

자율운항선박 기관실 데이터의 통신우선순위 기준수립 필요성에 따른 매트릭스 도출 연구

Developing Communication Priority Standards for Autonomous Ship Engine Data: A Matrix-based Approach

서강현* · 최혜진* · 이재웅** †

Kanghyun Seo*, Hyejin Choi* and Jae-Ung Lee** †

(Received 20 February 2024, Revision received 23 April 2024, Accepted 23 April 2024)

초록 : 스마트 기술을 통해 자율운항선박 기관실에서 발생하는 다량의 센서 데이터를 처리할 수 있도록 통신 기술 개발이 이루어지고 있다. 이에 따라 통신우선순위에 근거한 선박관리자 및 주변 선박과의 데이터 통신이 필요하다. 하지만 현재 데이터의 우선순위를 정하는 객관적인 기준이 부족한 실정이다. 본 연구는 문헌조사를 기반으로 통신우선순위 표준수립의 타당성을 제시하고, 장애모드 영향 분석 기법을 활용하여 우선순위 결정을 위한 데이터 위험 분석 매트릭스를 제안한다. 연구를 통해 도출한 매트릭스 검증에 의해 조타 장치에 적용하였으며, 장치에서 생성된 각각의 데이터가 나타내는 기관실 위험 수준이 데이터가 나타내는 내용에 따라 다를 수 있음을 입증하였다. 본 연구를 통해 우선적으로 통신해야 하는 고위험 데이터를 식별하는 방법을 제시함으로써 기관실 데이터에 대한 효율적인 통신 환경을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 자율운항선박, 기관실 데이터, 통신우선순위, 위험도 분석 매트릭스

Abstract : Communication technology is advancing to handle many sensor data in autonomous ship engine rooms via smart technology. This ensures efficient data communication to managers and surrounding vessels based on priority. However, objective criteria for prioritizing this data are lacking. This study presents the justification for establishing communication priority standards based on the literature and proposes a data risk analysis matrix to determine priority using failure mode impact analysis techniques. To verify the matrix, it was applied to the steering device, and as a result, it was proven that the engine room risk level indicated by each data generated from the device may differ. The results are expected to provide an efficient communication environment for engine room data by suggesting a method to identify high-risk data that must be communicated with priority.

Key Words : Autonomous Ship, Engine Room Data, Communication Priority, Risk Assessment Matrix

** † 이재웅(<https://orcid.org/0000-002-2839-0448>) : 부교수,
한국해양대학교 기관시스템공학부

E-mail : julee@kmou.ac.kr, Tel : 051-410-4662

*서강현(<https://orcid.org/0000-0002-6495-1820>), 최혜진(<https://orcid.org/0000-0002-4265-9992>) : 대학원생, 한국해양대학교
해사IT공학과

** † Jae-Ung Lee(<https://orcid.org/0000-002-2839-0448>) : Associate
Professor, Division of Marine System Engineering, Korea
Maritime & Ocean University.

E-mail : julee@kmou.ac.kr, Tel : 051-410-4662

*Kanghyun Seo(<https://orcid.org/0000-0002-6495-1820>), Hyejin
Choi(<https://orcid.org/0000-0002-4265-9992>) : Graduate student,
Division of Marine Information Technology, Korea Maritime &
Ocean University.

1. 서론

자율운항선박은 4차 산업혁명 기술 기반의 무인선박이다. 선원의 역할을 대체하기 위해 인공지능과 여러 가지 스마트 기술이 탑재될 예정이며, 세계 선진국은 기술개발 표준화 선점에 힘쓰고 있다. 표준화에 발맞춰, 산업국제표준화기구(International Organization for Standardization, 이하 ISO)는 2018년에 ISO19847¹⁾과 ISO19848²⁾을 통해 선박과 선박 또는 선박과 육상 간의 통신을 위한 국제표준을 제시하였다. ISO19847은 해상 필드 데이터 공유를 위한 선박 데이터 서버에 관한 표준을 설명하며, ISO 19848은 선박 기계 장비부 데이터 구조에 관한 표준을 설명한다.

스마트 기술과 표준화된 통신환경을 고려하여 자율운항선박에 탑재될 기기 및 장비의 상태 모니터링과 데이터 관리에 관한 선행연구가 이루어졌다.³⁻⁵⁾ 하지만 대부분이 국제 표준에 부합하는 소프트웨어와 통신장비 개발을 목표로 하며, 기관실 상태 모니터링 중에 비정상상태가 감지되어 발생한 데이터들이 객관적인 기준을 가지고 통신되어야 하는 통신 우선순위 수립방안에 관한 인식은 부족한 실정이다.

통신 우선순위 기준이 필요한 이유는, 기관실의 비정상상태의 경우에 후속 조치가 즉시 취해져야 하는 것과 추후 점검 때 처리가 가능한 것들로 구분되기 때문이다. 또한 선박의 통신 환경은 육상보다는 제한적이기에 발생하는 모든 데이터를 처리하기에는 한계가 있고, 그로 인해 원활한 통신을 유지할 수 없기 때문이다. 이런 이유로 기관실 데이터 간의 통신 우선순위를 결정할 수 있는 객관적인 기준 수립이 필요하다.

본 연구에서는 자율운항선박에서 기관실 데이터를 우선순위에 따라 통신해야 하는 필요성을 각종 문헌을 통해 통신장비 측면, 기관실 데이터 측면, 기관실 시스템 측면으로 검토하여 근거를 제시한다. 또한 고장모드영향분석(Failure Mode and Effects Analysis, 이하 FMEA)기법과 선급문헌을 활용하여 통신 우선순위 결정 매트릭스를 제안하고자 한다. 매트릭스 검증을 위하여 이것을

선박 조타장치 시스템에 적용하였으며, 그 결과, 같은 시스템에서 발생한 비정상상태 기관실 데이터라 하더라도 데이터가 의미하는 기관실 위험도 수준은 데이터마다 다르며, 이에 따라 우선적으로 통신되어야 하는 기관실 데이터가 있음을 증명하고자 한다. 이를 통해 본 연구가 무인 기관실의 안전한 운전 환경을 확보하기 위하여 우선적으로 통신되어야 하는 데이터를 식별하는 방법을 선제적으로 제시하며, 이것이 기관실 데이터의 효율적인 통신환경 조성에 바탕이 될 것으로 기대한다.

2. 연구내용

2.1 통신 우선순위의 필요성

1) 통신장비 측면

해상통신은 1911년 타이타닉호의 침수로 해상 조난 및 안전을 위한 노력의 결과로 발전해 왔다. 국제해사기구는 조난 및 안전 제도를 마련하고, 국제전기통신연합은 이를 실현하기 위한 통신 주파수 및 통신 기술 표준화를 추진하고 있다.

자율운항선박이 육상 및 주변 선박과의 통신을 위해 사용될 통신 장비로 VDES(VHF Data Exchange System), LTE/5G 및 VSAT가 유력하며 원활한 통신을 위한 통신 서비스 요구사항에 관한 연구 및 기술개발이 활발히 이루어지고 있다.⁶⁾ 주변 선박과의 통신은 VDES가 유력한 통신망으로 개발 진행중이며, VDE, AIS 및 ASM 을 결합한 시스템이다. 연안의 경우에는 항구를 중심으로 해상용 LTE망이 구축되어야 하며, 상대적으로 통신료는 낮지만 통신 속도와 통신 반경에 제약이 있다. 선박이 먼 해상에 있는 경우, VSAT 위성통신망은 장거리 통신이 가능하여 무인선의 통신채널로 적합하지만 고가의 통신비가 발생한다는 단점이 있다.⁷⁾

이처럼 자율운항선박의 위치에 따라 통신 장비와 함께 통신환경이 변하기 때문에 데이터가 전달하고자 하는 통신 내용의 중요도에 따라 통신 속도, 비용 등을 고려하여 통신 시나리오를 고려할 필요가 있다.

2) 기관실 데이터 측면

미국선급에서 2018년에 선박에서 각종 스마트 기능 실행을 위한 가이드라인을 제시했다.⁸⁾ 스마트 기능은 데이터 인프라스트럭처(Data infrastructure)를 기반으로 구현이 가능하다.

인프라스트럭처란 선박에서 발생하는 모든 정보를 선내 또는 외부 데이터 장치에 실시간 또는 주기적, 연속적으로 접근이 가능하도록 데이터를 수집, 저장, 관리 및 전송할 수 있는 지원 서비스를 뜻한다. 이것을 통해 데이터 어플리케이션의 기본 요소를 설정하고 스마트 기능 구현을 가능하게 하며, 신뢰할 수 있고 효율적인 데이터 흐름, 데이터 공유, 데이터 관리, 품질, 무결성 및 사이버 안전을 보장할 수 있다.

스마트 기능의 다섯 가지 요구 사항은 Fig. 1과 같이 구조적 건전성 모니터링(Structural Health Monitoring, SHM), 기계 상태 모니터링(Machinery Health Monitoring, MHM), 운영 성과 관리 기능(Operational Performance Management, OPM), 자산 효율성 모니터링(Asset Efficiency Monitoring, AEM) 및 관리자의 업무 지원과 보강기능(Crew Assistance and Augmentation, CAA)이다. 이들 기능은 선체 구조의 안정성과 선박 기기의 성능저하를 관찰하고 고장을 예측한다. 이런 성능을 바탕으로 선박과 각종 시스템이 자산으로서 가지는 가치의 효율성을 준수할 수 있게 하며, 이것은 최적화된 운영 성과 관리로 이어진다.

모든 모니터링 데이터는 관리자의 업무 지원을 보강하여 야간 투시 및 장애물을 감지하여 충돌 사고를 예방하기도 한다.⁹⁾ 중요한 것은 스마트 선박의 개별 시스템은 상기 스마트 기능의 다섯 가지 영역에 미치는 영향력이 각각 다르다는 점이다. 예를 들어, Fig. 1과 같이 선박의 추진장치는 기관실 상태모니터링, 운영 성과 관리 및 자산 효

율성 모니터링 기능에 영향을 미치지만, 선박의 화재에 대응하기 위한 소화장비 시스템은 기관실 모니터링 기능에만 영향을 미친다. 반면에 조타장치 시스템은 구조 건전성 모니터링 시스템과 기계상태 모니터링 시스템 그리고 자산 효율성 모니터링 시스템에 영향을 미친다.

해당 예시를 통해 선박의 장비 및 시스템에서 발생한 신호들이 모든 스마트 기능에 영향을 미치는 것이 아니라 선박의 안전운항을 위협하는 정도에 따라 그 영향범주가 상이하다는 것을 알 수 있다. 또한 이것은 데이터 인프라스트럭처 내에 존재하는 데이터들 사이에도 기관실 안전운전에 미치는 영향 정도가 각각 다르며, 관리자에게 우선적으로 전달되어 처리되어야 하는 데이터가 존재하는 것을 보여 준다.

3) 기관실 시스템 측면

노르웨이 선급에서 2012년 제출한 이중시스템의 고장모드 영향도 분석 지침서는 이중시스템의 고장모드와 이것이 기관실 시스템에 미치는 영향도 분석 방법을 제시한다.¹⁰⁾ 이를 통해 시스템 내 고장이나 비정상상태가 발생했을 때 그 원인이 어디에 있는지에 따라 이것이 기관실 시스템에 국부적으로 영향을 미치는지 또는 기관시스템 전체를 위협하는지를 판단할 수 있다.

시스템 종류는 Fig. 2와 같이 크게 독립형, 수동형, 공통 구성형으로 분류되며, 분류 기준은 그룹 내의 두 개 이상의 서브시스템(Subsystem)의 구속형태에 따라 달라진다. 서브시스템 고장 영향은 시스템 분류에 따라 다르게 나타날 수 있다.

독립형의 경우, 서브시스템 A와 B가 서로 구속되지 않는 경우를 뜻한다. 독립적으로 운영되기 때문에 둘 중 하나에 고장이 발생해도 남은 서브

System	SHM	MHM	OPM	AEM	CAA
Propulsion		X	X	X	
Firefighting		X			
steering	X	X		X	

Fig. 1 Requirement of smart function

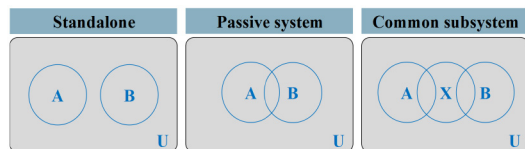


Fig. 2 Concept of redundant systems

시스템이 온전히 그 역할을 수행할 수 있다. 선박에 설치된 2대의 GPS가 서로의 고장원인에 의한 수동형은 서브시스템 A와 B 사이에 교집합 형태의 시스템 공동 요소가 있음을 뜻한다. A와 B는 개별의 서브시스템이지만 A와 B를 보조하는 냉각수 시스템은 하나임을 뜻한다.

공통 구성형은 중요 서브시스템 A와 B가 독립적으로 존재하지만 A와 B 사이에 별도의 공통 서브시스템 X가 연결된 경우를 뜻한다. 주로 전자회로 시스템에서 확인되는데, 메인 스위치 보드(Main Switch Board) A와 B 사이에 버스 타이(Bus tie) 스위치 보드 X로 연결된 것이 예이다.

각각의 기관 시스템을 살펴보면, 주기관과 발전기 등이 여러 개의 서브시스템으로 구성되어 있으며, 해수 및 청수와 같은 유틸리티 시스템이 어떻게 시스템 운전애 영향을 미치는지 알 수 있다.

이로써 서브시스템 사이의 구성 형태에 따라 기기의 고장에 의한 기관실 전체에 미치는 영향이 서로 다르다는 것을 알 수 있으며, 우선적으로 고장에 대한 조치가 수행되어야 할 시스템이 존재한다는 것을 알 수 있다.

2.2 해결 방안 – 위험도 분석 매트릭스 도출

앞 절의 내용과 같이 통신장비 측면과 기관실 데이터 측면, 그리고 기관시스템 측면을 고려하면 다수의 데이터 중에 우선적으로 통신되어야 할 기관실 데이터가 존재하며, 그 우선순위를 객관적인 근거로 판단할 수 있는 기준이 필요하다는 것을 분명히 알 수 있다.

본 연구의 해결방안으로 Fig. 3과 같이 위험도 분석 매트릭스를 도출하는 방안을 수립하였으며, 위험도 평가 방법으로 FMEA 기법을 활용하였다. 위험도 평가는 특정 대상의 장비 또는 시스템에서 발생 가능한 위험원을 규명하고 원인 및 결과 분석을 통해 위험의 내용을 식별하는 방법이다. 이를 통해 기관실 데이터 간의 위험도 상관관계 분석할 수 있는 위험도(Risk, R) 상관관계 매트릭스를 수립하였다. 위험도 상관관계 분석의 중요 세부 기준은 미국 선급 문서를 참조하여 심각도(Severity, S)와 고장발생빈도(Likelihood, L)로 나누어 위험도 점수를 부여할 수 있도록 했다.⁸⁾

심각도는 대상 기기로부터 발생한 센서의 고장 데이터가 전체 기관실 운영에 미치는 정도를, 고장발생빈도는 기기의 센서가 비정상상태인 고장 형태의 발생 빈도를 뜻한다.

센서 데이터 심각도 판단 기준은 Fig. 4와 같이 (A) 선원 의사 결정 지원수준, (B) 다른 시스템과의 구축 수준 및 (C) 센서데이터 발생 기기가 기관실 안전운전에 미치는 영향도로 분류된다. 심각도 산정은 $(A) + (B) \times (C)$ 의 결과값으로 계산한다.⁸⁾ 계산값이 0, 1이면 심각도가 낮으며(L), 2에서 값이 4가 되면 중간(M), 5 이상이면 심각도가 높다(H)고 판단한다.

고장발생빈도 판단 기준은 (D) 기관실 기기가 전체 시스템과의 통합 수준과 수집된 센서 데이터가 단순 모니터링되는 대상인지 머신러닝과 같은 데이터 모델에 활용되는 대상인지를 나타내는 (E) 센서 데이터 활용 범위를 고려하여 Fig. 4에 근거한 $(D) + (E)$ 의 값으로 결정한다.⁸⁾ 계산값이 0, 1일 경우 발생 빈도가 낮고(L), 2, 3일 경우 보통이며(M), 4, 5일 경우 빈도가 높은 것(H)으로 판단한다.

구성요소를 분석하여 기관실 데이터의 심각도 수준과 발생 빈도 수준이 결정되면 Fig. 5의 매트릭스를 통해 기관실 데이터 간의 위험도 상관관

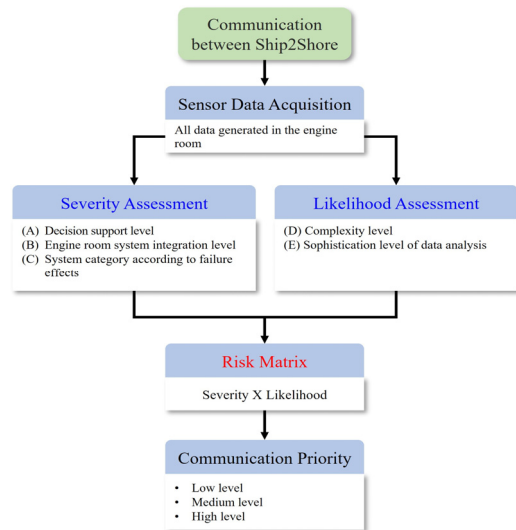


Fig. 3 Method of communication priority assessment

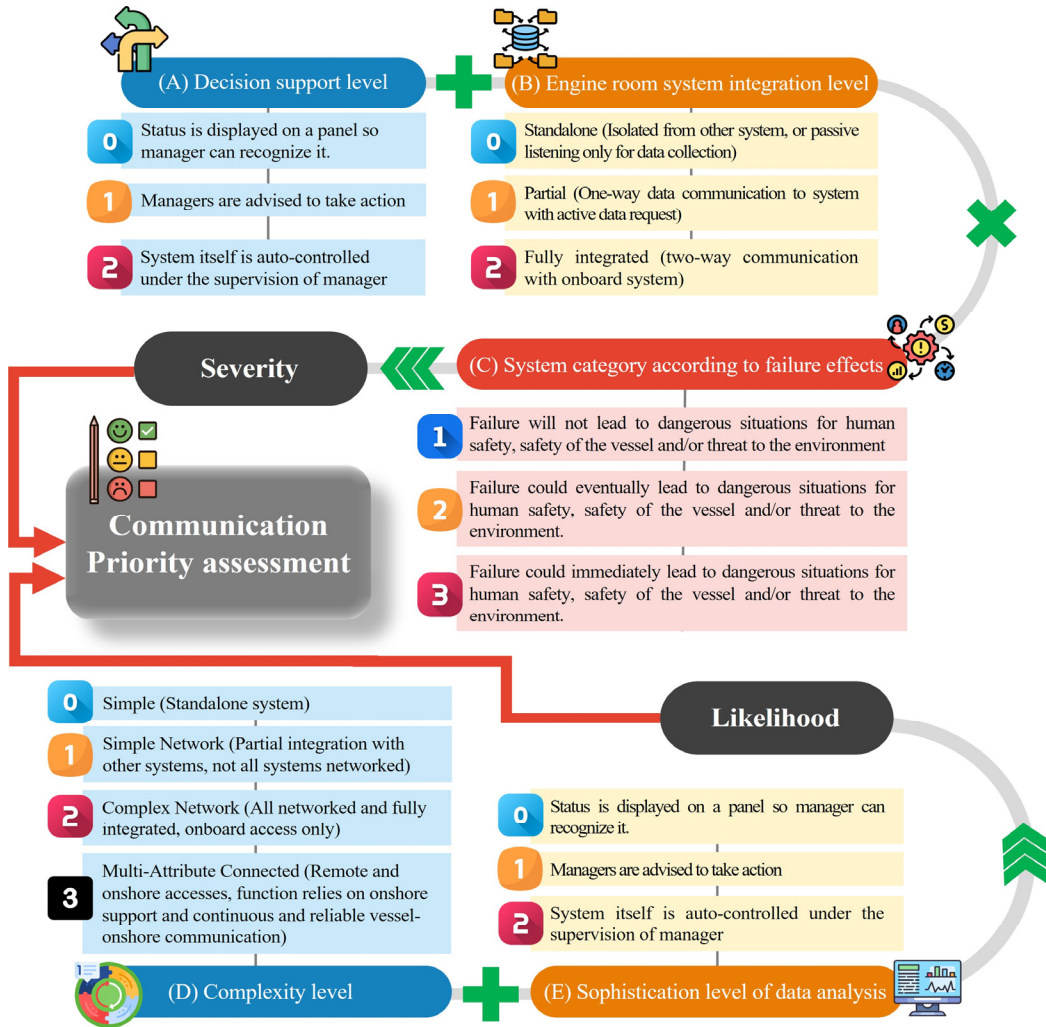


Fig. 4 Assessment standards for communication priority

Severity (A) + (B) × (C)	Likelihood (D) + (E)		
	L	M	H
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	H	H

Fig. 5 Sensor data risk analysis

계가 결정되며, 위험도가 낮은 데이터와 높은 데이터가 구분될 수 있다.

이에 따라 자율운항선박에서 다른 기기에서 동시에 비정상상태가 감지되어 두 개의 센서 데이

터가 발생한 경우, 이 중에 우선적으로 관리자에게 전달해야 데이터를 결정할 수 있게 된다.

3. 연구결과

본 연구에서 제시한 자율운항선박 기관실 데이터간의 통신우선순위 수립 필요성을 근거로 수립한 위험도 상관관계 매트릭스의 실질적인 적용 방안을 제시하기 위하여 선박의 조타장치 시스템의 위험도 평가를 실시하였다. 평가는 선박의 건조에 필요한 설계도면 및 관련 자료를 바탕으로

다수의 전문가들에 의해 수행되었다.

1) 조타장치 시스템 이해

조타장치는 Fig. 6과 같이 구동을 위한 기기장치, 유압펌프 및 조타의 제어장치 및 제어 및 구동을 위한 전원장치로 구성되어 있으며, 자세한 작동 시스템은 Fig. 7과 같다.

2) 조타장치에서 발생가능한 고장모드

Table 1에 나타난 것과 같이 조타장치 시스템에서 예상되는 고장모드는 유압펌프장치의 제어 유압감소, 제어유 차압 발생, 러더의 회전력 상실, 조타구동장치의 제어유압 감소, 유압펌프 장치의 저장 탱크 저유위 발생 등으로 다양하다.

3) 위험도 평가를 적용한 통신 우선순위 결과

Table 2는 앞선 조타장치의 고장모드에서 위험도별로 4가지 고장모드를 선별하여 위험도 평가를 실시한 결과이다.

유압제어를 위해 필요한 유류의 저장탱크 저수위는 유압계통 특히 펌프와 관련된 기밀장치 또는 배관에서의 누설로 발생할 수 있다. 하지만 추

Table 1 Failure mode for steering gear system

Component	Failure Mode
Hydraulic unit	Hydraulic pressure low
	Hydraulic motor overload
	Hydraulic actuator control pressure low
	Hydraulic oil reservoir tank level low
	Steering gear hydraulic oil pressure for control difference pressure high
	Hydraulic locking
Mechanical unit	Rudder rotation failure
Electrical unit	Steering gear main control panel power failure
	Follow-up processor power failure
	Rudder angle indicator power failure (DC24V)
	Hydraulic pump motor power low
	Rudder angle action speed low
	Rudder angle control failure
	Feedback signal loss
	Auto pilot mode malfunction
	Hydraulic pump power failure
	Alarm equipment power failure

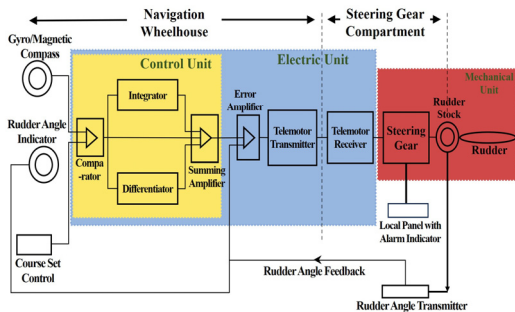


Fig. 6 Configuration of steering gear plant system

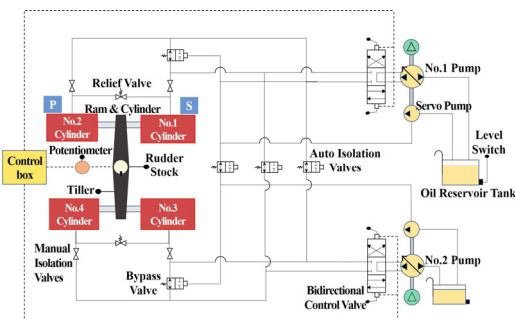


Fig. 7 Mechanical unit in detail

가 유압펌프의 기동으로 자동조타 기능은 정상작동한다. 이런 경우의 심각도는 주기적인 점검과 수위 제어 장치에 의해서 “Low”로 평가되었지만, 선박에서 종종 발생하는 고장모드임에 “Medium”으로 평가되었고, 위험도 매트릭스에 의해 “Low” 위험도로 평가되었다.

조타장치 제어유의 차압 발생은 배관계통상에 설치된 필터의 오손에 의한 것이다. 하지만 자동조타 기능은 지속해서 정상 작동한다. 경보는 필터를 소재 또는 교환하여 재설치하면 정상복구된다. 그래서 심각도와 빈도는 “Low”로 평가되어 최종적으로 “Low” 위험도로 평가되었다.

위험도가 “Medium”으로 평가된 조타 제어 장치 유압압력 감소의 경우, 작동을 위한 유압펌프의 고장에 의하여 발생하지만, 여분의 펌프 기동으로 자동조타 기능은 정상적으로 작동한다. 이러한 경우 전체의 조타시스템에 영향을 미칠 수 있고, 선박에서 종종 발생하기에 심각도와 빈도 수준은 “Medium”으로 평가되었다.

Table 2 Risk assessment result for steering gear system

Failure mode	Failure cause	Detection of failure	Local impact	Final impact	S	L	R
hydraulic oil pressure for control difference pressure high	Return oil filter clogging	Alarms on monitoring system and local panel	Oil clogged alarm occurs Normal operation after manual replacement with redundant filter	Auto pilot operates normally	L	L	L
Hydraulic oil reservoir tank level low	Hydro pump seal fracture	Alarms on monitoring system and local panel	One hydro pump unit cannot be used Normal operation with redundant hydro pump unit	Auto pilot operates normally	L	M	L
Hydraulic pressure low	Hydro pump malfunction				M	M	M
main control panel power failure	AC 440V Main switch-board failure	Alarms on monitoring system and local panel	One steering gear plant disable	Maintain auto pilot function (One rudder thrust is disabled)	H	M	H

선박의 주 배전반의 전원이 상실되는 경우, 조타장치의 주제어용 배전반 전원이 상실될 수 있다. 이런 경우, 조타장치 1세트의 운전이 불가하지만, 여분의 조타장치 기동으로 자동조타 기능이 유지될 수 있다. 하지만 선박의 비상 전원까지 상실되는 경우에는 모든 조타 기능을 사용할 수 없기에 심각도를 “High”로 평가하였고, 빈도는 선박의 발전기 고장에 의한 전원상실이 종종 발생하기에 “Medium”으로 평가하였다. 이를 위험도 매트릭스에 반영하여 “High” 위험도로 산출되었다.

4. 고 찰

본 연구의 결과는 향후 무인화로 운영될 자율 운항선박에서 발생한 데이터의 선속 간 원활한 통신을 위한 데이터 우선순위와 기준 수립의 필요성을 보여 준다. 또한 자율운항선박에서 발생하는 기기 데이터들의 통신주기와 장비선정을 하기 위한 방안을 위한 예비 연구로 볼 수 있다.

본 연구에서는 선박의 조타장치 내에서 여러 고장모드를 식별하여 각 고장모드별 발생하는 데이터의 위험도 평가를 통해 통신 우선순위 기준 수립을 위한 근거로 사용하였다. 그 결과는 동일한 시스템에서 발생하는 데이터들 간에도 위험도

가 높은 것과 낮은 것으로 평가 결과가 상이함을 볼 수 있다.

조타를 위한 제어유 배관의 차압 발생에 대한 최종위험도는 “Low”로서 평가된 것은 배관계통상에 압력상승에 의한 과압을 방지하기 위한 안전 밸브장치가 설치되어 있기 때문이다. 또한 고장의 원인인 필터 내 이물질 유입은 소재 또는 교환에 의해 고장을 손쉽게 복구할 수 있기 때문이다.

위험도가 “High”로 평가된 조타제어장치의 주 전원 상실과 같은 고장모드는 운전중인 제어장치의 불능으로 인해 조타가 불가능하게 되고, 이에 선박이 위험한 상황에 처할 수 있게 된다. 물론, 여분으로 설치된 조타제어장치의 정상 기동으로 모든 기능이 복구되고 조타도 정상적으로 수행할 수 있게 된다. 하지만 전원 상실과 같은 전기계통의 고장은 선박 전체와 복잡하게 연결됨에 따라 조타장치뿐만 아니라 다른 시스템에도 영향을 미칠 수 있는 가능성이 존재하기에 가장 높은 위험도로 평가된 것이다.

이런 결과를 무인 기관실 기기의 유지보수 부분에 적용하므로 통신의 신속함과 긴급함의 유무로 데이터를 분류하고 나아가 통신 주기를 선정하는 연구까지 확장될 수 있을 것이라 판단된다.

본 연구에서 수행한 위험도 평가는 일부 기관실 기기 시스템에 국한되어 전체적인 관점에서의

평가가 요구될 수 있다. 또한 주관적인 평가에 의한 객관성이 부족해 보일 수 있다. 그러나 다량의 데이터가 교환되는 자율운항선박과 육상 간의 통신을 수행함에 있어 긴급함이 요구되는 고장 데이터를 우선적으로 처리하므로 선박의 안전운항과 통신의 원활함을 지속하기 위해 마련되어야 할 방안이라 사료된다.

추가적으로, 표준 ISO 19847/19848를 기반한 기관실 통신 데이터 구조 수립을 위해 데이터 채널과 파일명을 생성하여 위험도 분석 결과에 맞게 데이터 통신 실험을 수행하는 연구가 필요함을 확인하였다.

5. 결 론

본 연구는 장래에 도래할 자율운항선박의 통신 환경과 기관실의 전산화된 데이터 전산 환경을 고려하여 데이터 통신 우선순위를 결정할 수 있는 위험도 상관관계 매트릭스를 도출하였다.

1) 통신 우선순위 기준 수립을 위해 데이터가 의미하는 기기의 비정상상태의 심각도 수준과 해당 데이터의 발생 빈도 수준을 참고하여 데이터 간의 위험도 상관관계를 판단할 수 있었다.

2) 본 연구는 기관실의 물리적인 위험요소를 식별하는 FMEA 방식과 스마트 선박의 자동화 기관실 데이터 체계를 결합하여, 물리적 요소와 전산 요소가 통합된 ‘기관실 데이터 통신 우선순위 선정 기준’을 제시했다는 데 큰 의의가 있다.

3) 현재의 자율운항선박과 관련된 학술활동은 항해장비, 통신장비 및 관련 법제를 중심으로 이루어지고 있다. 본 연구는 더 나아가, 기관사의 입장에서 무인기관실 환경을 대처하기 위해 기관사의 승선 경험을 바탕으로 기관실 데이터 통신 방안을 선제적으로 제시하였다. 따라서 본 연구는 자율운항선박과 관련된 학술 활동의 영역을 확장한 것에 의의가 있다고 판단한다.

4) 본 연구를 통해 도출한 매트릭스를 조타장치 시스템에서 발생 가능한 고장모드에 적용함에 고장모드별 위험도 수준은 Low, Medium 및 High로 서로 다르게 나타났다. 이를 통해 관리자에게

전달되어야 하는 데이터의 통신 우선순위에 차이가 있음을 알 수 있었다.

5) 위험도 결과는 고장모드별 통신 우선순위 선정을 위해 제시할 수 있는 충분한 근거로 확인되었지만 대상기기를 조타기에서 보조기기 및 주기관으로 확장하여 다양한 사례에 적용하고자 한다.

6) 통신우선순위 기준은 통신장비 선정에도 확장될 수 있을 것으로 판단된다. 위험도가 낮은 기관실 데이터는 통신우선순위가 낮은 것으로 판단되어 통신료가 비교적 저렴한 VDES 또는 LTE/5G 통신을 이용한다. 반면, 위험도가 높아질수록 통신우선순위가 높아지므로 고가이지만 신속함을 갖춘 VSAT와 같은 통신장비를 통해 육상으로 전달한다. 위험도에 따른 다양한 통신방법은 자율운항선박의 데이터 통신 시나리오로도 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 추후 기관실 데이터를 자율운항선박 통신장비를 이용하여 직접 송신 실험을 실시할 계획이다.

7) 또한 해당 실험 시, 선박 기관실 데이터 통신 표준에 관한 ISO19847/19848을 적용하여 연구의 실효성을 증명하고 통신우선순위 결정 매트릭스의 객관성을 발전시켜 나가고자 한다.

후 기

이 논문은 2020년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20200615, 자율운항선박 기술개발).

이 논문은 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 ‘친환경선박 전주기 핵심기술개발사업(RS-2022-00144116)’의 연구 결과임.

Author contributions

K. H. Seo; Conceptualization, Investigation, Methodology, Visualization, Validation, Writing-original draft. H. J. Choi; Investigation, Resources,

Visualization, Writing- review&editing. J. U. Lee;
Funding acquisition, Investigation, Project
administration, Supervision, Writing-review&editing.

References

1. ISO, 2024, ISO 19847 - Ship and marine technology -Shipboard data servers for sharing field data at sea.
2. ISO, 2024, ISO 19848 - Ship and marine technology - Standard data for shipboard machinery and equipment.
3. S. H. Park, W. G. Choi, K. Y. Choi and S. H. Kwon, 2022, "Implementation of Responsive Web-based Vessel Auxiliary Equipment and Pipe Condition Diagnosis Monitoring System", Korean Institute of Navigation and Port Research, 46(6), 562-569.
4. S. H. Lee, J. Y. Kim, J. J. Lee, Yongjin Kim, Songkil Kim and Taehyun Lee, 2022, "A Study on the Development of Database and Algorithm for Fault Diagnosis for Condition Based Maintenance of Rubber Seal in Ancillary Equipment of Autonomous Ships", Journal of Applied Reliability, 22(1), 48-58.
(<https://doi.org/10.33162/JAR.2022.3.22.1.048>)
5. Y. T. Woo, H. G. Hwang, B. S. Kim, I. S. Shin, H. S. Jung, M. S. Park and J. S. Lee, 2018, "A Development of Data Management Platform for Shipboard Machinery Equipment to Share Maritime Field Data Exchange based on ISO 19847/19848", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, 22(12), 1577-1588.
(<https://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.12.1577>)
6. S. H. Hong, 2020, "An Efficient Method of Coastal and Offshore Communication for Safe Navigation of Autonomous Ships", Korea Institute of information and Communication Engineering, 161-162.
7. S. Y. Jeon and G. H. Kim, 2013, "A Development of Web Proxy for the Satellite Communication", Journal of Korea Multimedia Society. Korea Multimedia Society, 16(12), 1403-1412.
8. ABS, 2020, Smart Functions for Marine Vessels and Offshore Units, American Bureau of Shipping.
9. D. S. Ahn, G. H. Park, G. J. Choi and S. Y. Jeon, 2012, "Researches on Collision Avoidance Algorithms for Autonomous Driving System", Journal of Power System Engineering, 16(1), 84-90
10. DNV, 2012, Failure Mode and Effect Analysis of Redundant Systems, Det Norske Veritas.