

멀티대역 네트워크 선택기 시스템 구현

조아라 · 윤창호 · 임용곤 · 최영철*

The Implementation of a Multi-Band Network Selection System

A-ra Cho · Changho Yun · Yong-kon Lim · Youngchol Choi*

Ocean System Engineering Research Division, KRISO, 104 Sinseong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34114, Korea

요 약

본 논문에서는, 해상에서 가용한 LTE, 초단파(VHF), 단파(HF) 통신 서비스 중에서 네트워크 환경에 따라서 최적의 통신 대역을 결정하는 멀티대역 네트워크 선택기(MNS: Multi-band Network Selection) 시스템을 리눅스 기반의 소프트웨어로 구현한다. 구현된 소프트웨어는 네트워크 인터페이스, MNS 서버, 사용자 GUI로 구성된다. 2조의 MNS 시스템을 구축하여 구현된 MNS 시스템의 기능을 실내 시험을 통하여 검증한다. 이를 위하여, ITU-R M.1842-1 Annex1과 Annex4를 각각 준수하는 2종의 VHF 통신 링크는 소프트웨어적으로 에뮬레이션하고, HF 통신은 한 MNS 시스템의 송신(수신)을 다른 MNS의 수신(송신)에 직접 연결하여 실내 기능 검증이 가능하도록 한다. LTE, 초단파, 단파 각 통신 링크의 인위적인 단절 또는 재연결에 따른 구현된 MNS의 단절 없는 해상 통신 서비스 기능을 검증한다. 구현된 MNS 시스템은 e-navigation 등과 같은 다양한 해상 통신 서비스에 활용 가능하다.

ABSTRACT

In this paper, we implement a multi-band network selection (MNS) system based on Linux operating system which determines the optimal communication link for given network conditions among the available LTE, very high frequency (VHF), and high frequency (HF). The implemented software consists of a network interface, an MNS server, and a user GUI. We perform indoor test to verify the function of the implemented MNS system using two sets of MNS system. To this end, two types of VHF communication links that follow ITU-R M.1842-1 Annex 1 and Annex 4 are emulated in software. In addition, the HF transmission (reception) port of one MNS is directly connected to the HF reception (transmission) port of another MNS. We demonstrate through indoor tests that the implemented MNS system can support seamless maritime communication service in spite of artificial disconnection or re-connection of LTE, VHF, and HF. The implemented MNS system is applicable to various maritime communication services including e-navigation.

키워드 : 멀티대역 네트워크, 해상네트워크, 네트워크 선택, 선박용 애드혹 네트워크

Key word : Multi-band network, maritime networks, network selection, shipborne ad-hoc network (SANET)

Received 17 August 2017, Revised 28 August 2017, Accepted 16 September 2017

* **Corresponding Author** Youngchol Choi(E-mail:ycchoi@kriso.re.kr, Tel:+82-42-866-3833)

Ocean System Engineering Research Division, KRISO, 104 Sinseong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 305-343, Korea

본 논문은 6월1~3일에 개최된 춘계종합학술대회 내용을 수정·확장하여 작성된 논문입니다.

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.10.1999>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

위성 통신은 전 해상에서 통신이 가능하지만, 통신 비용이 매우 고가라는 단점이 있다. 최근에는 VHF 대역의 해상 통신 기술이 선박자동식별시스템 등과 같은 전통적인 안전 기능에서 벗어나 데이터 통신이 가능한 방향으로 연구되고 있다. 구체적으로, 해상 VHF 대역 채널[1,2], 해상 디지털 통신시스템[3-5], 해상 네트워크 [6-8] 등의 분야에서 연구가 진행되고 있다. VHF 대역 채널 분석을 통해 해상 VHF 채널 특성을 파악하고, VHF 대역의 M.1842-1 annex1과 annex4 [9] 사양에 따라 데이터 전송속도가 28.8kbps, 307.2kbps인 VHF 1세대와 VHF2세대 디지털 통신 시스템을 각각 개발하여 실험실 시험이 이루어졌다[5]. 해상 초단파대역의 네트워크 관련 매체접속제어[6,7]와 라우팅 프로토콜 [8] 연구 결과가 발표되었고, 모뎀 및 네트워크를 통합한 해상 네트워크 실증시험 연구가 이루어졌다[10].

위성, 단파(HF), 초단파(VHF) 등의 전통적인 해상 통신 서비스 뿐만 아니라, LTE 통신 기술은 해상에 최적화된 LTE-M(LTE-Maritime)이 시험 단계에 있다. 이와 같이 다양한 해상통신 서비스가 가능해짐에 따라 해상의 여러 통신대역까지 통합·운영하기 위한 기술이 필요하다. IEEE 802.21은 서로 다른 통신망 간의 통신대역을 단절 없이(seamless) 전환하는 수직핸드오버 기술 표준으로 제정된 바 있다[11,12]. 그러나 IEEE 802.21 기술은 해상에 주로 적용되고 있는 VHF나 HF 대역에 대한 고려가 되지 않아 해상네트워크에 적용하는데 한계가 있다. 국내에서는 전자통신연구소(ETRI)에서 HF대역과 AIS 기반 VHF 대역 연계 통신시스템을 개발하였고, (주) 산엔지니어링에서는 선박통합(IMIT: Integrated Maritime Information Technology) 시스템을 개발하였다. 그러나 국내 개발된 시스템은 통신대역간 기계적 전환을 수행하고 단절 없는 통신을 보장하지 못한다.

따라서 해상 VHF 대역의 디지털통신 및 네트워킹 기술을 적용하고, 해상의 여러 통신대역을 단절 없이 최적의 통신대역으로 전환하기 위한 멀티대역 선택기(MNS: Multi-band Network Selection) 시스템 설계에 관한 연구가 이루어졌다[13-15]. [13]에서는 MNS가 데이터링크 계층과 네트워크 계층 사이에 존재하며 각

통신대역의 네트워크 상태에 따라 최적의 통신대역을 결정하고 해당 통신대역으로 통신대역 전환시점을 결정하여 수직 핸드오버를 수행한다. [14]에서는 수직핸드오버 표준기술인 IEEE 802.21를 참조하여 해상 멀티대역 네트워크를 위한 수직핸드오버 논리구조와 통신 모델을 제안하고, 통신대역 전환절차를 제안하였다. [15]에서는 앞서 [13, 14]에서 제안되었던 데이터 링크 계층과 네트워크 계층 사이에 존재하는 MNS 논리구조에서 벗어나 미들웨어 기반의 MNS 시스템 구조를 제안하여 이기종 시스템을 통합·운영하는데 용이한 장점이 있다.

본 논문에서는 [15]에서 제안된 해상 멀티대역 네트워크를 위한 MNS 시스템을 구현하고, 기술의 가용성을 실내 시험을 통해 확인한다. 이를 위해, 각 통신대역의 시스템 연동을 위한 네트워크 인터페이스를 설계·구현하고, MNS 서버와 사용자 응용프로그램을 구현하여 MNS시스템을 구축한다. MNS 시스템에서 각 통신대역별 네트워크 상태 갱신, 통신대역 전환, 최적 통신대역에서의 데이터 통신 가능들을 실내 환경시험을 통해 검증하여 해상 멀티대역 네트워크 적용 가능성을 확인한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 구현하고자 하는 해상 멀티대역 네트워크를 위한 MNS 시스템에 대해 간략하게 요약하고, 제 3장에서는 MNS 시스템 구현 결과에 대하여 논한다. 제 4장에서 실내 시험 장치 및 방법과 실내 기능시험 결과를 분석하고, 마지막으로 제 5장에서 논문을 마무리 짓는다.

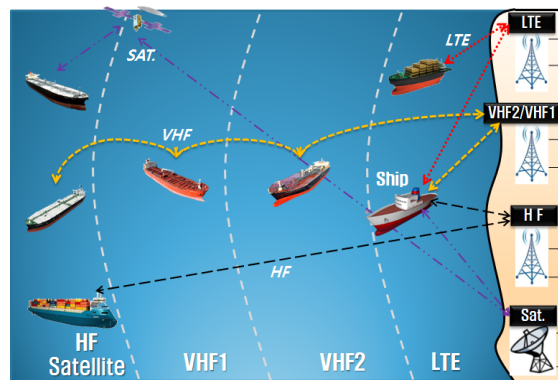


Fig. 1 An architecture of maritime multi-band networks [15].

II. 멀티대역 네트워크 선택기 시스템 개요

본 장에서는, 논문의 자족성을 위하여, 본 논문에서 구현하고자 하는 해상 멀티대역 네트워크를 위한 MNS [15] 시스템을 간략하게 요약한다.

2.1. 해상 멀티대역 네트워크 통신

해상 멀티대역 네트워크에서는 통신 주파수 대역에 따라 통신범위와 데이터 통신속도가 다른 이기종 네트워크가 서로 독립적으로 운영된다. 그림 1에서와 같이, 해상 멀티대역 네트워크는 여러 통신 주파수 대역의 육상국과 다수의 선박국들로 구성된다. 현재 고려중인 주 통신주파수 대역의 육상국은 LTE, 초단파(VHF 1세대, VHF2 세대), 단파(HF), 위성 등이며, 해상 디지털 통신 기술동향에 따라 또 다른 통신 주파수 대역을 추가 또는 대체할 수 있다. 선박국은 이동하면서 가용 통신대역의 육상국 또는 선박국과 통신을 하게 된다. 이때 선박은 MNS 시스템을 구비하여 선박위치와 사용자 요구 조건에 따라 최적의 통신대역의 육상국 또는 선박국간의 통신을 수행한다.

2.2. MNS 선택기 시스템 설계

본 소절에서는 앞서 연구된 MNS 시스템 설계[15] 내용에 대해 간략히 소개한다. MNS 시스템은 미들웨어 기반의 MNS 서버와 사용자 응용프로그램과 여러 통신대역의 디지털 통신모뎀 시스템이 클라이언트가 되어 동작한다. MNS 서버는 각 통신대역의 디지털 모뎀 시스템과 주기적으로 통신하여 네트워크 상태 정보를 수집하여 네트워크 상태정보 테이블(NST: Network Status Information Table)을 갱신하고 해당통신 대역의 네트워크 가용여부를 결정한다. 갱신된 NST를 기반으로 통신대역 우선순위에 따라 최적의 통신대역을 결정하고 해당 통신대역의 디지털모뎀으로 데이터 통신을 한다.

MNS 시스템 서버는 임베디드 리눅스 기반의 운영체계를 기반으로 상·하향 링크별로 구분하여 동작하며, 수신버퍼, 네트워크 선택 프로세서(NSP: Network Selection Processor), 메시지형식 변환기, 송신버퍼로 구성된다. MNS 서버는 사용자 또는 각 통신대역 디지털 모뎀시스템으로부터 메시지를 수신하면, 메시지종류/길이에 따라 분류하여 우선순위에 따라 버퍼링하여

NSP에 전달한다. NSP에서는 수신한 메시지를 해석하여 수신 통신대역 또는 사용자 메시지를 식별하고, 수신메시지에 대응하는 동작을 수행하고 알람 및 응답 메시지를 생성한다. 생성된 메시지는 각 통신대역 메시지 형식 또는 사용자인터페이스에 맞게 형식변환기를 통해 변환되어 송신버퍼로 전달된다. 송신버퍼에서는 수신버퍼와 동일하게 송신할 메시지 종류 및 길이에 따라 버퍼링하여 전송하고자 하는 통신대역의 모뎀시스템 또는 사용자응용프로그램으로 메시지를 전달한다.

III. 멀티대역 네트워크 선택기 구현

MNS 시스템 설계를 기반으로 구현한 소프트웨어는 그림 2와 같이 네트워크 인터페이스, MNS 서버, 사용자 응용프로그램으로 구성된다.

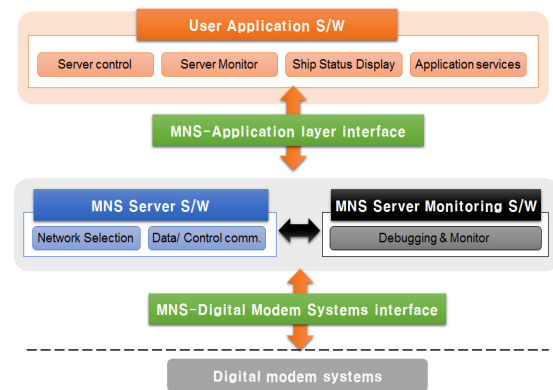


Fig. 2 An architecture of an MNS system.

3.1. 네트워크 인터페이스 구현

MNS 네트워크 인터페이스는 사용자 응용프로그램과 MNS 서버 연동을 위한 인터페이스와 각 통신대역의 디지털 모뎀 시스템과 MNS 서버 간 인터페이스로 구분된다.

3.1.1. 사용자 응용프로그램 인터페이스

그림 3은 MNS 서버와 사용자 응용프로그램 간 통신을 위한 메시지 프레임 (User_MNSF: User MNS Frame)으로 헤더와 페이로드(PL_MNSF: PayLoad MNS Frame)로 구성된다. User_MNSF의 헤더의 Length는

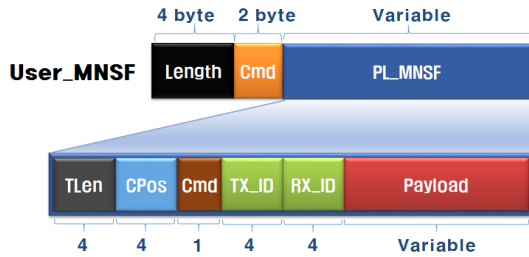


Fig. 3 Frame format for user interface (User_MNSF: User MNSF Frame).

User_MNSF의 총길이를 최대 4byte로 표현되며, Cmd는 사용자 응용프로그램과 MNS 서버간의 제어 메시지로 2byte이다. User_MNSF 헤더의 Cmd는 메시지 종류를 구분하며, 이는 상/하향 링크별로 데이터, 제어명령, 응급 메시지 등을 식별한다. 또한, 사용자모드가 수동일 때, User_MNSF의 Cmd에서 각 통신대역의 디지털 모뎀 시스템을 구분하여 정의한다. PL_MNSF는 MNS 서버에서 구동하기 위해 필요한 헤더 정보와 페이로드로 구분되며, 표 1과 같이 정의된다. TLen은 MNS 서버에서 수신할 데이터 전체길이를 나타내며, CPos는 수신된 데이터의 분할된 블록번호를 나타낸다. TX_ID와 RX_ID는 송신 및 수신할 선박의 ID를 각각 나타내며 이는 MNS 서버에서 관리하는 Address book 상의 선박 ID로 선박마다 고정되어 있다. PL_MNSF의 Cmd에서는 전송할 데이터 타입을 다시 구분하여 정의하는데, 이는 MNS 서버 내부의 송·수신 버퍼에서 우선순위를 두고 버퍼링하기 위한 정보로 사용된다.

3.1.2. 디지털 모뎀 시스템 인터페이스

MNS 서버와 여러 통신대역 모뎀 간 통신방식은 크게 이더넷 통신과 시리얼 통신으로 나뉜다. LTE,

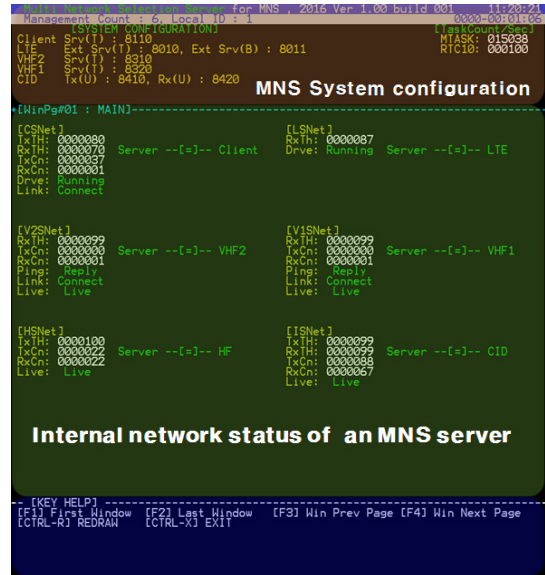


Fig. 4 Display of MNS server monitoring S/W.

VHF(1세대, 2세대) 모뎀과 MNS 서버는 이더넷 포트를 이용하여 IP 패킷을 통해 데이터 및 제어메시지를 송수신한다. 반면, HF 대역의 통신모뎀은 시리얼 포트를 통해 HF 모뎀의 신호를 송·수신하고 임베디스 시스템(CID: Communication Interface Device)을 통해 시리얼 포트 신호를 이더넷 포트 신호로 변환하여 MNS 서버와 통신을 수행한다. 각 통신대역 모뎀과 MNS 서버는 VPN(Virtual Private Network)을 통해 IP 주소를 할당받아 장치를 식별하고, 모뎀에서 MNS 서버로 전달되는 상향링크 메시지와 MNS 서버에서 모뎀으로 전달되는 하향링크 메시지로 구분된다. MNS 서버는 일반 메시지와 긴급 메시지를 구분하여 처리하며, 일반메시지는 MNS 서버와 최적 통신대역으로 결정된 모뎀 간

Table. 1 Description of MNSF payload (PL_MNSF).

Command	Size	Description	etc.
TLen	4 byte	Total data length when all data packets are received	Total Length [unsigned int]
CPos	4 byte	Current position of received data block	Current Position [unsigned int]
Cmd	1 byte	0x01: Message Data / 0x02: Image Data 0x03: Emergency Data / 0x04: Ack 0x05: Nak	Data type for transmission
TX_ID	4 byte	Transmission ship ID	MNS server manages Address book based on ship ID (Ship ID is determined) [unsigned int]
RX_ID	4 byte	Received ship ID	
Payload	variable	Data (Message, Image, Emergency)	Data format is different according to transmitting network band.

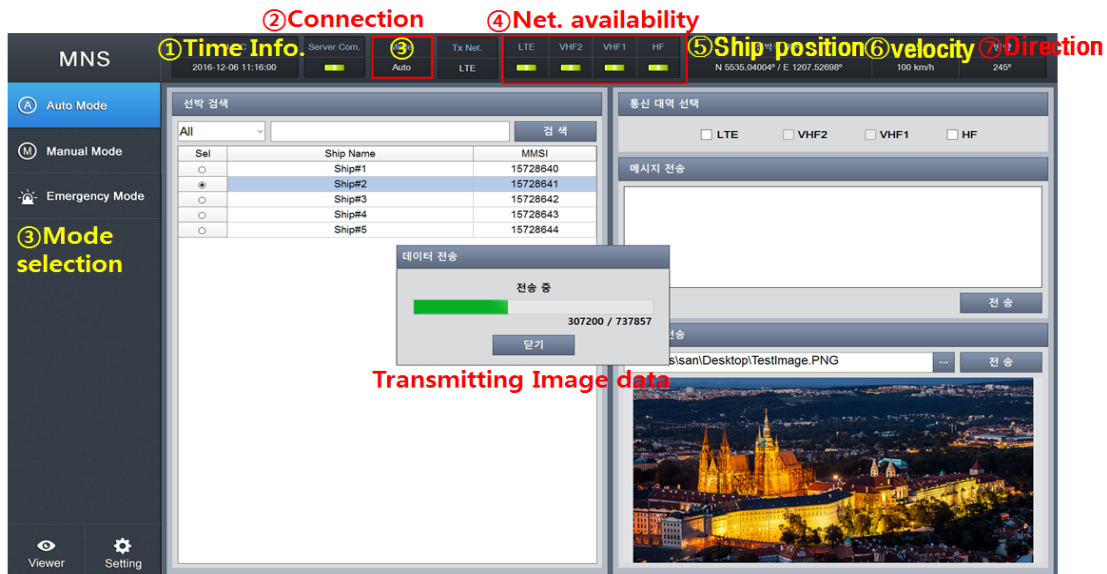


Fig. 5 Graphic user interface in application program.

TCP 방식으로 1:1통신을 하고, 긴급메시지는 MNS 서버에서 UDP 방식으로 브로드캐스팅하게 된다.

Table. 2 Description of internal network status of an MNS server.

Contents	Description	Format
TxTH	The number of TX threads	Int.
RxTH	The number of RX threads	Int.
TxCn	The number of TX packets	Int.
RxCn	The number of RX packets	Int.
Drve	Net. Driver status	Available: Running Unavailable: No Run
Link	TCP connection status	

3.2. MNS 서버 소프트웨어 구현

MNS 서버 S/W는 2.2절에서 설명된 주요기능을 소프트웨어로 구현하고, 개발자 입장에서 MNS 서버를 모니터링하고 프로그램을 디버깅하기 위한 소프트웨어로 구분된다. 그림 4는 MNS 서버의 모니터링 구성 화면 중 한 부분으로 상단에는 MNS 서버 시스템 설정부분을 나타내며, 사용자클라이언트와 MNS 서버간 TCP 서버 포트(Client Srv(T)), LTE 모뎀 외부 통신용 TCP 또는 UDP 서버포트(LTE Ext Srv(T), LTE Ext Srv(B)), VHF 1세대/2세대 모뎀 내부 통신용 TCP 서버 포트(VHF1 Srv(T), VHF2 Srv(T)), CID 내부 통신용 UDP

송신 또는 수신 포트(CID Tx(U), CID Rx(U))를 전시한다. 화면 중단에는 MNS 서버와 내부 네트워크 (사용자클라이언트, LTE 모뎀, VHF2세대 모뎀, VHF1세대 모뎀, HF 모뎀, CID) 통신 상태를 전시하며, 관련 내용이 표 2와 같이 표현된다.

3.3. 사용자 응용 프로그램 구현

사용자 응용프로그램에서는 MNS 서버에서 수신되는 정보를 처리하고 사용자 GUI에 전시하며, 데이터 전송 시 자동/수동/응급 모드를 선택하여 송신할 수 있는 기능을 제공한다. 자동모드는 MNS 서버에서 가용통신대역 중 최적통신대역을 결정하여 데이터를 전송한다. 반면, 수동모드는 사용자가 가용 통신대역 중 임의의 통신대역을 선택하여 데이터를 전송할 수 있다. 응급모드는 안전 및 재난을 위한 응급메시지를 가용한 모든 통신대역에 동시에 전송할 수 있도록 한다. 그림 5는 구현된 사용자 응용프로그램으로, GUI의 전시화면에는 ① 선박국의 수신된 GPS 시각정보, ② 사용자클라이언트-서버 접속연결 상태, ③ 사용자 선택모드(응급/자동/수동) 정보, ④ 각 통신대역 가용여부, ⑤ 선박국의 GPS 위치정보, ⑥ 선박국의 GPS 속도, ⑦선박국의 방향정보, ⑧ 현재 송신 중인 통신대역 정보를 전시한다. 표 3은 사용자 응용프로그램의 전시화면을 나타낸다.

Table. 3 Display contents of user GUI.

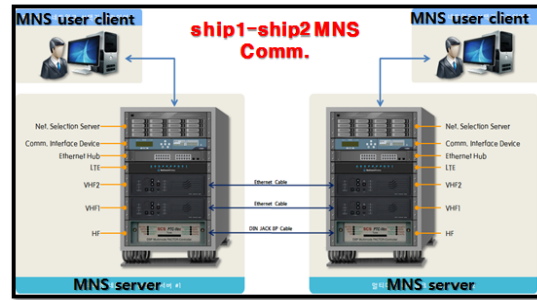
Contents	Description
Time	Time information
MNS server connection	MNS server-User connection status [LED On : Connect / LED Off : Disconnect]
Mode selection	User selection Mode (Auto, Manual, Emergency)
Net. availability	Display Network availability (LTE, VHF2, VHF1, HF) [LED On : Available LED Off : Unavailable]
Position	MNS Server ship position
Velocity	MNS Server ship velocity
Direction	MNS Server ship direction
TX comm. Net.	The current transmitting Comm. network

IV. MNS 성능 시험

4.1. 시험 장치 및 방법

그림 6은 MNS 기능시험을 위한 시험 구성도와 테스트베드를 구축한 환경을 나타낸다. 시험환경은 MNS 시스템을 갖춘 1대의 육상국과 1대의 선박국으로 구성되며, 노드의 이동성이 없는 환경이다. MNS 시스템의 선박국과 육상국은 각 통신대역 모델끼리 유선상 연결되어 LTE와 VHF1, VHF2 통신대역 모델은 이더넷 통신을 하며, HF는 RS-232 시리얼 통신을 수행하면서 통신대역 가용상태를 알린다. MNS 시스템의 통신대역 가용상태 갱신여부는 각 통신대역의 연결을 임의로 끊으면서 기능을 확인하였으며, 데이터 전송 시 사용 중인 통신대역의 상태가 불용일 때 통신대역 전환 기능도 이와 같은 절차를 따른다.

MNS 시스템을 구성하는 하드웨어는 MNS 서버 PC, VHF 1세대 에뮬레이터, VHF 2세대 에뮬레이터, MNS 사용자 클라이언트 PC, CID, 각 통신대역 모델(LTE, VHF1, VHF2, HF) 등이며 표 4와 같다. LTE 대역의 통신 모델은 상용모델인 SDT-CS3B1을 적용하고, HF 대역은 PACTOR[16] 프로토콜을 지원하는 PTC-IIex 모델을 적용한다. VHF 대역은 실제 적용할 시스템은 ITU-R M.1842-1 Annex1과 Annex4 기술[4] 특성을 각각 준수하는 VHF 1세대 통신모델과 VHF 2세대 통신 모델이며, 실내 성능시험에서는 에뮬레이터 프로그램으로 대체한다.



(a) System arrangement for an MNS function test



(b) Test bed for an MNS developed system

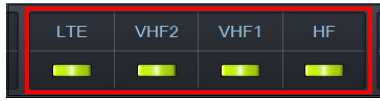
Fig. 6 Setup of Ship and Shore stations.

Table. 4 Hardwares for an MNS system.

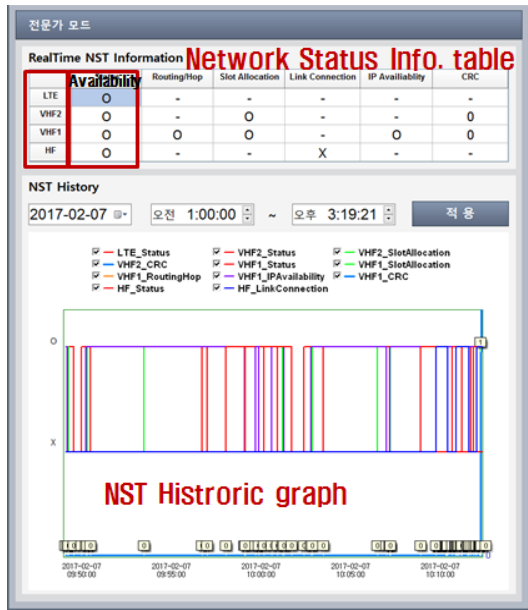
Device	sub-device	Model	EA
MNS server	PC	MNS 서버 PC	2 EA
	Power supply	AC-DC POWER SUPPLY	
	Monitor	Del Professional P2217H	
	Switch	EISK8-GT	
	LTE modem	SDT-CS3B1	
	VHF 2 nd generation modem	VHF 2 nd generation emulator(VMWare)	
	VHF 1 st generation modem	VHF 1 st generation emulator(VMWare)	
	HF modem	PTC-IIex	
VHF emulator	PC	VHF emulator PC	2 EA
MNS user client	PC	MNS user client PC (Laptop computer)	2 EA

4.2. 시험결과 및 분석

그림 7은 MNS 서버에서 각 통신대역의 가용상태를 갱신하여 GUI에 전시되는 결과를 캡처한 것이다. MNS



(a) GUI display when all comm. bands are available.



(b) NST and NST historic graph.

Fig. 7 Test result of update function of comm. band availability.

육상국과 선박국 간의 각 통신대역별 링크연결에 대한 정보를 MNS 서버에서 주기적으로 수신하여 가용통신대역에 대한 정보를 NST에 갱신하고 해당 통신대역 정보를 사용자 GUI에 표시한다. 가용통신대역은 해당통

신대역창에 LED on 되고, 불용상태일 때는 LED off로 GUI에 표시된다. 그림 7 (a) 에서는 모든 통신대역이 가용상태인 예를 나타내며, 그림 7 (b)에서는 그에 따른 네트워크 가용상태를 NST로 보여주며, NST 이력 그래프를 나타낸다. NST에는 각 통신3대역의 가용여부를 나타내고, VHF 1세대와 2세대 통신대역의 네트워크 상태(라우팅 할당여부, 시간슬롯 할당여부, IP 할당여부, CRC 정보), HF 통신대역의 링크연결 여부를 나타낸다. NST 이력 그래프에는 NST가 갱신될 때마다의 상태변화에 대한 이력을 각 통신대역별 해당 정보별로 기록하여 보여준다.

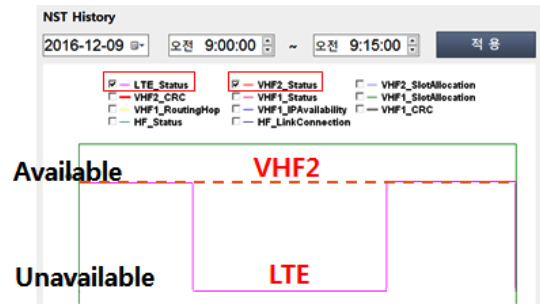


Fig. 9 NST historic graph of LTE and VHF2 during data transmission.

그림 8과 그림 9는 데이터 전송 중 통신대역 전환 가능 검증 결과의 GUI 화면을 캡처한 것이다. 그림 8에서 데이터 전송 시, LTE 통신대역을 이용하다 LTE 불용상태일 때는 다른 가용통신대역 중 우선순위가 가장 높은 VHF 2세대 통신대역으로 전환하여 데이터를 전송하

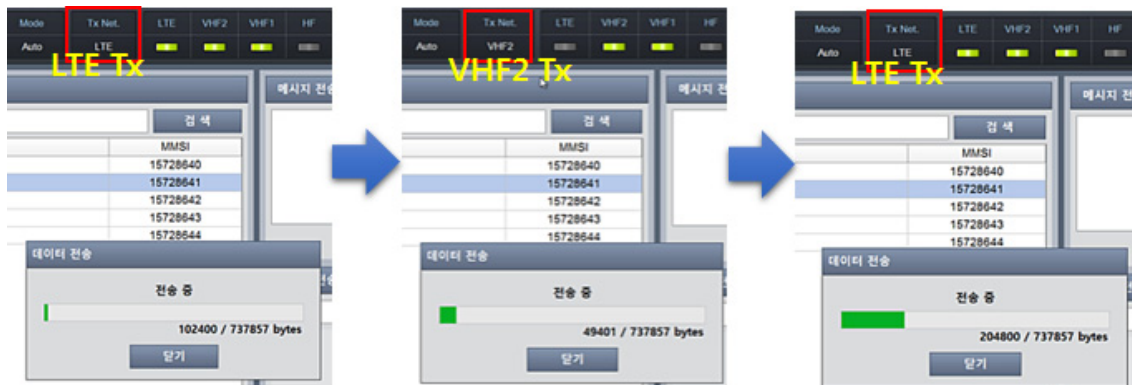


Fig. 8 Test result of communication band change (LTE→VHF2→LTE).

고, LTE가 가용상태가 되면 LTE 통신대역으로 다시 전환하여 데이터를 전송하게 된다. 이러한 통신대역의 가용여부에 대한 이력정보를 MNS 서버는 저장하여 주기적으로 사용자 응용프로그램에 전달하고 GUI는 관련 정보를 지속적으로 갱신하여 화면에 표시한다. 그림 9는 그림 8에서의 LTE 대역과 VHF 2세대 대역의 통신 가용상태에 대한 이력정보에 대한 GUI 화면을 캡처한 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 해상멀티대역 네트워크 환경에서 이종 네트워크들과 통합·연동하기 쉬운 미들웨어 계층의 멀티대역 네트워크 선택 (MNS) 시스템을 구현하고 실내 시험을 통해 기능들을 검증하였다. 그 결과로 MNS 육상국과 MNS 선박국으로 구성된 환경에서 각 통신대역 모델과 MNS 시스템 연동, 각 통신대역 네트워크 상태 갱신, 통신대역 전환, 최적통신 대역에서의 데이터 송수신 기능들이 실제 실내 구축환경에서도 성공적으로 동작됨을 확인하였다.

향후 연구에서는 MNS 시스템에 위성통신 대역을 추가하여 위성시스템과의 연동 실내시험을 실시할 예정이다. 또한, 실해역에서 위성대역을 포함한 MNS 시스템 성능시험을 통해 실제 적용가능성을 확인할 예정이다. 구현된 MNS 시스템 기술은 해상의 통신 장벽을 해소하여 선박에 보다 다양한 통신서비스를 효율적으로 제공할 수 있을 것이다. 또한, e-navigation이나 GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System)의 핵심 기술로 적용될 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by a grant from National R&D “Development of Marine RF based Ad-hoc Network for Ship” funded by Ministry of Oceans and Fisheries, Korea (PMS3672).

REFERENCES

- [1] S. Kim, S. Byun, S. Kim, C. Yun, and Y. Lim, “Statistical analysis of VHF channel over the sea surface for various ranges,” *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 36, no. 8, pp. 1021- 1027, Aug. 2011.
- [2] S. Kim, S. Kim, C. Yun, and Y. Lim, “Measurements on the propagation path loss exponent at maritime VHF channel using single carrier signal,” *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 40, no. 7, pp. 1450-1456, Jun. 2015.
- [3] S. Kim, C. Yun, S. Kim, and Y. Lim, “Baseband receiver design for maritime VHF digital communications,” *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 36, no. 8, pp. 1012-1020, Jun. 2011.
- [4] S. Kim, S. Sung, C. Yun, S. Seo, and Y. Lim, “A 28.8kbps Digital Communication modem implementation over the maritime VHF band,” in *Proceedings of Korean Institute of Communications and Information Sciences Conference*, pp. 414-415, Jun. 2014.
- [5] S. Kim, S. Sung, C. Yun, and Y. Lim, “Test results of maritime VHF digital modem complying with the annex 1 of ITU-R M.1842-1,” in *Proceedings of Korean Institute of Communications and Information Sciences Conference.*, pp. 371-372, Jun. 2015.
- [6] C. Yun and Y. Lim, “ASO-TDMA: ad-hoc self-organizing TDMA protocol for shipborne ad-hoc networks,” *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, vol. 12, no. 10, pp. 1-16, Oct. 2012.
- [7] C. Yun and Y. Lim, “EASO-TDMA: enhanced ad-hoc self-organizing TDMA MAC protocol for shipborne ad-hoc networks (SANETs),” *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking.*, vol. 2015, no. 1, pp. 1-12, Jul. 2015.
- [8] Y. Choi and Y. Lim, “Geographical AODV protocol for multi-hop maritime communications,” *IEEE Oceans*, pp. 1-3, Jun. 2013.
- [9] 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*, ITU, 2009.
- [10] C. Yun, S. Kim, A. Cho, and Y. Lim, “Sea-Experiment Test of a Shipborne Ad-Hoc Network (SANET) for Maritime VHF Digital Data Communications,” *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol.

- 41, no. 6, pp. 681-688, Jun. 2016.
- [11] IEEE Std. 802-21, *Standard and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services*, IEEE, Piscataway, N.J., 2006.
- [12] G. Lampropoulos, A. Salkintzis, and P. Nikos, "Media-independent handover for seamless service provision in heterogeneous networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no.1 pp. 64-71, Jan. 2008.
- [13] A. Cho, C. Yun, J. Park, H. Jung, and Y. Lim, "Design of a Multi-Network Selector for Multiband Maritime Networks," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol.9, no.8, pp. 523-529, 2011.
- [14] A. Cho, C. Yun, J. Park, and Y. Lim, "Vertical Handover Framework for Multiband Maritime Networks," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.18, no. 12, pp. 2847-2856, 2014.
- [15] A. Cho, C. Yun, Y. Lim, and Y. Choi, "Design of a Multi-Band Network Selection System for Seamless Maritime Communication Networks," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 21, no. 6, pp. 1252-1260, 2017.
- [16] ITU-R M.179-1, *Characteristics of HF radio equipment for the exchange of digital data and electronic mail in the maritime mobile service*, ITU, 2010.



조아라(A-ra Cho)

2002년 2월 경희대학교 전자공학과 학사
 2012년 2월 과학기술연합대학원대학교(UST) 해양정보통신공학과 박사
 2012년~ 현재 한국해양과학기술원 선박플랫폼 연구소(KRISO) 선임기술원
 ※관심분야 : 수중음향 네트워크, 해상통신 네트워크



윤창호(Changho Yun)

1999년 2월 창원대학교 메카트로닉스학과 학사
 2004년 2월 광주과학기술원(GIST) 정보통신공학과석사
 2007년 8월 광주과학기술원(GIST) 정보통신공학과박사
 2007년 11월 ~ 2008년 12월 North Carolina State Univ, 전산학과 박사후과정
 2008년 12월 ~ 한국해양과학기술원 선박플랫폼 연구소(KRISO) 책임연구원
 2009년 ~ 현재 과학기술연합대학원대학교 해양정보통신공학과 겸임교수
 ※관심분야 : 해양 선박 네트워크, 수중네트워크



임용곤(Yong-kon Lim)

1979년 충남대학교 전기공학 학사
 1984년 충남대학교 전기공학 석사
 1994년 아주대학교 전기공학 박사
 1980년 ~ 현재 한국해양과학기술원 선박플랫폼 연구소(KRISO) 책임연구원
 2004년 ~ 현재 과학기술연합대학원대학교 해양정보통신공학과 정교수/겸임교수
 ※관심분야 : 수중음향 통신 시스템 및 네트워크, 네트워크 프로토콜



최영철(Youngchol Choi)

1998년 2월: KAIST 전기및전자공학과(공학사)
 2000년 2월: KAIST 전기및전자공학과(공학석사)
 2011년 8월: KAIST 전기및전자공학과(공학박사)
 2000년 3월~현재: 선박해양플랜트연구소 책임연구원
 ※관심분야 : 해양정보통신 네트워크, 수중 통신 네트워크 및 신호처리