

해상 초단파 대역 디지털 데이터 통신을 위한 선박 애드혹 네트워크의 실험적 실증 연구

윤창호[◊], 김승근^{*}, 조아라^{**}, 임용곤^{***}

Sea-Experiment Test of a Shipborne Ad-Hoc Network (SANET) for Maritime VHF Digital Data Communications

Changho Yun[◊], Seung-Geun Kim^{*}, A-Ra Cho^{**}, Yong-Kon Lim^{***}

요약

해상에서 새로운 디지털 데이터 교환 서비스를 제공하기 위해 기존 아날로그 통신용으로 사용하던 초단파 대역 일부를 디지털 통신용으로 전환하는 것을 2012년 세계 전파 회의에서 결의하였고, 국제 전기통신연합 무선통신섹터는 ITU-R M. 1842-1 표준을 통해 해상 디지털 데이터 통신 시스템의 기술 특성을 권고하였다. 수십 해리 정도의 제한적인 초단파 대역의 통신 거리를 극복하기 위해 애드혹 통신을 이용하여 육상국으로부터 멀리 떨어진 선박에게도 디지털 데이터 교환 서비스를 제공할 수 있도록 선박 애드혹 네트워크 (SANET; Shipborne Ad-hoc Network)의 개념이 국제해사기구를 통해 소개되었다. 본 논문에서는 해상 초단파 대역 디지털 데이터 통신을 위해 개발된 ITU-R M. 1842-1 기반의 통신 시스템에 계층별로 SANET 프로토콜을 구현하고, 실험적 실증에서 네트워크를 구축하여 채널 접속, 경로 설정, 데이터 송수신 등의 기능들을 검증하였다. 구축된 SANET은 해상정보 수집 및 분석, 입출항 간소화에 활용할 수 있으며, e-navigation을 위한 해상 디지털 통신 인프라로 활용 가능할 것이다.

Key Words : Ad-hoc, MAC, Maritime, Routing, SANET, Sea Experiment, VHF Digital Communication

ABSTRACT

Several VHF bands for the use in analog communications has been changed to those for the use in new maritime digital communications by WRC-12. ITU-R M. 1842-1 has been also standardized, recommending the characteristics of maritime digital communication systems. In addition, a Shipborne Ad-hoc Network (SANET) has been introduced by IMO in order to provide ships, which cannot be connected to a shore directly, with maritime digital data exchange services with the help of ad-hoc communication. In this paper, several functionalities of the SANET, including channel access, route determination to a shore, and data exchange, are verified via sea trials. It is expected that the SANET can be applicable to collecting and analyzing maritime information, facilitating the entry and departure of vessels, and the communication infrastructure of e-navigation.

※ 본 연구결과는 해양수산부의 “해양 RF기반 선박용 Ad-hoc 네트워크 개발” 사업의 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

◊ First and Corresponding Author : Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering(KRISO), sgn0178@kriso.re.kr, 정회원

* KRISO, sgkim@kriso.re.kr, 중신회원

** KRISO, zoazoa@kriso.re.kr, 정회원

*** KRISO, yklim@kriso.re.kr, 정회원

KICS2016-04-054, Received April 6, 2016; Revised May 31, 2016; Accepted June 17, 2016

I. 서 론

오늘날 해상 초단파 대역의 채널 사용 과부하로 선박 자동식별장치 시스템과의 충돌이 불가피하여 항행 중인 선박의 안전에 위협을 초래하고 있다^{[1][2]}. 초단파 대역 데이터 링크의 채널 사용 과부하를 방지하며 선박-육상국, 선박-선박 간의 디지털 데이터 교환을 할 수 있도록 2012년 세계 전파 회의에서 2017년 1월 1일부터 아날로그 통신용으로 사용되는 해상 초단파 대역 채널 중 일부를 디지털 통신 전용으로 전환하여 사용하는 것을 결의하였다^{[3][4]}. 또한, 국제 전기통신연합 무선통신색터는 ITU-R M. 1842-1 표준을 통해 해상 디지털 데이터 교환을 위한 통신 시스템의 기술적 특성을 권고하고 있다^[5,6].

초단파 대역의 제한적인 통신 거리로 인해 육상국과 직접 통신이 어려운 선박들은 해상 디지털 데이터 통신을 위해서 상대적으로 데이터율이 낮은 단파·중파 대역의 통신 또는 고비용의 위성 통신을 사용해야 한다. 이러한 환경을 고려하여 고비용의 위성을 사용하지 않으면서 육상과 같이 해상에서 에드혹 통신을 통해 네트워크 확장성을 보장하며 육상국과 멀리 떨어진 선박들도 초단파 대역 디지털 데이터 교환 가능할 수 있는 선박 에드혹 네트워크 (SANET; Shipborne Ad-hoc Network)의 개념이 국제해사기구 해상교통간소화위원회와 항해통신, 수색 및 구조전문 위원회에서 소개되었다^[7,8].

2009년부터 SANET의 핵심 기술을 개발하기 위해 해양수산부의 지원으로 “해양 RF기반 선박용 Ad-hoc 네트워크 개발” 사업이 추진되어 현재까지 해상 초단파 대역 채널 기술, 해상 디지털 통신 시스템 기술, 해상 네트워킹 기술 분야에서 연구가 진행되고 있다. 이에 따라, 세계 전파 회의에서 할당된 해상 초단파 대역의 통달 거리에 따른 통신 채널 특성 분석에 관한 연구가 수행되었고^[9,10], ITU-R M. 1842-1에서 권고하는 시스템 특성을 만족하는 동시에 송·수신 성능을 향상시킬 수 있도록 디지털 신호 처리, 필터 설계 등을 포함한 디지털 통신 시스템 기술도 개발되고 있다^[11-13]. 또한, 선박 자동식별장치 시스템용 프로토콜을 기반으로 하는 매체접속제어 기술과 해상환경에 최적화된 라우팅 기술을 포함한 SANET 네트워크의 설계 및 구현에 관한 연구가 수행되었다^[4,14,15].

본 논문에서는 해상 디지털 데이터 교환 서비스를 위한 SANET 기술의 가용성을 실험을 통해 확인한다. 이를 위해, 개발된 해상 초단파 대역 디지털 통신 시스템에 SANET 프로토콜들을 계층별로 구

현하고, 실험에서 육상국과 선박국들을 포함한 에드혹 네트워크를 구축하며, 네트워크 진입, 채널 접속, 육상국과의 경로 설정, 에드혹 통신을 이용한 해상 디지털 데이터 교환 서비스 등의 기능들을 검증하여 해상에서 SANET의 가용성을 확인한다.

본 논문에서는 구성은 아래와 같다. 2장에서는 ITU-R M. 1842-1 기반 해상 초단파 대역 디지털 통신 시스템과 계층별로 SANET 프로토콜들을 간략히 설명한다. 3장에서는 실험 측정 시험 장치 및 방법과 실험 실증 결과를 분석하며, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. SANET 개요

2.1 SANET의 개념

국제 항해용 300톤 이상 또는 국제 항해용이 아니지만 500톤 이상의 선박국들만 적용되는 선박 자동식별장치 시스템과 달리^[16], SANET에서는 다양한 목적과 톤수를 가지는 선박들이 모두 고려된다. 그림 1에서와 같이, SANET은 육상국과 선박국들로 구성되고, 선박국들의 위치 및 항해 방향의 불확실성으로 인해 랜덤한 네트워크 구조를 가진다^[14]. 육상국은 백본 네트워크와 연결되어 선박국들에게 전자우편, 안전관련 정보, 선박국의 위치 및 이동 정보 등을 포함한 다양한 서비스를 제공하는 역할을 수행한다^[8]. 선박국들은 육상국과의 통신 경로를 형성하여 SANET에 참여하고 육상국이 제공하는 서비스들을 이용한다.

선박국들이 SANET에 진입하는 과정은 아래와 같다^[14].

- 선박국은 이웃 선박국들의 신호를 수신하여 네트워크 진입 가능성을 확인한다.
- 이웃 선박국들이 존재하면 주어진 매체접속제어 (MAC; Medium Access Control) 프로토콜을 이

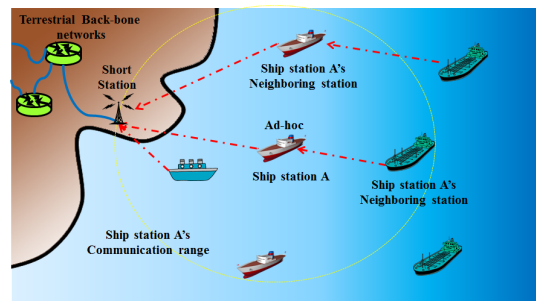


그림 1. SANET 구조
Fig. 1. An architecture of SANET

용하여 패킷을 전송할 수 있는 시간 슬롯을 스스로 할당한다.

- 라우팅 프로토콜을 이용하여 육상국과의 경로를 설정한다.
- 설정된 경로를 이용하여 어플리케이션을 수행한다.
- 만약 이웃 선박국들이 존재하지 않거나 육상국과의 경로가 형성되지 않으면, 다른 통신 대역을 이용한다.

2.2 SANET용 디지털 통신 시스템

ITU-R M.1842-1의 Annex 1에서 해상 초단파 대역에서 25kHz의 대역폭을 사용하여 28.8kbps의 전송 속도를 갖는 디지털 통신 시스템의 송신 및 수신 장치에 요구되는 기술적 특성에 대하여 정의하고 있다⁶⁾. SANET용 디지털 통신 시스템으로 ITU-R M.1842-1 Annex 1에서 요구하는 물리계층 스펙을 만족시키면서 28.8kbps의 데이터율로 전송이 가능한 통신 시스템을 구현하였다^{12,13)}.

그림 2에서와 같이, 구현된 통신 시스템은 크기가 320*450*150mm이며, 디지털 신호처리보드, 기저대역 신호처리보드, 아날로그 수신부 보드, 아날로그 송신부 보드 및 전원공급보드를 포함한 5종의 보드로 구성되어 있다¹²⁾. ITU-R M.1842-1에서 요구하는 -70dBc의 ACPR(Adjacent Channel Power Ratio) 성능을 만족하며, 해상용 VHF 통신 대역에서 약 12.5W의 송신전력을 갖는다¹²⁾. 또한, 구현된 SANET용 디지털 통신 시스템에서 디지털 데이터 교환을 위한 물리계층은 DSP 기반으로 구현되었으며, 계층별 네트워크 프로토콜들은 ARM 기반의 Linux 환경에서 구현되었다¹³⁾.

SANET용 디지털 통신 시스템의 통달거리 실증을 위해 부산-거제간 실험역에서 시험한 결과 약 40km 거리에서 약 -81dBm의 신호를 수신하여, 이 통신 시스템이 근거리에서 뿐만 아니라 40km 이상의 거리에서도 이상없이 동작함을 확인하였다¹³⁾.

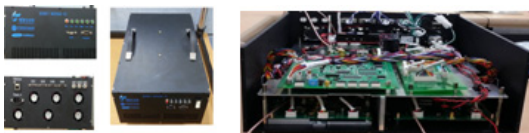


그림 2. SANET용 디지털 통신 시스템¹³⁾
Fig. 2. A digital communication MODEM for SANET

2.3 SANET 프로토콜

SANET 프로토콜은 데이터링크 계층, 네트워크 계층, 상위 계층으로 나뉘어서 아래와 같이 정의된다.

- 상위 계층에서는 SANET의 어플리케이션을 포함하여, RS-232로 연결된 외부 인터페이스를 통해 데이터를 수신하여 저장하고, 전송할 때는 데이터를 분할하여 네트워크 계층으로 내려준다.
- 네트워크 계층은 상위계층에서 내려온 데이터의 송신을 위해 라우팅 프로토콜을 이용하여 데이터의 목적지를 향한 통신 경로를 설정하고, 어플리케이션 데이터에 네트워크 계층 헤더를 추가하며 네트워크 패킷을 생성한 후 데이터 링크 계층으로 내려 보내는 역할을 한다. 또한, 데이터 링크 계층으로부터 수신한 네트워크 패킷을 경로 설정 패킷과 데이터 패킷으로 구분하여 처리한다. 경로 설정은 육상의 이동 애드혹 네트워크를 위해 설계된 Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV)를 적용한다.
- 데이터 링크 계층은 네트워크 계층에서 내려온 네트워크 패킷에 MAC 헤더들을 추가하여 MAC

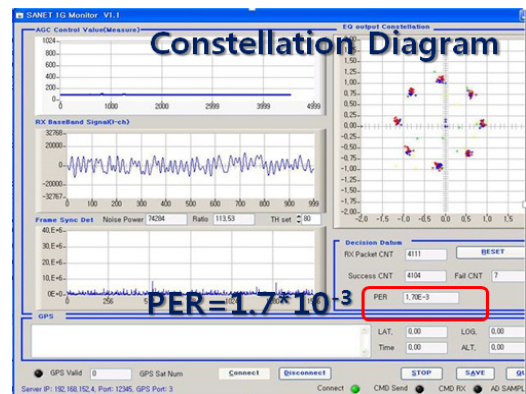
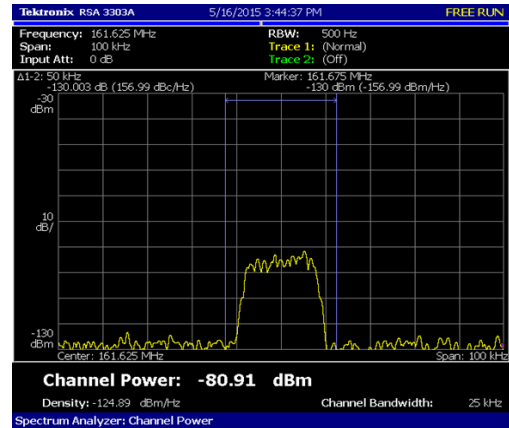


그림 3. 통신거리가 40km일때 측정된 안테나 수신전력 및 통신 시스템 수신 성능 측정 결과¹³⁾
Fig. 3. Antenna reception power and packet error rate at the communication distance of 40km

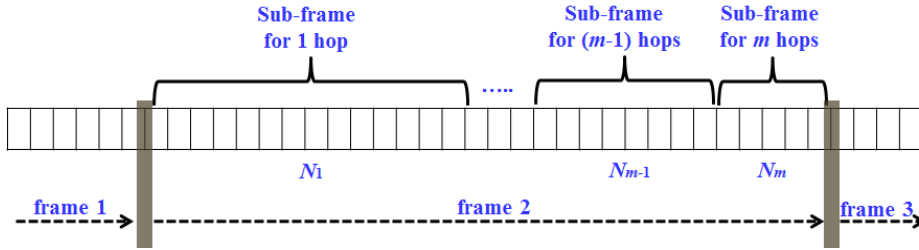


그림 4. ASO-TDMA 프레임 구조
Fig. 4. The frame structure of ASO-TDMA

프레임으로 변환하며, MAC 프로토콜인 Ad-hoc Self-Organizing TDMA (ASO-TDMA)^[4]를 이용하여 시간 슬롯을 할당하고 해당되는 시간 슬롯에 MAC 프레임을 물리계층으로 송신하는 역할을 한다. ASO-TDMA는 선박자동식별장치 시스템의 채널 접속 방식을 기반으로 애드혹 환경을 고려되어 설계된 채널접속 방식으로, 채널 접속 시 중앙의 제어가 없이 선박국들이 자율적으로 채널을 접속하기 위해 UTC (Universal Time Coordinate)을 이용하여 스스로 프레임 동기를 맞추고, 2,250개의 시간 슬롯으로 구성된 1분 동안 타 선박국들의 채널 상태 (channel activity)를 업데이트 한 후 채널상태가 유희한 (idle) 시간 슬롯을 자율적으로 할당한다. 그림 4는 ASO-TDMA의 프레임 구조이며, 한 프레임은 m 개의 서브 프레임들로 나누어져 있다. 선박국은 육상국과 자신의 위치를 이용하여 홉 번호를 결정하여 자신의 홉 번호에 해당되는 서브프레임들에서만 랜덤하게 시간 슬롯을 할당하여 Hidden terminal로 인한 수신 충돌을 방지한다^[4]. 물리계층과의 인터페이스를 위해 MAC 프레임 앞에 전송하려는 시간 정보, 송수신 채널, 송신 전력, 데이터 전송 방식 등을 포함한 통신 시스템 제어 정보를 추가하여 물리계층으로 송신한다. 수신된 물리계층 메시지는 데이터링크 계층에서 MAC 프레임만 추출하고, CRC (Cyclic Redundancy Check) 점검 후 에러가 없으면 MAC 헤더를 제거하여 네트워크 계층으로 전달된다.

III. SANET 실험역 시험

3.1 시험 장치 및 방법

실험역에서 SANET의 기능을 검증하기 위하여 남해안 거제도 해안에서 하나의 육상국, 두 곳의 선박국

을 포함한 2홉의 SANET을 구축하였다. 애드혹 환경을 모사하기 위해 그림 5와 같이 육상국과 선박국2은 서로 hidden이 되어 직접적 통신이 불가능하고, 선박국1이 육상국, 선박국2와 각각 LOS (Line-of-Sight)가 확보되어 중계를 통한 통신이 가능하도록 실험국들을 위치시켰으며, 육상국과 선박국1을 육상에서 고정시키고, 선박국2를 선박국1과 점차 멀어지도록 해역에서 이동시켰다.

육상국과 선박국에 설치되는 장비는 그림 6과 같이 SANET용 디지털 통신 시스템, 안테나, 운용 PC, 스펙트럼 분석기로 구성된다. 송신기 및 수신기의 안테나로는 수평 방향으로 무지향성 특성을 지닌 횡 안테나를 사용하였고, 운용 초단파대역 주파수는 161.675MHz를 사용하였다. 송신기는 10W 내외에서 신호로 송출하였다.

ASO-TDMA MAC 프로토콜에서 한 프레임의 길이가 1분일 때, 최대 홉 수를 5로 설정하여 한 프레임이 5개의 서브프레임으로 구성되도록 하였다. 서브프레임당 시간 슬롯의 수는 각각 802, 573, 375, 372, 128개이며, 육상국이 할당할 수 있는 시간 슬롯의 수는 한 프레임에 고정적으로 100개로 설정하였다. 선박국1육상국은 홉1에 위치하여 서브프레임 1과 4에

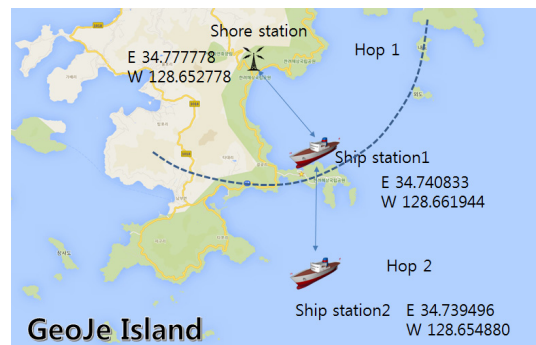


그림 5. 실험역 SANET 구성
Fig. 5. Sea Configuration of SANET



(a) 육상국 구성
(a) Setup of Shore station



(b)선박국 구성
(b) Setup of Ship station

그림 6. 육상국 및 선박국 설정
Fig. 6. Setup of Shore and Ship stations

고정된 시간 슬롯을 할당하고, 육상국과 같은 홉1에 위치한 선박국1은 서브프레임1과 4에서 랜덤하게 시간 슬롯을 할당하며, 홉2에 위치한 선박국2는 서브프레임 2와 5에서 자율적으로 시간 슬롯을 할당하였다. 시간 슬롯을 점유하는 시간은 10 프레임으로 설정하였고, 네트워크 시도 횟수는 10으로 설정하였다.

해상 통신에서는 라우팅 프로토콜 적용을 위한 고정 및 임시 IP 주소를 할당할 수 없으므로 본 실험에서는 육상국 및 선박들이 고유하게 보유하고 있는 MMSI (Maritime Mobile Service Identity) 번호를 이용하여 라우팅 주소를 생성하였다 (육상국: F00000, 선박국1: 000001, 선박국2: 000002). Network_Diameter 값은 5, Node_Traversal_Time 값은 15초, RREQ_Retry 값은 2, RREP_Wait_Time 값은 60초로 설정하였다. 또한, 어플리케이션은 선박국2에서 10초 주기로 랜덤하게 생성된 데이터가 선박국1을 경유하여 육상국으로 전송되는 전송되도록 하였다.

실험을 통해 측정할 항목은 채널 접속 기능, 경로 설정 기능, 데이터 송수신 기능이며 아래와 같이 측정한다.

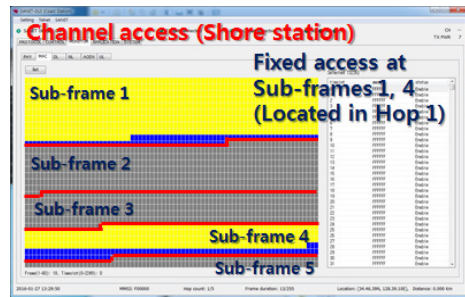
- 채널 접속 기능 검증: GPS로부터 위치 정보와 시간 정보를 얻어와 시간 동기를 맞추고 이웃 선박국들의 신호 또는 육상국의 비콘 신호를 수신하여 네트워크 진입 후 육상국과의 거리를 계산하여 자신의 홉번호를 결정한다. ASO-TDMA를 이용하여 자신의 홉에 해당되는 서브프레임을 결정하고, 각 서브 프레임별 시간 슬롯을 할당하여 채널

접속 성공 여부를 확인한다.

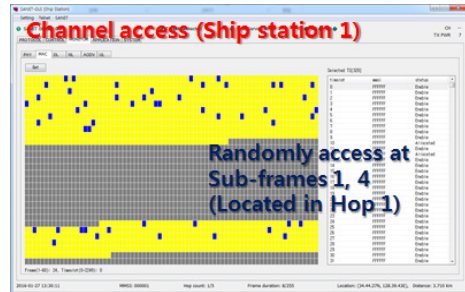
- 경로 설정 기능 검증: 채널 접속 완료 이후 AODV를 이용하여 육상국과의 통신 경로를 설정 또는 Route table 갱신 여부를 확인한다.
- 데이터 송수신 기능 검증: 설정된 통신 경로를 이용하여 이웃 선박국과의 중계로 육상국과의 주기적인 데이터 전송이 가능한지 여부를 확인한다.

3.2 시험 결과 및 분석

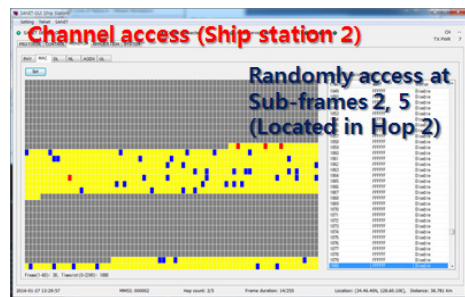
그림 7은 육상국, 선박국1, 선박국2의 실험적 채널 접속 기능 검증 결과를 나타낸 GUI 화면을 캡처한 것



(a) 육상국의 채널 접속 결과
(a) Test result of channel access for shore



(b)선박국1의 채널 접속 결과
(b) Test result of channel access for ship station1



(c)선박국2의 채널 접속 결과
(c) Test result of channel access for ship station2

그림 7. 채널 접속 기능 검증 결과
Fig. 7. Test results of channel access

으로, 화면은 2,250개의 시간 슬롯으로 구성되어 있고, 위치에 따라 시간 슬롯을 할당 가능한 서브프레임이 표시가 되어 있으며, 이 서브프레임 구간에서 채널 상태를 확인하여 시간 슬롯을 할당한 결과를 디스플레이 하였다. 육상국, 선박국1, 선박국2 모두 네트워크 초기화를 통해 자신의 홉 번호를 결정하고 해당되는 서브프레임들에 시간 슬롯을 성공적으로 할당하였음을 확인할 수 있다. 육상국의 홉번호는 1로써, 자신이 접속할 수 있는 서브프레임 1, 4에 고정된 시간 슬롯을 할당함을 확인할 수 있다 (그림 7.a). 육상국과 같은 홉1에 위치하는 선박국1은 육상국이 할당한 시간 슬롯 들을 배제하여 서브프레임 1, 4에 랜덤하게 시간 슬롯을 할당함을 확인할 수 있다 (그림 7.b). 선박국2는 홉 2에 위치하여 서브프레임 2, 5에서 랜덤하게 시간 슬롯을 할당함을 확인할 수 있다 (그림 7.c).

그림 8은 경로 설정 기능 검증 결과를 나타낸다. AODV 프로토콜을 이용하여 선박국2가 육상국과 데이터 전송을 위해 경로를 형성하는 과정에서 선박국1과 선박국2의 경로가 형성되고, 육상국에서 선박국2까지의 backward, forward routing table entry가 형성됨을 확인하였다. 그림 8에서 육상국, 선박국1, 선박국2의 routing table에서 2홉 네트워크 시나리오에 맞게 hop count가 설정됨을 확인할 수 있다.

그림 9는 선박국2에서 생성되어 선박국1을 통해 육

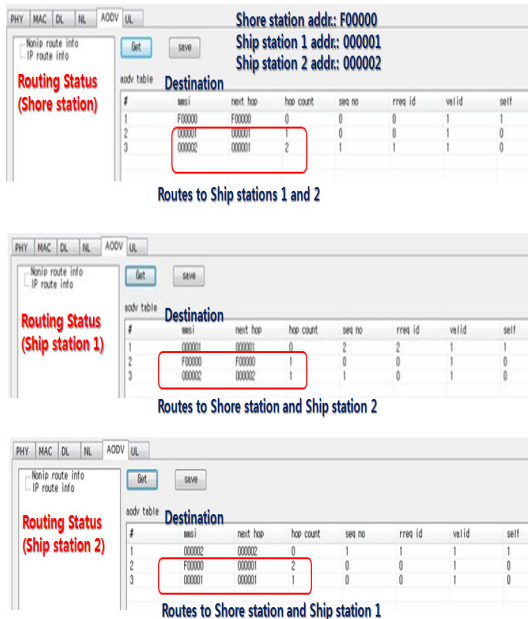


그림 8. 경로 설정 기능 검증 결과
Fig. 8. Test results of routing

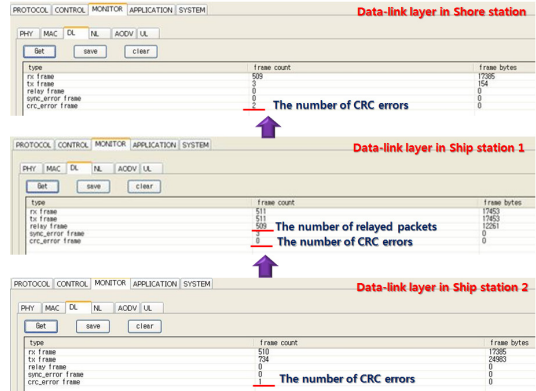


그림 9. 데이터 송수신 기능 검증 결과
Fig. 9. Test results of data exchange

상국으로 전달된 데이터들의 결과를 보여준다. 각각의 노드에서 CRC 에러는 육상국에서 2개, 선박국1에서 0개, 선박국2에서 1개가 발생하였다. 선박국2에서 보낸 경로요청과 데이터를 포함한 MAC 프레임의 수는 총 734개이며, 이중 509개가 선박국1에게 성공적으로 수신되었다. 선박국1은 선박국2에서 수신한 MAC 프레임을 포함하여 모두 511개의 MAC 프레임을 육상국으로 송신하였고, CRC 에러가 발생한 두 개를 제외하고 509개의 MAC 프레임이 성공적으로 육상국으로 수신되었다. 결과에서 보듯이 데이터를 전송할 수 있는 충분한 시간 슬롯만 주어진다면 시간 동기 오류 또는 CRC 에러 등에 의한 손실 없이 육상국 대 선박국 또는 선박국 대 선박국 사이의 데이터 교환이 원활하게 이루어짐을 확인하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 해상 초단파 대역에서 디지털 통신의 국제 권고안인 ITU-R M.1842-1 Annex 1을 기반으로 하는 디지털 통신 시스템에 SANET 프로토콜을 구현하고 실험역에서 네트워크를 구축하여 네트워크 기능들을 검증하였다. 그 결과로 육상국-선박국1-선박국2으로 구성된 2홉의 SANET에서 채널접속, 경로 설정, 데이터 송수신 기능들이 모두 실험역에서도 성공적으로 동작함을 확인하였다. 다음 연구에서는 선박국의 수를 보다 증가시켜 프로토콜 기능 검증을 수행하고, 어플리케이션에서 데이터 생성 주기에 따른 네트워크 수율 및 에러율에 대한 성능도 측정할 예정이다. 구현된 SANET용 디지털 통신 시스템과 네트워크 기술은 선박의 안전운항 및 효율적인 운항을 위한 e-navigation 및 GMDSS (Global Maritime Distress

and Safety System)의 현대화를 위한 핵심 통신 인프라로 활용 가능할 것이다.

References

[1] J. Kim and W. Shim, "A survey of e-navigation standardization," *TTA J.*, vol. 126, pp. 38-44, Nov. 2009.

[2] J. Kim, "A survey of VDES for e-navigation services," *TTA J.*, vol. 154, pp. 66-71, Jul. 2014.

[3] Y. Lee, "WRC-12," *TTA J.*, vol. 140, pp. 113-117, 2012.

[4] C. Yun and Y.-K. Lim, "ASO-TDMA: ad-hoc self-organizing TDMA protocol for shipborne ad-hoc networks," *EURASIP WCN*, vol. 12, no. 10, pp. 1-16, Oct. 2012.

[5] C. Yun, A. Cho, S.-G. Kim, J. Park, and Y.-K. Lim, "Design of multiband maritime network for ships and its applications," *Int. J. KIMICS*, vol. 7, no. 3, pp. 314-322, Sept. 2009.

[6] ITU, *ITU-R M.1842-1: Characteristics of VHF radio systems and equipment for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service RR appendix 18 channels*, 2009.

[7] IMO, *IMO FAL-38 INF.2: A study of a data communication network at sea for efficient maritime logistics*, 2013.

[8] IMO, *IMO NCSR-2 INF.9: A study on enhancing maritime logistics efficiency utilizing maritime VHF digital communication technology and facilitation method*, 2014.

[9] S.-M. Kim, S.-H. Byun, S.-G. Kim, C. Yun, and Y.-K. Lim, "Statistical analysis of VHF channel over the sea surface for various ranges," *J. KICS*, vol. 36, no. 8, pp. 1021-1027, Aug. 2011.

[10] S.-G. Kim, S.-M. Kim, C. Yun, and Y.-K. Lim, "Measurements on the propagation path loss exponent at maritime VHF channel using single carrier signal," *J. KICS*, vol. 40, no. 7, pp. 1450-1456, Jun. 2015.

[11] S.-G. Kim, C. Yun, S.-M. Kim, and Y.-K.

Lim, "Baseband receiver design for maritime VHF digital communications," *J. KICS*, vol. 36, no. 8, pp. 1012-1020, Jun. 2011.

[12] S.-G. Kim, S.-Y. Sung, C. Yun, S.-J. Seo, and Y.-K. Lim, "A 28.8kbps Digital Communication modem implementation over the maritime VHF band," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 414-415, Jun. 2014.

[13] S.-G. Kim, S.-Y. Sung, C. Yun, and Y.-K. Lim, "Test results of maritime VHF digital modem complying with the annex 1 of ITU-R M.1842-1," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 371-372, Jun. 2015.

[14] C. Yun and Y.-K. Lim, "EASO-TDMA: enhanced ad-hoc self-organizing TDMA MAC protocol for shipborne ad-hoc networks (SANETs)," *EURASIP WCN*, vol. 2015, no. 1, pp. 1-12, Jul. 2015.

[15] Y. Choi and Y.-K. Lim, "Geographical AODV protocol for multi-hop maritime communications," *IEEE Oceans*, pp. 1-3, Jun. 2013.

[16] ITU, *ITU-R M.1371-5: Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band*, 2014.

윤 창 호 (Changho Yun)



1999년 2월: 창원대학교 전자공학과 공학사
 2004년 2월: 광주과학기술원 정보통신공학과 공학석사
 2007년 2월: 광주과학기술원 정보통신공학과 공학박사
 2007년~2008년: North Carolina State Univ. 박사후연구원
 2008년~현재: 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 책임연구원
 2009년 3월~2015년 2월: 과학기술연합대학원대학교 해양정보통신공학과 겸임교원(부교수)
 2015년 3월~현재: 과학기술연합대학원대학교 해양시스템공학과 겸임교원(부교수)
 <관심분야> 해상 및 수중 네트워크 개발

김 승 근 (Seung-Geun Kim)



1995년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사
1997년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
2002년 8월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사
2002년 10월~현재 : 한국해양과

학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 책임연구원
2004년 3월~2015년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 해양정보통신공학과 겸임교원(부교수)
2015년 3월~현재 : 과학기술연합대학원대학교 해양시스템공학과 겸임교원(부교수)
<관심분야> 수중음향통신 시스템 개발, 해상 VHF 디지털 통신 시스템 개발, 선박 항해통신 장치 및 서비스

임 용 곤 (Yong-Kon Lim)



1979년 2월 : 충남대학교 전기공학과 공학사
1984년 2월 : 충남대학교 전력전자공학과 공학석사
1994년 2월 : 아주대학교 전자공학과 공학박사
1980년 7월~현재 : 한국해양과

학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 책임연구원 (본부장("02~"05), 소장("08~"11), 영년직, 책임연구원)
2001년~2013년 : 과학기술연합대학원대학교 해양정보통신공학과 (교수)
<관심분야> 선박 및 해양 장비 및 시스템, 수중음향통신 시스템, 수중로봇 및 조사, 관측 및 탐사장비, 해양정보통신 시스템

조 아 라 (A-Ra Cho)



2002년 2월 : 경희대학교 전자공학과 공학사
2012년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 해양정보통신공학과 공학박사
2004년~현재 : 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 연수연구원

<관심분야> 해상 및 수중 네트워크 개발