

KCA연구 2021-04

자율해상 무선기기의 실효성 검증을 위한 연구

(최종보고서)

2021. 11. .

한국방송통신전파진흥원

연구수행기관 : 한국해양수산연수원

이 보고서는 한국방송통신전파진흥원의 재정지원으로 이루어졌으며, 보고서 내용은 연구자의 견해이며 한국방송통신전파진흥원의 공식 입장과 다를 수 있습니다.

제출문

한국방송통신전파진흥원 귀하

본 보고서를 한국방송통신전파진흥원이 본 연수원에 연구 의뢰한 「자율해상무선기기의 실효성 검증을 위한 연구」 용역의 최종 보고서로 제출합니다.

2021년 11월

한국해양수산연수원
책임연구원 김 병 옥

참여연구진

책임연구원

김병옥(한국해양수산연수원 교수)

연구원

김재원(한국해양수산연수원 부교수)

임종근((주)SRC 대표이사)

박정남((주)SRC 부장)

자율해상무선기기의 실효성 검증을 위한 연구

한국해양수산연수원

요 약

1. 연구의 개요

1) 연구의 목적

- IMO 결의안을 바탕으로 2020년 해상무선설비의 기술기준에 마련된 “자동식별장치의 기술을 이용하는 종별 B의 자율해상무선기기” 제정 (안)에서 규정된 160.9MHz 주파수를 사용하고 100mW 이내의 출력의 무선 송신기에 대한 실효성 검증이 필요
- 160.9MHz 주파수를 사용하고 출력이 등가등방성복사전력(e.i.r.p.)으로 100mW일 경우, 약 200m 또는 300m 정도의 통신거리가 예측되므로 어민들이 사용하고자하는 라디오 부이 또는 해상조난자 위치발신장치로의 활용이 어려움
- 어망 부이에 대한 어민들의 요구사항은 10km 이상의 통신거리를 요구
- 해상이동업무가 아닌 다른 용도의 주파수가 해상에서 활용되더라도 해상 주파수와와의 간섭문제에 대한 검토가 사전에 이루어져야 할 것이고 해상 장비가 가져야 하는 최소의 요건을 갖출 수 있도록 하는 제도의 개선이 요구됨
- 따라서, 출력 가변의 AIS 기술 기반 160.9MHz 송신기 시작품을 개발하고 해상 시험을 통해 국내 해상환경에서 요구되는 종별 B 자율해상무선기기의 출력을 제시하는 것이 이 연구의 최종 목적임

2) 연구의 범위

- 국내외 AMRD 도입 추진현황 및 기술기준 조사·분석
- AIS 기술 기반 160.9MHz 송신기 설계 및 시작품 제작
- AIS 기술 기반 160.9MHz 수신기 설계 및 시작품 제작
- 전자해도 기반 종별 B 자율해상무선기기의 표출방안 설계 및 시작품 제작
- 해수면 1m 고정용 부표 시작품제작
- 신규분배 주파수(160.9MHz)의 실효성 검증
- AMRD의 합리적 도입을 위한 개선방안 제시

2. 국내외 AMRD 도입 추진현황 및 기술기준 조사·분석

1) AMRD의 정의 및 분류

- 국제전기통신연합(ITU)은 ITU-R M.2135-0 부속서 1에서 자율해상무선기기(AMRD : Autonomous maritime radio devices)를 해상에서 선박국 또는 해안국과는 독립적 전송하여 동작하는 이동국으로 정의함
- AMRD는 세계해상인명안전협약(SOLAS) 5장에서 정의된 “항해의 안전 증진(Enhance safety of Navigation)”이라는 용어에 따라 항해 안전에 대한 영향을 분류 기준으로 그룹 A와 그룹 B로 구분함
- 그룹 A는 항해의 안전을 증진시키는 장치로서 선박자동식별장치(AIS)에서 사용되는 AIS 1(161.975MHz)과 AIS 2(162.025MHz)의 주파수와 기술을 그대로 사용할 수 있음
- 그룹 B는 항해의 안전을 증진시키지 않는 장치로서 선박의 항해에 무관한 신호나 정보를 전달하거나 수로에서 선박교통안전을 보완하지 않는 것을 의미함

2) AMRD 관련 국제 기준

- ITU-R M.2135-0 Annex 2에는 그룹 B AMRD의 기술 기준을 제시하고 있으며, AIS 기술을 사용하는 그룹 B AMRD와 AIS 기술 이외의 기술을 사용하는 그룹 B AMRD로서 구분하고 있음
- AIS 기술을 사용하는 그룹 B AMRD의 기술 기준은 다음과 같음
 - 송신기 등가등방성복사전력(e.i.r.p.)은 100mW 이내로 제한되어야 함
 - 비간섭 기반으로 동작함
 - 25kHz의 채널 1개로 동작함
 - 안테나는 일체형, 높이는 해수면으로부터 1 m 이내일 것
 - 보호된 외부 전원스위치 및 송신 표시기가 있어야 함

3) 해외 주요국의 주파수 및 기술 사용 현황

- 미국에서 AIS 기술을 사용할 수 있도록 허가된 장치는 Class A와 B AIS 장치 및 AIS SART, MOB 장치임
 - 418 MHz, 156.525 MHz 등을 이용한 MOB 장치를 개발 운용 중임
- 유럽은 익수자 위치발신장치(MOB) 등에서 AIS 기술을 사용한 자율해상무선기기를 개발 및 운용하고 있으며, 익수자 발생 시에 자동 또는 수동

- 작동에 의하여 본선으로 익수자가 발생하였음을 알리는 경보를 전송하거나 필요시에 모든 무선국으로 DSC 장치에 의한 조난 중계 기능을 탑재한 형태가 있으며, AIS MOB 경보를 모든 무선국 앞으로 바로 송신하는 등으로 여러 가지 형태의 기능을 탑재하여 출시되고 있음
- 대부분 장비의 출력이 2W를 넘지 않고 해수면상에서 작동하므로 약 3마일 이내에서 수신할 수 있을 것으로 예상됨
 - 중국은 어망부이를 가장 활발하게 개발하여 판매하고 있으며 대부분 AIS 주파수를 이용한 기술을 사용하고 있으며 출력은 5~8W로 다양함
- 4) 국내 도입 추진현황 및 유사기술 사례
- 주로 MOB 및 어망부이로서 AMRD를 이용하고 있음
 - LTE-M, LoRa(Long Range) WAN등을 사용한 장치가 주로 개발되고 있으며, 휴대폰 어플리케이션인 “해로드”와 블루투스 기술을 이용하여 연결하는 형태도 개발되었음

3. AMRD의 시작품 설계 및 제작

- 1) AMRD 송신기 설계 및 시작품 제작
- FSK변조기와 160.900MHz의 주파수 생성을 고려하여 Texas Instrument사의 LMX2571 칩셋을 활용하였으며, 160.900MHz의 자율해상무선기기 설계를 위하여 Texas Instrument가 제공하는 TICS Pro의 설계 도구를 사용하여 기본적인 구성을 완성함
 - 송신기 소프트웨어는 STM사에서 기본적으로 제공하는 BSP 코드를 다운받고 나머지 메인코드 부분을 비롯하여 기능 군으로 프로그램 파일을 나누어서 작성함
 - 자율해상무선기기의 안테나는 $\lambda/4$ 길이의 파장에서 펴야할 선을 꼬아서 소형화 집적시킨 형태의 안테나를 설계함



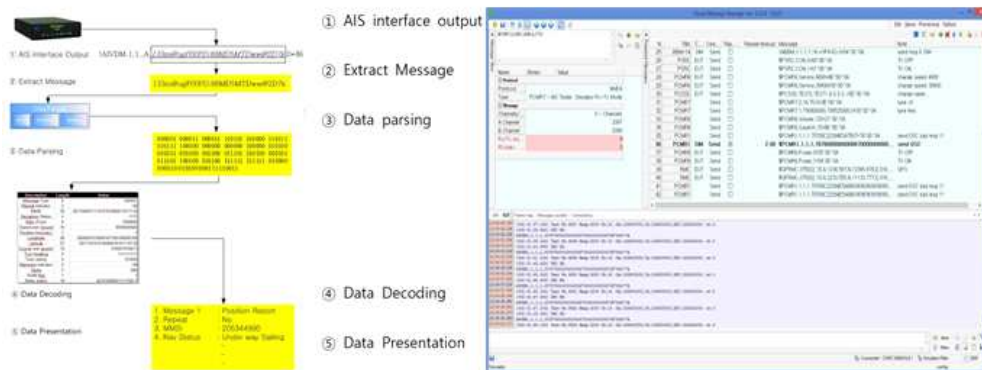
[그림 1] 송신기 시작품 회로 기판

2) AMRD 수신기 설계 및 시작품 제작

- 자율해상무선기기 수신 장치의 구현을 위해 기존의 AIS 수신기를 활용함
- 본 연구에서 사용된 AIS 수신기는 2개의 수신기가 동일하게 구성되어 하나의 채널에서 AIS 1 (161.975MHz)을 수신하고 나머지 하나의 수신기에서 AIS 2 (162.025MHz)를 수신할 수 있도록 구성되어 있으나 신호의 수신 감도를 향상시키기 위해 하나의 채널 수신기만을 사용함

3) 전자해도 기반 AMRD 표출방안 설계 및 시작품 제작

- AMRD 수신기에 의해 출력된 수신 데이터는 NMEA 형식의 VDM 메시지에 해당하고, ITU-R M. 1371-5의 메시지 형식에 따라 Decoding된 메시지에는 메시지의 번호와 고유식별부호, 항해상태, 대지속력, 위도 및 경도 등의 정보가 포함되어 있음



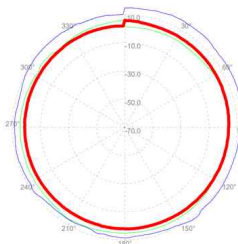
[그림 2] 수신 데이터 변환 및 Decoding 프로그램

4. AMRD의 실효성 검증 시험결과 분석

1) AMRD의 안테나 특성 시험결과 분석

- AMRD 시작품의 안테나 이득 및 방사 패턴의 측정 결과는 다음과 같음

방사각	이득	방사각	이득	방사각	이득
1	-27.3	121	-28.900	241	-29.9
2	-27.4	122	-28.900	242	-29.9
3	-27.4	123	-28.900	243	-29.9
4	-27.4	124	-29.000	244	-29.9
5	-27.5	125	-29.000	245	-29.9
6	-27.5	126	-29.000	246	-29.9
7	-27.6	127	-29.000	247	-29.9
8	-27.6	128	-29.000	248	-29.9
9	-27.6	129	-29.000	249	-29.9

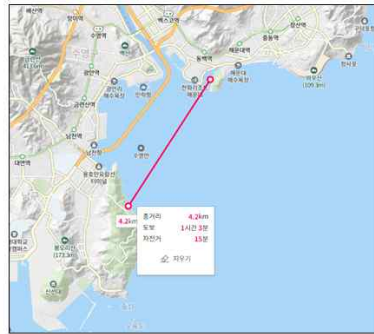


[그림 3] 안테나 이득 및 방사 패턴

2) AMRD의 고정거리 통신 시험결과 분석

- 부산 해운대 동백섬(송신) - 부산 남구 이기대(수신) 필드 시험 시행
- AMRD 송신기 출력 : 100mW, 200mW, 500mW (3대)
- 송신출력 : 100mW, 200mW, 500mW (3대 동시 송신)
(안테나 절대이득 - 6dBi 기준 송신출력 설정)
- 송신주기 : 2초 주기로 계속 송신
- 송수신 안테나 높이
 - 송신 안테나 높이 : 해수면 기준 1m
 - 수신 안테나 높이 : 해수면 기준 4m

구분	1번 메시지	14번 메시지	계
100 mW	2,280	166	2,446
200 mW	2,272	165	2,437
500 mW	2,131	155	2,286
계	6,683 (93.2%)	486 (6.8%)	7,169 (100%)



[그림 4] 송수신 필드 측정 및 유효 데이터 현황

- AMRD 데이터 수신율

<표 1> AMRD 데이터 수신율 현황

구분	1번 메시지	14번 메시지	미수신	계	수신율
100mW	1,653	120	27	1,800	98.5%
200mW	1,650	118	32	1,800	98.2%
500mW	1,678	120	2	1,800	99.9%

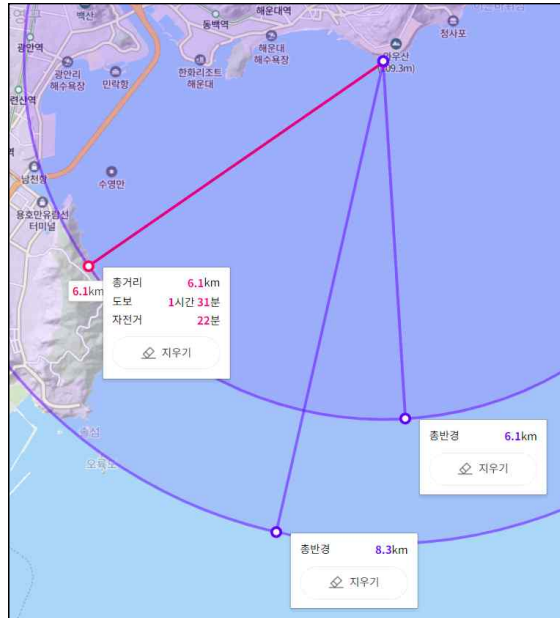
- AMRD 수신 신호 세기 (RSSI)

<표 2> RSSI 분석 결과

구분	최소	최대	평균
100mW	-126.9	-101.3	-103.8
200mW	-127.6	-98.9	-104.1
500mW	-126.9	-98	-110.1
평균	-127.1	-99.4	-106.0

3) AMRD의 해상 실선 실험(1차 및 2차) 결과 분석

- 송신 : 해운대 미포 연안 (4대의 AMRD 설치)
- 수신-1 : 이기대에서 수신 (고정위치)
- 수신-2 : 요트 항해 중 수신 (수영만-미포-오륙도-광안대교-미포-수영만)
- 수신-3 : 유람선 항해 중 수신 (미포-오륙도-미포)
- 고정 수신소인 이기대에서의 수신 결과는 <표 3>과 같음
- 이동 수신소인 요트에서의 수신 결과는 <표 4>과 같음
- 이동 수신소인 유람선에서의 수신 결과는 <표 5>와 같음



[그림 5] 해상 실선 시험 장소 현황

<표 3> 이기대 수신 결과

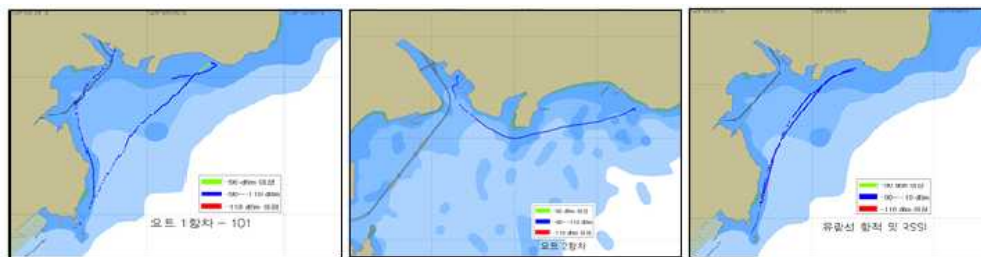
구분	100mW(1)	100mW(2)	200mW	500mW
수신 데이터	2,627	2,534	2,649	2,766
수신율	94.1%	90.7%	94.8%	99.0%
RSSI(최소)	-129.43	-129.39	-130.1	-129.39
RSSI(최대)	-98.91	-101.99	-98.33	-96.81
RSSI(평균)	-111.90	-114.45	-112.83	-109.26

<표 4> 요트 수신 결과(항로 1, 항로 2)

구분	100mW(1)		100mW(2)		200mW		500mW	
	항로 1	항로 2	항로 1	항로 2	항로 1	항로 2	항로 1	항로 2
수신 데이터	1,776	407	1,566	348	1,722	404	1,952	469
수신율	70.8%	39.2%	62.7%	34.1%	68.7%	39.5%	77.8%	45.2
RSSI(최소)	-119.36	-111.26	-116.96	-115.91	-116.57	-114.93	-120.15	-113.29
RSSI(최대)	-95.58	-96.24	-86.52	-92.28	-88.78	-86.39	-94.80	-91.32
RSSI(평균)	-100.50	-98.24	-98.72	-104.58	-98.28	-98.45	-102.61	-96.70

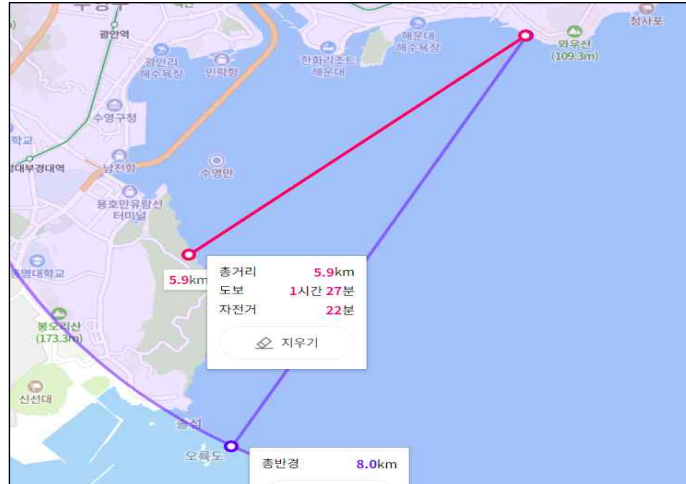
<표 5> 유람선 수신 결과

구분	100mW(1)	100mW(2)	200mW	500mW
수신 데이터	337	247	305	542
수신율	33.7%	25.4%	30.7%	55.0%
RSSI(최소)	-111.33	-120.47	-119.91	-113.80
RSSI(최대)	-96.54	-93.33	-93.92	-96.54
RSSI(평균)	-101.74	-100.73	-101.02	-98.74



[그림 6] 요트와 유람선의 수신 결과 분석

- 4) AMRD의 출력과 높이에 따른 성능측정 결과 분석
- 송신 : 해운대 미포 연안 (100mW 2기, 500mW 2기)
 - 수신-1 : 이기대 연안 일원 (고정 수신)
 - 수신-2 : 요트 항해 중 이동 수신
 - 송수신 거리 : 5.09 km(고정 수신), 0 ~ 8.5 km(이동 수신)
 - 고정 수신소인 이기대에서의 수신 결과는 <표 6>과 같음
 - 이동 수신소인 요트에서의 수신 결과는 <표 7>과 같음



[그림 7] 송신기 출력과 높이에 따른 측정 장소

<표 6> 고정 수신 분석 결과 (이기대 해안 고정 수신)

고정수신		101	102	501	502
수신 시작		11:20:01	11:20:10	11:20:03	11:20:02
수신 종료		14:28:57	14:28:58	13:55:27	14:28:59
수신 시간		03:08:56	03:08:48	02:35:24	03:08:56
수신 메시지		2,366	2,674	2,193	2,767
수신율		83.49%	94.42%	94.08%	97.64%
미수신율		16.51%	5.58%	5.92%	2.36%
RSSI	최소	-128.04	-127.62	-129.39	-129.23
	최대	-105.46	-100.23	-97.81	-96.81
	평균	-114.659	-112.801	-110.604	-109.062

<표 7> 이동 수신 분석 결과 (요트 수신 전체)

요트수신		101	102	501	502
수신 시작		13:01:04	13:01:10	13:01:02	13:01:02
수신 종료		14:27:56	14:30:26	13:53:42	14:28:30
수신 시간		01:26:52	01:29:16	00:52:40	01:27:28
수신 메시지		535	861	582	1,066
수신율		41.1%	64.3%	73.7%	81.3%
미수신율		58.9%	35.7%	26.3%	18.8%
RSSI	최소	-111.70	-118.79	-108.57	-109.24
	최대	-93.84	-88.78	-88.78	-88.78
	평균	-100.25	-106.88	-98.23	-98.90

5) AMRD의 안테나 높이에 따른 성능측정 결과 분석

- 송신 : 수륙해수욕장 북단 (해수면 기준 0 cm / 10 cm / 20 cm 설치)
- 수신 : 수륙해수욕장 남단 (해수면 기준 2 m 안테나 설치)
- 송수신 거리 : 1.04 km
- 안테나 높이에 따른 AMRD 수신 결과는 <표 8>과 같음

<표 8> 안테나 높이에 따른 AMRD 성능시험 결과

구 분		010	020	030
송신기 출력(e.i.r.p.)		100 mW	100 mW	100 mW
송신 안테나 높이		10 cm	20 cm	0 cm
수신 안테나 높이		2 m	2 m	2 m
수신 시작		13:59:11.964	13:59:12.011	13:59:10.908
수신 종료		15:42:08.032	15:31:31.553	15:42:08.957
수신 시간		01:42:56	01:32:20	01:42:58
수신 메시지		5,807	5,258	6,080
수신율		94.03%	94.91%	98.41%
미수신율		5.97%	5.09%	1.59%
RSSI	최소	-121.59	-113.09	-110.4
	최대	-63.27	-62.69	-67.76
	평균	-94.41	-82.58	-83.00

5. AMRD의 합리적 도입을 위한 개선 방안

1) AMRD의 유효성 분석

- AMRD 수신기의 수신감도를 선박자동식별장치(AIS)의 수신감도 기준인 -107dBm으로 적용하고 데이터 수신율을 80% 이상으로 적용할 경우, 100mW의 출력에서도 4.23km(2.28NM) 이상의 통신거리 확보가 가능할 것으로 나타남
- 고정 수신인 경우, 100mW를 포함한 전체 시작품이 약 6 km(3.2NM)의 거리에서 최소 90% 이상의 수신율이 나타나므로, 해수면 1m 이하의 높이에 설치하는 어망부이는 100mW의 출력으로 6 km 이상의 거리에서 검출할 수 있는 것으로 분석됨
- 이동 수신인 경우 출력에 따른 데이터 수신율은 전체 측정 구간을 분석한 결과 500mW 출력에서 77.8%, 200mW 출력에서 68.7%, 100mW 출력에

서 70.8%로 나타남

- 거리별로 출력에 따른 데이터 수신율을 분석한 결과, 8km 이내의 거리에 서는 100mW, 200mW 및 500mW 모두 최소 70% 이상의 수신율이 나타남
- 송수신 거리에 따른 수신율이 같은 기울기로 변화가 일어날 경우, 송수신 거리 10km 거리에서의 수신율은 100mW 및 200mW의 경우 59.7%, 500mW의 경우 81.1% 정도로 추정됨. 따라서 이동 수신의 경우 데이터 수신율 60% 정도를 기준으로 하면, 100mW의 출력으로도 10km 정도의 통신 거리가 확보될 것으로 추정되며, 500mW의 출력의 경우에는 약 16km 정도의 통신거리가 확보될 것으로 추정할 수 있음
- 송신기 안테나 높이 해수면 1m 기준에서 최소 출력 100mW(e.i.r.p.)를 기준으로 할 때, 데이터 수신율 70%를 기준으로 하면 최소 통신거리 8km, 데이터 수신율 60%를 기준으로 하면 최소 통신거리 10km가 확보될 것으로 분석됨
- 자율해상무선기기를 어망부이로 활용할 때 약 8km(4.3NM)의 통신거리는 어망을 투망한 어선이 어망을 찾거나 어망에 접근하는 선박이 신호를 수신하여 어망을 회피할 수 있는 시간을 확보하기에 충분한 거리로 판단됨
- 송수신 안테나 거리가 비교적 가까운 1 km 정도에서는 평균 RSSI 및 수신율이 모두 양호하게 나타나며, 송신 안테나 높이에 크게 영향을 받지 않음

2) 기술기준 개정 방안

- 현행 기술기준에 대하여 일부 내용 추가 삽입 제안
 - 송신장치 보호 덮개 부착 및 송신 표시기 포함
 - 데이터 전송 요구사항
 - 분당 4개의 메시지로 구성된 하나의 버스트를 송신하며, 첫 번째 버스트 선택 후 나머지 3 슬롯은 75 슬롯 간격으로 고정
 - 전송 메시지 종류를 AIS 표준 메시지 14번 사용
- 현행 기술기준에 대하여 일부 내용 삭제 제안
 - AIS 기술만을 사용하는 MOB-AIS의 조건 중 중심주파수 160.9MHz이고 주파수 허용편차 $\pm 500\text{Hz}$ 이내의 조건을 제외한 모든 내용 삭제 필요

3) AMRD 식별부호 부여 방안

- “972XXYYYYY” 또는 “972YYYYYYY”는 AMRD Group A 장치의 식별부호와 구분이 되지 않고, Group B 장치의 신호는 선박에서 수신할 수 없기 때문에 AMRD Group B 장치의 식별부호를 “979YYYYYYY”로 통일할 것을 제안

6. 결론

- AMRD의 출력 기준인 100mW에서도 데이터 수신율 70% 기준 약 8 km(4.3NM) 정도의 통신 거리가 확보되어 해상에서 사용하고자 하는 어망부이로서는 충분히 유용함
- 어망부이로 사용할 경우, e.i.r.p. 100mW의 출력으로도 10km 정도의 거리에서 데이터 수신율 60%가 확보될 것으로 추정되므로 100mW (e.i.r.p.)는 적절한 것으로 판단됨
- AMRD가 MOB로 사용되는 경우 안테나 높이가 해면 기준 10 cm 정도에서 현재 AMRD 규정인 100mW의 출력으로 1 km 통신거리에서 데이터 수신율 90% 이상 확보되는 것으로 나타나므로, 해상 상태만 양호하다면 100mW의 출력으로도 충분히 유효한 통신거리가 확보될 수 있음
- AMRD 장치의 고유 성능을 측정하는 기준이 없어 기준 마련이 필요함
- 연구 결과, AMRD 고유 성능 측정 기준(안)을 아래와 같이 제시함
 - AMRD의 출력 : e.i.r.p. 기준 100 mW
 - AMRD 송신 안테나 이득 : -5 dBi 이상
 - AMRD 수신기 감도 : -107 dBm 이하
 - AMRD 송신 안테나의 높이 :
 - ① 어망부이의 경우 - 해수면상 1 m
 - ② MOB의 경우 - 해수면상 10 cm
 - AMRD 수신 안테나의 높이 : 해수면상 2.5m
 - AMRD의 데이터 수신율(송신 메시지 1,000개 기준) :
 - ① 이동 수신 시 - 60% 이상
 - ② 고정 수신 시 - 80% 이상
- AMRD에 대한 국제적인 기술 사양을 규정하고 있는 ITU-R 권고 M.2135-0에서 AIS 기술의 적용과 관련한 세부 사항이 명시되어 있지 않아 이와 관련된 성능시험 측정이 곤란함
- 다양하게 개발되고 있는 AMRD 종류에 대하여 통일된 출력 기준 및

관련 기술 기준 등을 규정할 필요가 있음

- 국내에서 사용되고 있는 어망부이들에 대하여 사용 주파수 및 인증과 허가 제도를 정비할 필요 있음
- 국내에서 개발되는 익수자 위치 송신장치들은 AIS 기술을 적용하는 AMRD 종별 B 이외에도 RFID, LoRa, LTE-M 등의 기술을 적용하는 다양한 장치들이 출현하고 있으며, 장치의 원활한 사용을 위하여 사용영향 분석 등을 통해 장치 간 상호 호환성을 확보할 수 있는 방안 마련이 필요함
- 또한, 이러한 장치의 무분별한 사용은 오작동 및 오신호 등으로 오히려 수색구조에 악영향을 주어 인명안전을 저해할 우려가 있으므로 해당 장치의 사용 주파수 및 적용 기술에 대한 기준을 조속히 마련하고 관련 프로토콜을 포함하는 세부적인 표준 개발을 시급히 추진할 필요가 있음

목 차

제1장 개 요	1
1. 연구의 개요	1
2. 연구 추진 방안	1
제2장 국내외 AMRD 도입 추진현황 및 기술기준 조사·분석	11
1. AMRD 정의 및 분류	11
2. AMRD 관련 국제 기준	12
3. 해외 주요국의 주파수 및 기술 사용 현황	13
4. 국내 도입 추진현황 및 유사기술 사례	22
제3장 AMRD 시작품 설계 및 제작	27
1. AMRD 송신기 설계 및 시작품 제작	27
2. AMRD 수신기 설계 및 시작품 제작	41
3. 전자해도 기반 AMRD 표출 방안 설계 및 시작품 제작	45
4. AMRD 설치 부표 시작품 제작	54
제4장 AMRD의 실효성 검증 시험결과 분석	59
1. AMRD의 안테나 특성 시험결과 분석	59
2. AMRD의 통신거리 시험결과 분석	70
3. AMRD의 해상 실선 시험결과 분석	79
4. AMRD의 출력과 높이에 따른 성능측정 결과 분석	102
5. AMRD의 안테나 높이에 따른 성능시험 결과 분석	115
제5장 AMRD의 합리적 도입을 위한 개선 방안	121
1. AMRD의 유효성 분석	121
2. AMRD의 합리적 도입을 위한 국제표준 개정 방안	126
3. AMRD의 합리적 도입을 위한 기술기준 개정 방안	133
4. AMRD의 합리적 도입을 위한 식별부호 부여 방안	141
제6장 결 론	145

1. 연구 결과 요약	145
2. 결론 및 제언	149

표 목 차

<표 1-1> 연구 추진 계획 일정	9
<표 2-1> 미국의 MOB 장치	14
<표 2-2> 유럽의 익수자 위치발신장치(MOB)	16
<표 2-3> 유럽의 어망부이	18
<표 2-4> 중국의 어망부이 비콘	20
<표 2-5> 중국의 MOB 장치	21
<표 2-6> 국내 제조사의 어망부이	22
<표 2-7> 한국의 MOB 장치	24
<표 3-1> NMX2571이 제공하는 VCO 범위 및 이득	31
<표 3-2> 승산기 활용 예	34
<표 3-3> FSK 단계 방정식	35
<표 3-4> AMRD 수신 메시지 전달에 따른 데이터 형식, VDM	46
<표 3-5> AIS 메시지 1번	47
<표 3-6> AIS 메시지 14번	49
<표 3-7> 부표 제작용 구성품	57
<표 4-1> 방사각에 따른 안테나 이득	60
<표 4-2> 유효 데이터 현황	71
<표 4-3> AMRD 데이터 수신율 현황	73
<표 4-4> RSSI 분석 결과	74
<표 4-5> 1번 메시지의 RSSI 분석 결과	75
<표 4-6> 14번 메시지의 RSSI 분석 결과	76
<표 4-7> 송신기 출력에 따른 RSSI 비교 (1번 메시지)	77
<표 4-8> 송신기 출력에 따른 RSSI 비교 (14번 메시지)	77
<표 4-9> 이기대 수신 결과 (요약)	81
<표 4-10> 요트 수신 결과 (1항차)	84
<표 4-11> 요트 수신 결과 (2항차)	92
<표 4-12> 유람선 수신 결과	96
<표 4-13> 고정 수신 분석 결과 (이기대 해안 고정 수신)	106
<표 4-14> 이동 수신 분석 결과 (요트 수신 - 1항차)	108

<표 4-15> 이동 수신 분석 결과 (요트 수신 - 2항차)	108
<표 4-16> 이동 수신 분석 결과 (요트 수신 전체)	109
<표 4-17> 안테나 높이에 따른 AMRD 성능시험 결과	116
<표 5-1> 거리별 출력에 따른 수신율 비교 (요트 이동 수신)	122
<표 5-2> 출력 및 통신거리별 데이터 수신율 (이동 수신)	124
<Table 5-3> Required parameter settings	129
<Table 5-4> Minimum required transmitter characteristics	130
<Table 5-5> Definitions of timing for Figure 5-1	131
<Table 5-6> Enhanced true heading indicator description	133

그 립 목 차

[그림 1-1] AIS 기술 기반 송신기 시작품 개요도	4
[그림 1-2] AIS 기술 기반 수신기 시작품 개요도	5
[그림 1-3] 전자해도 AIS 표출 방안 예시 화면	5
[그림 1-4] 고정용 부표	6
[그림 1-5] 시작품 실효성 검증 개요도	6
[그림 2-1] 위성부이(SV-6000L) 형태 및 전자해도장치 표시 형태	19
[그림 2-2] 위성부이의 정보 전달 과정	19
[그림 2-3] LoRa 기반 MOB 장치	23
[그림 2-4] 휴대폰 어플리케이션 기반 MOB	23
[그림 2-5] LTE-M을 이용한 MOB	25
[그림 3-1] FM VCO의 FSK 변조를 통한 GMSK 구현	28
[그림 3-2] QPSK를 사용한 GMSK 구현	28
[그림 3-3] 전형적인 PLL	29
[그림 3-4] LMX2571 핀 구성도	30
[그림 3-5] 직접 디지털 FSK 변조 작업흐름	31
[그림 3-6] TICS Pro를 사용한 LMX2571의 기본설계	32
[그림 3-7] 19.2MHz VCTCXO의 출력 예상 파형	34
[그림 3-8] 일반적인 FSK 정의	36
[그림 3-9] FSK 핀 모드 예	36
[그림 3-10] RF5110G 153MHz 이득 및 효율 대	37
[그림 3-11] AMRD 송신기 블록도	38
[그림 3-12] 펌웨어 파일 디렉토리 구조 설명	39
[그림 3-13] 헬리컬 안테나 설계	40
[그림 3-14] MOB-AIS 수신기 RF 블록도	42
[그림 3-15] 2 채널 AIS 수신기의 보드	43
[그림 3-16] 160.900MHz 지역 채널 설정	44
[그림 3-17] 동작 모드에서 버스트 전송	50
[그림 3-18] 수신 데이터 변환	53
[그림 3-19] AMRD 수신 및 Decoding 프로그램	54

[그림 3-20] 근해자망 어구 겨냥도	55
[그림 3-21] 근해안강망 어구 겨냥도	56
[그림 3-22] 근해 통발 어구 겨냥도	56
[그림 3-23] 부표 고정 방법	57
[그림 3-24] 부이 상세 구성	58
[그림 4-1] AMRD 안테나 방사 패턴 측정 시험 구성	59
[그림 4-2] AMRD 시작품 안테나 방사 패턴	64
[그림 4-3] 시작품 RSSI 측정값	65
[그림 4-4] 시작품의 e.i.r.p. 측정 결과값	66
[그림 4-5] 안테나 특성 측정 챔버	67
[그림 4-6] 측정 계측기	68
[그림 4-7] Reference 측정	68
[그림 4-8] 100mW 안테나 이득 측정	69
[그림 4-9] 200mW 안테나 이득 측정	69
[그림 4-10] 1W 안테나 이득 측정	69
[그림 4-11] AMRD 통신거리 측정 장소	70
[그림 4-12] AMRD 수신 데이터	72
[그림 4-13] 미수신 현황	73
[그림 4-14] RSSI 분석 결과	74
[그림 4-15] 1번 메시지의 RSSI 분석 결과	75
[그림 4-16] 14번 메시지의 RSSI 분석 결과	76
[그림 4-17] 송신기 출력에 따른 RSSI 비교 (1번 메시지)	77
[그림 4-18] 송신기 출력에 따른 RSSI 비교 (14번 메시지)	78
[그림 4-19] 송신기 설치 위치	78
[그림 4-20] 수신 안테나 설치 위치	79
[그림 4-21] 해상 실선 시험 장소 현황	80
[그림 4-22] 이기대 수신 신호의 RSSI 분석 결과	82
[그림 4-23] 이기대 수신 신호의 RSSI 분석 결과 (1번 메시지)	83
[그림 4-24] 요트(1항차) 수신 신호의 RSSI 분석 결과	85
[그림 4-25] 요트 수신 신호의 RSSI 분석 결과 (1번 메시지)	86
[그림 4-26] 요트 항적 및 RSSI (1항차)	87
[그림 4-27] 요트 항적 및 RSSI (1항차) - 100mW(1)	88

[그림 4-28] 요트 항적 및 RSSI (1항차) - 100mW(2)	89
[그림 4-29] 요트 항적 및 RSSI (1항차) - 200mW	90
[그림 4-30] 요트 항적 및 RSSI (1항차) - 500mW	91
[그림 4-31] 요트(2항차) 수신 신호의 RSSI 분석 결과	93
[그림 4-32] 요트(2항차) 수신 신호의 RSSI 분석 결과 (1번 메시지)	94
[그림 4-33] 요트 항적 및 RSSI (2항차)	95
[그림 4-34] 유람선 수신 신호의 RSSI 분석 결과	97
[그림 4-35] 유람선 수신 신호의 RSSI 분석 결과 (1번 메시지)	98
[그림 4-36] 유람선 항적 및 RSSI	99
[그림 4-37] 해상 시험 시작품	100
[그림 4-38] 해수면 1m 높이에 송신기 고정 부표 설치	100
[그림 4-39] 요트에 수면 4m 높이 수신기 설치	101
[그림 4-40] 유람선에 수면 4m 높이 수신기 설치	101
[그림 4-41] 송신기에서 6.1km 떨어진 위치에서 수면 4m 높이 수신기 설치 ...	102
[그림 4-42] 송신기 출력과 높이에 따른 AMRD 성능 측정 장소	103
[그림 4-43] 측정 시험용 AMRD 송신기	103
[그림 4-44] AMRD 송신기 설치 현황	104
[그림 4-45] 고정 수신안테나 설치 현황	104
[그림 4-46] 이동 수신 측정 요트 및 수신기	105
[그림 4-47] 고정 수신에 따른 RSSI 분석 결과	107
[그림 4-48] 이동 수신에 따른 RSSI 분석 결과 (요트 1항차)	110
[그림 4-49] 이동 수신에 따른 RSSI 분석 결과 (요트 2항차)	111
[그림 4-50] 이동 수신에 따른 RSSI 분석 결과 (요트 1+2항차)	112
[그림 4-51] 이동 수신 1항차 항로 및 수신 현황 (101)	113
[그림 4-52] 이동 수신 1항차 항로 및 수신 현황 (102)	113
[그림 4-53] 이동 수신 1항차 항로 및 수신 현황 (501)	114
[그림 4-54] 이동 수신 1항차 항로 및 수신 현황 (502)	114
[그림 4-55] 안테나 높이에 따른 AMRD 성능시험 측정 장소	115
[그림 4-56] AMRD 송신기 및 수신 안테나	117
[그림 4-57] AMRD 송신기 및 수신 안테나	118
[그림 5-1] 거리별 출력에 따른 수신율 비교 (이동수신)	123
[그림 5-2] 거리별 출력에 따른 수신율 변화	123

[Figure 5-3] Transmitter output envelope versus time	131
[Figure 5-4] Burst transmissions in active mode	132

제1장

개 요

1. 연구의 개요
2. 연구 추진 방안

제1장 개 요

1. 연구의 개요

- 연구과제명 : 자율해상무선기기의 실효성 검증을 위한 연구
- 주관연구기관 : 한국해양수산연수원
- 연구책임자 : 김병욱 교수
- 연구기간 : 2021. 5. 31 ~ 2021. 11. 30 (6개월간)

2. 연구 추진 방안

2.1 연구의 배경

- 전과 관련 표준화 기구인 국제전기통신연합(ITU)에서는 자율해상무선 기기(Autonomous Maritime Radio Device)에 대해 선박국 또는 해안국과 상관없이 독립적으로 위치정보 등을 송신하며 해상에서 사용하기 위한 기기로 정의하며 익수자 위치발신장치(MOB) 및 이동형 항로표지(Mobile Aids to Navigation) 장치는 자율해상무선기기 종별 A로 분류하여 국제해사기구(IMO)에서 정하는 바에 따르도록 규정하고 있음
- 종별 A를 제외한 나머지는 종별 B로 분류하며, 종별 B는 초기에 자동식별장치(AIS) 기술을 적용하는 것과 기타 기술을 적용하는 것으로 분류하였지만 현 시점에서는 자동식별장치의 기술을 이용하는 것만 규정되어 있음
- 자동식별장치의 기술을 이용하는 종별 B의 자율해상무선기기의 대표적 사례는 익수자 위치발신장치(MOB) 장치로서, 여객선이나 각 해양관련 대학/고등학교의 실습선 및 국내 연근해를 항행하는 소형선박에 주로 탑재하여 승선원 개인의 안전을 위한 조난 장비로 활용될 수 있을 것이며, 어선에서의 어망위치 표시장치로서의 활용 등 해양 IoT 등의 해양산업 전반에서 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대됨
- 지금까지 개발되거나 논의 중인 MOB는 다양한 형태의 선내 경보장치를 개발하여 기존 통신망과 연계 또는 독립적으로 운용하고 있으며 다음의 5가지 형태로 분류할 수 있음

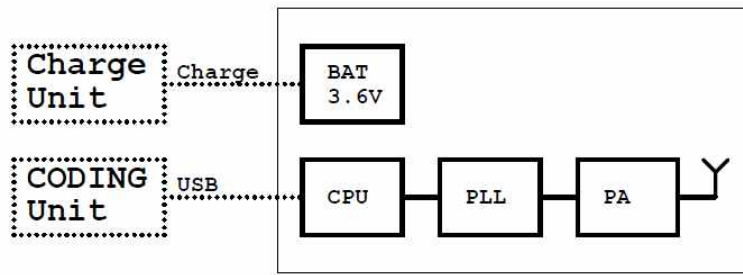
- ① AIS 주파수(161.975, 162.025MHz) 기술을 적용하는 AIS MOB 형태로 주로 구명동의에 장착하여 사용하며 GPS 기능 탑재로 수난자의 위치 데이터를 AIS Message 1번에 포함시켜 발송하며, AIS Message 14번을 이용하여 “MOB ACTIVE”라는 문구를 선박에 설치된 선박자동식별장치(AIS) 상에 표시하는 형태로서 유럽 등의 국제 시장에서 주류로서 사용되고 있음
- ② 선박용 VHF-DSC 주파수(156.525 MHz) 기술을 적용한 DSC MOB 형태로 작동 시 본선의 VHF 무선설비에 조난 중계 경고 알람을 발생시키며 VHF-DSC 장치의 Display 상에 조난종류(Man Overboard), 식별부호(MMSI) 및 위치정보(GPS)가 표시되고 모션에는 별도의 전용 장치 대신에 기존의 선박용 VHF DSC로 수신함
- ③ 선박용 AIS와 DSC 기술을 복합하여 적용하는 국제표준 익수자 위치발신장치로 경고 발생 시 초기 약 10분 동안은 모션으로만 5분 주기로 VHF DSC 경고신호를 송신하고, 모션에서 별다른 조치가 없다면 이후에는 주변 모든 선박국/해안국 앞으로 VHF DSC로 경고신호 송신함
- ④ 915MHz 주파수 또는 2.4GHz 주파수를 이용하는 Zigbee (Bluetooth) 기술을 적용한 형태이며, 노르웨이 등의 북미와 유럽 지역에서 소형어선 및 레저 보트 등에서 사용
- ⑤ 900MHz 주파수를 이용하는 일반 데이터 통신 방식의 데이터형 MOB 형태로서 익수 사고 발생 시 자동/수동으로 경고신호를 모션에 송신하여 수색구조를 돕기 위한 장치이며 전용의 수신기와 송신기의 세트로 구성되고 유효 통신거리는 약 15km이며 국내 해양경찰에서 사용 중임

2.2 연구의 목적

- IMO 결의안을 바탕으로 2020년 해상무선설비의 기술기준에 마련된 “자동식별장치의 기술을 이용하는 종별 B의 자율해상무선기기” 제정 (안)에서 규정된 160.9MHz 주파수를 사용하고 100mW 이내의 출력의 무선 송신기에 대한 실효성 검증이 필요
- 유사 주파수인 161.975MHz와 162.025MHz를 사용하는 AIS-SART의 경우 출력이 1W 미만으로 규정되어 있고 이를 통해 약 5NM의 통신거리를 확보할 수 있는 것으로 알려짐
- 160.9MHz 주파수를 사용하고 출력이 등가등방성복사전력(e.i.r.p.)으로 100mW일 경우, 약 200m 또는 300m 정도의 통신거리가 예측되므로 어민들이 사용하고자하는 라디오 부이 또는 해상조난자 위치발신장치로의 활용이 어려움
- 해양경찰청 및 해군에서 사용하는 해상조난자 위치발신장치의 통신 거리에 대한 구매사양은 10km 이상을 요구함
- 어망 부이에 대한 어민들의 요구사항은 10km 이상의 통신거리를 요구
- 한국방송통신전파진흥원의 연구용역을 통해 924MHz 대역의 해상조난자 위치발신장치의 개발 및 보급 사업을 위해 940MHz USN 주파수를 이용한 해상조난자 위치발신장치의 개발이 완료됨
- 해상에서 사용하는 무선설비가 해상이동업무용 무선설비의 기술기준에 포함된 무선설비 이외에도 기타 업무용 무선설비, 육상이동업무용 무선설비 등의 기술기준을 적용한 설비가 함께 사용됨에 따라 주파수의 간섭 및 장애의 위험요소를 안고 있음
- 해상이동업무가 아닌 다른 용도의 주파수가 해상에서 활용되더라도 해상 주파수와와의 간섭문제에 대한 검토가 사전에 이루어져야 할 것이고 해상 장비가 가져야 하는 최소의 요건을 갖출 수 있도록 하는 제도의 개선이 요구됨
- 따라서, 출력 가변의 AIS 기술 기반 160.9MHz 송신기 시작품을 개발하고 해상 시험을 통해 국내 해상환경에서 요구되는 종별 B 자율해상무선기기의 출력을 제시하는 것이 이 연구의 최종 목적임

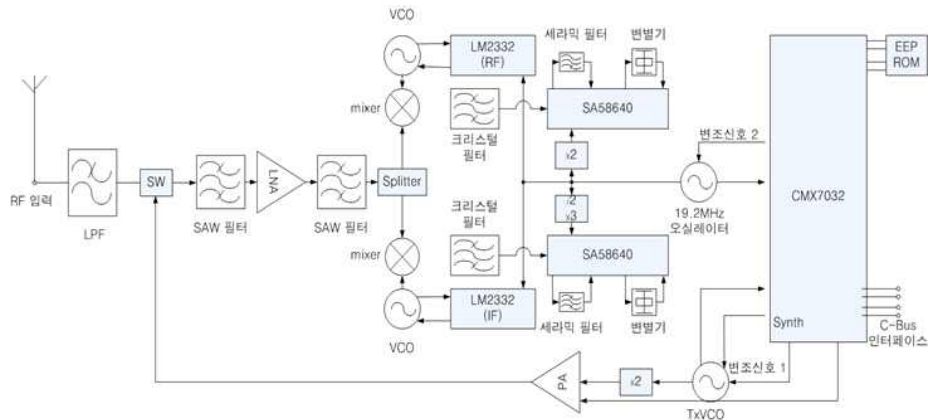
2.3 연구의 범위

- 국내외 AMRD 도입 추진현황 및 기술기준 조사·분석
 - 해상업무용 무선기기 중 AMRD 관련 국제기준
 - 해외 주요국의 주파수 및 기술 사용 현황 등
 - 국내도입 추진현황 및 유사기술 사례
- AIS 기술 기반 160.9MHz 송신기 설계 및 시제품 제작
 - STM32L432 마이크로프로세서를 이용한 TDMA 기반의 선박자동식별장치 프로토콜 프로그래밍
 - PLL(위상 고정 루프)과 FSK 변조 기능이 통합된 LMX2571을 활용한 160.9MHz 신호발생기 설계
 - 최대 출력 36dBm(약 4W)의 출력단 설계



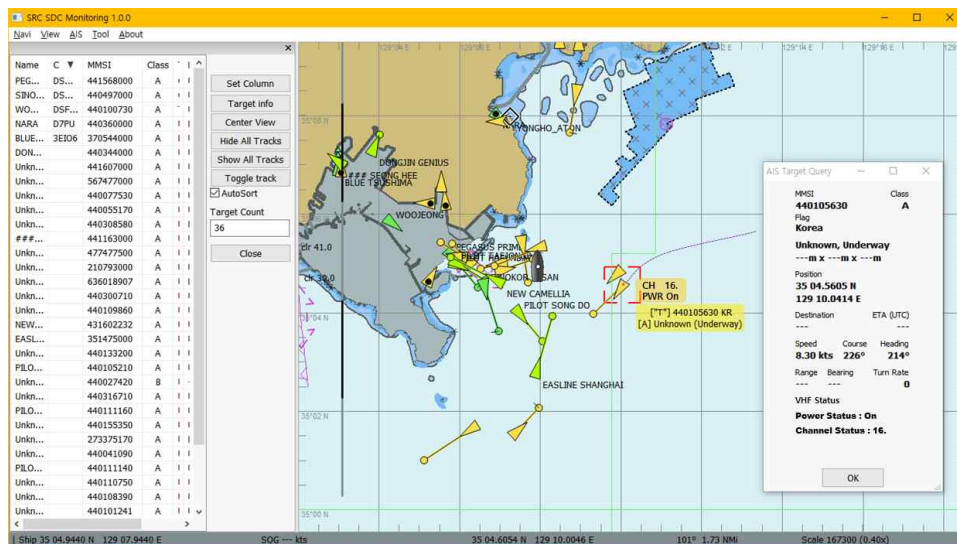
[그림 1-1] AIS 기술 기반 송신기 시제품 개요도

- AIS 기술 기반 160.9MHz 수신기 설계 및 시제품 제작
 - AIS 수신기를 활용한 160.9MHz 주파수 변경
 - CMX7032를 통한 AIS 기반 자율해상무선기기의 신호 복조
 - 시리얼 인터페이스 설계



[그림 1-2] AIS 기술 기반 수신기 시작품 개요도

- 전자해도 기반 종별 B 자율해상무선기기의 표출방안 설계 및 시작품 제작
 - AIS 기술 기반 160.9MHz 수신기를 통해 수신되는 정보의 Parsing 및 Decoding
 - 전자해도기반 AIS 정보 표출
 - 로(Raw) 데이터 확인을 통한 수신 횟수 확인 기능



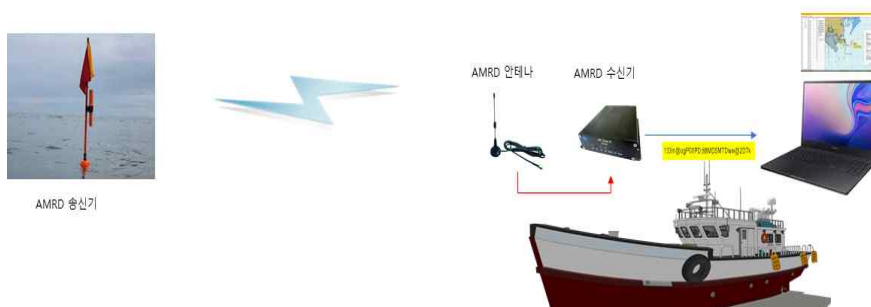
[그림 1-3] 전자해도 AIS 표출 방안 예시 화면

- 해수면 1m 고정용 부표 시작품제작
 - 최소형 어망 표시 부이 구매
 - 자율해상무선기기 송신기 고정



[그림 1-4] 고정용 부표

- 신규분배 주파수(160.9MHz)의 실효성 검증
 - 출력, 사용형태 등을 고려한 실제 해상환경 테스트
 - 해상환경 테스트 결과분석을 통한 개선방향 도출
 - 송신기 높이 = 해수면 1m
 - 수신기 높이 = 해수면 4m
 - 선박 임차하여 송신기로부터 떨어져 가면서 수신로그 기록

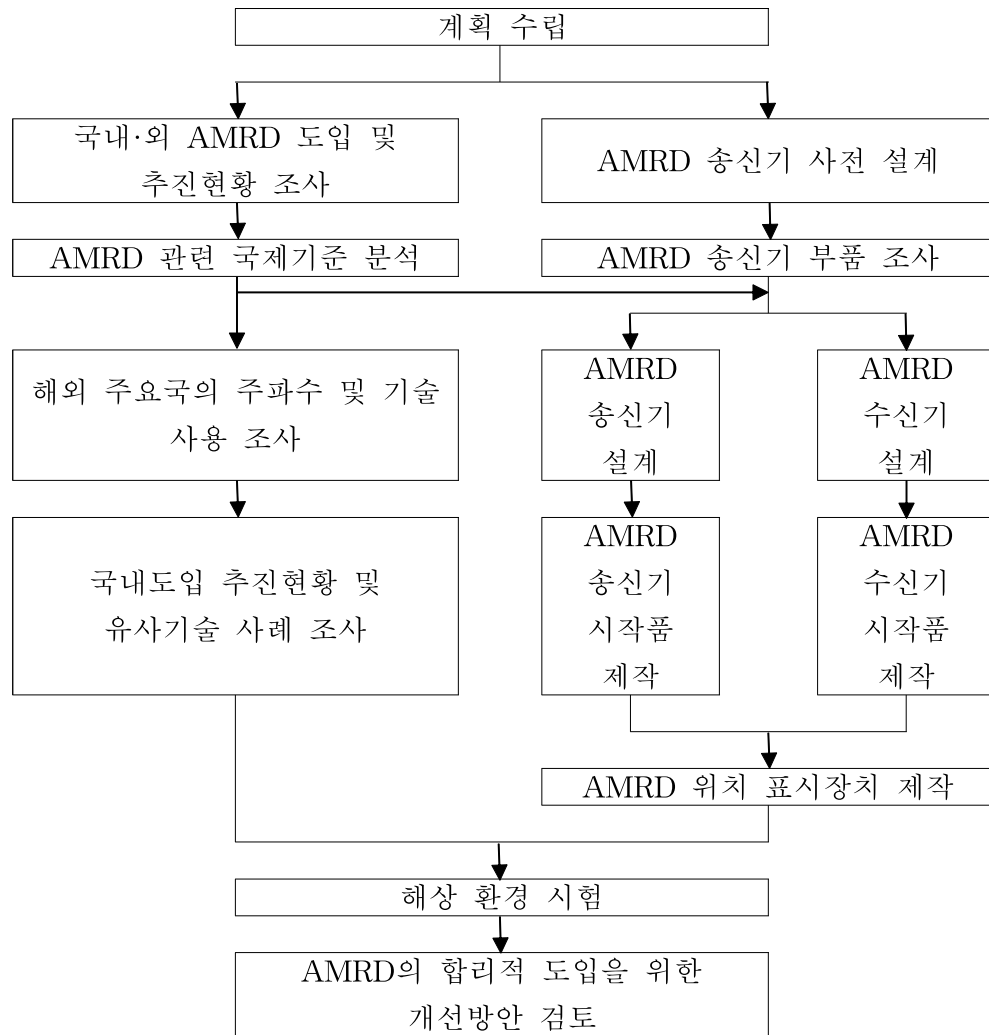


[그림 1-5] 시작품 실효성 검증 개요도

- AMRD의 합리적 도입을 위한 개선방안 제시
 - 연구결과 기반 국내외 기술기준 개정 방안 마련
 - 국내 해상이동업무용(AMRD 종류별) 식별부호 체계 검토

2.4 연구의 방법

- 주관연구기관인 한국해양수산연수원을 중심으로 연구를 수행하며, 선박 통신운용 관련 전문가 자문을 받아 시작품을 제작하여 성능 점검 및 AMRD 관련 국내·외 제도적 개정 초안 마련을 위한 연구를 추진
- 연구과제 발주기관인 한국방송통신전파진흥원과 정부의 관련 기관과의 협의·조정 등을 통해 표준 기술을 분석하고 이를 통해 정부 정책 마련에 기여



[그림 1-6] 연구 추진 체계

○ 추진전략 및 방법

- 국립전파연구원 해상기술기준 연구반을 통한 자율해상무선기기의 국내 기술기준 제정안 조사
- ITU 연구반을 통한 IMO, ITU 관련 국제규정 분석
- 유사기술인 AIS-SART 설계 및 제작 경험을 가진 산업체가 참여하여 자율해상무선기기의 송신기와 수신기, 표시장치 시작품 제작 수행
- 금형제작 비용과 기간을 절감하기 위해 참여 기업이 보유하고 있는 MOB 관련 금형을 활용하여 송신기 Housing에 적용
- 수신기는 Class B AIS 송수신기를 활용하여 160.9MHz 수신기로 개조함으로서 설계 및 제작 기간 단축
- 해상실험에서는 송신기의 해수면 높이 1m 기준으로 수면 위에 설치하고 선박을 임차하여 임차한 선박에 수신기와 안테나를 설치하여 운용
- 실험 결과를 통해 획득한 데이터를 기반으로 국내에 적합한 기술 기준 도출

○ 관련기관의 역할분담 및 협조방안

- 한국해양수산연수원이 국내외 관련 규정 및 추진 현황에 대한 조사 수행
- (주)에스알씨가 해상실험을 위한 시작품 제작 담당
- 해상실험과 기술기준안 도출은 한국해양수산연수원과 (주)에스알씨가 공동으로 수행
- 최종적인 기술기준안은 해상통신연구반을 통해 국립전파연구원의 기술기준 개정안으로 제시
- 현행 자율해상무선기기의 출력 기준은 등가등방성실효복사전력 (e.i.r.p.)으로 표시됨에 따라 송신기 시작품의 안테나 이득에 대한 측정이 요구되므로 한국방송통신전파진흥원에서 보유하고 있는 설비를 활용할 수 있도록 지원이 요구됨

2.5 연구의 추진계획 대비 실적 진도

- 연구의 추진 계획은 다음의 <표 1-1>과 같다.

<표 1-1> 연구 추진 계획 일정

연구 내용	추진 일정 (개월)												참여인력 (M.Y)	활동 책임자
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
계획 수립						■							3	김병옥
국내외 현황조사							■	■					3	김병옥
국제기준 분석								■	■				3	김병옥
송수신기 시작품 제작								■	■	■			4	임종근
해상환경 실험											■	■	4	임종근
기술개정안 작성												■	3	김병옥
주요 Mile-Stone 완성점에서의 연구결과							연구 계획서		시작품			기술 보고서		

국내외 AMRD 도입 추진현황 및 기술기준 제2장 조사·분석

1. AMRD 정의 및 분류
2. AMRD 관련 국제 기준
3. 해외 주요국의 주파수 및 기술 사용 현황
4. 국내 도입 추진 현황 및 유사기술 사례

제2장 국내외 AMRD 도입 추진현황 및 기술 기준 조사·분석

1. AMRD 정의 및 분류

1.1 AMRD 정의

- 국제전기통신연합(ITU)은 ITU-R M.2135-0 부속서 1에서 자율해상무선기기(AMRD : Autonomous maritime radio devices)를 해상에서 선박국 또는 해안국과는 독립적 전송하여 동작하는 이동국으로 정의함
- 국립전파연구원 고시인 해상업무용 무선설비의 기술기준의 개정안은 “자율해상무선기기(AMRD)란 해상에서 익수자, 어망위치, 이동형 항로표지장치 등의 정보를 송신하는 장치를 말한다.”로 제정할 예정임

1.2 AMRD의 분류

1) AMRD 분류 기준

- AMRD는 세계해상인명안전협약(SOLAS) 5장에서 정의된 “항해의 안전 증진(Enhance safety of Navigation)”이라는 용어에 따라 항해 안전에 대한 영향을 분류 기준으로 그룹 A와 그룹 B로 구분함

2) AMRD 그룹 A

- 그룹 A는 항해의 안전을 증진시키는 장치로서 선박자동식별장치(AIS)에서 사용되는 AIS 1(161.975MHz)과 AIS 2(162.025MHz)의 주파수와 기술을 그대로 사용할 수 있음
- 국제해사기구(IMO)는 AMRD의 그룹 A의 지정을 담당하며, 현재 그룹 A로 지정된 AMRD는 익수자 위치발신장치(MOB) 장치와 이동형 항로표지장치(Mobile AtoN)의 두 가지임
- 그룹 A는 항해 표시장치 화면에 관련 정보를 표시하기 위해서는 IMO SOLAS 규정을 적용하여야 함

3) AMRD 그룹 B

- 그룹 B는 항해의 안전을 증진시키지 않는 장치로서 선박의 항해에 무관한 신호나 정보를 전달하거나 수로에서 선박교통안전을 보완하지 않는 것을 의미함
- AIS 지정 주파수를 사용하지 못하고 WRC-19에서 할당된 VHF 채널 2006(160.9MHz)의 주파수를 이용하여야 함

2. AMRD 관련 국제 기준

1) 그룹 A AMRD의 기술 기준

- 익수자 위치발신장치(MOB)는 ITU-R M.493-15 “Digital selective-calling system for use in the maritime mobile service”의 16 규칙에 정의된 DSC(Class M) 기술을 사용하는 장치만을 그룹 A AMRD로 인정함
- 이러한 장치는 본선으로만 전송하는 Close loop와 전 무선국으로 전송하는 Open loop로서 동작하며 일반적 요건은 다음과 같음
 - 내부 전자위치결정장치, VHF DSC 채널 70에서 동작하는 송신기와 ITU-R M.1371에 따른 AIS 송신기가 있을 것
 - AIS 송신기는 사용자 ID가 972XXYYYY이고 메시지 14에 MOB ACTIVE(활성화 시) 및 MOB TEST(테스트 시)를 표시할 것
 - DSC 응답 메시지의 수신 기능과 장치가 작동 중임을 알 수 있는 시각적 지시기가 있을 것
 - 수동 및 자동 동작이 가능하고 수동으로 끌 수 있을 것
 - MOB 장치의 식별번호를 변경할 수 없을 것
 - 식별번호는 눈에 띄게 영구적으로 장치 외부에 표시될 것

2) AIS 기술을 사용하는 그룹 B AMRD의 기술 기준

- ITU-R M.2135-0 Annex 2에는 그룹 B AMRD의 기술 기준을 제시하고 있으며, AIS 기술을 사용하는 그룹 B AMRD와 AIS 기술 이외의 기술을 사용하는 그룹 B AMRD로서 구분하고 있음
- 송신기 등가등방성복사전력(e.i.r.p.)은 100mW 이내로 제한되어야 함

- 비간섭 기반으로 동작함(기존 다른 업무를 간섭하거나 보호를 요구할 수 없음)
 - 25kHz의 채널 1개로 동작함
 - 안테나는 일체형이어야 하며, 안테나 높이는 해수면으로부터 1 m 이내일 것
 - 보호된 외부 전원스위치 및 송신 표시기가 있어야 함
- 3) AIS 기술 이외의 기술을 사용하는 그룹 B AMRD의 기술 기준
- 송신기 등가등방성복사전력(e.i.r.p.)은 100mW 이내로 제한되어야 함
 - 송신 Duty Cycle은 가능한 낮아야하며 10%를 초과해서는 안 됨
 - 단일 전송은 100ms를 초과해서는 안 됨
 - 비간섭 기반으로 동작함(기존 다른 업무를 간섭하거나 보호를 요구할 수 없음)
 - 25kHz 또는 12.5kHz 채널로 동작함
 - 안테나는 일체형이어야 하며, 안테나 높이는 해수면으로부터 1 m 이내일 것
 - 보호된 외부 전원스위치 및 송신 표시기가 있어야 함

3. 해외 주요국의 주파수 및 기술 사용 현황

- 1) 미국
- 미국의 연방통신위원회(FCC)는 승인되지 않은 AIS 기술을 사용하는 장치의 사용 및 판매를 금지하고 이를 어길 시에는 하루 19,639 달러의 벌금과 연속 사용 시 최대 147,290 달러의 벌금에 처하는 규정을 2018년부터 시행 중임
 - 미국에서 AIS 기술을 사용할 수 있도록 허가된 장치는 Class A와 B AIS 장치 및 AIS SART, MOB 장치임
 - 이들 외의 장치인 어망부이를 해상에서 사용하려면 CFR § 80.376 규정에 따라 AIS 주파수가 아닌 1,900 ~ 2,000kHz를 사용하여야 하며, 해수면으로부터 4.6 미터를 초과하여 설치할 수 없고 최대 8 W 출력 이내이어야 함
 - AIS 기술을 사용하지 않는 MOB 제품은 다음 <표 2-1>과 같음

<표 2-1> 미국의 MOB 장치






제 작 사	Emerald Marine	BriarTek
형 태		
주파수	418 MHz	156.525 MHz, 121.5 MHz
주요 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 송신기가 물에 잠기면 자동 경보 2. 최대 1해리 이내 3. 40시간 이상 송신 4. LED 위치 식별 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 해수센서 작동으로 동작 2. 본선/모든 무선국으로 DSC로 “MOB” 신호 전송 3. 121.5 MHz 홈잉 신호 전송 4. 2해리(소형선), 5해리(선박)
출력	-	100mW




2) 유럽

- 유럽은 익수자 위치발신장치(MOB) 등에서 AIS 기술을 사용한 자율해상 무선기기를 개발 및 운용하고 있음
- 익수자 위치발신장치(MOB)의 개발 사례 및 주요 기능은 <표 2-2>와 같으며, 익수자 발생 시에 자동 또는 수동 작동에 의하여 본선으로 선외추락이 발생하였음을 알리는 경보를 전송하거나 필요시에 모든 무선국으로 DSC 장치에 의한 조난 중계 기능을 탑재한 형태가 있으며, AIS MOB 경보를 모든 무선국 앞으로 바로 송신하는 등으로 여러 가지 형태의 기능을 탑재하여 출시되고 있음
- 일부 제품은 1~8명이 승선하는 소형 요트에서 승조원의 익수자 발생 시 엔진을 자동으로 정지하여 스스로 보트에 승선하거나 타 승조원에 의해서 익수자의 위치로 항해할 수 있는 형태를 보임

- 또한, Raymarine 제품은 Zigbee 기술을 이용하여 9미터 이내의 거리에서 신호를 지속적으로 교환하다가 연결이 끊어지면 전용 수신기의 알람이 작동하는 형태로서 자선에서만 대응할 수 있는 형태임
- 대부분 장비의 출력이 2W를 넘지 않고 해수면상에서 작동하므로 약 3마일 이내에서 수신할 수 있을 것으로 예상됨

<표 2-2> 유럽의 익수자 위치발신장치(MOB)

제작사	Mercury	Ocean signal	Kannad	Weatherdock	AISLink
형 태					
주파수	868 MHz	161.975MHz, 162.025MHz, 156.525MHz	161.975MHz, 162.025MHz	161.975MHz, 162.025MHz, 156.525MHz	161.975MHz, 162.025MHz, 156.525MHz
주요 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 최대 7장치 연결 2. 자선과 연결 해제 시 자동 알람 3. 엔진 정지 기능 4. 휴대폰 어플리케이션 사용 가능 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 자동/수동 작동 2. GPS 내장 3. AIS 본선 전송 4. 수동 DSC 조난 정보 전송 5. 12시간 전송 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 수동 작동 2. GPS 내장 3. LED 위치 식별 4. 수동으로 모든 무선국 AIS MOB 전송 5. 최대 4해리 전송 6. 24시간 전송 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 해수 접촉 자동작동 2. AIS 본선 전송 3. 수동 DSC 조난정보 전송 4. 24시간 전송 5. 7해리 전송 6. GPS 내장 7. LED 위치 식별 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 자동/수동 작동 2. LED 위치 식별 3. AIS 본선 전송 4. DSC 조난정보 5. GPS 내장 6. 24시간 전송
출력	2W	1W(AIS), 0.5W(DSC)	2W	1W(AIS), 0.5W(DSC)	1W(AIS), 0.5W(DSC)

제작사	SEA ANGEL	McMurdo	Raymarine	Nautilus Marine	SEA TAGS
형 태					
주파수	161.975MHz, 162.025MHz	161.975MHz, 162.025MHz	Zigbee(868 MHz)	161.975MHz, 162.025MHz 156.525MHz	Bluetooth
주요 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 자동/수동 작동 2. GPS 내장 3. LED 위치 식별 4. 최대 10해리 전송 5. 72시간 연속 송신 6. DSC 전송 가능 7. 오스트리아 제품 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 수동 작동 2. GPS 내장 3. LED 위치식별 4. 24시간 연속 송신 5. 최대 4해리 전송 6. 60미터 방수 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 모선에 최대 16장치 연결 2. 모선장치와 9미터 이내에서 작동하며 연결 끊기면 본선 수신기 경고 발생 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 55 km 전송거리(AIS) 2. 수심 130m 방수 3. GPS 내장 4. DSC 개별 조난 중계, 조난 경고 발송 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 100m이내 작동 2. 600시간 작동 3. IP67 방수 4. 휴대전화 App 연결 후 블루투스 신호 접속 해제 시 경고 발생 및 GPS 위치 결정
출력	1 W	-	1 mW	1W(AIS), 0.5W(DSC)	-

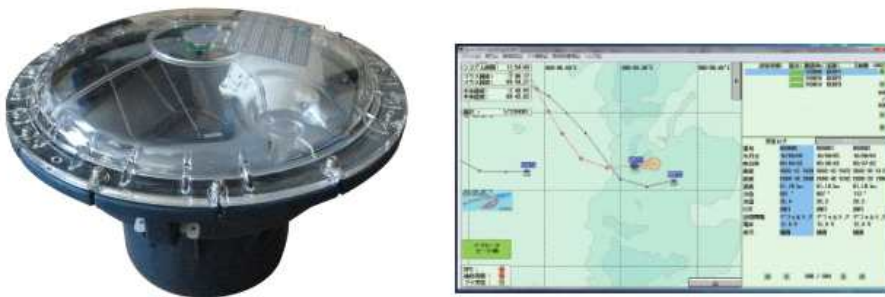
- AIS 기술을 이용한 어망부이(AIS AtoN)를 일부 업체가 개발하여 상용화한 제품으로서 AIS 주파수를 이용하여 AIS 수신 장치의 Display 화면상에서 식별부호와 심벌로서 표시하는 장치임. 등가등방성복사전력은 1W로 약 8마일 이내에서 수신이 가능할 것으로 판단됨

<표 2-3> 유럽의 어망부이

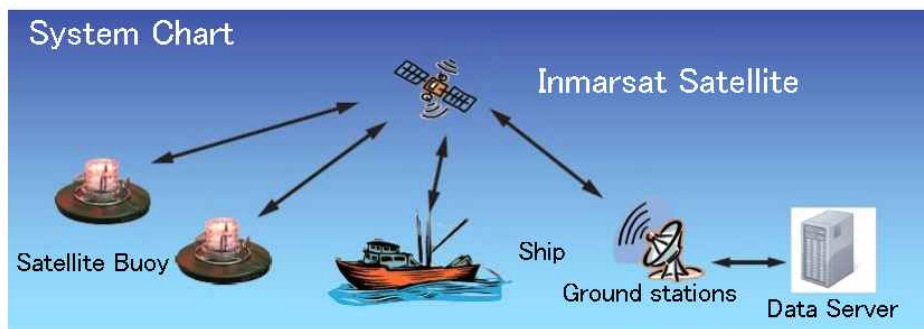
제작사	em-trak(영국)
모 양	
주파수	156.025 ~ 162.025 MHz
e.i.r.p.	1 W
전파형식	F1D
안테나	무지향성 패치 안테나
수신거리	8 해리
전원	충전형 배터리

3) 아시아

- 일본은 Inmarsat 위성을 이용한 어망 부이를 개발하였고, GPS 및 여러 가지 센서를 부착하여 부이의 위치 및 표층수 온도 등을 전자해도 등의 디스플레이 장치에서 확인할 수 있음
- 일본이 개발한 위성통신을 이용한 위성부이는 Inmarsat 위성을 이용하므로 태평양, 인도양 및 대서양의 모든 해역에서 사용 가능하며 위성부이의 위치를 포함한 정보의 전송과정은 [그림 2-2]와 같음








[그림 2-1] 위성부이(SV-6000L) 형태 및 전자해도장치 표시 형태



[그림 2-2] 위성부이의 정보 전달 과정




- 중국은 어망부이를 가장 활발하게 개발하여 판매하고 있으며 대부분 AIS 주파수를 이용한 기술을 사용하고 있음
- 시중에 판매되고 있는 제품은 <표 2-4>와 같음

<표 2-4> 중국의 어망부이 비콘

제작사	Matsutec	OVA	WTMARINE	SaiYang	Shunhang
형 태					
주파수	161.975MHz, 162.025MHz	161.975MHz, 162.025MHz	161.975MHz, 162.025MHz	161.975MHz, 162.025MHz	161.975MHz, 162.025MHz
주요 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 12해리 전송 거리 2. 240시간 이상 작동 3. IPX7 방수 4. GPS 내장(3분마다 위치 업데이트) 5. 0.5 Kg 무게 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 10해리 전송 거리 2. 240시간 이상 작동 3. IPX7 방수 4. GPS 내장 5. 10m 방수 6. 충전 리튬 배터리 7. 1 kg 무게 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 12해리 전송 거리 2. 360시간 이상 작동 3. IPX7 방수 4. GPS 내장 5. 충전 리튬 배터리 6. LED 위치 식별 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 10해리 전송 거리 2. IPX8 방수 3. GPS 내장 4. 배터리 확인 기능 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 8해리 전송 거리 2. 480시간 작동 3. IPX7 방수 4. GPS 내장 5. 충전 리튬 배터리 6. LED 내장 7. 0.9 kg 무게
출력	8 W(34.8dBm±1.5dBm)	5 W	38.5dBm(7W)±1.5dBm	5 W	8 W

○ 중국에서 개발된 MOB 장치는 다음 <표 2-5>와 같음

<표 2-5> 중국의 MOB 장치

제 작 사	WEITONG	ONWA	AMEC
형 태			
주 파 수	161.975MHz, 162.025MHz	161.975MHz, 162.025MHz	161.975MHz, 162.025MHz
주 요 기 능	1. 24시간 작동 2. 수동/해수센서 작동 3. 수심 5m 10분 방수 4. 수직 모노폴 안테나 5. GPS 내장 6. 7km 동작 거리	1. 24시간 작동 2. 수동/해수센서 작동 3. 수심 5m 방수 4. GPS 내장 5. 4해리 동작 거리	1. 36시간 작동 2. 수동/해수센서 작동 3. 50m 방수 4. 4해리 동작거리 5. 폴리로튴 1차전지
출 력	2 W	2 W	2 W(1 W e.i.r.p.)

4. 국내 도입 추진현황 및 유사기술 사례

- 주로 MOB 및 어망부이로서 AMRD를 이용하고 있음
- 국내에서는 현재 다양한 스마트 부이를 개발하고 있으나 현 시점에 개발되어 시판 중인 어망부이는 <표 2-6>과 같음

<표 2-6> 국내 제조사의 어망부이

제작사	A사(삼영)	B사(호서텔넷)
형 태		
주파수	442.175 MHz	898 MHz
안테나 수신거리	1. 무지향성 일체형 패치 안테나 2. IP68 방수 등급 3. GPS 내장 4. 8해리 동작 거리 5. LED 위치 식별 6. 교체형 배터리	1. 무지향성 일체형 패치 안테나 2. 10해리 동작 거리 3. 태양광 충전 4. 스마트폰 어플리케이션 5. 허가 불필요
출 력	2 W	2 W

- 익수자 위치발신장치(MOB)
 - 국내의 여러 제조업체는 해상통신망을 이용한 MOB 장치를 개발하기보다는 <표 2-7>과 같이 LTE-M, LoRa(Long Range) 등을 사용한 장치가 주로 개발되고 있음
 - (주)지디엘 시스템에서는 함정용 MOB 시스템으로서 LoRa 프로토콜을 이용한 저전력 광역통신(LRWAN) 기술 기반의 MOB 시스템을 개발하였으며, 해상에서 조난자 발생 시 조난신호 및 조난 위치를 인근 함정(선박)에 전파하여 인명을 구조할 수 있음



[그림 2-3] LoRa 기반 MOB 장치

- 해양수산부에서 개발한 휴대폰 어플리케이션인 “海로드”와 블루투스 기술을 이용하여 연결하는 “세이버” 장치는 해수 및 염분 센서를 조합하여 해상에서 추락 시에 자동으로 휴대폰 어플리케이션을 통하여 해양경찰에 익수자가 발생하였음을 경보할 수 있음



[그림 2-4] 휴대폰 어플리케이션 기반 MOB

<표 2-7> 한국의 MOB 장치

제 작 사	삼영 ENC	지디엘 시스템	BLAKSTONE	해로드 세이버	우리별
형 태					
주 파 수	161.975MHz, 162.025MHz	915MHz	156.8 MHz(CH.16)	2.4~2.48GHz	900MHz
주요 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 24시간 작동 2. 수동/해수센서 작동 3. 수심 5m 5분 방수 4. GPS 기능 없음 5. 4해리 동작 거리 6. 작동 시 연결된 선내 GPS 플로터에 위치 표시 	<ol style="list-style-type: none"> 1. LoRa 기술 사용 2. 해수센서 자동 작동 3. GPS 내장 4. 최대 10km 동작거리 5. 전자해도화면에 경보 및 위치 전시 6. 24시간 이상 작동 7. 1차 리튬전지 	<ol style="list-style-type: none"> 1. GPS 내장 2. 수동/해수센서 작동 3. 120시간 이상 작동 4. GPS 좌표 및 조난임을 채널16을 통해 매 10분마다 음성으로 송신 5. 10km이상 동작거리 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 블루투스 기반 핸드폰 어플리케이션 해로드와 연동 2. 20km 동작거리 3. 5만원 가격대 4. 해수, 염분센서 작동 5. LED 위치 식별 6. 호각 신호 3km 전달 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 수동/해수센서 작동 2. GPS 내장 3. IP68 방수 4. 8시간 연속 작동 5. 15km 동작거리 6. 해양경찰에서 사용 7. 위성으로 신호 전송 가능
출력	2 W	-	2 W	-	-

- 또한, (주)비아이씨티에서는 924.650MHz의 해경/해군 전용 주파수를 사용한 5W 출력의 라이프 재킷 부착용 MOB 장치를 개발하였으며 최대 15km 신호 전달거리를 가짐
- 민간용으로 VHF-DSC 및 LTE-M 신호체계 기반의 MOB 장치도 개발하였으며 400MHz~1GHz 주파수를 이용하고 200mW 이내의 출력을 이용하여 500m 이내의 신호전달 거리를 가질 것으로 예상됨



[그림 2-5] LTE-M을 이용한 MOB

제3장 AMRD의 시작품 설계 및 제작

1. AMRD 송신기 설계 및 시작품 제작
2. AMRD 수신기 설계 및 시작품 제작
3. 전자해도 기반 AMRD 표출 방안 설계 및 시작품 제작
4. AMRD 설치 부포 시작품 제작

제3장 AMRD 시작품 설계 및 제작

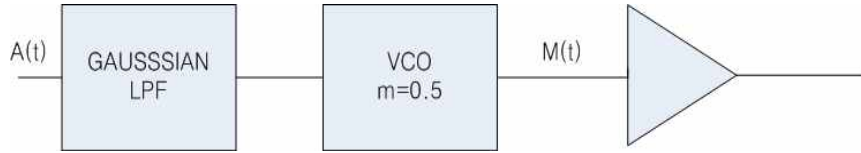
1. AMRD 송신기 설계 및 시작품 제작

1.1 AMRD 송신기 설계

1) GMSK 변조기 설계

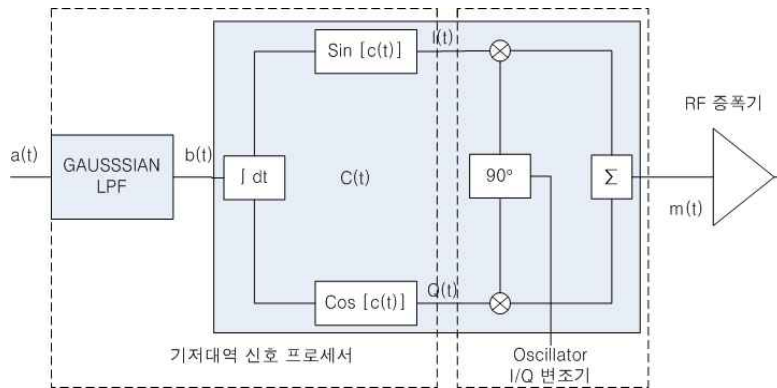
- AIS 기술에 적용된 GMSK는 MSK(Minimum Shift Keying)의 이점을 살리면서 대역외의 전력 방사를 감소시킨 변조방식으로 가우스 필터 최소 편이 방식에서는 입력의 직사각형 신호 열을 우선 가우스 필터라고 하는 저역 통과 필터로 파형을 성형한 후에 통상적인 MSK 변조를 함
- “0”과 “1”의 급격한 전환으로 구성된 이진 데이터는 잠재적으로 반송파에서 먼 거리에 있는 측파대에 신호를 생성하며 허용된 대역폭 밖의 모든 측파대는 인접 채널과의 간섭 현상을 유발하는 것과 같이 무선 통신 시스템에서 많은 문제를 일으킴
- MSK는 위상 불연속성이 없다는 특징이 있으며 이는 다른 형태의 위상 및 주파수 편이 방식에 비해 필요 대역폭을 현저히 줄이게 됨
- 측파대의 생성에 따른 문제는 신호를 필터링하여 부분적으로 극복할 수 있지만 필터링 수준이 증가하고 대역폭이 감소함에 따라 데이터의 천이가 점진적으로 덜 선명해지는 것으로 나타남. 이 문제를 해결하기 위해 GMSK가 자주 사용되며 이는 MSK 변조를 기반으로 함
- GMSK의 장점은 연속 위상 체계로 알려져 있음. 이는 주파수 변화가 반송파 제로 교차점에서 발생하기 때문에 위상의 불연속성이 없는 이유가 됨
- 변조지수가 0.5인 이진 디지털 주파수 변조인 MSK는 정진폭 특성 및 비교적 좁은 대역폭을 갖는다. 그러나 MSK 변조된 신호의 위상은 연속적으로 변하지만 bit 천이 시간에서 주파수는 불연속적인 값을 갖는다. 이와 같은 주파수의 불연속성은 변조기의 전력 스펙트럼을 확산시키므로 기저대역에서 코딩 및 필터를 통과시킴으로써, bit 천이 시간에 발생하는 주파수의 불연속성을 감소시키는 방안이 강구되는데, 특히 Gaussian 저역 필터를 사용하여 위상이 연속적이고, bit 천이 시간에도 주파수가 연속적으로 변화하게 한 것이 GMSK 임
- GMSK를 생성하는 방법에는 두 가지가 있음. 그중 하나는 FSK (Frequency

Shift Keying) 변조 방식이고, 다른 하나는 QPSK 변조 방식임



[그림 3-1] FM VCO의 FSK 변조를 통한 GMSK 구현

- FSK 변조 방식을 사용하는 GMSK 구현 방법은 [그림 3-1]에서 나타난 것처럼 GMSK VCO 변조기 구조는 간단하지만 소재의 허용오차 문제로 인해 공통방식의 복조에는 적합하지 않음. 이 방법은 VCO의 주파수 편이가 정확히 0.5가 되는 것이 요구되지만, 송신기를 바탕으로 하는 일반적인 VCO의 변조도는 시간과 온도에 따라 변화가 발생함
- QPSK를 통한 구현방식에는 4상 변조기에 따르는 4상 기저대역 프로세서의 채택이다. [그림 3-2]는 QPSK를 사용한 GMSK 구현방식을 나타내고 있고, 이 방식으로 구현하게 되면 변조도는 정확히 0.5를 유지할 수 있음. 이 방식의 구현 또한 경제적인 방식이 될 수 있음

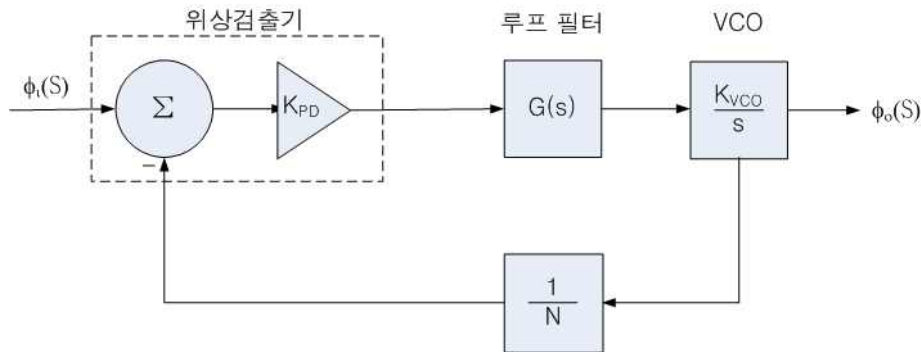


[그림 3-2] QPSK를 사용한 GMSK 구현

2) 위성고정 루프(PLL) 설계

- [그림 3-3]과 같이 PLL은 주파수 생성기의 전형적인 플랫폼임. 이는 한 신호의 위상이 다른 신호의 위상을 정밀하게 추적하기 위한 목적임

- 위상 검출기는 입력 신호의 위상과 분할된 VCO 출력 신호의 위상과 비교하고 위상차를 오류 전압 신호로 변환함. 다음 이 신호는 루프 필터에 인가되고 필터된 출력 신호는 VCO를 변조하도록 사용됨

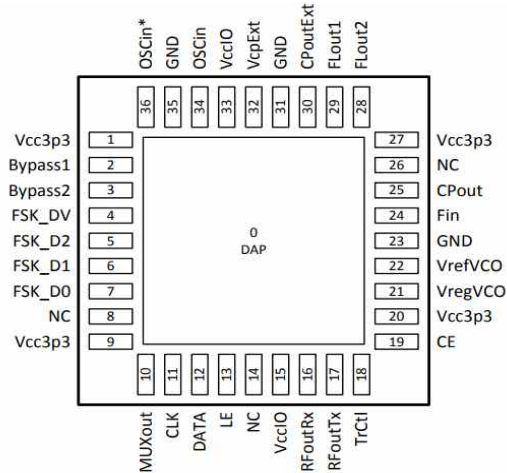


[그림 3-3] 전형적인 PLL

- PLL이 고정될 때, VCO의 출력은 입력신호에 위상이 고정되고 입력신호 위상에서 변화는 VCO 출력에서 전개됨. PLL은 시스템 설계 목적에 따라 다양한 방법으로 설계될 수 있음. 위상 검출기 이득, 루프 필터 응답, VCO 이득은 주어진 응용방법에 따라 독립적으로 설정될 수 있음
- GMSK나 4상 위상변조와 같은 데이터를 원점으로 하는 특정 구조에서는 고품질과 저주파 응답이 요구되므로 높은 안정도의 PLL 회로 구성이 필수적임

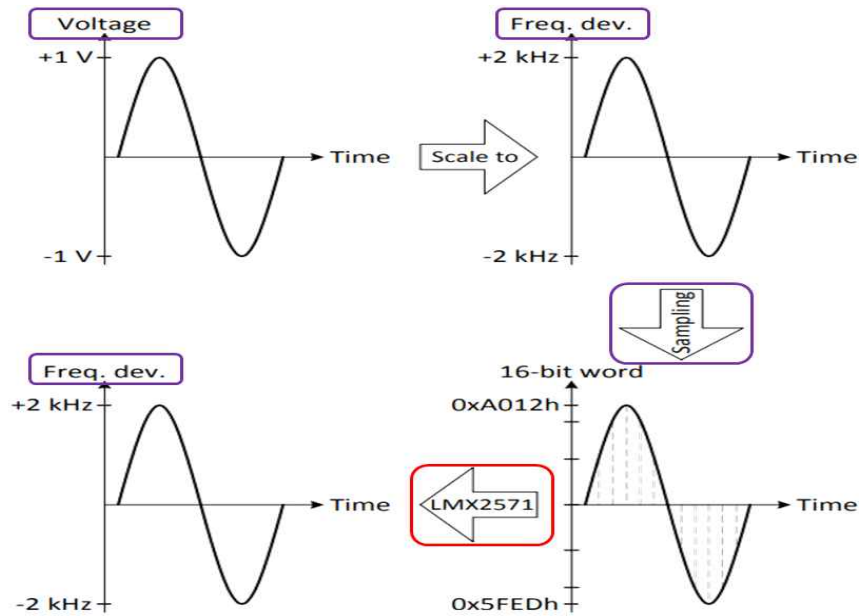
3) NMX2571을 사용한 PLL 구현

- FSK변조기와 160.900MHz의 주파수 생성을 고려하여 Texas Instrument사의 LMX2571 칩셋을 활용하였음. LMX2571은 VCO가 통합된 저전력 PLL이고 마이크로컨트롤러 인터페이스나 핀을 통해 직접 디지털 FSK변조를 지원할 수 있는 칩셋이며 구성은 [그림 3-4]와 같음



[그림 3-4] LMX2571 핀 구성도

- LMX2571 칩셋을 활용하면, 적용되는 GMSK 변조기 설계에 필요한 8-레벨 FSK를 사용하여 일련의 데이터 스트림이 직접 VCO에 변조되도록 구성할 수 있음
- LMX2571이 제공하는 직접 디지털 FSK 변조의 동작은 데이터 변환 시스템의 동작과 유사함
- 직접 디지털 FSK 변조에서 높은 주파수의 반송파가 주파수 변조될 때, “전압 대 시간”을 대신해서 “주파수 편이 대 시간”측면으로 볼 수 있게 아날로그-디지털(A-D) 변환 이전에 변조 신호의 전압을 주파수 편이로 규모를 정한 후 모든 샘플링 지점에서 등가의 주파수 편이가 16-bit 문자로 변환됨
- LMX2571을 활용하여 160.900MHz의 자율해상무선기기 설계를 위하여 Texas Instrument가 제공하는 TICS Pro의 설계 도구를 사용하여 다음 [그림 3-6]과 같은 기본적인 구성을 완성함



[그림 3-5] 직접 디지털 FSK 변조 작업흐름

- LMX2571의 통합 VCO는 3개의 VCO 코어로 구성됨. 3개 VCO의 대략적인 주파수와 이득은 다음 <표 3-1>과 같고, VCO의 위상 잡음 성능을 향상하기 위해서는 VCO의 이득을 줄일 필요가 있으므로 VCO-L의 주파수 범위가 선택됨

<표 3-1> NMX2571이 제공하는 VCO 범위 및 이득

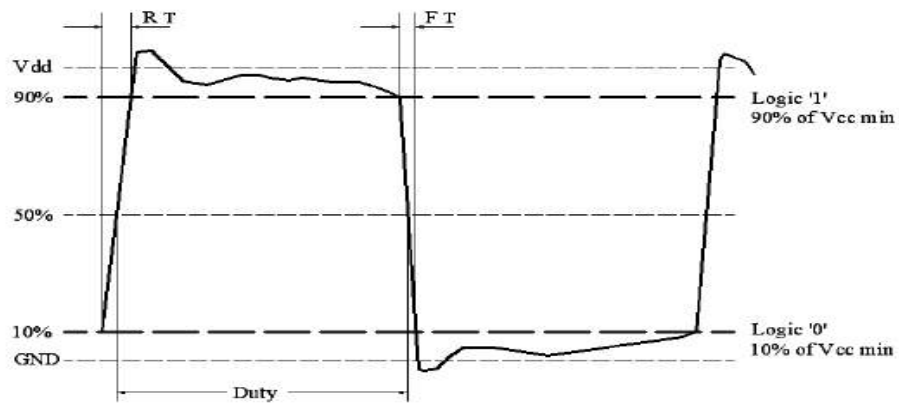
VCO 코어	전형적인 주파수 범위(MHz)		전형적인 VCO 이득(MHz/V)		
	Low	High	Low	Mid	High
VCO-L	4,200	4,700	46	52	61
VCO-M	4,560	5,100	50	56	65
VCO-H	4,920	5,520	55	63	73

- 자율해상무선기기의 최종 운용 주파수가 160.900MHz이므로 VCO의 주파수를 프리스케일러(Pre-scaler)에서 27분주를 적용하게 되면 4,344.3MHz가 되고 28분주를 적용하면 4,505.2MHz, 29분주를 적용하면 4,666.1MHz, 30분주를 적용하면 4,827MHz의 VCO를 설정할 수 있음. 그러나 LMX2571 소자의 특성상 프리스케일러가 두 세그먼트의 곱으로 구성되므로 27분주와 29분주는 구성할 수 없으므로 28분주와 30분주가 VCO의 코어에서 적용할 수 있는 주파수 범위에 포함됨
- 28분주의 특성은 VCO 코어의 VCO-L의 특성을 보이고, 30분주의 특성은 VCO-M의 특성을 나타내므로 VCO의 최적 주파수로 4,505.2MHz가 선택되었고 28분주를 통해 160.900MHz의 최종 출력 주파수를 얻도록 구성함
- [그림 3-6]에서와 같이 VCO의 주파수가 4,505.2MHz 일 때, 기준 주파수인 19.2MHz로 나누어주면 234.6458333MHz의 주파수가 되고 이를 Pre-scaler에 의해 4분주 된 값은 58.6614583332가 된다. $N_divider$ 값은 $[N_integer + NUM/DEN]$ 로 정의되며, $N_integer$ (정수값) = 58이 되고, N_frac (소수값) = $NUM/DEN = 0.661458332$ 가 됨. 여기서 Default 값인 DEN 값(224)은 16,777,216에 해당하므로 $NUM = 11,097,429$ 가 설정됨. 여기서 $N_integer$ 값과 DEN 값은 프로그래밍(소자 값 조정)이 가능함
- [그림 3-6]에서와 R-분할기는 전치분할기, 승산기, 사후분할기(Pre-divider, Multiplier, Post-divider)로 구성됨. 전치 및 사후분할기는 모두 승산기가 주파수를 배수로 올리는 동안에 주파수를 나누어 낮춤. 승산기를 첨가한 이유는 Loop filter에 의해 스퍼(Spur)가 필터링 될 수 있도록 대역 내에서 반송파로부터 멀리 밀어내기 위한 것임
- <표 3-2> 예제와 같이 VCO의 주파수가 f_{PD} 의 정수배인 경우에는 N_{frac} 는 “0”이 되고 스퍼가 없는 것으로 나타나지만, 예제 2의 경우에 스퍼가 200kHz의 오프셋에 나타남. 이러한 스퍼는 디더링(dithering)과 같은 전통적인 스퍼 제거 기술로는 줄일 수 없으므로 이러한 문제를 극복하기 위해서 승산기를 활성화시킬 수 있음

<표 3-2> 승산기 활용 예

예제	OSC _{in} (MHz)	전치- 분할기	승산기	사후- 분할기	f _{PD} (MHz)	VCO (MHz)	N _{integer}	N _{frac}	스퓨리어스 (MHz)
1	19.2	1	1	1	19.2	460.8	24	0	0
2	19.2	1	1	1	19.2	461	24	0.0104167	0.2
3	19.2	1	5	4	19.2	461	19	0.2083333	5

- [그림 3-4]의 OSC_{in}과 OSC_{in}*핀이 LMX2571의 주파수 기준 입력으로 사용됨. OSC_{in} 핀은 CMOS 클럭이나 수정 오실레이터로 단일 종단으로 구동될 수 있고 칩 내장 오실레이터는 기준 클럭으로 외부 수정 발진기와 함께 사용될 수 있음
- OSC_{in}과 OSC_{in}*핀 신호는 VCO의 교정에 대한 클럭으로 사용되기 때문에 NM2571 칩셋의 R0 레지스터를 프로그래밍할 때 OSC_{in} 및 OSC_{in}*핀에 적절한 신호를 적용해야 함. 높은 슬루율(slew rate)은 최상의 부분 스퍼와 위상 잡음을 생성하는 경향을 보이므로 구형파 신호가 OSC_{in}과 OSC_{in}*핀에 가장 적합함. 사인파를 사용한다면 높은 주파수들은 그들의 높은 슬루율로 인해 향상된 위상 잡음과 부분적인 스퍼를 나타내는 경향이 있음



[그림 3-7] 19.2MHz VCTCXO의 출력 예상 파형

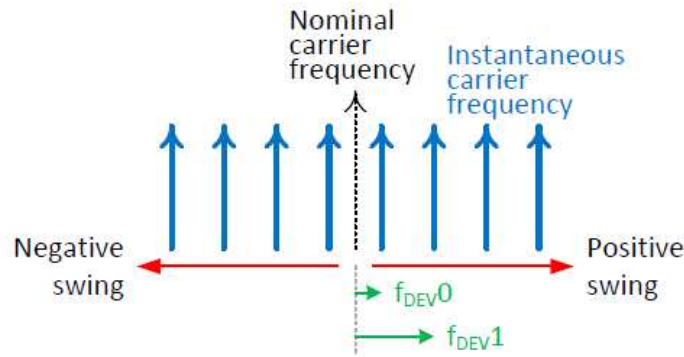
3) NMX2571을 사용한 FSK 변조기 구현

- LMX2571은 디지털 직접 FSK 변조를 지원함. FSK 변조는 N-디바이더의 값을 변경함에 따라 출력 주파수를 바꿈으로써 구현됨. NMX2571은 네 가지의 FSK 운용을 지원하며 2-, 4-, 8-레벨 FSK변조를 지원하는 PIN-모드와 선택된 FSK 레벨의 제어가 외부 핀에 의해서 이루어지 않고 저항에 의해 이루어지는 것을 제외하고 PIN-모드와 동일한 FSK SPI 모드, 사전에 저장된 FSK 레벨의 하나를 선택하는 대신에 FSK 편위를 직접 변경하는 FSK SPI 고속 모드 그리고 FSK I2S 모드가 있음
- Fractional 모드에서 프로그램 가능한 두 출력 주파수의 가장 미세한 Δf_{\min} 은 $f_1 - f_2 = \Delta f_{\min} = f_{PD} * \{[(N+1)/DEN] - (N/DEN)\} = f_{PD}/DEN$ 임 다른 말로 Fractional의 숫자가 1단계 증가할 때마다 출력 주파수는 Δf_{\min} 만큼 변화될 것이고 2단계 증가는 $2 \times \Delta f_{\min}$ 의 주파수를 변화 시킬 것이다. FSK 모드에서 순간적인 반송파 주파수는 사전 정의된 주파수들 사이에서 변화를 유지함. 일반적으로 순시 반송파 주파수는 공칭 반송파 주파수의 특정 주파수 편이로써 정의됨. 주파수 편위는 (+) 또는 (-)일 수 있음
- 다음 공식은 LMX2571 소자의 송신 및 수신 출력단에서 공칭 반송파 주파수 출력 관점에서 원하는 주파수 편이에 대해 요구되는 단계의 수를 정의함

<표 3-3> FSK 단계 방정식

극성	주파수 발생기 모드	PLL 모드
+ 편위	$\text{Round}\left(\frac{f_{DEV} * DEN}{f_{PD}} * \frac{CHDIV1 * CHDIV2}{prescaler}\right)$	$\text{Round}\left(\frac{f_{DEV} * DEN}{f_{PD}} * CHDIV3\right)$
- 편위	상기 식의 2의 보수	상기 식의 2의 보수

- FSK 편 모드에서 NMX2571의 레지스터 R25-32 및 R9-16이 <표 3-3>에서 정의된 것과 같은 단계의 수로 원하는 FSK 주파수 편위를 저장하도록 사용됨
- 본 연구에서는 8-FSK를 적용하였고 FSK_DEV0_Fx와 FSK_DEV1_Fx 값이 <표 3-3>을 사용하여 계산됨. FSK_DEV3_Fx와 FSK_DEV4_Fx 값은 <표 3-3>의 (-)편위 값에 따라 계산됨



[그림 3-8] 일반적인 FSK 정의

RAW FSK DATA STREAM INPUT	EQUIVALENT SYMBOL INPUT	REGISTER SELECTED	RF OUTPUT
	10	FSK_DEV2_F1	
	11	FSK_DEV3_F1	
	10	FSK_DEV2_F1	
	11	FSK_DEV3_F1	
	01	FSK_DEV1_F1	
	00	FSK_DEV0_F1	
	

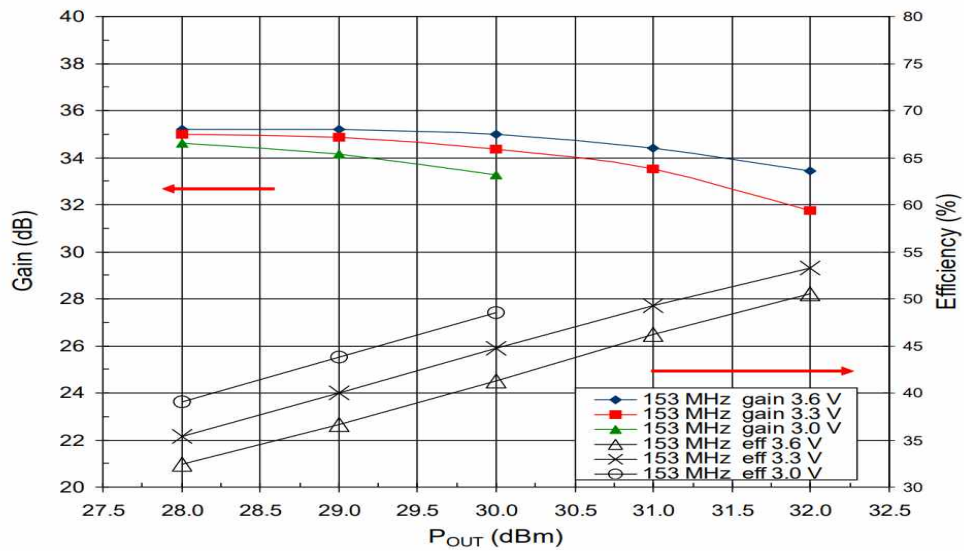
[그림 3-9] FSK 핀 모드 예

4) 증폭기 설계

- RF5110G 칩셋은 GSM 핸드셋에 광범위하게 사용되는 것으로 알려져 있지만 일반적인 목적의 무선장치, 즉 FSK 또는 ASK에 대한 종단 증폭기로도 사용될 수 있음
- 이 칩셋의 정합(Matching)은 입력단, 1차 내부, 2차 내부 및 출력에서 변경되며 일반적인 소자들이 사용됨. 단지 핵심 소자는 출력단에서 나타나는 초크(Choke) 정합을 설계하는 동안에 하나의 목표는 안정도를 출력 전압정재파비(VSWR) 5:1로 달성하는 것임. 1 μ H 값과 구성이 이 수준의 안정도를 달성하는데 필수적인 것으로 검증됨
- 전통적인 GSM으로의 활용에서는 출력은 RF5110G의 출력단에서 샘플링되고 로그 검출 기능으로 피드백 됨
- DAC 전압(V_{SET}) 또한 로그 검출기로 입력됨. 로그 검출기 출력은 일정

입력 전력이 0dBm 이상을 가지도록 V_{SET} 에 해당하는 출력이 구해지는 것과 같이 RF5110G의 V_{APC} 편으로 유도된다. 이 칩에서 출력은 적은 신호에서 압축에 이르기까지 정해진 레벨의 전체 범위를 설정할 수 있음

- 개방형 루프 시스템으로 사용할 때, RF5110G는 압축으로 운용되어야 함. 적은 신호를 운용할 때, $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 의 극한 온도 변화에서 이득(출력 전력)이 약간의 변화가 보임. 압축 상태에서 동작할 때 이러한 변화의 영향이 상당히 완화되어 개방 루프 적용이 실용적이 됨. 이 경우에 압축은 효율이 45%를 초과하는 경우에 정의됨



[그림 3-10] RF5110G 153MHz 이득 및 효율 대 P_{out}/V_{CC}

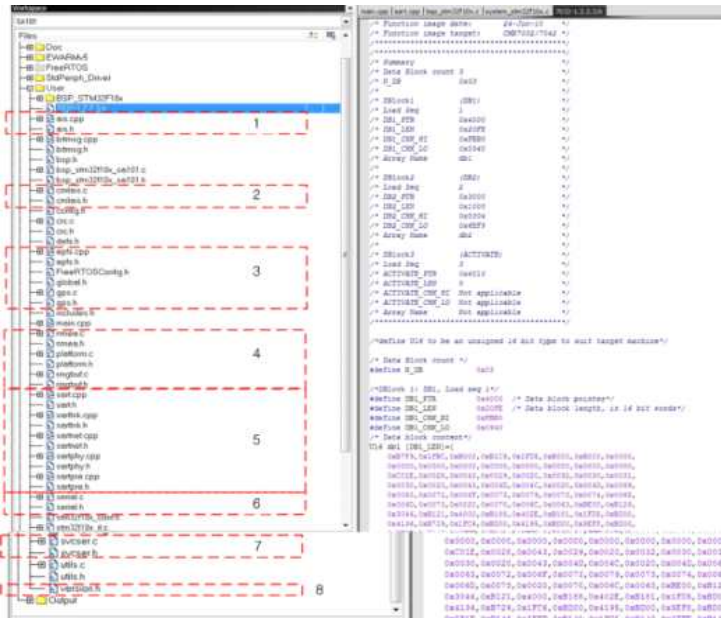
1.2 AMRD 송신기 시작품 제작

- 1) 하드웨어 제작
 - 자율해상무선기기 설계에 있어 핵심 코어에 해당하는 PLL과 FSK변조를 LMX2571을 통해 설계함
 - LMX2571의 주파수 설정이나 FSK 변조 스위칭 등의 원격제어를 위해 마이크로프로세서가 사용되어야 함. 또한 마이크로프로세서는 선박자동식별장치의 프로토콜을 구현할 수 있어야 함. 이를 위해 STM32L432xx는 32비트 Arm Cortex 칩셋을 선택했음. STM32L432xx은 256kbyte의 플래시 메모리와 64kbyte의 SRAM을 탑재하고 저전력의 실시간 클럭을 제공함
 - 자율해상무선기기의 송신기는 송신기의 현재 위치와 ITU-R M.1371-5에서 정의하고 있는 시분할다중화접속 방식의 자동식별 시스템 프로토콜을 사용하기 위한 동기 신호로써 GPS 수신기와 안테나가 내장되어야 함. 이를 위해 L80 GPS POT(Patch On Top) 모듈을 적용함



[그림 3-11] AMRD 송신기 블록도

- 2) 송신기 소프트웨어 제작
 - STM사에서 기본적으로 제공하는 BSP 코드를 다운받고 나머지 메인코드 부분을 비롯하여 기능 군으로 프로그램 파일을 나누어서 작성함



[그림 3-12] 펌웨어 파일 디렉토리 구조 설명

- [그림 3-12]에서 1번으로 표시된 파일은 ais.c/asi.h 2개의 파일이며, 메인 프로세서인 STM32L432xx와 LMX2571 사이의 통신과 메시지 포맷에 관련된 내용 및 기능을 수행 기본적으로 제공하는 BSP 코드를 다운받고 나머지 메인코드 부분을 비롯하여 기능 군으로 프로그램 파일을 나누어서 작성함
- [그림 3-12]의 2번에 표시된 파일은 cmlais.c/cmlais.h 2개의 파일로 구성되어서 AIS 통신에서 규정하는 HDL 포맷 및 LMX2571 이미지 파일을 생성하는 기능을 수행함
- [그림 3-12]의 3번에 표시된 파일은 GPS 칩셋에서 출력되는 데이터를 읽어서 위치를 획득하고, 배터리 절약을 위해서 GPS 칩셋 전원을 On/Off하는 기능을 수행함
- [그림 3-12]의 4번에서 표시된 파일의 주요기능은 UART 포트에서 데이터를 순차적으로 읽어오고, 또 읽은 데이터에 대하여 NMEA 표준 형식으로 만드는 역할을 수행함
- [그림 3-12]의 5번에 표시된 파일은 MOB-AIS가 AIS 망에서 데이터를 주고받을 수 있도록 링크 Layer 7에 대한 기능을 수행함
- [그림 3-12]의 6, 7, 8번 파일은 기타 기능으로서 디버깅 기능, 버전관리

등의 기능을 함

3) 송신기 안테나 제작

- 자율해상무선기기의 안테나는 $\lambda/4$ 길이의 파장에서 펴야할 선을 꼬아서 소형화 집적시킨 형태의 안테나를 설계함
- 이와 같은 헬리컬 안테나는 같은 주파수에서 다이폴이나 모노폴 등에 비해 훨씬 작은 크기로 만들 수 있다는 것이 장점이 있으며 꼬는 간격과 방법 등에 따라 빔 패턴의 방향도 축 방향 또는 정상 방향(다이폴과 같은)으로 만들 수도 있음
- 본 연구에서는 자율해상무선기기의 주파수 대역의 공진을 맞추기 위하여, 유사 제품인 AIS-SART에 적용한 바 있는 구리 재질을 이용하여 매칭회로를 설계 및 구현함
- 제작된 기판에 공중선 출력을 측정하기 위한 SMA 커넥터를 추가하고 메탈부를 연결하여 아래의 [그림 3-13]과 같이 제작하고 매칭회로의 L, C 값과 기구부 구조물 등을 삽입하여 안테나 특성 VSWR과 S11 특성을 튜닝함



[그림 3-13] 헬리컬 안테나 설계

2. AMRD 수신기 설계 및 시제품 제작

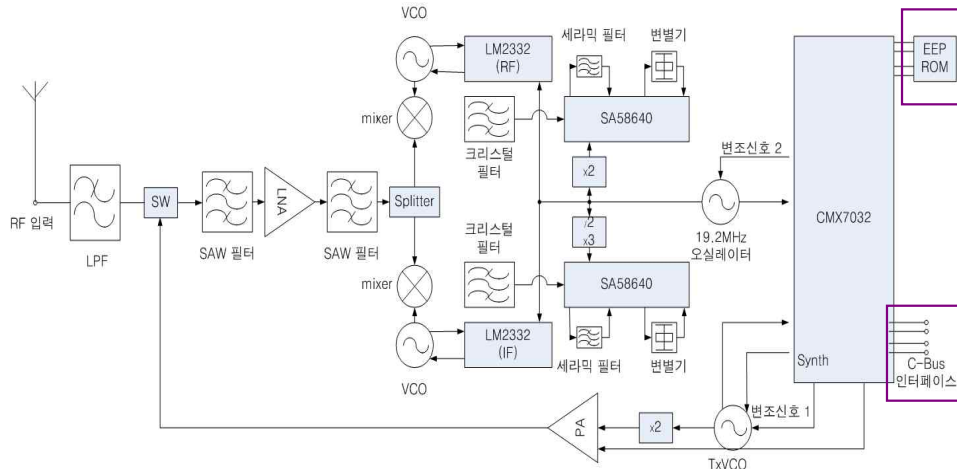
2.1 AMRD 수신기 설계

1) 일반 사항

- 자율해상무선기기 수신 장치의 구현을 위해 기존의 AIS 수신기를 활용함
- 기존 AIS 수신기는 CML 마이크로 통신 반도체 회사에서 제공되는 CMX7032 모듈을 사용하는 것으로 CMX7032는 두 개의 리미터, 주파수/위상 판별기를 가진 수신 경로와 하나의 I, Q 또는 두 점 변조를 가진 송신 경로로 구성되는 반복신 동작을 하도록 설계되어 있음
- 본 연구에서 AIS 송수신장치의 기능 중 수신기만으로 활용함에 따라 CMX7032의 송신기능은 사용되지 않음
- CMX7032 모듈은 Training sequence의 검출, NRZI 변환, HDLC 처리와 같은 AIS 기능과 관련된 신호의 변복조 기능을 제공할 뿐 아니라 집적화된 송수신 데이터 버퍼가 제공되고 다수의 보조 ADC와 DAC가 시스템 하드웨어 설계를 간편하게 함으로써 전체 장비의 비용과 크기를 줄일 수 있게 함

2) 기존 AIS 수신기 분석

- CMX7032는 논리적으로 두 개의 메인 장치로 나누어지는데 독립적으로 임무를 수신하고 수행할 수 있는 모뎀(Modem unit)과 데이터 장치(Data Unit)가 바로 여기에 해당함
- 모뎀 장치는 Rx 데이터를 복구하도록 Rx 입력 신호를 처리하여 내장 Rx 데이터 버퍼에 데이터를 나타내고 저장함
- 데이터 장치는 주로 내장 데이터 버퍼 또는 보조 시스템과 연결되는 마이크로 프로세서에 의해 접속될 수 있는 C-Bus 레지스터 사이에 데이터 전송에 대한 기능을 가지고 있음



[그림 3-14] MOB-AIS 수신기 RF 블록도

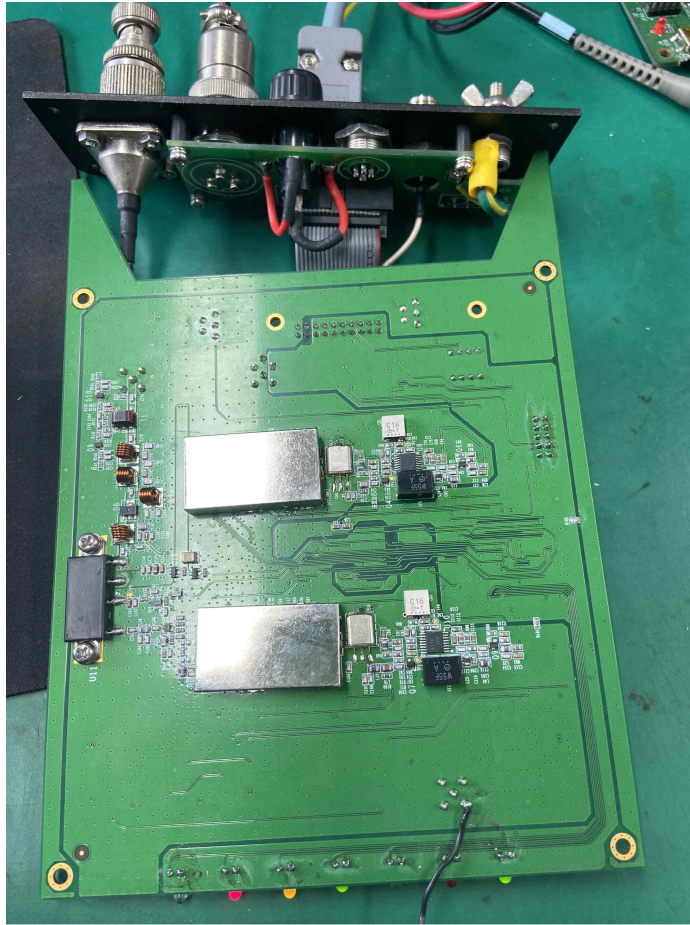
- 본 연구에서 사용된 AIS 수신기는 2개의 수신기가 동일하게 구성되어 하나의 채널에서 AIS 1 (161.975MHz)을 수신하고 나머지 하나의 수신기에서 AIS 2 (162.025MHz)를 수신할 수 있도록 구성되어 있으나 신호의 수신 감도를 향상시키기 위해 하나의 채널 수신기만을 사용함
- AIS 수신기에 적용된 마이크로프로세서는 인터페이스에 CMX7032 모듈의 C-Bus 인터페이스에 접속하여 모듈의 제어와 AIS 장치가 발생하는 메시지의 생성, GPS 수신기를 통해 입력되는 NMEA 포맷의 데이터를 해당 메시지에 올려주는 역할, GPS 수신기를 통한 내부 클럭 또는 외부 AIS 장치를 통해 수신된 메시지에서 동기신호를 추출하여 발생하는 메시지 열의 시작을 동기시키는 기능, 반송과 감지를 통해 슬롯을 할당하는 기능 등의 역할을 수행함

2.2 AMRD 수신기 시작품 제작

1) 기존 AIS 하드웨어 활용

- [그림 3-15]에서 보여 지는 것과 같이 실제 선택된 AIS 수신기는 시리얼 9핀 커넥터를 통해 프로그램의 갱신이나 PC와의 인터페이스를 통해 송수신이 이루어질 때 함께 발생하는 VDM, VDO 메시지를 확인해 볼 수 있을 수 있음
- 이 시리얼 단자는 발생하는 NMEA 형식의 VDM, VDO 메시지를 연동함으로써 S-57 기반의 전자해도 시스템, 디지털 레이더 또는 Class A AIS 장치의

경우, 최소 키보드/디스플레이 장치 등과 연동할 수도 있음



[그림 3-15] 2 채널 AIS 수신기의 보드

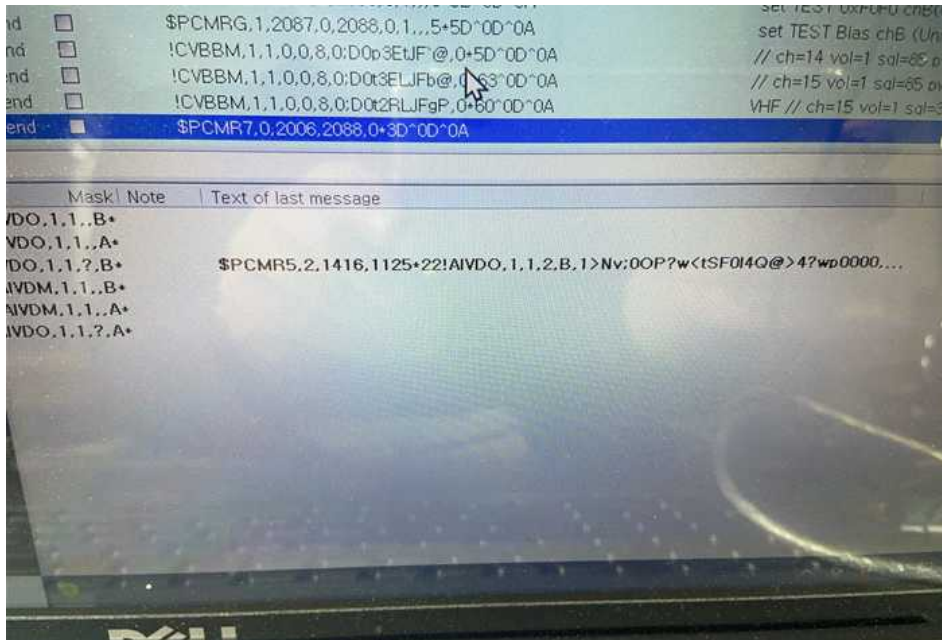
- 이 시리얼 단자는 발생하는 NMEA 형식의 VDM, VDO 메시지를 연동함으로써 S-57 기반의 전자해도 시스템, 디지털 레이더 또는 Class A AIS 장치의 경우, 최소 키보드/디스플레이 장치 등과 연동할 수도 있음

2) 자율해상무선기기의 수신 주파수로 변경

- 일반적인 AIS 장치는 AIS 1 (161.975MHz), AIS 2 (162.025MHz) 채널을 기본 채널로 지정하여 운용하고 채널 75 (156.775MHz)와 채널 76 (156.825MHz)을

원거리 방송 메시지를 위한 송신 채널로 사용할 수 있음

- 이러한 채널을 제외한 다른 채널에서의 운용은 AIS 입력 장치를 통한 수동 명령, 기지국 장치로부터의 TDMA 명령, 기지국 장치로부터의 디지털 선택호출 명령, IEC61162 인터페이스를 통한 선박 장치로부터의 명령을 통해 변경될 수 있음



[그림 3-16] 160.900MHz 지역 채널 설정

- 통상의 이동국용 AIS 장치는 8개까지의 지역운행 채널을 저장하고 타임아웃이 발생하기 전까지 현재의 지역 운용 설정을 유지하는 성능을 보유
- 또한 AIS 장치가 정상적인 운용 중에 위치 정보를 손실할 경우에도 채널 관리를 위해 채널 변경 메시지 또는 수동 입력에 의한 변경 명령이 이루어질 때까지 현재의 주파수 채널사용을 유지하는 특성이 있음
- 상기 기술한 내용의 지역 운용 주파수는 ITU-R M.1084의 부속서 4에 정해진 4자리의 채널 번호로 지정되고 이를 통해 25kHz의 단신 채널과 25kHz 복신 채널의 단신 사용을 허용할 수 있음
- 이동국용 AIS 장치는 전원을 다시 재인가할 때, 현재의 위치가 저장된 지역 채널 운용의 어느 한 지역에 포함되지 않는다면 기존 설정을 사용하여 운용을

재개하고 식별된 지역의 저장된 운용 지역에 포함된다면 지역 운용 주파수로 동작하게 됨

3. 전자해도 기반 AMRD 표출방안 설계 및 시작품 제작

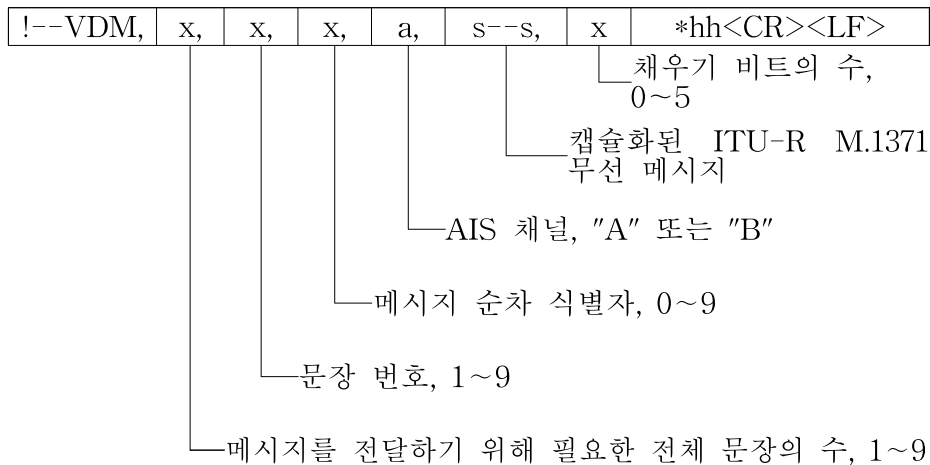
3.1 AMRD 표출 방안 설계

1) AMRD 출력 메시지 형식

- 자율해상무선기기가 초단파 데이터 링크를 통해 메시지를 수신할 때마다 출력 문장으로서 VDM(초단파 데이터 링크 메시지)를 출력하며 이러한 메시지를 발생할 수 있는 수신 메시지의 종류에는 먼저, 선박자동식별장치의 표적 화면 정보로써 메시지 1, 2, 3, 9, 18, 21번과 같은 위치 정보, 메시지 4번의 기지국 보고, 메시지 5번의 항해 관련 데이터, 메시지 19번 Class B 확장 데이터가 있음
- 메시지 12번의 개별 안전 관련 메시지와 메시지 14번의 방송 안전 관련 메시지와 같이 안전 메시지 취급에 따라 VDM 메시지가 출력되며 이와 유사하게 외부 응용장치에서 취급하기 위해 메시지 6번 이진 개별 메시지와 메시지 8번 이진 방송 메시지의 수신에서도 VDM 메시지가 출력됨
- 시스템 제어를 위한 정보로서 메시지 7번의 이진 확인 메시지, 메시지 10번의 국제표준시간 미 데이터 요청 메시지, 메시지 11번의 국제표준시간과 데이터 응답, 메시지 13번의 안전 관련 확인, 메시지 15번의 질의, 메시지 16번의 할당 모드 명령, 메시지 17번의 차등세계위성항법시스템 보정, 메시지 20번의 데이터 링크 관리 및 메시지 22번의 채널 관리 정보에 대한 메시지가 수신되면 그 때마다 VDM 메시지가 발생함
- 이와 같은 VDM 메시지를 통해서 장치가 수행했던 업무 내역을 파악해 볼 수 있고 그 안에 포함된 정보를 활용할 수 있음
- VDM 문장과는 달리 초단파 데이터 링크 방송 메시지에 관련된 출력 문장으로 VDO(초단파 데이터 링크 자선 메시지) 문장이 선박자동식별장치에 의해 메시지 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15번과 같은 초단파 데이터 링크 메시지를 방송할 때마다 발생하고 및 특정 메시지에 대한 개별 이진 확인 메시지를 발생할 때마다 ABK 문장이 발생함

- 원거리 질의를 위한 LRI, LRF 문장 및 원거리 응답을 위해 LR1, LR2, LR3, 지역 채널 관리 정보로서 ACA 문장과 경보 상태에 대해 ALR 문장이 초단파 데이터 링크 메시지와 직접적으로 연관되지 않은 행위가 이루어질 때 발생하는 문장도 있음
- VDM(초단파 데이터 링크 메시지)

<표 3-4> AMRD 수신 메시지 전달에 따른 데이터 형식, VDM



- VDM 문장은 ITU-R M.1371에서 정의된 것과 6-비트 필드 형태를 사용하여 초단파 데이터 링크로 수신되는 것과 같이 수신된 AMRD 메시지 패킷의 전체 내용을 전달하기 위해 사용됨
- VDM 문장의 구조는 다중 문장을 사용하여 길이가 긴 이진 메시지를 전달함
- ITU-R M.1371 메시지의 길이는 길어질 수도 있고 다중 문장을 사용할 수도 있으므로 첫 칸은 하나의 메시지에 사용되는 전체 문장의 수를 최소 1 이상으로 규정하고 다음 칸은 메시지에서 이 문장의 순서를 식별할 수 있게 하는 데 최소 1 이상이어야 함. 또한 두 번째 칸의 문장 번호는 비워둘 수는 없음
- 메시지 순차 식별자는 "0"에서 "9"까지 순차적으로 할당되고 새로운 다중 메시지마다 증가시킴으로서 메시지를 식별할 수 있는 번호를 제공함. 숫자는 "9"가 사용된 후에 "0"으로 재설정됨. 다중 문장을 요구되는 메시지의 경우, 메시지의 각 문장에는 동일한 메시지 순차 식별자가 포함될 것임. 이와 같은 메시지 순차 식별자는 문장이 동일 메시지의 부분을 포함하고 있음을 식별하

도록 사용되는 것으로 다른 문장이 해당 메시지 문장에 끼워들 가능성에 대하여 올바르게 선택해서 단일 메시지를 구성할 수 있게 함. 메시지 순차 식별자는 메시지가 단일 문장으로 고정될 때에는 비워두어야 함

- 수신 채널 칸은 "A" 또는 "B"로 표시됨. 이러한 채널 표시는 패킷이 수신될 때 선박자동식별장치의 운용 조건에 따라 상대적으로 달라질 수 있음. 이 칸에서 채널 식별이 제공되지 않는다면 비워두어야 하고 "A" 와 "B" 채널에 대한 초단파 채널 번호는 선박자동식별장치의 ACA 문장 요청을 사용하여 획득할 수 있음
- 캡슐화된 문장의 최대 길이는 문자의 글자 최대 수가 82자를 초과하지 않도록 제한되는 데 다중 문장을 사용하여 전달하는 메시지에 대해 최대 62자의 유효 글자를 지원하고 단일 문장을 사용하는 메시지에 대해서는 63자의 유효 글자를 지원함
- 캡슐화하기 위해 이진 비트의 수는 항상 6의 배수가 되어야 하므로 그렇지 않다면 하나에서 다섯까지 채우기 비트가 첨가되어야 함. 이 마지막 칸은 마지막 6-비트 코드의 글자에 첨가된 비트의 수를 나타냄

2) AMRD 송신 메시지

- 표준 메시지 1

<표 3-5> AIS 메시지 1번

변수	비트수	설명
메시지 ID	6	메시지 1, 2, 3 식별자
반복지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 지시하기 위하여 중계기에 의해 사용됨. 0-3범위에서 0=기본, 3=더 이상 반복 없음
사용자 ID	30	MMSI 번호
항해 상태	4	0=항해 중, 1=요박 중, 2=조종불능, 3=조종제한, 4=흘수제약, 5=계류 중, 6=좌초, 7=조업 중, 8 = 항해 중, 9=DG, HS 또는 MP 또는 IMO 위험 또는 오염 물질 범주 C, 고속선(HSC)을 운반하는 선박의 향후 항해 상태 수정을 위해 예약 됨, 10=위험물을 운반하는 선박에 대한 향후 항해 상태 수정 (DG)을 위해 예약 됨), 유해 물질(HS) 또는 해양 오염 물질(MP), 또는 IMO 위험 또는 오염 물질 범주 A, 위그선 (WIG); 11=후방 견인하는 동력선 (지역적 사용);

		12=앞쪽으로 밀거나 옆으로 견인하는 동력선 (지역별 사용); 13=향후 사용을 위해 예약 됨, 14=AIS-SART (active), MOB-AIS, EPIRB-AIS 15=정의되지 않음 = 기본 값
선회율 ROT _{AIS}	8	0 ~ +126 = 분당 최대 708도 이상으로 우회전 0 ~ - 126 = 분당 최대 708도 이상으로 좌회전 +127 = 30 초당 5도 이상에서 우회전 (TI 없음) - 127 = 30 초당 5도 이상에서 좌회전 (TI 사용 불가) - 128 (16진수 값 80)은 사용 가능한 회전정보가 없음(기본값)
대지속력 SOG	10	1/10 knot 단위의 대지속력(0-102.4knots) 1023=사용할 수 없음, 1022=102.2knots 또는 그 이상.
위치 정확도	1	1 = 높음 (<= 10m) 0 = 낮음 (> 10m) 0 = 기본 값
경도	28	경도 (1/10,000분) (±180도, East = 양수 값, West = 음수 값. 181 = (6791AC0 _h) = 사용할 수 없음 = 기본 값).
위도	27	1/10 000분 이내의 위도(±90도, 북쪽=양수 값, 남쪽=음수 값), 91도(3412140 hex)=비가용=기본 값).
대지침로 COG	12	1/10°에서의 대지 향로(0-3599). 3600(16진수 값 E10) = 사용할 수 없음 = 기본 값. 3601- 4095는 사용할 수 없음.
진 선수방위	9	(0-359)도 (511 표시는 사용할 수 없음 = 기본 값)
타임스탬프 Time stamp	6	EPFS에 의해 보고된 UTC 초 0-59 또는 타임스탬프를 사용할 수 없는 경우 60_기본 값. 포지셔닝 시스템이 수동 입력 모드인 경우 61. EPFS 추정 모드(추측항법)에서 작동하는 경우이면 62. 포지셔닝 시스템이 작동하지 않는 경우 63.
특수 기동 지시기	2	0 = 사용할 수 없음 (기본값) 1 = 특수 기동에 관여하지 않음 2 = 특수 기동 중 (즉, 내륙 수로에서 지역적인 통과 배치)
여분	3	미사용, 0으로 설정되어야 함. 향후 사용을 위해 예약됨.
RAIM-flag	1	전자위치결정장치의 수신기 자체 무결성 감시(RAIM)의 플래그; 0 = RAIM을 사용하지 않음=기본 값 1 = 사용 중인 RAIM

통신상태	19	ITU-R M.1371-5 Table. 49
총 비트 수	168	

- 표준 메시지 14

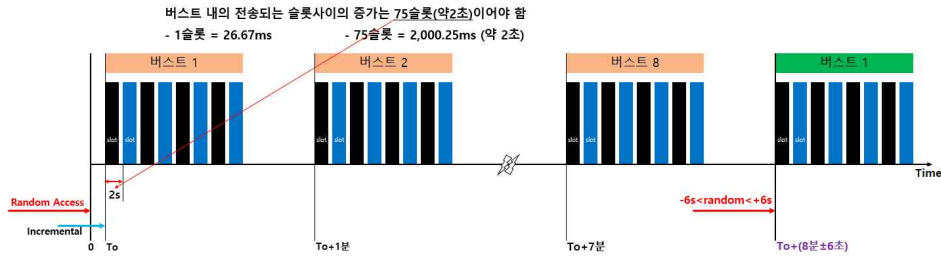
<표 3-6> AIS 메시지 14번

파라미터	비트수	설 명
메시지 ID	6	메시지 1,2,3 에 대한 식별자
반복 지시자	2	메시지가 몇 번 반복되었는가를 지시
사용자 ID	30	MMSI 번호
Spare	2	사용안함
안전관련 메시지	최대 968	Text 는 6-bit ASCII 포맷
총 비트수	최대 1,008	2개의 슬롯을 점유

3) AMRD 동작 모드 분석

- 자율해상무선기기 단말기가 작동되어 동작 모드(Activation)로 진입하면 송신기는 분당 1회, 8개의 메시지(조정 가능)를 연속 전송함. 메시지 1을 송신 시에는 “자율구성-시분할다중접속 통신 상태”라는 정보를 송출하여 앞으로 사용될 슬롯정보를 예고하고, 이를 수신한 AIS 시스템은 본 슬롯 정보를 참조하여 슬롯 충돌이 일어나지 않도록 하여야 함
- 자율해상무선기기는 “AMRD ACTIVE” 문구와 함께 표준메시지 14 “안전에 관련된 방송 메시지”가 시작하는 항해 상태와 함께 표준메시지 1 “위치보고”를 전송함
- 자율해상무선기기는 “동작모드에서 첫 버스트의 모든 메시지 1번 전송에 슬롯의 “Time-out = 7”로 설정되고 그 후에 슬롯의 Time-out은 SOTDMA의 규정에 따라 감소됨
- 자율해상무선기기의 송신기는 별도의 수신기를 가지고 있지 않기 때문에 모든 슬롯은 선택 프로세서에서 후보 슬롯으로써 고려되고 Time-out이 발생할 때 8개의 버스트의 다음 열에 대한 오프셋이 $1\text{분} \pm 6\text{초} (-6\text{s} < \text{random} < +6\text{s})$ 의

간격으로 랜덤하게 선택됨



[그림 3-17] 동작 모드에서 버스트 전송

- 자율해상무선기기의 모든 버스트에서 모든 메시지 1 전송의 통신 상태에 대한 모든 슬롯 Time-out 값은 동일함
- 두 개의 메시지 14번이 첫 버스트에 포함되고 4분에 한 번씩 송신되며 버스트 내에서는 5번째와 6번째 슬롯메시지에 해당됨
- 1번 및 5번 버스트
 - ITU-R M. 1371-5에 언급된 문서에서 “MOB-AIS”는 항해 상태가 “14”로 정의되고, 메시지 14는 일반적으로 매 4분에 전송되어야 함
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out= {7,3}, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out= {7,3}, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={7,3}, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={7,3}, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 14 “MOB ACTIVATE”
 - Ch2006, Message 14 “MOB ACTIVATE”
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={7,3}, sub-message =0)
- 2번, 4번, 6번 버스트
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={6,4,2}, sub-message=slot)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={6,4,2}, sub-message=slot)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={6,4,2}, sub-message =slot)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={6,4,2}, sub-message =slot)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={6,4,2}, sub-message =slot)

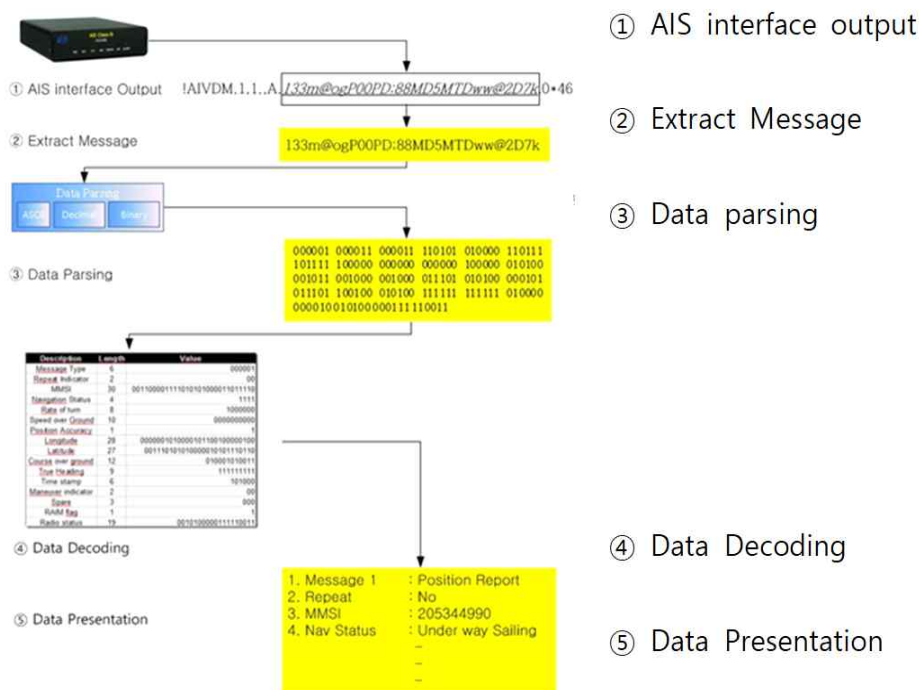
- Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={6,4,2}, sub-message =slot)
- Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={6,4,2}, sub-message =slot)
- Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out={6,4,2}, sub-message =slot)
- 통신 상태의 time-out을 4로 정하고, 부속-메시지 앞으로 사용할 슬롯 번호를 나타냄
- 3번 버스트
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=5, sub-message =0)
 - 통신 상태 time-out을 “5”로 하고, 부속 메시지를 “0”으로 설정함. 이는 수신한 선박수가 없다는 것을 의미함
- 7번 버스트
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=1, sub-message =utc)
 - 통신 상태의 time-out을 “1”로 설정하고, 부속 메시지를 국제 표준시로 설정하여야 함
- 8번 버스트
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=0, sub-message =incr)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=0, sub-message =incr)

- Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=0, sub-message =incr)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=0, sub-message =incr)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=0, sub-message =incr)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=0, sub-message =incr)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=0, sub-message =incr)
 - Ch2006, Message 1, Nav Status = 14, Comm-state(time-out=0, sub-message =incr)
- 8번째 송신 시 통신 상태의 부속 메시지는 “incr”로 설정한다. 이는 다음 송신 시 사용할 슬롯의 예약을 임의적으로 선택할 수 있음

3.2 AMRD 표출 시작품 제작

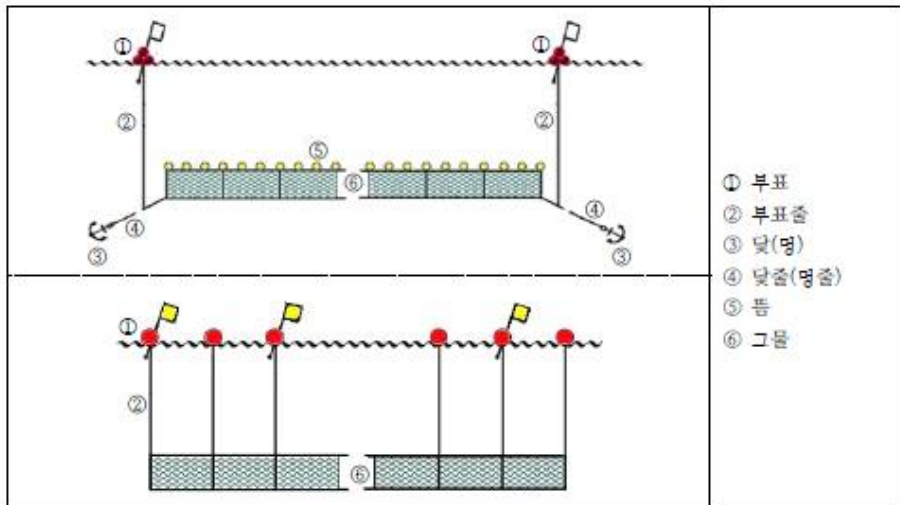
1) Data Parsing 및 Decoding

- AMRD 수신기에 의해 출력된 수신 데이터는 NMEA 형식의 VDM 메시지에 해당함
- 수신된 메시지 로그는 데이터 형식으로 구성되어 있으며 6-비트 ASCII, 10진수(Dec) 및 16진수(Hex) 변환 과정을 거쳐 2진수“0”과 “1”의 조합으로 재구성하여 ITU-R M. 1371-5의 메시지 형식에 따라 필요한 메시지를 추출하게 됨
- ITU-R M. 1371-5의 메시지 형식에 따라 Decoding된 메시지에는 메시지의 번호와 반복 횟수, 고유식별부호, 항해상태, 대지속력, 위치 정확도, 위도 및 경도, 대지 방위, 진방위, 시간 스탬프 등의 정보가 포함되어 있음



[그림 3-18] 수신 데이터 변환

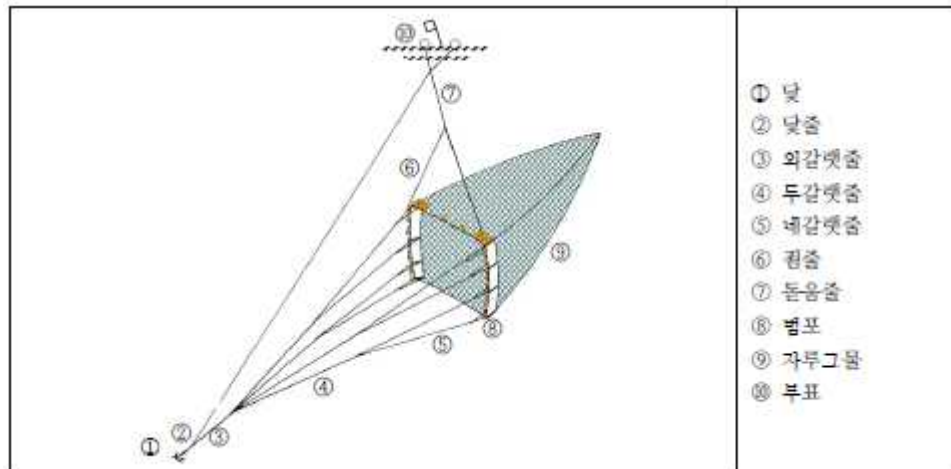
- 본 연구에서는 고유식별부호로 ITU-R M. 585-8 규정에서 정하는 AMRD 형식을 취하였다. AMRD 장치의 해상이동업무용 식별부호(MMSI) 구성은 $917293Y_4Y_5Y_6Y_7Y_8Y_9$ 와 같이 구성되며 여기서 앞의 세자리 “979”는 AMRD를 나타냄



[그림 3-20] 근해자망 어구 겨냥도

2) 안강망어업

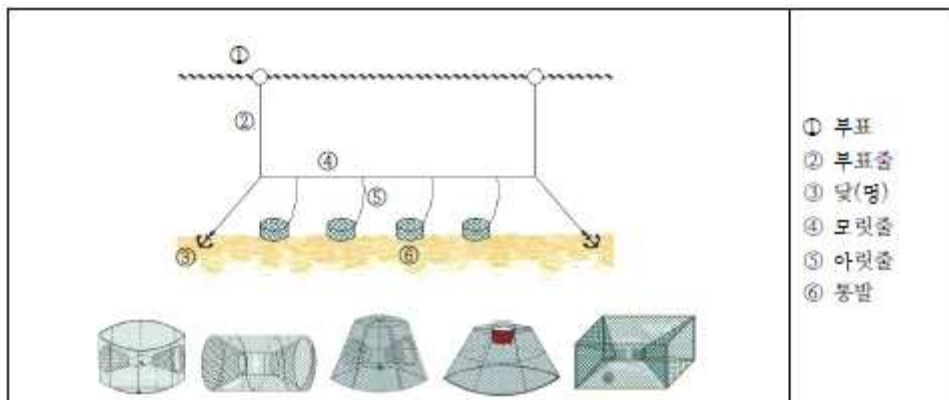
- 자루그물로 구성된 어구를 사용하며 자루그물 입구 상부에는 부력재를 달고, 하부에는 발돌과 같은 침강재를 달며, 양측에는 범포를 달아 그물이 상·하·좌·우로 전개되도록 구성
- 근해자망어업의 어법은 어업허가를 받은 1척의 어선으로 근해안강망 어구를 이용하여 자루그물을 해저 닻으로 고정 부설하여 자루그물 속으로 들어간 수산물을 포획



[그림 3-21] 근해안강망 어구 겨냥도

3) 통발어업

- 통발은 일정한 형태의 테 위에 그물 등을 씌운 것으로서 윗면 또는 옆면에 입구가 있는 어구로 합성수지·철사·나무 등으로 제작된 통발에는 그물코의 모양이 정사각형으로 제작됨



[그림 3-22] 근해 통발 어구 겨냥도

- 근해통발어업의 어법은 어업허가를 받은 1척의 어선으로 근해통발 어구를 이용하여 통발 속으로 들어간 수산물을 포획

4.2 부표 제작

1) 부표 제작 기본 요건

- 자율해상무선기기는 안테나와 일체형이어야 하며, 부표에 설치된 자율해상무선기기의 안테나 높이가 해수면상 1m 이내에서만 사용될 것



[그림 3-23] 부표 고정 방법

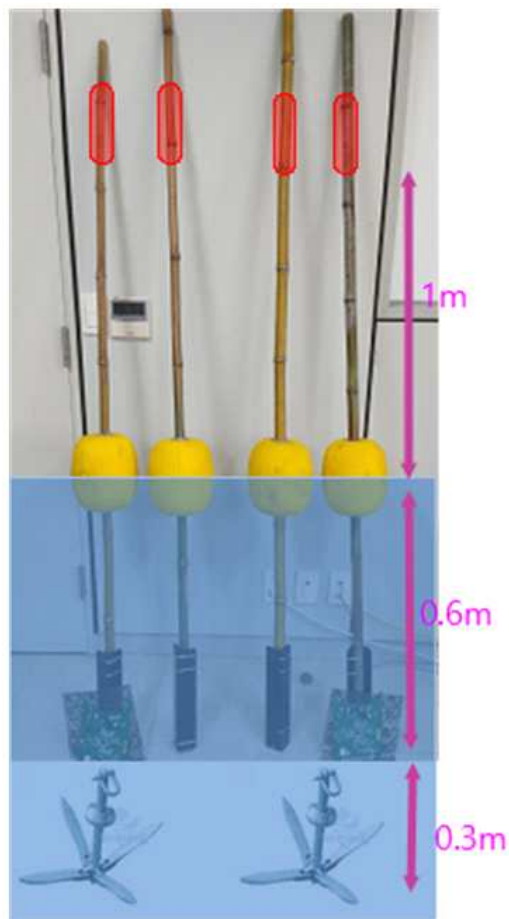
- 자율해상무선기기의 설치를 위한 부표는 일반적인 어선의 어망위치 표시 부표의 형태가 가장 단순한 구조임
- 어망위치 표시 부표는 부력재, Pole, 침강재로 구성되며 그물을 달지 않고 자율해상무선기기 만의 시험을 위해서는 부표가 떠내려가지 않도록 소형 앵커의 연결이 필요함

<표 3-7> 부표 제작용 구성품

부력재	Pole	침강재	앵커
재질 : EVA 부력 : 최대 15kg	길이 : 1.5m 직경 : 10Φ	무게 : 3kg	무게 : 1.5kg

2) 부표 제작

- 아래 [그림 3-24]와 같이 EVA 재질의 부력재에 수면에 닿는 부분으로부터 약 1.5m의 길이가 수면 위로 연결될 수 있고 수면 아래에 0.6m 길이가 내려갈 수 있는 약 2.1 길이의 대나무를 연결함
- 대나무의 수면 아래 부분에 침강재 3kg을 묶어 부표가 해수면에서도 직립할 수 있도록 구성
- 대나무의 수면 위 1m 지점을 표시하여 AMRD의 안테나 최상부가 이를 초과하지 않도록 표시
- 부표가 해상 실험 중에 조류에 떠내려가지 않도록 소형 앵커를 10m 길이의 줄에 연결



[그림 3-24] 부이 상세 구성

제4장 AMRD의 실효성 검증 시험결과 분석

1. AMRD의 안테나 특성 시험결과 분석
2. AMRD의 통신거리 시험결과 분석
3. AMRD의 해상 실선 시험결과 분석
4. AMRD의 출력과 높이에 따른 성능측정 결과 분석
5. AMRD의 안테나 높이에 따른 성능시험 결과 분석

제4장 AMRD의 실효성 검증 시험결과 분석

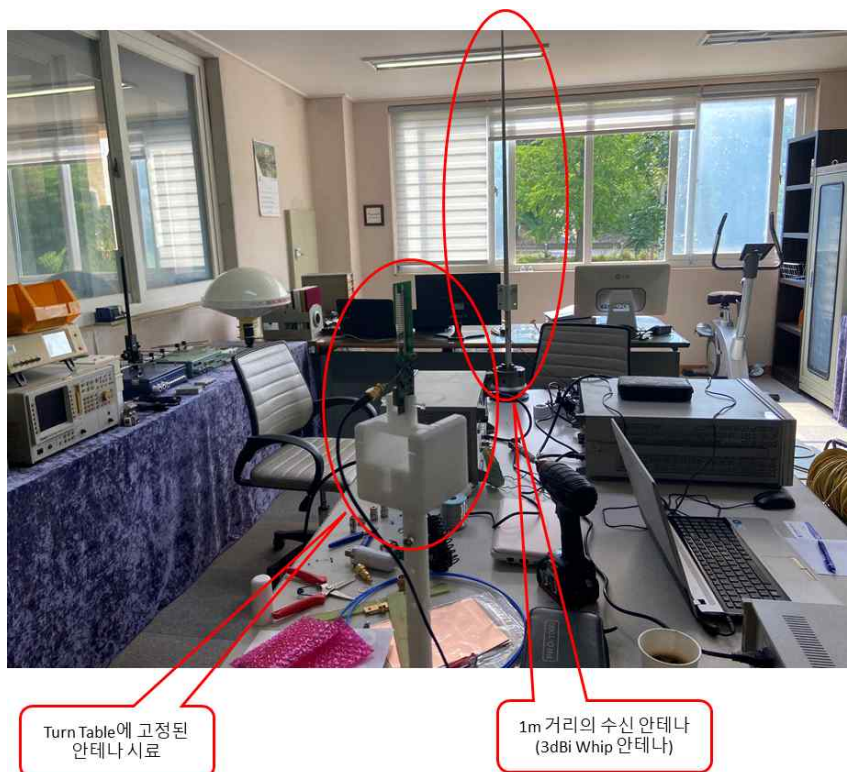
1. AMRD의 안테나 특성 시험결과 분석

1.1 안테나 패턴 측정 시험

1) 안테나 패턴 측정 시험 개요

- 일시 및 장소 : 2021년 6월 30일, 위성안테나 (부산 기장 소재)
- 목적 : 안테나 방사 패턴 측정

2) 안테나 패턴 측정 환경



[그림 4-1] AMRD 안테나 방사 패턴 측정 시험 구성

- 전자파 무반사실이 아닌 사무실에서 환경을 구축하고 측정함에 따라 주변 잡음으로 인해 정확한 측정이 이루어지지 않음
- 교정된 기준 안테나가 아닌 범용 1.2m의 선박용 Whip 안테나를 통해 측정함에

따라 공간 손실에 대한 정확한 값을 추론할 수 없음

- 안테나 전문회사의 일차적인 설명을 통해 공간손실 약 20dB 정도를 예상
- 측정결과는 방향성에 따라 -27.3dBi에서 -30dBi의 값이 측정됨에 따라 공간손실과 수신 안테나의 이득을 감안한다면 -10.3dBi~-13dBi의 안테나 이득을 추론할 수 있음
- 측정을 통해 AMRD의 등가등방성복사전력(e.i.r.p.) 또는 e.i.r.p. 환산을 위한 안테나 이득 측정의 참조자료로써는 활용할 수 있으나 정확한 데이터를 제공하기에는 부적합한 시설로 판단됨

3) 안테나 패턴 측정 시험 결과

- 방사각에 따른 안테나 이득

<표 4-1> 방사각에 따른 안테나 이득

방사각	이득	방사각	이득	방사각	이득
1	-27.3	121	-28.900	241	-29.9
2	-27.4	122	-28.900	242	-29.9
3	-27.4	123	-28.900	243	-29.9
4	-27.4	124	-29.000	244	-29.9
5	-27.5	125	-29.000	245	-29.9
6	-27.5	126	-29.000	246	-29.9
7	-27.6	127	-29.000	247	-29.9
8	-27.6	128	-29.000	248	-29.9
9	-27.6	129	-29.000	249	-29.9
10	-27.7	130	-29.000	250	-29.9
11	-27.7	131	-29.100	251	-30.0
12	-27.8	132	-29.100	252	-29.9
13	-27.8	133	-29.100	253	-30.0
14	-27.9	134	-29.100	254	-30.0
15	-27.9	135	-29.100	255	-29.9
16	-28.0	136	-29.100	256	-29.9
17	-28.0	137	-29.100	257	-30.0
18	-28.0	138	-29.200	258	-30.0
19	-28.0	139	-29.200	259	-30.0

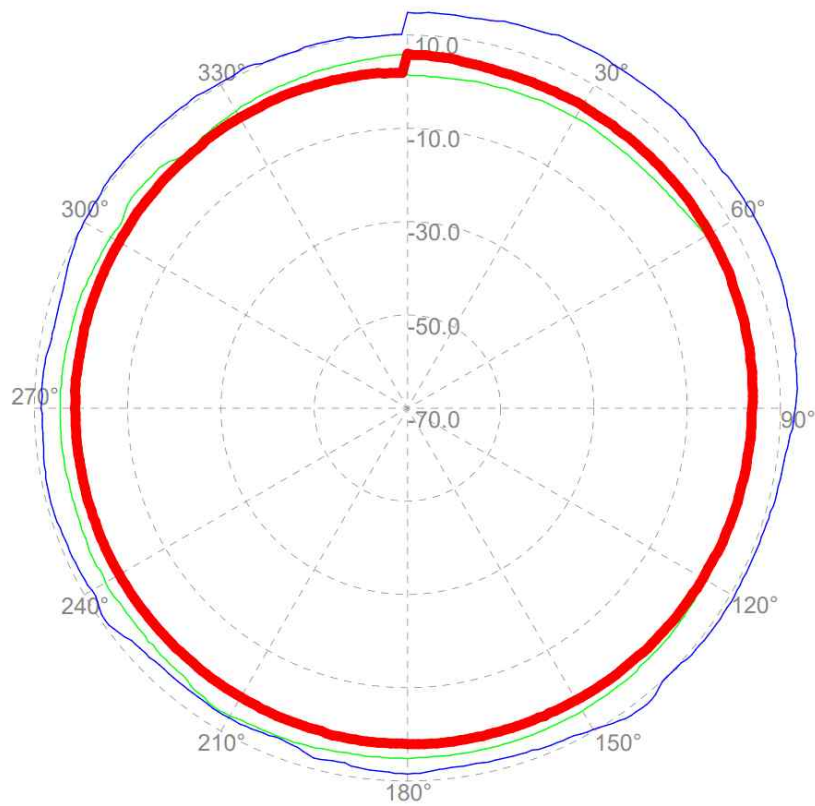
방사각	이득	방사각	이득	방사각	이득
20	-28.0	140	-29.200	260	-30.0
21	-28.0	141	-29.200	261	-30.0
22	-28.0	142	-29.200	262	-30.0
23	-28.0	143	-29.200	263	-30.0
24	-28.0	144	-29.200	264	-30.0
25	-28.0	145	-29.200	265	-30.0
26	-27.9	146	-29.200	266	-30.0
27	-28.0	147	-29.200	267	-30.0
28	-27.9	148	-29.300	268	-30.0
29	-27.9	149	-29.300	269	-30.0
30	-27.9	150	-29.300	270	-30.0
31	-27.9	151	-29.400	271	-30.0
32	-27.9	152	-29.400	272	-30.0
33	-28.0	153	-29.400	273	-30.0
34	-28.0	154	-29.400	274	-29.9
35	-28.0	155	-29.400	275	-29.9
36	-27.9	156	-29.500	276	-29.9
37	-27.9	157	-29.400	277	-30.0
38	-28.0	158	-29.500	278	-30.0
39	-28.0	159	-29.500	279	-30.0
40	-27.9	160	-29.500	280	-30.0
41	-27.9	161	-29.500	281	-30.0
42	-27.9	162	-29.500	282	-30.0
43	-27.9	163	-29.500	283	-30.0
44	-27.9	164	-29.500	284	-30.0
45	-27.9	165	-29.500	285	-29.9
46	-27.9	166	-29.500	286	-29.9
47	-27.9	167	-29.500	287	-29.9
48	-27.9	168	-29.500	288	-29.9
49	-27.9	169	-29.500	289	-29.9
50	-27.9	170	-29.500	290	-29.9
51	-27.9	171	-29.500	291	-29.9

방사각	이득	방사각	이득	방사각	이득
52	-27.9	172	-29.500	292	-29.9
53	-27.9	173	-29.500	293	-29.9
54	-27.9	174	-29.500	294	-29.9
55	-27.9	175	-29.500	295	-29.9
56	-27.9	176	-29.500	296	-29.9
57	-28.0	177	-29.500	297	-29.9
58	-28.0	178	-29.500	298	-29.9
59	-28.0	179	-29.500	299	-29.9
60	-28.0	180	-29.500	300	-29.9
61	-28.0	181	-29.6	301	-29.9
62	-28.0	182	-29.6	302	-29.9
63	-28.0	183	-29.6	303	-29.9
64	-28.0	184	-29.6	304	-29.9
65	-28.0	185	-29.6	305	-29.9
66	-28.0	186	-29.6	306	-29.8
67	-28.0	187	-29.6	307	-29.8
68	-28.0	188	-29.6	308	-29.8
69	-28.0	189	-29.6	309	-29.8
70	-28.1	190	-29.6	310	-29.8
71	-28.1	191	-29.6	311	-29.8
72	-28.1	192	-29.6	312	-29.8
73	-28.1	193	-29.6	313	-29.7
74	-28.1	194	-29.6	314	-29.7
75	-28.1	195	-29.6	315	-29.7
76	-28.1	196	-29.7	316	-29.7
77	-28.1	197	-29.7	317	-29.7
78	-28.2	198	-29.7	318	-29.7
79	-28.2	199	-29.7	319	-29.7
80	-28.2	200	-29.7	320	-29.7
81	-28.2	201	-29.7	321	-29.7
82	-28.2	202	-29.7	322	-29.7
83	-28.3	203	-29.7	323	-29.7

방사각	이득	방사각	이득	방사각	이득
84	-28.3	204	-29.7	324	-29.6
85	-28.3	205	-29.7	325	-29.6
86	-28.4	206	-29.7	326	-29.6
87	-28.4	207	-29.7	327	-29.6
88	-28.4	208	-29.8	328	-29.6
89	-28.4	209	-29.8	329	-29.6
90	-28.4	210	-29.8	330	-29.6
91	-28.5	211	-29.8	331	-29.6
92	-28.5	212	-29.8	332	-29.6
93	-28.5	213	-29.8	333	-29.6
94	-28.5	214	-29.8	334	-29.6
95	-28.5	215	-29.8	335	-29.6
96	-28.5	216	-29.8	336	-29.5
97	-28.6	217	-29.8	337	-29.5
98	-28.6	218	-29.8	338	-29.5
99	-28.6	219	-29.8	339	-29.5
100	-28.6	220	-29.8	340	-29.5
101	-28.6	221	-29.9	341	-29.5
102	-28.6	222	-29.9	342	-29.5
103	-28.6	223	-29.9	343	-29.5
104	-28.7	224	-29.9	344	-29.5
105	-28.7	225	-29.8	345	-29.5
106	-28.7	226	-29.8	346	-29.5
107	-28.7	227	-29.9	347	-29.5
108	-28.7	228	-29.9	348	-29.5
109	-28.7	229	-29.9	349	-29.5
110	-28.7	230	-29.9	350	-29.5
111	-28.7	231	-29.9	351	-29.5
112	-28.8	232	-29.9	352	-29.5
113	-28.8	233	-29.9	353	-29.5
114	-28.8	234	-29.9	354	-29.5
115	-28.8	235	-29.9	355	-29.5

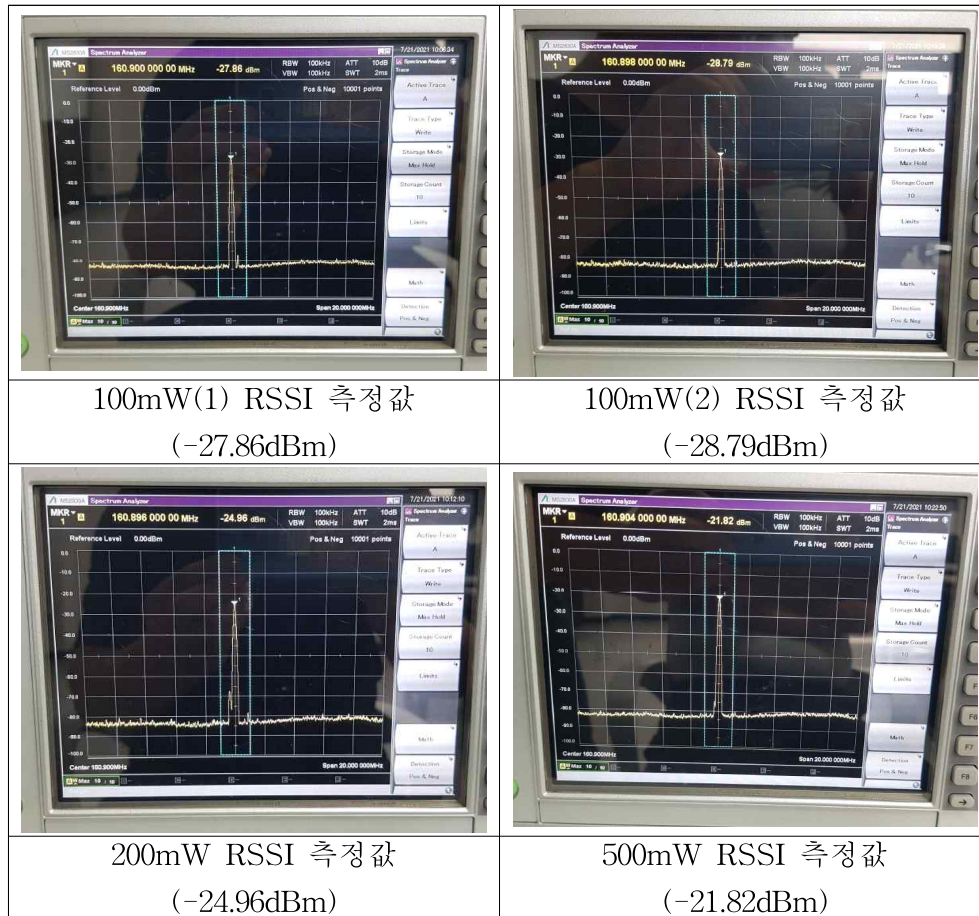
방사각	이득	방사각	이득	방사각	이득
116	-28.8	236	-29.9	356	-29.5
117	-28.9	237	-29.9	357	-29.6
118	-28.9	238	-29.9	358	-29.6
119	-28.9	239	-29.9	359	-29.6
120	-28.9	240	-29.9	360	-29.6

○ 방사패턴



[그림 4-2] AMRD 시작품 안테나 방사 패턴

3) 관련 자료




[그림 4-3] 시작품 RSSI 측정값

1.2 안테나 e.i.r.p. 측정 시험

- 1) 안테나 e.i.r.p. 측정 시험 개요
 - 일시 및 장소 : 2021년 7월 13일, 한국전자파연구소 (오송 소재)
 - 목적 : 안테나 e.i.r.p. 이득 측정
- 2) 안테나 패턴 측정 시험 결과
 - 측정대상 AMRD
 - 100mW용, 200mW용, 1W용 등 3종류

- Reference 안테나 측정
 - 안테나 이득 : 14.2 dB
 - 10dBm+14.2+ 공간로스=-37.41+수신안테나 이득+14.2
 - ⇒ Propagation Loss = 27.41dB
- e.i.r.p. 측정값 (AMRD 케이스 포함)
 - 100mW : -18 dBi (-17.62 dBm)
 - 200mW : -15 dBi (-15.33 dBm)
 - 1W : -8 dBi (-8.91 dBm)
- 표준 안테나 이득



교 정 결 과

CALIBRATION RESULT

측정서발급번호(Certificate No.) : IC-2020-59897
 교정번호(Calibration No.) : C-2020-070682

페이지(page) : 3 of 4

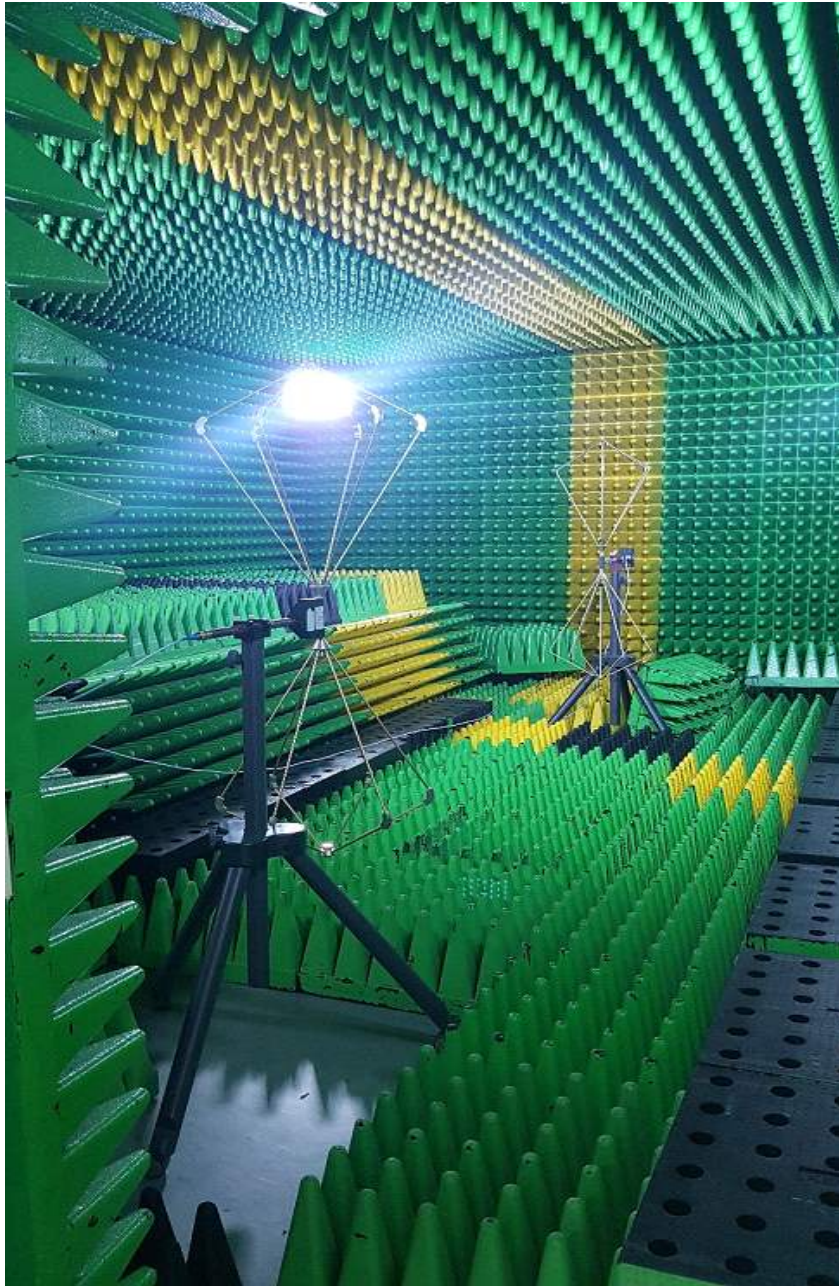
1. Antenna Factor (SAE ARP958) (cont.)

Frequency (MHz)	Antenna Factor [dB(1/m)]		Frequency (MHz)	Antenna Factor [dB(1/m)]		Frequency (MHz)	Antenna Factor [dB(1/m)]	
	Horizontal	Vertical		Horizontal	Vertical		Horizontal	Vertical
128	13.4	12.4	159	12.7	14.1	190	16.6	15.6
129	13.4	12.4	160	12.8	14.1	191	16.5	15.7
130	13.4	12.4	161	12.9	14.2	192	16.3	15.7
131	13.4	12.5	162	13.0	14.3	193	16.2	15.7
132	13.4	12.5	163	13.1	14.3	194	16.0	15.8
133	13.4	12.6	164	13.2	14.3	195	15.9	15.7
134	13.3	12.6	165	13.4	14.3	196	15.7	15.7
135	13.3	12.6	166	13.6	14.3	197	15.6	15.7
136	13.2	12.6	167	13.8	14.4	198	15.5	15.7
137	13.2	12.6	168	13.9	14.5	199	15.3	15.8
138	13.1	12.6	169	14.1	14.6	200	15.2	15.8
139	13.1	12.7	170	14.3	14.6	205	14.9	16.1
140	13.0	12.8	171	14.5	14.6	210	14.8	16.2
141	13.0	12.9	172	14.7	14.6	215	15.1	16.5
142	12.9	13.0	173	14.8	14.7	220	15.7	16.6
143	12.9	13.2	174	15.1	14.7	225	16.5	16.6
144	12.9	13.2	175	15.4	14.7	230	18.0	17.2
145	12.8	13.3	176	15.8	14.8	235	18.9	17.2
146	12.8	13.3	177	16.2	14.9	240	19.5	17.5
147	12.7	13.3	178	16.6	15.0	245	19.0	17.6
148	12.7	13.3	179	16.9	15.0	250	18.1	17.8
149	12.7	13.4	180	17.0	14.9	255	17.5	18.1
150	12.6	13.4	181	17.1	14.9	260	17.2	18.6
151	12.6	13.5	182	17.2	14.9	265	17.5	19.3
152	12.6	13.5	183	17.2	15.0	270	18.3	19.7
153	12.6	13.6	184	17.2	15.0	275	19.5	20.3
154	12.6	13.6	185	17.1	15.1	280	21.0	21.1
155	12.6	13.7	186	17.1	15.2	285	22.6	21.9
156	12.6	13.8	187	17.0	15.3	290	24.5	22.8
157	12.6	13.9	188	16.9	15.5	295	26.2	23.9
158	12.7	14.0	189	16.8	15.6	300	27.5	25.2

※ 상기 결과에 대한 측정불확도는 1.3 dB (신뢰수준 약 95 %, k = 2) 임.

[그림 4-4] 시작품의 e.i.r.p. 측정 결과값

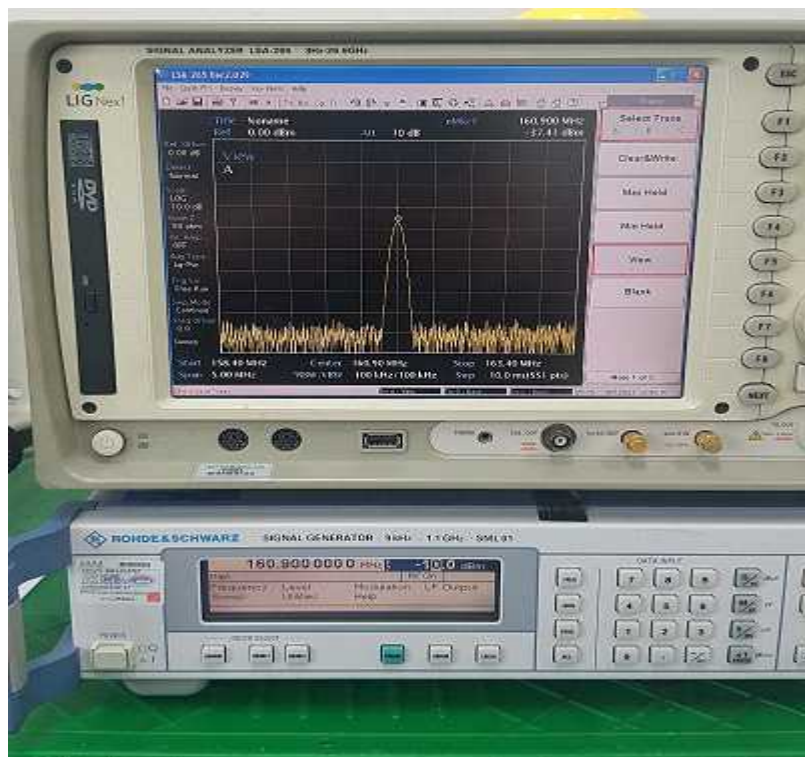
4) 관련 자료



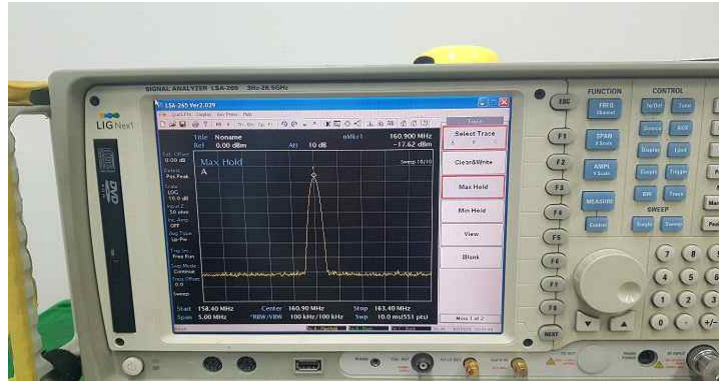
[그림 4-5] 안테나 특성 측정 챔버



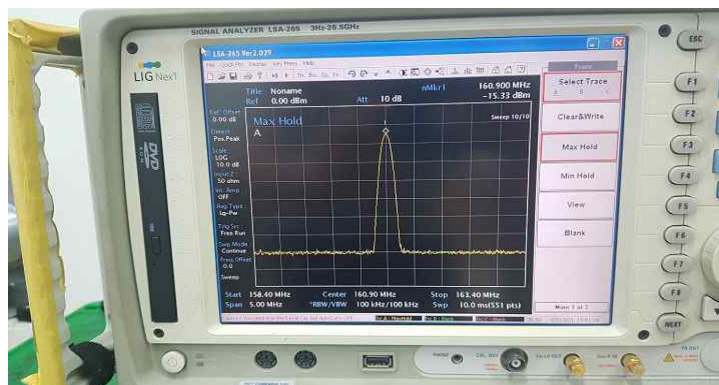
[그림 4-6] 측정 계측기



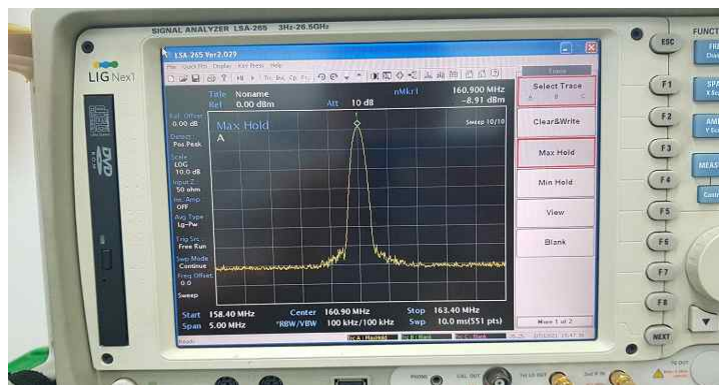
[그림 4-7] Reference 측정



[그림 4-8] 100mW 안테나 이득 측정



[그림 4-9] 200mW 안테나 이득 측정



[그림 4-10] 1W 안테나 이득 측정

2. AMRD의 통신거리 시험결과 분석

2.1 측정 시험 개요

- 일시 : 2021년 7월 14일(수), 10:00-1600
- 장소 : 부산 해운대 동백섬(송신) - 부산 남구 이기대(수신)
- 목적 : AMRD 통신 거리 측정
- AMRD 송신기 출력 : 100mW, 200mW, 500mW (3대)
- 송수신 안테나 높이
 - 송신 안테나 높이 : 해수면 기준 1m
 - 수신 안테나 높이 : 해수면 기준 4m



[그림 4-11] AMRD 통신거리 측정 장소

2.2 측정 결과 분석

- 1) 송수신 좌표 및 거리
 - 송신 좌표 : N35.154972, E129.1506
 - 수신 좌표 : N35.122837, E129.12413
 - 송수신 거리 : 약 4.23km (2.28NM)
- 2) 송신 출력 및 주기
 - 송신출력 : 100mW, 200mW, 500mW (3대 동시 송신)
(안테나 절대이득 -6dBi 기준 송신출력 설정)
 - 송신주기 : 2초 주기로 계속 송신
- 3) 수신 데이터
 - 수신 데이터 구간 : 12:29 ~ 13:55 (1h:25m)
 - 유효 데이터 : 총 7,169개 메시지 수신

<표 4-2> 유효 데이터 현황

구분	1번 메시지	14번 메시지	계
100mW	2,280	166	2,446
200mW	2,272	165	2,437
500mW	2,131	155	2,286
계	6,683 (93.2%)	486 (6.8%)	7,169 (100%)

Connection EUT : EUT : NMEA : : COM7,38400,N,8,1
12:29:24.139 : >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> Start saving
12:29:24.138 < EUT :
\$PCMR4,7,29,1106,2,4551,-103.36*01^0D^0A!AIVDM,1,1,7,A,1>h8mM?P009?=8jD7JWS
=wvV0000,0*3F^0D^0A
12:29:24.330 < EUT :
\$PCMR4,8,29,1112,519,4176,-105.29*0D^0D^0A!AIVDM,1,1,8,A,1>h8kq?P009?=70D7Jo
<sgvh0000,0*68^0D^0A
12:29:24.603 < EUT : \$PCMR3,29,1125*33^0D^0A
12:29:24.825 < EUT :
\$PCMR4,9,29,1131,182,1941,-124.10*0B^0D^0A!AIVDM,1,1,9,A,1>h8IB?P009?=6hD7K2
6Jwwb0000,0*70^0D^0A
12:29:26.137 < EUT :
\$PCMR4,0,29,1181,2,4430,-103.95*06^0D^0A!AIVDM,1,1,0,A,1>h8mM?P009?=8jD7JWS
=wvV0000,0*38^0D^0A
12:29:26.329 < EUT :
\$PCMR4,1,29,1187,519,4161,-105.37*01^0D^0A!AIVDM,1,1,1,A,1>h8kq?P009?=70D7Jo
<sgvh0000,0*61^0D^0A
12:29:26.824 < EUT :
\$PCMR4,2,29,1206,182,1971,-123.75*00^0D^0A!AIVDM,1,1,2,A,1>h8IB?P009?=6hD7K2
6Jwwb0000,0*7B^0D^0A
12:29:28.152 < EUT :
\$PCMR4,3,29,1256,2,4214,-105.08*0E^0D^0A!AIVDM,1,1,3,A,1>h8mM?P009?=8jD7JWS
=wvV0000,0*3B^0D^0A
12:29:28.326 < EUT :
\$PCMR4,4,29,1262,520,4050,-106.00*02^0D^0A!AIVDM,1,1,4,A,1>h8kq?P009?=70D7Jo
<sgvh0000,0*64^0D^0A
12:29:28.822 < EUT :
\$PCMR4,5,29,1281,183,1971,-123.75*09^0D^0A!AIVDM,1,1,5,A,1>h8IB?P009?=6hD7K2
6Jwwb0000,0*7C^0D^0A
12:29:30.151 < EUT :
\$PCMR4,6,29,1331,2,4421,-103.99*05^0D^0A!AIVDM,1,1,6,A,1>h8mM?P009?=8jD7JWS
=wvV0000,0*3E^0D^0A
12:29:30.325 < EUT :
\$PCMR4,7,29,1337,521,4212,-105.09*0F^0D^0A!AIVDM,1,1,7,A,1>h8kq?P009?=70D7Jo
<sgvh0000,0*67^0D^0A
12:29:30.822 < EUT :
\$PCMR4,8,29,1356,183,1971,-123.75*0F^0D^0A!AIVDM,1,1,8,A,1>h8IB?P009?=6hD7K2
6Jwwb0000,0*71^0D^0A,2,A,1>h8mM?P009?=8jD7JWS=wvV0000,0*3A^0D^0A

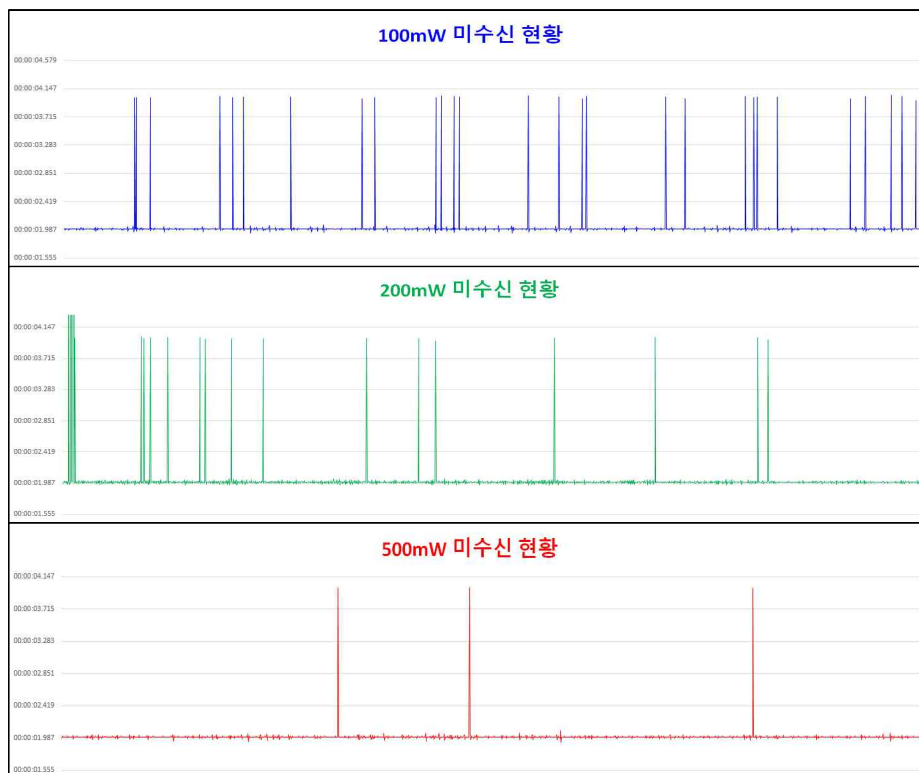
[그림 4-12] AMRD 수신 데이터

4) AMRD 데이터 수신율

- 100mW 송신 : 수신율 98.5%
- 200mW 송신 : 수신율 98.2%
- 500mW 송신 : 수신율 99.9%

<표 4-3> AMRD 데이터 수신율 현황

구분	1번 메시지	14번 메시지	미수신	계	수신율
100mW	1,653	120	27	1,800	98.5%
200mW	1,650	118	32	1,800	98.2%
500mW	1,678	120	2	1,800	99.9%



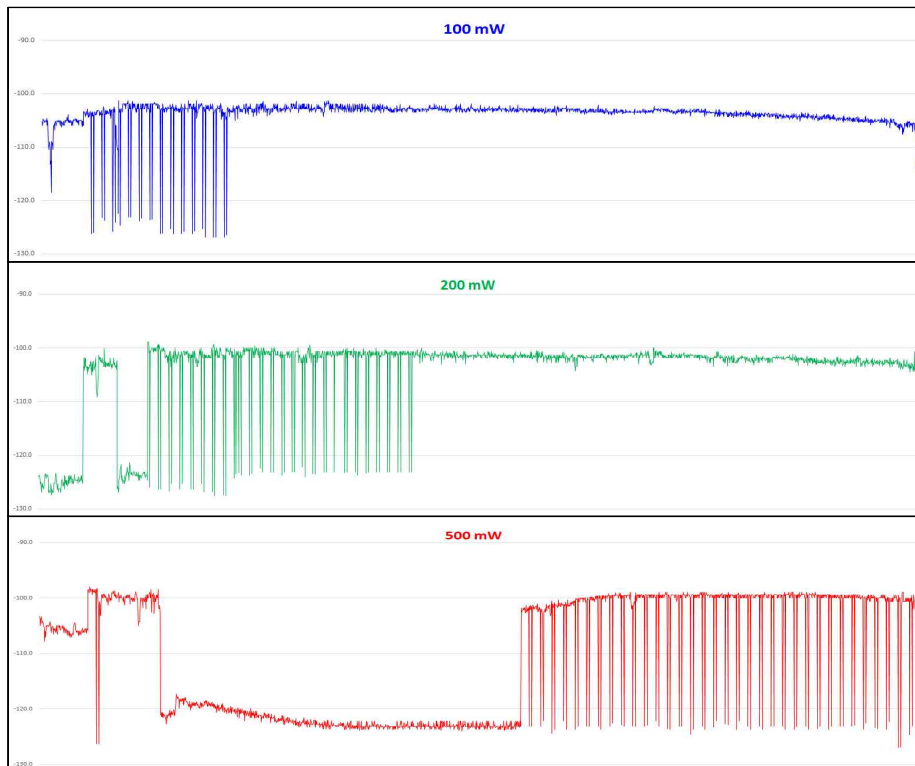
[그림 4-13] 미수신 현황

5) AMRD 수신 신호 세기 (RSSI)

- 최소 : -126.9 dBm
- 최대 : -98.0 dBm
- 전체 평균 : -106.0 dBm

<표 4-4> RSSI 분석 결과

구분	최소	최대	평균
100mW	-126.9	-101.3	-103.8
200mW	-127.6	-98.9	-104.1
500mW	-126.9	-98	-110.1
평균	-127.1	-99.4	-106.0

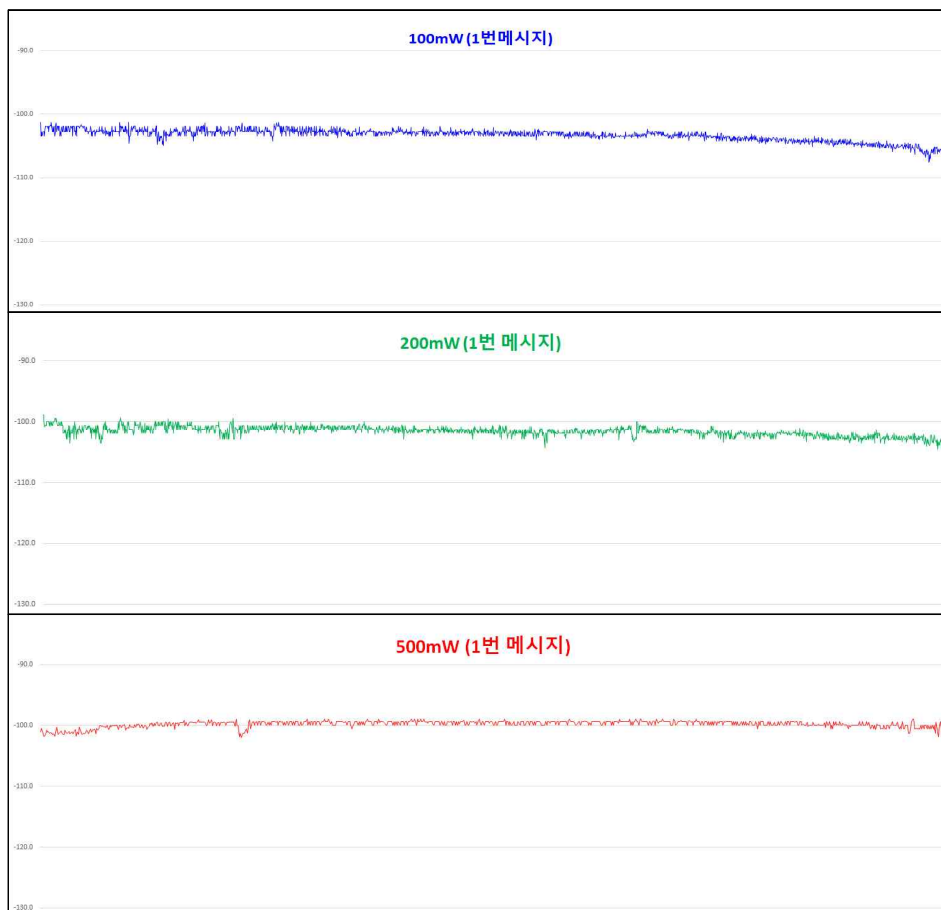


[그림 4-14] RSSI 분석 결과

6) AMRD 1번 메시지의 RSSI 분석

<표 4-5> 1번 메시지의 RSSI 분석 결과

구분	최소	최대	평균
100mW	-108.2	-101.3	-103.3
200mW	-104.5	-98.9	-101.6
500mW	-102.0	-98.9	-99.8
평균	-104.9	-99.7	-101.6

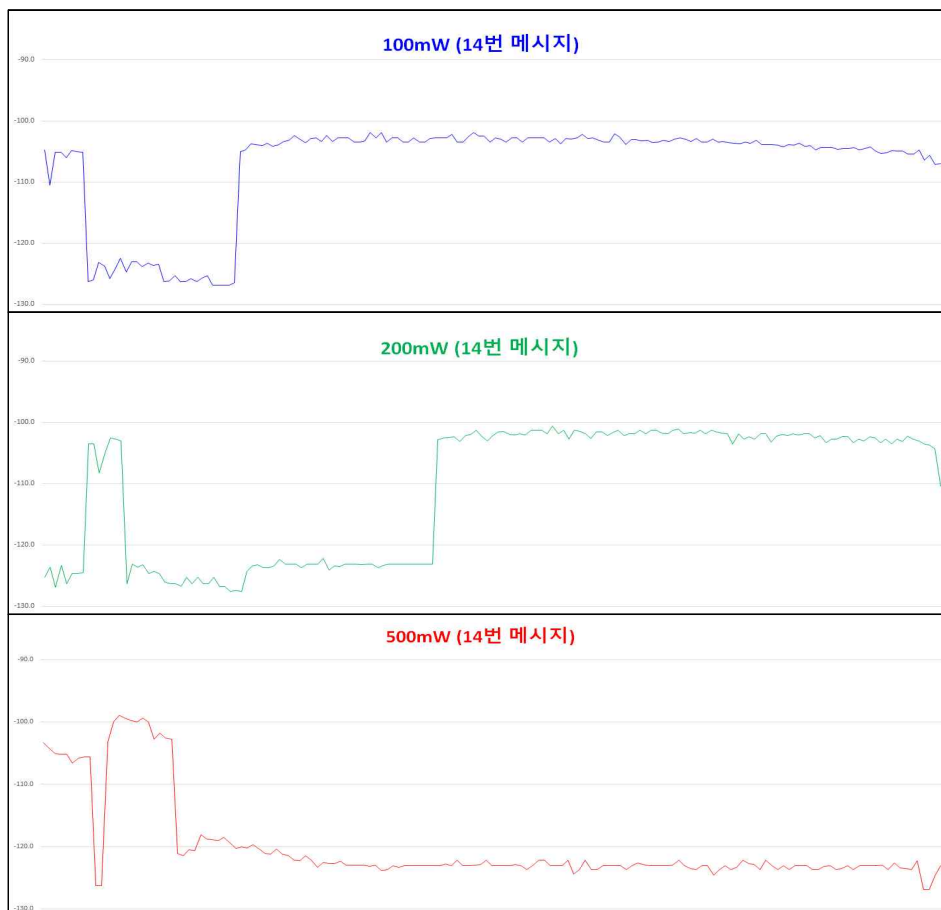


[그림 4-15] 1번 메시지의 RSSI 분석 결과

6) AMRD 14번 메시지의 RSSI 분석

<표 4-6> 14번 메시지의 RSSI 분석 결과

구분	최소	최대	평균
100mW	-126.9	-101.9	-107.3
200mW	-127.6	-100.6	-111.0
500mW	-126.9	-99.0	-120.0
평균	-127.1	-100.5	-112.8



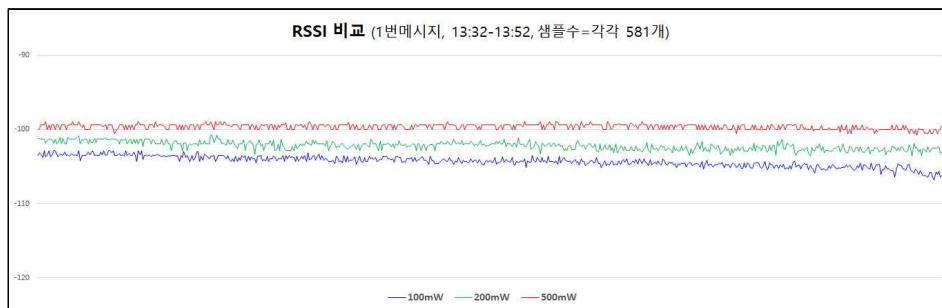
[그림 4-16] 14번 메시지의 RSSI 분석 결과

7) AMRD 출력에 따른 RSSI 비교 (1번 메시지)

- 비교 구간 : 13:32~13:52 (20분)
- 비교 데이터 : 송신기 출력 별 각각 581개

<표 4-7> 송신기 출력에 따른 RSSI 비교 (1번 메시지)

구분	최소	최대	평균
100mW	-106.8	-102.8	-104.3
200mW	-103.6	-100.7	-102.2
500mW	-100.7	-98.9	-99.6
평균	-103.7	-100.8	-102.0



[그림 4-17] 송신기 출력에 따른 RSSI 비교 (1번 메시지)

8) AMRD 출력에 따른 RSSI 비교 (14번 메시지)

- 비교 구간 : 13:32~13:52 (20분)
- 비교 데이터 : 송신기 출력 별 각각 62개

<표 4-8> 송신기 출력에 따른 RSSI 비교 (14번 메시지)

구분	최소	최대	평균
100mW	-105.4	-102.1	-103.9
200mW	-103.5	-101.1	-102.2
500mW	-126.9	-122.2	-123.3
평균	-111.9	-108.5	-109.8



[그림 4-18] 송신기 출력에 따른 RSSI 비교 (14번째 메시지)

2.3 관련 자료



[그림 4-19] 송신기 설치 위치



[그림 4-20] 수신 안테나 설치 위치

3. AMRD의 해상 실선 시험결과 분석

3.1 해상 실선 시험 개요

- 일시 : 2021년 7월 21일, 10:00-18:00
- 장소 :
 - 송신 : 해운대 미포 연안 (4대의 AMRD 설치)
 - 수신-1 : 이기대에서 수신 (고정위치)
 - 수신-2 : 요트 항해 중 수신 (수영만-미포-오륙도-광안대교-미포-수영만)
 - 수신-3 : 유람선 항해 중 수신 (미포-오륙도-미포)



[그림 4-21] 해상 실선 시험 장소 현황

3.2 해상 실선 시험 결과 분석

1) 이기대 수신 결과 (고정위치)

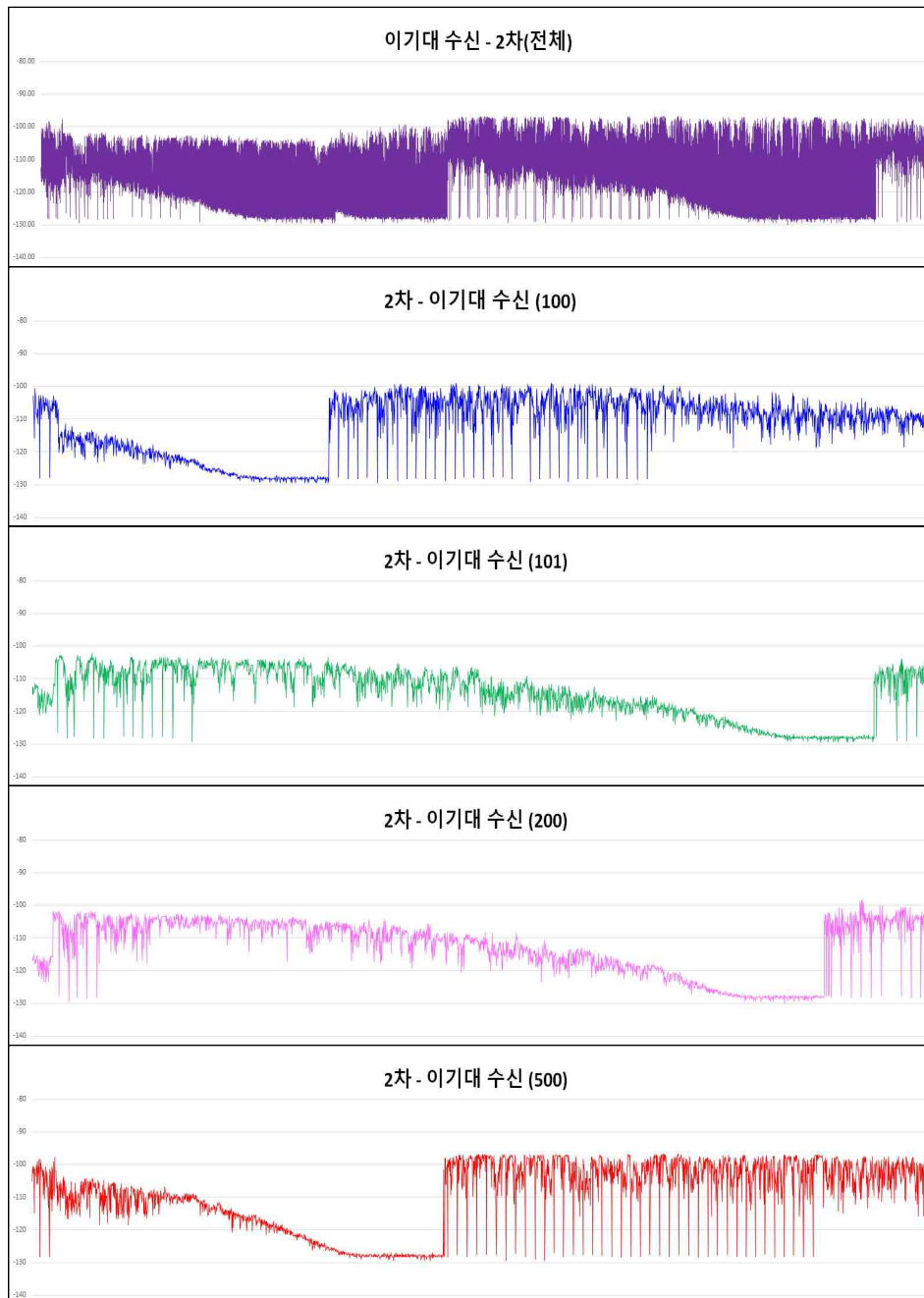
- 수신 시간 : 13:30~16:37 (3시간 6분)
- 수신 데이터 (메시지)
 - 100mW(1) : 11,172
 - 100mW(2) : 11,176
 - 200mW : 11,176
 - 500mW : 11,172

- 데이터 수신율
 - 100mW(1) : 94.1%
 - 100mW(2) : 90.7%
 - 200mW : 94.8%
 - 500mW : 99.0%
- 평균 수신 신호 세기 (RSSI)
 - 100mW(1) : -111.90 dBm
 - 100mW(2) : -114.45 dBm
 - 200mW : -112.83 dBm
 - 500mW : -109.26 dBm

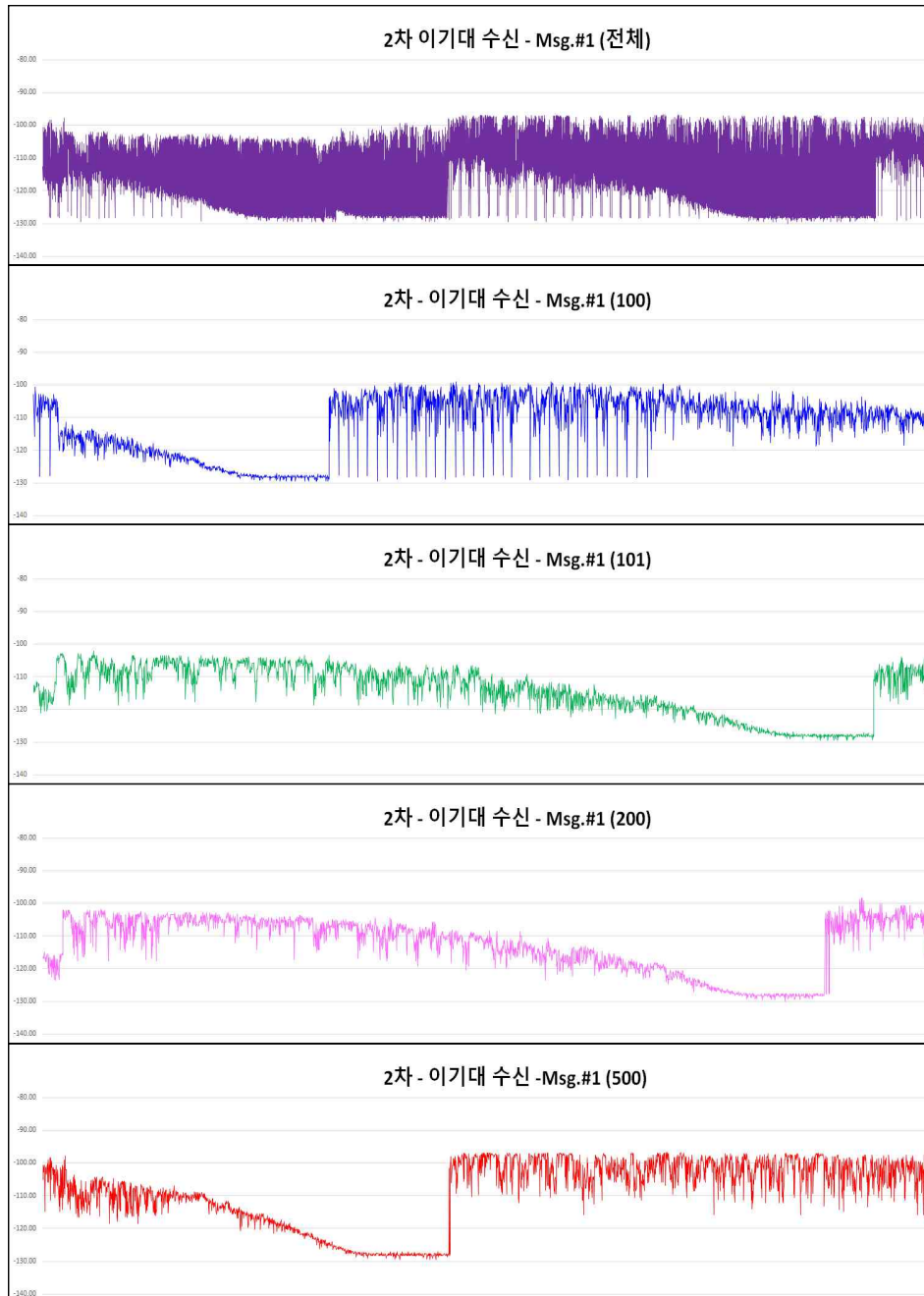
<표 4-9> 이기대 수신 결과 (요약)

구분	100mW(1)	100mW(2)	200mW	500mW
시작시각	13:30:50	13:30:47	13:30:47	13:30:50
종료시각	16:37:02	16:37:03	16:37:03	16:37:02
수신시간	03:06:12	03:06:16	03:06:16	03:06:12
수신 데이터	2,627	2,534	2,649	2,766
수신율	94.1%	90.7%	94.8%	99.0%
RSSI(최소)	-129.43	-129.39	-130.1	-129.39
RSSI(최대)	-98.91	-101.99	-98.33	-96.81
RSSI(평균)	-111.90	-114.45	-112.83	-109.26

○ 이기대 수신 신호의 세기 (RSSI)



[그림 4-22] 이기대 수신 신호의 RSSI 분석 결과



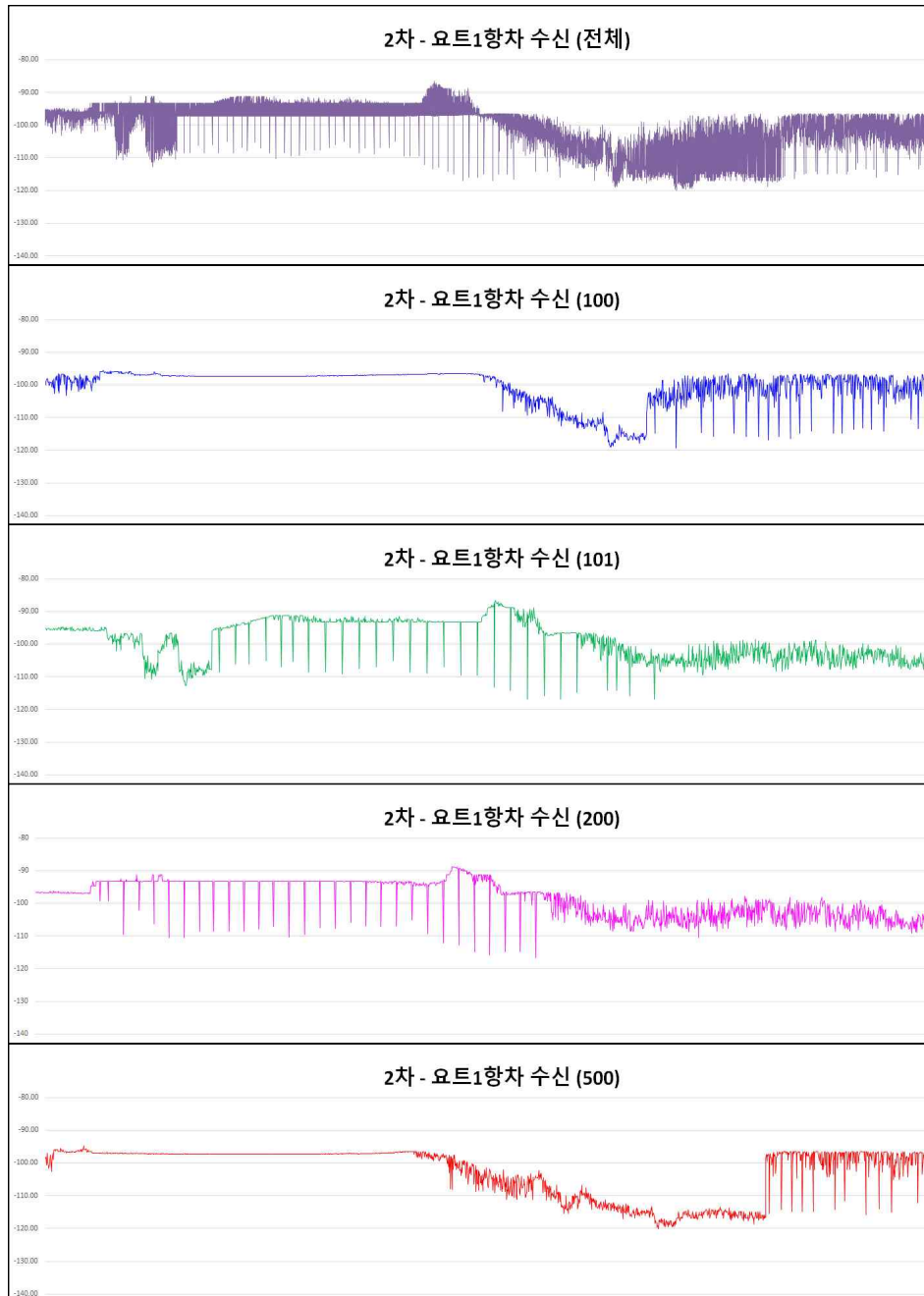
[그림 4-23] 이기대 수신 신호의 RSSI 분석 결과 (1번 메시지)

2) 요트 수신 결과 (1항차)

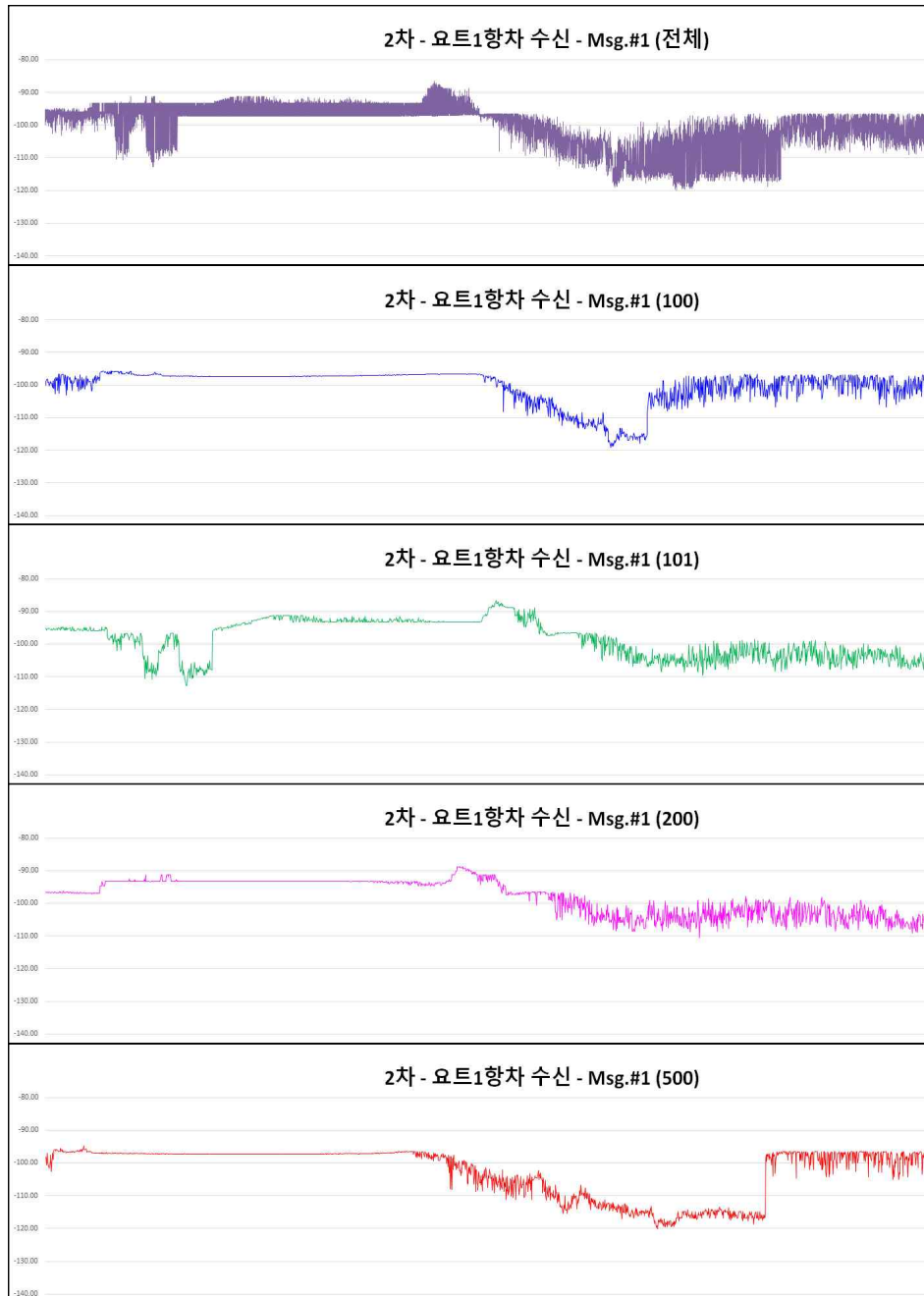
- 수신 시간 : 12:39~15:26 (2시간 47분)
- 수신 데이터 (메시지)
 - 100mW(1) : 1,176
 - 100mW(2) : 1,566
 - 200mW : 1,722
 - 500mW : 1,952
- 데이터 수신율
 - 100mW(1) : 70.8%
 - 100mW(2) : 62.7%
 - 200mW : 68.7%
 - 500mW : 77.8%
- 평균 수신 신호 세기 (RSSI)
 - 100mW(1) : -100.50 dBm
 - 100mW(2) : -98.72 dBm
 - 200mW : -98.28 dBm
 - 500mW : -102.61 dBm

<표 4-10> 요트 수신 결과 (1항차)

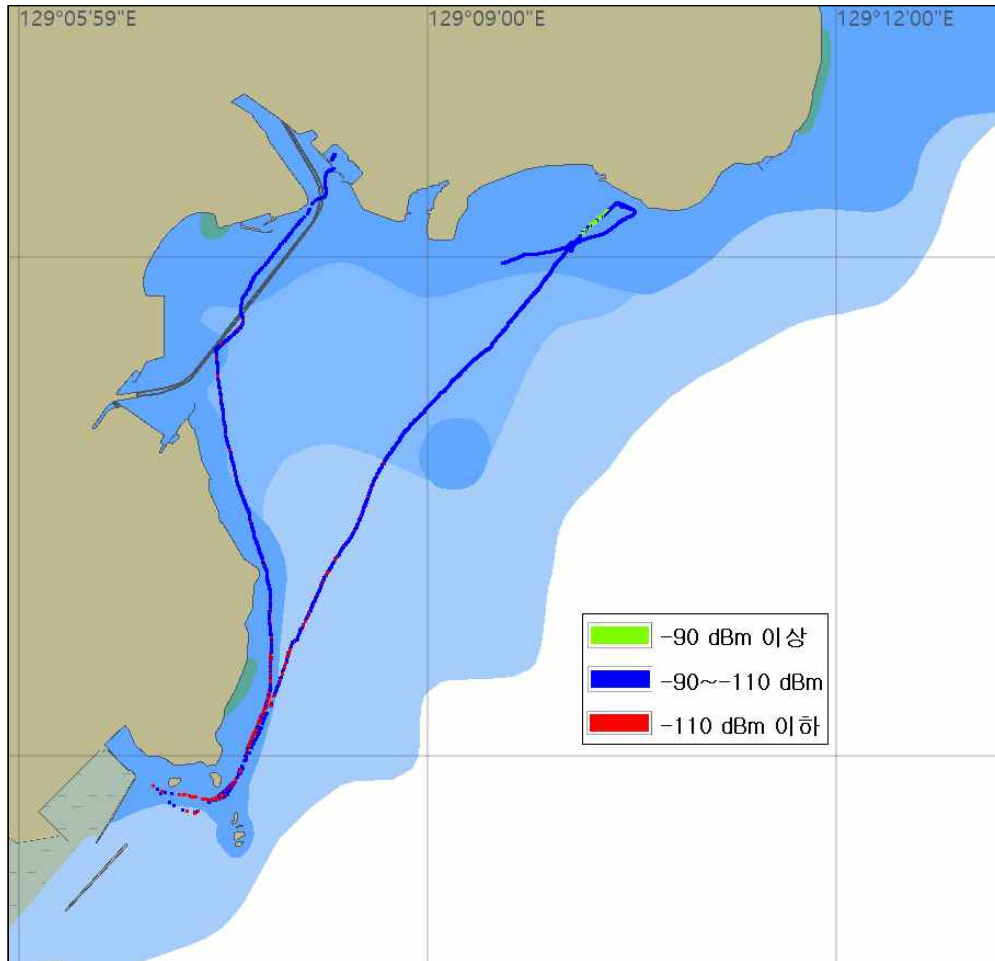
구분	100mW(1)	100mW(2)	200mW	500mW
시작시각	12:39:14	12:39:14	12:39:15	12:39:17
종료시각	15:26:29	15:25:46	15:26:26	15:26:29
수신시간	02:47:16	02:46:32	02:47:12	02:47:12
수신 데이터	1,776	1,566	1,722	1,952
수신율	70.8%	62.7%	68.7%	77.8%
RSSI(최소)	-119.36	-116.96	-116.57	-120.15
RSSI(최대)	-95.58	-86.52	-88.78	-94.80
RSSI(평균)	-100.50	-98.72	-98.28	-102.61



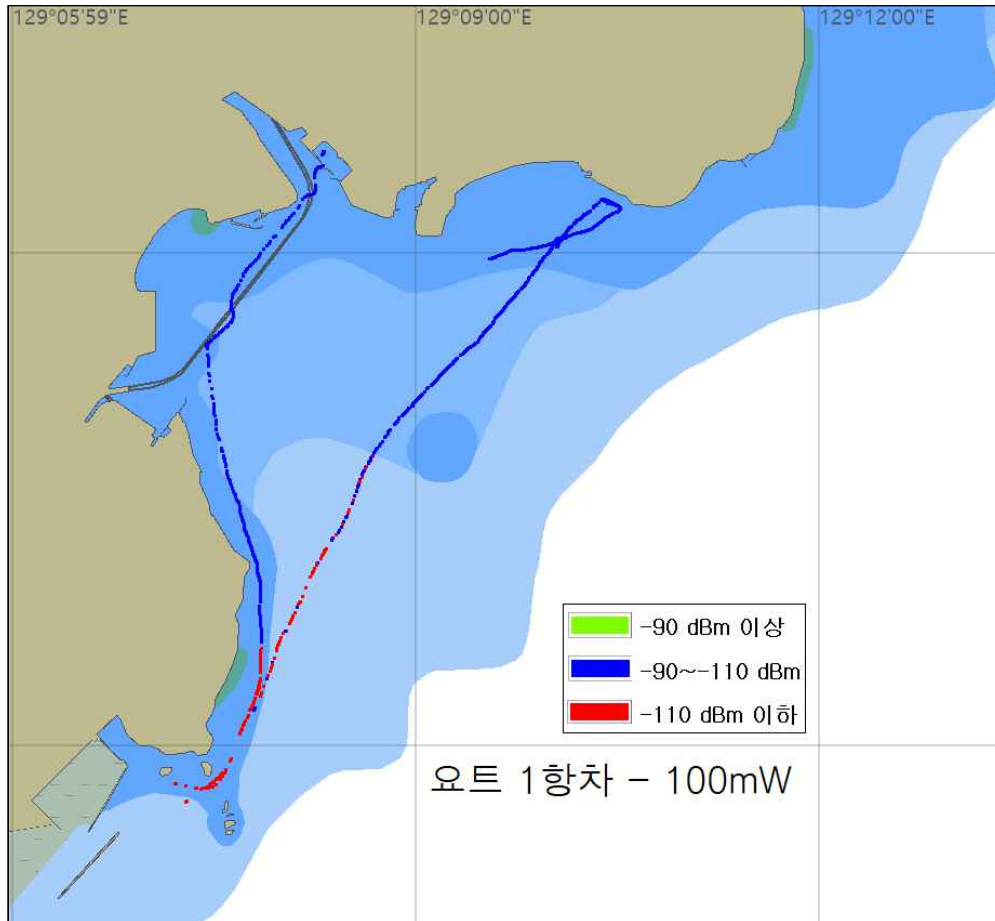
[그림 4-24] 요트(1항차) 수신 신호의 RSSI 분석 결과



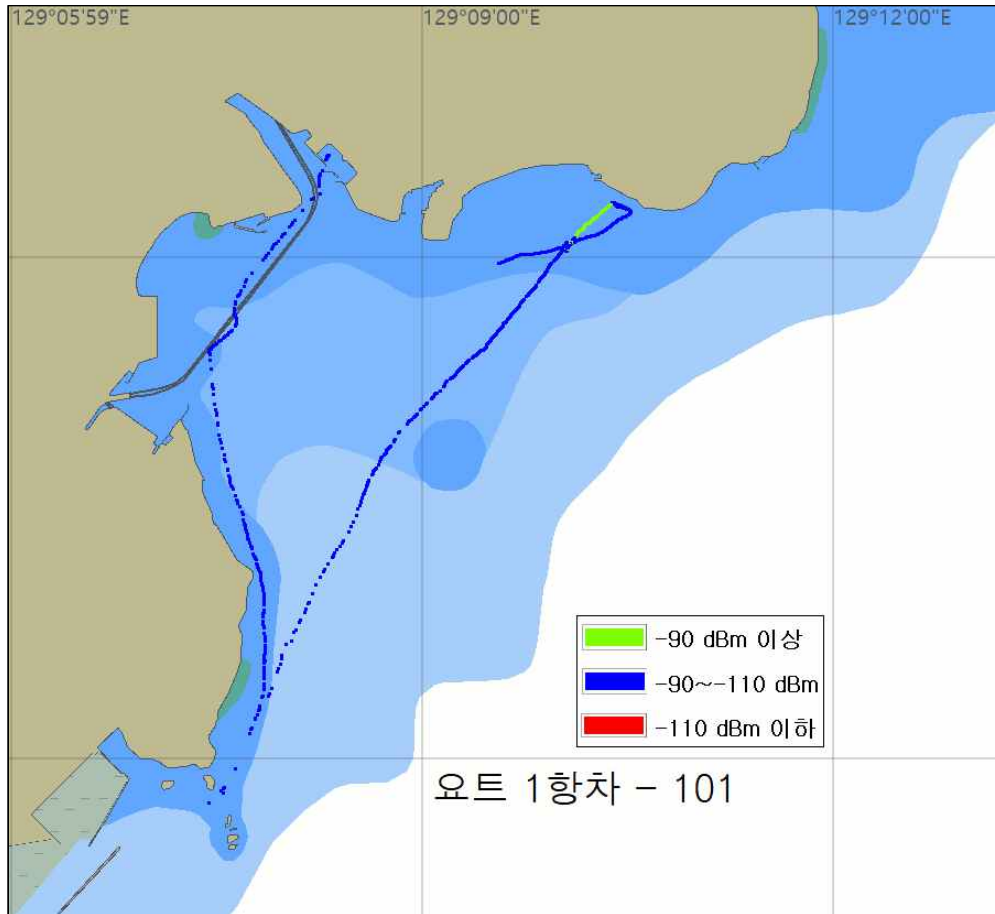
[그림 4-25] 요트 수신 신호의 RSSI 분석 결과 (1번 메시지)



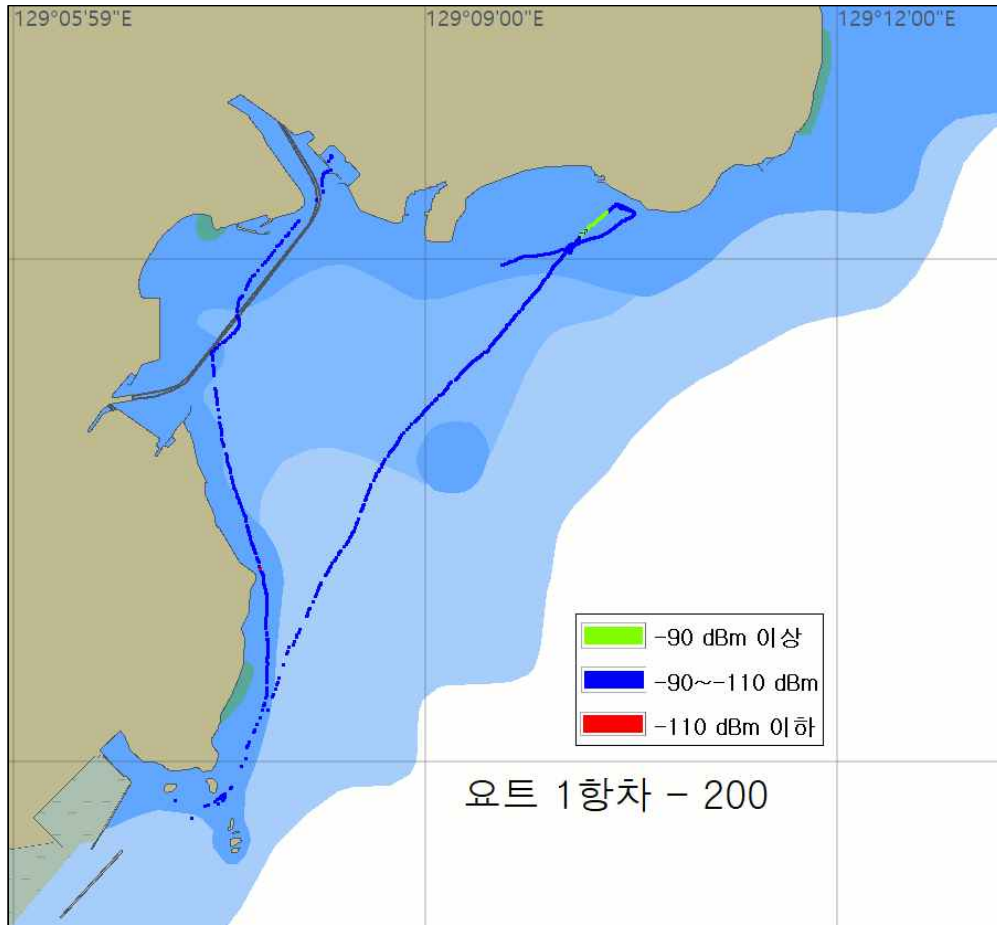
[그림 4-26] 요트 항적 및 RSSI (1항차)



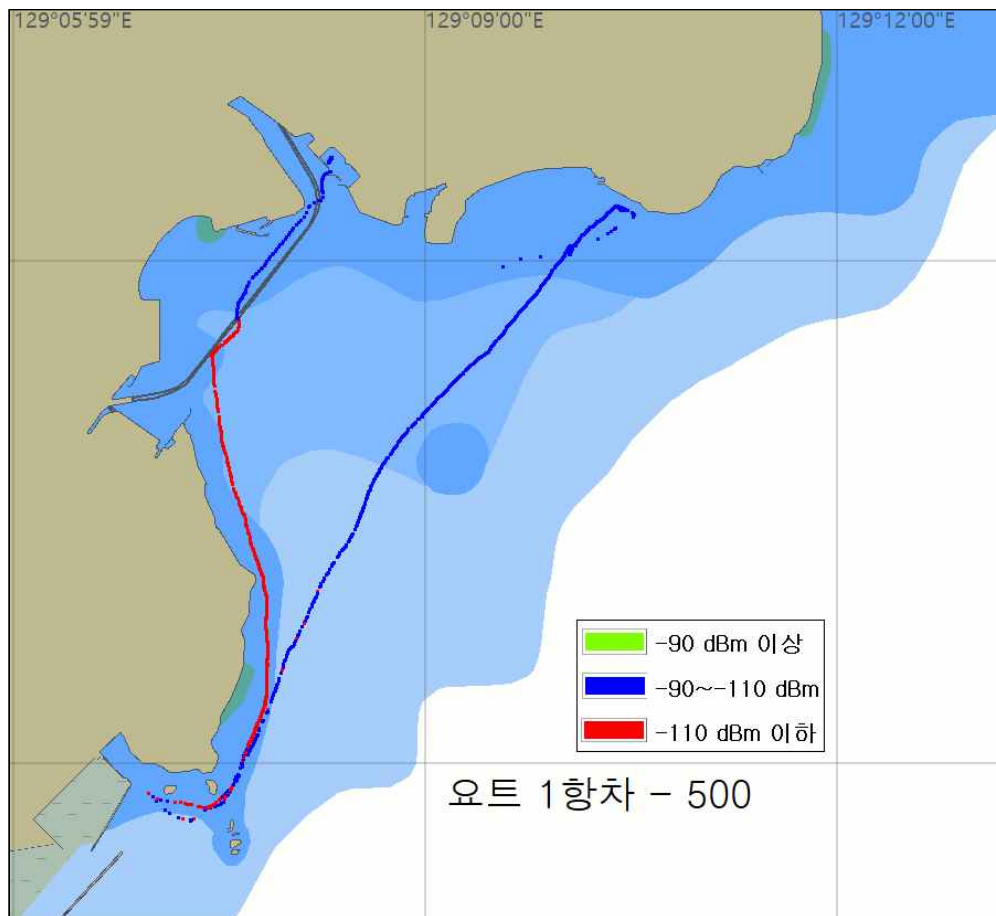
[그림 4-27] 요트 항적 및 RSSI (1항차) - 100mW(1)



[그림 4-28] 요트 항적 및 RSSI (1항차) - 100mW(2)



[그림 4-29] 요트 항적 및 RSSI (1항차) - 200mW



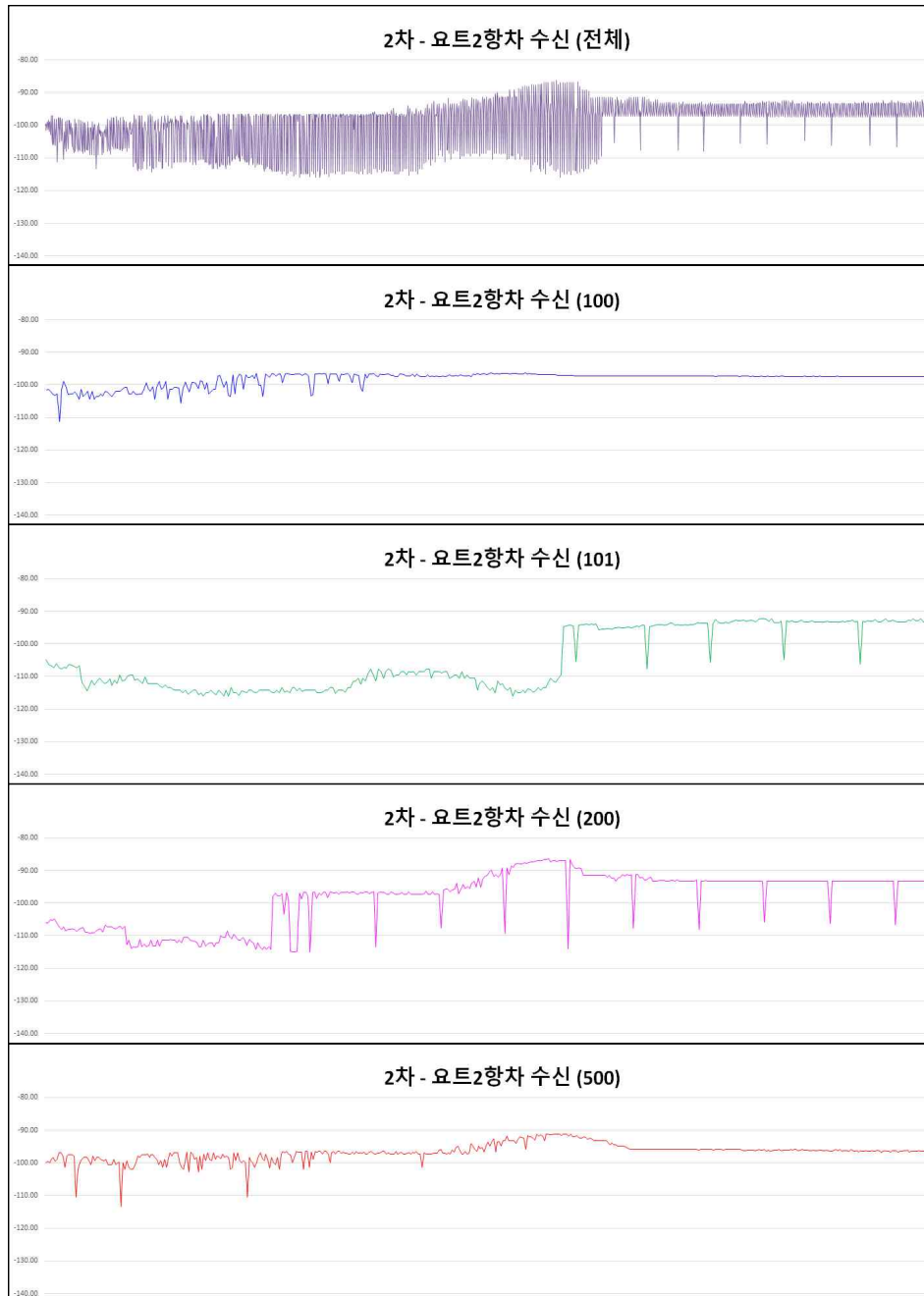
[그림 4-30] 요트 항적 및 RSSI (1항차) - 500mW

3) 요트 수신 결과 (2항차)

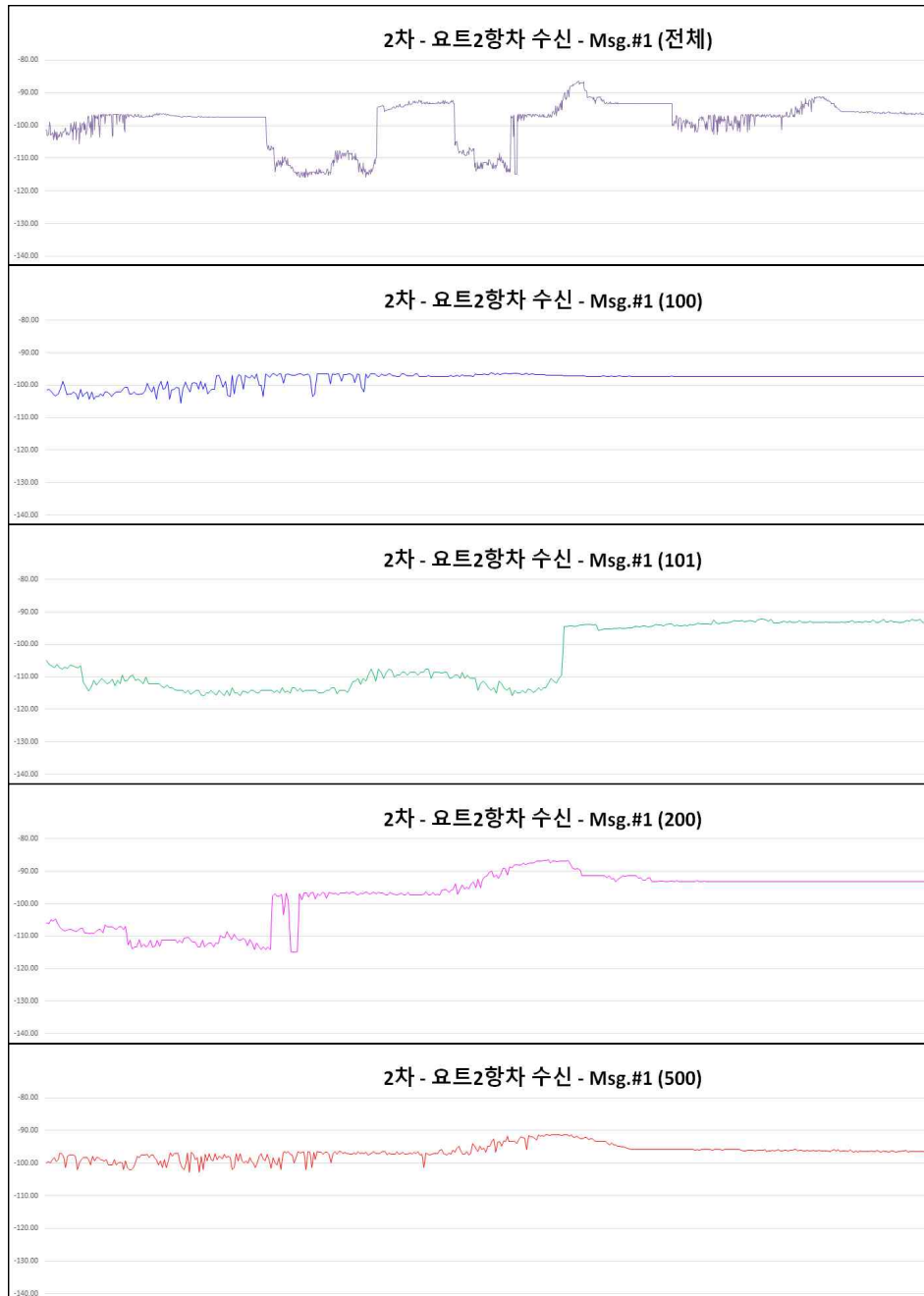
- 수신 시간 : 15:27~16:36 (1시간 09분)
- 수신 데이터 (메시지)
 - 100mW(1) : 407
 - 100mW(2) : 348
 - 200mW : 404
 - 500mW : 469
- 데이터 수신율
 - 100mW(1) : 39.2%
 - 100mW(2) : 34.1%
 - 200mW : 39.5%
 - 500mW : 45.2%
- 평균 수신 신호 세기 (RSSI)
 - 100mW(1) : -98.24 dBm
 - 100mW(2) : -104.58 dBm
 - 200mW : -98.45 dBm
 - 500mW : -96.70 dBm

<표 4-11> 요트 수신 결과 (2항차)

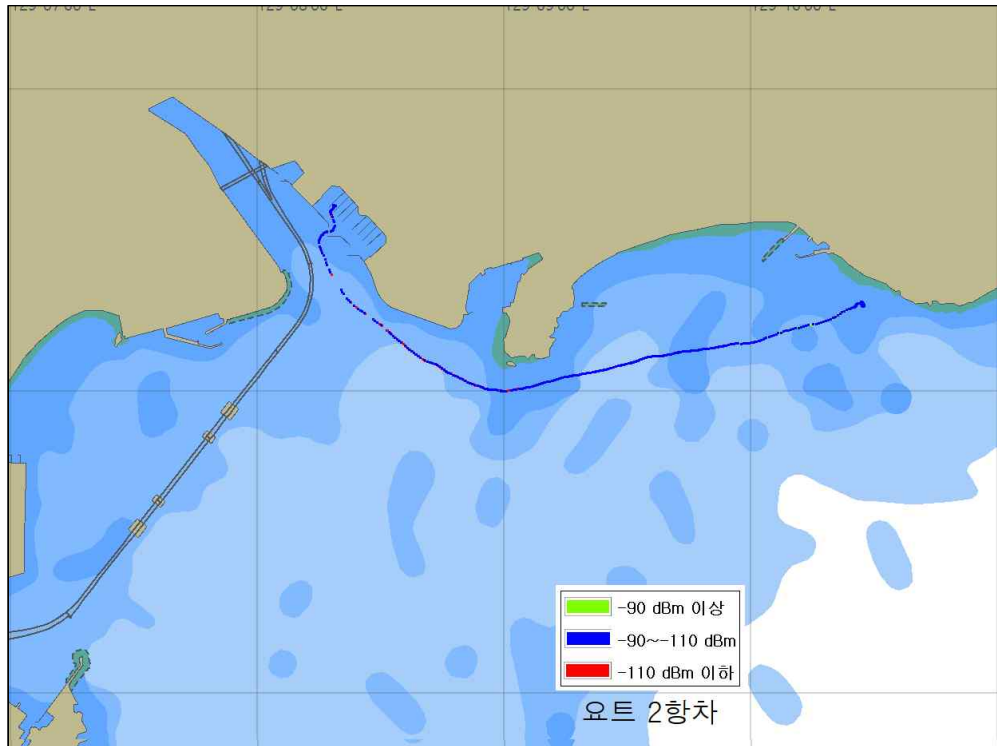
구분	100mW(1)	100mW(2)	200mW	500mW
시작시각	15:27:09	15:28:10	15:28:06	15:27:05
종료시각	16:36:17	16:36:18	16:36:18	16:36:17
수신시간	01:09:08	01:08:08	01:08:12	01:09:12
수신 데이터	407	348	404	469
수신율	39.2%	34.1%	39.5%	45.2
RSSI(최소)	-111.26	-115.91	-114.93	-113.29
RSSI(최대)	-96.24	-92.28	-86.39	-91.32
RSSI(평균)	-98.24	-104.58	-98.45	-96.70



[그림 4-31] 요트(2항차) 수신 신호의 RSSI 분석 결과



[그림 4-32] 요트(2항차) 수신 신호의 RSSI 분석 결과 (1번 메시지)



[그림 4-33] 요트 항적 및 RSSI (2항차)

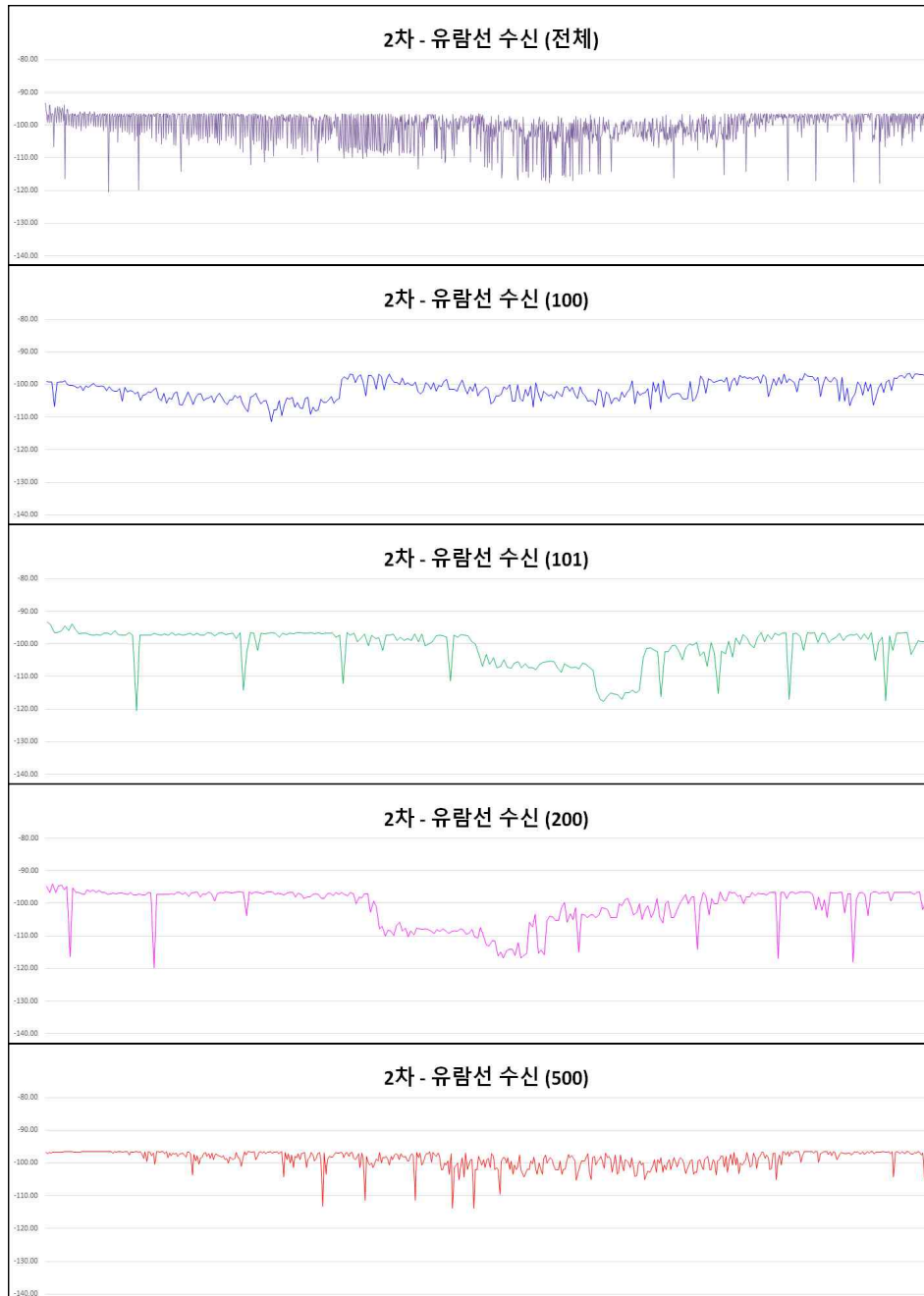
4) 유람선 수신 결과

- 수신 시간 : 15:32~16:39 (1시간 06분)
- 수신 데이터 (메시지)
 - 100mW(1) : 337
 - 100mW(2) : 247
 - 200mW : 305
 - 500mW : 542
- 데이터 수신율
 - 100mW(1) : 33.7%
 - 100mW(2) : 25.4%
 - 200mW : 30.7%
 - 500mW : 55.0%
- 평균 수신 신호 세기 (RSSI)

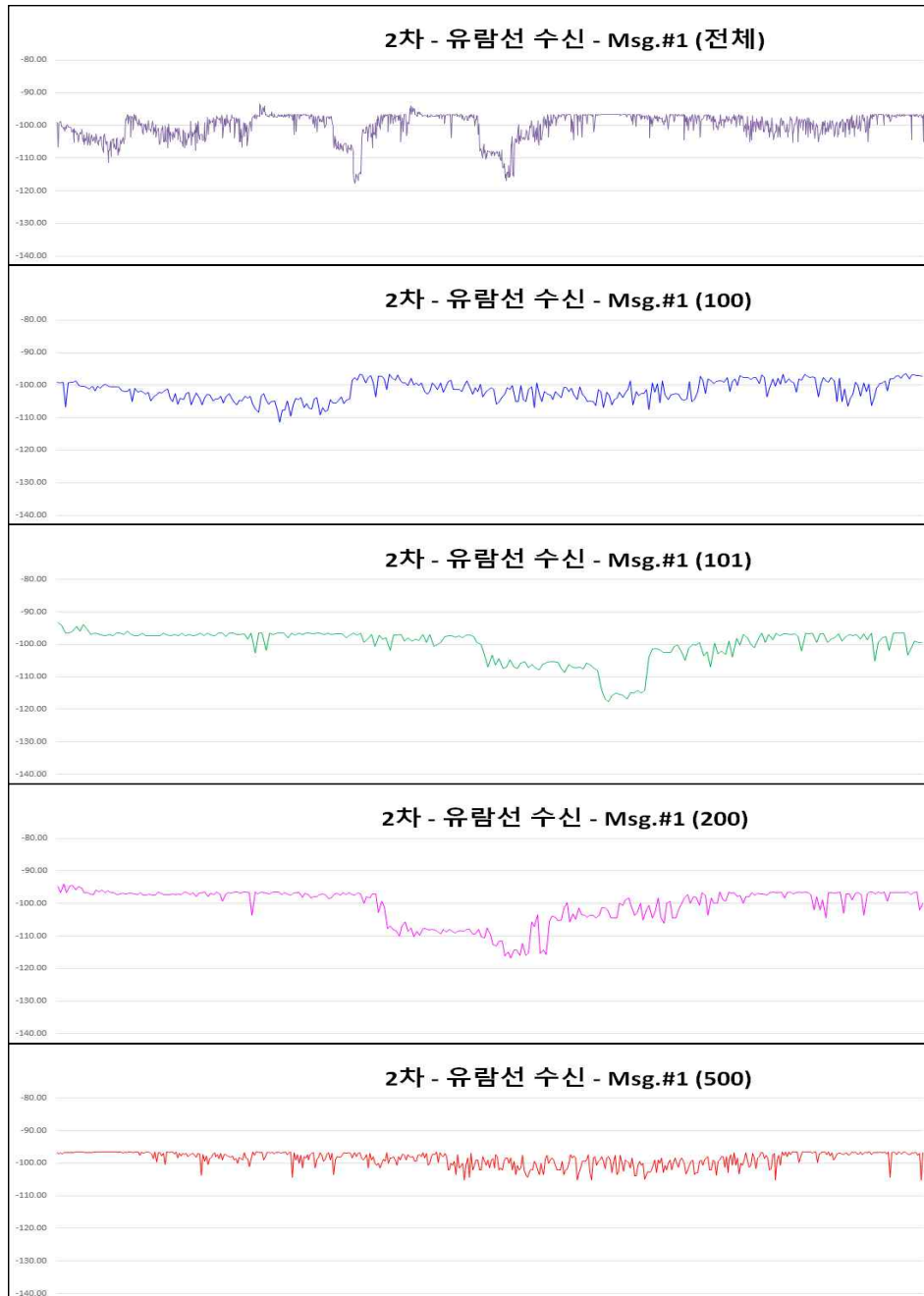
- 100mW(1) : -101.74 dBm
- 100mW(2) : -100.73 dBm
- 200mW : -101.02 dBm
- 500mW : -98.74 dBm

<표 4-12> 유람선 수신 결과

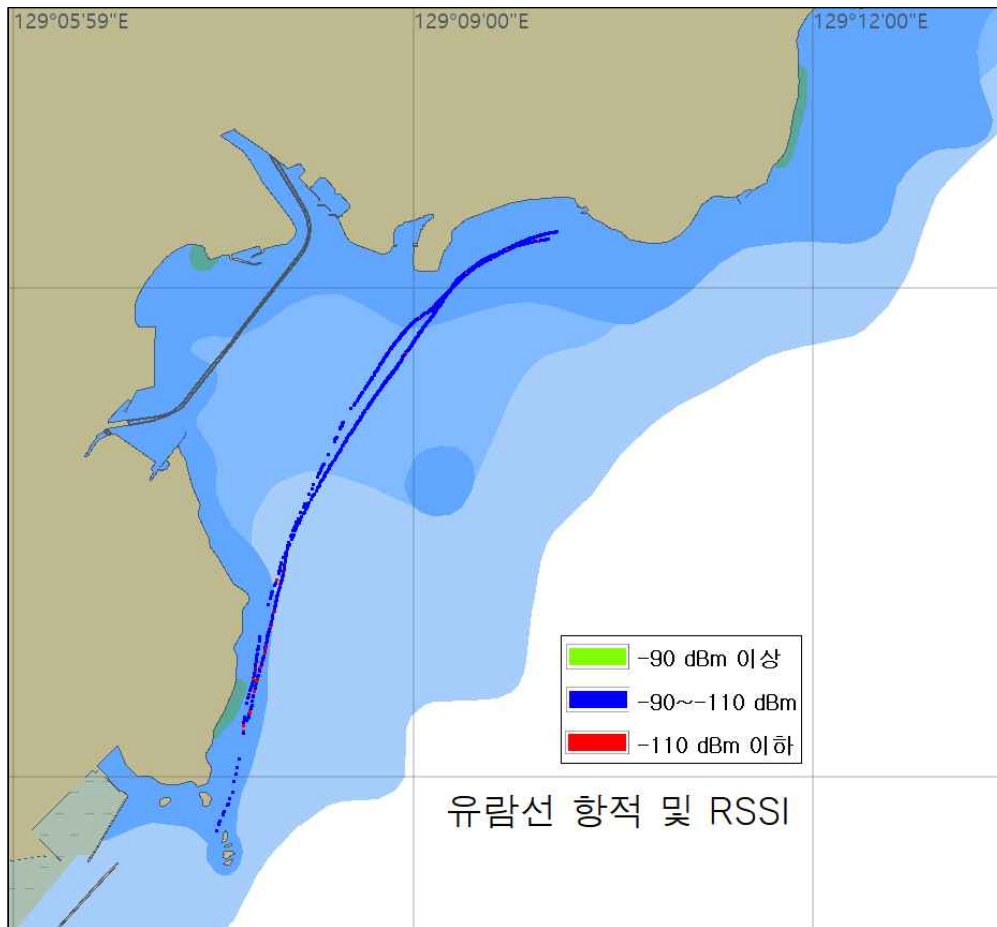
구분	100mW(1)	100mW(2)	200mW	500mW
시작시각	15:32:53	15:32:50	15:32:50	15:32:52
종료시각	16:39:37	16:37:34	16:39:10	16:38:36
수신시간	01:06:44	01:04:44	01:06:20	01:05:44
수신 데이터	337	247	305	542
수신율	33.7%	25.4%	30.7%	55.0%
RSSI(최소)	-111.33	-120.47	-119.91	-113.80
RSSI(최대)	-96.54	-93.33	-93.92	-96.54
RSSI(평균)	-101.74	-100.73	-101.02	-98.74



[그림 4-34] 유람선 수신 신호의 RSSI 분석 결과



[그림 4-35] 유람선 수신 신호의 RSSI 분석 결과 (1번 메시지)



[그림 4-36] 유람선 항적 및 RSSI

3.3 관련 자료



[그림 4-37] 해상 시험 시작품



[그림 4-38] 해수면 1m 높이에 송신기 고정 부표 설치



[그림 4-39] 요트에 수면 4m 높이 수신기 설치



[그림 4-40] 유람선에 수면 4m 높이 수신기 설치

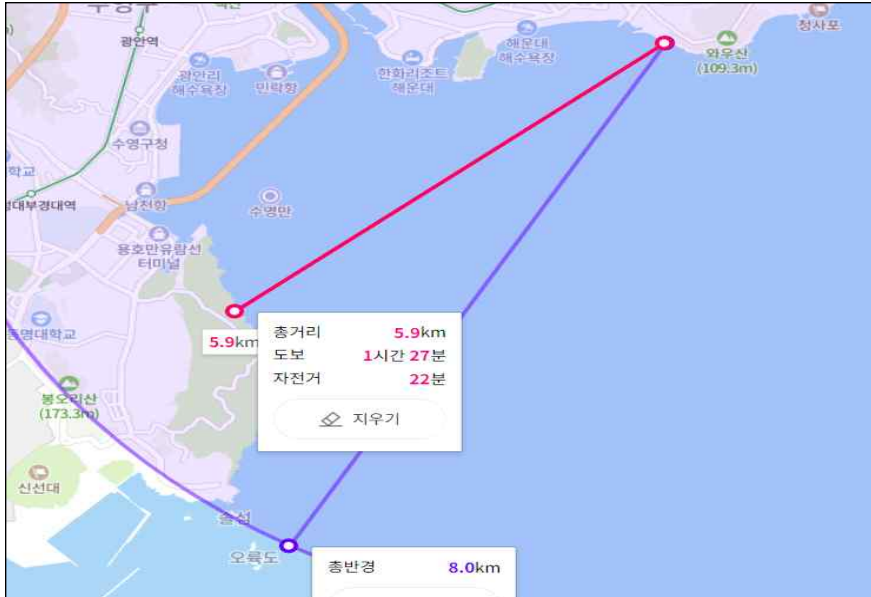


[그림 4-41] 송신기에서 6.1km 떨어진 위치에서 수면 4m 높이 수신기 설치

4. AMRD의 출력과 높이에 따른 성능측정 결과 분석

4.1 시험측정 개요

- 일시 : 2021년 9월 28일, 11:00~15:00
- 장소 : 해운대 및 이기대 연안 일원
 - 송신 : 해운대 미포 앞 연안 해역
 - 수신 :
 - 고정 수신 : 이기대 앞 연안 고정수신
 - 이동 수신 : 요트 항해 중 이동 수신
- 목적 : AMRD 송신기 출력과 높이에 따른 통신거리 및 수신율 성능 측정



[그림 4-42] 송신기 출력과 높이에 따른 AMRD 성능 측정 장소



[그림 4-43] 측정 시험용 AMRD 송신기



[그림 4-44] AMRD 송신기 설치 현황



[그림 4-45] 고정 수신안테나 설치 현황



[그림 4-46] 이동 수신 측정 요트 및 수신기

4.2 측정시험 결과 분석

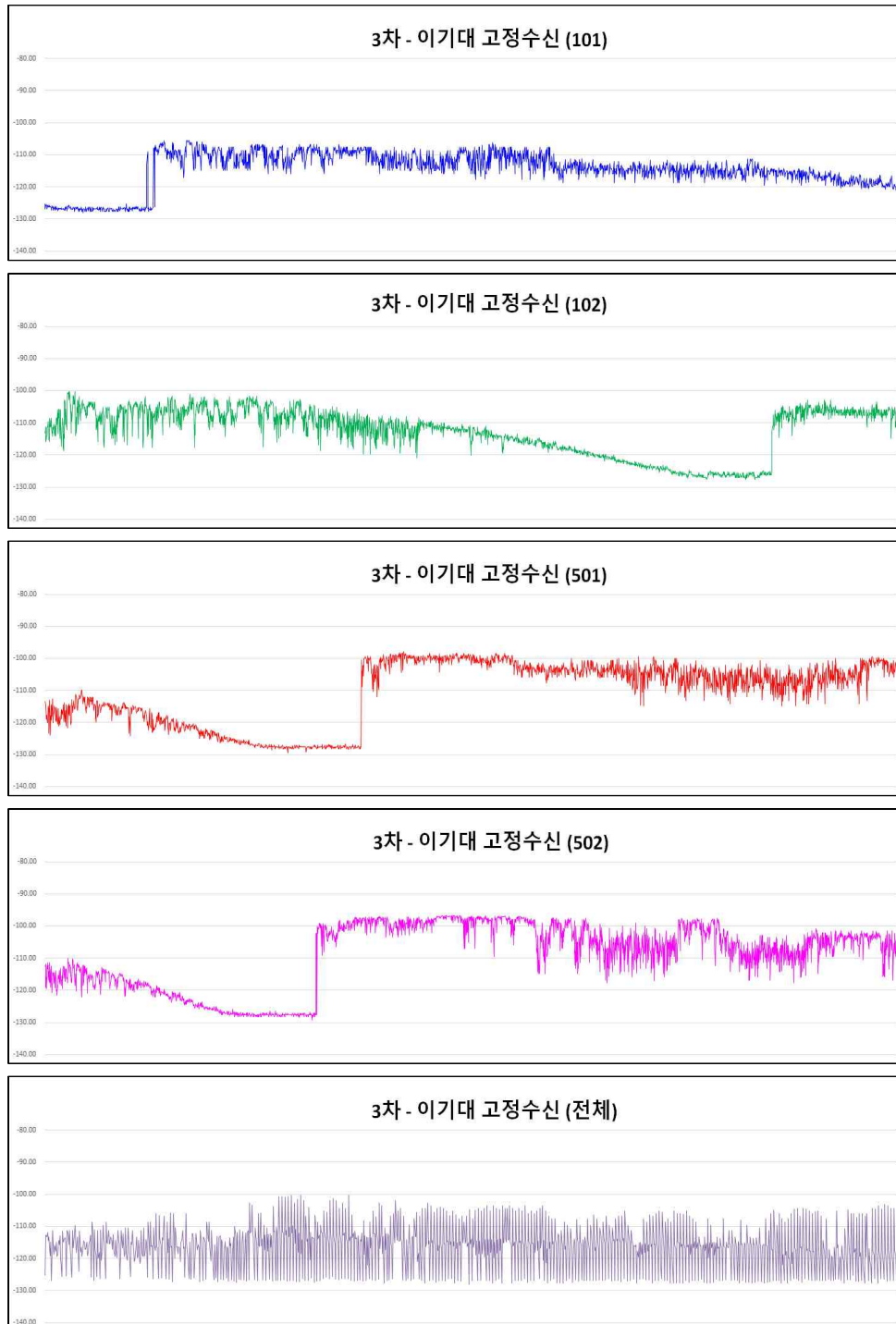
- 송수신 거리 : 고정수신 5.09 km, 이동 수신 0 ~ 8.5 km
- 송신 안테나 높이 : 해수면 기준 30 cm 및 1m
- 송신기 출력 (e.i.r.p.) : 100mW, 500mW
- 수신 안테나 높이 : 해수면 기준 4 m
 - ※ 101 : ID=979000101, e.i.r.p.=100mW, H(Tx)=1 m, H(Rx)=4m
 - 102 : ID=979000102, e.i.r.p.=100mW, H(Tx)=30 cm, H(Rx)=4m
 - 501 : ID=979000501, e.i.r.p.=500mW, H(Tx)=1 m, H(Rx)=4m
 - 502 : ID=979000502, e.i.r.p.=500mW, H(Tx)=30 cm, H(Rx)=4m

1) 고정 수신 결과 분석

- 수신 장소 : 이기대 공원 앞 연안
- 수신 안테나 높이 : 해수면 기준 4 m
- 수신 시간 : 11시 20분 ~ 14시 28분 (약 3시간 8분)

<표 4-13> 고정 수신 분석 결과 (이기대 해안 고정 수신)

3차-이기대 고정수신		101	102	501	502
수신 시작		11:20:01	11:20:10	11:20:03	11:20:02
수신 종료		14:28:57	14:28:58	13:55:27	14:28:59
수신 시간		03:08:56	03:08:48	02:35:24	03:08:56
수신 메시지		2,366	2,674	2,193	2,767
수신율		83.49%	94.42%	94.08%	97.64%
미수신율		16.51%	5.58%	5.92%	2.36%
RSSI	최소	-128.04	-127.62	-129.39	-129.23
	최대	-105.46	-100.23	-97.81	-96.81
	평균	-114.659	-112.801	-110.604	-109.062



[그림 4-47] 고정 수신에 따른 RSSI 분석 결과

2) 이동 수신 결과 분석

<표 4-14> 이동 수신 분석 결과 (요트 수신 - 1항차)

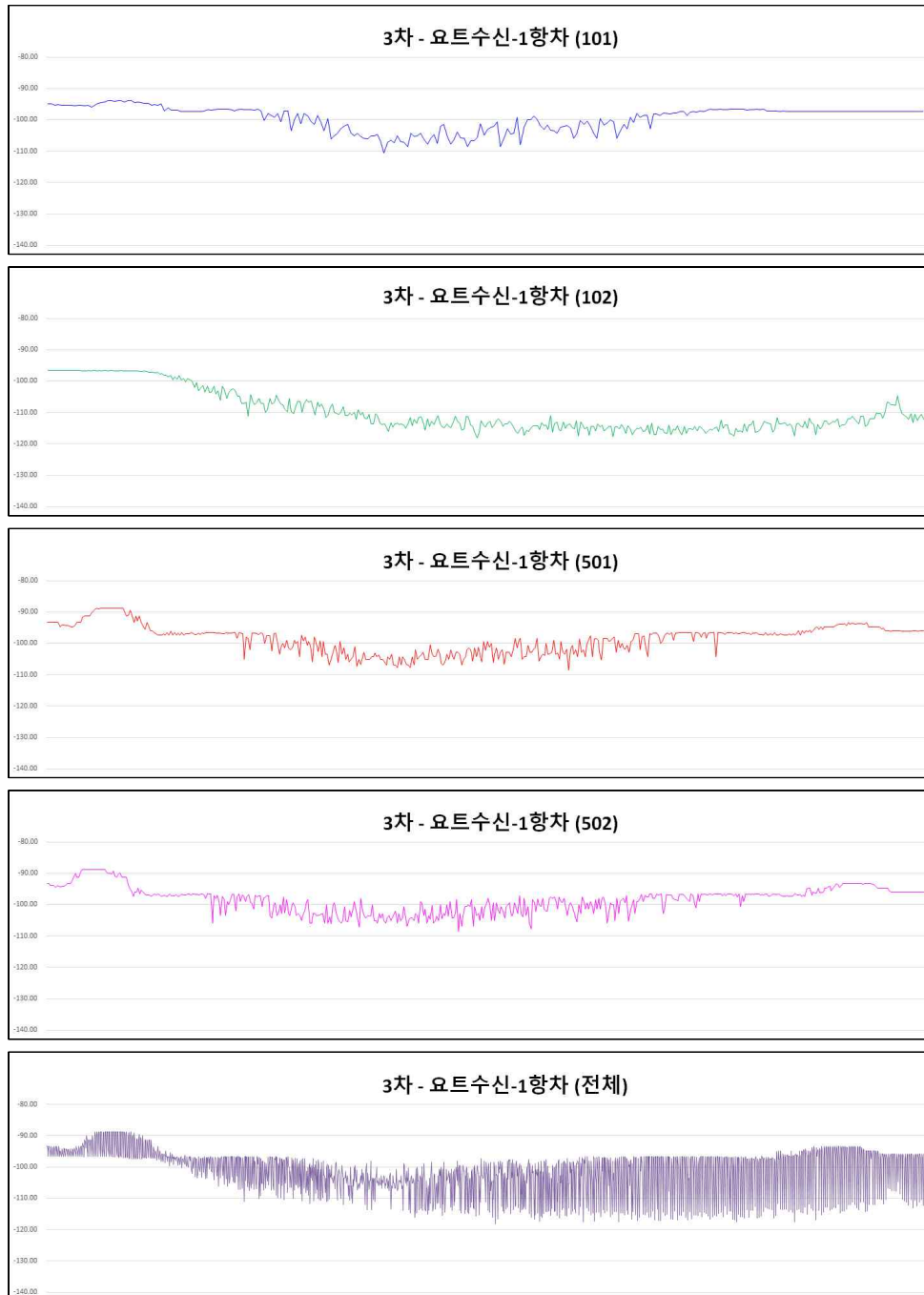
3차-요트수신 (1항차만)		101	102	501	502
수신 시작		13:01:04	13:01:06	13:01:02	13:01:02
수신 종료		13:46:08	13:46:10	13:46:10	13:46:10
수신 시간		00:45:04	00:45:04	00:45:08	00:45:08
수신 메시지		264	407	477	532
수신율		39.1%	60.2%	70.5%	78.6%
미수신율		60.9%	39.8%	29.5%	21.4%
RSSI	최소	-110.50	-118.18	-108.57	-108.57
	최대	-93.84	-96.54	-88.78	-88.78
	평균	-99.48	-109.76	-98.55	-98.41

<표 4-15> 이동 수신 분석 결과 (요트 수신 - 2항차)

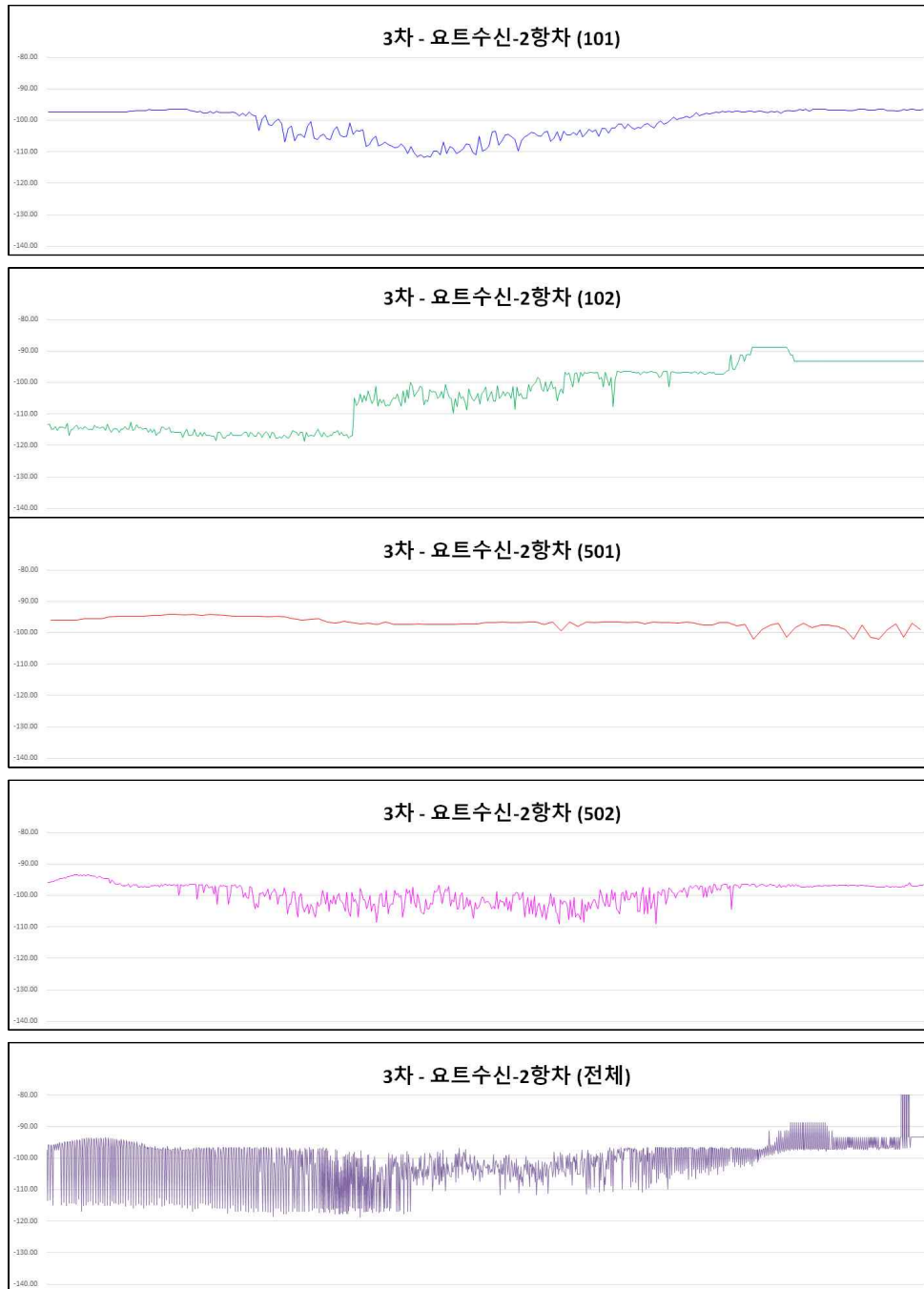
3차-요트수신 (2항차만)		101	102	501	502
수신 시작		13:46:12	13:46:14	13:46:14	13:46:14
수신 종료		14:27:56	14:30:26	13:53:42	14:28:30
수신 시간		00:41:44	00:44:12	00:07:28	00:42:16
수신 메시지		271	455	105	534
수신율		43.3%	68.6%	93.8%	84.2%
미수신율		56.7%	31.4%	6.3%	15.8%
RSSI	최소	-111.70	-118.79	-101.99	-109.24
	최대	-96.54	-88.78	-94.06	-93.43
	평균	-101.00	-104.31	-96.77	-99.38

<표 4-16> 이동 수신 분석 결과 (요트 수신 전체)

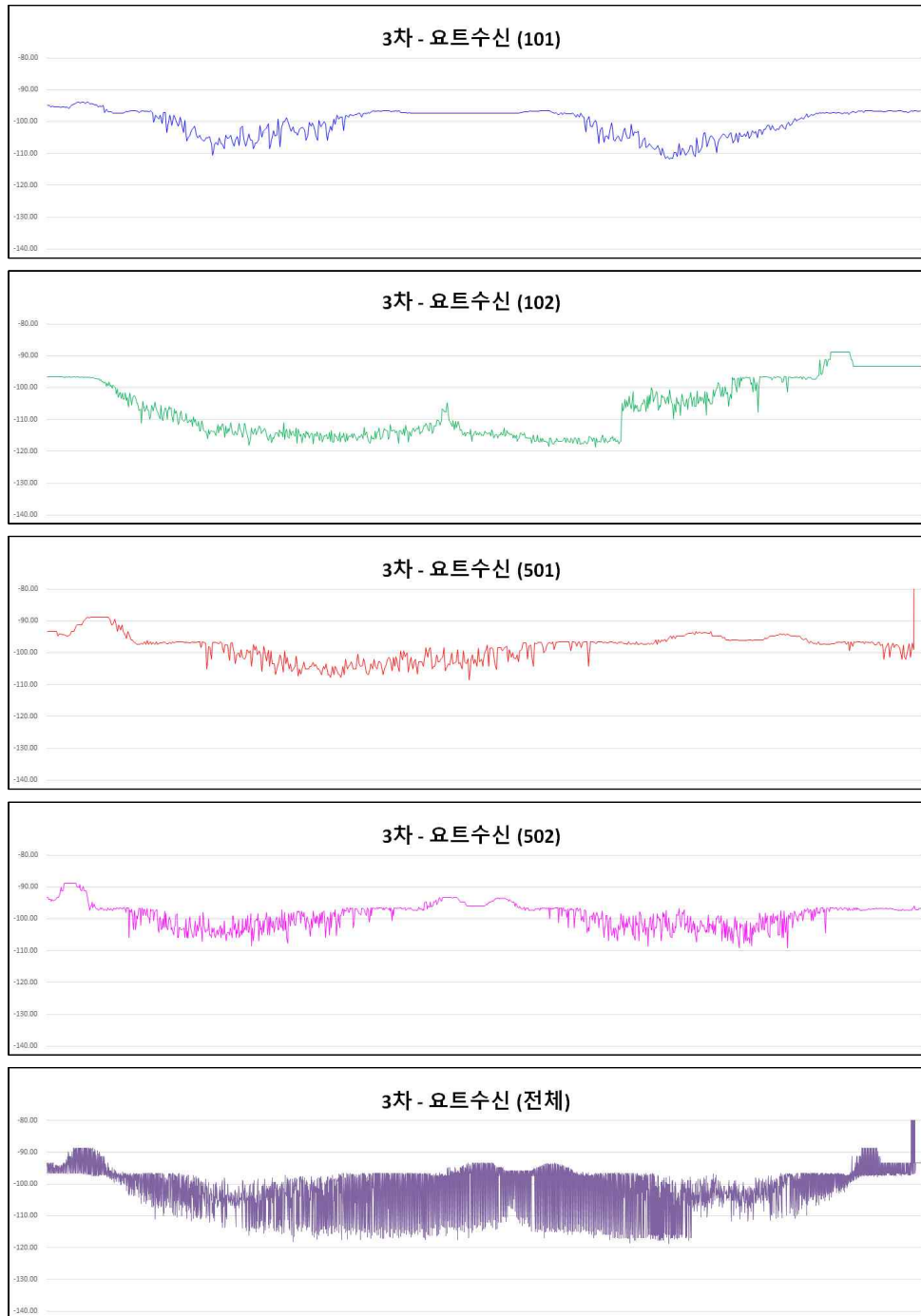
3차-요트수신 (1+2항차)		101	102	501	502
수신 시작		13:01:04	13:01:10	13:01:02	13:01:02
수신 종료		14:27:56	14:30:26	13:53:42	14:28:30
수신 시간		01:26:52	01:29:16	00:52:40	01:27:28
수신 메시지		535	861	582	1,066
수신율		41.1%	64.3%	73.7%	81.3%
미수신율		58.9%	35.7%	26.3%	18.8%
RSSI	최소	-111.70	-118.79	-108.57	-109.24
	최대	-93.84	-88.78	-88.78	-88.78
	평균	-100.25	-106.88	-98.23	-98.90



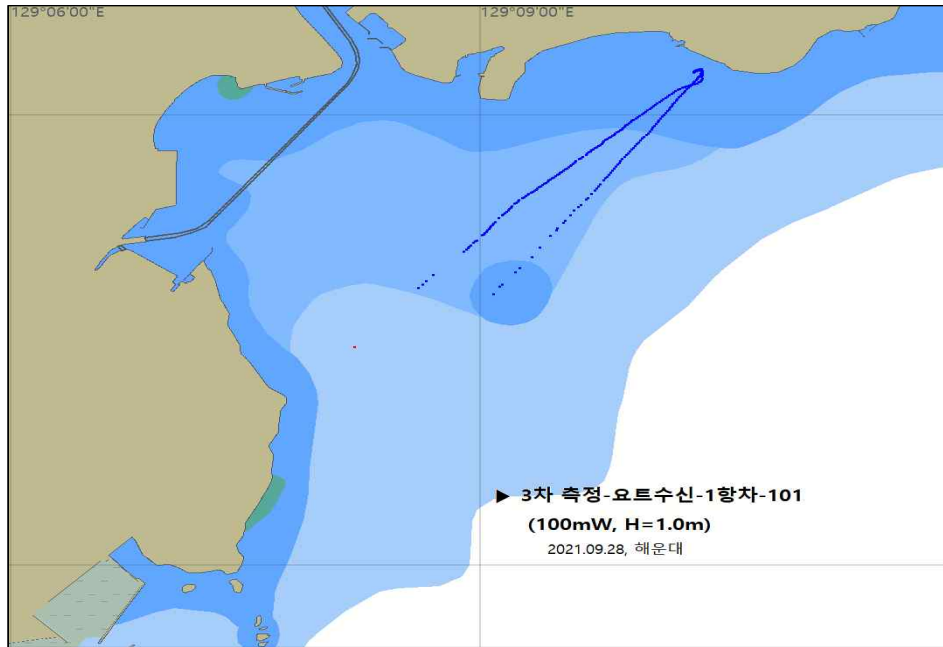
[그림 4-48] 이동 수신에 따른 RSSI 분석 결과 (요트 1항차)



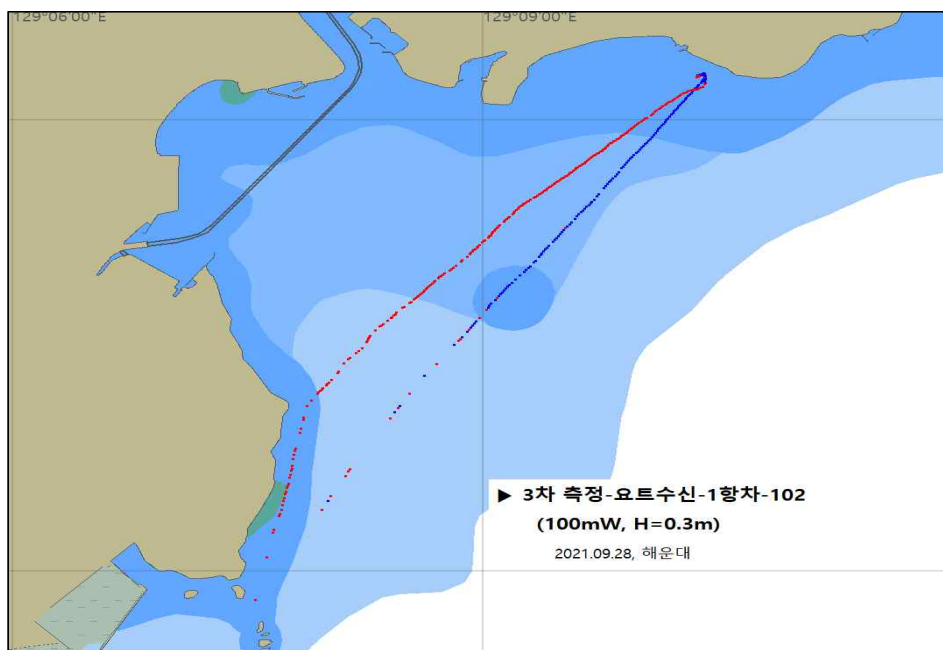
[그림 4-49] 이동 수신에 따른 RSSI 분석 결과 (요트 2항차)



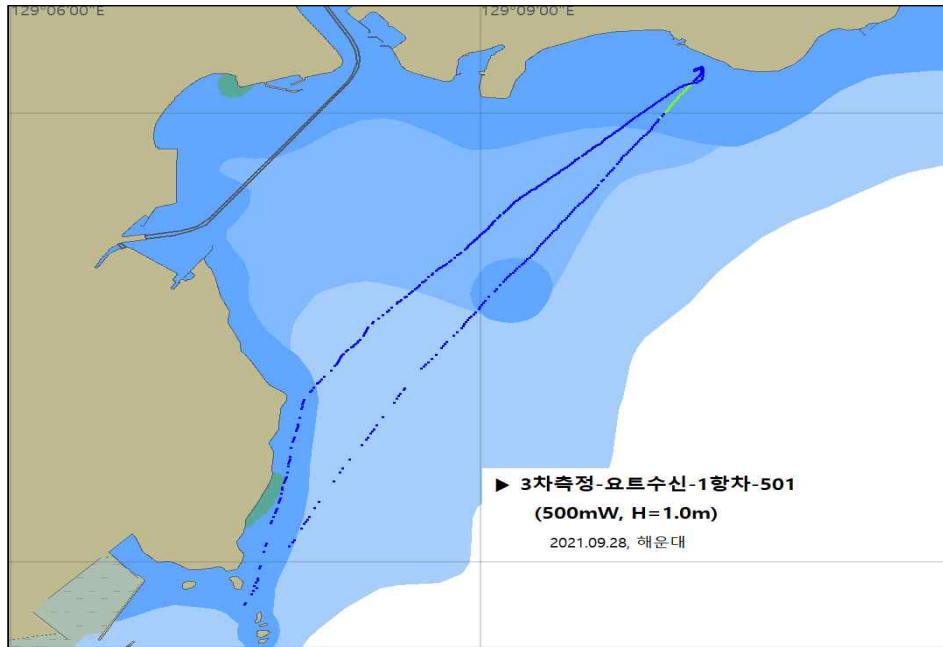
[그림 4-50] 이동 수신에 따른 RSSI 분석 결과 (요트 1+2항차)



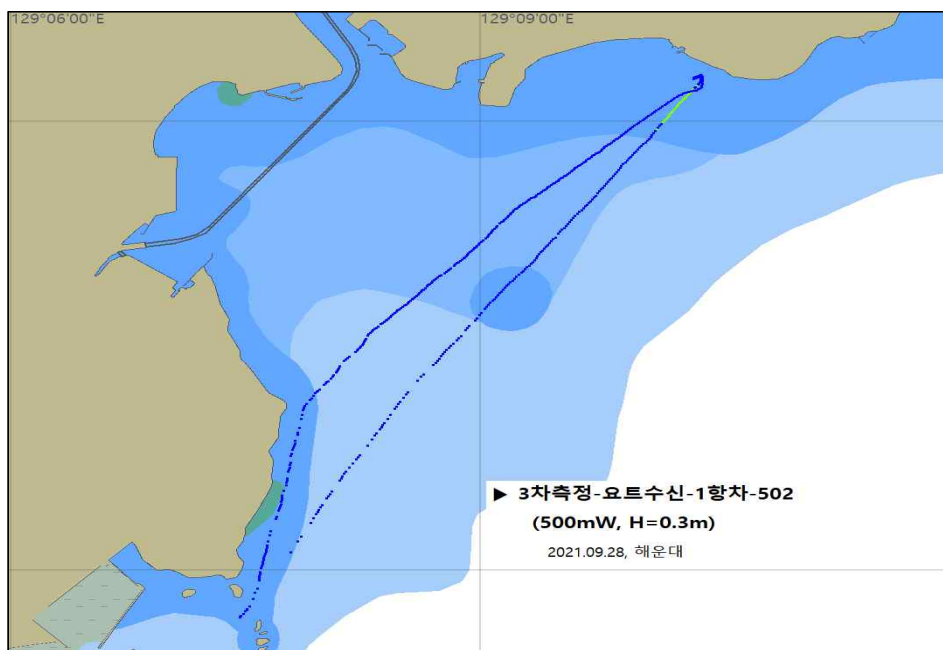
[그림 4-51] 이동 수신 1항차 항로 및 수신 현황 (101)



[그림 4-52] 이동 수신 1항차 항로 및 수신 현황 (102)



[그림 4-53] 이동 수신 1항차 항로 및 수신 현황 (501)

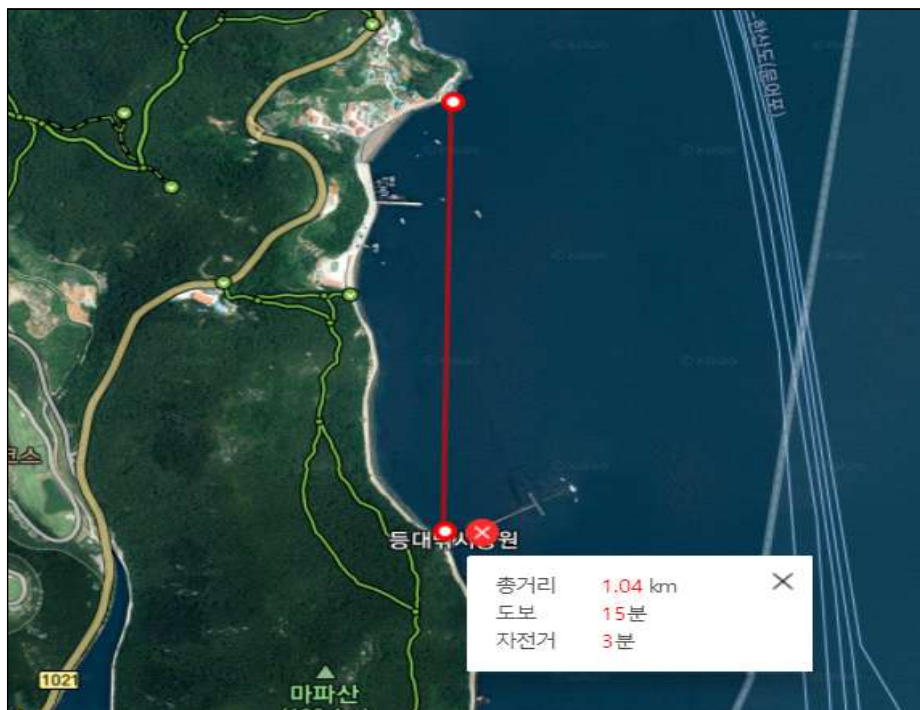


[그림 4-54] 이동 수신 1항차 항로 및 수신 현황 (502)

5. AMRD의 안테나 높이에 따른 성능시험 결과 분석

5.1 시험측정 개요

- 일시 : 2021년 10월 6일, 13:00~16:00
- 장소 : 통영 수륙해수욕장 연안
 - 송신 : 수륙해수욕장 북단 (통영 윈드서핑협회 앞 해안)
 - 수신 : 수륙해수욕장 남단 (등대낚시공원 옆 방파제 아래쪽)
- 목적 : 송신 안테나 높이에 따른 AMRD MOB 송수신 성능 측정



[그림 4-55] 안테나 높이에 따른 AMRD 성능시험 측정 장소

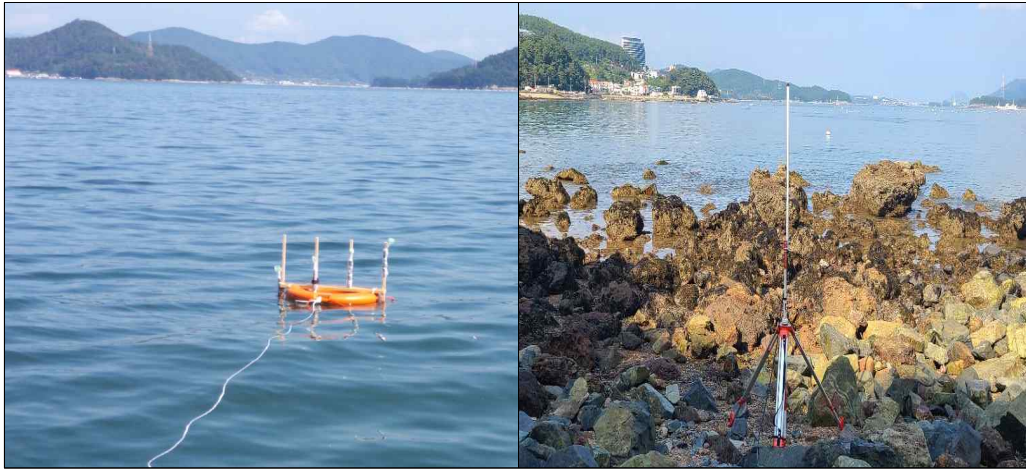
5.2 측정시험 결과 분석

- 송수신 거리 : 1.04 km
- 송신 안테나 높이 : 해수면 기준 0 cm / 10 cm / 20 cm
- 수신 안테나 높이 : 해수면 기준 2 m

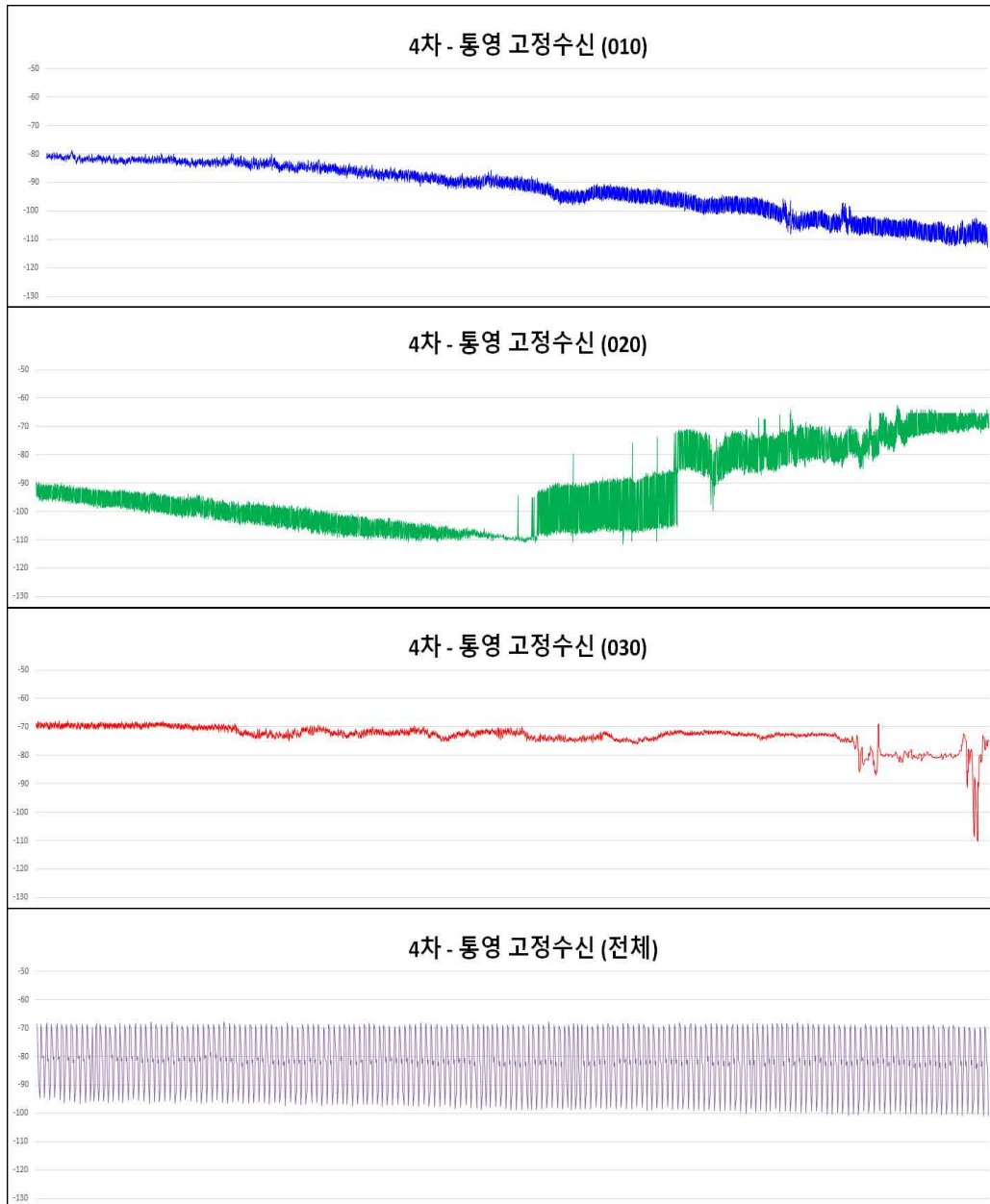
※ 010 : ID=979100010, e.i.r.p.=100mW, H(Tx)=10 cm, H(Rx)=2m
 010 : ID=979100020, e.i.r.p.=100mW, H(Tx)=20 cm, H(Rx)=2m
 010 : ID=979100030, e.i.r.p.=100mW, H(Tx)=0 cm, H(Rx)=2m

<표 4-17> 안테나 높이에 따른 AMRD 성능시험 결과

구 분		010	020	030
송신기 출력 (e.i.r.p.)		100 mW	100 mW	100 mW
송신 안테나 높이		10 cm	20 cm	0 cm
수신 안테나 높이		2 m	2 m	2 m
수신 시작		13:59:11.964	13:59:12.011	13:59:10.908
수신 종료		15:42:08.032	15:31:31.553	15:42:08.957
수신 시간		01:42:56	01:32:20	01:42:58
수신 메시지		5,807	5,258	6,080
수신율		94.03%	94.91%	98.41%
미수신율		5.97%	5.09%	1.59%
RSSI	최소	-121.59	-113.09	-110.4
	최대	-63.27	-62.69	-67.76
	평균	-94.41	-82.58	-83.00



[그림 4-56] AMRD 송신기 및 수신 안테나



[그림 4-57] AMRD 송신기 및 수신 안테나

제5장 AMRD의 합리적 도입을 위한 개선 방안

1. AMRD의 유효성 분석
2. AMRD의 합리적 도입을 위한 국제표준 개정 방안
3. AMRD의 합리적 도입을 위한 기술기준 개정 방안
4. AMRD의 합리적 도입을 위한 식별부호 부여 방안

제5장 AMRD의 합리적 도입을 위한 개선 방안

1. AMRD의 유효성 분석

1.1 송신기 출력에 따른 특성 분석

- 1) 수신기 위치 고정 환경에서의 송수신 시험 결과
 - 안테나 절대이득 : -6dBi 기준 송신출력 설정
 - 송신출력 : e.i.r.p 기준 100mW, 200mW, 500mW
 - 안테나 높이 : 송신안테나 해수면 1m, 수신 안테나 수면 4m
 - 송수신거리 : 1차 4.23km(2.28NM), 2차 6.1km(3.3NM)
 - 출력에 따른 수신율 비교는 <표 4-3> 및 <표 4-9> 참조
 - 1차 현장 측정시험 결과 분석
 - 수신율은 500mW 출력에서 99.9%, 200mW 출력에서 98.2%, 100mW 출력에서 98.5%로 나타남
 - RSSI의 최대치는 500mW 출력에서 -98.0dBm, 200mW 출력에서 -98.9dBm, 100mW 출력에서 -101.3dBm으로 나타났으며, 출력의 차이에 따라 RSSI 차이가 발생하였으나 출력에 비례하여 차이가 발생하지는 않는 것으로 나타남. 즉, RSSI가 출력 이외에도 기타 통신환경 요소에 의해 변화가 발생하는 것으로 판단됨
 - 100mW와 200mW의 수신율은 0.3% 차이로 오히려 100mW가 높은 것으로 나타났으나 송신기의 지향성과 설치 위치 등에서 기인한 현상으로 보여짐. 또한 500mW 출력의 경우 수신율이 약 1.4% 높게 나타났으며, 출력이 높을수록 수신율이 높게 나타나지만 출력의 변화에 비례하지는 않는 것으로 판단됨. 이는 데이터 수신율의 경우 출력 이외에도 기타 통신환경으로 인한 영향이 발생하는 것으로 판단됨
 - AMRD 수신기의 수신감도를 선박자동식별장치(AIS)의 수신감도 기준인 -107dBm으로 적용하고 데이터 수신율을 80% 이상으로 적용할 경우, 100mW의 출력에서도 4.23km(2.28NM) 이상의 통신거리 확보가 가능할 것으로 나타남
 - 2차 현장 측정시험 결과 분석
 - 2차 현장 시험에서 6.1km(3.3NM)의 거리에서의 고정 수신의 경우 분

석된 데이터 수신율은 500mW 출력의 경우 99.9%, 200mW 출력의 경우 94.8%, 100mW 출력의 경우 94.1%로 모두 90% 이상의 수신율을 나타냄. 따라서 고정 수신인 경우 최소 6.1km 이상의 거리에서도 만족할 만한 데이터 수신율이 확보될 것으로 분석됨

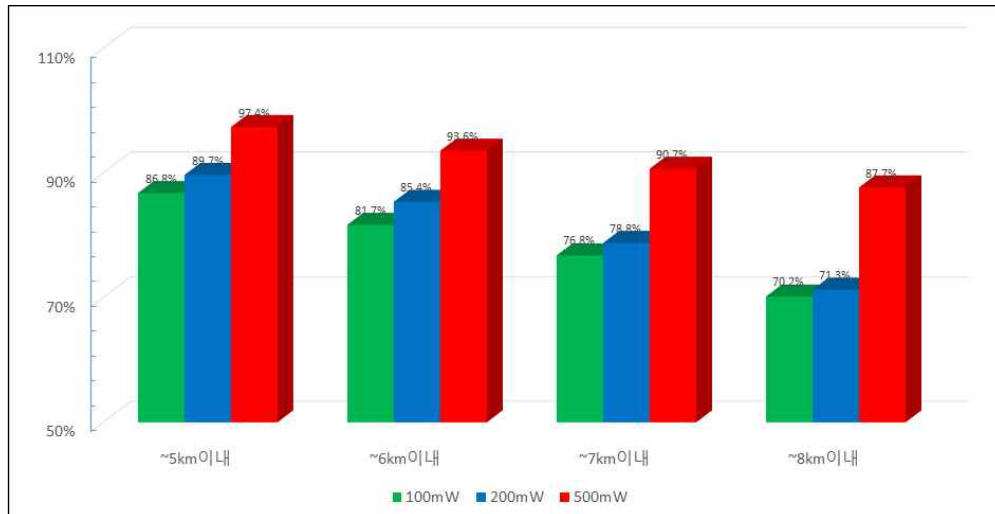
- 6.1km(3.3NM)의 거리에서 고정 수신인 경우 분석된 RSSI 평균값은 500mW 출력에서 -109.26dBm, 200mW 출력에서 -112.83dBm, 100mW 출력에서 -111.90dBm으로 송신기의 출력에 따라 수신 신호 강도의 차이가 발생하는 것으로 나타남. 그러나 수신기의 RSSI는 송신 출력에 비례하지는 않는 것으로 나타났으며, 이는 송신기 출력 이외에도 RSSI에 영향을 미치는 기타 통신환경 요소가 작용하는 것으로 판단됨
- 고정 수신인 경우, 100mW를 포함한 전체 시작품이 약 6 km(3.2NM)의 거리에서 최소 90% 이상의 수신율이 나타나므로, 해수면 1m 이하의 높이에 설치하는 어망부이는 100mW의 출력으로 6 km 이상의 거리에서 검출할 수 있는 것으로 분석됨

2) 수신기 이동 환경에서의 송수신 측정시험 결과

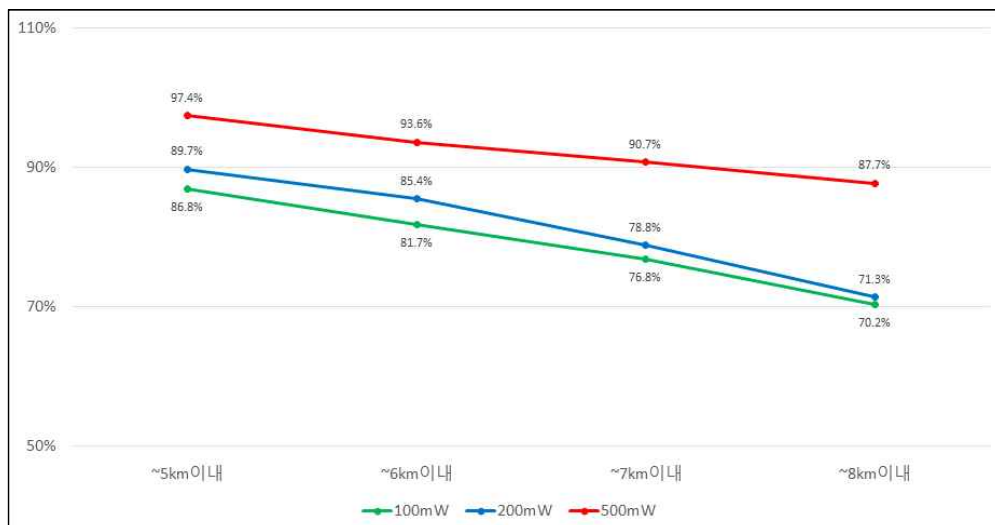
- 안테나 절대이득 : -6dBi 기준 송신출력 설정
- 송신출력 : e.i.r.p 기준 100mW, 200mW, 500mW
- 안테나 높이 : 송신안테나 해수면 1m, 수신 안테나 수면 4m
- 송수신거리 : 최대 8.3km(4.48NM)
- 거리별 출력에 따른 수신율 분석 결과는 다음과 같음

<표 5-1> 거리별 출력에 따른 수신율 비교 (요트 이동 수신)

구 분	~5km이내	~6km이내	~7km이내	~8km이내
100mW	86.8%	81.7%	76.8%	70.2%
200mW	89.7%	85.4%	78.8%	71.3%
500mW	97.4%	93.6%	90.7%	87.7%



[그림 5-1] 거리별 출력에 따른 수신율 비교 (이동수신)



[그림 5-2] 거리별 출력에 따른 수신율 변화

○ 측정시험 결과 분석

- 이동 수신의 경우 출력에 따른 데이터 수신율은 전체 측정 구간을 분석한 결과 500mW 출력에서 77.8%, 200mW 출력에서 68.7%, 100mW 출력에서 70.8%로 나타남. 출력에 따른 데이터 수신율은 출력에 비례하지는 않지만, 특히 500mW 출력에서 수신율이 높게 나타났으며

- 100mW와 200mW 출력의 경우에는 큰 차이를 보이지 않음
- 거리별로 출력에 따른 데이터 수신율을 분석한 결과, 8km 이내의 거리에서는 100mW, 200mW 및 500mW 모두 최소 70% 이상의 수신율이 나타남
 - 또한 송수신 거리가 멀어질수록 수신율은 저하되었으며, 500mW에 비하여 100mW 및 200mW 출력의 수신율이 더 많이 저하되는 것으로 나타남
 - 송수신 거리에 따른 수신율이 같은 기울기로 변화가 일어날 경우, 송수신 거리 10km 거리에서의 수신율은 100mW 및 200mW의 경우 59.7%, 500mW의 경우 81.1% 정도로 추정됨. 따라서 이동 수신의 경우 데이터 수신율 60% 정도를 기준으로 하면, 100mW의 출력으로도 10km 정도의 통신 거리가 확보될 것으로 추정되며, 500mW의 출력의 경우에는 약 16km 정도의 통신거리가 확보될 것으로 추정할 수 있음

<표 5-2> 출력 및 통신거리별 데이터 수신율 (이동 수신)

구 분	측정값				추정값				
	~5km	~6km	~7km	~8km	~9km	~10km	...	~15km	~16km
100mW	86.8%	81.7%	76.8%	70.2%	65.2%	59.7%	...	32.4%	26.9%
200mW	89.7%	85.4%	78.8%	71.3%	65.9%	59.7%	...	28.8%	22.6%
500mW	97.4%	93.6%	90.7%	87.7%	84.4%	81.2%	...	65.2%	62.0%

- 이동 수신에서 수신기의 RSSI의 평균값은 500mW가 -102.61dBm, 200mW가 -98.28dBm, 100mW가 -100.50dBm으로 모두 AIS 수신기의 수신감도 기준인 -107dBm 이내로 나타났으나 송신기 출력의 차이와는 다르게 나타남. 이는 안테나 수평면 상의 방사패턴이 동일하지 않기 때문에 발생한 현상으로 판단됨
- 송신기 안테나 높이 해수면 1m 기준에서 최소 출력 100mW(e.i.r.p)를 기준으로 할 때, 데이터 수신율 70%를 기준으로 하면 최소 통신거리 8km, 데이터 수신율 60%를 기준으로 하면 최소 통신거리 10km가 확

보될 것으로 분석됨

- 자율해상무선기기를 어망부이로 활용할 때 약 8km(4.3NM)의 통신거리는 어망을 투망한 어선이 어망을 찾거나 어망에 접근하는 선박이 신호를 수신하여 어망을 회피할 수 있는 시간을 확보하기에 충분한 거리로 판단됨

1.2 송신안테나 높이에 따른 성능분석 결과

- 1) 송신기 출력과 높이에 따른 송수신 시험 결과
 - 송수신 거리 : 고정수신 5.09 km, 이동 수신 0 ~ 8.5 km
 - 송신 안테나 높이 : 해수면 기준 30 cm 및 1m
 - 송신기 출력 (e.i.r.p) : 100mW, 500mW
 - 수신 안테나 높이 : 해수면 기준 4 m
 - 수신율 : 100mW(1m 높이 83.49%, 30cm 높이 94.42%)
500mW(1m 높이 94.08%, 30cm 높이 97.64%)
 - RSSI : 100mW(1m 높이 -114.659 dBm, 30cm 높이 -112.801 dBm)
500mW(1m 높이 -110.604 dBm, 30cm 높이 -109.062 dBm)
 - 이동 수신율 : 100mW(1m 높이 41.1%, 30cm 높이 64.3%)
500mW(1m 높이 73.7%, 30cm 높이 81.3%)
 - RSSI : 100mW(1m 높이 -100.25 dBm, 30cm 높이 -106.88 dBm)
500mW(1m 높이 -98.23 dBm, 30cm 높이 -98.9 dBm)
 - 분석 결과
 - 송수신 안테나 거리가 약 5 km 정도에서는 500mW 출력이 평균 RSSI 및 수신율이 100mW 대비 모두 양호하게 나타나며, 송신 안테나 높이가 30cm인 것이 1m 보다 좋은 결과를 보임
 - 이동 수신인 경우, 500mW가 월등히 좋은 성능을 보이며, 송신 안테나 높이가 30cm인 것이 1m 보다 좋은 결과를 보임
- 2) 수신기 위치 고정 환경에서의 송수신 시험 결과
 - 안테나 절대이득 : -6dBi 기준 송신출력 설정
 - 송신출력 : e.i.r.p 기준 100mW
 - 송신안테나 높이 : 해수면 0cm/10cm/20cm
 - 수신 안테나 높이 : 해수면 2m

- 송수신거리 : 1.04 km
- 수신율 : 평균 95.78%
- RSSI : 평균 - 86.66 dBm
- 송신 안테나 높이에 따른 결과 비교
 - 송신 안테나 높이 0 cm : 수신율 98.41%, 평균 RSSI - 83 dBm
 - 송신 안테나 높이 10 cm : 수신율 94.03%, 평균 RSSI - 94.41 dBm
 - 송신 안테나 높이 20 cm : 수신율 94.91%, 평균 RSSI - 82.58 dBm
- 분석 결과
 - 송수신 안테나 거리가 비교적 가까운 1 km 정도에서는 평균 RSSI 및 수신율이 모두 양호하게 나타나며, 송신 안테나 높이에 크게 영향을 받지 않음
 - 송신 안테나가 해수면 아래로 잠길 경우에는 수신하지 못함

2. AMRD의 합리적 도입을 위한 국제표준 개정 방안

2.1 기존 AMRD 국제 표준 (ITU-R M.2135-0)

Technical and operational characteristics of group B autonomous maritime radio devices using automatic identification system technology

2.1.1 Introduction

AMRD Group B are mobile stations operating at sea, transmitting independently of a ship station or a coast station. These AMRD Group B do not enhance the safety of navigation and they deliver signals or information which are not relevant for the navigator of general shipping. To avoid confusion or an overload of information on the bridge of a vessel AMRD Group B should not be permitted to use the designated frequencies for DSC and AIS 1 and AIS 2. Consequently, signals and information originated by AMRD Group B will not be indicated on DSC, Radar, Electronic chart display and information system or AIS.

2.1.2 Technical characteristics of group B autonomous maritime radio devices using automatic identification system technology

- a) The transmitter e.i.r.p. should be limited to 100 mW.
- b) These devices operate on a non-interference basis, i.e. they should not interfere with nor claim protection from other existing services.
- c) These devices operate on one 25 kHz channel.
- d) These devices should have an integrated antenna. The height of the antenna should not exceed 1 m above the surface of the sea.
- e) These devices should have a protected external power switch and transmit indicator.

2.2 AMRD 관련 국제 표준 보완 사항

ITU-R M.2135-0 : Technical characteristics of autonomous maritime radio devices operating in the frequency band 156-162.05 MHz.

Annex 2 : Technical and operational characteristics of group B autonomous maritime radio devices using automatic identification system technology

2.2.1 Introduction

AMRD Group B are mobile stations operating at sea, transmitting independently of a ship station or a coast station. These AMRD Group B do not enhance the safety of navigation and they deliver signals or information which are not relevant for the navigator of general shipping. To avoid confusion or an overload of information on the bridge of a vessel

AMRD Group B should not be permitted to use the designated frequencies for DSC and AIS 1 and AIS 2. Consequently, signals and information originated by AMRD Group B may not always in every instance be supported on DSC, Radar, Electronic chart display and information system or AIS. For systems that do, this information should be easily disabled by the user.

2.2.2 Technical characteristics of group B autonomous maritime radio devices using automatic identification system technology

- a) The transmitter e.i.r.p. should be limited to 100 mW.
- b) These devices operate on a non-interference basis, i.e. they should not interfere with nor claim protection from other existing services.
- c) These devices operate on 160.900 MHz (VHF channel 2006).
- d) These devices should have an integrated antenna. The height of the antenna should not exceed 1 m above the surface of the sea.
- e) These devices should have a protected external power switch and transmit indicator.

2.2.3 Burst transmission requirement

This Annex specifies how data should be formatted and transmitted for units have a limited range. Burst transmission behaviour will increase the probability of reception and is required for units that operate on the surface of the sea transmitting at low power level

Burst behaviour confirms with ITU-R M.1371 Annex 9 “requirement for stations using burst transmission” with minor modifications in the following sections.

- General characteristics
- Transmitter characteristics
- Synchronization accuracy
- Channel access scheme
- User ID(Unique identifier)

2.2.4 General characteristics

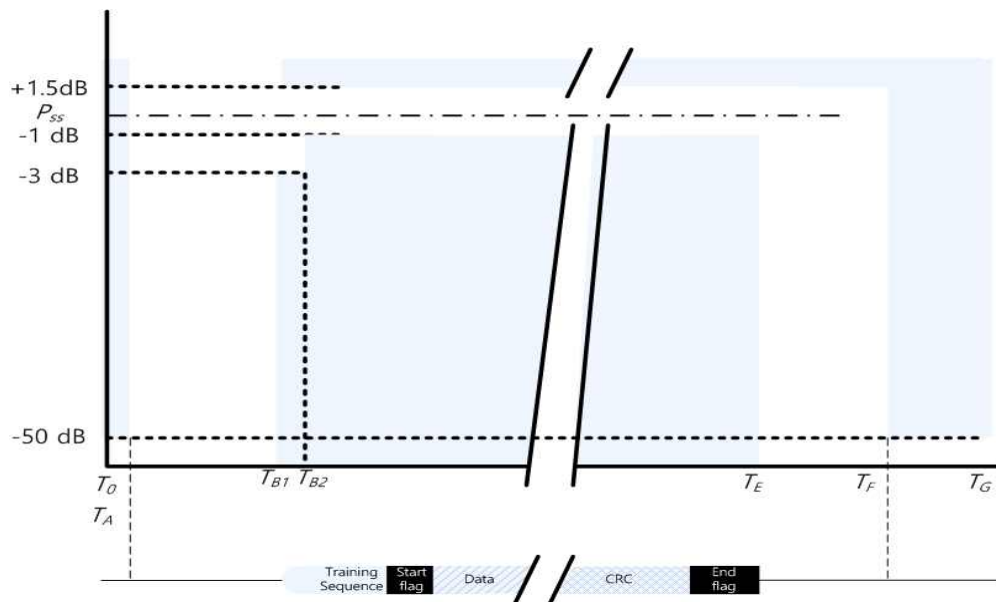
<Table 5-3> Required parameter settings

Parameter name	Setting
Channel(2006)	160.9MHz
Bit rate	9,600bps
Training sequence	24 bits
Transmitter settling time(transmitter within 20% of final value, Frequency stable to within ± 1 kHz of final value). Tested at manufacturers declared transmit power	$\leq 1.0\text{ms}$
Ramp down time	$\leq 832\mu\text{s}$
Transmission duration	$\leq 26.6\text{ms}$
Transmission output power	nominal 100mW/20dB rms e.i.r.p.

2.2.5 Transmitter characteristics

<Table 5-4> Minimum required transmitter characteristics

Transmitter Parameter	Requirement
Carrier power	nominal 100mW/20dB rms e.i.r.p. (measured over the burst duration)
Carrier frequency error	$\pm 500\text{Hz}$ (normal). $\pm 1,000\text{Hz}$ (extreme)
Transmitter burst duration	$< 26.67\text{ms}$
Slotted modulation mask	$\Delta f_c < \pm 10\text{kHz}$: 0dBc $\pm 10\text{kHz} < \Delta f_c < \pm 25\text{kHz}$: below the straight line between -20dBc at $\pm 10\text{ kHz}$ and -36 dBm at $\pm 25\text{kHz}$ $\pm 25\text{ kHz} < \Delta f_c < \pm 62.5\text{ kHz}$: -36dBm
Transmitter test sequence and modulation accuracy	$< 3,400\text{Hz}$ for Bit 0.1(normal and extreme) $2,400\text{Hz} \pm 480\text{Hz}$ for Bit 2,3(normal and extreme) $2,400\text{Hz} \pm 240\text{Hz}$ for Bit 4~31(normal, $2,400\text{Hz} \pm 480$ extreme) $1,740\text{Hz} \pm 175\text{Hz}$ for Bits 32~199(normal, $1,740\text{Hz} \pm 350\text{Hz}$ extreme) for a bit pattern of 0101 $2,400\text{Hz} \pm 240\text{Hz}$ (normal, $2,400 \pm 480\text{Hz}$ extreme) for a bit pattern of 00001111
Transmitter output power versus time	Power within mask shown in Fig and timings given in below
Transmitter spurious emission	$< -36\text{dBm}$ 9kHz to 1GHz $< -30\text{dBm}$ 1GHz to 4GHz



[Figure 5-3] Transmitter output envelope versus time

<Table 5-5> Definitions of timing for Figure 5-1

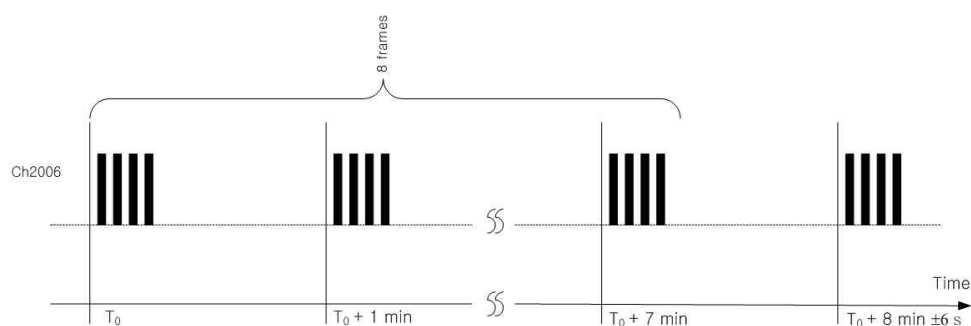
Reference	Bits	Time (ms)	Requirement
T_0	0	0	Start of transmission slot. Power should NOT exceed -50dB of P_{ss} before T_0
T_A	0-6	0-.0625	Power exceed -50dB of P_{ss}
T_B	T_{B1}	6	Power should be within +1.5 or -3dB of P_{ss}
	T_{B2}	8	Power should be within +1.5 or -1dB of P_{ss} (start of training sequence)
T_E (includes 1 stuffing bit)	233	24.271	Power should remain within +1.5 or -1dB of P_{ss} during the period T_{B2} to T_E
T_F (includes 1 stuffing bit)	241	25.104	Power should be -50dB of P_{ss} and stay below this
T_G	256	26.667	Start of next transmission time period

2.2.6 Synchronization accuracy

There is no requirement for UTC synchronization.

2.2.7 Channel access scheme

The AIS station should operate autonomously and determine its own schedule for transmission of its message based on a random selection of the first slot of the first burst. The other three slots within the first burst should be fixed referenced to the first slot of the burst. The increment between transmission slots within a burst should be 75 slots. The AIS station transmit messages in a burst of 4 messages no more than once per minute.



[Figure 5-4] Burst transmissions in active mode

2.2.8 User Identification (Unique identifier)

The numbering of AMRD Group B devices should be in according with ITU-R M.585.

2.2.9 Transmission message structure

An AMRD Group B device should transmit an AIS Message 1 as defined

by ITU-R M.1371 using the transmission scheme described in section 7. The AIS Message 1 special manoeuvre indicator should be set to 3 to indicate that the source of the transmission is an AMRD Group B device transmitting on channel 2006. SOTDMA communication status Slot time-out should be set to 0, and the slot offset should be set to 0. the following values may be used with the true heading indicator:

<Table 5-6> Enhanced true heading indicator description

Heading Value	Description
0-359	True heading in degree(0-359)
360	Adrift
361	Anchored/Moored
362	On a set COG/SOG vector
363	Remotely operated
364	Operating autonomously
511	not available(default)

The AMRD Group B device should also transmit an AIS Message 24B as defined by ITU-R M.1371 once an hour by replacing the AIS Message 1 transmission burst with the AIS Message 24B

3. AMRD의 합리적 도입을 위한 기술기준 개정 방안

3.1 현행 기술기준

제26조(자율해상무선기기) 선박국 또는 해안국과 상관없이 독립적으로 위치 정보 등을 송신하며 해상에서 사용하기 위한 기기(이하 자율해상무선기기라 한다)의 기술기준은 다음과 같다.

① 자율해상무선기기의 분류는 다음과 같다.

1. 자율해상무선기기의 분류

가. 선박의 안전항해를 증진할 수 있는 자율해상무선기기는 종별A로 분류하고, 선박의 안전항해 증진과 무관한 자율해상무선기기는 종별B로 분류한다.

나. 익수자표지장치(MOB) 및 이동형 항로표지(Mobile Aids to Navigation) 장치는 자율해상무선기기 종별A로 분류하며, 국제해사기구(IMO)에서 정하는 바에 따른다.

다. 종별A를 제외한 나머지는 종별B로 분류하며, 종별B는 선박자동식별장치(AIS) 기술을 적용하는 것과 기타 기술을 적용하는 것으로 분류한다.

2. 공통조건

가. 정상적으로 작동하고 있음을 표시하는 기능이 있을 것

나. 수동으로 작동을 정지시킬 수 있는 기능이 있을 것

다. 오조작에 의한 작동을 방지하는 장치가 있을 것

라. 식별부호를 저장하고 있어야 하며, 사용자가 식별부호를 쉽게 변경할 수 없을 것

마. 본체 외부는 황색 또는 주황색 계통의 색채일 것

바. -20°C 에서 $+55^{\circ}\text{C}$ 까지의 온도에서 안정적으로 동작할 것

사. 본체의 보이는 곳에 기기의 식별부호 및 배터리 유효기간이 물에 지워지지 않도록 표시되어 있을 것

② 종별A 자율해상무선기기의 기술기준은 다음과 같다.

1. 일반조건

가. 신호를 송출하지 아니하고 시험할 수 있는 기능이 있을 것

나. 등가등방복사전력(e.i.r.p.)은 2W로 하며, 허용편차는 -3dB 이내일 것

다. 수심 10m에서 5분 이상 방수될 것

라. 스푸리어스 발사의 허용치는 다음 조건을 만족할 것

(1) 9kHz 이상 1GHz 이하에서 평균전력은 -36dBm 이하일 것

(2) 1GHz 이상 4GHz 이하에서 평균전력은 -30dBm 이하일 것

(3) 아래 대역에서는 25 μ W 이하일 것

- 108MHz 이상 137MHz 이하

- 156MHz 이상 161.5MHz 이하

- 406.0MHz 이상 406.1MHz 이하

- 1525MHz 이상 1610MHz 이하

마. 전자위치측위장치가 내장되어 자동으로 선박의 위치 및 시간을 갱신할 수 있을 것

2. 익수자표시장치(MOB)의 조건

가. 자동식별장치의 기능을 사용한 표준메시지는 1번과 14번으로 구성하며, 표준메시지 1번에는 고유 식별부호와 위치 정보를 포함하여야 하며, 표준메시지 14번에는 "MOB ACTIVE"라는 텍스트를 포함할 것. 단, 시험발사의 경우에 표준메시지 14번은 "MOB TEST"라는 텍스트를 포함할 것

나. 제5조(디지털선택호출장치 및 전용수신기) 제1항에 따른 초단파대 디지털선택호출장치와 제22조(자동식별장치) 제1항에 따른 선박자동식별장치 기능을 갖출 것

다. 주파수는 156.525 MHz, 161.975 MHz, 162.025 MHz를 사용하고, 점유주파수 대역폭의 허용치는 25kHz 이내이고, 발사전파의 주파수허용편차는 ± 500 Hz 이내일 것

라. 자동 및 수동 작동 기능을 모두 갖출 것

③ 종별B 자율해상무선기기의 기술기준은 다음과 같다.

1. 일반조건

가. 등가등방복사전력(e.i.r.p.)은 100mW이고 허용편차는 ± 1.5 dB 이내일 것

나. 안테나는 일체형이어야 하며, 안테나 높이가 해수면상 1m 이내에서만 사용될 것

다. 송신장치의 스퓨리어스 발사의 허용치는 9kHz 이상 1GHz 이하에서는 평균전력이 -36dBm 이하, 1GHz 이상 4GHz 이하에서는 평균전력이 -30dBm 이하일 것

2. 자동식별장치의 기술을 사용하는 어망위치발신장치(Fish-net Marker)의 조건
가. 중심주파수는 160.900 MHz이고 주파수 허용편차는 $\pm 500\text{Hz}$ 이내일 것
나. 점유주파수대역폭은 16kHz 이내일 것
다. 전파형식은 F1D 또는 G1D일 것
라. 등가등방복사전력(e.i.r.p.)은 100mW 이하이고, 허용편차는 $\pm 1.5\text{dB}$ 이내일 것
3. 자동식별장치의 기술만 사용하는 익수자위치표시장치(MOB-AIS)의 조건
가. 중심주파수는 160.900 MHz이고 주파수 허용편차는 $\pm 500\text{Hz}$ 이내일 것
나. 작동상태에서는 다음과 같은 방식으로 메시지가 전송될 것
 - (1) 전송할 메시지 종류는 국제전기통신연합(ITU)에서 정한 자동식별장치(이하 "AIS"라 한다) 기술기준의 표준메시지 중 표준메시지 1번 및 표준메시지 14번으로 할 것
 - (2) 표준메시지 1번에는 고유식별부호, 위치를 포함하여야 하며 항해상태 항목은 14로 설정할 것
 - (3) 표준메시지 14번에는 "MOB ACTIVE"라는 텍스트를 포함할 것
 - (4) 작동을 개시하면 표준메시지 1번을 75개의 슬롯 간격으로 8회 전송하되 1분 ± 6 초 간격으로 이를 반복할 것
 - (5) 최초 5번째 및 6번째로 전송하는 메시지는 표준메시지 14번으로 대체하여 전송해야 하며 이후 4 프레임(4분)마다 이를 반복할 것
 - (6) 표준메시지 1번의 통신 상태를 나타내는 항목은 AIS 메시지의 구성 방법과 동일하게 적용할 것

3.2 기술기준 개정안

제26조(자율해상무선기기) 선박국 또는 해안국과 상관없이 독립적으로 위치 정보 등을 송신하며 해상에서 사용하기 위한 기기(이하 자율해상무선기기라 한다)의 기술기준은 다음과 같다.

① 자율해상무선기기의 분류는 다음과 같다.

1. 자율해상무선기기의 분류

가. 선박의 안전항해를 증진할 수 있는 자율해상무선기기는 종별A로 분류하고, 선박의 안전항해 증진과 무관한 자율해상무선기기는 종별B로 분류한다.

나. 익수자표지장치(MOB) 및 이동형 항로표지(Mobile Aids to Navigation) 장치는 자율해상무선기기 종별A로 분류하며, 국제해사기구(IMO)에서 정하는 바에 따른다.

다. 종별A를 제외한 나머지는 종별B로 분류하며, 종별B는 자동식별장치(AIS) 기술을 적용하는 것과 기타 기술을 적용하는 것으로 분류한다.

2. 공통조건

가. 정상적으로 작동하고 있음을 표시하는 기능이 있을 것

나. 수동으로 작동을 정지시킬 수 있는 기능이 있을 것

다. 오조작에 의한 작동을 방지하는 장치가 있을 것

라. 식별부호를 저장하고 있어야 하며, 사용자가 식별부호를 쉽게 변경할 수 없을 것

마. 본체 외부는 황색 또는 주황색 계통의 색채일 것

바. -20°C 에서 $+55^{\circ}\text{C}$ 까지의 온도에서 안정적으로 동작할 것

사. 본체의 보이는 곳에 기기의 식별부호 및 배터리 유효기간이 물에 지워지지 않도록 표시되어 있을 것

② 종별A 자율해상무선기기의 기술기준은 다음과 같다.

1. 일반조건

가. 신호를 송출하지 아니하고 시험할 수 있는 기능이 있을 것

나. 등가등방복사전력(e.i.r.p.)은 2W로 하며, 허용편차는 -3dB 이내일 것

다. 수심 10m에서 5분 이상 방수될 것

라. 스푸리어스 발사의 허용치는 다음 조건을 만족할 것

- (1) 9kHz 이상 1GHz 이하에서 평균전력은 -36dBm 이하일 것
- (2) 1GHz 이상 4GHz 이하에서 평균전력은 -30dBm 이하일 것
- (3) 아래 대역에서는 25 μ W 이하일 것
 - 108MHz 이상 137MHz 이하
 - 156MHz 이상 161.5MHz 이하
 - 406.0MHz 이상 406.1MHz 이하
 - 1525MHz 이상 1610MHz 이하

마. 전자위치측위장치가 내장되어 자동으로 선박의 위치 및 시간을 갱신할 수 있을 것

2. 익수자표시장치(MOB)의 조건

가. 자동식별장치의 기능을 사용한 표준메시지는 1번과 14번으로 구성하며, 표준메시지 1번에는 고유식별부호와 위치 정보를 포함하여야 하며, 표준메시지 14번에는 "MOB ACTIVE"라는 텍스트를 포함할 것. 단, 시험발사의 경우에 표준메시지 14번은 "MOB TEST"라는 텍스트를 포함할 것

나. 제5조(디지털선택호출장치 및 전용수신기) 제1항에 따른 초단파대 디지털선택호출장치와 제22조(자동식별장치) 제1항에 따른 선박자동식별장치 기능을 갖출 것

다. 주파수는 156.525 MHz, 161.975 MHz, 162.025 MHz를 사용하고, 점유주파수 대역폭의 허용치는 25kHz 이내이고, 발사전파의 주파수허용편차는 $\pm 500\text{Hz}$ 이내일 것

라. 자동 및 수동 작동 기능을 모두 갖출 것

③ 종별B 자율해상무선기기의 기술기준은 다음과 같다.

1. 일반조건

가. 등가등방복사전력(e.i.r.p.)은 100mW이고 허용편차는 $\pm 1.5\text{dB}$ 이내일 것

나. 안테나는 일체형이어야 하며, 안테나 높이가 해수면상 1m 이내에서만 사용될 것

다. 송신장치는 보호용 덮개가 부착되는 외부 스위치와 송신 표시기가

포함되어야 한다.

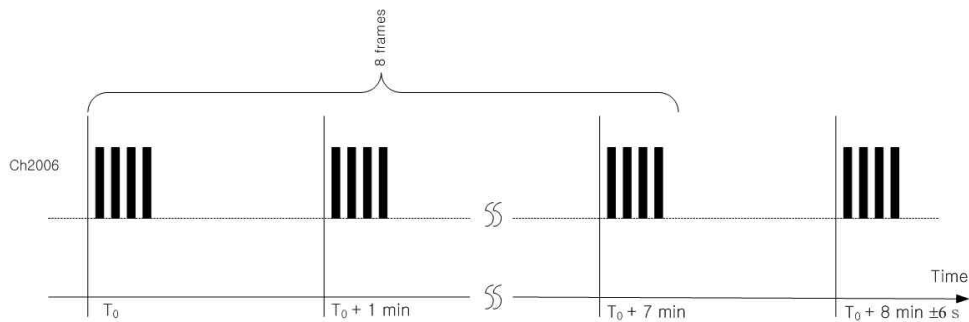
라. 다음 표의 조건에 적합할 것

항목	요구사항
전송률	9,600bps
트레이닝 시퀀스	24 bits
송신기 설정 시간(송신기가 최종 출력의 20%, 주파수가 최종 값의 $\pm 1\text{kHz}$ 이내로 안정화된 상태).	$\leq 1.0\text{ms}$
출력 강하 시간	$\leq 832\mu\text{s}$
송신 시간	$\leq 26.6\text{ms}$

마. 송신장치의 스퓨리어스 발사의 허용치는 9kHz 이상 1GHz 이하에서는 평균 전력이 -36dBm 이하, 1GHz 이상 4GHz 이하에서는 평균전력이 -30dBm 이하일 것

바. 송신장치는 자율적으로 동작하고 첫 번째 버스트의 첫 슬롯을 무작위 선택에 의해 메시지 송신 스케줄을 결정해야 하며 첫 번째 버스트 내에서 첫 슬롯에 따르는 나머지 세 슬롯은 첫 슬롯을 기준으로 75 슬롯 간격으로 고정되어야 한다.

사. 송신장치는 분당 4개의 메시지로 구성된 하나의 버스트 이상을 송신하지 않아야 한다.



아. 전송할 메시지의 종류는 국제전기통신연합(ITU)에서 정한 선박자동식별장치 기술기준의 표준 메시지 중 표준 메시지 14번으로 할 것.

1번째 슬롯	• 채널 AIS-1(160.9MHz), 표준메시지 1번, 특수 조종 표시 = 3, 통신상태(time-out="0"), 보조 메시지(slot offset="0")
2번째 슬롯	• 채널 AIS-1(160.9MHz), 표준메시지 1번, 특수 조종 표시 = 3, 통신상태(time-out="0"), 보조 메시지(slot offset="0")
3번째 슬롯	• 채널 AIS-1(160.9MHz), 표준메시지 1번, 특수 조종 표시 = 3, 통신상태(time-out="0"), 보조 메시지(slot offset="0")
4번째 슬롯	• 채널 AIS-1(160.9MHz), 표준메시지 1번, 특수 조종 표시 = 3, 통신상태(time-out="0"), 보조 메시지(slot offset="0")

2. 자동식별장치의 기술을 사용하는 어망위치발신장치(Fish-net Marker)의 조건

가. 중심주파수는 160.900 MHz이고 주파수 허용편차는 $\pm 500\text{Hz}$ 이내일 것
나. 점유주파수대역폭은 16kHz 이내일 것

다. 전파형식은 F1D일 것

라. 등가등방복사전력(e.i.r.p.)은 100mW 이하이고, 허용편차는 $\pm 1.5\text{dB}$ 이내일 것

3. 자동식별장치의 기술만 사용하는 익수자위치표시장치(MOB-AIS)의 조건

가. 중심주파수는 160.900 MHz이고 주파수 허용편차는 $\pm 500\text{Hz}$ 이내일 것
나. 작동상태에서는 다음과 같은 방식으로 메시지가 전송될 것 (삭제)

- (1) 전송할 메시지 종류는 국제전기통신연합(ITU)에서 정한 자동식별장치(이하 "AIS"라 한다) 기술기준의 표준메시지 중 표준메시지 1번 및 표준메시지 14번으로 할 것
- (2) 표준메시지 1번에는 고유식별부호, 위치를 포함하여야 하며 항해상태 항목은 14로 설정할 것
- (3) 표준메시지 14번에는 "MOB ACTIVE"라는 텍스트를 포함할 것
- (4) 작동을 개시하면 표준메시지 1번을 75개의 슬롯 간격으로 8회 전송하
되 1분 ± 6 초 간격으로 이를 반복할 것
- (5) 최초 5번째 및 6번째로 전송하는 메시지는 표준메시지 14번으로 대체
하여 전송해야 하며 이후 4 프레임(4분)마다 이를 반복할 것
- (6) 표준메시지 1번의 통신 상태를 나타내는 항목은 AIS 메시지의 구성
방법과 동일하게 적용할 것

4. AMRD의 합리적 도입을 위한 식별부호 부여 방안

4.1 해상이동업무용 식별부호의 개요

- 식별부호 지정 목적

선박의 항행안전 등을 위해 선박국, 해안국, 항공기국 및 무선표지국 등에 대한 해상이동업무 식별부호의 할당 기준을 정하기 위함

- 식별부호 지정 현황

- 1983년 이동업무에 관한 세계전파주관청회의(WARC-MOB-83)에서 전파규칙(RR) 부록 제43호에 선박국, 선박지구국, 해안국, 해안지구국 및 집단호출을 독자적 방법으로 식별하기 위하여 국가별로 해상 식별숫자(MID¹⁾)의 분배가 이루어짐
- 이에 따라 결의 제320호로 구체적인 해상이동업무 식별부호의 조정과 할당에 관한 결의가 제정되었고 결의 제320호 부속서에서 선박국 식별부호 할당 지침이 제정됨
- 1987년 이동업무에 관한 세계전파주관청회의(WARC-MOB-87)에서 부록 제43호에 대한 부분개정이 이루어 졌음
- 1995년 세계전파주관청회의(WRC-95)에서 부록 제43호를 삭제하고 전파규칙(RR) 제19조에 반영함
- 2007년 세계전파통신회의(WRC-07)에서 해상 수색구조용 항공기 등에도 해상이동업무 식별부호를 할당할 수 있도록 전파규칙(RR) 제19조를 개정하고, 세부 내용은 ITU-R 권고 M.585-4에 반영함

- 식별부호의 종류 및 구성

- 선박국 식별부호 : MIDXXXXXX
- 선박국(자선²⁾) 식별부호 : 98MIDXXXX
- 선박국 집단호출 식별부호 : 0MIDXXXXX
- 해안국 식별부호 : 00MIDXXXX
- 해안국 집단호출 식별부호 : 00MIDXXXX

1) : 해상식별숫자 (MID: Maritime Identification Digits)

2) : 모선(母船)에 딸린 배 : 구명정, 구명별, 공기주입식 보트 등

- 항공기국(해상 수색구조용) 식별부호 : 111MIDXXX
- 무선표지국(항로표지용) 식별부호 : 99MIDXXXX
 - ※ ITU가 우리나라에 분배한 해상식별숫자(MID)는 440, 441임
 - ※ "XXX" 또는 "XXXX"로 표시된 "X"는 0~9 사이의 무작위 숫자를 표시하며, 중복 사용도 허용됨

4.2 자율해상무선기기(AMRD)의 식별부호 검토 진행상황

- AMRD Group A의 식별부호 체계는 이미 검토가 완료됨
 - MOB Class-M 장치의 식별부호 : 972XXXXXX
(DSC와 AIS 기능을 모두 갖춘 MOB에 한함)
 - 이동형 항로표지장치의 식별부호 : 99MID8XXX
- AMRD Group B의 식별부호 체계 검토 중
 - AMRD Group B 장치 : 979XXXXXX (예정)

4.3 자율해상무선기기(AMRD)의 식별부호 부여 방안

- "972YYXXXX" 또는 "972XXXXXX"는 AMRD Group A 장치의 식별부호와 구분이 안 되며, 또한 AMRD Group B 장치의 신호는 선박에서 수신할 수 없기 때문에 다른 식별부호를 사용할 것이 필요
- 우리나라는 AMRD Group B 장치의 식별부호를 "979XXXXXX"로 통일할 것을 제안한 상태이며, ITU-R 회의에서 최종 결정될 예정임
- 우리나라에서 제안한 AMRD Group B 장치의 식별부호가 "979XXXXXX"로 결정될 경우, "XXXXXX"에 해당하는 6자리 숫자는 제조사에서 무작위로 부여하게 되며, 식별부호의 입력도 제조사에서 수행하게 됨
- AMRD의 종류, 국적, 제조사, 일련번호 등을 나타낼 수 있는 세부 식별코드는 AMRD의 메시지 내부에 별도로 부호화 하여 입력해야 함

제6장

결론

1. 연구 결과 요약
2. 결론 및 제언

제6장 결 론

1. 연구 결과 요약

1) 시작품 제작

- 실험을 위해 제작된 AMRD 시작품의 e.i.r.p. 측정값(AMRD 케이스 포함)은 다음과 같음
 - 100mW : -18 dBi (-17.62 dBm)
 - 200mW : -15 dBi (-15.33 dBm)
 - 1W : -8 dBi (-8.91 dBm) → 이후 500mW로 변경
- AMRD 수신기는 기존의 AIS 수신기를 활용하고, 신호의 수신 감도를 향상시키기 위해 하나의 채널 수신기만을 사용함

2) AMRD 통신거리 시험결과

- AMRD 송신기 출력 : 100mW, 200mW, 500mW (e.i.r.p. 기준)
- 송수신 안테나 높이 :
 - ① 송신 안테나 - 해수면 기준 1m
 - ② 수신 안테나 - 해수면 기준 4m
- 송수신거리 : 1차 측정 4.23km(2.28NM), 2차 측정 6.1km(3.3NM)
- 1차 측정 시험에서 데이터 수신율은 500mW가 99.9%, 200mW 98.2%, 100mW 98.5%로 나타남
- 1차 측정 시험에서 최대 RSSI는 500mW 출력에서 -98dBm, 200mW 출력에서 -98.9dBm, 100mW 출력에서 -101.3dBm으로 나타났으며, 출력의 변화에 비하여 RSSI의 변화가 작게 나타났으며, 이는 출력 이외에도 기타 통신환경 등에 따라 RSSI에 차이가 발생할 수 있음을 의미함
- 4.23km의 거리에서 출력에 따른 수신율에서 100mW와 200mW 출력 차이에 따른 데이터 수신율은 거의 차이가 발생하지 않았으며, 500mW 출력의 경우에는 다른 송신기에 비하여 수신율이 약 1.4% 이상 높게 나타남
- 선박자동식별장치(AIS)의 수신감도 기준인 -107dBm을 기준을 적용할 경우에도 수신율 80% 이상 기준으로 100mW의 출력에서도 최소 4.23km(2.28NM) 정도의 통신거리는 확보되는 것으로 나타남

- 2차 시험 수신율은 500mW 99.9%, 200mW 94.8%, 100mW 94.1%로 모두 90% 이상의 수신율이 나타남
- 2차 시험에서의 RSSI는 500mW(- 109.26dBm), 200mW(- 112.83dBm), 100mW(- 111.90dBm)으로 100mW와 200mW의 수신신호 강도는 큰 차이가 없으나 500mW출력의 경우에는 약 3dB 이상 차이가 나타남

3) 수신기 이동 환경에서의 AMRD 통신거리 시험결과

- 송신출력 : e.i.r.p. 기준 100mW, 200mW, 500mW
- 안테나 높이 : 송신안테나 해수면상 1m, 수신 안테나 해수면상 4m
- 송수신거리 : 최대 8.3km(4.48NM)
- 거리별로 출력에 따른 데이터 수신율을 분석한 결과, 8km 이내의 거리에서는 100mW의 경우 70.2%, 200mW의 경우 71.3%, 500mW의 경우 87.7%로 데이터 수신율은 모두 최소 70% 이상으로 나타남
- 송수신 거리가 멀어질수록 데이터 수신율은 저하되었으며, 500mW에 비하여 100mW 및 200mW 출력의 수신율이 더 많이 저하되는 것으로 나타남
- 송수신 거리에 따른 수신율이 같은 기울기로 변화가 일어날 경우, 송수신 거리 10km 거리에서의 수신율은 100mW 및 200mW의 경우 59.7%, 500mW의 경우 81.1% 정도로 추정됨
- 이동 수신인 경우 데이터 수신율 60% 정도를 기준으로 하면, 100mW의 출력으로도 10km 정도의 통신 거리가 확보될 것으로 추정되며, 500mW의 출력의 경우에는 약 16km 정도의 통신거리가 확보될 것으로 추정할 수 있음
- AMRD 송신기의 안테나 높이를 해수면상 1m 기준으로 할 때, 데이터 수신율 70%를 기준으로 하면 최소 출력 100mW(e.i.r.p.)를 사용하여 최소 통신거리 8km, 데이터 수신율 60%를 기준으로 하면 최소 통신거리 10km가 확보될 것으로 분석됨
- 자율해상무선기기를 어망부이로 활용할 때, 이동수신 환경에서 데이터 수신율 60%를 기준으로 약 10km 정도의 통신거리가 확보될 것으로 판단되기 때문에 어망을 투망한 어선이 어망을 찾거나 어망에 접근하는 선박이 신호를 수신하여 어망을 회피할 수 있는 시간을 확보하기에 충분한 거리로 판단됨
- 이동 수신에서 수신기의 RSSI의 평균값은 500mW가 - 102.61dBm, 200mW가 - 98.28dBm, 100mW가 - 100.50dBm으로 모두 AIS 수신기의 수신감도 기준인 - 107dBm 이내로 나타났으나 송신기 출력의 차이와는 다르게 나타남.

이는 안테나 수평면 상의 방사패턴이 동일하지 않기 때문에 발생한 현상으로 판단됨

4) 송신기 출력과 높이에 따른 AMRD 송수신 시험결과

- 송수신 거리 : 고정수신 5.09 km, 이동 수신 0 ~ 8.5 km
- 송신 안테나 높이 : 해수면 기준 30 cm 및 1m
- 송신기 출력 (e.i.r.p.) : 100mW, 500mW
- 수신 안테나 높이 : 해수면 기준 4 m
- 고정 수신율 :
 - 100mW(1m 높이 83.49%, 30cm 높이 94.42%)
 - 500mW(1m 높이 94.08%, 30cm 높이 97.64%)
- 고정 RSSI :
 - 100mW(1m 높이 - 114.659 dBm, 30cm 높이 - 112.801 dBm)
 - 500mW(1m 높이 - 110.604 dBm, 30cm 높이 - 109.062 dBm)
- 이동 수신율 :
 - 100mW(1m 높이 41.1%, 30cm 높이 64.3%)
 - 500mW(1m 높이 73.7%, 30cm 높이 81.3%)
- 이동 RSSI :
 - 100mW(1m 높이 - 100.25 dBm, 30cm 높이 - 106.88 dBm)
 - 500mW(1m 높이 - 98.23 dBm, 30cm 높이 - 98.9 dBm)
- 송수신 안테나 거리가 약 5 km 정도에서는 500mW 출력이 평균 RSSI 및 수신율이 100mW 대비 모두 양호하게 나타나며, 송신 안테나 높이가 30cm인 것이 1m 보다 좋은 결과를 보임
- 이동 수신율의 경우, 500mW가 월등히 좋은 성능을 보이며 송신 안테나 높이가 30cm인 것이 1m 보다 좋은 결과를 보임

5) 송신 안테나 높이에 따른 AMRD 송수신 시험결과

- 송신출력 : e.i.r.p. 기준 100mW
- 송신안테나 높이 : 해수면 0cm/10cm/20cm
- 수신 안테나 높이 : 해수면 2m
- 송수신거리 : 1.04 km
- 송신 안테나 높이에 따른 결과 비교

- 송신 안테나 높이 0 cm : 수신율 98.41%, 평균 RSSI - 83 dBm
- 송신 안테나 높이 10 cm : 수신율 94.03%, 평균 RSSI - 94.41 dBm
- 송신 안테나 높이 20 cm : 수신율 94.91%, 평균 RSSI - 82.58 dBm
- 송수신 안테나 거리가 비교적 가까운 1 km 정도에서는 평균 RSSI 및 수신율이 모두 양호하게 나타나며, 송신 안테나 높이에 크게 영향을 받지 않음
- 송신 안테나가 해수면 아래로 잠길 경우에는 수신하지 못함

2. 결론 및 제언

- 제작된 AMRD 시작품의 출력에 따른 통신거리 측정 실험 결과, AMRD가 어망부이로 사용되는 경우 안테나 높이가 해면 기준 1m 정도로 높기 때문에, 현재 AMRD의 출력 기준인 100mW 에서도 데이터 수신율 70% 기준 약 8 km(4.3NM) 정도의 통신 거리가 확보되어 해상에서 사용하고자 하는 어망부이로서는 충분히 유용함
- 어망부이로 사용할 경우, 측정된 데이터를 기준으로 계산하면, e.i.r.p. 100mW의 출력으로도 10km 정도의 거리에서 데이터 수신율 60%가 확보될 것으로 추정되기 때문에 현재의 기술기준에서 규정하고 있는 AMRD 중별 B의 출력 기준 100mW (e.i.r.p.)는 적정한 것으로 판단됨
- 제작된 AMRD 시작품의 안테나 높이에 따른 측정 실험 결과, AMRD가 MOB로 사용되는 경우 안테나 높이가 해면 기준 10 cm 정도에서 현재 AMRD 규정인 100mW의 출력으로 1 km 통신거리에서 데이터 수신율 90% 이상 확보되는 것으로 나타남
- 따라서 MOB로 사용하는 AMRD의 경우에도 해상 상태만 양호하다면 100mW의 출력으로도 충분히 유효한 통신거리가 확보될 수 있음. 다만, 해상 상태가 불량할 경우의 통신거리의 변화는 추가로 연구할 필요가 있음
- 어망위치송신장치 등 AMRD 중별 B의 출력 기준이 100mW 이내로 한정되어 있고, 안테나의 높이도 해수면 기준 1m 이내에서 사용하도록 규정되어 있으나 AMRD 장치의 고유 성능을 측정하는 기준이 없음
- AMRD의 성능은 송수신 안테나의 이득과 높이, 수신기의 성능(감도), 수신 방식(고정 또는 이동), 데이터 수신율 기준 등에 따라 성능 편차가 발생하기 때문에 AMRD의 성능을 비교할 수 있는 기준 마련이 필요함
- 연구 결과, AMRD 고유 성능을 측정할 수 있는 기준(안)을 아래와 같이 제시함
 - AMRD의 출력 : e.i.r.p. 기준 100 mW
 - AMRD 송신 안테나 이득 : -5 dBi 이상
 - AMRD 수신기 감도 : -107 dBm 이하
 - AMRD 송신 안테나의 높이 :
 - ① 어망부이의 경우 : 해수면상 1 m
 - ② MOB의 경우 : 해수면상 10 cm

- AMRD 수신 안테나의 높이 : 해수면상 2.5m
- AMRD의 데이터 수신율(송신 메시지 1,000개 기준) :
 - ① 이동 수신 시 : 60% 이상
 - ② 고정 수신 시 : 80% 이상
- AMRD에 대한 국제적인 기술 사양을 규정하고 있는 ITU-R 권고 M.2135-0에서 AIS 기술의 적용과 관련한 세부 사항이 명시되어 있지 않아 이와 관련된 성능시험 측정이 곤란함. 따라서 ITU-R에서는 동 권고의 개정을 검토하고 있으며 우리나라에서도 ITU-R의 관련 기술사양 개정 논의에 대응하고 그 결과를 우리나라의 무선설비 기술기준에 반영할 필요가 있음
- “간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준 (국립전파연구원 고시)” 제18조(해상 조난 자위치발신용 무선설비)에서는 안테나 공급전력을 5W까지 허용하고 있으며, 이는 해상업무용 무선설비 기술기준에서 규정하고 있는 AMRD의 최고 출력 e.i.r.p. 100mW와는 큰 차이를 보이고 있음
- 따라서, 다양하게 개발되고 있는 AMRD 종류에 대하여 통일된 출력 기준 및 관련 기술 기준 등을 규정할 필요가 있음
- 국내에서 사용되고 있는 어망부이들에 대하여 사용 주파수 및 인증과 허가 제도를 정비할 필요 있음
- 국내에서 개발되는 익수자 위치 송신장치들은 AIS 기술을 적용하는 AMRD 종별 B 이외에도 RFID, LoRa, LTE-M 등의 기술을 적용하는 다양한 장치들이 출현하고 있으며, 장치의 원활한 사용을 위하여 사용영향 분석 등을 통해 장치 간 상호 호환성을 확보할 수 있는 방안 마련이 필요함
- 또한, 이러한 장치의 무분별한 사용은 오작동 및 오신호 등으로 오히려 수색구조에 악영향을 주어 인명안전을 저해할 우려가 있으므로 해당 장치의 사용 주파수 및 적용 기술에 대한 기준을 조속히 마련하고 관련 프로토콜을 포함하는 세부적인 표준 개발을 시급히 추진할 필요가 있음