

자율운항선박을 위한 초고속 해상무선통신망 연계 및 상호운용성 확보 방안 고찰

우석* · 김부영** · † 심우성

*한국정보통신기술협회 정보통신시험인증연구소, **, † 선박해양플랜트연구소 해상디지털통합활용연계연구단

요 약 : 자율운항선박은 센서, IoT, 빅데이터, AI, 플랫폼 등 고도의 ICT 요소 기술이 필요한 미래 유망 산업 분야이다. 특히 선박 내부 장치로부터 수집된 정보와 선박 주변의 해상 데이터가 증가될수록 선박 대 선박 및 선박 대 육상 간 정보 교환 체계인 해상통신망의 중요성은 커질수 밖에 없다. 해상수산부는 2020년 세계 최초로 대한민국 연안으로부터 최대 100km 까지 해역을 LTE(Long Term Evolution) 통신 체계로 구축한 바 있다. 본 논문은 초고속 해상무선통신망(LTE-Maritime)이 자율운항선박의 주요 통신 기술로써 활용되기 위해 우선적으로 고려할 사항을 타 해상 무선통신 기술과의 연계, 업링크 및 항내 통신품질의 향상 관점으로 살펴보고자 한다. 이를 위해 LTE-M 망의 무선 설비 다각화 사업으로 추진중인 해양 드론용 송수신기의 실험역 성능 시험을 통해, 선박과 육상 간 정보 교환에 있어 상호운용성 시험의 중요성을 재고해 보고, 해상 무선통신 체계의 신뢰성 및 호환성을 확보하기 위한 무선품질지표, 상호운용성 시험 방법 등을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 자율운항선박, 초고속 해상무선통신망, 송수신기, 상호운용성, 통신품질

01 연구 배경

자율운항선박 & 핵심기술

IMO 자율운항선박 단계별 정의

- 자율수준1**: Ship with automated process/decision support
부담의 자율운항지원 자율운 단계 및 선원이 의사결정을 지원하는 기능을 가진 선박
- 자율수준2**: Remotely controlled ship with seafarers on board
선원의 승선, 원격 제어 선박, 시스템 고장 시 선원의 직접 대응
- 자율수준3**: Remotely controlled ship without seafarers on board
선원의 배 승선, 원격 제어 선박, 시스템 고장을 대체하여 Stand-by 시스템 구축
- 자율수준4**: Fully autonomous ship
완전 무인 자율운항 선박

기존 선박에 IoT, 플랫폼, 제어 기술 등을 융합해 선원이 수행하던 역할을 시스템이 대체함으로써 최소 선원만으로 운항이 가능한 선박

기초 선박에 IoT, 플랫폼, 제어 기술 등을 융합해 선원이 수행하던 역할을 시스템이 대체함으로써 최소 선원만으로 운항이 가능한 선박

· 데이터 수집(Sensor, IoT, BigData): 선박 내부 센싱 정보, 주변 선박 및 인프라 정보
· **데이터 통신(Networking)**: LTE, 5G, VDES, Digital HF, Satellite 등 (LTE-M / MV-SX / MX-SX / M-IoT)
· 데이터 처리(Platform, AI): 자율운항, 원격제어, 상황인지, 충돌예방, 에너지 관제 등

02 자율운항선박 with 초고속 해상무선통신망

고찰2) 업링크 통신 품질의 향상 필요

구분	Ship-to-Shore 통신 의존	Ship-to-Ship 통신 의존
기술단계	부분운항자율 (Lv2-1) ~ (Lv2-2)	운항자율 (2026-2028) (Lv3-1) ~ (Lv3-2)
업링크	선원/원격제어용 선박 통신	시스템/원격제어용 선박 통신
통신망	선원용망	원격제어용망
통신방식	대량	대량
통신속도	연안 LTE-M 활용성 향상	연안 LTE-M 활용성 향상
통신거리	연안	연안

자율운항선박

- 부분운항자율(Lv2)
: 선박 수집 데이터의 자체 분석·처리에 필요한 장비 구축 등 함께 존재
: 육상 원격 운항 시스템에 Clouding하여 정보 처리하는 방식이 주요일 것으로 예상
- 운항자율(Lv3) 및 완전자율(Lv4)
: 선박/선외 발생 정보량 증가에 따라 육상에서의 원활한 트래픽 전송 필요
: 단순 텍스트, 음성 아닌 영상 등 대용량 데이터 실시간 관제 필요(@Shore-side)

LTE-Maritime

Linefit > Retrofit

· 동시 입출력 및 항내 안전 운항 지원
· 선석 배정, 자동 계류 시스템 등 이집안 지원
· 무인 항만하역, 디지털 트윈 브릿지 관제 및 제어

02 자율운항선박 with 초고속 해상무선통신망

고찰1) 타 통신 기술과의 연계 중요

자율운항선박

- 완전 무인 자율 운항에 Ship-Ship 통신 필수
- 일반선박, 국제항해 선박 등과 정보 교환 호환 요구
- 기존 VDES, Digital HF 등 활용 가능

LTE-Maritime

- Ship-Shore 통신 (선박간 직접통신 지원 X)
- 선박간 Ship-Shore-Ship 통신 가능하지만, 시스템 트래픽 관리 효율, 보안, 커버리지 확장 위해 타 직접 통신 기술(VDES, Satellite 등)과 연계 필요

02 자율운항선박 with 초고속 해상무선통신망

고찰3) 항내 통신지원 및 품질 최적화 필요

자율운항선박

- 동시 입출력 및 항내 안전 운항 지원
- 선석 배정, 자동 계류 시스템 등 이집안 지원
- 무인 항만하역, 디지털 트윈 브릿지 관제 및 제어

LTE-Maritime

- 상황인식 기반 유동적 무선 자원 배분 필요
- 항내 정보교환 프로토콜 수립 필요 (LTE-M, 트래픽 분석)
- Mobile Edge Computing, Beamforming, Network Slicing 등 기술 도입 준비

† 교신저자 : 중신회원, pianows@kriso.re.kr 042)866-3662
* 정회원, seok.woo@tta.or.kr 031)780-9226, ** 중신회원, kby@kriso.re.kr 042)866-3142

03 LTE-M. 상호운용성 시험

TTA

초고속 해상무선통신망 상호운용성 시험

TTA 상호운용성

Similar but different !!

• 이종 통신장비 업체 및 이종 무선설비가 LTE-M 망에서 상호간 원활한 통신이 가능한 시장에 보급되기 전 사전 시험과 품질 검증 필요

DONE (26년~21년)	DOING (22년)	TO DO (23년~)
<ul style="list-style-type: none"> LTE-M 시험망 커버리지 및 통신품질 검증 LTE-M 커버리지 및 통신품질 검증 LTE-M 본국사정을 남북 단말 검증 LTE-M 소용량용 송수신기 성능 검증 	<ul style="list-style-type: none"> LTE-M 해상 드론용 송수신기 성능 검증 LTE-M 항공기용 송수신기 성능 검증 	<ul style="list-style-type: none"> LTE-M 해양 시험용(항로표지 등) 송수신기 성능 검증 LTE-M 해양 음향모뎀(구명용, 사고대응 등) 송수신기 성능 검증

LTE-M → **항해 (송수신기)**



LTE-M → **단말 (송수신기)**



LTE-M → **단말 (송수신기)**



03 LTE-M. 상호운용성 시험

TTA

LTE-M. 드론용 송수신기 실해역 시험 개요



육지도 (집중관리구역) ※ 시험 (22. 9.27~28)

추자도 (관심구역) ※ 시험 (22. 10.12~13)

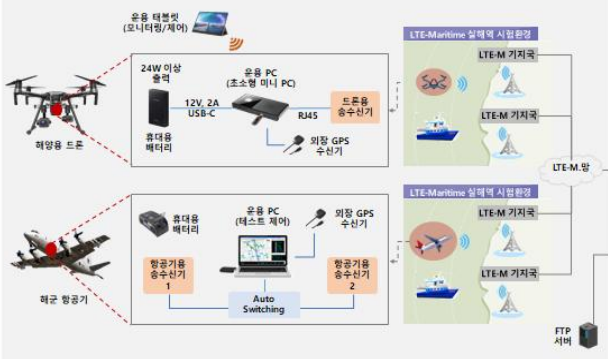
1인(국사함)

2인(모잠비카용출제함)

03 LTE-M. 상호운용성 시험

TTA

LTE-M. 송수신기 성능 검증 (드론용/항공기용)



03 LTE-M. 상호운용성 시험

TTA

LTE-M. 드론용 송수신기 실해역 시험 (@육지도)



육지도 (집중관리구역) ※ 시험 (22. 9.27~28)

시험장비 무게

- 드론용 송수신기 + 안테나 (약 500g)
- 미니PC (200g) + 미니PC배터리(400g)
- 케이블(약 20g)

내부 설치

외부 설치

03 LTE-M. 상호운용성 시험

TTA

LTE-M. 드론용 송수신기 실해역 시험 개요

시험 구분		시험 절차	
구분	시험 해역	시험 장소	드론고도 / 드론속도
고정	남해안 (포항) 해상	육지도	0~150m / 상승/하강 1m/s 이내
		추자도	0~150m
이동	남해안 (포항) 해상	50m	최대속도/2 / 최대속도
		150m	최대속도/2 / 최대속도
		50m	최대속도/2 / 최대속도
		150m	최대속도/2 / 최대속도

• (고정 시험) 수직 상승 및 하강으로 동일 좌표(x, y) 측정

- 상승 및 하강은 1m/s 이내의 일정 속도 이동
- 지표면에서 고도 150m까지 상승/하강 반복 (연속 10분간 3회)

• (이동 시험) 동일 고도(50/150m)에서 방향 이동하며 측정

- 이동 구간은 각 제역(집중관리구역/관심구역) 내에서의 비행
- 드론의 최대 운용 가능 시간을 고려하여 비행
- 이동 구간은 광복 구분되고 임무시점까지 최단 거리 이동 (임무시점에 도달하면 즉시 신호 끊기 모드 비행)
- 이동 속도는 드론의 사양 및 시험 환경 고려 항목으로 함 (최대 비행 속도 및 최대 하강 속도의 절반으로 각각 자동 비행)

* 드론 고도는 Above Ground Level (AGL) 기준이며, 즉각적인 저공비행을 의미함

* 드론 최대 비행 속도는 드론 사양 및 환경에 따라 최대 비행 속도는 변경될 수 있음

03 LTE-M. 상호운용성 시험

TTA

LTE-M. 드론용 송수신기 실해역 시험 항목

시험 항목	측정 항목	측정 항목 설명
전계강도	RSRP	부연설비에 수신되는 송수신기에 수신되는 레퍼런스 신호의 세기
전송속도	다운로드	측정서버에서 송수신기의 데이터 수신 평균 속도
	업로드	송수신기에서 측정서버로의 데이터 송신 평균 속도
전송성공률 (DU/UU)	접속실패율	데이터 전송시간 FTP 접속 실패 또는 FTP 전송을 개시하지 못한 호의 비율
	전송단절율	데이터 전송시간 내에 FTP 전송이 완전히 끊기는 호의 비율
접속유지율	접속 유지시간	LTE-M 망과 송수신기 간 접속이 장시간 안정적으로 유지되는 비율
가동속도	가동 지연시간	송수신기 전월 인가 후 LTE-M 망에 접속이 완료될 때까지의 시간

※ 전송성공률 (%) = $\frac{(\text{호 측정호수}) - ((\text{접속실패호수}) + (\text{전송단절호수}))}{\text{호 측정호수}}$

사 사

본 논문은 해양수산부 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행하는 “초고속해상무선통신망 무선설비 다각화 및 통신연계 기술개발 연구”(1525011565)의 일부 내용임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- [1] 해양수산부(2022), 스마트해산물류추진단, 자율운항선박 분야 선제적 규제혁신 로드맵.
- [2] 해양수산부(2021), 해양수산과학기술정책과, 해양수산 5대 기술혁신 전략.
- [3] 한국과학기술기획평가원(2019), 자율운항선박 기술개발사업 예비타당성조사 보고서.
- [4] 자율운항선박기술개발사업 통합사업단, 성능실증센터 및 실증 기술 연구과제, <https://www.kassproject.org/>.