

# 항구 입출항용 항법 요구성능을 위한 우리나라 R-Mode 항법시스템의 테스트베드 개발 현황

† 황태현 · 한영훈\* · 손효웅\*\* · 김영기\*\*\* · 서기열\*\*\*\*

\*,\*\*,\*\*\*,\*\*\*\*† 선박해양플랜트연구소 해양안전환경연구본부 연구원

**요 약 :** 우리나라 R-Mode(Ranging Mode) 항법시스템은 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서 요구하는 항구 입출항용 항법 요구성능(정밀도 10m)을 만족하도록 개발을 진행하고 있다. R-Mode 항법시스템은 위성국 송출을 기반으로 하는 GPS와 달리 지상국 송출을 기반으로 한다. 또한 신호가 세기가 높아서 의도적 전파간섭이 어려우므로 국제해사기구가 요구하는 강인한 PNT(Resilient PNT) 시스템에 적합한 것으로 평가받고 있다. 이러한 요구조건과 기회신호(SoOp, Signal of Opportunity)의 국내 환경에 맞추어 중파(MF, Middle Frequency) 및 초단파(VHF, Very High Frequency)를 이용하는 항법시스템을 개발하고 있다. 해양수산부의 지원으로 2020년에 착수하여 4국의 중파 R-Mode 송신국과 3국의 초단파 VDES R-Mode 송신국 구축을 진행하고 있다. 항법 성능을 확보하기 위하여 R-Mode 보정시스템과 R-Mode 감시시스템을 구축하였다. 해양에서 R-Mode 항법시스템의 성능을 검증하기 위하여 중파 R-Mode 수신기, VDES R-Mode 수신기 및 이를 포함하는 통합항법수신기를 함께 개발하고 있다. 항법 송신기 및 수신기의 성능 검증을 위한 테스트베드는 기존의 지상파 항법(eLoran) 서비스 영역, 중파 R-Mode 서비스 영역 및 주요 항만 등을 고려하여 충청남도 서산시 대산항 지역으로 선정하였다. 보정국 및 감시국을 포함하는 테스트베드 기지국은 대산항에 설치하여 운영을 시작하였다. 테스트베드 실험을 통한 성능 검증은 2023년 상반기에 진행될 계획이다.

**핵심용어 :** 지상파 항법, R-Mode 항법시스템, 중파 R-Mode, VDES R-Mode, 테스트베드

### 서론 : GNSS 전파교란 현황

구분	1차	2차	3차	4차
발생 일시	10.8.23 ~26 (4일간)	11.3.4 ~14 (11일간)	12.4.28 ~5.13 (16일간)	16.3.31 ~4.5 (6일간)
발신지	개성 지역	개성, 광강산 지역	개성 지역	개성, 연안, 평강, 금강산 지역
영향 지역	수도권 서북부 및 강원지역	수도권 서북부	수도권 서북부	안천, 강기, 강원 일부
영향 내역	기지국 181국, 항공기 15대, 함정 1대	145국, 항공기 1,016대	145국, 항공기 1,016대	1,794개소, 항공기 1,007대, 선박 715척

발생년도 | 발생지역 | 전파교란 내용 | 피해내역 | 출처

- 2017년 9월 | 러시아(러시아) | 러시아가 발진국에서 실시한 군사훈련 중 GPS 전파교란 발생 | 인천(김포)지역에 1회 2초간 송출된 GPS 수신기 오작동 | AP NEWS
- 2019년 4월~7월 | 이라크 | 시리아와의 충돌로 인한 GPS 전파교란 발생으로 제너럴 일렉트릭의 항법 수신기 | GPS기반 차량, 항공기, 선박 등 다양한 운송수단 | Safety at Sea
- 2019년 7월 | 이란 | 이란 선박을 대상으로 위장하기 위해 AIS 송수발 사용 | 이란은 초초주파 전파를 사용하여 GPS 수신기 오작동 유발 | CNN
- 2019년 7월 | 중국 | 북방 영공 작전 중 미군 함대보트의 AIS 위치를 가리는 GPS 송수발 사용 | 중국이 중국 선박의 항법시스템을 심각하게 방해할 수 있음 | MIT Technology Review
- 2019년 9월 | 중동지역 | 러시아에 의한 GPS 전파교란 발생 | GPS 수신기 오작동 및 신호 수신 불량 | The eurasianist
- 2019년 11월 | 중국 | 선박 AIS정보를 분석하여 GPS 수신기 오작동 유발 | AIS정보를 분석하여 GPS 수신기 오작동 유발 | MIT
- 2017년 2019년 | 러시아(노르웨이 북부) | 노르웨이 북부 및 인근 지역에서의 GPS 신호 교란 | GPS 수신기 오작동 및 신호 수신 불량 | HIGH NORTH NEWS
- 2020년 4월 | 멕시코 | 경제위해 발생된 90%의 화물차 노선 GPS 수신기 사용 중 | 경제위해 발생된 90%의 화물차 노선 GPS 수신기 사용 중 | EL ECONOMISTA
- 2020년 4월 | 인도네시아 | 인도네시아에서 GPS 신호를 송수발하여 자기 선박의 위치를 위조 | 인도네시아에서 GPS 신호를 송수발하여 자기 선박의 위치를 위조 | FOX NEWS

[출처 : 해양수산부, '더 안전한 항만 지상파항법시스템, 6월부터 개시']

### 서론 : 국제기구 정책

IMO, A.915 : Maritime requirements for future global navigation satellite systems (GNSS)

정확성	성능 (Performance)				안정성 (Stability)		
	정확성		무결성		가용성 Availability	연속성 Continuity	
	Horizontal	Vertical	Alert Limit	Time to Alarm			
Harbor Entrances & Approach	10m	-	25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	99.97%
Port Operation	1m	-	2.5m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	99.97%
Automatic Docking	0.1m	-	0.25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	99.97%
Hydrography	1-2m	0.1m	0.25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	-
Dredging	0.1m	0.1m	0.25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	-
Construction Works	0.1m	0.1m	0.25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	-
Cargo Handling	0.1m	0.1m	0.25m	15sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	-

\* IMO(국제해사기구) RES A.915 해상 사용자 정보통신 최소 요구사항

### 서론 : 국제기구 정책

IMO RES-MSC.401(95): Performance Standards for Multi-System Shipborne Radionavigation Receivers

IMO, MSC.1/Circ.1575 : GUIDELINES FOR SHIPBORNE POSITION, NAVIGATION AND TIMING (PNT) DATA PROCESSING

### 해상 활용 전파항법 시스템 비교

	위성항법			
	GPS	VDES R-Mode	중파 R-Mode	eLoran
주파수 (파장)	1.2~1.5GHz (19.03cm)	160MHz (2m)	285~325kHz (1km)	100kHz (3km)
송신출력	60W	50W	300 ~ 500W	50kW ~ 100kW
안테나 길이 (Dipole ANT)	0.1 m	0.9 m	475.0 m	1,426.0 m
재밍 영향	취약	상대적 취약*	강함	강함
이용범위	전세계	해상 80km	육상 80km 해상 185km	1,000km 이하

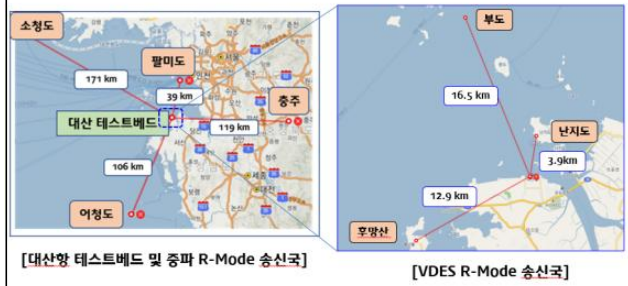
\* IALA Guideline 1082, An Overview of AIS, "Jamming of any VHF Channel is relatively easy to do"

† 교신저자 : thfang@kriso.re.kr 042-866-3625  
 \* 정희원, yhhan@kriso.re.kr 042-866-3686, \*\* pwson@kriso.re.kr 042-866-3693,  
 \*\*\* ykkim@kriso.re.kr 042-866-3676, \*\*\*\* kyseo@kriso.re.kr 042-866-3684

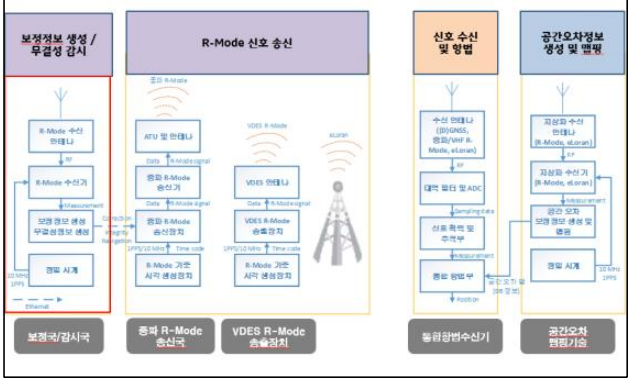
# 지상파 통합 항법시스템(R-Mode) 개념



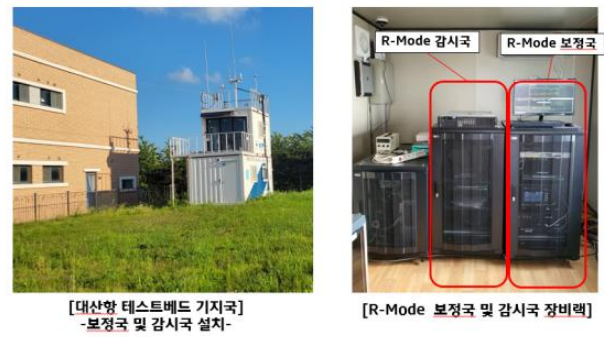
# 테스트베드 구축 현황



# 지상파 통합 항법시스템(R-Mode) 구성



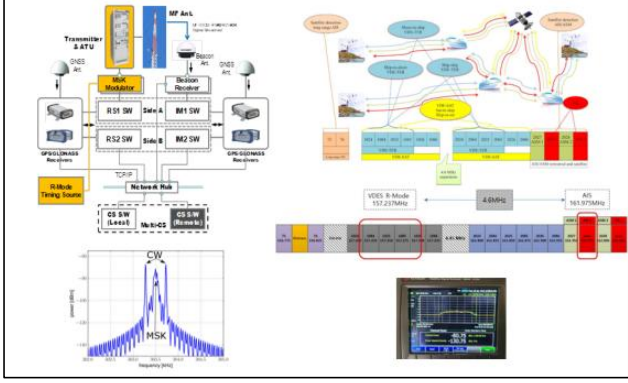
# 대산항 테스트베드 기지국



[대산항 테스트베드 기지국] -보정국 및 감시국 설치-

[R-Mode 보정국 및 감시국 장비랙]

# MF R-Mode 및 VDES R-Mode 신호 개요



# 중파 R-Mode 송신국



## VDES R-Mode 송신국 구축

**VDES R-MODE TS Site**

- 당진시 남지도 TS
  - 구축 완료 (22.09)
- 인천시 부도 TS
  - 환경조사 및 사전시험 완료
  - 구축 22.10월 예정
- 태안군 루망산 TS
  - 구축 완료 (22.10)

## 통합수신기 개발

VDES R-Mode 수신기

중파 R-Mode 수신기

통합 수신 모듈

[중파 R-Mode 수신기] [VDES R-Mode 수신기]

항목	Spec.
Size (W X H X D)	583mmX595mmX925mm
Weight	50.7kg

#	장치	Spec.
1	Rack	10U
2	VDES R-Mode 수신기	IALA G1139 (Freq.) 157.237 MHz (BW) 100 kHz (Power) 12.5 W P1/4 QPSK
3	통합항법 모듈	eLoran/GNSS수신기 Clock 생성기 (1PPS, 10MHz공용) 산업용 PC
4	중파 R-Mode 수신기	ITU R. M-823-3 표준 RTCM SC-104 표준 4Ch MSK Demodulator

## 보정국/감시국 구축

R-Mode 감시국

R-Mode 보정국

Rack Monitor

- MF R-Mode Receiver
- eLoran Receiver
- GNSS / VDES R-Mode Receiver
- Integrated R-Mode Receiver
- IM or RS server
- Network Switch
- Spare
- UPS

## 통합수신기 수신(대산항 기지국)

[보정국 장치에 설치된 통합수신기]

[통합수신기 SW 작동화면]

## 운영시스템

1 시스템 운영

2 감시국 모니터링

3 송신국 모니터링

4 DB 및 톨 실행

R-Mode 메시지 (RMM)

R-Mode 송신국, 보정국 & 감시국, 운영국

Version 0.01

KRISO

2022. 9. 15. 14:00

안원영(안원영@kriso.go.kr)

이재민(이재민@kriso.go.kr)

김민준(김민준@kriso.go.kr)

## 요약 및 결론

- 본 논문에서는
  - R-Mode 항법시스템 개요
  - 우리나라 R-Mode 항법시스템 구성요소
  - 우리나라 R-Mode 항법시스템 테스트베드 개발 현황
- 향후에는
  - 기지국 시스템 및 수신기 안정화
  - 중파 R-Mode ASF(공간오차) 계측('22.10 ~ '23.3)
  - 실효역 통합 시험 ('23.6)
- R-Mode 항법시스템은
  - 항구 입출항용 항법 필수 항법시스템으로 활용
  - 강건한 PNT 생태계 구축으로 해양안전증대 및 해상 경제활동 손실 방지