



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

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**

PART 1. Introduction & Problem Definition

❖ 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):

- 광생이모자반 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

PART 1. Introduction & Problem Definition

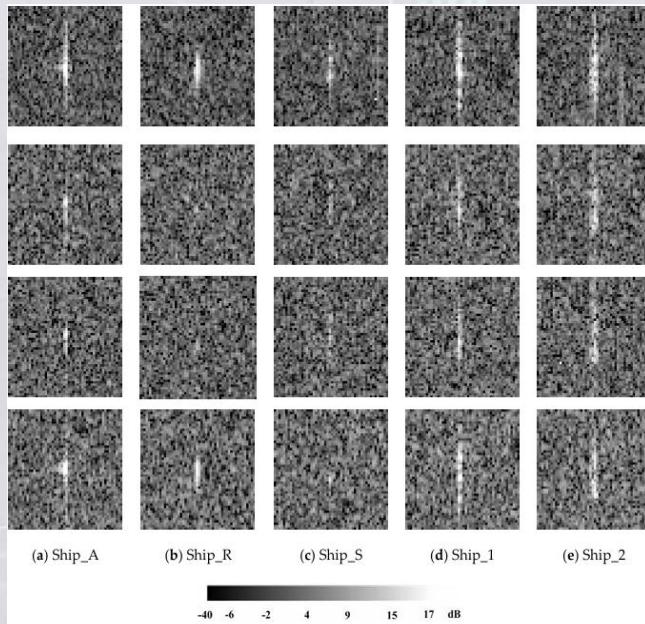
❖ 두 가지 임무, 하나의 해법: 수학으로 통합된 'Dual-Use' 시스템

➤ Dual-Crisis To Dual-Use Solution

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

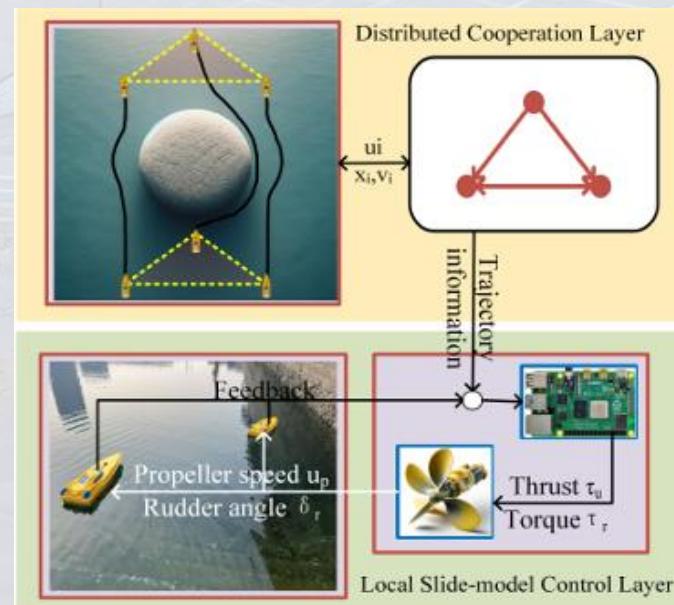
✓ Detection: 통계적 동형성

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



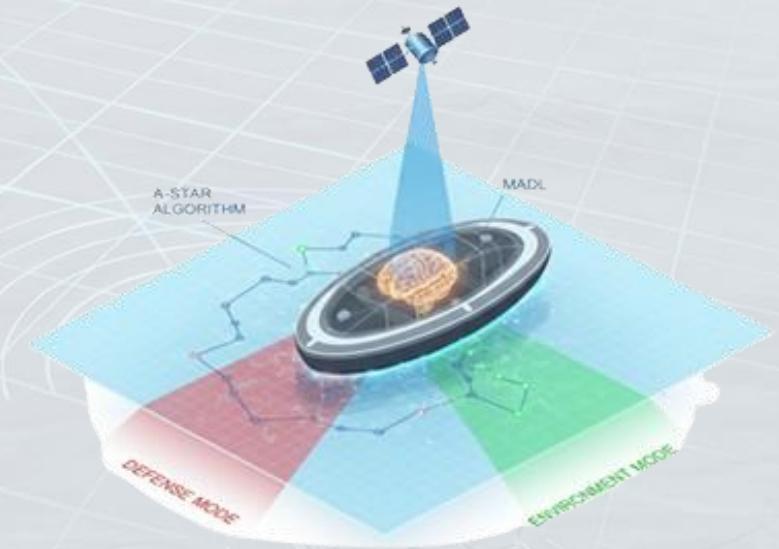
✓ Control: 동역학적 동형성

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



✓ Conclusion: 목적에 따른 가변형 시스템 설계

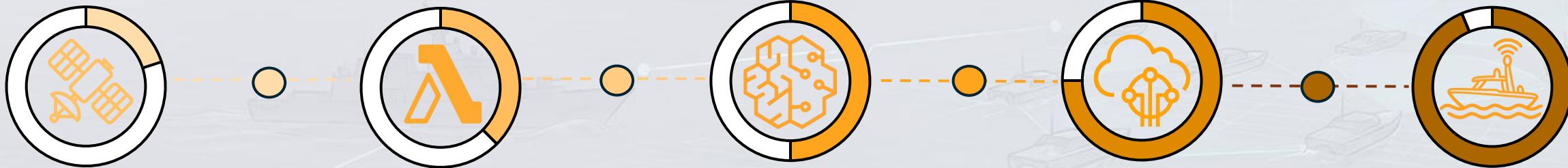
- 물리적인 하드웨어의 변경 없이 오직 보상함수의 전환만으로 임무 수행
→ 가변형 Dual-Use 시스템 설계
- A* 알고리즘으로 경로 산출
→ MADL으로 정밀 제어 수행



PART 2. Solution & System Architecture

❖ 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

AI 정밀 분석

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

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**

PART 2. Solution & System Architecture

- ❖ Jeju Guardian: 2-Tier 하이브리드 제어 아키텍처
 - 자율 운항을 위한 계층적 제어 구조

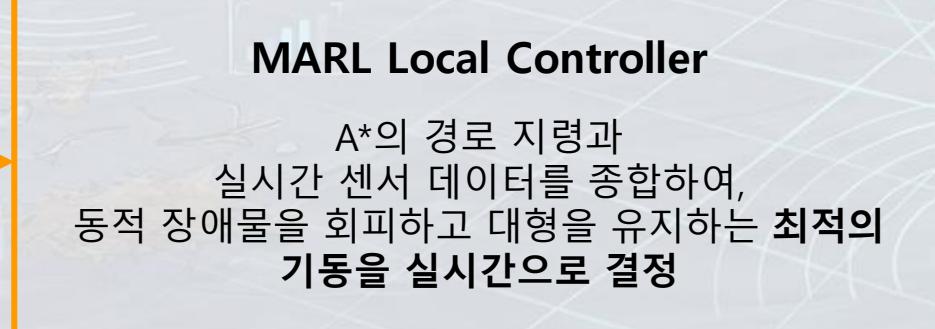
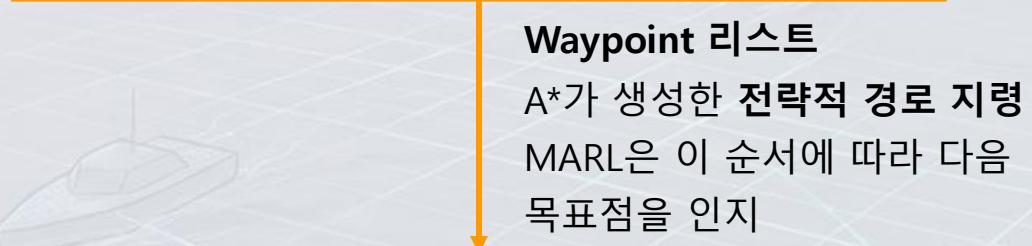


지도 데이터 및 목표 좌표



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

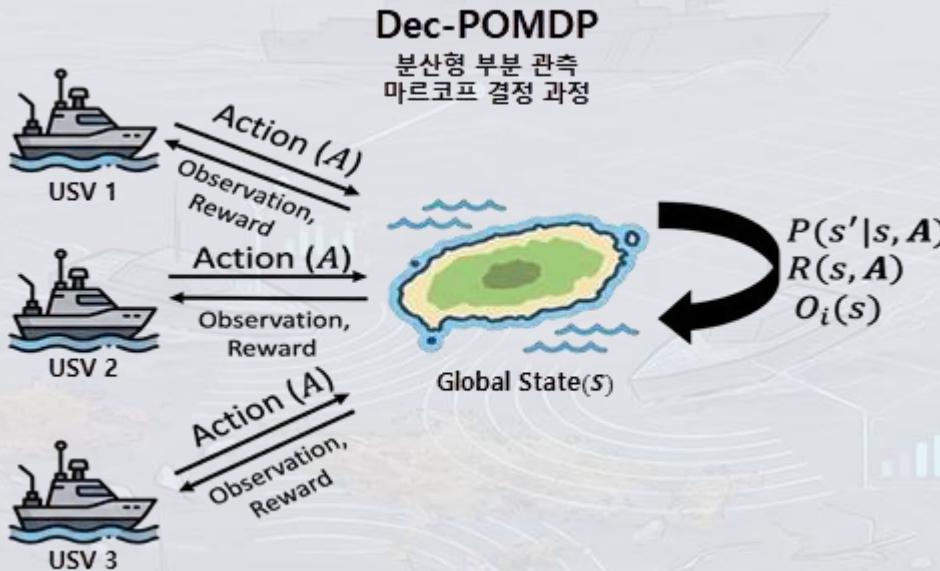
❖ 핵심 기술 1: 수학적 동형성 기반 가변 보상 함수 설계

- Dec-POMDP 프레임워크 상에서 방어와 정화 임무의 수학적 동일성 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 (ψ), 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(Δ)를 제어하는 연속 행동 공간 공유

② 가변 요소(Variant)

“가중치(ω) 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

ω : 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:

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

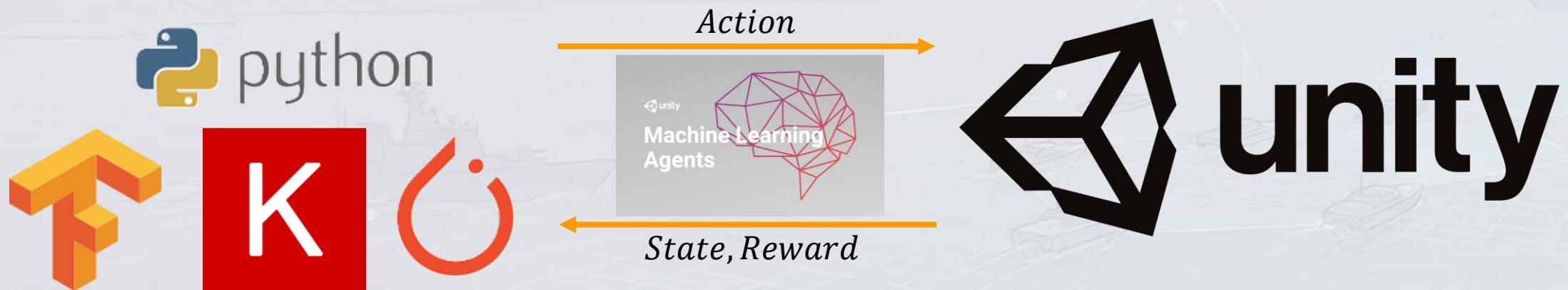
$R_{collection}$: 수거 점수(범위 내 접근)

$R_{coverage}$: 탐색 점수(안 가본 곳 탐색)

R_{sync} : 동기화 점수(대형 유지)

PART 2. Solution & System Architecture

- ❖ 핵심 기술 2: Unity 3D 기반 디지털 트윈 검증 및 MUM-T(Manned-Unmanned Teaming, 유무인 협업 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 등
의 기능에서 자율 기동

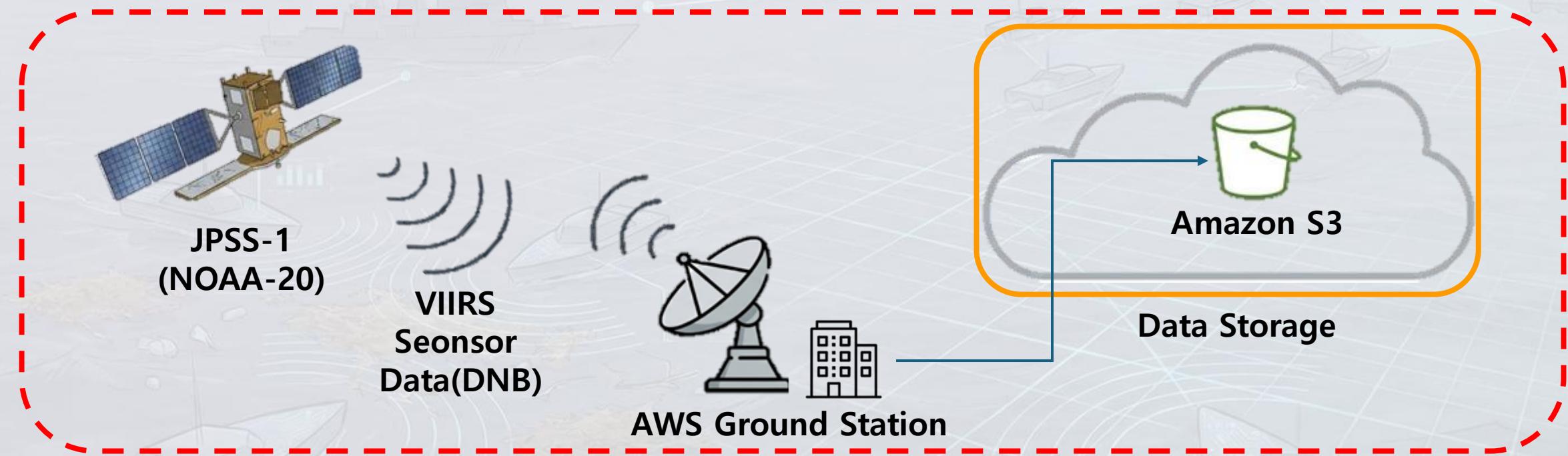


PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies

❖ 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

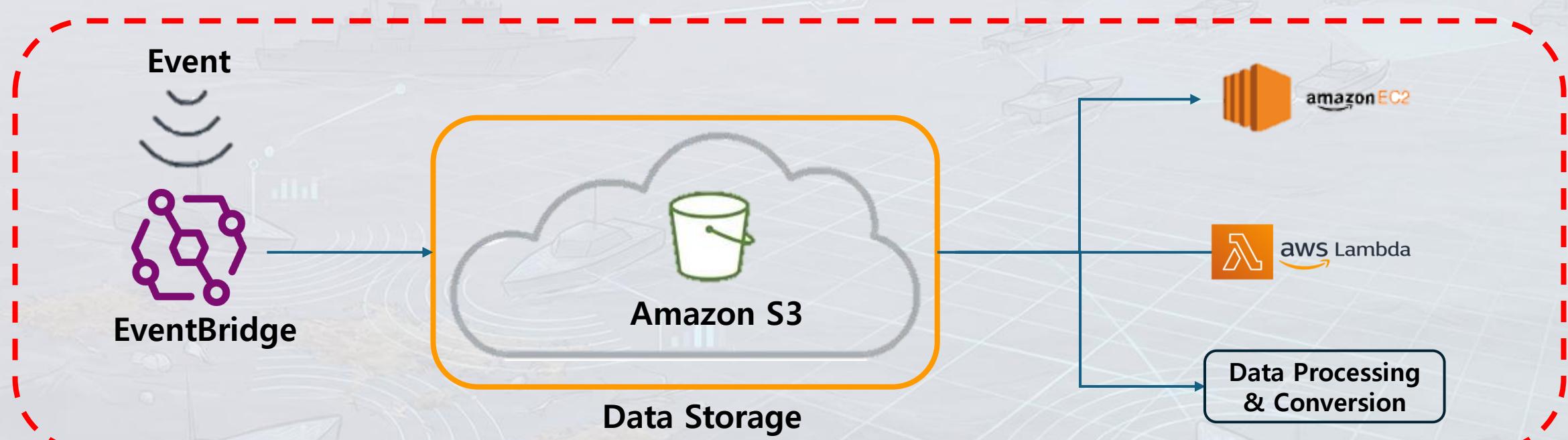
- 수신된 원시 MODIS 데이터를 Amazon S3 버킷에 실시간으로 자동 적재 및 보관
- 후속 처리를 위한 데이터 정합성 검증 및 인덱싱 자동화

PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies

❖ 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

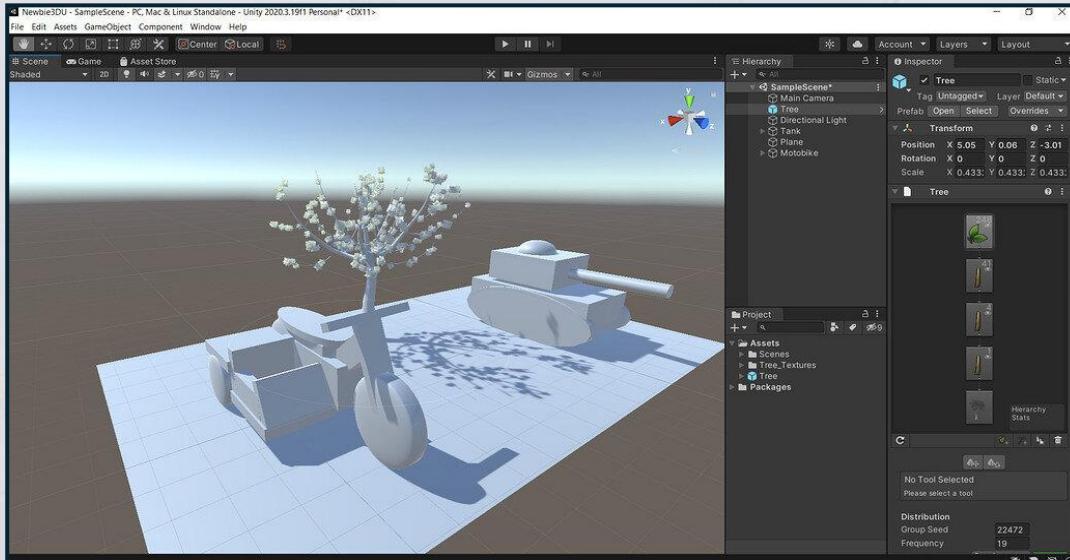
- Amazon EC2 기반으로 raw data를 이미지 포맷으로 변환 (HDF5(.h5) to GeoTIFF)
- AI 분석 최적화를 위한 기하 보정 및 노이즈 제거 수행
- 변환된 GeoTIFF 데이터는 좌표 정보를 포함하여 즉각적인 위치 분석 가능

PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies

❖ 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

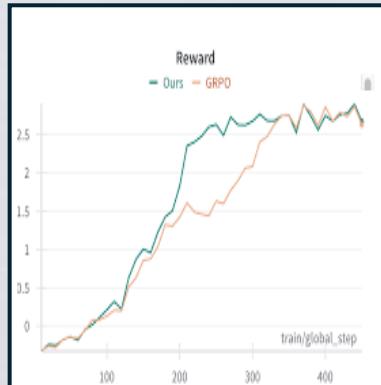
- **A* Algorithm:** 해도 데이터를 기반으로 최적의 Waypoint를 생성하여 최적화된 전역 경로 생성.
- **MARL:** 파도 보정 및 동적 장애물 회피를 위한 미세 제어를 실시간으로 수행
- **학습된 모델(.onnx)을 TensorRT으로 변환**, Jetson Orin Nano를 활용한 즉각 대응

PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies

❖ AI Training & Algorithms

➤ Reinforcement Learning

- Dec-POMDP 기반 협업 메커니즘 구현
- 가변 보상 함수의 **가중치(ω)**의 실시간 조절을 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

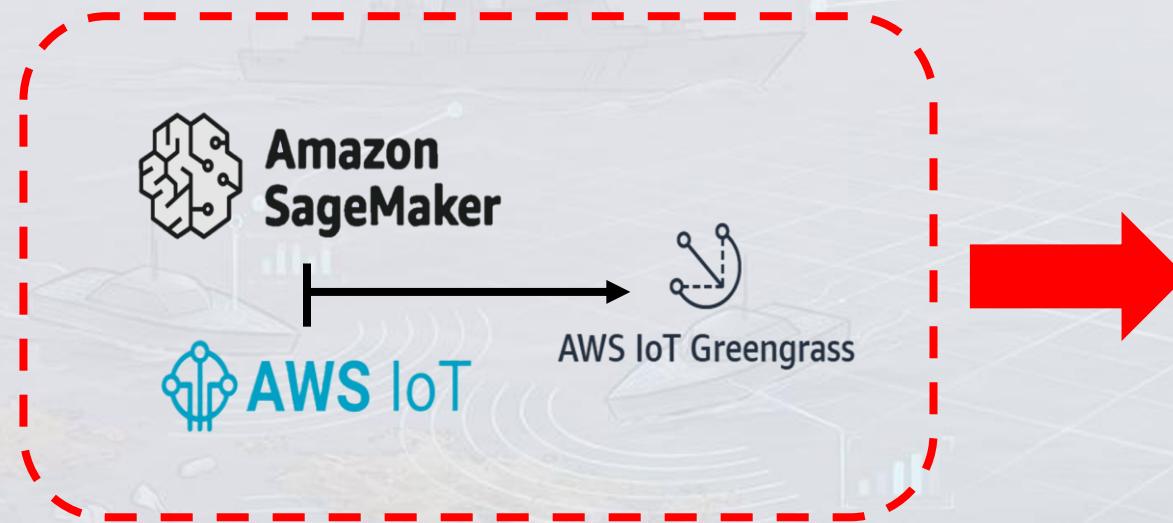
**단일 인공지능 모델로 방어와 환경 임무를 모두 완수하는
Dual-Use 시스템 설계 및 무결점성 확보**

PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies

❖ Edge Implementation

➤ 실시간 통신

- MQTT 통신 및 AWS Greengrass를 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



```
rhee@rhee-desktop: ~/Desktop/temp
20:59:39 <counting down:2>
20:59:39 <error usv: 0>
20:59:40 <counting down:3>
20:59:40 <error usv: 0>
20:59:41 <counting down:3>
20:59:41 <error usv: 0>
20:59:42 <counting down:3>
20:59:42 <error usv: 0>
20:59:43 <counting down:2>
20:59:43 <error usv: 0>
20:59:44 <counting down:2>
20:59:44 <error usv: 0>
20:59:45 <counting down:1>
20:59:45 <error usv: 0>
20:59:46 <counting down:4>
20:59:46 <error usv: 0>
sudo switch-mode target = defense
20:59:47 <counting target: 0>
20:59:47 <distance of target:1,000m>
20:59:49 <counting target: 0>
20:59:49 <distance of target:942m>
20:59:51 <counting target: 2>
20:59:51 <distance of target:867m>
```

➤ 하드웨어 제어 실행

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

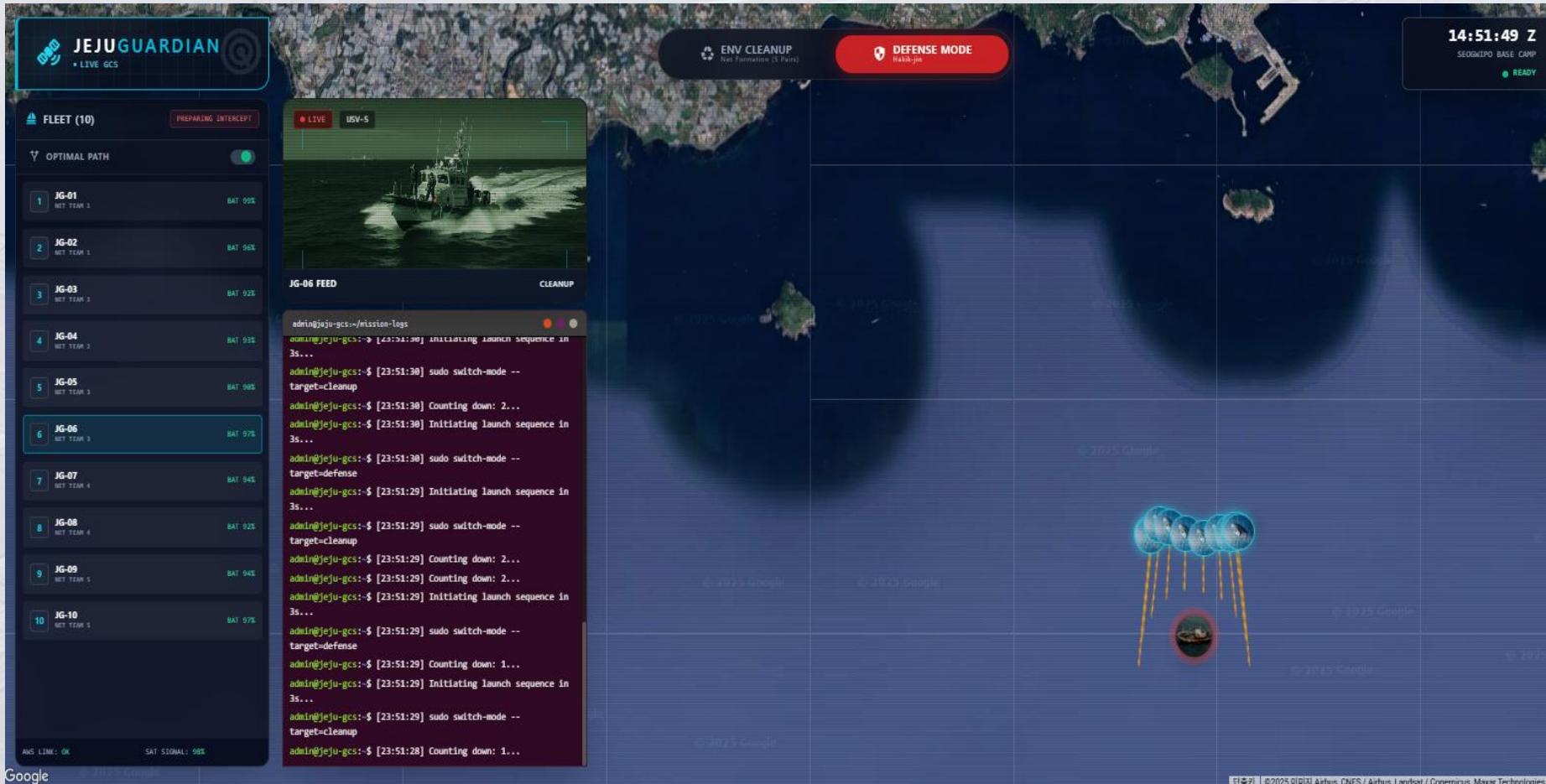
AWS IoT Greengrass를 통한 소프트웨어 구축을 통해 USV가 실시간으로 상황에 맞는 임무 수행

PART 3. In-depth Analysis of Core Technologies

❖ User Interface

➤ 실시간 해상관측 UI

- 지도 기반의 직관적 관제 환경 구성
- USV의 실시간 좌표, 배터리 잔량, Jetson Orin Nano의 시스템 로그 표출
- 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



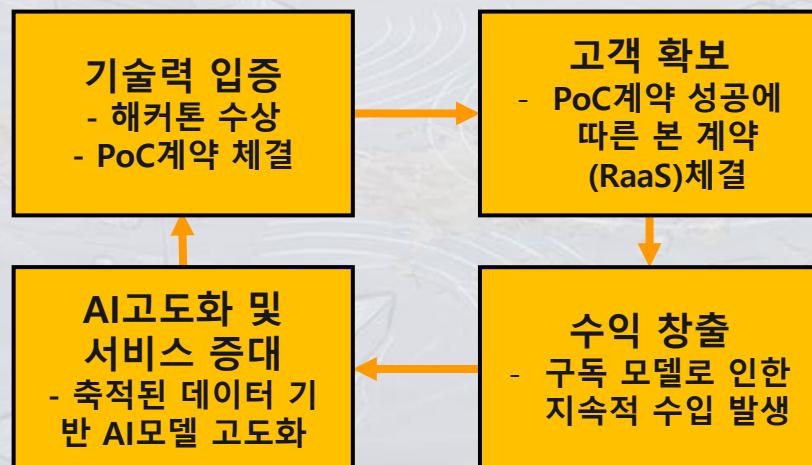
Dual-Use 기술을 활용한 압도적 비용 절감 효과

PART 4. Expected Outcomes & Business Strategy

❖ 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 등 의 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

- 실시간 USV 관제
- 위성 탐지
- 환경 정화 모드

Advanced

- Standard 기능 포함
- Dual-Use 모드 전환
- MARL 기반 자율 기동
- 위협 탐지 자동 알림

Premium

- Advanced 기능 포함
- 위협 패턴 예측 분석
- AWS Sagemaker 기반 임무 효율 최적화
- MUM-T 연동 지원

대상

- 소규모 항만
- 양식장

대상

- 지방해양경찰청
- 지방자치단체

대상

- 해양경찰청
- 해군

PART 4. Expected Outcomes & Business Strategy

❖ From Jeju to the Globe: 제주에서 세계로

➤ AWS 클라우드의 확장성에 기반해, 세계 해양 안보의 표준 솔루션으로 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

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

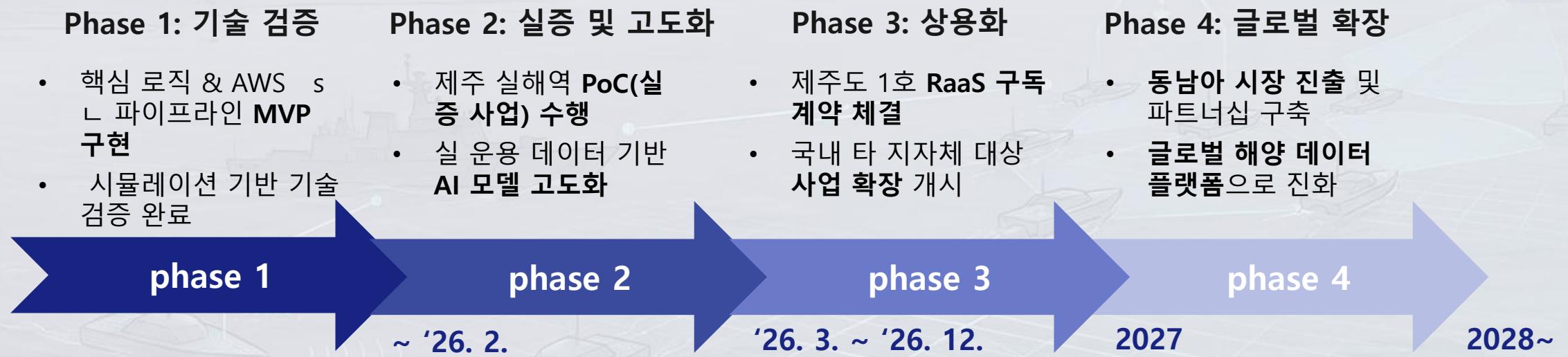
- 동남아 - 최적의 목표 시장
- 수 만개의 섬으로 이루어져 해양 감시에 어려움
- 불법 조업이나 해양 플라스틱 문제로 고통[10].
- 따라서 솔루션의 가치가 극대화 될 것으로 예상

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

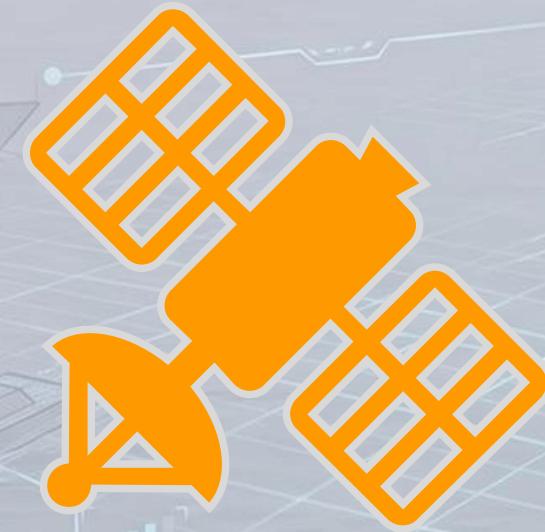
PART 5. Conclusion

- ❖ 아이디어를 현실로
 - 단계별 실행 계획



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.