

## 해상 광대역 통신시스템 개발

김지성<sup>1</sup> · 윤정인<sup>2</sup> · 정경국<sup>3</sup> · 김성윤<sup>4</sup> · 강희욱<sup>5</sup> · 이종률<sup>6</sup> · 손원일<sup>7</sup> · 김경남<sup>8</sup> · 이두용<sup>†</sup>

(Received March 7, 2018 ; Revised May 9, 2018 ; Accepted May 25, 2018)

### Development of marine broadband communication system

Ji-Sung Kim<sup>1</sup> · Jeong-In Yun<sup>2</sup> · Kyung-Kuk Jung<sup>3</sup> · Sung-Yoon Kim<sup>4</sup> · Hee-Wook Kang<sup>5</sup> · Jong-Lyul Lee<sup>6</sup> · Won-Il Son<sup>7</sup> · Kyung-Nam Kim<sup>8</sup>  
· Du-Yong Lee<sup>†</sup>

**요약:** 본 논문의 목적은 육상 및 해상 단말기지국용 브릿지 장비, 저가 보급형 기지국 자동추적 안테나 시스템을 개발하는 것이다. 시험은 브리징 처리속도, 하드웨어 복구, 통달거리 및 통신속도로 총 4가지를 기본적으로 실시하였다. 브리징 처리속도 시험의 실험방법은 브리지 장비와 안테나를 설치하고 기존의 안테나가 신호단절로 인하여 연결이 끊어졌을 경우 10 초 이내에 새로운 안테나에 연결이 가능한지 확인하였다. 하드웨어 복구 시험의 실험방법은 브리지 장비를 설치하고 브리지장비의 전원을 눌러 로그인 화면이 나올 때까지의 시간이 60 초 이내인지 확인하였다. 통달거리 시험의 실험방법은 육상 기지국과 중계기의 통신상태를 확인하고 중계기가 장착된 GPS를 통해 육상 기지국과 중계기의 거리가 30 km 이상인지 확인하였다. 통신속도 시험의 실험방법은 설치된 중계기를 이용하여 전송시험을 위한 사이트에 접속하여 통신상태를 확인한 뒤 30 km거리에서 육상 기지국과 중계기의 통신속도가 1 Mbps 이상인지 확인하였다. 실험 측정결과 브리징 처리 속도 3.16 초, 하드웨어 복구시간 52.21 초, 통달거리 32.26 km, 통신속도 다운로드 6.35 Mbps, 업로드 4.05 Mbps로 4 가지 실험 모두 요구기준에 충족하여 적합 판정을 받았다. 본 연구에서 실험한 통신시스템의 4가지 성능이 목표치 이상을 충족하며 개발완료된 상태로 본 연구결과는 원격 모니터링 시스템(NMS) 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**주제어:** 안테나 시스템, 브리징 처리속도, 하드웨어 복구, 통달거리, 통신속도

**Abstract:** This study aims to develop bridge equipment for terrestrial and maritime terminal stations and automatic tracking antenna systems for low-cost base stations. The tests were performed considering the bridging speed, hardware recovery, distance range and communication speed. The bridging speed test was conducted by installing a bridging device and an antenna, and it was confirmed that the existing antenna could be connected to the new antenna within 10 s if the connection was cut off because of signal interruption. The hardware recovery test method was used to install the bridge device, and it was confirmed that the time to reach the login screen by pressing the power button of the breeze device was within 60 s. The test method of the distance range test verified the communication status of the land base station and the repeater, and it was confirmed through the GPS equipped in the repeater that the distance between the land base station and the repeater was over 30 km. The test method of the communication speed test aimed to check the communication status by connecting to the site for the transmission test using the installed repeater. This test confirmed that the communication speed between the terrestrial base station and the repeater was over 1 Mbps at a 30 km distance. The experiment showed that in all tests, the bridging processing speed was 3.16 s; the hardware recovery time was 52.21 s; the communication distance was 32.26 km; and the communication speed for downloading was 6.35 Mbps, whereas that for uploading was 4.05 Mbps. The results of this study are expected to contribute to the development of a remote monitoring system.

**Keywords:** Antenna system, Bridging speed, Hardware recovery, Distance range, Communication speed

† Corresponding Author (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3909-6500>): Energy & Marine Research Division, Korea Marine Equipment Research Institute, 435, Haeyang-ro, Yeongdo-gu, Busan 49111, Korea, E-mail: [dylee@komeri.re.kr](mailto:dylee@komeri.re.kr), Tel: 051-400-5074

1 Energy & Marine Research Division, Korea Marine Equipment Research Institute, E-mail: [jskim@komeri.re.kr](mailto:jskim@komeri.re.kr), Tel: 051-400-5082

2 Energy & Marine Research Division, Korea Marine Equipment Research Institute, E-mail: [jiyun@komeri.re.kr](mailto:jiyun@komeri.re.kr), Tel: 051-400-5078

3 Energy & Marine Research Division, Korea Marine Equipment Research Institute, E-mail: [kkjung@komeri.re.kr](mailto:kkjung@komeri.re.kr), Tel: 051-400-5058

4 Energy & Marine Research Division, Korea Marine Equipment Research Institute, E-mail: [sukim@komeri.re.kr](mailto:sukim@komeri.re.kr), Tel: 051-400-5030

5 R&D Center, HarborMAX, E-mail: [hwkang@harbormax.com](mailto:hwkang@harbormax.com), Tel: 051-626-9451

6 R&D Center, HarborMAX, E-mail: [youlee@harbormax.com](mailto:youlee@harbormax.com), Tel: 051-626-9451

7 R&D Center, HarborMAX, E-mail: [wonil.son@harbormax.com](mailto:wonil.son@harbormax.com), Tel: 051-626-9451

8 R&D Center, HarborMAX, E-mail: [kknnnn@harbormax.com](mailto:kknnnn@harbormax.com), Tel: 051-626-9451

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### 1. 서론

해양환경규제, 온실가스 저감, 에너지 전략 및 선박 안전성 강화 등 다양한 분야에서 선박 및 해양구조물에 대한 기술이 개발되고 있으며, 특히 IT 등 첨단 기술의 융복합화를 통한 고기능성, 지능형의 친환경 선박의 설계 및 생산기술 개발에 주력하고 있다. 조선해양 산업에서의 IT융합 분야는 친환경 선박의 설계, 생산 및 관리 측면에서의 조선 IT융합과 친환경 선박 건조 및 운항 시스템의 최적화를 위한 IT융합 주도형 산업이다. 해상IT통신산업은 육상IT통신산업에 비해 발전속도가 매우 느리며 장비 및 통신서비스 설치의 물리적 제약에 따라 소요비용이 매우 고가이다[1]-[9].

해상 선박 및 구조물과 승조원 안전을 위하여 통신망은 필수적인 요소이다. 1999년 2월부터 국제적으로 조난 및 안전제도(Global Maritime Distress Safety System, GMDSS)를 도입하게 되었으며, 이 GMDSS에서는 해상에서의 선박 침몰 및 충돌 회피 등을 목적으로 통신절차, 장비의 형태, 통신 프로토콜 등을 명시하고 있다. 또한 해상 선박 및 구조물 승조원 복지증진을 위한 인터넷 데이터 통신 필수 제공되는 추세(EU(유럽연합)이며 해상 선박 및 구조물의 안전 및 각종 항해, 선박정보의 육상 내 자료 보전 및 관리를 위한 인터넷 데이터 통신 및 원격관제 솔루션이 필요하다[10]. 따라서 고가의 인공위성을 사용하지 않고 연안에서 직접 해상의 AP와 장거리 무선 광대역 통신을 하기 위해서는 안테나 송수신 기법에 있어 새로운 기술이 필요한 실정이다.

본 기술은 연근해의 해상 환경에서 기존의 인공위성을 이용하는 시스템을 취하지 않고 중소형 선박들이 인터넷으로 데이터를 손쉽게 송수신 할 수 있도록 연안 인터넷 통신용 안테나 및 제어 시스템을 개발하는 것이다. 현재 해상 선박 및 구조물은 VAST, Inmarsat과 같은 위성을 이용한 데이터 통신방법을 사용하고 있으나 고가의 장비가격 및 요금체계, 저품질의 데이터 전송속도 등의 단점이 있다. 하지만 본 논문에서 개발한 통신시스템은 장비의 경량 및 소형화, 저렴한 설치가격 및 요금체계, 고품질의 데이터 전송이 가능한 장점을 가지고 있다.



Figure 1: Example of remote monitoring for safe navigation of ship

본 논문에 개발하고자 하는 지향성 안테나 육상기지국 자동추적 안테나 시스템은 Figure 1에 나타난 바와 같이 운항중인 선박에 설치하여 육상기지국을 자동으로 추적하는

기술이다. 따라서 선박에 운동에 따라 연결된 기존의 안테나 끊기더라도 빠른 시간내에 새로운 안테나로 자동으로 연결하는 능력(브릿지 처리속도), 빠른 시간내에 브릿지 장비의 하드웨어를 복구할 수 있는 능력(하드웨어 복구시간), 육상과 30 km 떨어진 해상에서 통신가능여부(통달거리), 30 km지점에서 1 Mbps의 통신속도로 전송가능여부(통신속도)를 시험하고자 한다.

### 2. 실험 장치 및 방법

#### 2.1 실험 장치

실험에 사용된 시험별 시험환경 및 장비사항을 Table 1에 나타낸다. 시험환경은 시험당시 온도와 습도를 측정하여 시험 재현성을 높일 수 있도록 하였다. 실험장비에 대한 장비명, 모델, 일련번호 등을 기재하였다. 선박이라는 실험장소를 고려하여 이동과 보관이 간편한 laptop computer를 사용하였으며 교정된 stopwatch를 이용하여 속도 등 시간을 정확히 측정하였다.

시험별 실험 장치 사진을 Figure 2, Figure 3 및 Figure 4에 나타낸다. 브리징 처리속도 시험의 실험장치는 EUT(MS-M88F), 시험보조안테나 2개로 구성된다. 하드웨어 복구 시험의 경우 EUT(MS-M88F)와 모니터링 장치로 구성된다. 통달거리 및 통신속도 시험의 경우 EUT(SD-T17090), 시험보조장비인 Maricomm bridge unit(MS-88D), IPTIME사의 공유기(A1004NS)로 구성된다.

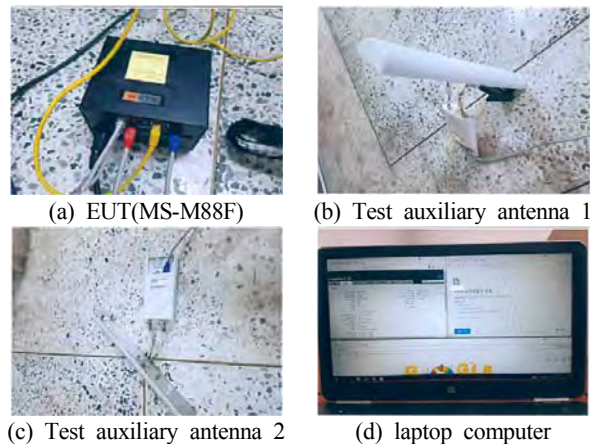


Figure 2: Photograph of experiment device of bridging speed

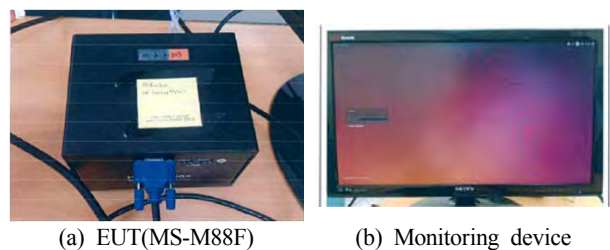


Figure 3: Photograph of experiment device of hardware recovery

**Table 1:** Environment and equipment for each test

Test	Test environment		Equipment	Model	Serial number	Effective date of calibration
	Temperature	Humidity				
Bridging speed	23.8 ± 2.5 °C	64 ± 6 % RH.	Test laptop computer	LENOVO G50-30	PF0539NJ	-
			Stopwatch	HS-80TW	903Q07R-1	~2018.08.18
Hardware recovery	24.1 ± 2.5 °C	58 ± 6 % RH.	Test laptop computer	HP 15-au646TX	5CD711C49Z	-
			Stopwatch	HS-80TW	903Q07R-1	~2018.08.18
Distance range	21.8 ± 2.1 °C	62 ± 6 % RH.	Test laptop computer	HP 15-au646TX	5CD711C49Z	-
Communication speed	21.9 ± 2.2 °C	61 ± 5 % RH.				



(a) EUT(SD-T17090) (b) Maricom bridge unit (c) Router  
(c) Distance range and communication speed

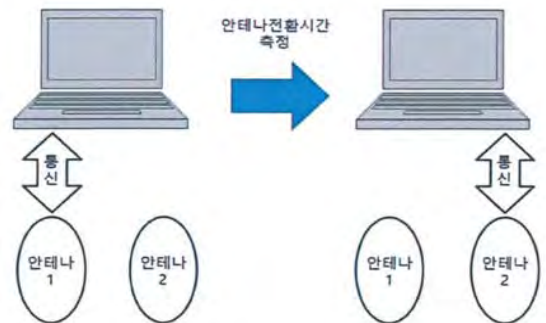
**Figure 4:** Photograph of experiment device of distance range and communication speed

2.2 실험 방법

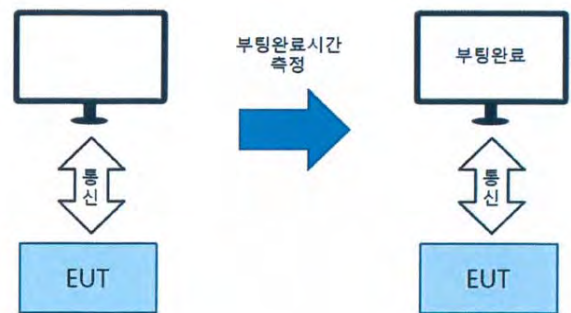
선박 측에서의 실험방법을 **Figure 5**에 나타낸다. **Figure 5 (a)**를 살펴보면 브리징 처리속도의 시험의 모식도를 나타낸다. 기본적으로 laptop computer와 안테나 사이에서 통신을 하며 이때의 안테나 전환시간을 측정하도록 하였다. 기존의 안테나가 신호단절로 인하여 연결이 끊어졌을 경우 10 초 이내에 새로운 안테나에 연결이 가능한지 확인하였다. 안테나의 연결은 각각 두 안테나 모듈의 LED점등 여부와 상태화면의 신호세기로 확인하였으며 검정된 스톱워치를 이용하여 시간 측정을 하였다.

**Figure 5 (b)**를 살펴보면 하드웨어 복구 시험의 모식도를 나타낸다. 모니터링 장치와 시료인 EUT사이에서 통신을 하며 부팅완료시간을 모니터링 장치를 이용하여 측정하였다. 브릿지 장비의 전원을 눌러 로그인 화면이 나올 때까지를 하드웨어 복구시간으로 정의하며 하드웨어 복구시간이 60 초이내인지 확인하였다. **Figure 5 (c)**를 살펴보면 통달거리 및 통신속도 시험의 모식도를 나타낸다. 선박의 선수 및 선미에 각각 모니터링 장치와 시료인 EUT를 설치하여 실험을 실시하였다. 통달거리 시험의 경우 육상 기지국과 선박에 설치된 중계기기의 통신상태를 확인하고 중계기에 장착된 GPS를 통해 육상 기지국과 중계기의 거리가 30 km 이상인지 측정하였다. 통신속도 시험의 경우 설치된 중계기로 전송시험을 위한 사이트(<http://speedtest.net/>)에 접속하여 통신상태를 확인하였으며 30 km의 거리에서 육상 기지국과 중계기가 통신속도가 1 Mbps이상인지 확인하였다.

단거리 데이터 송수신의 경우, 아직 개발단계에 있으므로 본 논문에서는 원격지 선상에서 인터넷 업로드/다운로드 속도측정과 동영상 미디어 재생으로 성능시험을 평가하였다. 차후 선박 기관장비 상황, 승객들의 정밀측위 등의 데이터를 송수신하는 실험을 진행할 예정이다.



(a) Bridging speed



(b) Hardware recovery



(c) Distance range and communication speed

**Figure 5:** Experimental device for each test

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 브리징 처리 속도 시험

브리징 처리속도는 선박운동에 따라 연결된 기존의 안테나가 끊기더라도 빠른 시간내에 새로운 안테나로 자동하는 능력을 말한다. 본 실험의 절차는 첫 번째로 선박에 브리지 장비와 안테나를 설치하고 두 번째로 기존의 안테나가 신호단절로 인하여 육상과의 연결이 끊어졌을 경우 새로운 안테나에 연결이 가능한지 확인한다. 이 때, 안테나의 연결은 각각 두 안테나 모델의 LED점등 여부와 상태화면의 신호세기로 확인한다. 마지막으로 시간 측정은 검정된 스톱워치를 이용한다. 브리징 처리속도시험의 시료 설치 사진과 브리징 처리속도 시험의 결과를 각각 **Figure 6**과 **Table 2**에 나타낸다. 브리징 장비의 안테나 전환시간에 국제 기준이 마련되어 있지 않으므로 10 초 이내로 설정하였으며, 측정결과 3.16 초로 적합 판정을 받았다. 브리징 처리 속도의 세계적인 수준은 20 초(ETRI)이므로, 본 실험의 결과는 그보다 50% 단축한 향상된 결과를 나타내었다.



Figure 6: Sample installation of bridging speed test

Table 2: Result of test of bridging speed

Acceptance criteria	Result of test	Judgement
within 10 s	3.16 s	Pass

Receipt No.	17T3010	Test Method	신정자 제공 규격
Tested Date	2017. 09. 27	Laboratory	On site
Test Environment	( 23.8 ± 2.5 ) °C , ( 64 ± 6 ) %R.H.		
Tested by	박기호	Approved by	이상우

#### 3.2 하드웨어 복구 시간 시험

하드웨어의 복구시간은 갑작스럽게 선박의 주전원 차단이 되었을 경우 비상전원이 공급되는 상황에서 빠른 시간내에 브릿지 장비의 하드웨어를 복구할 수 있는 능력을 평가하는 것이다. 시험 절차는 첫 번째로 선박에 브리지 장비를 설치하고 두 번째로 브리지 장비의 전원을 눌러 로그인 화면이 나올 때까지를 하드웨어 복구시간으로 한다. 세 번째로 하드웨어 복구시간이 60 초 이내인지 확인하고 마지막으로 시간 측정은 검정된 스톱워치를 활용한다. 하드웨어 복구 시간 시험의 시료 설치 사진들과 하드웨어 복구시간 시험의 결과를 각각 **Figure 7**에 **Table 3**에 나타낸다. 적합 기준은 일반적인 컴퓨터의 부팅시간을 고려하여 60 초로 선정하였으며 실험결과 52.21 초로 적합 판정을 받았다. 하드웨어 복구시간의 세계 최고수준은 75 초(ETRI)이므로 본 시험에서의 결과는 그 보다 약 13 초 단축한 향상된 결과를 나타내었다.



Figure 7: Sample installation of hardware recovery test

Table 3: Result of test of hardware recovery

Acceptance criteria	Result of test	Judgement
within 60 s	52.21 s	Pass

Receipt No.	17T3010	Test Method	신정자 제공 규격
Tested Date	2017. 09. 19	Laboratory	On site
Test Environment	( 24.1 ± 2.5 ) °C , ( 58 ± 6 ) %R.H.		
Tested by	박기호	Approved by	이상우

### 3.3 통달거리 시험

통달거리 시험은 육상과 30 km 떨어진 해상에서 통신가 능여부를 확인하는 것이다. 시험절차는 육상 기지국과 선박 중계기의 통신상태를 확인하고 두 번째 중계기가 장착된 GPS를 통해 육상 기지국과 중계기의 거리가 30 km 이상인지 확인한다. 선박경로는 부산-오사카이며 시험기준 요구치는 30 km 이상이다. 시험 요구기준은 GMDSS의 기준을 고려하여 연안 선박의 70%가 30 km 거리내에 있다는 통계적 자료를 근거하여 선정하였다. 통달거리 시험의 모니터링 위치와 시료 설치 사진을 각각 Figure 8와 Figure 9에 나타낸다. 통달거리 시험의 결과를 Table 4에 나타낸다. 모니터링 장치를 통해 통신연결, 위치 및 거리를 확인하였으며 통달거리가 32.26 km로 측정되어 적합판정을 받았다. 시스템 통달거리의 세계 최고 수준은 12 km이므로 그 보다 약 2.6배 향상된 결과라고 할 수 있다.

### 3.4 통신속도 시험

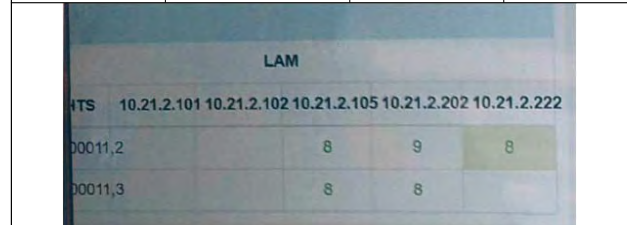
통신속도 시험은 육상과 30 km 떨어진 해상에서 1 Mbps의 통신속도로 전송가능여부를 확인하는 것이다. 실험절차는 선박에 설치된 중계기로 전송시험을 위한 사이트 (<http://speedtest.net>)에 접속하여 통신상태를 확인한 뒤 30 km의 거리에서 육상 기지국과 중계기가 통신속도가 1 Mbps 이상인지 확인한다. 선박경로는 부산-오사카이었으며 측정거리는 33.05 km이었다. 통신속도 시험의 모니터링 위치와 통신속도 시험의 결과를 각각 Figure 10과 Table 5에 나타낸다. 모니터링 장치를 통해 통신속도, 위치 및 거리를 확인할 수 있었다. 시험기준의 요구치는 일반적으로 동영상 등 미디어 데이터를 송수신할 때 필요한 최소 통신속도인 1 Mbps로 선정하였다. 실험결과 Download 6.35 Mbps, Upload 4.05 Mbps로 적합 판정을 받았다.



Figure 9: Sample installation of distance range test

Table 4: Result of test of distance range

Route of ship	Acceptance criteria	Result of test	Judgement
Busan->Osaka	more than 30 km	32.26 km	Pass



(a) Check of communication connection



(b) Check of location and distance

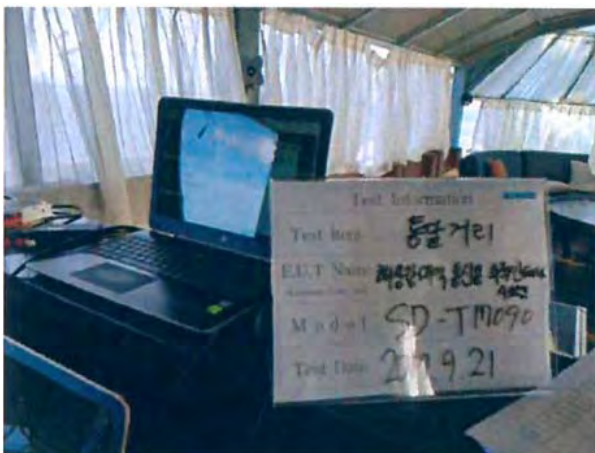


Figure 8: Location of monitoring of distance range test




Figure 10: Location of monitoring of communication speed test

Table 5: Result of test of communication speed


Route of ship	Distance	Acceptance criteria	Speed	Judgement
Busan-> Osaka	33.05km	More than 1 Mbps	Download 6.35 Mbps Upload 4.05 Mbps	Pass



(a) Check of communication speed



(b) Check of location and distance

#### 4. 결 론

본 연구에서는 육상 및 해상 단말기지국용 브릿지 장비와 저가 보급형 기지국 자동추적 안테나 시스템개발을 위한 기초 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었으며, 향후 연구내용을 기술하였다.

- (1) 마리콤 시스템의 브리징 처리속도에 대한 측정실험을 실시한 결과, 3.16 초로 요구기준 10 초이내를 만족하여 적합 판정을 받았다.
- (2) 마리콤 시스템의 하드웨어 복구 시간에 대한 측정실험을 실시한 결과, 52.21 초로 요구기준 60 초이내를 만족하여 적합 판정을 받았다.
- (3) 마리콤 시스템의 통달거리에 대한 측정실험을 실시한 결과, 32.26 km로 요구기준 30 km 이상을 만족하여 적합 판정을 받았다.
- (4) 마리콤 시스템의 통신속도에 대한 측정실험을 실시한 결과, 다운로드속도 6.35 Mbps, 업로드 속도 4.05 Mbps로 요구기준 1 Mbps를 만족하여 적합 판정을 받았다.
- (5) 본 연구는 해상환경(방풍, 방수 등) 및 선박운동(롤링, 피칭 등)에 적용형 제품과 선종에 따른 다양한 형태의 제품 개발을 통해서 자율운항선박, 해상IoT, 해양 재난구조시스템, 연안 양식장, 통발 사업장, 부이 등 다양한 요구에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.
- (6) 또한, 연안자원 확보 및 관리, 선박 안전 운항, 해상환경 보호, 해상 자동화, 해상 인명보호, 어업의 계획 생산 및 출하 등의 인프라로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.
- (7) 향후 연구내용으로는 복합적인 브릿지 장비 및 스마트 추적안테나 기술을 완성하여 다중 선박 및 안테나 트래킹이 접목된 종합 해상 무선통신시스템을 개발할 예정이다.

#### 후 기

본 연구는 2016년 하반기 기술이전사업화 사업 및 해상 광대역 통신시스템 및 선박 원격 모니터링시스템 개발 연구로 수행된 연구결과이다.

#### References

- [1] L. Styhre, H. Winnes, and J. Black, "Greenhouse gas emissions from ships in ports," *Transportation Research Part D*, vol. 54, pp. 212-224, 2017.
- [2] M. M. Rahim, Md. T. Islam, and S. Kuruppu, "Regulating global shipping corporations accountability for reducing greenhouse gas emission in the seas," *Marine Policy*, vol. 69, pp. 159-170, 2016.
- [3] H. Lindstad, B. E. Asbjornstlett, and A. H. Stromman, "Reduction in greenhouse gas emission and cost by shipping at lower speeds," *Energy Policy*, vol. 39, no. 6, pp. 3456-3464, 2011.
- [4] N. R. Ammar and I. S. Seddiek, "Eco-environmental analysis of ship emission control method: Case study RO-RO cargo vessels," *Ocean Engineering*, vol. 137, pp. 166-173, 2017.
- [5] I. S. Seddiek and M. M. Elgohary, "Eco-friendly selection of ship emission reduction strategies with emphasis on SOx and NOx emissions," *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 737-748, 2014.
- [6] L. Bilgili and U. B. Celebi, "Developing a new green ship approach for flue gas emission estimation of bulk carriers," *Measurement*, vol. 120, pp. 121-127, 2018.
- [7] H. Karahalios, "The severity of shipboard communication failure in maritime emergencies: A risk management approach," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 28, pp. 1-9, 2018.
- [8] W. Sun, C. Zhou, T. Qiu, and Y. Liu, "An efficient communication scheme for solving merge conflicts in maritime transportation," *Journal of Network and computer applications*, vol. 92, pp. 68-76, 2017.
- [9] M. Ahola and R. Mugge, "Safety in passenger ships: The influence of environmental design characteristics on people's perception of safety," *Applied Ergonomics*, vol. 59, pp. 143-152, 2017.
- [10] *Technology Roadmap, 2017-2019*, Ministry of SMEs and Startups, 2018.