
건설 현장 자동화 시스템 시뮬레이션

협동 3

김서광 , 박성재 , 신정훈 , 최민준

Contents

1

구성 요소

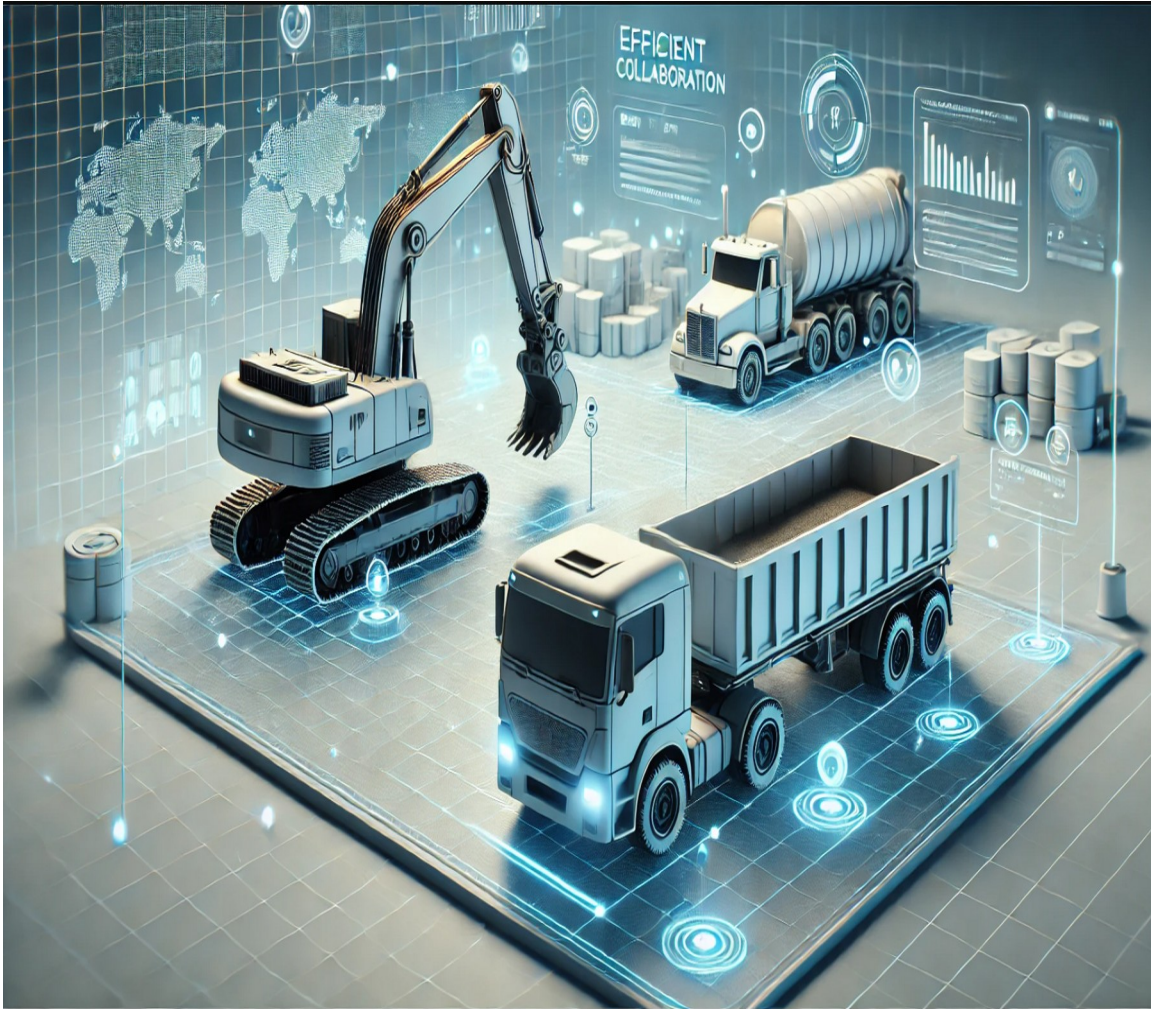
2

시스템 특징

3

특이사항

1. 구성 요소

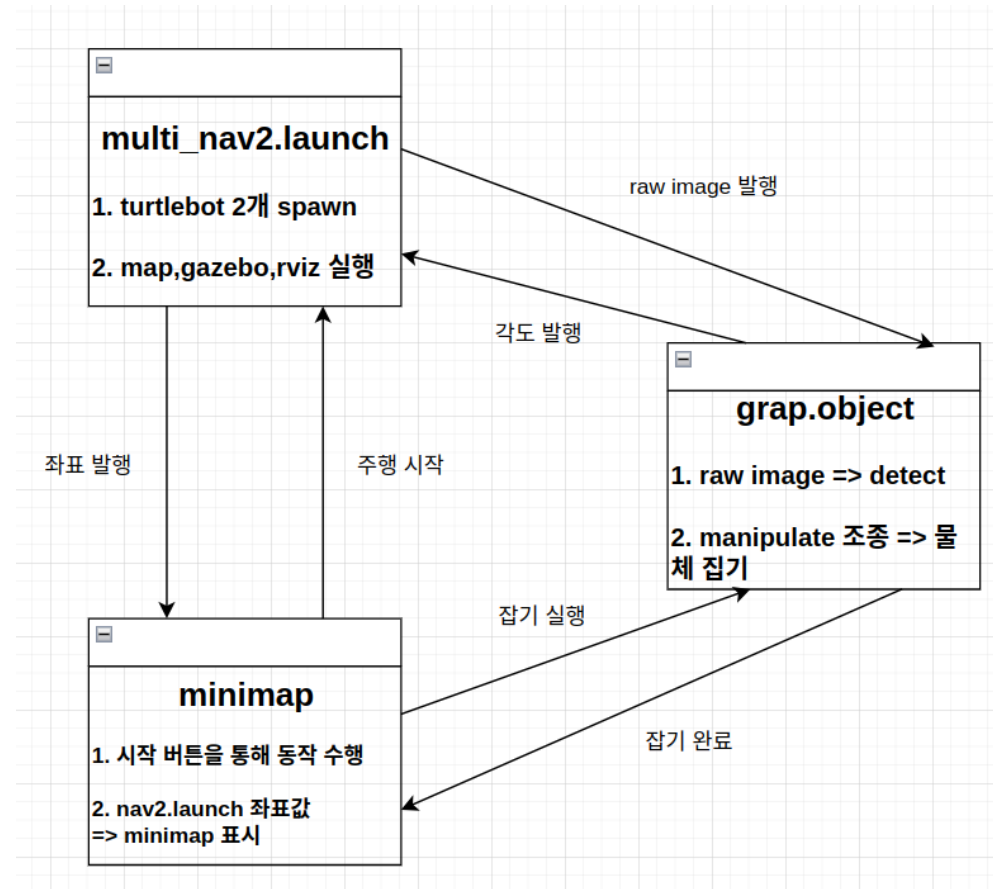


전체 프로세스

산업 및 건설현장에서 무거운 기자재들을 사람이 없이 원하는 위치에 옮기는 작업을 가상 환경에서 진행

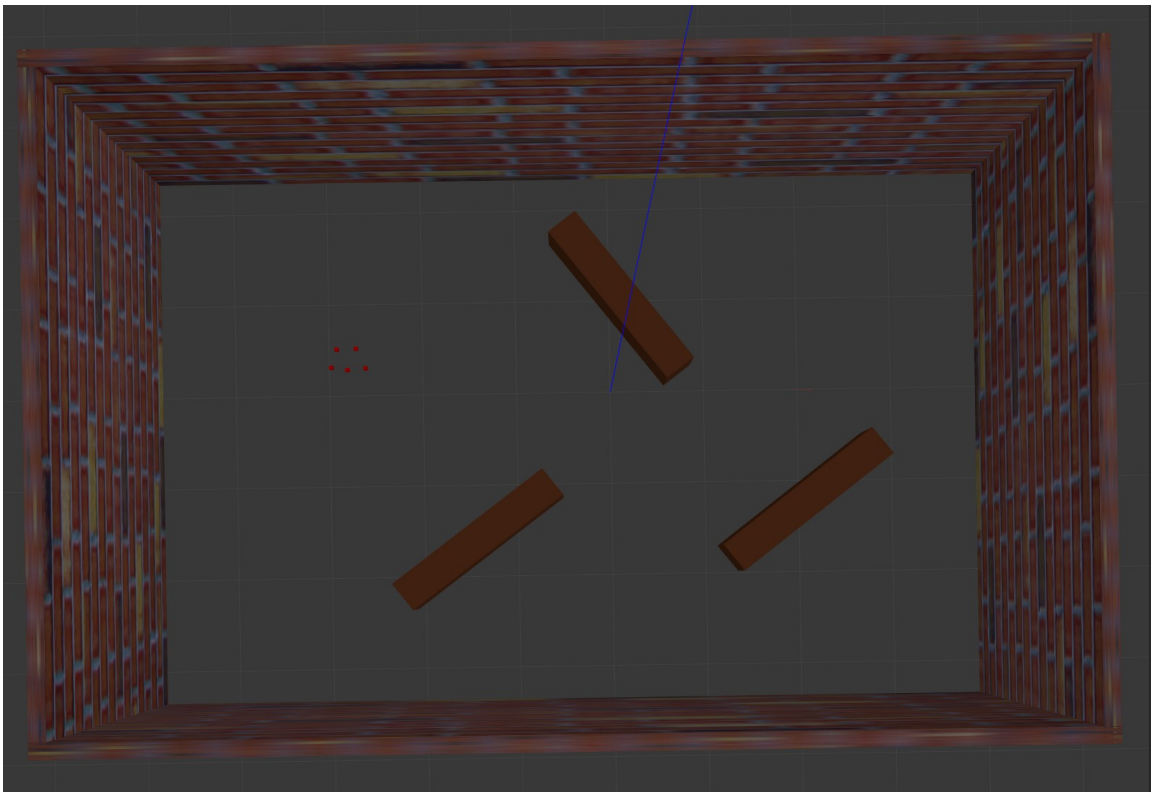
1. 구성 요소

전체 프로세스



2. 시스템 특징

공사장 모델 생성



전체적인 world 생성 :

- Gazebo 에서 전체적인 world 생성 및 편집을 하여 .sdf 로 파일 저장

벽 생성 :

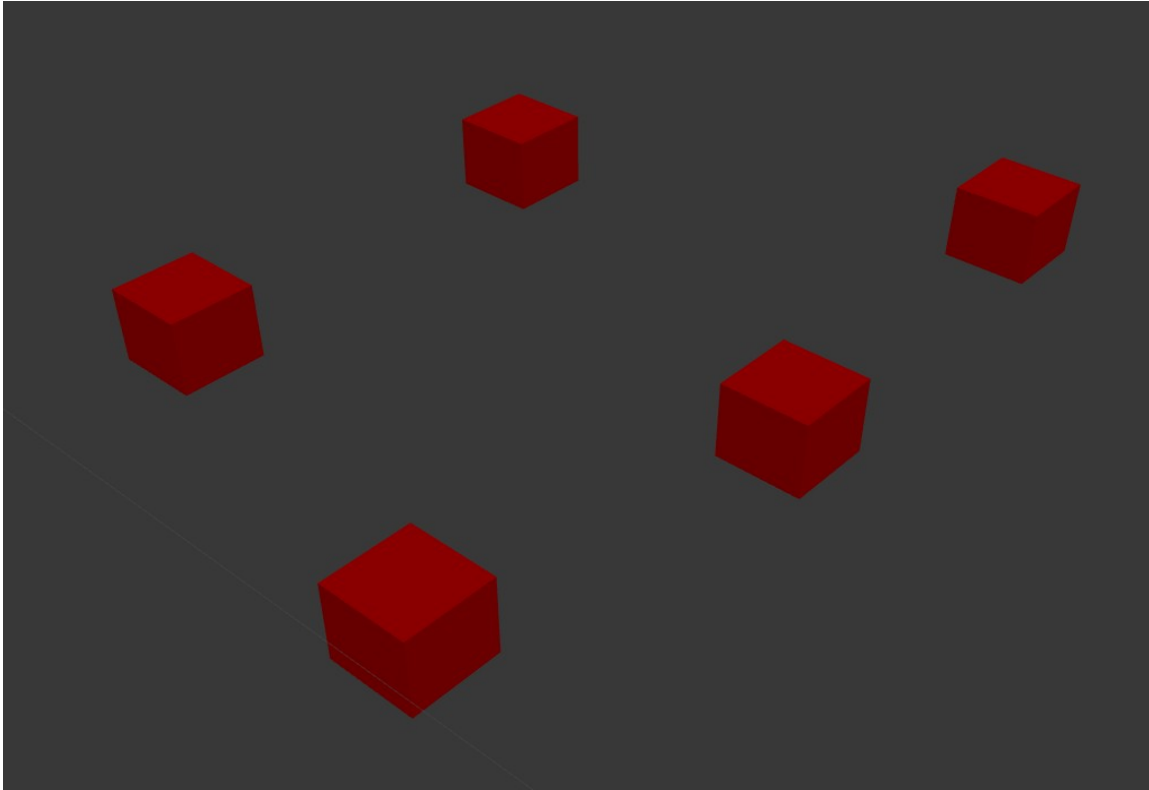
- 'Edit'=>'Building Editor' 를 통해서 손쉽게 직사각형 벽을 생성

장애물 생성 :

- 'Box' 로 장애물 생성
- 'Edit'=>'Model Editor' 를 통해서 길이 및 좌표 조

2. 시스템 특징

공사장 모델 생성



휴더미 생성 :

- Box 로 기본 물체 생성
- Gazebo 에서 static 및 kinematic 속성이 불가능
 - Construction_world.sdf 코드에서 직접 <static> 과 <kinematic> 값을 수정
 - <static>0</static>: 물체가 고정되지 않고 움직일 수 있게 됨
 - <kinematic>0</kinematic>: 물리 엔진의 영향을 받으며 , 물리 시뮬레이션 규칙에 따라 자연스럽게 움직임

2. 시스템 특징

포크레인 모델 생성

```
<joint name="${prefix}camera_joint" type="fixed">
  <parent link="${prefix}link5"/>
  <child link="${prefix}camera_link"/>
  <origin xyz="0.0 0.0 0.05" rpy="0 0 0"/>
</joint>

<link name="${prefix}camera_link">
  <collision>
    <origin xyz="0.005 0.011 0.013" rpy="0 0 0"/>
    <geometry>
      <box size="0.015 0.030 0.027"/>
    </geometry>
  </collision>
</link>

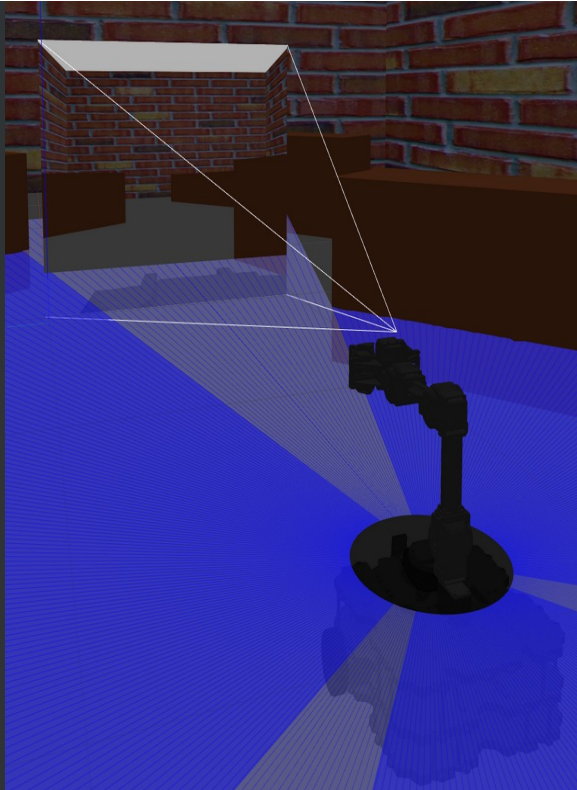
<joint name="${prefix}camera_rgb_joint" type="fixed">
  <parent link="${prefix}camera_link"/>
  <child link="${prefix}camera_rgb_frame"/>
  <origin xyz="0.003 0.011 0.009" rpy="0 0 0"/>
</joint>

<link name="${prefix}camera_rgb_frame"/>

<joint name="${prefix}camera_rgb_optical_joint" type="fixed">
  <parent link="${prefix}camera_rgb_frame"/>
  <child link="${prefix}camera_rgb_optical_frame"/>
  <origin xyz="0 0 0" rpy="-1.57 0 -1.57"/>
</joint>

<link name="${prefix}camera_rgb_optical_frame"/>

<joint name="${prefix}gripper_left_joint" type="prismatic">
  <parent link="${prefix}link5"/>
  <child link="${prefix}gripper_left_link"/>
  <origin xyz="0.0817 0.021 0.0" rpy="0 0 0"/>
  <axis xyz="0 1 0"/>
  <limit velocity="4.8" effort="1" lower="-0.010" upper="0.019" />
  <dynamics damping="0.1"/>
</joint>
```



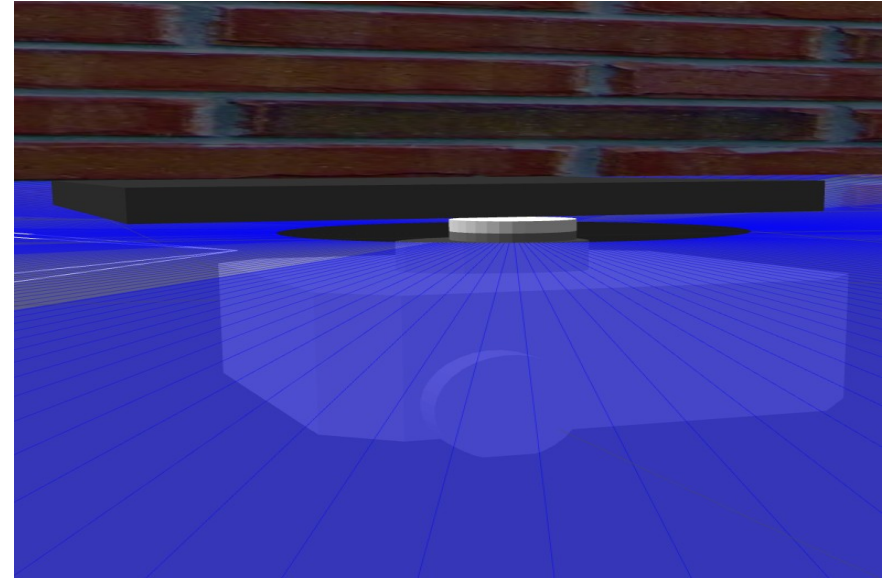
포크레인 모델 생성 :

- 터틀봇 3 에서 사용한 'turtlebot3_manipulation_on_description' 에서 urdf 폴더 안에 xacro 파일을 참고하여 로봇팔에 카메라 부착
- '/pi_camera/image_raw' 로 가상환경 내에 이미지 토픽 발행

2. 시스템 요소

주행 로봇

```
<link name="cargo_tray">
  <inertial>
    <pose>0.0 0.0 0.15 0 0 0</pose>
    <mass>0.5</mass>
    <inertia>
      <ixx>0.002</ixx>
      <ixy>0.0</ixy>
      <ixz>0.0</ixz>
      <iyy>0.002</iyy>
      <iyz>0.0</iyz>
      <izz>0.004</izz>
    </inertia>
  </inertial>
  <collision name="cargo_tray_collision">
    <pose>0.0 0.0 0.15 0 0 0</pose>
    <geometry>
      <box>
        <size>0.3 0.3 0.02</size>
      </box>
    </geometry>
  </collision>
  <visual name="cargo_tray_visual">
    <pose>0.0 0.0 0.15 0 0 0</pose>
    <geometry>
      <box>
        <size>0.3 0.3 0.02</size>
      </box>
    </geometry>
    <material>
      <ambient>0.3 0.3 0.3 1</ambient>
      <diffuse>0.6 0.6 0.6 1</diffuse>
      <specular>0.1 0.1 0.1 1</specular>
    </material>
  </visual>
</link>
```



Turtlebot waffle 을 개조하여 건설 자재들을 옮기기 위한 cargo_tray 를 제작

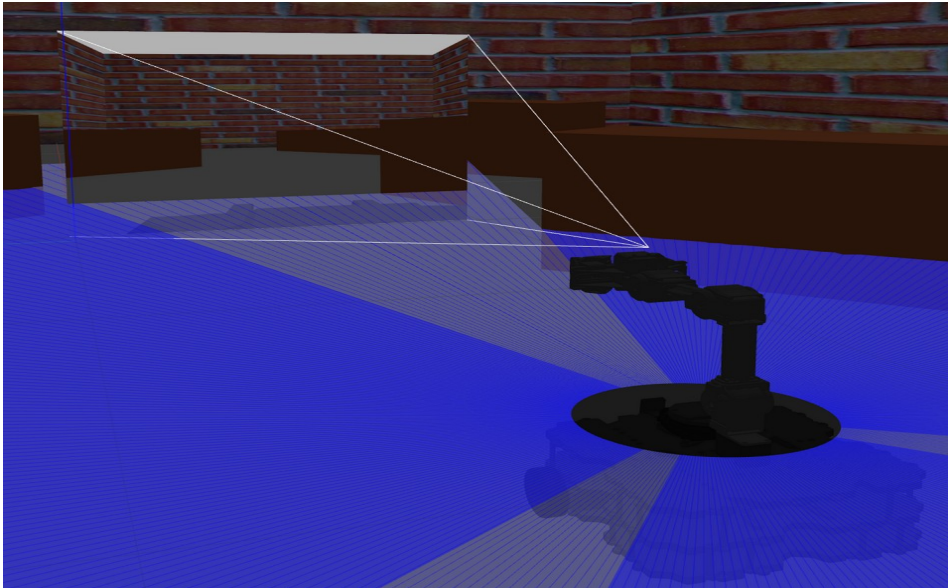
30*30*2 cm 의 크기의 cargo_tray 를 turtlebot3 waffle 에 부착

2. 시스템 특징

Multi_nav2.launch.py

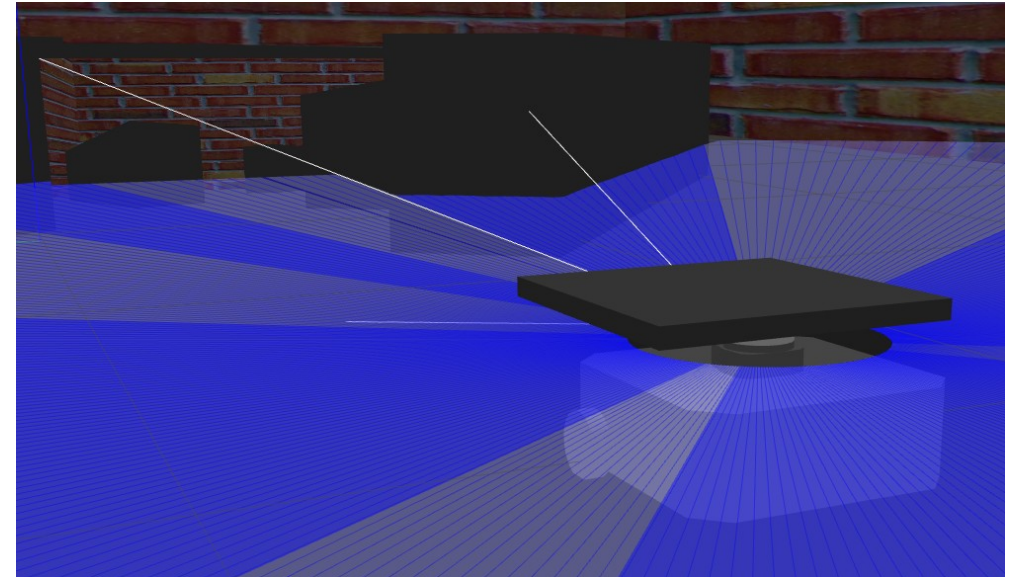
무거운 건설 자재들을 옮길 매니퓰레이터가 달린
로봇

매니퓰레이터 , 카메라 , Lidar, imu 탑재



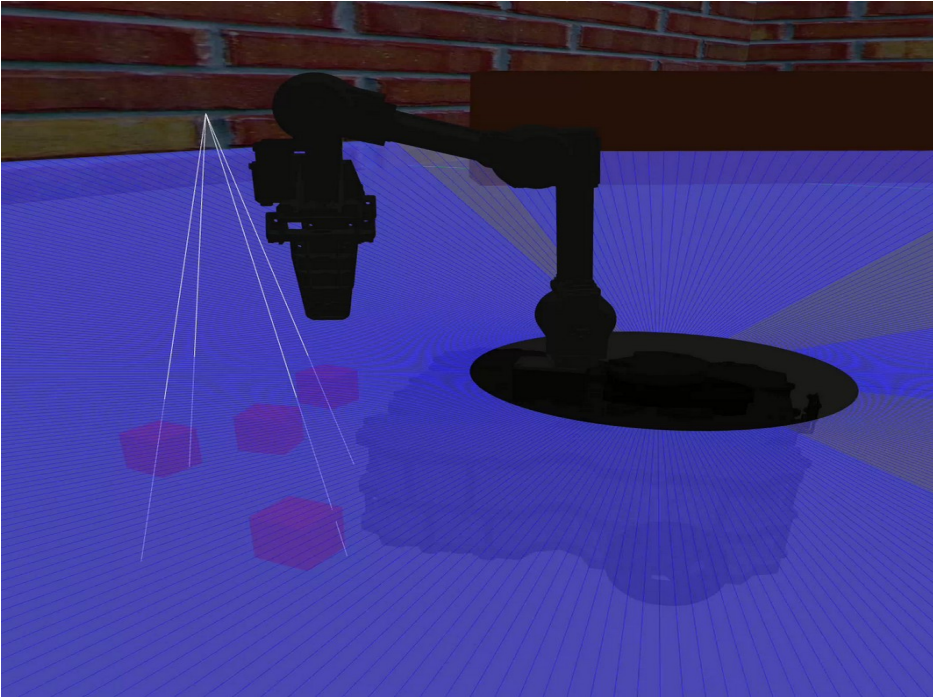
건설 자재들을 싣고 목표 위치까지 움직일 주행
로봇

카메라 , lidar, imu 탑재



2. 시스템 특징

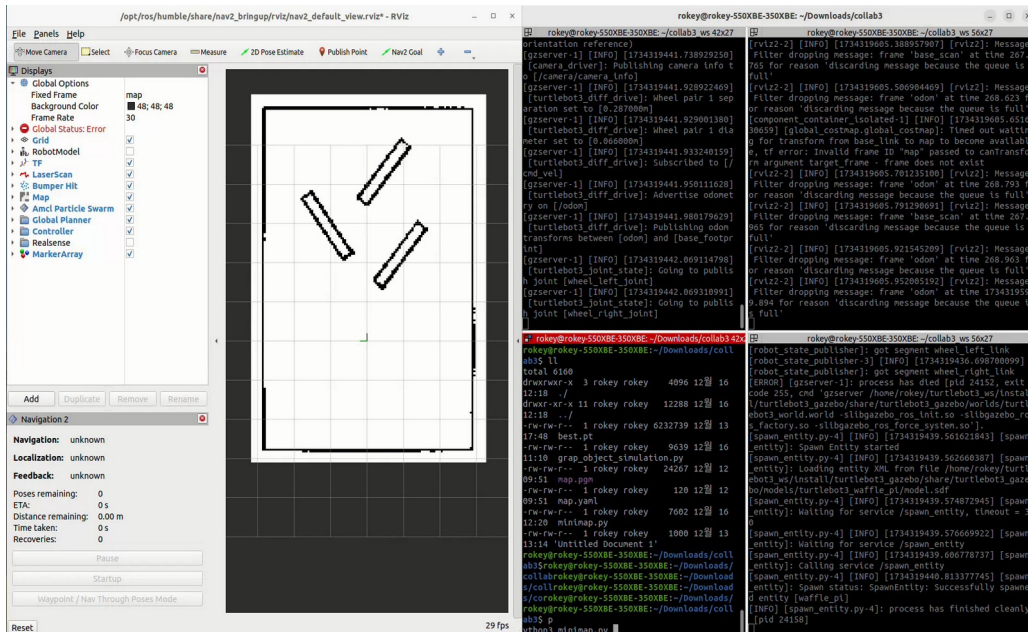
Object Detection



- '/pi_camera/image_raw' 로 가상환경 내에 이미지 토픽 구독
- 'yolov8n.pt' 와 이미지 100 개를 통하여 학습 모델 생성하여 사용
- 이미지를 최신화하는 노드와 최신화된 이미지에서 detection 하고 grap 을 진행하는 노드를 분리하여 멀티스레딩으로 실행

2. 시스템 특징

Navigation

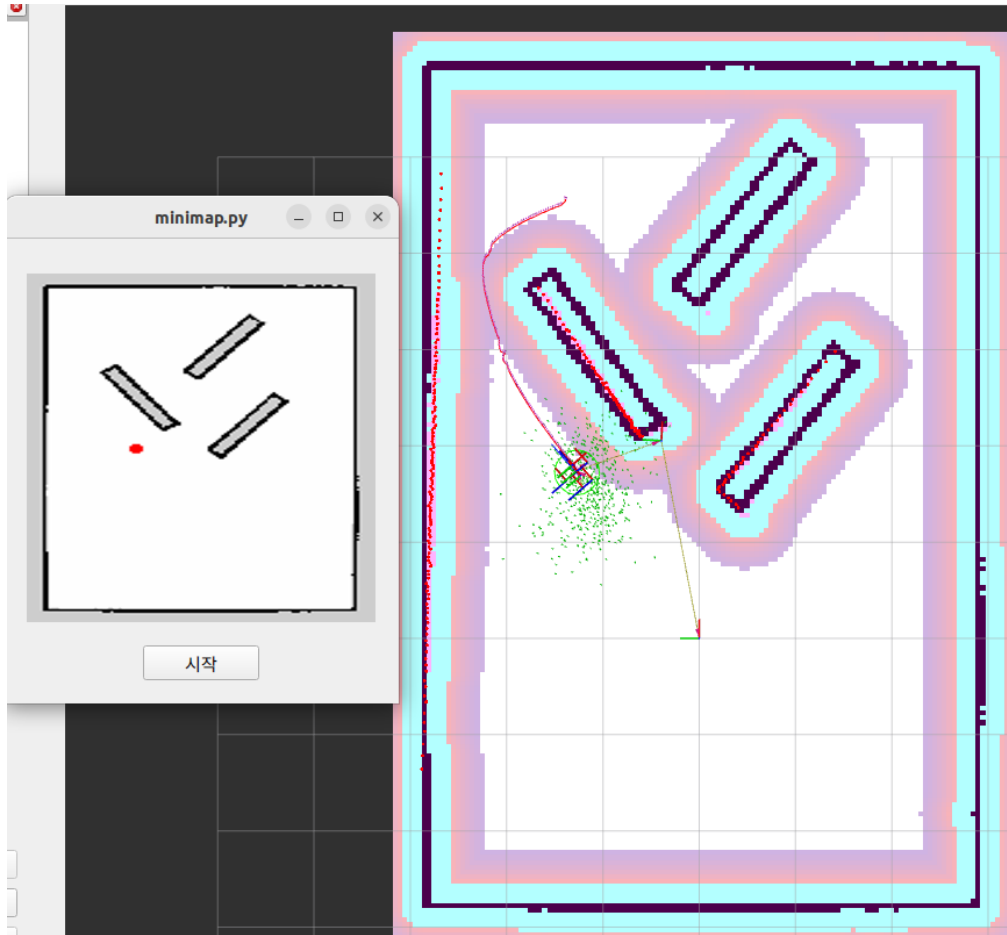


- 주행 로봇에 물건을 다 담은 후 이동하고자 하는 위치로 navigation 진행

- GUI 에서 실시간으로 현재 로봇 위치를 확인할 수 있음

2. 시스템 특징

GUI

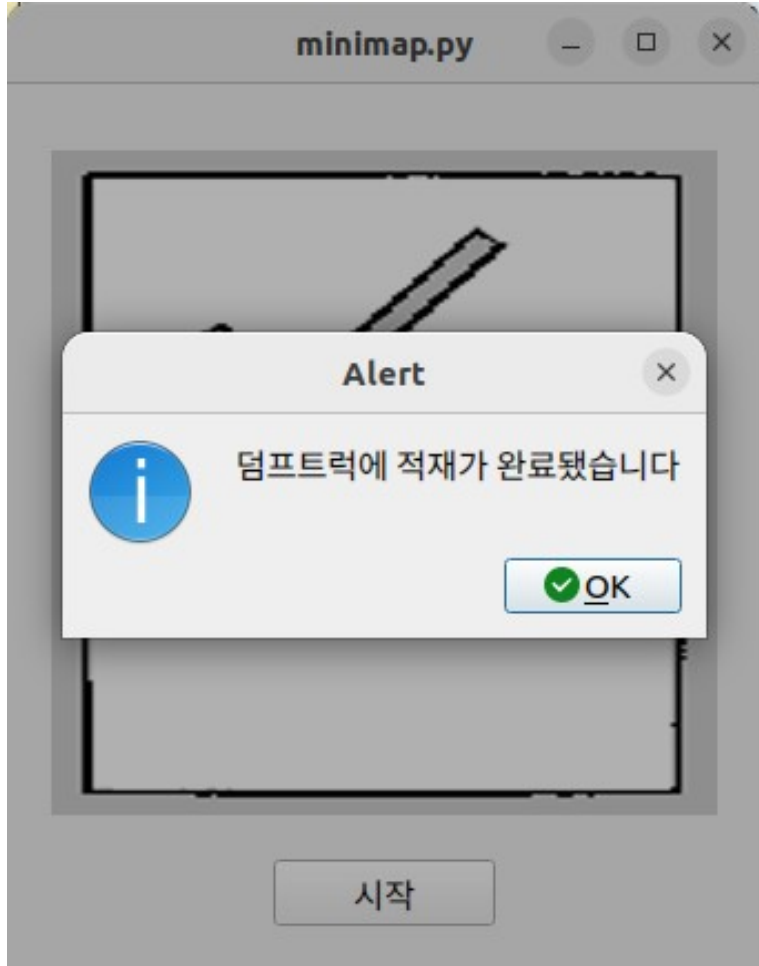


미니맵 GUI:

- 현재 좌표를 받아와서 미니맵 위에 실시간으로 표시
- 시작 버튼으로 모든 프로세스의 트리거가 시작됨

시작 버튼 → Navigatetopose 로 작업 위치를 발행
→ 도착 → Grap_object 실행 토픽 발행 → 적재 완료 알람
→ 복귀 위치 발행 → 도착 (반복)

2. 시스템 특징



GUI

미니맵 GUI:

- 현재 좌표를 받아와서 미니맵 위에 실시간으로 표시
- 시작 버튼으로 모든 프로세스의 트리거가 시작됨

시작 버튼 → Navigatetopose 로 작업 위치를 발행
→ 도착 → Grap_object 실행 토픽 발행 → 적재 완료 알람
→ 복귀 위치 발행 → 도착 (반복)

3. 특이 사항

Object Detection

```
[INFO] [1734325221.036045344] [turtlebot3_manipulation_test]: 이미지 최신화!  
[INFO] [1734325221.068117618] [turtlebot3_manipulation_test]: 이미지 최신화!  
[INFO] [1734325221.092280864] [turtlebot3_manipulation_test]: Grap started. red: 1, blue: 0  
[INFO] [1734325221.092555394] [turtlebot3_manipulation_test]: Starting grap process with target color: red  
[INFO] [1734325221.092949294] [turtlebot3_manipulation_test]: x: -150, y: 0, z: 160  
/home/seongjae/.local/lib/python3.10/site-packages/torch/cuda/__init__.py:128: UserWarning: CUDA initialization: Unexpected error from cudaGetDeviceCount(). Did you run some cuda functions before calling NumCudaDevices() that might have already set an error? Error 804: forward compatibility was attempted on non supported HW (Triggered internally at ../c10/cuda/CUDAFunctions.cpp:108.)  
    return torch._C._cuda_getDeviceCount() > 0  
  
0: 480x640 (no detections), 77.3ms  
Speed: 3.6ms preprocess, 77.3ms inference, 1.0ms postprocess per image at shape (1, 3, 480, 640)  
[INFO] [1734325224.860680596] [turtlebot3_manipulation_test]: Detected 0 objects in the frame.
```

노드 분리 전

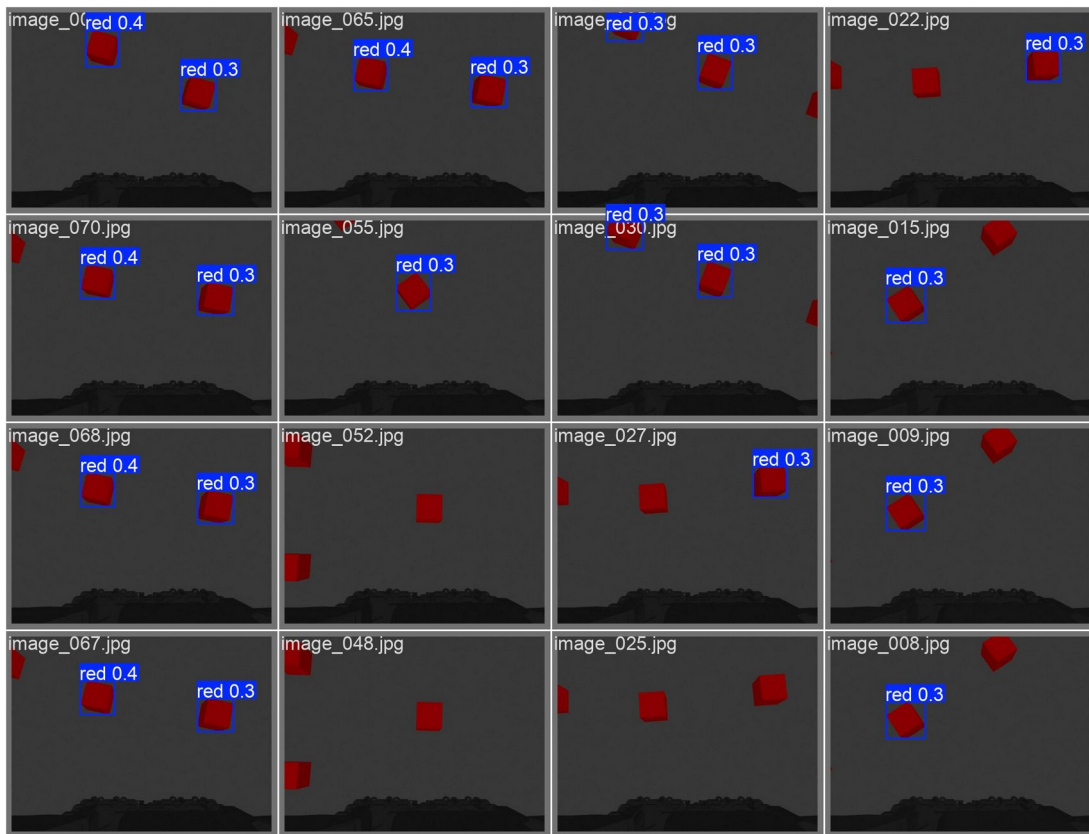
- 이미지 최신화와 detection & grap 기능을 한 노드에서 진행하려고 하니 이미지 최신화가 중단되는 상황이 발생
- 이미지 최신화하는 노드와 detection & grap 기능을 하는 노드를 분리하고 난 후에는 이미지 최신화가 멈추지 않고 계속 진행이 됨

```
[INFO] [1734315304.820286476] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
0: 480x640 1 red, 196.2ms  
Speed: 4.3ms preprocess, 196.2ms inference, 1.2ms postprocess per image at shape (1, 3, 480, 640)  
[INFO] [1734315304.828668716] [turtlebot3_manipulation_test]: Detected 1 objects in the frame.  
[INFO] [1734315304.829587080] [turtlebot3_manipulation_test]: Object area: 12296, width: 106, height: 116  
[INFO] [1734315304.830074270] [turtlebot3_manipulation_test]: Object center: (212, 67), Error: (-108, -173)  
[INFO] [1734315304.830863340] [turtlebot3_manipulation_test]: x: -150, y: -10.0, z: 150  
[INFO] [1734315304.871148929] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
[INFO] [1734315304.985882117] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
[INFO] [1734315305.044236731] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
  
[INFO] [1734315305.143437292] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
[INFO] [1734315305.258247889] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
0: 480x640 (no detections), 154.6ms  
Speed: 4.4ms preprocess, 154.6ms inference, 1.0ms postprocess per image at shape (1, 3, 480, 640)  
[INFO] [1734315305.293505736] [turtlebot3_manipulation_test]: Detected 0 objects in the frame.  
[INFO] [1734315305.354416823] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
[INFO] [1734315305.414441593] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
[INFO] [1734315305.473924449] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
[INFO] [1734315305.510770450] [image_subscriber]: 이미지 최신화  
[INFO] [1734315305.589875422] [image_subscriber]: 이미지 최신화
```

노드 분리 후

3. 특이 사항

Object Detection



- 로봇팔이 움직이면서 물체를 계속 놓치는 상황이 발생하여 grasp 할 수 있는 위치까지 도달할 수 없는 문제가 발생
- 문제의 원인을 찾아본 결과 이미지 학습 데이터가 부족하여서 좋은 학습 모델이 생성되지 않음
- Confidence 가 0.3~0.4 로 너무 낮고 아예 못 찾는 경우도 발생
- 추후 가상 환경에서 로봇 팔을 자유롭게 움직여 다양한 이미지를 손쉽게 얻을 수 있는 방법을 고민해봐야 함