

자율운항선박 정성적 위험도평가 방법론 개발 및 적용

† 나성 · 이동준* · 백재하* · 정정호*

*,† 한국선급 기술본부 시스템안전연구팀

요 약 : 근래에 들어, ICT (Information and Communication Technologies) 기술을 비롯한 첨단 디지털 기술의 발전으로, 선박/해양 산업에서 운용되는 시스템들은 더욱 복잡하고 다양해지는 경향을 보이고 있으며, 첨단 시스템 운용의 증가는 기존에 경험하지 못한 새로운 위험에 대한 불안과 함께 더욱 체계적인 방식으로 이러한 위험을 분석 및 제어할 수 있도록 하기 위한 발전된 위험도평가 방법론 적용의 필요성을 야기하고 있다. 이 논문에서는 첨단 디지털 기술이 적용되는 자율운항선박에 대한 위험도평가 절차 및 방법론과 정성적 위험도평가 (Qualitative Risk Assessment) 적용 사례를 소개하고자 한다. 자율운항선박의 정성적 위험도평가를 위하여 자율운항 시스템들이 탑재된 자율화 등급 3 수준의 가상 자율운항선박을 선정하고, 기존 유인선박의 운용에 필요한 다양한 기능들과 자율운항선박 운용에 필요한 기능들을 식별하여 비교분석 하였다. 또한, 자율운항선박의 운용에 필요한 다양한 기능들의 실패로 인하여 발생 가능한 위험시나리오들을 식별하고, 식별된 위험시나리오를 바탕으로 자율운항선박의 운용 안전성 향상을 위하여 추가 고려되어야 할 안전조치들을 식별하였다. 본 연구 결과는, 이후 연구 수행 계획인 자율운항선박에 대한 정량적 위험도평가 (Quantitative Risk Assessment) 방법론 개발을 위한 자료로 활용될 예정이다.

핵심용어 : 자율운항선박, 기능분석, 위험도평가, HAZID Study

서 론

자율운항선박 기술의 기대효과와 위험도평가 필요성

- 자율운항선박 기술의 등장**
 - 최적 연비, 최소 에너지 사용 선박운항기술 적용으로 환경규제 대응
 - 인적오류 최소화 및 고급 해기사 인력 부족 해결
 - 시스템 상태 감시 및 고장 예측 기술을 통한 선박시스템 신뢰도 확보
 - 최적항로 및 최적 유지보수 계획 제공을 통한 선박운용 효율성 증대
 - 해양사고 대응 시스템 강화
- 자율운항선박 위험도 평가**
 - 새로운 기술의 적용과 함께 새로운 방식으로 운용
 - 기존과 다른 형태의 다양한 새로운 위험요소 발생 가능
 - 고도화된 기술/많은 정보데이터 고려한 새로운 형태의 위험도평가 필요

자율운항선박 위험도평가 절차

자율운항선박 위험도평가 절차

서 론

자율운항선박 및 자율운항시스템 고려사항

- 자율운항 개념이 적용되는 운용모드 및 운용개념**
 - 항해 모드, 정박 모드, 적하역 모드, 시스템 관리 모드, 등
- 자율운항선박 제어 시스템**
 - 지능항해 시스템: 자율항해, 항해상황인식, 항로의사결정, 물체인식, 등
 - 기관/장비 자동화 시스템: 성능 모니터링 및 고장 예측 진단, 등
 - 지능형 화물관리 시스템: 화물 적/하역, 화물 관리 시스템, 등
 - 비상대응 시스템: 화재 인지/소화/제어, 충돌 인지/회피/제어시스템, 등
- 육상 제어 시스템**
 - 원격제어 시스템: 안전운항지원, 사고대응, 시스템관리, 선원관리, 정보 지원 시스템, 등
 - 데이터통신 제어 시스템: 데이터교환 및 통신, 사이버보안 시스템, 등

자율운항선박 위험도평가 절차

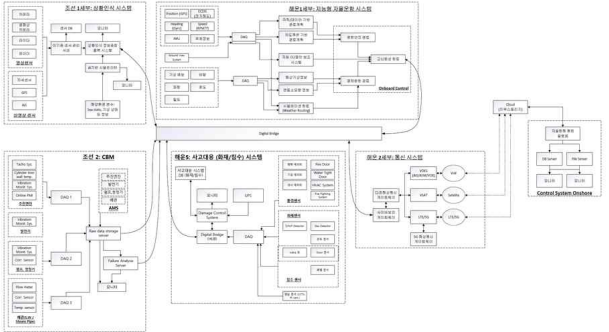
정성적 위험도평가 적용 목적

- 자율운항선박 정성적 위험도평가 방법론 및 절차 개발을 위한 실 적용사례 마련
- 기존 운용중인 유인선박과 자율운항선박 운용을 위한 필수 기능 분석 및 기능 비교
- 자율운항 기능 실패와 관련된 위험시나리오 및 위험저감을 위한 방안 식별
- KASS 프로젝트를 통해 개발중인 자율운항 시스템들의 기능 요구사항 검토: 기존 유인선박 대비 추가 기능 및 누락 기능 식별
- 자율운항선박 정량적 위험도평가 방법론 개발을 위한 자료 활용

† 교신저자 : 중신회원, sna@krs.co.kr, 070-8799-8775
* djlee@krs.co.kr, bjh@krs.co.kr, chchoung@krs.co.kr

자율운항선박 위험도평가 절차

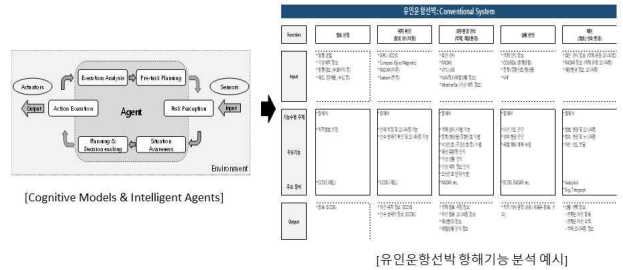
정성적 위험도평가 대상 시스템 개요



시스템 정의 및 기능분석: Step 0

자율운항선박 기능 분석 방법

① 인지모델을 활용한 자율운항 기능 분석



시스템 정의 및 기능분석: Step 0

자율운항선박 기능 분석 개요

• 자율운항선박 → 인간이 관여하는 영역까지 확장된 기능을 시스템 자체적 제공

① 자율운항선박 기능 분석 목적

- 선박 운용에 필요한 기능과 기능목표 식별: 대상 시스템 운용개념 이해
 - 기존 유인선박 운용 관련 기능과 자율운항선박 운용 관련 기능 비교
- 기능목표, 하위 기능 및 관련 시스템 체계적 검토
- 기능 수행을 위해 연계된 타 시스템들과의 상호작용 포괄적 검토

② 자율운항선박 기능 분석 절차

- 시스템 목표 및 기능 식별
- 기능에 따른 하위 시스템 식별 및 분류
- 하위 시스템 간 상호작용 분석: Function Diagram 작성
- 타 시스템과의 연계성 검토
- 타 시스템과의 상호작용 분석

위험요소 식별: Step 1

위험요소식별 (HAZID Study)

① 위험요소식별 수행 목적

- KASS-자율운항선박의 잠재적 위험요소체계적 식별
- 식별된 위험요소를 야기하는 해당 원인들의 체계적 도출
- 위험요소로 인한 사고 결과가 인명/환경/재산에 미칠 수 있는 영향 추정
- KASS-자율운항선박에 이미 반영되어 있는 안전방안이 식별된 위험요소의 발생 원인, 이로 인한 영향을 제거하기 위해 적절한 지 여부 검토
- KASS-자율운항선박 설계의 안전성을 보다 향상시키기 위한 추가 안전 조치 및 권고안 식별

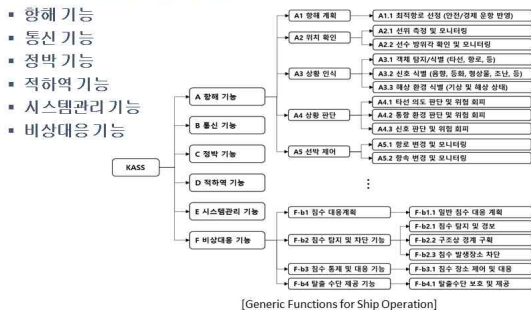
System	Function	Sub-function	Failure	Impact	Consequence	Existing Safety	HAZID	Recommendation
KASS	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화
		항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화	항해 자동화

[HAZID Worksheets: Sample]

시스템 정의 및 기능분석: Step 0

자율운항선박 기능 분류

① 선박 운용 관점에서의 기능 분류



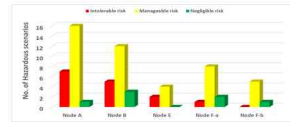
자율운항선박 정성적 위험도분석 결과

HAZID Study 결과

① 위험요소식별 수행 결과 요약



[Hazard Identification Results by Risk Level]



[Risk Levels by Operation Mode]

자율운항선박 정성적 위험도분석 결과



HAZID Study 결과

① 항해 기능 관련 높은 위험도 수준의 위험시나리오 예시

Hazard ID	Cause	Recommendations	R#
A5 선박 제어 기능 A51 & A52 탈퇴 / 동속 변경 및 로니제이션 기능			
A5-0018 & A5-005	a. 항재 규정에 의해 고승계자? (카타디 및 Engine/Telegraph 직할제어)	1) 기동 결과 및 위험내용을 검토	150
A5-004 & A5-006	a. 사이버 위협	1) 사이버보안 위험도평가 수행 2) 격렬한 사이버보안 수준 유지	140
A6 항해 관련 기능 A61 항선 유도/관제 및 위험도/이격각수립기능			
A6-001	a. 충돌 위험/타도/계산 오류 - 센서 불확실성은 데이터 오류 - AIS 상의 불표오류 - 이중선서 Onco/항상 실패하지 않는 루기 적체 (ghosting) 발생	1) 시뮬레이션 및 필드 테스트를 통한 위험 회피 (안전운항) 결과 수립기 2) 관련 기술 고도화 필요 인력의 인지능력에 의한 선박운행과 인공자 3) 항해 선박운행 지시 고려	105
A6-002	a. 고전압 유지 가능 불명확 선박 조속 실행 시 본선이 유지선 (abandon vessel) 경우 타 선박 (pre-voy vessel)이 CO/REG에 따른 충돌 회피 움직임을 취하지 않을 때 본선의 회피 움직임을 시작 시점에서 다른 기능을 불명확	1) 시뮬레이션 및 필드 테스트를 통한 위험 회피 (안전운항) 결과 수립기 2) 관련 기술 고도화 필요 인력의 인지능력에 의한 선박운행과 인공자 3) 항해 선박운행 지시 고려	105
A2 선박 위치 확인 기능 A21 선박위치 확인 및 로니제이션 기능			
A2-002	a. Gyro compass 구동/오차 발생	1) Gyro compass 이용/비교 2) Gyro compass 오차를 확인할 수 있는 분해 필요성 검토, 예 Magnet compass data 사용/Gyro 지속 확인/보정/기록 등	105

[High Risk Scenarios - Node A Navigation Function: Sample]

결론



자율운항선박 정성적 위험평가 결과와 향후 연구계획

- 자율운항선박 정성적 위험도평가**
 - 선박 운용 관점에서 기능 요구사항 검토
 - KASS-자율운항선박에 추가되어야 할 기능 확인
 - 기존 유인선박 운용 대비 KASS-자율운항선박에 추가된 기능 확인
 - 자율운항선박의 자율운항 수준 (IMO, Degrees of Autonomy)에 따른 운용 모드 별 기능 요구사항 검토
 - 각 기능의 실행과 관련된 시스템 및 하위 시스템 확인
 - 각 기능의 저하 또는 실패와 관련된 위험시나리오 확인
 - 기능 수행 주체, 기능 수행을 위한 Input / Output, 관련 위험 시나리오
- 향후 연구계획**
 - 자율운항선박 운용에 대한 정량적 위험도 모델 작성
 - 자율운항선박 정량적 위험도평가 (Quantitative Risk Assessment) 수행
 - 자율운항선박 위험도평가 절차 검토 및 작성

- 후 기 -

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20200615, 자율운항선박 기술개발).