



2021

자율운항선박 지침

GC-28-K

한 국 선 급

“자율운항선박 지침”의 적용

1. 이 지침은 별도로 명시하는 것을 제외하고 2021년 7월 1일 이후 건조계약 또는 검사신청 되는 자율운항선박에 적용한다.
2. 2020년판 지침에 대한 개정사항 및 그 적용일자는 아래와 같다.

적용일자 : 2021년 7월 1일

제 1 장 일반사항

제 1 절 일반사항

- 102.를 개정함.
- 103.의 6항 및 7항을 개정함.
- 104.의 1항을 개정함.
- 104.의 7항을 신설함.
- 105.를 개정함.
- 106.의 1항 및 3항을 개정함.

제 3 절 사이버보안

- 302.의 5항을 삭제함.

제 2 장 자율화시스템 및 자율운항선박

제 1 절 자율화시스템의 구성 및 기능

- 102.의 1항 (1)호를 개정함.
- 103.의 2항 (3)호 (가) (b)를 개정함.
- 103.의 2항 (3)호 (나) (c)를 신설함.
- 103.의 그림 2.3을 개정함.

제 3 절 자율운항선박 승인 절차

- 301.을 개정함.
- 302.(승인 절차)를 삭제함.

차 례

제 1 장 일반사항	1
제 1 절 일반사항	1
제 2 절 운용계획서	4
제 3 절 사이버보안	5
제 2 장 자율화시스템 및 자율운항선박	7
제 1 절 자율화시스템의 구성 및 기능	7
제 2 절 자율화시스템 및 자율운항선박의 요건	14
제 3 절 자율운항선박 승인 절차	18
제 3 장 위험도기반 승인	21
제 1 절 일반사항	21
제 2 절 위험도기반 설계 승인 시 고려사항	22
제 3 절 위험 저감을 위한 대책	25

제 1 장 일반사항

제 1 절 일반사항

101. 배경

1. 다양한 디지털 기술과 자동화 기술의 발달로 인해, 주변 상황을 스스로 인식하고 자율적으로 운항할 수 있는 자율운항 관련 기술인 자동 항해, 의사 결정을 내릴 수 있는 로직 시스템, 통합 센서 시스템 및 데이터 통신 기능 등에 대한 연구 개발이 전 세계적으로 수행되고 있다.
2. 현재의 해운 산업 및 관련 정보·통신 기술개발 현황 등을 고려할 때, 자율운항은 해운 산업 분야의 안전성 및 신뢰성을 향상시키고 선박의 효율적이고 경제적인 운용을 가능하게 할 수 있다.
3. 정보·통신 기술발전에 따라 해운 산업은 점점 더 디지털화 및 자동화되고 있지만, 이로 인해 새로운 위험 요소가 등장하고 그러한 위험 요소를 사전에 식별하여 예방하거나 완화시켜줄 필요성도 식별되고 있다.

102. 목적

1. 이 지침은 자율운항선박 또는 자율운항에 필요한 시스템 및 기능에 대한 안전성 및 신뢰성을 확보하는 것을 목적으로 한다. (2021)

103. 적용

1. 이 지침은 해상에서 선박의 자율성을 높이기 위해 사용될 수 있는 시스템의 설계 또는 운영에 대한 주요 권고안을 제시한다.
2. 이 지침은 수면상의 자율운항선박에 적용되며 무인잠수정에는 적용되지 않는다.
3. 이 지침에서 제시하는 자율화시스템의 구성은 운영목적에 따라 변경될 수 있다.
4. 이 지침을 적용함에 있어서, 자율수준과는 상관없이 해당 선박에 적용할 수 있는 모든 국제협약, 기국법 및 기항지의 국내법 등을 만족함을 기본으로 한다.
5. 이 지침에서 규정하지 아니하는 사항은 선급 및 강선규칙의 각 해당 요건에 따른다.
6. 이 지침을 적용하는 자율운항선박은 우리 선급이 필요하다고 판단하는 경우 자율운항선박 또는 시스템에 대한 위험도 평가를 수행하거나 신뢰성을 검토할 수 있다. (2021)
7. 이 지침을 적용하는 자율운항선박은 해당 선박에 적합한 사이버보안 인증을 받아야 한다. (2021)
8. 이 지침에 포함되지 않은 사항에 대하여는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따라 ISO, IEC, KS 또는 이와 동등 이상의 인정된 기준에 따를 수 있다.

104. 용어의 정의

용어의 정의는 여기에 별도로 정하는 경우를 제외하고는 선급 및 강선규칙에 따른다.

1. **자율운항선박(Autonomous Ships)**이라 함은 자율화시스템을 통해 의사결정을 지원하고 선박의 제어 및 관리의 전체 또는 일부를 자율화시스템이 대신할 수 있는 선박을 말한다. 자율운항선박은 유인, 무인 또는 원격으로 운항될 수 있다. (2021)
2. **운영자(Operator)**라 함은 선내 또는 선외에서 선박의 제어 및 관리에 종사하는 자를 말한다.
3. **데이터 수집 및 분석 시스템(Data Acquisition and Analysis Systems)**이라 함은 해상 물체/선박 및 해상 환경과 관련된 선박의 외부상황과 선박 운항/운동과 관련된 내부상황을 인식하기 위한 시스템을 말한다.
4. **자율운항시스템(Autonomous Navigation Systems)**이라 함은 내/외부 상황을 고려하여 경제적인 운항 및 충돌/좌초 방지를 위한 경로계획과 조타계획을 수립하고 수립된 경로계획 및 조타계획에 따라 선박의 추진장치 및 조타장치 등을 제어하는 시스템을 말한다.
5. **통신시스템(Communication Systems)**이라 함은 정보 객체들 간의 통신에 관여하는 시스템을 말한다.
6. **선외지원시스템(Outboard Support Systems)**이라 함은 자율운항 선박의 운항 정보를 모니터링하고 제어하는 시스템을 말한다.
7. **의사결정 지원 시스템(Decision-making Support Systems)**이라 함은 선내 운영자의 의사결정을 지원할 수 있는 시스템을 말하며, 이러한 시스템은 여러 시스템의 조합으로 구성할 수 있다. (2021)

8. **사이버보안(Cybersecurity)**이라 함은 조직의 자산과 그에 포함된 정보의 기밀성, 무결성, 가용성을 보장하기 위한 활동 또는 프로세스, 역량 등을 말한다.
9. **기밀성(Confidentiality)**이라 함은 자산이 인가된 당사자에 의해서만 접근하는 것을 보장하는 것을 말한다.
10. **무결성(Integrity)**이라 함은 자산이 인가된 당사자에 의해서 인가된 방법으로만 변경 가능한 것을 말한다. 이는 자산의 완전성과 정확성을 보장하는 것을 의미한다.
11. **가용성(Availability)**이라 함은 자산이 적절한 시간에 인가된 당사자에게 접근 가능하여야 하는 것을 말한다.

105. 자율수준(Level of Autonomy) (2021)

1. 자율수준은 다음과 같은 기능에 대하여 시스템 또는 선외로부터의 원격운영이 선내운영자를 대체하는 정도에 따라 자율 수준이 정해진다. 표 1은 이러한 기능별 자율수준을 나타내었다.

- (1) 데이터 수집/분석
- (2) 의사 결정
- (3) 실행

표 1 자율 수준

자율 수준	데이터 수집/분석 (Data acquisition/analysis)	의사 결정 (Decision-making)	실행 (Action)
AL 1	시스템 및/또는 운영자	운영자	운영자
AL 2	시스템/원격	운영자(시스템/원격) ⁽¹⁾	운영자
AL 3	시스템/원격	시스템/원격(운영자) ⁽²⁾	시스템/원격
AL 4	시스템	시스템 ⁽³⁾	시스템 ⁽³⁾
AL 5	시스템	시스템	시스템
(비고) (1) 시스템 또는 원격운영을 통해 운영자의 의사결정을 지원하지만 최종 결정은 선내 운영자가 한다. (2021) (2) 의사 결정에 대한 운영자의 확인이 필요하다. (3) 의사 결정 및 실행에 대하여 운영자가 항상 모니터링 한다.			

2. 각 자율수준은 다음과 같이 정의될 수 있다.

- (1) AL 1: 데이터 수집/분석은 운영자 및 시스템에 의해서 수행될 수 있지만 수집된 정보를 바탕으로 한 의사 결정 및 그 실행은 운영자가 수행한다.
- (2) AL 2: 시스템 또는 선외의 원격운영을 통해서 데이터가 수집/분석되고 그에 따른 의사 결정 및 실행은 운영자가 수행한다. 시스템은 운영자의 의사 결정에 대하여 운영자를 지원한다. 시스템 또는 선외로부터의 원격운영을 통해서 운영자의 의사 결정을 지원한다.
- (3) AL 3: 시스템 또는 선외의 원격운영을 통해서 데이터가 수집/분석되고 그에 따른 의사 결정 및 실행도 시스템 또는 원격운영에 의해 수행된다. 단, 시스템에 의한 의사 결정에 대한 운영자의 확인이 반드시 요구되며, 운영자 확인이 선행되지 않을 경우 해당 의사결정 사항을 철회한다. 시스템 고장 시 또는 원격운영이 원활하지 않은 경우 운영자의 대응이 필요하다.
- (4) AL 4: 시스템에 의해서 데이터가 수집/분석되고 그에 따른 의사 결정 및 실행도 시스템에 의해 수행된다. 시스템에 의한 의사 결정 및 그 실행에 대한 정보를 운영자가 항상 모니터링 한다. 비정상 운용 시나리오(시스템 고장 등)에 대하여 시스템의 대응이 가능하다.
- (5) AL 5: 완전한 자율수준으로서 데이터 수집/분석, 의사 결정 및 실행 등 모든 기능이 시스템에 의해 수행되며 운영자는 비정상상황을 모니터링 한다. 비정상 운용 시나리오(시스템 고장 등)에 대하여 시스템의 대응이 가능하다.

106. 선급부호

1. 이 지침을 자율운항선박에 적용하고자 하는 범위 및 자율수준은 기본적으로 선주의 요청에 의해 진행되지만 위험도 평가를 통해 결정될 수 있다. (2021)
2. 이 지침을 적용하는 자율운항선박에는 2장 103.의 1항부터 5항에서 규정하는 자율화시스템의 적용여부에 따라 105.의 자율수준별 부기부호가 부여될 수 있다. 예를 들어, 2장 103.의 1항에서 규정하는 자율화시스템을 갖춘 선박에는 “AL 1”이 부여될 수 있다.
3. 2항에도 불구하고, 선주, 조선소 등으로부터 요청이 있을 경우, 특정 개별시스템에 대하여 적절한 수준의 AL 부기부호를 부여하고 특기사항을 명시할 수 있다. 예: AL level (special feature) (2021)

107. 동등효력

이 지침에 만족하지 않거나 적용할 수 없는 대체설계 및 신기술의 동등효력에 대해서는 선급 및 강선규칙 1편 1장 104.를 따른다. (2020)

108. 규정의 증감

자율운항선박 관련 기술은 개발 중에 있는 사항이므로 상황별로 추가적인 고려사항 및 요건이 발생할 수 있으며, 이 지침의 요건에 따르지 않는 설계가 동등한 수준의 안전을 보장할 경우 우리 선급에 의해 평가 후 승인될 수 있다.

제 2 절 운용계획서

201. 일반사항

1. 개발자는 해당 선박에 대한 운용계획서를 제출하여야 한다.
2. 운용계획서는 선주의 자율운항선박 운용 의도와 그에 대한 운용 요건을 문서화한 것으로서 해당 자율운항선박의 목적과 기능에 따라 최소한 다음 정보를 명시하여야 한다.
 - (1) 운용 정보
 - (가) 운용 목적
 - (나) 운용 범위: 운항 해역, 해상 조건, 기타 본선 및 본선에 탑재된 시스템의 안전 운용을 위해 요구되는 조건(예: 통신시스템의 경우 통신 네트워크 성능 요건, 데이터 품질 요건 등)
 - (2) 시스템 정보
 - (가) 자율수준
 - (나) 모듈화 및 구성 상세
 - (3) 위험 정보
 - (가) 운용 시나리오(정상/비정상)
 - (나) 위험요소 및 완화방안
3. 운용계획서에는 해당 시스템 또는 선박의 안전한 운항을 보장할 수 있는 운용 범위가 명시되어야 한다.
4. 해당 시스템 또는 선박은 해당 운용 범위 내에서만 운용되어야 한다. 선박에는 명시된 모든 운용 범위에 대한 이탈 여부를 확인할 수 있는 장치가 설치되어 있어야 하며 해당 내용은 운용 시 항상 기록되어야 한다. 기록 내용은 언제든지 확인 가능하여야 하며 기록된 내용을 확인할 수 없는 경우 명시된 운용 범위를 벗어난 것으로 간주한다.
5. 운용계획서에는 운용 시나리오 상 발생 가능한 위험요소와 그에 대한 완화방안이 명시되어야 한다. 해당 시스템 또는 선박이 명시된 운용 범위 내에서 운용되었을 경우라도 운용계획서 상 제시되지 않은 위험요소로 인해 선박 안전에 해를 끼치는 상황이 발생하였을 경우 해당 책임은 운용 환경 내에서 예상되는 위험상황을 검토하지 않고 그에 대한 완화 방안을 마련하지 않은 개발자에게 있다.

제 3 절 사이버보안

301. 일반사항

1. 정보·통신 기술을 기반으로 한 자동화기술의 발전 및 자율운항 기술의 개발에 따라 네트워크상의 사이버위협도가 점점 더 증가되고 있다. 특히 자율운항선박의 경우에는 그러한 위험도는 더 증가된다.
2. 자율운항을 위한 시스템 및 선박은 이러한 사이버위협을 사전에 예방 및 탐지하고 사이버공격에 대응하는 사이버보안 기술이 필수로 요구된다. 따라서 자율운항선박의 선내 시스템은 그 시스템의 가용성, 기밀성 및 무결성을 입증하기 위하여 사이버보안에 대한 인증을 받고 유지하여야 한다.
3. 사이버보안 관련 규정은 **해상 사이버보안 시스템 지침**의 각 해당 요건에 따른다. **해상 사이버보안 시스템 지침**의 규정 이외에 IMO 등 국제 규정에 따른 별도 요건이 있거나 정보기술 및 운영기술의 발전에 따라 우리 선급이 필요하다고 인정되는 경우 추가적인 고려사항 및 요건이 요구될 수 있다.

302. 적용 (2021)

1. 본선과 선외지원시스템 간 통신 네트워크가 구축된 경우 비인가자 공격 및 데이터 접근으로부터 반드시 보호되어야 한다.
2. 본선시스템 설계, 제작, 설치 중 비인가자 공격 및 데이터 접근에 대한 위험을 완화할 수 있는 사이버 보안 통제 시스템이 마련되어 있어야 한다.
3. 시스템 보안 성능은 정상 및 비정상 운용 시나리오를 모두 고려하여야 하며 시스템 보안의 실패가 안전 기능에 미치는 영향을 고려하여야 한다.
4. 적용되는 시스템 보안 절차는 시스템의 설계, 조달, 제작, 설치 및 시운전 중 야기될 수 있는 사이버 보안 관련 위험을 완화하여야 하며 최소한 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - (1) 위험 관리
 - (2) 접근통제
 - (3) 물리적 보안
 - (4) 사고대응 및 복구
 - (5) 외부자 보안
 - (6) 데이터 보안
 - (7) 로그 관리
 - (8) 소프트웨어 개발 및 테스트
 - (9) 시스템 관리
 - (10) 패치 관리
 - (11) 암호화
 - (12) 악성코드 대응
 - (13) 네트워크 관리

제 2 장 자율화시스템 및 자율운항선박

제 1 절 자율화시스템의 구성 및 기능

101. 자율화시스템의 구성

1. 이 지침에서 제시하는 자율화시스템의 구성은 그림 2.1과 같다.

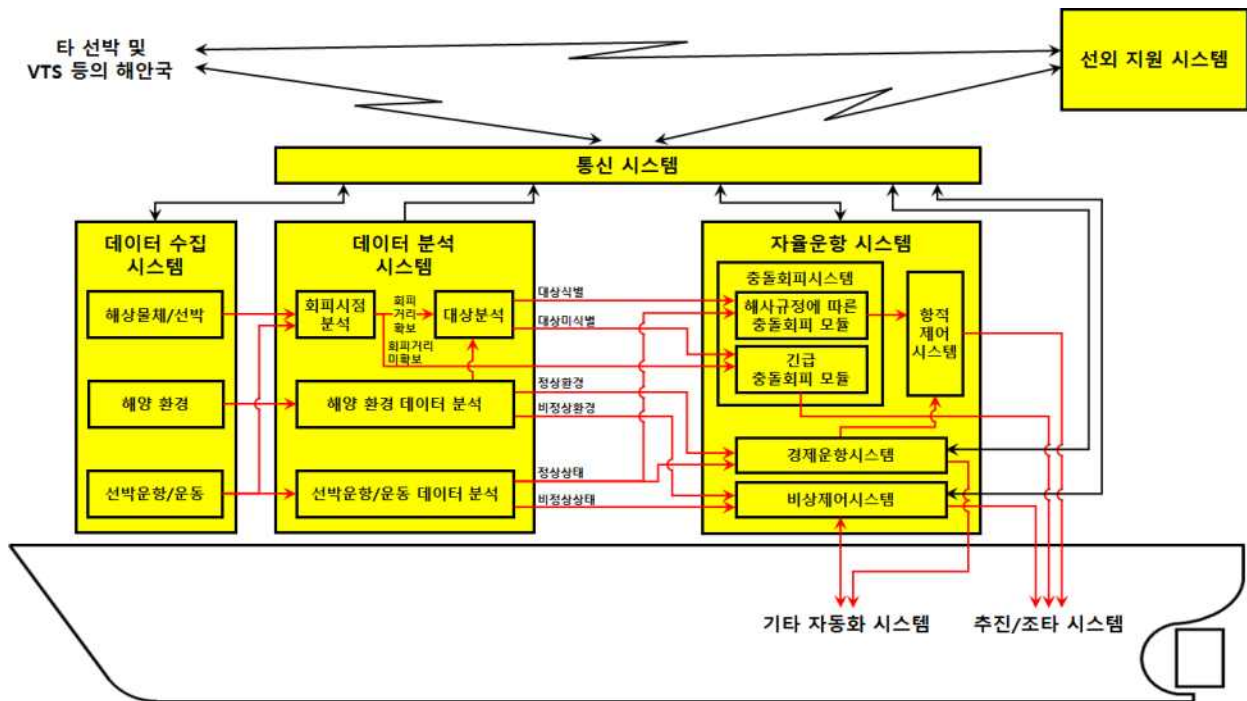


그림 2.1 자율화시스템의 일반적인 구성

102. 자율화시스템의 기능

1. 데이터 수집 및 분석 시스템

- (1) 해상 물체/선박 및 해상 환경과 관련된 선박의 외부상황과 선박 운항/운동과 관련된 내부상황을 인식하기 위한 시스템으로서 다수의 데이터원으로부터 데이터를 수집하고 이를 통합/분석하여 운항 관련 의사결정에 도움을 줄 수 있는 결과를 운전자 또는 자율운항시스템에 제공한다. 본 시스템의 주요 기능은 다음과 같지만 이에 한정되지 않는다. (2021)
 - (가) 해상 물체/선박 감지 센서 모듈을 통해 수집된 외부 상황 데이터를 통합/분석하여 회피시점을 확인하고 해상 물체 또는 선박을 구체적으로 식별한 후, 대상 식별 결과를 자율운항시스템으로 전달하며 대상이 식별되지 않은 경우 운전자에게 경고 알림 및 관련 정보 전달
 - (나) 선박의 위치, 선수방향, 속도, 관성 등 선박의 운항 및 운동 정보를 측정하여 본선의 운항/운동 상태를 분석하고 정리된 정보를 자율운항시스템으로 전달(경제운항시스템을 갖추고 있는 경우 자율운항시스템 및 경제운항시스템에 해당 정보 전달)
 - (다) 해양 환경 감지 센서 모듈을 통해 수집된 해양 환경(기상, 파고 등) 데이터를 통합/분석하고 분석 결과를 경제운항시스템으로 전달
- (2) 데이터 수집 및 분석 시스템의 하위시스템은 다음과 같다.
 - (가) 해상 물체/선박 감지 센서 모듈 (ARPA, Radar, Lidar, Daylight 카메라, 적외선 카메라 등)
 - (나) 해양 환경 감지 센서 모듈 (기상관측 센서, 파고 관측 센서, 음향 측심장치 등)
 - (다) 위치 및 항해 센서 (GNSS, 자이로 컴퍼스 등)
 - (라) 회피시점 분석 모듈
 - (마) 회피대상 식별 모듈

- (바) 해양 환경 데이터 통합/분석 모듈
- (사) 선박 운항/운동 데이터 통합/분석 모듈

2. 자율운항시스템

- (1) 내/외부 상황을 고려하여 경제적인 운항 및 충돌/좌초 방지를 위한 경로계획과 조타계획을 수립하고 수립된 경로 계획 및 조타계획에 따라 선박의 추진장치 및 조타장치 등을 제어하는 시스템으로서 다음과 같은 기능을 수행한다.
 - (가) 데이터 수집 및 분석 시스템을 통해 분석된 결과(회피시점, 회피대상, 본선의 운항/운동 상태)를 바탕으로 해사 규정에 따른 충돌 회피 경로 수립
 - (나) 사전 정의된 항해 계획을 관리하고 필요시 이를 실시간으로 업데이트
 - (다) 교통 조건(경제운항시스템을 갖추고 있는 경우 교통 및 해양 환경 조건)을 고려하여 사전 정의된 항해 계획을 따라 안전하고 효율적으로 운항할 수 있도록 추진/조타 시스템 제어
 - (라) 데이터 분석 시스템에서 회피 대상이 식별되지 않아 운영자에게 경고 알림 및 관련 정보 전달이 이루어진 상황에서 해사 규정에 따른 충돌 회피 한계점에 이르도록 운영자 응답이 없을 경우 본선의 운용 범위 내에서 위험 상황 회피
 - (마) 긴급한 위험상황(근거리 충돌물체 식별 등) 발생 시 본선의 운용 범위 내에서 위험상황 회피
 - (바) 해양 환경과 본선의 운항 및 운동 상태를 고려하여 경제운항을 위한 최적의 경로 수립
 - (사) 운항과 관련된 비정상상태 감지 시 미리 정의된 절차에 따라 선박 제어
- (2) 자율운항시스템의 하위시스템은 다음과 같다.
 - (가) 충돌회피시스템
 - (나) 항적제어시스템
 - (다) 경제운항시스템
 - (라) 비상제어시스템

3. 통신시스템

- (1) 정보 객체들 간의 통신에 관여하는 시스템으로서 다음과 같은 기능을 수행한다.
 - (가) 본선과 다른 선박 간의 데이터 전달 및 공유
 - (나) 본선과 VTS 등 해안국 간의 데이터 전달 및 공유
 - (다) 본선과 선외 지원 시스템 간의 데이터 전달 및 공유
 - (라) 그 외 조난 통신
- (2) 통신시스템의 하위시스템은 다음과 같이 구성될 수 있다.
 - (가) LOS(line of sight) 통신시스템
 - (나) 무선통신시스템 (VHF, UHF)
 - (다) 위성통신시스템
 - (라) 근거리 무선통신시스템 (W-LAN)

4. 선외 지원 시스템

- (1) 자율운항선박의 운항 정보를 모니터링하고 제어하는 시스템으로서 다음과 같은 기능을 수행한다.
 - (가) 항해 계획 수립
 - (나) 자율화시스템 및 운항 정보 모니터링
 - (다) 자율운항선박 직접 제어(필요시)
- (2) 선외 지원 시스템의 하위시스템은 다음과 같다.
 - (가) 임무 통제 컴퓨터
 - (나) 운용 제어반
 - (다) 인터페이스 시스템

103. 자율수준에 따른 시스템 구성

자율운항선박의 자율 수준에 따라 요구되는 자율화시스템은 다음과 같다.

1. 자율수준 1(AL 1)

- (1) 자율수준 정의
 - (가) 데이터 수집 및 분석: 시스템 및 운영자
 - (나) 의사결정: 운영자
 - (다) 실행: 운영자
- (2) 선박 특성: 다수의 데이터원으로부터 데이터를 수집하고 이를 통합/분석하는 시스템을 갖춘 선박
- (3) 시스템 구성
 - (가) 필수적으로 요구되는 시스템: 데이터 수집 및 분석 시스템 (102. 1항 (1)호 (가)부터 (다) 중 하나 이상의 기능을 갖춘 시스템)
 - (나) 운용 특성에 따라 요구될 수 있는 시스템
 - (a) 통신시스템
 - (b) 선외 지원 시스템

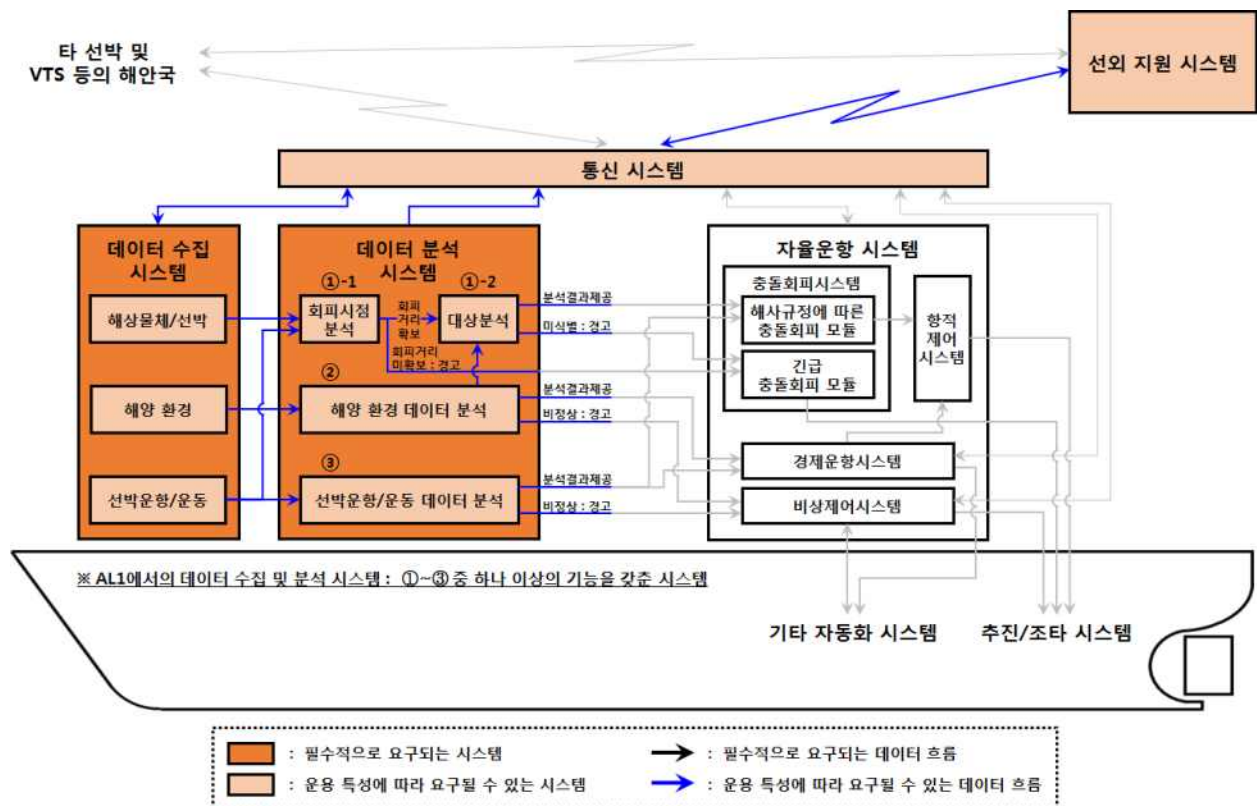


그림 2.2 자율수준 1(AL 1) 선택에 요구되는 자율화시스템

2. 자율수준 2(AL 2)

(1) 자율수준 정의

- (가) 데이터 수집 및 분석: 시스템
- (나) 의사결정: 운영자(시스템 지원)
- (다) 실행: 운영자

(2) 선박 특성: 정상 운용 시나리오 내에서 운항에 대한 의사 결정을 지원하는 시스템을 갖춘 선박

(3) 시스템 구성

- (가) 필수적으로 요구되는 시스템
 - (a) 데이터 수집 및 분석 시스템(자율운항시스템 기능을 지원하는 시스템)
 - (b) 의사결정 지원 시스템 (2021)
- (나) 운용 특성에 따라 요구될 수 있는 시스템
 - (a) 통신시스템
 - (b) 선외 지원 시스템
 - (c) 자율운항시스템 (2021)

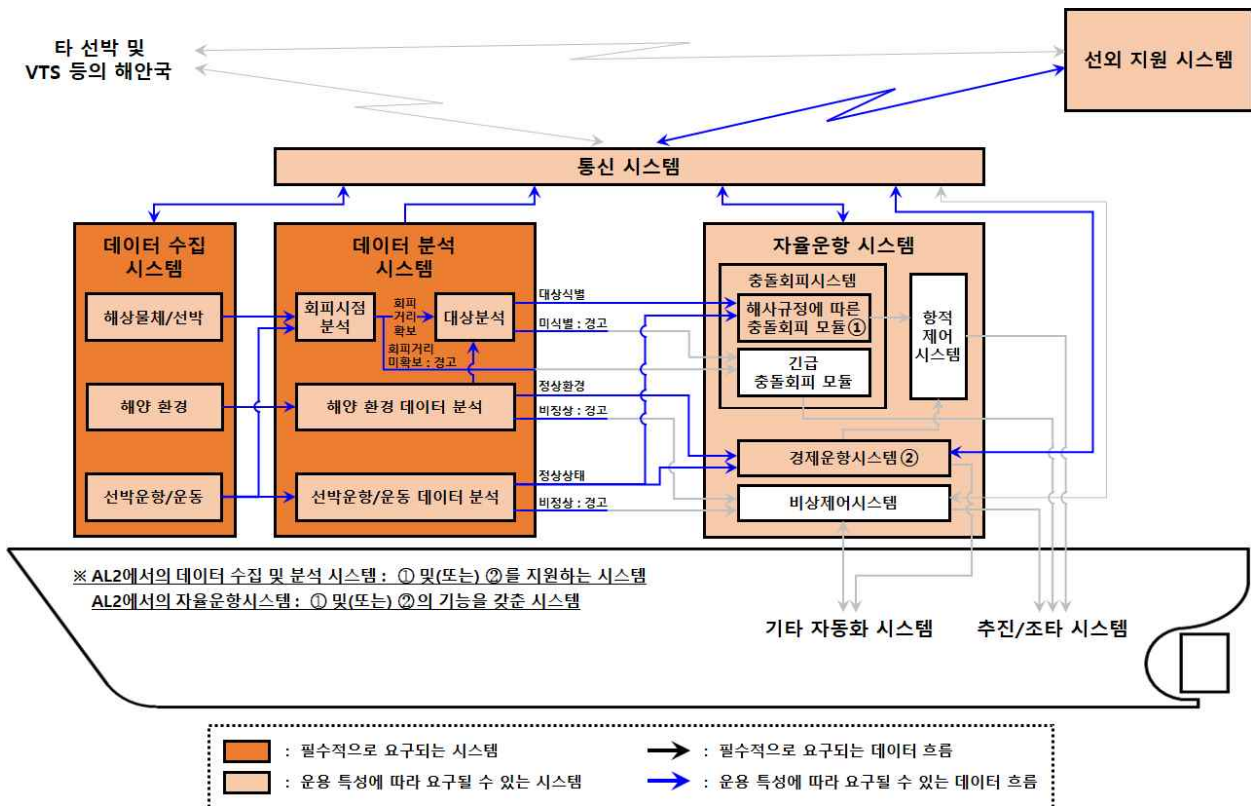


그림 2.3 자율수준 2(AL 2) 선박에 요구되는 자율화시스템

3. 자율수준 3(AL 3)

(1) 자율수준 정의

(가) 데이터 수집 및 분석: 시스템

(나) 의사결정: 시스템(정상 운용 시나리오에 한함 / 운영자 확인이 요구됨)

(다) 실행: 시스템(정상 운용 시나리오에 한함)

(2) 선박 특성: 정상 운용 시나리오 내에서 자율 운항이 가능한 선박 (단, 의사 결정 사항에 대한 운영자 확인이 반드시 요구되며, 운영자 확인이 선행되지 않을 경우 해당 의사 결정 사항 철회)

(3) 시스템 구성

(가) 필수적으로 요구되는 시스템

(a) 데이터 수집 시스템

(i) 해상 물체/선박 감지 센서 모듈

(ii) 위치 및 항해 센서

(b) 데이터 분석 시스템

(i) 회피시점 분석 모듈

(ii) 회피대상 식별 모듈

(iii) 선박 운항/운동 데이터 통합/분석 모듈

(c) 자율운항시스템

(i) 해사 규정에 따른 충돌회피 모듈

(ii) 항적제어시스템

(나) 운용 특성에 따라 요구될 수 있는 시스템

(a) 통신시스템

(b) 선외 지원 시스템

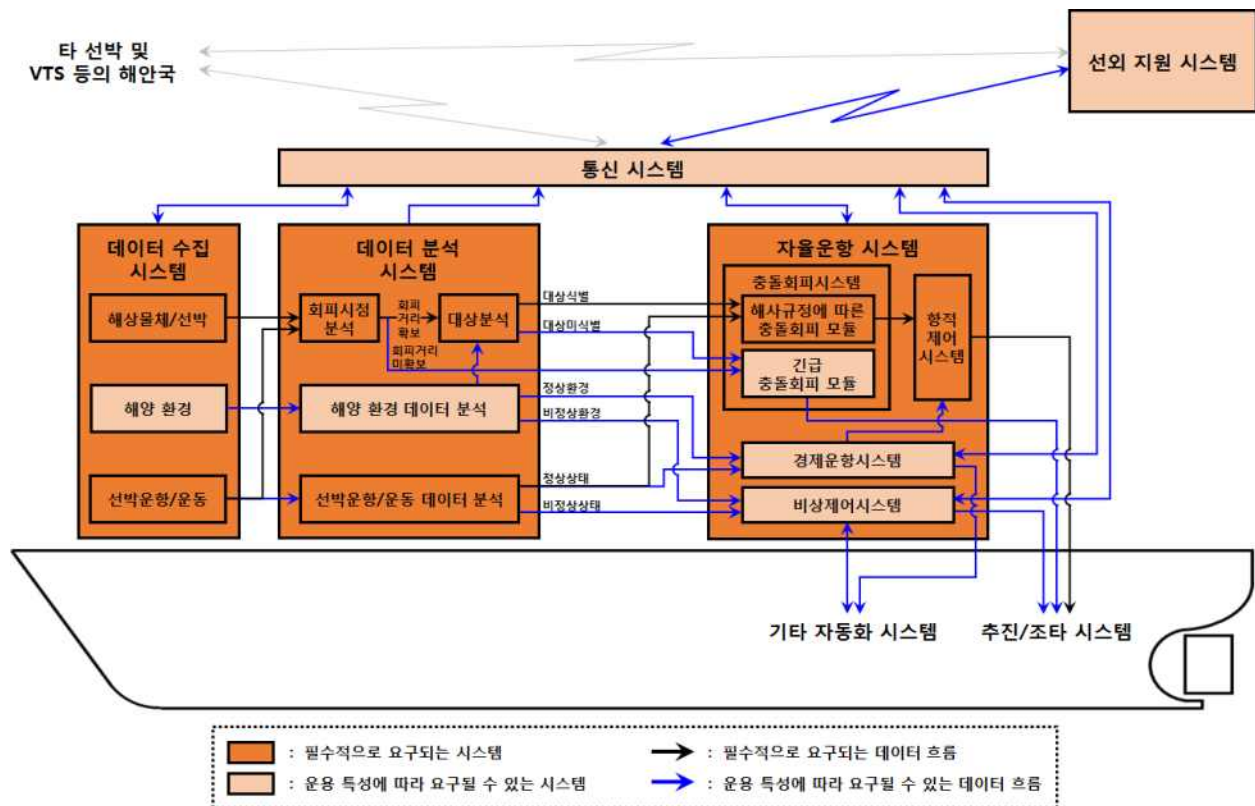


그림 2.4 자율수준 3(AL 3) 선박에 요구되는 자율화시스템

4. 자율수준 4(AL 4)

(1) 자율수준 정의

- (가) 데이터 수집 및 분석: 시스템
- (나) 의사결정: 시스템(운영자 모니터링)
- (다) 실행: 시스템(운영자 모니터링)

(2) 선박 특성: 운영자 모니터링 조건 하에 자율 운항이 가능한 선박 (비정상 운용 시나리오(시스템 고장 등)에 대하여 시스템 차원의 대응(예: 시스템 이중화 등) 가능: 자율 수준 상, 승선 인원은 불필요하나 모든 의사결정 및 실행 정보를 모니터링하고 필요 시 원격 제어를 지원할 수 있는 적절한 통신시스템이 갖추어져 있지 않은 경우 모니터링/제어를 위한 최소 인원이 탑승할 수 있음)

(3) 시스템 구성

(가) 필수적으로 요구되는 시스템

- (a) 데이터 수집 시스템
 - (i) 해상 물체/선박 감지 센서 모듈 (ii) 해양 환경 감지 센서 모듈
 - (iii) 위치 및 항해 센서
- (b) 데이터 분석 시스템
 - (i) 회피시점 분석 모듈 (ii) 회피대상 식별 모듈
 - (iii) 해양 환경 데이터 통합/분석 모듈 (iv) 선박 운항/운동 데이터 통합/분석 모듈
- (c) 자율운항시스템
 - (i) 해사 규정에 따른 충돌회피 모듈 (ii) 긴급 충돌회피 모듈
 - (iii) 항적제어시스템 (iv) 경제운항시스템
 - (v) 비상제어시스템

(나) 운용 특성에 따라 요구될 수 있는 시스템

- (a) 통신시스템
- (b) 선외 지원 시스템

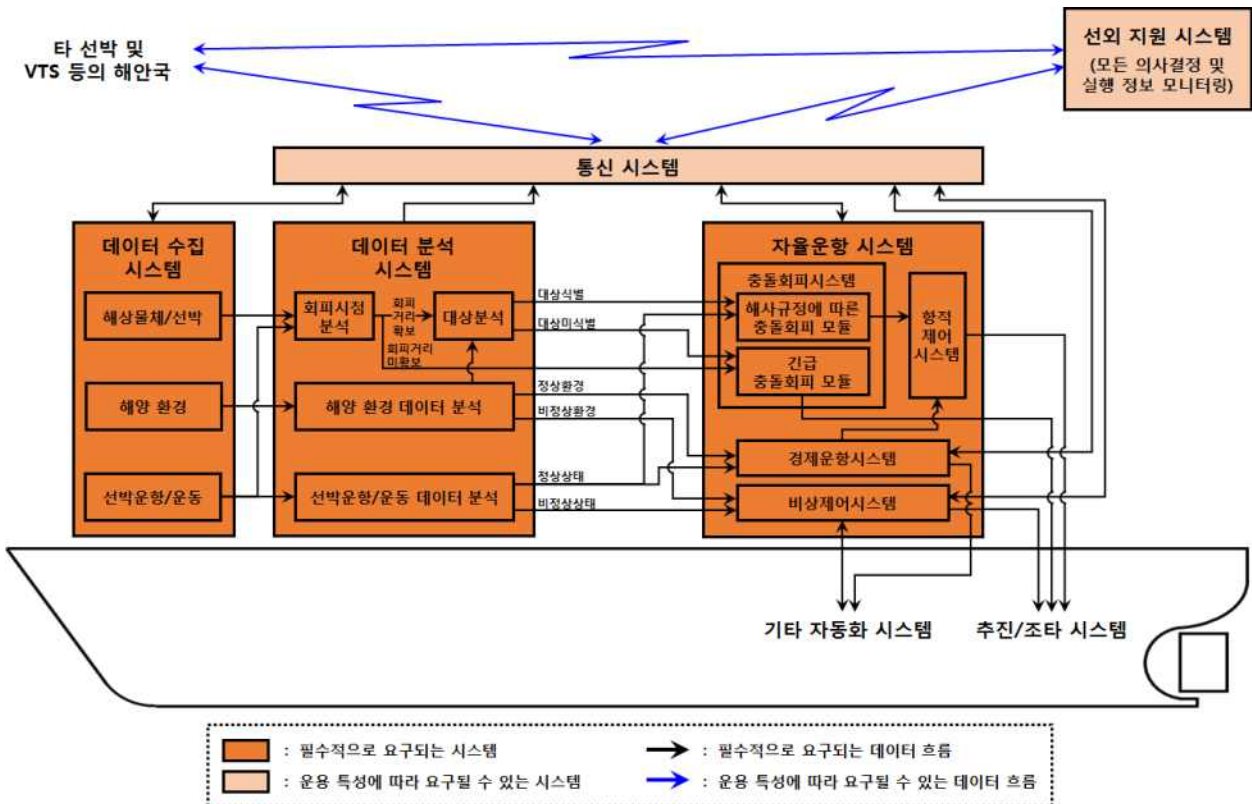


그림 2.5 자율수준 4(AL 4) 선박에 요구되는 자율화시스템

5. 자율수준 5(AL 5)

(1) 자율수준 정의

(가) 데이터 수집 및 분석: 시스템

(나) 의사결정: 시스템

(다) 실행: 시스템

(2) 선박 특성: 무인 자율 운항이 가능한 선박 (선외지원시스템 내 운영자는 비상상황 모니터링)

(3) 시스템 구성

(가) 필수적으로 요구되는 시스템

(a) 데이터 수집 시스템

(i) 해상 물체/선박 감지 센서 모듈

(ii) 해양 환경 감지 센서 모듈

(iii) 위치 및 항해 센서

(b) 데이터 분석 시스템

(i) 회피시점 분석 모듈

(ii) 회피대상 식별 모듈

(iii) 해양 환경 데이터 통합/분석 모듈

(iv) 선박 운항/운동 데이터 통합/분석 모듈

(c) 자율운항시스템

(i) 해사 규정에 따른 충돌회피 모듈

(ii) 긴급 충돌회피 모듈

(iii) 항적제어시스템

(iv) 경제운항시스템

(v) 비상제어시스템

(d) 통신시스템

(e) 선외 지원 시스템

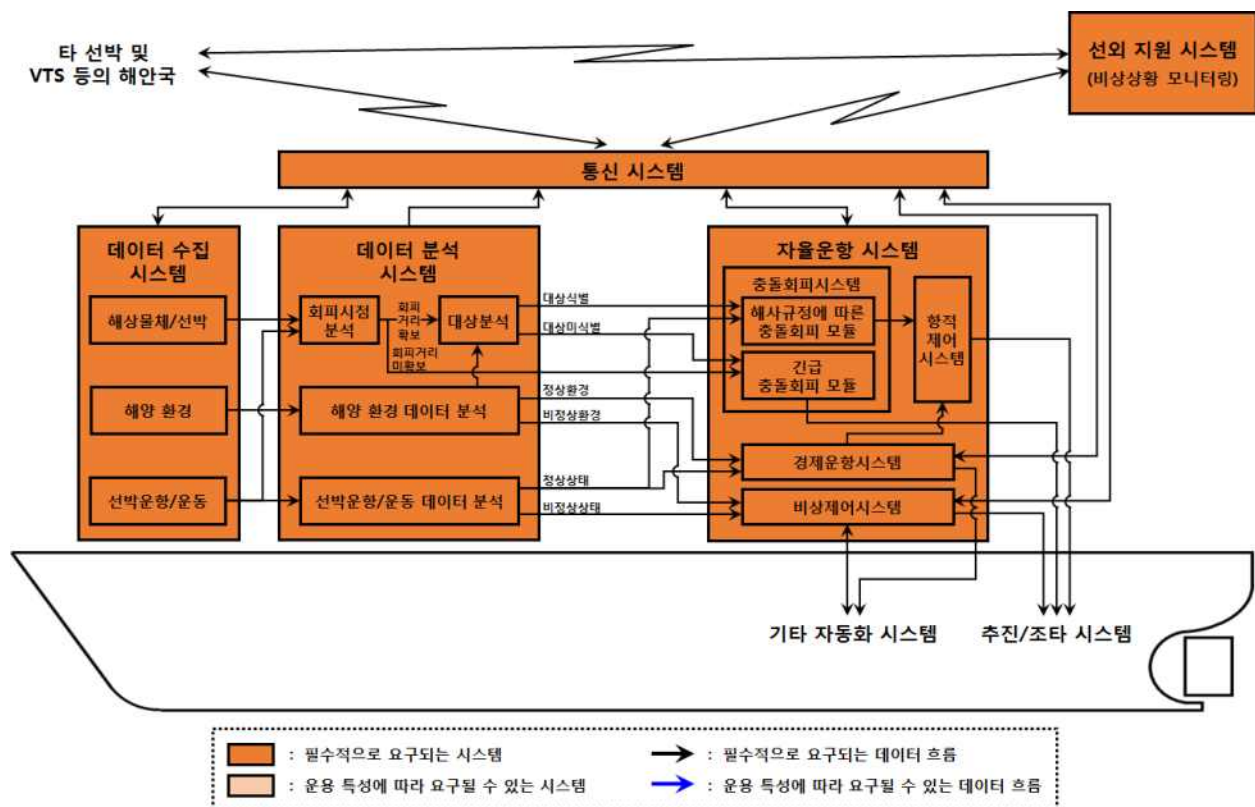


그림 2.6 자율수준 5(AL 5) 선박에 요구되는 자율화시스템

제 2 절 자율화시스템 및 자율운항선박의 요건

201. 자율운항선박의 기본 요건

1. 자율운항선박은 사전에 명시된 안전 운용 범위 내에서 운용되어야 하며, 해당 범위 내에서 시스템 신뢰성 및 안전성이 확보되어야 한다.
 - (1) 자율화시스템은 안전한 운용을 위해 합리적으로 예측할 수 있는 모든 안전상의 위험을 고려하여 설계되어야 한다.
 - (2) 주요 결함 또는 안전 관련 긴급 상황에 대처할 수 있도록 설계되어야 하며, 단일 고장에 대한 영향이 제거되는 방향으로 설계되어야 한다.
2. 자율운항선박 운용 절차와 관련하여 책임 소재를 명확히 하고 적절한 검토와 모니터링이 이루어져야 한다.
 - (1) 운영자에 대한 책임을 명시하고 이를 공식적으로 부여해야 한다.
 - (2) 내부 또는 외부인원에 대하여 자율운항선박의 제어권을 이전할 경우, 사전에 명시된 절차에 따라 관련 책임을 명확히 할당하고 이를 공식적으로 부여하여야 한다.
3. 자율운항선박에는 선박의 내·외부 상황에 대한 데이터를 저장하는 항해자료기록기(VDR)가 설치되어야 한다.
 - (1) 저장 데이터에는 다음의 정보가 포함될 수 있다.
 - (가) 내부 시스템 상태 감시(결함 표시, 하위 시스템 운용 상태 등)
 - (나) 외부 시스템과의 데이터 통신
 - (다) 상황 인식 센서 데이터(레이더, 관측용 카메라 데이터 등)
 - (라) 의사 결정 사항(회피 동작, 속도 변경 등)
 - (마) 수행된 기능(활성화된 시스템, 활성화된 경고 신호 등)
 - (2) 메모리를 절약하기 위해 항해자료기록기(VDR)의 데이터 저장은 오래된 파일을 순차적으로 삭제하면서 최근의 데이터를 저장해나가는 순환식으로 조정될 수 있다. 순환식 저장 방식을 사용할 경우 해당 항해자료기록기(VDR)는 오래된 데이터를 순차적으로 삭제할지라도 운용 후 분석에 문제가 없을 만큼 충분한 시간의 데이터 기록을 저장할 수 있어야 하며, 사고 데이터는 삭제되지 않아야 한다.
4. 사람이 승선 가능한 선박에 대하여는 관련된 모든 코드 및 협약이 준수되어야 한다.
5. IMO 또는 현지 법규에 의해 채택된 국제 협약의 모든 관련 규정을 준수하여야 한다. 필요한 경우 면제 또는 동등한 해결책을 주관청이 명시적으로 승인하여야 한다.

202. 자율화시스템의 기본 요건

각 자율화시스템은 102.에 기술된 기능을 수행하여야 하며, 해당 기능 수행 시 다음의 기본 요건을 만족하여야 한다.

1. 데이터 수집 및 분석 시스템

- (1) 자율운항선박이 안전하게 운항할 수 있도록 충돌 및 환경과 관련된 외부 상황과 선박의 운항 및 운동과 관련된 내부 상황을 적절히 인지하여야 하며, 분석된 결과는 안전하게 처리할 수 있는 시간적 여유를 두고 자율운항시스템 또는 운영자에게 전달되어야 한다.
 - (가) 선박의 상태/상황 인지에 대한 정확성을 떨어뜨릴 수 있는 정보의 과부하를 피하기 위해 센서로부터 수집된 데이터는 적절히 융합/분석되어 운영자에게 제안되어야 한다.
 - (나) 데이터 저장은 수집된 데이터양에 적합해야 한다. 용량 초과 시 불필요하거나 오래된 데이터를 삭제하고 정상상태로 복구하기 위한 절차가 제공되어야 한다.
- (2) 해상 물체/선박 감지 센서 모듈은 장애물을 식별하고 이동 물체 또는 고정 물체를 추적할 수 있어야 한다.
 - (가) 센서 모듈은 자율운항선박의 임무 및 운용 범위 등에 따라 다양한 센서가 복합된 형태로 적용될 수 있으며 선박에 설치된 센서 장치 외에도 기지국 또는 기타 장소에 설치된 다른 센서 장치를 통해 필요한 정보를 얻을 수 있다.
 - (나) 자동식별장치(AIS)로 수집된 정보 활용 시, '사용자 입력 방식에 의한 선박 정보의 불확실성', '전파 전달 범위 및 가시경로 관련 제약 사항', 'AIS 선박 정보의 업데이트 빈도' 등의 운용 한계가 고려되어야 한다.
- (3) 센서는 운용 환경에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.
- (4) 시스템 주도로 실행(Action)이 이루어지는 자율수준3(AL3) 이상의 선박 내 해상 물체/선박 감지 센서는 가시거리 감소와 같은 작동 범위의 모든 한계를 감지 할 수 있어야 한다.
- (5) 선박 운항/운동 데이터는 선박의 운동정보 및 위치정보를 포함하여야 한다.
- (6) 해양 환경 데이터 통합/분석 모듈 및(또는) 선박 운항/운동 데이터 통합/분석 모듈이 있는 경우 해당 운용 한계에 근접하면 운영자에게 경고 알림이 제공되어야 한다. 비상제어시스템을 갖추고 있는 경우 운용 한계 초과 시 사전

정의된 안전절차가 실행될 수 있도록 해당 정보를 자율운항시스템에 전달하여야 한다.

- (가) 시스템이 의사결정 및 실행하는 자율수준4(AL4) 이상의 선박으로서 시스템 고장에 따른 정비 작업을 수행할 선원이 승선하지 않는 경우, 주 기관, 보조 기관 및 축계에서 작동 상태 및 건전성에 대한 정보를 수집하고 분석할 수 있어야 하며 하나 이상의 CCTV 시스템이 시각적 모니터링을 제공하여야 한다. 수집 및 분석된 결과는 선외지원시스템 운영자가 확인하기 적합한 형식으로 전송, 기록 및 문서화되어야 한다.
- (7) 경제운항시스템을 갖추고 있는 선박은 자체 센서로부터 해양환경 데이터를 독립적으로 수집해야 한다. 풍속, 파주기(wave frequencies)와 같은 누적 데이터는 선외 지원 시스템에 제공되어 추후 경제 운항 지원 시 사용될 수 있다.

2. 자율운항시스템

- (1) 자율운항시스템은 선외지원시스템에 내장된 소프트웨어 및/또는 선외지원시스템의 명령에 따라 적절하게 선박 및 장비를 제어해야 한다.
- (2) 운영자는 언제든지 자율운항시스템을 제어할 수 있어야 한다.
- (3) 항해계획은 경유 지점 waypoints, 선회각도 및 안전속도를 고려하여 수립되어야 하며 운영자가 언제든지 정 의하고 갱신할 수 있어야 한다.
- (4) 항적제어시스템을 갖추고 있는 경우 선박이 계획된 항로에서 벗어나게 되면 이를 운영자에게 통보하여야 하고 해당 편차가 정해진 한계를 벗어나게 되면 경보를 보내야 한다. 편차의 허용오차는 운영자에 대한 정보 과부하 위험을 피하기 위해 항해 상황(외해(open sea) 항해 여부, 해상 교통량 등)에 따라 설정되어야 한다.
- (5) 모든 운용 시나리오에 대한 운항 인자(항해 속도 등)는 각 자율화시스템의 운용 범위를 고려하여 설정되어야 한다.
- (6) 항만 내 운항 및 접/이안에 대하여 완전한 자율화가 이루어지지 않는 경우 해당 상황에서 선내 운영자 또는 선외 지원 시스템 내 운영자에게 제어권이 이양될 수 있어야 한다.
- (7) 해사 규정에 따른 충돌회피 모듈이 갖추어진 자율운항시스템에는 본선 주변에 식별된 모든 선박에 대하여 기존 선박들이 준용하고 있는 운항 규정(COLREG 등)과 적절한 선박 조종술에 기반을 둔 자동회피 기술이 적용되어야 한다.
- (8) 황천 시 시스템에 의한 안전한 선박 기동이 어려울 수 있으므로 경제운항시스템 및 항적제어시스템을 갖추고 있는 경우 극한의 환경을 회피하도록 항해계획이 수립되어야 한다.
- (9) 긴급 충돌회피 모듈을 갖추고 있는 선박은 근거리 충돌 상황이 확인된 경우 적절한 회피 기동을 하여야 한다. 해당 회피 기동은 다음의 절차를 따를 수 있다.
 - (가) 감속
 - (나) 장애물의 움직임 예측 및 예상
 - (다) 초기 선박 경로에서 벗어나
- (10) 시스템이 의사결정 및 실행하는 자율수준4(AL4) 이상의 선박에서 충돌 회피에 대한 해결책을 찾을 수 없을 경우, 사전 정의된 안전절차가 실행되어야 한다.
- (11) 경제운항시스템을 갖추고 있는 선박은 다음 기능을 수행할 수 있어야 한다.
 - (가) 선박에 의해 수집된 기상 데이터를 수신된 일기 예보와 비교하여 평가
 - (나) 상기 데이터 조합을 통해 선박의 항해 계획에 따른 현재 및 미래 기상 조건 추정
 - (다) 추정된 기상 조건과 선박의 안정성 및 기동성을 고려하여 경로 최적화 기준에 따라 경로 최적화 수행
- (12) 비상제어시스템을 갖추고 있는 선박은 잠재적으로 선박의 안전을 위협할 수 있는 상황을 신뢰성 있는 방법으로 관리할 수 있어야 한다.
 - (가) 운항에 영향을 미치는 비정상 상태가 식별되면 사전에 정의된 알고리즘을 바탕으로 안전한 상황으로 복구하거나 적어도 피해를 완화하는 수단을 자동으로 활성화 할 수 있어야 한다. 여기서 운항에 영향을 미치는 비정상 상태란 데이터 수집 및 분석 시스템을 통해 분석된 결과(해양 환경, 본선의 운항/운동 상태) 정상운항이 불가능한 환경에 있거나 본선의 운항/운동 상태가 비정상적이라고 판단된 경우 또는 기타 자동화 시스템을 통해 운항에 영향을 미칠 수 있는 심각한 시스템 오류가 감지된 경우를 의미한다.
- (13) 시스템이 의사결정 및 실행하는 자율수준4(AL4) 이상의 선박으로서 시스템 고장에 따른 정비 작업을 수행할 선원이 승선하지 않는 경우, 시스템은 오류에 대한 복원성을 갖도록 설계되어야 한다.
- (14) 시스템이 의사결정 및 실행하는 자율수준4(AL4) 이상의 선박으로서 운영자가 승선하지 않는 경우 선박과 선외 지원시스템 간 연결이 사전 정의된 시간을 초과하여 끊어지면 사전 정의된 안전절차가 실행되어야 한다. 해당 안전 절차는 다음 사항을 포함할 수 있다.
 - (가) 운영자의 수동 제어 시도

- (나) 다음 경우 지점으로 천천히 운항
- (다) 현 위치 유지
- (라) 이전 경우 지점으로 운항

3. 통신시스템

- (1) 통신 회선은 자율운항선박과 자율화시스템을 안전하게 제어할 수 있는 적절한 범위와 대역폭, 신뢰성을 충분히 갖추고 있어야 하며 데이터 품질은 정상 조건 및 예측 가능한 비정상 조건에서 요구되는 자율수준 및 기능에 적합해야 한다.
 - (가) 정상 조건 및 예측 가능한 비정상 조건에서 요구되는 통신 네트워크 용량, 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성 및 보안능력이 고려되어야 한다.
 - (나) 통신 네트워크 성능은 무선 데이터 통신, 개인 데이터 통신 및 활용되는 공용 데이터 통신의 가변성 및 취약성을 고려하여야 한다.
 - (다) 통신 네트워크 구조는 간섭, 성능저하 및 장애에 대하여 충분한 복원성을 제공하여야 한다.
 - (라) 선외지원시스템과 선박 간(또는 다수의 선박 간)의 통신 오류를 방지하기 위해 안전한 데이터 관리 프로토콜을 개발하고 데이터 링크를 적절히 인코딩 및 암호화하여 간섭을 방지하여야 한다.
 - (마) 외부 통신에 대하여 장애가 발생할 경우 중요 데이터를 전송하기 위한 백업 절차가 실행되어야 한다. 장애 발생 시 주 통신 경로와 백업 경로 간 자동 전환이 이루어져야 하며 이에 대한 경고 알림이 운영자에게 제공되어야 한다. 주 경로와 백업 경로로써 각각 독립적인 통신 시스템이 사용되어야 한다.
 - (바) 순환 중복 검사(Cyclic redundancy check) 또는 이와 동등한 수용 가능한 방법을 적용하여 데이터의 전송 완료를 확인하기 위한 전송 제어 수단이 설계되고 제공되어야 한다. 손상된 데이터가 감지되면 허용 가능한 전체 응답 시간을 유지할 수 있도록 재시도 횟수를 제한해야 한다.
- (2) 필수적으로 요구되는 통신 네트워크 성능 요건 및 데이터 품질 요건이 운용계획서 상에 정의되어야 한다.
- (3) 원격 제어 시 선외 운영자는 제어 행위와 실제 선박 반응 간 지연을 야기하는 통신대기 시간을 인지할 수 있어야 한다. 대기 시간은 운용 중 지속적으로 표시되어야 하며 대기 시간이 미리 정의된 한계를 초과할 경우 운영자에게 경고를 주어야 한다.
 - (가) 제어 피드백 루프 사이클이 완전히 처리되기 전에 새로운 명령을 내리는 경우 개체 간 제어 오류가 발생할 수 있으므로 이를 고려하여 통신 프로토콜을 설계하고 운영자에게 제어 루프 피드백 시간에 대한 정보와 적절한 시스템 반응을 감안한 명령 간 최단 인터벌 정보를 제공하여야 한다.
- (4) 선외지원시스템에 주기적으로 제공되는 데이터 유형과 전송 간격 및 양은 제어 모드 변경 시(예: 자율운항 → 원격 제어) 그에 적합하게 변경되어야 한다. 필요한 경우, 항만 등 연안 해역에서 교통량이 많은 상황에서는 육상 기반 통신 네트워크를 사용하여 최대한의 가용성과 최소 대기 시간을 제공할 수 있어야 한다.
- (5) 모든 데이터는 우선순위로 식별되어야 하며 전송 소프트웨어는 데이터의 우선순위를 고려하여 설계되어야 한다.
 - (가) 기동, 제어, 비상 신호 또는 안전 기능을 제공하는 시스템에 대한 경고는 시스템의 모든 작동 모드에서 다른 데이터보다 우선해야 하며 분명히 구별되어야 한다.
- (6) 무선 데이터 통신 링크에 의존하는 필수 서비스를 제공하기 위해 지속적으로 작동해야 하는 기능에는 수용 가능한 시간 내에 조치를 취할 수 있는 대체 수단이 있어야 한다.
- (7) 네트워크는 링크 자체의 장애를 감지하고 링크에 연결된 노드에서 데이터 통신 장애를 감지해야 한다. 통신 장애 감지 시 적절한 경고 알림이 제공되어야 한다.
 - (가) 시스템이 의사결정 및 실행하는 자율수준(AL4) 이상의 선박으로서 운영자가 승선하지 않는 경우 통신 회선에 예상치 못한 치명적 손실 또는 장애가 발생하면, 사전 정의된 안전절차가 실행되어야 한다.
- (8) 통신 회선으로부터 방출되는 전파가 타 시스템에 지장을 주어서는 안 되며 타 시스템으로부터 방출되는 전파 또한 통신 회선의 성능에 지장을 주지 않아야 한다.
- (9) 통신시스템은 권한이 부여된 인원만 접속할 수 있도록 설계되어야 한다.
- (10) 전송 프로토콜은 인정된 국제 표준에 따라야 한다. 위성 통신 공급자는 국제 해사 위성기구(IMSO)에 의해 인정되어야 한다.
- (11) 통신 네트워크 및 시스템은 다음의 국제 표준 요건을 준수해야 한다.
 - (가) IEC 61850-90-4, Network engineering
 - (나) IEC 61162, Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces
 - (다) IMO MSC.252(83), Performance Standards for Integrated Navigation Systems (INS)

4. 선외 지원 시스템

- (1) 자율운항선박의 안전한 운항과 효율적 기능을 위해 선외 운영자에게 데이터 수집 및 분석과 관련된 정보를 제공하여야 한다.
- (2) 시스템이 의사결정 및 실행하는 자율수준4(AL4) 이상의 선박으로서 운영자가 승선하지 않는 경우 다음 사항이 고려되어야 한다.
 - (가) 운용 중 발생 가능한 위험 상황에 대하여 자율운항선박을 통제할 수 있는 기능을 제공하여야 한다.
 - (나) 운영자가 자율운항선박의 임무를 재 프로그래밍하고 언제든지 직접 제어할 수 있어야 한다.
 - (다) 본선 및 자율운항선박 운항에 참여하는 기타 의사 결정 주체(예, VTS, 항만당국, 해운사 등)와의 통신 수단을 제공해야 한다.
 - (라) 무선 통신 또는 영상 신호를 이용하여 타 선박으로부터의 요청에 응할 수 있어야 한다.
- (3) 다수의 운영자 간 제어 혼선을 방지하기 위해 적절한 제어권 양도 절차를 수립하고 원칙적으로 동시에 둘 이상의 제어권이 행사되지 않도록 한다.
- (4) 시스템 고장 시 운영자에게 청각 및 시각적 경보가 제공되어야 하며, 자율/원격 제어 하에서 설비에 대하여 제시되는 경고는 선원 및 선외 운영자에게 요구되는 대응 유형에 따라서 명확하게 구별 가능하고 범주화되어야 한다.
- (5) 운항에 대한 의사결정 권한이 있는 선외 운영자는 지원 대상 선종에 대한 적합한 자격요건을 갖추어야 하며 최소한 선원과 동등한 정보수준에 접근할 수 있어야 한다.
- (6) 제어시스템은 인적 요소를 반영하여 설계되어야 한다. 통제 장치는 쉽게 식별할 수 있어야 하며, 그 기능, 조작 방법 및 중요도를 반영하여 논리적인 방식으로 배열되어야 한다. 선외 지원 시스템 설계 시 다음사항이 고려되어야 한다.
 - (가) 운영자가 안전하게 제어할 수 있는 적절한 수의 자율운항선박
 - (나) 자율운항선박과의 제어 연결을 유지하고 제어 연결이 끊어지거나 손상된 경우 안전한 운용을 유지하면서 이를 적절히 통보하는 기능
 - (다) 통신 손실 및 복구 기능
 - (라) 데이터 로그 기능
 - (마) 로그인 및 비밀번호 인증, 기계 또는 소프트웨어 업그레이드 기능
 - (바) 제 3자가 자율운항선박을 무단 사용하는 것을 방지하는 자동안전장치 기능

203. 기타 요건

1. 자율화시스템은 자격과 경험을 갖춘 적절한 수의 직원에 의해 안전하게 운용되어야 한다.
 - (1) 자율운항선박을 배치, 운용, 회수하거나 예측 가능한 위급 상황에서 관련 지식과 경험을 바탕으로 충분히 대처할 수 있도록 운용 팀의 구성과 규모가 정해져야 한다.
 - (2) 안전과 기술적 문제를 포함한 전 운용 시나리오에 대하여 요구되는 교육훈련 이수 여부와 적합한 수준의 자격, 숙련도, 경험 및 건강 상태가 확인되어야 한다.
 - (3) 시스템 운영자는 동급의 통제 선박에 대하여 충분한 운항 또는 서비스 경험을 보유하고 있어야 한다.
 - (4) 팀 인원 간 직/간접적인 통신 수단이 고려되어야 한다.
 - (5) 대상 자율운항선박 제어 및 운용, 유지관리를 위한 지침이 운영자에게 제공되어야 한다.
2. 자율운항선박 유지보수 시 구조 및 설치 장비/시스템에 안전하게 접근할 수 있도록 구조적 배치가 이루어져야 한다.
3. 시스템이 의사결정 및 실행하는 자율수준4(AL4) 이상의 선박으로서 시스템 고장에 따른 정비 작업을 수행할 선원이 승선하지 않는 경우, 예방적 유지관리 체계가 도입되어야 한다.
 - (1) 기계의 상태 평가 결과에 따라 시스템이 고장방지를 위한 시정 조치를 시행할 수 있어야 한다.
 - (2) 사전 주문 가능한 예비 부품 소요를 시스템이 파악하고 해당 정보를 선외 운영자에게 전달할 수 있어야 한다.

제 3 절 자율운항선박 승인 절차

301. 일반사항 (2021)

1. 자율운항선박의 일반적인 승인 절차는 그림 2.8과 같다.

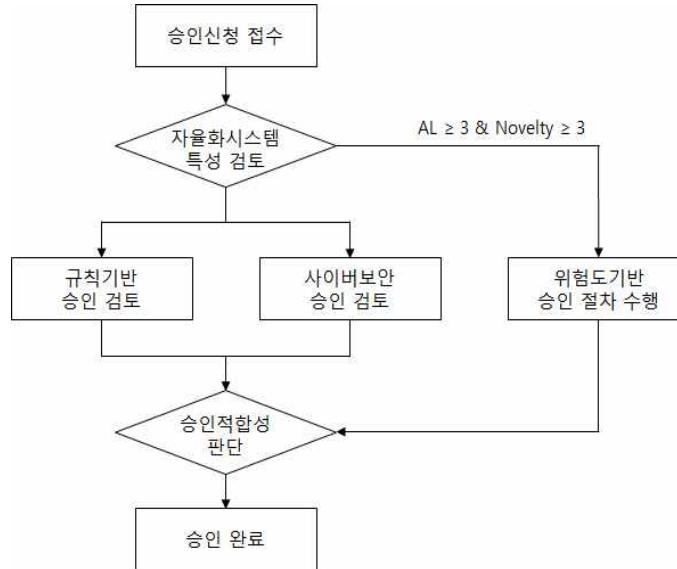


그림 2.8 자율운항선박의 일반적인 승인 절차

2. 선내 운영자에 의해 의사결정 및 실행을 수행하는 자율수준 AL1 또는 AL2 선박의 경우에는 기존의 선급승인 절차에 따른다.
3. 의사결정 및 실행이 시스템에 의해 수행되는 자율수준 AL3 이상의 선박과 같이 선급기술규칙 적용이 어려운 신개념 설계에 대해서는 위험도기반 선박설계 승인지침에 따른다.

4. 일반적인 승인 절차

(1) 자율화시스템 특성 검토

- (가) 대상 선박에 탑재되는 자율화시스템의 설계 자료는 승인용으로 제출되어야 한다.
- (나) 제출된 설계 자료를 바탕으로 대상 선박의 자율화시스템을 구체적으로 식별한다.
- (다) 자율화시스템에 해당하는 신청된 자율수준(AL)의 적정성을 검토한다.
- (라) 자율수준 AL3 이상의 경우, 식별된 자율화시스템에 해당하는 위험도기반 선박설계 승인지침 표3.1의 혁신성(Novelty) 수준을 식별한다.

(2) 자율화시스템 적용 규칙 식별

대상 선박의 자율화시스템에 적용 가능한 규칙을 식별한다.

(3) 자율화시스템 승인 검토 수행

- (가) 식별된 규칙에 따라 대상 선박 자율화시스템에 대한 승인 적합성을 검토한다.
- (나) 대상 선박 자율화시스템에 대한 사이버보안 승인을 검토한다.
- (다) 자율수준 AL3 이상이고 혁신성 수준이 3 이상인 경우, 대상 선박의 자율화시스템에 대하여 위험도 기반 승인 절차를 수행한다.

(4) 자율화시스템 승인 결정

각 분야별 승인 검토 결과, 적합하다고 판단되는 경우 자율화시스템의 승인을 완료한다. 부적합하다고 판단되는 경우 승인을 거부하고 설계 보안을 요청한다.

302. 관련 시험

자율화 시스템 및 자율운항선박에 대하여 요구되는 시험은 대상 선박에 대한 안전관리절차서에 따른다. 일반적으로 아래와 같은 시험이 요구될 수 있으며, 시험 결과의 일관성을 검증하기 위해 반복 시험이 요구될 수 있다.

1. **소프트웨어 시험** 자율화시스템을 구성하는 소프트웨어는 우리선급이 인정하는 기준에 따라 승인을 득하여야 하며 해당 시험 절차와 유지관리 절차는 기본설계 및 상세설계에 대한 위험도 평가 시 검토되어 대상 선박에 대한 검사요건 및 안전관리절차서에 포함되어야 한다.
 - (1) 소프트웨어 제조자가 정의하고 승인작업반에서 합의한 절차에 따라 소프트웨어 개발 작업이 수행되었음이 확인되어야 한다.
 - (2) 응용 소프트웨어의 소프트웨어 모듈은 개별적으로 시험되어야하고 이후 통합 시험을 수행하여야 한다.
2. **자율화시스템의 완성 시험** 여러 기기로 구성되는 자율화시스템은 구성 완료 후 통합 시험을 수행하여 작동의 유효성을 확인하여야 한다. 예를 들어, 여러 가지 센서로 통합 구성되는 데이터 수집 및 분석 시스템의 경우 각 센서에 대한 개별시험 뿐 아니라 통합 시스템에 대한 완성시험을 수행함으로써 전체 시스템이 적합하게 작동하는지 확인하여야 한다.
 - (1) 시스템, 장비 및 구성품 통합에 대한 역할과 책임, 통합 절차, 검증 수행 시점이 안전관리절차서에 정의되어야 한다.
3. **선내 시험** 선내 설치 후 가능한 한 실제에 가까운 상태로 유효하게 작동하는 것을 확인하여야 하며, 시스템 고장 또는 위험 상황 발생 시 미리 정의된 안전 시스템이 유효하게 작동하는지 확인하여야 한다.
4. **자율화시스템 상호 연동 시험** 선내 설치된 자율화시스템 간 상호 연동 시험을 통해 시스템 간 데이터 전달과 기능 수행에 오류가 없는지 확인하여야 한다. 이 시험은 해상 시운전에 포함될 수 있다.
5. **해상 시운전** 해상 시운전을 통해 해당 자율운항선박에 대하여 운용계획서에 제시된 운용 범위와 위험 상황에서 시스템이 유효하게 작동하는지 확인하여야 한다. ⚓

제 3 장 위험도기반 승인

제 1 절 일반사항

101. 위험도기반 승인의 개요

1. 경험적 지식을 주 기반으로 하는 규범적 규정은 전례가 없는 신개념 설계에 적용하기 어렵고, 때로는 실행 가능한 혁신적인 신개념 설계를 제한할 수 있다.
2. 신개념 설계는 예측가능하고 신뢰할 수 있는 자료제출 및 승인의 절차에 따라 진행되어야 하고, 그 방법으로써 최신의 위험도 평가기법을 사용하여야 한다. 위험도기반 설계를 검토하고 승인하는 것을 위험도기반 승인이라 한다.
3. 규범적 규정은 특정 구성요소, 특정 시스템 또는 선박 전체의 기능에 대하여 각각의 요건들을 규정하고 있다. 위험도기반 설계는 이러한 요건의 전부나 일부를 벗어날 수 있고 그 벗어나는 정도에 따라서 위험도기반 승인의 수준은 달라질 수 있다.
4. 위험도기반 설계의 승인방법 중 하나는 위험도기반 설계의 안전성을 기존 설계의 안전성과 비교하여 동등하다는 것을 증명하는 것이다. 이를 위해서는 먼저 필수적인 선박 기능에 대하여 기능적 요구조건 및 성능기준을 작성하여야 하고 위험도기반 설계는 이를 만족하여야 한다. 위험도기반 승인의 다른 방법은 위험도기반 설계에 대하여 위험도 해석을 수행하고 그 결과를 전반적인 위험도 평가기준과 비교하는 것이다.
5. 위험도기반 승인절차에서는 제출된 설계내용을 바탕으로 위험도 관점에서 승인기준이 정의되고 이에 따라 설계 분석 및 결과 검토가 이루어져야 한다. 따라서 위험도기반 승인절차에서는 대상 설계의 내용이 변경될 때마다 승인기준을 새롭게 정의하여야 한다.
6. 위험도기반 승인의 관련 규정은 **위험도기반 선박설계 승인지침**의 각 해당 요건에 따른다.

102. 적용

1. 위험도기반 선박설계 승인지침의 적용을 받는 선박의 설계는 다음과 같다.
 - (1) 기존의 규정이 직접적으로 적용되지 않는 신개념 및 검증되지 않은 기술을 적용하고자 하는 선박 및 선박시스템의 설계
 - (2) 기존의 규정과 동등 또는 그 이상의 새로운 대안을 적용하고자 하는 설계
2. 위험도기반 선박설계 승인지침에서 규정하는 위험도기반 접근법과 위험도기반 승인절차는 선박설계에 관련되는 모든 분야에 적용가능하며 특정한 기술적, 규정적 분야에 국한되지 않는다.
3. 위험도기반 승인절차는 설계부터 건조, 운항, 폐선에 이르는 전 생애주기에서 발생 가능한 위험도를 고려하여야 한다.
4. 위험도기반 선박설계 승인지침의 적용에 있어서 위험도를 낮추기 위하여 필요한 설계상의 조치를 운전 및 절차상의 조치로 대신하여서는 아니 되며 설계상의 조치가 운전 및 절차상의 조치보다 우선되어야 한다.
5. 위험도기반 선박설계 승인지침의 성공적인 적용을 위하여 모든 관련 당사자는 설계의 착수부터 최종승인까지 지속적으로 상호 의견을 교환하여야 한다.

제 2 절 위험도기반 설계 승인 시 고려사항

201. 일반사항 (2020)

선박 내부 시스템의 고장 및 손상, 외부의 갑작스런 환경 변화나 자연 재해 등으로 인한 자율운항선박의 비상 상황과 관련된 위험은 아래와 같다.

- (1) 화물의 이동/액화/방출 등
- (2) 화재 및 폭발
- (3) 침수/침몰
- (4) 충돌
- (5) 정전
- (6) 악천후
- (7) 나쁜 시정
- (8) 복잡한 해상 환경
- (9) 대상 미식별
- (10) 해양 오염
- (11) 위험물 유출

202. 위험도기반 설계 승인 시 고려사항 (2020)

위험도 평가는 비정상적인(undesirable) 사건이나 사고에 잠재적으로 기인할 수 있는 가능한 모든 위험 요인을 다루어야 한다. 자율운항선박의 기능적인 측면을 고려한 일반적인 위험 요인이 다음과 같이 제시될 수 있다.

1. 보안

보안과 관련된 사이버 공격 또는 외부로부터의 물리적인 침입에 대한 위험은 아래와 같다.

- (1) 사이버 공격
 - (가) 악성코드를 포함한 허가되지 않은 소프트웨어 설치
 - (나) 데이터 또는 소프트웨어 무단 수정
- (2) 물리적인 침입
 - (가) 선외로부터의 무단 침입
 - (나) 선내 시스템에 접근하는 승객

2. 통신

자율운항선박의 시스템과 선외지원시스템, GPS 또는 인공위성 등과 더불어 자율운항선박과 다른 자율운항선박 또는 일반 선박 간의 통신과 관련된 위험은 아래와 같다.

- (1) 선외지원시스템과의 연결 실패
- (2) GPS, 인공위성 등과의 연결 실패
- (3) 선박 간의 연결 실패
- (4) 통신 품질 저하
- (5) 데이터
 - (가) 무선 통신 데이터 손실
 - (나) 데이터 전송 주기
 - (다) 통신 정보 오류

3. 선체 구조 안전성

부유체로서의 선체 구조 안전성과 관련된 위험은 아래와 같다.

- (1) 배수
 - (가) 해치커버를 통한 배수 유입
 - (나) 빌지웰의 쓰레기로 인한 수위계 작동 불량
 - (다) 빌지경보에 대한 선원 부주의
 - (라) 화물창 쓰레기로 인한 빌지웰 막힘
 - (마) 선박범용펌프 또는 빌지펌프 고장
 - (바) 빌지웰 흡입밸브 고장
 - (사) 경보 및 감시시스템(AMS) 고장

(2) 무게배분

- (가) 선원 부주의 또는 실수
- (나) 연료유 수위 측정 시스템 고장
- (다) 적하지침기기 고장
- (라) 평형수 시스템 고장

4. 화물

자율운항선박의 화물과 관련된 위험은 아래와 같다.

(1) 화물 저장

- (가) 냉동컨테이너용 전원 공급 실패(변압기 고장, 전원 소켓과 플러그 분리, 전원 소켓과 플러그 파손)
- (나) 냉동컨테이너 제어기 또는 냉동기 고장

(2) 화물 안전

- (가) 가연성/폭발성 화물의 누출
- (나) 독성 화물의 누출
- (다) 화물창 침수

5. 시스템

자율운항선박의 시스템과 관련된 위험은 아래와 같다.

(1) 추진시스템

- (가) 추진력 생성 및 제어
 - (a) BMS 고장
 - (b) ECS 고장
 - (c) ECU 고장
 - (d) 엔진 내부상태 계측 센서 고장
 - (e) 엔진 내부 부품 고장
 - (f) 엔진 과도 진동
 - (g) 기관실 내 화재 발생

(나) 추진력 전달

- (a) 추진축 파손
- (b) 추진축 베어링 파손
- (c) 스톤튜브 실링 파손

(다) 추진용 보기

- (a) 연료유 공급시스템 고장
- (b) 엔진 냉각시스템 고장
- (c) 엔진 윤활시스템 고장
- (d) 공기 공급시스템 고장
- (e) 보일러 고장
- (f) 과급기 고장
- (g) 스크러버 또는 SCR 고장
- (h) 기관실 내 화재 발생

(2) 조타시스템

(가) 조타력 생성

- (a) 타 손상 또는 변형

(나) 조타각 조절

- (a) 조타용 유압시스템 유압펌프 고장
- (b) 솔레노이드 밸브 조장에 의한 유압 잠금(밸브조절형 조타 유압시스템의 경우)
- (c) 토크전동기 고장에 의한 유압 잠금(토크전동기형 조타 유압시스템의 경우)
- (d) 유압오일 누출
- (e) 조타 제어 시스템 고장
- (f) 조타 제어 시스템 관련 케이블 손상
- (g) 오토파일럿 내부 HCS 모듈 고장

- (h) 조타 제어 시스템 및 유압펌프 등으로의 전력 공급 이상
- (다) 조타각 감시
 - (a) Repeat back unit 고장
 - (b) 조타각 표시장치 고장
- (3) 전력시스템
 - (가) 발전
 - (a) 발전기 고장
 - (b) 발전기 제어기 고장
 - (c) ICMS 고장 (전원공급 실패)
 - (d) 발전기 회전수 측정센서 고장
 - (나) 배전
 - (a) 주배전반 사고(단락, 누전 등)
 - (b) 주배전반 부품 고장
 - (c) 주배전반 누수
 - (d) 분전반 고장
 - (e) 전력관리시스템(PMS) 고장
 - (f) 케이블 피복 손상
 - (다) 전력저장
 - (a) 배터리 성능 저하
 - (b) 배터리관리시스템(BMS) 고장
 - (c) 배터리 과충전
 - (d) ICMS의 UPS 시스템 고장
- (4) 자율운항시스템
 - (가) IT시스템의 고장
 - (나) 센서 고장
 - (다) 액추에이터 고장
 - (라) 시스템 네트워크 고장
 - (마) 시스템 업데이트 실패
 - (바) 운영자와 시스템간의 인터페이스
 - (a) 운영자 실수
 - (사) 시스템 통합
 - (a) 하위시스템 및 구성품 간의 인터페이스
 - (b) 데이터 또는 소프트웨어 무단 수정
 - (아) 제어 혼선
 - (a) 예상치 못한 원격 작동 활성화
 - (자) 전자파 간섭
 - (차) 위험 장비
 - (카) 정비

6. 선외지원시스템

선외지원시스템과 관련된 위험은 아래와 같다.

- (1) 원격 제어/보수시 사람의 실수
- (2) 육상 직원의 자격 및 교육
- (3) 화재
- (4) 외부로부터의 침입
- (5) 사이버 공격

제 3 절 위험 저감을 위한 대책

301. 위험 저감을 위한 대책 (2020)

자율운항선박의 위험 요인을 완화하거나 저감시킬 수 있는 대책이 다음과 같이 제시될 수 있다.

1. 보안

해상 사이버보안 시스템 지침의 해당 요건에 만족하여야 한다.

2. 통신

- (1) 통신 링크(communication link)에 대한 이중화 또는 이와 동등한 수단이 고려되어야 한다.
- (2) 시스템은 GPS, 인공위성 등과 선박 간 통신 오류를 탐지할 수 있는 장비를 갖추어야 한다. 통신 에러가 탐지된 경우, 선박은 사전 정의된 알고리즘에 따라 적절한 조치를 취할 수 있어야 한다.
- (3) 선외지원시스템의 운영자가 적절히 무선 채널(radio channel)을 감시하면서 자율운항선박에 대한 타 선박 교신에 적절히 응답할 수 있어야 한다.
- (4) 데이터 관리 프로토콜에 대한 기준이 제공되어야 한다.

3. 선체 구조 안전성

- (1) 해치 커버가 설치되는 경우 높이 신뢰할 만한 풍우밀 성능을 가지는 해치 커버가 설치되어야 한다.
- (2) 빌지웰에 부유식 타입이 아닌 신뢰성 높은 수위 계측 장치가 설치되어야 한다.
- (3) 화물창 바닥에 빌지웰이 설치되는 경우 화물창의 여러곳에 빌지웰이 설치되어야 한다.
- (4) 화물창이 침수되는 경우를 고려한 안전 항해 지침이 제공되어야 한다.
- (5) 빌지와 관련되는 알람 및 흡입밸브 상태 등에 대한 정보가 실시간으로 저장되고 육상으로 전송되어야 한다.
- (6) 밸러스트수처리장치가 자동으로 운용될 수 있어야 한다.
- (7) 항해중에 연료유 소모에 따른 평형수 조정이 가능하도록 적하계산기가 설치되어야 한다.
- (8) 연료유 소모에 따른 선박 복원성 및 모멘트 변화 자동평가시스템이 제공되어야 하며 평가 데이터는 실시간으로 저장되고 육상으로 송신이 가능하여야 한다.
- (9) 실시간 선체 구조 안정성 감시를 위해 HMS(Hull Monitoring System) 및 FMS(Fatigue Monitoring System)가 설치되어야 한다.
- (10) HMS 및 FMS에 신뢰성이 높은 센서가 설치되어야 한다.
- (11) 선체 구조안정성 평가시스템은 HMS 및 FMS 측정 데이터를 기반으로 하여야 한다.
- (12) 선체 구조안정성 평가 결과 및 현재 운항정보를 기반으로 선박의 방향 및 속도가 결정되고 실행 명령을 발신하는 자율항해시스템이 설치되어야 한다.
- (13) HMS 및 FMS 측정 데이터가 실시간으로 저장 및 육상으로 송신이 가능하여야 한다.
- (14) 안정적이고 끊임없는 무선 데이터 통신이 확보되어야 한다.
- (15) 데이터 송수신 관련하여 사이버보안이 확보되어야 한다.

4. 화물

- (1) 화물의 온도 제어가 요구되는 경우 신뢰성 높은 원격 온도제어시스템 및 전원공급시스템이 설치되어야 한다.
- (2) 화물의 상태를 자동으로 평가할 수 있는 시스템이 설치되어야 한다.
- (3) 화물의 상태 정보를 실시간으로 저장하고 육상으로 송신이 가능하여야 한다.
- (4) 유독성 화물이 적재된 화물창 진입 관련 안전매뉴얼이 제공되어야 한다.
- (5) 갑판상에 열화상 인식이 가능한 CCTV가 설치되어야 한다.
- (6) 화물창 내부에 설치되어 있는 장비(예, 통풍팬, 고정식 소화장치, 화재감지경보기, CCTV, 빌지시스템 등)는 선박 외부에서 원격으로 제어가 가능하여야 한다.
- (7) 화물창 감시 데이터(예 : CCTV, 화재/연기 감지, 화물창 통풍팬 작동신호, 갑판 상태 등)는 실시간으로 저장되고 육상으로 송신이 가능하여야 한다.
- (8) 화재 및 폭발 사고에 대한 자동 평가 및 대응 시스템이 제공되어야 한다.
- (9) 안정적이고 끊임없는 무선 데이터 통신이 확보되어야 한다.
- (10) 데이터 송수신 관련하여 사이버보안이 확보되어야 한다.

5. 시스템

- (1) 추진 및 보조 시스템
 - (가) 추진 및 보조시스템에 관련되는 장비가 이중화되거나 이와 동등한 수단이 고려되어야 한다.
 - (나) 독립적으로 측정된 2개의 개별 데이터를 사용하여 주기관의 성능이 비교 평가되어야 한다.

- (다) 육상에서 원격으로 추진 및 보조시스템을 비상정지할 수 있는 기능이 적용되어야 한다.
 - (라) 주기관 및 보조시스템의 상태를 자동으로 진단하고 자가 복구 및 비상 대응이 가능하여야 한다.
 - (마) 주기관 및 보조시스템의 운용 관련 계측 데이터가 실시간으로 저장되고 육상으로 송신이 가능하여야 한다.
 - (바) 입항시마다 주기관에 대해 자세한 검사가 실시되어야 한다.
 - (사) 기관실에 대한 상시 감시, 정교한 안전성 평가 및 비상대응이 가능하여야 한다.
 - (아) 기관실의 무인화를 고려하여 기관실 배치 설계 및 소화시스템이 개발되어야 한다.
 - (자) 전기추진시스템의 적용이 고려될 수 있다.
 - (차) 안정적이고 끊임없는 무선 데이터 통신이 확보되어야 한다.
 - (카) 데이터 송수신 관련하여 사이버보안이 확보되어야 한다.
- (2) 조타시스템
- (가) 조타제어시스템 고장 또는 고장 알람 발생시에 선박의 타가 중립 위치로 자동 복귀할 수 있는 기능이 제공되어야 한다.
 - (나) 조타시스템의 운용 데이터(예, 타각, 운용 신호, 타각 편차값 등) 및 상태 데이터가 저장되고 육상으로 전송이 가능하여야 한다.
 - (다) 타, 오토파일럿 및 ECDIS가 이중화되거나 이와 동등한 수단이 고려되어야 한다.
 - (라) 조타 제어시스템 및 유압시스템에 시스템에 대한 고장 탐지, 자체 진단 및 자동 복구 기능이 제공되어야 한다.
 - (마) 조타시스템에 자동 충돌 회피 시스템이 탑재되어야 한다.
 - (바) 조타실 내부에 조타각을 육안으로 확인할 수 있는 CCTV가 설치되어야 한다.
 - (사) 조타각 전송기(steering angle transmitter)는 고장 시 수리 또는 교체가 용이하도록 설치되어야 한다.
 - (아) 조타각 전송기가 이중화되어야 한다.
 - (자) 조타각에 대한 적합성 평가 기능이 적용되어야 한다.
 - (차) 안정적이고 끊임없는 무선 데이터 통신이 확보되어야 한다.
 - (카) 데이터 송수신 관련하여 사이버보안이 확보되어야 한다.
- (3) 전력시스템
- (가) 전력관리시스템에 대한 이중화 또는 이와 동등한 수단이 고려되어야 한다.
 - (나) 비상발전기로 선박이 최소한 추진이 가능하도록 설계가 고려되어야 한다.
 - (다) 기관실 무인화를 고려하여 새로운 케이블 배치 설계가 고려되어야 한다.
 - (라) 발전기 및 발전기 제어에 대한 운용 기록 데이터가 실시간으로 저장되고 육상으로 전송이 가능하여야 한다.
 - (마) 전력관리시스템에 대한 운용 기록 데이터가 실시간으로 저장되고 육상으로 전송이 가능하여야 한다.
 - (바) 주기관 시동시 배터리(또는 연료전지) 전력을 사용하는 것에 대해 고려되어야 한다.
 - (사) 전기추진시스템이 적용되는 경우 적절한 전력관리시스템 및 대용량 에너지 저장 시스템의 설계가 고려되어야 한다.
 - (아) 전기추진시스템의 화재 및 폭발 위험도가 검토되어야 한다.
 - (자) 전자기파 차폐 기능을 가지는 고신뢰성의 케이블이 사용되어야 한다.
 - (차) 주요 케이블의 관통부에 대한 성능을 강화하고 관통부 개수를 최소화할 수 있는 새로운 케이블 배치 설계가 고려되어야 한다.
 - (카) 버스바(Bus bar)에 트렁킹시스템(Trunking system)의 적용이 검토되어야 한다.
 - (타) 배전 운용 데이터 및 주요 배전 장비(MSBD, 분전반, PMS)의 고장 기록이 실시간으로 저장되고 육상으로 전송이 가능하여야 한다.
 - (파) 안정적이고 끊임없는 무선 데이터 통신이 확보되어야 한다.
 - (하) 데이터 송수신 관련하여 사이버보안이 확보되어야 한다.
- (4) 자율운항시스템
- (가) 자율운항선박의 시스템에 대한 이중화 또는 이와 동등한 수단이 고려되어야 한다.
 - (나) 시스템 고장 및 장비 고장 시 비상 절차 내용을 포함한 안전 운용 지침을 수립하여야 한다. 시스템 운용 중 해당 시스템의 상태가 감시되도록 하여야 한다.
 - (다) 자율운항선박 설계 시 운영자 업무 범위를 최소화하여야 한다. 운영자에게 요구되는 조치를 최소화하기 위해 자동화 정도가 반드시 정의되어야 한다. 운영자의 업무 범위가 정해지면, 운영자에게 의사 결정 및 조치 수행에 필요한 정보를 제공할 수 있는 방법이 제공되어야 한다. 사전 정의된 자동화 및 운영자 피드백 수준에 대한 제어 기능 시뮬레이션이 설계 단계에서 이루어져야 한다. 운영자에게 필수적인 운용 기술을 제공 및 유지토록 하

는 적합한 교육 과정이 개발되어야 한다.

(라) 제어 루프 피드백 시간에 대한 정보와 적절한 시스템 반응을 감안한 명령 간 최단 인터벌 정보가 고려되어야 한다.

(마) 적절한 제어권 양도 절차를 수립하고 동시에 둘 이상의 제어권이 형성되지 않도록 하여야 한다.

(바) 자기장에 대해 예상할 수 있는 강도 및 안전 수준을 규명하고 예상 강도의 수준에 따른 안전 지침이 수립되어야 한다.

(사) 상세한 위험도 분석과 설계 특성을 통해 장비와 관련된 위험이 통제될 수 있도록 안전 지침이 수립되어야 한다.

(아) 운용, 정비, 수리 및 입고와 관련한 안전 지침이 수립되어야 한다.

(자) 안정적이고 끊임없는 무선 데이터 통신이 확보되어야 한다.

(차) 데이터 송수신 관련하여 사이버보안이 확보되어야 한다.

6. 선외지원시스템

(1) 육상 직원의 교육 계획 수립 및 자격 기준이 마련되어야 한다.

(2) 예측 가능한 위험을 최소화하거나 예방할 수 있는 안전 지침이 수립되어야 한다. ⚓

인 쇄 2021년 3월 24일
발 행 2021년 4월 1일

자율운항선박 지침

발행인 이 형 철
발행처 한 국 선 급
부산광역시 강서구 명지오션시티 9로 36
전 화 : 070-8799-7114
FAX : 070-8799-8999
Website : <http://www.krs.co.kr>

신고번호 : 제 2014-000001호 (93. 12. 01)

Copyright© 2021, KR

이 지침의 일부 또는 전부를 무단전재 및 재배포시 법적제재를
받을 수 있습니다.