

# Jeju • AWS Global Space Challenge Hackathon

*Jeju Guardian: AWS-based Dual-Use Manned-Unmanned Teaming System*

## Team Guardians

*Members: Beomseok Yang, Miseong Kim, Hankyeol Song, Jeonghun Han*

*Dept. of Artificial Intelligence Engineering (Major in Intelligent Control Systems Engineering)  
National Korea Maritime & Ocean University*

E-mail: [kmou20201305@g.kmou.ac.kr](mailto:kmou20201305@g.kmou.ac.kr)

2025. 12. 23.

# Contents

- **PART 1. Introduction & Problem Definition**
- **PART 2. Solution & System Architecture**
- **PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies**
- **PART 4. Expected Outcomes & Business Strategy**
- **PART 5. Conclusion**

## ❖ 대한민국 해양 주권의 최전선, 제주가 직면한 안보 · 환경의 복합적 위기

### ① Security (Gray Zone):

- AIS를 차단하고 침투하는 'Dark Fleet(미식별 선박)'의 빈번한 출몰 → 안보 위협 및 어족 자원 고갈[1].



- 정보의 비대칭성: 상대 선박의 실시간 거동을 알지 못함  
→ 대응속도 ↓
- 감시의 한계: 감시지역은 넓으나, 투입 가능한 인력의 한정  
→ '필연적 사각지대' 발생

### ② Environment (Marine Waste):

- 랑생이모자반 및 부유 쓰레기 유입 전국 1위(최근 5년 약 8만 톤) → 수거를 위한 막대한 행정력 낭비[2].

#### 해양쓰레기로 뒤덮이는 제주 바다...5년간 7만6000톤 수거

✎ 박지현 기자 | Ⓞ 입력 2025.09.16 16:12 | Ⓞ 수정 2025.09.16 18:28 | 🗨 댓글 0



해외 쓰레기 97% 중국서 밀려와  
5년간 수거량 64만톤 돌파

### ➤ Dual-Crisis To Dual-Use Solution:

- 두 개의 독립적인 문제로 보지 않고  
AWS 위성감시 + USV를 통해 통합적으로 대응
- 바다의 청소부 & 바다의 방패로 즉각 전환되는 시스템 필요



**AWS 위성 정보+ AI 분석을 통한 선제적 탐지 & 예산 효율 극대화**



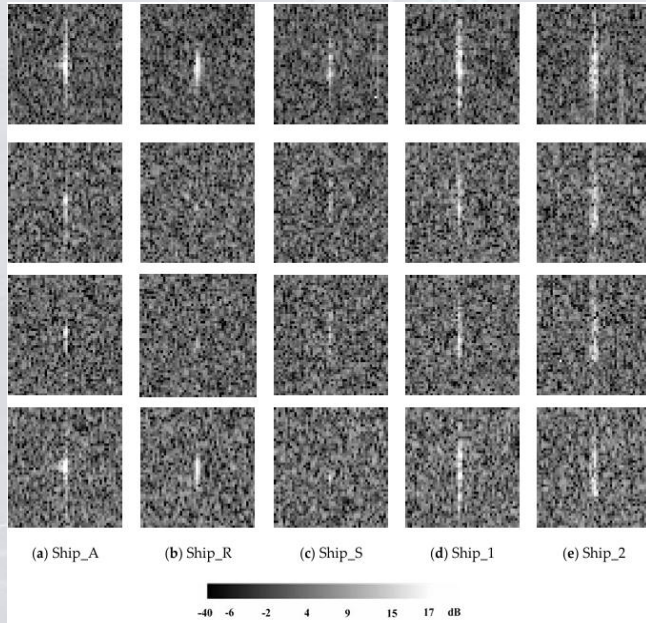
## ❖ 두 가지 임무, 하나의 해법: 수학으로 통합된 'Dual-Use' 시스템

### ➤ Dual-Crisis To Dual-Use Solution

- 파도(Noise)속에서 미세한 반사면적(RCS)을 가진 객체 분리  
→ Dark fleet과 부유 쓰레기를 찾는 동일한 신호처리 과정

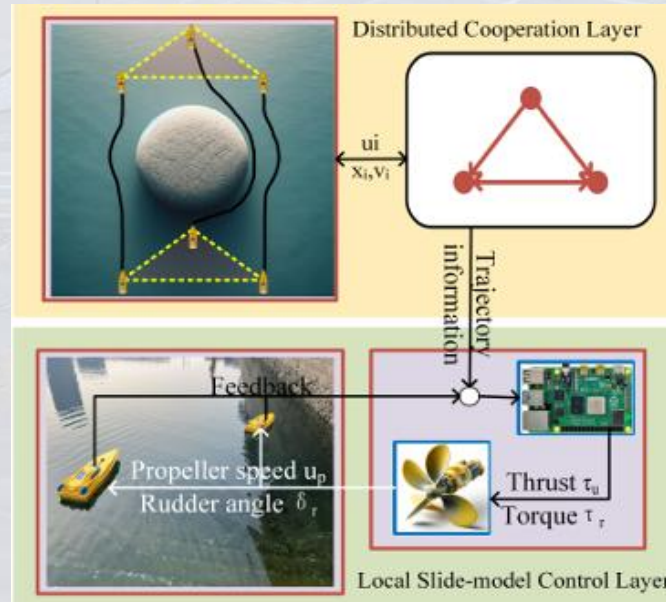
#### ✓ Detection: 통계적 동형성

- 비금속 목선의 경우 레이더 반사가 너무 약해서 Noise와 구분이 어려움.  
→ 부유 쓰레기의 특징과 동일[3].



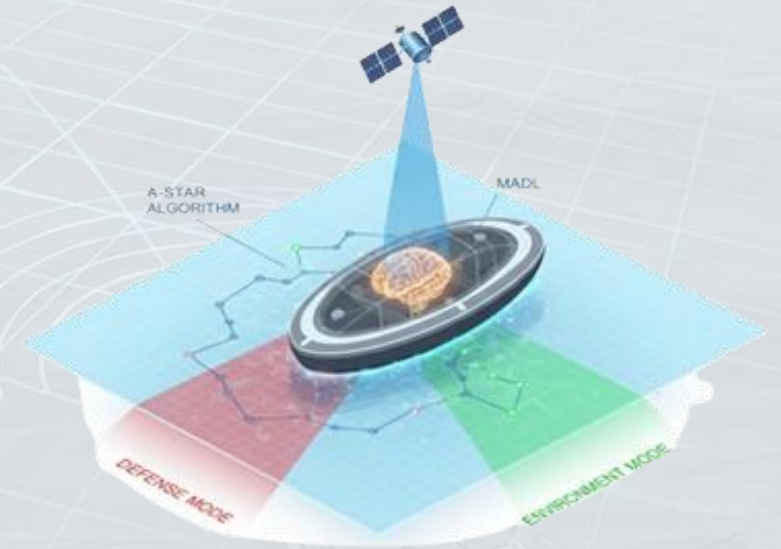
#### ✓ Control: 동역학적 동형성

- 적을 차단하는 기동(Blocking)과 쓰레기를 포집하는 기동(Corralling)은 다수의 USV가 수행하는 협동 제어 과정  
→ 동일한 동역학 위에서 수행되는 문제[4].



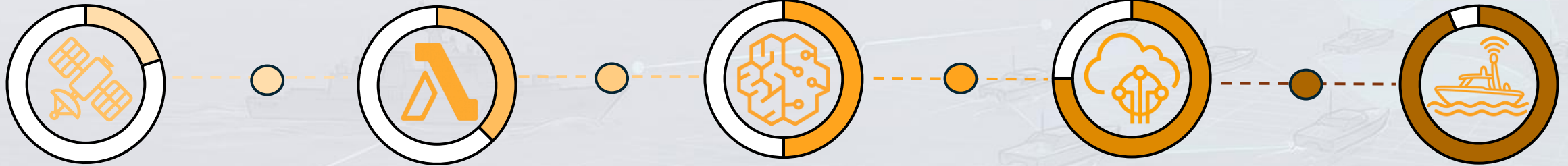
#### ✓ Conclusion: 목적에 따른 가변형 시스템 설계

- 물리적인 하드웨어의 변경 없이 오직 보상함수의 전환만으로 임무 수행  
→ 가변형 Dual-Use 시스템 설계
- A\* 알고리즘으로 경로 산출  
→ MADL으로 정밀 제어 수행



### ❖ Jeju Guardian: AWS 생태계로 완성하는 Full-Cycle 자율 관제 아키텍처

- AWS Ground Station 위성 데이터와 MARL, A\* 알고리즘의 결합
- 방어(안보)와 환경(정화) 임무를 동시 수행하는 가변형 USV 통합 관제 솔루션



Step 01

Step 02

Step 03

Step 04

Step 05

#### 위성 데이터 수신

AWS Ground Station 활용  
JPSS-1(NOAA-20) 위성의  
VIIRS 센서 데이터 수신  
Amazon S3 자동 저장

#### 이벤트 기반 처리

EventBridge: 위성 패스 감지  
Lambda/EC2 자동 트리거  
MODIS → GeoTIFF 변환  
및 저장

#### AI 정밀 분석

Amazon SageMaker 기반 분석  
YOLOv8 객체 식별 및 분류  
정밀 타겟(적/쓰레기) 좌표 추출

#### 작전 명령 하달

관제사 승인 시 즉각 전송  
AWS IoT Core(MQTT) 활용  
엣지 기기로 초고속 명령 하달

#### 엣지 실행 및 대응

Jetson Orin Nano 탑재  
강화학습(MARL) 모델 가동  
즉각적인 포위/수거 수행

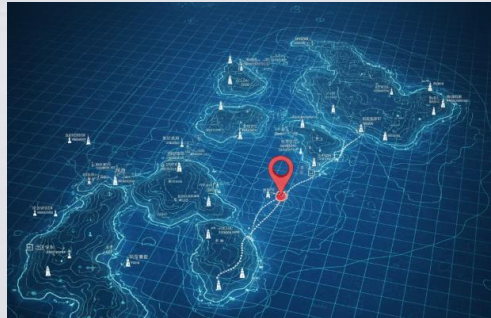
- 단일 하드웨어 플랫폼으로 Dual-Use(민군 겸용) 가치 실현 및 예산 효율 극대화
- AWS IoT Core 기반 실시간 전술 지도 가시화 및 작전 Full-Cycle 완벽 통제

**AWS의 클라우드 인프라를 통해 하늘과 바다의 물리적 제약을 극복하고,  
탐지부터 대응까지 완벽한 페루프 제어를 실현한 통합 관제 시스템**



### ❖ Jeju Guardian: 2-Tier 하이브리드 제어 아키텍처

#### ➤ 자율 운항을 위한 계층적 제어 구조



지도 데이터 및 목표 좌표

#### A\* Global Planner

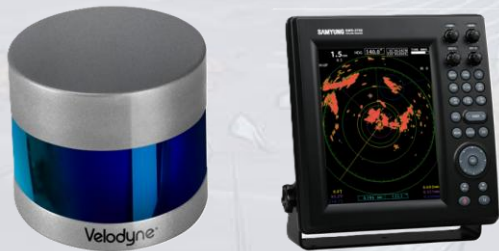
입력된 지도와 목표점을 기반으로,  
고정 장애물을 회피하는  
최적의 경유지(Waypoint) 목록을 연산

#### Waypoint 리스트

A\*가 생성한 전략적 경로 지령  
MARL은 이 순서에 따라 다음  
목표점을 인지

#### MARL Local Controller

A\*의 경로 지령과  
실시간 센서 데이터를 종합하여,  
동적 장애물을 회피하고 대형을 유지하는 최적의  
기동을 실시간으로 결정



#### 실시간 센서 데이터

LiDAR, Radar, IMU 센서를 이용해  
지도에 없는 동적 장애물(타 선박,  
파도 등)을 감지



#### 제어 신호

MARL의 결정을 실제  
USV의 추진기와 방향  
타를 움직이는 물리적  
명령으로 변환

**전략적 경로는 A\*, 전술적 기동은 MARL이 담당하는 상호보완적 구조**

## PART 2. Solution & System Architecture

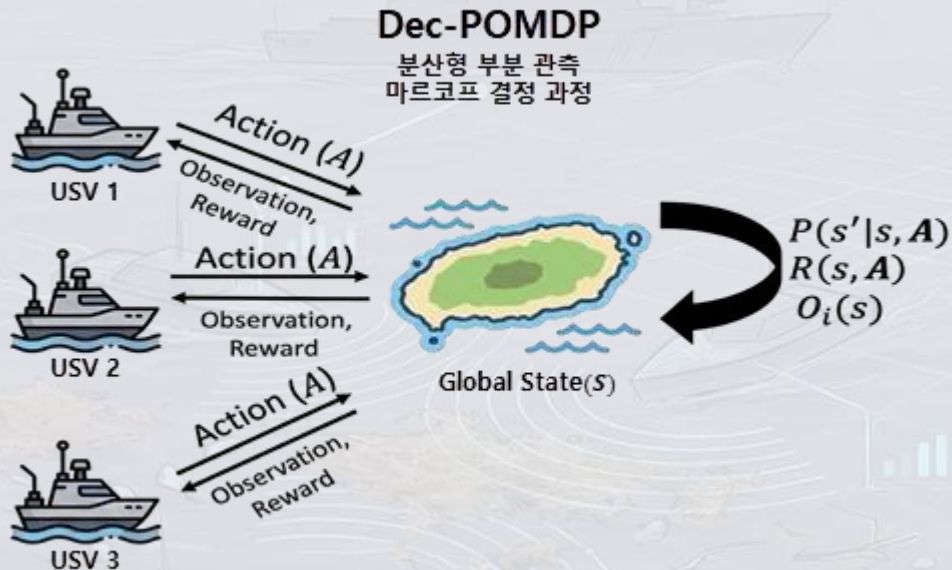
### ❖ 핵심 기술 1: 수학적 동형성 기반 가변 보상 함수 설계

- Dec-POMDP 프레임워크 상에서 방어와 정화 임무의 수학적 동형성 규명 및 통합[5].

#### ① 불변 요소(Invariant)

“하드웨어와 물리 법칙은 변하지 않는다.”

- 공통 프레임워크: Dec-POMDP 적용



- 상태 공간( $S$ ): 위치( $x, y$ ), 속도( $v$ ), 방향 ( $\psi$ ), 배터리 잔량 공유
- 동역학( $P$ ): 파도, 조류 등 외란 상의 3자유도( $Surge, Sway, Yaw$ ) 운동 방정식 유지
- 행동 공간( $A$ ): 스러스터 출력( $T$ ), 방향타 각도( $\Delta$ )를 제어하는 연속 행동 공간 공유

#### ② 가변 요소(Variant)

“가중치( $\omega$ ) 조절만으로 즉각적 임무 변환을 수행한다.”

- 방어 모드( $R_{defense}$ ): 적 선박 경로 차단 및 포위
- 전술: 표적 전방 선점 및 학익진 대형 전개 유도
- 수식:

$$R_{total} = \omega_1 \cdot R_{distance} + \omega_2 \cdot R_{blocking} + \omega_3 \cdot R_{formation}$$

$R_{total}$ : 점수 총계

$\omega$ : 각 점수별 우선순위 가중치(가변)

$R_{distance}$ : 거리 점수(추적)

$R_{blocking}$ : 차단 점수

$R_{formation}$ : 대형 점수

- 환경 모드( $R_{env}$ ): 쓰레기 포집 및 동기화
- 전술: 오일 펜스 장력 유지를 위한 속도 동기화 및 협동 기동
- 수식:

$$R_{total} = \omega_1 \cdot R_{collection} + \omega_2 \cdot R_{coverage} + \omega_3 \cdot R_{sync}$$

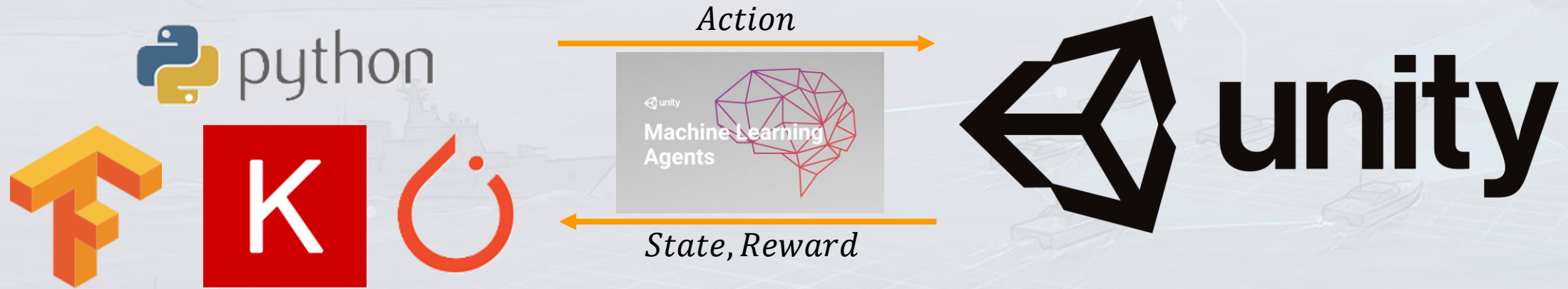
$R_{collection}$ : 수거 점수(범위 내 접근)

$R_{coverage}$ : 탐색 점수(안 가본 곳 탐색)

$R_{sync}$ : 동기화 점수(대형 유지)

### ❖ 핵심 기술 2: Unity 3D 기반 디지털 트윈 검증 및 MUM-T(Manned-Unmanned Teaming, 유무인 복합 체계) 운용

- Unity 3D ML-Agents 기반 강화학습 파이프라인



- Training Environment:** 파도, 조류 등 해양 물리 엔진이 적용된 고정밀 시뮬레이션
- RL Loop:** 관측(*State*)과 행동(*Action*)의 반복을 통한 최적 정책 신경망 학습
- Tech Stack:** Python(Pytorch)의 딥러닝 연산과 Unity의 물리 연산 연동
- STANAG 4586 기반 MUM-T 유무인 협업 체계[6]



#### Manned Component: 인간 관제사

- 위성 정보 판독
- 작전 모드 결정/명령

#### STANAG 4586: NATO 표준 무인기 통제 프로토콜 준수

#### Unmanned Component: USV

- 관제사 명령 기반 임무 수행
- 경로 계산, 회피, 대형 유지 등의 기능에서 자율 기동





### ❖ Satellite Data Acquisition

#### ➤ AWS Ground Station 기반 수신 환경

- AWS 지상국 안테나 네트워크를 활용하여 위성 통신망 확보
- JPSS-1(NOAA-20) 위성의 **VIIRS** 센서 데이터를 직접 수신
- 지상 인프라 구축 비용 없이 클라우드 기반으로 유연한 수신 스케줄링 가능



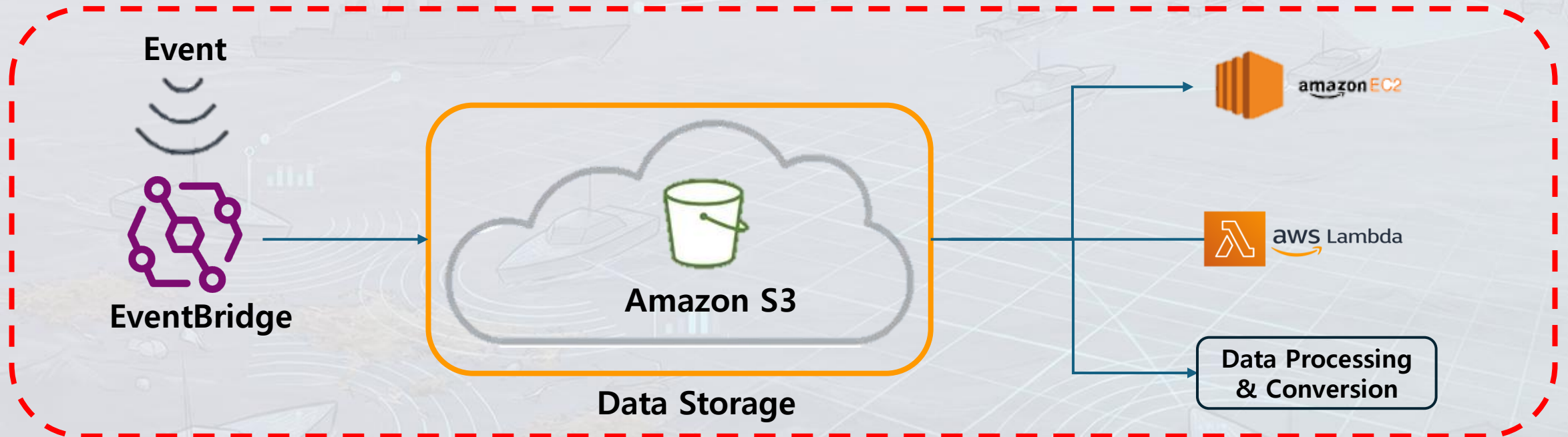
#### ➤ 데이터 파이프라인 및 스토리지

- 수신된 원시 **MODIS** 데이터를 **Amazon S3** 버킷에 실시간으로 자동 적재 및 보관
- 후속 처리를 위한 데이터 정합성 검증 및 인덱싱 자동화

### ❖ Event-driven processing

#### ➤ Event-trigger 기반 데이터 처리

- Amazon EventBridge를 활용한 이벤트 감지 기반 후속 프로세스 자동 트리거
- AWS Lambda를 활용한 연산 자원의 실행 및 종료
- 이벤트 기반 설계를 통한 자원 비용 절감 및 처리 효율성 극대화



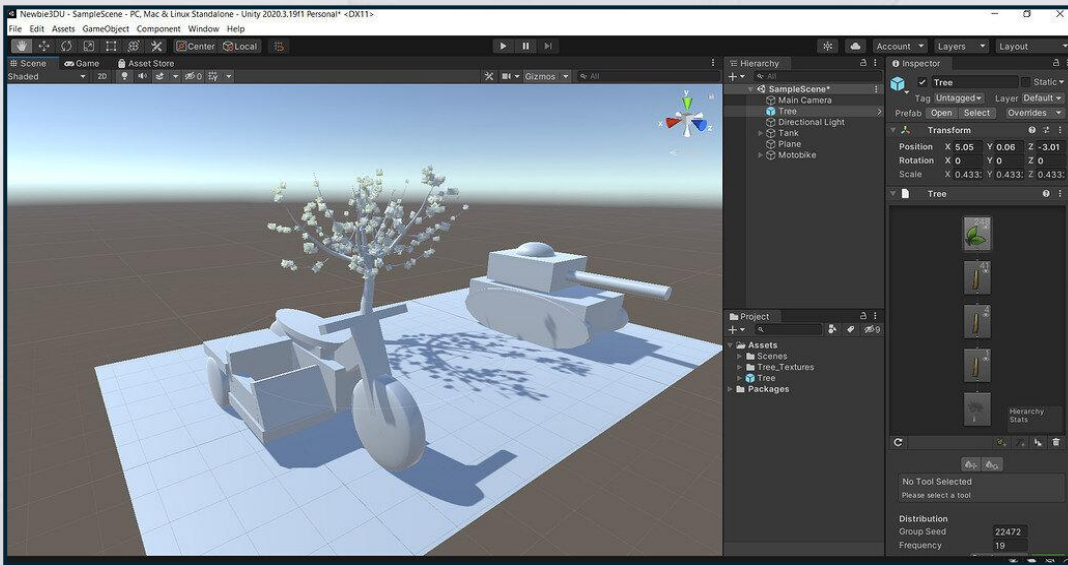
#### ➤ MODIS 데이터 전처리 및 변환

- Amazon EC2 기반으로 raw data를 이미지 포맷으로 변환 (HDF5(.h5) to GeoTIFF)
- AI 분석 최적화를 위한 기하 보정 및 노이즈 제거 수행
- 변환된 GeoTIFF 데이터는 좌표 정보를 포함하여 즉각적인 위치 분석 가능

### ❖ Simulation & Digital Twin

#### ➤ 해상환경 시뮬레이션

- Unity 3D를 활용한 해상환경 구현
- 실제 수상 환경을 구현할 수 있는 “Dynamic Water Physics 2” 에셋 적용
- 부력과 저항등이 계산되면서 USV의 사실적인 거동 묘사
- 3-DOF 운동 방정식이 적용된 제어 모델 확보



#### ➤ 2-Tier Hybrid Control

- **A\* Algorithm:** 해도 데이터를 기반으로 최적의 Waypoint를 생성하여 최적화된 전역 경로 생성.
- **MARL:** 파도 보정 및 동적 장애물 회피를 위한 미세 제어를 실시간으로 수행
- 학습된 모델(.onnx)을 TensorRT으로 변환, Jetson Orin Nano를 활용한 즉각 대응



## PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies

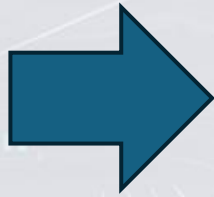
### ❖ AI Training & Algorithms

#### ➤ Reinforcement Learning

- Dec-POMDP 기반 **협업 메커니즘 구현**
- 가변 보상 함수의 **가중치( $\omega$ )의 실시간 조절**을 통한 즉각적인 임무 변환[7]



성능지표(누적 보상 합산)



<환경 모드의 USV 정렬>



<방어 모드의 USV 정렬>

#### ➤ AI Training Results

- 누적 보상 합산이 상승하다가 특정 구간에서 수렴
- 전역 경로 추종 및 장애물 회피시에도 **경로 이탈 최소화**
- **모드 변경시 신속한 전환**

**단일 인공지능 모델로 방어와 환경 임무를 모두 완수하는  
Dual-Use 시스템 설계 및 무결점성 확보**

## PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies

### ❖ Edge Implementation

#### ➤ 실시간 통신

- MQTT 통신 및 **AWS Greengrass**를 통해 Jetson Orin Nano에 전달[8].
- **AWS IoT Core**, A\* Algorithm, On board sensor로부터 정보 수신
- 시연을 통해 가상 시뮬레이션과 실제 하드웨어 상 안정적인 제어 루프 유지 검증



#### ➤ 하드웨어 제어 실행

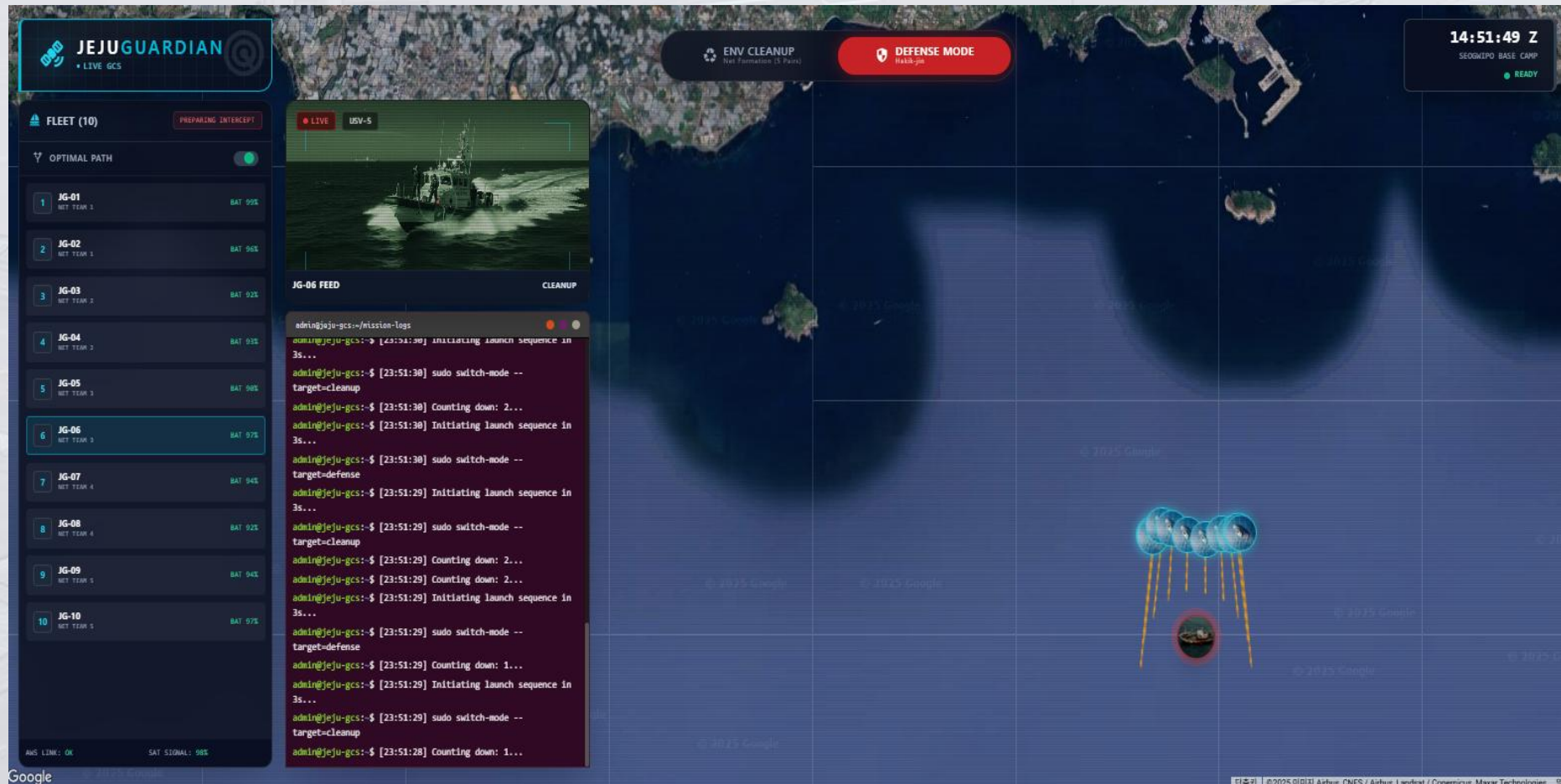
- 위성 데이터를 바탕으로 생성된 **Global path**를 추종
- 실시간 시스템 로그를 통해 배터리 상태, 센서 데이터 등을 관제시스템으로 전송

***AWS IoT Greengrass를 통한 소프트웨어 구축을 통해 USV가 실시간으로 상황에 맞는 임무 수행***

### ❖ User Interface

#### ➤ 실시간 해상관측 UI

- 지도 기반의 직관적 관제 환경 구성
- USV의 실시간 좌표, 배터리 잔량, Jetson Orin Nano의 시스템 로그 출력
- USV 현장 스트리밍 영상, 작전 상태 등을 표시



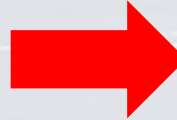


## PART 4. Expected Outcomes & Business Strategy

### ❖ 두 가지 임무, 하나의 플랫폼

#### ➤ As-Is: 두 개의 임무를 위한 중복된 하드웨어 운용

- **고비용 구조**
  - 감시: 유인 함정 운용에 따른 고정 비용 발생
  - 환경: 별도의 정화 선박 및 전문 인력 투입.
- **구조적 비효율**
  - 각 임무를 위한 전용 장비가 별도로 필요
  - 동일 해역에서 두 개의 예산과 조직이 중복 운영



#### ➤ To-Be: 통합 플랫폼 기반 지능형 단일 운용

- **하드웨어 통합**
  - 단일 USV군집이 두 임무를 모두 수행
  - 무인화로 인한 인건비 및 운영 비용 획기적 절감
- **지능형 전환**
  - AI의 '보상함수' 전환만으로 즉시 임무 모드 변경
  - 통합된 예산과 조직으로 두 사회 문제 동시 해결

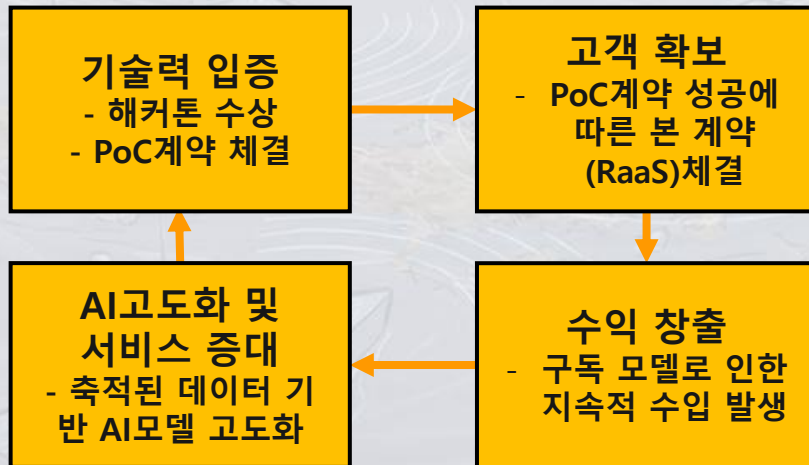


*Dual-Use 기술을 활용한 압도적 비용 절감 효과*

## ❖ Robot-as-a-Service: 지속 가능한 수익 모델

### ➤ 수익 모델 세부 계획

- 초기 수익
  - 해커톤 수상을 발판으로 제주도와 실증 사업(PoC) 계약 체결
  - 기술력의 객관적 증명과 함께 초기 개발 자금 확보
- 지속 수익
  - 플랫폼을 구독 모델로 전환
  - AI모델 업데이트, 실시간 모니터링 지원 등의 기능 제공
  - 지속적인 R&D 투자의 재원으로 사용



**한 번의 판매로 끝나는 것이 아닌  
고객과 함께 성장하는 비즈니스 생태계 구축**

### ➤ Jeju Guardian Subscription Plans

Standard	Advanced	Premium
<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간 USV 관제</li> <li>위성 탐지</li> <li>환경 정화 모드</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standard 기능 포함</li> <li>Dual-Use 모드 전환</li> <li>MARL 기반 자율 기동</li> <li>위험 탐지 자동 알림</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced 기능 포함</li> <li>위협 패턴 예측 분석</li> <li>AWS Sagemaker 기반 임무 효율 최적화</li> <li>MUM-T 연동 지원</li> </ul>
<b>대상</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>소규모 항만</li> <li>양식장</li> </ul>	<b>대상</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>지방해양경찰청</li> <li>지방자치단체</li> </ul>	<b>대상</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>해양경찰청</li> <li>해군</li> </ul>



## PART 4. Expected Outcomes & Business Strategy

### ❖ From Jeju to the Globe: 제주에서 세계로

#### ➤ AWS 클라우드의 확장성에 기반해, 세계 해양 안보의 표준 솔루션으로 성장



#### 1. 국내 거점 확보

- 제주 - 혁신의 테스트 베드
- 제주의 성공 사례 기반으로 동일한 문제를 겪는 서해 5도, 남해안을 중심으로 솔루션을 전개해 국내 시장 선점[9].

#### 2. 동남아 시장 진출

- 동남아 - 최적의 목표 시장
- 수 만개의 섬으로 이루어져 해양 감시에 어려움
- 불법 조업이나 해양 플라스틱 문제로 고통[10].
- 따라서 솔루션의 가치가 극대화 될 것으로 예상

#### 3. 글로벌 표준 선도

- 글로벌 데이터 플랫폼으로 진화
- 솔루션 수출을 넘어 AWS기반 글로벌 해양 데이터 플랫폼 구축
- 전 세계 해양 안보 및 환경 데이터의 표준을 선도하는 기업으로 성장

#### ➤ 핵심 동력

- **Problem Isomorphism:** 불법 조업, 해양 쓰레기는 전 세계 해양 국가의 보편적 문제
- **AWS Cloud Native:** 물리적 서버 구축 없이 세계 AWS region에 즉시 서비스 배포 가능
- **Data Network Effect:** 서비스가 확장될수록 더 많은 해양 데이터가 축적되고 AI모델이 정교해짐



## ❖ 아이디어를 현실로

## ➤ 단계별 실행 계획

## Phase 1: 기술 검증

- 핵심 로직 & AWS S3, Lambda, Kinesis 기반 MVP 구현
- 시뮬레이션 기반 기술 검증 완료

## Phase 2: 실증 및 고도화

- 제주 실효역 PoC(실증 사업) 수행
- 실 운용 데이터 기반 AI 모델 고도화

## Phase 3: 상용화

- 제주도 1호 RaaS 구독 계약 체결
- 국내 타 지자체 대상 사업 확장 개시

## Phase 4: 글로벌 확장

- 동남아 시장 진출 및 파트너십 구축
- 글로벌 해양 데이터 플랫폼으로 진화

phase 1

phase 2

phase 3

phase 4

~ '26. 2.

'26. 3. ~ '26. 12.

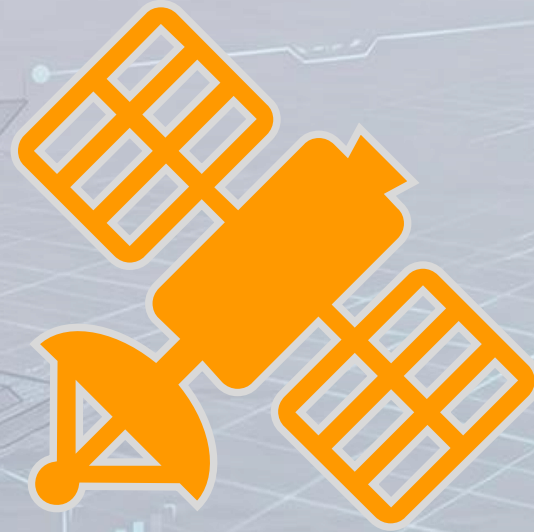
2027

2028~



*AWS 클라우드와 AI를 기반으로,  
안보와 환경의 복합 위기를 동시에 해결하는 하나의 솔루션을  
제시했습니다.*

*위 로드맵을 기반으로  
기술 구현과 사업화 가능성을 단계적으로 실현하여,  
해양 안보 및 환경 보호 분야의 새로운 기준을 제시하겠습니다.*



감사합니다.