

단절 없는 해상 통신 네트워크를 위한 멀티대역 네트워크선택기 시스템 설계

조아라 · 윤창호 · 임용곤 · 최영철*

Design of a Multi-Band Network Selection System for Seamless Maritime Communication Networks

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

Ocean System Engineering Research Division, KRISO, 104 Sinseong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34103, Korea

요 약

디지털 통신 기술이 발전하면서, 기존의 전통적인 해상 통신 기술뿐만 아니라 디지털 초단파(VHF) 통신 시스템 및 LTE-M 등과 같은 새로운 해상 통신 기술의 등장으로, 해상에서는 통신 방법의 다양성이 증대되고 있다. 바다에서는 모든 통신 방법이 사용가능 할 수도 있지만, 위치에 따라서 일부 통신 방법만이 사용가능 할 수도 있다. 본 논문에서는 가용한 여러 해상 통신 대역 중에서 네트워크 환경 및 사용자의 요구 조건에 따라 최적의 통신대역을 결정하고 통신대역을 전환하여 단절 없는 통신서비스를 제공할 수 있는 멀티대역 네트워크 선택기(MNS) 시스템을 제안한다. 제안하는 멀티대역 네트워크 선택기 시스템은 미들웨어 계층의 클라이언트와 서버 통신방식을 취하며, ITU-R M. 1842-1의 Annex1 및 Annex4 규격을 만족하는 2-종의 디지털 초단파 통신 시스템과 LTE 및 단파 통신(HF) 시스템이 인터페이스될 수 있도록 구성되고, 각 통신 대역에 우선순위를 부여하여 최적 통신 대역 결정 알고리즘을 설계한다.

ABSTRACT

As digital communication technology evolves, the diversity of maritime communication methods has been increasing due to the emergence of new maritime communication technologies such as digital very high frequency (VHF) communication systems and LTE-M as well as traditional conventional maritime communication systems. At sea, all maritime communication methods may be available, but only some communication methods may be available depending on the location. In this paper, we propose a multi-band network selection (MNS) system that can provide seamless maritime communication service by switching to an optimal communication band among available communication systems, depending on network environment and user requirements. The proposed MNS system in the middleware layer is designed to be able to interface with two types of digital VHF communication systems that satisfy Annex 1 and Annex 4 of ITU-R M. 1842-1, LTE, and high frequency (HF) communication systems. We assign priority to each communication band, and design an optimal communication band determination algorithm based on this priority.

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

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

Received 18 April 2017, Revised 20 April 2017, Accepted 02 May 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, 34103, Korea

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

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.6.1252>

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. 서 론

해양 정보통신 기술의 발달로 다양한 통신 서비스에 대한 수요가 증가하고 있으며, 운항중인 선박에서도 e-mail 이나 인터넷 기반 멀티미디어 서비스 이용에 대한 요구가 증대되고 있다. 현재 선박의 운항 안전 관련 통신을 위한 AIS 시스템과는 별도로 비안전 관련 통신을 위해서는 고가의 위성통신이나 단파(HF)대역에서의 저속 통신이 이용되고 있으며, 이는 해상서비스 이용자에게 다양한 통신서비스를 제공하는데 한계가 있다. 따라서, 선박과 육상(해안) 간 비안전 통신 서비스를 위한 새로운 디지털 통신체계 및 통신플랫폼이 필요하다.

이에 따라, 국제항로표지협회(IALA)는 AIS, ASM, VDE 및 관련 위성통신의 기능을 종합한 VDES 계획을 제안하였으며[1], UN 산하 국제해사기구(IMO)는 2017.1.1일 이후 무선 검사 전까지 MF/HF 및 VHF 무선 설비에 대한 전면 업그레이드 실시를 결의하였다 [2]. 또한, IMO는 정보통신기술(ICT) 기술을 선박과 해양에 적용한 e-navigation 도입을 추진하여 2019년부터 국제적으로 시행할 예정이다[3,4]. 국내에서도 차세대 해상무선통신 구현을 위한 주파수 정책, 기술기준 제정 및 국제 표준화 대응과 같은 작업들이 진행 중이며 해양수산부는 향후 5년 (2016년~2020년) 간 추진될 ‘한국형 e-Navigation’사업의 중장기 계획을 수립한 상태이다[5]. 그림 1은 차세대 해상무선 통신환경으로,

정부는 국제전기통신연합(ITU) 기술 기준 기반 초단파(VHF)/HF/중단파(MF) 대역의 해상 디지털 데이터 서비스 제공을 위한 해안 기지국 및 운영센터를 구축할 계획이다[6].

그림 1에서 보듯이, 차세대 해상 멀티대역 네트워크는 주파수 대역에 따라 통신범위와 전송속도가 달라지는 이기종 네트워크로 구성된다. LTE 통신대역의 경우 통신속도가 높고 비용이 합리적이지만 통신범위가 수 km 정도로 제한적이다. 반면 VHF/HF 통신대역은 통신범위가 수십~수백 km 이지만 통신속도가 LTE 통신에 비해 현저히 낮으며, 위성 통신은 통신속도는 비교적 높은 편이지만 통신비용이 매우 높다는 한계가 있다. 이처럼 해상의 여러 통신대역의 네트워크를 효율적으로 사용하기 위해서, 요구되는 통신 서비스에 따라 통신비용과 무선네트워크 특성을 고려하여 가장 적합한 통신대역을 결정하여 최적의 때에 통신대역을 전환하는 통신 기술이 필수적이다.

이처럼 서로 다른 이기종망 간의 통신대역을 전환하면서, 사용자의 통신이 끊임없이 제공되는 기술을 수직 핸드오버라 하며, 이와 관련하여 IEEE 802.21 [7,8] 표준 기술이 있다. 그러나 IEEE 802.21에서 고려하는 이기종 통신대역의 네트워크는 대부분 국제적 표준이 이미 제정된 IEEE 802표준 계열 또는 3GPP 기술로, LTE를 제외한 해상통신대역 네트워크는 IEEE 802.21의 네트워크들과 기술적 연관성이 거의 없으며, VHF나 HF/MF 통신대역 네트워크의 국제 표준화없이 IEEE

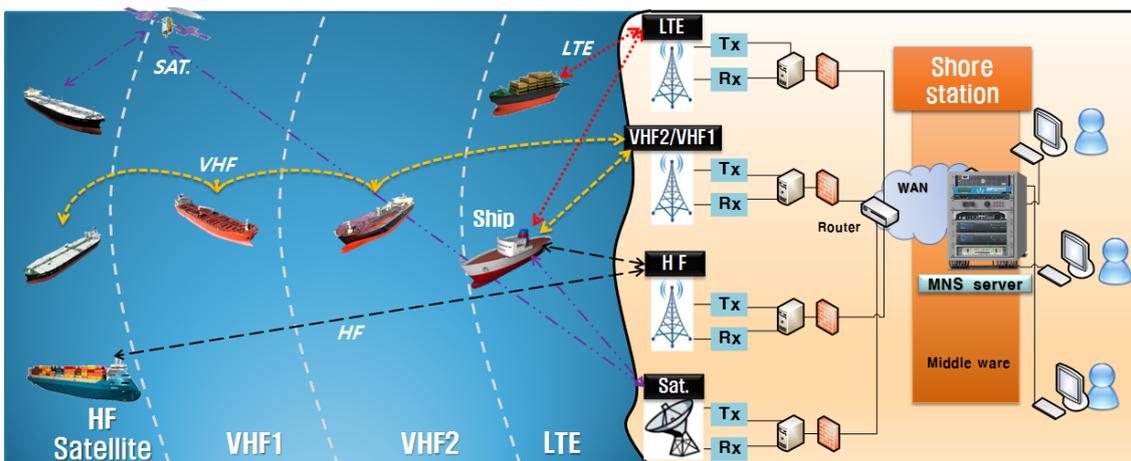


Fig. 1 An architecture of maritime multi-band networks for the next generation.

802.21 수직핸드오버 기술을 해상 네트워크에 적용하기에는 무리가 있다.

국내에서는 해상의 다중 통신대역 전환을 위해 전자통신연구소(ETRI)에서 HF대역과 AIS 기반 VHF 대역 연계 통신 시스템을 개발하였으며, (주) 산엔지니어링에서는 선박통합(IMIT: Integrated Maritime Information Technology) 시스템을 개발하였다. 그러나 이러한 시스템들은 통신이 끊어지면 해당 통신대역을 기계적으로 전환하는 시스템으로 단절 없는 통신서비스를 제공하기 어렵다. 따라서 해상의 가용한 여러 통신대역 (LTE, VHF, HF, 위성 등)을 연계하여 네트워크 상황에 따라 단절 없이 최적의 통신대역으로 전환하는 통신시스템이 필요하다.

이를 위해, [9]와 [10]에서는 해상 네트워크 특성을 고려하여 해상의 이중망 간에 통신대역전환이 단절 없이 이루어질 수 있는 해상 멀티대역 네트워크 선택기 (MNS: Multi-band Network Selection) 시스템과 관련된 연구가 수행되었다. [9,10]의 네트워크 통신대역 전환 알고리즘은 각 통신대역 모뎀의 데이터 링크 계층이하의 네트워크 정보를 수집하여 이를 토대로 통신대역 선택 알고리즘이 구동된다. 데이터 링크 계층이하 계층의 정보를 활용하기 위해서는 각 통신대역마다 다르게 적용된 통신 프로토콜과 메시지형식을 분석하여 통신대역 전환 알고리즘에 적용해야하는 어려움이 있다. 이는 또 다른 통신대역이 해상네트워크에 고려될 때, MNS 시스템에서 유연하게 대처하는데 한계가 있다. 따라서 해상네트워크에서 추가적인 통신대역 구성이 용이하고, 상이한 통신대역 네트워크 들을 통합하여 효율적으로 유지·관리하기 위한 MNS 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 해상멀티대역 네트워크를 위한 미들웨어 계층의 MNS 시스템을 제안한다. 미들웨어는 이기종 구성요소의 차이점과 상관없이 구성요소간 통신을 가능하게 하는 계층으로 이기종 구성요소를 통합하는 가장 쉬운 방법이며, 선박의 통신 시스템 교체나 추가적인 네트워크 적용 구성이 용이하다. 제안하는 MNS 시스템은 MNS 서버와 MNS 사용자 또는 여러 통신대역의 모뎀이 클라이언트가 되어 통신을 하며, MNS 서버가 각 통신대역의 상태를 모니터링하여 사용자의 요구와 네트워크 상태에 따라 최적의 통신대역을 결정하고 통신대역을 전환하여 통신하는 시스템이다. 또한, MNS 서버의 구성모듈을 기능별로 정의하고, 각 통신

대역의 네트워크 상태 정보테이블 (NST: Network Status information Table) 기반의 통신대역 전환 알고리즘을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 해상멀티대역 네트워크에 대해 간략하게 소개하고, 제 3장에서는 MNS 시스템의 구조, MNS 서버, NST 기반 통신대역 알고리즘에 대해 설명한다. 마지막으로 제 4장에서 논문을 마무리 짓는다.

II. 해상 멀티대역 네트워크

2.1. 해상 멀티대역 네트워크 통신

그림 1에서와 같이 해상 멀티대역 네트워크는 다수의 선박국과 여러 통신대역의 육상국으로 구성된다 [11]. 육상국은 LTE, VHF, HF, 위성 통신대역의 기지국과 연결되어 MNS 시스템을 통해 선박국에 여러 통신대역의 통신서비스를 제공한다. 선박국은 해상에서 이동하며 육상국과 통신(Ship-to-shore) 또는 선박국간 통신 (Ship-to-ship)을 수행한다.

Ship-to-shore 통신은 육상국의 통신범위 및 사용자의 요구조건에 따라 달리 통신대역을 결정하게 된다. 선박국이 항만이나 근해에 위치할 때, LTE 통신을 선택하여 고속통신을 수행하게 된다. VHF 통신대역은 주로 AIS (Automatic Identification System)를 통한 선박의 운항 및 안전관련 메시지 전송 시 이용되며 통신범위가 수십 km 이내이다. HF 통신대역에서는 디지털 서비스 이용을 위해 표준인 PACTOR III [12] 프로토콜을 사용하여 낮은 전송속도의 통신을 지원한다. 위성통신은 고속의 신뢰성있는 통신서비스를 제공하나 통신비가 비싸 서비스 이용 시 제약이 따른다.

Ship-to-ship 통신은 선박국간 해상의 가용통신대역을 이용하여 자유로이 애드혹 통신망을 구성할 수 있다. 특히, VHF 대역의 새로운 해상 데이터 교환 (VDE: VHF Data Exchange)을 위한 선박용 애드혹 네트워크 (SANET: Shipborne Ad-hoc Network) [13-15] 기술을 적용하여 해상에서도 이웃선박국을 통한 다중 홉 통신을 이용하여 직접통신이 불가능한 육상국과의 통신을 수행한다. VHF통신 대역에서 이웃선박국이 존재하지 않거나 육상국과의 라우팅 형성되지 않으면, 가용한 다른 통신대역으로 전환하여 통신한다.

2.2. 해상 초단파 대역 SANET 통신

해상 멀티대역 네트워크에서 SANET용 VHF 디지털 통신은 ITU-R M. 1842-1에서 기술된 권고안의 Annex 1과 Annex 4을 기반으로 한다[16]. 표 1는 ITU-R M. 1842-1의 Annex 1과 Annex 4에 대한 VHF 대역 기술 사양을 나타내며, 이를 만족하는 SANET 디지털 통신 시스템이 연구 개발 중이다. SANET 디지털 통신 모델은 Annex1용 VHF 1세대 모델과 Annex 4용 VHF 2세대 모델로 구분되며[17], 이를 위한 SANET 프로토콜이 각각 제안되었다. SANET 프로토콜은 데이터링크 계층, 네트워크 계층, 상위 계층으로 나뉘어 정의되며, VHF1 세대 모델과 VHF 2세대 모델의 물리적 사양을 고려하여 적용될 수 있다. 데이터링크 계층에서 매체접속 제어 프로토콜은 Ad-hoc Self-Organizing TDMA (ASO-TDMA) [13]와 Enhanced ASO-TDMA (EASO-TDMA) [14]으로 VHF 1세대와 2세대 모델에 각각 적용 가능하다. 라우팅 프로토콜은 Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) [18] 기반의 해상 선박의 위치 정보를 활용한 프로토콜을 적용한다.

Table. 1 Annex1 and Annex4 of ITU-R M. 1842-1 Recommendation

Item	Annex 1	Annex 4
data rate (kbps)	28.8/43.2	307.2
bandwidth (Hz)	25k	100k
modulation	$\pi/4$ DQPSK $\pi/8$ D8-PSK	32MC-16QAM
receive sensitivity (dBm) @ 10^{-3} BER	-107	-106 (shore) -98 (ship)

2.3. 해상 MNS 시스템 관련 연구

해상 네트워크 특성을 고려하여 단절없이 이기종 망간에 통신대역 전환을 위해 [9]에서는 MNS 시스템 구조와 수직핸드오버 알고리즘을 제안하였다. [9]에서 MNS는 데이터링크 계층과 네트워크 계층 사이에 존재하며, 각 통신 대역의 네트워크 상태에 따라 최적의 통신대역을 결정하여 해당통신대역으로 수직핸드오버를 수행하고 이를 네트워크계층에 알린다. 이러한 수직핸드오버를 위해 [9]에서는 각 통신대역의 수신신호세기 와 선박의 위치에 따른 각 통신대역의 통신범위를 고려하여 최적의 통신대역을 결정하고 해당통신대역으로의

수직핸드오버 시점을 결정하여 통신대역을 전환한다.

[10]에서는 IEEE 802.21 표준 절차를 참조하여 해상 멀티대역 네트워크에 적용가능한 수직핸드오버를 위한 논리 구조와 통신 모델을 제안하고, 이에 따른 수직핸드오버 절차를 제안하였다. 해상 수직핸드오버를 위해 데이터링크 계층과 네트워크 계층 사이에 MNS를 위한 선박국용 IS(Information Server) ship과 LPM(Link Priority Manager) 모듈을 추가하여, IS ship에서는 육상국 IS 접속없이 VHF 대역의 링크정보를 선박국 내에서 관리하여 VHF 링크접속 지연 시간을 최소화한다. LPM은 사용자 요구조건에 따라 링크우선순위를 결정하고 우선순위가 높은 링크로만 수직핸드오버를 수행하도록 하여 육상국간의 통신을 최소화하여 핸드오버에 소요되는 시간을 줄인다.

[9, 10]에서 제안된 MNS 구조는 데이터 링크 계층과 네트워크 계층사이에 존재하여 수직핸드오버를 실시한다. 데이터링크 계층의 정보를 적용하여 통신대역을 전환하기 위해서는 각 통신대역마다 달리 적용된 통신프로토콜과 메시지 형식을 분석하는데 많은 수고와 비용이 발생하게 된다. 이는 MNS 시스템에 또다른 통신대역 시스템을 추가하거나 기존 통신대역의 프로토콜 대체 시, 이를 유연하게 적용하는 데 한계가 있다.

2.4. 해상 MNS 시스템 요건

본 소절에서는 해상 멀티대역 네트워크 환경에서 MNS를 실제 적용하기 위한 시스템 요건에 대해 논한다.

- 이기종 네트워크 통신시스템 사용의 확대 및 적용성에 대한 고려가 항시 필요하며, 실제 선박에 이를 용이하게 적용하고 유지 관리할 수 있어야함
- 점진적으로 5g, 6g 네트워크 기술이나 위성 통신시스템 사용이 확대됨에 따라 이를 위한 기술 표준제정에 따른 시간이 요구되는데, 이 때 선박에서는 이러한 기술들을 바로 적용하여 네트워크를 전환할 수 있는 시스템이 필요함
- 현재 적용되고 있는 통신 네트워크 기술이 퇴보될 때, 이를 교체하기 위한 비용적 측면에 발생할 수 있는 오류 사항들에 대해 유연하게 대처할 수 있어야함
- 해상 멀티대역 네트워크에서 해상의 통신환경이나 사용자의 요구에 따라 통신대역을 자유로이 설정하고 통신대역을 전환할 때 끊김 없는 통신을 지원할

수 있어야함

본 논문에서는 이와 같은 해상 멀티대역 네트워크 전환을 위한 시스템 요건을 고려하여 미들웨어 계층을 제공하는 MNS 시스템을 제안하고 자세한 내용은 다음 소절에서 논하도록 한다.

III. 멀티대역 네트워크 선택기 시스템

3.1. 시스템 구조

그림 2는 MNS 시스템 구조를 나타내며, MNS 시스템은 크게 3 파트로 구성된다. 이기중 네트워크 신호 입출력을 위한 인터페이스, 통신대역을 결정하고 전환하는 MNS 서버, 사용자 응용프로그램이다.

• 네트워크 인터페이스

MNS 네트워크 인터페이스는 크게 2부분으로 나뉘며, 해상의 여러 통신대역(LTE, VHF 1세대, VHF 2세대 HF) 모뎀 인터페이스와 사용자 인터페이스로 MNS 시스템 연동을 위한 통신방식을 제공한다.

• MNS 서버

MNS 서버는 사용자의 요구 또는 해상 네트워크 환경에 따라 가장 최적의 통신대역을 결정하고, 전환하는 기능을 한다. 또한, 상·하향 링크에 따라 동작이 구분되며, MNS 서버 내부의 모듈은 기능별로 정의되어 수신버퍼, 네트워크 선택프로세서, 메시지 형식변환기, 송신버퍼로 구성된다.

- **수신버퍼 (RX Buffer):** 사용자(하향링크) 또는 각 통신대역의 모뎀(상향링크)으로부터 수신한 메시지를 저장하는 버퍼로 수신메시지 종류에 따라 우선순위를 두고 처리한다. 메시지 종류는 일반/긴급 메시지로 분류가 되며, 일반메시지는 데이터와 제어 메시지로 다시 구분된다. 이 때의 메시지 처리를 위한 우선순위는 응급>제어>데이터이다.

- **네트워크 프로세서 (NSP: Network Selection Processor):** 네트워크 선택알고리즘을 통해 네트워크 상태 및 사용자 요구에 부합하는 최적의 통신대역을 전환 또는 선택한다. 네트워크 상태는 각 통신 대역에서 수신된 메시지 신호를 토대로 네트워크상태 정보

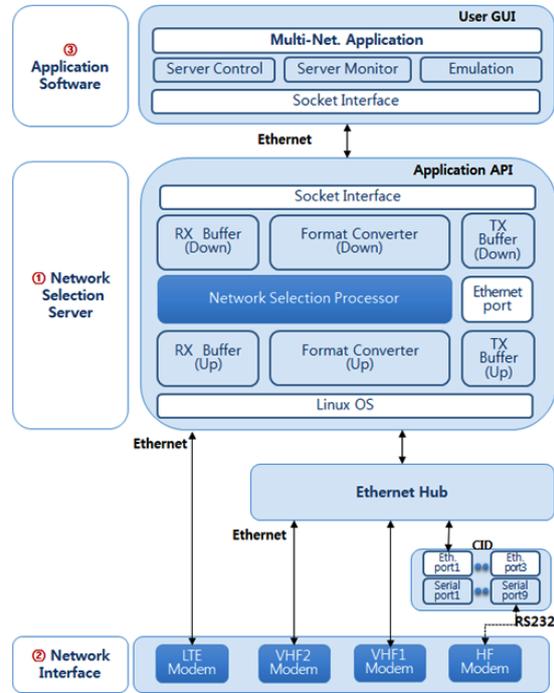


Fig. 2 An architecture of multi-band network selection system

테이블(NST: Network Status information Table)에 실시간으로 갱신된다. NST에는 각 통신대역의 가용 여부, VHF 통신 대역 네트워크 상태정보 (슬롯할당여부, 링크 연결여부, 라우팅정보, IP할당여부, CRC 정보) 등이 포함된다.

- **메시지 형식변환기 (FC: Format Converter):** 전송할 메시지를 각 통신대역(하향링크)/사용자(상향링크)의 데이터 형식에 맞게 변환하여 송신버퍼에 전달한다.
- **송신버퍼 (TX Buffer):** 각 통신대역(하향링크) 모뎀 또는 사용자(상향링크)에게 전송할 메시지를 저장하는 버퍼로 메시지 종류에 따라 수신 버퍼와 동일한 우선순위를 두고 처리한다.

• 사용자 응용프로그램

사용자 응용프로그램에서는 MNS 시스템의 운용 및 관리를 위한 프로그램을 제공한다. 사용자 GUI는 가용 통신대역 정보와 최적 통신대역에 대한 정보를 전시하고, 가용 통신대역에서의 데이터 송·수신을 위한기능을 제공한다.

3.2. 멀티대역 네트워크 선택기 서버

MNS 서버는 각 통신대역의 모뎀으로부터 메시지를 송·수신하고, 각 통신대역의 네트워크 상태 메시지 (Net_Report)를 주기적으로 수신하여 최적 통신대역을 결정하거나 통신대역을 전환하는 기능을 한다. 이에 따라 가용 통신대역의 상태 정보 및 최적 통신대역에 대한 정보를 주기적으로 사용자에게 알린다. 이러한 MNS의 동작절차는 상·하향 링크에 따라 구분되며 다음과 같다.

3.2.1. MNS 서버 상향링크 동작절차

그림 3은 MNS 서버 상향링크 동작절차로, 각 통신대역에서 송신한 메시지를 MNS 서버에서 수신하여 NSP에서 처리하며 다음과 같은 절차를 따른다.

1. RX_buffer_up으로부터 메시지 수신
2. 수신된 메시지 분류
 - A. 수신 메시지=Net_Report일 때
 - (a) NST의 해당 값 갱신
 - B. 수신 메시지=ACK일 때
 - (a) 데이터 블록 전체 전송 시
 - ① 메시지 전송 완료 ACK 메시지 생성
 - ② 사용자에게 ACK 전송
 - (b) 데이터 블록 부분 전송 시
 - ① 송신 데이터블록 갱신
 - ② 데이터블록 전송
 - ③ 전송 통신대역 모뎀에 하향 데이터 전송
 - C. 수신 메시지=NACK일 때

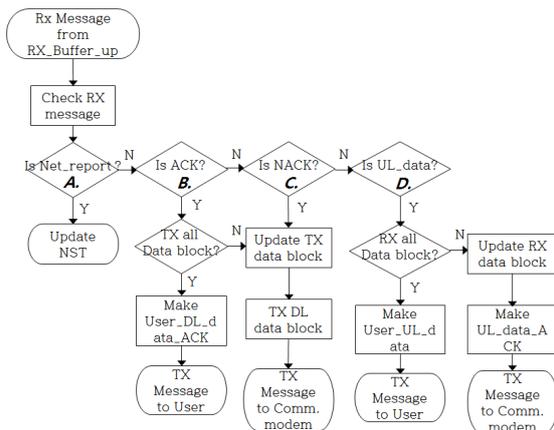


Fig. 3 Uplink procedure of the MNS server

(c) B. (b)과정과 동일

- D. 수신 메시지=UL_data 일 때
 - (a) 데이터 블록 전체 수신 시
 - ① User_UL_data 생성
 - ② 사용자에게 User_UL_data 전송
 - (b) 데이터 블록 부분 수신 시
 - ① 수신 데이터블록 갱신
 - ② 수신 확인 메시지 ACK 생성
 - ③ 전송 통신대역 모뎀에 ACK 전송

3.2.2. MNS 서버 하향링크 동작절차

그림 4는 MNS 서버 하향링크 동작절차로 사용자로부터 송신한 메시지를 MNS 서버에서 수신하여 처리하는 과정이다. 사용자로부터 수신한 메시지는 RX Buffer_down에서 응급메시지와 일반 메시지(제어/데이터)에 따라 우선순위를 두고 버퍼링되어 NSP에 전달된다. 수신된 메시지에 따른 전반적인 동작 절차는 다음과 같다.

1. RX_buffer_down으로부터 메시지 수신
2. 수신된 메시지 모드 분류
 - A. 수신 메시지 = 응급모드
 - (a) 통신대역 전체 선택
 - (b) 전체 통신대역으로 DL_data 전송
 - B. 수신메시지 = 자동모드
 - (a) 통신대역 선택 알고리즘 구동
 - (b) 최적 통신대역으로 TX_Net 선택

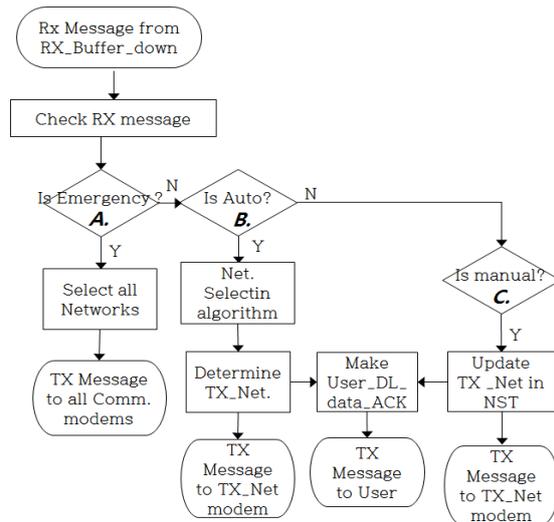


Fig. 4 Downlink procedure of the MNS server

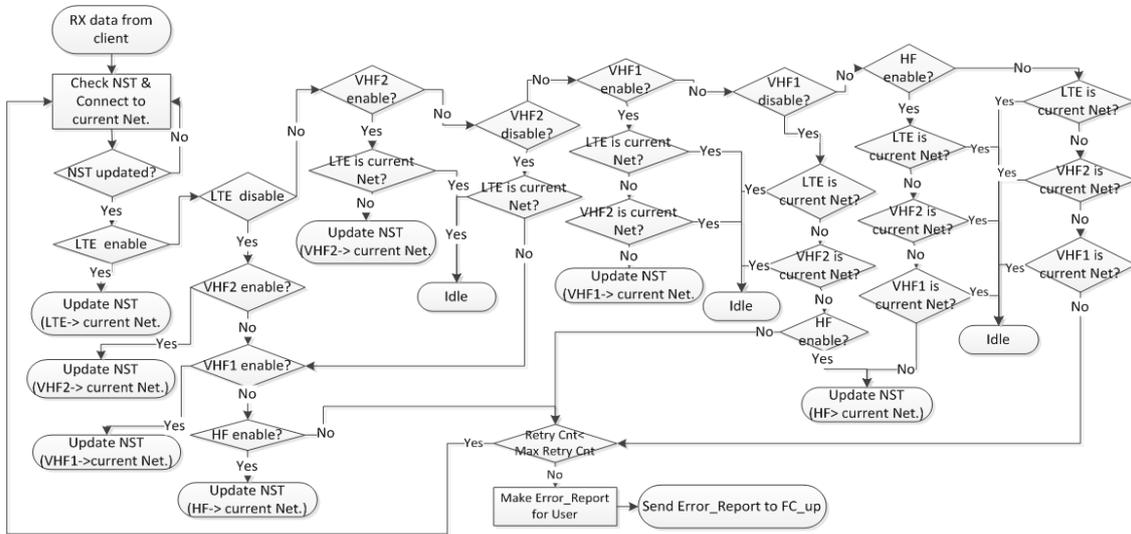


Fig. 5 Network Selection algorithm based on NST

- (c) TX_Net으로 DL_data 전송
User_DL_ACK 사용자에게 전송
- C. 수신메시지 = 수동모드
- (a) NST에서 TX_Net 갱신
- (b) TX_Net으로 DL_data 전송
User_DL_ACK 사용자에게 전송

3.3. 통신대역 선택 알고리즘

MNS 시스템 운영상의 편의성과 효율적인 네트워크 관리를 위해 네트워크 정보테이블 (NST)기반의 통신대역 선택알고리즘을 적용한다. NST는 각통신대역의 네트워크 상태 정보 나타내며, 각 통신대역의 가용여부 및 데이터통신을 위해 이용 중인 통신대역의 네트워크 상태정보를 포함한다. MNS 서버는 각 모뎀 장치(LTE, VHF 1세대, VHF 2세대, HF)로부터 수신된 모뎀 상태 패킷을 통해 각 통신대역의 가용 상태를 판단하여, NST를 갱신한다. 표 2는 NST의 통신대역 가용조건을 나타낸다. VHF1과 VHF2 통신대역에서는 네트워크 상태정보 패킷(Net_report)을 MNS 서버에 주기적으로 전송하여 통신 가용상태를 알린다. Net_report에는 VHF대역의 매체접속계층 (MAC: Medium Access Control)의 시간슬롯 할당유무, IP 할당유무, 이웃선택국 유무, 경로 설정 유무에 대한 정보를 담아 보낸다. LTE, HF 통신대역에서는 MNS 서버가 주기적으로 LTE 나 HF 링크연

결 상태를 체크하여 통신대역의 가용여부를 NST에 갱신한다. NST에서는 가용 통신대역의 네트워크 중 통신대역의 속도와 비용을 고려하여, LTE < VHF2 < VHF1 < HF 순으로 통신대역의 우선순위를 두고 이용할 통신대역의 네트워크를 Current Net.로 지정하여 해당 통신대역에서 데이터를 송수신할 수 있도록 한다.

Table. 2 The condition for the communication availability in NST

Nets.	Available condition
LTE	<ul style="list-style-type: none"> • MNS sever connects with LTE modem (check Net. driver). • MNS server connect to OpenVPN and it is assigned IP.
VHF2 /VHF1	<ul style="list-style-type: none"> • MNS sever connects with VHF2/VH1 modem (check Ping response). • MNS server periodically receives a packet (Net_report) for the network status of VHF1/VHF2. • MNS server determines network availability based on received packet (Net_report) from VHF1/VHF2. • The number of CRC in VHF2 or VHF1 MAC layer is less than a threshold value.
HF	<ul style="list-style-type: none"> • MNS server periodically receives a packet for HF link connection ACK. • MNS server determines the link connection ACK to be normal.

그림 5는 NST 기반 통신대역 선택 알고리즘을 나타낸다. NST를 기반으로 하는 통신대역 선택 알고리즘은 클라이언트(각 통신대역 또는 사용자)에서 MNS 서버로 수신한 데이터가 존재할 경우만 동작을 하며 NST에서 current Net으로 지정된 통신대역을 송신할 통신대역의 네트워크로 결정한다. MNS 서버에서 current Net으로 데이터 전송 시, NST에서 각 통신대역의 네트워크 가용상태가 변화될 때마다 네트워크 우선순위(LTE < VHF2 < VHF1 < HF)에 따라 Current Net이 유지 또는 갱신이 되며, 갱신된 Current Net으로 통신대역을 전환하여 데이터를 전송하게 된다. 갱신되는 current Net 이 더 이상 사용하지 않으면 오류 메시지를 상향링크 메시지형식변환기(FC_up)에서 생성하여 사용자에게 가용 네트워크가 없음을 알린다.

IV. 결 론

본 논문에서는 해상의 여러 통신대역 중 최적의 통신대역을 결정하고, 사용자와 네트워크 환경에 따라 통신대역을 전환하여 끊김 없는 통신 서비스를 제공하는 멀티대역 네트워크 선택기(MNS) 시스템을 제안하였다. MNS 시스템은 여러 통신대역의 네트워크와 통합·연동하기 쉬운 미들웨어 계층의 통신시스템으로 각 통신대역 시스템이 클라이언트가 되어 네트워크 상태 정보를 MNS 서버에서 주기적으로 모니터링하여 통신가용상태를 갱신하고 네트워크 상태 정보테이블(NST)를 기반으로 최적의 통신대역을 결정한다. MNS 시스템은 ITU-R M. 1842-1의 Annex1 및 Annex4 규격을 만족하는 2-종의 디지털 초단파 통신 시스템과 LTE 및 단파통신 시스템과 연동하며 상·하향링크에 링크에 따른 동작 절차를 소개하였다.

향후 연구에서는 MNS 시스템을 구축하고, 실내 기능 시험을 통한 실증연구를 진행할 예정이다. 제안된 MNS 시스템은 해상의 통신장벽을 해소하고, 다양한 통신 서비스를 효율적으로 제공할 수 있다. 특히, e-navigation에서 해상의 여러 통신대역을 운용하기 위한 주요 통신 인프라로 활용될 수 있을 것이다. 또한 해양의 통신 방식 변화나 새로운 통신방식의 시스템이 적용될 시 유연하게 대처할 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] IALA, Maritime radio communications plan [Internet]. Available: <http://www.iala-aism.org/product/maritime-radio-communications-plan/>.
- [2] IMO MSC, *Report of the Maritime Safety Committee on its Ninety-Fourth Session*, MSC 94/21, Nov. 2014.
- [3] J. Kim, “A survey of VDES for e-navigation services,” *TTA Journal*, vol. 154, pp. 66-71, July 2014.
- [4] IMO NAV, *Development of E-navigation Strategy, Report of the Working Group*, NAV 54/WP.6, July 2008.
- [5] W. Shim, J. Park, and Y. Lim. “The Study on the trend of international standards and the domestic plan to cope with e-navigation,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 14, no. 5, pp. 1057-1063, May 2010.
- [6] J. Jeon, “The objective and governmental plan for Korean e-navigation services,” *TTA Journal*, vol. 159, pp. 20-27, May 2015.
- [7] IEEE Std. 802-21, *Standard and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services*, IEEE, Piscataway, N.J., 2006.
- [8] 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.
- [9] 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, Aug. 2011.
- [10] A. Cho, C. Yun, J. Park, and Y. Lim, “Vertical Handover Framework for Multiband Maritime Networks,” *Journal of information and communication convergence engineering*

- vol.18, no. 12, pp. 2847-2856, Dec. 2014.
- [11] C. Yun, A. Cho, S. Kim, J. Park, and Y. Lim, "Design of Multiband Maritime Network for Ships and its Applications," *International Journal of KIMICS*, vol. 7, no. 3, pp.314-322, Sept. 2009.
- [12] ITU-R M.1798-1, *Characteristics of HF radio equipment for the exchange of digital data and electronic mail in the maritime mobile service*, ITU, 2010.
- [13] 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. 2012, no. 10, pp. 1-16, Oct. 2012.
- [14] 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, July 2015.
- [15] NCSR-2 INF.9, *A study on enhancing maritime logistics efficiency utilizing maritime VHF digital communication technology and facilitation method*, IMO, 2014.
- [16] 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.
- [17] 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 *Proceeding of KICS Conference*, pp. 371-372, June 2015.
- [18] RFC 3561, *Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing*, IETF, 2003.



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



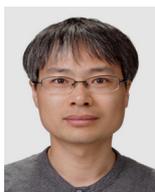
윤창호(Changho Yun)

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 전자공학 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: 선박해양플랫폼연구소 책임연구원
 ※관심분야 : 해양정보통신 네트워크, 수중 통신 네트워크 및 신호처리