

시뮬레이션 기반 항만-선박 미래 新기자재 대상 통합성능검증체계에 대한 연구

박정현, 이창우*

*(재)울산정보산업진흥원

toct10@uipa.or.kr, *chwk.lee@uipa.or.kr

A Study on a Simulation-Based Integrated Performance Verification Framework for Next-Generation Ship-Shore Equipment

Jeonghyeon Park, Changwook Lee*

*Ulsan ICT Promotion Agency

요약

본 논문은 선박과 항만을 잇는 해상 통신·항해·운항 기술의 통합 검증 체계를 구축하여 선박의 디지털화된 기자재와 자율운항선박 관련 미래 新기자재의 기술개발을 촉진하기 위한 통합성능검증체계를 제안한다. 시뮬레이션 기반 통합성능검증 플랫폼과 항만-선박 간 공통 인터페이스 기술 개발을 통하여 가상 환경에서 항만-선박-통신이 연계된 융합 테스트베드를 마련한다. 이를 기반으로 새로운 해양 ICT 융복합 제품에 대해 저비용으로 개발 전주기에 걸친 검증 서비스를 제공하고, 신기술 장비의 성능 검증 및 트래레코드 확보를 지원할 수 있다. 본 체계는 항만-선박 공통 인터페이스 구성 및 검증 구조를 구성하고, 표준화된 검증 시나리오를 통해 새로운 해양 ICT 융복합 제품에 대하여 종합적으로 검증한다.

I. 서론

본 논문에서는 항만-선박 간 통신 인터페이스 통합 성능 검증 서비스를 제공하기 위하여 시뮬레이션 기반 통합검증 체계를 제안하고자 한다. 조선·해운 분야에서는 디지털 전환이 가속화되어 자율운항선박, 스마트항만 등 첨단 ICT 융복합 기술이 등장하고 있다. 이러한 신기술의 신뢰성 확보와 시장 선점을 위해서는 항만-선박-통신이 연결된 통합 시험환경에서 다양한 상황을 모사해 종합 성능을 검증할 수 있는 체계 마련이 필요하다. 그러나 실제 항만이나 실선박 기반의 시험환경을 구축하는 데는 많은 어려움이 따르므로 가상 시뮬레이션 환경을 활용한 효율적 시험 검증 대안이 요구된다. 기존 민간이 개발한 선박 관련 신기술 장비의 성능을 검증하기 위해선 많은 비용 소요와 위험성이 있으며, 검증이 과정화되어 있어 기술 간 상호 연계성이나 호환성 검증이 어려운 현실이다. 이를 위해 항만-선박 간 공통 인터페이스 통하여 표준화된 검증 시나리오를 구성하여 종합적으로 검증할 수 있는 체계를 제시한다.

II. 본론

2.1 시뮬레이션 기반 통합성능검증 체계

통합성능검증 체계는 디지털 트윈 기반 플랫폼으로 선박·항만의 실제 환경을 가상으로 재현하고 각 新기자재의 성능을 통합적으로 시험할 수 있도록 설계하여야 한다. 검증 체계의 핵심은 디지털 트윈 방식의 연동 시뮬레이션 환경이다. 이를 위해 OSP(Open Simulation Platform)와 FMI (Functional Mockup Interface) 표준을 이용한다. OSP는 선박 장비와 시스템, 전체 선박을 통합 시뮬레이션 할 수 있도록 지원하는 공개 협업 플랫폼으로 디지털 트윈 구축 및 시스템 통합·테스트·검증을 위한 공통 프레임워크를 제공한다. OSP는 여러 공급자가 각자 FMU(Functinal Mockup Unit) 형태의 장비 모델을 제공하면 이를 조합하여 전체 시스템을 시뮬레이션 할 수 있게 해준다.[1] 본 체계에서는 항만과 선박 간 통신환경을 기반으로 관련 기자재(FMU) 모델을

OSP 기반 환경에 연계함으로써 통합된 시뮬레이션 환경 내에서 장비 간 상호작용을 고려한 성능시험을 수행한다.[2] 예컨대 항해/기관 시스템, 통신 제어장치, 항만 관제 시스템 등 각 구성 FMU 모듈을 연결하여 실제 동작과 유사한 시나리오를 구성하고, 개발된 성능검증 시뮬레이션 플랫폼을 활용하여 전체 모델을 시뮬레이션하여 통합 성능을 검증할 수 있는 것이다.

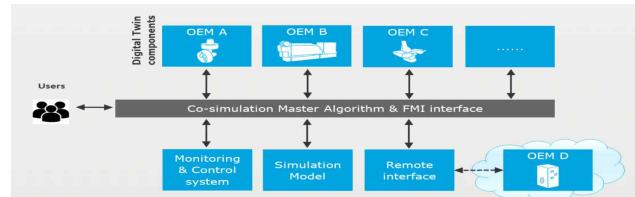


그림 1. OSP 연동 시뮬레이션 아키텍처(OSP 홈페이지)

2.2 항만-선박 인터페이스 구성 및 검증 구조

통합성능검증 체계에서 중점적으로 다루는 항만-선박 인터페이스는 선박과 육상 시스템이 표준화된 데이터 형식으로 정보를 교환하는 것을 의미한다. 시뮬레이션을 통해 통합성을 검증하기 위해서는 선박-항만 간 전자 데이터 교환의 국제표준인 ISO 28005 시리즈를 설계 기준으로 삼을 필요가 있다. ISO 28005는 전자적 입출항(Electronic Port Clearance, EPC)을 위한 메시지 원칙·구조 및 API, 핵심 데이터 요소, 운영 데이터 요소를 규정한다. 이에 따라 선박-항만 간 메시지 교환 시스템은 ISO 28005 시리즈에 기반한 메시지 구조·보안 요구와 데이터 내용으로 구성하는 것이 타당하다.

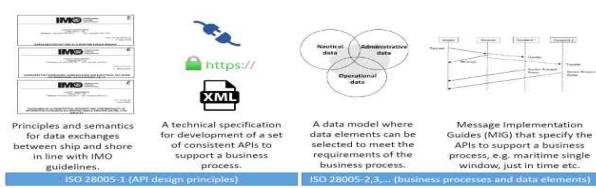


그림 2. ISO 28005 구조도[3]

FMU 간 데이터 교환과 시간 동기화는 FMI 2.0 사양을 준수해 연동 시뮬레이션 오버헤드를 최소화하고, 많은 모델이 동시에 연결되는 환경에서는 MQTT 기반으로 확장성과 신뢰성을 확보한다. 국제 연계성 측면에서는 IMO Maritime Service Portfolio(MSP) 개념을 참조해 서비스 정의·품질 수준을 정렬하고, Maritime Connectivity Platform(MCP)의 프레임을 참고할 필요가 있다. 그리고 외부 해사 서비스와 연동 가능한 API 허브 시스템을 개발하여 시뮬레이션 검증 서비스가 글로벌 해운 데이터 생태계와 자연스럽게 연계되도록 한다. 이는 DNV 선급의 Veracity와 같은 상용 디지털 플랫폼과의 가상장비를 연계하여 국내 개발 플랫폼의 성능 검증 서비스 결과가 국제 표준 및 해외 인증체계와도 상호 운용될 수 있는 기반을 마련하기 위함이다.

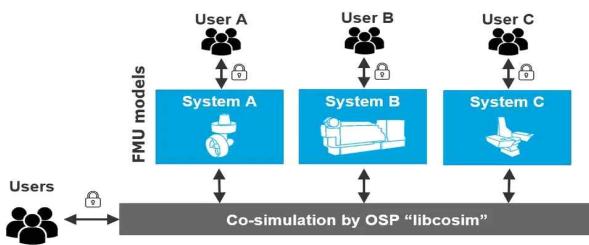


그림 3. Simulation Trust Center(OSP 홈페이지)

검증 구조는 입·출항 절차를 반영한 시나리오를 중심에 두고, 선박과 항만 요소를 하나의 통합 환경에서 연동 시뮬레이션으로 재현하여 기자재를 평가하는 방식이다. 데이터와 메시지는 국제표준에 정렬해 표준 정합성을 확보하고, 통신 매체는 특정 기술에 종속되지 않도록 한다. 시험은 정상 운용뿐 아니라 교란 상황을 포함해 수행하며, 모든 절차와 지표는 사전에 정의·기록되어 재현성과 비교가능성을 보장한다. 검증 결과는 단계적으로 HIL 또는 현장 실증으로 연결해 시뮬레이션과 현실의 연속성을 유지할 수 있다.

2.3 기술적 타당성 및 연계성 확보

통합성능검증 체계의 신뢰성을 높이기 위해서는 기술적 실현 가능성과 검증 절차 및 결과의 객관성을 확보하는 것이 중요하다. 첫째, 표준 적합성 기준선을 설정한다. 구체적으로 항만·선박 전자 데이터 교환은 ISO 28005 시리즈를 채택하여 메시지·데이터 정의를 일관화하고, 운영 관점에서는 IMO e-Navigation과 MSP의 서비스 정의 체계를 참조해 항만·관제·안전 서비스와의 기능적 호환성을 확보할 필요가 있다.[4] 둘째, 검증 거버넌스를 구축한다. 국내/외 선급, 인증기관, 장비사(수요기업)로 구성하여 요구 사항, 시나리오 등을 주기적으로 보정하고, 검증결과서는 재현 가능한 로그와 함께 공개 가능한 수준으로 표준화할 수 있다. 셋째, 개방형 통합 플랫폼을 채택한다. OSP(FMI/FMU 연동 시뮬레이션) 개념에 따라 모델 레지스트리·시나리오 라이브러리·API 허브를 표준 인터페이스로 관리함으로써 신기술·신규 기자재의 상호운용을 담보한다. 마지막으로 개방형 테스트베드로서 업계에 개방되어 기업이나 연구기관이 자율적으로 장비 성능 검증을 의뢰·활용할 수 있도록 할 필요가 있다. 외부 플랫폼(예:DNV의 Vera city 등)과 연동 가능한 형태로 구축되어 진다면, 국내 결과가 국외와 상호호환성을 가지거나 상호 협력이 가능해져 개발된 장비 또는 기술들이 국내/외적으로 충분한 경쟁력을 확보할 수 있다. 아울러 검증 결과 공개, 후속 조치 모니터링 등을 통해 투명성을 높인다면 본 통합성능검증 체계의 공신력과 실효성을 높일 수 있을 것이다.

III. 결 론

본 연구에서 제안한 시뮬레이션 기반 통합성능검증 체계는 디지털 포트와 가상 선박으로 구성된 가상 시험환경을 통해 저비용으로 검증할 수 있는 기반을 마련한다. 통합 검증 플랫폼은 다양한 통신 매체와 ISO 28005 등 국제 표준을 따르며 신기술의 호환성과 성능을 사전 평가함으로써 실제 기술 도입 시 위험과 비용을 크게 절감할 수 있다. 또한 표준화된 검증 프로토콜과 신뢰성 확보 전략을 통해 항만·해운 산업계의 기술 채택을 지원한다. 향후 연구를 위해 선실해역 연계 실증시험 확대, 디지털트윈 플랫폼 고도화 등이 필요하다. 본 검증 체계는 궁극적으로 스마트항만·자율운항 연계 기술의 초기 상용화와 안전성 확보에 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 2025년도 해양수산부 재원으로 해양수산 과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었음
(20220531, 시뮬레이션 평가기술개발)

참 고 문 헌

- [1] Open Simulation Platform (OSP), “About OSP / Project overview”
- [2] 박석원, 김성진, “선박 기자재 적합성 시험을 위한 통합 시뮬레이션 플랫폼 구조 설계” 2024년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, pp.499-500, 2024
- [3] 이광일, “선박-육상 메시지 교환을 위한 국제표준화 동향 및 분석”, 2024년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, pp.502-503, 2024
- [4] Descriptions of Maritime Services in the context of e-Navigation, IMO, MSC.1/Circ.1610/Rev.1, 2024