두산 프로젝트 교안

Version	V1.0
최종수정일	2025.03.19
작성자	김루진

학습 목표

프로젝트 기초 환경 설정
아로크마커, 컨베어벨트 조작
주행 및 메니퓰레이터 사용

내용 검증 필요

구어체 변경

아두이노, 컨베이벨트

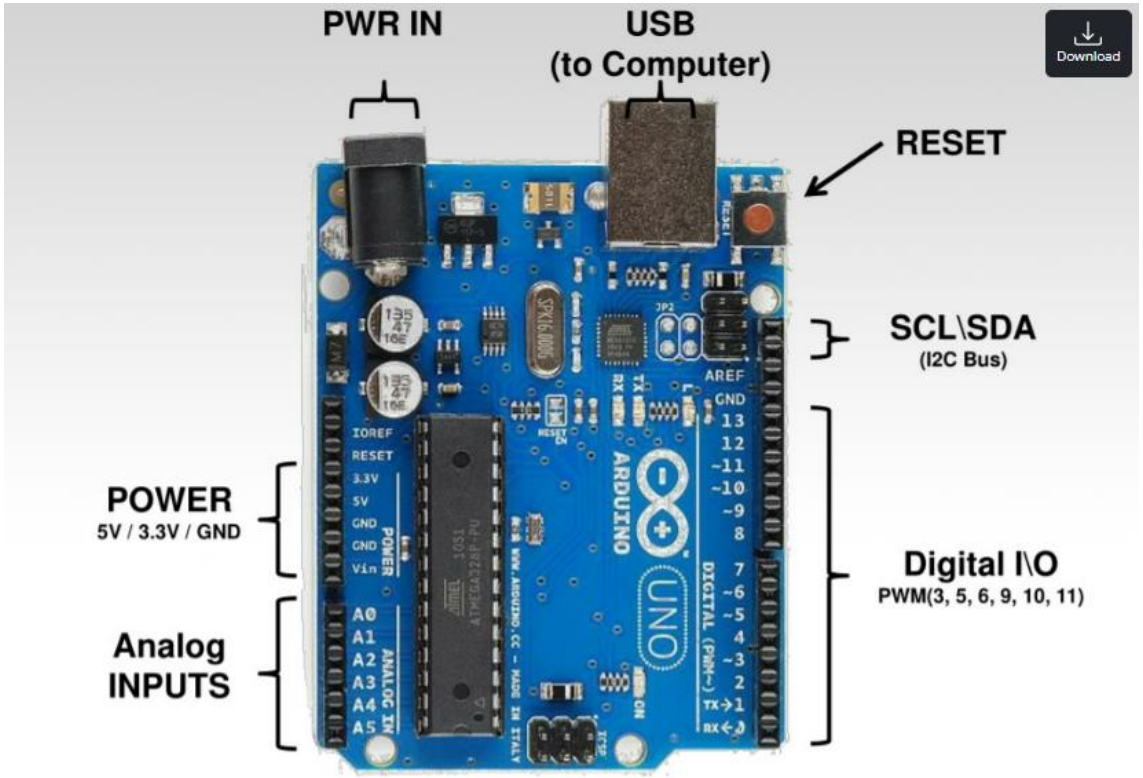
프로젝트 개발 하드웨어

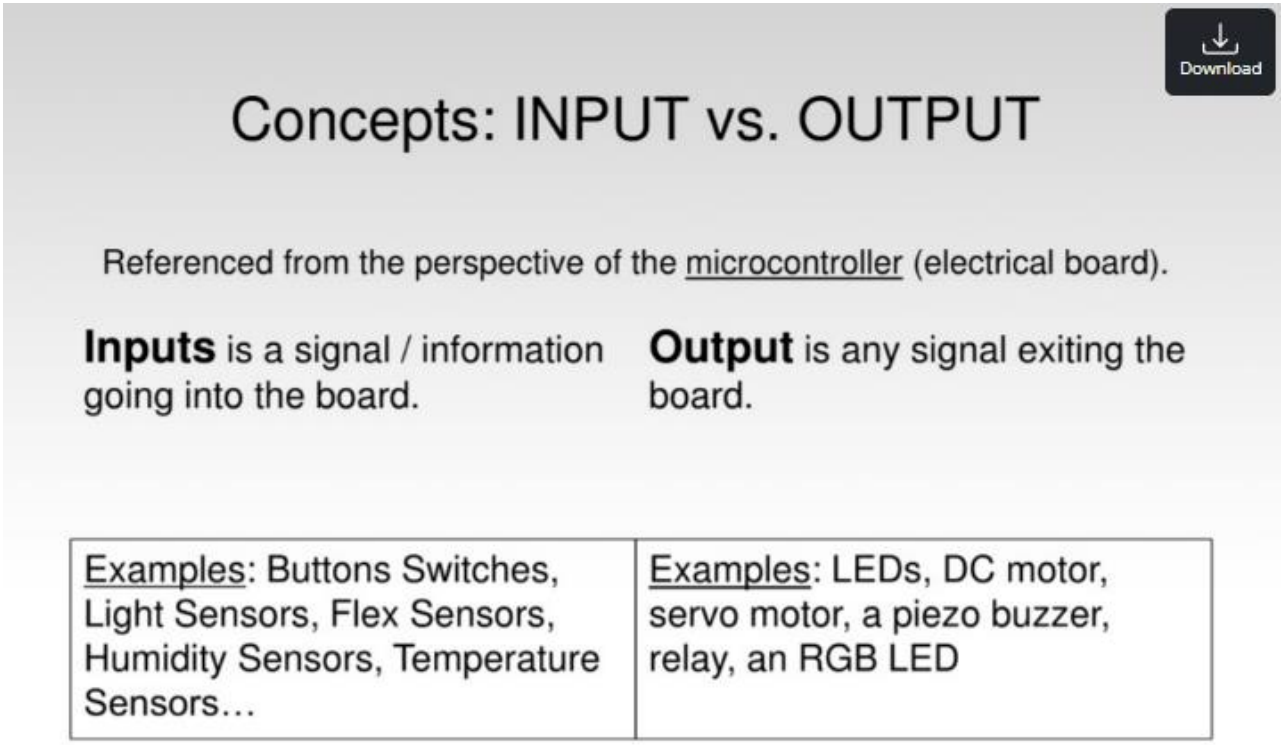
아두이노 uno 1
컨베이어 1
컨베이어모터 드라이버 1
USB camera 1
SMPS 1
12V 아답터 1
레이더 센서 1

turtlebot-3 1
OpenManipulator-X 1
배터리 2
배터리 충전기 2
오린나노 1
wifi 동글 1
노트북 1

라이다 센서

아두이노

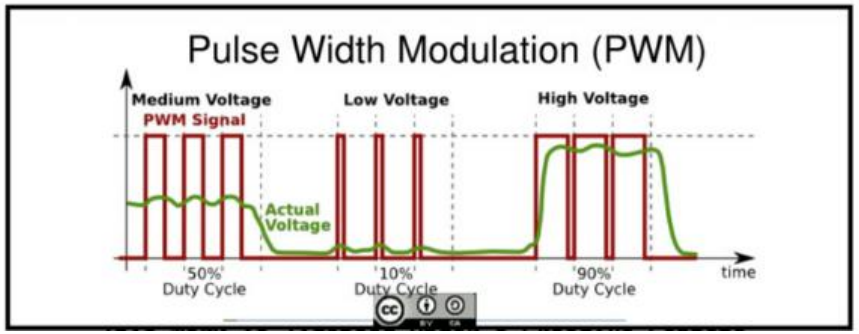

PWR IN
USB
(to Computer)
RESET
SCL\SDA
(I2C Bus)
POWER
5V / 3.3V / GND
Analog
INPUTS
Digital I\O
PWM(3, 5, 6, 9, 10, 11)
Download


Concepts: INPUT vs. OUTPUT
Referenced from the perspective of the microcontroller (electrical board).
Inputs is a signal / information going into the board.
Output is any signal exiting the board.
Examples: Buttons Switches, Light Sensors, Flex Sensors, Humidity Sensors, Temperature Sensors…
Examples: LEDs, DC motor, servo motor, a piezo buzzer, relay, an RGB LED
Download

아두이노

Concepts: Analog vs. Digital

To create an analog signal, the microcontroller uses a technique called PWM. By varying the duty cycle, we can mimic an "average" analog voltage.



Arduino

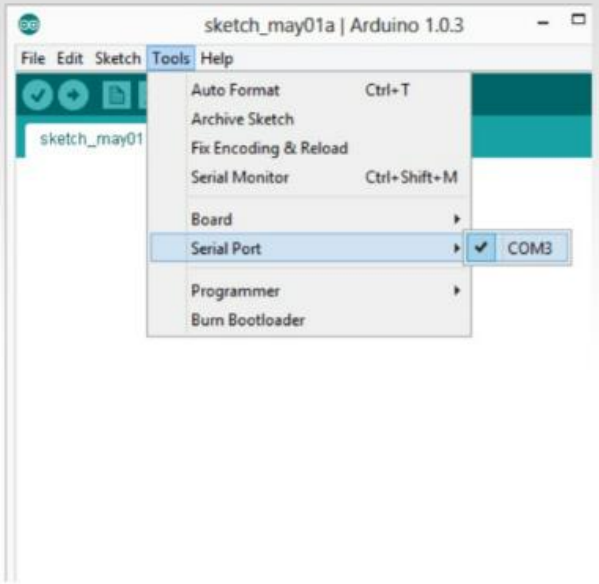
Integrated Development Environment (IDE)

Two required functions / methods / routines:

```
void setup()
{
      // runs once
}

void loop()
{
      // repeats
}
```

아두이노

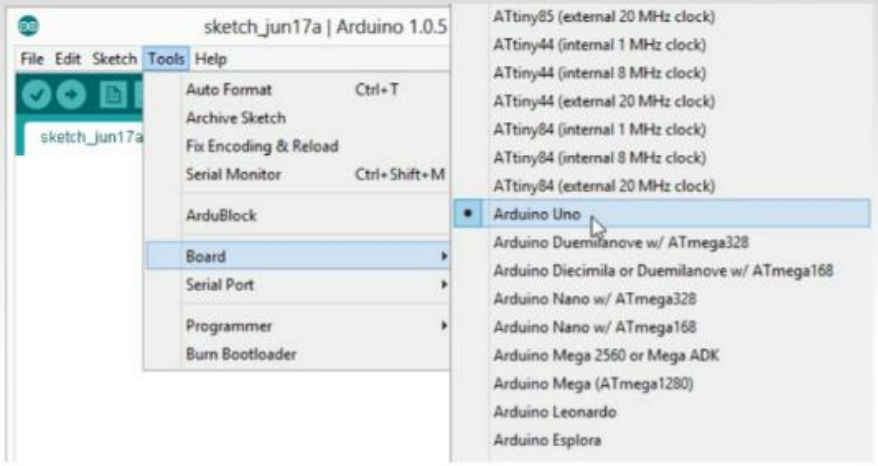
Settings: Tools ☾ Serial Port



Your computer communicates to the Arduino microcontroller via a serial port ☾ through a USB-Serial adapter.

Check to make sure that the drivers are properly installed.

Settings: Tools ☾ Board



Next, double-check that the proper board is selected under the Tools ☾ Board menu.

아두이노

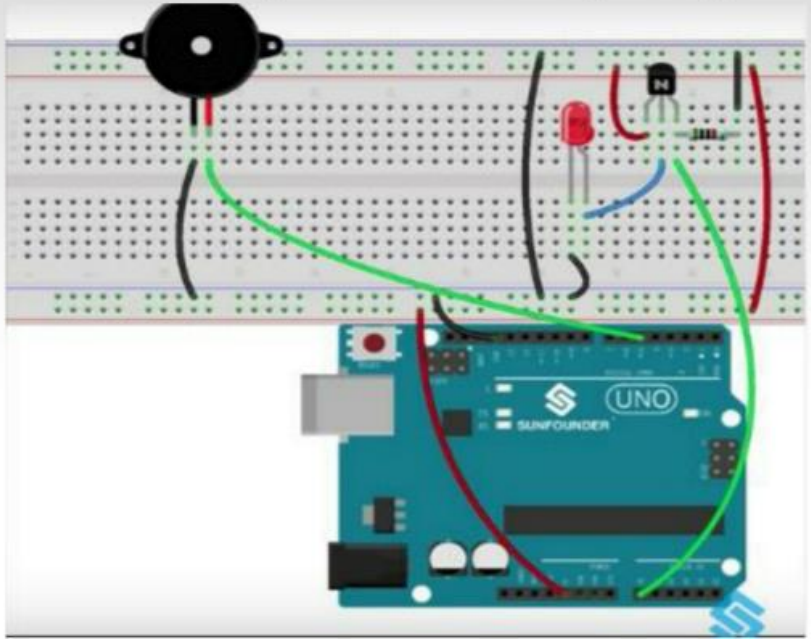
Download

Three commands to know…

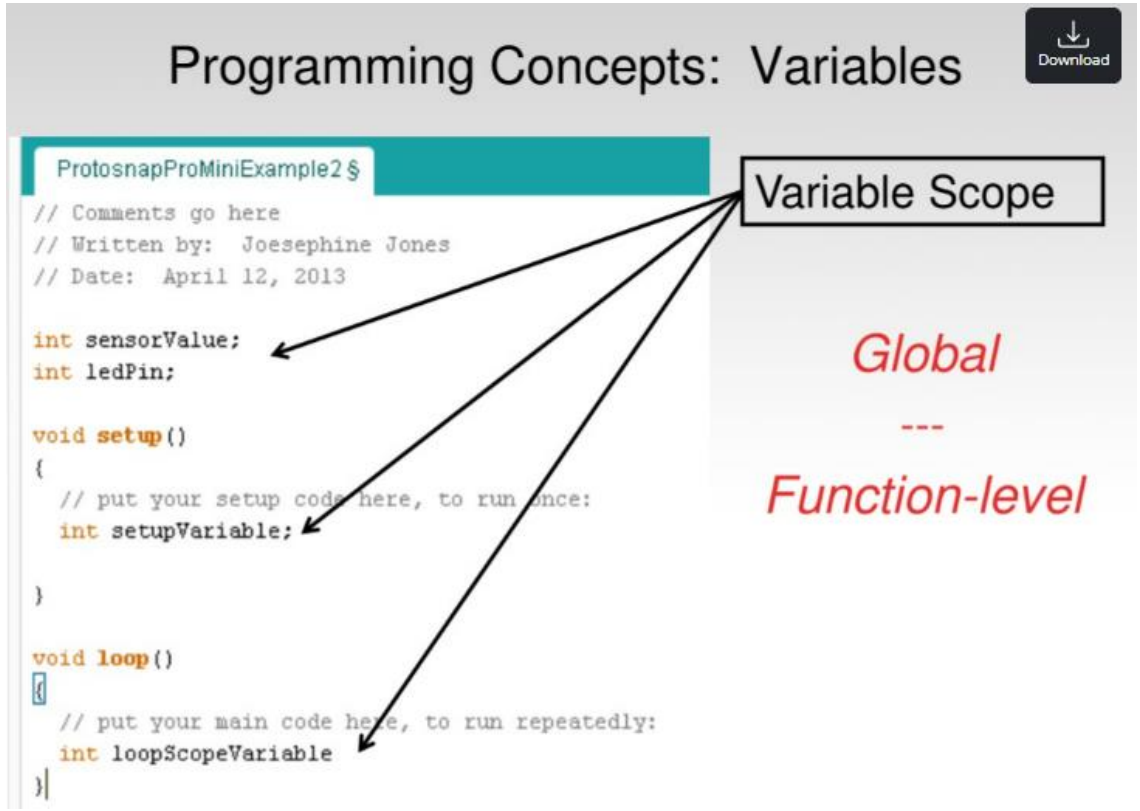
```
pinMode(pin, INPUT/OUTPUT);
  ex: pinMode(13, OUTPUT);

digitalWrite(pin, HIGH/LOW);
  ex: digitalWrite(13, HIGH);

delay(time_ms);
  ex: delay(2500); // delay of 2.5 sec.

// NOTE: -> commands are CASE-sensitive
```

Download

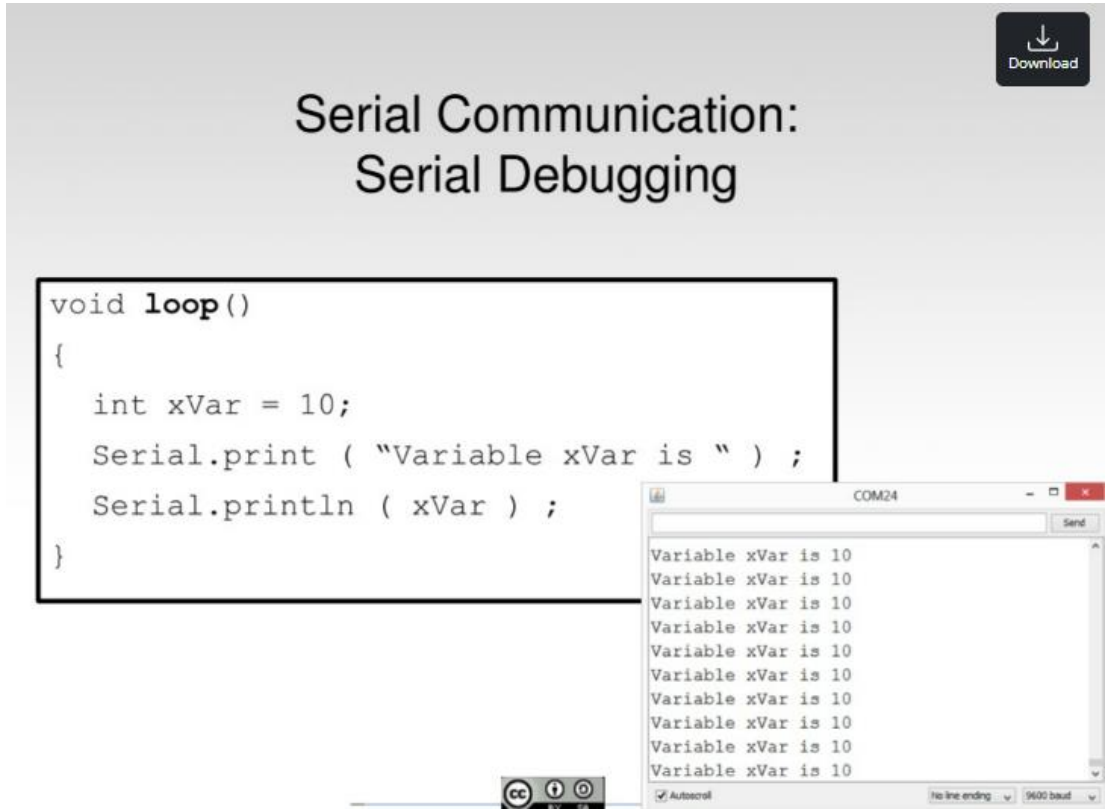
Project #1: Wiring Diagram



아두이노

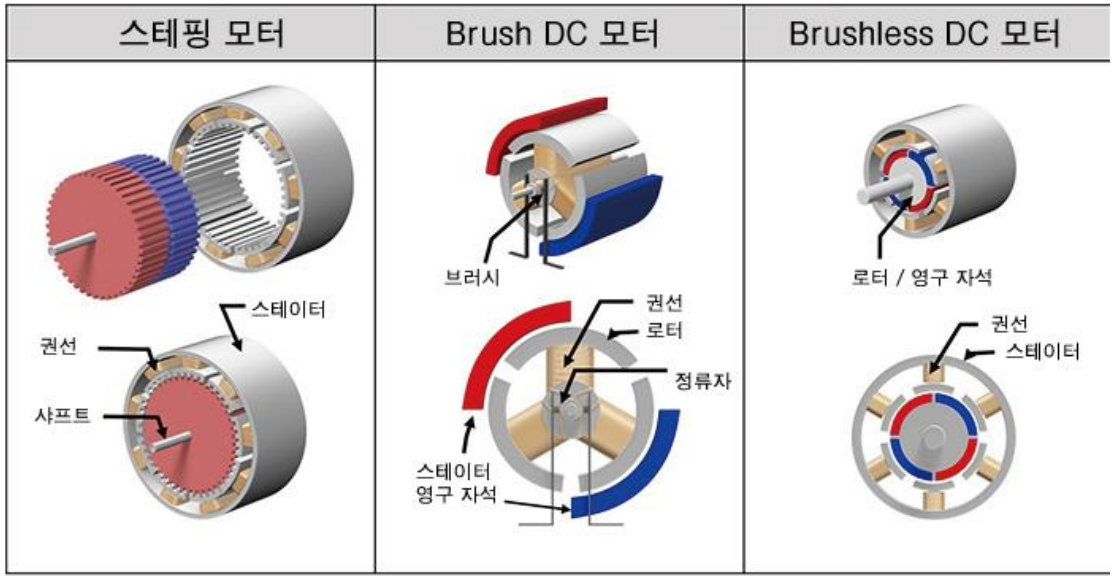

Programming Concepts: Variables
Download
ProtosnapProMiniExample2 §
// Comments go here
// Written by: Joesephine Jones
// Date: April 12, 2013
int sensorValue;
int ledPin;
void setup()
{
// put your setup code here, to run once:
int setupVariable;
}
void loop()
{
// put your main code here, to run repeatedly:
int loopScopeVariable
}
Variable Scope
Global

Function-level


Serial Communication:
Serial Debugging
Download
void loop()
{
int xVar = 10;
Serial.print ("Variable xVar is ") ;
Serial.println (xVar) ;
}
COM24
Send
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Variable xVar is 10
Autoscroll
No line ending
9600 baud

스테핑모터, 컨베이벨트

"43HD4027-02"는 스테핑 모터 모델명으로, 이 모터는 일반적으로 정밀한 위치 제어가 필요한 애플리케이션에서 사용됩니다. 스테핑 모터는 각도별로 일정한 회전각만큼 이동할 수 있어 정밀한 제어가 가능합니다.

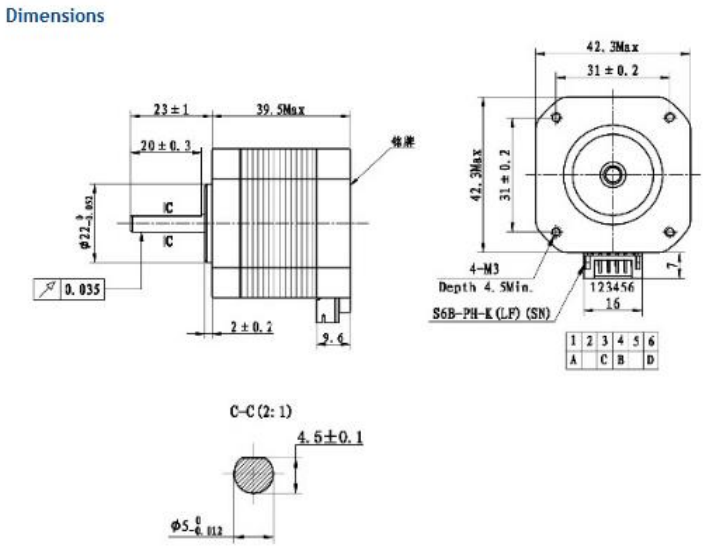


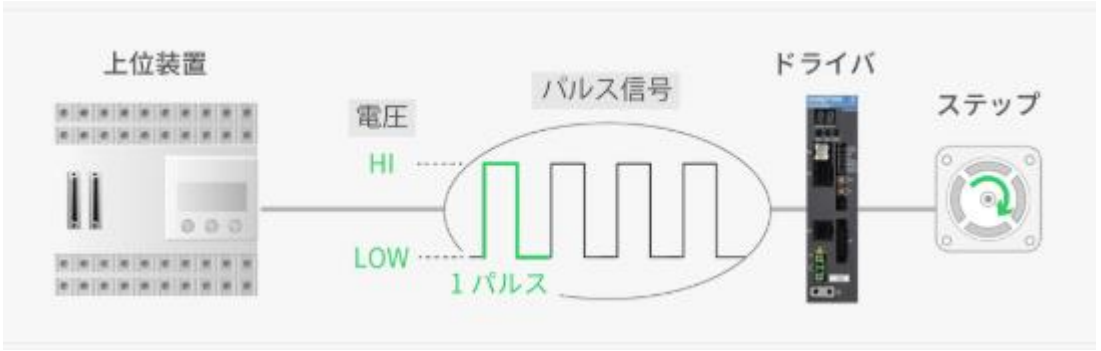
Price: $16.95
SKU: ROB-CB1509
Current Stock: 2
Quantity: 1 ADD TO CART

Product Description

- Model: 42HD4027-01-A
- Cable connector: 4 pin Dupont female
- Step angle: 1.8°
- 2-Phase
- Holding Torque: 400 mN*m
- Rated Voltage: 3.3 V
- Rated Current: 1.5 A
- Inductance per phase: 3.8 mH±20%
- Resistance per phase : 2.2 Ω±10%

스테핑모터, 컨베이벨트





ステペー モターの 속도 제어

회전 속도는 펄스 수의 밀도로 제어합니다. 1펄스로 1기준 스텝각이 회전하는 경우, 1초에 10펄스를 보내는 것이, 1초에 1펄스를 보내는 것보다 1초의 회전한 각도가 크다. 그래서 펄스의 주파수가 높으면 회전 속도가 빠릅니다.

스테핑모터, 컨베이벨트

마이크로스텝 스텝모터 드라이버 (Microstep Stepper Motor Driver)

판매가(VAT별도)	24,690원
상품코드	P0000NOO
상품요약정보	쫗은 품질을 가지고 있는 two-phase 스텝 모터 드라이버입니다.
SNS 상품홍보	

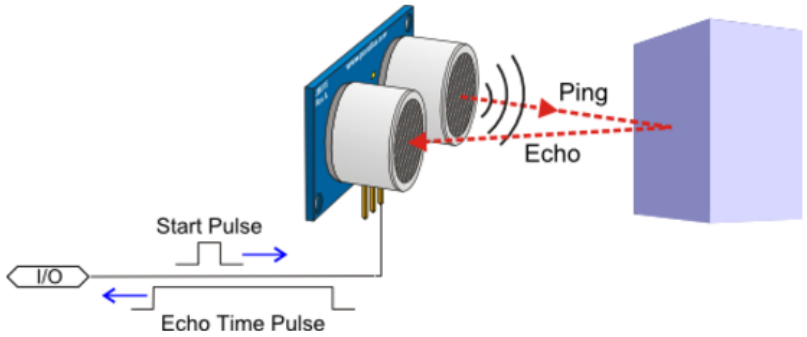
(최소주문수량 1개 이상)

수량을 선택해주세요

스테핑모터, 컨베이벨트

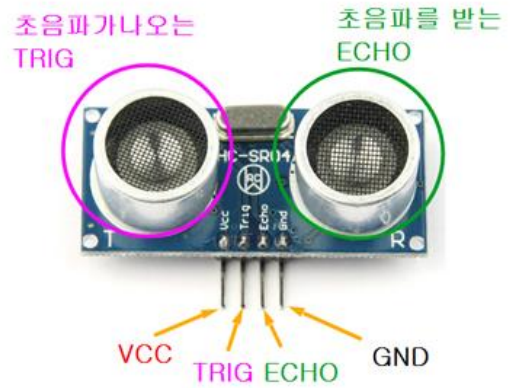
```
#define PIN_ENA  8   // Enable pin on the driver (optional if you need to control enable state)
#define PIN_DIR  9   // Direction pin (controls motor direction)
#define PIN_PUL  10  // Pulse pin (sends step signals to the driver)

int stepDelay = 1000;  // Delay between steps in microseconds (adjust motor speed)

void setup() {
  // Set the pins as outputs
  pinMode(PIN_ENA, OUTPUT);
  pinMode(PIN_DIR, OUTPUT);
  pinMode(PIN_PUL, OUTPUT);

  // Enable the driver (assuming active low for enable pin)
  digitalWrite(PIN_ENA, LOW);  // LOW typically enables the driver (check your driver datasheet)

  // Set initial direction (optional)
  digitalWrite(PIN_DIR, HIGH);  // HIGH for one direction, LOW for the opposite direction
}

void loop() {
  // Rotate the motor in one direction
  for (int i = 0; i < 2000; i++) {  // 2000 steps for one full rotation (adjust based on your motor's step count)
    digitalWrite(PIN_PUL, HIGH);  // Create a pulse
    delayMicroseconds(stepDelay); // Wait for step duration
    digitalWrite(PIN_PUL, LOW);   // End the pulse
    delayMicroseconds(stepDelay); // Wait for step duration
  }

  // Change direction after one rotation
  digitalWrite(PIN_DIR, !digitalRead(PIN_DIR));  // Reverse direction
  delay(1000);  // Wait for a second before changing direction
}
```

초음파 센서



초음파센서란
초음파 센서는 약 20kHz이상의 높은 주파수의 소리를 보낸후 반사되어 돌아오는 시간차를 측정해서 거리를 알 수 있는 센서로
초음파를 이용한 일종의 `거리 측정 센서` 입니다.
전방으로 발사된 초음파는 금속, 목재, 유리, 종이 등 단단한 물체에는 거의 100% 반사되어 돌아오지만 옷감과 같은 일부물질은 초음파를
흡수하기 때문에 정확한 측정값이 어렵다는 단점이 있습니다.

모양 및 핀맵



- 왼쪽에 동그란 부분(TRIG)에서 초음파가 발생되고 , 오른쪽 부분(ECHO)에서 반사되어 돌아오는 초음파를 받습니다.
- 핀맵은 좌측부터 VCC,TRIG,ECHO,GND 입니다.
- 측정범위 : 2cm ~ 4M
- 측정각도 : 15도
- 사용전압 : 5V
- 사용전류 : 15mA

초음파 센서

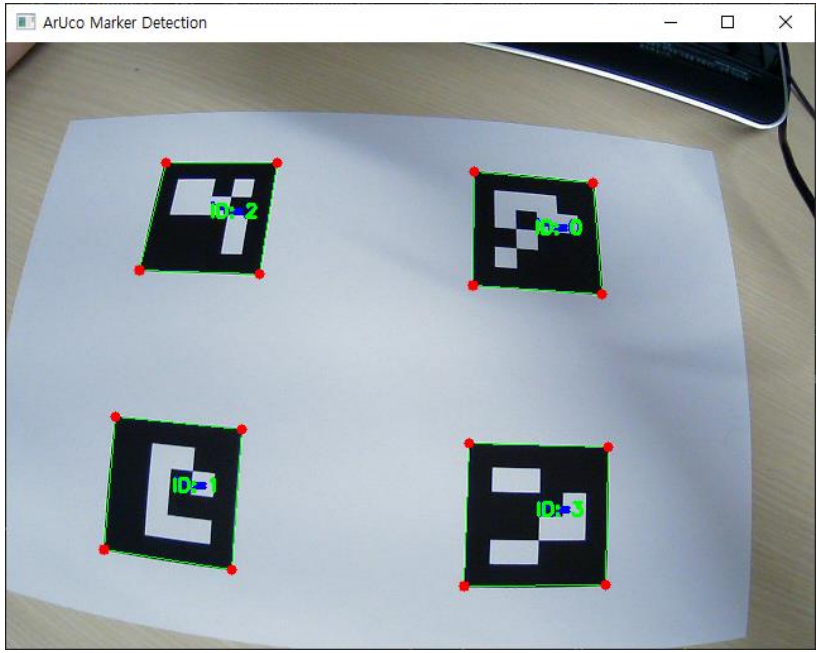
```
#define TRIG 9 //TRIG 핀 설정 (초음파 보내는 핀)
#define ECHO 8 //ECHO 핀 설정 (초음파 받는 핀)
void setup() {
  Serial.begin(9600); //PC모니터로 센서값을 확인하기위해서 시리얼 통신을 정의해줍니다.

  pinMode(TRIG, OUTPUT);
  pinMode(ECHO, INPUT);
}
void loop()
{
  long duration, distance;

  digitalWrite(TRIG, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG, LOW);

  duration = pulseIn (ECHO, HIGH); //물체에 반사되어돌아온 초음파의 시간을 변수에 저장합니다.
  //34000*초음파가 물체로 부터 반사되어 돌아오는시간 /1000000 / 2(왕복값이아니라 편도값이기때문에 나누기2를 해줍니다.)
 //초음파센서의 거리값이 위 계산값과 동일하게 Cm로 환산되는 계산공식 입니다. 수식이 간단해지도록 적용했습니다.

  distance = duration * 17 / 1000;

  //PC모니터로 초음파 거리값을 확인 하는 코드 입니다.
  Serial.println(duration ); //초음파가 반사되어 돌아오는 시간을 보여줍니다.
  Serial.print("\nDIstance : ");
  Serial.print(distance); //측정된 물체로부터 거리값(cm값)을 보여줍니다.
  Serial.println(" Cm");

  delay(1000); //1초마다 측정값을 보여줍니다.

}
```

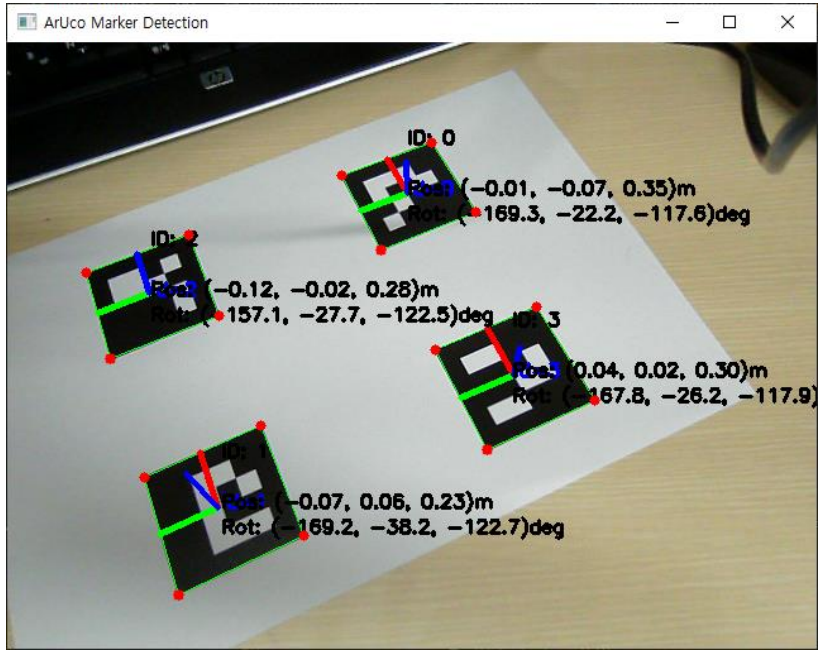
아루코마커

아루코마커 (ArUco marker)

로봇 비전 혹은 컴퓨터 비전에서 많이 사용하는 마커이다.
QR 코드처럼 우리가 카메라로 아루코마커를 인식, 아루코마커가 가지고 있는 ID를 반환받아서 읽을 수 있다.

인식한 아루코마커의 위치와 각도에 따라서 x, y, z축 방향으로의 위치와 회전 각도를 계산할 수 있다.

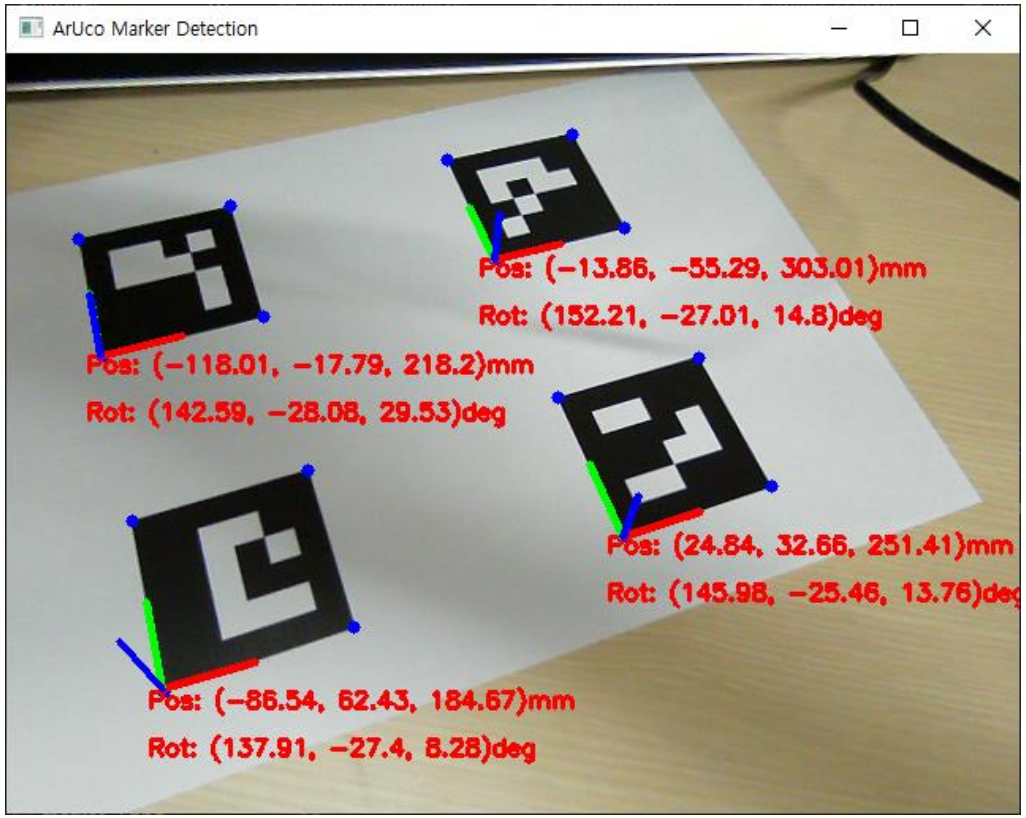




aruco_pos_rot.py

기타 개발 지원 도구

아루코마커가 50mm임을 기준으로 각 아루코마커가 카메라의 중심으로 얼마나 떨어져 있고 회전되어 있는지 확인 할 수 있다. 물론 아주 정확하지는 않지만, 약간의 오차를 가지고 위치와 회전 각도를 받을 수 있다.

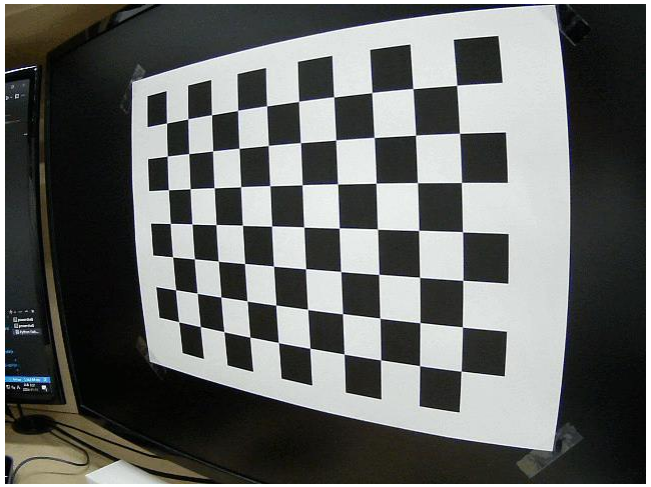


코드 공유

aruco_dist_pos_rot.py

카메라 켈리브레이션

카메라 캘리브레이션을 위해서는 보통 OpenCV를 사용하여 카메라의 내부 파라미터(초점 거리, 왜곡 계수 등)를 추정



이 과정은 일반적으로 체스보드 패턴을 사용하여 여러 각도에서 이미지를 촬영하고, 이를 통해 카메라 매트릭스를 구하는 방식으로 진행됩니다.

위치에따라 카메라 랜즈의 굴곡에따른 왜곡 현상

카메라 켈리브레이션

카메라 파라미터

1.카메라 렌즈 시스템의 내부 파라미터(Internal parameters): 초점 거리 (focal length), 광학 중심 (optical center), 렌즈의 방사 왜곡 계수 (radial distortion coefficients of the lens)

2.외부 파라미터(External parameters): 시계 좌표계에 대한 카메라의 방향, 회전, 이동

체커 보드

우리는 카메라 캘리브레이션을 위해서 체커 보드(checkerboard pattern)를 사용할 것이다.

해당 사이트에서 체커 보드 패턴을 만들고 간단히 출력할 수 있다.

https://markhedleyjones.com/projects/calibration-checkerboard-collection

카메라 켈리브레이션

- 10x7 체커보드 패턴(내부 코너는 9x6)에서 각 사각형이 20mm인 체커보드를 사용합니다.
- 지정된 폴더에서 체커보드 이미지를 로드합니다.
- 각 이미지에서 체커보드 코너를 감지합니다.
- 감지된 코너를 사용하여 카메라 캘리브레이션을 수행합니다.
- 카메라 행렬(intrinsic parameters)과 왜곡 계수를 계산합니다.
- 캘리브레이션 결과를 파일로 저장합니다.
- 선택적으로 테스트 이미지의 왜곡을 보정합니다.

Camera_calibration_captures.py
Camera_calibration.py

Camera_test.py

Camera_test_calibrationed.py

카메라 켈리브레이션

https://darkpgmr.tistory.com/32

카메라 영상은 3차원 공간상의 점들을 2차원 이미지 평면에 투사(perspective projection)함으로써 얻어집니다. 핀홀(pinhole) 카메라 모델에서 이러한 변환 관계는 다음과 같이 모델링됩니다.

$$s\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & \text{skew\_c}f_x & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= A[R \mid t] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

카메라 켈리브레이션

여기서, (X,Y,Z)는 월드 좌표계(world coordinate system) 상의 3D 점의 좌표, [R|t]는 월드 좌표계를 카메라 좌표계로 변환시키기 위한 회전/이동변환 행렬이며 A는 intrinsic camera matrix입니다.

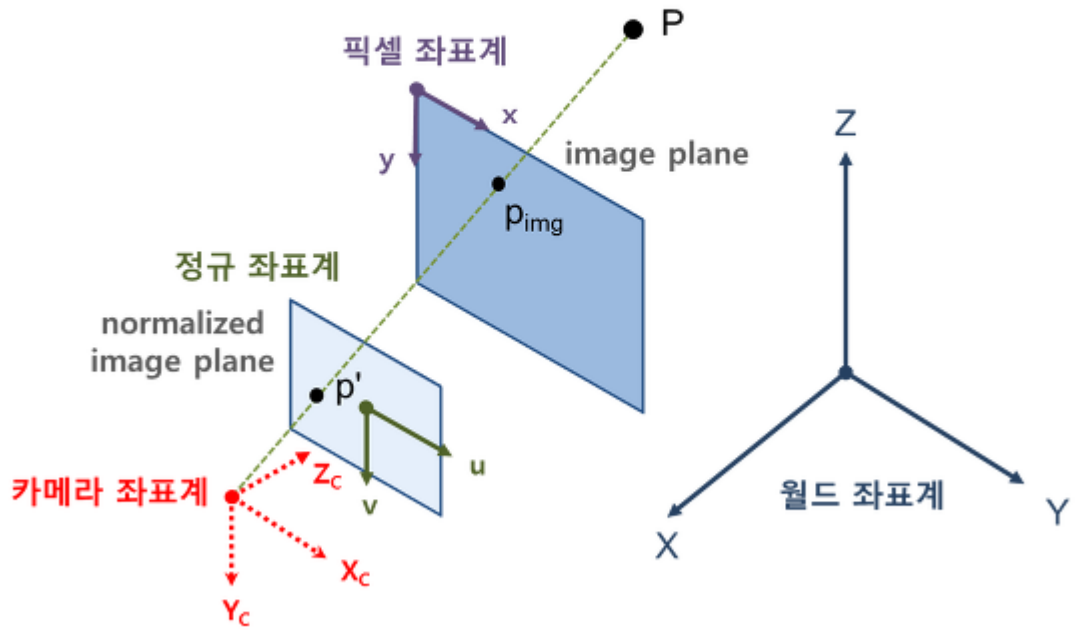


그림 2. 카메라 좌표계

카메라의 내부 파라미터로는 다음과 같은 것들이 있습니다.

A. 초점거리(focal length): fx, fy
B. 주점(principal point): cx, cy
C. 비대칭계수(skew coefficient): skew_c = tanα

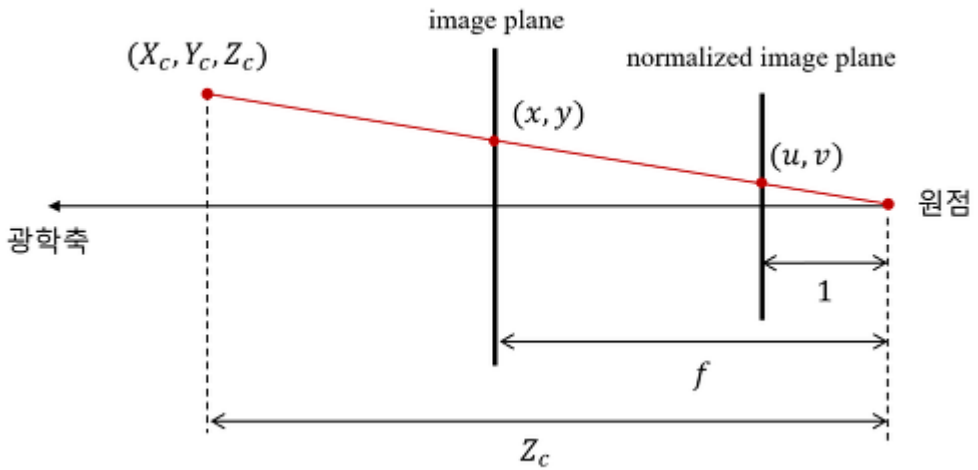


그림 4. 카메라 투영(projection) 모델

켈리브레이션

아로크마커 생성

marker_id = 마커의 아이디

marker_size = 마커크기(픽셀 또는 m)

dict_type = 마커 종류와 id 갯수 (4X4,5X5,6X6, 250,500,1000)

Aruco marker generate 웹사이트

https://chev.me/arucogen/

https://fodi.github.io/arucosheetgen/

aruco_generate.py

아로크마커 거리 추정

aruco_dict = cv2.aruco.getPredefinedDictionary(cv2.aruco.DICT_6X6_1000)

OpenCV의 ArUco 라이브러리를 사용하여 ArUco 마커를 생성하거나 인식하기 위한 코드입니다.

1.cv2.aruco: OpenCV의 ArUco 모듈을 의미합니다. ArUco는 QR 코드와 유사한 방식으로 인식할 수 있는 작은 2D 마커입니다.
2.주로 증강 현실(AR)이나 로봇 비전에서 사용됩니다.

2.getPredefinedDictionary(): 이 함수는 OpenCV에서 미리 정의된 다양한 ArUco 마커 세트를 반환합니다.

3.사용자는 여러 종류의 마커 세트 중 하나를 선택할 수 있습니다. 이 함수는 마커들을 생성하거나 인식할 때 유용합니다.

3.cv2.aruco.DICT_6X6_1000: 이는 "6x6 크기의 1000개의 고유한 ArUco 마커" 세트를 의미합니다.

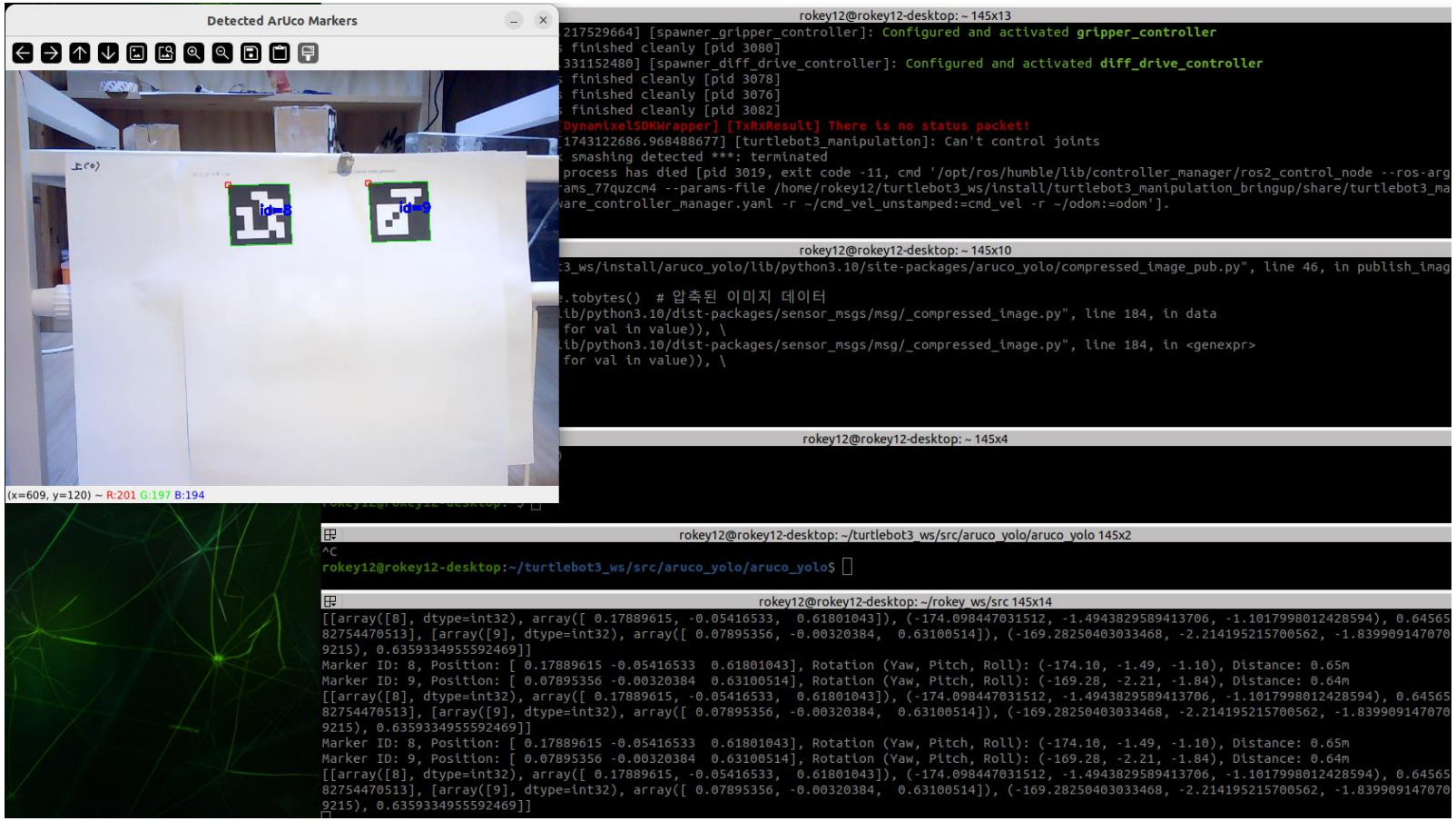
4.여기서 6x6은 각 마커의 비트 크기를 나타내며, 1000은 세트 내에서 제공되는 마커의 수를 의미합니다.

5.즉, 이 세트는 6x6 크기의 1000개의 서로 다른 ArUco 마커를 제공합니다.

마커 id ,pose, rotation 추출 후 거리(distance)를 추정
정확한 거리를 위해서 카메라 calibration이 필요

aruco_run.py 실행

아로크마커 거리 추정



Marker ID: 8, Position: [0.30174336 -0.14219974 0.58847091], Rotation (Yaw, Pitch, Roll): (175.39, 4.25, -2.24), Distance: 0.68m

Marker ID: 9, Position: [-0.3635388 -0.06435436 0.54939859], Rotation (Yaw, Pitch, Roll): (-173.50, -50.36, -11.39), Distance: 0.66m

아로크마커 거리 추정

아로크마커 거리 추정 원리

•**실제 마커 크기**: 마커의 실제 크기(가령, 정사각형의 한 변의 길이)가 알려져 있어야 합니다.

•**마커의 화면 상 크기**:
•카메라에서 본 마커의 크기는 실제 크기와 카메라의 초점 거리, 마커와 카메라 사이의 거리에 따라 다르게 나타납니다.

•**삼각법**:
•삼각형의 기하학적 원리를 사용하여, 마커의 화면 상 크기와 실제 크기, 그리고 카메라의 초점 거리로부터 거리를 계산합니다.

거리 추정 공식

일반적으로 카메라와 마커 사이의 거리를 계산하는 기본적인 공식은 다음과 같습니다:

$$D = \frac{f \cdot W}{w}$$

- D: 마커와 카메라 사이의 거리
- f: 카메라의 초점 거리
- W: 마커의 실제 크기
- w: 화면에서 마커의 크기 (픽셀 단위)

아로크마커 거리 추정 aruco_marker_detector.py

주요 라이브러리
- cv2, numpy: 이미지 처리와 수학 계산
- rclpy: ROS 2 파이썬 클라이언트 라이브러리
- sensor_msgs.msg.CompressedImage: 압축된 이미지 메시지
- aruco_msgs.msg.Marker, MarkerArray: ArUco 마커 정보 메시지
- cv_bridge: ROS 이미지 ↔ OpenCV 이미지 변환
- yaml: 카메라 캘리브레이션 파일 로딩

```
#!/usr/bin/env python3
import cv2
import numpy as np
import os
from ament_index_python.packages import get_package_share_directory
import yaml
import argparse
import rclpy
from rclpy.node import Node
from sensor_msgs.msg import CompressedImage
from std_msgs.msg import Float32, Int32
from aruco_msgs.msg import Marker, MarkerArray
from cv_bridge import CvBridge
```

아로크마커 거리 추정

aruco_marker_detector.py

detect_markers()
- 카메라 영상에서 ArUco 마커 검출
- 마커 ID, 위치, 회전각, 거리 등을 추출
- cv2.solvePnP()을 통해 자세 추정
- rotationMatrixToEulerAngles()로 Euler 각도 추출

```
def detect_markers(image, camera_matrix, dist_coeffs, marker_size):
    aruco_dict = cv2.aruco.getPredefinedDictionary(cv2.aruco.DICT_6X6_1000)
    parameters = cv2.aruco.DetectorParameters()
    detector = cv2.aruco.ArucoDetector(aruco_dict, parameters)
    corners, ids, _ = detector.detectMarkers(image)
    detect_data = []
    if ids is not None:
        cv2.aruco.drawDetectedMarkers(image, corners, ids)
        rvecs, tvecs, _ = my_estimatePoseSingleMarkers(corners, marker_size, camera_matrix,
dist_coeffs)

        if rvecs is not None and tvecs is not None:
            for rvec, tvec, marker_id in zip(rvecs, tvecs, ids):
                rot_mat, _ = cv2.Rodrigues(rvec)
                yaw, pitch, roll = rotationMatrixToEulerAngles(rot_mat)
                marker_pos = np.dot(-rot_mat.T, tvec).flatten()
                distance = np.linalg.norm(tvec)
                detect_data.append([marker_id, marker_pos, (yaw, pitch, roll), distance])
    return image, detect_data
```

아로크마커 거리 추정

aruco_marker_detector.py

my_estimatePoseSingleMarkers()
- 마커의 각 코너 좌표와 실제 크기를 바탕으로 자세 추정

```
def my_estimatePoseSingleMarkers(corners, marker_size, mtx, distortion):
    marker_points = np.array([[-marker_size / 2, marker_size / 2, 0],
                              [marker_size / 2, marker_size / 2, 0],
                              [marker_size / 2, -marker_size / 2, 0],
                              [-marker_size / 2, -marker_size / 2, 0]], dtype=np.float32)
    rvecs = []
    tvecs = []
    for c in corners:
        _, R, t = cv2.solvePnP(marker_points, c, mtx, distortion, False, cv2.SOLVEPNP_IPPE_SQUARE)
        rvecs.append(R)
        tvecs.append(t)
    return rvecs, tvecs, []
```

아로크마커 거리 추정 aruco_marker_detector.py

rotationMatrixToEulerAngles()
- 회전 행렬을 Euler 각도(roll, pitch, yaw)로 변환

```
def rotationMatrixToEulerAngles(R):
    sy = np.sqrt(R[0,0] * R[0,0] + R[1,0] * R[1,0])
    singular = sy < 1e-6
    if not singular:
        x = np.arctan2(R[2,1], R[2,2])
        y = np.arctan2(-R[2,0], sy)
        z = np.arctan2(R[1,0], R[0,0])
    else:
        x = np.arctan2(-R[1,2], R[1,1])
        y = np.arctan2(-R[2,0], sy)
        z = 0
    return np.degrees(x), np.degrees(y), np.degrees(z)
```

아로크마커 거리 추정

aruco_marker_detector.py

load_camera_parameters()
• ROS 패키지 내 YAML 파일에서 카메라 캘리브레이션 파라미터를 로드

```
def load_camera_parameters(yaml_file):
    package_share_directory = get_package_share_directory('aruco_marker_detect')
    calibration_file = os.path.join(package_share_directory, 'config', yaml_file)

    with open(calibration_file, 'r') as f:
        data = yaml.safe_load(f)
        camera_matrix = np.array(data["camera_matrix"]["data"], dtype=np.float32).reshape(3, 3)
        dist_coeffs = np.array(data["distortion_coefficients"]["data"], dtype=np.float32)
    return camera_matrix, dist_coeffs
```

아로크마커 거리 추정

aruco_marker_detector.py

클래스 ArucoMarkerDetector(Node)

주요 역할:

- /image_raw/compressed 주제를 구독하여 이미지를 받아옴
- 마커 검출 후 가장 가까운 마커 정보를 로그로 출력
- 검출된 마커 정보를 MarkerArray로 detected_markers 주제에 퍼블리시

```
class ArucoMarkerDetector(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('aruco_marker_detector')
        self.subscription = self.create_subscription(
            CompressedImage,
            'image_raw/compressed',
            self.listener_callback,
            10)

        self.marker_publisher = self.create_publisher(MarkerArray, 'detected_markers', 10)

        self.bridge = CvBridge()
        self.marker_size = 0.04
        self.camera_matrix, self.dist_coeffs = load_camera_parameters('calibration_params.yaml')

    def listener_callback(self, msg):
        np_arr = np.frombuffer(msg.data, np.uint8)
        frame = cv2.imdecode(np_arr, cv2.IMREAD_COLOR)
        frame, detect_data = detect_markers(frame, self.camera_matrix, self.dist_coeffs, self.marker_size)
        if len(detect_data) == 0:
            self.get_logger().debug("No markers detected")
        else:
            closest_marker = min(detect_data, key=lambda x: x[3])
            self.get_logger().debug(f"Closest Marker ID: {closest_marker[0]}, Distance: {closest_marker[3]:.2f}m")

            marker_array_msg = MarkerArray()
            for marker in detect_data:
                marker_msg = Marker()
                marker_msg.id = int(marker[0])
                marker_msg.pose.pose.position.x = marker[1][0]
                marker_msg.pose.pose.position.y = marker[1][1]
                marker_msg.pose.pose.position.z = marker[1][2]
                marker_msg.pose.pose.orientation.x = marker[2][2]
                marker_msg.pose.pose.orientation.y = marker[2][1]
                marker_msg.pose.pose.orientation.z = marker[2][0]
                marker_array_msg.markers.append(marker_msg)
            self.marker_publisher.publish(marker_array_msg)
        cv2.imshow('Detected Markers', frame)
        cv2.waitKey(1)
```

아로크마커 거리 추정 aruco_marker_detector.py

실행 흐름 (main() 함수)
1.ROS 2 초기화
2.ArucoMarkerDetector 노드 실행
3.노드 종료 시 종료 처리

```
def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    aruco_marker_detector = ArucoMarkerDetector()
    rclpy.spin(aruco_marker_detector)
    aruco_marker_detector.destroy_node()
    rclpy.shutdown()

if __name__ == "__main__":
    parser = argparse.ArgumentParser(description='Detect ArUco markers.')
    parser.add_argument('--marker_size', type=float, default=0.04,
                        help='Size of the ArUco markers in meters.')
    args = parser.parse_args()
    ArucoMarkerDetector.marker_size = args.marker_size
    main()
```

터틀봇 메니퓰레이터

터틀봇 와플 메니퓰레이터 시작, 종료

1. Open CR을 먼저 키고
2. jetson orin을 킨다

1. robot에서 sudo shutdown now 를 실행하고
2. jetson orin의 스위치를 반드시 끄고
3. Open CR을 끈다

SSH 로봇 접속

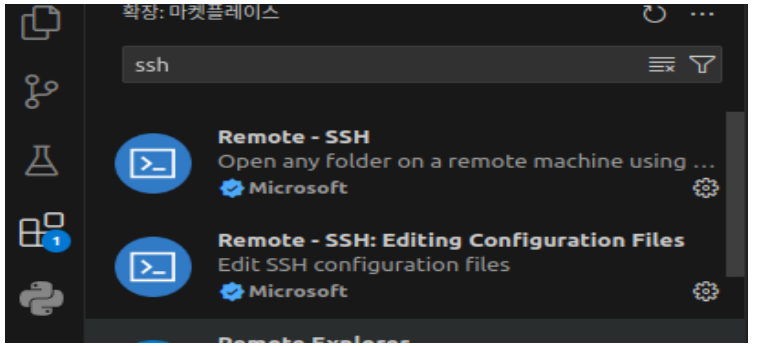
ssh 연결하기

ssh -X rokeyOO@<rokeyIPaddres>

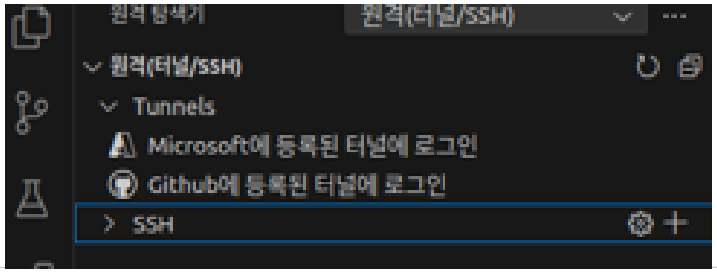
PASSWORD:rokey1234

VSCode 로봇 접속

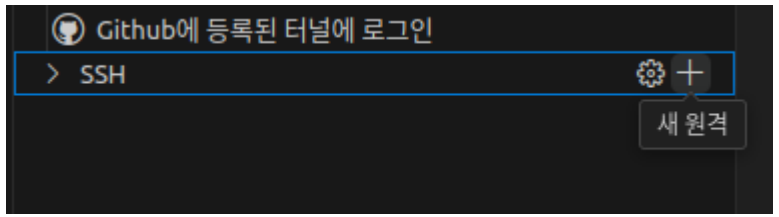
1. vscode 확장(ctrl+shift+X)탭을 누른다
2. 마켓에서 ssh를 치고,Remote-SSH를 설치



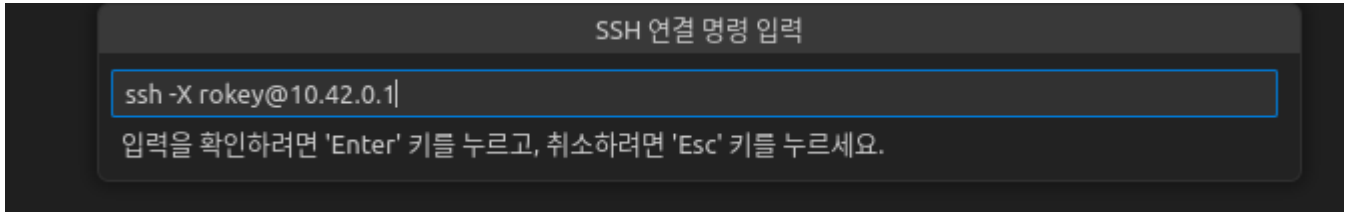
3. 원격 탐색기



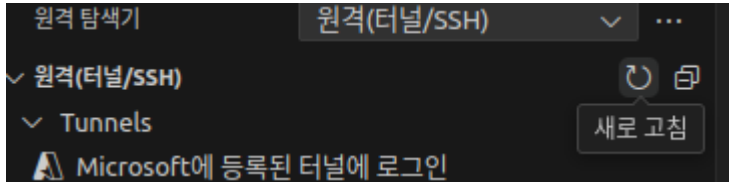
VSCode 로봇 접속



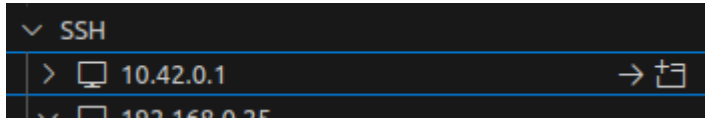
4. 새 원격을 누른다



5. ssh -X rokeyO@<rokeyIP> 입력후 enter

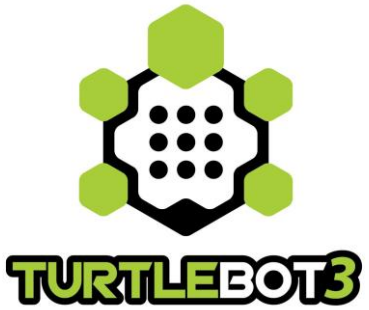


6. ssh 창에 새로 고침 한 이후에

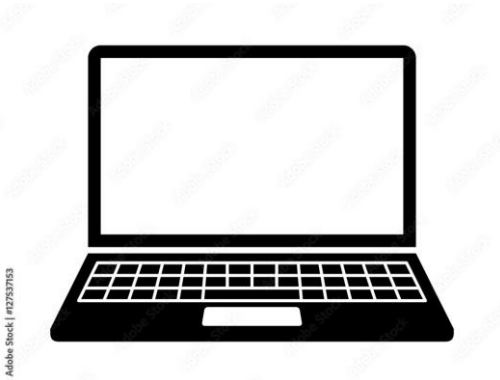


7. 자신이 접속할 창의 폴더를 누른다

프로그램 수행 노드 목록



I. ros2 launch turtlebot3_manipulation _bringup hardware.launch.py
II. compressed_image_pub.py
III. yolo_detect.py
IV. aruco_marker_detect.py



I. ros2 launch turtlebot3_manipulation_ moveit_config moveit_core.launch.py
II. turtlebot_arm_controller
III. manager_node
IV. qt_qui.py
V. conveyor_node

Aruco marker 거리 추정 후 robot 주행

터틀봇 수행

1. ros2 launch turtlebot3_manipulation_bringup hardware.launch.py
2. ros2 launch aruco_yolo aruco_move.launch.py

(compressed_image_pub :영상 데이터를 압축 전송

aruco_detect_marker: 압축된 영상 데이터에서 aruco marker를 인식하여 pose와 rotation을 추출

aruco_move: 받은 pose.z 만큼 주행)

Node_graph 수행해보기

Node_graph(aruco_move.launch.py)

Node_graph(aruco_yolo.launch.py)

Moveit 이해

MoveIt의 역할: **로봇 암(Manipulator) 모션 플래닝 및 제어**

ROS2 기반에서 동작하는 모션 플래닝 프레임워크

사용 목적: **경로 계획(Path Planning), 역기구학(IK), 충돌 회피(Collision Avoidance), 센서 통합 등**

https://moveit.picknik.ai/main/index.html

코드 분석 필요

Moveit 수행

로봇에서

ros2 launch turtlebot3_manipulation_bringup hardware.launch.py

pc에서

ros2 launch turtlebot3_manipulation_moveit_config moveit_core.launch.py

ros2 topic list

export

에러...

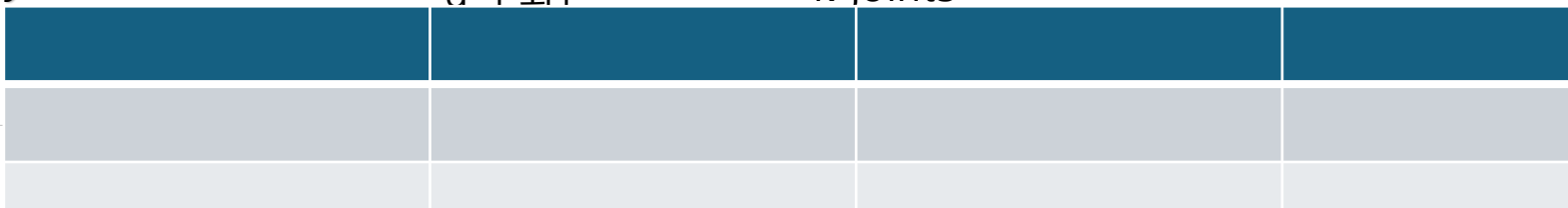
Moveit 키보드 설정

- turtlebot3_manipulation_xyz_limit.py

w 전진
s 후진
a 좌회전
d 우회전

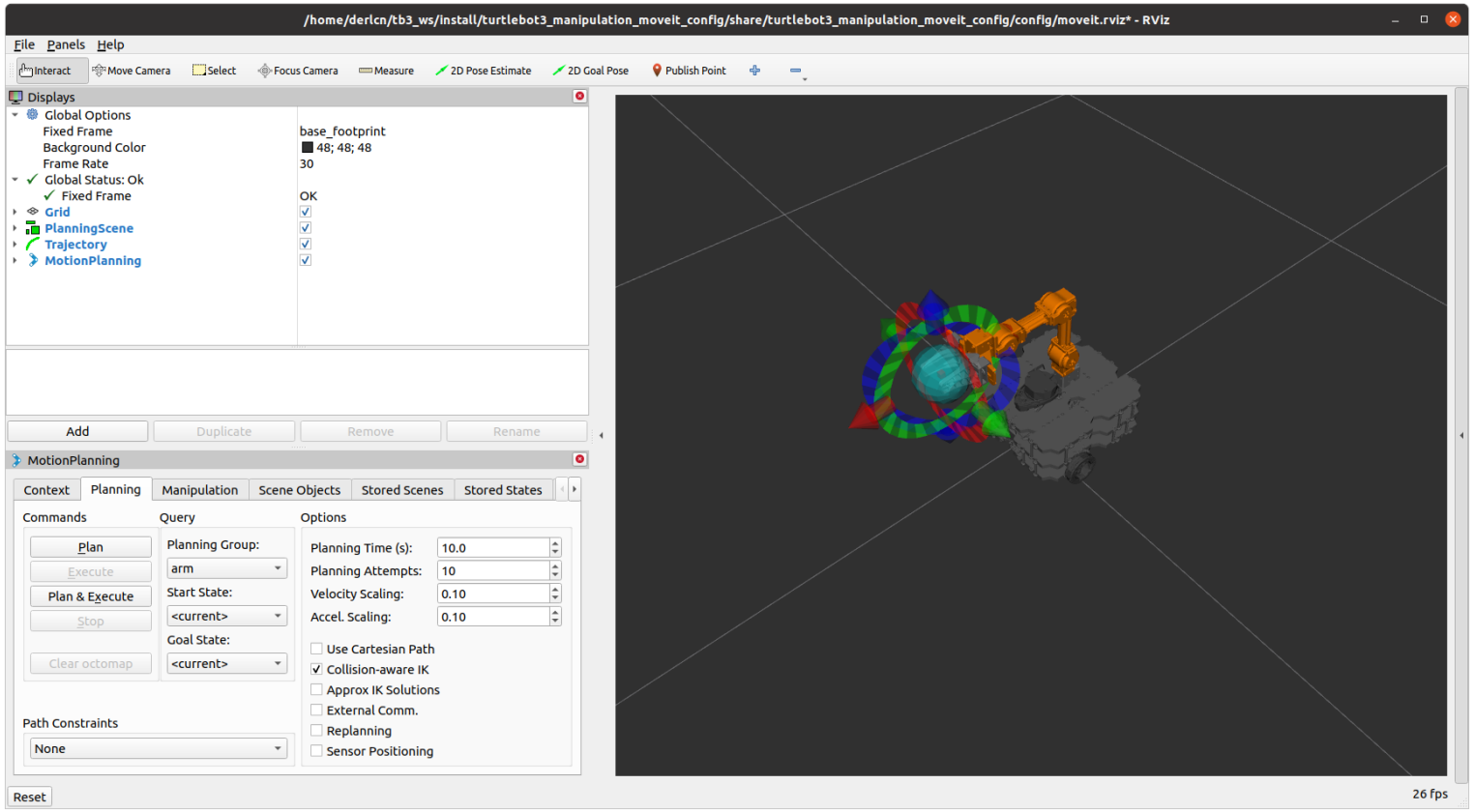
y joint1 +
h joint1 -
u joint2 +
j joint2 -
i joint3 +
k joint3 -

- 그리퍼 close
= 그리퍼 open



Moveit 수행

rviz 화면에 보이는 manipulator와 lidar 위치가 실제와 다르기때문에 위치를 변경해야 합니다



로봇 모델링 체크

~/turtlebot3_ws/src/turtlebot3_manipulation/turtlebot3_manipulation_description/urdf

~/turtlebot3_ws/src/turtlebot3_manipulation/turtlebot3_manipulation_description/urdf/turtlebot3_manipulation.urdf.xacro

```
29  <xacro:turtlebot3_waffle_pi_gazebo prefix="$(arg prefix)" />
30
31  <!-- Used for fixing OpenManipulator-X on TurtleBot3 Waffle Pi -->
32  <!-- <origin xyz="-0.092 0.0 0.091" rpy="0 0 0"/>-->
33
34  <joint name="$(arg prefix)base_fixed" type="fixed">
35    <parent link="$(arg prefix)base_link"/>
36    <child link="$(arg prefix)link1"/>
37    <origin xyz="-0.0 0.0 0.091" rpy="0 0 0"/>
38  </joint>
39
40  <xacro:open_manipulator_x prefix="$(arg prefix)" />
41  <xacro:open_manipulator_x_gazebo prefix="$(arg prefix)" />
```

manipulation을 x축으로 0.092만큼 전진 시킵니다

Moveit 수행

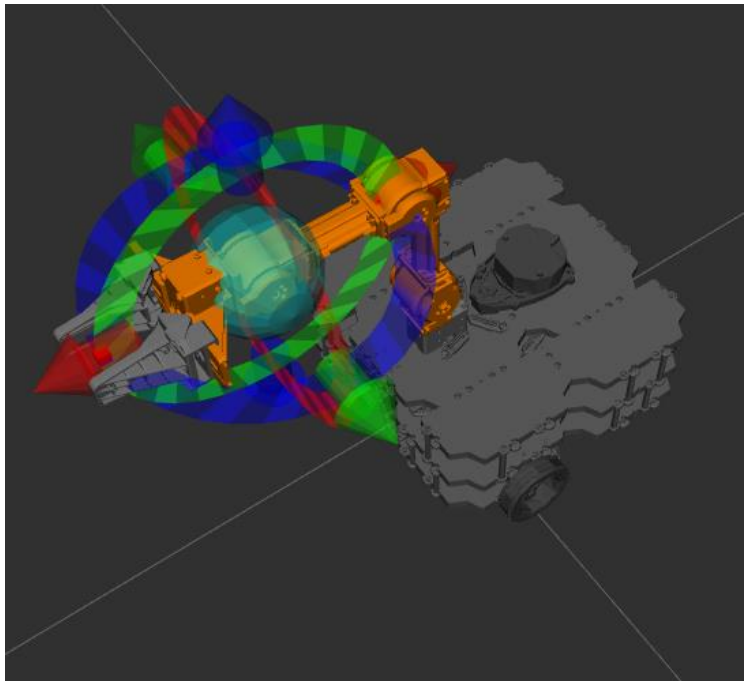
~/turtlebot3_ws/src/turtlebot3_manipulation/turtlebot3_manipulation_description/urdf/turtlebot3_waffle_pi.urdf.xacro

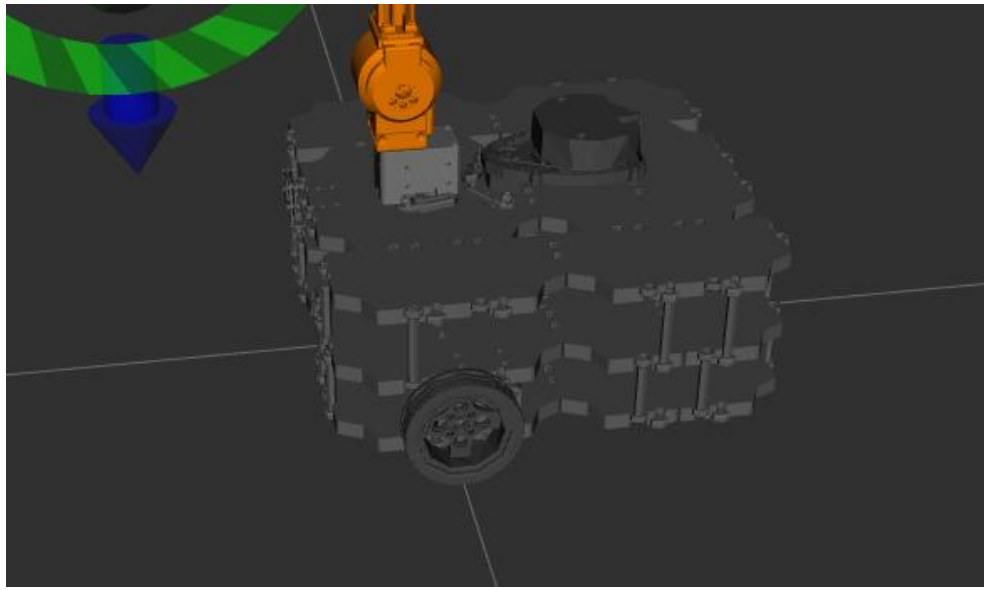
```
163
164   <link name="${prefix}imu_link"/>
165
166   <!-- <origin xyz="-0.024 0 0.122" rpy="0 0 0"/>-->
167
168   <joint name="${prefix}scan_joint" type="fixed">
169     <parent link="${prefix}base_link"/>
170     <child link="${prefix}base_scan"/>
171     <origin xyz="-0.1 0 0.122" rpy="0 0 0"/>
172   </joint>
173
174   <link name="${prefix}base_scan">
175     <visual>
176       <origin xyz="0 0 0.0" rpy="0 0 0"/>
177       <geometry>
178         <mesh filename="${meshes_file_direction}/ladar.stl" scale="0.001 0.001 0.001"/>
```

scan을 x축으로 0.076만큼 후진 시킵니다

Moveit 수행

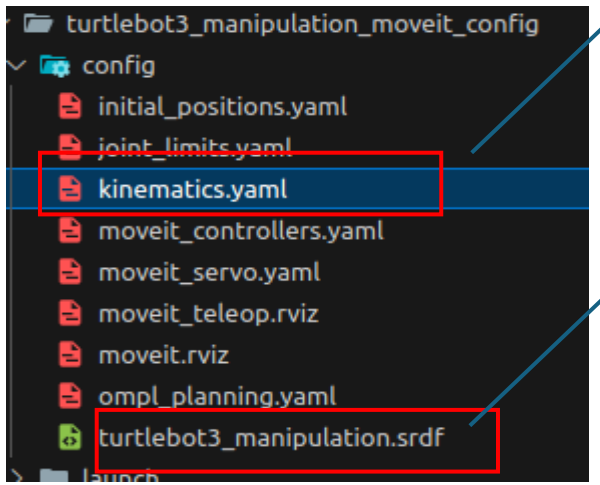
manipulation과 scan 위치가 달라지는지 확인하세요





정밀도 향상을 위한 옵션 확인

~/turtlebot3_ws/src/turtlebot3_manipulation/turtlebot3_manipulation_movit_config/config



kinematics.yaml

turtlebot3_ws > src > turtlebot3_manipulation > turtlebot3_manipulation_moveit_config > config >

```yaml
arm:
  kinematics_solver: kdl_kinematics_plugin/KDLKinematicsPlugin
  kinematics_solver_search_resolution: 0.005
  #kinematics_solver_timeout: 0.05
  kinematics_solver_timeout: 0.2
  kinematics_solver_attempts: 10
  position_only_ik: True
```

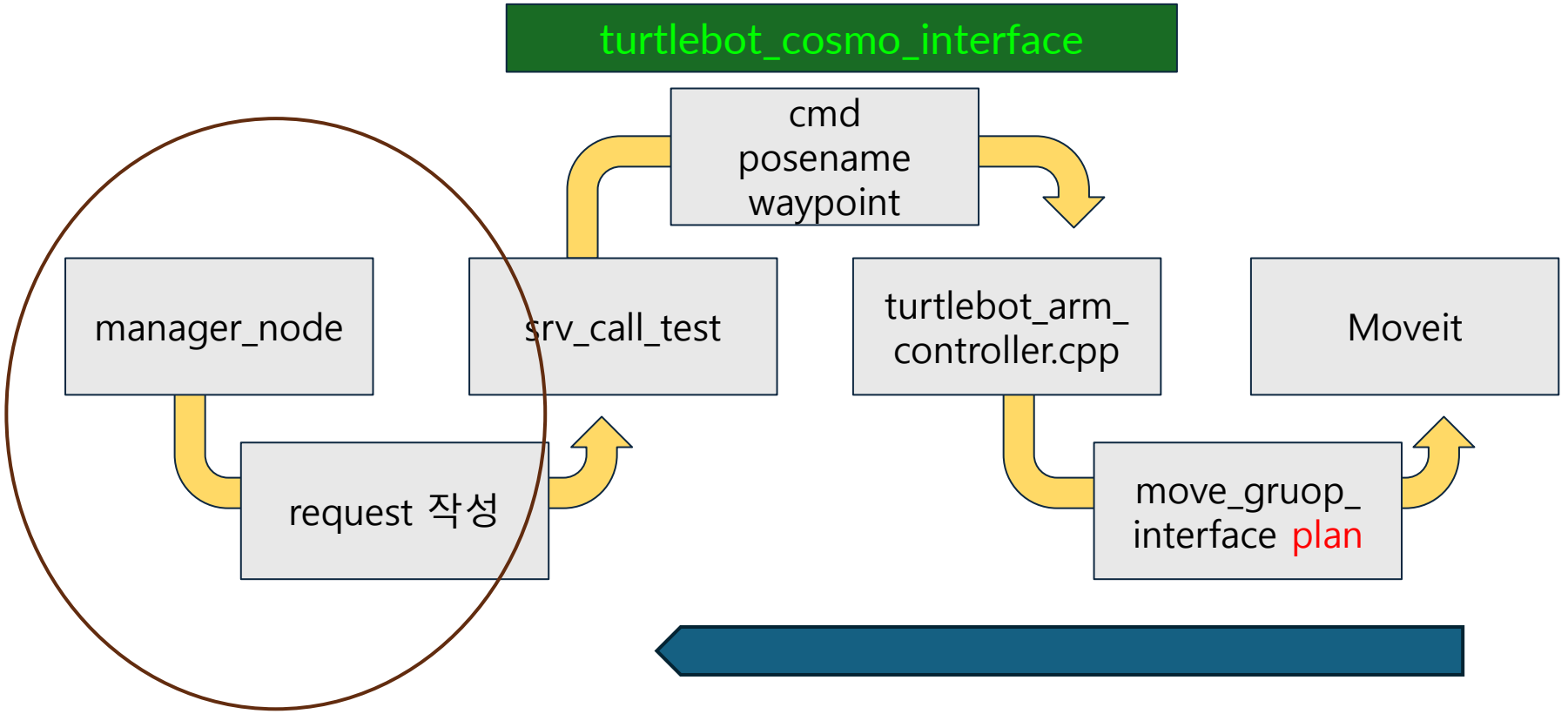
kinematics.yaml 내용

turtlebot3_manipulation.srdf

```
<group_state name="home1" group="arm">
    <joint name="joint1" value="0"/>
    <joint name="joint2" value="-1"/>
    <joint name="joint3" value="0.7"/>
    <joint name="joint4" value="0.3"/>
</group_state>

<group_state name="home2" group="arm">
    <joint name="joint1" value="0"/>
    <joint name="joint2" value="-1.052"/>
    <joint name="joint3" value="1.1060001"/>
    <joint name="joint4" value="0.029145"/>
</group_state>

<group_state name="conveyor_up" group="arm">
    <joint name="joint1" value="-1.57233"/>
    <joint name="joint2" value="-1.04924"/>
    <joint name="joint3" value="1.0998"/>
    <joint name="joint4" value="0.01227"/>
</group_state>

<group_state name="conveyor_down" group="arm">
    <joint name="joint1" value="-1.564660403643354"/>
    <joint name="joint2" value="0.961805954004297"/>
    <joint name="joint3" value="-0.9081166264282996"/>
    <joint name="joint4" value="1.2778059963087391"/>
</group_state>

<group_state name="camera_home" group="arm">
    <joint name="joint1" value="0"/>
    <joint name="joint2" value="-0.05522330836388308"/>
    <joint name="joint3" value="-0.4049709280018093"/>
    <joint name="joint4" value="1.9987769666149904"/>
</group_state>
```

Moveit 아키텍처

Moveit control(pc)



Moveit 아키텍처

1. turtlebot_cosmo_interface.zip

~/turtlebot3_ws/src/안에 해당 패키지 압축풀기 (pc)
cd ~/turtlebot3_ws
colcon build --packages-select turtlebot_cosmo_interface

2. turtlebot_moveit.zip

~/turtlebot3_ws/src (pc)
cd ~/turtlebot3_ws/
colcon build --packages-select turtlebot_moveit

```
rokey@rokey-550XCJ-550XCR:~/turtlebot3_ws$ ros2
 interface show turtlebot_cosmo_interface/srv/M
oveitControl
int32 cmd
string posename
geometry_msgs/PoseArray waypoints
        std_msgs/Header header
                builtin_interfaces/Time stamp
                        int32 sec
                        uint32 nanosec
                string frame_id
        Pose[] poses
                Point position
                        float64 x
                        float64 y
                        float64 z
                Quaternion orientation
                        float64 x 0
                        float64 y 0
                        float64 z 0
                        float64 w 1
---
bool response
```

Moveit 아키텍처

인터페이스 페키지: MoveitController.srv

압축풀기 turtlebot_cosmo_interface.zip
패키지 turtlebot_cosmo_interface
페키지 빌드 colcon build --packages-select turtlebot_cosmo_interface

코드분석

암 컨트롤러: turtlebot_arm_controller.cpp

압축풀기 turtlebot_moveit.zip
페키지 빌드 colcon build --packages-select turtlebot_moveit

Moveit이용 메니퓰레이터 조작

준비

Robot:
Ros2 launch turtlebot3_manipulation_bringup hardware.launch.py

PC:

1. ros2 launch turtlebot3_manipulation_moveit_config moveit_core.launch.py

2. ros2 run turtlebot_moveit turtlebot_arm_controller

실행
3. ros2 run turtlebot_moveit task.py

cd turtlebot_moveit/scripts/
python3 srv_call_test.py
python3 task.py

암컨트롤러: turtlebot_arm_controller.cpp

파이썬에서 암컨트롤러 서비스 호출 예시(...yolo.py

명령코드		

0: 메내퓰레이터를 파란색(또는 빨간색) 상자를 먼저 인식하고 yolo 보는 방향으로 좌표이동

1: srdf에 저장된 arm의 joint 값이동

2: srdf에 저장된 gripper의 joint 값이동

3: 보라색 상자를 yolo 보는 방향으로 좌표이동

4: 좌표와 방향을 전부 주고 좌표이동

9: 해당 좌표 출력

실제 코드분석

Moveit 아키텍처

task.py 예제 - 1

```
print ("task start!")

response = arm_client.send_request(1, "box_up_02")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(1, "box_up_03")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(1, "home2")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
```

cmd 1을 주고 “box_up_02” 엑션

cmd 1을 주고 “box_up_02” 엑션

cmd 1을 주고 “box_up_02” 엑션

cmd 9을 주고 좌표를 출력

Moveit 아키텍처

task.py 예제 - 2

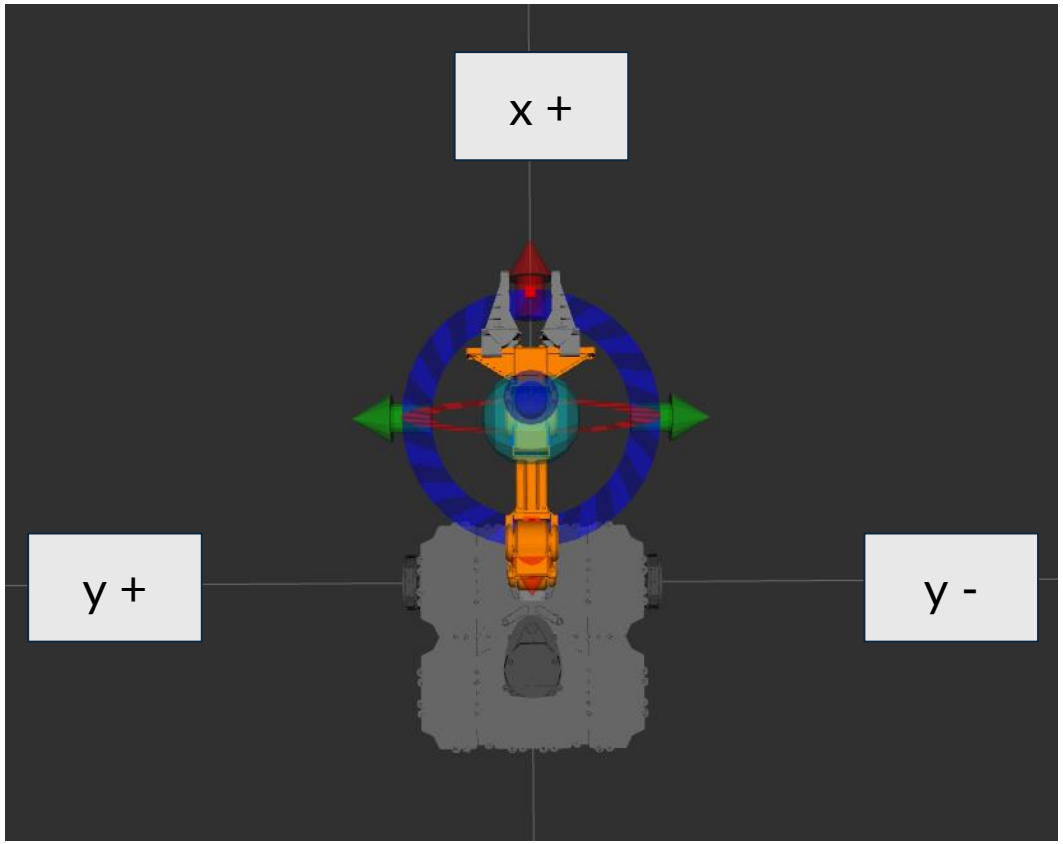
```
### pose 기준으로 움직이기
pose_array = PoseArray()
pose = Pose()

# camera_setup
pose.position.x = -0.0821106
pose.position.y =  -0.0821106
pose.position.z =  0.206947

pose.orientation.x = 0.0
pose.orientation.y = 0.0
pose.orientation.z =  -0.0
pose.orientation.w = 1.0

pose_array.poses.append(pose)

response = arm_client.send_request(4, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')


response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
```

1. waypoint를 줄 position과 orientation을 줍니다

1. cmd 4를 주고 해당 waypoint로 이동을 지시합니다

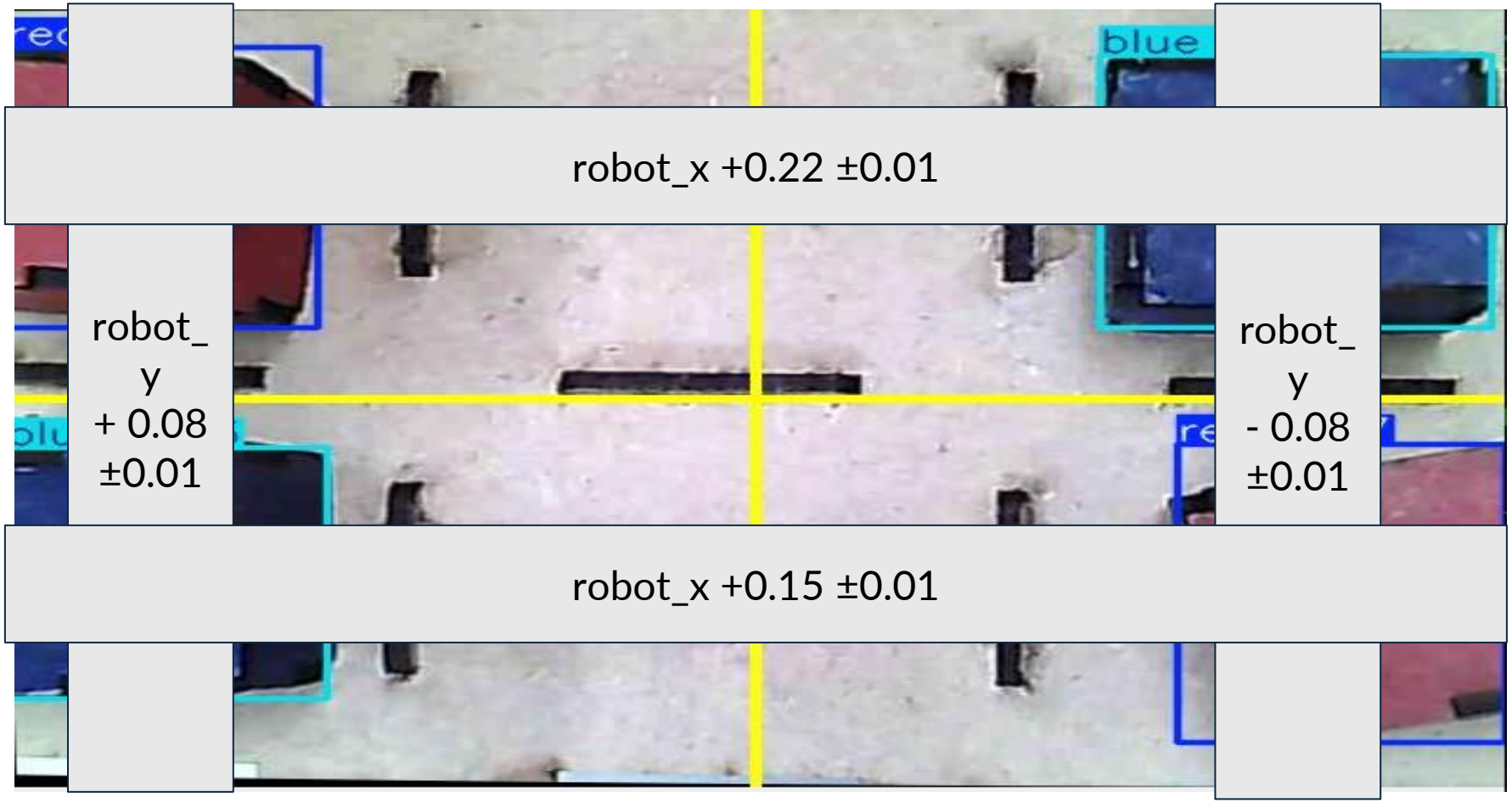
1. cmd 9를 주고 좌표를 출력합니다

기타 개발 지원 도구



전진방향이 x +
좌는 y +
우는 y -
z는 높이

기타 개발 지원 도구



Moveit 아키텍처

task.py 예제 - 3 left_down

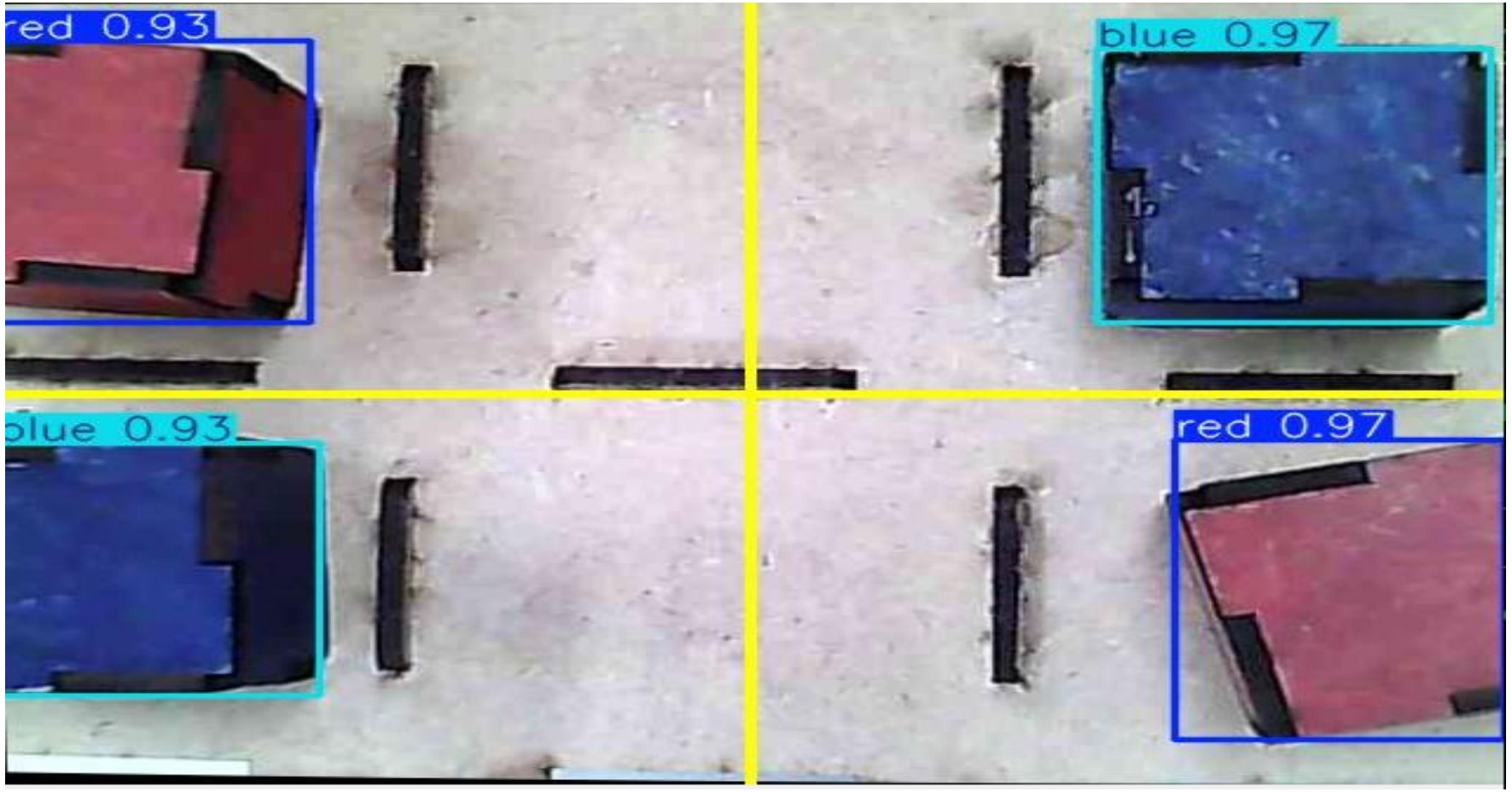
```
response = arm_client.send_request(1, "camera_home")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')


response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

pose_array = append_pose_init(0.1503589 ,0.0800000   ,0.185779)

response = arm_client.send_request(0, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "close")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

time.sleep(1)

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(1, "camera_home")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
```

x + 방향으로 15cm 만큼

y + 방향으로 8cm 만큼

직접 좌표이동하는 코드입니다

기타 개발 지원 도구



기타 개발 지원 도구

task.py 예제 - 4 left_up

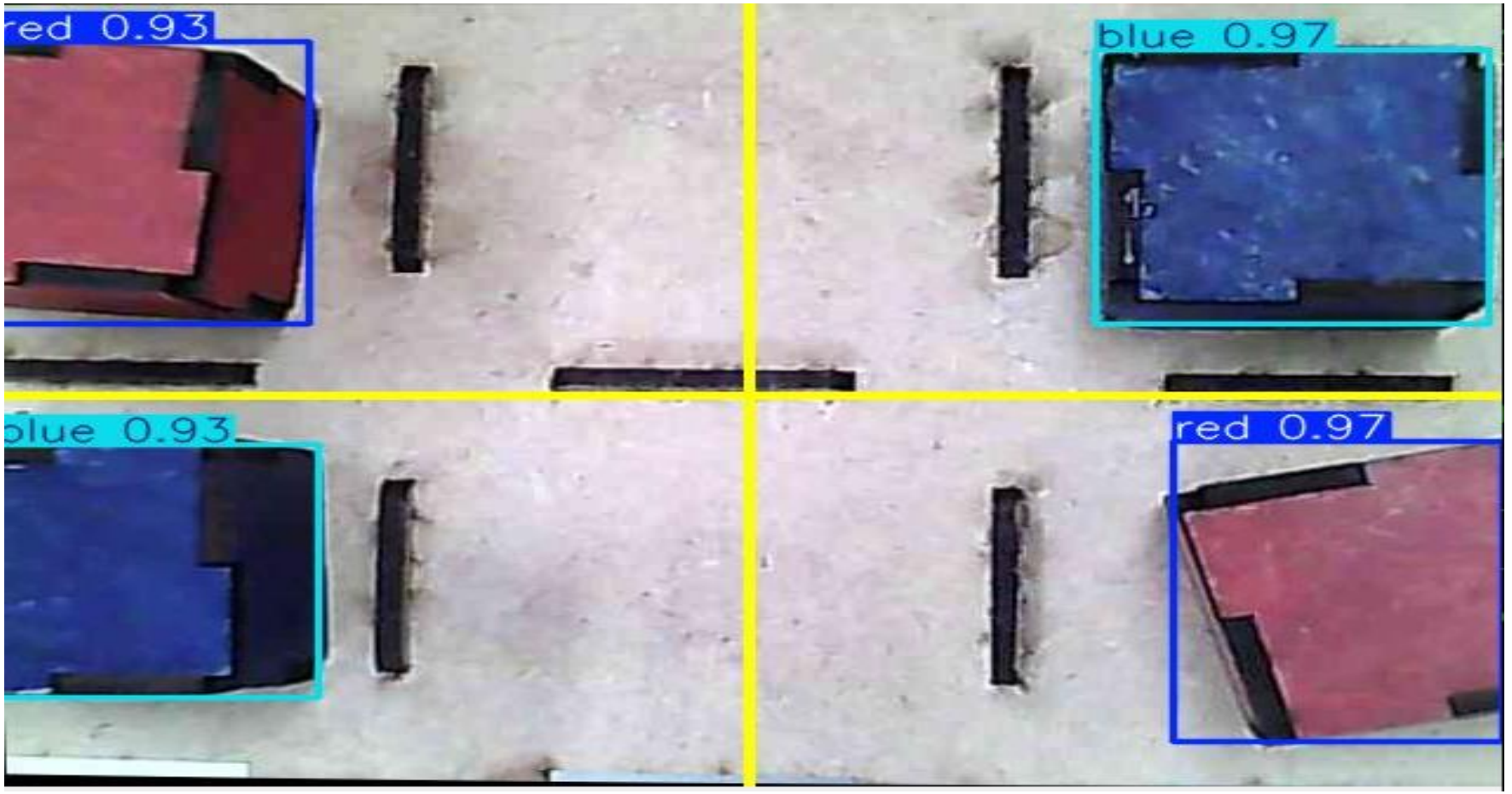
```
response = arm_client.send_request(1, "camera_home")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')


response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

pose_array = append_pose_init(0.2203589 ,0.0800000   ,0.185779)

response = arm_client.send_request(0, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "close")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

time.sleep(1)

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(1, "camera_home")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
```

x + 방향으로 22cm 만큼

y + 방향으로 8cm 만큼

직접 좌표이동하는 코드입니다

기타 개발 지원 도구



기타 개발 지원 도구

task.py 예제 - 5 right_down

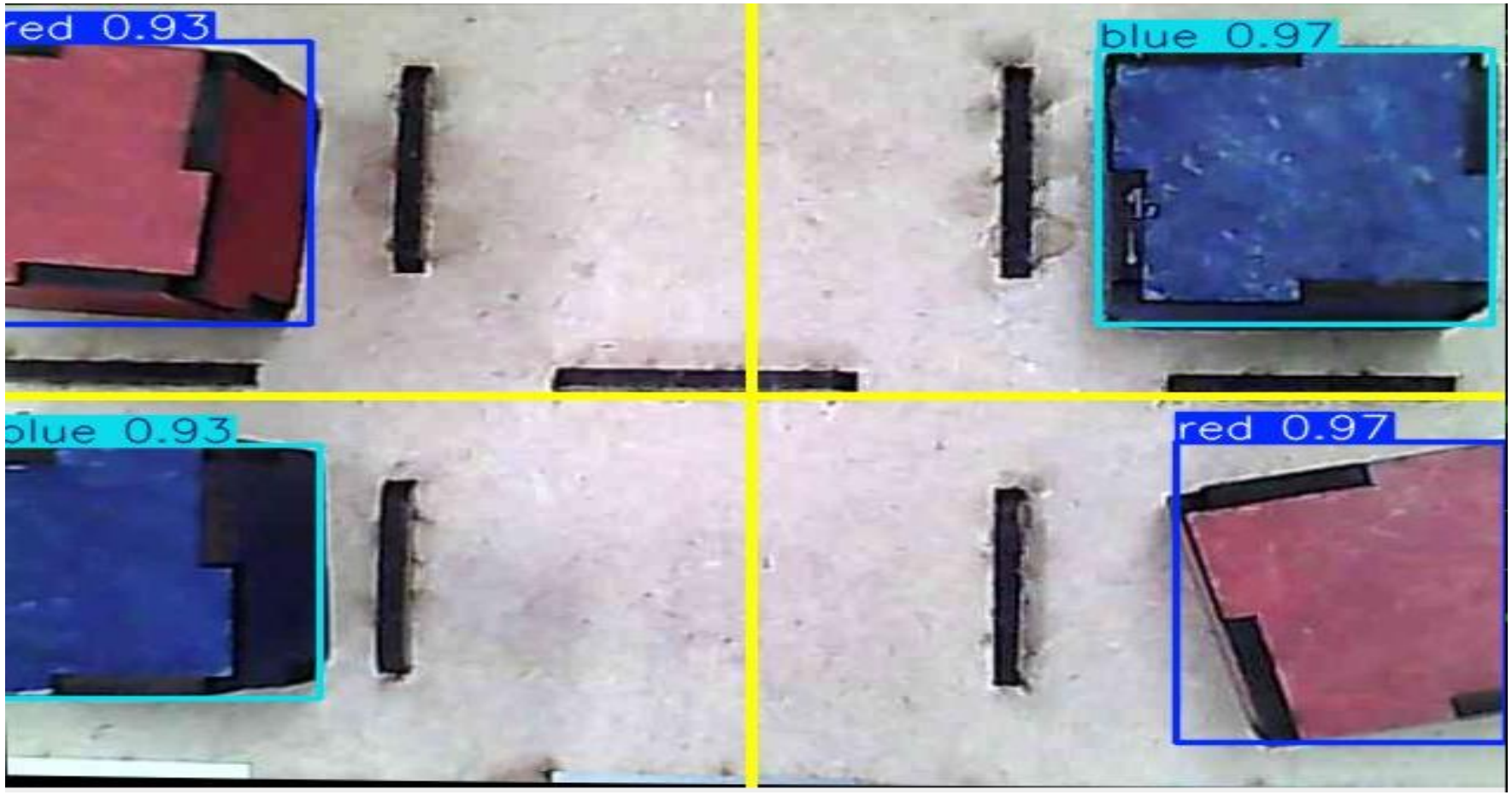
```
response = arm_client.send_request(1, "camera_home")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')


response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

pose_array = append_pose_init(0.1503589 ,- 0.0800000   ,0.185779

response = arm_client.send_request(0, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "close")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

time.sleep(1)

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(1, "camera_home")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
```

x + 방향으로 15cm 만큼

y - 방향으로 8cm 만큼

직접 좌표이동하는 코드입니다

기타 개발 지원 도구



기타 개발 지원 도구

task.py 예제 - 6 right_up

```
response = arm_client.send_request(1, "camera_home")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')


response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

pose_array = append_pose_init(0.2203589 ,- 0.0800000   ,0.18577

response = arm_client.send_request(0, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "close")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

time.sleep(1)

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(1, "camera_home")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
```

x + 방향으로 22cm 만큼

y + 방향으로 8cm 만큼

직접 좌표이동하는 코드입니다

기타 개발 지원 도구

task7은 yolo 데이터가 필요합니다

camera_home 위치에 간다음

ros2 launch aruco_yolo.launch.py(robot)
ros2 launch turtlebot3_manipulation_moveit_config moveit_core.launch.py(pc)
ros2 run turtlebot_moveit turtlebot_arm_controller
python3 task_3.py

기타 개발 지원 도구

YOLO Task 설명

1. srdf에 저장된 camera_home 위치로 갑니다
2. 그 위치에서 yolo로 찾은 좌표로 robot을 이동시킵니다
3. gripper로 잡았으면 다시 수직으로 일어납니다
4. srdf에 저장된 conveyor에 올리는 행동을 시킵니다
5. 작업이 완료되었는지 확인하고 다시 camera_home 위치로 돌아갑니다.

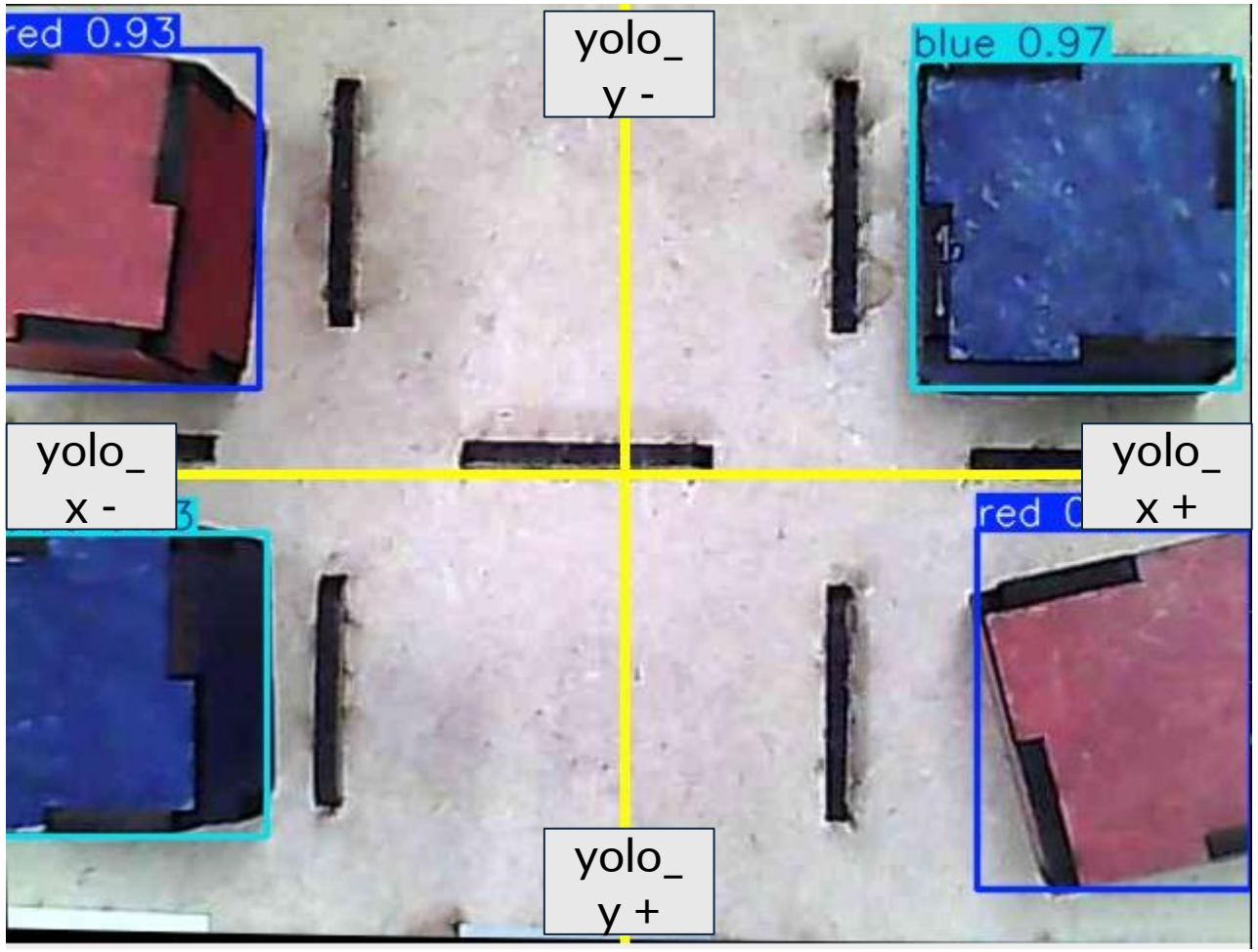
기타 개발 지원 도구

YOLO 코드 설명

```
pose_array = self.append_pose_init(0.137496 - self.yolo_y + 0.055, 0.0 - self.yolo_x ,0.122354)

response = arm_client.send_request(0, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

time.sleep(1)
# 0은 주어진 좌표 이동

pose_array = self.append_pose_init(0.137496 - self.yolo_y + 0.055, 0.0 - self.yolo_x ,0.087354)
```

pose_array에 들어가는 3가지 인자는 base link 원점 좌표에서 gripper의 좌표 x,y,z가 된다
0.137496이란 수치는 m 단위이며 13.7496cm만큼 x축 +방향으로 가 있는것
z축은 높이이므로 yolo로 찾은 좌표에 12.2354cm 높이에 간 상태에서 8.7354cm 높이로 내려가는 것

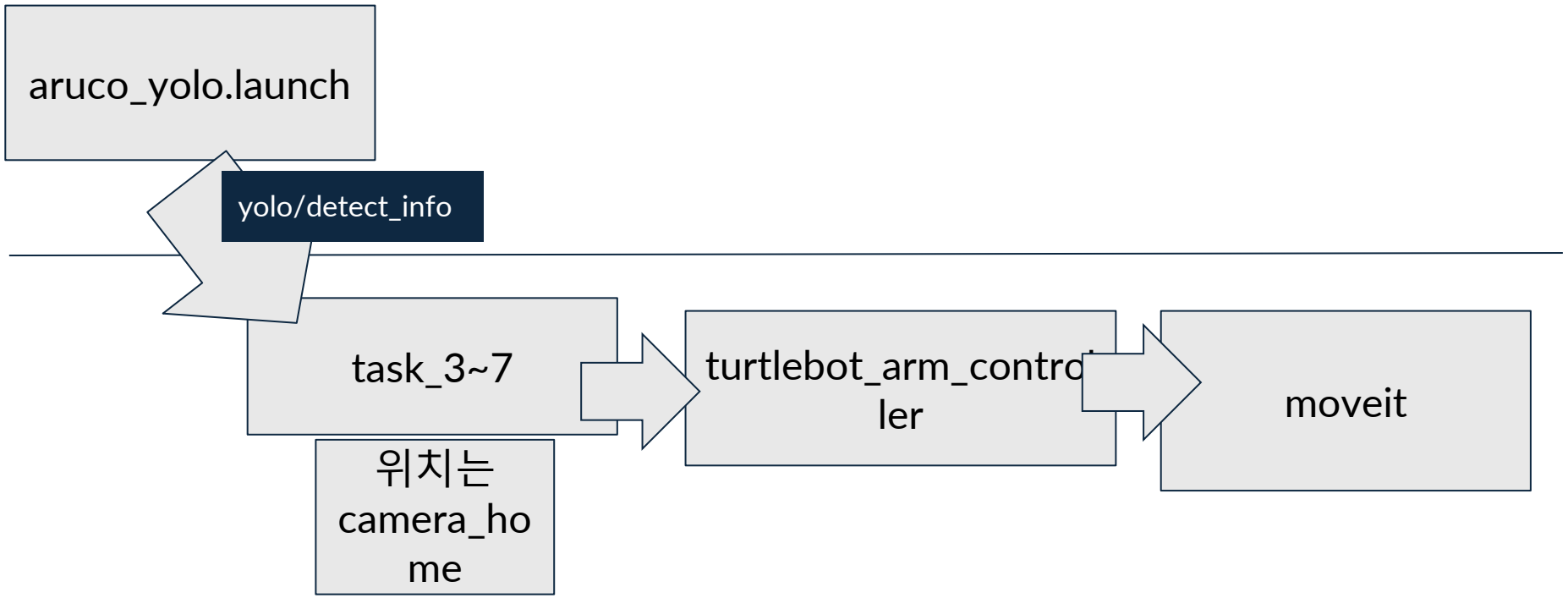
기타 개발 지원 도구



yolo로 y축이 robot 기준으로는 x축으로 들어갑니다

yolo로 x축이 robot 기준으로는 y축이며 yolo의 +방향과 robot 축 기준 방향이 달라서 yolo값에 -를 곱해줍니다

기타 개발 지원 도구


aruco_yolo.launch
yolo/detect_info
task_3~7
위치는
camera_ho
me
turtlebot_arm_contro
ller
moveit

기타 개발 지원 도구

하지만 보라색 상자잡는건 좌표축이 달라집니다

기타 개발 지원 도구

task.py 예제 - 8

```
response = arm_client.send_request(1, "box_home_01")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')


response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

pose_array = append_pose_init(0.0103589 ,-0.2900000   ,0.265779)

response = arm_client.send_request(3, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "close")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

time.sleep(1)

response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(1, "box_home_01")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
```

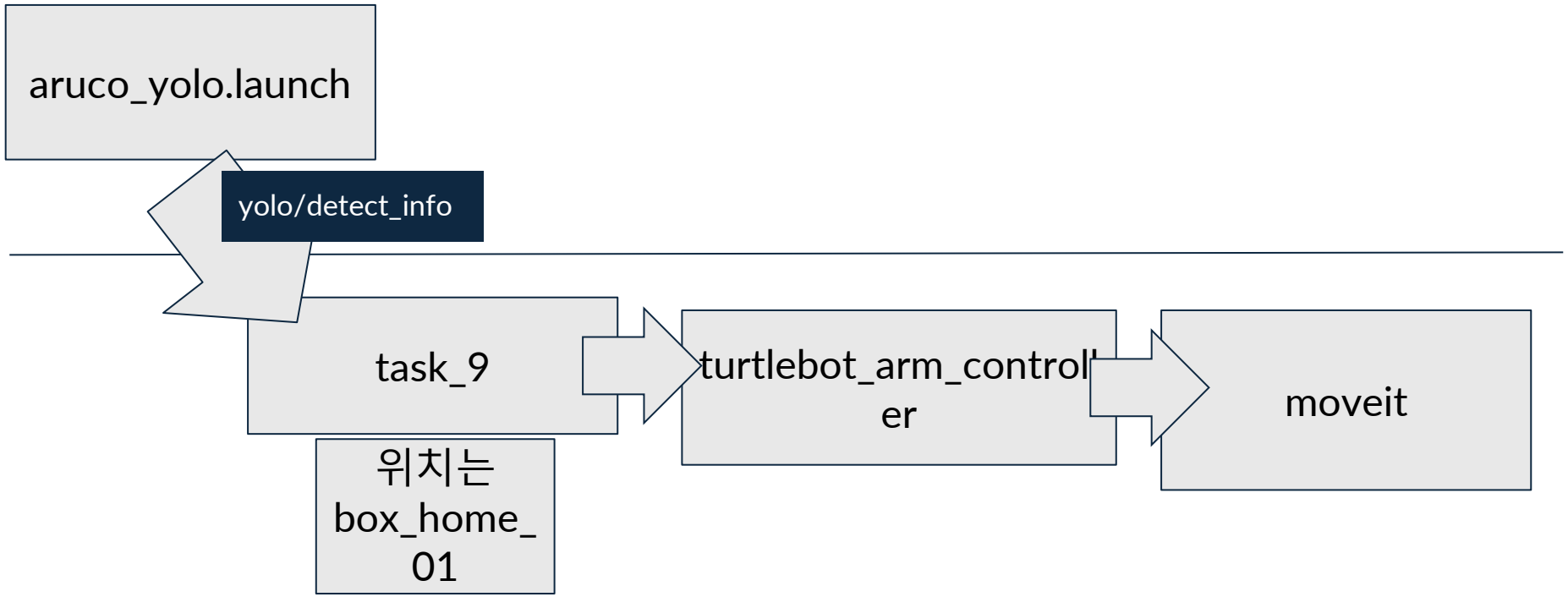
x큼+ 방향으로 1cm 만

y큼- 방향으로 29cm 만

z만큼+방향으로 26.5cm

직접 좌표이동하는 코드입니다

기타 개발 지원 도구


aruco_yolo.launch
yolo/detect_info
task_9
위치는
box_home_
01
turtlebot_arm_controll
er
moveit

기타 개발 지원 도구

task.py 예제 - 9

```
response = arm_client.send_request(1, "box_home_01")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')


response = arm_client.send_request(2, "open")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
time.sleep(1)

pose_array = self.append_pose_init(0.0101294- self.yolo_x ,-0.2800000  ,0.205779  - self.yolo_y + 0.06 )

response = arm_client.send_request(3, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

pose_array = self.append_pose_init(0.0101294 - self.yolo_x,-0.3100000   ,0.205779  - self.yolo_y + 0.06 )

response = arm_client.send_request(3, "", pose_array)
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(9, "")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')

response = arm_client.send_request(2, "close")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
time.sleep(1)

response = arm_client.send_request(1, "box_up_01")
arm_client.get_logger().info(f'Response: {response.response}')
time.sleep(3)
```

cmd 1을 주고 "box_home_01"행동을 합니다

cmd 2를 주고 gripper에게 "open"행동을 시킵니다

cmd 3를 주고 pose_array를 waypoint로 주어 해당 좌표로 이동시킵니다

cmd 3를 주고 pose_array를 waypoint로 주어 해당 좌표로 이동시킵니다

cmd 2를 주고 gripper에게 "close"행동을 시킵니다

cmd 1을 주고 "box_up_01"행동을 합니다

기타 개발 지원 도구

실습

Aruco marker로 이동하고
Moveit으로 상자이송 코드 작성
simple_manager_node.py 다운로드

기타 개발 지원 도구

manager_node를 완성하기전에 해야할일

1. task_7.py(빨간색 상자, 파란색 상자 잡기)가 정상적으로 작동하는 것을 완성
2. task_9.py(보라색 상자)가 정상적으로 작동하는 것을 완성
3. 해당 logic을 manager_node yolo_arm_control, purple_arm_control에 적용

기타 개발 지원 도구

최종 실행 명령어 정리

ros2 launch turtlebot_manipulation_bringup hardware.launch.py(robot)

ros2 launch aruco_yolo aruco_yolo.launch.py(robot)

ros2 launch turtlebot3_manipulation_moveit_config moveit_core.launch.py(pc)

ros2 run turtlebot_moveit turtlebot_arm_controller(pc)

python3 simple_manager_node.py(pc)
- (turtlebot_moveit/scripts/폴더안에서 실행)

qt_gui

기타 개발 지원 도구

Aruco 전진 거리 : 25cm(Aruco marker에서 부터 camera까지)
Aruco 후진 거리 : 117cm(Aruco marker에서 부터 camera까지)
yolo task 거리: 22.4cm(box 윗 면에서 부터 camera 까지)

기타 개발 지원 도구

만약 qt_gui에서 이미지를 안 보겠다면

```
class GuiNode(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('image_subscriber')
        self.image_np = None
        self.subscription_rgb = self.create_subscription(
            CompressedImage,
            'image_raw/compressed',
            self.listener_callback_rgb,
            10)
        self.subscription_rgb  # prevent unused variable warning

        self.conveyor_pub = self.create_publisher(String, 'conveyor/control', 10
        self.conveyor_sub = self.create_subscription(String, 'conveyor/status',
        self.conveyor_status = None
```

범위를 축소하려면 클릭합니다.

image 받는 부분을 주석처리

```
class GuiNode(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('image_subscriber')
        self.image_np = None
        # self.subscription_rgb = self.create_subscription(
        #     CompressedImage,
        #     'image_raw/compressed',
        #     self.listener_callback_rgb,
        #     10)
        # self.subscription_rgb  # prevent unused variable warning

        self.conveyor_pub = self.create_publisher(String, 'conveyor/control', 10
        self.conveyor_sub = self.create_subscription(String, 'conveyor/status',
        self.conveyor_status = None
```

기타 개발 지원 도구

ex) ros2 topic echo /joint_states >> a.txt

1.ros2 topic echo /joint_states는 ROS 2 토픽 /joint_states를 구독하여 해당 토픽의 데이터를 출력합니다.
2./joint_states는 일반적으로 로봇의 관절 상태(joint positions, velocities 등)에 대한 정보를 포함하는 메시지입니다.

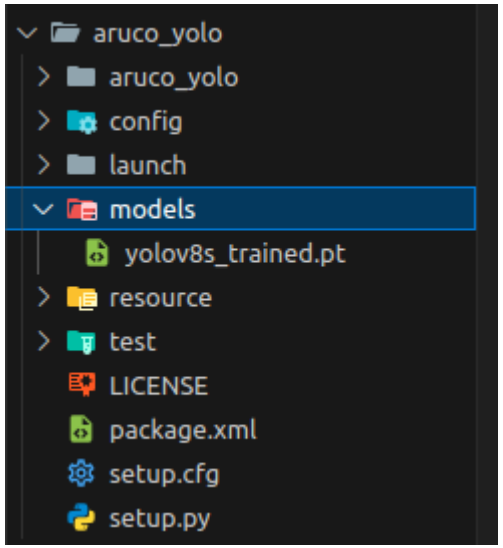
2.>> a.txt는 표준 출력의 내용을 a.txt 파일에 추가합니다. 파일이 이미 존재할 경우, 기존 내용을 유지하고 새로운 데이터를 파일 끝에 추가합니다.

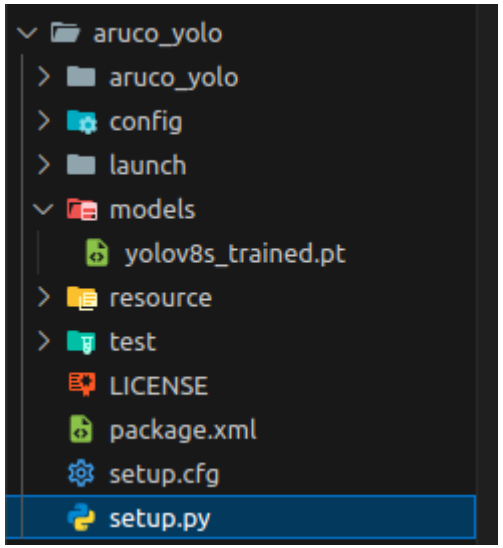
따라서 이 명령은 ROS 2에서 특정 토픽 데이터를 파일로 기록할 때 유용합니다. 이를 활용하면 기록된 데이터를 분석하거나,
다른 프로세스에서 처리할 수 있습니다.

기타 개발 지원 도구

aruco_yolo에 자신의 pt파일을 적용시키고 싶으면

1. aruco_yolo/models에 자신의 pt파일을 넣는다
2. aruco_yolo의 setup.py로 간다





기타 개발 지원 도구

3. setup.py에서 자신의 pt파일 명을 적는다.

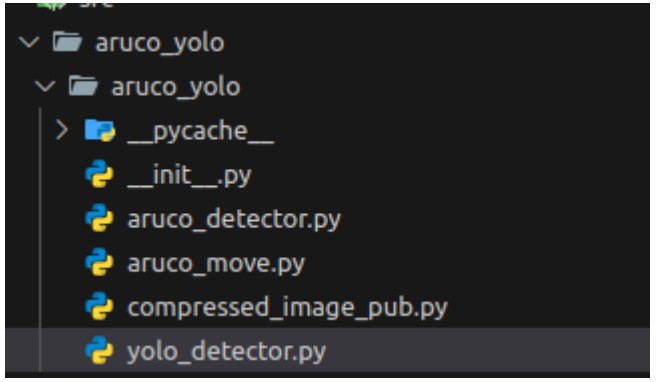
```
setup(
    name=package_name,
    version='0.0.0',
    packages=find_packages(exclude=['test']),
    data_files=[
        ('share/ament_index/resource_index/packages',
            ['resource/' + package_name]),
        ('share/' + package_name, ['package.xml']),
        ('share/' + package_name + '/config', ['config/calibration_params.yaml']),
        ('share/' + package_name + '/models', ['models/yolov8s_trained.pt']),
        (os.path.join('share', package_name, 'launch'), glob(os.path.join('launch', '*launch.[pxy][yma]*')))
    ],
    install_requires=['setuptools'],
```

```
    entry_points={
        'console_scripts': [
            'aruco_marker_detector = aruco_yolo.aruco_marker_detector:main',
            'aruco_move = aruco_yolo.aruco_move:main',
            'compressed_image_pub = aruco_yolo.compressed_image_pub:main',
            'yolo_detector = aruco_yolo.yolo_detector:main',
        ],
    },
    package_data={
        package_name: [
            'config/calibration_params.yaml',
            'models/yolov8s_trained.pt',
        ],
    },
```

기타 개발 지원 도구

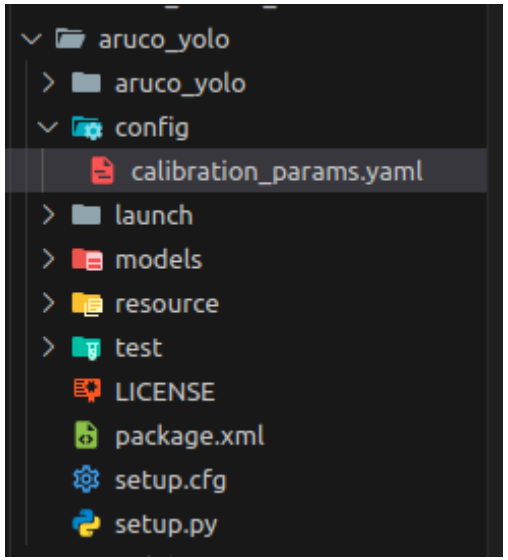
4. aruco_yolo패키지 폴더안에 yolo_detector.py에 들어가서 model_path를 수정한다

5. turtlebot3_ws 에서 colcon build --packages-select aruco_yolo 로 빌드




```
package_share_directory = get_package_share_directory('aruco_yolo')
model_path = os.path.join(package_share_directory, 'models', 'yolov8s_trained.pt')

print(f"Model path: {model_path}")

if not os.path.exists(model_path):
    raise FileNotFoundError(f"Model file not found at {model_path}")
```

기타 개발 지원 도구




```
image_height: 720
camera_name: narrow_stereo
camera_matrix:
  rows: 3
  cols: 3
  data: [1288.64415,    0.     ,  636.22318,
            0.     , 1294.26622,  450.07389,
            0.     ,    0.     ,    1.     ]
distortion_model: plumb_bob
distortion_coefficients:
  rows: 1
```

```
distortion_coefficients:
  rows: 1
  cols: 5
  data: [0.051971, 0.053343, 0.024273, 0.000262, 0.000000]
rectification_matrix:
  rows: 3
```

마찬가지로 aruco에 적용될 calibration 값을 변경하려면 aruco_yolo에 config 파일에 들어가서 수치 변경후 colcon build를 한다

로봇에서 실행되어야하는 것들

1. ros2 launch turtlebot3_manipulation_bringup hardware.launch.py
2. ros2 launch aruco_yolo aruco_yolo.launch

pc에서 실행되어야하는 것들

1. ros2 launch turtlebot3_manipulation_moveit_config moveit_core.launch.py(pc)
2. ros2 run turtlebot_moveit turtlebot_arm_controller(pc)
3. python3 simple_manager_node.py(pc) (turtlebot_moveit/scripts/폴더안에서 실행)

기타 개발 지원 도구

피지컬 터틀봇 사용

로봇 연결 및 로봇 조작순서

1. Turtlebot3_manipulation을 켤때
1.Opencr을 먼저 켜세요
2.Jetson orin switch를 켜세요

2. jetson orin도 일종의 컴퓨터 입니다 Hdmi cable로 monitor와 연결하고 usb port에 usb hub와 연결한 다음 keyboard와 mouse를 연결하세요

3. Jetson orin에 ubuntu 계정 login passward는 : rokey1234

4. 오른쪽 상단 wifi setting에 들어갑니다. 거기서 'Rokey-Ap-2' wifi에 세팅합니다
passward: rokey12345

5. ctrl+alt+t를 눌러 terminal을 열고 ifconfig를 칩니다
ifconfig
그다음 로봇의 ip를 확인합니다
예) 172.30.1.XX - (XX는 할당된 IP마다 다릅니다)
terminal 창에서 jetson orin의 컴퓨터명도 확인합니다
예) roekyXX@생략 - XX는 로봇마다 다른 숫자입니다

6. 5번에 찾은 컴퓨터명과 ip는 노트북에서 ssh 연결하기 위한 셋업니다
단 ssh는 서로 같은 wifi 공간에서 사용해야하는 본인 pc도 'Rokey-Ap-2' wifi에 세팅합니다
그다음 노트북에 terminal을 연다음 다음과 같이 입력하세요
ssh -X rokeyOO@172.30.1.XX
만약 연결이 안되는 경우 실제 통신이 되는지 확인해봅니다
ping 172.30.1.XX (XX는 찾은 ip숫자)

로봇 연결 및 로봇 조작순서

7. ssh로 처음 연결하면 key를 받겠냐는 메세지가 나옵니다 거기서 yes를 입력하세요
그다음 접속하려는 계정의 passward를 물어봅니다 연결한 로봇의 passward와 동일합니다
password: rokey1234

8. 로봇에서 실행하는 robot을 bringup 하는 명령어 입니다
ros2 launch turtlebot3_manipulation_bringup hardware.launch.py

9. 다른 터미널창을 열고 pc에서 로봇에 ssh 연결을 합니다
ssh -X rokeyOO@172.30.1.XX
password:rokey1234

10. 로봇에서 camera를 활성화하고 yolo와 aruco를 동시에 실행하는 launch 입니다
ros2 launch aruco_yolo aruco_yolo.launch.py

11. ssh로 실행한 ros도 확실하게 꺼주셔야 합니다
ssh로 연결된 로봇 터미널에서 활성된 ros 창에서
ctrl+c
누르고 꺼지는게 확인 될때 까지 기다리세요

12. ssh연결을 그냥 끊고 싶으면
exit
을 ssh로 연결한 로봇 터미널에 치세요
ssh로 연결한 로봇을 종료시키고 싶으면
sudo shutdown now
을 ssh로 연결한 로봇 터미널에 치세요

sudo로 실행한 명령어 이기에 로봇 password를 요구할겁니다
password:rokey1234

13. Turtlebot3_manipulation을 끌때
1.sudo shutdown now로 ubuntu를 제대로 종료한다
2.jetson orin switch를 종료시킨다
3.opencr을 종료시킨다

리눅스 노트북 설치 가이드

참고 사이트
turtlebot3_manipulation emanual:
https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/manipulation/#turtlebot3-with-openmanipulator
turtlebot3_manipulation git 주소:
https://github.com/ROBOTIS-GIT/turtlebot3_manipulation
강의 참고용 드라이브:https://tinylink.net/JfziW

이 과정이 완료되었을때 turtlebot3_ws/src에 들어있어야 하는 패키지는 다음과 같습니다
turtlebot3_manipulation turtlebot_cosmo_interface turtlebot_moveit

1. moveit과 관련된 ros2 package를 설치합니다
sudo apt install ros-humble-dynamixel-sdk ros-humble-ros2-control ros-humble-ros2-controllers ros-humble-gripper-controllers ros-humble-moveit* ros-humble-aruco-msgs

2. 만약 pc에 turtlebot3_ws가 home 디렉토리에 없을경우 workspace 폴더를 만드는 절차입니다
home 디렉토리에 있다면 무시하세요
mkdir -p turtlebot3_ws/src

3. turtlebot3_manipulation 패키지를 turtlebot3_ws안에 빌드하기 위해서 해당 workspace의 src 폴더로 이동합니다
cd ~/turtlebot3_ws/src/

리눅스 노트북 설치 가이드

4. turtlebot3_manipulation 패키지를 다운받습니다
git clone -b humble https://github.com/ROBOTIS-GIT/turtlebot3_manipulation.git

5. turtlebot3_manipulation 패키지를 빌드합니다
cd ~/turtlebot3_ws && colcon build --symlink-install

6. 빌드된 패키지를 활성화 시킵니다
source install/setup.bash

7. 실제 패키지가 제대로 빌드되었는지 확인합니다
ros2 pkg list | grep turtlebot3_manipulation

8. 패키지가 빌드가 되었으면 moveit를 실행해봅시다
ros2 launch turtlebot3_manipulation_moveit_config moveit_core.launch.py

9. 두산폴더에서 turtlebot_cosmo_interface.zip을 먼저 다운로드 합니다
링크:https://tinylink.net/JfziW

10.다운 받은 turtlebot_cosmo_interface.zip을 압축해제하여 ~/turtlebot3_ws/src/안에 넣습니다
해당 패키지는 moveit 제어에 필요한 srv 등록용 패키지입니다

11.해당패키지를 ~/turtlebot3_ws/src/안에 넣었으면 터미널에서 빌드를 해줍니다
cd ~/turtlebot3_ws && colcon build --packages-select turtlebot_cosmo_interface

기타 개발 지원 도구

12. 빌드된 패키지를 활성화 시킵니다
source install/setup.bash

13. turtlebot_cosmo_interface가 제대로 빌드되었는지 확인합니다
ros2 interface show turtlebot_cosmo_interface/srv/MoveitControl

14. 두산폴더에서 turtlebot_moveit.zip을 먼저 다운로드 합니다
링크:https://tinylink.net/JfziW

15.다운 받은 turtlebot_moveit.zip을 압축해제하여 ~/turtlebot3_ws/src/안에 넣습니다
해당 패키지는 서비스를 활성화 해서 python clinet가 준 request를 moveit에 plan으로 변환하는 turtlebot_arm_controller.cpp가 있습니다

16.해당패키지를 ~/turtlebot3_ws/src/안에 넣었으면 터미널에서 빌드를 해줍니다
cd ~/turtlebot3_ws && colcon build --packages-select turtlebot_moveit

현재 launch 폴더가 없는 상태인데 빌드하면서 오류가 나는것 같습니다
turtlebot_moveit패키지의 CMakeLists.txt에서 맨아래에 가보시면 launch가 명시되었는데 삭제하시고 저장한 다음 빌드가 정상적으로 작동 될 것입니다

17. 빌드된 패키지를 활성화 시킵니다
source install/setup.bash

18. turtlebot_cosmo_interface가 제대로 빌드되었는지 확인합니다
ros2 pkg list | grep turtlebot_moveit

기타 개발 지원 도구

Aruco_yolo 패키지 설명

aruco_yolo(package)
ㄴ aruco_yolo(src 폴더)
ㄴ __pycache__
ㄴ __init__.py
ㄴaruco_detector.py (영상 데이터를 수신한 다음 aruco marker detect 한 이후 aruco marker data를 publish)
ㄴaruco_move.py(detected_marker topic을 수신해서 조건에 맞게 cmd_vel publish)
ㄴcompressed_image_pub.py(영상 데이터를 publish)
ㄴyolo_detector.py (영상 데이터를 수신한 다음 yolo를 이용하여 클래스 및 x,y 데이터 publish)
ㄴconfig
ㄴcalibration_params.yaml
ㄴlaunch
ㄴaruco_move.launch.py
ㄴaruco_yolo.launch.py
ㄴmodels
ㄴyolov8s_trained.pt
ㄴresource
ㄴtest
ㄴpackage.xml
ㄴsetup.cfg
ㄴsetup.py

기타 개발 지원 도구

turtlebot_cosmo_interface 패키지 설명

turtlebot_cosmo_interface
ㄴsrv
ㄴMoveitControl.srv
ㄴCMakeLists.txt
ㄴpackage.xml

turtlebot_moveit 패키지 설명

turtlebot_moveit
ㄴscripts
ㄴ__pycache__
ㄴ__init__.py
ㄴsimple_manager_node.py(manager_node 예시코드)
ㄴsrv_call_test.py(moveit_control 서비스에 요청하는 client 코드)
ㄴtask.py(task 요청하는 예시코드)
ㄴsrc
ㄴget_eef_pose.cpp (더미코드)
ㄴturtlebot_arm_controller.cpp (move_control 서비스를 만들고 python에서 요청한 cmd,pose_name,waypoint를 수신하여 moveit에 plan을 execute하는 코드)
ㄴturtlebot_moveit.cpp (더미코드)
ㄴCMakeLists.txt
ㄴpackage.xml

노트북 프로그램 설치

manual

https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/manipulation/#turtlebot3-with-openmanipulator

git

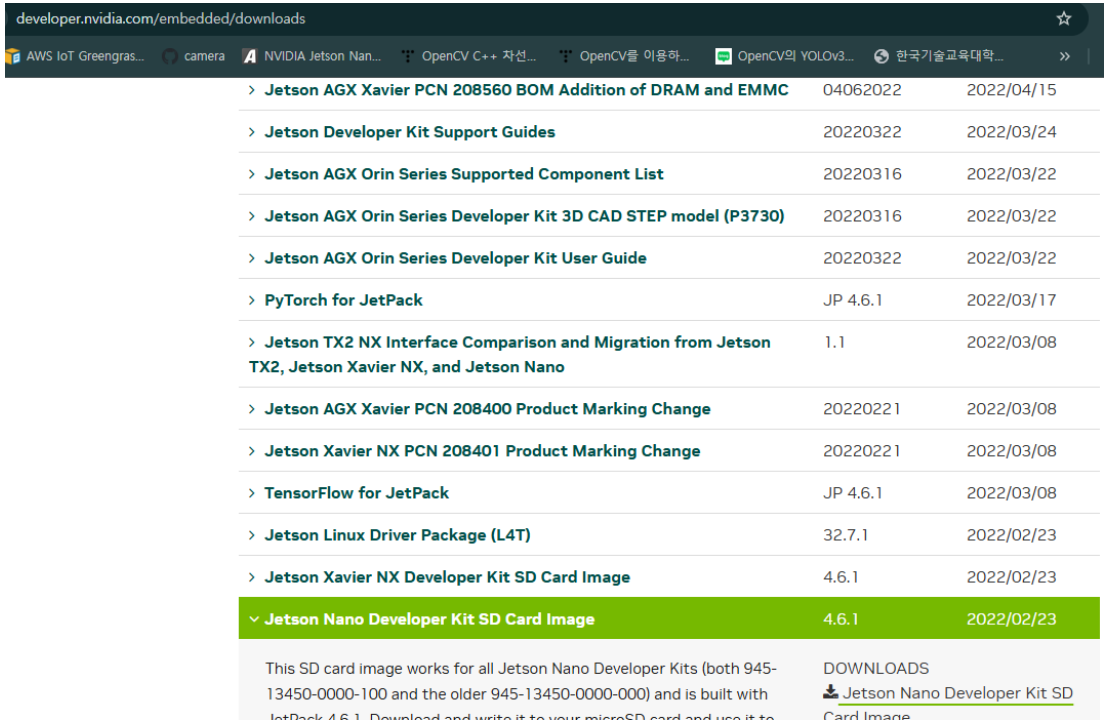
https://github.com/ROBOTIS-GIT/turtlebot3_manipulation

1. sudo apt install ros-humble-dynamixel-sdk ros-humble-ros2-control ros-humble-ros2-controllers ros-humble-gripper-controllers ros-humble-moveit* ros-humble-aruco-msgs
2. mkdir -p turtlebot3_ws/src
3. cd ~/turtlebot3_ws/src/
4. git clone -b humble https://github.com/ROBOTIS-GIT/turtlebot3_manipulation.git
5. cd ~/turtlebot3_ws && colcon build --symlink-install

확인하기: cd ~/turtlebot3_ws/src/turtlebot3_manipulation
ros2 pkg list | grep turtlebot3_manipulation

수고하셨습니다.

기타 개발 지원 도구


developer.nvidia.com/embedded/downloads
AWS IoT Greengras...
camera
NVIDIA Jetson Nan...
OpenCV C++ 차선...
OpenCV를 이용하...
OpenCV의 YOLOv3...
한국기술교육대학...
Jetson AGX Xavier PCN 208560 BOM Addition of DRAM and EMMC 04062022 2022/04/15
Jetson Developer Kit Support Guides 20220322 2022/03/24
Jetson AGX Orin Series Supported Component List 20220316 2022/03/22
Jetson AGX Orin Series Developer Kit 3D CAD STEP model (P3730) 20220316 2022/03/22
Jetson AGX Orin Series Developer Kit User Guide 20220322 2022/03/22
PyTorch for JetPack JP 4.6.1 2022/03/17
Jetson TX2 NX Interface Comparison and Migration from Jetson TX2, Jetson Xavier NX, and Jetson Nano 1.1 2022/03/08
Jetson AGX Xavier PCN 208400 Product Marking Change 20220221 2022/03/08
Jetson Xavier NX PCN 208401 Product Marking Change 20220221 2022/03/08
TensorFlow for JetPack JP 4.6.1 2022/03/08
Jetson Linux Driver Package (L4T) 32.7.1 2022/02/23
Jetson Xavier NX Developer Kit SD Card Image 4.6.1 2022/02/23
Jetson Nano Developer Kit SD Card Image 4.6.1 2022/02/23
This SD card image works for all Jetson Nano Developer Kits (both 945-13450-0000-100 and the older 945-13450-0000-000) and is built with
DOWNLOADS
Jetson Nano Developer Kit SD Card Image

task_7(red_blue).py

<전체 구조 개요>

- **solv2, solv_robot_arm2: 역기구학 (Inverse Kinematics) 계산 함수**
- **YoloDetect: ROS 노드 클래스**
- **main: 키보드 입력 기반의 상호작용 실행 루프**

<주요 기능 요약>

1. YOLO 결과 수신 : /yolo/detected_info 토픽에서 YOLO가 인식한 객체 좌표를 수신하여 **파싱** *
2. 로봇 암 제어 : YOLO 결과를 바탕으로 로봇 암이 해당 위치로 이동하여 집거나 내려놓는 작업 수행
3. 키보드 인터페이스 : 키 입력을 통해 로봇 제어 및 보정(offset) 값 조정
4. Joint 상태 확인 및 출력
5. 보정값 파일 읽기/쓰기 : offset_values.txt를 이용해 좌표 보정 값 유지

* '파싱'이란, 이 메시지를 받아서 → 필요한 정보(예: 객체 이름, (x, y) 위치, 너비, 높이 등)를
→ **프로그래밍적으로 추출해서 사용할 수 있도록 변환**하는 과정

task_7(red_blue).py

- **역기구학 함수**

1. solv2(r1, r2, r3)

- 삼각형의 세 변을 알고 있을 때, 각도를 구함 (Cosine Law 활용)

```
def solv2(r1, r2, r3):
    d1 = (r3**2 - r2**2 + r1**2) / (2*r3)
    d2 = (r3**2 + r2**2 - r1**2) / (2*r3)

    s1 = math.acos(d1 / r1)
    s2 = math.acos(d2 / r2)

    return s1, s2

# x, y, z : relational position from J0 (joint 0)
# r1 : distance J0 to J1
# r2 : distance J1 to J2
# r3 : distance J2 to J3
# sr1 : angle between z-axis to J0->J1
# sr2 : angle between J0->J1 to J1->J2
# sr3 : angle between J1->J2 to J2->J3 (maybe always parallel)
```

2. solv_robot_arm2(x, y, z, r1, r2, r3)

- 로봇팔의 링크 길이와 목표 위치(x, y, z)를 입력 받아 각 관절(joint)의 회전 각도를 계산

```
def solv_robot_arm2(x, y, z, r1, r2, r3):
    z = z + r3 - j1_z_offset

    Rt = math.sqrt(x**2 + y**2 + z**2)
    Rxy = math.sqrt(x**2 + y**2)
    St = math.asin(z / Rt)
    #   Sxy = math.acos(x / Rxy)
    Sxy = math.atan2(y, x)

    s1, s2 = solv2(r1, r2, Rt)

    sr1 = math.pi/2 - (s1 + St)
    sr2 = s1 + s2
    sr2_ = sr1 + sr2
    sr3 = math.pi - sr2_

    return Sxy, sr1, sr2, sr3, St, Rt
```

task_7(red_blue).py

Class YoloDetect(Node):

< 주요 속성 >

- self.subscription # YOLO 인식 데이터 수신
- self.joint_pub # 관절 제어 메시지 퍼블리셔
- self.cmd_vel_publisher # 이동 속도 퍼블리셔

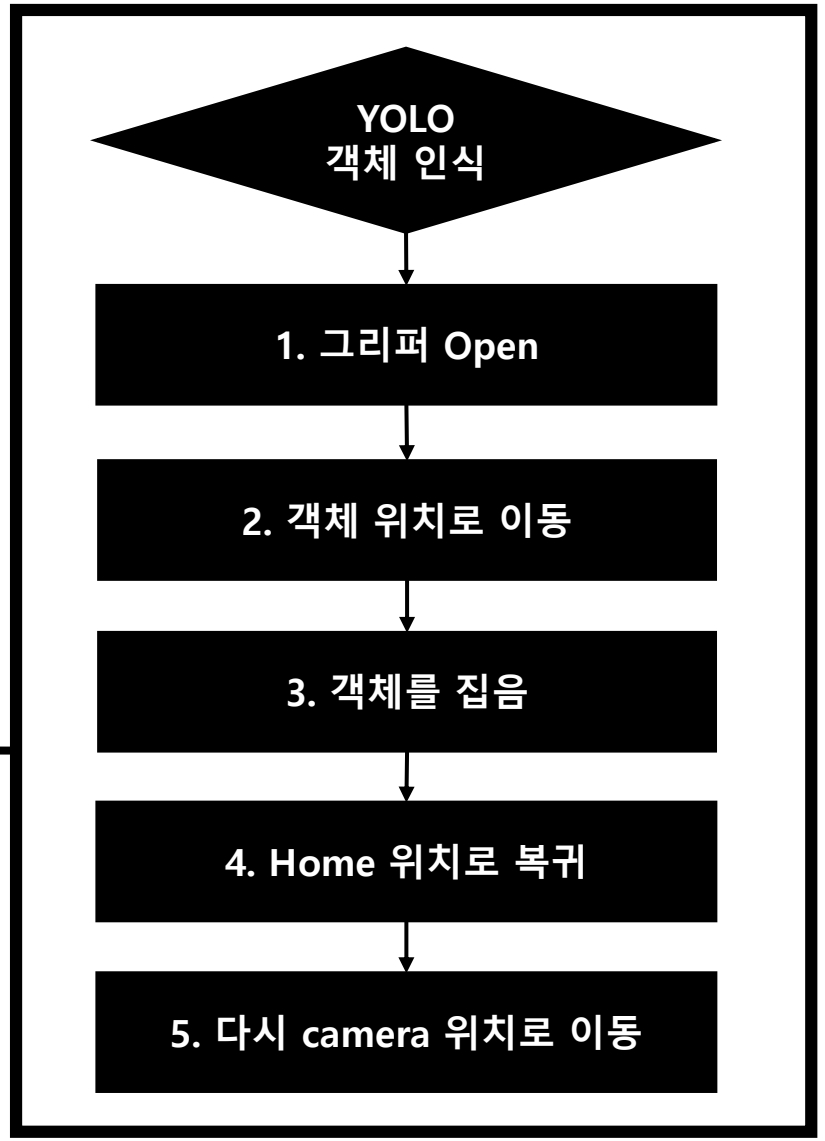
< 주요 동작 >

1. listener_callback(self, msg)
• YOLO 인식 결과(문자열 형태의 리스트)를 파싱하여 self.yolo_x, self.yolo_y로 저장

2. arm_controll(self)

3. append_pose_init(x, y, z)
• PoseArray 메시지를 만들어서 MoveIt 서비스 요청 시 사용

4. joint_states_callback
• 현재 로봇 관절(joint)의 위치 상태 출력



task_7(red_blue).py

main() - 키보드 입력 기반 제어 루프
- getkey.getkey() 로 키보드 입력을 받아 아래 작업 수행

offset_values.txt 파일
- YOLO가 인식한 좌표는 정확하지 않기 때문에, 위치 보정을 위한 offset
- 프로그램 시작 시 읽고, 키보드 조정 후 저장 가능

키	기능	키	기능
A	home2 이동	F	box_up_01 이동
B	conveyor_up 이동	G	box_up_02 이동
C	camera_home 이동	H	box_up_03 이동
D	test_conveyor 이동	I	box_back_01 이동
E	box_home_01 이동	J	box_back_put 이동

키	기능
1	YOLO 인식 결과를 한 번 수신하여 yolo_x, yolo_y 변수에 저장 및 콘솔 출력
2	YOLO 위치 수신 & 그리퍼 열기
3	YOLO 위치 기준으로 보정값 적용 및 이동
4	물체 잡기 전 Z축 낮춤
5	그리퍼 close
6	그리퍼 open
7	home2 위치 이동
8	camera_home 위치 이동
9	현재 저장된 오프셋 값들을 콘솔 출력
0	현재 오프셋 값을 offset_values.txt 파일에 저장

task_7(red_blue).py

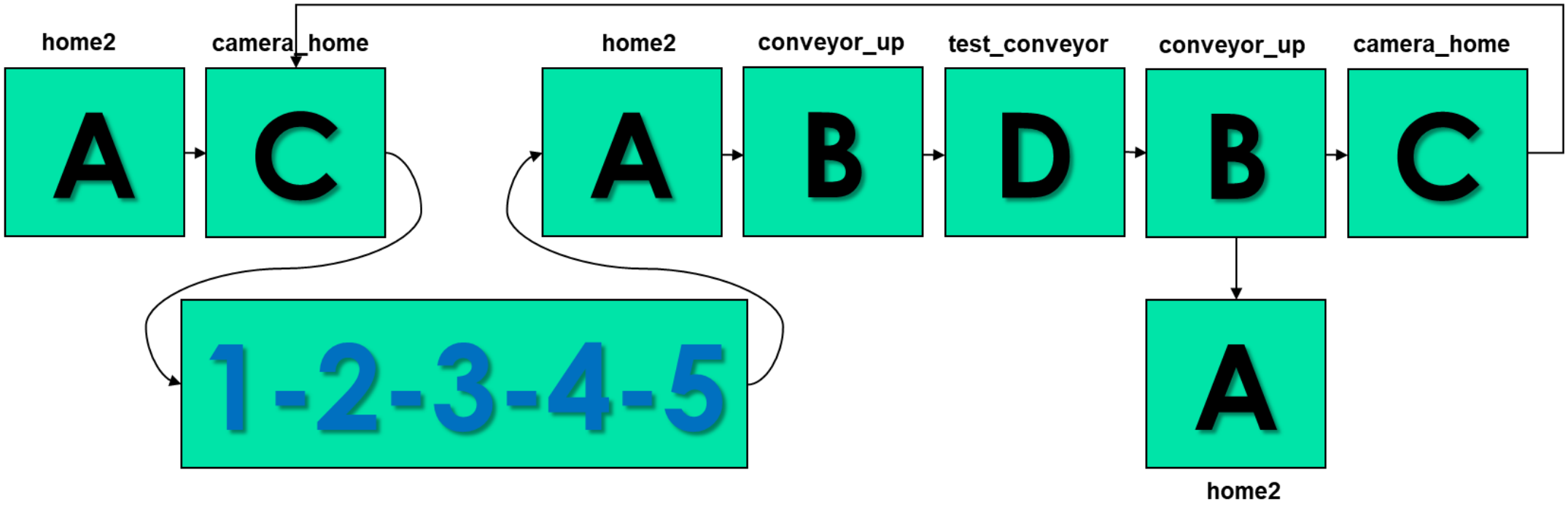
서비스 클라이언트: TurtlebotArmClient
• send_request 메서드를 통해 MoveIt으로 로봇 암 제어 명령을 보냄

타입	의미
send_request(0, "", pose_array)	특정 위치로 이동
send_request(1, "group_states")	지정된 홈 위치로 이동
send_request(2, "open") / close	그리퍼 열기/닫기

group_states	
home2	box_up_01
conveyor_up	box_up_02
camera_home	box_up_03
test_conveyor	box_back_01
box_home_01	box_back_put

Ex) send_rquest(1, “home2”)

task_7(red_blue).py



키	기능
1	YOLO 인식 결과를 한 번 수신하여 yolo_x, yolo_y 변수에 저장 및 콘솔 출력
2	YOLO 위치 수신 & 그리퍼 열기
3	YOLO 위치 기준으로 보정값 적용 및 이동
4	물체 잡기 전 Z축 낮춤
5	그리퍼 close

키	기능	키	기능
A	home2 이동	F	box_up_01 이동
B	conveyor_up 이동	G	box_up_02 이동
C	camera_home 이동	H	box_up_03 이동
D	test_conveyor 이동	I	box_back_01 이동
E	box_home_01 이동	J	box_back_put 이동