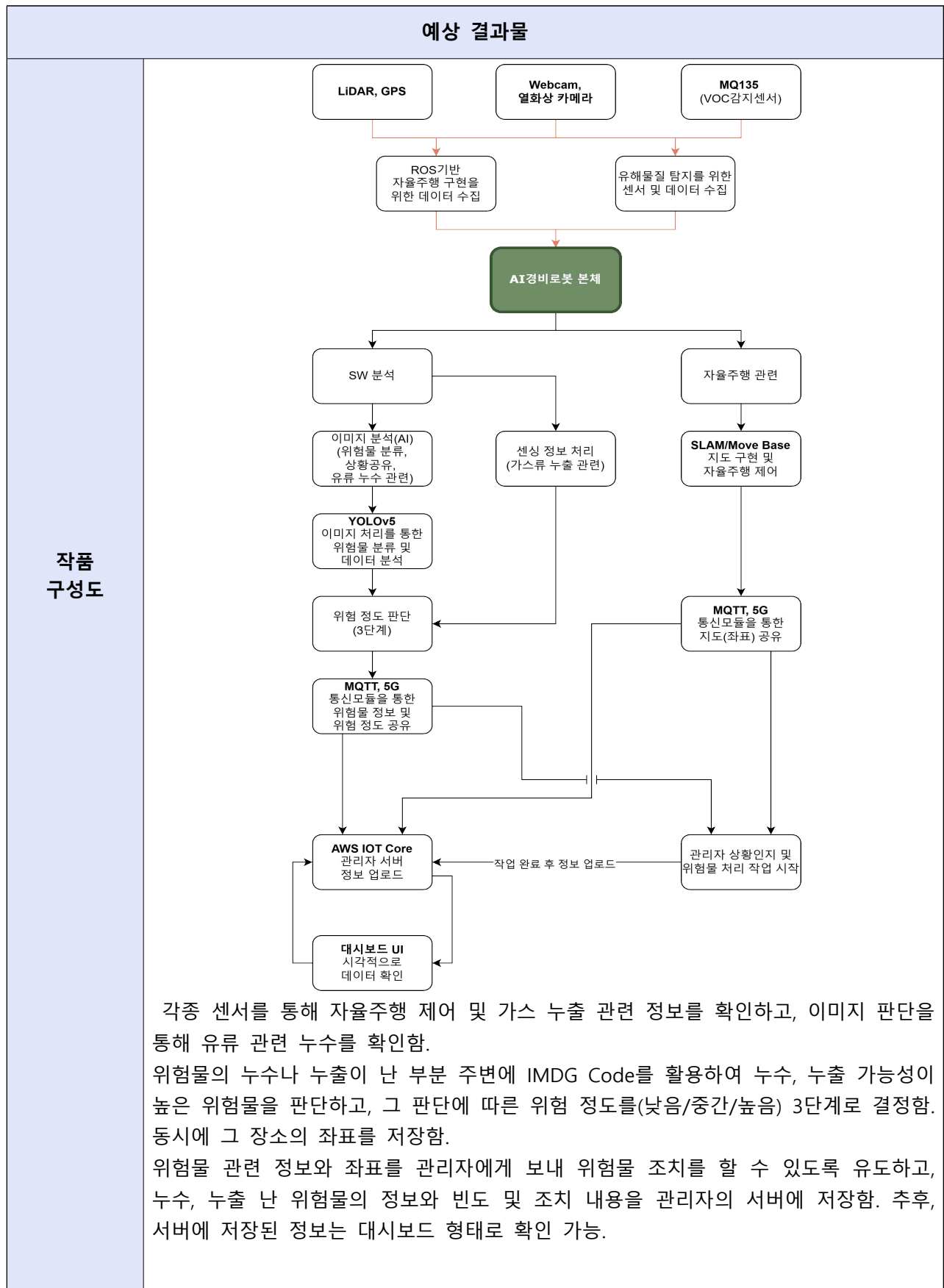


「스마트 해운물류×ICT멘토링」 프로젝트 수행계획서

I. 프로젝트 정보

프로젝트 정보	
프로젝트명	항만 유해물질 탐지 AI경비로봇
주제영역	<input type="checkbox"/> 해운물류 디지털화 (전자문서 및 전자거래 시스템, EDI, 클라우드 기반 해운물류 플랫폼 등)
	<input type="checkbox"/> 자율운항 및 스마트 선박 (자율운항 선박, 스마트 브리지, 선박 원격 모니터링 등)
	<input type="checkbox"/> 블록체인 기반 해운물류 (스마트 컨트랙트, 무역 및 물류 데이터 공유, 위변조 방지 화물 추적 시스템 등)
	<input type="checkbox"/> 인공지능(AI) 및 데이터 분석 (AI 기반 항로 최적화, 선박 연료 효율 분석, 물류 수요 예측 등)
	<input type="checkbox"/> 사물인터넷(IoT) 및 센서 기술 (스마트 컨테이너, 선박 유지보수 IoT, 항만 자동화 및 스마트 크레인 등)
	<input checked="" type="checkbox"/> 스마트 항만 및 자동화 (자동화 터미널, 디지털 트윈, 스마트 항만 교통관리 시스템 등)
	<input type="checkbox"/> 기타( <i>기타사항 기재</i> )
성과목표	<input type="checkbox"/> 기술교육 <input checked="" type="checkbox"/> 창업연계 <input checked="" type="checkbox"/> 특허출원 <input type="checkbox"/> 학술(논문게재)
수행예상기간	2025. 6. 2. ~ 2025. 10. 31.
프로젝트소개 및 제안배경	<p>이 프로젝트는 ROS와 AI를 활용해 자율주행 경비로봇을 개발, 유해물질 모니터링으로 사고를 예방하고 안전관리를 강화함. 싱가포르 PSA처럼 자동화로 효율성을 높인 만큼, 한국도 스마트 항만으로 전환해야 될 필요성이 있음.</p> <p>한국 항만은 글로벌 물류 핵심으로 위험물을 대량 처리하지만, 사고 위험이 큼. 2025년 5월 진해 경유 유출 사고는 오염과 안전 취약성을 보여줌. 실시간 감지 기술이 필요하다고 생각함.</p>
주요기능	<ul style="list-style-type: none"><li>실시간 유해물질 모니터링: AI 기반 센서로 화학물질 누출, 가스 농도 등을 감지</li><li>자율주행 순찰 및 대응: 자율주행 로봇이 항만 구역을 순찰하며 위험 상황에 즉각 대처 (단계별 상황 보고)</li><li>데이터 분석 및 예측: AI가 과거 사고 데이터를 분석해 잠재적 위험을 예측, 예방</li></ul>
적용기술	<ul style="list-style-type: none"><li>YOLOv5(유해물질 감지): 카메라 데이터 분석으로 유해물질(예: 경유 등) 누수 감지</li><li>유해물질 양 분석 및 위험 수준 평가(XGBoost): 오염물질 농도, 확산 범위 분석 후 위험 수준(낮음/중간/높음 등) 분류</li><li>보고 자동화(KoBERT 기반 NLP): 결과를 요약해 안전관리팀에 보고(데시보드 형태)</li><li>경로 계획(SLAM, LiDAR): 항만 내 컨테이너·장비 간 이동하며 감지 구역 순찰</li><li>로봇 관리(ROS): 다중 로봇 간 순찰 일정 조정 및 데이터 공유</li><li>센서(가스 센서, 열화상 카메라, Webcam): 유해물질(VOC, CO 등) 측정</li><li>통신(5G, MQTT 프로토콜): 감지·분석 데이터 실시간 전송</li><li>데이터 처리(AWS IoT Core): 데이터 저장 및 분석, 보고서 생성</li></ul>
기대효과 및 활용분야	<ul style="list-style-type: none"><li>기대효과: 사고 예방, 안전·효율성 증대, 환경 보호, 글로벌 경쟁력 강화</li><li>활용 분야: 항만 안전, 위험물 관리, 해양 환경, 스마트 항만, 산업 안전(정유시설, 물류창고 등)</li></ul>



## II. 프로젝트 수행계획

### 1. 프로젝트 개요

#### 가. 프로젝트 소개

##### ○ 기획의도

유해물질(진해) 사고가 빈발하게 일어나면서 기존 시스템의 실시간 감지·대응에 한계를 인지함. 사고 예방, 환경 보호, 작업자의 안전 확보 등을 위한 기술의 필요성을 느꼈고 이를 해결하기 위해 스마트 항만 안전 시스템을 구현하는 것을 목적으로 함.

##### ○ 작품 내용

AI·자율주행 로봇, 분석 소프트웨어, 대시보드, 운영 보고서 등으로 구성함. 다중 유해물질 감지(VOC, CO2), 3단계 위험 분류(낮음/중간/높음), 실시간 보고 등의 역할을 함.

##### ○ 정의

스마트 항만 안전 시스템은 AI·자율주행 기술로 유해물질 사고 예방·대응 및 실시간 영상 분석 기술을 활용한 24시간 감시체계를 구현하는 것이다. 감지, 분석, 보고를 중심으로 하고 현장 처리는 제외한다. 사고 감소, 환경 보호, 항만 운영 효율성 증대 등의 효과를 얻을 수 있음.

#### 나. 프로젝트 추진배경 및 필요성

##### ○ 추진배경

넓은 부지와 많은 배를 관리하는 항만의 특성상, 기존 인력 중심 관리의 한계(지연 대응, 사각지대)가 있음. 2025년 5월 진해 해군 기지 유류 유출 사고는 이러한 한계를 부각함. 항만 사고는 한 번 발생 시 경제적 손실과 사회적 파장이 큼. 자율주행과 AI를 활용해 기존 인력 중심 관리의 한계를 극복해 사고를 예방할 수 있음.

##### ○ 필요성

항만 유해물질 탐지 AI경비로봇은 유해물질 감지, 3단계 위험 분류(낮음/중간/높음) 및 실시간 보고를 통해 사고 예방 및 대응 속도 개선이 가능함. 이는, 한국 주요 항만(부산항, 인천항, 울산항 등)의 안전성 강화와 환경 보호(해양 오염 최소화)를 달성할 수 있음.

#### 다. 국·내외 유사 프로젝트 (참고 프로젝트)

##### ○ 국내

##### 1. 부산 스마트 항만 프로젝트

- IoT 와 AI 기술활용, 항만 운영 효율화 및 안전성 강화
- 2. 인천항 항만물류기술개발 사업
  - AI와 빅데이터로 스마트 물류 시스템 구축, 화물 처리 속도 개선
- 3. 광양항 스마트 항만 구축 프로젝트
  - 자동화 테스트베드 구축 및 스마트 기술 실증

#### ○ 해외

1. 싱가포르 PSA 항만 자동화 프로젝트
  - AI와 자율주행 기술로 컨테이너 관리, 세계 최대 자동화 항만 운영
2. 미국 SMP Robotics Rover S5 Hazmat
  - 위험물질 감지를 위한 자율주행 로봇, 화학 공장 및 항만에서 사용

### 라. 추진 프로젝트만의 차별성

부산 스마트 항만 프로젝트나 미국 SMP Robotics Rover S5 Hazmat 같은 기존 시스템은 주로 실시간 감지와 기본적인 모니터링에 초점이 맞춰짐.

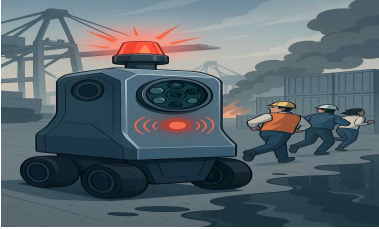


하지만 본 프로젝트는 단순히 데이터를 수집하는 데 그치지 않고 다중감지 즉 VOC, CO2 같은 물질들을 동시 감지하고 AI기술(LSTM, XGBoost)을 활용해 과거 데이터를 분석하며 위험을 예측하는 기능까지 포함되어 있음.

예로, LSTM으로 시계열 데이터를 학습해서 며칠 뒤 유해물질의 농도가 위험 수준에 이를 가능성을 알려주는 것으로 기존 시스템에서 찾아볼 수 없는 기술이라고 생각함.

저의 프로젝트는 항만 환경에서의 유해물질 관리에 특화된 종합 솔루션을 제공한다는 점에서 독창성을 가져갈 수 있음.

## 2. 프로젝트 내용

### 가. 예상 시나리오 (1단계, 2단계, 3단계)

예상 결과물 이미지	설명 (사용자 중심 활용 시나리오)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시나리오 1: 부산항 3번 터미널에서 경유 누출 감지, VOC 120ppm 측정, 위치(35.123, 129.045) 기록</li> <li>- 시나리오 2: 컨테이너 간 좁은 공간 순찰, LiDAR로 장애물 회피, 1시간 내 2km 구역 감지 완료</li> <li>- 활용 계획: 항만 내 유해물질 감지 및 실시간 데이터 수집</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시나리오 1: YOLOv5으로 경유 누출 패턴 분류, XGBoost로 위험 "높음" 평가(3단계 기준)</li> <li>- 시나리오 2: KoBERT로 "3번 터미널, 경유 누출, 즉시 조치 필요" 보고서 자동 생성</li> <li>- 활용 계획: 위험 분석 및 보고서 자동화, 관리자 대응 시간 단축(10초 이내)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시나리오 1: 지도에 3번 터미널 위치 표시, "적색 경고: 높은 위험" 알림, 농도 그래프(120ppm) 출력</li> <li>- 시나리오 2: 관리자 피드백 입력(조치 완료), WebSocket으로 실시간 업데이트</li> <li>- 활용 계획: 실시간 모니터링 및 대응, 관리자와의 상호작용 강화</li> </ul>

## 나. 주요 적용 기술(기능)

구분	기능	설명
S/W	유해물질 분석 및 위험 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- YOLOv5 : 열화상, 카메라 데이터로 누출 패턴 학습, 물질 분류 (합성곱 연산, 3x3 필터, 풀링, 소프트맥스, 백프로파게이션)</li> <li>- XGBoost : 과거 데이터(진해 유출사건)와 환경변수(습도, 온도로 위험 예측(그래디언트 부스팅, 의사결정나무, MSE 손실, L1/L2 정규화)</li> <li>- LSTM (Long Short-Term Memory) : 센서 데이터로 누출 가능성 예측(RNN 변형, Forget/Input/Output Gate, BPTT)</li> <li>- KoBERT: 한국어 보고서 생성, 「위험물안전관리법」 준수(BERT 기반, 양방향 트랜스포머, 한국어 사전)</li> </ul>
S/W	자율주행 경로 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): LiDAR로 실시간 지도 생성, 위치 파악(확장 칼만 필터, 그래프 최적화, 루프 클로징)</li> <li>- ROS Navigation Stack: 경로 최적화, 동적 장애물 회피(A* 알고리즘, Dynamic Window Approach, 비용 맵)</li> </ul>
S/W	안전관리팀 대시보드	<ul style="list-style-type: none"> <li>- React.js: 실시간 UI(지도, 알림, 그래프)(컴포넌트 기반, 가상 DOM, 상태 관리)</li> <li>- WebSocket: 관리자 피드백 실시간 처리(TCP 기반, 양방향 통신, 이벤트 스트리밍)</li> <li>- 5G 통신: 고속 데이터 전송(지연 &lt;1ms, OFDM, MIMO)</li> </ul>
S/W	데이터 관리 및 통신	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AWS IoT Core: 센서 데이터 저장, 클라우드 분석(IoT 장치 관리, MQTT 프로토콜, Lambda 처리)</li> <li>- MQTT 프로토콜: 경량 데이터 전송(퍼브/서브 모델, QoS 수준 지원)</li> </ul>
H/W	AI 자율주행 차량 (ROS 기반)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VOC 센서: 휘발성 유기화합물 농도 측정(0-1000ppm, 고해상도)</li> <li>- 열화상 카메라: 누출 위치 및 온도 이상 감지(640x480, -20~150°C)</li> <li>- LiDAR: 환경 매핑 및 장애물 감지(100m, 10Hz 스캔)</li> <li>- IP67 플랫폼: 방수/내화학성 새시(염분-습기 대응, IEC 60529 표준)</li> <li>- GPS 모듈: 정확한 위치 추적(오차 &lt;1m, GNSS 지원)</li> </ul>
H/W	멀티모달 센서 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가스 센서: VOC(0-1000ppm), CO2(0-5000ppm) 측정(NDIR 기술, 흡수 스펙트럼 분석)</li> <li>- 열화상 카메라: 온도 변화 감지(5°C 이상 상승 시 경고)</li> <li>- 초음파 센서: 물질 확산 범위 측정(1~10m, 시간 차이를 통한 거리 계산)</li> <li>- 가속도계/자이로스코프: 차량 안정성 및 기울기 감지(6축 IMU)</li> </ul>
H/W	전원 및 내구성 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 배터리: 장시간 운행 지원(리튬이온, 48V, 10kWh)</li> <li>- 쿨링 시스템: 센서 과열 방지(액체 냉각, 팬 조절)</li> <li>- 충격 흡수 서스펜션: 항만 도로(요철) 대응(공기 서스펜션)</li> </ul>

- 자율주행은 ROS(Robot Operating System) 기반의 Ubuntu 20.04 환경에서 구동되며 주로 Python과 일부 C++를 사용해 노드를 구성함. LiDAR 기반 SLAM(Gmapping 또는 Cartographer)을 통해 지도 작성 및 위치 추정을 동시에 수행하고, 필요시 Astar 알고리즘 등으로 경로 계획을 수행할 예정.
- 순찰 로직은 ROS의 move\_base, amcl, map\_server 등을 활용하여 자동 순환 경로를 생성하고, 실시간 장애물 회피 기능까지 포함하는 완전 자율 순찰 시스템을 구현할 예정.

- 유해물질 탐지는 YOLOv5(주 언어: Python, 프레임워크: PyTorch)를 기반으로 하며, Webcam 실시간 영상 스트림에서 기름, 연기, 유막 등 위험 요소를 검출. 데이터셋 증강 및 전이학습 기법을 적용해 정확도 향상을 도모함.
- VOC 가스 감지는 MQ135 센서를 사용하여 Arduino에서 아날로그 값을 수집하고, Python 기반 ROS 노드를 통해 센서값을 ROS 메시지로 전송. 영상 기반 탐지 결과와의 융합 분석을 통해 복합 위험도 평가 가능하도록 기획.
- 시스템 전반의 통신은 MQTT 또는 WebSocket 프로토콜을 활용하며, 탐지 이벤트 발생 시 Python 기반의 paho-mqtt 라이브러리 등을 이용하여 관리자 서버 또는 클라우드에 데이터를 전송할 예정.
- 관리자 대시보드는 Flask 및 Plotly Dash 기반 웹 서버 형태로 제작되며, ROS 로그 및 센서 데이터를 MongoDB 또는 SQLite에 저장한 뒤 Python 스크립트를 통해 주기적으로 시각화해 의사결정 지원자료로 제공할 예정.

#### 라. 필요기자재(기자재/장비)

품목	활용계획
Scout Mini	ROS 기반 자율주행 차량 본체, 항만 내 순찰 및 센서 장착 플랫폼
VOC 센서	휘발성 유기화합물 농도 측정(0~1000ppm), 경유 누출 감지
CO2 센서	CO2 농도 측정(0~5000ppm), 화학물질 누출 감지. NDIR 기술
열화상 카메라	누출 위치 및 온도 이상 감지(640 x 480 , -20 ~ 150℃)
Lidar	환경 매핑 및 장애물 감지(탐지 범위 100m, 10Hz 스캔)
초음파센서	유해물질 확산 범위 측정( 1 ~ 10m), 거리 계산
GPS 모듈	차량 위치 추적 (GNSS 지원)
가속도계 / 자이로스코프	차량 안정성 및 기울기 감지(6축 IMU, 항만 도로 요철 대응)
배터리	장시간 운행 지원 (리튬이온, 48V, 10kWh)
쿨링시스템	센서 과열 방지 ( 액체 냉각, 팬 조절)
충격 흡수 서스펜션	항만 도로 요철 대응 (공기 서스펜션)
임베디드 보드	ROS 및 AI 알고리즘 실행(NVIDIA Jetson 또는 라즈베리파이 4)
5G 모뎀	실시간 데이터 전송(저지연, 고속통신)
서버시스템	AWS IoT Core 기반 데이터 저장 및 분석, 클라우드 서버

## 마. 성과목표

성과목표	<input checked="" type="checkbox"/> 특허출원 <input type="checkbox"/> 논문발표 <input type="checkbox"/> 앱등록 <input checked="" type="checkbox"/> 프로그램 저작권 등록 <input type="checkbox"/> 기술이전 <input checked="" type="checkbox"/> 실용화 <input type="checkbox"/> 외부 공모전(공모전명 ) <input type="checkbox"/> 기타( )
------	--

- 자율주행, 영상 분석, 유해물질 탐지 기술을 융합한 항만 경비로봇 시스템에 대해 AI 기반 위험물 탐지 및 대응 방법 관련 특허 출원 예정
- ROS 기반 경비로봇 제어 소프트웨어 및 영상처리 AI 모델은 프로그램 저작권 등록을 통해 지식재산으로 보호
- 향후 항만 외에도 정유시설, 산업단지, 물류센터 등 고위험 지역으로 확장 적용 가능한 실용기술로 개발 진행



### 3. 프로젝트 수행방법

#### 가. 프로젝트 추진일정

프로젝트 기간 (ICT멘토링 사이트 기준)		2025. 6. 1. ~ 2025. 10. 31.					
구분	추진내용	구분	프로젝트 기간				
			6월	7월	8월	9월	10월
계획	해운 물류 관련 위험물 탐색 및 해결방안 모색	계획					
		진행					
분석	경비로봇 전체적 구상 및 및 관련 자료 조사 및 스터디	계획					
		진행					
설계	H/W 설계 및 관련 역할 분담	계획					
		진행					
	S/W 설계 및 관련 역할 분담	계획					
		진행					
개발	자율 주행 제어 관련 개발	계획					
		진행					
	이미지 처리 및 분류 관련 개발	계획					
		진행					
	데이터 처리, 모니터링 관련 개발	계획					
		진행					
	H/W, S/W 결합	계획					
		진행					
테스트	작동과정 테스트 및 피드백	계획					
		진행					
종료	성과 정리, 프로젝트 문서화	계획					
		진행					

#### 나. 팀원의 세부목표 수립 및 협업을 위한 노력

팀원	역할	프로젝트 세부목표
팀장	하드웨어 설계 및 소프트웨어와 결합/ 프로젝트 관리	열악한 환경에서도 구동할 수 있는 하드웨어를 구상 및 설계. scout mini와 다양한 센서들과의 효율적인 구성을 설계하고 소프트웨어가 적절히 작동하도록 구상함. 자율 주행 제어, 이미지 처리 및 데이터 관리 시스템의 결합을 도모함.
팀원A	자율 주행 제어 / 이미지 처리	이미지 처리를 통한 항만 지도 형성 및 IMDG code를 통한 위험물 분류. 경로계획, 장애물 회피 및 실시간 경로 수정, 속도 및 방향 제어, 실시간 주행 테스트 및 디버깅.
팀원B	데이터 처리 및 분석	센서 데이터를 실시간으로 수집하고 전처리하며, YOLO5등을 활용해 유해물질 농도를 분석하며 위험을 예측하고 분석 결과를 기반으로 보고서를 생성하여 AWS IoT Core를 통해 데이터를 저장하고 통합 관리를 중점으로 함.

#### 다. 프로젝트 수행(협업) 방안

- 구글 미트를 이용하여 주 1회 이상 프로젝트 진행과정을 공유
- 카카오톡을 활용해 프로젝트 관련 질문 및 자료 공유
- 관련 소스코드 github로 공유

#### 라. 프로젝트 Ground Rule (기본원칙)

- 꺾이지 않는 마음.
- 미팅 참가 어려울시 최소 2일전 공지

### Ⅲ. 기대효과 및 활용분야

#### 1. 작품의 활용분야

- 항만 사고 예방
  - 활용분야 : 항만 내 유해물질 누출 감지 및 사고 예방
  - 사용자 : 항만 관리 당국
- 항만 운영 효율성 향상
  - 활용분야 : 자율주행 로봇으로 순찰 자동화, 관리자 대응 시간 단축
  - 사용자 : 물류 기업 또는 항만 운영 업체
- 환경보호 및 규제 수준
  - 활용분야 : 해양 오염 방지, 위험물안전관리법 준수 보고서 생성
  - 사용자 : 환경부, 해양수산부

#### 2. 작품 개발에 따른 기대효과

- 유해물질 누출 및 이상상황 발생 시, 실시간 자동 경고 및 관리자 보고를 통해 초기 대응 시간 단축
- 기존 인력 감시 방식의 한계를 보완하여, 24시간 무중단 감시체계 구축
- 반복되는 순찰 데이터를 기반으로 위험도 분석 및 고위험 지역 선별 감시로 감시 효율성 향상

#### 3. 작품의 기대가치

기존 항만 모니터링은 실시간 감지 위주이지만 본 프로젝트는 다중 감지로 오염물질 유출 감지에 더 정확하고 신속하게 감지가 가능하고 유해물질 사고, 해양오염 유출 등의 사고를 현재보다 더 줄일 수 있을 것으로 기대됨.

더불어 위험 예측, 항만 특화 자율주행, 사용자 중심 UI, 한국 규제 준수 등의 추가적인 기능을 통해 기존 기술보다 사건이 일어난 후에 대처 능력과 같은 부분에서도 더 높은 가치를 가질 것으로 기대됨.

또한 인력 중심 모니터링에 비해 대비 운영비용이 절감되는 등 기존 기술보다 더 저렴하게 운영할 수 있고, 상용화로 인한 국내 항만뿐만 아니라 스마트 시티와 같은 다양한 분야나, 다양한 상황에서 활용될 것으로 기대됨.