

선박 자동화 수준에 따른 필요 해기능력 분석에 관한 연구

안영중* · † 이윤석

*한국해양수산연수원 교육운영팀, † 한국해양대학교 운항공학부 교수

요약 : 국제해사기구의 MSC 98차 회의에서 새로운 도출 의제로 MASS(Maritime Autonomous Surface Ships)가 포함됨에 따라 선박 자동화와 무인화는 해상분야의 국제적인 이슈로 떠올랐다. 유럽의 선급과 연구소 및 제조사 등은 선박자동화의 수준을 다양하게 정의하고 있으나 기술요소와 시스템을 기반으로 하고 있어 선원의 역할과 교육분야에 대한 고려는 반영되어 있지 않다. 본 연구의 목적은 자동화 수준에 따라 항해사 또는 육상관리자에게 요구되는 해기능력을 식별하여 각 면허에 대한 적용안과 교육 및 양성에 필요한 기초연구 자료를 제시하고자 한다. 선박 자동화 수준에 대한 다양한 정의를 조사하고, 현재 항해사 및 선장에게 요구되는 STCW 해기능력을 항목화 하였다. 선박의 자동화와 원격운항의 적용에 따라 제외되거나 추가적으로 요구되는 해기능력을 식별하고 자동화 수준별로 분류하였다. 제시된 해기능력과 면허의 구분에 대한 안을 기반으로 업계와 해기교육기관 전문가들의 검토를 통해 선박자동화와 인적요소에 대한 자동화 수준의 명확한 정의가 필요할 것이다.

핵심용어 : MASS(Maritime Autonomous Surface Ships), 자동화수준, 해기능력, STCW, 항해당직

1. Introduction

1) 연구목적과 목표

- > 선박 자동화 수준별 항해사/육상관리자에게 요구되는 해기능력 식별
- > 선박 자동화에 따른 항해사의 역할변화 및 육상관리자 양성에 필요한 연구자료 제시

2) 연구방법과 범위

- > 선박 자동화 수준에 대한 현황조사
- > 현재의 항해사에게 요구되는 해기능력(competence), 업무(task) 항목화
- > 자동화 수준에서 요구되는 지식/기술 식별
- > 자동화 수준에 따른 항해사의 역할변화 및 교육방안, 육상관리자 양성의 요건 제안

2. Main subject

> 6개의 선박 자동화 수준 제안 비교

Bureau Veritas	Lloyd's Register	NFAS	Ramboll	Rolls-Royce	UK MIA
Level 0 Human operated	AL 0 Manual steering	Decision support	M (Manual)	Level 0 No autonomy	Level 0 Manned
Level 1 Human directed	AL 1 Decision-support on board	Automatic bridge	R (Remote)	Level 1 Partial autonomy	Level 1 Operated
Level 2 Human delegated	AL 2 On-board or shore-based decision support	Remote control	RU (Remote, unmanned)	Level 2 Conditional autonomy	Level 2 Directed
Level 3 Human supervised	AL 3 Execution with human being who monitors and approves	Automatic ship	A (Autonomous)	Level 3 High autonomy	Level 3 Delegated
Level 4 Fully autonomous	AL 4 Execution with human being who monitors and can intervene	Constrained autonomous	X	Level 4 Full autonomy	Level 4 Monitored
X	AL 5 Monitored autonomy	Fully autonomous	X	X	Level 5 Autonomous
X	AL 6 Full autonomy	X	X	X	X

- NFAS : The Norwegian Forum for Autonomous Ships (NFAS)
- UK MIA : The UK Marine Industries Alliance

2. Main subject

1) 선박 자동화 수준에 대한 동향

- > IMO MSC 98에서 새로운 도출의제로 MASS가 포함됨(2017)
 - "Regulatory scoping exercise for the use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)"
- > MASS를 위한 각종 국제협약과 규정 개선에 선박 자동화 수준 정의 중요
- > IMO MSC 99/5 Agenda 중 선박 자동화 수준에 대한 정의 필요성 식별(2018)
 - MSC 99/5/6 Considerations on definitions for levels and concepts of autonomy(Finland)
 - 6개의 선박 자동화 수준 제시. Classification societies(Bureau Veritas & Lloyds), Industry/research associations(NFAS & UK Marine Industries Alliance), Autonomous technologies company(Rolls-Royce), Consultant(Ramboll)
 - 선박은 차량보다 더욱 복잡한 시스템으로 되어 있어, 개별적(module) 자동화 수준의 고려도 중요. 선급과 제조사, 컨설팅 업체들은 각자의 역할분야에 집중한 선박 자동화 수준을 제시

2. Main subject

> 자동차 산업계(Automotive industry)는 다음의 6단계의 자동화 수준에 동의

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the human driver of all aspects of the dynamic driving task, even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the driving mode-specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver performs all remaining aspects of the dynamic driving task	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver performs all remaining aspects of the dynamic driving task	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the human driver will respond appropriately to a request to intervene	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task, even if a human driver does not respond appropriately to a request to intervene	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task under all roadway and environmental conditions that can be managed by a human driver	System	System	System	All driving modes

Ref : RISK AND OPPORTUNITY GOVERNANCE OF AUTONOMOUS CARS. IRGC, 2016

† 교신저자 : 종신회원, lys@kmou.ac.kr

* 종신회원, yjahn@seaman.or.kr

2. Main subject

2) 운항측면의 선박 자동화 수준

> 선박 자동화 수준은 관련산업과 관점에 따라 유사하면서도 차이가 존재

> 해기인력 양성과 운항관리자 교육분야는 운항측면에서의 선박 자동화 수준이 중요

Autonomy level (General, legal)	Description
M (Manual)	The operator (master) is on board controlling the ship which is manned as per current manning standards. Subject to sufficient technical support options and warning systems, the bridge may at times be unmanned with an officer on standby ready to take control and assume the navigational watch.
R (Remote)	The vessel is controlled and operated from shore or from another vessel, but a person trained for navigational watch and manoeuvring of the ship will be on board on standby ready to receive control and assume the navigational watch. In this case the autonomy level shifts to M.
RU (Remote, unmanned)	The vessel is controlled from shore or from another vessel and does not have any crew on board.
A (Autonomous)	The operating system of the vessel calculates consequences and risks. The system is able to make decisions and determine actions by itself. The operator on shore is only involved in decisions, if the system fails or prompts for human intervention. In this case the autonomy level will shift to R or RU.

Ref : AUTONOMOUS SHIPS HOW TO CLEAR THE REGULATORY BARRIERS, Ramboll, 2017

2. Main subject

> 총톤수 500톤 이상 당직항해사/선장에게 요구되는 해기능력 기준의 항목화

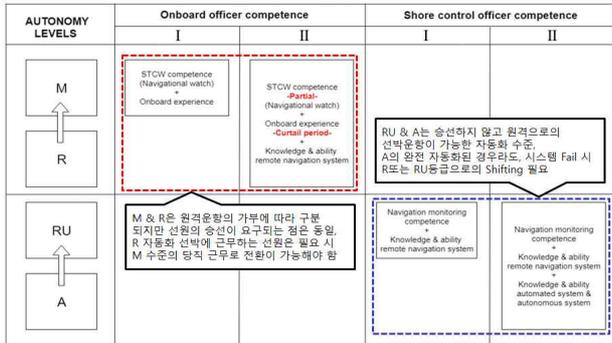
- 당직항해사에게 요구되는 해기능력 STCW / Part A / Section A-II/1 (총114개 세부 K.U.P로 구성)

- 선장/일항사에게 요구되는 해기능력 STCW / Part A / Section A-II/2 (총119개 세부 K.U.P로 구성)

STCW Convention & Codes, 2010 Manila Amendments / STCW Code Part A / Section A-II/1 Mandatory minimum requirements for certification of officers in charge of a navigational watch on ships of 500 gross tonnage or more			
항기능력	K.U.P	항기능력	항기능력
1	항해계획과 수송 및 선위 결정	전후 항해	선위를 결정하기 위하여 천체를 이용하는 능력
2	지문 항해	지문 항해	속지물표 이용 선위결정
3	연안 항해 1	연안 항해 1	항로표지 이용 선위결정
4	연안 항해 2	연안 항해 2	바람, 조석, 해류, 추정속도를 감안한 주속위지
5	연안 항해 3	연안 항해 3	해도 수리지 정보 이용
6	연안 항해 4	연안 항해 4	조석표 정보이용
7	연안 항해 5	연안 항해 5	항행정보 정보이용
8	연안 항해 6	연안 항해 6	무선항행정보 정보이용
9	연안 항해 7	연안 항해 7	항로지 정보이용
10	항해기기 항해	항해기기 항해	항해기기를 이용한 선위 확인
11	운항측상기 이용	운항측상기 이용	수상정보를 이용한 선위 확인
12	컴퍼스 이용 1	컴퍼스 이용 1	Magnetic/Gyro 컴퍼스 작동원리
13	컴퍼스 이용 2	컴퍼스 이용 2	Magnetic/Gyro 컴퍼스 오차 확인 등
14	조타계시스템 이용	조타계시스템 이용	작동장치, 제어 모드변경
15	기상정보 이용 1	기상정보 이용 1	선내 기상정보로부터 수신된 정보 이용
16	기상정보 이용 2	기상정보 이용 2	기상시스템의 측정, 보고장치 및 기록장치 지식
17	기상정보 이용 3	기상정보 이용 3	기상정보의 응용

2. Main subject

> Ramboll의 자동화 수준을 고려한 해기능력

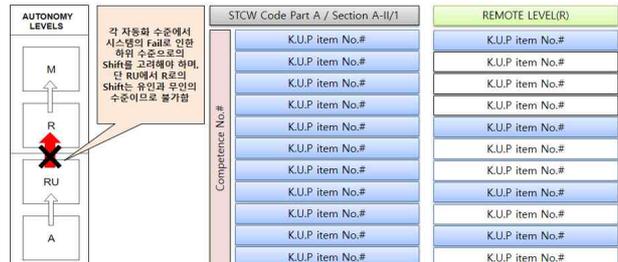


2. Main subject

3) 자동화 수준 별 업무환경 차이에 따라 요구되는 STCW의 해기능력과 업무식별

> 시스템의 이상 시 자동화 수준 하위단계로의 Shift 고려(1)

- 일시적 시스템 대응을 위한 하위 자동화 수준으로 Shift의 경우 지속적으로 요구되지 않는 능력요소의 구분
ex) 선위를 결정하기 위하여 천체를 이용하는 능력



2. Main subject

3) 요구되는 해기능력과 업무식별

> 총톤수 500톤 이상 당직항해사/선장에게 요구되는 해기능력 기준

- STCW Convention & Codes, 2010 Manila Amendments / Part A / Section A-II/1 & A-II/2

> 항해담당지 수행 중심의 해기능력과 업무 식별(competence & K.U.P)

- The skills and competence of seafarers are ensured through the provisions of the STCW Convention and Code, as amended, which concentrate on the following functions:

- Navigation;
- Controlling the operation of the ship and care for persons on board;
- Cargo handling and stowage;
- Marine engineering;
- Electrical, electronic and control engineering;
- Maintenance and repair; and
- Radiocommunications

2. Main subject

> 추가적 정보 제공으로 대체될 수 있는 해기능력의 식별(2)

- 성능 향상된 센서나 추가적 정보 기반으로 계산되어 대체되는 해기능력
ex) 조석의 상태를 계산하는 능력, 영문의 해도 및 기타 영문 항해 서지류 이용(영어능력) 번역정보제공

> 선박에 승선 중인 경우 적용 가능한 해기능력과 그렇지 않은 경우의 구분(3)

- 장비의 보수 유지 점검 등의 업무에 있어 실존 장비에 대한 조작 및 조정 등의 해기능력은 승선해기능력에 한정



