

스마트 제조 고급 인력 양성 사업  
최종 성과 발표회

# 드론을 통한 음영 지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

2022.12.02(금)

지도교수 : 인천대학교 산업경영공학과 김재곤 교수님

팀 : R&D(Reinforcement & Drone)

인천대학교 산업경영공학과 **문** **준** **혁**  
**김** **희** **주**  
**양** **승** **지**

# Contents

- I** 서론
- II** 드론 자율비행 서비스 제안
- III** 드론 자율비행 서비스 구현 및 결과
- IV** 결론 및 기대효과

# 1. 서론 | 제안 배경 및 목적

## 드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발



최근 대형 건축물이나 교량 등의 상태를 점검하고, 균열과 이상을 탐지하기 위해 드론이 활용되고 있다.

하지만 드론의 조종은 전문적인 기술이 필요로 한다.

이를 강화학습 기반의 알고리즘을 통해 작업 효율성을 높이는데 목적이 있다.

### 프로젝트 제안 배경

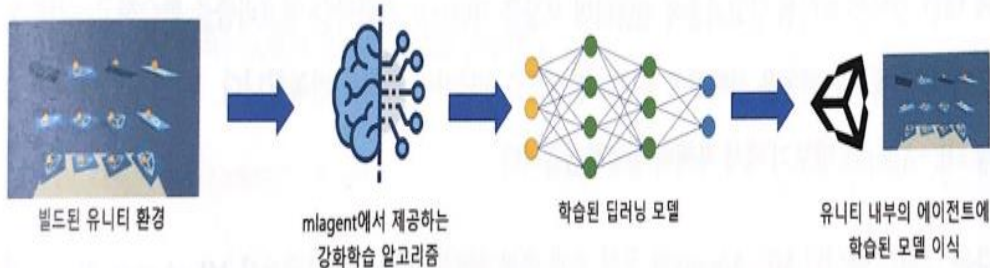
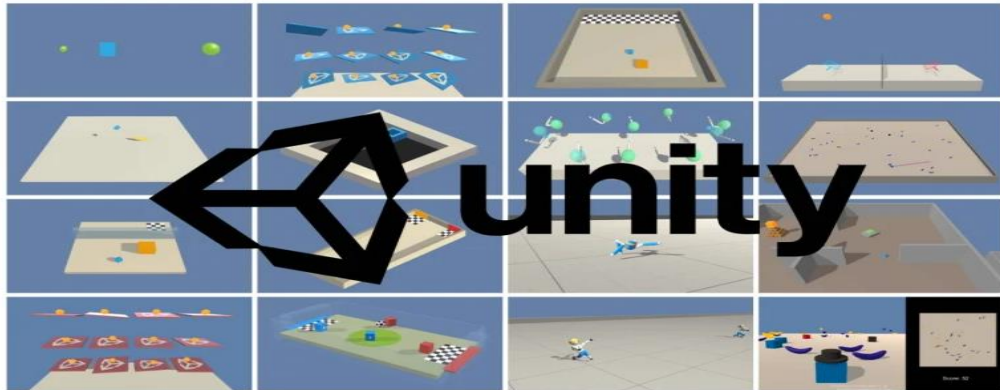


- 최근 대형 건축물 및 교량에 대한 균열 탐지 및 이상 징후 탐지의 중요성 증가
- 주기적 점검을 위한 드론 전문가 고용 및 사전 답사 비용 감소 기대
- 현 AI 드론의 연구는 다양한 센서를 부착하여 중량 증가(체공 시간 감소)를 야기
- 실시간 상황을 반영한 인공지능 기술을 활용하여 드론의 기동 체계 개발을 제안
- 중국 등 주변국에서는 인공지능을 활용한 드론 자율비행에 대한 연구를 활발히 진행 중

# 1. 서론 | 사용 프로그램 소개

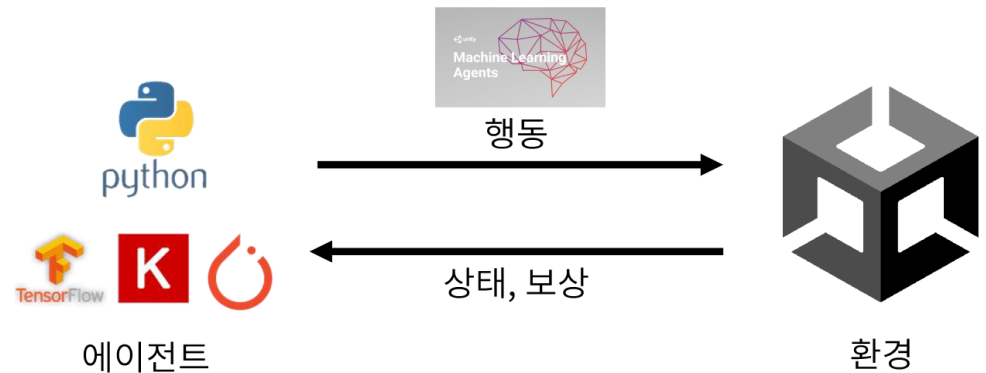
## 드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

### Unity



- 3D 및 2D 비디오 게임의 개발 환경을 제공하는 게임 엔진
- 3D 애니메이션과 건축 시각화, VR, AI 등 인터랙티브 콘텐츠 제작
- 게임 엔진시장의 45% 이상 차지
- 물리법칙 구현, 다양한 3D 모델 및 기능 구매 가능, 비교적 간단하게 환경 제작 가능

### Unity ML-agent

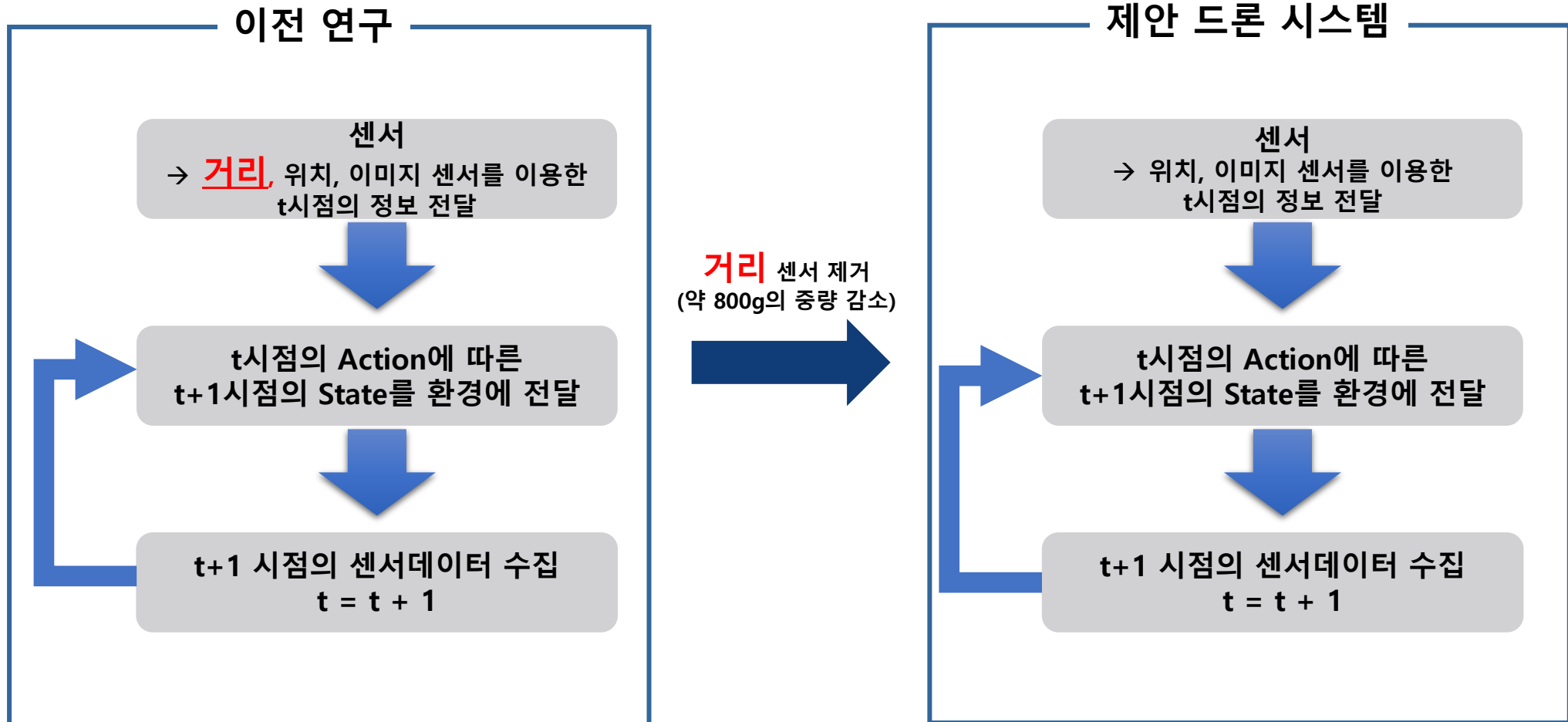


- 유니티를 이용한 인공지능 에이전트 학습을 지원하는 도구
- 유니티를 이용하여 환경제작
- 강화학습으로 에이전트가 다양한 경험을 수행하며 학습
- agent와 환경이 action, state, reward 정보를 주고받게 하는 도구

# 1. 서론 | 드론 자율비행 선행 연구

드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

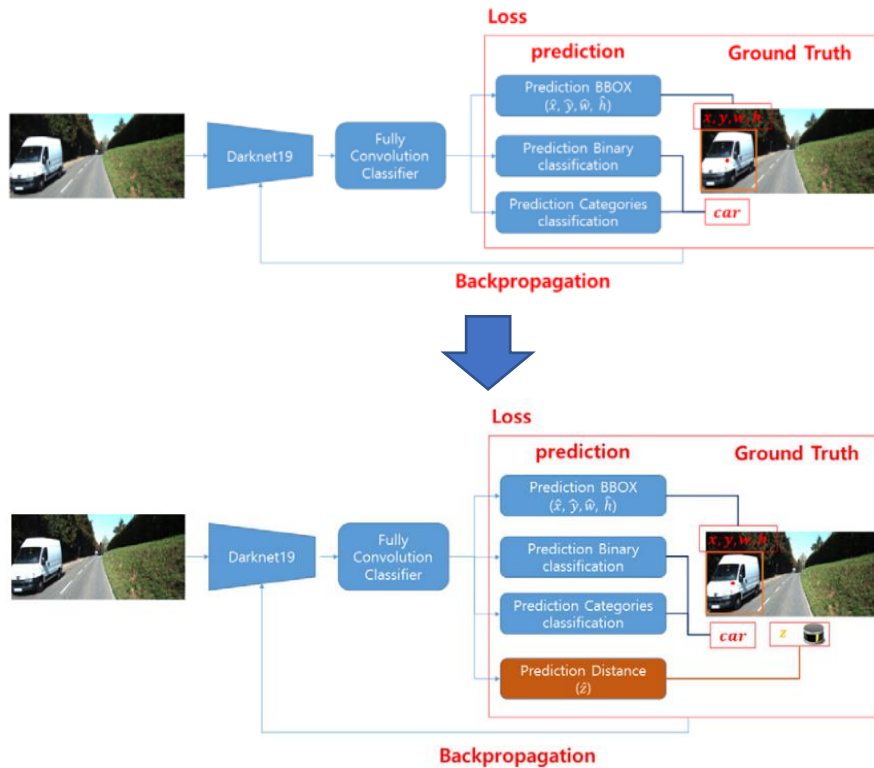
현재 드론의 자율비행은 LiDAR센서, RADAR센서, UWB센서, 카메라 센서, Embedded PC등 다양한 센서 데이터를 수집하여 State에 대한 Action을 취하는 체계이다.



# 1. 서론 | CNN 모델 거리 예측기법

드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

## 딥러닝을 활용한 단안 카메라 기반 실시간 물체 검출 및 거리 추정



- CNN 알고리즘의 Loss Function을 LiDAR센서를 통해 수집한 실제 거리값과 예측 거리값의 차이를 줄이는 방향으로 학습을 진행
- 기존 시스템과 아이디어의 차이점

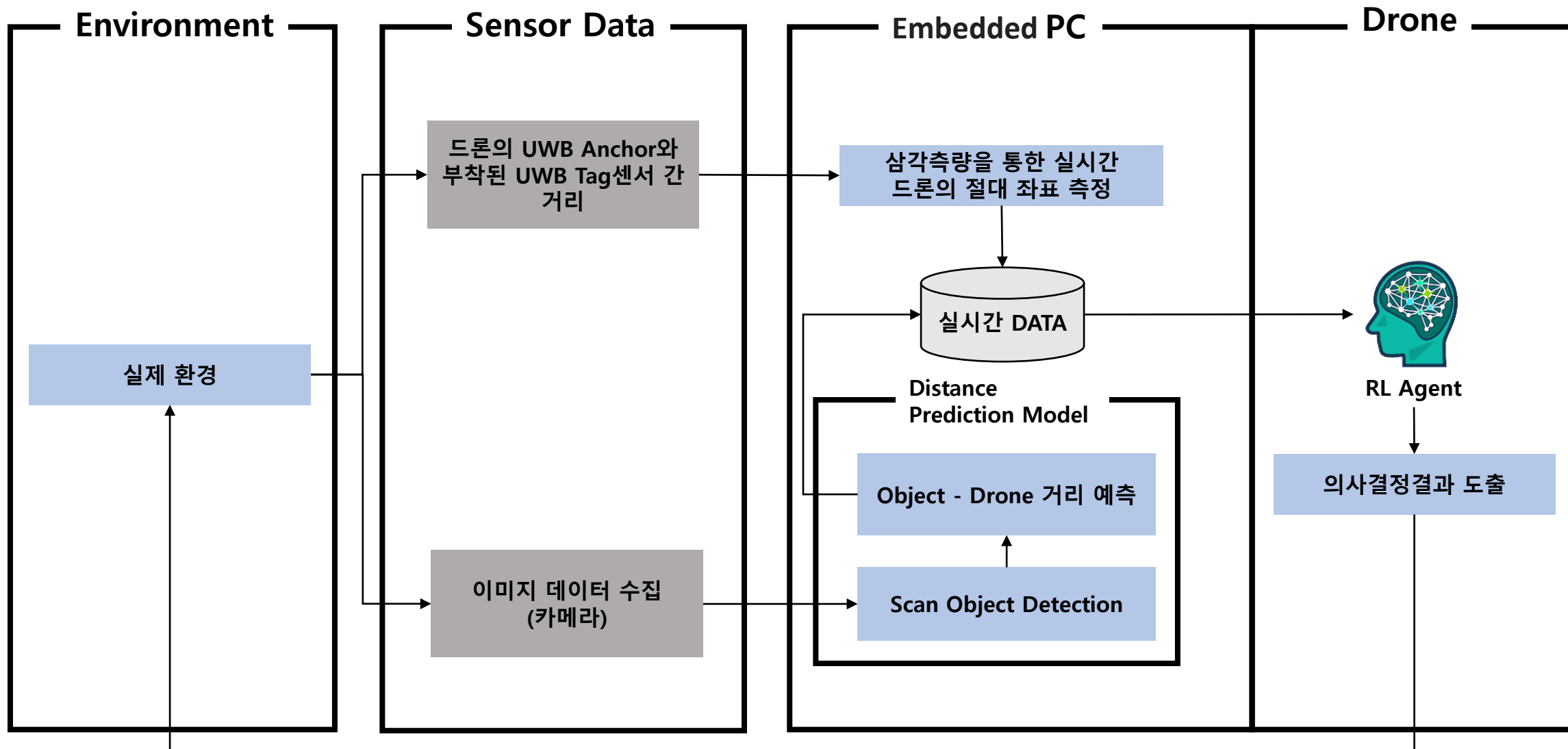
### 거리 센서의 탈착으로 인한 드론 체공 시간 증가

- 강화학습 드론 스스로가 환경 내에서 발생하는 다양한 상황을 미리 학습하여 실시간으로 의사결정 가능
- 거리 측정 센서(LiDAR Sensor)의 탈착으로 인한 **중량 감소 → 체공 시간 증가 → Mission 수행 시간 증가**를 야기
- 실시간 이미지 처리를 통한 거리 측정 알고리즘 구축
- 드론 전문 인력 양성 및 고용비용 등의 절감.

## 2. 드론 비행 서비스 제안

드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

- 강화학습 기반의 드론 자율비행 적용 시나리오



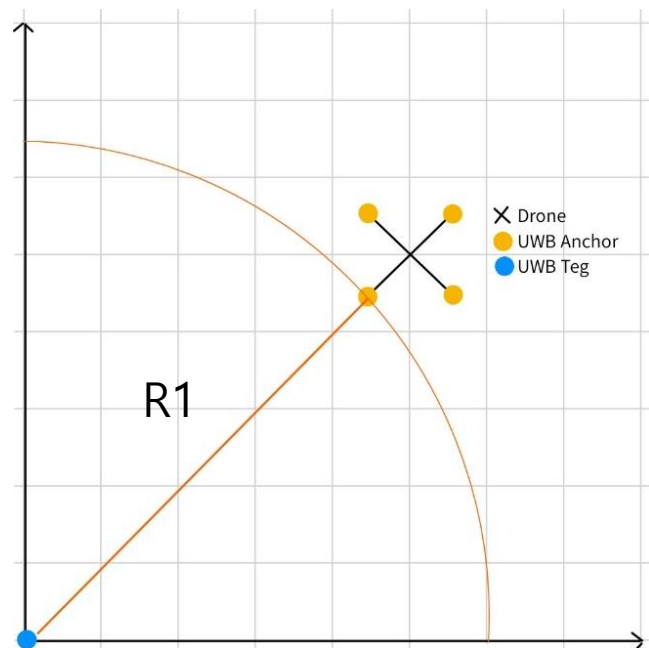
## 2. 드론 비행 서비스 제안 | 좌표 측정 모델

드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

- UWB 센서의 절대좌표 측정 시스템

→ UWB 센서 : UWB Anchor센서와 UWB Tag 센서간의 거리를 넘겨주는 센서

→ UWB Tag센서의 절대좌표(GPS활용)와 드론에 부착된 4개의 Anchor센서와의 거리를 원의 반지름을 통해 계산



$$(X_{A1}-X_T)^2 + (Y_{A1}-Y_T)^2 + (Z_{A1}-Z_T)^2 = (R1)^2$$

$$(X_{A2}-X_T)^2 + (Y_{A2}-Y_T)^2 + (Z_{A2}-Z_T)^2 = (R2)^2$$

$$(X_{A3}-X_T)^2 + (Y_{A3}-Y_T)^2 + (Z_{A3}-Z_T)^2 = (R3)^2$$

$$(X_{A4}-X_T)^2 + (Y_{A4}-Y_T)^2 + (Z_{A4}-Z_T)^2 = (R4)^2$$

Distance( $X_{A1}, X_{A2}$ ), Distance( $X_{A1}, X_{A3}$ )

Distance( $X_{A2}, X_{A3}$ ), Distance( $X_{A3}, X_{A4}$ )

Distance = 30cm

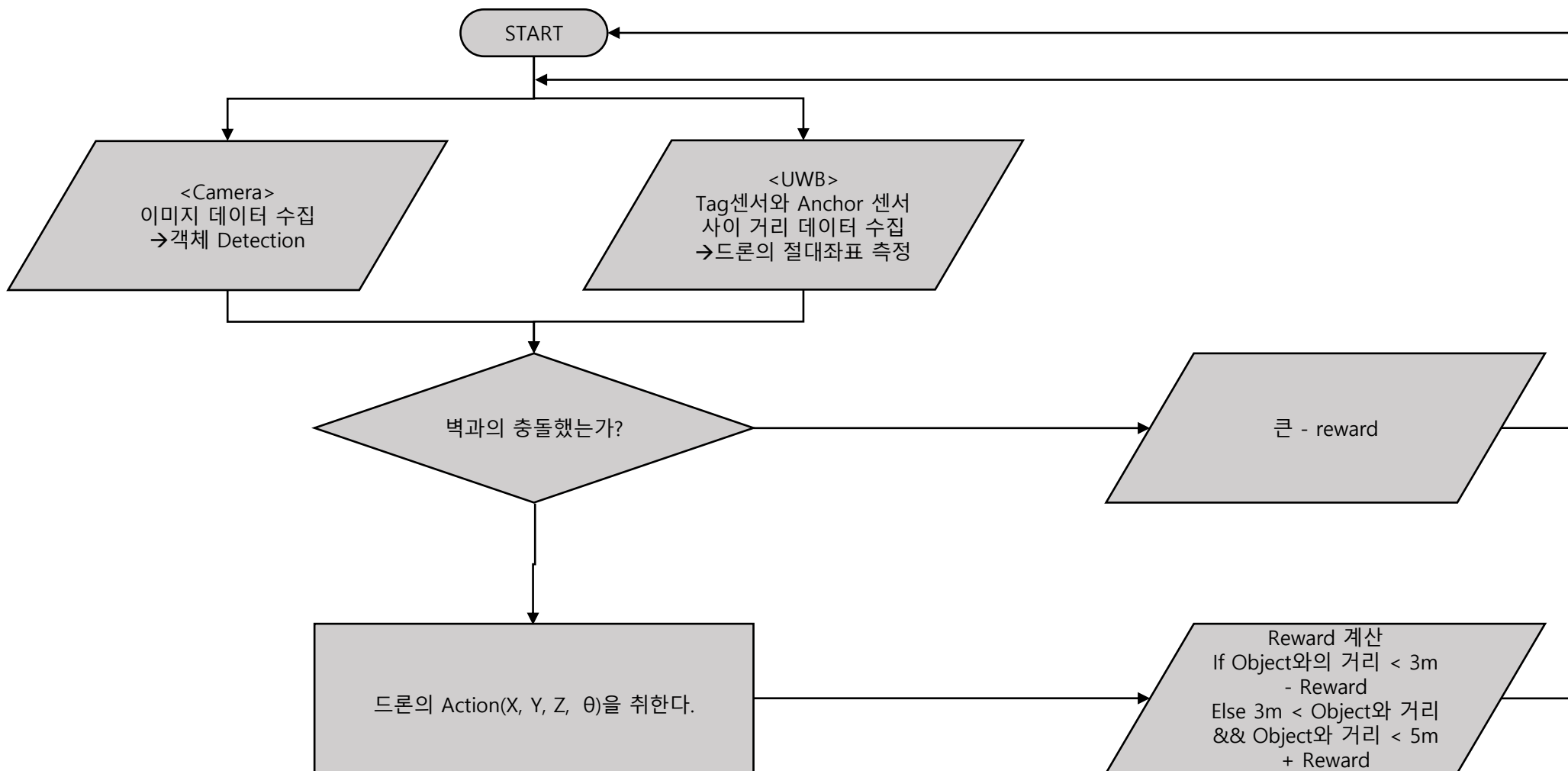
UWB Tag(GPS 좌표)를 통해  
드론의 X, Y, Z 계산



## 2. 드론 비행 서비스 제안 | 강화학습 Agent

드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

### 강화학습 Agent의 Flow Chart



### 3. 드론 비행 서비스 구현 | 강화학습 설정

드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

강화학습 Agent 학습을 위한 아래와 같은 State, Action, Reward를 제안한다.

#### ▪ State

[드론의 현재 정보]

- 위치 벡터
- 각도 벡터
- 속도 벡터
- 각속도 벡터

[드론의 이전 정보]

- 현재 Reward – 이전 Reward

#### ▪ Action

[드론의 이동 (Continuous Action)]

- X, Y, Z  
[ -1 ~ 1 사이 값 ex) {0.5, -0.3, 0.7}]
- 회전 각도  
[ -0.5° ~ 0.5° 사이 값 ]
- Decision Term : 0.01/sec

#### ▪ Reward

[ Positive Reward ]

- Scan Reward  
: Scan한 Object에 대한 Reward

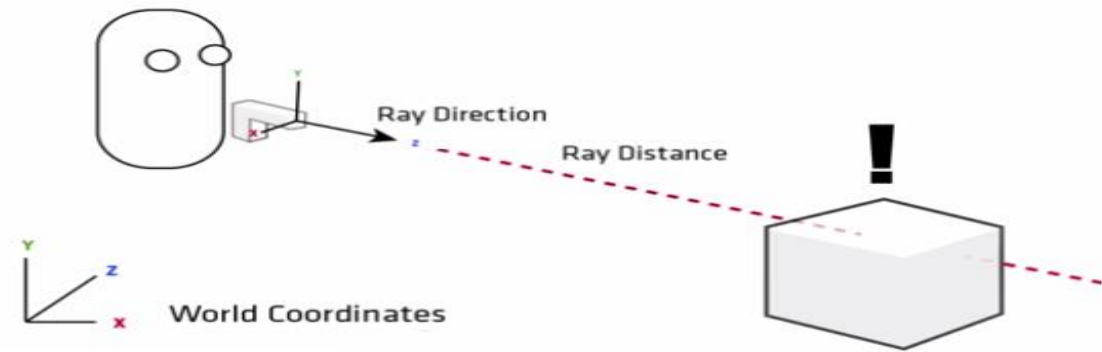
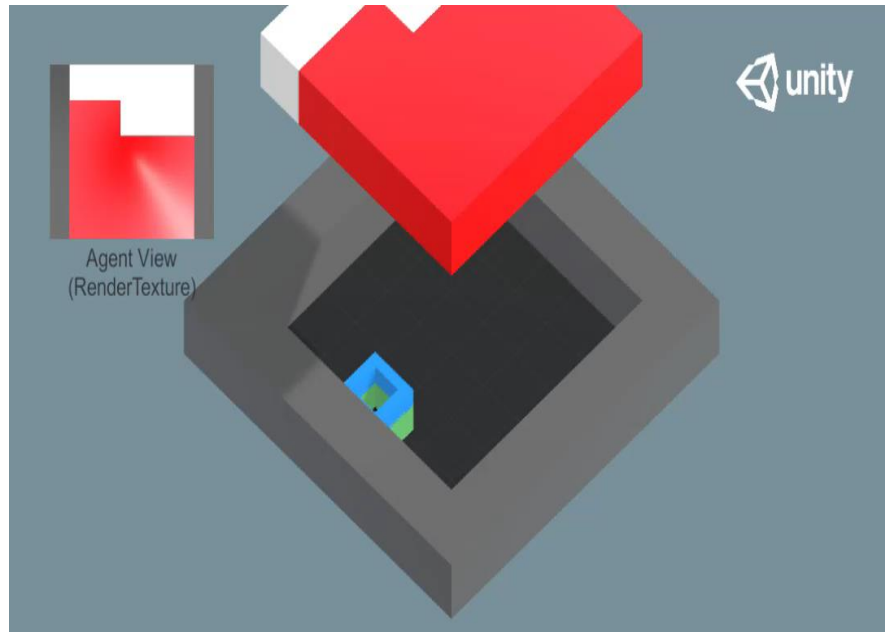
[ Negative Reward ]

- Time Step Reward → -0.01  
: 행동결정 시간 단축
- Fail Reward → -1  
: 충돌 이탈
- Same Condition Reward → -0.1  
: 드론이 같은 화면만 촬영하는 경우

### 3. 드론 비행 서비스 구현 | 시뮬레이션 환경

드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

#### Unity 시뮬레이션 환경 구현



- **Raycast**

게임오브젝트의 원점에서 설정한 방향으로 Ray를 방출하여 설정한 거리 이내에 물체 충돌 여부를 통해 값을 반환

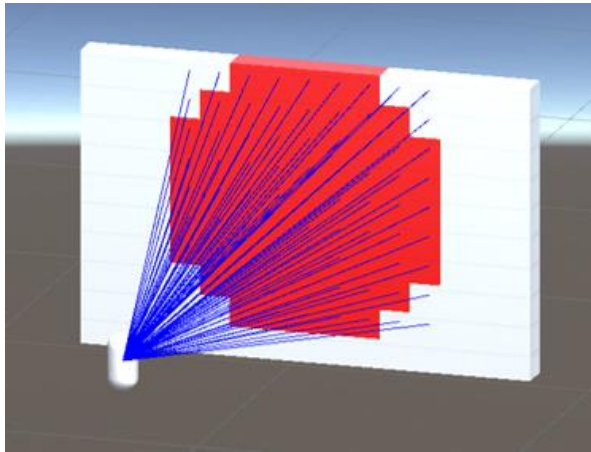
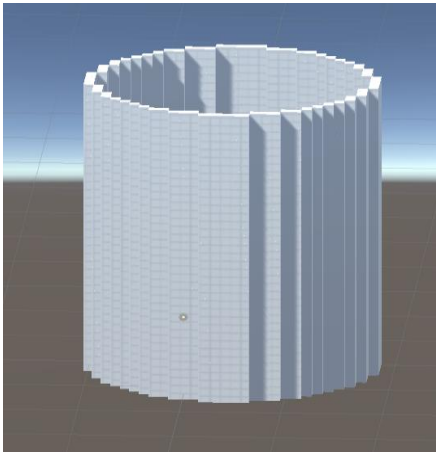
- 기본적인 MDP(Markov Decision Process) 검증을 위한 Discreate한 Action 환경 학습
- 결과 – Random State의  $5 \times 5$  의 2D World 에서 좋은 Scan 성능을 보임  
[Trainer\_Type : PPO, Max Reward : 25, Average Reward : 22.35]

### 3. 드론 비행 서비스 구현 | 시뮬레이션 환경 및 결과

드론을 통한 음영지역내 강화학습 기반 주행 경로 추정 알고리즘 개발

#### Unity 시뮬레이션 환경 구현

##### ■ 시뮬레이션 환경



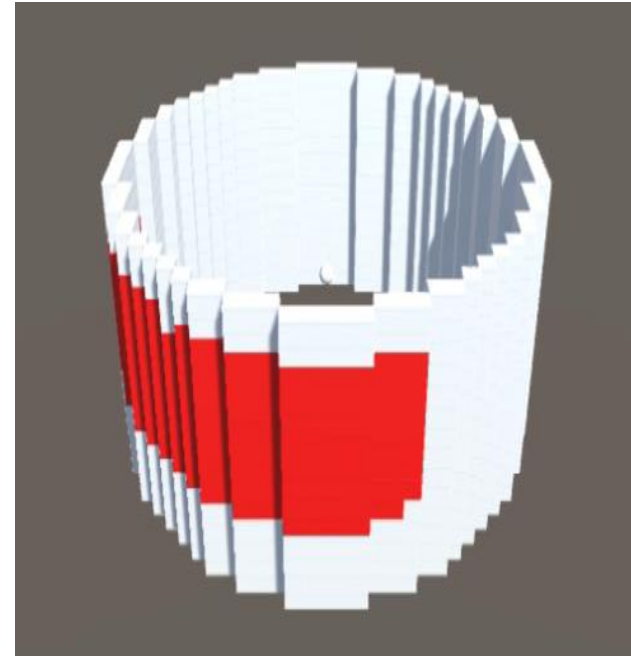
##### • 원기둥을 스캔하는 강화학습 환경 구상

실제 환경을 가상환경으로 정의하기 위해 큐브를 쌓아 원기둥 형태로 구현

→ Raycast 범위 : 실제 카메라의 촬영 영역

Goal : 모든 면을 Scan하는 것

##### ■ 결과



[Trainer\_Type : PPO]

[Max Reward : 540]

[Average Reward : 304.51]

## 4. 결론 및 기대효과

### • 결론

1. 시뮬레이션 상에서 더 많은 영역을 Scan하는 방향으로 학습이 진행됨
2. Episode 증가에 따른 Reward 증가

### • 기대효과

1. 현재 드론을 조종하기 위한 인력 필요함 + 사람이 볼 수 있는 시야 내에서 직접 조종으로 인한 비효율  
→ 강화학습을 통한 개선 가능성 및 비용 감소 효과 기대
2. 거리센서 제거 → 드론 주행시간 증가 → 작업 효율성 증가
3. 기업 경쟁력 향상 효과 및 실제 환경에 적용 하여 기업의 고정 소모비용 감소 효과 기대

### • 추후 연구내용

1. 실제 드론에 학습된 ONNX 파일 Agent를 적용할 수 있는 ROS 언어 체계 기반 embedded PC를 부착하여 Lab Test 실행
2. 이후 거리예측 모델을 활용하여 실제 환경에서 거리 값을 계산하는 모델을 제작하고, 스캔할 대상인지 판별하는 모델 제작

감사합니다