

소형 초고속해상무선통신망 송수신기 성능 검증 방안에 관한 연구

우석* · 김부영** · 심우성***†

* 한국정보통신기술협회 정보통신시험인증연구소 책임, ** 선박해양플랜트연구소 해상디지털통합활용연계연구단 선임연구원,
*** 선박해양플랜트연구소 해상디지털통합활용연계연구단 단장

A Study on the Performance Verification Method of Small-Sized
LTE-Maritime Transceiver

Seok Woo* · Bu-young Kim** · Woo-Seong Shim***†

* Principal Researcher, ICT Testing & Certification Laboratory, Telecommunications Technology Association

** Senior Researcher, Maritime Digital Application Unit, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering

*** Director, Maritime Digital Application Unit, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering

요 약 : 해양사고 예방 지원을 목표로 해양수산부 주도의 지능형 해상교통정보서비스가 지난 21년 1월부터 시작되었고 그동안 이용이 제한되었던 3톤 미만 선박까지 확대하기 위해 개발·추진되는 소형 초고속해상무선통신망(이하 LTE-M) 송수신기의 성능 검증 방안에 대해 연구하였다. 국내 해양 사고의 약 30%가 3톤 미만의 선박에서 발생되고 있기 때문에 소형 선박 전용의 송수신기 개발을 통한 해양안전 사각지대 보완이 필요하다. 소형 LTE-M 송수신기는 연안에서 조업 활동이 활발한 어선과 육지 인근의 수상레저기구 등을 대상으로 적용될 수 있다. 따라서 실제 송수신기가 설치·이용되는 환경을 고려하여 충분한 성능 및 안정적인 통신 품질 제공 여부를 검증하는 방안이 필요하다. 본 연구에서는 LTE-M 망의 통신품질 요구 기준과 해양수산부의 소형 송수신기 성능 요구 기준을 검토해보고, 소형 송수신기의 성능을 적합하게 평가할 수 있는 시험 방안을 제안하였다. 제안한 시험 방안은 해양 사고 빈도가 높은 6개 실험역 노선을 대상으로 타당성을 검증하였으며, 소형 송수신기 다운링크 및 업링크 전송속도가 각각 9Mbps 이상 및 3Mbps 이상의 성능을 보임을 확인할 수 있었다. 또한 커버리지 분석시스템을 활용하여 집중관리구역(0~30km) 및 관심구역(30~50km)에서 각 95% 이상 및 100%의 커버리지를 확인하였다. 본 논문에서 제안한 성능 평가 방안 및 시험 결과는 송수신기의 성능 검증을 위한 참고 자료로 활용되어 정부가 추진하는 바다 내비게이션 서비스 및 소형 송수신기의 보급 및 확산에 기여할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 지능형 해상교통정보서비스, 초고속해상무선통신망, 송수신기, 성능 기준, 성능 검증, 실험역 시험

Abstract : This study evaluated the performance test of a small-sized LTE-Maritime(LTE-M) transceiver that was developed and promoted to expand the use of intelligent maritime traffic information services led by the Ministry of Oceans and Fisheries with the aim of supporting the prevention of maritime accidents. According to statistics, approximately 30% of all marine accidents in Korean water occur with ships weighing less than 3 tons. Therefore, the blind spots of maritime safety must be supplemented through the development of small-sized transceivers. The small transceiver may be used in fishing boats that are active near coastal waters and in water leisure equipment near the coastline. Therefore, verifying whether sufficient performance and stable communication quality are provided is necessary, considering the environment of their real usage. In this study, we reviewed the communication quality goals of the LTE-M network and the performance requirements of small-sized transceivers suggested by the Ministry of Oceans and Fisheries, and proposed a test plan to appropriately evaluate the performance of small-sized transceivers. The validity of the proposed test method was verified for six real-sea areas with a high frequency of marine accidents. Consequently, the downlink and uplink transmission speeds of the small-sized LTE-M transceiver showed performances of 9 Mbps or more and 3 Mbps or more, respectively. In addition, using the coverage analysis system, coverage of more than 95% and 100% were confirmed in the intensive management zone (0 - 30 km) and interesting zone (30 - 50 km), respectively. The performance evaluation method and test results proposed in this paper are expected to be used as reference materials for verifying the performance of transceivers, contributing to the spread of government-promoted e-navigation services and small-sized transceivers.

Key Words : Intelligent marine traffic information service, LTE-Maritime, Transceiver, Performance criteria, Performance verification, Real-sea test

* First Author : seok.woo@tta.or.kr, 031-780-9226

† Corresponding Author : pianows@kriso.re.kr, 042-866-3662

1. 서론

디지털 전환 시대를 맞아 해양수산부는 「지능형 해상교통 정보서비스의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따라 세계 최초로 바다 내비게이션 서비스를 '21년 1월부터 개발·시행하고 있다. 국제해사기구(IMO)가 2014년 채택한 e-Navigation에 기반한(IMO, 2018) 한국형 바다 내비게이션 서비스는 자동차 내비게이션과 유사하게 교통상황·사고정보·기상정보와 같은 안전운항 정보를 실시간으로 제공하여 선박의 충돌·좌초 등 위험상황을 선제적으로 예방하는 서비스다(MOF, 2021).

LTE 통신에 기반한 바다 내비게이션 서비스는 전국 연안의 230여 개 초고속해상무선통신망(LTE-Maritime) 기지국과 망 운영센터 등의 기반시설과 연동하여 해상 최대 100km까지 운영되고 있다. 해양수산부는 바다 내비게이션의 이용 활성화를 위해 여객선과 어선 등을 대상으로 e-Nav 선박 단말기(LTE-M 송수신기와 e-Nav 표시장치로 구성) 보급 사업을 통해 사고예방 중심의 스마트 해양 안전관리체계를 구축 중이다(MOF, 2023).

현재 보급 중인 LTE-M 송수신기는 해상 100km까지 안정적인 통신 커버리지를 확보하기 위해 약 1.2m 길이인 두 개의 안테나 장착이 필요하며, Shim et al.(2021)은 각 안테나가 1.5m의 이격 거리를 두고 설치하는 것을 권고하고 있다. 또한 e-Nav 표시장치와 연결을 위한 케이블링 작업 등을 위한 최소한의 공간 확보가 필요하다. 하지만 여객선과 달리 소형 어선은 선내 공간이 협소하여 송수신기 설치 장애를 유발할 수 있다.

Table 1은 해양안전심판원이 공개한 최근 5년간 선박 해양 사고 통계를 보여준다(KMST, 2022). 전체 해양 사고 대비 3톤 미만의 사고 발생률은 약 29.6%(4,709척)로, 적지 않은 해양 사고가 3톤 미만의 선박이 주를 이루는 어선에서 발생하였다는 것을 유추해 볼 수 있다.

Table 1. The statistics of marine accidents for the last five years

Gross tonnage	2018	2019	2020	2021	2022	Total
< 3	837	971	1,089	891	921	4,709
3-100	1,729	1,869	1,986	1,750	1,761	9,095
> 100	393	413	443	379	459	2,087
Total	2,959	3,253	3,518	3,020	3,141	15,891

Fig. 1은 과거 10년간 국내 어선의 사고 발생 위치를 도식화한 그림이다(KMST, 2023). 연안 해역에서 조업 활동이 대부분인 어선의 특성상 충돌 및 접촉, 기관손상, 화재 등 많은 사고가 연안에서 주로 발생됨을 확인할 수 있다.

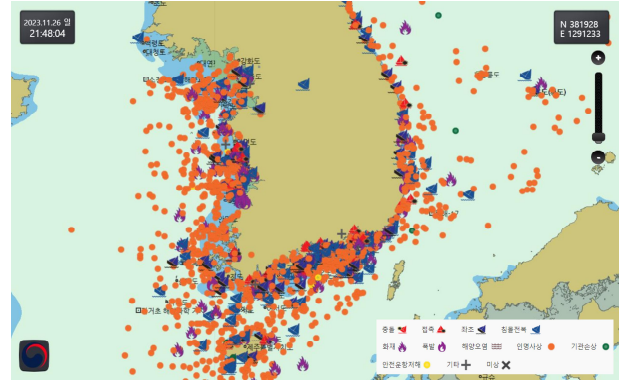


Fig. 1. Location of domestic fishing boat accidents (casualties) in the past 10 years.

따라서 짧은 안테나 및 작은 크기를 갖춰 설치 공간의 제약을 극복하며 기존 보급 중인 LTE-M 송수신기와 비교하여 연안 해역에서의 통신 성능도 보장되는 소형 LTE-M 송수신기 개발을 통한 해양안전 사각지대의 보완이 요구된다.

본 연구에서는 해양수산부가 공표한 「지능형 해상교통 정보서비스 단말기의 인정 및 면제 선박에 관한 기준」 제4조(송수신기의 요건)에 적합한 소형 송수신기 성능기준(MOF, 2022)을 검토해보고, 이를 적합하게 평가할 수 있는 검증 방안을 제안하였다. 또한 다양한 실험 환경에서 실시한 성능 시험 결과를 분석하여 제안한 성능 검증 방안의 신뢰성을 제고하고자 한다.

2. 성능 시험 기본 설계

소형 송수신기는 기존 LTE-M 보급 송수신기와 같이 초고속해상무선통신망과 상호연동을 하여 e-Nav 서비스를 제공받게 되므로 단말 관점의 성능 시험과 더불어 망의 통신품질 요구 기준을 고려한 종합적인 성능 시험 설계가 필요하다.

2.1 초고속해상무선통신망 품질 요구 기준 검토

LTE-M 망은 구축 당시 송수신기의 전계강도 품질 측정을 통해 망의 기본적인 설계를 제시하고 해상 커버리지를 설정하였다. 또한 육상 센터와 대용량 데이터의 원활한 전송 및 신속한 정보 전달을 위해 파일 다운로드 및 업로드 전송속도, 데이터 전송성공률에 대한 품질 요구 기준을 마련하였다.

Table 2는 초고속 해상무선통신망의 통신품질 요구 기준(KRISO, 2018)을 해역별로 나타낸 것이다. 일반적으로 연안에 선박 통행량이 많으므로 집중관리구역(0~30km까지)의 요구 품질 기준이 관심구역(30~100km까지) 대비 상향 수립되었다. 해상 커버리지는 집중관리구역에서 전계강도(RSRP: Reference Signal Received Power)가 -95dBm 이상인 비율이 95% 이상, 관

심구역의 경우 전계강도가 -115dBm 이상인 비율이 90% 이상으로 품질 요구 기준이 수립되었으며, 다운링크(DL: Downlink) 전송속도는 구역별로 6Mbps 및 3Mbps, 업링크(UL: Uplink) 전송속도는 3Mbps 및 1Mbps 이상의 품질을 목표로 한다.

Table 2. LTE-Maritime communication quality goal by sea area

Quality indicator	Intensive management zone (0~30km)		Interesting zone (30~50km)
	DL	UL	
RSRP	> -95dBm, > 95%		> -115dBm, > 90%
Transmission speed	DL	> Avg. 6Mbps	> Avg. 3Mbps
	UL	> Avg. 3Mbps	> Avg. 1Mbps
Transmission success rate	> 95%		> 90%

2.2 소형 송수신기 성능 요구 기준 검토

해양수산부는 소형 송수신기의 일반 요구사항, 관련 법령 적합성, 하드웨어·소프트웨어·안테나 등의 요구사항을 포함한 세부기준을 마련하였다(MOF, 2022). Table 3은 소형 송수신기의 성능 요구 기준을 시험 항목 별로 제시한 표로, 앞서 살펴본 LTE-M 망 통신 품질 요구 기준을 기반으로 수립된 것을 확인할 수 있다. 추가로 접속유지율 테스트를 통해 송수신기와 LTE-M 망 간 접속이 안정적으로 유지되는지를 확인하여 단말의 초기 불량 등에 조기 대응할 수 있도록 설계되었다.

Table 3. Performance criteria of the small-sized LTE-M transceiver

Test item	Intensive management zone (0~30km)		Interesting zone (30~50km)
	DL	UL	
RSRP	> -99dBm, > 95%		> -115dBm, > 90%
Transmission speed	DL	> Avg. 6Mbps	> Avg. 3Mbps
	UL	> Avg. 3Mbps	> Avg. 1Mbps
Transmission success rate	> 95%		> 90%
Connection retention rate	> 99.9% for 4days		

Table 3의 각 시험 항목들을 세부적으로 살펴보면, 연안에서 원활한 통신이 필요한 소형 송수신기의 특성을 반영하여 집중관리구역의 망 품질 요구 기준과 동일한 성능 수준을 요구함을 알 수 있다. 한편, 관심구역의 경우 연안에서 50km를 벗어난 해역에서 조업 활동 및 수상레저 활동이 현저하게 줄어들므로 LTE-M 망에서 요구한 관심구역의 일부인 30~50km 해역에 대해서만 동일 기준을 적용하도록 설계되었다.

소형 송수신기의 전계강도 성능 시험은 집중관리구역에서 전계 측정 값이 -99dBm 이상인 비율이 95% 이상을 요구하고

있다. 기존 망 구축에 보급된 LTE-M 송수신기가 원거리 통신을 고려하여 안테나 이득이 6dBi 로 설계된 반면, 소형 송수신기는 2dBi 안테나를 사용하므로 망 품질 요구 기준의 전계 값 기준 -95dBm과 안테나이득 4dBi 차이를 고려한 전계 값 -99dBm이 집중관리구역의 성능 기준 값으로 설계됨을 확인할 수 있다.

마지막으로 접속유지율 시험은 통합공공망 주파수를 사용하는 해상무선통신망 송수신기 상호운용성 시험규격(TTAK.KO-06.0530/R1, 2022)을 참조하여 성능 기준이 수립되었다. 표준에서 권고하는 기준 값은 4일 동안 8시간 단위로 지속적인 통신 상태를 확인하는 것으로 시험을 규정하고 있다. 이를 참조하여 접속 유지시간이 4일 동안 99.9% 이상일 경우 성능 요구 기준을 만족하는 것으로 정의되었다.

소형 LTE-M 송수신기의 성능 요구 기준 만족 여부는 시험 환경이나 조건에 따라 결과가 달라질 수 있을 것이다. 이를 위해 세부 시험 방안, 측정 지표에 대한 시험 결과 도출 방법 및 성능 요구 기준과의 비교 등을 다음 절에서 제시하고자 한다.

3. 성능 시험 방법 및 절차

3.1 실패역 시험 방안

소형 LTE-M 송수신기의 성능 테스트를 위해 특정 해역에 국한하여 실패역 시험을 제한할 필요는 없을 것이다. 이는 초고속 해상무선통신망이 대한민국 3해안(동·서·남해안)의 모든 해역에 걸쳐 안정적인 통신 환경을 제공하고 있기 때문이다. 하지만 시험의 효율성과 바다 어민의 안전이 최대 목표인 송수신기의 성능 검증 유효성을 위해 우선으로 어선의 조업 활동이 활발한 연안 일대와 해양사고가 잦은 해역을 분석하여 선별적으로 시험을 진행할 필요가 있다.

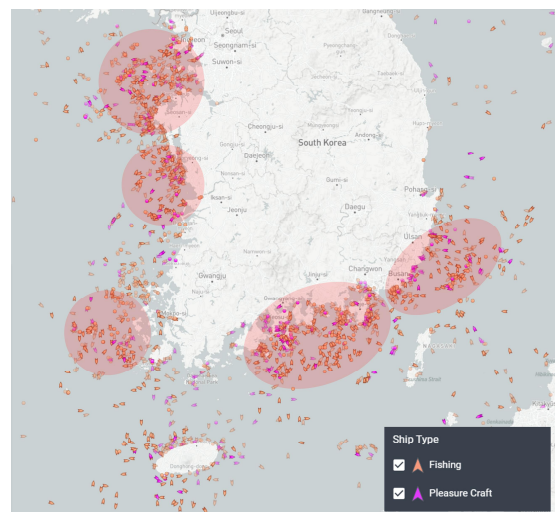


Fig. 2. Real-time fishing boat and pleasure craft location inquiry (Accessed: May, 2022).

Fig. 2는 국내 연안의 어선 및 수상레저 선박의 실시간 위치를 조회한 자료이다(MarineTraffic, 2022). 조회된 시점에 따라 선박의 위치는 다를 수 있으나 국내 연안에 분포된 소형 선박의 대략적인 위치를 파악하는 데 도움을 줄 수 있다. 조회된 자료에 따르면 붉은색 타원으로 표기한 영역을 중심으로 많은 선박이 위치하고 있으며, 동해의 경우 섬 분포도가 낮아 대부분 서해와 남해에 선박이 집중되어 있다.

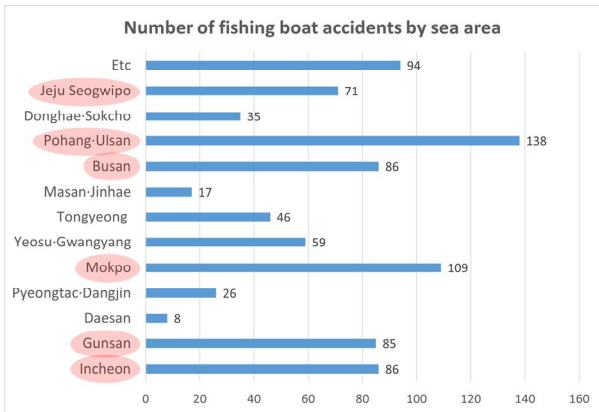


Fig. 3. Fishing boat accidents by sea area from 2018 to 2022.

한편 Fig. 3의 해역별 어선 사고 건수(KMST, 2022)를 분석해 보면 Fig. 2와 유사하게 선박 밀집도가 높은 해역에서 선박 사고가 잦은 것을 알 수 있다. 항구별로는 포항항, 목포항, 부산항, 인천항, 군산항, 서귀포항의 순으로 비율이 높음을 알 수 있다. 즉, 소형 LTE-M 송수신기의 성능 시험은 앞서 살펴본 항구들을 중점적으로 실험 장소로 선정해야 할 것이다.

3.2 성능 시험 장비 구성

소형 송수신기는 LTE 통신에 기반하여 동작하므로 성능 시험은 LTE의 주요 성능 지표(KPI: Key Performance Indicators)를 측정할 수 있는 진단 모니터링(DM: Diagnostic Monitor) 툴과 테스트 제어 PC를 활용하여 진행할 수 있다. DM은 송수신기의 RJ-45 인터페이스를 통해 실시간으로 무선품질 측정값을 전달받아 로그로 저장한다. 또한 GPS 수신기를 통하여 송수신기의 이동에 따른 통신 품질 변화를 동시에 기록할 수 있다.

Fig. 4(a)는 실험 환경에서 소형 LTE-M 송수신기의 성능 시험을 진행하기 위한 장비 구성을 그림으로 도식화 한 것이다. 실험 환경에서 송수신기는 LTE-M 신호가 선박의 타 구조물에 영향을 받지 않도록 가급적 선교 위쪽과 같은 개방된 공간에 설치가 필요하며, 선박이 이동함에 따른 진동이나 바람에 흔들리지 않도록 고정이 필요하다. 성능 시험은 LTE-M 기지국과 운영센터의 서버와 통신하게 되므로 사전에 테스트 송수신기 등록을 비롯한 FTP 서버 설정 등을 준비하여야 한다.

Fig. 4(b)는 테스트랩 환경에서 소형 LTE-M 송수신기의 성능 시험을 진행하기 위한 장비 구성을 그림으로 도식화 한 것이다. 실험 환경과 장비 구성이 유사하지만, GPS 수신기와 휴대용 배터리는 제외할 수 있다. 테스트랩 환경에서의 송수신기 성능 시험은 앞서 시험 항목으로 도출한 접속유지율 테스트를 위함이다. 접속유지율 시험은 장시간에 걸쳐 진행되므로 안정적인 전원 공급이 필수이며, 외부 신호에 의한 간섭을 받지 않도록 차폐실 같은 폐쇄적 공간을 고려해 볼 수 있다.

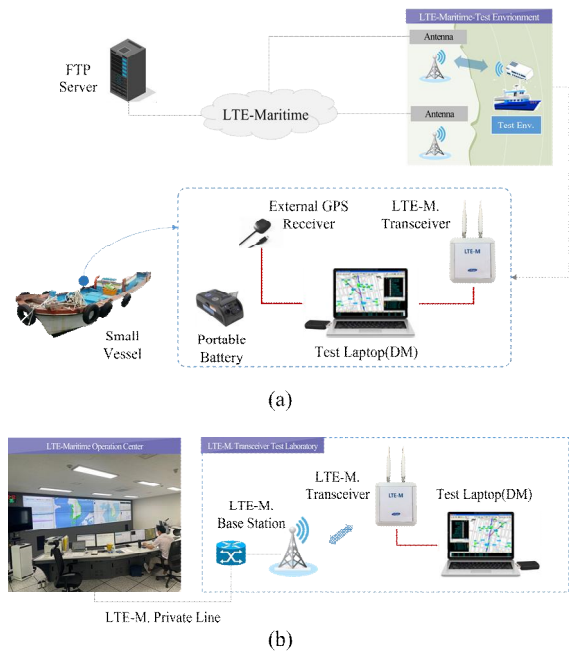


Fig. 4. Performance test equipments and environments:
(a) real-sea area, (b) laboratory.

3.3 성능 시험 절차 및 결과 분석 방안

소형 LTE-M 송수신기의 성능 시험 절차와 결과 분석은 시험 항목에 따라 상이하하며, 절차 및 분석 방법에 따라 결과 값이 다르게 도출될 수 있음을 인지하여야 한다. 우선 접속유지율 시험을 제외한 모든 시험은 실험 환경에서 진행된다. 실험 시험은 선박이 운항 중일 때의 기상 조건, 송수신기의 설치 위치 등에 따라 다른 결과를 얻을 수 있으므로 최대한 동일 환경에서 시험을 진행하여야 한다. 시험을 위한 선박은 항로가 정해진 일반 여객선을 활용하거나 소형 선박을 이용하여 계획된 항로로 운항하는 방법을 선택할 수 있다.

3.3.1 성능 시험 절차

전계강도 시험은 시험 노선의 왕·복을 분리하고, 동일 선박 및 자리를 지정하여 선박 출항부터 입항까지 항로 구간에 대해 초 단위로 연속으로 측정한다. 전송속도 및 전송성공률 시

험은 LTE-M 망의 FTP 서버와 송수신기 간 DL-UL 패킷을 교차하여 반복 송·수신하면서 항로 구간을 연속하여 측정한다. Fig. 5는 송수신기가 데이터 전송 호를 송수신하기 위한 파라미터 설정 값을 나타낸 것이다. 접속유지율 시험은 LTE-M 기지국과 송수신기 간 RRC(Radio Resource Control) 프로토콜 메시지를 송수신하는 현황을 총 4일간(1일 단위) 연속하여 측정한다.

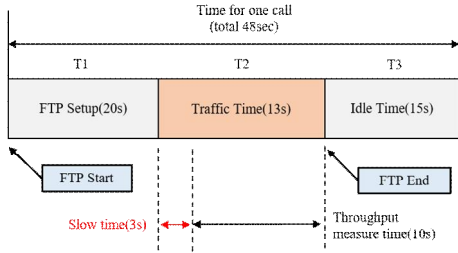


Fig. 5. Data transmission test parameter setting.

3.3.2 성능 결과 분석 방안

소형 LTE-M 송수신기의 성능 시험은 집중관리구역(0~30km)과 관심구역(30~50km)으로 구분되어 시험 기준이 수립되어 있으므로 측정 결과 또한 구역별 분석이 필요하다. 이에 Fig. 6과 같이 품질검증 기준선으로부터 10km 단위로 해역을 구분한 분석 시스템을 통해 시험 결과를 분석처리 할 수 있다.

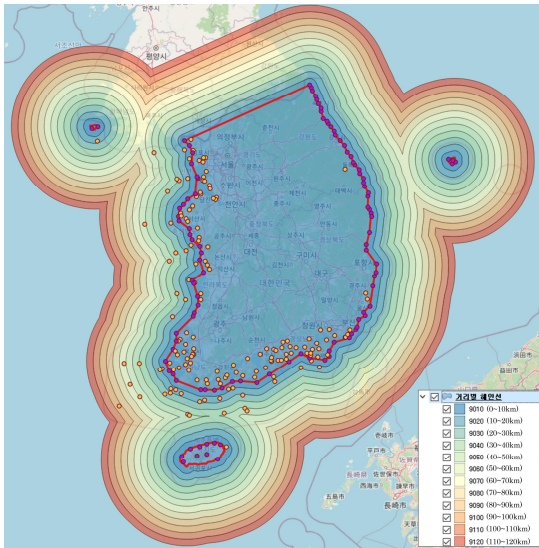


Fig. 6. Classification of the LTE-M sea area by 10km unit section.

전계강도 시험은 커버리지 비율 산출로 요구 기준에 부합되는지를 확인한다. 커버리지는 특정 전계강도 이상의 품질이 보장될 영역을 서비스 가능 영역으로 정의한다. 이를 위해 해역을 (가로)75m×(세로)75m의 격자로 구분한 뒤, 총 측정 격자수에 대해 각 격자 내 초 단위로 측정된 RSRP 값의 평균이 시

험 기준 전계 값을 만족시키는 비율로 커버리지가 산출된다.

전송속도 시험은 접속실패나 전송단절을 제외한 전송성공호의 평균으로 다운링크 및 업링크의 속도를 산출한다. 각 호의 전송속도는 Fig. 5의 13초로 부여된 Traffic Time 중 초기 Slow time 3초를 제외한 나머지 10초에 대한 데이터 처리속도 평균으로 산정하게 된다. 전송성공률 시험 결과는 FTP 접속실패 호와 Traffic Time 중간에 파일 전송이 멈추는 전송단절 호를 제외하여 전송성공 호를 산출하게 된다.

접속유지율 시험은 매 1일 단위 측정을 기본으로 총 4일간 측정 결과를 종합하여 결과를 도출한다. 저장된 로그 확인으로 총 측정 시간 중 송수신기와 기지국 간 detach 된 시점부터 RRC 연결 설정이 완료된 시점까지를 접속유지에 실패 및 절단시간으로 정의하고, RRC 연결 설정 완료 상태로 지속되는 시간을 접속유지 성공으로 보아 최종 유지율을 산출한다.

앞서 서술한 성능 결과 분석 방안은 본 연구에서 참조로 하는 해양수산부의 소형 송수신기 성능 요구 기준에 따라 설계된 시험 항목별 분석 방안이다. 서비스 형태별 전송속도 분석(KRISO, 2017), 실제 700MHz 대역의 타 공공안전통신망(재난안전통신망, 철도통합무선망)과 연안에서의 LTE 신호 간섭에 따른 통신품질 변화, 기지국 셀 반경 내의 이용자 수에 따른 전송속도 영향 등 다각도의 데이터 분석을 통해 소형 송수신기의 보다 실제적인 성능 분석이 가능할 것으로 보인다.

4. 실효역 성능 시험 결과 및 고찰

소형 LTE-M 송수신기의 성능 시험은 전계강도, 전송속도 및 전송성공률의 경우 실효역 시험으로 진행하고 접속유지율 시험은 테스트랩에서 진행하였다. 실효역 시험은 앞서 검토한 해역별 어선 사고 빈도와 운항 밀집도가 높은 곳을 위주로 최종적으로 Table 4와 같이 선정하였다. 본 연구의 실효역 성능 시험 결과는 소형 송수신기가 설치되고 사용되는 모든 해역을 대상으로 진행된 것이 아니며, 시험 선박의 구조물에 의한 송수신기 무선 전파 환경 및 실제 해상 기상 상황 등에 의한 환경적 변수에 따라 다른 결과를 보일 수 있음을 유념하여야 한다.

Table 4. Performance test route and key information of the small-sized LTE-M transceiver

Test route	Ship name	Ship type	Gross tonnage
Incheon-Deokjeok	Koreana	flier	226
Daecheon-Oeyeon	West Frontier	general	140
Gunsan-Eocheong	New Eocheong Ferry	high-speed	121
Mokpo-Jeju	Queen Mary	car-ferry	13,665
Nokdong-Geomun	First Queen	flier	170
Tongyeong waters	Hanaho	yacht	5.9

소형 초고속해상무선통신망 송수신기 성능 검증 방안에 관한 연구

Fig. 7은 소형 LTE-M 송수신기의 전계강도 성능 시험 결과이다. ‘인천~덕적도’와 ‘통영 해역’ 노선은 관심구역에 해당되는 측정값이 없으므로 집중관리구역의 결과만을 나타내었다. 각 구역별 평균 전계강도 기준의 경우 시험대상 노선 모두 기준 값을 상회하였다. 다만 통영 해역은 선박이 육지와 인접하여 운항하여 커버리지 비율이 92.5%로 확인되며, 이는 2dBi 안테나를 장착한 송수신기 특성으로 인해 육지 인근의 음영 구역 영향을 더 많이 받은 것으로 분석된다.

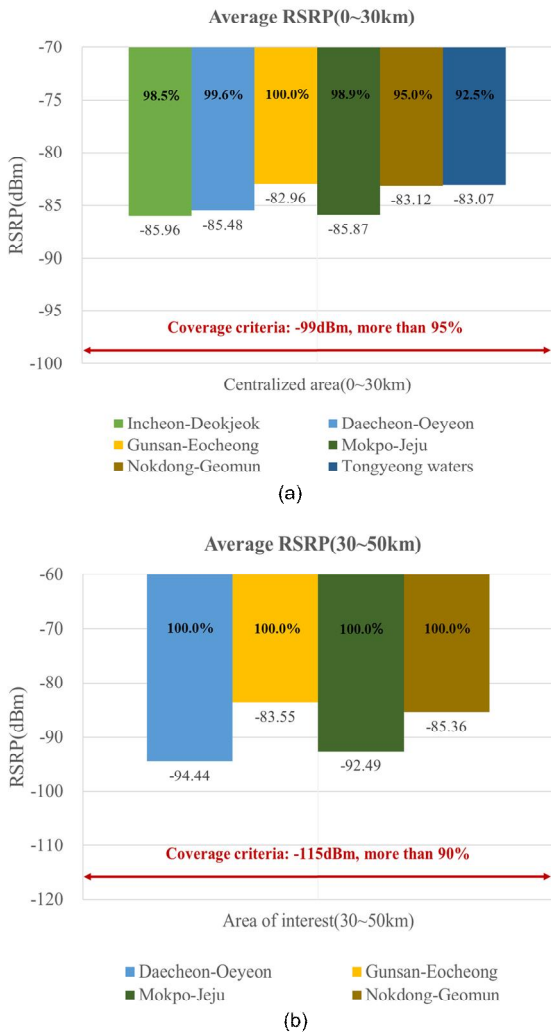


Fig. 7. RSRP results of the LTE-M transceiver for small vessels: (a) Intensive management zone, (b) Interesting zone.

Fig. 8은 집중관리구역에서 소형 LTE-M 송수신기의 데이터 전송속도와 전송성공률에 대한 성능 시험 결과이다. 전체 6개 시험노선의 평균 전송속도는 다운링크의 경우 20.11Mbps이며 업링크의 경우 10.70Mbps이다. 전송성공률 시험의 경우

다운링크 및 업링크 결과가 99.32%로 동일하게 나왔으며 앞서 수립한 성능 요구기준을 모두 만족함을 알 수 있다.

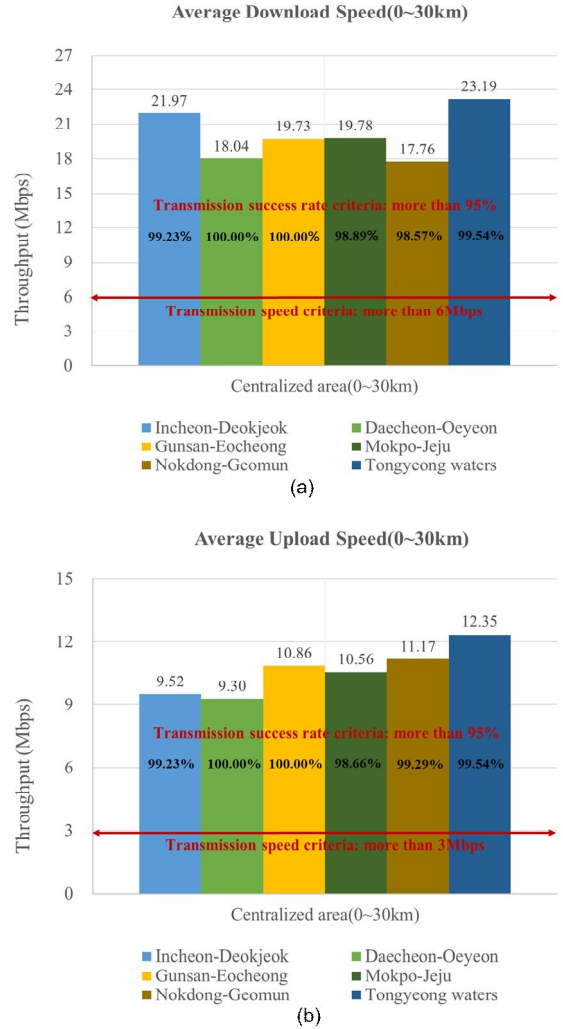


Fig. 8. Transmission speed and success rate results of the small-sized LTE-M transceiver in the intensive management zone: (a) Downlink, (b) Uplink.

Fig. 9는 관심구역의 성능 시험 결과로, 전송성공률의 경우 Fig. 8의 집중관리구역 결과와 큰 차이를 보이지 않은 반면, 전송속도는 유의미한 차이를 보였다. 이는 소형선박용 송수신기가 연안 해역에서 운항하는 선박에 특화되어 개발되었음을 알 수 있다. 주목할 결과는 ‘군산~어청도’의 전송속도가 타 노선에 비해 매우 월등하고, ‘대전~외연도’의 경우 상대적으로 열등함을 보였다. 이는 Fig. 7(b)에서 확인한 전계강도 시험 결과에서 비롯된 것임을 파악할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 소형 초고속해상무선통신망 송수신기의 실해역 성능 평가 방안을 수립하고 이에 기반한 시험 수행 및 측정 결과를 제시하였다. 특히, 국내 소형 선박의 주요 활동해역 및 해양 사고 다발 지역을 분석하여 실효성 있는 실해역 시험 결과를 제시함으로써 성능 평가 방안의 신뢰성을 제고하였다. 실해역에서 수행한 전체 6개 노선에 대한 시험 결과로, 시험 대상 노선 모두 집중관리구역 95% 이상 및 관심구역 100%의 커버리지 성능을 보였으며, 다운로드 전송속도의 경우 집중관리구역 17Mbps 이상 및 관심구역 9Mbps 이상의 충분한 성능을 확인할 수 있었다. 또한 전체 노선에서 업링크 전송속도는 집중관리구역에서 9Mbps 이상 및 관심구역 3Mbps 이상으로 요구 기준 이상의 성능 결과를 보였다.

본 논문에서 제안한 성능 평가 방안은 해양수산부가 제시한 요구 성능 기준을 적용하는 참고 자료로 활용할 수 있을 것이다. 다만, 기존 LTE-M 송수신기 및 소형 송수신기가 보급·활성화될 경우, 관련 표준 및 요구 성능 기준에 기반한 보다 실효성 있는 성능 시험 설계가 필요할 것으로 보인다. 본 연구는 소형 LTE-M 송수신기를 신규로 개발하는 기업이 사전검증을 통한 개발기간 단축 및 적기 시장진출에 도움을 줄 것으로 예상되며, 정부의 바다 내비게이션 서비스 추진 사업 및 소형 송수신기의 안정적인 보급·확산에 기여할 것으로 기대된다.

사 사

본 논문은 해양수산부 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행하는 “초고속해상무선통신망 무선설비 다각화 및 통신연계 기술개발 연구”(RS-2021-KS211523)의 일부 내용을 밝힙니다.

References

- [1] IMO(2018), MSC.1/Circ.1595, e-Navigation Strategy Implementation Plan (SIP).
- [2] KMST(2023), Location information service, <http://www.kmst.go.kr/web/map/gmtViewNew.do?menuIdx=120>, Korea Maritime Safety Tribunal (Accessed: Nov, 2023).
- [3] KMST(2022), Maritime Accident Statistics in 2022, Korea Maritime Safety Tribunal.
- [4] KRISO(2018), IMO Next-generation Maritime Safety Comprehensive Management System LTE-Maritime Network Construction Request for Proposal, Korea Research Institute of

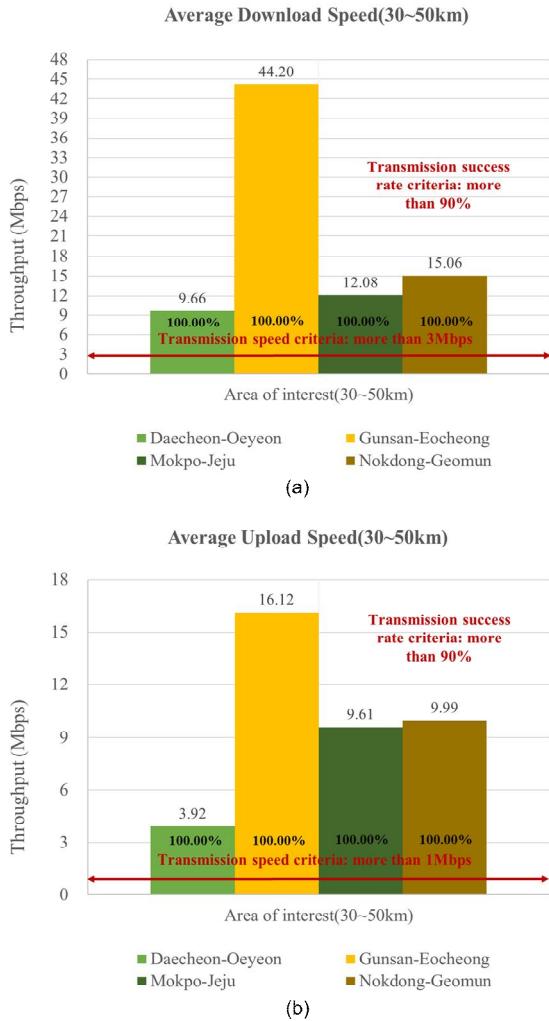


Fig. 9. Transmission speed and success rate results of the small-sized LTE-M transceiver in the interesting zone: (a) Downlink, (b) Uplink.

마지막으로 Table 5는 테스트랩의 차폐실에서 타 무선신호의 간섭이 없도록 강전계 환경을 구축하여 4일 동안 진행한 접속유지율 성능 시험 결과이다. 시험은 매 1일 단위로 측정하여 결과를 분석하였고, 송수신기가 LTE-M 망과 attach 상태를 유지하며 시험 종료까지 안정적으로 접속됨을 확인하였다.

Table 5. Connection retention rate results of the small-sized LTE-M transceiver at laboratory for 4 days

Measurement	1st.	2nd.	3rd.	4th.	Total
Disconnection time(sec)	0	0	0	0	0
Connection retention rate(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Ships and Ocean Engineering, p. 4.

- [5] KRISO(2017), Establishment of High-Speed Maritime Wireless Communication Network (LTE-M) Information System Master Plan(ISMP) IV, Basic Design and Construction Plan, pp. 25-26.
- [6] MarineTraffic(2022), Marine Traffic Live Map, <https://www.marinetraffic.com/>, Global Ship Tracking Intelligence (Accessed: May, 2022).
- [7] MOF(2023), e-Nav Portal, <https://e-navigation.mof.go.kr/>, Ministry of Oceans and Fisheries.
- [8] MOF(2022), Performance Standards for Intelligent Marine Traffic Information Service Terminals (Small-Sized Transceiver), <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=45621&menuSeq=375&bbsSeq=9>, Ministry of Oceans and Fisheries.
- [9] MOF(2021), Dreaming of 'Reducing Maritime Accidents by 30%', The World's First Maritime Navigation Departure!, <https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?menuSeq=971&bbsSeq=10&docSeq=37404>, Ministry of Oceans and Fisheries.
- [10] Shim, W. -S., B. -Y. Kim, C. -Y. Park, and B. -H. Lee(2021), Novel Maritime Wireless Communication based on Mobile Technology for the Safety of Navigation: LTE-Maritime focusing on the Cell Planning and its Verification. Journal of Navigation and Port Research, Vol. 45, No. 5, pp. 231-237.
- [11] TTAK.KO-06.0530/R1(2022), Interoperability Test Specification for Transceiver of LTE Maritime Using the Integrated Public Network Frequency, Telecommunications Technology Association.

Received : 2023. 11. 28.

Revised : 2023. 12. 26.

Accepted : 2023. 12. 29.