

FMI/FMU 기반의 선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼 구현에 관한 연구

류호진, 김준경, kwak재화, 김낙일, 김원현

슈타겐

hjryu@shutagen.com, jkkim@shutagen.com, jhkwak@shutagen.com, nikim@shutagen.com, whkim@shutagen.com,

A Study on the Implementation of Performance Verification Platform for Digital Communication Equipment for Ships Based on FMI/FMU

Ryu Ho Jin, Kim Jun Kyeong, Kwak Jae hwa, Kim Nak il, Kim Won Hyun

Shutagen Co., Ltd.

요 약

본 논문에서는 기존에 고려된 FMI/FMU 활용방안을 고려하여 '선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼'을 구현하는 과정 및 구현을 위한 필요 요소를 분석하였으며, 이를 바탕으로 플랫폼을 구현하는 과정을 정리하였다. 또한, 앞으로 '선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼'을 고도화 하기 위하여 필요한 요소 및 기술들에 대하여 논의해 보고자 한다.

I. 서론

본 논문에서는 '선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼'을 구현하기 위하여 사전 연구로 선정된 FMI / FMU (Functional Mock-up Interface/ Functional Mock-up Unit)를 활용한 시뮬레이션 방법을 활용하여 플랫폼을 구현하고자 하였으며 그 과정을 기술하였다. 사전 연구에서는 우선 순위 분석 등을 통해 항만 구성요소 5종을 결정하였으며, 이를 바탕으로 FMU모델링을 구성하였다[1][2]. 이를 바탕으로 FMU를 활용할 수 있는 '선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼'을 설계하였으며, 다양한 접근방법을 통해 플랫폼을 구현하였다. 플랫폼의 구성요소로는 크게 '시나리오', '기자재 FMU', '3D기반 통합 테스트' 이렇게 세 부분으로 나눌 수 있으며, 각 부분을 구성하는 세부 요소는 본문에서 자세하게 설명 할 예정이다. 그 외에도, 플랫폼과 연계되는 외부 데이터에 대하여 설명하기로 한다.

II. 본론

사전 연구에서 '선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼'을 구성하기 위한 구조[3], 시나리오[4] 및 FMU[2]에 대하여 논의하였으며, 이를 바탕으로 플랫폼을 구축하였다.

기존의 시나리오는 울산항에 입항하는 LNG선박의 입항-도출선 절차를 기반으로 구성되었으며, LNG선박(자선) 1대와 타선1대를 가정하여 교통상황을 정리한 다음 각 절차에 해당하는 내용의 데이터를 IMO규정에서 추출하여 데이터의 항목을 정의하였다. 그러나 기존의 절차가 유인선박을 기준으로 제정되었으며, 상당한 절차가 입항 이전에 수행되어야 하며, 직접적인 데이터 통신이 아니라 신청 시스템에 의하여 처리되는 항목들도 다수 있어 기자재의 성능검증을 위한 시나리오로 적합하지 않은 것으로 고려되었으며, 이에 기존의 시나리오를 ISO28005-1:2013, ISO28005-3:2023(초안)을 고려하여 JIT(Just In Time)절차에 의거하여 시나리오를 개선하였으며, 최종적으로 구현된 시나리오는 ISO28005-1:2024, ISO28005-

3:2024를 고려한 JIT절차를 적용하였다.

ISO28005-1:2024, ISO28005- 3:2024를 고려하여 시나리오를 재구성한 이유는, ISO 28005-1:2024 "Ships and marine technology - Electronic port clearance (EPC) - Part 1: Message structures and application programming interfaces"에서 선박과 육상 간의 메시지 교환을 위한 원칙, 방법, 요구사항을 정의하고 있으며, ISO 28005-3:2024 "Ships and marine technology - Electronic port clearance (EPC) - Part 3: Data elements for ship and port operation"에서 전자 입출항 메시지에 사용되는 핵심 데이터 요소를 설명하고 있기 때문에, 차후 기자재의 원활한 성능검증을 위해서 이를 고려하여 시나리오를 개선하였다.[5][6]

사전 연구로 선정된 FMI / FMU를 활용하여 기자재를 구현하기로 하였으며, 선박항해에 중요한 5가지 장비를 선정하였다. 첫 번째로 **GPS(GlobalPositioningSystem)**를 구현하였는데, 이는 시나리오의 흐름대로 선박의 위치를 조정할 수 있는 수단으로서 필수적으로 구현할 필요가 있기 때문이다. 둘째로 **AIS(AutomaticIdentificationSystem)**를 구현하였으며, 이를 통하여 선박의 식별코드(MMSI, Maritime Mobile Service Identity), 위치 및 속도, 배의 방향 등의 정보를 다른 기자재에 전달해 주는 역할을 담당하게 하였다. 실제 AIS의 경우 암호화된 전파 신호로 주변에 정보를 전달하는 역할을 하게 되지만, 본 연구에서는 암호화된 전파신호로 정보를 전달하는 체계까지는 구현하지 않았다. 세 번째로 **ECDIS(ElectronicChartDisplayandInformationSystem, 전자해도정보시스템)**을 구현하였으며, 이를 통하여 배의 위치 및 항해정보를 시각화하는 수단으로 구현하였다. 특히, ECDIS의 경우 SOLAS를 준수하는 대부분의 선박에서 주요 항해 도구로 사용[7]되며, 다양한 기자재들이 연계되는 형태로 개발되어 있어 차후 다양한 기자재의 성능검증을 위해 필수적으로 구현해야 하는 기자재로 인식되고 있다. 네 번째로 **VTS(Vessel TrafficService, 해상교통관제)**를 구현하였으며, 그 수단으로 다섯 번째인 **VHF(VeryHighFrequency)통신**을 구현하였다. 이는 특정 시점에서 발생하는 사건(event)과 항만의 구성요소 중 하나인 해경 이라는 Actor와

의 통신을 수행하는 과정을 통해 다양한 사건의 발생을 처리할 수 있는 가능성을 보여주기 위함이며, 통신과 관련된 기자재의 성능을 검증하기 위한 플랫폼의 첫 번째 단계를 구현하는데 그 의의를 부여하였다.

추가적으로 5종의 FMU를 구성하는데 있어, 가장 중요하게 생각한 포인트는 ‘선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼’이 통신 기자재의 성능 검증에 있어 연속사건(Continuous Event)과 이산사건(Discrete Event)을 동시에 처리할 수 있는 가능성을 보여주는데 초점을 맞추었으며, JIT시나리오를 통하여 시뮬레이션을 수행함에 있어 명확하게 표현가능하며 그 결과를 바로 확인할 수 있는 사건의 일환으로 VTS 및 VHF를 구현하여 시뮬레이션에서 구현하였다.

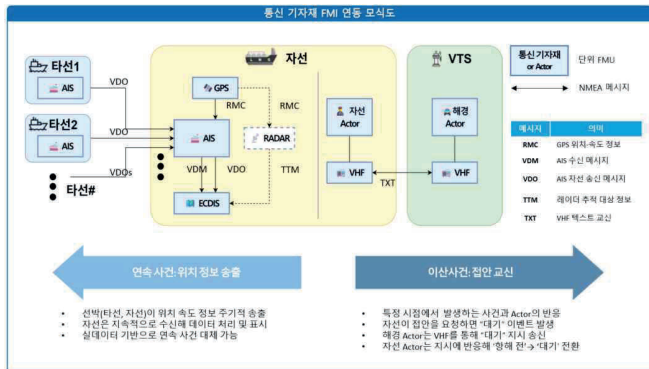


그림 1 AIS & VHF 기반 연속/이산 사건 시뮬레이션 모식도

각 FMU는 python 기반의 소스코드를 pythonFMU 0.6.5를 사용하여 빌드하였으며, 각 FMU 간 연동을 그림2와 같이 고려해 NMEA0183을 준수하는 FMI Input/Output을 모델링해 구현하였다. 본 버전의 플랫폼에서 중요하게 생각하며 구현한 기능은 각 FMU간의 연결 및 디지털 통신의 호출/응답 상황이다. 위에서도 표현했다시피 본 버전의 플랫폼에서는 시물레이션에서 연속사건과 이산사건을 동시에 처리할 수 있는 가능성을 보여주기 위해서 통신상황을 고려하여 FMU간의 연결을 처리하였으며, 이를 명확하게 표현하기 위하여 호출과 응답은 통신이 성공적으로 전달된 상황(Success Event)과 디지털 통신이 정상적으로 이루어지지 않은 상황(Fail Event)을 시나리오상에 구현하였으며, 이를 통하여 연속사건과 이산사건의 동시처리 가능성을 보여주었다.

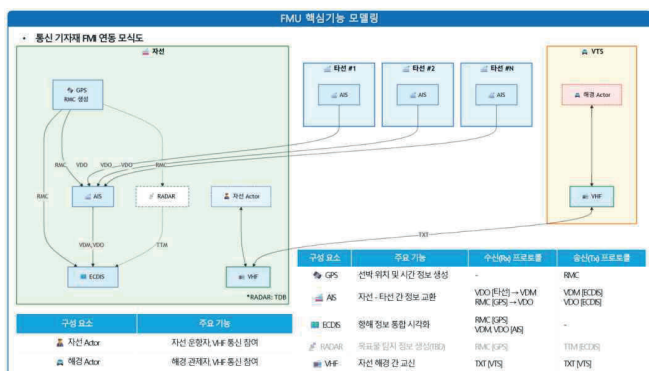


그림 2 통신 기자재 간 연동 모식도

통합검증 시물레이션은 그림 3과 같은 절차대로 진행되었다. 그림3은 통합검증 시나리오의 실행절차를 나타낸 그림으로, JIT 시나리오와 각 기자재 FMU를 이용하여 통신성능을 검증하는 절차를 간결하게 표현하였다. '선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼'의 목적을 가장 간결하게 표현한 형태로, JIT Arrival의 단순한 절차와 이에 필요한 통신 기자재의 통

신내용을 간단하게 구현하였으며, 기자재 FMU가 지속적으로 작동하고, 통신이벤트가 발생되어 이에 대응하는 모습을 플랫폼에 구현하였다. 그리고 이 과정으로 3D로 표현하여 디지털 트윈 시각화와 시뮬레이션을 결합하여 시뮬레이션 과정을 보여줄 수 있는 가능성을 그림4처럼 보여주었다.

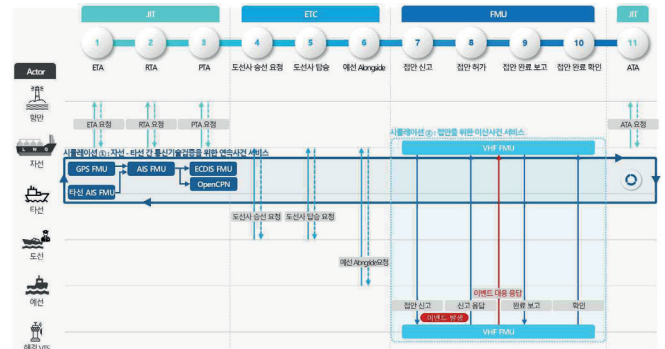


그림 3 통합검증 시나리오



그림 4 입항 시뮬레이션 디지털 트윈 구현

본 연구에서 구현된 ‘선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼’은 단 순히 JIT Arrival 시나리오와 기자재 FMU를 활용한 단순한 시뮬레이션 기능 뿐만 아니라 다양한 기능도 구현하였다.

단순히 통신 기지재 단위의 시뮬레이션이 가능할 뿐만 아니라, 성능을 검증할 수 있는 시나리오를 생성/수정 할 수 있는 기능을 구현하였으며, 전체 시나리오를 단위 시나리오로 구분하여 시나리오 기반 단위테스트가 가능하도록 기능을 구현하여 전체 시나리오를 대상으로 하는 통합검증 뿐만 아니라 부분적인 시나리오와 기지재 FMU를 연계하여 필요한 부분/길이의 시뮬레이션이 가능하도록 구현하여 시스템의 리소스 사용을 효율적으로 사용할 수 있도록 설계하였다.

통합성능검증 시뮬레이션을 수행하기 위하여 FMI Master로 OSP (Open Simulation Platform)를 이용하였다. OSP는 해양 장비, 시스템 및 전체 선박의 공동 시뮬레이션을 위한 오픈 소스 시스템으로써[8], FMI 표준을 기반으로 하여 다양한 기자재들의 연동을 쉽게 하기 위하여 제안된 시스템이다. 본 연구에서는 공동개발사인 (주)아리안에서 OSP 엔진을 활용하여 개발한 서비스를 사용하였으며[9], 시뮬레이션 결과값이 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)의 형태로 DB에 축적되고, 이와 연동하여 디지털트윈 시각화와 연동하는 형태로 구현을 하였다.

추가적으로 외부 플랫폼과의 연동을 통해 다양한 기능을 추가할 수 있도록 설계하고 구현하였다. MCP(Maritime Connectivity Platform) 연동을 통해 다양한 통신 기자재의 통합성능 검증할 수 있는 기능을 설계하여 구현하였으며, 이를 통해 실험환경 테스트베드의 실제 데이터 연동 구조 구축을 통한 실-가상 시뮬레이션 통합 성능 검증 체계를 확보하였다.

그 일환으로 전자해도표시도구(OpenCPN)를 ‘선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼’과 연동하였으며, 실제 AIS신호를 OpenCPN이 받아들이고[10], OpenCPN에서 ‘선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼’으로 실시간 데이터를 연동하여 시각화 하는 기능까지 구현하였다.

본 연구를 통하여 FMI / FMU 기반 기술이 ‘선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼’을 구현할 수 있는 가능성에 대해서 충분히 확인할 수 있었다. 그러나, 플랫폼이 완성되기 위해서는 선박용 디지털 통신 기자재를 현실적으로 FMU화 하는 기술을 확보하는 것과, 선박 항해에 필요한 다양한 기자재 FMU를 구현하여 통합성능검증을 할 수 있도록 현실기반의 가상 통합검증 기반을 확보해야만 하는 과제가 남아있다. 특히 본 플랫폼의 개발 목적이 아직 개발되지 않은 선박용 디지털 통신 기자재도 성능검증을 할 수 있도록 실-가상 테스트가 가능한 정도를 목표로 하고 있는 만큼, 지속적인 연구개발 및 고도화를 통해 플랫폼의 확장성을 부여하는 것이 중요하다고 생각된다.

III. 결론

본 논문에서는 본사에서 ‘선박용 디지털 통신 기자재 성능검증 플랫폼’을 구현하기위한 방법 및 접근점을 기술하였으며, 기 선정된 FMU 5종을 구현하고 고도화 하여 OSP에서 성능을 검증할 수 있는 가능성을 확인하였다. 또한 연속사건 및 이산사건에 대한 처리가능성을 확인할 수 있었으며, 차후 추가되거나 새로 개발될 기자재의 적용에 대한 확장성을 확보할 가능성을 검토하였다. 추가적으로 Open CPN을 연동하는 내용을 추가하여 타 플랫폼과의 연계 가능성 및 실시간 연동에 대한 가능성을 충분히 보여줄 수 있었다고 생각된다. 이를 바탕으로 추후 기자재에 대한 가상화 및 실-가상 테스트의 신뢰성 확보에 대한 후속 연구를 수행할 계획이다.

감사의 글 : 본 연구는 2025년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었습니다. (20220531, 시뮬레이션 평가기술개발)

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion (KIMST) funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea (No. 20220531)

참 고 문 헌

- [1] 김정식, 정우성, “해양 시스템의 이기종 구성요소 간 연동 시뮬레이션을 위한 FMI 기반의 접근 방안에 대한 고찰”, 한국통신학회, 2024년도 학술대회 하계종합학술발표회 논문집, 489-490, 2024
- [2] 황훈규, 김동현, 유주연, “FMI/FMU 기반 선박 주요 항해통신장비 모델링 현황”, 한국통신학회, 2024년도 학술대회 하계종합학술발표회 논문집, 501 - 501, 2024
- [3] 문지효, 김낙일, 김원현, 윤승정, 박미란, 오민영 “미래 해상물류 디지털포트 테스트베드 플랫폼 아키텍처에 관한 연구”, 한국지능시스템, 2023
- [4] 박미란, 김낙일, 김원현, 윤승정, 문지효, “입출항 프로세스 내 발생하는 비정형 데이터의 데이터 체계 유형화에 관한 연구”, 한국통신학회, 2024년도 학술대회 하계종합학술발표회 논문집, 506 - 508, 2024

- [5] ISO 28005-1:2024 Ships and marine technology - Electronic port clearance (EPC), Part 1: Message structures and application programming interfaces, 2024
- [6] ISO 28005-3:2024 Ships and marine technology - Electronic port clearance (EPC), Part 3: Data elements for ship and port operation
- [7] David Brčić*, Srđan Žuškin*, Maro Car**, Nermin Hasanspahić**, University of Rijeka*, University of Dubrovnik**, On Safety of Maritime Navigation Through New MEEThods: ECDIS Research from EHO to CODE and Beyond, 16th International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav 2025)
- [8] OPEN SIMULATION PLATFORM, <https://opensimulationplatform.com/>
- [9] 박석원, 김성진, 선박 기자재 적합성 시험을 위한 통합 시뮬레이션 플랫폼 구조 설계, 한국통신학회, 2024년도 학술대회 하계종합학술발표회 논문집, 499 - 500, 2024
- [10] Rob Murray, Revisiting MBTiles for OpenCPN, All Hands on Tech, The Official Magazine of the Bluewater Cruising Association, December 11th, 2022