

# 해양 복합통신 실가상 융합 테스트베드 개발

박호민, 정우성, 강세훈, 김성민\*, 유대승

한국전자통신연구원, TSN Lab\*

hominpark@etri.re.kr, woosung@etri.re.kr, skang@etri.re.kr, semih@tsnlab.com\*, ooseyds@etri.re.kr

## Development of a converging real-virtual testbed for maritime complex communication

Ho-Min Park, Woo-Sung Jung, Saehoon Kang, Semih Kim\*, and Dae Seung Yoo

Electronics and Telecommunications Research Institute, TSN Lab\*

### 요약

해양 통신은 육상 통신과 다르게 환경 조건에 따른 다양한 기술적 요구사항이 존재한다. 또한 자연환경의 영향, 넓은 커버리지, 선박의 이동으로 인해 연결할 수 있는 통신망이 수시로 변경될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 해양 복합통신의 특성을 충족시키기 위해 NS-3 네트워크 시뮬레이터를 기반으로 한 실·가상 융합 테스트베드를 구축한다. 복합통신 시나리오를 검증하기 위해 가상 중계 서버와 실제 단말인 복합통신 게이트웨이를 활용하여 네트워크의 지연시간과 처리량 등을 분석한다. 또한, MCTP 프로토콜을 도입하여 이기종 네트워크 간 효율적인 데이터 전송을 가능하게 하고, 실가상 단말의 성능 검증을 통해 해양 복합통신 기술의 실용성을 확인한다.

### I. 서론

해양 통신은 육상 통신과 다르게 환경 조건에 따른 다양한 기술적 요구사항이 존재한다. 육상에는 계획적으로 배치된 기지국 등과 같은 인프라를 통해 LTE, 5G와 같은 단일 통신 채널로도 안정적인 통신 환경을 제공할 수 있다. 그러나 해상에서는 자연환경의 영향, 넓은 커버리지, 선박의 이동으로 인해 연결 가능한 통신망이 수시로 변경될 수 있다. 따라서 해상에서의 원활한 통신을 위해 단일 통신 채널을 사용하는 개별통신보다 다수의 이종 통신 채널을 이용하는 복합통신 기술이 필요하다[1].

해양 복합통신은 VDES, LoRa, Wi-Fi, LTE, 위성 등 다수의 이종 통신 채널을 활용한 중단 간 가상 링크와 패킷 전달 방법을 제공해야 한다. 이러한 해양 복합통신의 검증을 위해 실제 단말을 이용한 테스트베드를 구축한다면 현실적인 환경을 실험에 반영할 수 있으나 높은 비용과 장소 선정의 문제가 존재한다. 이와 달리 네트워크 시뮬레이터를 이용하면 다양한 네트워크 환경과 조건에 따른 통신 시나리오를 실·가상 환경에서 구현하고 실험할 수 있다.

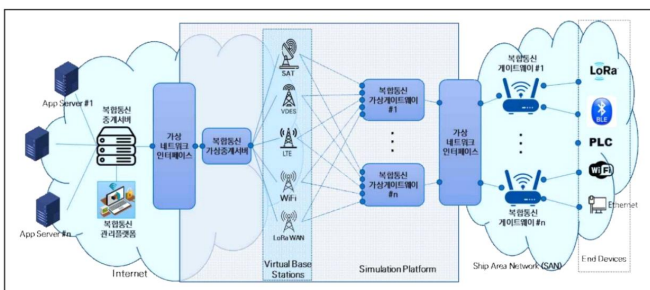
본 논문에서는 그림 1과 같이 해양 복합통신의 성능 시험을 위해 NS-3 네트워크 시뮬레이터 기반의 테스트베드를 구축하였다. 이를 기반으로 다양한 이기종 실·가상 단말의 복합통신 성능을 분석하는데 활용한다.

### II. 본론

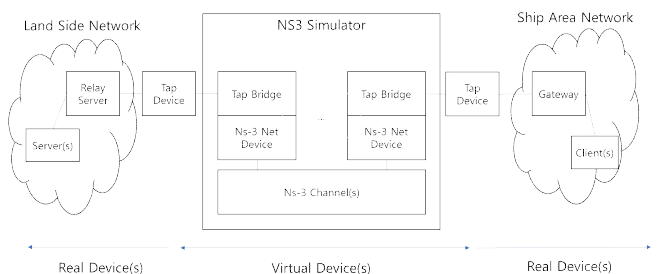
본 논문에서는 NS-3 기반의 해양 복합통신 실·가상 융합 테스트베드와 이기종 네트워크 지원을 위한 다중 채널 터널링 프로토콜(Multi-Channel Tunneling Protocol, MCTP)을 설계 및 구현하였다. 이를 통해 구축된 테스트베드에서 실시된 다양한 실험 결과를 분석하여 복합통신 기술의 유효성을 검증하였다.

#### 1) NS-3 기반의 실·가상 융합 네트워크 시뮬레이터 구축

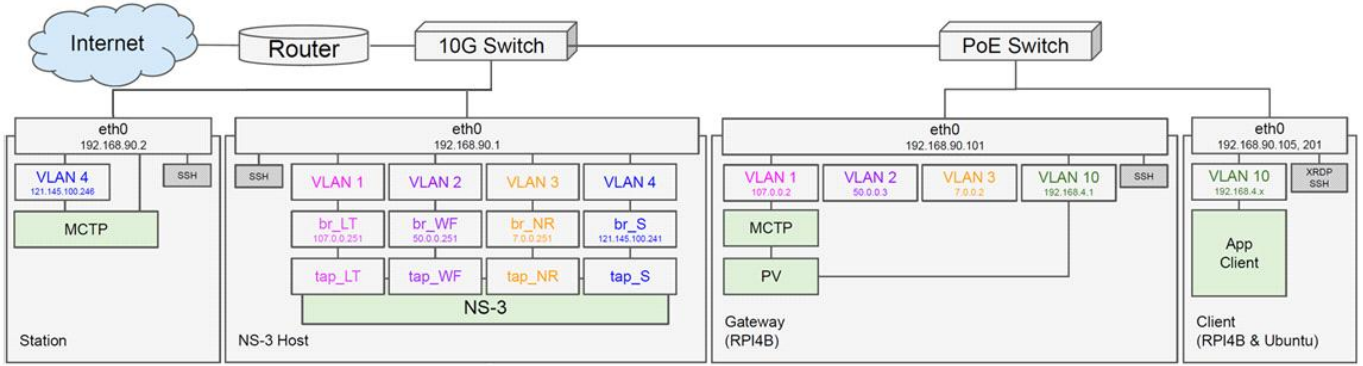
일반적으로 네트워크 시뮬레이터는 가상의 네트워크를 생성하여 설정된 시나리오를 수행한다. 이를 통해 적용한 프로토콜의 적합성이나 네트워크의 지연시간, 처리량 등을 분석할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 해양 복합통신은 다수의 이종 통신 채널을 활용한 중단 간 가상 링크와 패킷 전달 방법을 사용하므로, 이를 수행할 중계 서버가 필요하다. 또한 해양 통신의 특성을 테스트베드에 최대한 반영하기 위해 복합통신 게이트웨이와 같은 실제 단말들을 배치해야 한다. 따라서 제안하는 통신 방법과 현실적인 성능 검증을 위해 실·가상 단말의 복합 시험 환경이 요구된다. 대표적인 네트워크 시뮬레이터인 NS-3의 TAP API에서 이러한 실·가상 연결 기능을 제공하므로[2-3], 본 논문에서는 그림 2와 같은 NS-3 기반의 실·가상 융합 테스트베드를 구축하였다.



[그림 1] 해양 복합통신 개념도



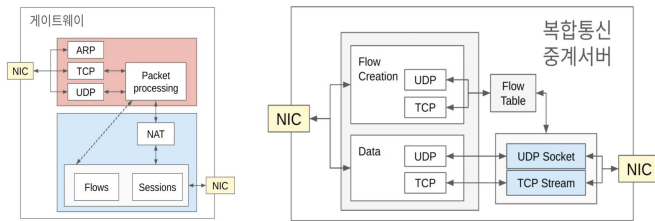
[그림 2] NS-3 기반 실가상 융합 네트워크 구성도



[그림 4] NS-3 기반 실·가상 융합 네트워크 구성도

2) 이기종 네트워크 지원을 위한 MCTP

해상 복합통신은 통신 환경에 따라 연결 가능한 네트워크가 변동될 수 있으므로, 핸드오버 상황제어, 종단 간 가상 링크 및 패킷 전송 방법을 제공하기 위한 프로토콜로 MCTP를 제작하였다. MCTP는 그림 3과 같이 선박의 통신 인프라를 의미하는 게이트웨이와 항만의 통신 인프라를 의미하는 중계서버 간의 복합통신을 제공한다. 선박에 설치된 게이트웨이는 ARP, TCP, UDP 등의 다양한 패킷을 중계서버까지 전달하는 역할을 하며, 둘 사이의 플로우 관리 및 세션 연결 등의 기능을 지원한다. 중계서버는 플로우의 관리 및 실제 데이터 송수신을 관리하며, 하나의 중계서버에는 여러개의 게이트웨이가 연결되어 네트워크를 구성할 수 있다.



[그림 3] MCTP 게이트웨이와 중계서버 구성

본 논문에서는 중계서버와 게이트웨이 사이에 이종 통신 채널로 대표적으로 많이 사용되는 NR, LTE, Wi-Fi 세 가지의 통신 채널을 선정하여 네트워크를 설계하였으나, 기타 non-IP 기반의 통신 채널도 IP로 인캡슐레이션을 통해 추가하여 구현할 수 있다. MCTP의 연결 관리 및 데이터 전송을 위해서는 아래와 같은 메시지 타입을 정의하였다.

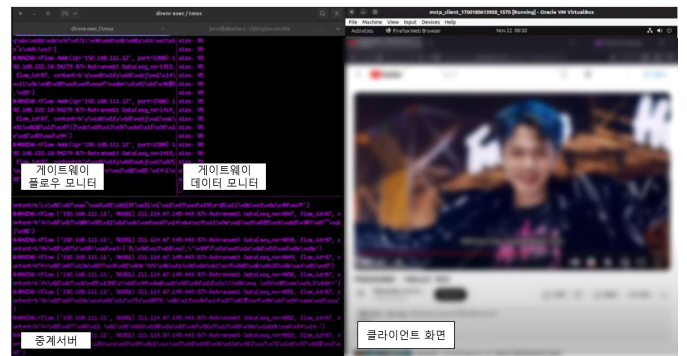
- 게이트웨이와 중계서버 간의 연결 요청, 응답 및 종료
- 게이트웨이와 중계서버 간의 플로우 생성 요청, 응답 및 종료
- 게이트웨이와 중계서버 간의 데이터 전송 및 ACK/NACK 응답
- 게이트웨이와 중계서버 간의 QoS 측정을 위한 메시지

3) 테스트베드(TB) 기반의 실험

테스트베드 내 네트워크는 그림 4와 같이 가상 영역을 총괄하는 'NS-3 Host'와 실제 영역을 구성하는 나머지 세 가지 장비로 이루어진다. 이 세 가지 장비는 복합통신 중계서버 역할을 하는 'Station', 복합통신 게이트웨이 역할을 하는 'Gateway', End-User 역할을 하는 'Client'이다. 각각의 네트워크 연결은 하나 이상의 스위치로 연결되어 있으나 논리적인 분할을 위해서 VLAN(Virtual LAN)으로 묶어 네트워크 토폴로지를 구성하였다.

본 논문에서 제안하는 실·가상 융합 테스트베드의 동작과 MCTP의 효용성을 확인하기 위해 NS-3 상에 이기종 네트워크를 사용하여 실험 환경을 구축하였다. 그림 5는 클라이언트에서 선박 내 게이트웨이, NS-3 가상 네트워크 및 항만의 중계 서버를 거쳐서 외부의 Youtube 채널에 접속

하여 영상서비스를 받는 결과 화면이다. 좌측의 하단은 중계 서버에서 패킷을 처리하는 것의 모니터링 화면이며, 좌측의 상단은 게이트웨이에서 플로우(Flow) 처리와 데이터 패킷 처리에 대한 모니터링 화면이다.



[그림 5] 테스트베드 실험 결과 화면

III. 결론

본 논문에서는 신규 해상 ICT 통신 기술 검증을 위한 NS-3 기반의 네트워크 시뮬레이터를 활용한 실·가상 해상 복합통신 테스트베드를 소개하였다. 또한 해당 테스트베드를 기반으로 이기종 채널을 이용한 MCTP 프로토콜에 대한 기능을 확인하였다. 추후 다양한 실·가상 네트워크 단말을 활용하여 이기종 네트워크 간의 연동, MCTP의 플로우 관리 기법 및 성능 검증 방식에 대한 연구가 진행될 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 이 논문은 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20220544, 실해역 성능검증 기반기술 개발).

참고 문헌

[1] S. Kang, W.-S. Jung, D. Yoo., "A Consideration of the Integrated Ship-to-Shore Communications", in Korea Information and Communication Society (KICS) Fall Conference, Nov. 2022.

[2] Fontes, Helder, Tiago Cardoso, and Manuel Ricardo. "Improving ns-3 emulation performance for fast prototyping of network protocols." Proceedings of the 2016 Workshop on ns-3. 2016.

[3] A. Sahu, A. Goulart and K. Butler-Purry, "Modeling AMI network for real-time simulation in NS-3," 2016 Principles, Systems and Applications of IP Telecommunications (IPTComm), Chicago, IL, USA, 2016, pp. 1-8,