

자율운항선박 육상원격제어 시뮬레이터 시스템 운용개념 및 시스템 요구기능 분석

공인영* · 김용환** · 김성무*** · 윤익현****†

* (주)세이프텍리서치 대표, ** (주)세이프텍리서치 책임연구원 ** (주)세이프텍리서치 연구원 **** 국립목포해양대학교 교수

Review of Operation Concept and System Requirements for Shore Remote Control Simulator System for MASS

In-Young GONG* · Yong-Hwan KIM** · Seong-Moo KIM*** · Ik-Hyun YOUN****†

* CEO, SafeTechResearch Co. Ltd., Daejeon, 34050, Korea

** Principal Researcher, SafeTechResearch Co. Ltd., Daejeon, 34050, Korea

*** Researcher, SafeTechResearch Co. Ltd., Daejeon, 34050, Korea

**** Professor, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요 약 : 자율운항선박(MASS : Maritime Autonomous Surface Ships)은, 고도의 자율도를 가지고, 계획된 경로를 따라 자율 운항하지만, 필요시 육상원격제어센터(SRCC : Shore Remote Control Center)에서 선박의 운항에 직접 개입할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 자율운항선박의 운항을 육상에서 모니터링하고 유사시 원격제어하는 역할을 담당할 육상원격제어사(SRCCO : Shore Remote Control Officer)의 교육 훈련에 필요한 시뮬레이터 시스템의 운용개념과 이를 가능하게 하기 위한 요구기능에 대해 검토하였다. 육상원격제어 시뮬레이터 시스템은, 다수의 자율운항선박의 운항상황을 모니터링하는 Monitoring Station, 유사시 특정 선박의 운항에 직접 원격개입하는 Control Station의 기능을 모의하도록 하였고, 시뮬레이션 종합통제실, 자율운항선박 운항상황 모의 시뮬레이터, 그리고 주변의 유인선 운항을 모의하기 위한 통항선 시뮬레이터 등으로 구성하였다. 기능적으로는, 육상에서 선박을 직접 제어하기 위하여 원격으로 개입하는 ESRC(Emergency Situation for Remote Control) 상황을 정의하여 이러한 상황을 모의할 수 있도록 하였다.

핵심용어 : 자율운항선박, 육상원격제어센터, 육상원격제어사, 육상원격제어 시뮬레이터, 모니터링 스테이션, 원격제어 스테이션

Abstract : Maritime autonomous surface ships (MASS) have a high degree of autonomy and operate autonomously along a planned route. However, when necessary, the shore remote control center(SRCC) can directly intervene in ship operations. In this paper, the operation concept of the simulator system, which can be used to educate and train shore remote control officers, responsible for monitoring the operation of autonomous ships on land and remotely controlling them in case of an emergency, is reviewed. The required functions of the simulator system that enables the operation concept are also reviewed. The major parts of the SRCC simulator system are the monitoring station and control station, which simulate the functions of monitoring the operation status of multiple MASS and the functions of the remote operation of MASS in the case of emergency, respectively. Various units to simulate the operation of MASS and traffic ships and various objects around the MASS are included in the simulator system. The instructor operation station is the central part of the simulator system that integrates and controls the unit systems. Functionally, as conditions under which SRCC is allowed to remotely intervene in the operation of MASS, the emergency situation for remote control (ESRC) has been defined. Moreover, the required functions to cope with these ESRC conditions have been included in the simulator system requirements.

Key Words : Maritime Autonomous Surface Ship, Shore Remote Control Center, Shore Remote Control Officer, Shore Remote Control Simulator, Monitoring Station, Control Station

* First Author : tachyon@strkorea.co.kr, 042-867-1850

† Corresponding Author : iyoun@mmu.ac.kr, 061-240-7283

1. 서론

자율운항선박(MASS : Maritime Autonomous Surface Ships)은, 고도의 자율도를 가지고, 계획된 경로를 따라 자율 운항하면서, 운항중 충돌위험이 있는 장애물과 조우할 경우, 자동으로 이를 인식하고 회피하는 기능을 보유한 선박이다. 자율운항선박의 자율도에 따라 다르기는 하지만, 현재 개발 중인 대부분의 자율운항선박은 완전 무인으로 운영되는 것은 아니며, 최소한의 승무원이 탑승하여 최소한의 선박 운항을 담당하고, 필요시 육상원격제어센터(SRCC : Shore Remote Control Center)에서 선박의 운항에 직접 개입할 수 있다(Roh et al., 2020; Lee, 2018; Ottesen, 2015; Barthelsson, 2017, MacKinnon et al., 2015).

따라서, 유사시 자율운항선박을 원격 제어해야 하는 육상원격제어사에 대한 관심도 증가하고 있으며, 기존의 항해사에 대한 교육훈련과는 다른 개념의 교육훈련이 필요하다는 연구결과가 지속적으로 발표되고 있다(Lee et al., 2019; Hwang and Youn, 2022).

본 연구에서는 이러한 자율운항선박의 운항을 육상에서 모니터링하고 유사시 원격제어하는 역할을 담당할 육상원격제어사(SRCC : Shore Remote Control Officer)의 교육훈련에 필요한 시뮬레이터 시스템의 운용개념과 이를 가능하게 하기 위한 요구기능에 대해 검토하였다.

2장에서는, 자율운항선박의 개념과 운항구간, 선원의 역할, 육상원격제어센터의 운용개념과 육상원격제어사의 개념, 그리고 육상에서 자율운항선박에 원격으로 개입하는 ESRC(Emergency Situation for Remote Control) 상황 등에 대해 고찰하였다. 3장에서는 이러한 육상원격제어센터의 운용상황 모의를 가능하게 하기 위해, 육상원격제어 시뮬레이터 시스템이 갖추어야 할 요구기능에 대해 고찰하였다.

2. 육상원격제어센터 운용개념 분석

2.1 자율운항선박 개념

IMO(MSC, 2021)에서는 자율운항선박의 자율도(DoA : Degree of Autonomy)를 4가지 등급으로 분류하였다. 본 연구에서 다루는 자율도 2등급 수준의 자율운항선박은 완전 무인으로 운용되는 것은 아니며, 최소한의 승무원이 탑승하여 선박 운항을 담당하고, 필요시 육상원격제어센터에서 선박의 운항에 직접 개입할 수 있다.

선박 운항 관점에서 자율운항선박은, 경로 자동생성 기능, 경로 자동추종 기능, 장애물 인식 기능, 충돌 회피 기능을 보유하고 있는 것으로 가정한다. 이외에도, 육상원격제어센터에 본선의 운항정보를 지속적으로 제공하고, 필요시 육상

원격제어센터의 원격제어를 받는 기능, 본선 주변에서 운항하는 선박, VTS, Local Pilot 등과 직접 통신하거나, 육상원격제어센터가 이들과 통신(음성 및 Data)할 수 있도록 중계하는 기능을 보유하고 있다고 가정한다.

2.2 자율운항선박 운항 구간

자율운항선박의 운항 구간은, 운항환경이나 통항 여건에 따라 부두~P/S(Pilot Station) 구간, P/S~연근해 구간, Open Sea 구간 등으로 Fig.1과 같이 구분할 수 있다.

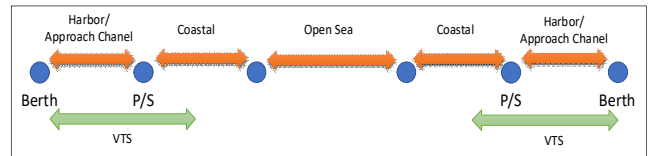


Fig. 1. Division of MASS Navigation Region.

각 운항 구간에서 자율운항선박이 어느 정도의 자율도를 가지고 운항할지, 그리고 본선 선원이 어느 정도 개입할지에 대해서는 아직 정의된 것이 없으며, 이러한 문제가 해결되기 위해서는 향후 법적, 제도적 정비도 수반되어야 할 것으로 보인다.

본 연구에서는, 자율운항선박의 전체 운항구간중 통신이 상대적으로 원활한 연안해역(부두 ~ 연근해 구간)만을 대상으로, 육상원격제어센터가 자율운항선박의 운항에 적극 개입할 수 있다고 가정하고, 이러한 기능을 모의할 수 있도록 개발한다.

육상원격제어센터가 기존의 연안 VTS 센터의 기능과 통합될 가능성도 있으나, 본 연구에서 검토하는 육상원격제어센터의 기능은 VTS와의 통합 여부에 큰 영향을 받지 않을 것으로 판단하여, 본 검토에서는 이러한 통합은 고려하지 않았다.

2.3 자율운항선박 선원의 역할

IMO에서 정의한 자율도 2 등급 수준의 자율운항선박에는 선원이 승선하지만, 일반 선박보다 소수의 선원이 탑승해 있을 가능성이 높으며, 제한된 선원으로 장기간의 항해를 모두 담당하는 근무 일정을 수립할 경우 국제해상노동규정 등에 위반될 수 있다. 따라서, 육상원격제어센터와 본선 선원이 함께 구성된 당직 근무 방식으로 운용될 가능성이 높으나, 이는 향후 관련 법령에서 검토되어야 할 사항이다. 자율운항선박 승선 선원의 업무 범위는 현재 정의된 것은 없으며, 이 역시 추후 법령으로 정해질 것으로 보인다.

본 연구에서는, 자율운항선박 선원과 육상원격제어센터와의 업무 분담은 고려하지 않고, 필요시 육상원격제어센터에

서 자율운항선박을 완전히 원격제어한다는 개념으로 검토를 진행한다. 즉, 현재 계획중인 육상원격제어 시뮬레이터 시스템에서는 육상원격제어사가 자율운항선박 선원과 협업하는 상황은 고려하지 않는다.

2.4 자율운항선박 육상원격제어센터(SRCC)

육상원격제어센터는, 다수의 자율운항선박을 대상으로, 그 운항상황을 원격으로 종합 모니터링하며(Monitoring Station 기능), 필요시 육상원격제어사를 통해 특정 자율운항선박의 운항에 개입하여 선박운항에 필요한 다양한 조작을 원격으로 수행한다(Control Station 기능).

육상원격제어센터의 기능에 대한 공식적인 정의나, 기능을 구체적으로 정의한 문서는 아직 많지 않으며, 본 연구에서는 최근 한국선급과 목포해양대학에서 정립한 개념(Korean Register and Mokpo National Maritime Univ., 2022)을 바탕으로 육상원격제어센터의 기능을 정의하되, 주로 선박 운항 측면에 초점을 맞추어 진행한다.

육상원격제어센터의 외부와의 인터페이스 개념은 Fig. 2에 도시되어 있다(MacKinnon et al., 2015). 이러한 개념에 따르면, 육상원격제어센터는 자율운항선박을 포함한 다수의 주체와 Communication(음성 및 Data)할 수 있어야 한다. 육상원격제어센터의 주요 기능은,

- (1) 다수의 자율운항선박의 운항 상황을 모니터링하고 (Monitoring Station)
- (2) 특정 자율운항선박의 운항에 원격 개입하기 위한 상황 인식(Situational Awareness) 정보를 육상원격제어사에게 제공하며 (Monitoring Station + Control Station)
- (3) 유사시 원격제어 시스템을 통해 자율운항선박을 직접 조종할 수 있는 수단을 제공하는 것(Control Station)으로 정의할 수 있다.

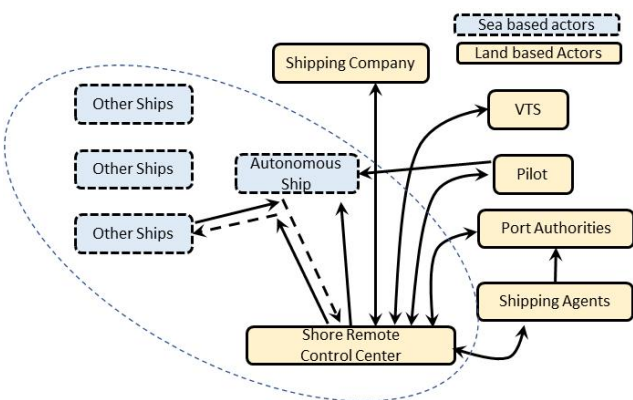


Fig. 2. Interface of SRCC (MacKinnon et al., 2015).

2.4.1 Monitoring Station

육상원격제어센터 Monitoring Station의 개념은 MUNIN 연구결과에 비교적 자세하게 기술되어 있으며(MacKinnon et al., 2015; Barthelsson, 2017; Ottesen, 2015; Bruhn et al., 2013), 본 연구에서는 이를 참조하여 Monitoring Station의 기능을 다음과 같이 검토하였다.

- (1) 육상원격제어센터내 Monitoring Station에서는 다수의 자율운항선박을 동시에 모니터링할 수 있다.
- (2) Monitoring Station실에는, 현재 모니터링하는 모든 자율운항선박 전체의 운항상황을 파악할 수 있는, 해도 기반의 전시 시스템이 있다.
- (3) Monitoring Station실에는 다수의 Monitoring Station Console이 존재할 수 있으며, 1개의 Monitoring Station Console에서는 1명의 육상원격제어사가 다수의 자율운항선박을 모니터링할 수 있다.
- (4) 육상원격제어사는 Monitoring Station Console을 통해, 동시에 여러 척의 자율운항선박의 운항상황(정상운항상황, 주의를 요하는 상황, 원격제어가 필요한 ESRC(Emergency Situation for Remote Control) 상황 등)을 모니터링하되, 일정 시간 간격으로 혹은 육상원격제어사가 선택한 특정 선박을 집중 모니터링할 수 있다.

2.4.2 Control Station

육상원격제어센터 Control Station의 주요 기능 및 운용개념은 다음과 같이 검토하였다.

- (1) Monitoring Station에서 다수의 자율운항선박을 모니터링하는 중에, 어떤 특정한 자율운항선박에 대한 원격제어가 필요하게 되면, Control Station에서 필요한 원격제어를 수행한다.
- (2) Control Station의 기능과 성능, 형상에 대해 구체적으로 정의된 것은 아직 없으나, 대상 선박을 원격으로 조종하는데 필요한 모든 정보와 원격제어 기능이 제공되어야 한다.
- (3) 통상적인 선박의 조종실 Bridge보다, 1인 제어가 가능한 형태의 조종실 콘솔로 구성되어야 하며, 대상 선박이 처한 상황을 육상원격제어사가 빠른 시간내에 파악할 수 있는 시스템이 제공되어야 한다.

2.5 ESRC 상황

육상원격제어센터에서, 원격지에서 운항중인 자율운항선박에 아무 때나 임의로 개입할 수 있는 것은 아니고, 다음과 같은 ESRC(Emergency Situation for Remote Control) 상황에서만 개입하는 것으로 한다(Jeong and Yim, 2020; Yim, 2021).

- (1) 선박의 충돌이 발생한 상황 : 충돌 회피가 불가능한 상황

- (2) 충돌 위험상황 : 충돌회피 대응을 필요로 하는 상황
- (3) 항로 이탈 상황 : 자율운항선박의 항로 이탈 상황
- (4) 선주 요청시 : 선주의 요청에 의한 개입상황/요청 정보 수신시부터 시작
- (5) 선대 제어 : 선대 전체의 동시 제어가 필요한 상황

2.6 자율운항선박 육상원격제어사(SRCCO)

육상원격제어사의 정의는, “육상원격제어센터에서 자율운항선박의 상황 감시, 자율운항선박 시스템의 개선 및 관리, 자율운항선박의 원격제어 업무를 담당하는 사람”으로 되어 있다(Korean Register and Mokpo National Maritime Univ., 2022).

육상원격제어센터에서 근무하는 육상원격제어사(SRCCO : Shore Remote Control Officer)는, 평상시 다수의 자율운항선박의 운항상황을 모니터링하며, 필요시 특정 선박을 원격으로 제어하는 역할을 수행한다. 육상원격제어사의 조직은 책임육상원격제어사와 육상원격제어사로 구성된다.

- (1) 책임 육상원격제어사(Senior SRCCO) : 자율운항선박의 운항 및 선체, 기기 이상 시 개입 여부 판단. 필요시 자율운항선박의 원격제어 수행
- (2) 육상원격제어사(SRCCO) : 자율운항선박의 운항 및 선체, 기기 이상 여부의 감시. 이상 발견시 책임육상원격제어사(Senior SRCCO) 보고

육상원격제어센터에서 관리하는 자율운항선박 선단 규모에 따라 1인의 책임육상원격제어사가 다수의 육상원격제어사를 관리 및 감독한다. 육상원격제어사의 업무 수행절차를 흐름도로 표시하면 Fig. 3과 같다(Korean Register and Mokpo National Maritime Univ., 2022).

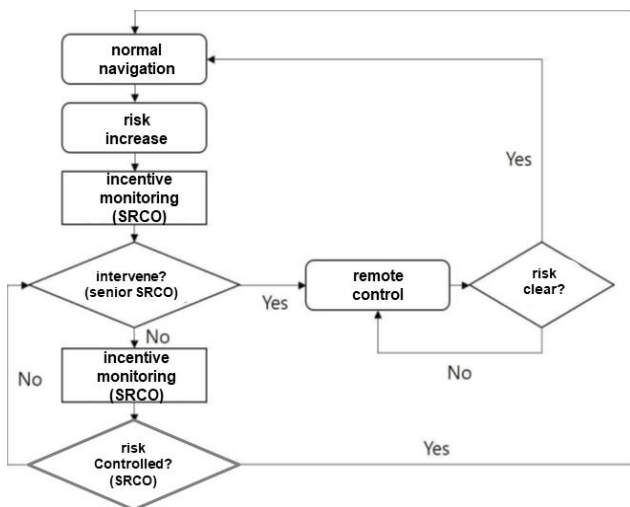


Fig. 3. Work Flow of SRCCO.

3. 육상원격제어 시뮬레이터 요구 기능 분석

3.1 시뮬레이터 요구 기능

육상원격제어 시뮬레이터(SRCS : Shore Remote Control Simulator)는 육상원격제어센터에서 다수의 자율운항선박의 운항상황을 모니터링하고 필요시 원격제어를 수행하는 육상원격제어사(Shore Remote Control Officer)의 교육훈련을 위한 장비이다. 따라서, 육상원격제어사가 실제 조우할 가능성이 있는 다양한 상황에 대한 교육훈련이 가능하도록 구성되어야 한다. 즉, SRCS는, 육상원격제어센터의 주요 기능과 성능이 모두 구현되도록 구축되어야 하며, 육상원격제어센터의 주요 제어대상인 자율운항선박의 운항상황과 자율운항선박의 운항에 영향을 미칠 수 있는 다양한 객체의 재현, 그리고 다양한 상황을 설정할 수 있는 종합통제시스템이 구축되어야 한다. 이를 위해, 2장에서 기술한 육상원격제어센터에 대한 운용개념을 기반으로, SRCS가 가져야 할 요구기능을 분석하고 이에 따른 시스템 초기 설계를 수행하였다. 구체적으로는 Table 1과 같은 단위 기능들을 구축하고, 이를 통합하는 Simulator 시스템을 설계하였다.

Table 1. Configuration of SRCS (Shore Remote Control Simulator)

Unit Systems	Major Functions
MSS (Monitoring Station Simulator)	Monitoring station function for SRCC
CSS (Control Station Simulator)	Control station function for SRCC
MaS (MASS Simulator)	Generation of navigation situation for MASS under monitoring or control
TsS (Traffic Ship Simulator)	Generation of traffic ships around MASS
EtS (Object Simulator)	Generation of various objects that can influence MASS (VTS, shipping agent, port authority, end etc)
IOS (Instructor Operation Station)	Synthetic control for the simulator system

육상원격제어 시뮬레이터 시스템의 전체 구성은 Fig. 4와 같이 설계하였다.

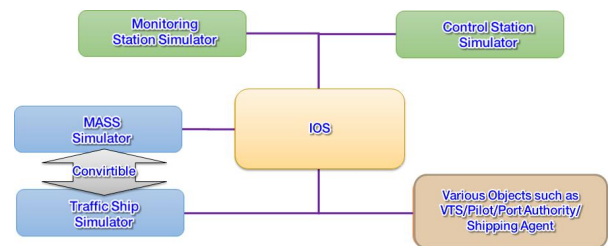


Fig. 4. Schematic Diagram of SRCS (Shore Remote Control Simulator).

3.2 Monitoring Station Simulator 요구 기능

육상원격제어센터의 Monitoring 기능 모의를 위해, 복수의 육상원격제어사가 다수의 자율운항선박 운항상황을 모니터링하는 상황을 모의할 수 있는 MSS(Monitoring Station Simulator)가 필요하다. 아울러, 다수의 육상원격제어사간 협업, 책임 육상원격제어사의 역할 모의 등을 위해, 복수의 Monitoring 콘솔과 책임 육상원격제어사용 콘솔이 있어야 한다. 이러한 최소한의 기능 목적 달성을 위해 Monitoring Station Simulator는 다음과 같이 구성하였으며, 구성 개념도는 Fig. 5에 도시되어 있다.

- (1) SRCO용 Monitoring 콘솔(MSC : Monitoring Station Console) 2 set
- (2) Senior SRCO용 콘솔 1 set
- (3) EASS(Entire Area Surveillance System) : 현재 Monitoring Station에서 모니터링중인 모든 자율운항선박의 운항 위치 등의 정보 전시



Fig. 5. Configuration of Monitoring Station Simulator.

3.2.1 EASS

EASS(Entire Area Surveillance System)는 육상원격제어사 모두가 볼 수 있도록 벽면에 부착된 대형 모니터 형태이며, 현재 모니터링중인 모든 자율운항선박과 그 주변에서 운항중인 타 선박이 모두 전시되어야 한다.

3.2.2 SRCO용 Monitoring 콘솔

Monitoring 콘솔 1 set당 1명의 육상원격제어사가 할당되며, 1대의 콘솔을 이용하여 다수의 자율운항선박의 운항상황을 모니터링할 수 있어야 하고, 할당된 모든 자율운항선박의 운항상황과 현재 집중 모니터링중인 자율운항선박(이하 tMASS로 표현)의 운항상황을 동시에 파악할 수 있어야 한다. Monitoring 콘솔의 화면은 Fig. 6과 같이 구성된다. 이러한 화면 구성은 일례이며, 필요에 따라 다른 화면으로 대체될 수 있다.

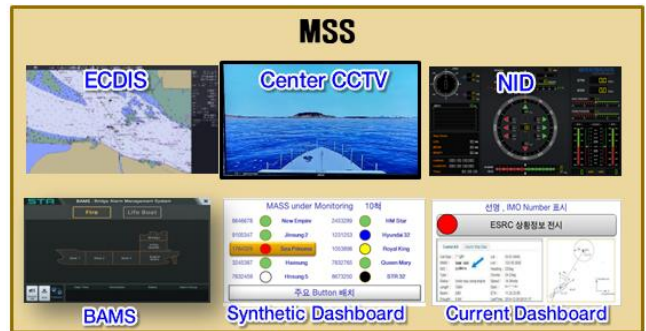


Fig. 6. Configuration of Monitoring Console.

- (1) 종합 Dashboard - 할당된 자율운항선박 전체 상황 전시
- (2) 현재 Dashboard - tMASS의 상황 전시 및 tMASS 주변 객체(타 선박, VTS 등)와의 Data/음성 통신
- (3) ECDIS - tMASS의 ECDIS 정보 전시
- (4) Center CCTV - tMASS의 Center CCTV(선수 정면) 영상 정보 전시(필요시 다양한 CCTV 화면으로 변경)
- (5) NID - tMASS의 항해정보 전시
- (6) BAMS(Bridge Alarm Monitoring System) : tMASS의 각종 이상경보 표시

종합 Dashboard는, 현재 Monitoring 콘솔에 할당된 전체 자율운항선박의 운항상황을 직관적으로 파악할 수 있도록 구성되어야 한다. 현재 할당된 전체 선박의 리스트와 각 선박의 현재 상황(정상, 주의, ESRC, 통신두절/불량 상황 등)을 색상 등으로 직관적으로 표시하여야 한다. 각 선박중 현재 집중 모니터링 중인 자율운항선박(tMASS)를 식별하여 표시하고, tMASS는 육상원격제어사가 설정한 일정 시간 간격으로 자동으로 변경되거나 혹은 육상원격제어사의 선택에 의해 임의의 자율운항선박을 집중 모니터링 대상 선박으로 지정할 수 있어야 한다. 종합 Dashboard의 화면 구성에는 Fig. 7과 같다.



Fig. 7. Example of Synthetic Dashboard.

나머지 5개의 화면에는, 현재 집중 모니터링중인 자율운항선박(tMASS)의 운항상황을 직관적으로 파악할 수 있도록 구성되어야 한다. 특정 Dashboard에는, tMASS의 현재 상황이 전시되고, 주의 혹은 ESRC 상황일 경우, 해당 상황을 보다 자세히 파악할 수 있는 정보가 전시되어야 한다. ECDIS에는 현재 tMASS의 위경도 정보를 기반으로 ENC 기반의 전자해도 화면이 전시되어야 한다. NID화면에는, tMASS의 다양한 운항정보가 전시되어야 한다. CCTV 화면에는, tMASS의 선수 정면에 대한 영상이 전시되어야 하며, 육상원격제어사의 선택에 의해, tMASS에 설치된 다른 CCTV나 Camera의 영상도 전시될 수 있어야 한다.

통신 화면에는, tMASS 주위의 타 선박이나 VTS센터 등 tMASS의 운항에 영향을 미칠 수 있는 다양한 객체와 Data 혹은 Handset을 이용한 음성 통신 기능이 있어야 한다.

3.2.3 Senior SRCO용 콘솔

Senior SRCO는, 자율운항선박의 운항 및 선체, 기기 이상 시 원격 개입 여부를 판단하고, 개입이 필요하다고 판단되면, CSS에서 원격제어를 수행한다. Senior SRCO 콘솔은 다음과 같은 기능을 보유한다.

- (1) EASS 화면 제어 기능
- (2) MSC별 자율운항선박 할당 기능
- (3) CSS에 MASS 할당(변경 포함) 및 제어권 설정 기능
- (4) CSS에 할당된 MASS 제어가능시 CSS Ready Sign 확인 기능
- (5) 직접 원격제어 Mode 설정 및 해제 기능
- (6) Surveillance Mode ↔ 집중 모니터링 Mode ↔ Conning Mode 전환 기능

3.3 Control Station Simulator 요구 기능

Control Station에서는 자율운항선박에 대한 원격제어가 가능하도록 모든 정보가 제공되고 또한 적절한 제어 기능이 제공되어야 한다. Control Station의 구성에 대해서는 국제적으로도 아직 명확하게 표준으로 정의된 것은 없고, 현재 개념설계 수준의 시스템이 발표된 바 있다(Roh et al., 2020). 본 검토에서는, SRCO 1인 제어가 가능한 형태의 Console로 구성되도록 하였다.

Monitoring Station에서 집중 관찰 대상 자율운항선박(tMASS)으로 설정되면, 해당 선박의 정보가 Control Station에 전시되어야 한다. 하지만, 아직 원격제어 대상선박(cMASS)은 아니며, 책임 육상원격제어사가 집중 관찰 대상 선박(tMASS)을 원격제어대상 선박(cMASS)으로 지정하면, 이후 cMASS에 대한 제어가 가능하다.

Control Station에 할당된 cMASS의 원격조종이 가능한 상태

가 되면, Ready 신호를 발생시켜 책임 육상원격제어사 콘솔로 전송하고, Control Station에도 현재 본 선박이 원격제어 Mode에 있음을 쉽게 식별할 수 있는 신호가 점등되어야 한다.

Control Station Simulator 시스템에는, 이러한 기능 모의를 위해 다음과 같은 정보가 제공되어야 한다.

- (1) 시계(視界) 정보 : 실제의 경우에는, 본선의 CCTV 시스템을 통해 육상으로 전송된 이미지를 전시하게 되며, 이러한 상황을 IG(Image Generation) SW를 통해 재현한다.
- (2) 음향 정보 : 현재 할당된 자율운항선박(cMASS)의 조타실 음향이 제공되어야 한다.
- (3) 본선의 운항 및 환경 정보 : 본선 자체에 대한 정보와 본선을 원격조종하는데 필요한, 다음과 같은 모든 정보가 육상원격제어사에게 제공되어야 한다.
 - 제어 대상 선박의 정보 : 선명, IMO Number, MMSI, 출발지/목적지, 운항경로(WayPoint 정보), ETA (Estimated Time of Arrival) 및 운항 Schedule 등 제반 정보
 - 본선 위치(위, 경도)
 - 본선의 선속(대지 및 대수, 종방향 및 횡방향(가능시))
 - 본선 주변 선박의 AIS 정보
 - Light Control, Horn Control, Anchor Control
 - ECDIS
 - Radar(Image 정보)
 - 환경 정보 : 본선 위치의 시간, 기온, 수온, Wind (풍향/풍속), SeaState(가능하면 파향, 파고), 조위 (가능하면 조류 (유향, 유속)), 수심, 시정(가능시)
 - 선박운항정보 : 선속, Heading, Rate of Turn, Rudder Angle, Engine (Port/Stbd)
 - 기타 : CCTV, BAMS(Bridge Alarm Monitoring System)
 - 통신 : cMASS를 통해, cMASS 주위의 다른 통항선박, cMASS 운항해역 관할 VTS, Local Pilot 등과 Data통신 및 Handset을 통해 음성 통신을 모의할 수 있는 기능이 제공되어야 한다.
- (4) 선박의 원격 제어 : cMASS에 대한 원격 조종이 가능한 적절한 형태의 제어 시스템이 제공되어야 한다.

3.4 통신 상황 모사 요구 기능

육상원격제어센터는 자율운항선박과 기존의 통신망을 이용하여 Data 혹은 음성 통신을 수행할 것으로 예상된다. 통신 비용 문제 혹은 기술적인 문제 등으로, 육상원격제어센터와 자율운항선박간 통신속도나 대역폭이 상황에 따라 변할 수 있으며, 육상원격제어 시뮬레이터 시스템 구현시 자율운항선박 - 육상원격제어센터간 통신속도 혹은 통신상태를 임의로 설정하여, 통신이 두절되는 상황 혹은 기술적인 문제로 최소한의 Data만 통신되는 상황 등의 재현이 가능하여야 한다.

육상원격제어센터에서는, 특정 자율운항선박은 물론, 자율운항선박 주위의 유인선(다른 자율운항선박 포함), 자율운항선박이 운항하는 해역의 VTS Center 등과 음성통신할 수 있어야 하며, 육상원격제어 시뮬레이터 시스템에서도 이러한 기능이 모의되어야 한다.

3.5 자율운항선박 시뮬레이터(MaS) 요구 기능

육상원격제어센터에서 모니터링하고 통제하는 대상이 되는 자율운항선박의 운항상황을 모의하는 MaS(MASS Simulator)는 다양한 자율운항선박의 운항상황을 재현할 수 있어야 한다.

MaS는, 주어진 자율운항경로를 추종하며, 본선과 충돌위험이 있는 장애물이 존재할 경우, 자동으로 충돌을 회피하고 다시 경로로 복귀하는 자율운항선박의 기본적인 성능을 재현할 수 있어야 한다.

다양한 자율운항선박의 운항상황 모사를 위해, 본 설계에서는 총 3 Set의 MaS가 설치되며, 각 Set는 다음과 같이 구성되며, 필요시 유인통항선(TsS)의 역할도 담당할 수 있도록 구성된다.

- (1) 시계 재현 시스템
- (2) ECDIS Simulator
- (3) ARPA Radar Simulator + Radar 전용 키보드
- (4) NID
- (5) 통신기: CSS와 cMASS 선원과의 음성 통신 모사
- (6) 소형 제어 Console

본 연구에서 구축 예정인, 독립적으로 운용가능한 MaS 시스템의 개수는 최대 3개이지만, Monitoring Station 시뮬레이터에서 수십 척 이상의 다양한 자율운항선박 운항상황을 모의할 수 있도록, 나머지 자율운항선박의 운항상황은 종합통제 시스템에 내재된 별도의 간략한 자율운항 Algorithm을 이용하여 재현할 수 있도록 하였다.

3.6 통항선박 시뮬레이터(TsS) 요구 기능

원격제어 대상 자율운항선박(cMASS) 주변에서 운항중인, 다른 선박의 운항상황을 모의하는 Traffic Ship Simulator(TsS)는 다양한 선박의 운항상황을 재현할 수 있어야 한다. TsS의 운항상황은 다음과 같이 3 종류로 재현할 수 있다.

- (1) MaS를 TsS로 활용 - 실제 사람이 조종
 - (2) 원격 연결된 외부 Simulator 시스템 - 실제 사람이 조종
 - (3) IOS에서 설정된 Way Point 정보에 의해 자동으로 운항하는 일반 Traffic Ship - 자율운항 혹은 IOS에서 제어
- 위 (1) 및 (2)는 cMASS 주위에서 운항하는 통항선박의 거동을 현실감있게 재현함으로써, 보다 다양하고 정교한 상황을 부여하기 위한 용도로 활용 가능하며, (3)은 자율운항선

박의 운항에 통상적인 영향을 미치는 일반적인 통항선으로 활용할 수 있다.

3.7 기타 객체 시뮬레이터(EtS) 요구 기능

원격제어 대상 자율운항선박의 운항에 영향을 미칠 수 있는, 다음과 같은 다양한 객체들의 기능을 모의할 수 있어야 한다.

- (1) 본선 주변에서 운항중인 Traffic Ship
- (2) 본선과 Communication이 필요한 Local VTS Center
- (3) Local Pilot, 대리점 등

3.8 종합 통제 시스템 요구 기능

3.8.1 HW적 기능

시뮬레이터 시스템의 종합통제(IOS: Instructor Operation Station) 시스템은, Monitoring Station 및 Control Station 시뮬레이터 시스템 등 단위 시스템 전체에 대한 통제가 가능하도록 다음과 같이 구성된다.

- (1) 시계 재현 시스템 : 각 단위 시뮬레이터 시스템 상황을 선택적으로 전시할 수 있어야 한다.
 - Monitoring Station Simulator 상황
 - Control Station Simulator 상황
- (2) 통제 시스템 : 시뮬레이션 준비, 시뮬레이션 시작, 시뮬레이션중 다양한 상황 설정, 그리고 시뮬레이션 종료후 종합적인 분석이 가능하도록 구성한다.
- (3) 통신 시스템 : 각 훈련실과 간단하게 음성통신할 수 있는 Interphone 등을 갖추어야 하며, 통제실에서, 각종 객체의 역할을 모사할 수 있도록, Data통신 및 Handset 기반의 음성통신이 가능한 통신모의 시스템을 갖추어야 한다.

3.8.2 SW적 기능

시뮬레이터 시스템의 종합통제(IOS) 시스템은, 전체 상황에 대한 종합 통제가 가능하도록 다음과 같은 기능을 가져야 한다.

- (1) 교육훈련 시뮬레이션 시나리오 제작 기능
- (2) 시뮬레이션 준비 기능 : Simulation 시작 조건을 설정하고, 이를 편집, 저장할 수 있어야 한다.
- (3) 시뮬레이션 시작/정지/종료 기능
- (4) 시뮬레이션 상황 모니터링 기능 : 시뮬레이션 중인 모든 상황에 대한 Monitoring이 가능해야 한다.
 - MSS의 Simulation 상황 Monitoring
 - CSS의 Simulation 상황 Monitoring
- (5) 시뮬레이션중 상황 설정 기능 : 시뮬레이션 중에 다양한 상황 설정이 가능하여야 한다.

- (6) 통신 상황 설정 기능 : 통신상황 모의가 가능해야 하며, 이러한 통신 상태가 모니터링중인 자율운항선박별로 표시되어야 한다. 정상 통신 상황, 통신 Deay 상황, 통신 제한 상황, 통신 두절 상황 등 다양한 통신 상태 설정이 가능하고, 이에 따른 효과가 반영되어야 한다.
- (7) 시뮬레이션 결과 사후 분석 기능
- (8) 시뮬레이션 결과 재생 및 Debriefing 기능

3.9 DataBase 요구 기능

3.9.1 해역 DataBase

해역 DataBase는, 다양한 해역에서의 발생할 수 있는 상황에 대한 교육훈련이 가능하도록, 국내외 해역 DB가 각각 제작되어야 한다.

- (1) 국내 해역 : 자율운항선박 운항중 발생할 수 있는 다양한 상황 설정이 가능하도록, 다음과 같은 조건을 고려하여 해역을 선정하여야 한다.
 - 선박 통항량이 많은 해역(특히 대형선박의 통항량)
 - 항로가 상대적으로 길고, 해양 사고 발생이 잦은 해역
- (2) 해외 해역 : 세계 주요 항만 물동량 자료에 의거 대형 항만 위주로 선정하되, 항로가 길고 선박통항량이 많은 주요 항만을 선정하여야 한다.

3.9.2 자율운항선박 및 통항선박 DataBase

다양한 선종과 선형특성에 대한 교육훈련이 가능하도록 자율운항선박은 다양한 선종으로 선정한다. 자율운항선박 DB의 운동 특성에는, 자율운항 기능이 포함되어야 한다.

자율운항선박의 운항에 영향을 미치는, 일반 상선, 해군/해경 함정, 중소형 어선, 기타 선박 등 다양한 통항선박 DB가 구축되어야 한다.

4. 맺음말

본 논문에서는, 자율운항선박과 함께 출현할 것으로 예상되는 육상원격제어사의 교육훈련을 위한 시뮬레이터 시스템의 운용개념과 상세한 요구기능에 대해 검토하였다.

아직 실제 운용사례가 거의 없는 자율운항선박 육상원격제어센터의 운용개념 검토를 위해, 해외의 유사 연구 사례 및 현재 국내에서 진행중인 자율운항선박기술개발사업의 연구결과를 참조하였다.

이로부터, 육상원격제어 시뮬레이터 시스템의 구성은, 다수의 자율운항선박의 운항상황을 모니터링하는 Monitoring Station, 유사시 특정 선박의 운항에 직접 원격개입하는 Control Station의 기능을 모의하도록 하였고, 시뮬레이션 종합통제실, 자율운항선박 운항상황 모의 시뮬레이터, 그리고 주변의

유인선 운항을 모의하기 위한 통항선 시뮬레이터 등으로 구성하였다.

기능적으로는, 육상에서 선박을 직접 제어하기 위하여 원격으로 개입하는 ESRC(Emergency Situation for Remote Control) 상황을 정의하여 이러한 상황을 모의할 수 있도록 요구기능을 분석하였다.

육상원격제어센터(SRCC)나 육상원격제어사(SRCO)에 대해서는, 현재 국제적으로 공인된 정의 및 기능이 아직 없으며, 현재 IMO의 MASS Code에서도 논의가 진행 중이다. SRCO에 대해 어떤 교육을 어떻게 실시할 것인가에 대한 연구가 이제 시작된 단계이며, SRCO의 원격 개입 시점에 대한 논의 역시 최근 연구에서 국내의 기준안이 이제 제시된 상태이다.

본 논문에서는, 실제 육상원격제어센터(SRCC)나 육상원격제어사(SRCO)가 아직 존재하지 않고 그 정의나 기능에 대한 국제적인 표준도 결정되지 않은 상황에서, SRCO나 SRCC에 대해 현재 결정된 최소한의 개념을 기반으로, 육상원격제어센터의 기능과 성능, 그리고 육상원격제어사의 역할을 가정하고, 이를 바탕으로 앞으로 변경될 가능성이 높은 SRCO나 SRCC의 기능을 최대한 수용할 수 있도록, SRCO용 교육훈련 시뮬레이터가 어떠한 기능을 가져야 할 것인가에 대해 분석하였다.

따라서, 향후 육상원격제어센터의 기능이나 성능, 육상원격제어사의 역할 등에 변화가 발생할 경우, 본 시뮬레이터 시스템의 구성 역시 변경될 가능성이 있다.

이상에서 분석한 요구기능을 구현한, 자율운항선박 육상원격제어 시뮬레이터 시스템 시제품은 2023년까지 국립목포해양대학에 설치될 예정이며, 아직 그 운영개념이 국제적으로 명확하게 정립되지 않은, 자율운항선박 육상원격제어사의 자격, 역할 등에 대한 정의 작업, 교육훈련 및 평가 기법 개발 작업과 병행하여 구체적인 기능들은 점진적으로 개발되어 나갈 예정이다.

본 검토에서는 주로 자율운항선박의 운항관점에서 육상원격제어센터의 역할과 기능에 대해서만 검토하였으나, 향후 선박의 자율도 향상에 따라 더 많은 분야에 대한 모니터링과 원격제어가 필요해질 것이다. 이러한 부분은 추후, 육상원격제어센터의 개념과 기능이 정립되고 표준화가 진행되면서, 시뮬레이터 시스템에도 같이 반영되어야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(과제명 : 스마트항만-자율운항선박 연계 기술 개발).

References

- [1] Barthelsson, P.(2017), Autonomous ships and the operator's role in a Shore Control Centre”, Master Thesis, Chalmers Univ. of Tech.
- [2] Bruhn, W., Burmeister, H., Walther, L., Moræus, J., Long, M. Schaub, M., Fentzahn, E.(2013), MUNIN Project - D5.2: Process map for autonomous navigation, 2013.09.
- [3] Hwang, T. M. and Youn I. H.(2022), Navigation Scenario Permutation Model for Training of Maritime Autonomous Surface Ship Remote Operators, Applied Sciences, Vol. 12, No. 1651.
- [4] IMO MSC(2021), Outcome of the Regulatory Scoping Exercise for the use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), MSC.1/Circular 1638, 2021.06.03.
- [5] Jeong, W. L. and Yim(2020) J. B., A Study on the Development of Emergency Scenario to Remote Control for MASS, 2020 Proceedings of Spring Meeting of KAOSTS, 2020.07.
- [6] Korean Register and Mokpo National Maritime Univ.(2022), Definition, Scope and Certification of SRCO for MASS (Ver.1), 2022.04.
- [7] Lee, C. H., Yun G. H., and Hong J. H.(2019), A Study on the New Education and Training Scheme for Developing Seafarers in Seafarer 4.0 - Focusing on the MASS -, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety Vol. 25, No. 6, pp. 726-734.
- [8] Lee, K. I.(2018), Remote Control Management System for Autonomous Ship, Journal of the Korea Convergence Society Vol. 9. No. 11, pp. 45-51.
- [9] MacKinnon, S. N., Man Y., and Baldauf M.(2015), MUNIN Project - D8.8: Final Report : Shore Control Centre, 2015.9.15.
- [10] Ottesen, A. E.(2015), Situation Awareness in Remote Operation of Autonomous Ships - Shore Control Center Guidelines, NUST.
- [11] Roh, H. S., Yim J. B. and Jeong W. L.(2020), Conceptual Development of Remote Shore Control System for MASS, 2020 Proceedings of Spring Meeting of KAOSTS.
- [12] Yim, J. B.(2021), Development of Shore-based Remote Control Technology of Maritime Autonomous Surface Ships, 2021 Annual Report, 2021.12.

Received : 2022. 07. 12.

Revised : 2022. 08. 19.

Accepted : 2022. 10. 28.