 운영 시나리오]

3. 장비 연결

3.1. 장비 세팅

- 1) 운용 노트북에 프로그램을 설치한다.
- 2) Ethernet 케이블을 이용하여 운용 노트북을 연결한다.

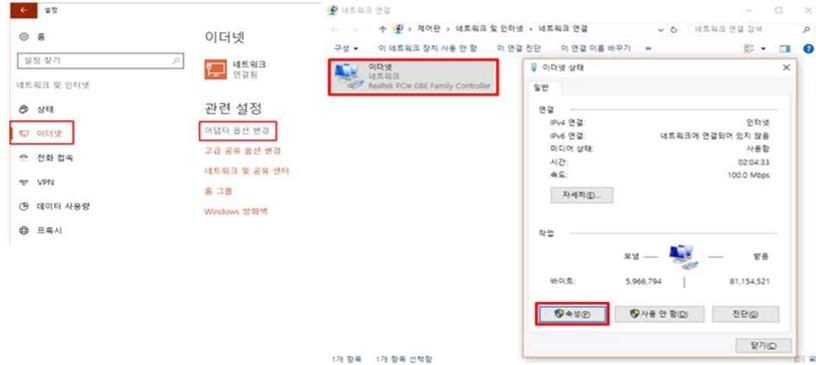


- 3) 통신박스과 연결된 노트북은 이더넷 포트에 대한 IP 설정을 하여야 하며, 설정 방법은 다음과 같다.

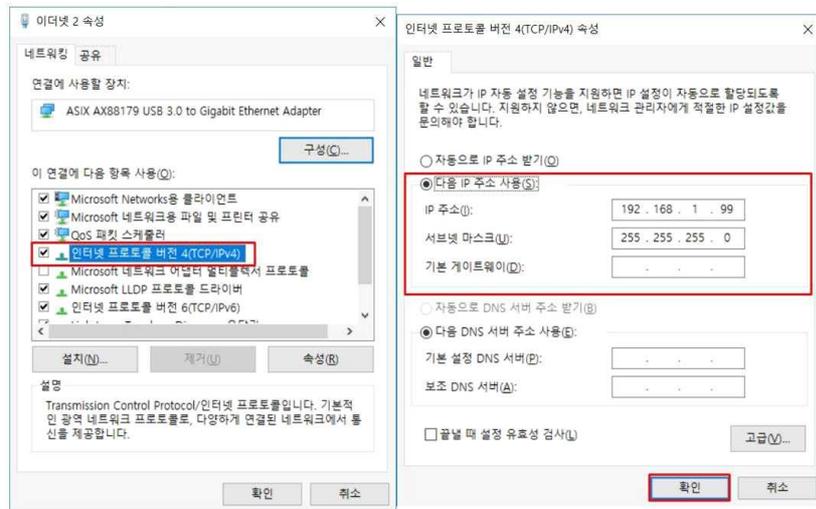
① Window 설정 실행 후 네트워크 및 인터넷을 클릭한다.



- ② 이더넷의 어댑터 옵션 변경을 클릭한다. 이더넷 아이콘을 더블클릭하여 이더넷 상태 창이 뜨면 속성을 클릭한다.



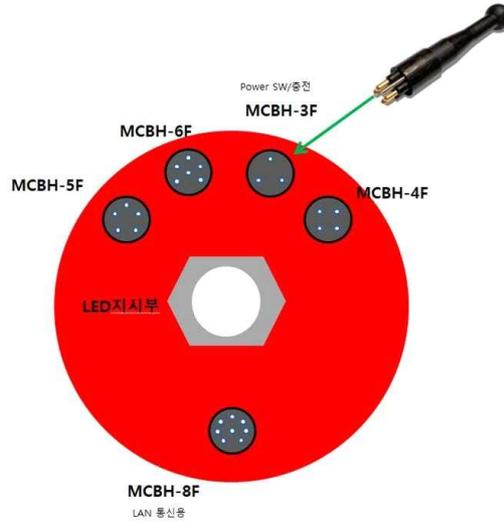
- ③ 인터넷 프로토콜 버전 4(TCP/IPv4)를 클릭하여 속성 창이 뜨면 다음 IP 주소 사용을 체크한뒤 다음과 같이 설정하여 확인버튼을 클릭한다.



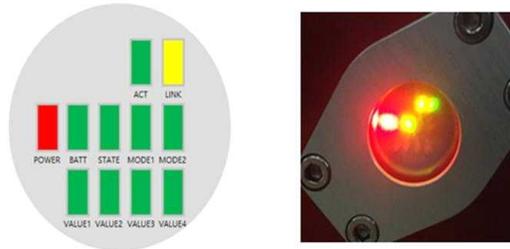
Note

IP 주소는 장비 주소인 192.168.1.155를 토대로 다음과 같이 입력되어야 한다.
192.168.1.xxx (xxx는 155를 제외한 0 ~ 255)

- ④ 청음장치의 전원스위치 커넥터를 연결하여 청음장치의 전원을 ON한다.



- ⑤ 전원스위치 커넥터를 연결하면 전원이 인가되어 LED에 점등이 표시되며, 이때 설정값에 따라 LED 동작은 특정설정값에 맞게 점등된다.



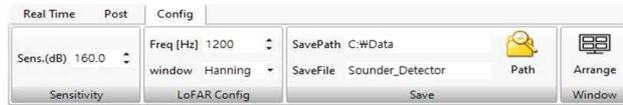
- ⑥ 청음장치 S/W 실행파일을 실행시킨다.

3.2. 장비 연결

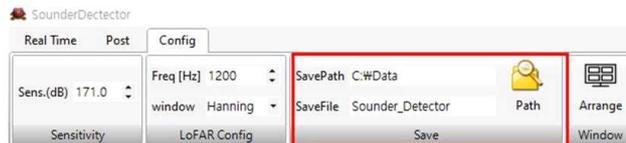
- ① 운용 프로그램을  실행시킨다.
- ② [Real Time - Connect] 리본메뉴의 Connect 버튼을 클릭한다.



- ③ 연결이 되면 [Real Time - Command] 리본메뉴에서 장비 설정을 세팅한다.



- ④ [Config - Save] 리본메뉴에서 저장경로 및 파일명을 설정한다.



Note

별도의 저장 시작 중지 버튼이 없기 때문에 데이터 취득 시작과 동시에 설정된 저장 경로에 데이터가 저장된다.

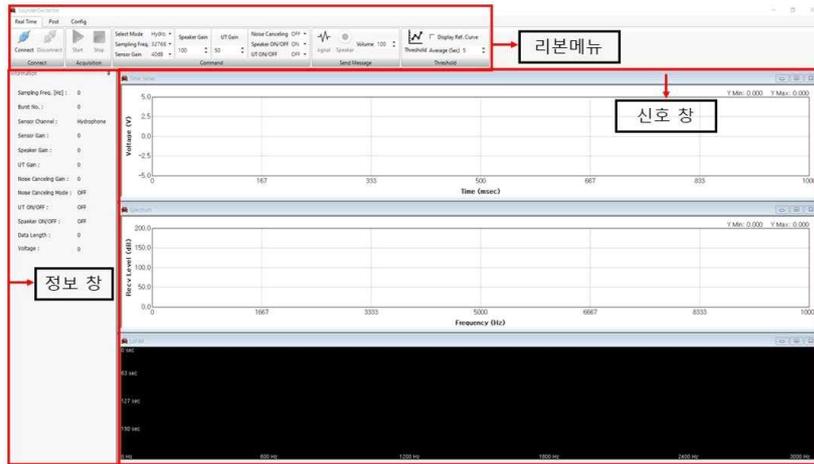
- ⑤ [Real Time - Acquisition] 리본메뉴에서 Start 버튼을 클릭하여 수신 데이터를 확인한다.



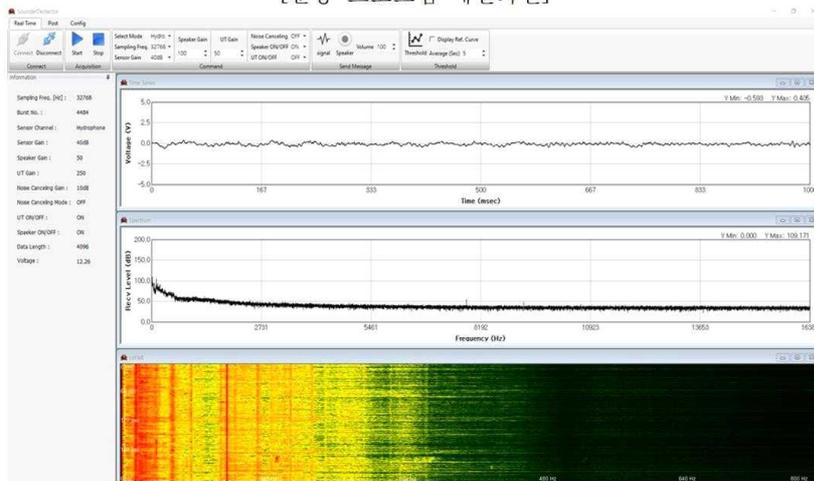
- ⑥ 데이터 취득이 완료되면 [Real Time - Acquisition] 리본메뉴에서 Stop 버튼을 클릭하여 데이터 취득을 중지하고 [Real Time - Connect] Disconnect 버튼을 클릭한 뒤 프로그램을 종료시킨다.

4. 운용프로그램 기본구성

운용 프로그램의 GUI는 장비의 제어 및 동작을 위한 리본메뉴바, 실시간 장비 정보 및 후처리 시 저장된 정보를 표시하는 정보창, 수신데이터를 전시하는 신호 창으로 구성된다.



[운용 프로그램 메인화면]



[취득 영상]

5. 전시화면

5.1. 정보 창

실시간 데이터 정보 및 후처리 시 파일 정보를 표시한다.

Information		Information	
Date [yy-mm-dd] :	2020-06-25	Sampling Freq. [Hz] :	32768
Time [hh:mm:ss] :	07:47:15	Burst No. :	98
Sampling Freq. [Hz] :	32768	Sensor Channel :	Hydrophone
Burst No. :	22	Sensor Gain :	30dB
Sensor Channel :	Hydrophone	Speaker Gain :	50
Sensor Gain :	30dB	UT Gain :	250
Speaker Value :	50	Noise Canceling Gain :	10dB
UT Value :	250	Noise Canceling Mode :	OFF
Etc Hydro. Mode :	OFF	UT ON/OFF :	ON
UT ON/OFF :	ON	Spaeker ON/OFF :	ON
Spaeker ON/OFF :	ON	Data Length :	4096
Data Length :	4096	Voltage :	12.21
Voltage :	12.35		
Post PlayBar	22 / 4902		

WARNING

[정보 창 (좌 : 정상, 우 : 경고 시)]

Date & Time : 수신데이터의 시간을 표시한다.

Sampling Freq[Hz] : 수신데이터의 샘플링 주파수를 표시한다.

Burst No. : 데이터 수신 횟수를 표시한다.

Sensor Channel : 현재 전시하고 있는 신호의 센서를 표시하며, Hydrophone과 Accelerometer로 나뉜다.

Sensor Gain : 설정된 Sensor 이득값을 표시한다.

Speaker Gain : 설정된 Speaker 이득값을 표시한다.

UT Gain : 설정된 UT 이득값을 표시한다.

UT ON/OFF : UT 동작여부를 표시한다.

Speaker ON/OFF : Speaker 동작여부를 표시한다.

Data Length : 데이터 수신 사이즈를 표시하며, Sampling Freq.[Hz] 와 연
계하여 데이터 전송 간격을 추출할 수 있다. 예를 들어 Sampling
Freq.[Hz] 가 8,192 Hz 이고 Data Length가 4096 이면 데이터 전송 간격은
0.5초 이다.

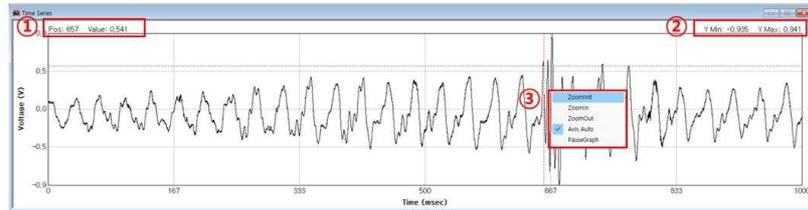
Voltage : 청음장치의 배터리 전압을 표시한다.

WARNING : 수신되는 신호 레벨이 설정한 Threshold Level 이상일 때 표
시된다.

5.2. 신호 창

신호 창은 Time Series, Spectrum, LoFAR로 나뉜다.

1) Time Series

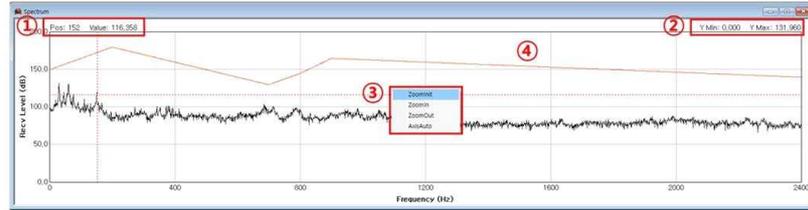


Value (①) : 클릭하면 해당되는 시간 및 전압을 표시한다.

Min/Max (②) : 수신전압의 최대 / 최소값을 표시한다.

Zoom (③) : Time Series 영역에서 마우스 우클릭을 하면 나타나며, Zoom In/Out 를 클릭 후 마우스를 드레그하면 해당기능을 수행한다. Axis Auto는 수신레벨(전압)의 최대 / 최소값을 확인하여 Auto로 데이터를 표시한다. Pause Graph 기능은 데이터 수신은 되지만 Time Series에서 전시를 일시중지 한다.

2) Spectrum



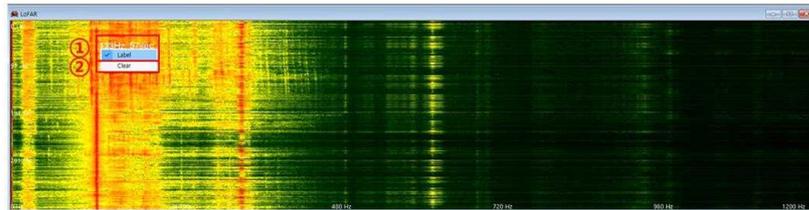
Value (①) : 클릭하면 해당되는 주파수 및 수신음압을 표시한다.

Min/Max (②) : 주파수에 따른 수신음압 최대/최소값을 표시한다.

Zoom (③) : Spectrum 영역에서 마우스 우클릭을 하면 나타나며, Zoom In/Out를 클릭 후 마우스를 드래그하면 해당기능을 수행한다. Axis Auto는 수신음압의 최대 / 최소값을 확인하여 Auto로 데이터를 표시한다.

Threshold Curve (④) : 주파수별 Threshold 레벨을 Spectrum 영역에 표시한다.

3) LoFAR



Label (①) : Label 체크 시 마우스 이동에 따라 주파수 및 시간을 표시한다.

Clear (②) : LoFAR Graph를 지우고 다시 그린다.

6. 리본메뉴

6.1. Real Time (실시간)



Connect / Disconnect : 이더넷 통신을 이용하여 장비와의 통신 연결/해제 기능을 수행한다.

Acquisition (Start / Stop) : Start 버튼을 클릭하면 데이터 수신 및 수신된 데이터를 전시한다. 설정된 저장경로, 저장파일명으로 취득과 동시에 데이터가 저장되며, Stop 버튼을 클릭하면 저장도 중지된다.

Select Mode : 전시하고자 하는 신호의 센서(장비)를 선택하며, Hydrophone과 Accelerometer로 나뉜다.

Sampling Freq. : 샘플링 주파수를 설정한다.

Sensor Gain : Sensor의 이득값(Gain)을 설정한다.

Speaker Gain : Speaker의 이득값(Gain)을 설정한다.

UT Gain : UT의 이득값(Gain)을 설정한다.

Noise Canceling : Noise Canceling 동작여부를 설정한다.

Speaker ON/OFF : Speaker 동작여부를 설정한다.

UT ON/OFF: UT 동작여부를 설정한다.

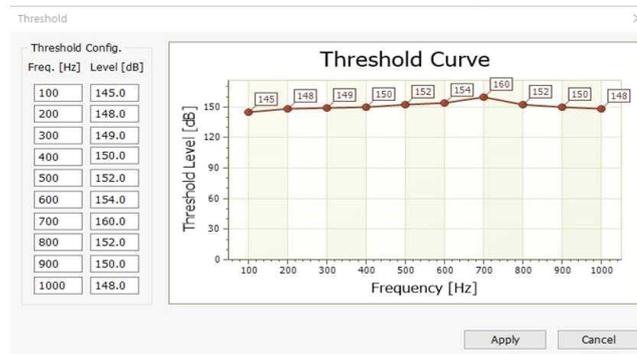
Signal : Speaker 신호를 전시한다.

Speaker : Speaker를 이용하여 음성신호를 전달한다.



Volume : Speaker의 출력 세기를 설정한다.

Threshold : 주파수별 음압 Threshold 값을 설정한다. 버튼 클릭 시 아래와 같은 창이 나타나며, 주파수 및 음압레벨을 입력하고 [Apply] 버튼 클릭 시 해당 값이 적용된다. 저장된 Threshold 값은 프로그램 종료 시 저장 이 되며, 프로그램 재 실행 시 해당 값을 가져온다.



Display Ref. Curve : Spectrum 신호 창에 Threshold Curve 전시 유무를 설정한다.

Average(Sec) : Average 시간을 설정하여 해당시간에 대한 Filter 처리를 하며, Filter 처리된 데이터를 이용하여 Threshold 음압과 수신음압을 비교한다.

Note
<ul style="list-style-type: none"> Gain 설정은 신호의 세기가 약할 때 수신신호를 증폭하는 기능이다. Spectrum 수신레벨이 Threshold 이상 일 때 Spectrum 그래프는 빨간색으로 전시되며, Threshold보다 -10dB 이내 일 때는 초록색으로 전시된다.

6.2. Post (후처리)



Open : 저장된 파일을 불러온다.

Close : 불러온 파일을 닫는다.

Play : 데이터를 재생한다.

Pause : 데이터 재생을 일시 중지한다.

Save WAV : RAW 파일을 재생 가능한 WAV 파일로 변환 저장한다.

Post PlayBar : 현재 파일의 재생 위치 확인 및 구간 이동을 조정한다.

6.3. Config. (설정)



Sensitivity : 센서의 수신감도를 설정한다.

LoFAR Freq.[Hz] : LoFAR 전시 최대 주파수를 설정한다.

LoFAR window : LoFAR 창 함수를 설정한다.

Save : 저장 폴더 및 저장파일명을 설정한다.

Arrange : 신호 창을 정렬한다.

7. 기타 유의사항

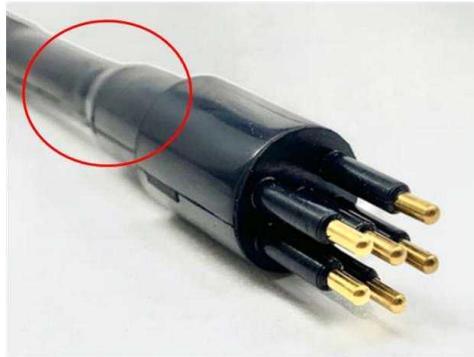
7.1. 수중 운영 시 수중커넥터 분리 유의

- 청음장치 전원용 커넥터 수중 분리 절대금지
- UT-AM 수중 모듈의 연결케이블 수중 분리 절대금지
- 배터리와 직결로 연결되어 있어 수중 노출 시 장비 파손



7.2. 연결 커넥터 관리

- 수중커넥터 연결 전 고무 부위에 실리콘그리스 도포
- 핀 접점부위에는 최대한 피하여 실리콘그리스 도포
- 수중커넥터 넥 부분이 약함, 커넥터 연결/분리 시 평행을 유지하여 작업

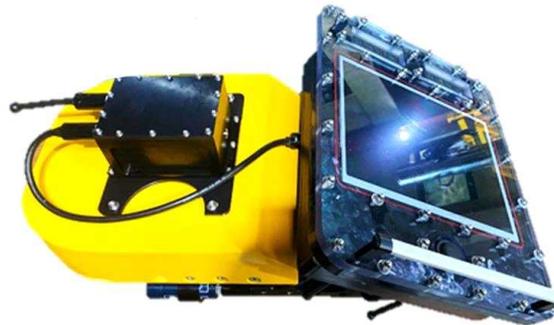


DiverNavi

(휴대용 다이버 영상장비 SW)

Version 1.0

2020.12



한국해양과학기술원

(우) 49111 부산광역시 영도구 해양로 385 (동삼동 1166)

Tel: +82-51-664-3600

www.kiost.ac.kr

<제 목>

1. DiverNavi 개용	1
2. DiverNavi 소프트웨어	3
2.1 메인 화면	3
2.2 각종 센서 상태 창	4
3. DiverNavi 장비 설정	5
3.1 설정	5
3.2 음향 카메라 탭	6
3.3 광학 카메라 탭	7
3.4 화면 레이아웃 탭	8
3.5 시리얼 모니터링 탭	9
3.6 장비 점검 탭	10
4. DiverNavi 화면	11
4.1 음향 카메라 창	11
4.2 GPS 창	12
4.3 광학 카메라 창	13
5. 기타 유의사항	14
5.1 수중 운영 시 수중커넥터 분리 유의	14
5.2 연결 커넥터 관리	14

<표>

표 1. 장비 버튼 및 마우스 조작 스틱 설명	1
표 2. 센서 상태 창	3
표 3. Setting 다이얼로그	4
표 4. 이미지 소나 탭	5
표 5. 카메라 탭	6
표 6. 보기 탭	7
표 7. 시리얼 모니터링 탭	8
표 8. 장비 점검 탭	9

<그림>

그림 1. 다이버 소나 장비	1
그림 2. DiverNavi 프로그램 메인 화면	2
그림 3. DiverNavi 센서 상태 창	3
그림 4. Setting 다이얼로그	4
그림 5. Setting - 이미지소나 탭	5
그림 6. Setting - 카메라 탭	6
그림 7. Setting - 보기 탭	7
그림 8. Setting - 시리얼 모니터링 탭	8
그림 9. Setting - 장비 점검 탭	9
그림 10. 음향 카메라 창	10
그림 11. 음향 카메라 창 사용 예시	10
그림 12. GPS 창	11
그림 13. GPS 사용 예시	11
그림 14. 광학 카메라 예시	12

1. DiverNavi 개요

음향소나 영상을 획득하기 위한 소나 센서는 주파수가 900 kHz(± 300 kHz)이며, 수평으로 1도이며, 수직으로 26.6도의 설계 사양을 갖고 있다. 수평 센서는 물리적인 빔각이며, 다수의 빔을 이용하여 120도로 구성하였다.

휴대용 다이버 영상장비의 성능은 다음과 같다.

표 1. 휴대용 다이버 영상 장비의 최종 성능

성능 지표	최종 성능 목표
최대 탐지거리	60m 이상
최대 range	100m
최대 프레임수	15 Hz 이상
수중무게	0 kg
사용 시간	2 시간 소비전류 : 25.9V @3A 배터리 : 25.9V 7.3Ah
운용 수심	50m
빔각	120°
내진동	30 ~ 100 Hz

본 절에서는 장비 전원 인가 방법 및 조작 방법을 설명한다.

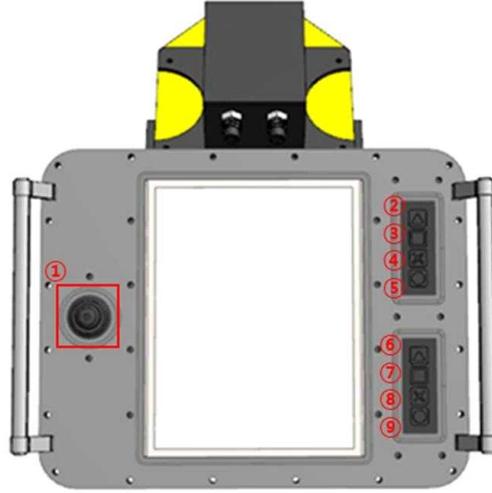


그림 1. дай버 소나 장비

표 2. 장비 버튼 및 마우스 조작 스틱 설명

번호	항목	설명
①	마우스 조작 스틱	좌우상하로 조작하여 마우스 제어
②	장비 전원	장비 전원 버튼
③	장비 부착물 전원	음향 및 광학 카메라 전원을 인가
④	화면 전환	장비 화면 레이아웃 변경
⑤	광학 카메라 라이트 제어	광학 카메라 라이트 강도 제어
⑥	마우스 좌클릭	마우스 좌클릭
⑦	마우스 우클릭	마우스 우클릭
⑧	녹화 시작	광학 카메라 녹화 시작
⑨	녹화 중지	광학 카메라 녹화 중지

2. DiverNavi 소프트웨어

2.1 메인 화면

DiverNavi 소프트웨어는 다음 그림과 같이 센서 상태 창, 음향 카메라 창, GPS 창, 광학 카메라 창으로 나뉜다.

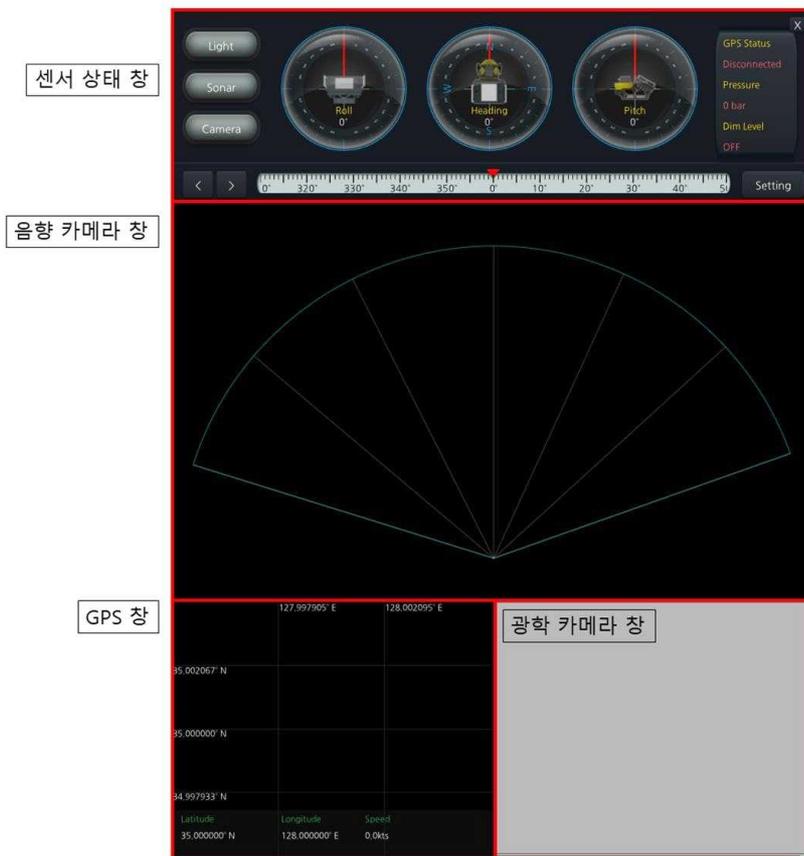


그림 2. DiverNavi 프로그램 메인 화면

2.2 각종 센서 상태 창

장비에 장착된 센서 값을 읽어와 나타내는 창이다.



그림 3. DiverNavi 센서 상태 창

표 3. 센서 상태 창

번호	항목	설명
①	Light	라이트 전원 인가 여부 표기
	Sonar	음향 카메라 전원 인가 여부 표기
	Camera	광학 카메라 전원 인가 여부 표기
②	Roll	Roll 값 표기
	Heading	Heading 값 표기
	Pitch	Pitch 값 표기
③	GPS Status	GPS 연결 여부 표기
	Pressure	Depth 센서 값 표기
	Dim Level	라이트 밝기 강도 표기
④	좌측 버튼	메인 화면 레이아웃 변경
	우측 버튼	메인 화면 레이아웃 변경
⑤	눈금선	Heading 값 표기
⑥	Setting	설정 창 진입

3. DiverNavi 장비 설정

3.1 설정

센서 상태 창의 Setting을 클릭하면 다음과 같은 다이얼로그가 전시된다.



그림 4. Setting 다이얼로그

표 4. Setting 다이얼로그

번호	항목	설명
①	이미지 소나	음향 카메라 조작 탭
②	카메라	광학 카메라 조작 탭
③	보기	메인 화면 레이아웃 변경 탭
④	시리얼 모니터링	장비 시리얼 코드 확인 탭
⑤	장비 점검	장비 전압 확인 탭

3.2 음향 카메라 탭

음향 카메라 운용에 사용되는 탭이다.

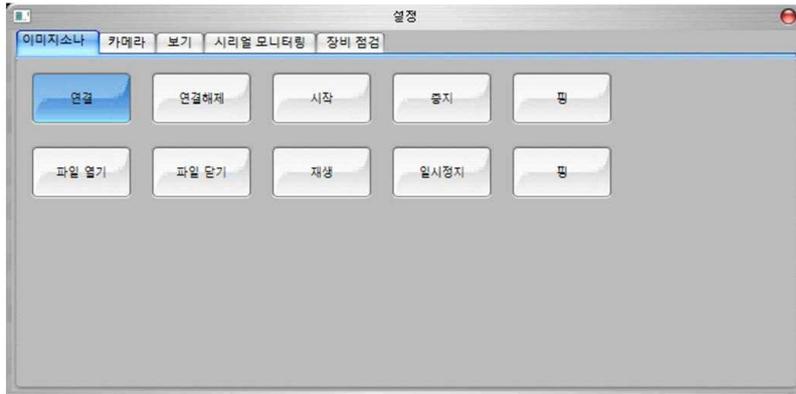


그림 5. Setting - 이미지소나 탭

표 5. 이미지 소나 탭

항목	설명
연결	음향 카메라 전원 인가 및 네트워크 연결
연결 해제	음향 카메라 네트워크 연결 해제
시작	장비 운용 시작
중지	장비 운용 중지
핑	핑 하나만 발신
파일 열기	음향 카메라 데이터 파일 열기
파일 닫기	음향 카메라 데이터 파일 닫기
재생	음향 카메라 데이터 파일 재생
일시 정지	음향 카메라 데이터 파일 일시 정지
핑	음향 카메라 데이터 파일 한 핑 재생

3.3 광학 카메라 탭

광학 카메라 운용에 사용되는 탭이다.



그림 6. Setting - 카메라 탭

표 6. 카메라 탭

항목	설명
미리보기	광학 카메라 전원 인가 및 화면 출력
녹화	현재 화면 녹화 시작
녹화정지	현재 화면 녹화 정지
재생	저장된 파일 열기 및 재생
일시정지	재생 중인 파일 일시 정지
정지	재생 중인 파일 정지 및 파일 닫기
Correction	광학 카메라 굴절 왜곡 보정
Stabilization	광학 카메라 흔들림 보정

3.4 화면 레이아웃 탭

프로그램 메인 화면의 레이아웃을 변경하는 탭이다.

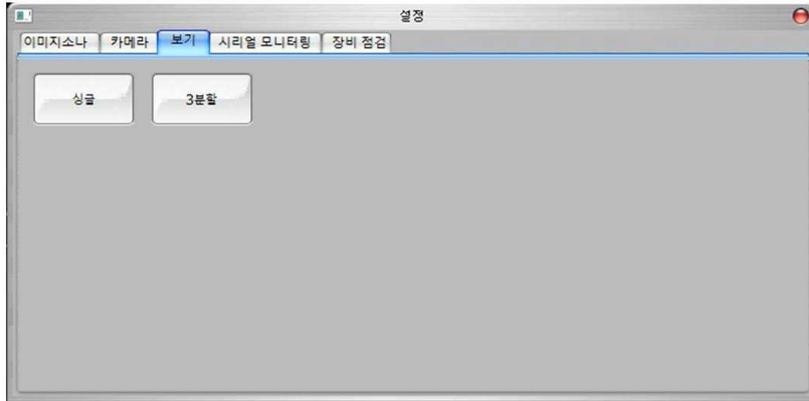


그림 7. Setting - 보기 탭

표 7. 보기 탭

항목	설명
싱글	단일 창 레이아웃으로 변경
3분할	3분할 레이아웃으로 변경

3.5 시리얼 모니터링 탭

장비와 소프트웨어 간 시리얼 송수신 내역을 확인할 수 있는 탭이다.

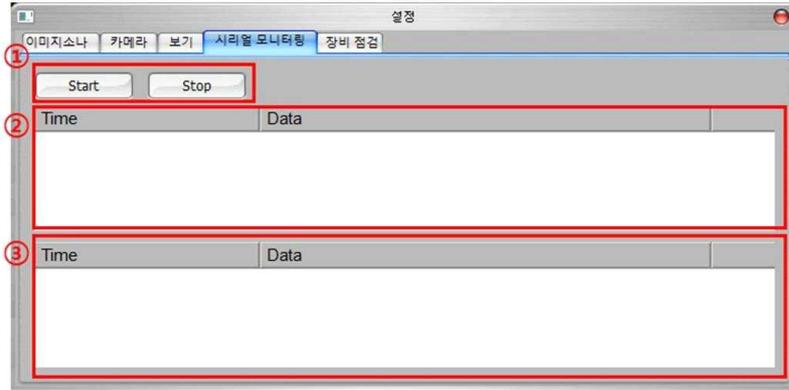


그림 8. Setting - 시리얼 모니터링 탭

표 8. 시리얼 모니터링 탭

번호	항목	설명
①	Start	시리얼 송수신 내역 전시 시작
	Stop	시리얼 송수신 내역 전시 중지
②	시리얼 수신 창	장비 상태 시리얼 수신 내역
③	시리얼 송신 창	장비 제어 시리얼 송신 내역

3.6 장비 점검 탭

장비가 사용 중인 전압 값을 나타내는 탭이다. 장비 이상 유무를 확인하는 데 쓰인다.

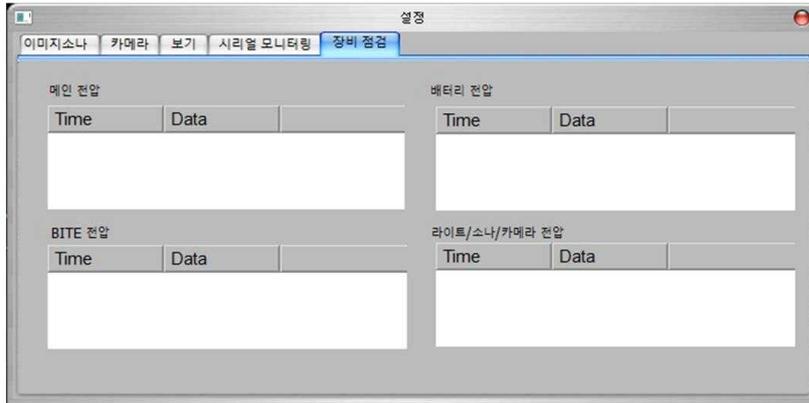


그림 9. Setting - 장비 점검 탭

표 9. 장비 점검 탭

항목	설명
메인 전압	메인 전압을 나타내는 창
배터리 전압	배터리 전압을 나타내는 창
BITE 전압	BITE 전압을 나타내는 창
라이트/소나/카메라 전압	라이트, 소나 및 카메라의 전압을 나타내는 창

4. DiverNavi 화면

4.1 음향 카메라 창

음향 카메라의 빔포밍 결과가 나타나는 창이다. 전원 인가 후 [Setting - 이미지 소나 - 연결]을 통해 운용할 수 있다.

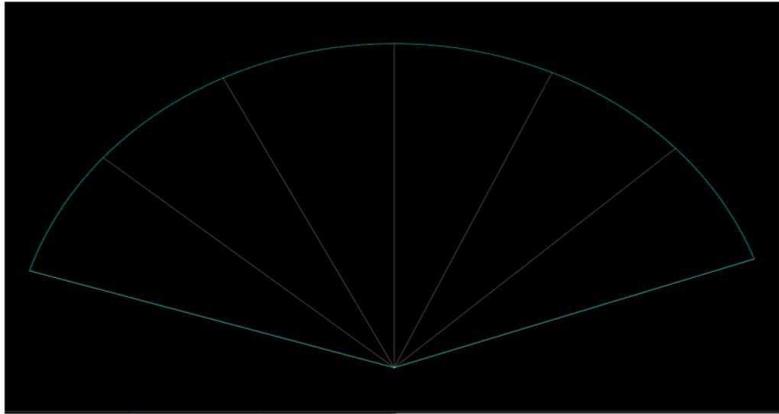


그림 10. 음향 카메라 창

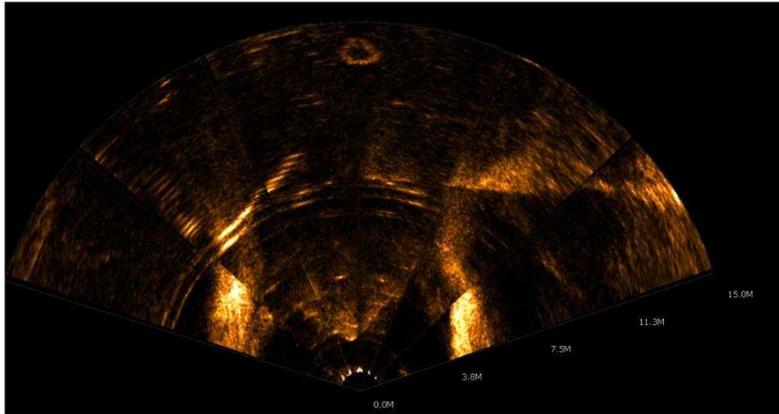


그림 11. 음향 카메라 창 사용 예시

4.2 GPS 창

GPS 센서가 연결되면 값을 읽어와 현재 위도, 경도 및 속도를 나타낸다. GPS에 연결되면 이동 경로를 확인할 수 있다.



그림 12. GPS 창



그림 13. GPS 사용 예시

4.3 광학 카메라 창

장비에 장착된 광학 카메라의 출력 값을 나타내는 창이다. [Setting - 카메라 - 미리보기]를 선택해 운용할 수 있다.

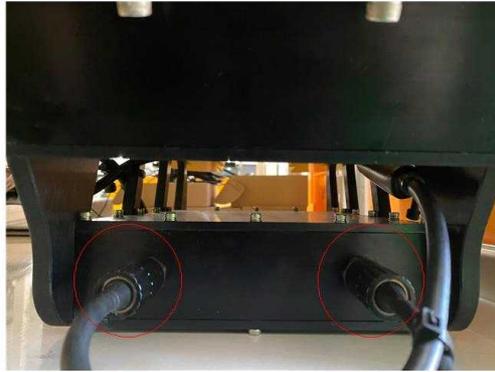


그림 14. 광학 카메라 예시

5. 기타 유의사항

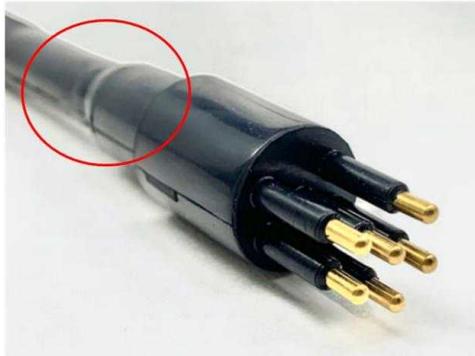
5.1 수중 운영 시 수중커넥터 분리 유의

- 휴대용 다이버 영상장비의 커넥터 수중 분리 절대금지
- 휴대용 다이버 영상장비의 충전 커넥터 수중 분리 절대금지
- 배터리와 직결로 연결되어 있어 수중 노출 시 장비 파손



5.2 연결 커넥터 관리

- 수중커넥터 연결 전 고무 부위에 실리콘구리스 도포
- 핀 접점부위에는 최대한 피하여 실리콘구리스 도포
- 수중커넥터 넥 부분이 약함, 커넥터 연결/분리 시 평행을 유지하여 작업



제 7 절 결론

선박의 전복 및 침몰 사고에 의한 해상사고로 2015년~2019년 사이에 총 212명의 인명 피해가 발생하였으며, 과거 대형사고로는 1953년의 창경호에서 309명, 1970년의 남영호에서 326명, 1993년의 서해 페리호에서 292명, 2014년의 세월호에서 304명이 사망 및 실종되었다. 해양 선박 사고 발생 시 사고자의 수중 생존 여부에 대한 정보 부재는 상황별 인적·물적 가용 자원을 시기적절하게 투입하기 위한 해양재난 대응 지휘부의 수색구조 계획 수립 및 현장지휘를 어렵게 하고 있다. 따라서 과학 적 기술을 이용하여 전복사고 및 침몰선박에 대응한 선체 내 생존자를 수색할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 본 연구에서는 선박 전복 및 침몰 시 조기에 선체 내 수중 생존자를 수색하는 첨단기술을 연구하고 동시에 생존성 확보를 위한 제반 기술을 위하여 선체 내 생존자 탐지용 청음시스템과 수중의 저시정 환경을 극복하고 수중 물체를 탐지하기 위한 음향소나 및 수중광학장비와의 연동 체계를 개발하였다.

선체 내 생존자 탐지를 위한 선체 부착형 청음시스템은 선체에 부착하여 구조 신호를 청음하는 본체부, 획득한 신호를 해상 구조함으로 전송하는 수중 무선 UT-AM 통신 모듈부, 본체에 유선으로 연결하여 신호를 전송할 수 있는 해상 유무선 WIFI 부이, 전송된 신호를 수신하는 Deck Unit, 그리고 부가장치로 전복사고에 대응하기 위한 해상스피커, 블루투스 헤드셋을 연결하기 위한 블루투스 모듈 등으로 구성되어 있다. 본체부는 신호를 획득하기 위한 청음센서와 진동센서가 존재하며, 획득한 신호는 인식 가능한 수준으로 증폭하기 위하여 최소 -6 dB에서 최대 50 dB 까지 8단계로 Gain을 조정할 수 있다. 또한 잡음을 최소화하기 위하여 Butterworth 4차 Low-Pass Filter를 사용하여 20 kHz에서 비선형이 되도록 하였다. 본체부를 선체 외부에 부착하는 장치는 선체의 곡률에 따라 가변적으로 회전하는 지그부에 on/off 방식의 자석을 사용하여 만들었다.

청음 된 신호는 수중 무선 UT-AM 통신 모듈을 통하여 해상 구조함으로 송신된다. 본체부에서 전처리 된 신호가 통신모듈의 1차 전치 증폭단을 거쳐 변조부에 입력 되고, 이 신호는 AM SSB-SC 방식으로 변조되어 4차 밴드패스 필터를 이용하여 필터한 후에 프로세서 D26 센서를 통해 수중으로 송출된다. 통신 모듈을 다채널로 운용하기 위하여 FPGA를 이용하여 25 kHz를 Carrier 주파수로 설정하였으며, 위상 지연 모듈을 통해 -90° 위상 지연된 신호는 SSB-SC 알고리즘에 변조된다. 이때 반송주파수 믹서는 25 kHz와 32.768 kHz를 사용할 수 있으며, 채널 선택 모듈의 Pin 설정에 의해 반송 주파수가 결정된다. 따라서 다채널 통신을 위하여 주파수 25 kHz와 32.768 kHz가 사용되며, 이 주파수의 상측파대와 하측파대를 이용할 경우에 최대 4채널까지 사용 가능하다.

현재 해상에서 사용되는 유선 통신 신호선과 무선통신 기능이 있는 소형부이 타입은 크게 2 가지로 Reel Type과 Cylinder Type이 있다. Cylinder 타입은 안테나의 위치가 해수면보다 높게 설치가 가능하여 장거리 통신에는 유리하지만 선체 부착형 청음장비와 연

결되는 긴 케이블로 인하여 휴대성이 용이하지 않다. 본 연구에서는 부착형 청음장치와 유선으로 연결하여 해상에서 WIFI 통신을 할 경우 최소 500m 무선거리에서 통신이 가능하고, 신속하게 장비의 설치가 가능한 Reel Type WIFI Buoy로 설계하였다. 청음장치가 수중에 설치될 경우 신뢰성 있는 데이터를 전송하기 위하여 수중과 해상간의 유선통신 시스템을 구축한 뒤, 해상과 구조선간의 무선전파통신을 할 수 있게 구현하였다.

Reel Type WIFI 부이 개발 시에 무선 WIFI는 상용제품의 무선전송방식인 IEEE 802.11 a/b/g을 지원하며 최고 108Mbps의 무선속도를 지원한다. 전원은 9~50V로 입력폭이 넓어 전원 사양에 제약을 받지 않는다. 운용 주파수는 2.4G이며 Booster에서의 송신출력은 2500mW(34dBm)이다. 이때 무선모뎀은 5G 또는 2.4GHz 대역을 사용할 예정이다. 또한 WIFI 안테나는 장거리 통신이 가능하도록 최소 5 dBi 이상의 제품을 적용하였다. 다이폴 안테나는 수평방향에 대해서는 전방향 특성을 가진다. 수직에 대해서는 20도 이하의 빔 각을 가지고 있으며, 해양환경에선 수평 전방향 특성이 필수적이기 때문에 다이폴 안테나를 채택하였다.

수중 무선 통신 조건이 열악한 환경에서 청음 신호를 송수신하기 위하여 수중에서는 본체부와 유선으로 통신을 하고, 해상에서는 WIFI를 통해 구조함으로 신호를 무선으로 전송하는 해상 유무선 WIFI 부이를 제작하였다. 이 통신 부이는 유선 케이블을 수용하기 위하여 Reel type buoy를 제작되었으며, 유선 LAN 케이블은 twisted Pairs 구조의 8pin 방식으로 직경이 7.6mm 이며, 내부에 Kevlar Strength Fibers가 있어 인장력이 우수하다. 최대 LAN 통신이 가능한 길이 100m에 대하여 무게가 약 4.3kg 이다. 부이는 양성 부력을 위하여 내부는 아이소핑크로 제작하고, 외부는 FRP로 하여 보호되도록 하였다. 부이에 사용된 WIFI 제품은 IEEE 802.11 a/b/g을 지원하며, 최고 108Mbps의 무선속도를 지원한다. 운용 주파수는 2.4GHz 이며, Booster에서의 송신출력은 2500mW(34dBm) 이다. WIFI 안테나는 장거리 통신이 가능한 최소 5 dBi 이상의 다이폴 안테나를 사용하였다. 해상 유무선 WIFI 부이의 무게는 LAN 케이블 80m를 포함하여 총 14kg 이다.

수중 무선 UT-AM 통신 모듈 및 해상 유무선 WIFI 부이로부터 송신되는 신호를 수신하기 위한 구조함용 Deck Unit을 제작하였다. Deck Unit은 WIFI 수신부와 UT 수신부로 구성되어 있다. WIFI 수신부는 WIFI Buoy에서 송신되는 무선데이터를 취득하기 위해 부이와 동일한 WIFI 모뎀과 WIFI 증폭 모듈이 장착되어 있다. UT 수신부는 청음장치에서 송신되는 청음신호를 수신하기 위해 하이드로폰 TC-4032를 연결할 수 연결부와 수신된 신호를 복조하는 복조 보드가 있다. 각 수신부는 LAN통신으로 PC와 연결 된다.

청음장치 운용 소프트웨어는 Deck Unit에 연결된 PC에서 운용되며, 청음시스템을 제어하고, 청음신호를 분석하는 기능을 수행한다. 운용 SW는 설정/제어, 신호처리/분석, 전시의 3 부분으로 구성되어 있다. 설정 제어부는 구조사가 청음장치에 관련된 설정을 제어하는 기능을 수행하고, 신호처리/분석부는 수신된 신호를 구조사가 파악하기 용이하도록 신호를 필터링 및 증폭하는 기능을 하며, 전시부는 구조사가 육안으로 생존자의 음성이나 생존신호를 확인할 수 있도록 획득된 신호를 그래픽으로 표시하는 기능을 한다. 주변

음과 비교하여 생존자의 구조 신호를 인식하기 위하여, 생존자 음성에 해당하는 주파수 별로 Threshold를 설정하여 Reference Curve를 생성할 수 있게 할 수 있다. Reference Curve와 수신된 레벨을 비교하여 Threshold 레벨 이상이며 WARNING 경고를 표시하게 된다. 이 Threshold는 반복적인 음압 레벨을 확인하기 위해 시간에 따른 평균 필터를 이용해 설정할 수도 있다.

우리나라의 서해 및 남해의 수중 환경은 탁도가 심하여 수중 가시거리가 매우 짧다. 수중 수색시 가시거리의 한계를 극복하기 위하여 음향소나와 광학카메라를 연동한 휴대용 다이버 영상 장비를 개발하였다. 휴대용 다이버 영상 장비에 필요한 기술요소들은 음향소나, 광학카메라, GPS 센서, 자이로센서, 수심센서, 광원, 전원, 수중전시기, 그리고 장비 제어기술 등이 있다. 이 요소 기술 구성품 등을 고려하여 3D 상세 설계를 수행하여 시제품 개발을 하였다.

연구 개발에 사용한 음향소나 센서는 (주)소나테크에서 개발한 빔포밍 방식의 제품을 사용하였다. 음향소나의 주파수는 900 kHz(± 300 kHz) 이며, 수평으로 1도 이며, 수직으로 26.6도이다. 다수의 음향소나 센서를 결합하여 탐지할 수 있는 이미지의 수평 각도를 135° 로 구성하였다. 센서 덮개는 소나센서를 외부로부터 보호하고 음파의 송수신에는 영향을 크게 주지 않는 EPDM 고무 재질이며, 전방 및 측면은 얇게 하고, 상하부는 두껍게 하여 음파 투과가 가능하게 하였다. 음향소나 내압용 하우징은 운용수심 50m 목표치를 달성하기 위하여 알루미늄 재질로 하였다. 음향센서의 신호처리모듈은 Artix-7 FPGA (TE0711 내장형 모듈 Artix-7 A100T 100MHz 32MB)를 사용하였으며, 획득한 신호를 실시간으로 빔처리를 한 후에 고속 LAN 통신을 통해 본체부에 탑재된 6세대 CPU의 임베디드 PC로 전송한다. 영상 장비로 획득한 이미지를 수중에서 전시하기 위하여 12인치 디스플레이를 사용하였다. 수중 광학 카메라는 TELEDYNE사의 Divecam 720C-AL 광학카메라 모듈이며, 획득할 수 있는 영상의 광각은 65° 이다. 획득한 광학 영상은 카메라 렌즈에 의한 왜곡과 불규칙적인 흔들림에 의한 영상의 불안정성이 존재한다. 영상의 안정화를 위하여 코너점(corner point) 감지 알고리즘을 사용해 왜곡된 영상을 보정하였다. 또한 연속된 영상들에서 흔들리는 영상을 보정하기 Affine 변환을 사용하여 영상을 안정화 시켰다. 수중의 저조도에서 광학 영상을 획득하기 위하여 수중 라이트를 설치하였으며, 라이트는 총 3단계 밝기로 제어 가능하다.

휴대용 다이버 영상 장비의 센서 하우징은 다이버가 수중에서 활동시에 각종 정보를 획득하기 위한 모션센서, 압력센서, 온도센서 등이 탑재되며, GPS로부터 위치 정보를 수신하기 위한 GPS 안테나와 연결할 수 있는 연결부가 있다. 장비에 전원을 공급하기 위한 배터리 하우징에는 리튬폴리머 배터리가 탑재되어 있다. 이 배터리의 전압은 25.9V 이고, 용량은 7000 mA 이다. 휴대용 다이버 영상 장비는 키패드와 조이스틱으로 제어할 수 있다. 키패드와 조이스틱에 의한 제어를 위해 HID 보드를 제작하였다. 이 HID 보드는 조이스틱 마우스 기능 이외에 8개의 키패드 입력과 음향소나, 광학카메라, 라이트와 같은 부가장치를 ON/OFF 제어하는 기능을 수행한다.

최종 개발한 휴대용 дай버 영상 장비의 외형 재질은 애노다이징 된 알루미늄이며, 부력재는 아이소핑크/FRP로 있다. 이 장비의 크기는 550mm × 400mm × 312mm 이고, 공기 중 무게는 24.8kg 이다. 수중에서는 부력재에 의해 중성 부력에 가까운 0.6 kg 이며, 추가적인 보정 부력재를 통하여 양성 부력을 만들 수 있다. 현재 개발된 장비는 사용자 부주의에 의한 유실을 방지하기 위하여 해상으로 부상하게 양성부력으로 조정되어 있다. 휴대용 дай버 영상 장비(DiverNavi)를 운용하기 위한 소프트웨어를 개발하였다. 이 운용 소프트웨어를 통하여 장비의 음향소나 on/off, 광학센서 on/off, 라이트 on/off, 라이트 광량 조절, 수중 광학 영상 이미지 표시, 음향 소나 영상 이미지 표시, 해상 위치 시 GNSS 좌표 표시, 모션 센서를 이용한 Heading 및 Pitch, Roll 표시, 압력 센서로 дай버 수심 표시 등을 제어할 수 있다. 또한 유선을 연결하여 장비 to PC를 연결하는 원격접속 기법을 사용하면, 해상의 구조함에서 수중 영상을 모니터링하면서 장비를 제어할 수 있다.

개발된 선체 부착형 청음시스템과 휴대용 дай버 영상 장비는 최종 연구 개발 성능 목표에 대하여 공인인증기관을 통하여 성능 시험을 완료하였다. 또한 선체 부착형 청음 시스템은 훈련용 전복선박과 잠수함을 대상으로 현장 적용 실험을 진행하였다. 실험 결과 전복 선박 및 침몰 선박에 대하여 효과적으로 선체 내의 구조 신호를 청음 할 수 있는 것으로 확인되었다.

대형 선박 사고 시에 요구조자의 구조 신호가 강하게 발생하는 음원의 위치를 정확하게 탐지하는 것이 매우 중요하다. 따라서 연구 개발 장비에 대한 추가적인 고도화를 위한 연구개발이 필요하다. 추가적인 고도화 요구 기술로는 요구조자의 위치를 정확히 파악하기 위한 다중 장비 운영 기술 개발, 다채널로 청음 신호를 수신할 수 있는 Deck Unit의 고도화, 다채널로 동시에 수신되는 청음신호들을 동시에 분석하고 가시화하여 요구조자의 위치 파악 기술, 무인으로 선체 부착형 청음시스템을 선체에 부착하는 기술 등이 있다.

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1 절 목표 달성도

구분	성과목표	성과지표	목표치	가중치 (%)	설정근거	평가기준 (측정방법)	달성도 (%)
최종 목표	논문	• SCI급 논문 건수	2	7	• 해양안전·음향·장비 관련 논문	• 논문발간 여부	100 (3건)
		• 학술대회 논문 건수	3	3	• 해양안전·음향·장비 관련 학술대회 발표 실적	• 학술대회 초록 발간 여부	100 (3건)
	특허	• 특허 출원 건수	3	7	• 해양장비 및 안전 관련 특허출원	• 특허출원 여부	100 (3건)
		• 특허 등록 건수	2	8	• 해양장비 및 안전 관련 특허등록	• 특허등록 여부	100 (2건)
	소프트웨어	• 소프트웨어 등록 건수	2	10	• 장비 운용 및 분석 프로그램 SW 확보	• 저작권 확보 여부	100 (4건)
	시제품	• 시제품 제작 건수	2	10	• 생존자 탐지 및 저시정 극복 관련 기술 개발	• 시험성적서 발급 여부	100 (5건)
	시제품 및 장비	• 장비 개발 건수	2	25	• 청음시스템 및 다이버영상 장비 개발	• 시험성적서 발급 여부	100 (2셀)
	수중 생존자 탐색용 청음시스템 성능	• 수신감도	-150dB	15	선체 부착형 청음시스템 성능 검증	• 공인 성능 시험성적서	100
• 최대청음주파수		1kHz	• 공인 성능 시험성적서				
• 센서자체소음		-20dB	• 공인 성능 시험성적서				
• 운용수심		100m	• 공인 성능 시험성적서				
• 유선통신		40kHz	• 공인 성능 시험성적서				
• 사용시간		24시간	• 공인 성능 시험성적서				

	음향소나 및 수중광학장비 연동 체계 성능	• 최대탐지거리	60m	15	• 휴대용 다이버 영상 장비 성능 검증	협성적서	100
		• 최대 Range	100m			• 공인 성능 시 협성적서	
		• 운용수심	50m			• 공인 성능 시 협성적서	
		• 빔각	120도			• 공인 성능 시 협성적서	
		• 최대 프레임수	15Hz			• 공인 성능 시 협성적서	
		• 수중무게	0kg			• 공인 성능 시 협성적서	
		• 사용시간	2시간			• 공인 성능 시 협성적서	
1차 년도 (2017년)	청음시스템 테스트 모듈 성능	• 수신감도	-180dB	100	• 청음시스템 용 테스트 모듈에 대한 성능	• 공인 성능 시 협성적서	100
		• 최대청음주파수	1kHz			• 공인 성능 시 협성적서	
		• 센서자체소음	-10dB			• 공인 성능 시 협성적서	
2차 년도 (2018년)	논문	• 학 술 대 회 논문 건수	1	20	• 학술대회 발표 실적	• 학술대회 초 록 발간 여 부	100
	특허	• 특허 출원 건수	1	10	• 해양장비 및 안전 관련 특허출원	• 특허출원 여 부	100 ('17 년 기달성)
	소프트웨어	• 소프트 웨 어 등록 건수	1	10	• 해양환경 및 음향분석 SW	• 저작권 확보 여부	'17년 기달성
	시제품	• 시제품 제작 건수	1	30	• 선체부착형 청음시스템	• 시험 성 적 서 발급 여부	100
	수중 생존자 탐색용 청음시스템 성능	• 수신감도	-165dB	30	• 개발 장비에 대한 성능	• 공인 성능 시 협성적서	100
• 최대청음주파수	1kHz	• 공인 성능 시 협성적서					
• 센서자체소음	-15dB	• 공인 성능 시 협성적서					
• 유선통신	30kHz	• 공인 성능 시 협성적서					
3차 년도 (2019년)	논문	• SCI급 논문 건수	1	10	• 해양안전 · 음향 · 장비 관련 논문	• 논문발간 여 부	100
		• 학 술 대 회 논문 건수	1	3	• 학술대회 발표 실적	• 학술대회 초 록 발간 여 부	100
	특허	• 특허 출원 건수	1	10	• 해양장비 및 안전	• 특허출원 여 부	100

					관련 특허출원		
		• 특허 등록 건수	1	7	• 해양장비 및 안전 관련 특허등록	• 특허등록 여 부	-
	소프트웨어	• 소프트웨 어 등록 건수	1	20	• 운용프로그 램 SW 확보	• 저작권 확보 여부	100
	시제품	• 시제품 제작 건수	1	20	• 개발장비에 공인기관 시험	• 시험 성적서 발급 여부	100
	수중 생존자 탐색용 청음시스템 성능	• 수신감도	-150dB	20	• 개발 장비에 대한 성능 검증	• 공인 성능 시 험성적서	100
• 최대청음주파수		1kHz	• 공인 성능 시 험성적서				
• 센서자체소음		-20dB	• 공인 성능 시 험성적서				
• 운용수심		70m	• 공인 성능 시 험성적서				
• 유선통신		40kHz	• 공인 성능 시 험성적서				
• 사용시간		24시간	• 공인 성능 시 험성적서				
	음향소나 및 수중광학장 비 연동 체계 성능	• 최대 탐 지 거 리	50m	10	• 개발 장비에 대한 성능 검증	• 공인 성능 시 험성적서	67% (11월 말 최종 조립 완료로 자체 검증을 수행하 지 못함, 2020년 공인시 험으로 대체예 정)
• 최대 Range		90m	• 공인 성능 시 험성적서				
• 운용수심		30m	• 자체검증				
• 빔각		90도	• 공인 성능 시 험성적서				
• 최대 프레임 수		10Hz	• 공인 성능 시 험성적서				
• 사용시간		1시간	• 자체검증				
4차 년도 (2020년)	논문	• SCI급 논문 건수	1	-	• 해양안전· 음향·장비 관련 논문	• 논문발간 여 부	100
		• 학 술 대 회 논문 건수	1	3	• 학술대회 발표 실적	• 학술대회 초 록 발간 여 부	100
	포상	• 정부포상 건 수	1	5	• 해양경찰청 장 감사장	• 포상 유무	100
	특허	• 특허 출원 건수	1	-	• 해양장비 및 안전	• 특허출원 여 부	- ('19

					관련 특허출원		년 달성)
	• 특허 등록 건수	2	7		• 해양장비 및 안전 관련 특허등록	• 특허등록 여 부	100
소프트웨어	• SW 등록 건 수	1	5		• 휴대용 다이버 영상 장비 SW	• SW 등록 여 부	100
시제품 및 장비	• 장비 개발 건수	2	35		• 청음시스템 및 다이버영상 장비 개발	• 시험 성적서 발급 여부	100
수중 생존자 탐색용 청음시스템 성능	• 운용수심	100m	13		• 개발 장비에 대한 성능 검증	• 공인 성능 시 험성적서	100
	• 사용시간	24시간				• 공인 성능 시 험성적서	
	• 내진동	30-100 Hz				• 공인 성능 시 험성적서	
음향소나 및 수중광학장 비 연동 체계 성능	• 최대탐지거리	60m	27		• 개발 장비에 대한 성능 검증	• 공인 성능 시 험성적서	100
	• 최대 Range	100m				• 공인 성능 시 험성적서	
	• 운용수심	50m				• 공인 성능 시 험성적서	
	• 빔각	120도				• 공인 성능 시 험성적서	
	• 최대 프레임수	15Hz				• 공인 성능 시 험성적서	
	• 수중무게	: 0kg				• 공인 성능 시 험성적서	
	• 사용시간	2시간				• 공인 성능 시 험성적서	
	• 내진동	30-100 Hz				• 공인 성능 시 험성적서	
국제협력	• 국제행사참석	1	5		• 국제해양안 전대전	• 참가여부	100

제 2 절 관련 분야 기여도

1. 기술적 측면

- 선체 내에서 발생하는 진동 및 소음 등의 신호를 수신할 수 있는 청음장비의 제작 기술을 확보함.
- 선체 부착형 청음장비를 원격에서 제어하고 음향 및 진동 신호로부터 특정 신호(생존자)를 탐지할 수 있는 기술을 확보함.
- 수중의 장비로부터 신호를 해상 구조함으로 전송할 수 있는 유무선 복합 통신 기술력을 확보하여 향후 유사 장비 개발에 적용함.
- 저시정의 악조건을 극복하여 수중의 물체를 탐지하기 위한 음향소나와 수중광학 영상을 획득하기 위한 휴대용 다이버 영상 장비 기술을 확보함

2. 사회적 측면

- 해양 인명사고 발생 시 사고자 구출을 위한 인명 탐지 기술로 활용되어 해난 신속 대응 기반 서비스 제공 및 사고대응 의사결정 지원
- 사회적으로 확산하는 생존자 미확인 문제를 해결해 줌으로써 사회적인 해양구조 공감대 형성으로 대국민 서비스 향상
- 생존자 확인을 통한 신속한 구조 활동을 지원하여 국민의 안전성 확보

3. 경제적·산업적 측면

- 향후 해양 환경에서 수색 및 구조 작업 방법은 구조 인원의 안전 등을 고려하여 무인화 원격화 하는 방향으로 발전할 것으로 예상되며, 관련 산업 시장의 지속적인 성장에 대비한 선제적 기술력을 확보함.
- 해상사고에 대한 초동 현장대응능력 강화로 사고 발생 시 인명구조 및 실종자 수색을 조기에 완료할 수 있어 국가적으로 소요되는 예산 및 인력 투입을 절감할 수 있음.

제 5 장 연구개발성과의 활용계획

<p>연구개발성과 활용계획</p>	<p>주요 계획</p>
	<p>○ 해양사고 대응 기술 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 빈번하게 발생하는 연안역의 선박 전복 및 침몰 사고에 긴급 현장 대응하여 생존자를 확인할 수 있는 선체 부착형 청음시스템과 저시정 환경에서 수중 물체를 탐지할 수 있는 휴대용 다이버 영상장비를 국가적 해양재난 발생시 현장 활용
	<p>○ 사업화를 위한 기술이전 방안</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발을 통해 확보한 ‘선체 부착형 청음시스템’ 및 ‘휴대용 다이버 영상장비’ 기술을 2021년에 국내 해양관련 수중 음향 장비 개발 전문 산업체에 기술이전 - 해양장비 및 안전분야의 새로운 수익을 창출할 수 있는 모델로 제시하여 산업화 기반 마련
	<p>○ 해양경찰청 구조대 교육 및 훈련 장비 활용 방안</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발을 통하여 확보한 시제품 ‘선체 부착형 청음시스템’과 ‘휴대용 다이버 영상 장비’를 해양경찰청 서해해양특수구조대에 이관하여 해양구조를 위한 교육 및 훈련용 장비로 활용 - 연구개발 장비의 운영성을 높이기 위하여 이관단계에서 대상기관 선정에 위한 협의, 장비 운영에 대한 기술 지원, 매뉴얼 배포
	<p>○ 해양플랜트 안전진단 기술로 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수중에 설치된 해양플랜트에 선체 부착형 청음시스템을 적용하여 설비 내 발생 소리를 지속적으로 모니터링하는 장비로 활용 - 해양플랜트에서 발생하는 비정상적인 소리를 탐지함으로써 시설의 이상유무를 1차적으로 진단 가능함
<p>○ 범용성 확보를 위한 개발 장비 고도화 사업 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대형 선박 사고 시에 요구조자의 구조 신호가 강하게 발생하는 음원의 위치를 정확하게 탐지하는 것이 매우 중요 - 요구조자의 위치를 파악하기 위해서는 현재 개발된 선체 부착형 청음시스템을 추가적으로 제작하여 대형 선박의 여러 곳에 장비를 장착하고 구조음이 강한 곳을 찾는 기술 개발 필요 - 다채널로 청음 신호를 수신할 수 있는 Deck Unit의 고도화 	

	<ul style="list-style-type: none"> - 다채널로 동시에 수신되는 청음신호들을 동시에 분석하고 가시화하는 기술 - 상기의 고도화 기술을 포함하고, 상용성을 확보할 수 있도록 국가 R&D 실용화 관련 사업 추진 - 심해 및 무인화 대응을 위한 수중무인드론인 ROV(remotely operated vehicle)에 청음시스템을 탑재한 후, 무인 원격조정으로 수중침몰선에 접근하여 수중청음기를 침몰선체 외벽에 자동으로 부착하는 선체 부착 기술 고도화 - 부착형 청음시스템 자체에 동력을 구비하도록 설계하여, 수중 자율운항형 청음시스템을 자체적으로 침몰선에 접근한 후 침몰선 외벽에 부착되는 기술 개발
<p>작성자</p>	<p>연구책임자 김 응 </p>

제 6 장 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
결정 사유	본 사업은 해양수산 연구개발사업 보안관리지침 제12조에 의해 보안과제에 해당하지 않아 일반과제로 결정함	

제 7 장 연구시설·장비종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치장소)	ZEUS장비 등록 번호
	해당사항	없음						

제 8 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

제 1 절 인력전문성 제고

- 산업안전 부문(관리감독자 교육): 법정직무교육 기관(년 1회/법정주기)
- 산업 및 연구실 안전부문(안전관리자 교육): 법정직무교육 기관(2년 1회/법정주기)
- LMO 안전관리(생물안전책임자, 안전관리자 교육): 국가연구안전관리본부(년 1회)
- 고압가스 안전관리(법정교육): 가스안전공사(3년 1회/법정주기)
- 위험물 안전관리(법정교육): 소방안전협회(2년 1회/법정주기)
- 환경(수질, 대기분야) 법정: 환경보존협회(3년 1회/법정주기)

제 2 절 점검사항

구분	점검 분야	중점 점검 사항	비고
자체 점검	○ 일상 점검	○ 연구실안전법에 따른 분야별 점검항목	일일
	○ 안전관리자 합동	○ 일상점검 관리상태 ○ 고압가스 사용 및 저장시설 관리상태 ○ 화학약품 사용 및 위험물저장소 관리상태	매월 안전점검의 날 또는 불시
	○ 야간 및 휴일	○ 시설운영상태 ○ 24시간 가동장비 운영상태	일일
	○ 소방서 합동훈련 + 자체 훈련	○ 소방시설 시험동작 및 대피훈련	년 2회
외부 전문 기관	○ 연구실험실 정밀안전진단	○ 실험실 안전관리 상태 ○ 가스 및 약품 안전관리상태	년 2회
	○ 연구실험실 정기점검	○ 실험실 안전관리 상태 ○ 가스 및 약품 안전관리상태	년 1회
	○ 안전검사	○ 호이스트, 압력용기 안전검사	2년 1회

제 3절 관련수칙

수칙명	주요 내용	비고
<ul style="list-style-type: none"> ○ 안전보건관리규정 ○ 연구실안전관리 지침 ○ 생물안전관리 지침 ○ 위험성평가 실시지침 	<ul style="list-style-type: none"> - 산업안전보건관리 총괄, 고압가스, 전기, 화학약품, 위험물, 유전자변형생물체 안전관리 사항 - 연구실험실 분야별 안전관리 세부 사항 - 유전자변형생물체 안전관리 세부 사항 - 유해위험요인 파악 후, 위험성을 추정 및 결정한 후, 위험성을 감소시키는 안전관리 사항 	

1. 연구실 안전점검 정기적 실시

- 연구실의 안전환경을 확보하기 위하여 안전관련 법령(산업안전보건법, 연구실 안전환경 조성에 관한 법률) 및 연구실안전관리지침에 따라 연구실에 대한 안전점검(진단)을 정기적으로 실시함.

2. 참여 연구원의 안전보건교육 시행

- 산업안전보건법 제31조(안전보건교육) 및 연구실 안전환경조성에 관한 법률 제 18조(교육·훈련 등)에 의거, 전 직원에 대한 안전보건교육을 분기별 실시 중이고, 교육 방법은 자체 온라인 교육서버를 구축하여 운영

3. 연구 내용 및 결과물 안전 확보

정기적으로 인원 및 시설 보안 항목, 문서보안 항목 그리고 정보보안 항목의 보안점검을 실시하여 연구 내용 및 결과물의 안전을 확보하고 있음. 참여 연구원들을 대상으로 연구 결과의 안전한 관리를 위한 안전교육 실시

4. 연구실 안전 확보 계획

- 참여 연구원들이 안전관련 각종 법규, 규정 및 지침을 준수하도록 하며, 요구되는 안전 교육 및 훈련 실시
- 실험에 관련된 위험 정보를 숙지하고 적절한 개인 보호 장비 착용 및 실험실에 노출된 위험을 연구실책임자(안전관리자)에게 즉시 보고
- 안전관리전담 안전관리자를 중심으로 연구실에 잠재되어 있는 위험성 발견 및 위험물 질과 각종 실험장비 등 사용에 따른 안전수칙이 잘 이행될 수 있도록 지도점검 및 교육

제 9 장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허 명 /기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 또는 중복)	특기 사항 (SCI 여부/인 용 횟수 등)
1	시제품	선체 부착형 청음시스템	한국해 양과학 기술원	주관	대한민국		2019.12.09 2020.12.22 2021.01.29		공인인증 시험서
2	시제품	휴대용 다이버 영상장비	한국해 양과학 기술원	주관	대한민국		2021.01.21 2021.01.29		공인인증 시험서
3	특허	선체 부착형 청음시스템	한국해 양과학 기술원	주관	대한민국		2021.03.16	과제표기 (단독)	10-22303 57
4	소프트 웨어	선체 생존자 탐지용 프로그램	한국해 양과학 기술원	주관	대한민국		2019.10.16	과제표기 (단독)	C-2019- 028595
5	소프트 웨어	휴대용 다이버영상 장비 운용 소프트웨어	한국해 양과학 기술원	주관	대한민국		2020.11.26	과제표기 (단독)	C-2020- 045721
6	포상	해양경찰청 감사장	한국해 양과학 기술원	주관	대한민국		2020.12.15		제20-157 8호

시험 성적서



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5260

시험성적서 번호 :

KOMERI-0601-19T4831-1

http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



1. 의뢰자

- 회사명 : 한국해양과학기술원
- 주소 : 부산광역시 영도구 해양로 385 (동삼동, 한국해양과학기술원)
- 접수일자 : 2019. 10. 31

2. 시험대상품

- 시료명 : 청음기 모듈
- 모델명 : 청음기 모듈
- 제품번호 : -

3. 시험규격 : 의뢰자 요구사항

4. 시험기간 : 2019. 11. 21

5. 시험장소 : 고정시험실 현장시험
(주소 : 부산광역시 남구 황령대로353번길 9-37 소나테크)

6. 시험결과 : 시험 결과 참조

이 성적서 위의 내용은 의뢰자에 의해 제공된 시료에 한하며 용도 이외의 사용을 금합니다.

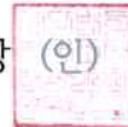
확인	시험실무자	기술책임자
	성명 : 이인석 이인석	성명 : 최돌 최돌

본 시험성적서는 "KS Q ISO/IEC 17025 KOLAS 인증"과 관련 없으며, 시험결과는 신청인이 제공한 시험대상품에 한하고, 한국조선해양기자재연구원장의 사인 서면승인 없이 성적서의 전부 또는 일부를 복사하여 사용할 수 없음.

본 시험성적서는 제 KOMERI-0601-19T4831 의 대체문서 임.

발행일 : 2019. 12. 09

(재)한국조선해양기자재연구원장 (인)



KOMERI-Lab-P-78-03(1)

페이지(1) / 총(42)



G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : rY+1wT+F+TQ=



시험 성적서



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산신단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0306-20T4129-A

http://www.komeri.re.kr

Korea

Marine Equipment
Research Institute



1. 의뢰자

- 회 사 명 : 한국해양과학기술원
- 주 소 : 부산광역시 영도구 해양로 385(동삼동, 한국해양과학기술원)
- 접수일자 : 2020. 10. 05



2. 시험대상품

- 시 료 명 : 청음기 모듈
- 모 델 명 : 청음기 모듈
- 제품번호 : -

3. 시험규격 : 신청자 요구사항

4. 시험기간 : 2020. 10. 12

5. 시험장소 : 고정시험실 현장시험
(주소 : 부산 남구 황령대로353번길 9-37, 소나테크 주식회사)

6. 시험결과 : 적합

이 성적서 위의 내용은 의뢰자에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

확인	시험실무자	기술책임자
	성 명 : 이상진 <i>이상진</i>	성 명 : 김동건 <i>김동건</i>

본 시험성적서는 'KS Q ISO/IEC 17025, KOLAS 인정'과 관련 없으며, 시험결과는 신청인이 제공한 시험대상품에 한하고, 한국조선해양기자재연구원장의 사전 서면승인 없이 성적서의 전부 또는 일부를 복사하여 사용할 수 없음.

본 시험성적서는 제 KOMERI-0306-20T4129 의 대체문서 임.

발행일 : 2020. 12. 22

한국인정기구 인정

(재)한국조선해양기자재연구원장



KOMERI-Lab-P-78-03(1)

페이지(1) / 총(8)

KOMERI OCEAN LEADING



G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : sL6P1YF1kOw=



시험 성적서



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 미음산단 5로 35(우 46744)
Tel 051-400-5400, Fax 051-400-5410

시험성적서 번호 :

KOMERI-0602-2014839

http://www.komeri.re.kr

Korea

Marine Equipment
Research Institute



1. 의뢰자

- 회 사 명 : 한국해양과학기술원
- 주 소 : 부산광역시 영도구 해양로 385(동삼동, 한국해양과학기술원)
- 접수일자 : 2020. 11. 19

2. 시험대상품

- 시 료 명 : 청음기 모듈
- 모 델 명 : 청음기 모듈
- 제품번호 : -

3. 시험규격 : 신청자 요구사항

4. 시험기간 : 2021. 01. 22

5. 시험장소 : 고정시험실 현장시험 (주소 : 부산광역시 강서구 미음산단 5로 35, 진동시험동)

6. 시험결과 : 적합

이 성적서 위의 내용은 의뢰자에 의해 제공된 시료에 한하며 용도 이외의 사용을 금합니다.

확인	시험실무자	기술책임자
	성 명 : 이병욱 이병욱	성 명 : 백세웅 백세웅

본 시험성적서는 "KS Q ISO/IEC 17025, KOLAS 인정"과 관련 없으며 시험결과는 신청인이 제공한 시험대상품에 한하고, 한국조선해양기자재연구원장의 사전 서면승인 없이 성적서의 전부 또는 일부를 복사하여 사용할 수 없음

발행일 : 2021. 01. 29

(재)한국조선해양기자재연구원장



KOMERI-Lab-P-78-03(1)

페이지(1) / 총(10)



G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : ajlnAwnEEsA=



시험 성적서



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 녹산산단 335로 24-20(우 46754)
Tel 051-400-5200, Fax 051-400-5210

시험성적서 번호 :

KOMERI-0311-20T4999

http://www.komeri.re.kr

Korea
Marine Equipment
Research Institute



1. 의뢰자

- 회사명 : 한국해양과학기술원
- 주소 : 부산광역시 영도구 해양로 385(동삼동, 한국해양과학기술원)
- 접수일자 : 2020. 12. 01

2. 시험대상품

- 시료명 : 다이버영상장비
- 모델명 : 다이버영상장비
- 제품번호 : -

3. 시험규격 : 신청자 요구사항

4. 시험기간 : 2021. 01. 13

5. 시험장소 : 고정시험실 현장시험
(주소 : 일반사항 참조)

6. 시험결과 : 시험결과 참조

이 성적서 위의 내용은 의뢰자에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다

확인	시험실무자	기술책임자	
성명 :	한명관 <i>한명관</i>	성명 :	최봉열 <i>최봉열</i>

본 시험성적서는 "KS Q ISO/IEC 17025, KOLAS 인정"과 관련 없으며 시험결과는 의뢰자의 제공한 시험대상품에 한하고, 한국조선해양기자재연구원장의 사전 서면승인 없이 성적서의 전부 또는 일부를 복사하여 사용할 수 없음.

발행일 : 2021. 01. 21

(재)한국조선해양기자재연구원장 (인)



KOMERI-Lab-P-7.8-03(1)

페이지(1) / 총(26)



G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : AdlisUO8cWU=



시험 성적서



한국조선해양기자재연구원

부산광역시 강서구 미음산단 5로 35(우 46744)
Tel 051-400-5400, Fax 051-400-5410

시험성적서 번호 :

KOMERI-0602-20T4998

<http://www.komeri.re.kr>

Korea

Marine Equipment
Research Institute



1. 의뢰자

- 회 사 명 : 한국해양과학기술원
- 주 소 : 부산광역시 영도구 해양로 385(동삼동, 한국해양과학기술원)
- 접수일자 : 2020. 12. 01

2. 시험대상품

- 시 료 명 : 다이버영상장비
- 모 델 명 : 다이버영상장비
- 제품번호 : -

3. 시험규격 : 신청자 요구사항

4. 시험기간 : 2021. 01. 21

5. 시험장소 : 고정시험실 현장시험 (주소 : 부산광역시 강서구 미음산단 5로 35, 진동시험동)

6. 시험결과 : 적합

이 성적서 위의 내용은 의뢰자에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

확인	시험실무자	기술책임자
	성 명 : 이병욱 이병욱	성 명 : 백세웅 백세웅

본 시험성적서는 "KS Q ISO/IEC 17025, KOLAS 인정"과 관련 없으며, 시험결과는 신청인이 제공한 시험대상품에 한하고, 한국조선해양기자재연구원장의 사전 서면승인 없이 성적서의 전부 또는 일부를 복사하여 사용할 수 없음.

발행일 : 2021. 01. 29

(재)한국조선해양기자재연구원장 (인)



KOMERI-Lab-P-78-03(1)

페이지(1) / 총(10)



G4B(www.g4b.go.kr)진위 확인코드 : YhbrplFRd6U=



특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허 제 10-2230357 호
Patent Number
출원번호 제 10-2019-0063838 호
Application Number
출원일 2019년 05월 30일
Filing Date
등록일 2021년 03월 16일
Registration Date

발명의명칭 Title of the Invention
선체 부착형 청음 시스템

특허권자 Patentee
한국해양과학기술원(131471-*****)
부산광역시 영도구 해양로 385(동삼동)

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청
Korean Intellectual
Property Office

2021년 03월 18일



QR코드로 현재기준
등록사항을 확인하세요

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

김용래



제 C-2019-028595 호



저작권 등록증

- | | |
|-----------------|--|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | 선체 생존자 탐지용 프로그램 (Ship Survivor Detection Program) |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램>과학기술 |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 한국해양과학기술원
부산광역시 영도구 해양로 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 131471-0018173 |
| 5. 창작연월일 | 2019년10월10일 |
| 6. 공표연월일 | 2019년10월10일 |
| 7. 등록연월일 | 2019년10월16일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 한국해양과학기술원,
창작 : 2019.10.10, 공표 : 2019.10.10 |

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2019년 10월 17일

이 위치에 복사방지마크가 출력됩니다.

한국저작권위원회



제 C-2020-045721 호



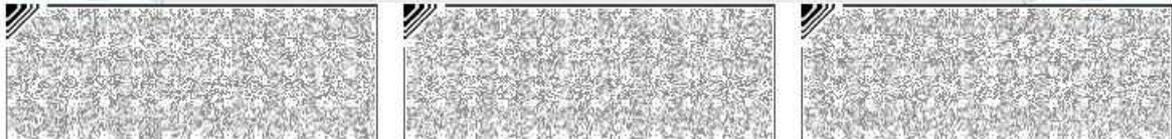
저작권 등록증

- | | |
|-----------------|--|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | 휴대용 다이버영상 장비 운용 소프트웨어 |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램>과학기술 |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 한국해양과학기술원
부산광역시 영도구 해양로 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 131471-0018173 |
| 5. 창작연월일 | 2020년11월17일 |
| 6. 공표연월일 | 2020년11월18일 |
| 7. 등록연월일 | 2020년11월26일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 한국해양과학기술원,
창작 : 2020.11.17, 공표 : 2020.11.18 |

☞ 저작권법 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2020년 11월 26일

한국저작권위원회





제 20-1578 호

감 사 장

한국해양과학기술원
책임연구원 김 응

귀하는 평소 해양경찰에 대한 깊은 이해와 관심으로 적극 협조하여 왔으며, 특히 해양경찰 연구개발(R&D) 업무발전에 기여한 공이 크므로 이에 감사를 드립니다.

2020년 12월 15일



해양경찰청장 김 홍



제 10 장 기타 성과

제 1 절 개발 시제품 설명서

1. 선체 부착성 청음시스템 설명서

적용된 주요기술	수중청음, 수중통신, 신호처리	제작기관	한국해양과학기술원
용도 및 활용 방안	해상의 전복 및 침몰선박 내에서 생존자의 요구조 신호를 획득하여 수상자(구조함)에 전달하여 구조신호를 확인하는 장비. 사업 최종 종료 후 해양경찰청의 관련 부서에 배치하여 교육 장비로 활용 예정		
제품 사진		제품의 상세한 설명	
		<ul style="list-style-type: none"> - 청음시스템 본체는 센서부(청음센서, 진동센서), 컨트롤 유닛부(저전력 저소음의 메인/신호보드와 전원보드), 외부 하우징 기구부로 구성되어 있음. - 본체부와 수상구조함간의 통신은 UT-AM 기반의 수중무선통신모듈 또는 유무선 방식의 해상 WIFI AP buoy를 통하여 이루어짐 - 본체부에서 획득한 신호는 구조함의 Deck Unit을 통하여 수신 - 수신된 신호는 가시화 SW를 통하여 표출됨 	

2. 휴대용 다이버 영상 장비 설명서

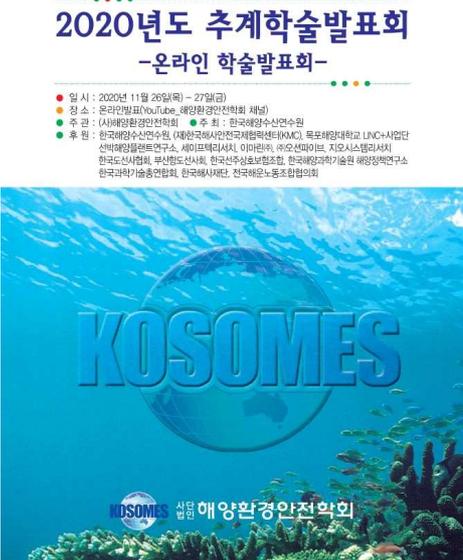
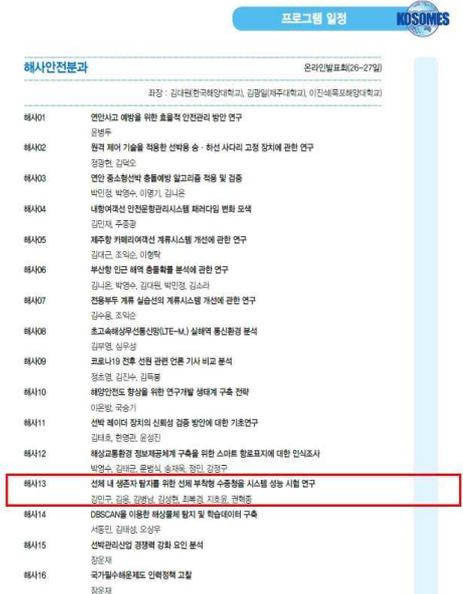
적용된 주요기술	음향영상, 광학영상, 영상처리	제작기관	한국해양과학기술원
용도 및 활용 방안	저시정 환경에서 수색구조 효율성을 높이기 위한 음향영상과 광학 영상을 획득하여 수중 구조사의 수색탐지거리를 증대 시킬 수 있는 휴대용 다이버 영상장비. 사업 최종 종료후 해양경찰청의 관련 부서에 배치하여 교육 장비로 활용 예정		
제품 사진		제품의 상세한 설명	
		<ul style="list-style-type: none"> - 저시정 환경에서 수색구조 효율성을 높이기 위한 음향영상과 광학 영상을 획득하여 수중전시하는 휴대용 다이버 영상장비 - 수중 다이버에 의한 장비의 기능 조작의 편의성을 위하여 제어부를 조이스틱과 버튼을 적용 - 휴대용 다이버 영상장비는 다이버의 위치 확인을 위하여 수심, 방향, GPS 정보 등을 표시하는 기능 - 휴대용 다이버 영상장비의 왜곡된 광학 이미지를 보정하고, 해수 유동 및 다이버의 움직임에 의해 흔들리는 노이즈를 제거하는 알고리즘 탑재 	
			

제 2 절 기타 연구개발 성과

1. 2020년 국제 해양안전 대전 참가

사업명	해양구조기술개발	구분	국제행사 참석	행사일	2020.11.11~13																				
명 칭	2020 국제 해양·안전 대전																								
2020 해양안전대전 계획 보고 공문			2020 해양안전대전 참가 부스 위치																						
<p>현장에 강한, 신뢰받는 해양경험</p> <p>「2020 국제 해양·안전 대전」 조정계획(안) 보고 < 11.11 ~ 11.13 / 송도컨벤시아 / 우리청, 인천시(주최), 관광공사·케이웨이스(주관) ></p> <p>< 20. 10. 12 수석보좌관 회의 시, 대통령 주요 말씀 ></p> <p>(사회적 거리두기 완화조치) 방역과 경제 모두에서 성공한 나라로 나아가겠다는 언제 끝날지 알 수 없는 코로나 속에 경제를 살리는데 힘을 모아달라고 당부</p> <p>코로나 19 전월 위기선인 1단계(2월) ⇒ WHO 팬데믹 선언(3월) ⇒ 거리두기 2단계(6.15) ⇒ 거리두기 1단계(10.12)</p> <p>※진전경계 국제인중 획득(19.11월) ⇒ 기본계획 수립(19.12월) ⇒ 산업부, 유망전시회 선정(20.2월) ⇒ 박람회 연계(20.5월)</p> <p>□ 현 실 태</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (유지현황) 현재 73개 권 224개 부스 유치 (계약서 제출기중) ○ (전시동향) 상반기 전시 행사 취소·연기 추세 ⇒ 4분기 행사 재개 중 ○ (참가유치) 사회적 불안감으로 국내외 참가기업 유치 난항 및 일반참객 감소 예상 ○ (참여업계) 국내외 마케팅 한계 및 실적부진을 극복하기 위해 전시회 활성화 요구 <p>□ 조정 (안) ⇒ 방역체계 강화 안전한 환경 조성 + 대면·비대면 병행 추진</p> <table border="1"> <tr> <th>구 분</th> <th>조정 전</th> <th>사회적거리두기 1단계 / 방역지침 적용</th> </tr> <tr> <td>유치방안</td> <td>· (박 이 어) 국내 + 해외 (참가기업) 국내 + 해외</td> <td>· 국내 바이어 + 주재관 초청 + 해외 온라인 홍보 · 국내기업 중심 유치 (유망기업 발굴 등)</td> </tr> <tr> <td>행사구성 (내 실 화)</td> <td>· (전 시 장) 3개홀 (8,812평) (상 업 회) 대면 중심 (인피런스) 대면 중심</td> <td>· 2개홀 (2,545평 / 8,400㎡) · 대면 + 비대면 병행 (온라인 상담회 등) · 대면 + 웨비나 접목 (웹+세미나)</td> </tr> <tr> <td>부대행사 (안전중심)</td> <td>· (개 막 식) 100여명 참석 (오찬·만찬) 주최·주관사 (제철행사) 개최 (방역체계) 기본방역</td> <td>· 약 20~30명 내외 축소 ⇒ 대면감염 예방 · 오찬 참석인원 최소화 (만찬 취소) · 취소·최소화 (불특정 다수 집합행사) · 방역지침 적용 및 방역시스템 강화</td> </tr> </table> <p>* (거리두기 2단계) 대면 전시회 취소 ⇒ 비대면(온라인) 수출상담회·전시회 등 개최</p> <p>□ 향후일정</p> <table border="1"> <tr> <td>업체-바이어 유치 및 홍보</td> <td>10월 ~ 11월</td> <td>종합계획 수립</td> <td>11월초</td> <td>박람회 개최</td> <td>11.11 ~ 13</td> <td>성과보고회</td> <td>12월</td> </tr> </table>			구 분	조정 전	사회적거리두기 1단계 / 방역지침 적용	유치방안	· (박 이 어) 국내 + 해외 (참가기업) 국내 + 해외	· 국내 바이어 + 주재관 초청 + 해외 온라인 홍보 · 국내기업 중심 유치 (유망기업 발굴 등)	행사구성 (내 실 화)	· (전 시 장) 3개홀 (8,812평) (상 업 회) 대면 중심 (인피런스) 대면 중심	· 2개홀 (2,545평 / 8,400㎡) · 대면 + 비대면 병행 (온라인 상담회 등) · 대면 + 웨비나 접목 (웹+세미나)	부대행사 (안전중심)	· (개 막 식) 100여명 참석 (오찬·만찬) 주최·주관사 (제철행사) 개최 (방역체계) 기본방역	· 약 20~30명 내외 축소 ⇒ 대면감염 예방 · 오찬 참석인원 최소화 (만찬 취소) · 취소·최소화 (불특정 다수 집합행사) · 방역지침 적용 및 방역시스템 강화	업체-바이어 유치 및 홍보	10월 ~ 11월	종합계획 수립	11월초	박람회 개최	11.11 ~ 13	성과보고회	12월	<p>국제해양안전대전 Korea Ocean Expo 2020.11.11(수)~13(금) 인천송도컨벤시아 Songdo Convensia, Incheon</p>		
구 분	조정 전	사회적거리두기 1단계 / 방역지침 적용																							
유치방안	· (박 이 어) 국내 + 해외 (참가기업) 국내 + 해외	· 국내 바이어 + 주재관 초청 + 해외 온라인 홍보 · 국내기업 중심 유치 (유망기업 발굴 등)																							
행사구성 (내 실 화)	· (전 시 장) 3개홀 (8,812평) (상 업 회) 대면 중심 (인피런스) 대면 중심	· 2개홀 (2,545평 / 8,400㎡) · 대면 + 비대면 병행 (온라인 상담회 등) · 대면 + 웨비나 접목 (웹+세미나)																							
부대행사 (안전중심)	· (개 막 식) 100여명 참석 (오찬·만찬) 주최·주관사 (제철행사) 개최 (방역체계) 기본방역	· 약 20~30명 내외 축소 ⇒ 대면감염 예방 · 오찬 참석인원 최소화 (만찬 취소) · 취소·최소화 (불특정 다수 집합행사) · 방역지침 적용 및 방역시스템 강화																							
업체-바이어 유치 및 홍보	10월 ~ 11월	종합계획 수립	11월초	박람회 개최	11.11 ~ 13	성과보고회	12월																		
2020 해양안전대전 참가 감사 글			2020 해양안전대전 참가 전시 장비																						
<p>감사드립니다</p> <p>지난 11월 11일부터 13일까지 인천 송도컨벤시아에서 개최된 「2020 국제해양·안전대전(KOREA OCEAN EXPO)」이 성공적으로 개최될 수 있도록 적극적인 방호의 보건의안전수칙을 준수해 주신 여러분께 감사드립니다.</p> <p>이번 방호에는 코로나19라는 어려운 숙제도 많은 격려와 성원을 보내주신 덕분에 국내·외 110여의 업체가 참가하여 다양한 해양안전분야를 선보였습니다. 또한, 해외에서의 확산 상황을 통해 활발한 수출입 물품을 가두는 등 바이어 방문이 어려운 시점에도 배려심을 발휘하여 매우 유익하고 뜻깊은 전시회가 되었습니다.</p> <p>다음 「2022 국제해양·안전대전」에서도 귀 기관의 함께하기를 바라며, 귀 기관의 무한한 발전을 기원합니다.</p> <p>앞으로도 「국제해양·안전대전」에 지속적인 관심과 성원을 부탁드립니다. 감사합니다.</p> <p>해양감상회장 김홍희 인천광역시청 박남준</p>																									

2. 학술 발표

사업명	해양구조기술개발	구분	온라인발표	발표일	2020.11.26
명칭	2020년도 (사)해양환경안전학회 추계학술발표회				
학술대회 프로그램 표지			학술대회 발표논문 시작 페이지		
			<p>2020년도 (사)해양환경안전학회 추계학술발표회</p> <p>선체 내 생존자 탐지를 위한 선체 부착형 수중청음 시스템 성능 시험 연구</p> <p>강민구*, 김용***, 김병남***, 김성현***, 최복경***, 지호준***, 권혁준***</p> <p>*, ** 한국해양과학기술원 해양방위연구소 *** 한국해양과학기술원 해양방위연구소</p> <p>A Study On Performance Test of Attachable Hydro-Listening System for Detecting Survivor in the Ship</p> <p>Kang Mingu*, Kim Eung***, Kim Byongnam***, Kim Seonghyeon***, Choi Bokkyoung***, Ji Hoyoon***, Kwon Hyukjun***</p> <p>*, ** Korea Institute of Ocean Science & Technology</p> <p>핵심용어 : 생존자 수색, 선체 사고, 부착형 수중청음 시스템, 하이브리드 Key Words : survivor, ship accident, attachable hydro-listening system, hybrid</p> <p>1. 개요 및 연구목적 선체 사고 시 선체 내 생존자는 골짜기형 내 신속한 구조가 요구된다. 또한 선체 사고 시 선체 외부에서 선체 내 생존자의 후유와 대략적인 위치를 구조실에서 실시간으로 파악할 수 있다면, 신속한 상황 판단이 가능하여 구조 시간을 크게 단축 할 수 있을 것이다. 하지만 외부에서 생존자 수색 시 효과적인 탐지 할 수 있는 과학적인 수단과 장비가 부족하다. 본 연구에서는 음향 신호를 이용하여 선체 내 생존자의 구조신호를 실시간으로 탐지하는 선체 부착형 수중청음 시스템을 개발하고 성능을 시험하였다.</p> <p>2. 연구방법 본 연구에서는 제원한 선체 부착형 수중청음 시스템을 이용한 선체 내의 생존자 수색을 보이기 위하여, 시뮬레이션과 실험을 병행하여 선체 내 구조신호의 특성을 확인하기 위하여 보지실형 시 강우형 내부에 마이크로폰을 설치하여 음향 레벨을 측정하였으며, 실험을 통해 수중으로 전파된 신호를 선체 부착형 청음시스템으로 획득하여 후처리 영상 WDR 처리를 통해 획득한 신호를 분석하였다.</p> <p>3. 결과 및 고찰 마이크로폰으로 획득한 데이터는 강우형 내부의 조음된 환경에서 획득한 반면, 수중청음 시스템으로 획득한 데이터는 강우형 내부의 구조신호를 실시간으로 탐지하는 선체 부착형 수중청음 시스템을 개발하고 성능을 시험하였다.</p> <p>4. 결론 선체 사고 시 선체 내 수중 생존자를 구조 신호를 탐지 가능한 부착형 수중청음 시스템을 개발하고 시험하였다. 선체 내에서 다양한 음향 레벨로 실험을 진행한 결과, 해상에서 실시간으로 선체 부착형 청음시스템으로부터 생존자의 구조 신호를 획득할 수 있었다. 따라서 음향 및 전파신호를 생성 시에 개발 장비를 적용할 수 있음을 실험적으로 확인하였다.</p> <p>5. 감사의 말 본 연구는 해양경찰청 지원(201904372)으로 수행된 '선체 내 생존자 수색 및 생존성 확보 기술 개발(09A19807) 연구인.</p>		
학술대회 발표논문 목차			사사 부분		
			<p>2020년도 (사)해양환경안전학회 추계학술발표회</p> <p>선체 내 생존자 탐지를 위한 선체 부착형 수중청음 시스템 성능 시험 연구</p> <p>강민구*, 김용***, 김병남***, 김성현***, 최복경***, 지호준***, 권혁준***</p> <p>*, ** 한국해양과학기술원 해양방위연구소 *** 한국해양과학기술원 해양방위연구소</p> <p>A Study On Performance Test of Attachable Hydro-Listening System for Detecting Survivor in the Ship</p> <p>Kang Mingu*, Kim Eung***, Kim Byongnam***, Kim Seonghyeon***, Choi Bokkyoung***, Ji Hoyoon***, Kwon Hyukjun***</p> <p>*, ** Korea Institute of Ocean Science & Technology</p> <p>핵심용어 : 생존자 수색, 선체 사고, 부착형 수중청음 시스템, 하이브리드 Key Words : survivor, ship accident, attachable hydro-listening system, hybrid</p> <p>1. 개요 및 연구목적 선체 사고 시 선체 내 생존자는 골짜기형 내 신속한 구조가 요구된다. 또한 선체 사고 시 선체 외부에서 선체 내 생존자의 후유와 대략적인 위치를 구조실에서 실시간으로 파악할 수 있다면, 신속한 상황 판단이 가능하여 구조 시간을 크게 단축 할 수 있을 것이다. 하지만 외부에서 생존자 수색 시 효과적인 탐지 할 수 있는 과학적인 수단과 장비가 부족하다. 본 연구에서는 음향 신호를 이용하여 선체 내 생존자의 구조신호를 실시간으로 탐지하는 선체 부착형 수중청음 시스템을 개발하고 성능을 시험하였다.</p> <p>2. 연구방법 본 연구에서는 제원한 선체 부착형 수중청음 시스템을 이용한 선체 내의 생존자 수색을 보이기 위하여, 시뮬레이션과 실험을 병행하여 선체 내 구조신호의 특성을 확인하기 위하여 보지실형 시 강우형 내부에 마이크로폰을 설치하여 음향 레벨을 측정하였으며, 실험을 통해 수중으로 전파된 신호를 선체 부착형 청음시스템으로 획득하여 후처리 영상 WDR 처리를 통해 획득한 신호를 분석하였다.</p> <p>3. 결과 및 고찰 마이크로폰으로 획득한 데이터는 강우형 내부의 조음된 환경에서 획득한 반면, 수중청음 시스템으로 획득한 데이터는 강우형 내부의 구조신호를 실시간으로 탐지하는 선체 부착형 수중청음 시스템을 개발하고 성능을 시험하였다.</p> <p>4. 결론 선체 사고 시 선체 내 수중 생존자를 구조 신호를 탐지 가능한 부착형 수중청음 시스템을 개발하고 시험하였다. 선체 내에서 다양한 음향 레벨로 실험을 진행한 결과, 해상에서 실시간으로 선체 부착형 청음시스템으로부터 생존자의 구조 신호를 획득할 수 있었다. 따라서 음향 및 전파신호를 생성 시에 개발 장비를 적용할 수 있음을 실험적으로 확인하였다.</p> <p>5. 감사의 말 본 연구는 해양경찰청 지원(201904372)으로 수행된 '선체 내 생존자 수색 및 생존성 확보 기술 개발(09A19807) 연구인.</p>		

3. 특허 출원/등록

사업명	해양구조기술개발	구분	특허등록	등록일	2020.07.22
명칭	전복된 선박 평형 유지 플로팅 에어백 장치 및 그 제어 방법				

특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허 제 10-2138705 호
Patent Number

출원번호 제 10-2019-0061474 호
Application Number

출원일 2019년 05월 24일
Filing Date

등록일 2020년 07월 22일
Registration Date

발명의명칭 Title of the Invention
 전복된 선박 평형 유지 플로팅 에어백 장치 및 그 제어 방법

특허권자 Patentee
 한국해양과학기술원(131471-*****)
 부산광역시 영도구 해양로 385(동삼동)

발명자 Inventor
 등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청
Korean Intellectual Property Office

2020년 10월 20일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

김용래





QR코드로 현재기준
등록사항을 확인하세요

제 11 장 참고 문헌

- 미래창조과학부 (2015), 2014년 기술수준평가, 미래창조과학부, p.665, 2015
- 박춘수, 지봉규, 조승현 (2016), 수중음향카메라용 배열센서를 이용한 위상배열 영상화, 한국소음진동공학회 2016년도 춘계 학술대회 논문집, p.439-440
- 배호석, 김우식, 권래연, 정우근 (2019). 고속기동 조건에서의 수중 음향 카메라 영상의 도플러 왜곡보정 연구. 한국마린엔지니어링학회지, 43(4), 335-343.
- 신형일, 서두옥, 김성호, 김병엽, 이유원 (2008), 고정점에서 고래류의 출현빈도 측정을 위한 수중 음향 전송시스템의 시험 제작, 한국어업기술학회지, 44(1), p. 31-36
- 유승완, 2015, 지역적 움직임 보상 기반 칼만 필터를 이용한 잡음 제거 기법. 석사학위논문, 인하대학교, p50.
- 이우현 (2019), FSK 변조 방식을 이용한 근거리 수중 통신 모델 설계 및 구현. 석사학위논문, 부산대학교, p45.
- 이지은, 임성빈, 심태보, 조요한, 권휴상 (2014a), 음향렌즈카메라 시스템을 위한 2 차원 수중 영상화 시스템 구현, 한국통신학회 2014년도 동계종합학술발표회, p.341-342
- 이형빈, 이경훈, 김성훈, 김인욱, 강돈혁 (2014b), 수중음향기법을 이용한 용담호의 어류 분포특성 연구, 한국수산과학회지, 47(6), p.1055-1062
- 중앙해양안전심판원 (2020), 2019 해양사고통계집, p176
- 해양산업위원회 (2014), 2030 미래해양산업 전략 보고서, 한국공학한립원, 해양산업정책보고서 14-03-01, p.137
- Bok, E., Park, J. J., Choi, H., Han, C. K., Wright, O. B., & Lee, S. H. (2018). Metasurface for water-to-air sound transmission. *Physical review letters*, 120(4), 044302.
- Cerqueira, R., Trocoli, T., Neves, G., Joyeux, S., Albiez, J., & Oliveira, L. (2017). A novel GPU-based sonar simulator for real-time applications. *Computers & Graphics*, 68, 66-76.
- Fuh CS and Maragos P. 1991. Motion displacement estimation using affine model for image matching. *Optical Engineering* 30, 881-887.
- Harris, C. G., & Stephens, M. (1988, August). A combined corner and edge detector. In *Alvey vision conference* (Vol. 15, No. 50, pp. 10-5244).
- Hirabayashi T., Abukawa K., Sato T., Matsumoto S. and Yoshie M. (2016), First Trial of Underwater Excavator Work Supported by Acoustic Video Camera, *J. of Robotics and Mechatronics*, 28(2), p.133-148
- MSG (2017), Hypothermia Prevention: Survival in Cold Water, Minnesota Sea Grant, http://www.seagrant.umn.edu/coastal_communities/hypothermia Accessed 7 Jan 2017.

- Piwnicki, K. (1983). Modulation methods related to sine-wave crossings. IEEE Transactions on Communications, 31(4), 503-508.
- Rappaport, T. S. (1996). Wireless communications: principles and practice (Vol. 2). New Jersey: prentice hall PTR
- Sarah F. T. and Jiangang L. (2008), Using dual-frequency sonar to detect juvenile goliath grouper *Epinephelus itajara* in mangrove habitat, Endang Species Res, doi: 10.3354/esr00138
- TSBC (1998), Marine Investigation Report(M98W0045), A Report of Transportation Safety Board of Canada, pp. 32.

주 의

1. 이 최종보고서는 해양경찰청에서 시행한 해양구조기술사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 해양경찰청에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.