



1

연구단 구성

2-1

주요연구개발 내용 – 3 / 6세부 (UAV)

2-2

주요연구개발 내용 – 1세부 (UGV)

2-3

주요연구개발 내용 – 2세부 / 5세부 (USV)

2-4

주요연구개발 내용 – 4세부 (통신)

3

기타 이슈사항

## 2 주요 연구개발내용(2세부) - 과제 개요



### □ 2세부과제

사업명 / 발주기관	무인이동체 원천기술 개발사업 / 과학기술정보통신부
과 제 명	자율협력형 무인선 개발
주관기관 /위탁과제	2세부과제 : 선박해양플랜트연구소 (KRISO) 위탁과제 1 : 한국해양대학교 (우주현)
연구 목표	다수·이종 무인이동체 자율협력운용 시스템 구성 및 통합 운용, 임무 실증을 위한 자율협력형 무인선 시스템 및 자율운항 핵심 알고리즘 개발



### □ 연구 목표 및 내용

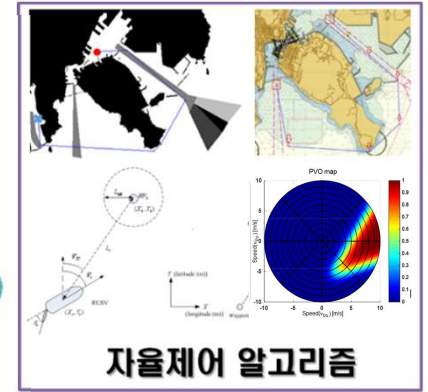
최종목표	다수·이종 무인이동체 자율협력운용 시스템 구성 및 통합 운용, 임무 실증을 가능하게 하기 위해 <b>자율협력형 무인선 시스템 및 자율운항 핵심 알고리즘</b> 개발
세부목표	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 자율협력형 무인선 시스템 기본 설계</li> <li>2. 다수·이종 무인이동체 자율협력을 위한 무인선 자율제어 알고리즘 개발</li> <li>3. 인공지능 기반 자율운항 핵심기술 개발</li> <li>4. 자율협력 무인이동체 실증 시나리오 검증</li> </ol>
연차별목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1차년도: 자율협력형 무인선 시스템 기본 설계</li> <li>○ 2차년도: 인공지능 기반 자율운항 핵심기술 개발</li> <li>○ 3차년도(단계)*: 인공지능 기반 자율운항 핵심기술 고도화</li> <li>○ 4차년도: 무인선 자율운항 시스템 성능시험 및 평가</li> <li>○ 5차년도: 해공 무인이동체 자율협력 연동시험</li> <li>○ 6차년도: 육해공 무인이동체 자율협력 연동시험</li> <li>○ 7,8차년도(최종): 육해공 무인이동체 자율협력 임무 시나리오 실증 시험</li> </ul> <p>* 해양복합연구단 무인선 플랫폼 설계안 도입 후 시제선 건조(3차년도)</p>

## 2 주요 연구개발내용(2세부) - 연구목표



### □ 최종 연구목표

- ❖ 최대속도 10 knots, 운항시간 5시간 이상, 전기배터리 추진 시스템
- ❖ Sea state 2 이상, DP 위치오차 3 m 이하, UAV 2대 이상 탑재



## 2 주요 연구개발내용(2세부) - 개발 일정



주요 일정	1차년도 2020	2차년도 2021	3차년도 2022	4차년도 2023	5차년도 2024	6차년도 2025	7차년도 2026	8차년도 2027
	KOM SRR/SDR	PDR	CDF		TRR			
무인선 시스템		설계도 검토 및 수정*	무인선 건조 DP 시스템 구축*	이착륙 패드제작** / 기본검증	* 해양복합연구단 설계도 도입 및 수정 ** 1세부 이착륙 패드 설계도 도입 및 필요시 수정 후 제작			
			탑재/관제 시스템 제작					
자율운항 기술	자율운항 시스템 기본설계	정밀 자동위치 확보 및 자율 항법 기술개발		협력운용 알고리즘 시스템통합		자율협력형 무인선 자율운항기술 고도화		
		상황인식 및 충돌회피 기술개발	자율운항 알고리즘 통합 및 무인선 탑재					
무인선 운용기술			유인 시운전					
				무인선 단독성능 검증	해공 협력운용 검증	육해공 협력운용 검증 및 임무 시나리오 실증		

세부  
일정





### □ 4차년도 연구계획

- ❖ 연구개발 목표 : 무인선 자율운항 시스템 성능시험 및 평가
- ❖ 연구개발 내용 및 방법
  - 무인선 자율항법 알고리즘 탑재 및 성능시험 평가
    - 자율제어 소프트웨어 모듈/장애물인식 소프트웨어 무인선 탑재
    - 무인선 자율운항 성능 시험평가
  - 무인기 협력운용을 위한 이착륙 패드 제작 및 검증
  - 무인선 DP 성능시험
  - UVINet 인터페이스 통합 및 연동

개발 내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
자율제어 알고리즘 탑재												
장애물 인식 알고리즘 탑재												
무인선 탑재/관제 시스템 및 알고리즘 통합												
무인기 이착륙패드 제작 및 기본성능 검증												
무인선 DP 시스템 실해역 성능검증 기술 지원												
무인선 자율운항 성능시험 평가												

## 2 주요 연구개발내용(2세부) - 4차년도 연구 내용



### □ 세부목표별 연구내용

세부목표	연구 내용
무인선 자율항법 알고리즘 탑재 및 성능시험 평가	자율제어 소프트웨어 모듈 무인선 탑재
	장애물인식 소프트웨어 무인선 탑재
	무인선 자율운항 성능 시험평가
무인기 협력운용을 위한 이착륙패드제작및검증	이착륙패드 시제품 제작 <sup>*</sup>
	모션 플랫폼(3세부 제작품) 연동을 통한 무인기 이착륙 지상시험 수행 <sup>**</sup>
무인선 DP 성능시험 <sup>***</sup>	동적 DP 성능 시험
	시뮬레이션을 통한 기술 확보 후 무인선 실선시험을 통한 검증
UVINet 인터페이스 통합 및 연동	총괄 시스템과의 연동을 위한 통신시스템 UVINet 인터페이스 연동

\* 이착륙패드 설계 수정 및 제작은 5세부에서 진행

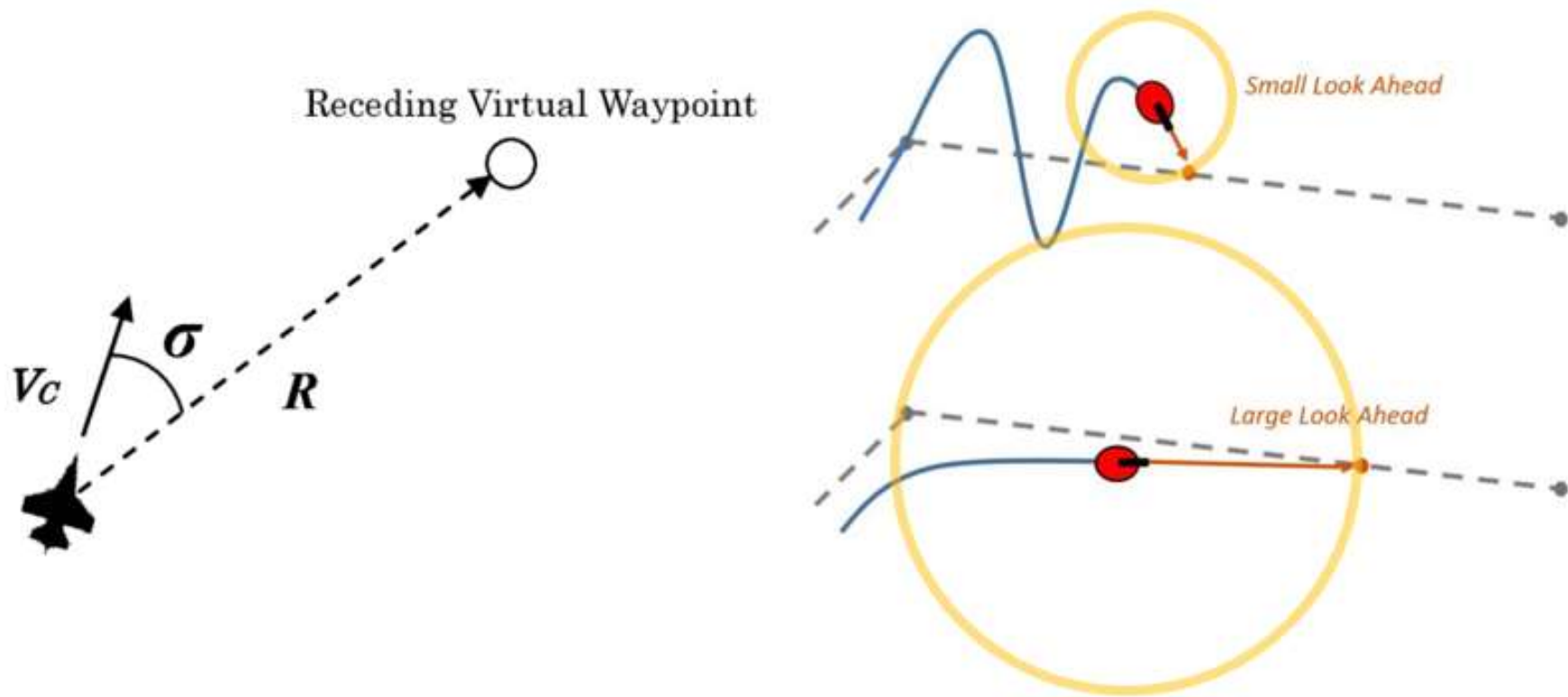
\*\* 3세부 주관 및 모션 플랫폼 운동 관련하여 참여

\*\*\* DP 알고리즘은 해양복합연구단 결과물 도입 및 실선 실험역 시험을 통한 검증

## 2 주요 연구개발내용(2세부) - (4차년도 연구내용)



- 무인선 자율항법 알고리즘 탑재 및 무인선 단독운용 시스템 구축
  - ❖ 자율제어 알고리즘



〈 경로추종 알고리즘 (경로오차 제어 포함) 〉

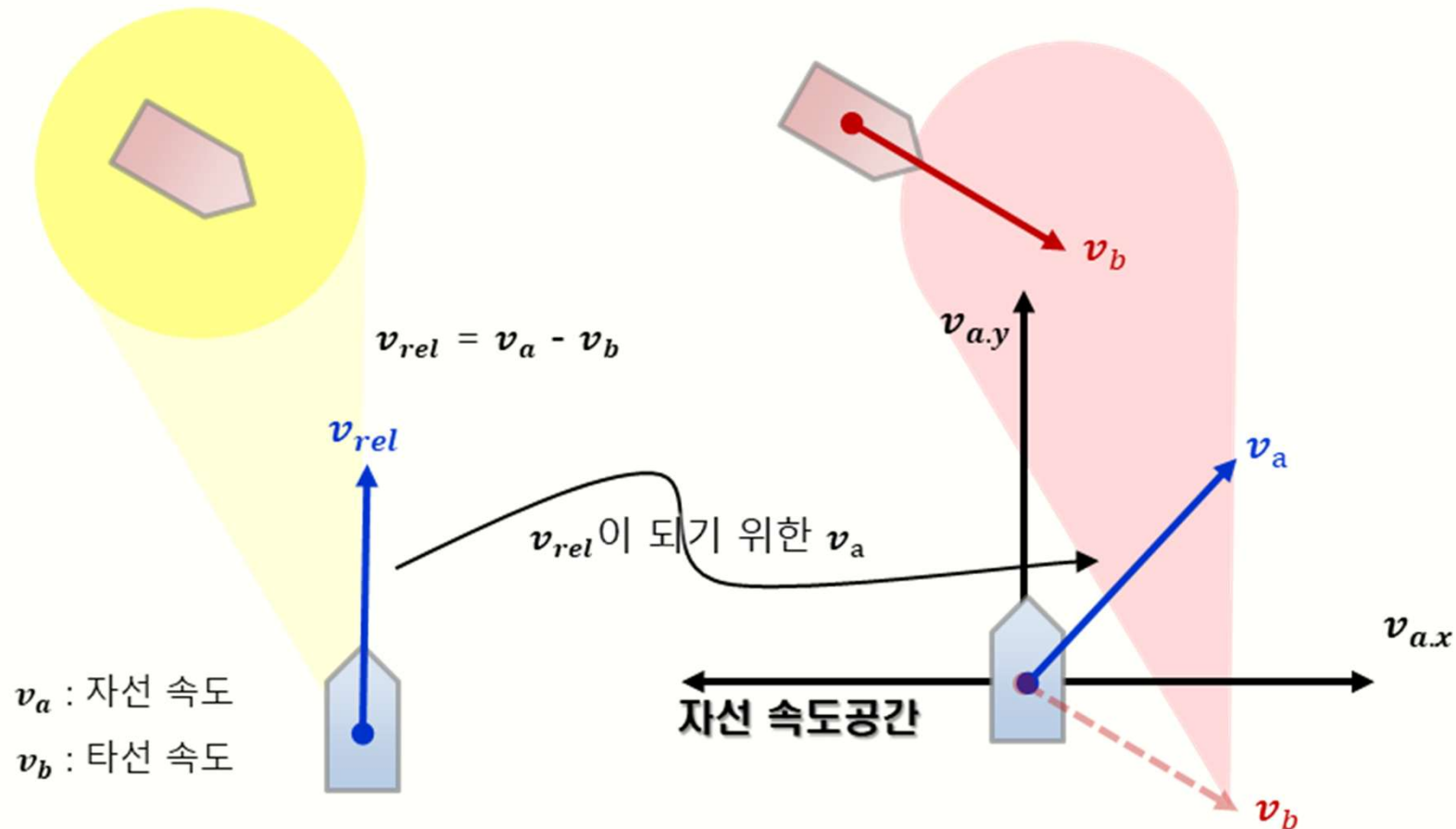


## 2 주요 연구개발내용(2세부) - (4차년도 연구내용)



### □ 무인선 자율항법 알고리즘 탑재 및 무인선 단독운용 시스템 구축

#### ❖ 자율제어 알고리즘

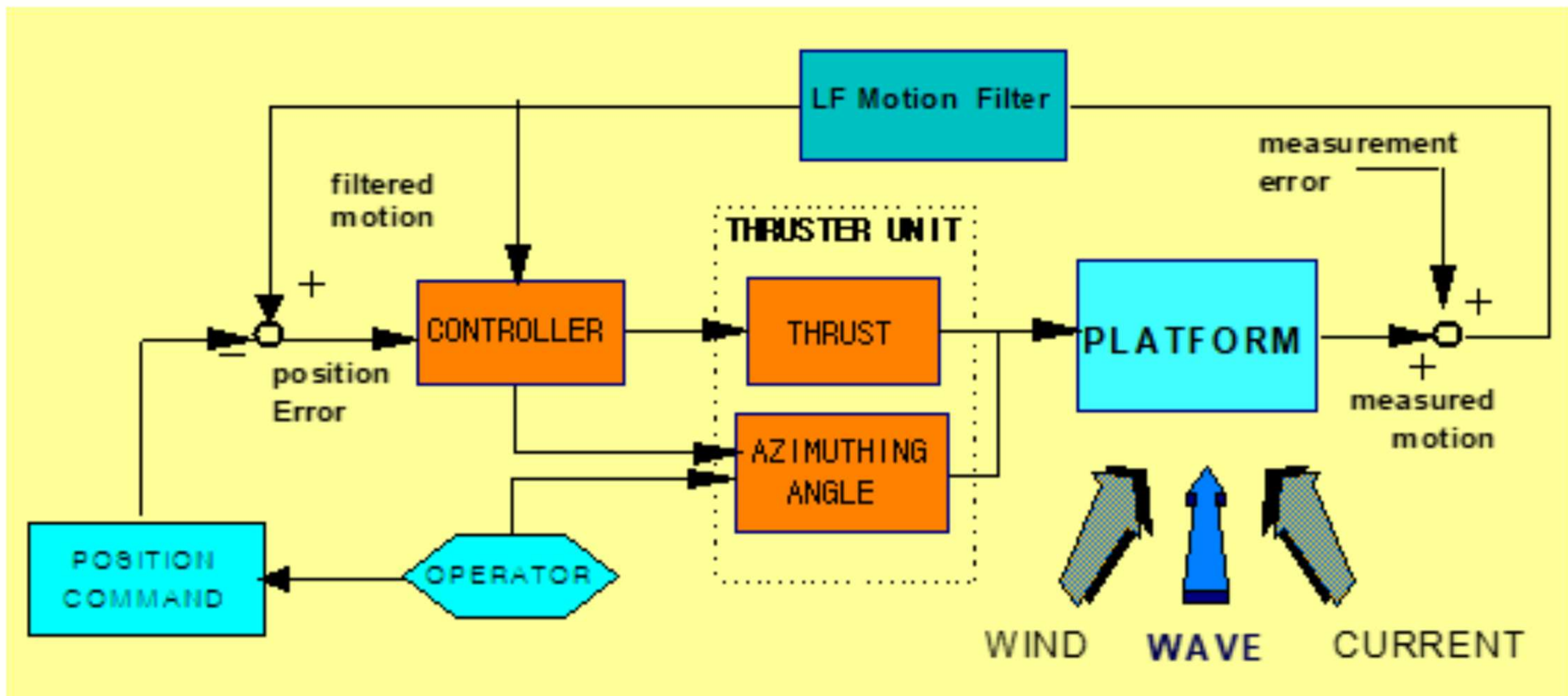


< V0 기반 충돌회피 알고리즘 >

## 2 주요 연구개발내용(2세부) - (4차년도 연구내용)



- 무인선 자율항법 알고리즘 탑재 및 무인선 단독운용 시스템 구축
  - ❖ 자율제어 알고리즘



〈 DP 제어 알고리즘(해양복합연구단 결과 활용) 〉

## 2 주요 연구개발내용(2세부) - (4차년도 연구내용)

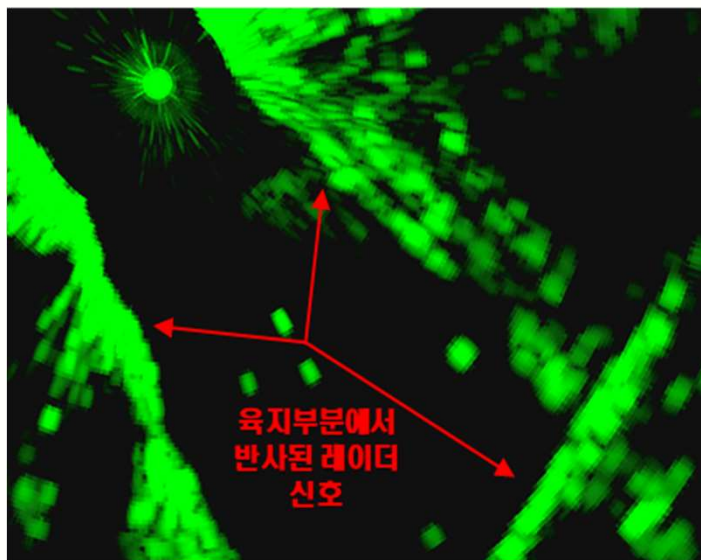


### □ 무인선 자율항법 알고리즘 탑재 및 무인선 단독운용 시스템 구축

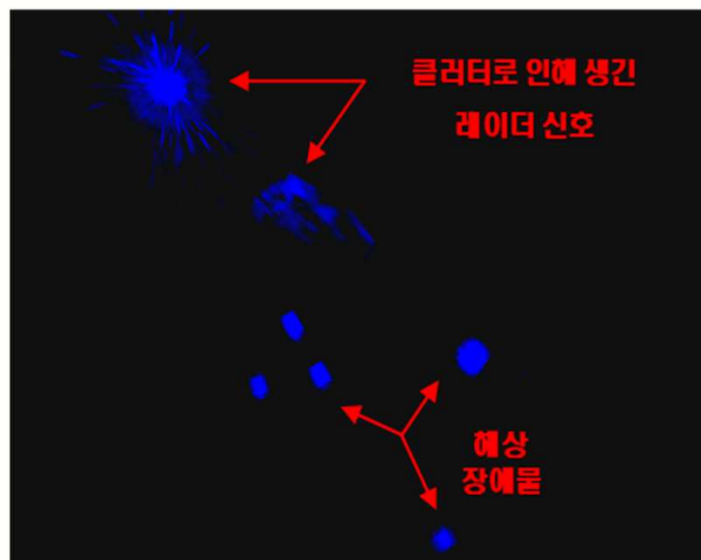
#### ❖ 장애물 인식 알고리즘

## 레이다 기반 장애물 탐지

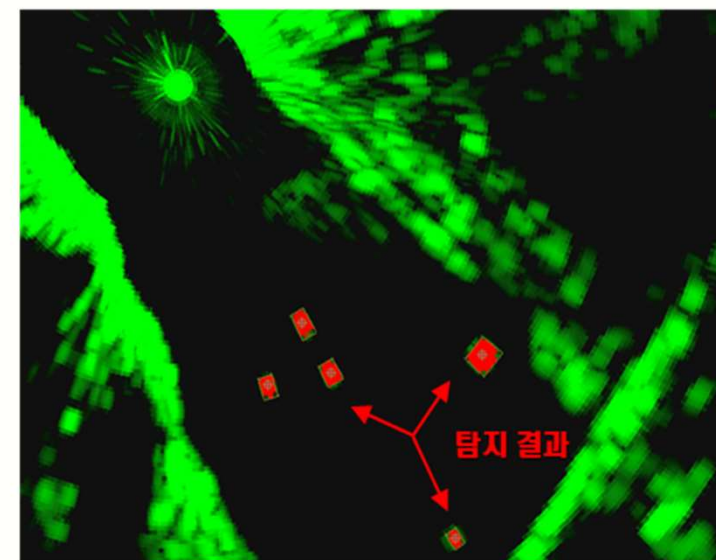
Raw radar data



Without landmass



Obstacle detection results



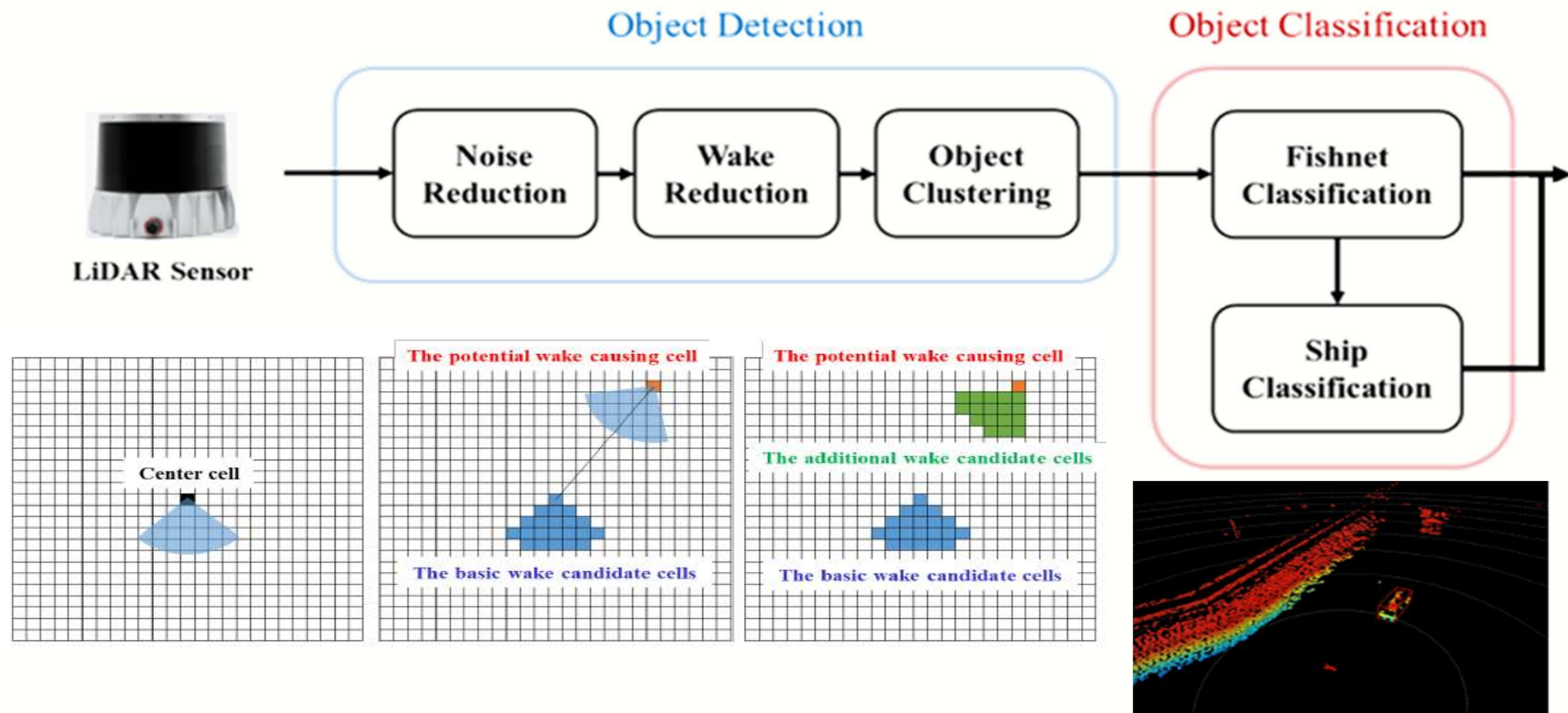
## 2 주요 연구개발내용(2세부) - (4차년도 연구내용)



### □ 무인선 자율항법 알고리즘 탑재 및 무인선 단독운용 시스템 구축

#### ❖ 장애물 인식 알고리즘

### 라이다 기반 장애물 탐지







## □ 무인선 자율항법 알고리즘 탑재 및 무인선 단독운용 시스템 구축

### ❖ 장애물 인식 알고리즘

## 장애물 인식 추적 필터

#### ✓ System model

$$\dot{x} = f(x) + w \quad \bullet \quad w \sim N(0, \sigma_w^2)$$

$$x = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ \psi_0 \\ V_0 \\ x_T \\ y_T \\ \psi_T \\ V_T \\ l_T \end{bmatrix}, \dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \\ \dot{\psi}_0 \\ \dot{V}_0 \\ \dot{x}_T \\ \dot{y}_T \\ \dot{\psi}_T \\ \dot{V}_T \\ \dot{l}_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_0 \cos \psi_0 \\ V_0 \sin \psi_0 \\ 0 \\ 0 \\ V_T \cos \psi_T \\ V_T \sin \psi_T \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + w$$

#### ✓ Measurement model

$$z = h(x) + v \quad \bullet \quad v \sim N(0, \sigma_v^2)$$

$$z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \\ z_5 \\ z_6 \\ z_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ \psi_0 \\ V_0 \\ \beta_T \\ \rho_T \\ l_T \end{bmatrix} + v = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ \psi_0 \\ V_0 \\ \tan^{-1}((y_T - y_0)/(x_T - x_0)) - \psi_0 \\ \sqrt{(x_T - x_0)^2 + (y_T - y_0)^2} \\ l \end{bmatrix} + v$$

#### ✓ Data association

##### • Rectangular gates

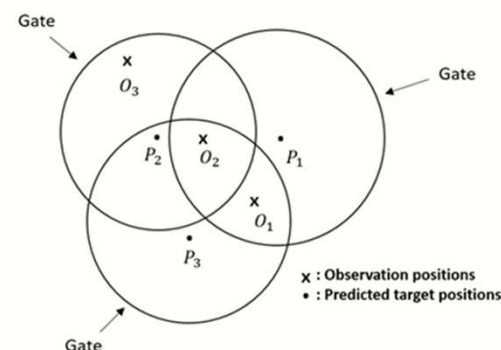
$$|y_l - \hat{y}_l| = |\tilde{y}_l| \leq K_{Gl} \sigma_r$$

##### • Ellipsoidal gates

$$d^2 = \tilde{y}' S^{-1} \tilde{y} \sim \chi_n^2 \\ = [z - \hat{z}(k+1|k)]' S^{-1} [z - \hat{z}(k+1|k)]$$

##### • Global nearest neighbor (GNN)

$$G_{ML} = 2 \ln \left[ \frac{P_D}{(1 - P_D) 2\pi^{\frac{M}{2}} \beta \sqrt{|S|}} \right]$$

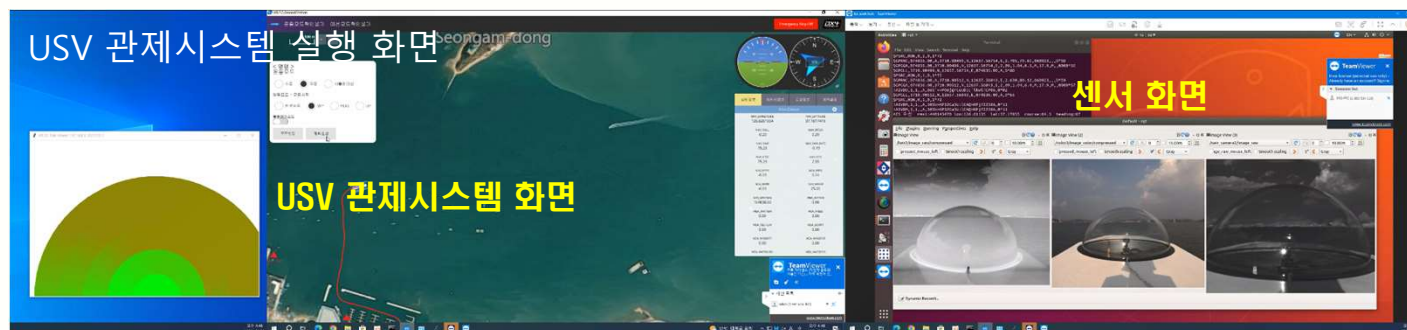


## 2 주요 연구개발내용(2세부) - (4차년도 연구내용)



### □ 무인선 자율운항 알고리즘 탑재 및 무인선 운용 시스템 구축

- ❖ 무인선 자체 운용을 위한 USV 관제시스템 고도화
  - 자율운항 임무를 부여하기 위한 기능 구현
- ❖ 무인선 자율운항 시스템과 연동하여 무인선 운용 시스템 구축
  - 실제 탑재되는 시스템을 활용하여 실내 연동테스트를 통해 검증



< 실내 연동테스트 >

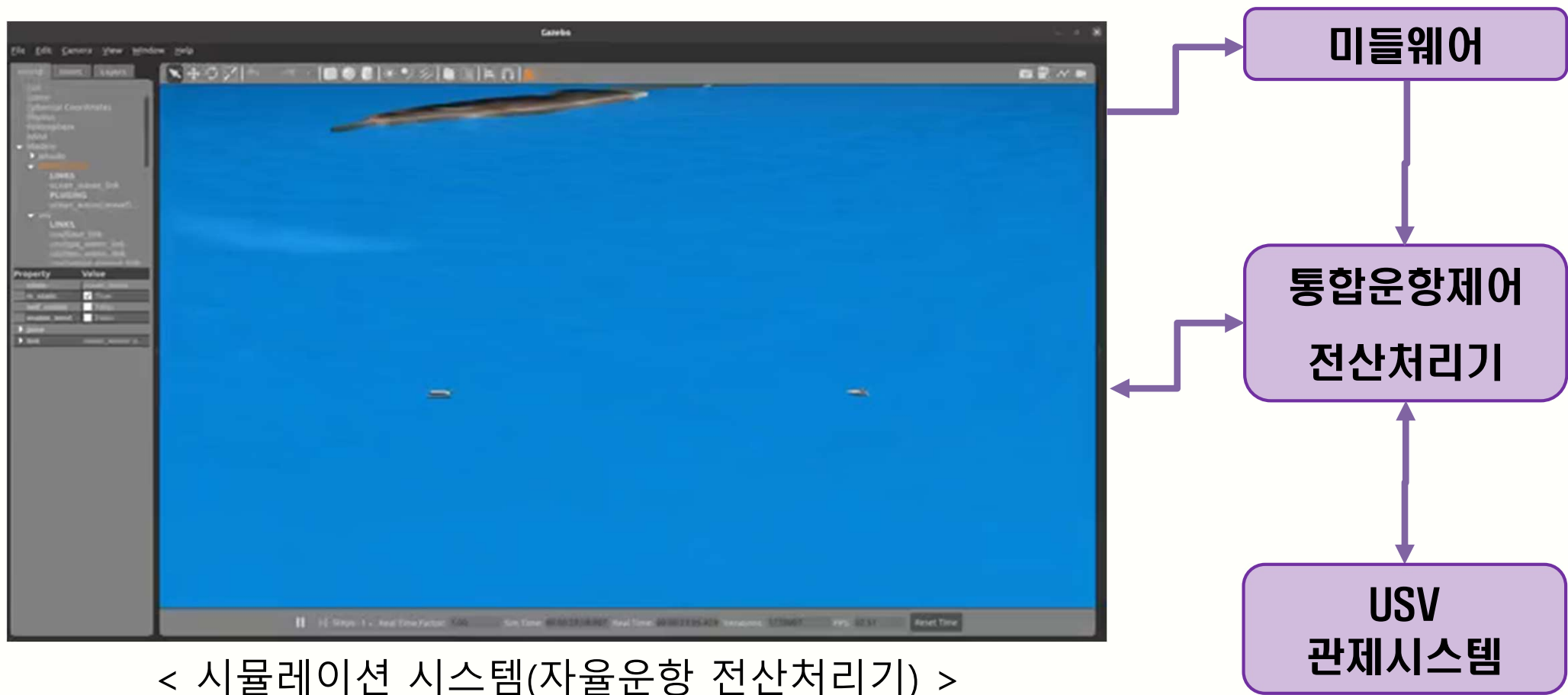
< 무인선 자체 운용을 위한 USV 관제시스템 >



## 2 주요 연구개발내용(2세부) – (4차년도 연구내용)



- 무인선 자율운항 알고리즘 탑재 및 무인선 운용 시스템 구축
  - ❖ 구축된 자율운항 시스템과 시뮬레이션 시스템 연동





### □ 무인선 자율운항 성능 시험평가

- ❖ 무인선 선체 기본성능 확인을 위한 시험 실시
  - 속도시험, 조종시험(지그재그, 선회시험)
- ❖ 이를 통해 무인선 동역학 식별 및 자율제어 시 파라미터 튜닝에 활용



< 속도시험 >

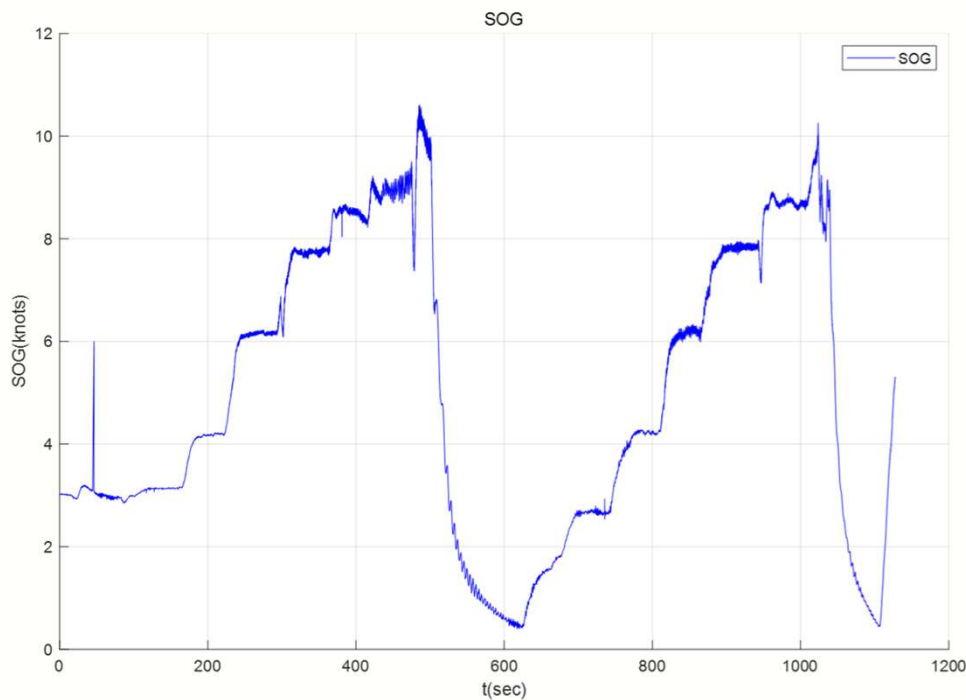


< 조종시험(우현선회) >

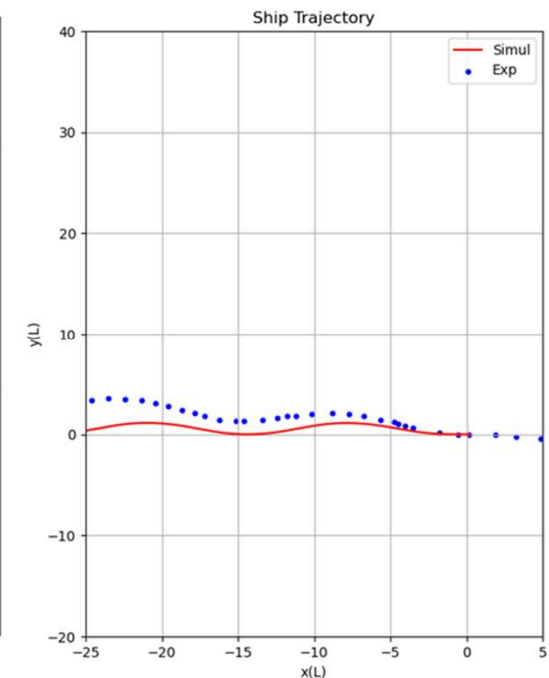
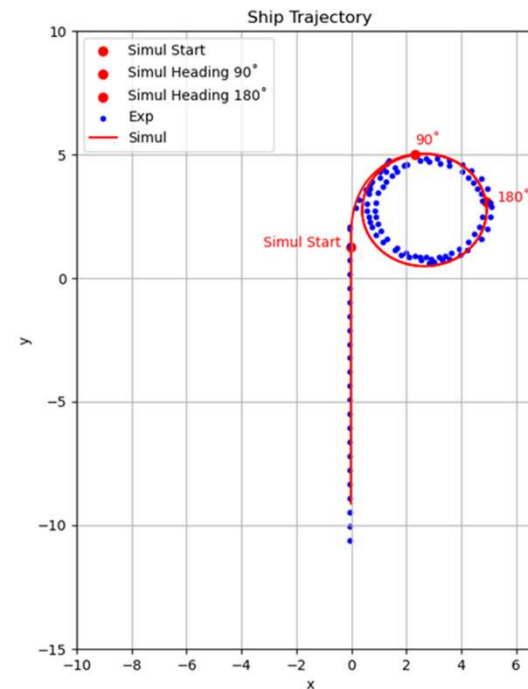


### □ 무인선 자율운항 성능 시험평가

- ❖ 무인선 선체 기본성능 확인을 위한 시험 실시
  - 속도시험, 조종시험(지그재그, 선회시험)
- ❖ 이를 통해 무인선 동역학 식별 및 자율제어 시 파라미터 튜닝에 활용



< 속도시험 결과 >



< 시뮬레이션을 위한 동역학 식별 >

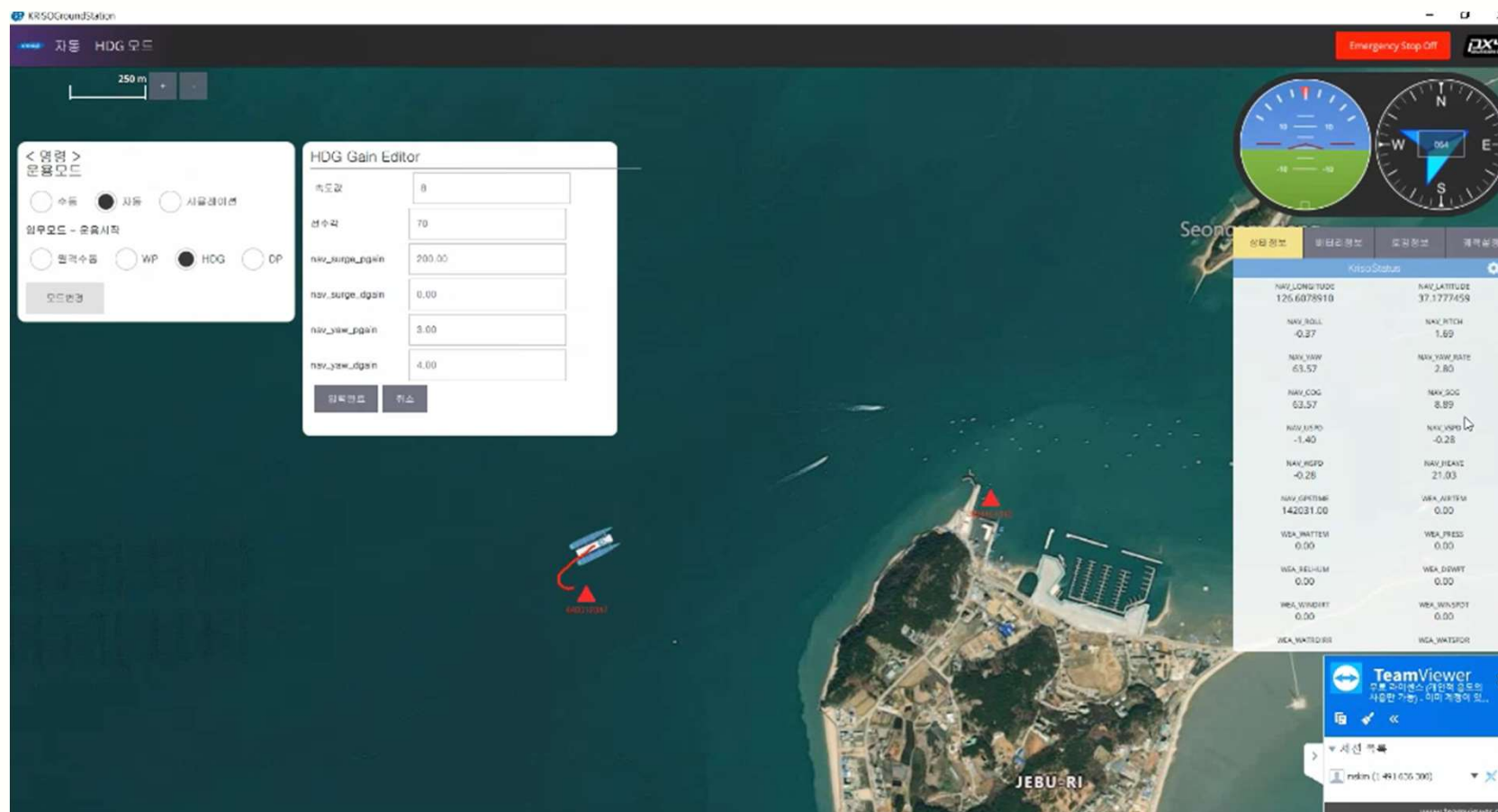
## 2 주요 연구개발내용(2세부) – (4차년도 연구내용)



### □ 무인선 자율운항 성능 시험평가

❖ 무인선 자율운항 성능 1차 시험 실시를 통한 자율운항 알고리즘 성능 확인

➤ 침로제어, 경로추종제어, 충돌회피 및 DP 성능시험 실시



< 침로제어시험(관제영상) >



## 2 주요 연구개발내용(2세부) – (4차년도 연구내용)



### □ 무인선 자율운항 성능 시험평가

❖ 무인선 자율운항 성능 1차 시험 실시를 통한 자율운항 알고리즘 성능 확인

➤ 침로제어, 경로추종제어, 충돌회피 및 DP 성능시험 실시



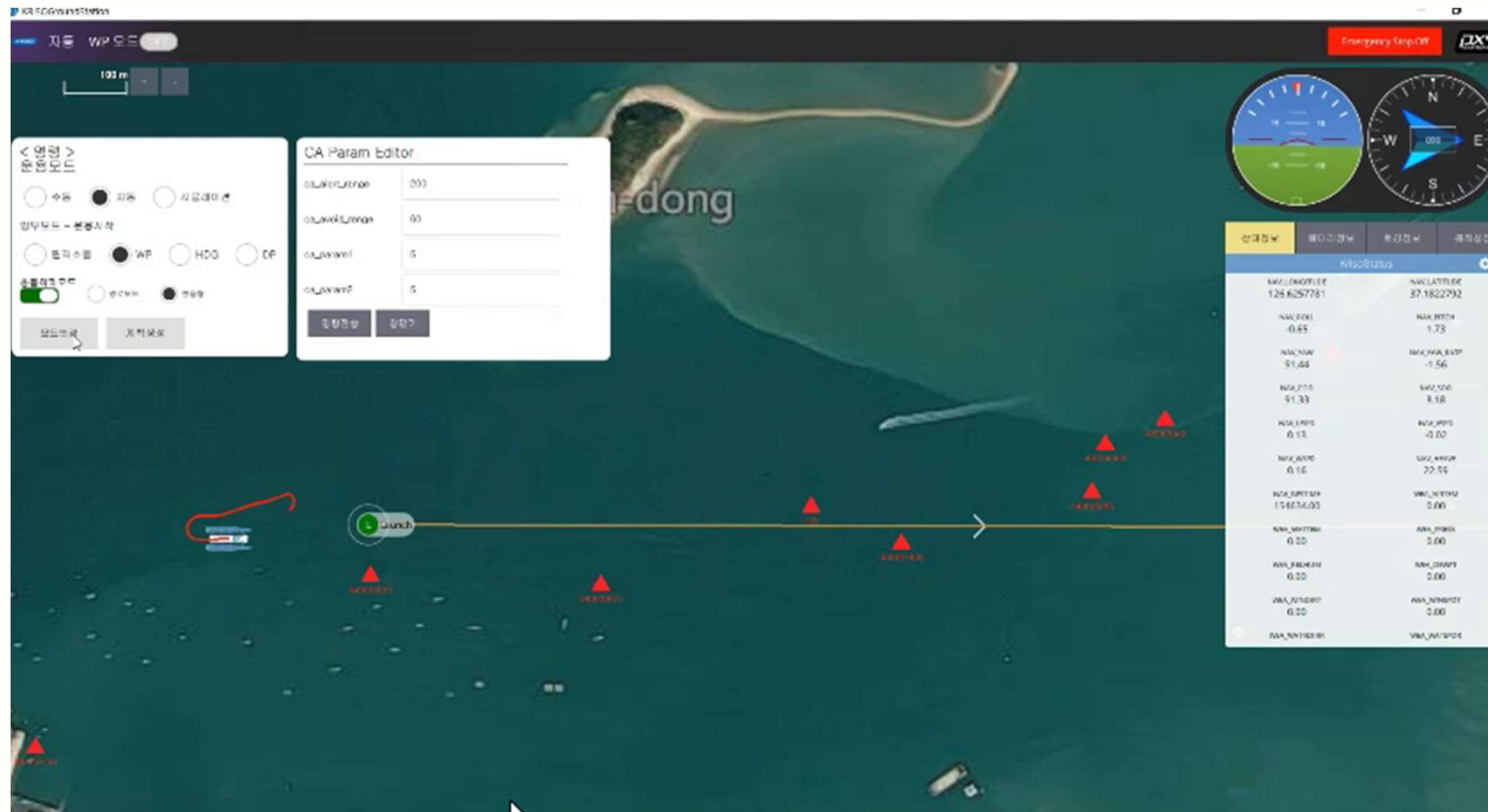
< 경로추종시험(관제 영상) >

## 2 주요 연구개발내용(2세부) - (4차년도 연구내용)



### □ 무인선 자율운항 성능 시험평가

- ❖ 무인선 자율운항 성능 1차 시험 실시를 통한 자율운항 알고리즘 성능 확인
  - 침로제어, 경로추종제어, 충돌회피 및 DP 성능시험 실시



< 충돌회피시험(관제영상) >

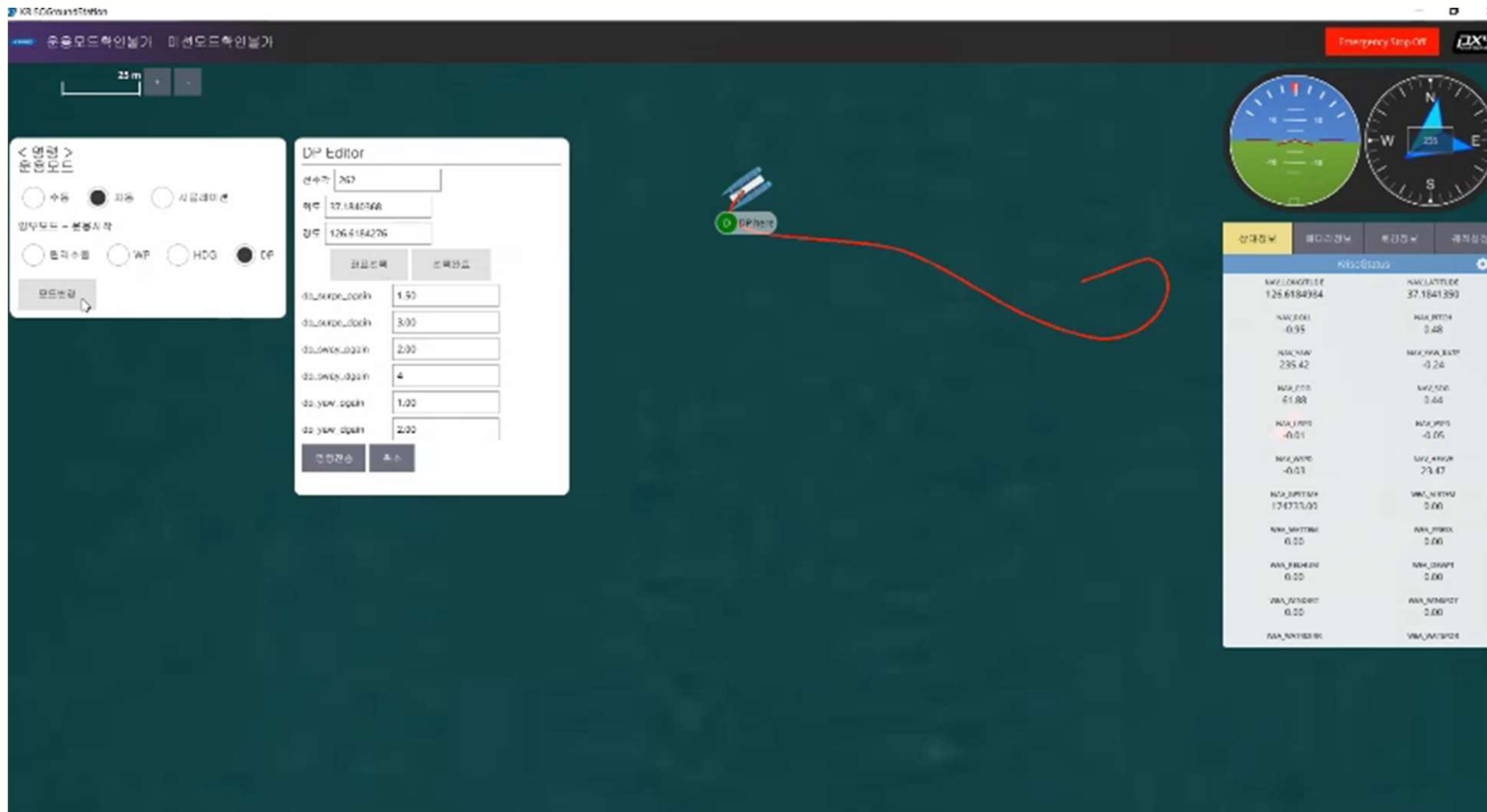


## 2 주요 연구개발내용(2세부) - (4차년도 연구내용)



### □ 무인선 자율운항 성능 시험평가

- ❖ 무인선 자율운항 성능 1차 시험 실시를 통한 자율운항 알고리즘 성능 확인
  - 침로제어, 경로추종제어, 충돌회피 및 DP 성능시험 실시



< DP시험(관제영상) >

### □ 연구목표

- ❖ 해공 무인이동체 자율협력 연동시험

### □ 연구내용

- ❖ 자율협력형 무인선 자율운항 기술 안정화
  - 장애물 운동정보 추정을 위한 추적필터 성능개선
  - 무인기 자동착륙 지원을 위한 고정밀 상대 위치 정보 추정 기술
- ❖ 자동이착륙 연동 및 통합시험
  - 무인기-무인선 선상 이착륙패드 자동착륙 통합시험
- ❖ 자율협력용 통신 시스템 도입 및 연동
  - 육해공 무인이동체 정보 송수신을 위한 통신 시스템 통합 및 연동
- ❖ UVINet 인터페이스 통합 및 연동

# 2 5차년도 연구계획(2세부) - 개발 일정

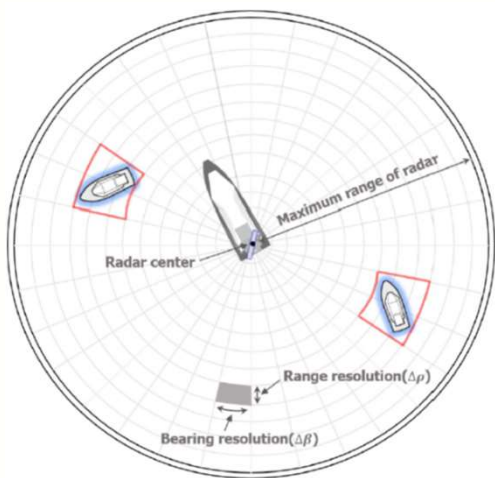
## 5차년도 연구개발 일정

년/월	2024년											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
자율협력형 무인선 자율운항 기술 안정화	자율협력형 무인선 자율운항 기술 안정화											
자율협력 / 통신 시스템 연동	무인기 자동이착륙 연동											
			자율협력용 통신 시스템 도입 및 연동									
시험/검증					이종 무인이동체 연동시험							

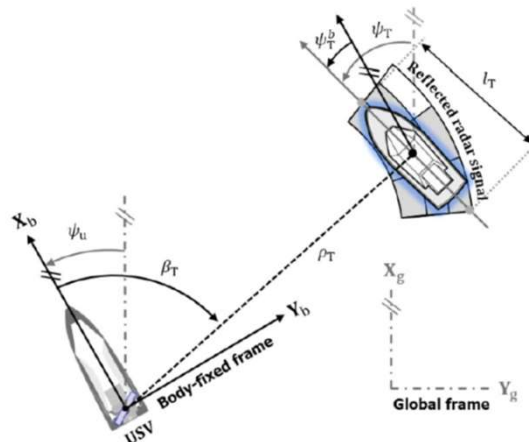


## 자율협력형 무인선 자율운항 기술 안정화

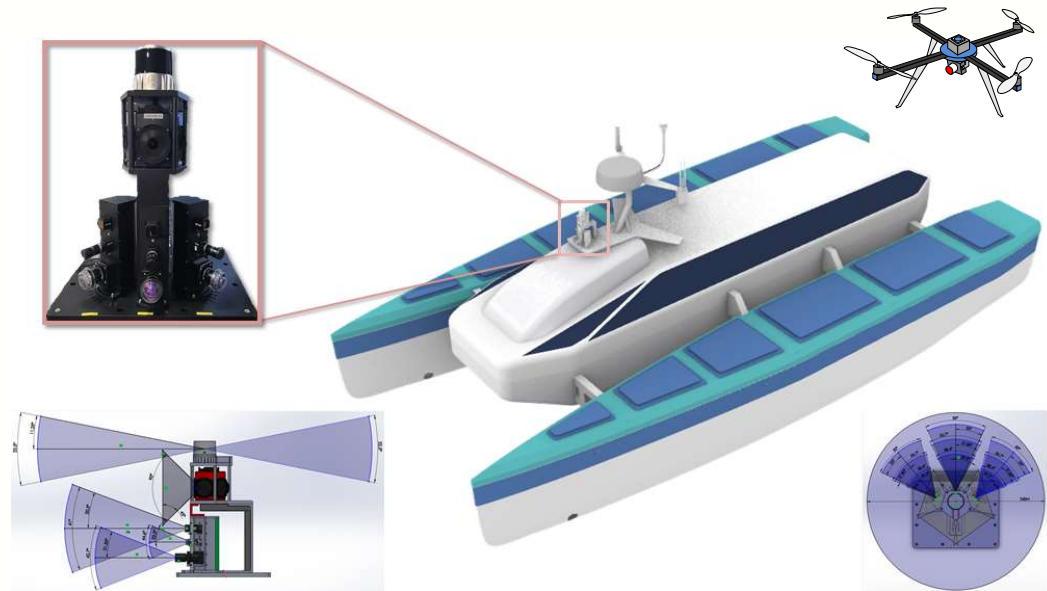
- ❖ 장애물 운동정보 추정을 위한 추적필터 성능개선
  - 장애물 형상정보(크기) 추정가능한 추적필터 설계 및 구현
- ❖ 무인기 자동착륙 지원을 위한 고정밀 상대 위치 정보 추정 기술



(a) Illustration of the radar sensing mechanism



(b) Coordinate system



< 장애물 형상정보(크기) 추정 >

< 무인기 자동착륙 지원을 위한 상대위치 추정 >



## 자율협력 / 통신 시스템 연동

- ❖ 무인기-무인선 선상 이착륙패드 자동착륙 통합시험
- ❖ 육해공 무인이동체 정보 송수신을 위한 통신 시스템 통합 및 연동

