두산 프로젝트 교안

Version	V2.0
최종수정일	2024.12.17
작성자	김루진

ROS2와 RVIZ2 시뮬레이터를 이용한 로봇 구동
로봇 URDF, XACRO,SDF 이용한 로봇 만들기 및 기동

터틀봇3 설치 및 SLAM, NAVIGATION 수행
비전 딥러닝을 활용한 터틀봇3 활용

학습 주제

ROS2와 RVIZ2 시뮬레이터를 이용한 로봇 구동
로봇 URDF, XACRO,SDF 이용한 로봇 및 기동
자율 주행 로봇 시뮬레이션

학습 목표

1. RViz2의 인터페이스와 기본 사용법을 이해하고, ROS2 환경에서 RViz2를 설정할 수 있다.
2. 다양한 센서 데이터를 RViz2에서 시각화하고, 로봇의 상태 및 환경을 모니터링하는 방법 학습 한다.
3. RViz2의 고급 기능을 활용하여 실제 로봇과 상호작용하는 환경에서 시뮬레이션을 수행 할 수 있다.

ROS2 개발 도구들

기타 개발 지원 도구

CLI: Command-Line Instruction

- GUI 없이 ROS에서 제공되는 명령어만으로도 로봇 제어 및 거의 모든 ROS 기능 소화 가능

RQT

- 그래픽 인터페이스 개발을 위한 Qt 기반 프레임 워크 제공
- 노드와 그들 사이의 연결 정보 표시 (rqt_graph)
- 인코더, 전압 같이 시간에 따라 변화하는 숫자를 플로팅 (rqt_plot)
- 데이터를 메시지 형태로 기록하고 재생 (rqt_bag)

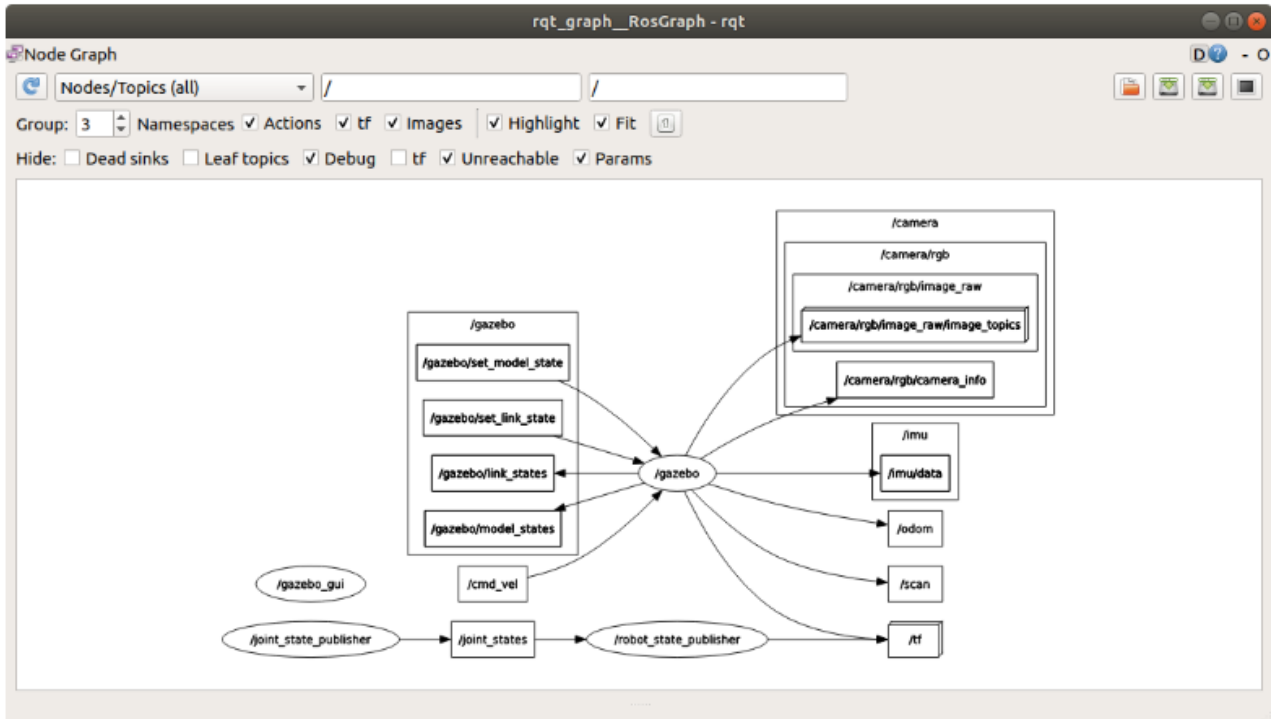
Rviz (ROS Visualization)

- 강력한 2D, 3D 시각화 툴
- 로봇 시스템 이해에 도움

RQT

- **RQT :** 시스템의 다양한 측면을 시각화하고 상호작용할 수 있게 해주는 플러그인 기반의 프레임워크

- **주요 기능 :**
  - 토픽 모니터링 및 발행
  - 파라미터 서버 조작
  - 노드 그래프 시각화
  - 로그 뷰어
  - 플롯 도구
  - 이미지 뷰어



- **주요 플로그인 :**
  - **rqt_graph**: 노드 토픽 연결을 그래프로 표시
  - **rqt_plot**: 토픽 데이터를 실시간 그래프로 표시
  - **rqt_console**: 로그 메시지 표시 및 필터링
  - **rqt_image_view**: 이미지 토픽 시각화
  - **rqt_publisher**: 토픽 발행 인터페이스를 제공

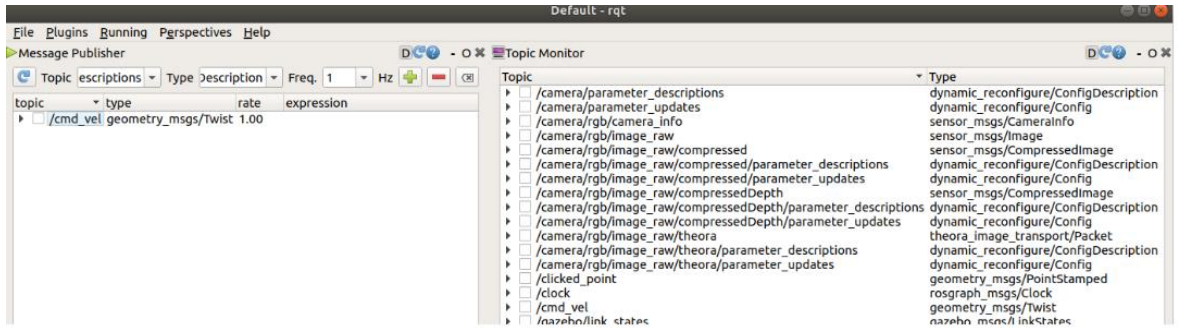
RQT Message Publisher

- 상단 메뉴에서 Plugins -> Topic -> Message Publisher

  ※ 만약 플러그인이 표시되지 않으면 rqt 관련 플러그인이 설치되지 않았을 수 있으니 설치.

```
$ sudo apt install ros-humble-rqt-publisher
```

- 토픽과 메시지 형식을 선택.
  - **Topic Name**: 게시할 토픽의 이름 (예: /my_topic)
  - **Message Type**: 게시할 메시지의 타입 (예: std_msgs/msg/String)



RQT_plot

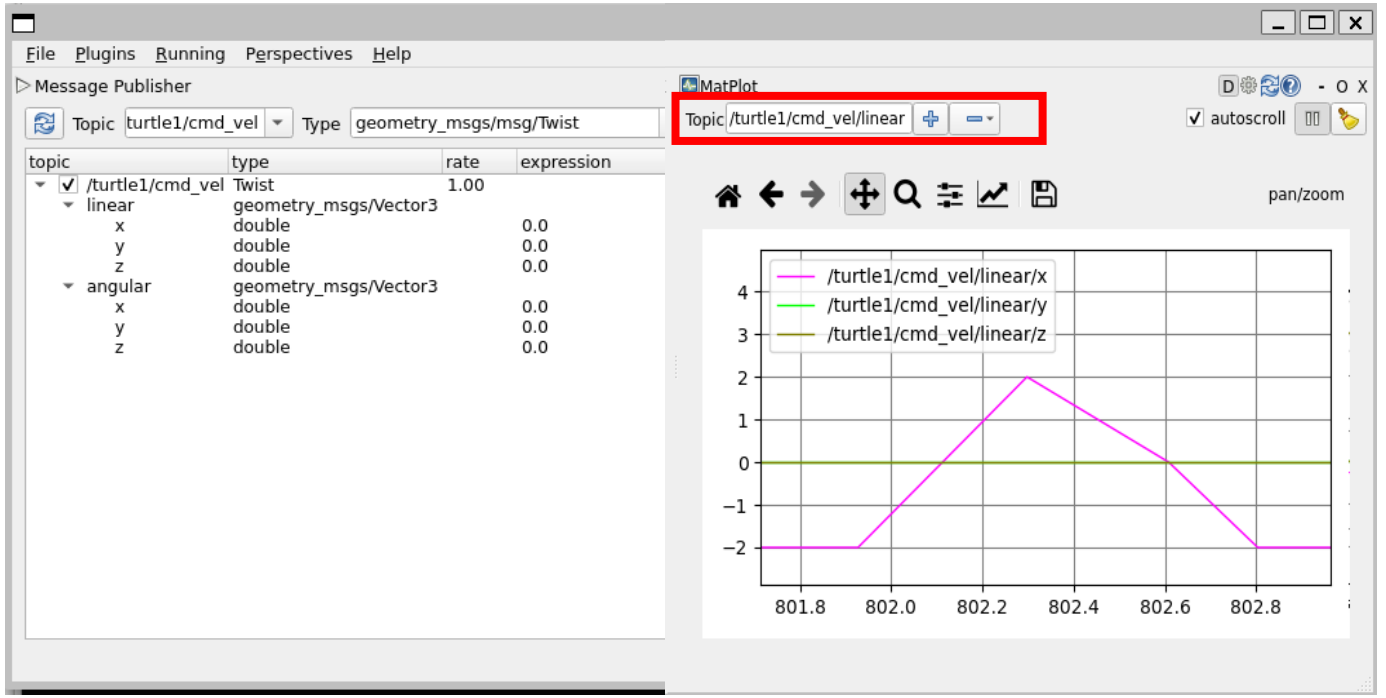
- **rqt_plot**
  - 실시간 토픽 데이터 시각화 툴
  - Plugins -> Visualization -> Plot

예시: 터틀심

1. 터틀심, teleop_key, rqt 실행

```
$ ros2 run turtlesim turtlesim_node
$ ros2 run turtlesim turtle_teleop_key
$ rqt
```

2. rqt_plots 추가
3. plot Topic에 /turtle1/cmd_vel/linear 입력
4. teleop_key으로 작동하여 rqt_plot 그래프 확인



RQT_IMAGE_VIEW

▪ rqt_image_view

- 카메라 또는 다른 이미지 센서가 퍼블리시하는 이미지를 실시간으로 확인
- Plugins -> Visualization -> image_view

  ※ 만약 플러그인이 표시되지 않으면 rqt 관련 플러그인이 설치되지 않았을 수 있으니 설치.

```
$ sudo apt update
$ sudo apt install ros-humble-rqt-image-view
```

- 일반적으로 이미지 데이터는 sensor_msgs/msg/Image 타입
- 카메라 센서가 있는 경우 토픽 이름은 주로 /camera/image_raw와 같은 형식

RVIZ2

RVIZ2 특징

▪ 강력한 시각화 툴

- 로봇의 외형(URDF/XACRO 형식의 3D 모델), 위치, 자세 시각화
- IMU 관성 데이터 , 라이더의 거리 데이터, Depth Camera의 포인트 클라우드 데이터 등 다양한 데이터 시각화
- 지도(2D/3D) 시각화
- 토픽 데이터 시각화
- 계획된 동작을 표현

▪ 다른 ROS 툴과의 사용

- 내비게이션
- 원격제어
- 디버깅 작업에 도움

RVIZ2 설치 및 실생

▪ 설치 및 실행

Ubuntu 데스크톱 버전 필요

설치 (ros2 humble 설치시 자동 설치됨)

```
$ sudo apt install ros-humble-rviz2
```

실행

```
$ rviz2
```

또는

```
$ ros2 run rviz2 rviz2
```

※ 원격접속을 위한 ubuntu Open ssh server 설치

```
$ sudo apt install openssh-server
$ sudo systemctl start ssh
```

※ 원격접속을 위한 윈도우 putty 프로그램 설치

Windows를위한 PuTTY
무료 사용 언어: 한국어/조선말 V 0.81
3.9 (1684) 보안 상태

RVIZ2 기본 인터페이스

주요 패널

- **Displays:**
  - 시각화 할 항목을 선택, 설정하는 패널.
- **Global Options:**
  - 전체 환경의 좌표계와 배경색, 고정된 프레임을 설정
  - **고정 프레임(fixed fram):** 로봇의 모든 센서 및 데이터의 기준이 되는 좌표계
- **Tools:**
  - 카메라 이동, 목표 위치 설정 등의 도구
- **3D 뷰 포트**
  - 선택한 데이터를 시각적으로 표시해 주는 공간
  - 로봇의 상태를 3D로 관찰

RVIZ2 기본 용어

RViz2를 이해하기 위해 알아야 할 기본 용어

▪ 고정 프레임 (Fixed Frame)

- RViz2에서 모든 시각화 요소가 기준으로 삼는 좌표계
- 로봇의 기본 좌표계인 base_link 또는 세계 좌표계인 map을 사용

▪ TF (Transform Frames)

- 각 좌표계 간의 관계를 정의하는 프레임 변환 정보
- RViz2는 tf2 라이브러리를 사용해 여러 좌표계 간의 변환을 시각화

▪ 토픽 (Topics)

- ROS2에서 퍼블리셔가 데이터를 보내는 통신 채널
- RViz2는 특정 토픽에서 데이터를 구독하여 이를 시각화

기본 Displays 구성 요소

Displays는 RViz2의 핵심 기능으로, 다양한 데이터를 시각화하기 위한 항목들 제공

주요 Displays 항목:

- **RobotModel -** 로봇의 URDF 모델을 3D로 시각화.
- **TF -** 좌표 프레임을 표시
- **LaserScan -** 라이다(LIDAR)에서 퍼블리시된 sensor_msgs/LaserScan 메시지를 시각화
- **PointCloud2 -** 3D 포인트 클라우드 데이터를 시각화
- **Image -** 카메라에서 퍼블리시된 이미지를 시각화
- **Odometry -** 로봇의 위치 정보를 시각화 (nav_msgs/Odometry 메시지 사용)
- **Map -** 로봇이 생성한 2D 지도를 시각화 (nav_msgs/OccupancyGrid 메시지 사용)
- **Path -** 로봇의 경로를 시각화 (nav_msgs/Path 메시지 사용).

Rviz2에서 시각화가 가능한 센서 데이터

- **라이다(LiDAR) 데이터**
  - 시각화 방법: PointCloud2 디스플레이
  - 데이터 형식: sensor_msgs/PointCloud2
  - 특징: 3D 포인트 클라우드로 주변 환경을 표현
- **카메라 이미지**
  - 시각화 방법: Image 디스플레이
  - 데이터 형식: sensor_msgs/Image
  - 특징: 2D 이미지 스트림 표시
- **깊이 카메라 데이터**
  - 시각화 방법: DepthCloud 디스플레이
  - 데이터 형식: sensor_msgs/Image (depth image)
  - 특징: 깊이 정보를 색상으로 표현한 포인트 클라우드
- **IMU (관성 측정 장치) 데이터**
  - 시각화 방법: Imu 디스플레이
  - 데이터 형식: sensor_msgs/Imu
  - 특징: 방향, 각속도, 선형 가속도를 화살표로 표현
- **레이저 스캔 데이터**
  - 시각화 방법: LaserScan 디스플레이
  - 데이터 형식: sensor_msgs/LaserScan
  - 특징: 2D 평면상의 거리 측정 데이터를 점이나 선으로 표현
- **GPS 데이터**
  - 시각화 방법: Odometry 디스플레이 또는 커스텀 마커
  - 데이터 형식: sensor_msgs/NavSatFix
  - 특징: 위치 정보를 3D 공간상의 점으로 표현
- **초음파 센서 데이터**
  - 시각화 방법: Range 디스플레이
  - 데이터 형식: sensor_msgs/Range
  - 특징: 거리 측정값을 원뿔 형태로 표현
- **관절 상태 (로봇 팔 등)**
  - 시각화 방법: RobotModel 디스플레이
  - 데이터 형식: sensor_msgs/JointState
  - 특징: URDF 모델과 결합하여 로봇의 현재 자세 표현

RVIZ2 주요 도구 모음(Toolbar)

RViz Navigation

- **2D Pose Estimate**: 2D 포즈를 추정
- **2D Nav Goal**: 2D 내비게이션 목표를 설정
- **Publish Point**: 특정 지점의 좌표를 발행
  - 3D 시각화 환경에서 사용자가 선택한 특정 지점의 3D 좌표를 ROS 토픽으로 발행(publish)
  - 기본적으로 /clicked_point 토픽 발행
  - 메시지 타입은 geometry_msg/PointStamped

    - **geometry_msgs/PointStamped** 메시지 타입은 특정 시간에 특정 위치를 나타내는 메시지입니다.
    - **Header**와 **Point**로 구성
    - **Header**: 메시지의 프레임과 타임스탬프 정보를 포함합니다.
    - **Point**: x, y, z 좌표로 위치를 나타냅니다.

RVIZ2 시각화 예시

▪ TF 좌표계 변환

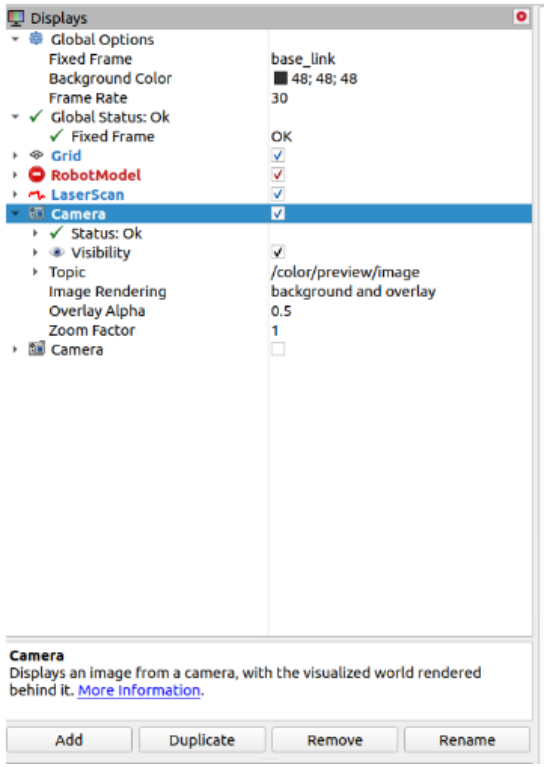
- TF 프레임을 통해 로봇의 센서와 다양한 파트 간의 좌표 변환을 시각화
- 로봇의 다양한 파트(링크)들의 움직임과 연결 상태 확인
- TF는 좌표계 간의 관계를 주기에따라 보냄(topic publish), 로봇의 상태를 실시간으로 추적

▪ TF 시각화 방법

- 1. TF Displays 항목을 추가
- 2. tf2에 의해 퍼블리시 되는 모든 좌표 변환 확인
- 3. 로봇의 기준 좌표(base_link 등)에서 센서 좌표계나 다른 파트로 변환되는 과정을 시각적으로 이해

카메라 시각화

- 디스플레이에 카메라 타입 추가
- 카메라 타입 토픽에서 sensor_msgs/msg/Image 선택



Rviz2에 표시된 카메라 이미지

카메라 시각화 과제

```
import rclpy
from rclpy.node import Node
from sensor_msgs.msg import Image
from cv_bridge import CvBridge
import cv2

class VideoPublisher(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('video_publisher')
        self.publisher_ = self.create_publisher(Image, 'video_frames', 10)
        timer_period = 0.033  # 30FPS를 위한 타이머 주기
        self.timer = self.create_timer(timer_period, self.timer_callback)

        # 비디오 캡처 객체 생성 (파일 또는 카메라)
        # self.cap = cv2.VideoCapture(0)  # 웹캠 사용시
        self.cap = cv2.VideoCapture('your_video.mp4')  # 비디오 파일 사용시

        self.bridge = CvBridge()

    def timer_callback(self):
        ret, frame = self.cap.read()

        if ret:
            # 프레임이 끝났다면 다시 시작
            if frame is None:
                self.cap.set(cv2.CAP_PROP_POS_FRAMES, 0)
                ret, frame = self.cap.read()

            # OpenCV 이미지를 ROS 메시지로 변환
            msg = self.bridge.cv2_to_imgmsg(frame, encoding='bgr8')
            self.publisher_.publish(msg)
            self.get_logger().info('Publishing video frame')

    def __del__(self):
        self.cap.release()

def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    video_publisher = VideoPublisher()

    try:
        rclpy.spin(video_publisher)
    except KeyboardInterrupt:
        pass
    finally:
        video_publisher.destroy_node()
        rclpy.shutdown()

if __name__ == '__main__':
    main()
```

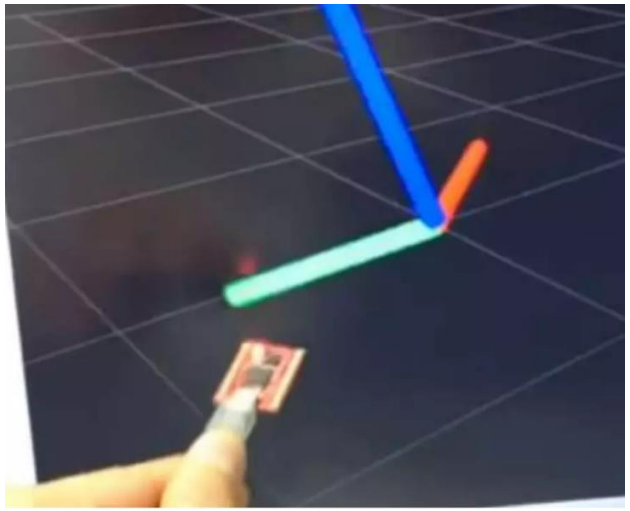
카메라 시각화 과제

```
import sys
import rclpy
from rclpy.node import Node
from sensor_msgs.msg import Image
from cv_bridge import CvBridge
import cv2
from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QMainWindow, QLabel, QVBoxLayout, QWidget
from PyQt5.QtCore import Qt, QTimer, pyqtSignal, QObject
from PyQt5.QtGui import QImage, QPixmap

class ROS2SignalEmitter(QObject):
    image_received = pyqtSignal(QImage)

class ImageSubscriber(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('image_subscriber')
        self.subscription = self.create_subscription(
            Image,
            'video_frames',
            self.listener_callback,
            10)
        self.bridge = CvBridge()

    def listener_callback(self, data):
        self.current_frame = self.bridge.imgmsg_to_cv2(data, desired_encoding='bgr8')
```

```
class MainWindow(QMainWindow):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setWindowTitle("ROS2 Video Subscriber")
        self.setGeometry(100, 100, 800, 600)

        # 중앙 위젯 설정
        central_widget = QWidget()
        self.setCentralWidget(central_widget)
        layout = QVBoxLayout(central_widget)

        # 이미지를 표시할 라벨
        self.image_label = QLabel()
        self.image_label.setAlignment(Qt.AlignCenter)
        layout.addWidget(self.image_label)

        # ROS2 초기화
        rclpy.init(args=None)
        self.ros2_subscriber = ImageSubscriber()

        # Signal Emitter 설정
        self.signal_emitter = ROS2SignalEmitter()
        self.signal_emitter.image_received.connect(self.update_image)

        # ROS2 스핀을 위한 타이머
        self.timer = QTimer()
        self.timer.timeout.connect(self.spin_once)
        self.timer.start(33)  # 30 FPS

    def spin_once(self):
        rclpy.spin_once(self.ros2_subscriber, timeout_sec=0)

        if hasattr(self.ros2_subscriber, 'current_frame'):
            # OpenCV 이미지를 Qt 이미지로 변환
            height, width, channel = self.ros2_subscriber.current_frame.shape
            bytes_per_line = 3 * width
            q_image = QImage(
                self.ros2_subscriber.current_frame.data,
                width,
                height,
                bytes_per_line,
                QImage.Format_RGB888
            ).rgbSwapped()

            self.signal_emitter.image_received.emit(q_image)

    def update_image(self, q_image):
        # 이미지 크기를 윈도우에 맞게 조정
        scaled_image = q_image.scaled(
            self.image_label.size(),
            Qt.KeepAspectRatio,
            Qt.SmoothTransformation
        )
        self.image_label.setPixmap(QPixmap.fromImage(scaled_image))

    def closeEvent(self, event):
        self.ros2_subscriber.destroy_node()
        rclpy.shutdown()
        event.accept()

def main():
    app = QApplication(sys.argv)
    window = MainWindow()
    window.show()
    sys.exit(app.exec_())

if __name__ == '__main__':
    main()
```

IMU 데이터 시각화

IMU 데이터를 구독
방향(쿼터니언)을 오일러 각도로 변환
각 속도, 선형 가속도 출력
로봇의 자세 추정
다른 센서 데이터와 융합하여 더 복잡한 작업을 수행 가능



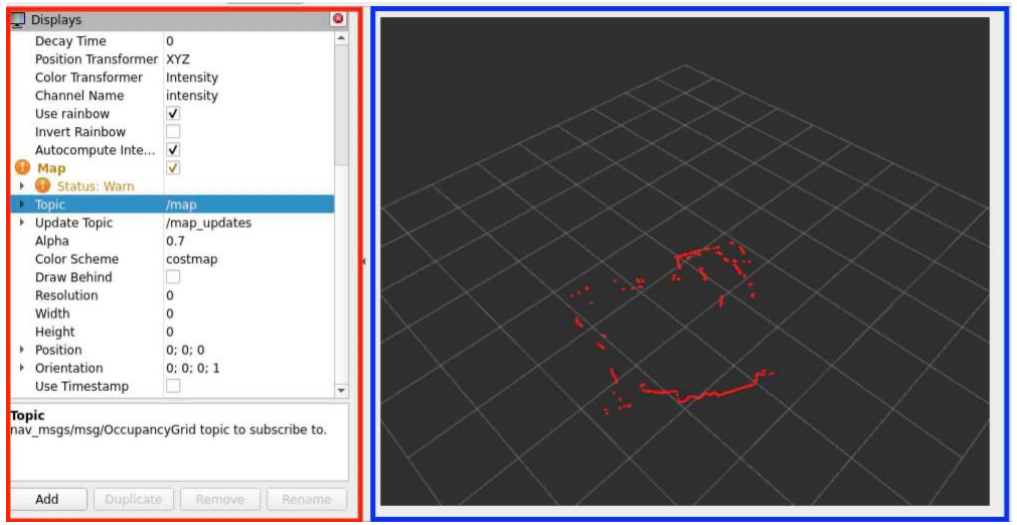
```
sin@Ubuntu1804:~$ rosmsg info sensor_msgs/Imu
std_msgs/Header header
  uint32 seq
  time stamp
  string frame_id
geometry_msgs/Quaternion orientation
  float64 x
  float64 y
  float64 z
  float64 w
float64[9] orientation_covariance
geometry_msgs/Vector3 angular_velocity
  float64 x
  float64 y
  float64 z
float64[9] angular_velocity_covariance
geometry_msgs/Vector3 linear_acceleration
  float64 x
  float64 y
  float64 z
float64[9] linear_acceleration_covariance
```

```
# 쿼터니언을 오일러 각도로 변환
orientation_q = msg.orientation
orientation_list = [    orientation_q.x, orientation_q.y, orientation_q.z, orientation_q.w]
(roll, pitch, yaw) = euler_from_quaternion(orientation_list)
```

RVIZ2 시각화 예시

▪ RPLIDAR 데이터 시각화

```
$ cd ~/ros2_ws/src
$ git clone https://github.com/Slamtec/sllidar_ros2.git
$ cd ~/ros2_ws
$ rosdep install --from-paths src --ignore-src -r -y
$ colcon build --symlink-install
$ source ~/ros2_ws/install/setup.bash
$ sudo chmod 666 /dev/ttyUSB0
$ ros2 launch sllidar_ros2 sllidar_launch.py
```



- "LaserScan" 항목 확장
- "Topic" 필드 클릭
- 드롭다운 메뉴에서 "/scan" 토픽 선택

1) Fixed Frame 변경
Global Options > **Fixed Frame = laser**

2) Axes 추가 및 설정
RViz 좌측 하단의 Add에서 **Axes** 추가
(Length 및 Radius 변경은 옵션)

3) LaserScan 추가 및 설정
RViz 좌측 하단의 Add에서 **LaserScan** 추가
(**Topic** 지정 필수, Color, Color Transformer 등은 옵션)

- 라이다 센서 데이터를 2D 평면 상에 표시
- 주변 장애물 시각적으로 확인

RViz2 구성 저장 및 로드

.rviz 파일은 RViz2(ROS Visualization Tool)의 설정 파일입니다. 이 파일은 RViz2의 사용자 인터페이스 설정, 로드된 플러그인, 시각화 옵션 등 RViz2의 전체 구성을 저장

▪ 환경 저장

- File -> Save Config As
- 일반적으로 config 디렉토리에 저장

▪ 환경 불러오기

- RViz2 실행 시 -d 옵션으로 .rviz 파일을 지정
  > rviz2 -d your_config.rviz
- Launch 파일에서 실행할 때 불러오는 방법

```python
from launch import LaunchDescription
from launch_ros.actions import Node
from ament_index_python.packages import get_package_share_directory
import os

def generate_launch_description():
    # 패키지 경로 가져오기
    package_name = 'your_package_name'  # 실제 패키지 이름으로 변경하세요
    package_dir = get_package_share_directory(package_name)

    # RViz 설정 파일 경로
    rviz_config_file = os.path.join(package_dir, 'config', 'your_rviz_config.rviz')

    # RViz 노드 정의
    rviz_node = Node(
        package='rviz2',
        executable='rviz2',
        name='rviz2',
        arguments=['-d', rviz_config_file],
        output='screen'
    )

    # 런치 설명 반환
    return LaunchDescription([
        rviz_node
    ])
```

로봇 Description 패키지

로봇 패키지 만들기 실습

1. URDF Package 생성하기

```
$ mkdir -p ~/ws_urdf/src
$ cd ~/ws_urdf/src
$ ros2 pkg create --build-type ament_python urdf_tutorial
$ cd ..
$ colcon build –symlink-install
```

- rm –rdf ./build ./install ./log

2. 연관 폴더 만들기

```
$ cd src
$ cd urdf_tutorial
$ mkdir urdf
$ mkdir launch
$ mkdir config
```

- src/urdf_tutorial 폴더 아래 다음 두 폴더를 추가
- urdf: URDF 파일을 저장할 폴더
- launch: ROS2 실행 launch 스크립트를 저장할 폴더

로봇 패키지 만들기 실습

3. setup.py

두 폴더가 컴파일에 포함될 수 있도록 'src/urdf_tutorial/setup.py'를 아래와 같이 편집

```
import os
from glob import glob
from setuptools import setup

package_name = 'urdf_tutorial'

setup(
    name=package_name,
    version='0.0.0',
    packages=[package_name],
    data_files=[
        ('share/ament_index/resource_index/packages',
            ['resource/' + package_name]),
        ('share/' + package_name, ['package.xml']),
        (os.path.join('share', package_name, 'launch'), glob('launch/*.launch.py')),
        (os.path.join('share', package_name, 'urdf'), glob('urdf/*.xacro'))
    ],
    install_requires=['setuptools'],
    zip_safe=True,
    maintainer='daeho',
    maintainer_email='daeho@todo.todo',
    description='TODO: Package description',
    license='TODO: License declaration',
    tests_require=['pytest'],
    entry_points={
        'console_scripts': [
        ],
    },
)
```

로봇 패키지 만들기 실습

4. 로봇 모델 만들기

'src/urdf_tutorial/urdf/robot_1.xacro' 파일을 만들고 아래와 같이 편집

```
<?xml version="1.0"?>
<robot xmlns:xacro="http://ros.org/wiki/xacro" name="urdf_test">

    <!-- BASE -->
    <link name="base_link">
    </link>

    <!-- BODY LINK -->
    <joint name="body_joint" type="fixed">  <!-- 'joink'를 'joint'로 수정 -->
        <parent link="base_link"/>
        <child link="body"/>
    </joint>

    <link name="body">
        <visual>
            <geometry>
                <box size="1 1 1"/>
            </geometry>
        </visual>
    </link>

</robot>
```

- base_link: 가상의 링크
- body: 가로, 세로, 높이 각각 1m인 상자
- body_joint: base_link와 body를 연결하는 joint

로봇 패키지 만들기 실습

5. 런치파일 만들기

'src/urdf_tutorial/launch/robot_1.launch.py' 파일을 만들고 아래와 같이 편집

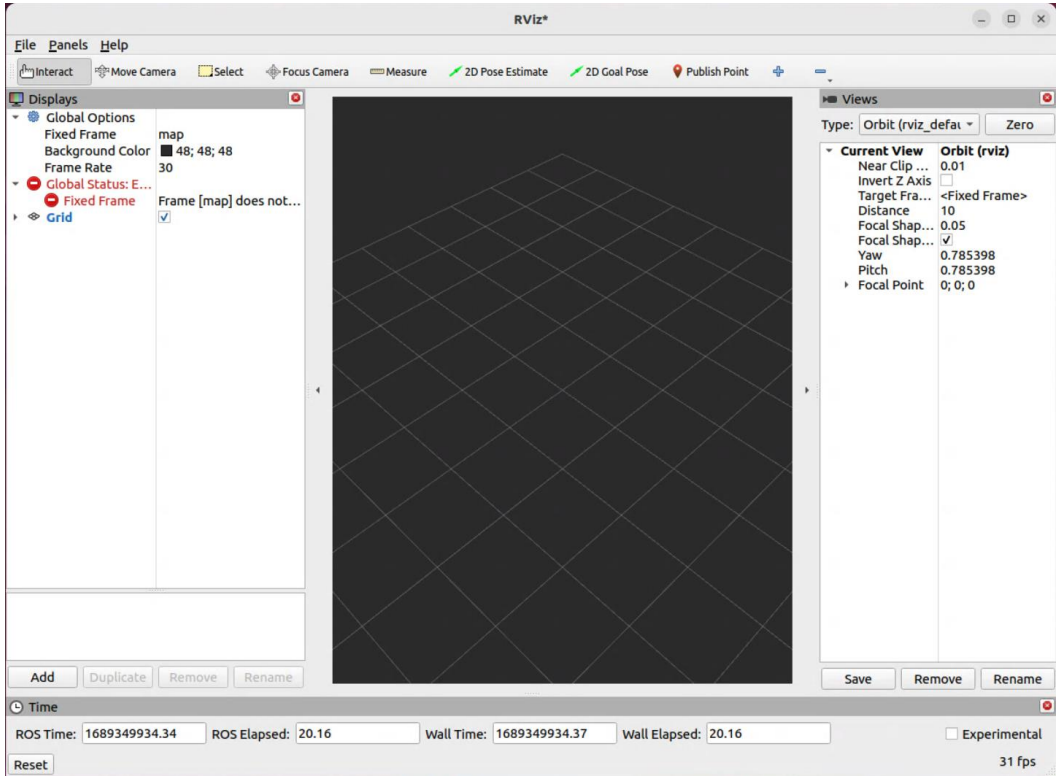
```python
import os
from ament_index_python.packages import get_package_share_directory
from launch import LaunchDescription
from launch.substitutions import LaunchConfiguration
from launch.actions import DeclareLaunchArgument
from launch_ros.actions import Node
import xacro

def generate_launch_description():
    use_sim_time = LaunchConfiguration('use_sim_time')

    pkg_path = os.path.join(get_package_share_directory('urdf_tutorial'))
    xacro_file = os.path.join(pkg_path,'urdf','robot_1.xacro')
    robot_description = xacro.process_file(xacro_file)
    params = {'robot_description': robot_description.toxml(), 'use_sim_time': use_sim_time}

    return LaunchDescription([
        DeclareLaunchArgument(
            'use_sim_time',
            default_value='false',
            description='Use sim time'),

        Node(
            package='robot_state_publisher',
            executable='robot_state_publisher',
            output='screen',
            parameters=[params])
    ])
```

로봇 패키지 만들기 실습

6. 빌드 및 소싱

첫 번째 터미널에서 아래 명령을 실행해서 컴파일 및 'robot_1.launch.py' 파일을 실행

```
$ cd ~/ws_urdf
$ colcon build --symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch urdf_tutorial robot_1.launch.py
```



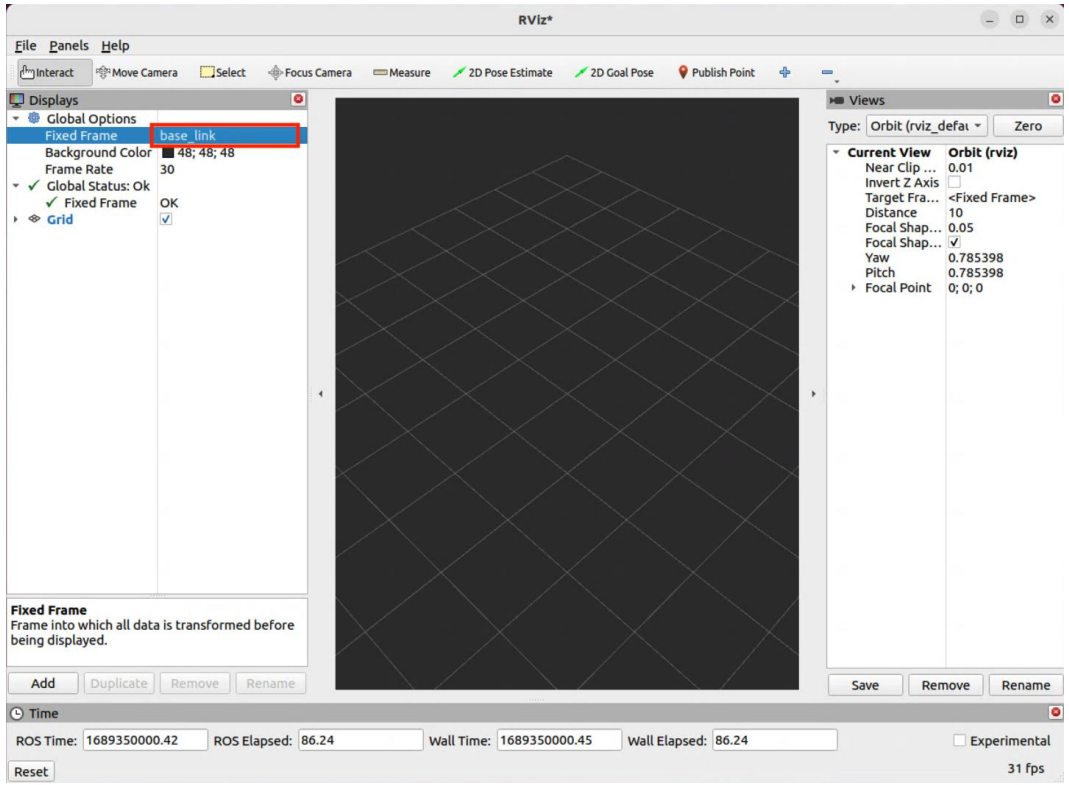
7. 두 번째 터미널에서 아래 명령을 실행해서 Rviz를 실행

```
$ cd ~/ws_urdf/ws_urdf
$ source install/setup.bash
$ rviz2
```

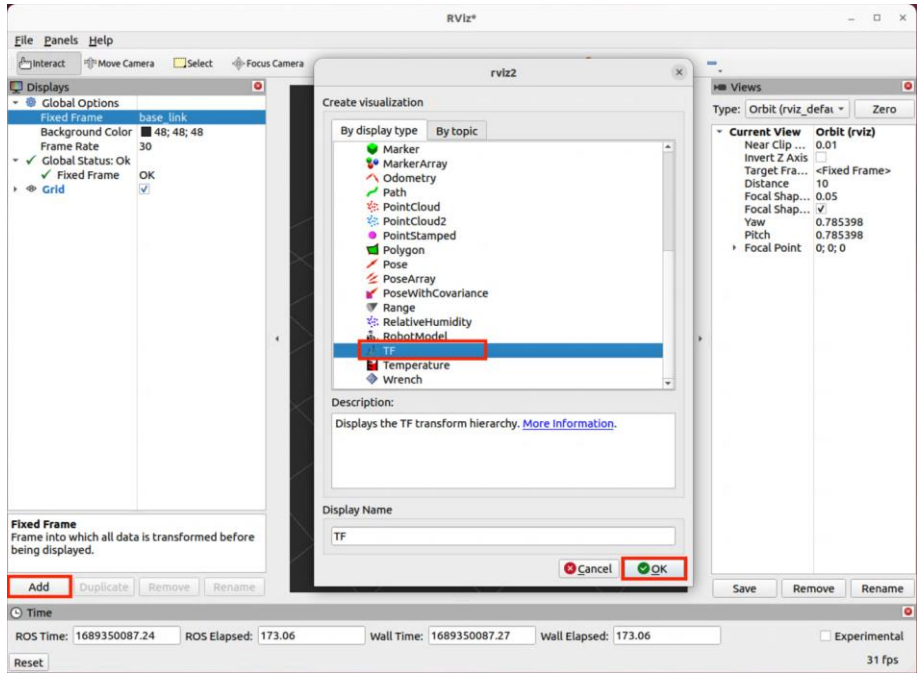
로봇 패키지 만들기 실습

8. rviz2 설정

Display > Global Option > 'Fixed Frame'을 'base_link'로 변경



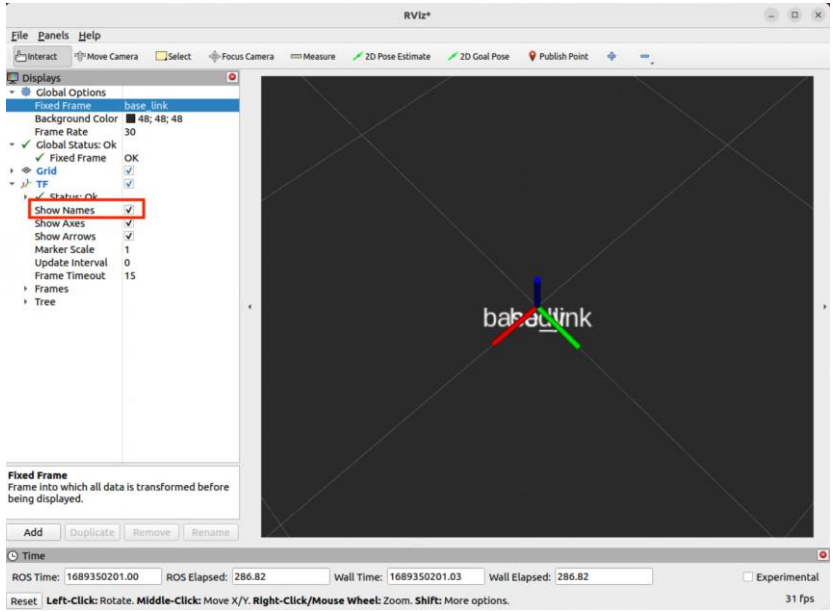
왼쪽 하단의 'Add' > 'TF' > 'Ok'



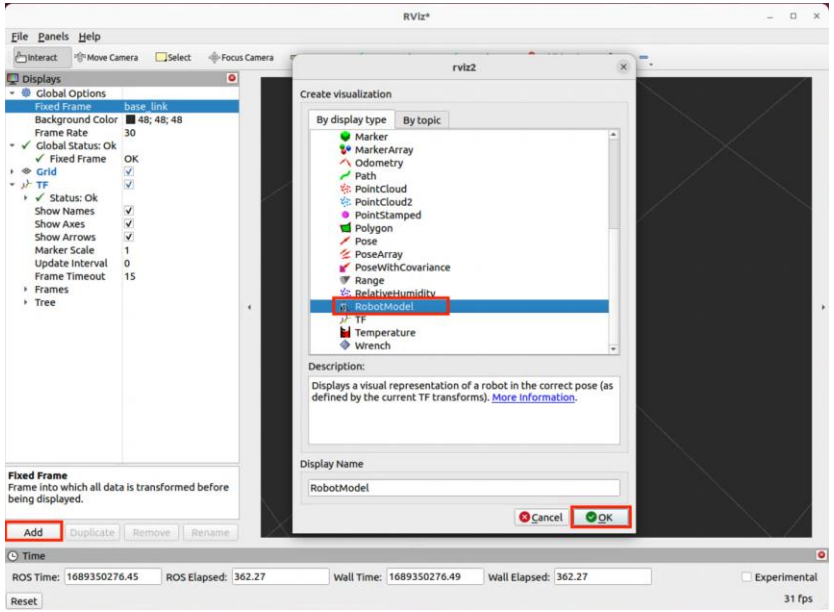
로봇 패키지 만들기 실습

9. TF 보기

TF의 하위 항목 중 'Show Names'를 선택
중앙에 'base_link'와 'body'가 겹쳐진 상태로 보이는 것 확인



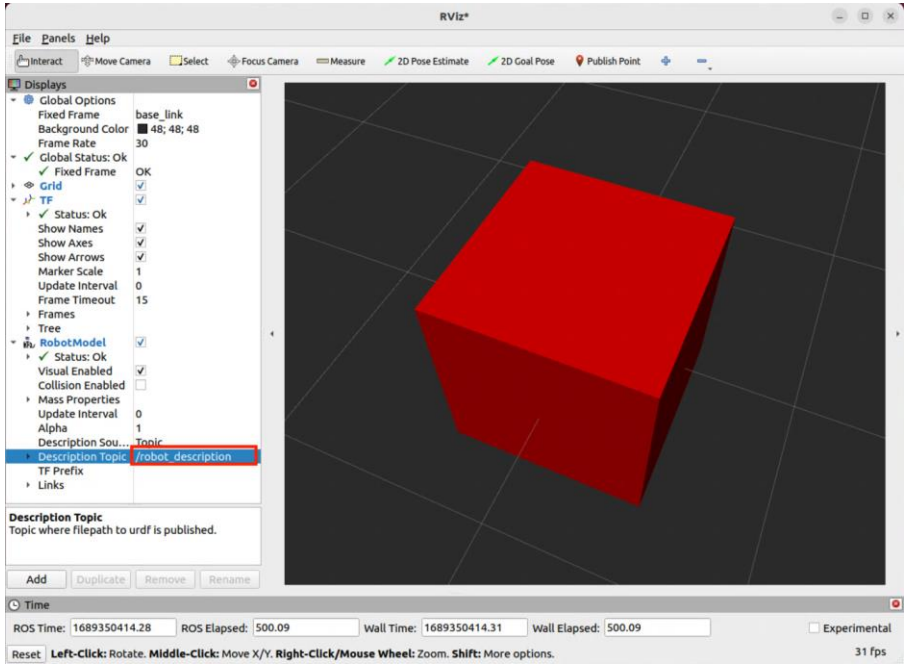
왼쪽 하단의 'Add' > 'RobotModel' > 'Ok'



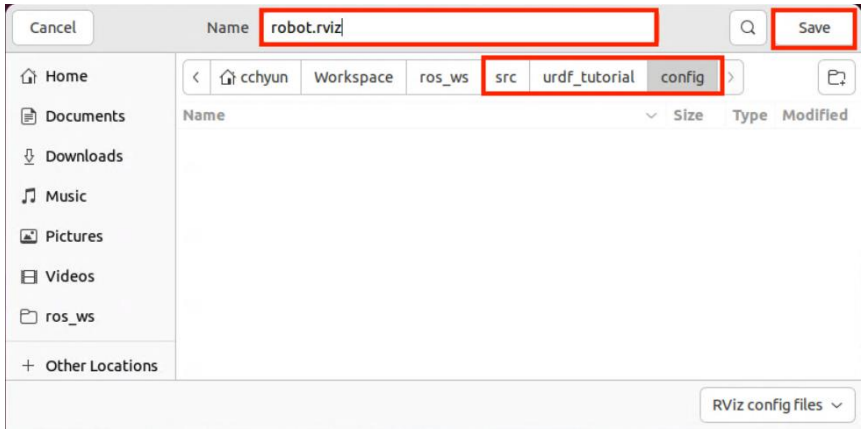
로봇 패키지 만들기 실습

10. 로봇 모델 보기

RobotModel의 하위 항목 중 'Description Topic'을 '/robot_description'으로 변경



'File' 메뉴에서 'Save Config As'를 선택



로봇 모델 불러오기

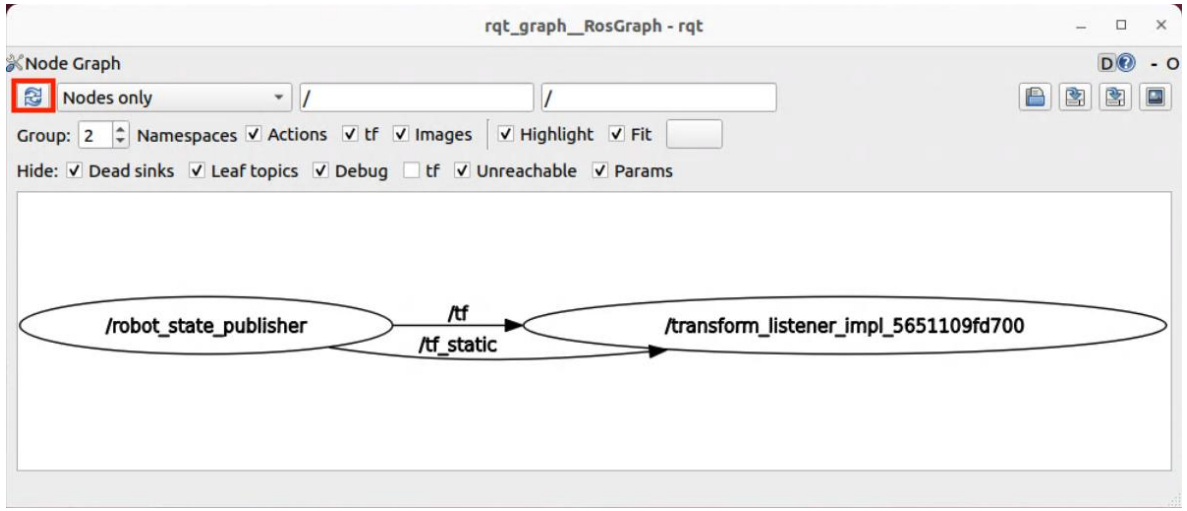
rviz2 –d ./config/robot.rviz

로봇 패키지 만들기 실습

11. 노드 및 토픽 확인

세 번째 터미널에서 아래 명령을 실행해서 rqt_graph를 실행

```
$ rqt_graph
```



- /robot_state_publisher:
  'robot.launch.py'를 이용해서 실행한 Node
- /transform_listner_Impl:
  rviz2에서 실행한 Node
- '/robot_state_publisher' Node는 '/transform_listner_Impl' Node에게 '/tf', '/tf_static' 두 개의 topic을 전달

로봇 패키지 만들기 실습

12. 정육면체의 색 변경

'src/urdf_tutorial/urdf/robot_1.xacro' 파일을 아래와 같이 수정

```
<?xml version="1.0"?>
<robot xmlns:xacro="http://ros.org/wiki/xacro" name="urdf_test">

    <!-- COLOR-->
    <material name="white">
        <color rgba="1 1 1 1"/>
    </material>

    <!-- BASE -->
    <link name="base_link">
    </link>

    <!-- BODY LINK -->
    <joint name="body_joint" type="fixed">
        <parent link="base_link"/>
        <child link="body"/>
    </joint>

    <link name="body">
        <visual>
            <geometry>
                <box size="1 1 1"/>
            </geometry>
            <material name="white"/>
        </visual>
    </link>

</robot>
```

- material white: 위쪽에 흰색을 표현하는 white material을 선언
  색상은 rgba 모두 1로 지정
  (색상의 범위: 0 ~ 1)
- body link material: body link에 위에서 지정한 white material을 지정

변경된 값을 반영하기 위해 첫 번째 터미널에서
'CTRL+C' 키를 입력해서 ROS2를 종료한 후 명령을 수행

```
$ cd ~/ws_urdf/urdf_tutorail
$ colcon build --symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch urdf_tutorial robot_1.launch.py
```

메니퓨레이터 모델링

기초 지식

URDF, SDF, SRDF,XACRO

- 로봇의 구조, 동작, 환경 등을 정의하기 위한 XML 기반의 파일 포맷 및 확장자.

URDF

- 로봇의 기구학적 구조(모델)를 설명하는 XML 기반 포맷
- 주로 로봇의 링크, 조인트, 메시, 물리적 속성(질량, 관성 등) 등을 정의
- **로봇의 물리적 모델 정의**: 로봇의 구조를 텍스트로 설명
- 각 링크(로봇의 고정된 부분)와 조인트(회전 또는 직선 운동을 하는 부분)를 정의
- **충돌 모델**: 로봇이 다른 물체와 충돌할 때 사용하는 단순한 충돌 체적(보통 상자나 구 형태)을 정의
- **시각적 모델**: 로봇의 시각적 표현을 위한 3D 메시(주로 STL, COLLADA) 파일 경로를 정의
- **ROS 환경에서 로봇을 표현**: RViz와 같은 시뮬레이터에서 로봇을 시각화하는 데 URDF 파일 사용

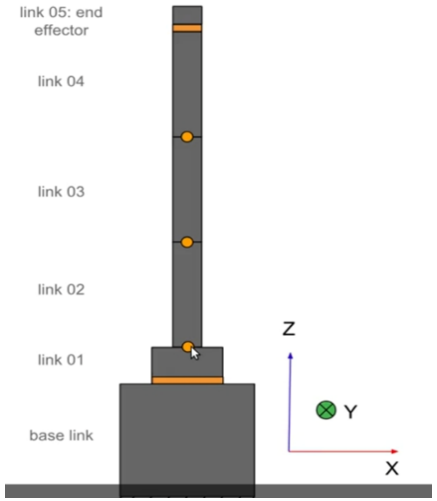
기초 지식

▪ 링크(Link)

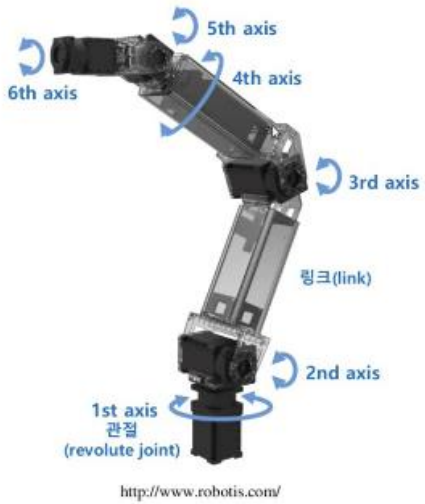
- description :링크의 이름, 외형, 무게(mass, kg), 관성 모멘트(Kg.m^2)
- 외형: 주로 원통, 원뿔, 직육면체등의 간단한 모형 모델 사용
  복잡한 구조는 메쉬 (mesh)를 표현 할 수 있는 stl, dae(collda) 포맷을 사용

▪ 조인트(Joint)

- description : 조인트의 이름, 종류, 운동의 기준 축,
  연결하는 링크,
  최소, 최대 동작 값(각도, 선형 움직임),
  조인트에 부여되는 힘 / 속도



5축(DOF) 매니퓰레이터



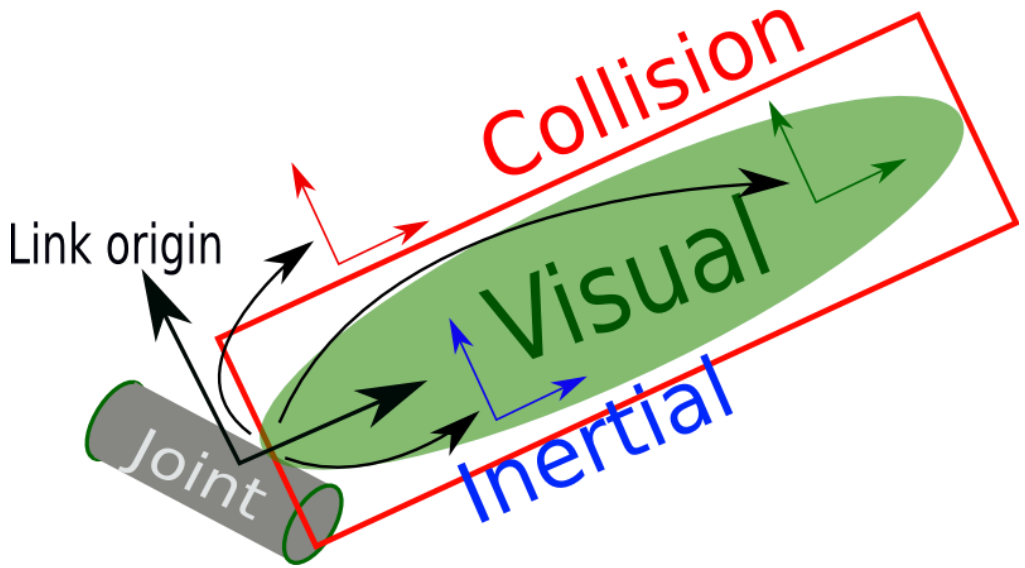
6축(DOF) 매니퓰레이터

기초 지식

▪ 프레임(Frame)

link의 origin이 기준 좌표(Frame)가 되는데, 바로 앞에 연결되어있는 조인트의 좌표를 사용

기준 좌표를 흔히 Frame이라고 하는데, URDF에서는 조인트에 이 Frame을 둔다.
Frame을 기준으로 조인트 사이의 위치 관계를 상대적인 값들로 설정하거나 링크를 표현하는 여러 태그들의 중심 위치를 설정한다.
URDF에서는 <origin> 태그가 자주 등장하는데, 링크와 조인트에서 사용하는 의미가 조금 다르다.

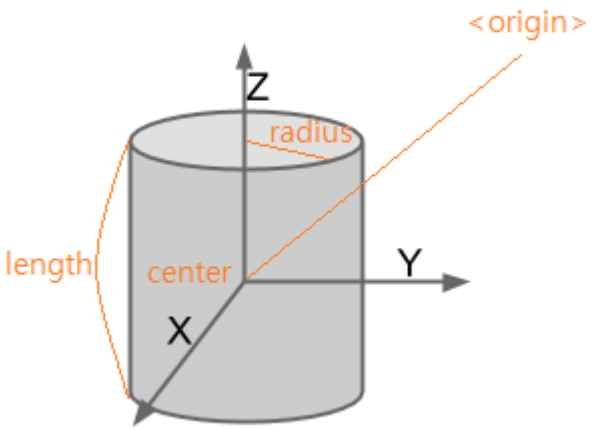


기초 지식

▪ 링크(Link)

<collision>, <visual>, <inertial> 태그
이 태그들은 link origin으로부터 각각의 상대 위치를 <origin> 값으로 설정
즉, 그 값은 link origin으로부터의 상대적 이동(x,y,z 속성)과 회전(r,p,y 속성)한 위치이다.

* rpy: **r**oll, **p**itch, **y**aw
<geometry>는 기하학 값들을 설정하는데, box(x, y, z), cylinder(radius, length), sphere(radius), mesh(filename)
특히, mesh에는 3D 모델링 된 stl 파일을 지정
<geometry>의 여러 속성 값들은 <origin>에서 설정한 위치 값을 중심으로 대칭



기초 지식

- **링크(Link)** URDF에서 <visual> 태그

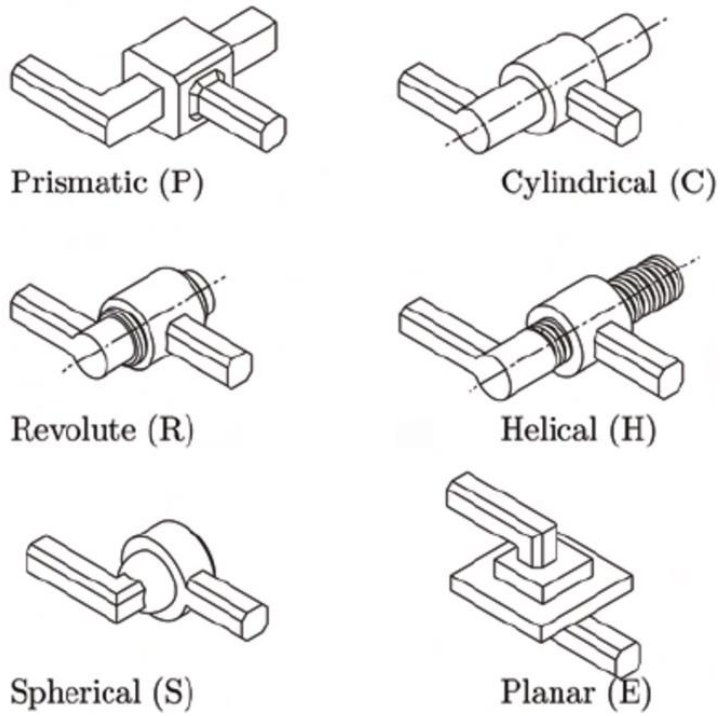
  앞 조인트로부터 z 축으로 25cm 떨어진 지점(xyz="0 0 0.25")에 중심점을 위치시킨다.
  방향은 변화가 없다(rpy="0 0 0").
  이 중심점을 기준으로 대칭되도록 너비와 폭은 10cm로 되고 길이는 50cm가 되는 box 형태의 링크
  (box size="0.1 0.1 0.5").

```
<link name="link2">
    <collision>
      <origin xyz="0 0 0.25" rpy="0 0 0"/>
      <geometry>
        <box size="0.1 0.1 0.5"/>
      </geometry>
    </collision>
    <visual>
      <origin xyz="0 0 0.25" rpy="0 0 0"/>
      <geometry>
        <box size="0.1 0.1 0.5"/>
      </geometry>
      <material name="orange"/>
    </visual>
    <inertial>
      <origin xyz="0 0 0.25" rpy="0 0 0"/>
      <mass value="1"/>
      <inertia ixx="1.0" ixy="0.0" ixz="0.0" iyy="1.0" iyz="0.0" izz="1.0"/>
    </inertial>
  </link>
```

기초 지식

▪ 조인트(Joint)

- 로봇의 조인트를 정의하는 데 사용
- 각 조인트는 두 링크를 연결
- 어떤 방식으로 움직일 수 있는지 정의



▪ URDF 에서 지원하는 조인트 종류(type)

- **fixed** (고정): 움직임이 허용되지 않는 관절(link)이다
- **revolute** (회전): 선풍기의 좌우 회전과 같이 일정 각도 범위를 회전
- **continuous** (연속): 자동차 바퀴처럼 연속 회전을 하는 관절
- **prismatic** (프리즘): 단일 축에 대해 선형으로 미끄러지는 관절
  최대, 최소 위치 제한 정의 필요
- **floating** (자유): 6차원 이동 및 회전을 허용하는 관절
- **planar** (평면): 한 평면에 수직으로 이동 및 회전할 수 있는 관절

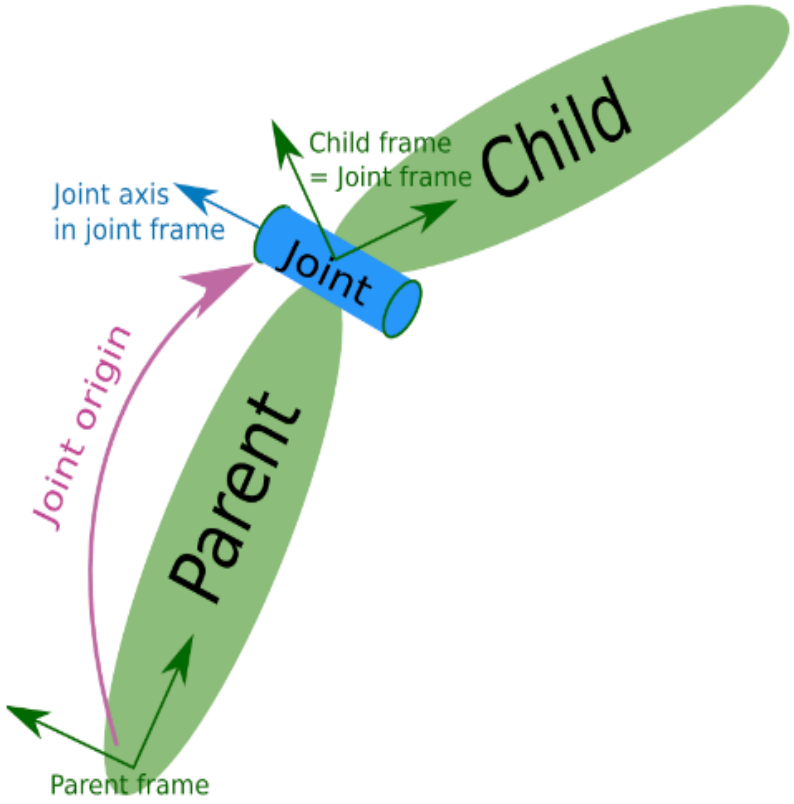
URDF – JOINT 예시

- <parent>, <child>
부모 링크(parent link)와 자식 링크(child link)의 이름 지정 (기저에 가까운 링크가 부모 링크)

- <axis>
회전 축을 정의
축은 로봇의 기준 좌표를 기준으로 정의
회전 운동의 방향을 결정.

- <axis xyz="0 0 1"/>
z 값만 설정
옆 그림의 경우에는 선풍기 목부분 z 축 기준으로 회전

- <limit>
조인트 동작에 대한 최소, 최대(lower, upper) 제한 사항을 설정.
조인트에 부여되는 힘(effort, 단위: N), 속도(단위: radian/s)의 제한 값 설정



URDF 예시

- **URDF 파일 확장자**는 일반적으로 .urdf 또는 .xacro
- 파라미터로 로봇 이름 확인 가능 (예: ros2 param get /robot_state_publisher robot_name)

```
<robot name="example_robot">
    <link name="base_link">
      <visual>
        <geometry>
          <box size="1 1 1"/>
        </geometry>
        <material name="red"/>
      </visual>
    </link>
    <joint name="joint1" type="revolute">
      <parent link="base_link"/>
      <child link="link1"/>
      <axis xyz="0 0 1"/>
    </joint>
  </robot>
```

```
<xacro:robot name="my_robot">
    ...
</xacro:robot>
```

```
<joint name="joint_chassis_left_wheel" type="continuous">
    <origin rpy="0 0 0" xyz="-0.5 0.65 0" />
    <child link="link_left_wheel" />
    <parent link="link_chassis" />
    <axis rpy="0 0 0" xyz="0 1 0" />
    <limit effort="10000" velocity="1000" />
    <joint_properties damping="1.0" friction="1.0" />
</joint>
```

- parent : 기준 링크 결정 (기저에 가까운 링크)
- origin: parent link 좌표계에서 조인트 위치, 회전
  (rpy- 기울어진 정도, xyz- 위상차이)
- axis: 어떤 축을 기준으로 child 링크를 움직일 것인지 나타냄
  (위 코드에서 y축을 기준으로 움직이므로 xyz='0 1 0'으로 정의

메내퓨레이터 모델링

메니퓨레이터 패키지 - 생성

매니플레이터의 기본 정보를 URDF로 작성해보자.

로봇의 모델링 정보를 담은 패키지를 로봇명_descriptio으로 이름 만들기

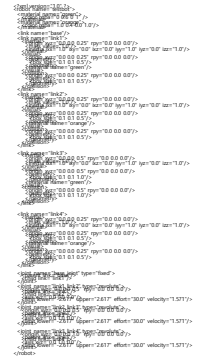
- 로봇의 모델링 정보을 받음 패키지 생성

```
$ cd ~/robot_ws/src
$ ros2 pkg create testbot_description --build-type ament_python --dependencies urdf
```

- urdf 폴더 생성후 urdf 파일 생성

```
$ cd testbot_description
$ mkdir urdf rviz
$ cd urdf
$ vim testbot.urdf
```

※ 복붙용 testbot.urdf 코드
모두선택(ctrl+a) 후 복사



메니퓨레이터 패키지 - URDF

testbot.urdf 파일

```
<?xml version="1.0" ?>
<robot name="testbot">

  <material name="green">
    <color rgba="0 0.6 0 1" />
  </material>
  <material name="orange">
    <color rgba="1.0 0.4 0.0 1.0"/>
  </material>

  <link name="base"/>

  <link name="link1">
    <inertial>
      <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
      <mass value="1.0"/>
      <inertia ixx="1.0" ixy="0.0" ixz="0.0" iyy="1.0" iyz="0.0" izz="1.0"/>
    </inertial>
    <visual>
      <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
      <geometry>
        <box size="0.1 0.1 0.5"/>
      </geometry>
      <material name="green"/>
    </visual>
    <collision>
      <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
      <geometry>
        <box size="0.1 0.1 0.5"/>
      </geometry>
    </collision>
  </link>
```

```
  <link name="link2">
    <inertial>
      <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
      <mass value="1.0"/>
      <inertia ixx="1.0" ixy="0.0" ixz="0.0" iyy="1.0" iyz="0.0" izz="1.0"/>
    </inertial>
    <visual>
      <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
      <geometry>
        <box size="0.1 0.1 0.5"/>
      </geometry>
      <material name="orange"/>
    </visual>
    <collision>
      <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
      <geometry>
        <box size="0.1 0.1 0.5"/>
      </geometry>
    </collision>
  </link>
```

메니퓨레이터 패키지 - URDF

```
<link name="link3">
  <inertial>
    <origin xyz="0.0 0.0 0.5" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
    <mass value="1.0"/>
    <inertia ixx="1.0" ixy="0.0" ixz="0.0" iyy="1.0" iyz="0.0" izz="1.0"/>
  </inertial>
  <visual>
    <origin xyz="0.0 0.0 0.5" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
    <geometry>
      <box size="0.1 0.1 1.0"/>
    </geometry>
    <material name="green"/>
  </visual>
  <collision>
    <origin xyz="0.0 0.0 0.5" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
    <geometry>
      <box size="0.1 0.1 1.0"/>
    </geometry>
  </collision>
</link>
```

```
<link name="link4">
  <inertial>
    <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
    <mass value="1.0"/>
    <inertia ixx="1.0" ixy="0.0" ixz="0.0" iyy="1.0" iyz="0.0" izz="1.0"/>
  </inertial>
  <visual>
    <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
    <geometry>
      <box size="0.1 0.1 0.5"/>
    </geometry>
    <material name="orange"/>
  </visual>
  <collision>
    <origin xyz="0.0 0.0 0.25" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
    <geometry>
      <box size="0.1 0.1 0.5"/>
    </geometry>
  </collision>
</link>
```

메니퓨레이터 패키지 - URDF

```
<joint name="base_joint" type="fixed">
  <parent link="base"/>
  <child link="link1"/>
</joint>

<joint name="link1_link2" type="revolute">
  <origin xyz="0.0 0.0 0.5" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
  <parent link="link1"/>
  <child link="link2"/>
  <axis xyz="0.0 0.0 1.0"/>
  <limit lower="-2.617" upper="2.617" effort="30.0" velocity="1.571"/>
</joint>

<joint name="link2_link3" type="revolute">
  <origin xyz="0.0 0.0 0.5" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
  <parent link="link2"/>
  <child link="link3"/>
  <axis xyz="0.0 1.0 0.0"/>
  <limit lower="-2.617" upper="2.617" effort="30.0" velocity="1.571"/>
</joint>
```

```
  <joint name="link3_link4" type="revolute">
    <origin xyz="0.0 0.0 1.0" rpy="0.0 0.0 0.0"/>
    <parent link="link3"/>
    <child link="link4"/>
    <axis xyz="0.0 1.0 0.0"/>
    <limit lower="-2.617" upper="2.617" effort="30.0" velocity="1.571"/>
  </joint>

</robot>
```

메니퓨레이터 패키지 - 런치 파일 생성

▪ 런치 파일 생성

- check_urdf 나 urdf_to_graphiz 와 같은 명령어를 통해서 작성한 URDF syntax나 렌더링 된 모습 확인
- testbot_description 패키지 폴더로 이동해 testbot.launch.py 파일 생성

```
$ cd ~/robot_ws/src/testbot_description
$ mkdir launch
$ cd launch
$ vim testbot.launch.py
```

※ 복붙용 testbot.launch.py 코드
모두선택(ctrl+a) 후 복사

메니퓨레이터 패키지 - 런치 파일 생성

URDF를 담은 robot_description 파라미터와
joint_state_publisher, robot_state_publisher, rviz2 노드로 구성

```python
import os
from ament_index_python.packages import get_package_share_directory
from launch import LaunchDescription
from launch_ros.actions import Node

def generate_launch_description():
    rviz_display_config_file = os.path.join(
        get_package_share_directory('testbot_description'),
        'rviz',
        'testbot.rviz')
    urdf_file = os.path.join(
        get_package_share_directory('testbot_description'),
        'urdf',
        'testbot.urdf')
    with open(urdf_file, 'r') as infp:
        robot_description_file = infp.read()

    ld = LaunchDescription()
```

```python
    robot_state_publisher = Node(
        package='robot_state_publisher',
        executable='robot_state_publisher',
        parameters=[
            {'use_sim_time': False},
            {'robot_description': robot_description_file}
        ],
        output='screen')

    joint_state_publisher_gui = Node(
        package='joint_state_publisher_gui',
        executable='joint_state_publisher_gui',
        output='screen')

    rviz2 = Node(
        package='rviz2',
        executable='rviz2',
        arguments=['-d', rviz_display_config_file],
        output='screen')

    ld.add_action(robot_state_publisher)
    ld.add_action(joint_state_publisher_gui)
    ld.add_action(rviz2)

    return ld
```

메니퓨레이터 패키지 – setup.py 파일 편집

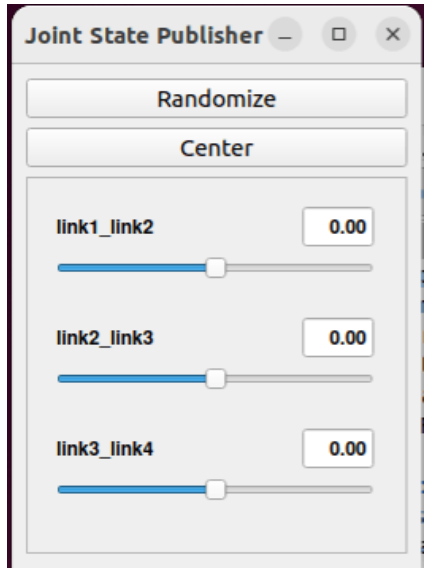
setup.py 파일의 데이터 파일에
Launch파일과 urdf 파일, rviz 파일 추가

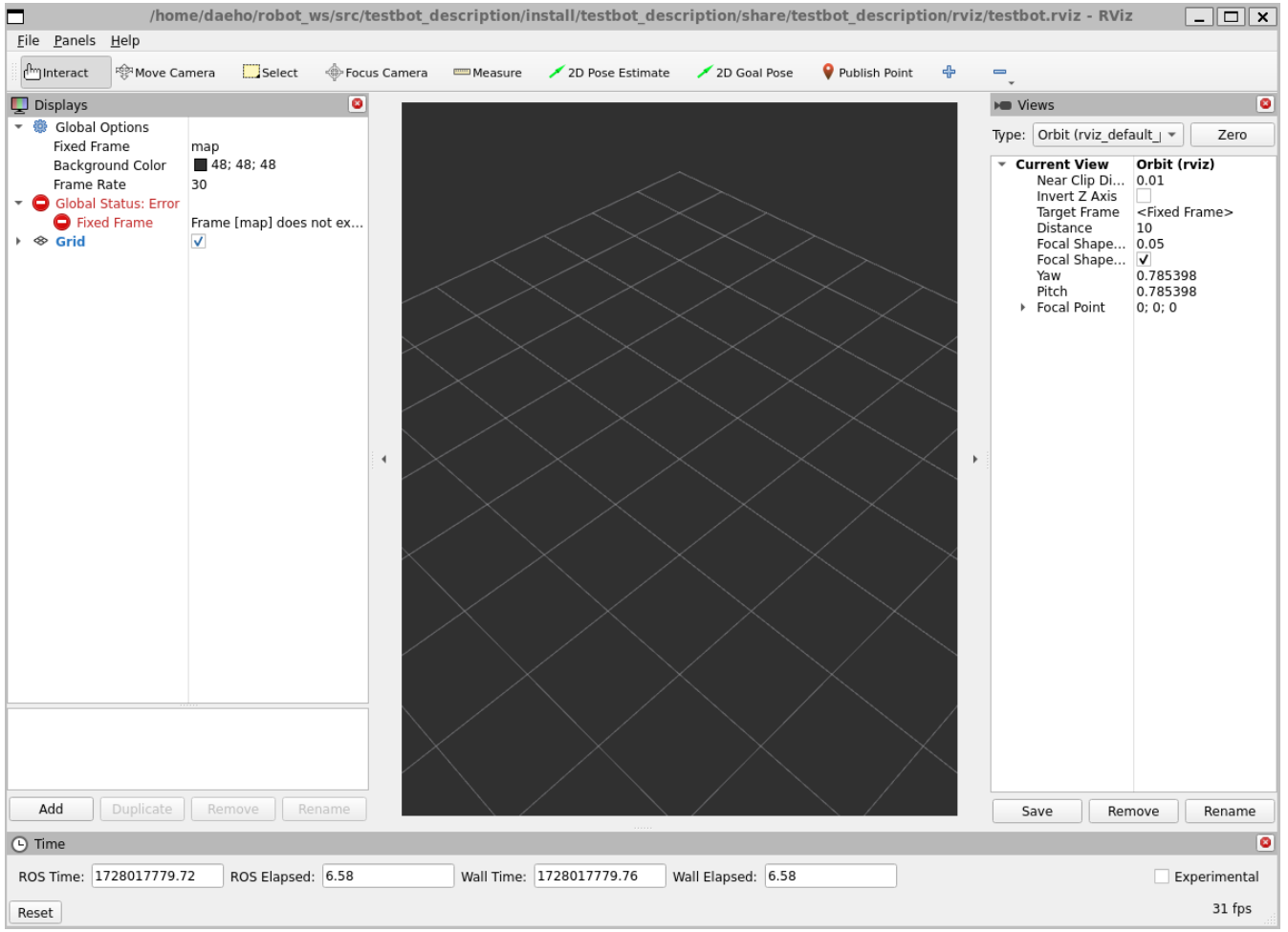
$ vim ~/robot_ws/src/testbot_description/setup.py

```
import os
from glob import glob
from setuptools import find_packages, setup

package_name = 'testbot_description'

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']),
        (os.path.join('share', package_name, 'launch'), glob('launch/*.launch.py')),
        (os.path.join('share', package_name, 'urdf'), glob('urdf/*.urdf')),
        (os.path.join('share', package_name, 'rviz'), glob('rviz/*.rviz'))

    ],
    install_requires=['setuptools'],
    zip_safe=True,
    maintainer='ABC',
    maintainer_email='ABC@todo.todo',
    description='TODO: Package description',
    license='TODO: License declaration',
    tests_require=['pytest'],
    entry_points={
        'console_scripts': [
        ],
    },
)
```

메니퓨레이터 패키지– Launch 파일 실행

```
$ cd ~/robot_ws/src/testbot_description
$ colcon build --symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch testbot_description testbot.launch.py
```





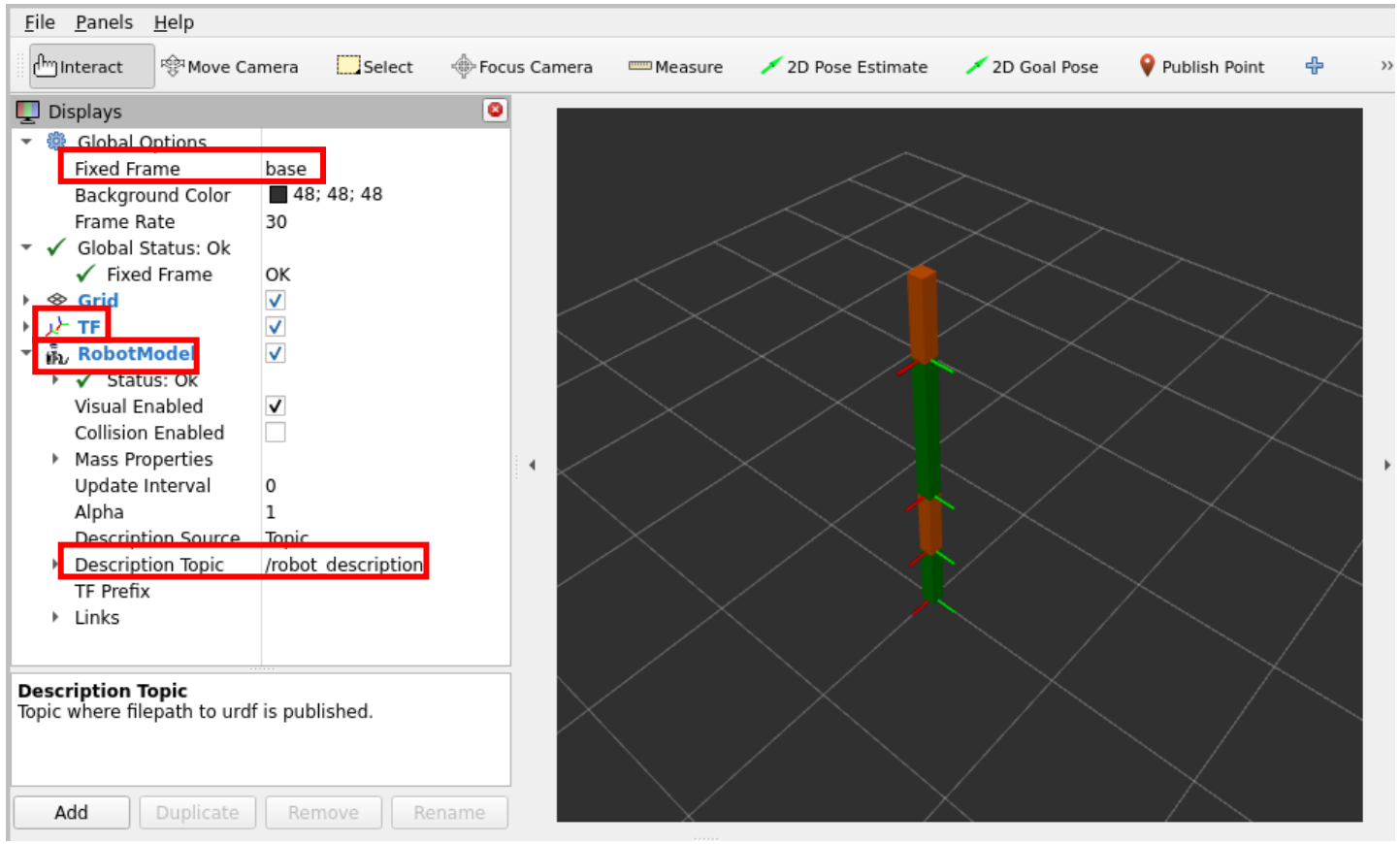
메니퓨레이터 패키지– Rviz2 설정

Displays -> Global Options
-> Fixed Frame : base

Add -> TF

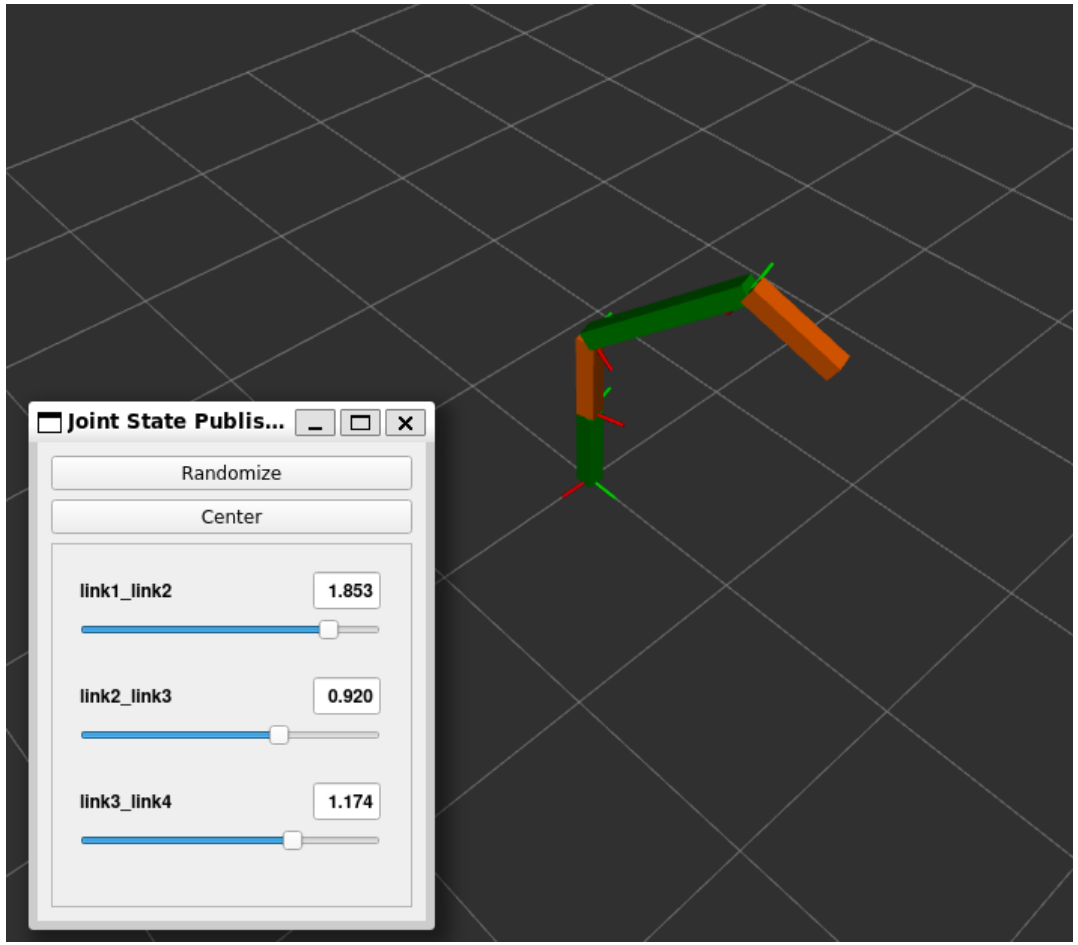
Add -> RobotModel

Displays -> RobotModel
-> Description Topic : /robot_description



메니퓨레이터 패키지– **시각화 확인**

Joint State Publish gui에서
joint 값을 바꿔가면서 움직임 확인



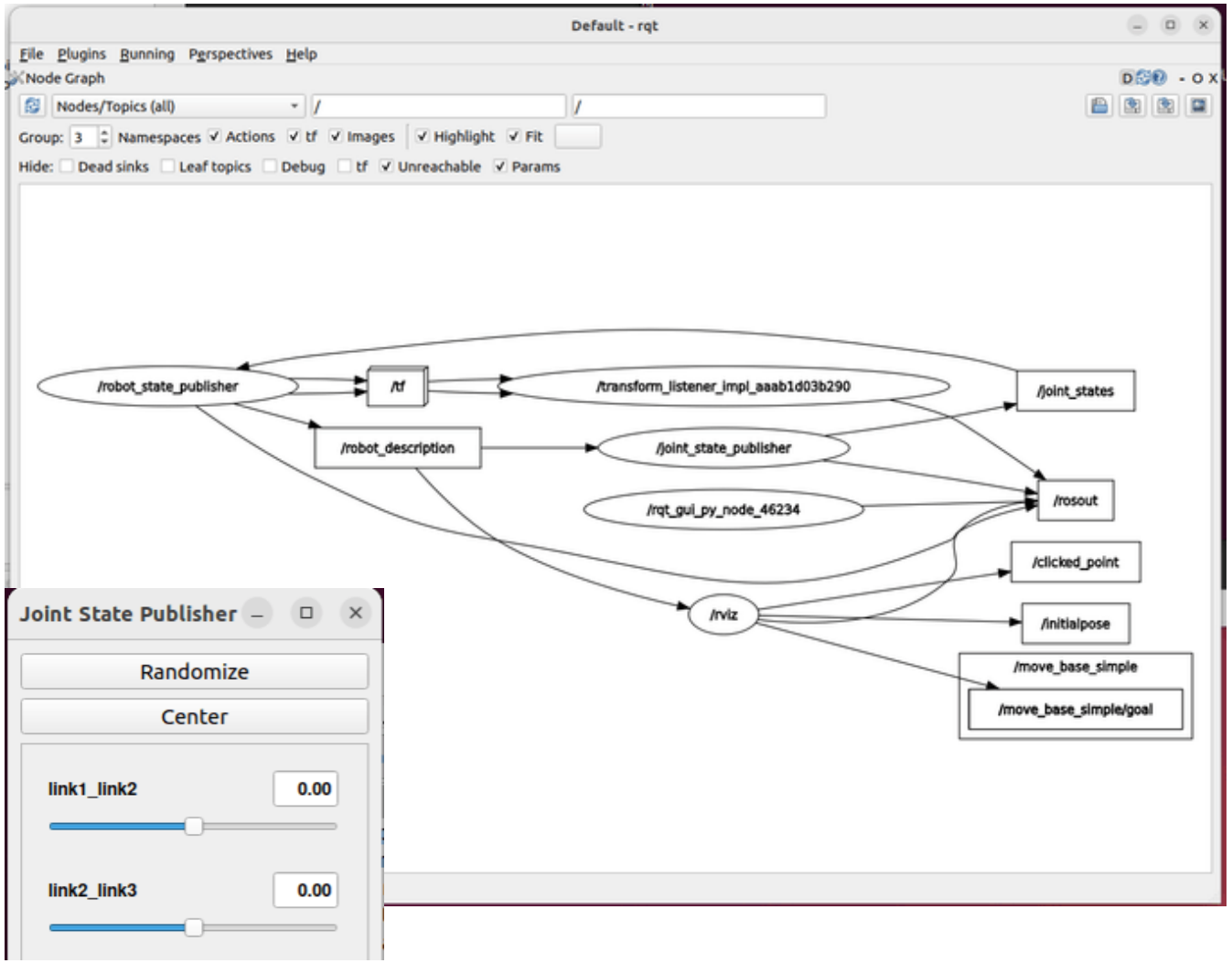
메니퓨레이터 패키지 – 노드

joint_state_publisher :

robot_description 토픽으로 URDF가 주어지면
URDF의 joint 값을 joint_state_publisher_gui로 받아
/joint_states 토픽으로 퍼블리시

robot_state_publisher :

URDF의 로봇 정보와 joint_state 토픽 정보 활용
계산한 TF 정보를 /tf, /tf_static 토픽으로 퍼블리시



메니퓨레이터 패키지 – 토픽

/joint_states (sensor_msgs/JointState) :

시스템에 있는 모든 움직이는 조인트 상태 값

```
[redacted]:~$ ros2 topic echo /joint_states
header:
  stamp:
    sec: 1728018856
    nanosec: 839715981
  frame_id: ''
name:
- link1_link2
- link2_link3
- link3_link4
position:
- 1.8533593999999995
- 0.9196138
- 1.1739862000000003
velocity: []
effort: []
---
```

/robot_description (std_msgs/msg/String) :

로봇 URDF에 대한 String 값

robot_description parameter에 값이 설정되면

이 토픽으로 republish 하여 동적인 정보도 전달

```
[redacted]:~$ ros2 topic echo /robot_description
data: "<?xml version=\"1.0\" ?>\n<robot name=\"testbot\">\n\n
 <material name=\"green\">\n    <color rgba=\"0 0.6 0 1\" />\n
  </material>\n  <materia..."
---
```

/tf (tf2_msgs/msg/TFMessage) :

로봇의 움직일 수 있는 조인트 정보

/tf_static (tf2_msgs/msg/TFMessage) :

로봇의 정적 조인트 정보

```
[redacted]:~$ ros2 topic echo /tf_static
transforms:
- header:
    stamp:
      sec: 1728023127
      nanosec: 547174380
    frame_id: base
  child_frame_id: link1
  transform:
    translation:
      x: 0.0
      y: 0.0
      z: 0.0
    rotation:
      x: 0.0
      y: 0.0
      z: 0.0
      w: 1.0
---
```

```
[redacted]:~$ ros2 topic echo /tf
transforms:
- header:
    stamp:
      sec: 1728023279
      nanosec: 660042052
    frame_id: link1
  child_frame_id: link2
  transform:
    translation:
      x: 0.0
      y: 0.0
      z: 0.5
    rotation:
      x: 0.0
      y: 0.0
      z: -0.5059352681382144
      w: 0.8625714488979525
- header:
    stamp:
      sec: 1728023279
      nanosec: 660042052
    frame_id: link2
  child_frame_id: link3
  transform:
    translation:
      x: 0.0
      y: 0.0
      z: 0.5
    rotation:
      x: 0.0
      y: 0.40539555891248347
      z: 0.0
      w: 0.9141413680684377
- header:
    stamp:
      sec: 1728023279
      nanosec: 660042052
    frame_id: link3
  child_frame_id: link4
  transform:
    translation:
      x: 0.0
      y: 0.0
      z: 1.0
    rotation:
      x: 0.0
      y: 0.5538599559972637
      z: 0.0
      w: 0.8326098420885433
---
```

Urdf 명령어

check_urdf

check_urdf 명령어로 작성한 URDF의
문법적 오류 및 각 링크의 연결 관계를 확인 가능

```
$ check_urdf
~/robot_ws/src/testbot_description/urdf/testbot.urdf
```

```
robot name is: testbot
---------- Successfully Parsed XML ---------------
root Link: base has 1 child(ren)
    child(1):  link1
        child(1):  link2
            child(1):  link3
                child(1):  link4
```

urdf_to_graphiz

다이어그램으로 표현
.gv 파일과 .pdf 파일 생성
링크와 조인트와의 관계, 각 조인트와
조인트 사이의 상대
좌표 변환을 한눈에 확인

```
$ urdf_to_graphiz
~/robot_ws/src/testbot_description/urdf/testbot.urdf
```

```
WARNING: The executable named 'urdf_to_graphiz' is deprecated. Use 'urdf_to_graphviz' instead.
WARNING: OUTPUT not given. This type of usage is deprecated!Usage: urdf_to_graphviz input.xml
 OUTPUT.pdf.
Created file testbot.gv
Created file testbot.pdf
```

차동 이동 로봇 모델링

패키지 생성 및 준비

1. car_tutorial package 생성 및 빌드

```
$ mkdir –p ~/car_ws/src
$ cd ~/car_ws/src/
$ ros2 pkg create --build-type ament_python car_tutorial
$ colcon build –symlink-install
```

2. 다음 4개의 폴더를 생성

```
$ cd ~/car_ws/src/car_tutorial
$ mkdir urdf launch config world
```

의존성 선언

3. package.xml 파일 편집
   - ROS 2 빌드 시스템과 패키지 관리자에게 필요한 모든 정보를 제공
   - 패키지 간의 의존성을 해결하고, 빌드 순서를 결정하며, 패키지에 대한 메타데이터를 제공

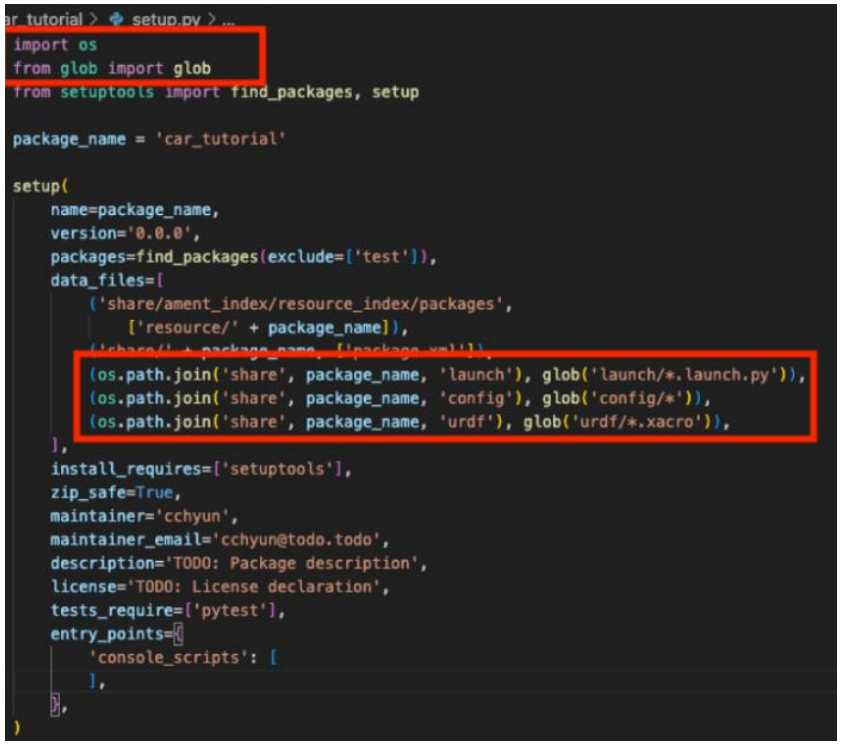
```xml
<?xml version="1.0"?>
<?xml-model href="http://download.ros.org/schema/package_format3.xsd" schematypens="http://www.w3.org/2001/
<package format="3">
  <name>car_tutorial</name>
  <version>0.0.0</version>
  <description>TODO: Package description</description>
  <maintainer email="cchyun@todo.todo">cchyun</maintainer>
  <license>TODO: License declaration</license>

  <depend>rclpy</depend>
  <depend>geometry_msgs</depend>

  <test_depend>ament_copyright</test_depend>
  <test_depend>ament_flake8</test_depend>
  <test_depend>ament_pep257</test_depend>
  <test_depend>python3-pytest</test_depend>

  <export>
    <build_type>ament_python</build_type>
  </export>
</package>
```

- 빌드 의존성: <build_depend>
- 실행 의존성: <exec_depend>
- 빌드 및 실행 의존성: <depend>

src/car_tutorial/package.xml

패키지 메타데이터 종속성 정의

Python의 setuptools를 사용하여 패키지의 메타데이터와 종속성 정의



```
ar_tutorial > setup.py > ...
import os
from glob import glob
from setuptools import find_packages, setup

package_name = 'car_tutorial'

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']),
        (os.path.join('share', package_name, 'launch'), glob('launch/*.launch.py')),
        (os.path.join('share', package_name, 'config'), glob('config/*')),
        (os.path.join('share', package_name, 'urdf'), glob('urdf/*.xacro')),
    ],
    install_requires=['setuptools'],
    zip_safe=True,
    maintainer='cchyun',
    maintainer_email='cchyun@todo.todo',
    description='TODO: Package description',
    license='TODO: License declaration',
    tests_require=['pytest'],
    entry_points={
        'console_scripts': [
        ],
    },
)
```

src/car_tutorial/setup.py

- 패키지 정보 정의
  - 이름, 버전, 설명 등의 메타데이터를 지정
- 종속성 선언
  - 패키지가 필요로 하는 다른 ROS 2 패키지나 Python 라이브러리를 명시
- 설치 대상 지정
  - 실행 파일, Python 모듈, 데이터 파일 등 패키지에 포함될 항목들을 정의
- 빌드 설정
  - 컴파일이 필요한 경우 빌드 프로세스를 구성

이 파일은 colcon 빌드 시스템에 의해 사용되어 패키지를 올바르게 빌드하고 설치
ROS 2 개발에서 setup.py는 package.xml과 함께 패키지 구성의 핵심 요소

자동차 모델링

```
<?xml version="1.0"?>
<robot
xmlns:xacro="http://www.ros.org/wiki/xacro"
name="urdf_tutorial">

    <!-- COLOR -->
    <material name="white">
        <color rgba="1 1 1 1" />
    </material>

    <material name="blue">
        <color rgba="0 0 1 1"/>
    </material>

    <material name="black">
        <color rgba="0 0 0 1"/>
    </material>

    <material name="red">
        <color rgba="1 0 0 1"/>
    </material>

    <!-- BASE LINK -->
    <link name="base_link">
    </link>

    <!-- BODY LINK -->
    <joint name="body_joint" type="fixed">
        <parent link="base_link"/>
        <child link="body"/>
        <origin xyz="-0.12 0 0"/>
    </joint>

    <link name="body">
        <visual>
            <origin xyz="0.1 0 0.03"/>
            <geometry>
                <box size="0.2 0.1 0.06"/>
            </geometry>
            <material name="white"/>
        </visual>
        <collision>
            <origin xyz="0.1 0 0.03"/>
            <geometry>
                <box size="0.2 0.1 0.06"/>
            </geometry>
        </collision>
    </link>

    <!-- LEFT WHEEL LINK -->
    <joint name="left_wheel_joint" type="continuous">
        <parent link="base_link"/>
        <child link="left_wheel"/>
        <origin xyz="0 0.065 0" rpy="-${pi/2} 0 0" />
        <axis xyz="0 0 1"/>
    </joint>

    <link name="left_wheel">
        <visual>
            <geometry>
                <cylinder radius="0.03" length="0.03"/>
            </geometry>
            <material name="blue"/>
        </visual>
        <collision>
            <geometry>
                <cylinder radius="0.03" length="0.03"/>
            </geometry>
        </collision>
    </link>

    <!-- RIGHT WHEEL LINK -->
    <joint name="right_wheel_joint" type="continuous">
        <parent link="base_link"/>
        <child link="right_wheel"/>
        <origin xyz="0 -0.065 0" rpy="${pi/2} 0 0" />
        <axis xyz="0 0 -1"/>
    </joint>

    <link name="right_wheel">
        <visual>
            <geometry>
                <cylinder radius="0.03" length="0.03"/>
            </geometry>
            <material name="blue"/>
        </visual>
        <collision>
            <geometry>
                <cylinder radius="0.03" length="0.03"/>
            </geometry>
        </collision>
    </link>

    <!-- CASTER WHEEL LINK -->
    <joint name="caster_wheel_joint" type="fixed">
        <parent link="body"/>
        <child link="caster_wheel"/>
        <origin xyz="0.03 0 0"/>
    </joint>

    <link name="caster_wheel">
        <visual>
            <geometry>
                <sphere radius="0.03"/>
            </geometry>
            <material name="black"/>
        </visual>
        <collision>
            <geometry>
                <sphere radius="0.03"/>
            </geometry>
        </collision>
    </link>

    <!-- CAMERA -->
    <joint name="camera_joint" type="fixed">
        <parent link="body"/>
        <child link="camera_link"/>
        <origin xyz="0.20 0 0.03" rpy="0 0 0"/>
    </joint>

    <link name="camera_link">
        <visual>
            <geometry>
                <box size="0.01 0.03 0.03"/>
            </geometry>
            <material name="red"/>
        </visual>
        <collision>
            <geometry>
                <box size="0.01 0.03 0.03"/>
            </geometry>
        </collision>
    </link>

    <joint name="camera_optical_joint" type="fixed">
        <parent link="camera_link"/>
        <child link="camera_link_optical"/>
        <origin xyz="0 0 0" rpy="${-pi/2} 0 ${-pi/2}"/>
    </joint>

    <link name="camera_link_optical">
    </link>

</robot>
```

src/car_tutorial/urdf/car.xacro

런치 파일

ROS 2의 launch 파일은 여러 노드와 그 구성을 한 번에 시작할 수 있게 해주는 도구

```
import os
from ament_index_python.packages import get_package_share_directory
from launch import LaunchDescription
from launch_ros.actions import Node
import xacro

def generate_launch_description():
    package_name = 'car_tutorial'

    # robot_state_publisher
    pkg_path = os.path.join(get_package_share_directory(package_name))
    xacro_file = os.path.join(pkg_path, 'urdf', 'car.xacro')
    robot_description = xacro.process_file(xacro_file)
    params = {'robot_description': robot_description.toxml(), 'use_sim_time': False}

    rsp = Node(
        package='robot_state_publisher',
        executable='robot_state_publisher',
        output='screen',
        parameters=[params],
    )

    # rviz2
    rviz = Node(
        package='rviz2',
        executable='rviz2',
        name='rviz2',
        output='screen',
        arguments=['-d', 'src/car_tutorial/config/car.rviz'],
    )

    return LaunchDescription(
        [
            rsp,
            rviz,
        ]
    )
```

여기에 노드와 기타 launch 요소들을 정의

모델 정의 파일 지정

robot_state_publisher 실행 노드 정의, 파라미터로 robot_description 을 선언

rviz2실행 노드 정의

노드 리턴

런치 파일 – 추가 기능

파라미터 설정

```
from launch.actions import DeclareLaunchArgument
from launch.substitutions import LaunchConfiguration

DeclareLaunchArgument('use_sim_time', default_value='false'),
Node(
    # ...
    parameters=[{'use_sim_time': LaunchConfiguration('use_sim_time')}]
)
```

조건부 실행

```
from launch.conditions import IfCondition

Node(
    # ...
    condition=IfCondition(LaunchConfiguration('condition_var'))
)
```

런치 파일 – 추가 기능

다른 launch 파일 포함

```
from launch.actions import IncludeLaunchDescription
from launch.launch_description_sources import PythonLaunchDescriptionSource

IncludeLaunchDescription(
    PythonLaunchDescriptionSource(['/path/to/other/launch/file.launch.py'])
)
```

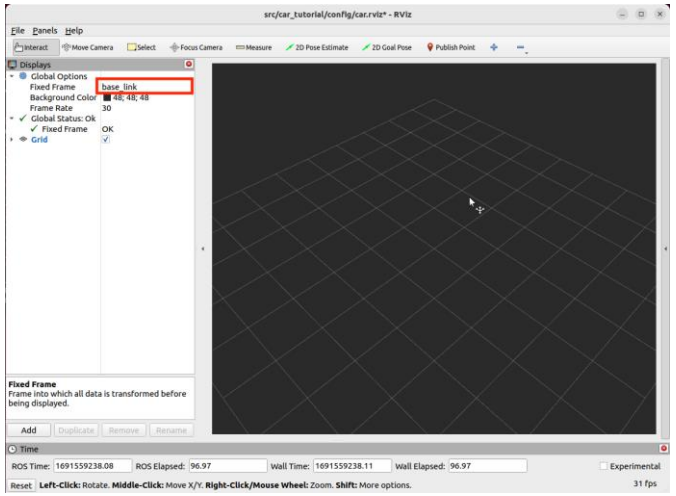
기타: 이벤트 헨들러, 그룹화

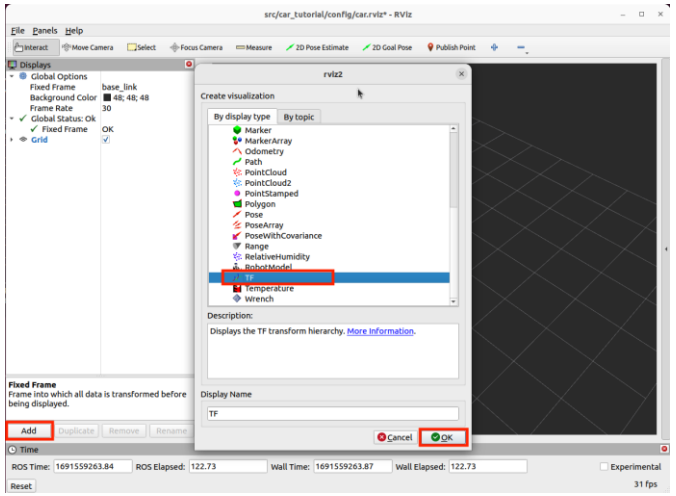
빌드 및 실행

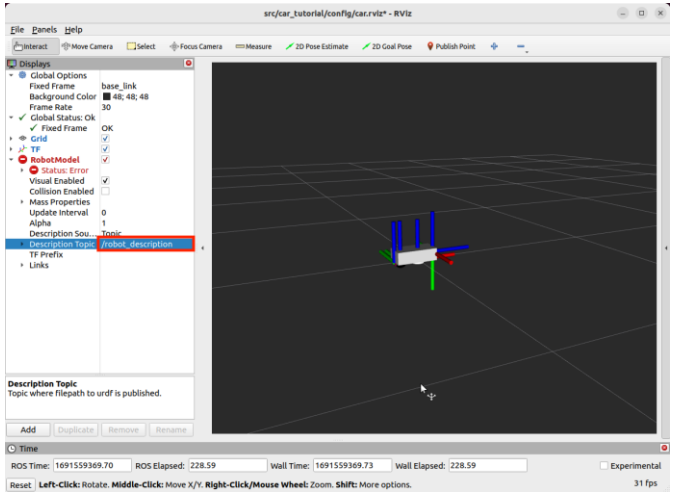
```
$ cd ~/ws_car/
$ colcon build --symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch car_tutorial fake.launch.py
```

- RobotModel의 'Description Topic'을 '/robot_description'으로 설정하면 아래와 같이 모델이 보임.
- 'Status' Error가 발생하는데 이유
  - 두 개의 Joint (left_wheel_joint, right_wheel_joint)에 대한 /joint_states Topic을 수신하지 못했기 때문.
  - 새로운 창에서 joint_state_publisher_gui 수행

```
$ ros2 run joint_state_publisher_gui joint_state_publisher_gui
```

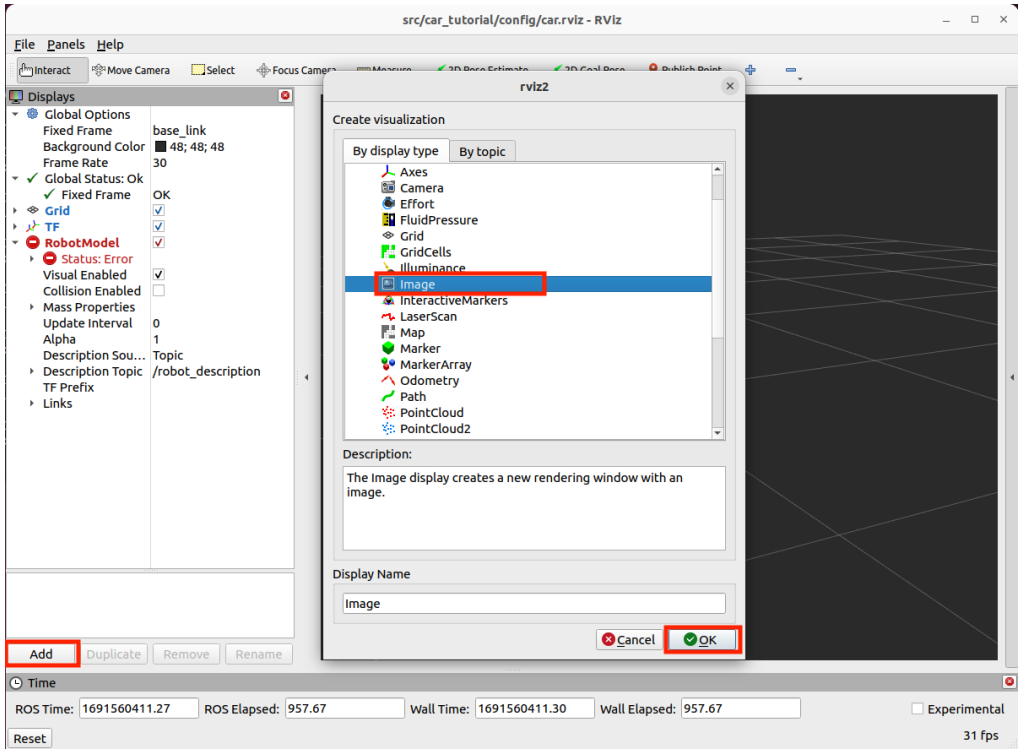


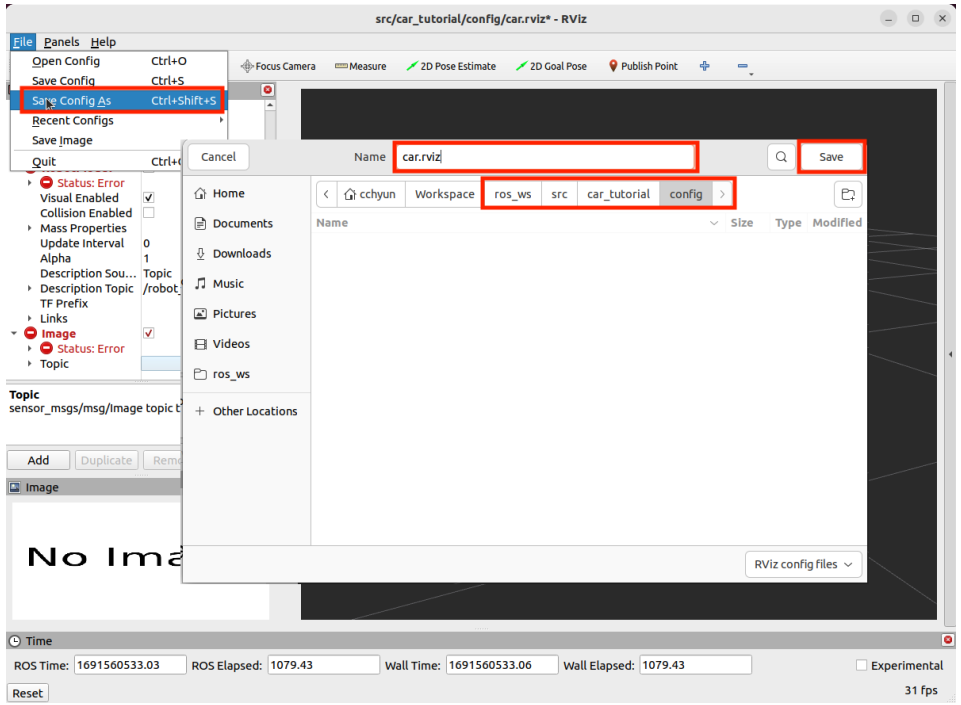




이미지 보기와 설정 저장

- 'Add' 버튼을 누른 후 뜨는 팝업에서 Image를 선택 후 'Ok' 버튼을 눌러 Image를 추가
- 메뉴에서 File >> Save Config As를 선택 후 뜨는 팝업에서 현재 설정 'src/car_tutorial/config/car.rviz'에 저장

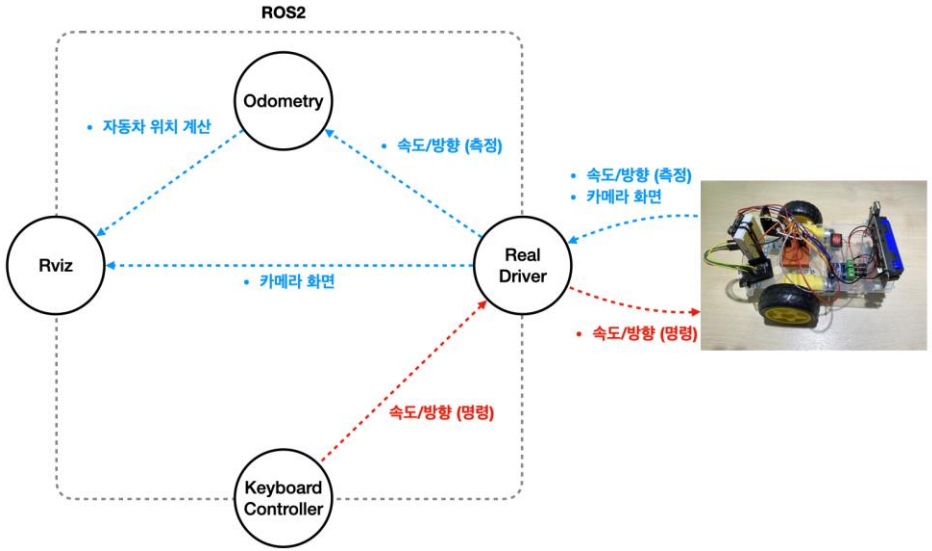




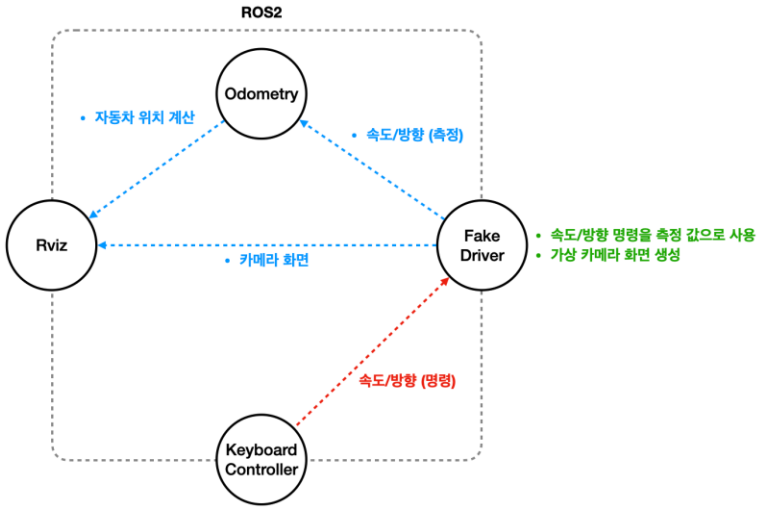
자동차 연동 시뮬레이션

차동 이동로봇 시뮬레이션

1. ROS에 자동차를 제어하고 Rviz로 확인하기 위한 최소의 컨트롤러 구성 요소
 - Keyboard Controller: 자동차의 방향/속도를 제어하는 명령을 Topic 퍼블리쉬
 - Real Driver: 자동차에 방향/속도를 제어하는 명령을 보내고 실제 자동차의 방향/속도의 측정값 퍼블리쉬
   카메라 화면 정보를 수신해서 Topic 퍼블리쉬
- Odometry: 자동차의 방향/속도의 측정값을 이용 실제 자동차의 위치를 계산 오돔데이터와 TF 퍼블리쉬



실제 자동차



가상 자동차

차동 이동로봇 시뮬레이션

2. 차동 구동 컨트롤러 노드 작성

```
import rclpy
from rclpy.node import Node
from geometry_msgs.msg import Twist
from nav_msgs.msg import Odometry
import math

class DiffDriveController(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('diff_drive_controller')
        self.subscription = self.create_subscription(
            Twist,
            'cmd_vel',
            self.velocity_callback,
            10)
        self.publisher = self.create_publisher(Odometry, 'odom', 10)
        self.timer = self.create_timer(0.1, self.update_odometry)
        self.x = 0.0
        self.y = 0.0
        self.theta = 0.0
        self.linear_velocity = 0.0
        self.angular_velocity = 0.0

    def velocity_callback(self, msg):
        self.linear_velocity = msg.linear.x
        self.angular_velocity = msg.angular.z
```

```
def update_odometry(self):
    dt = 0.1  # 타이머 주기
    self.x += self.linear_velocity * math.cos(self.theta) * dt
    self.y += self.linear_velocity * math.sin(self.theta) * dt
    self.theta += self.angular_velocity * dt

    odom = Odometry()
    odom.header.stamp = self.get_clock().now().to_msg()
    odom.header.frame_id = 'odom'
    odom.child_frame_id = 'base_link'
    odom.pose.pose.position.x = self.x
    odom.pose.pose.position.y = self.y
    odom.pose.pose.orientation.z = math.sin(self.theta / 2.0)
    odom.pose.pose.orientation.w = math.cos(self.theta / 2.0)
    self.publisher.publish(odom)
```

```
def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    controller = DiffDriveController()
    rclpy.spin(controller)
    controller.destroy_node()
    rclpy.shutdown()

if __name__ == '__main__':
    main()
```

차동 이동로봇 시뮬레이션

3. Rviz2 변화의 시각화
  - RViz2 자체는 시뮬레이터가 아니라 시각화 도구이지만, 차동 이동 로봇의 움직임을 시각화 가능

RViz2 설정
  - RViz2를 실행하고 다음 디스플레이들을 추가
    - RobotModel (로봇 시각화)
    - TF (좌표 프레임 관계)
    - Odometry (로봇의 이동 경로)

실행
1.런치 파일 실행: ros2 launch car_tutorial your_launch_file.py
2.차동 구동 컨트롤러 실행: ros2 run car_tutorial diff_drive_controller
3.Teleop 실행 (선택사항): ros2 run teleop_keyboard

실제 로봇 구현시 고려사항

4. 가제보(gazebo) 시각화

•물리 시뮬레이션
- 더 정확한 시뮬레이션을 위해서는 Gazebo와 같은 물리 엔진을 사용하는 것 권장
- Gazebo는 ROS2와 통합되어 있어 RViz2와 함께 사용.

•센서 시뮬레이션
- 실제 로봇에 장착된 센서들(예: 라이다, 카메라 등)을 시뮬레이션하려면 추가적인 노드나 Gazebo 플러그인이 필요.

•제어 알고리즘
- 실제 로봇 제어에 사용될 알고리즘(예: PID 제어, 장애물 회피 등)을 구현하고 테스트.

•네비게이션
- ROS2의 nav2 패키지를 사용하여 자율 주행 기능을 구현하고 테스트.

•매핑
- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 알고리즘을 구현하여 로봇이 환경 맵을 생성하는 과정을 시뮬레이션.

차동 이동로봇 시뮬레이션

4. Caster Wheel 추가하기

```
<!-- CASTER WHEEL LINK -->
    <joint name="caster_wheel_joint"
type="fixed">
        <parent link="body"/>
        <child link="caster_wheel"/>
        <origin xyz="0.03 0 0"/>
    </joint>

    <link name="caster_wheel">
        <visual>
            <geometry>
                <sphere radius="0.03"/>
            </geometry>
            <material name="black"/>
        </visual>
    </link>
```

5. Collision 추가하기

자동차가 주행하다가 장애물을 만난다면 그대로 통과 문제
충동을 시뮬레이션을 위해서 collision을 추가

```
<link name="body">
        <visual>
            <origin xyz="0.1 0 0.03"/>
            <geometry>
                <box size="0.2 0.1 0.06"/>
            </geometry>
            <material name="white"/>
        </visual>
        <collision>
            <origin xyz="0.1 0 0.03"/>
            <geometry>
                <box size="0.2 0.1 0.06"/>
            </geometry>
        </collision>
    </link>
```

차동 이동로봇 시뮬레이션

6. 관성 모멘트 추가

자동차의 물리적인 특성을 계산

```
<xacro:macro name="inertial_box" params="mass x y z *origin">
      <inertial>
         <xacro:insert_block name="origin"/>
         <mass value="${mass}" />
         <inertia ixx="${(1/12) * mass * (y*y+z*z)}" ixy="0.0" ixz="0.0"
                  iyy="${(1/12) * mass * (x*x+z*z)}" iyz="0.0"
                  izz="${(1/12) * mass * (x*x+y*y)}" />
      </inertial>
  </xacro:macro>
```

```
<!-- MACROS -->
<xacro:include filename="macros.xacro"/>
```

7. URDF를 Gazebo에서 로딩하기

```
$ ros2 launch urdf_tutorial robot_3.launch.py use_sim_time:=true
$ ros2 launch gazebo_ros gazebo.launch.py
```

ODOM,TF 발행

센서 정보 시각화 – ODOM,TF 발행

시작 지점으로부터 로봇의 상대적 위치 추정
휠 인코더 정보나 관성 측정 센서 기반으로 추정
다른 노드가 이 정보를 사용하여 로봇의 위치를 추적하거나 내비게이션에 활용

- 초기화 함수에서 파라미터(휠 간 거리, 인코더 해상도, 휠 반경)를 설정합니다.
- 오도메트리 상태 변수(x, y, theta, 왼쪽/오른쪽 틱)를 초기화합니다.
- 왼쪽과 오른쪽 휠 인코더 틱을 구독합니다.
- 오도메트리 메시지를 발행할 퍼블리셔를 생성합니다.
- TF 브로드캐스터를 설정합니다.
- 오도메트리 발행을 위한 타이머를 생성합니다.
- 콜백 함수(left_callback, right_callback)에서 인코더 틱 정보를 저장합니다.

publish_odometry 메서드에서 오도메트리 계산과 발행

- 각 휠의 이동 거리를 계산합니다.
- 로봇의 이동 거리와 회전각을 계산합니다.
- 로봇의 위치와 방향을 업데이트합니다.
- 오일러 각을 쿼터니언으로 변환합니다.
- Odometry 메시지를 생성하고 발행합니다.
- TF(Transform) 메시지를 생성하고 브로드캐스트합니다.
- 인코더 틱을 리셋합니다.

pip install transforms3d

WheelOdometryNode 클래스

package.xml에 필요한 의존성을 추가합니다:
xmlCopy<depend>std_msgs</depend>
<depend>nav_msgs</depend>
<depend>geometry_msgs</depend>
<depend>tf2_ros</depend>

- setup.py에 엔트리 포인트를 추가합니다.
- 패키지를 빌드하고 소스합니다.

센서 정보 시각화 - 라이다

```
import rclpy
from rclpy.node import Node
from std_msgs.msg import Int32
from nav_msgs.msg import Odometry
from geometry_msgs.msg import TransformStamped, Quaternion
from tf2_ros import TransformBroadcaster
import math
from tf_transformations import quaternion_from_euler

class WheelOdometryNode(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('wheel_odometry_node')

        # Parameters
        self.wheel_separation = 0.5  # Distance between wheels in meters
        self.ticks_per_revolution = 1000  # Encoder ticks per wheel revolution
        self.wheel_radius = 0.1  # Wheel radius in meters

        # Odometry state
        self.x = 0.0
        self.y = 0.0
        self.theta = 0.0
        self.left_ticks = 0
        self.right_ticks = 0

        # Subscribers
        self.left_sub = self.create_subscription(Int32, 'left_ticks', self.left_callback, 10)
        self.right_sub = self.create_subscription(Int32, 'right_ticks', self.right_callback, 10)

        # Publishers
        self.odom_pub = self.create_publisher(Odometry, 'odom', 10)

        # TF Broadcaster
        self.tf_broadcaster = TransformBroadcaster(self)

        # Timer for publishing odometry
        self.create_timer(0.1, self.publish_odometry)  # 10Hz

    def left_callback(self, msg):
        self.left_ticks = msg.data

    def right_callback(self, msg):
        self.right_ticks = msg.data

    def publish_odometry(self):
        # Calculate distance traveled by each wheel
        left_distance = (self.left_ticks / self.ticks_per_revolution) * 2 * math.pi * self.wheel_radius
        right_distance = (self.right_ticks / self.ticks_per_revolution) * 2 * math.pi * self.wheel_radius

        # Calculate change in position and orientation
        distance = (left_distance + right_distance) / 2
        delta_theta = (right_distance - left_distance) / self.wheel_separation

        # Update pose
        self.x += distance * math.cos(self.theta)
        self.y += distance * math.sin(self.theta)
        self.theta += delta_theta

        # Create quaternion from yaw
        q = quaternion_from_euler(0, 0, self.theta)

        # Publish odometry message
        odom = Odometry()
        odom.header.stamp = self.get_clock().now().to_msg()
        odom.header.frame_id = 'odom'
        odom.child_frame_id = 'base_link'
        odom.pose.pose.position.x = self.x
        odom.pose.pose.position.y = self.y
        odom.pose.pose.position.z = 0.0
        odom.pose.pose.orientation = Quaternion(x=q[0], y=q[1], z=q[2], w=q[3])
        self.odom_pub.publish(odom)

        # Broadcast TF
        t = TransformStamped()
        t.header.stamp = self.get_clock().now().to_msg()
        t.header.frame_id = 'odom'
        t.child_frame_id = 'base_link'
        t.transform.translation.x = self.x
        t.transform.translation.y = self.y
        t.transform.translation.z = 0.0
        t.transform.rotation = odom.pose.pose.orientation
        self.tf_broadcaster.sendTransform(t)

        # Reset ticks
        self.left_ticks = 0
        self.right_ticks = 0

def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    node = WheelOdometryNode()
    rclpy.spin(node)
    node.destroy_node()
    rclpy.shutdown()

if __name__ == '__main__':
    main()
```

가상 자동차 만들기

joint_states는 URDF에서 정의한 두 개의 Joint (left_wheel_joint, right_wheel_joint) 정보

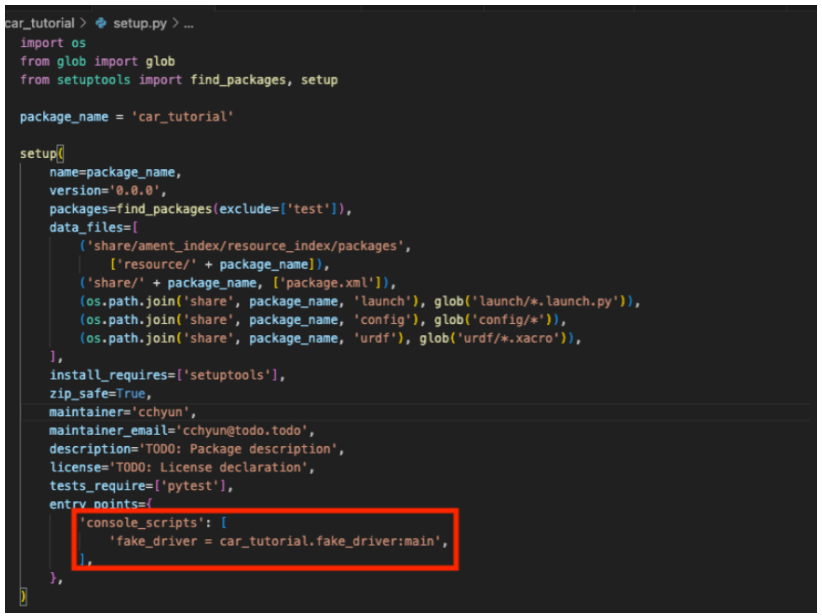
```
import rclpy
from rclpy.node import Node
from rclpy.executors import MultiThreadedExecutor
from sensor_msgs.msg import JointState

class FakeDriver(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('fake_driver')

        # joint states publisher
        self.pub_joint_states = self.create_publisher(JointState, "joint_states", 10)

        # init variable
        self.joint_states = JointState()
        self.joint_states.header.frame_id = "joint_states"
        self.joint_states.name = ["left_wheel_joint", "right_wheel_joint"]
        self.joint_states.position = [0.0, 0.0]

        # timer
        self.timer = self.create_timer(0.1, self.publish_callback)

    def publish_callback(self):
        curr_time = self.get_clock().now()

        # joint states
        self.joint_states.header.stamp = curr_time.to_msg()

        # publish
        self.pub_joint_states.publish(self.joint_states)

        # simulate wheel rotate
        self.joint_states.position[0] += 0.05
        self.joint_states.position[1] += 0.05
```

```
def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)

    driver = FakeDriver()
    executor = MultiThreadedExecutor()
    rclpy.spin(driver, executor=executor)

    driver.destroy_node()
    rclpy.shutdown()


if __name__ == '__main__':
    main()
```

src/car_tutorial/car_tutorial/fake_driver.py

가상 자동차 만들기

src/car_tutorial/setup.py'의 console_scripts 부분에 아래 내용을 추가

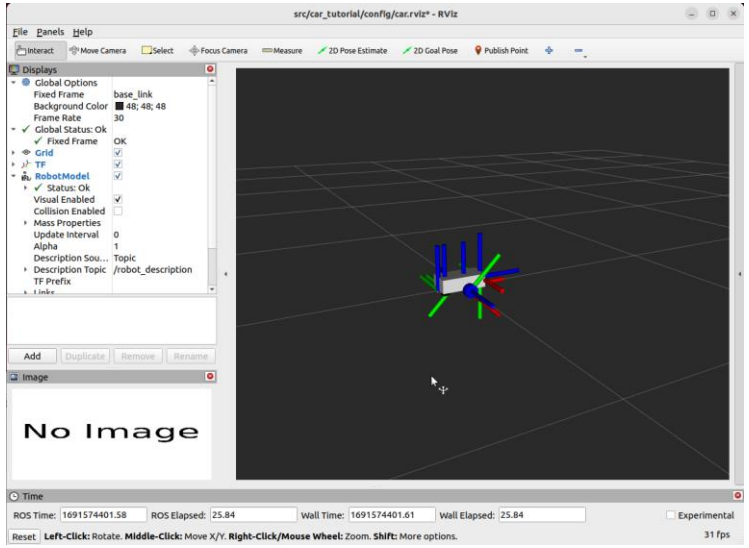


'src/car_tutorial/launch/fake.launch.py' 파일 수정

정상 실행하기

터미널에서 'src/car_tutorial/launch/fake.launch.py' 실행

```
$ cd ~/Workspace/ros_ws/
$ colcon build --symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch car_tutorial fake.launch.py
```



자동차 이동 및 이미지 전송

FakeDriver에서 cmd_vel subscribe and vel_raw 발행 하기

- 키보드(teleop_twist_keyboard)를 이용해서 로봇에게 제어 명령을 내리면 로봇이 이동하는 기능에 대한 과정
- 실제 로봇은 Driver가 명령을 받으면 자동차에게 그 명령을 따라 동작하도록 명령을 전달하고 로봇으로부터 실제 이동 속도 등의 정보를 받아야함

가상 로봇이기 때문에 입력받은 명령 그대로 로봇이 이동한다고 가정하겠습니다. 따라서 키보드 입력값 그대로를 로봇의 실제 이동 정보로 사용

- 키보드를 이용한 자동차 제어 명령인 'cmd_vel' Topic을 수신할 subscriber를 등록
- 현재 로봇의 속도를 'vel_raw' Topic으로 전송할 publisher를 등록
- 0.1초에 한 번씩 'vel_raw' Topic을 발송

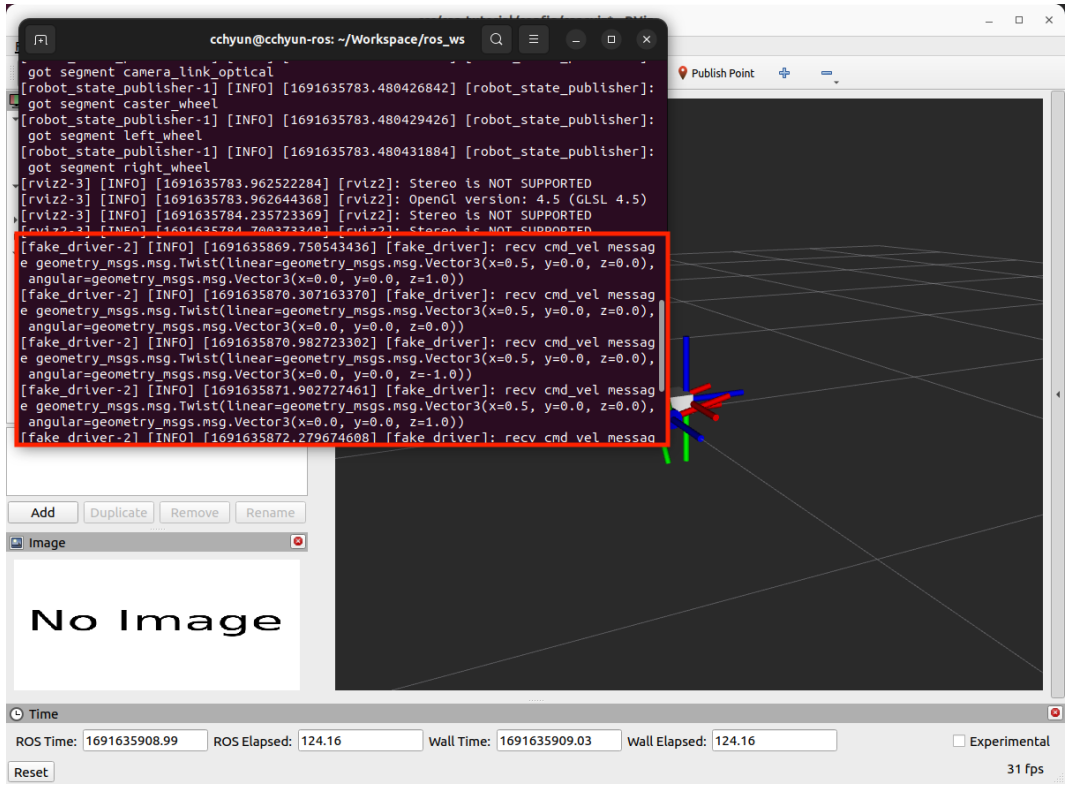
가상 자동차 만들기

•첫 번째 터미널에서 아래 명령을 실행해서 'src/car_tutorial/launch/fake.launch.py'를 실행합니다.

```
$ cd ~/Workspace/ros_ws/
$ colcon build --symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch car_tutorial fake.launch.py
```

•두 번째 터미널에서 아래 명령을 실행합니다.

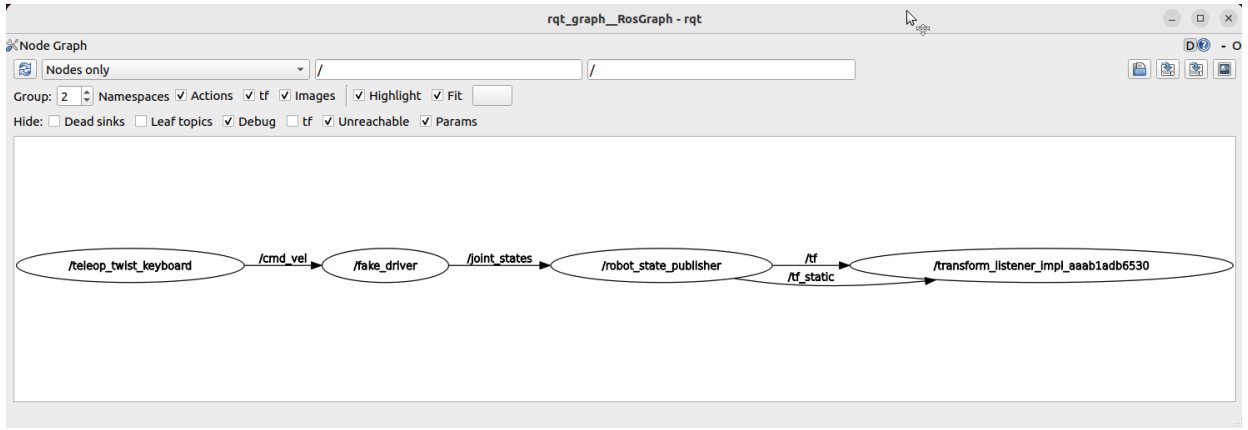
```
$ ros2 run teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard
```



가상 자동차 만들기

•세 번째 터미널에서 아래 명령을 실행합니다.

```
$ rqt_graph
```



FakeDriver - img_raw publish

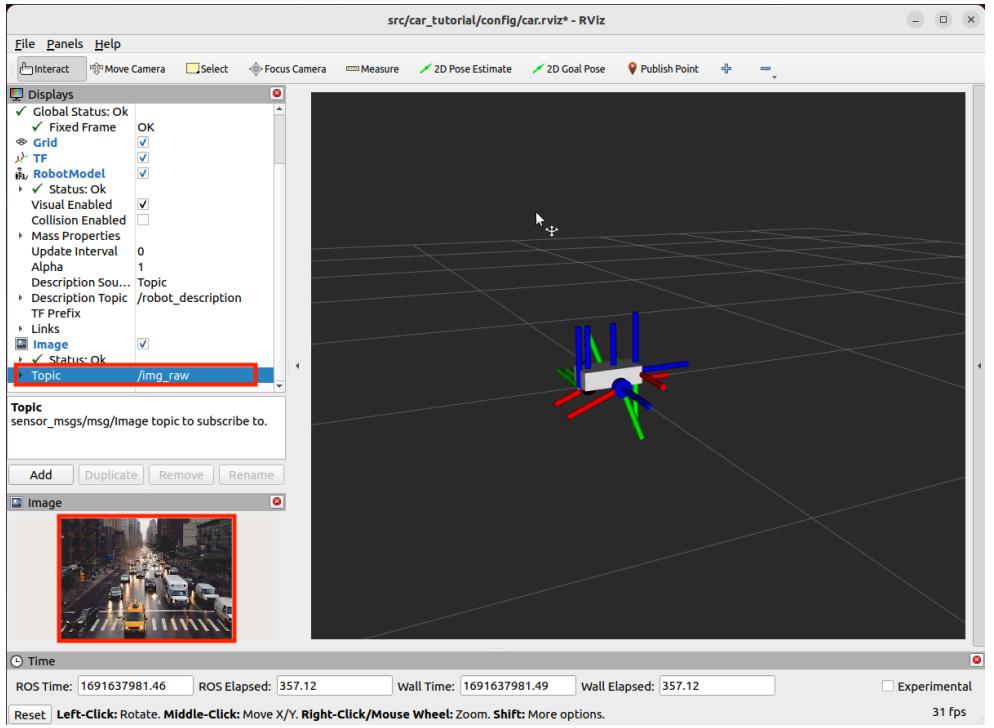
적당한 크기의 (400 x 300) 이미지를 'src/car_tutorial/car_tutorial/photo.png'에 저장

가상 자동차 만들기

'src/car_tutorial/car_tutorial/fake_driver.py' 파일을 아래와 같이 편집

```
# img raw publisher
self.pub_img_raw = self.create_publisher(Image, "img_raw", 10)
```

```
    def publish_callback(self):
        curr_time = self.get_clock().now()

        # joint states
        self.joint_states.header.stamp = curr_time.to_msg()

        # vel raw
        self.vel_raw.header.stamp = curr_time.to_msg()

        # image
        image = cv2.imread('src/car_tutorial/car_tutorial/photo.png',
cv2.IMREAD_COLOR)
        img_raw = self.bridge.cv2_to_imgmsg(image)

        # publish
        self.pub_joint_states.publish(self.joint_states)
        self.pub_vel_raw.publish(self.vel_raw)
        self.pub_img_raw.publish(img_raw)
```



슬램(SLAM)

SLAM과 RViz2

1. SLAM 지도 시각화

- 로봇의 자율주행을 위해 SLAM을 사용하는 경우, RViz2에서 SLAM이 생성하는 실시간 지도를 확인
- ROS2에서는 주로 nav2 패키지와 함께 사용되며, RViz2에서 로봇의 위치와 생성된 지도를 동시에 시각화

1.Map Displays 항목을 추가.

2.SLAM 알고리즘이 퍼블리시하는 map 토픽을 설정.

3.로봇이 탐색한 영역이 지도 형태로 나타남.

SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

터틀봇3를 이용한 SLAM

2. SLAM을 위한 ROS2 메시지

1. **위치**: 로봇의 위치 계측/추정 하는 기능
   - GPS : 오차,날씨,실외 등의 문제점
   - 해결책(절대위치): IPS(indoor positioning sensor): landmark, indoor gps, wifi slam, beacon
   - 추측항법(상대위치): 양 바퀴 축의 회전 값 이용/ 이동거리와 회전 값 이용해 위치 측정
   - IMU(관성센서, 필터))로 위치 보상
     -> 필요정보: 양 바퀴 축의 엔코더 값, 바퀴 간 거리, 바퀴반지름 이용하여 식에 대입

2. **센싱**: 벽, 물체 등의 장애물의 계측하는 기능
   - 거리센서, 비전센서, Depth camera

3. **지도**: 길과 장애물 정보가 담긴 지도
   - 지도가 없으면 만들면 된다 => 이게 SLAM (로봇의 위치와 지도를 만드는 과정)

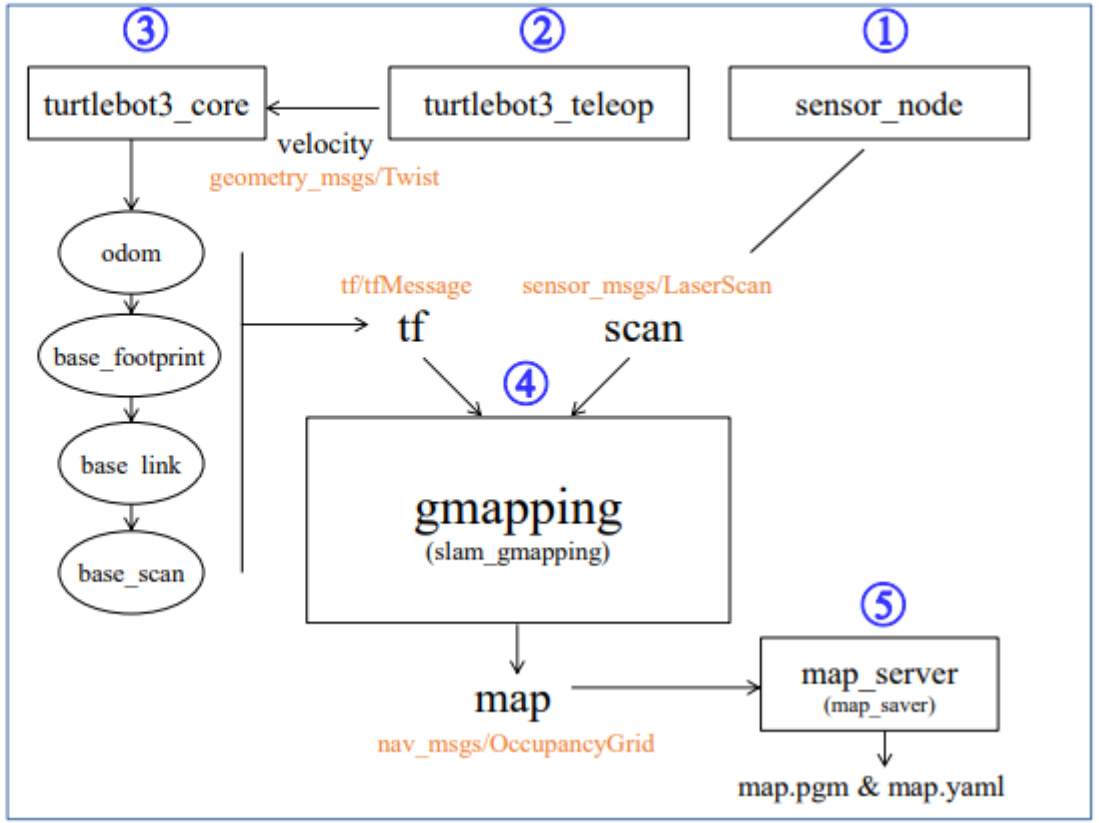
4. **경로**: 목적지까지 최적 경로를 계산하고 주행하는 기능
   - A* 알고리즘, 포텐셜 장, 파티클 필터, 그래프 등

터틀봇3를 이용한 SLAM

3. SLAM을 위한 노드들 처리 과정

SLAM 관련 노드들의 처리 과정

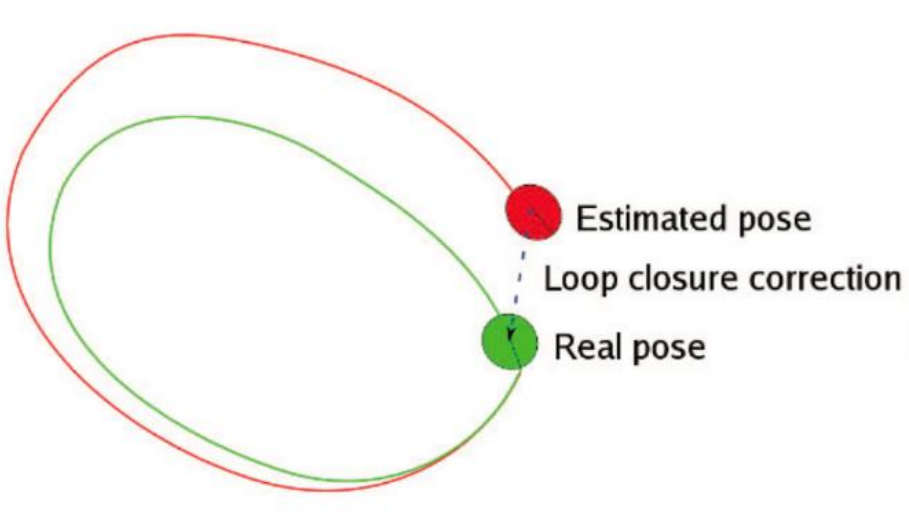
① sensor_node
② turtlebot3_teleop
③ turtlebot3_core
④ slam_gmapping
⑤ map_server



터틀봇3를 이용한 SLAM

4. 루프 폐쇄 검출 (Loop Closure Detection)

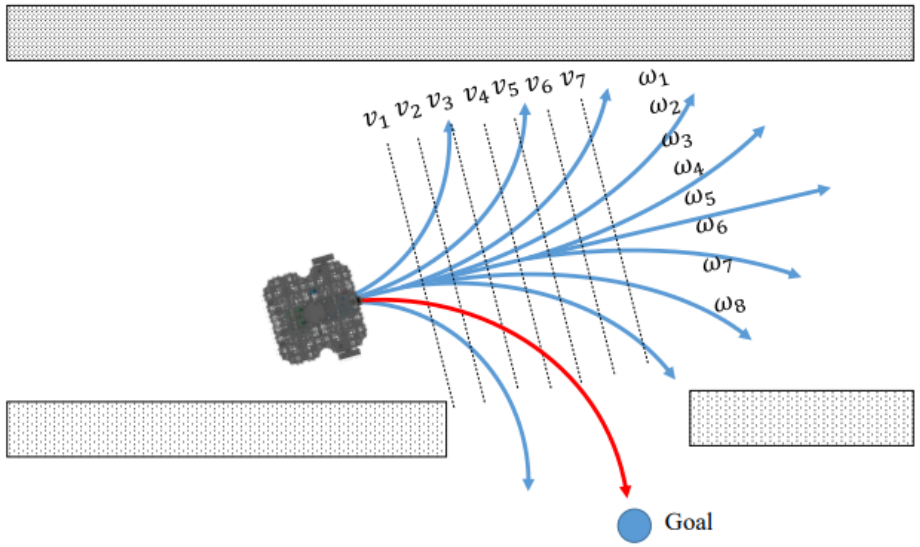
- 정의: 현재 센서 위치가 이전에 방문한 곳인지 판단하는 알고리즘
- 방법: 현재 센서 입력과 이전 센서 입력 사이의 유사성을 고려
- 효과: 아래와 같이 Visual Odometry에 의해 표류오차가 누적된 빨간 선에서 루프 폐쇄 검출 알고리즘을 통해 같은 위치임을 판단해 전체 궤적을 초록선에 가까이 보정할 수 있음



터틀봇3를 이용한 SLAM

5. DWA(dynamic window approach)

로봇 내비게이션에서 사용되는 중요한 지역 경로 계획 알고리즘
충돌 가능한 장애물을 회피하며 목표점까지 빠르게 갈수 있는 속도를 선택하는 방법.
즉, 지도를 위치영역 기반이 아닌 속도영역으로 바꿈



평가 기준
- 각 속도 조합은 다음 세 가지 주요 기준으로 평가

1.목표 도달성 (목표 지점에 가까워지는 정도)
2.장애물 회피 (장애물로부터 안전한 거리 유지)
3.속도 프로파일 (로봇의 운동학적 제약 고려)

차동 이동로봇 시뮬레이션

6. SDF 플러그인(plugin)

SDF Plugin은 SDF 모델에 특정 동작을 추가하기 위해 사용하는 코드
Gazebo에서 로봇이나 환경이 더 동적이고 상호작용적으로 동작하도록 추가되는 소프트웨어 컴포넌트,
주로 C++로 작성

- 로봇의 특정 행동 정의
- 센서 데이터 생성 및 처리
- 시뮬레이션 환경과의 상호작용

ROS 2에서 SDF Plugin의 역할

- ROS 2 노드와 통신
- 토픽이나 서비스를 통해 데이터 송수신
- Gazebo 시뮬레이터 내의 로봇 동작 제어

차동 이동로봇 시뮬레이션

SDF Plugin 작성하기

플러그인은 gazebo::ModelPlugin 또는 gazebo::SensorPlugin 클래스를 상속받아 구현

```
#include <gazebo/common/Plugin.hh>
#include <ros/ros.h>
#include <std_msgs/String.h>

namespace gazebo
{
    class ExamplePlugin : public ModelPlugin
    {
    public:
        void Load(physics::ModelPtr _model, sdf::ElementPtr _sdf) override
        {
            rclcpp::init(0, nullptr);
            auto node = rclcpp::Node::make_shared("example_plugin");

            auto publisher = node->create_publisher<std_msgs::msg::String>("example_topic", 10);
            auto msg = std_msgs::msg::String();
            msg.data = "Hello from SDF Plugin!";
            publisher->publish(msg);
        }
    };
    GZ_REGISTER_MODEL_PLUGIN(ExamplePlugin)
}
```

```
cmake_minimum_required(VERSION 3.5)
project(example_plugin)

find_package(ament_cmake REQUIRED)
find_package(rclcpp REQUIRED)
find_package(gazebo_dev REQUIRED)

add_library(example_plugin SHARED src/example_plugin.cpp)
ament_target_dependencies(example_plugin rclcpp gazebo_dev)

install(
    TARGETS example_plugin
    LIBRARY DESTINATION lib
)

ament_package()
```

CMake 설정

차동 이동로봇 시뮬레이션

SDF 파일에 플러그인 연결: SDF 파일의 <model> 또는 <sensor> 안에 플러그인을 정의

```
<model name="example_robot">
<plugin name="example_plugin" filename="libexample_plugin.so"/>
</model>
```

ROS 2와 통합하기 위해 플러그인은 ROS 2 노드를 통해 토픽, 서비스, 액션 등을 사용
이를 통해 Gazebo에서 시뮬레이션된 센서 데이터나 제어 명령을 ROS 2로 전달.

차동 이동로봇 시뮬레이션

ROS 2와 Gazebo SDF 파일을 활용해 **카메라**, **두 개의 차동 로봇 구동부**(two-differential-mover), 그리고 **IMU 센서**를 포함한 예제

```
<?xml version="1.0" ?>
<sdf version="1.7">
  <world name="example_world">
    <!-- Ground Plane -->
    <include>
      <uri>model://ground_plane</uri>
    </include>

    <!-- Sun -->
    <include>
      <uri>model://sun</uri>
    </include>

    <!-- Two-Differential-Mover Robot -->
    <model name="two_diff_robot">
      <static>false</static>
```

주요 태그
- <model>: 전체 모델 정의
- <link>: 로봇의 개별 강체 부분
- <joint>: 링크 간 연결 방식
- <sensor>: 센서 정의
- <plugin>: 추가 기능 확장

차동 이동로봇 시뮬레이션

ROS 2와 Gazebo SDF 파일을 활용해 **카메라**, **두 개의 차동 로봇 구동부**(two-differential-mover), 그리고 **IMU 센서**를 포함한 예제

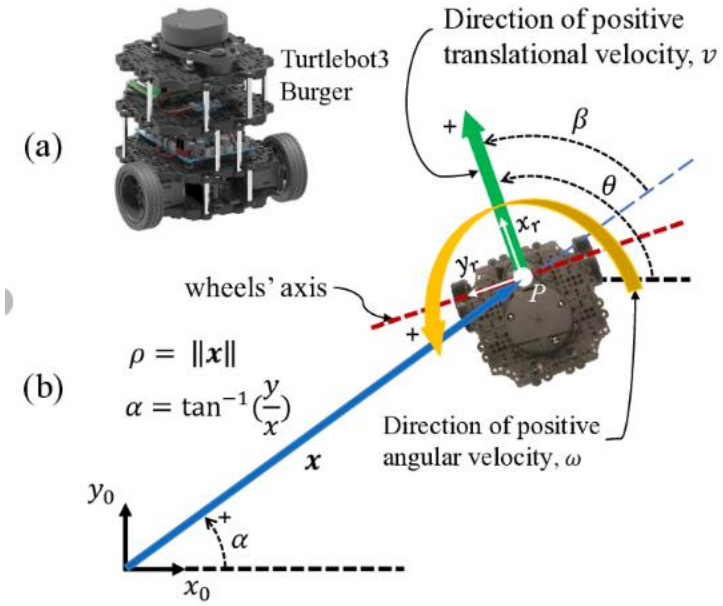
```
<!-- Differential Drive Plugin -->

<plugin name="differential_drive" filename="libgazebo_ros_diff_drive.so">

<ros> <namespace>/robot</namespace> </ros>
<left_joint>left_wheel_joint</left_joint>
<right_joint>right_wheel_joint</right_joint>
<wheel_separation>0.4</wheel_separation>
<wheel_diameter>0.1</wheel_diameter>
<topic>/cmd_vel</topic>
<odometry_topic>/odom</odometry_topic>
<odometry_frame>odom</odometry_frame>
<robot_base_frame>base_link</robot_base_frame>

</plugin>
```

- `/cmd_vel` 메시지에서 선형 속도(`linear.x`)와 각속도(`angular.z`)를 읽음.
- 이를 바탕으로 좌우 바퀴의 속도를 계산:

$$v_{\text{left}} = v_{\text{linear}} - \frac{\omega_{\text{angular}} \cdot L}{2}$$

$$v_{\text{right}} = v_{\text{linear}} + \frac{\omega_{\text{angular}} \cdot L}{2}$$

여기서 L은 두 바퀴 사이의 거리.



차동 이동로봇 시뮬레이션

ROS 2와 Gazebo SDF 파일을 활용해 **카메라**, **두 개의 차동 로봇 구동부**(two-differential-mover), 그리고 **IMU 센서**를 포함한 예제

```
<!-- Camera -->
    <sensor name="camera_sensor" type="camera">
      <pose>0 0 0.5 0 0 0</pose>
      <camera>
        <horizontal_fov>1.047</horizontal_fov>
        <image>
          <width>640</width>
          <height>480</height>
          <format>R8G8B8</format>
        </image>
      </camera>

      <plugin name="camera_plugin" filename="libgazebo_ros_camera.so">
        <ros>
          <namespace>/camera</namespace>
          <topic_name>image_raw</topic_name>
          <frame_name>camera_link</frame_name>
        </ros>
      </plugin>
    </sensor>
```

```
<!-- IMU -->
    <sensor name="imu_sensor" type="imu">
      <pose>0 0 0.2 0 0 0</pose>
      <imu>
        <angular_velocity>
          <x>0</x>
          <y>0</y>
          <z>0</z>
        </angular_velocity>
        <linear_acceleration>
          <x>0</x>
          <y>0</y>
          <z>0</z>
        </linear_acceleration>
      </imu>

      <plugin name="imu_plugin" filename="libgazebo_ros_imu.so">
        <ros>
          <namespace>/imu</namespace>
          <topic_name>data</topic_name>
          <frame_name>imu_link</frame_name>
        </ros>
      </plugin>
    </sensor>
```

주행(Navigation)

주행(Navigation)

1. TurtleBot3에서 Nav2(Navigation 2)를 사용할 때 생성되는 주요 노드

- **map_server**
  - 사전에 작성된 지도(map) 파일을 로드하고 공유합니다.
  - 로봇에게 환경 정보를 제공합니다.
  - 정적 지도 정보를 /map 토픽으로 발행합니다.
- **amcl (Adaptive Monte Carlo Localization)**
  - 파티클 필터 기반 로컬라이제이션 노드
  - 로봇의 현재 위치를 추정합니다.
  - 센서 데이터와 지도를 기반으로 로봇의 위치를 지속적으로 업데이트합니다.
  - /amcl_pose, /particlecloud 토픽을 발행합니다.
- **behavior_server**
  - 네비게이션 중 로봇의 행동을 관리합니다.
  - 회전, 대기, 정지 등 다양한 로봇 행동을 제어합니다.

주행(Navigation)

1. TurtleBot3에서 Nav2(Navigation 2)를 사용할 때 생성되는 주요 노드

- **bt_navigator**
  - 행동 트리(Behavior Tree) 기반 경로 탐색 노드
  - 목표 지점까지의 전역 경로를 생성합니다.
  - 복잡한 네비게이션 로직을 구현할 수 있습니다.
- **controller_server**
  - 로봇의 속도와 방향을 실시간으로 조절합니다.
  - 장애물 회피 및 경로 추종 기능을 담당합니다.
  - 로컬 경로 계획을 수행합니다.
- **planner_server**
  - 전역 경로 계획을 담당합니다.
  - 출발지에서 목적지까지의 최적 경로를 계산합니다.
  - A* 또는 Dijkstra 알고리즘 등을 사용합니다.

주행(Navigation)

1. TurtleBot3에서 Nav2(Navigation 2)를 사용할 때 생성되는 주요 노드

- **lifecycle_manager**
  - Nav2 노드들의 생명주기를 관리합니다.
  - 노드들의 설정, 활성화, 비활성화를 제어합니다.

- **rviz**
  - 시각화 도구로, 로봇의 위치, 경로, 센서 데이터 등을 시각적으로 표현합니다.

주행(Navigation)

주요 통신 토픽

- /cmd_vel: 로봇 속도 제어 토픽
- /odom: Odometry 정보
- /scan: LiDAR 센서 데이터
- /map: 지도 정보
- /initialpose: 초기 위치 설정
- /move_base_simple/goal: 목표 지점 설정

구동 과정

```
# Nav2 런치 파일 실행
ros2 launch nav2_bringup navigation_launch.py

# 초기 위치 설정
ros2 topic pub /initialpose geometry_msgs/msg/PoseWithCovarianceStamped "{...}"

# 목표 지점 설정
ros2 topic pub /move_base_simple/goal geometry_msgs/msg/PoseStamped "{...}"
```

주행(Navigation)

시뮬레이션 런치 파일 실행

```
# 시뮬레이션 환경 로드
roslaunch turtlebot3_gazebo turtlebot3_world.launch

# 별도의 터미널에서 네비게이션 런치
roslaunch turtlebot3_navigation turtlebot3_navigation.launch
```

오차 보정

- AMCL(Adaptive Monte Carlo Localization) 사용
- 파티클 필터로 위치 추정 정확도 개선

경로 알고리즘

- 기본적으로 global planner와 local planner 사용
- Global: A* 알고리즘
- Local: Dynamic Window Approach(DWA)

파라미터 조정

- /move_base 노드의 파라미터 수정 가능
- costmap 설정
- 로봇 footprint
- 최대/최소 속도
- 가속도 제한

다중 로봇 환경

TurtleBot3 차동 이동로봇 시뮬레이션

namespace 변경, 다중 로봇 환경에서 각 로봇을 구분하거나 특정 네임스페이스에서 노드 실행해야 할 때 필요
네임스페이스를 변경하면 각 로봇이나 관련된 토픽들이 충돌하지 않도록 독립적인 네임스페이스에서 실행

1. 네임스페이스 변경의 주요 방법

TurtleBot3에서 네임스페이스를 변경하는 방법은 두 가지입니다.
A. ROS 2 Launch 파일에서 네임스페이스 설정
ROS 2의 launch 파일에서 네임스페이스를 설정합니다.
B. 네임스페이스를 사용하여 터미널에서 실행
명령어 실행 시 --ros-args를 이용해 네임스페이스를 적용합니다.

```
ros2 run turtlebot3_node turtlebot3_ros --ros-args --namespace robot1
```

2. Launch 파일에서 네임스페이스 설정

TurtleBot3의 launch 파일에서 namespace를 추가로 정의하고 적용합니다.
예제: TurtleBot3의 robot_state_publisher에 네임스페이스 적용
기존 turtlebot3_robot.launch.py를 수정하거나 별도의 커스텀 launch 파일을 만듭니다.

차동 이동로봇 시뮬레이션

```
from launch import LaunchDescription
from launch_ros.actions import Node

def generate_launch_description():
    namespace = 'robot1'  # 변경할 네임스페이스 설정

    return LaunchDescription([
        Node(
            package='robot_state_publisher',
            executable='robot_state_publisher',
            name='robot_state_publisher',
            namespace=namespace,  # 네임스페이스 적용
            output='screen',
            parameters=[{'use_sim_time': True}]
        ),
        Node(
            package='turtlebot3_node',
            executable='turtlebot3_ros',
            name='turtlebot3_ros',
            namespace=namespace,  # 네임스페이스 적용
            output='screen',
            parameters=[{'use_sim_time': True}]
        )
    ])
```

ros2 launch my_turtlebot3_launch.py

차동 이동로봇 시뮬레이션

```
from launch import LaunchDescription
from launch_ros.actions import Node

def generate_launch_description():
    robot1_ns = 'robot1'
    robot2_ns = 'robot2'

    return LaunchDescription([
        # Robot 1
        Node(
            package='turtlebot3_node',
            executable='turtlebot3_ros',
            name='turtlebot3_ros',
            namespace=robot1_ns,
            output='screen',
            parameters=[{'use_sim_time': True}]
        ),
        # Robot 2
        Node(
            package='turtlebot3_node',
            executable='turtlebot3_ros',
            name='turtlebot3_ros',
            namespace=robot2_ns,
            output='screen',
            parameters=[{'use_sim_time': True}]
        )
    ])
```

ros2 launch multi_robot_turtlebot3.launch.py

Topic list

- /robot1/cmd_vel
- /robot1/odom
- /robot1/scan
- /robot2/cmd_vel
- /robot2/odom
- /robot2/scan

차동 이동로봇 시뮬레이션

다중 로봇 환경에서 TF 충돌을 방지하려면, 각 로봇의 TF 프레임 이름에도 네임스페이스를 추가
TurtleBot3의 URDF 또는 XACRO 파일에서 robot_description에 네임스페이스를 포함

```
<robot name="$(arg robot_name)">
  <link name="$(arg robot_name)_base_link">
    <!-- 내용 생략 -->
  </link>
</robot>
```

```
Node(
    package='robot_state_publisher',
    executable='robot_state_publisher',
    namespace='robot1',
    parameters=[{'robot_description': '<URDF_CONTENT>'}]
)
```

TF 데이터 확인:

ros2 run tf2_tools view_frames

차동 이동로봇 시뮬레이션

1. 네임스페이스와 토픽의 기본 동작

네임스페이스가 적용되면 노드가 생성하는 모든 토픽, 서비스, 액션은 해당 네임스페이스 아래에서 생성

/robot1/cmd_vel

2. 네임스페이스를 무시하고 글로벌 토픽을 사용하는 방법

글로벌 토픽을 사용하려면 토픽 이름 앞에 슬래시(/)를 붙여 절대 경로로 명시

```
import rclpy
from geometry_msgs.msg import Twist

def main():
    rclpy.init()
    node = rclpy.create_node('namespace_example', namespace='robot1')  # 네임스페이스 설정
    pub = node.create_publisher(Twist, '/cmd_vel', 10)  # 글로벌 토픽 설정
    msg = Twist()
    msg.linear.x = 1.0
    pub.publish(msg)
    rclpy.spin(node)

if __name__ == '__main__':
    main()
```

차동 이동로봇 시뮬레이션

3. 네임스페이스와 연결된 토픽을 사용하는 방법

네임스페이스에 종속된 토픽은 네임스페이스를 포함한 경로로 접근해야 합니다.
이를 위해 상대 경로와 절대 경로를 구분

상대 경로 토픽
토픽 이름이 상대 경로라면 노드의 네임스페이스가 자동으로 추가됩니다.
•예: cmd_vel → /robot1/cmd_vel (노드의 네임스페이스: robot1)

절대 경로 토픽
절대 경로를 사용하면 네임스페이스와 상관없이 해당 경로로 접근합니다.
•예: /robot1/cmd_vel 또는 /cmd_vel

네임스페이스 변경
런치 파일에서 네임스페이스를 설정하면, 모든 노드와 토픽이 해당 네임스페이스를 사용

```
from launch import LaunchDescription
from launch_ros.actions import Node

def generate_launch_description():
    return LaunchDescription([
        Node(
            package='turtlebot3_node',
            executable='turtlebot3_ros',
            name='turtlebot3_node',
            namespace='robot1',  # 네임스페이스 설정
            output='screen'
        )
    ])
```

차동 이동로봇 시뮬레이션

ROS 2의 Remapping (리매핑)

노드가 사용하는 기본 이름(토픽, 서비스, 액션, 노드 이름 등)을 런타임에 다른 이름으로 변경하는 기능.
이 기능은 네임스페이스를 구성하거나 여러 노드가 동일한 토픽을 충돌 없이 사용할 수 있도록 할 때 유용

1. Remapping의 사용 대상
- Topic (예: /cmd_vel → /robot1/cmd_vel)
- Service (예: /reset → /robot1/reset)
- Action (예: /navigate → /robot1/navigate)
- Node 이름 (예: my_node → robot1_my_node)

2. Remapping의 주요 방법

A. CLI 명령어에서 Remapping

```
ros2 run my_package my_node --ros-args --remap __node:=robot1_node --remap /cmd_vel:=/robot1/cmd_vel
```

차동 이동로봇 시뮬레이션

ROS 2의 Remapping (리매핑)

B. Launch 파일에서 Remapping

```
from launch import LaunchDescription
from launch_ros.actions import Node

def generate_launch_description():
    return LaunchDescription([
        Node(
            package='my_package',
            executable='my_node',
            name='robot1_node',  # 노드 이름 변경
            remappings=[
                ('/cmd_vel', '/robot1/cmd_vel'),  # 토픽 리매핑
                ('/odom', '/robot1/odom')         # 다른 토픽 리매핑
            ]
        )
    ])
```

차동 이동로봇 시뮬레이션

ROS 2의 Remapping (리매핑)

C. 코드에서 Remapping

```
import rclpy
from rclpy.node import Node

class MyNode(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('my_node')
        self.subscriber = self.create_subscription(
            String,
            '/cmd_vel',  # 이 이름은 리매핑 대상
            self.callback,
            10
        )

    def callback(self, msg):
        self.get_logger().info(f"Received: {msg.data}")

def main():
    rclpy.init()
    node = MyNode()
    rclpy.spin(node)

if __name__ == '__main__':
    main()
```

```
ros2 run my_package my_node --ros-args --remap /cmd_vel:=/robot1/cmd_vel
```

차동 이동로봇 시뮬레이션

ROS 2의 Remapping (리매핑)

A. 노드 이름 리매핑

리매핑 키워드 __node를 사용하여 노드 이름을 변경합니다.

```
ros2 run my_package my_node --ros-args --remap __node:=robot1_node
```

B. 네임스페이스 변경

```
ros2 run my_package my_node --ros-args --remap __ns:=/robot1
```

C. 토픽 이름 리매핑

```
ros2 run my_package my_node --ros-args --remap /cmd_vel:=/robot1/cmd_vel
```

MOVEIT2

MoveIt 2 설치 및 사용 방법

MoveIt2는 ROS 2 패키지로 제공되며, apt 패키지 매니저를 통해 쉽게 설치할 수 있습니다.

```
sudo apt update
sudo apt install ros-humble-moveit
```

MoveIt2 Setup Assistant 사용

로봇의 URDF 또는 XACRO 파일을 MoveIt2 환경에서 쉽게 사용할 수 있도록 설정하는 도구인 MoveIt Setup Assistant를 사용하여 설정합니다.

```
ros2 launch moveit_setup_assistant setup_assistant.launch.py
```

MoveIt Setup Assistant

- **로봇의 URDF/XACRO 파일 로드**
- MoveIt Setup Assistant를 통해 로봇의 URDF 또는 XACRO 파일을 로드합니다.
- URDF/XACRO 파일은 로봇의 기구학적 모델(링크와 조인트)을 정의하며,
- RViz2에서 로봇 모델을 시각적으로 확인할 수 있습니다.
- **Planning Groups 설정**
  - 로봇의 조인트와 링크들을 그룹으로 묶어서 모션 플래닝을 위한 그룹을 설정합니다.
  - 예를 들어, 로봇 팔의 여러 조인트를 하나의 그룹으로 묶을 수 있습니다.
- **End Effectors 설정**
  - 로봇의 말단 장치(예: 그리퍼 또는 툴)를 설정합니다.
- **Virtual Joints 설정**
  - 로봇 베이스의 가상 관절을 설정하여 이동 가능한 로봇의 경우를 고려합니다
  - (예: 로봇이 이동할 때 베이스의 가상 조인트를 추가).
- **Self-Collision 검사 설정**
  - 로봇의 링크들이 서로 충돌하지 않도록 Self-Collision Matrix를 생성합니다.
- **IK 솔버 설정**
  - 역운동학 솔버를 설정합니다.
  - 주로 KDL(Kinematics and Dynamics Library)이나 IKFast와 같은 솔버를 선택할 수 있습니다.
- **Configuration Files 저장**
  - 설정이 완료되면 config 폴더에 로봇의 MoveIt 설정 파일을 저장합니다.
  - 이는 launch 파일, srdf 파일 등으로 구성됩니다.

RViz2에서 MoveIt 2 실행 및 시각화

MoveIt 2 실행

•생성된 moveit_config 패키지 내에서 로봇을 플래닝하기 위해 launch 파일을 실행합니다.

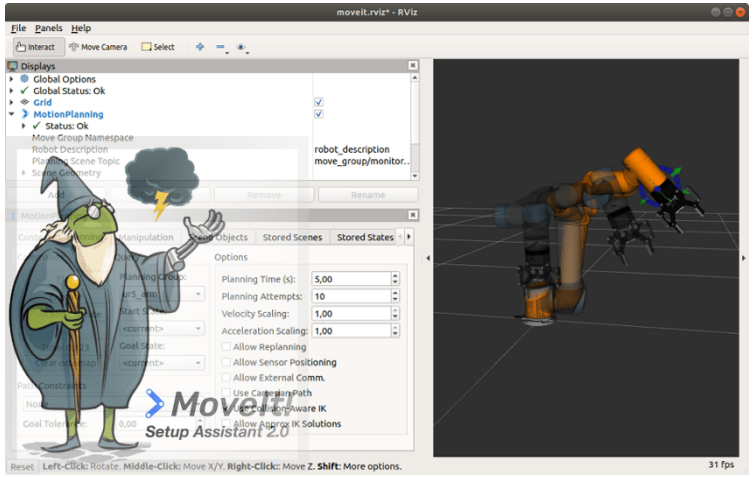
```
ros2 launch <robot_moveit_config_package> demo.launch.py
```

RViz2에서 시각화

•MoveIt 2는 RViz2와 연동되어 로봇의 경로 및 움직임을 시각화할 수 있습니다.
•RViz2에서 로봇의 현재 상태를 보고, 목표 지점을 설정하며 모션 플래닝 결과를 시각적으로 확인할 수 있습니다.

MOVEIT

Moveit은 로봇 공학에서 사용할 수 있는 매우 강력한 모션 플래닝 프레임워크.
생성된 패키지에 어떤 추가 수정이 필요한지, 시각화 도구 Rviz에서 Moveit 플러그인을 사용



사용 방법 순서

- **MoveIt Setup Assistant** 사용 URDF/SRDF 파일 기반으로 MoveIt 설정 파일을 생성.
- 플래닝 그룹(로봇 팔, 그리퍼 등)을 정의, **플래닝 알고리즘**을 선택.
- Rviz에서 로봇의 모델을 시각화, 목표 위치를 설정한 후 경로 계획을 확인.
- 충돌 감지 및 키네마틱 솔버를 활용하여 최적 경로를 확인하고 수정.
- 계획된 경로를 로봇 컨트롤러로 전송하여 실제 로봇 동작 수행.
- 센서를 통해 환경 정보를 업데이트하여 실시간 경로 계획을 반영.

모션 플래닝

Moveit, 모션 플래닝 프레임워크

로봇이 시작점에서 특정 원하는 위치로 정확히 어떻게 이동하는지와 관련

도중에 장애물을 피하고 제약 조건을 처리하는 것이 포함

그 외에도 잡기와 지각과 같은 조작의 다른 측면에 대한 지원을 제공

먼저 로봇과 그리퍼를 포함한 URDF를 하나 가져와야 합니다.

~/catkin_ws/src$ git clone -b <distro>-devel https://github.com/ros-industrial/universal_robot.git

~/catkin_ws/src$ git clone https://github.com/filesmuggler/robotiq.git

wget https://raw.githubusercontent.com/utecrobotics/ur5/master/ur5_description/urdf/ur5_robotiq85_gripper.urdf.xacro

MOVEIT2

방금 다운로드한 ur5_robotiq85_gripper.urdf.xacro 파일의 4번째 줄을 수정하여 ur_description 패키지 내부의 URDF 파일을 검색하도록 합니다.

```
<xacro:include filename="$(find ur_description)/urdf/ur5_joint_limited_robot.urdf.xacro" />
```

이제 로봇과 그리퍼 모두의 컨트롤러 인터페이스를 수정해야 합니다. 둘 다 처음에는 PositionJointInterface로 구성되어 있습니다. 저는 해당 인터페이스에 문제가 있어서 EffortJointInterface로 변경했습니다. 수정해야 할 내용은 다음과 같습니다.
먼저 robotiq_description/urdf/robotiq_85_gripper.transmission.xacro 의 robotiq 저장소 내부에서 9번째 줄과 14번째 줄을 다음과 같이 변경해야 합니다.

```
<hardwareInterface>hardware_interface/EffortJointInterface</hardwareInterface>
<hardwareInterface>hardware_interface/EffortJointInterface</hardwareInterface>
```

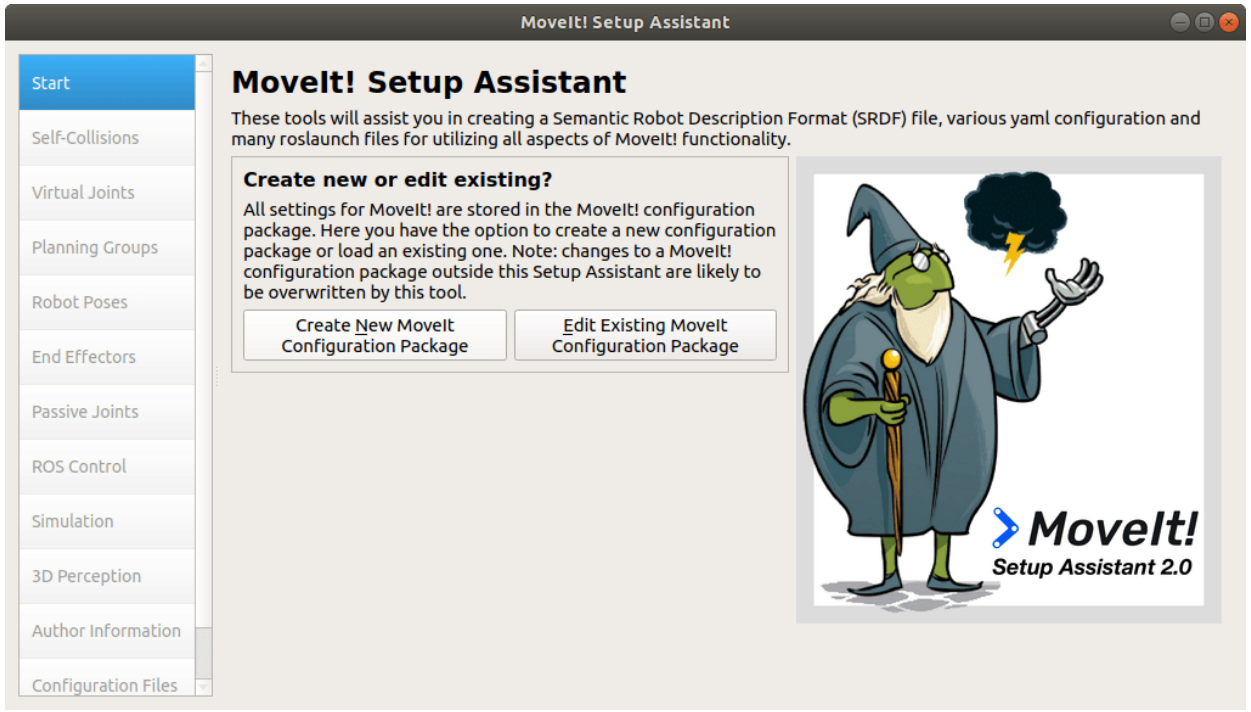
둘째, ur_description/urdf/ur5_joint_limited_robot.urdf.xacro 의 universal_robots 저장소에서 5번째 줄을 다음과 같이 수정해야 합니다.

```
<xacro:arg name="transmission_hw_interface" default="hardware_interface/EffortJointInterface"/>
```

moveit setup assistant

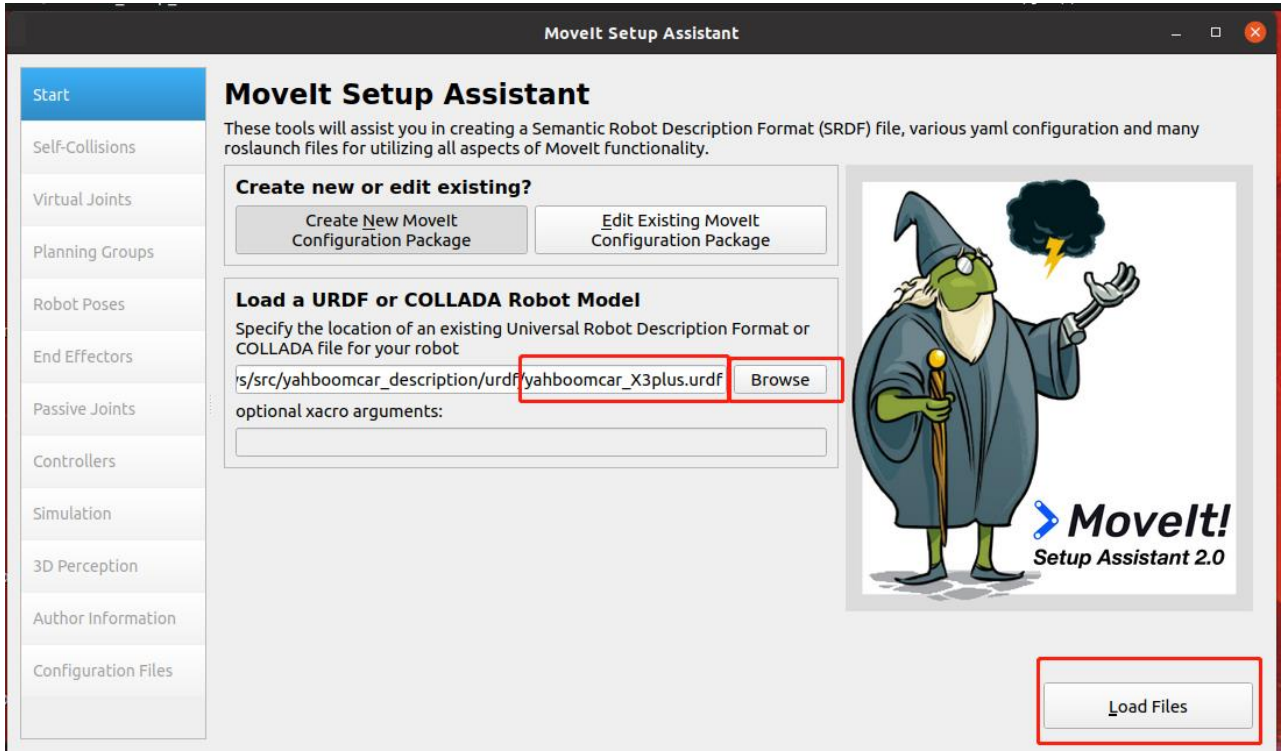
Moveit 설정 어시스턴트를 사용하여 Moveit 구성 패키지.

$ ros2 launch moveit_setup_assistant setup_assistant.launch



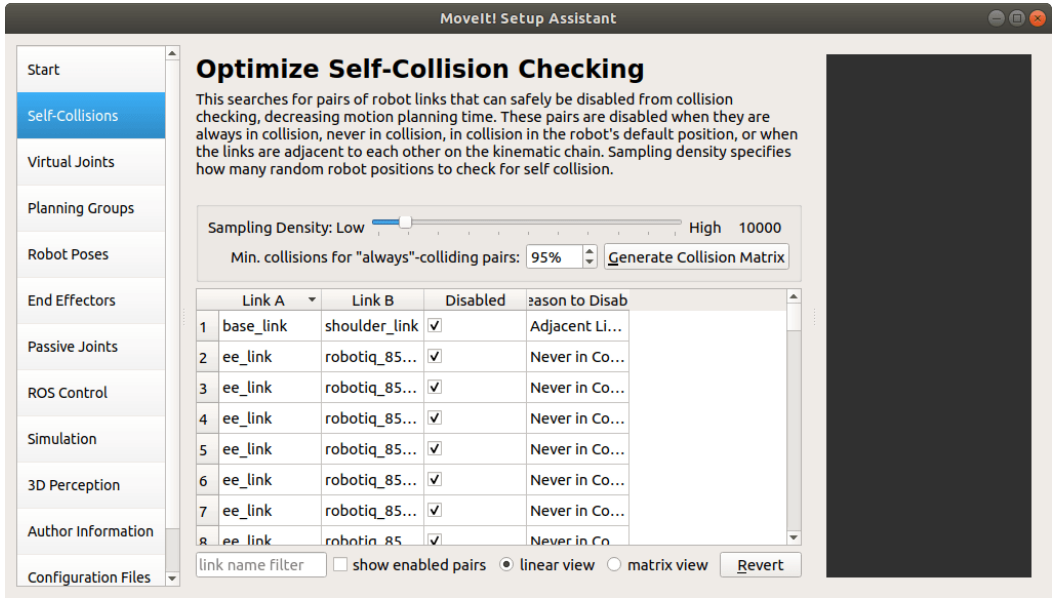
moveit setup assistant

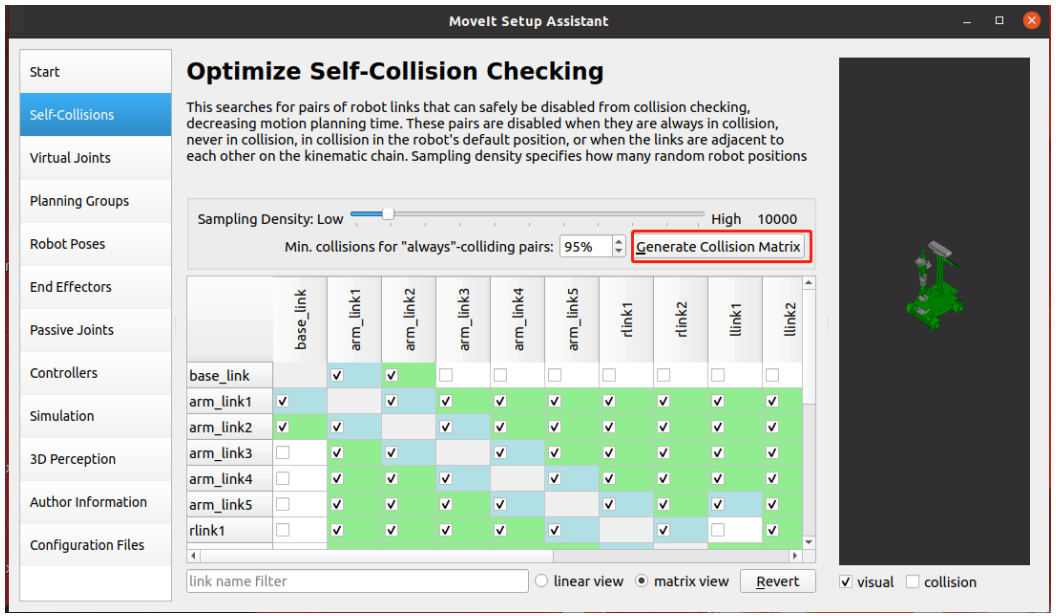
Create New Moveit Configuration Package를 선택하면 파일 시스템에서 URDF를 선택.
universal_robot 저장소에서 */universal_robot/ur_description/urdf/ur5_robotiq85_gripper.urdf.xacro*를 선택하고 *Load Files*를 클릭 .
완료되면 다음과 같은 성공 메시지가 표시



moveit setup assistant

Self-Collisions를 선택합니다 .
설정을 그대로 두고 Generate Collision Matrix를 클릭
Moveit이 모션 플래닝을 할 때, 이동 중에 로봇 부품(링크) 간에 충돌이 발생하는지 확인
Moveit은 물리적으로 서로 충돌할 수 없는 링크를 찾아 계산에서 제외하려함.

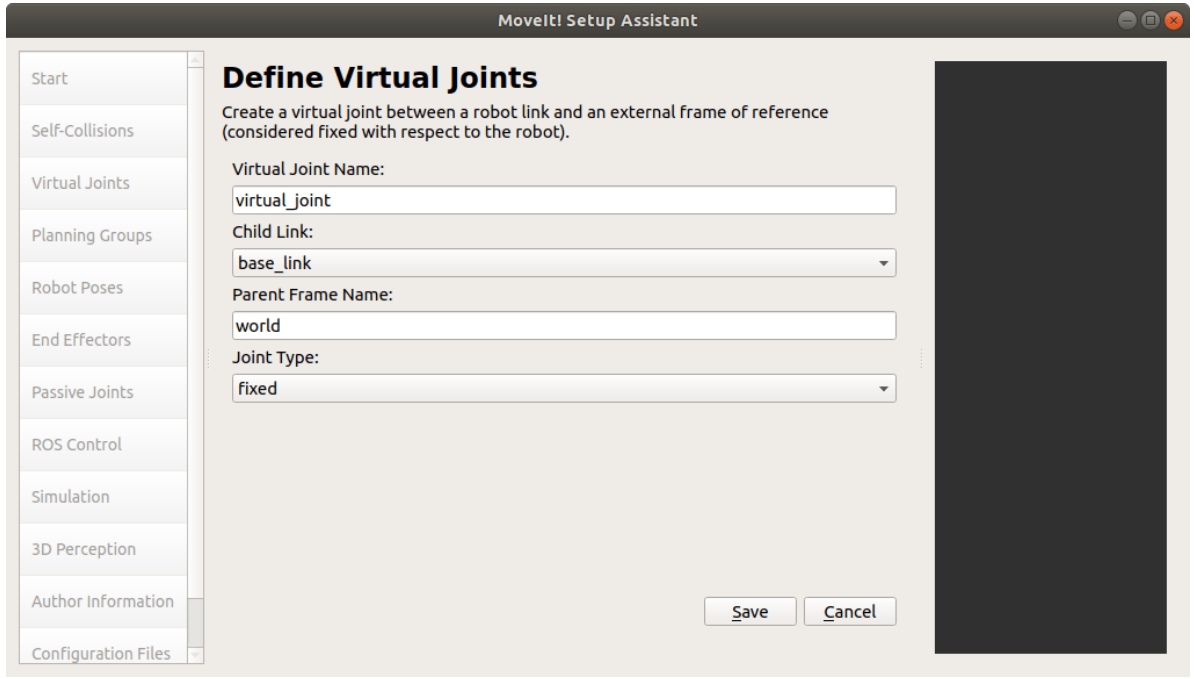




moveit setup assistant

가상 조인트

로봇을 환경에 고정하기 위해 가상의 고정 조인트를 정의
가상 조인트 추가를 클릭하고 그림과 같이 빈칸을 채웁니다.

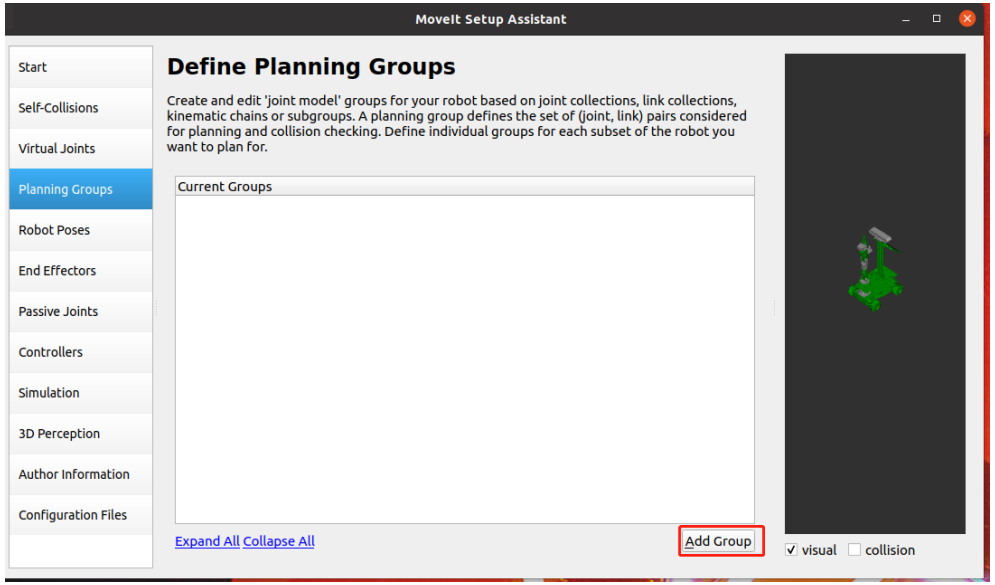


moveit setup assistant

모션 계획 그룹 생성

Planning Group은 MoveIt의 핵심 부분, [그룹 추가]를 클릭하여 플래닝 그룹 추가.

MoveIt은 다양한 샘플링 기반 및 최적화 기반 플래닝 알고리즘 지원
주로 OMPL (Open Motion Planning Library)를 통해 제공



그룹 이름: 그룹 이름을 생성하고 [arm_group]으로 설정.
운동학 솔버: 여기서 우리는 [kdl]을 선택.

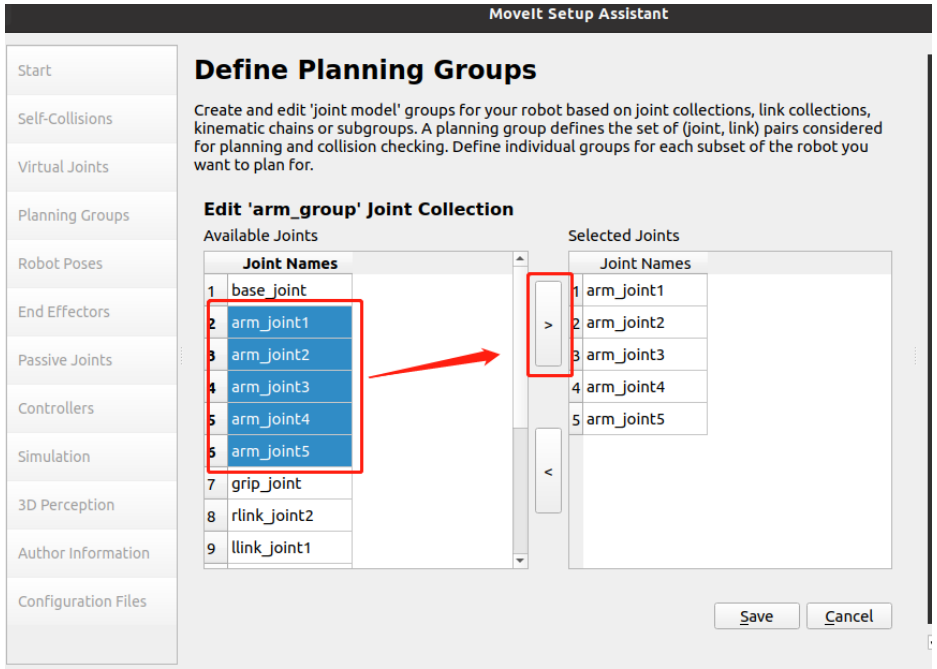
RRT (Rapidly-exploring Random Tree)
샘플링 기반 플래닝 알고리즘 중 하나로, 높은 차원의 공간에서 빠르게 경로를 찾기 위해 사용

PRM (Probabilistic Roadmap Method)
두 단계로 나뉘어 실행되는 샘플링 기반 플래닝 알고리즘입니다.
로봇이 움직일 수 있는 공간에서 미리 샘플링한 지점들로 로드맵(그래프)을 구성한 후, 그 로드맵을 사용

STOMP: 무작위 샘플링을 사용해 장애물 회피 경로 생성.

moveit setup assistant

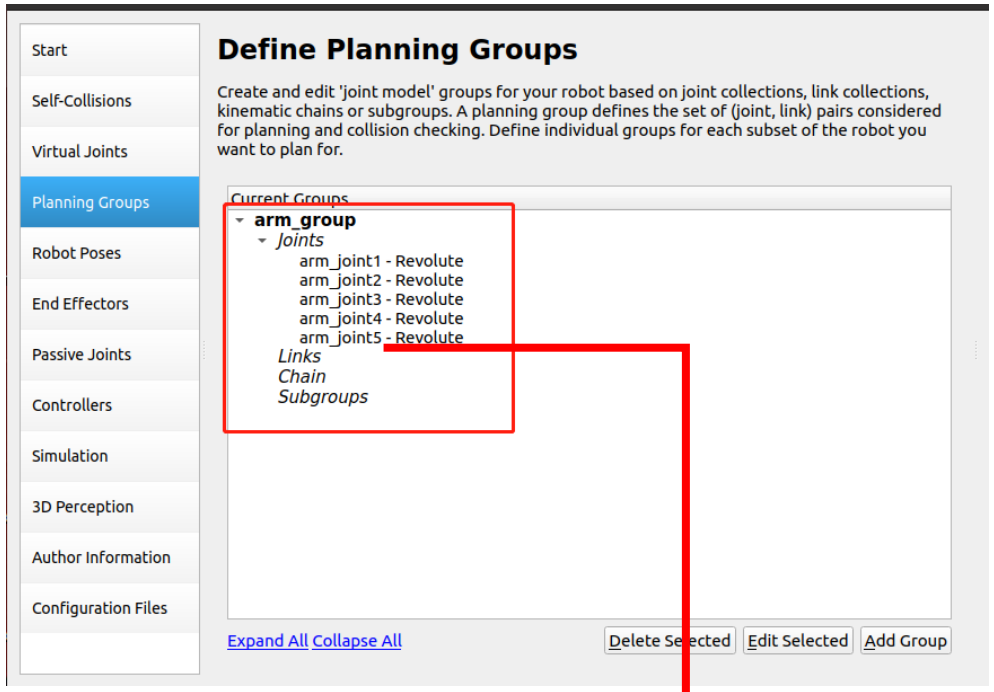
운동학 풀이 도구, 이것은 정방향 운동학(Forward Kinematics)과 역방향 운동학(IK)을 푸는 것

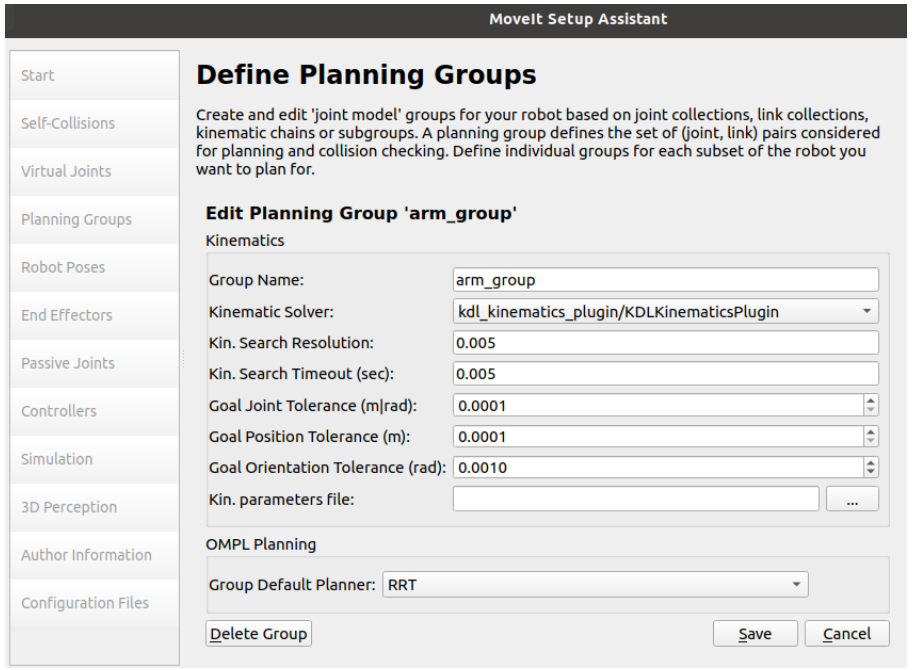


[조인트 추가]를 클릭하여 조인트를 추가

- KDL, The Kinematics and Dynamics Library를 선택
- 6개 이상의 자유도를 가진 단일 체인 기계 구조의 정방향 및 역방향 운동학 문제를 잘 풀 수 있는 운동학 및 동역학 라이브러리
- 물론 SRV나 IK_FAST와 같은 다른 IK 솔버를 사용할 수도 있고, 새로운 솔버를 직접 개발하여 삽입할 수 있음
- Kin. Search Resolution: 조인트 공간의 샘플링 밀도
- Kin. Search TImeout : 해결 시간. 장비 성능이 미흡하거나 실제 적용 과정에서 지정된 시간 내에 해결이 되지 않을 경우 시간을 늘릴 수 있다. 예를 들어 [0.1], [0.01]로 설정
- 그룹 기본 플래너: RRT 또는 없음을 선택

moveit setup assistant



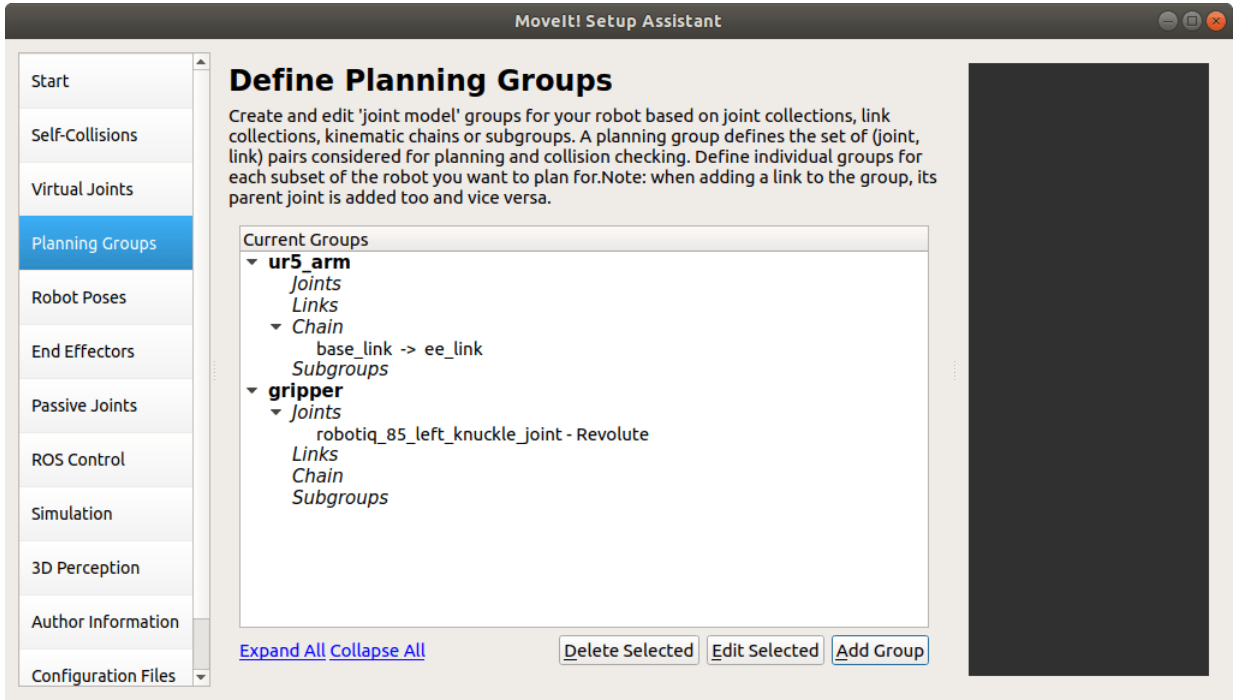


모션 플렌이 필요한 조인트 선택

moveit setup assistant

그리퍼 계획 그룹 추가

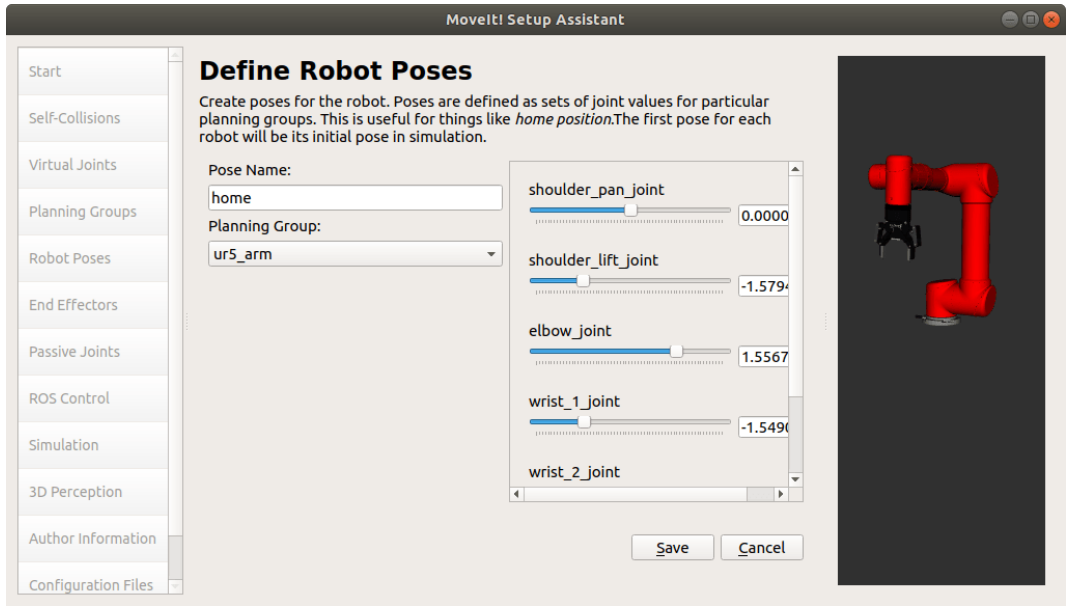
Add Group을 클릭하여 그리퍼를 정의.
그룹 이름으로 gripper를 입력하고, Kinematic Solver의 경우 None을 그대로 두고 Add Joints를 클릭.
robotiq_85_left_knuckle_joint를 선택하고 오른쪽을 가리키는 화살표를 클릭하여 조인트가 오른쪽 열 추가



moveit setup assistant

로봇 포즈

필수는 아니지만 기본 포즈를 정의하면 나중에 시간을 절약할 수 있음.
조인트 값을 설정하여 "홈" 포즈를 만듭니다. 아래 그림은 ur5에 유용한 홈 포즈를 보추가

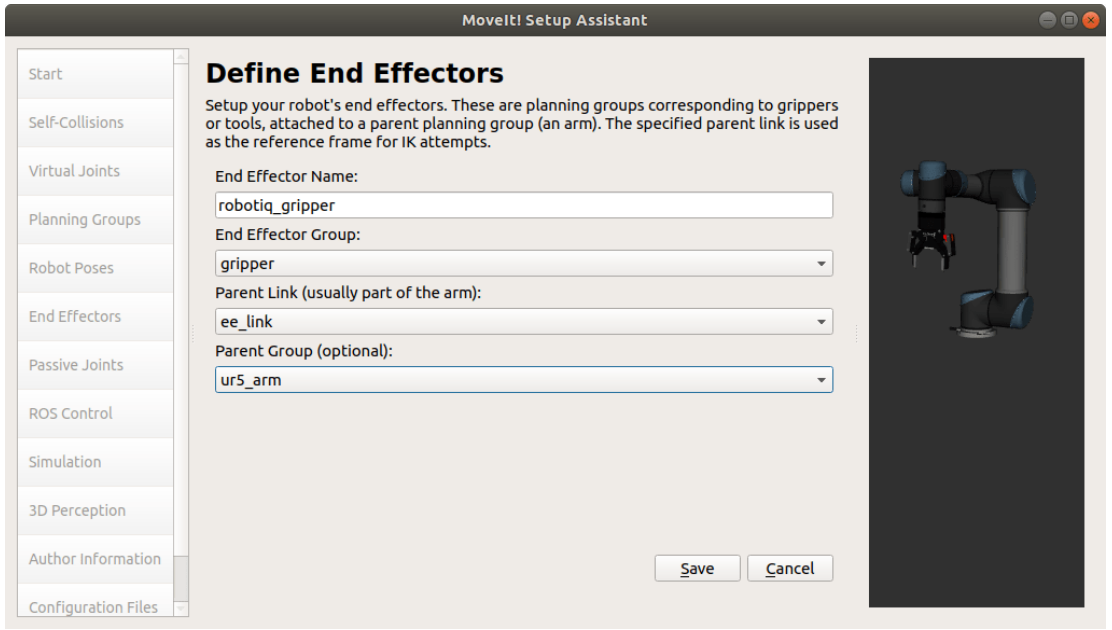


- elbow_joint: 1.5447
- shoulder_lift_joint: -1.5447
- shoulder_pan_joint: 0.0
- wrist_1_joint: -1.5794
- wrist_2_joint: -1.5794
- wrist_3_joint: 0.0

moveit setup assistant

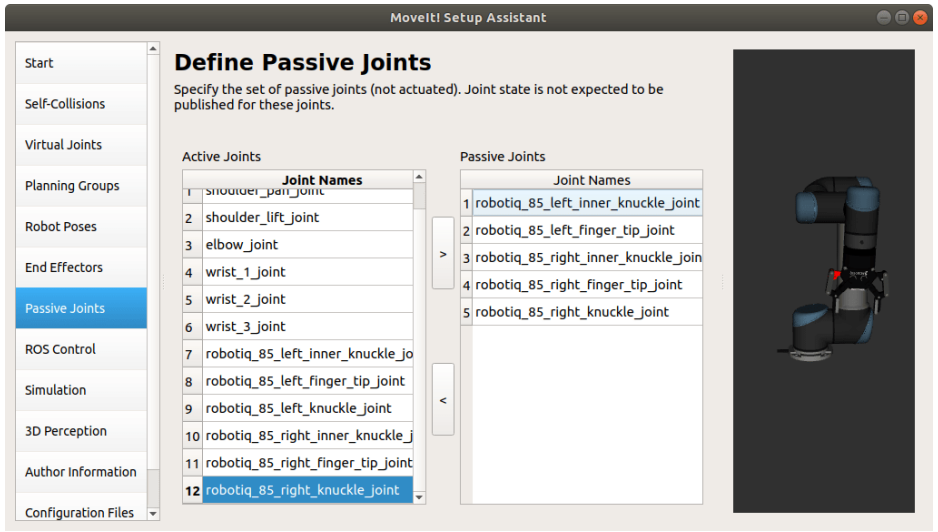
로봇 포즈

그리퍼를 정의하려면 **End Effectors** 탭으로 전환하고 *Add End Effector*를 클릭
이름을 robotiq_gripper로 지정하고 아래 그림과 같이 Group, Parent Link, Parent Group을 선택



moveit setup assistant

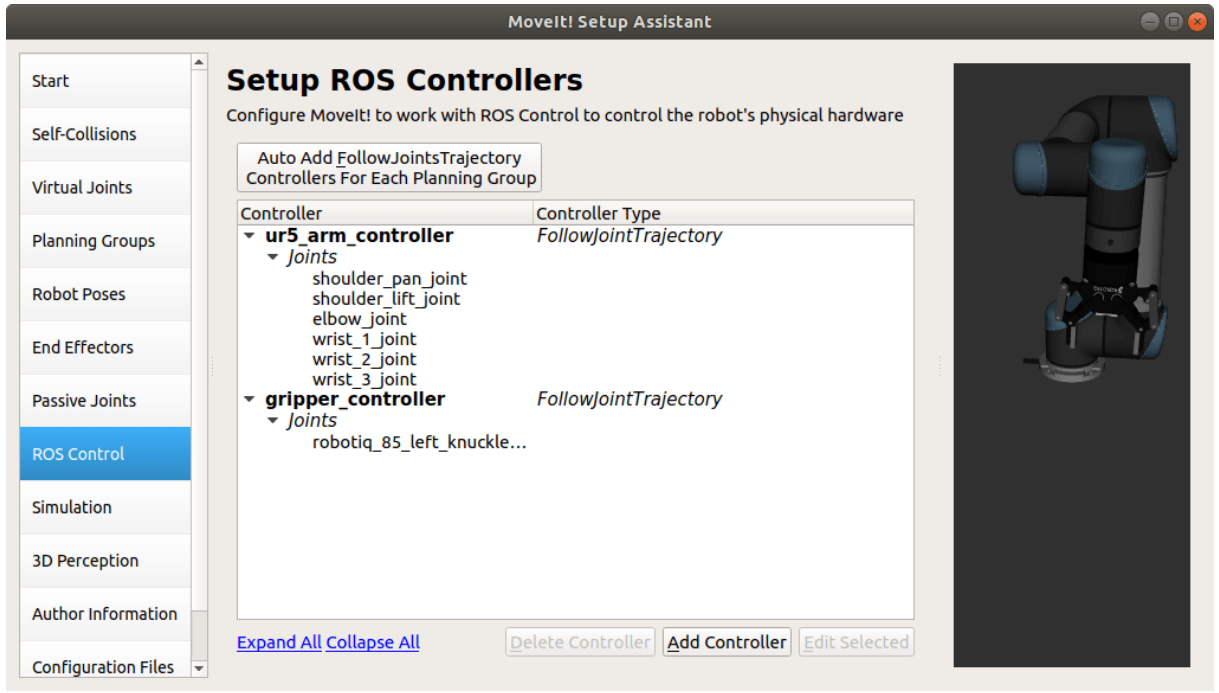
수동 조인트



moveit setup assistant

ROS Control

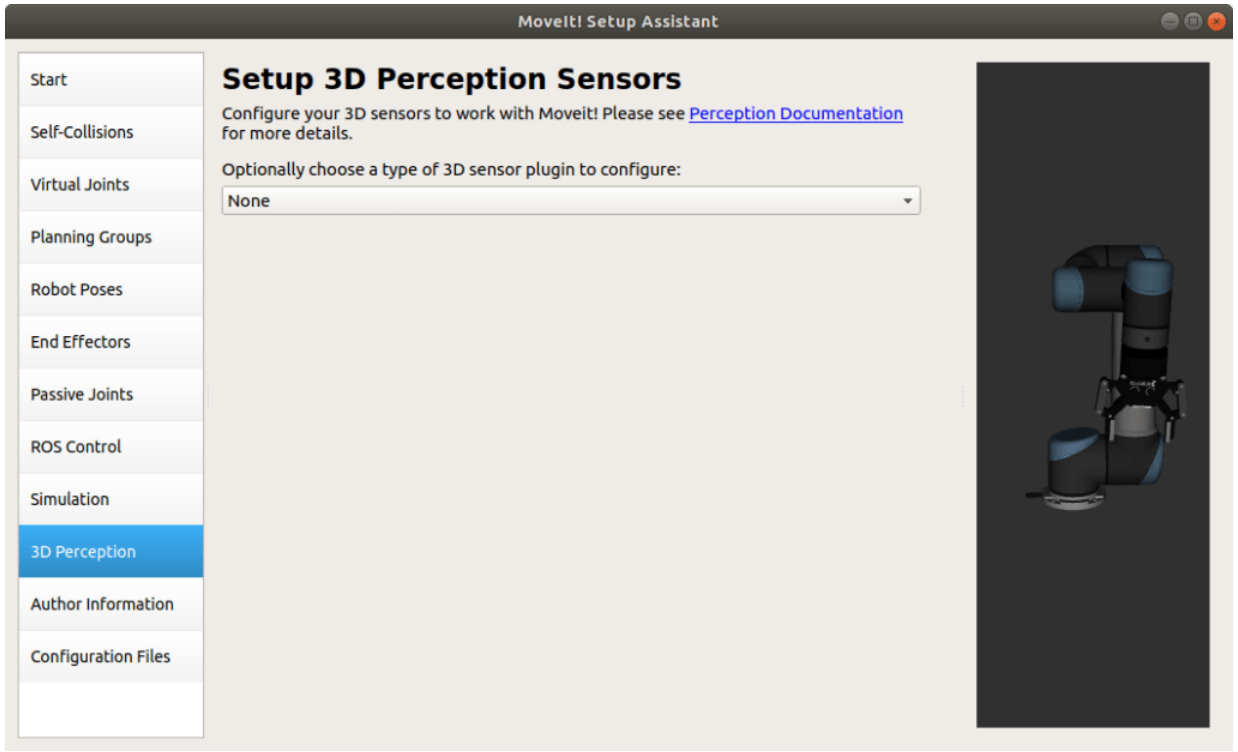
Ros_control은 조인트에 대한 컨트롤러를 쉽게 설정할 수 있는 패키지
설정 어시스턴트에서 각 계획 그룹에 대해 FollowJointsTrajctory 컨트롤러 자동 추가 클릭



moveit setup assistant

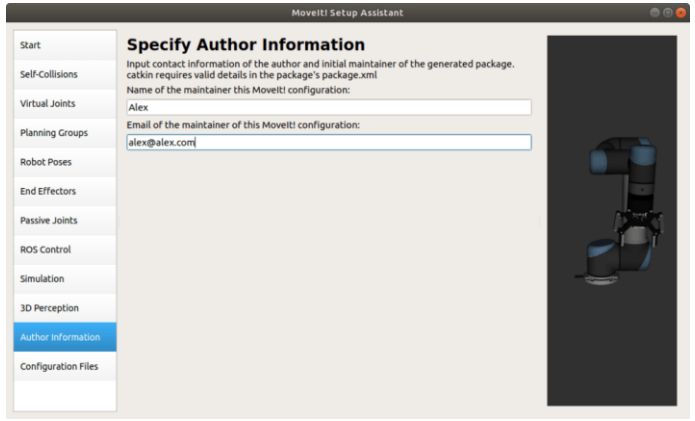
시뮬레이션

Moveit은 Gazebo 시뮬레이션에서 로봇을 실행하는 데 사용할 수 있는 URDF를 생성

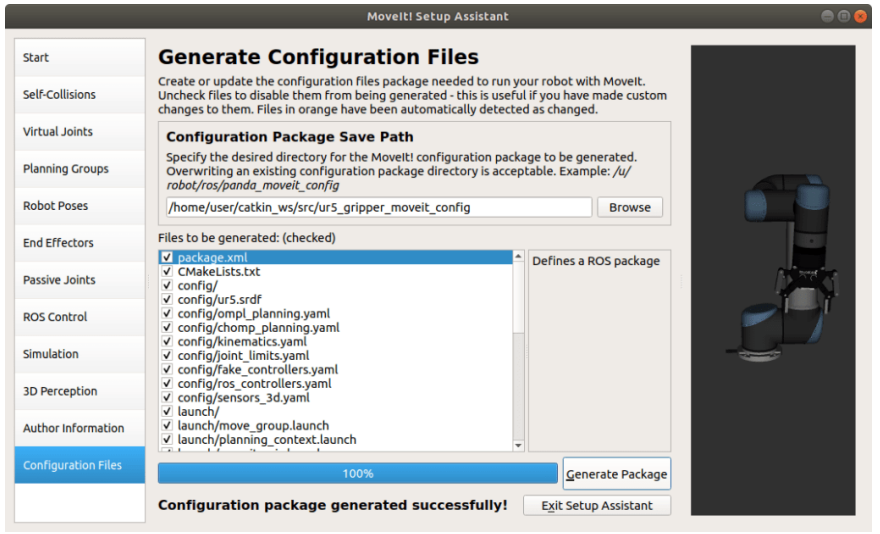


moveit setup assistant

3D **Preception** Pane은 3D 센서 데이터를 사용하고자 하는 경우 매개변수를 설정하기 위한 것



Configuration Files 저장



「MoveIt」のコンセプトの概要をまとめました。

1. MoveItのシステムアーキテクチャ

下図は、「MoveIt」のシステムアーキテクチャです。「**move_group**」と呼ばれるノードがアーキテクチャの中心となります。このノードは、ユーザーが使用できるROSのアクションとサービスを提供します。

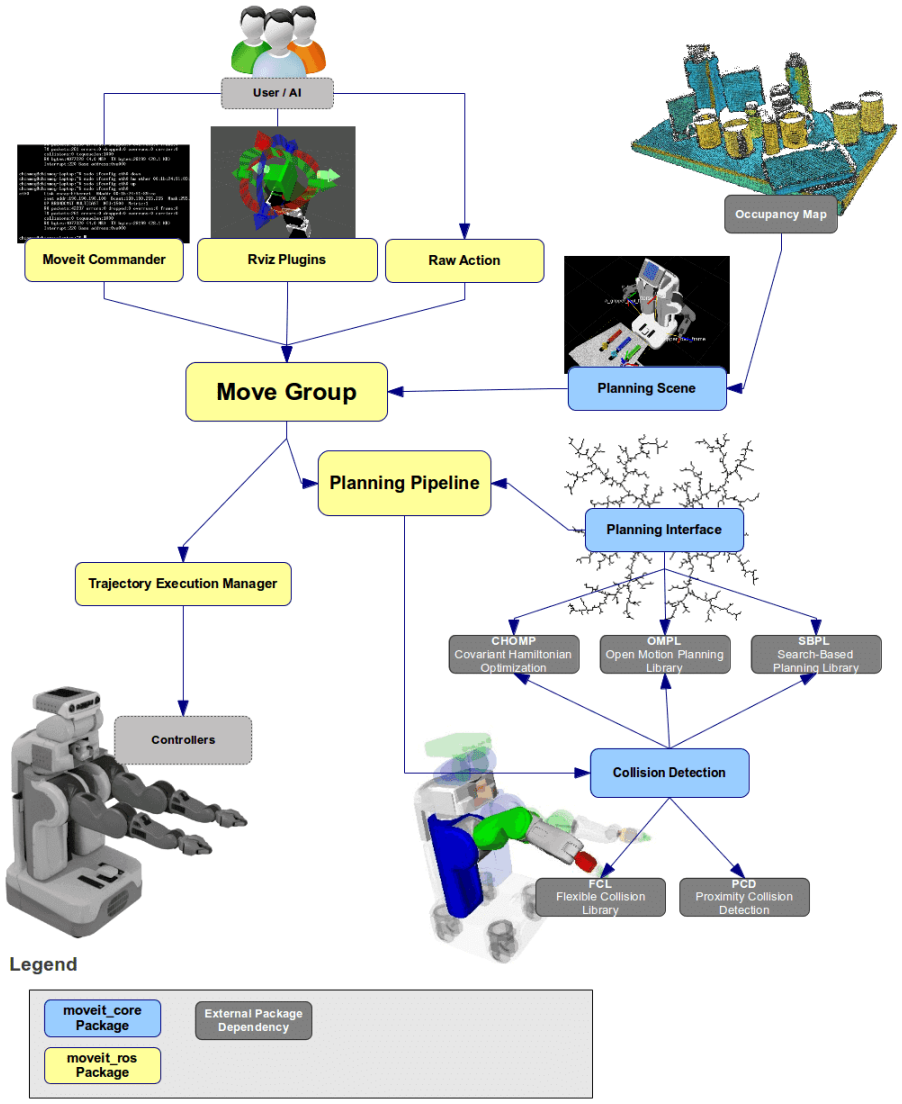
move_groupは、次の3つのインタフェースで利用できます。

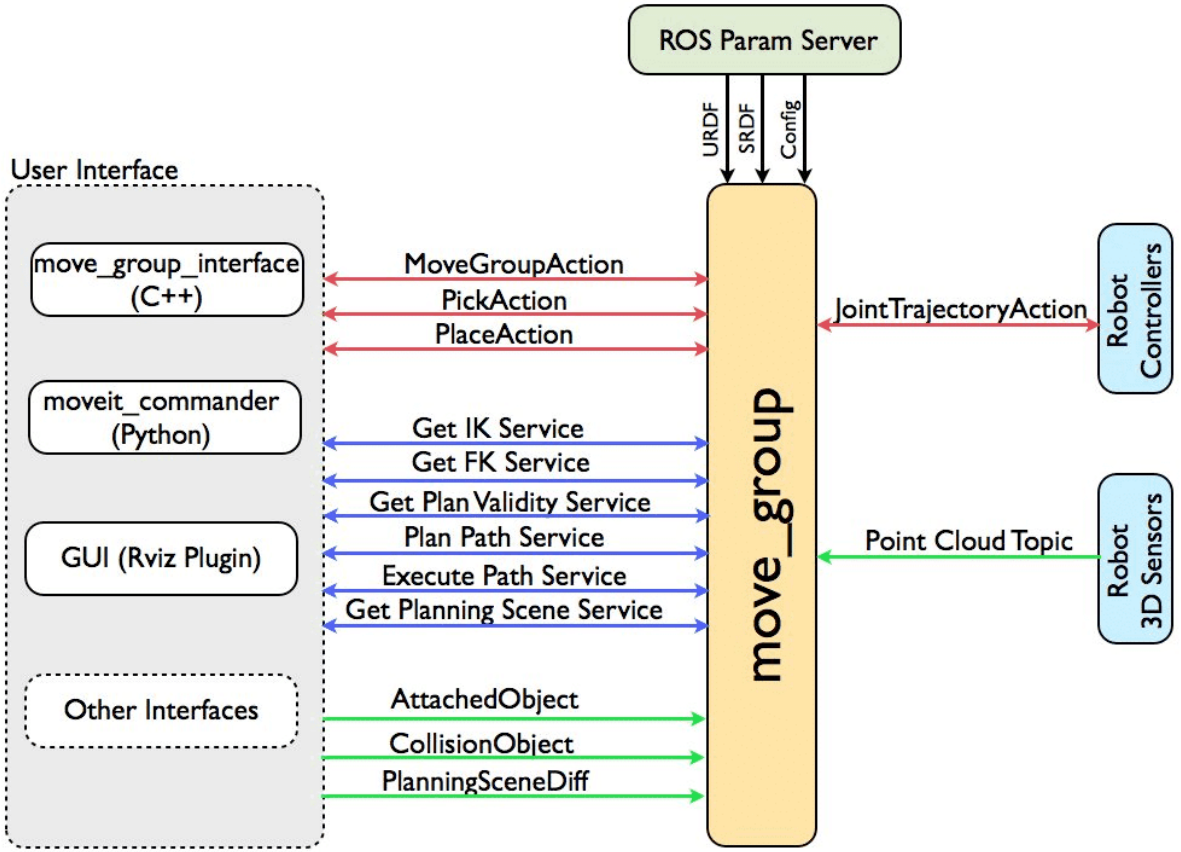
- **C++** : move_group_interfaceパッケージ
- **Python** : moveit_commanderパッケージ
- **Rviz** : Motion Planningプラグイン

https://docs.ros.org/en/noetic/api/moveit_commander/html/classmoveit__commander_1_1move__group_1_1MoveGroupCommander.html

MoveItのコンセプト

「MoveIt」のコンセプトの概要をまとめました。





MoveItのコンセプト

「MoveIt」のコンセプトの概要をまとめました。

◎ move_groupのコンフィギュレーション

move_groupは、パラメータサーバー経由で、次の3つの情報を取得します。

- **URDF**：パラメータ名「robot_description」で取得。
- **SRDF**：パラメータ名「robot_description_semantic」で取得。
- **MoveIt構成パッケージ**：パラメータサーバー経由で、関節の制限、運動学、動作計画、知覚などの情報を取得。

◎ move_groupのロボットインターフェース

move_groupは、ROSのトピックとアクションを通じてロボットと通信します。 ロボットから関節角度やセンサーデータなどを取得し、それを元にコントローラでロボットを制御します。

move_groupが送受信する情報は、次のとおりです。

- **PlanningScene**

「move_group」は、「**PlanningSceneMonitor**」を使用して、ロボットの世界と現在の状態を表す「**PlanningScene**」を維持します。 これによって、ロボットの状態に、ロボットにアタッチされているオブジェクトを含めることができます。

프로그램 활용

turtlebot3_manipulation.srdf.xacro 파일은 Turtlebot3 Manipulation의 시맨틱 로봇 설명(Semantic Robot Description)을 정의하는 파일입니다. xacro 포맷을 사용하여 SRDF를 생성합니다.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<robot name="turtlebot3_manipulation">

    <!-- GROUPS: 로봇의 조인트와 링크들을 그룹으로 정의 -->
    <group name="arm">
        <chain base_link="link1" tip_link="end_effector_link" />
    </group>

    <group name="gripper">
        <link name="gripper_link"/>
        <link name="gripper_link_sub"/>
    </group>

    <!-- GROUP STATES: 미리 정의된 로봇 포즈들 -->
    <group_state name="home" group="arm">
        <joint name="joint1" value="0"/>
        <joint name="joint2" value="-1.57"/>
        <joint name="joint3" value="1.57"/>
        <joint name="joint4" value="0"/>
    </group_state>

    <!-- END EFFECTOR: 그리퍼 정의 -->
    <end_effector name="gripper" parent_link="end_effector_link"
group="gripper"/>

    <!-- DISABLE COLLISIONS: 충돌 체크에서 제외할 링크 쌍들 -->
    <disable_collisions link1="base_link" link2="link1" reason="Adjacent"/>
    <disable_collisions link1="link1" link2="link2" reason="Adjacent"/>
    <!-- 추가적인 충돌 비활성화 정의들... -->
    <group_state name="home" group="arm">
        <joint name="joint1" value="0"/>      <!-- 첫 번째 관절: 0 라디안 -->
        <joint name="joint2" value="-1.57"/> <!-- 두 번째 관절: -1.57 라디안 (약 -90도) -->
        <joint name="joint3" value="1.57"/>  <!-- 세 번째 관절: 1.57 라디안 (약 90도) -->
        <joint name="joint4" value="0"/>      <!-- 네 번째 관절: 0 라디안 -->
    </group_state>

    </robot>
```

```
# Python에서 사용 예
move_group.set_named_target("home")  # home 포즈로 이동 명령
```

프로그램 활용

1. SRDF 파일 수정
(src/turtlebot3_manipulation/turtlebot3_manipulation_moveit_config/config/turtlebot3_manipulation.sfdf)

```
<robot name="your_robot">
  <!-- 기존 group states -->
  <group_state name="home" group="your_arm_group">
    <joint name="joint1" value="0.0" />
    <joint name="joint2" value="0.0" />
    <joint name="joint3" value="0.0" />
    <!-- 필요한 모든 joint들의 값을 지정 -->
  </group_state>
</robot>
```

프로그램 활용

2. launch 파일에서 로드

```
# move_group.launch.py 또는 유사한 launch 파일
from moveit_configs_utils import MoveItConfigsBuilder

def generate_launch_description():
    moveit_config = MoveItConfigsBuilder("your_robot").to_moveit_configs()
    # SRDF가 자동으로 로드됩니다
```

3.실행 및 확인

•RViz2를 실행하면 Motion Planning 패널의 "Select Start State" 드롭다운 메뉴에서 새로 추가한 "home" 상태를 선택할 수 있습니다.

주의사항:

•SRDF 파일을 수정한 후에는 로봇 설정을 다시 빌드해야 할 수 있습니다

•joint 값들은 로봇의 실제 제한값 내에 있어야 합니다

•group name은 반드시 SRDF에 정의된 planning group과 일치해야 합니다

RViz2에서 직접 상태를 저장하려면:

1.로봇을 원하는 포즈로 이동

2."Planning" 탭에서 "Save Current State"를 선택

3.이름을 지정하고 저장

Move_group.go

```
#!/usr/bin/env python3
import rclpy
from rclpy.node import Node
from moveit_commander import MoveGroupCommander, RobotCommander, PlanningSceneInterface
from moveit_commander import roscpp_initialize, roscpp_shutdown

class RobotControlNode(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('robot_control_node')

        # MoveIt 초기화
        roscpp_initialize([])

        # Robot Commander 생성
        self.robot = RobotCommander()

        # Planning Scene Interface 생성
        self.scene = PlanningSceneInterface()

        # Move Group Commander 생성 (your_planning_group은 SRDF에 정의된 그룹 이름)
        self.move_group = MoveGroupCommander("your_planning_group")

    def go_to_named_pose(self, pose_name):
        # 저장된 포즈로 이동
        self.move_group.set_named_target(pose_name)
        success = self.move_group.go(wait=True)
        self.move_group.stop()
        return success

    def plan_cartesian_path(self, waypoints):
        # 카테시안 경로 계획
        (plan, fraction) = self.move_group.compute_cartesian_path(
            waypoints,   # waypoints to follow
            0.01,        # eef_step
            0.0)         # jump_threshold
        return plan, fraction

def main():
    rclpy.init()

    robot_control = RobotControlNode()

    # 예제: 'home' 포즈로 이동
    robot_control.go_to_named_pose("home")

    # 노드 실행
    rclpy.spin(robot_control)

    # 종료
    robot_control.destroy_node()
    rclpy.shutdown()

if __name__ == '__main__':
    main()
```

Pick and Place

```
#!/usr/bin/env python3

import rclpy
from rclpy.node import Node
from geometry_msgs.msg import Pose, PoseStamped
from moveit_commander import MoveGroupCommander, RobotCommander, PlanningSceneInterface
from moveit_commander import roscpp_initialize, roscpp_shutdown
import sys
from tf2_ros import Buffer, TransformListener
from rclpy.duration import Duration
import numpy as np
```

```
class PickPlaceNode(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('pick_place_node')

        # Initialize MoveIt
        roscpp_initialize(sys.argv)

        # Setup TF buffer
        self.tf_buffer = Buffer()
        self.tf_listener = TransformListener(self.tf_buffer, self)

        # Initialize robot commander
        self.robot = RobotCommander()

        # Initialize planning scene
        self.scene = PlanningSceneInterface()

        # Initialize move group for arm
        self.arm_group = MoveGroupCommander("arm")

        # Initialize move group for gripper
        self.gripper_group = MoveGroupCommander("gripper")

        # Wait for scene to get updated
        self.get_logger().info("Waiting for planning scene...")
        rclpy.sleep(2.0)

        # Add table to planning scene
        self.add_table_to_scene()

        # Add object to planning scene
        self.add_object_to_scene()

        # Pick and place demo
        self.get_logger().info("Starting pick and place demo...")
        self.timer = self.create_timer(5.0, self.execute_pick_and_place)

    def add_table_to_scene(self):
        table_pose = PoseStamped()
        table_pose.header.frame_id = "base_link"
        table_pose.pose.position.x = 0.5
        table_pose.pose.position.y = 0.0
        table_pose.pose.position.z = -0.07  # Half the height of the table
        self.scene.add_box("table", table_pose, size=(0.6, 0.6, 0.02))
        self.get_logger().info("Added table to planning scene")
```

```
    def add_object_to_scene(self):
        object_pose = PoseStamped()
        object_pose.header.frame_id = "base_link"
        object_pose.pose.position.x = 0.4
        object_pose.pose.position.y = 0.0
        object_pose.pose.position.z = 0.02  # On the table
        self.scene.add_box("object", object_pose, size=(0.05, 0.05, 0.05))
        self.get_logger().info("Added object to planning scene")

    def open_gripper(self):
        self.get_logger().info("Opening gripper")
        # Set joint values for open gripper position
        # Adjust these values based on your gripper
        self.gripper_group.set_joint_value_target([0.01, 0.01])
        self.gripper_group.go(wait=True)
        self.gripper_group.stop()

    def close_gripper(self):
        self.get_logger().info("Closing gripper")
        # Set joint values for closed gripper position
        # Adjust these values based on your gripper
        self.gripper_group.set_joint_value_target([0.0, 0.0])
        self.gripper_group.go(wait=True)
        self.gripper_group.stop()

    def move_arm_to_pose(self, pose):
        self.get_logger().info(f"Moving arm to pose: {pose}")
        self.arm_group.set_pose_target(pose)
        success = self.arm_group.go(wait=True)
        self.arm_group.stop()
        self.arm_group.clear_pose_targets()
        return success

    def move_to_home(self):
        self.get_logger().info("Moving to home position")
        self.arm_group.set_named_target("home")
        self.arm_group.go(wait=True)
        self.arm_group.stop()
```

Pick and Place

```
def execute_pick_and_place(self):
        # Cancel the timer so this only runs once
        self.timer.cancel()

        try:
            # 1. Move to home position
            self.move_to_home()

            # 2. Open gripper
            self.open_gripper()

            # 3. Get object pose
            object_pose = self.get_object_pose()

            # 4. Move to pre-grasp position (slightly above object)
            pre_grasp_pose = Pose()
            pre_grasp_pose.position.x = object_pose.position.x
            pre_grasp_pose.position.y = object_pose.position.y
            pre_grasp_pose.position.z = object_pose.position.z + 0.15  # Above object
            pre_grasp_pose.orientation = object_pose.orientation
            self.move_arm_to_pose(pre_grasp_pose)

            # 5. Move to grasp position
            grasp_pose = Pose()
            grasp_pose.position.x = object_pose.position.x
            grasp_pose.position.y = object_pose.position.y
            grasp_pose.position.z = object_pose.position.z + 0.05  # Adjust based on object height
            grasp_pose.orientation = object_pose.orientation
            self.move_arm_to_pose(grasp_pose)

            # 6. Close gripper
            self.close_gripper()

            # 7. Attach object to gripper
            self.scene.attach_box("end_effector_link", "object")

            # 8. Move back to pre-grasp
            self.move_arm_to_pose(pre_grasp_pose)

            # 9. Move to place position
            place_pose = Pose()
            place_pose.position.x = 0.3
            place_pose.position.y = 0.3
            place_pose.position.z = 0.15  # Above table
            place_pose.orientation = object_pose.orientation
            self.move_arm_to_pose(place_pose)

            # 10. Lower to place position
            place_pose.position.z = 0.05  # On table
            self.move_arm_to_pose(place_pose)

            # 11. Open gripper
            self.open_gripper()

            # 12. Detach object
            self.scene.remove_attached_object("end_effector_link", "object")

            # 13. Move back up
            place_pose.position.z = 0.15
            self.move_arm_to_pose(place_pose)

            # 14. Return to home
            self.move_to_home()

            self.get_logger().info("Pick and place operation completed successfully")

        except Exception as e:
            self.get_logger().error(f"Error in pick and place: {str(e)}")
```

Pick and Place

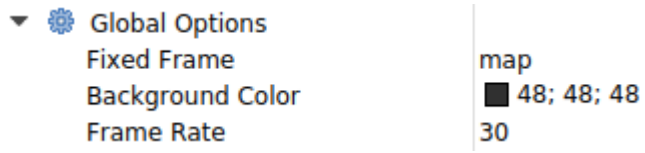
```
def get_object_pose(self):
    # In a real scenario, you would get the object pose from perception
    # Here, we'll use the known position from our scene
    object_pose = Pose()
    object_pose.position.x = 0.4
    object_pose.position.y = 0.0
    object_pose.position.z = 0.02

    # Set a valid orientation for grasping
    object_pose.orientation.x = 0.0
    object_pose.orientation.y = 0.0
    object_pose.orientation.z = 0.0
    object_pose.orientation.w = 1.0

    return object_pose
```

```
def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)

    pick_place_node = PickPlaceNode()

    rclpy.spin(pick_place_node)

    pick_place_node.destroy_node()
    rclpy.shutdown()


if __name__ == '__main__':
    main()
```

추가 자료

RVIZ2 Display 기능 설명

1. Global options



Fixed frame:

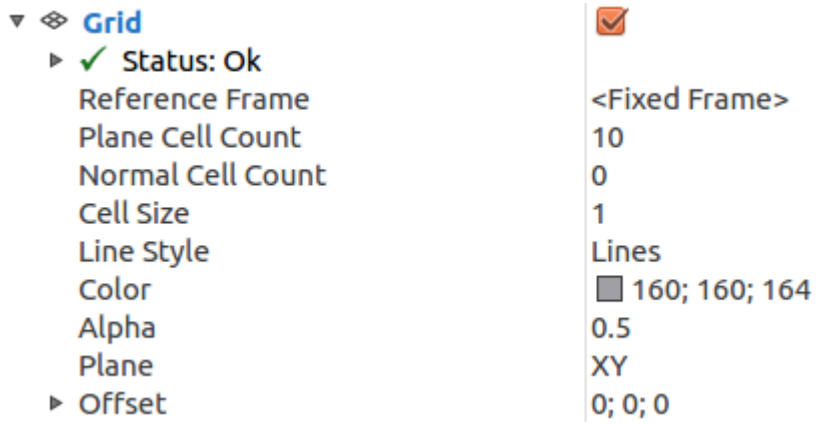
Indicates the name of the frame used as a reference for all the other frames.
You can select every frame available in the combo box.
map or odom are the best choices.

Frame rate:

The maximum frequency used to update the 3D view.
30 or 60 FPS are good values.
Available computational power should guide your decision.

RVIZ2 Display 기능 설명

2. Grid



Reference frame: The frame used as a reference for the grid coordinates (normally: <fixed_frame>)

Plane cell count: The size of the grid in cells

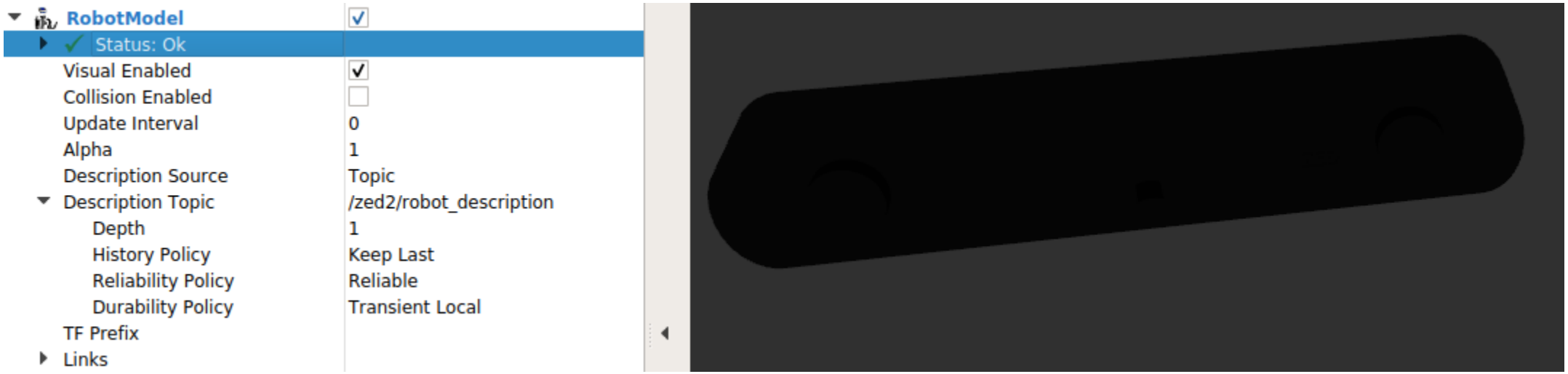
Normal cell count: The number of cells in the direction normal to the grid plane (normally: 0)

Cell size: Dimensions in meters of each grid cell
Plane: The two axes that identify the grid plane

RVIZ2 Display 기능 설명

3. Robot model

This plugin allows you to visualize the Robot Model according to its description from the URDF model.

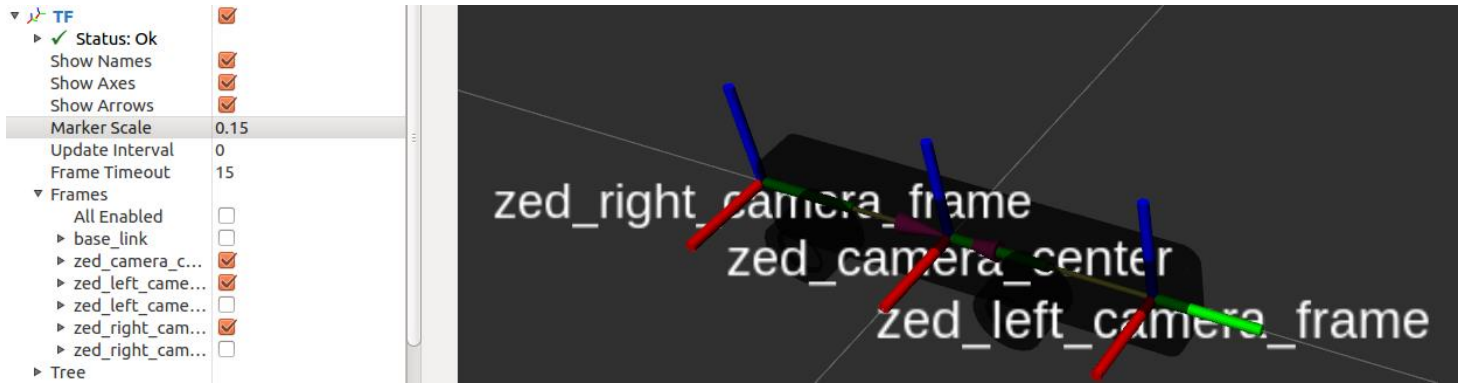


Visual enabled: Enable/disable the 3D visualization of the model
Description Source: You can choose between File and Topic.
At the moment of writing this guide the Topic option is not working as expected, so File is the right option
Description File: the URDF file that contains the Robot Description zed.urdf or zedm.urdf.

RVIZ2 Display 기능 설명

4. TF

This plugin allows you to visualize the position and orientation of all frames that compose the TF Hierarchy.



Show names: Enable/disable the 3D visualization of link names
Show axes: Enable/disable the 3D visualization of the axes of the frames
Show arrows: Enable/disable the 3D visualization of the arrows that connect the various frames
Marker Scale: Used to rescale all the TF objects to let them be more visible and less chaotic
Update interval: The update time in seconds. Leave at 0 to see each update

URDF - LINK

<link>는 시각화 <visual>, 충돌 <collision> , 관성<inertial>태그로 구성되어 있다.

common tag

<origin> - 원점 좌표

좌표는 xyz 좌표계를 통해 로봇의 위치를 3차원 공간 상에서 표현을 하고 ryz 오일러 각을 통해 로봇의 방향을 표현한다
단위는 xyz (meter), rpy (radian)을 사용한다
<visual>

<geometry> 태그는 origin 좌표 중심으로 표시 범위와 모양과 크기를 적는다

모델의 모양 입력은 box, cylinder, sphere 형태를 기본으로 제공한다
표현하기 어려운 모델인 경우에는 STL, DAE등의 CAD 파일을 입력할 수도 있다

URDF - LINK

<collision>

<collision> 태그에는 링크의 간섭 범위를 나타내는 정보를 입력
<origin> 와 <geometry> 태그는 위에서 언급한 내용과 동일한데 표시 범위가 아닌 간섭 범위로 <visual> 태그의 표시 범위보다 더 크게하여 안전을 더 고려할 수도 있다

<inertial>
물리적 속성인 질량과 관성 텐서 (inertial tensor) 값을 지정
<mass> 태그는 링크의 무게 (mass, 단위: kg)
<inertia> 태그는 관성 모멘트 (moments of inertia, 단위:kg·m^2)는 3x3 회전 관성 행렬로 정의.
대칭이라서 아래 밑줄친 것만 정의를 한다

ixx	ixy	ixz
ixy	iyy	iyz
ixz	iyz	izz

URDF - LINK

<material> 태그는 링크의 색상(color)이나 텍스처(texture)를 지정하는 데 사용

<rgba> 태그로 색상을 지정한다

빨강, 초록, 파랑에 해당하는 0.0 ~ 1.0 사이의 숫자를 각각 기입하여 설정

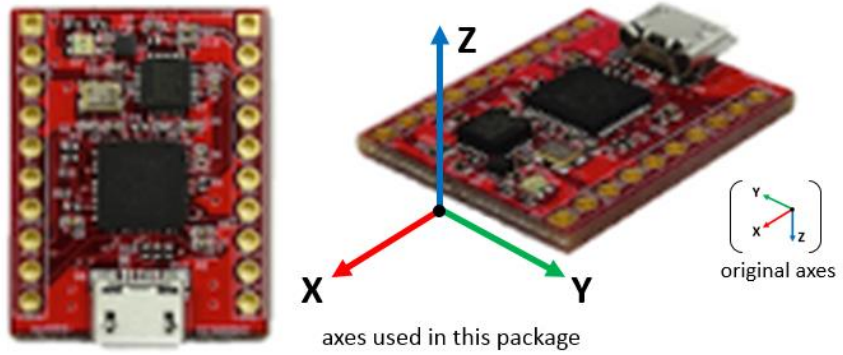
마지막 숫자는 투명도(알파)로 0.0 ~ 1.0 값을 가지며 1.0 이면 투명 옵션을 사용하지 않은 고유 색상을 그대로 표시하는 상태를 의미

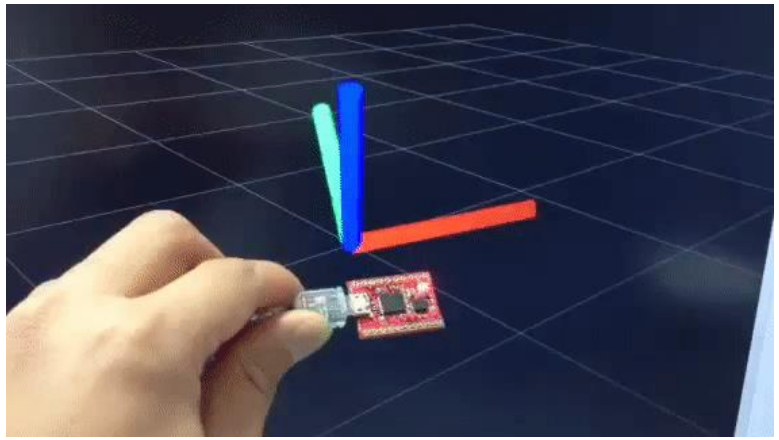
<texture> 텍스쳐는 파일(ex.png)로 지정

센서 정보 시각화 - IMU

AHRS는 **Attitude and Heading Reference System의 약자**로, 세 축으로 나타낼 수 있는 센서로 이루어져 있어 **Roll, Pitch, Yaw의 정보**를 수집하는 센서이다. 이는 각각 3축의 **자이로스코프(각속도계), 가속도계, 자기계 센서**가 MEMS(microelectromechanical systems)로 실리콘 기판 위에 집적화된 것이다.

3축 gyroscope(16bit), 3축 acclerometer(16bit), 3축 magnetometer(13bit)로 이루어진 AHRS로, USB 포트에 꽂아 사용한다.
해당 기기는 축으로 NED 타입을 사용하여, IMU에선 자북에 대해 x(north), y(east), z(down)으로 표기한다.





센서 정보 시각화 - IMU

(1) 설치

GitHub에서 myAHRS의 드라이버 패키지를 내려받아 설치.

$ cd ~/catkin_ws/src

$ git clone https://github.com/robotpilot/myahrs_driver.git

$ catkin_make

(2) 작동

USB로 기기를 컴퓨터에 연결한다.

USB 포트 이름을 확인한다.

보통 허브 없이 바로 USB-5pin 케이블로 컴퓨터에 연결하면 ttyACM0로 뜬다.

$ ls /dev/tty*

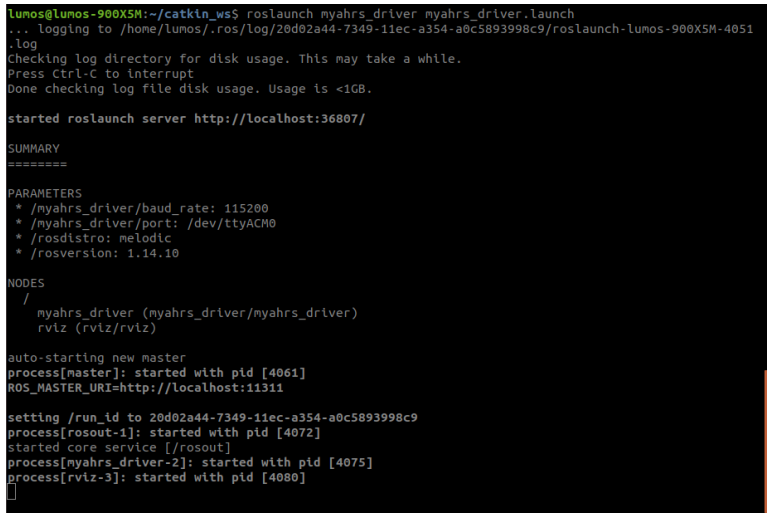
기기에 실행 권한을 부여.

$ sudo chmod 777 /dev/tty*

기기를 작동시킨다.

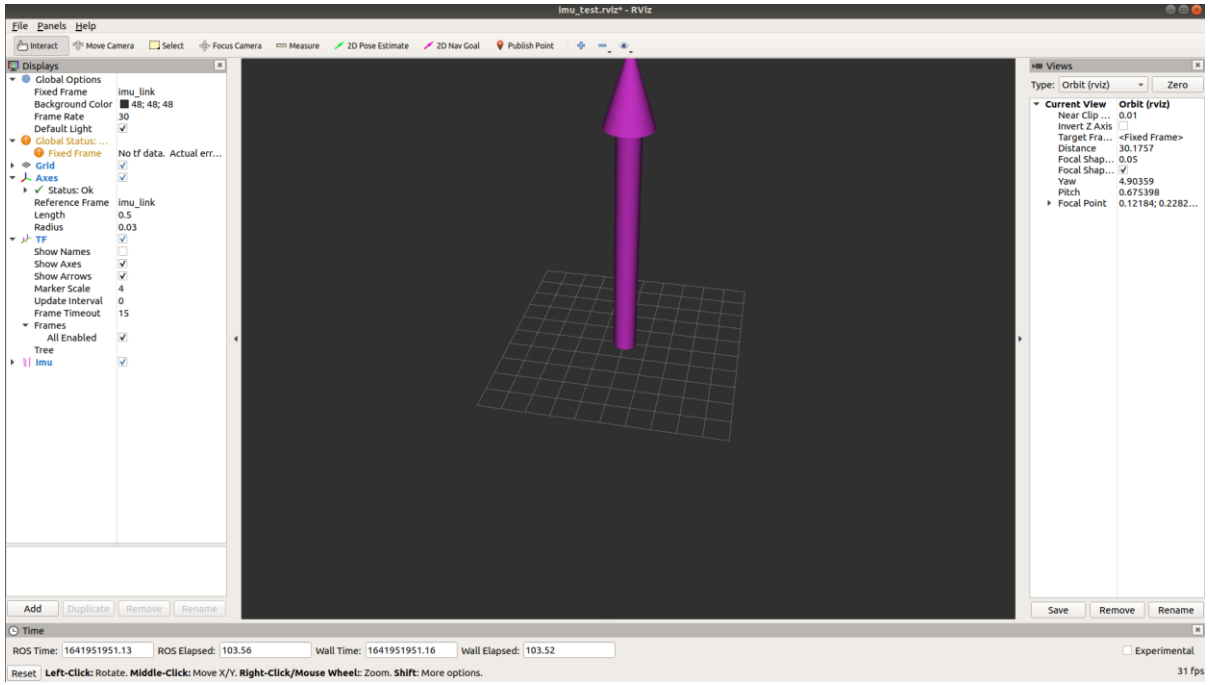
만약 포트 관련 에러가 난다면 myahrs_driver.launch 파일의 파라미터에서
포트 이름을 위에서 조회한 이름(ttyACM1 등)으로 변경해주어야 한다.

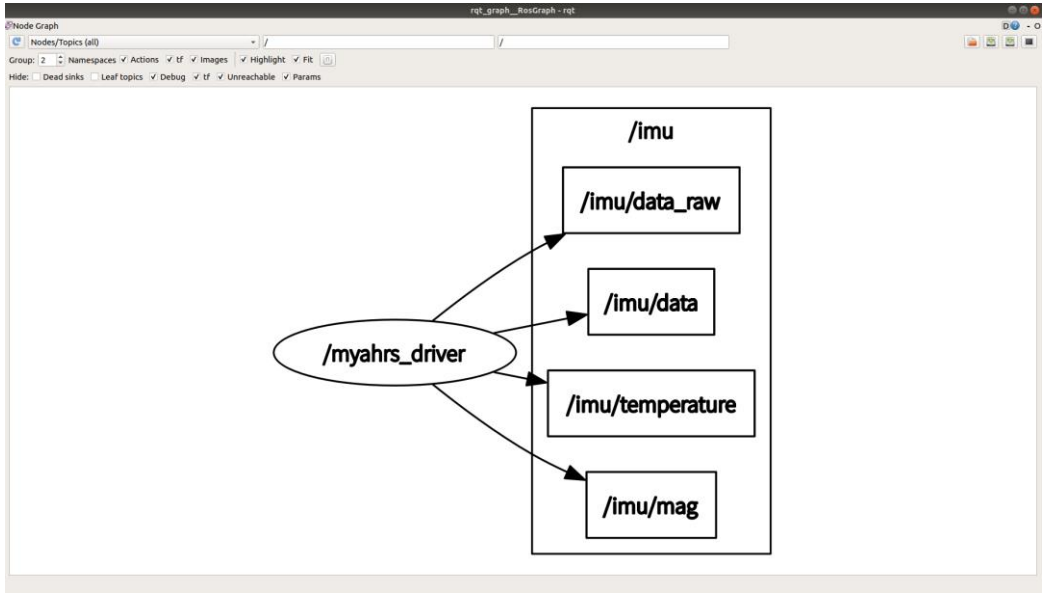
$ roslaunch myahrs_driver myahrs_driver.launch # lauch 파일로, Rviz도 함께 실행.



센서 정보 시각화 - IMU

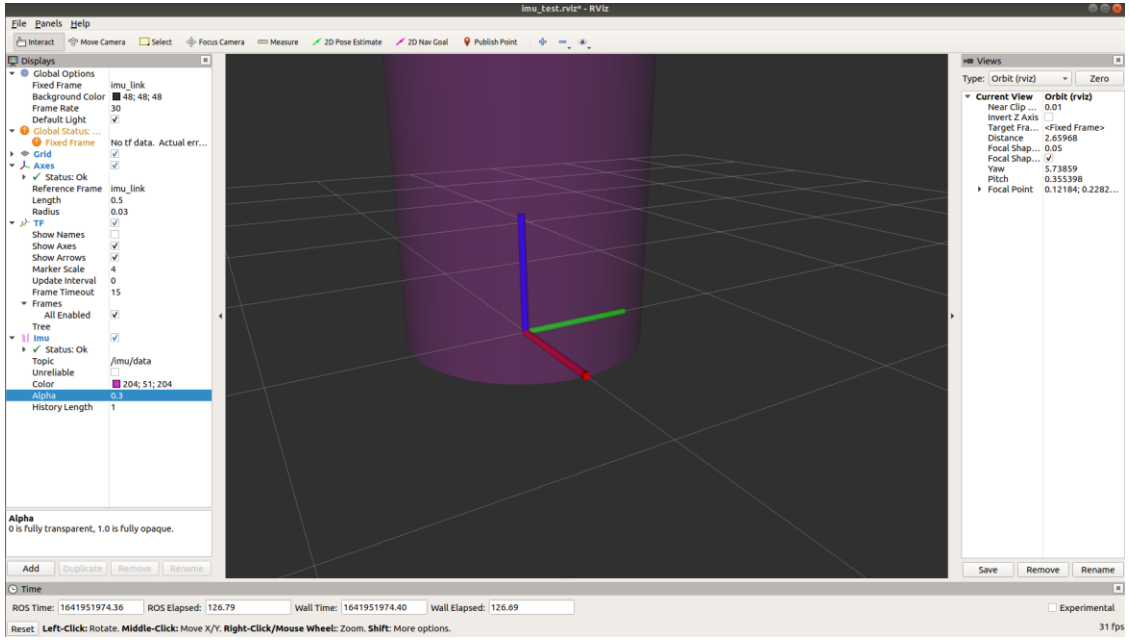
Rviz로 축을 확인한다. Rviz는 launch 파일 실행과 동시에 함께 켜질 것이다.
좌측에서 Axes, Imu의 체크박스를 각각 선택하면 아래 사진처럼 크게 분홍색 화살표가 보일 것이다.
현재 IMU가 가리키고 있는 방향이다.





센서 정보 시각화 - IMU

IMU화살표가 너무 커서 축이 잘 보이지 않는다. Imu의 옵션에서 Alpha 값을 0.3 정도로 조정하면 축이 보일 것이다.



토픽	자료형	내용
imu/data_raw	sensor_msgs/Imu	각속도와 가속도에 대한 raw 데이터
imu/data	sensor_msgs/Imu	orientation, 각속도, 가속도 데이터
imu/mag	sensor_msgs/MagneticField	지자기계 데이터
imu/temperature	std_msgs/Float64	온도 데이터

센서 정보 시각화 - 카메라

필요한 라이브러리 임포트
- •rclpy: ROS 2의 Python 클라이언트 라이브러리
- •sensor_msgs.msg: 카메라 이미지를 위한 ROS 2 메시지 타입
- •cv_bridge: OpenCV 이미지와 ROS 이미지 메시지 간 변환을 위한 라이브러리
- •cv2: OpenCV 라이브러리

•CameraPublisher 클래스 정의:
- •ROS 2의 Node 클래스를 상속받아 새로운 노드를 정의합니다.

•__init__ 메서드:
- •create_publisher를 사용하여 'camera/image_raw' 토픽에 Image 메시지를 퍼블리시하는 퍼블리셔를 생성합니다.
- •create_timer를 사용하여 0.1초마다 (10Hz) timer_callback 메서드를 호출하는 타이머를 설정합니다.
- •CvBridge 객체를 생성하여 OpenCV 이미지와 ROS 메시지 간 변환을 준비합니다.
- •cv2.VideoCapture(0)로 기본 카메라를 엽니다.

•timer_callback 메서드:
- •cap.read()로 카메라에서 프레임을 읽습니다.
- •프레임 읽기에 성공하면, cv_bridge.cv2_to_imgmsg를 사용하여 OpenCV 이미지를 ROS Image 메시지로 변환합니다.
- •변환된 메시지를 퍼블리시합니다.
- •로그 메시지를 출력합니다.

•__del__ 메서드:
- •객체가 삭제될 때 카메라 리소스를 해제합니다.

•main 함수:
- •ROS 2 시스템을 초기화합니다.
- •CameraPublisher 노드를 생성하고 실행합니다.
- •노드가 종료되면 정리 작업을 수행합니다.

센서 정보 시각화 - 카메라

publisher (ROS2 humble)

```
import rclpy
from rclpy.node import Node
from sensor_msgs.msg import Image
from cv_bridge import CvBridge
import cv2

class CameraPublisher(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('camera_publisher')
        self.publisher_ = self.create_publisher(Image, 'camera/image_raw', 10)
        self.timer = self.create_timer(0.1, self.timer_callback)  # 10Hz
        self.cv_bridge = CvBridge()
        self.cap = cv2.VideoCapture(0)  # 0은 기본 카메라를 의미합니다

    def timer_callback(self):
        ret, frame = self.cap.read()
        if ret:
            msg = self.cv_bridge.cv2_to_imgmsg(frame, "bgr8")
            self.publisher_.publish(msg)
            self.get_logger().info('Publishing camera frame')

    def __del__(self):
        self.cap.release()

def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    camera_publisher = CameraPublisher()
    rclpy.spin(camera_publisher)
    camera_publisher.destroy_node()
    rclpy.shutdown()

if __name__ == '__main__':
    main()
```

센서 정보 시각화 - 카메라

https://github.com/ANI717/ros2_camera_publish

subscriber (ROS2 humble)

```
import rclpy
from rclpy.node import Node
from rclpy.qos import QoSProfile
from sensor_msgs.msg import CompressedImage
import numpy as np
import cv2
from cv_bridge import CvBridge
import base64

# 이미지 메시지 데이터를 어레이 형태로 변환
bridge = CvBridge()

class ImageSubscriber(Node) :
  def __init__(self) :
    super().__init__('image_sub')
    qos = QoSProfile(depth=10)
    self.image_sub = self.create_subscription(
      CompressedImage, # 임포트 된 메시지 타입
      '/camera/image/compressed', # 토픽리스트에서 조회한 토픽 주소
      self.image_callback, # 정의한 콜백함수
      qos)
    self.image = np.empty(shape=[1])

  def image_callback(self, msg) :
    img = bridge.compressed_imgmsg_to_cv2(msg)
    cv2.imshow('ros_img', img)
    cv2.waitKey(100)

def main(args=None) :
  rclpy.init(args=args)
  node = ImageSubscriber()

  try :
    rclpy.spin(node)
  except KeyboardInterrupt :
    node.get_logger().info('Stopped by Keyboard')
  finally :
    node.destroy_node()
    rclpy.shutdown()


if __name__ == '__main__' :
  main()
```

라이다 센서 실습

YDLIDAR 라이다 설치

ROS2 드라이버 설치

```
$ cd ~/ros2_ws/src/
$ git clone https://github.com/YDLIDAR/YDLidar-SDK.git
$ git clone https://github.com/YDLIDAR/ydlidar_ros2_driver.git
```

```
$ cd YDLidar-SDK
$ mkdir build
$ cd build
$ cmake ..
$ make
$ sudo make install
```

```
$ cd ~/ros2_ws
$ colcon build --symlink-install
```

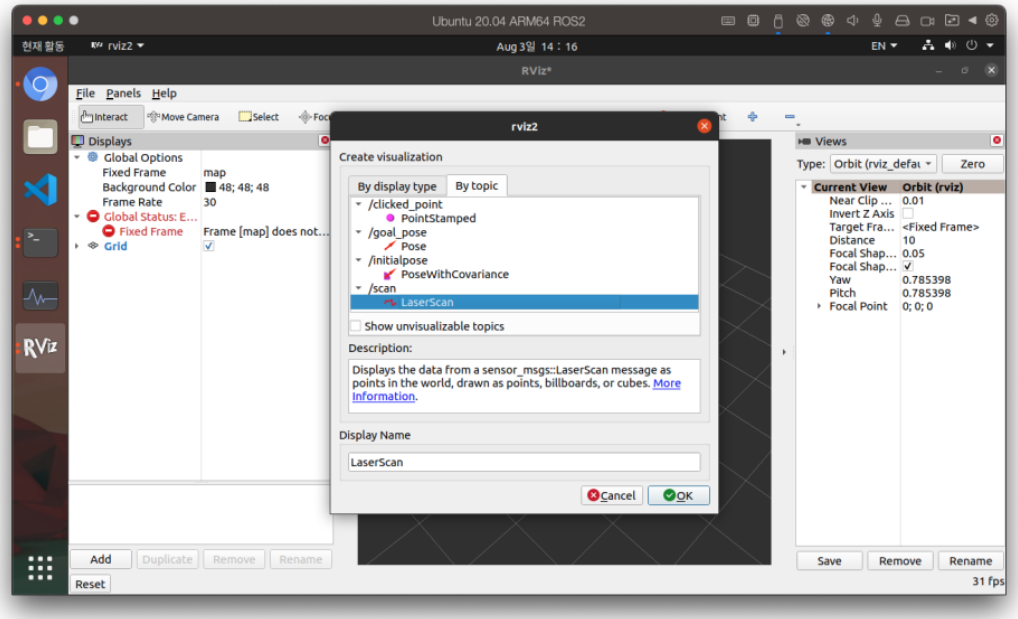
YDLIDAR 라이다 실행

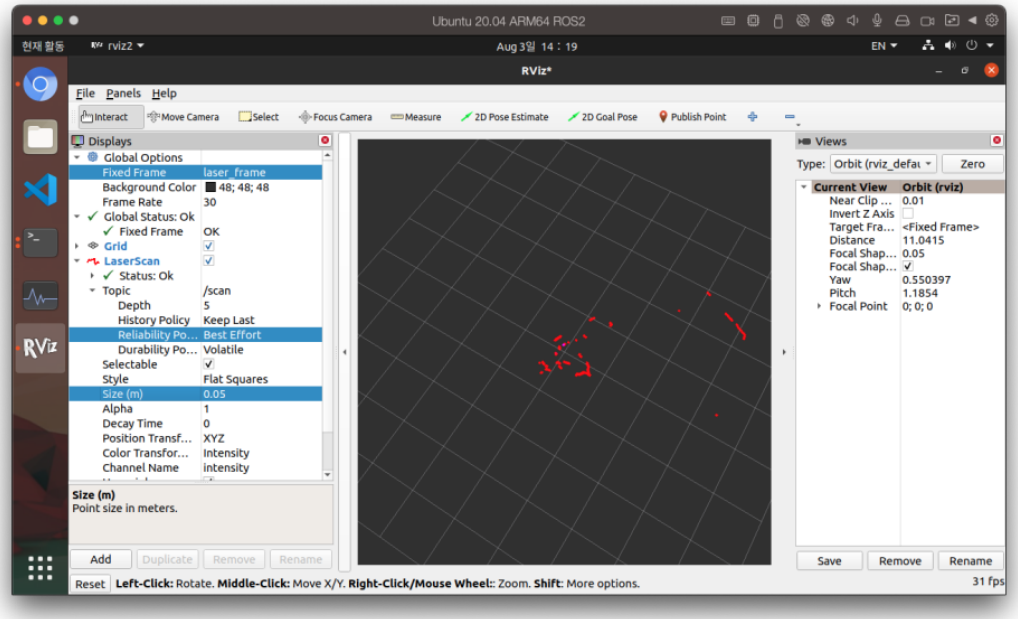
```
$ ros2 run ydlidar_ros2_driver ydlidar_ros2_driver_node --ros-args --param port:=/dev/ttyUSB0 --ros-
args --param frame_id:=laser_frame --ros-args --param baudrate:=128000 --ros-args --param
lidar_type:=1 --ros-args --param device_type:=0 --ros-args --param sample_rate:=9 --ros-args --param
abnormal_check_count:=4 --ros-args --param resolution_fixed:=true --ros-args --param reversion:=true
--ros-args --param inverted:=true --ros-args --param auto_reconnect:=true --ros-args --param
isSingleChannel:=false --ros-args --param intensity:=false --ros-args --param
support_motor_dtr:=true --ros-args --param angle_max:=180.0 --ros-args --param angle_min:=-180.0 --
ros-args --param range_max:=64.0 --ros-args --param range_min:=0.01 --ros-args --param
frequency:=10.0 --ros-args --param invalid_range_is_inf:=false
```

```
$ cd ~/ros2_ws/src/
$ git clone https://github.com/mechasolution/ydlidar_x4_example.git
```

센서 정보 시각화 - 라이다

rviz2





RPLidar 라이다

1. 장치명 확인

먼저 RPLIDAR를 Jetson에 연결하여 /dev/rplidar가 있는지 확인해주세요.

```
$ ll /dev/rp*
$ /dev/rplidar -> ttyUSB1
```

2. Slamtec rplidar_ros 설치

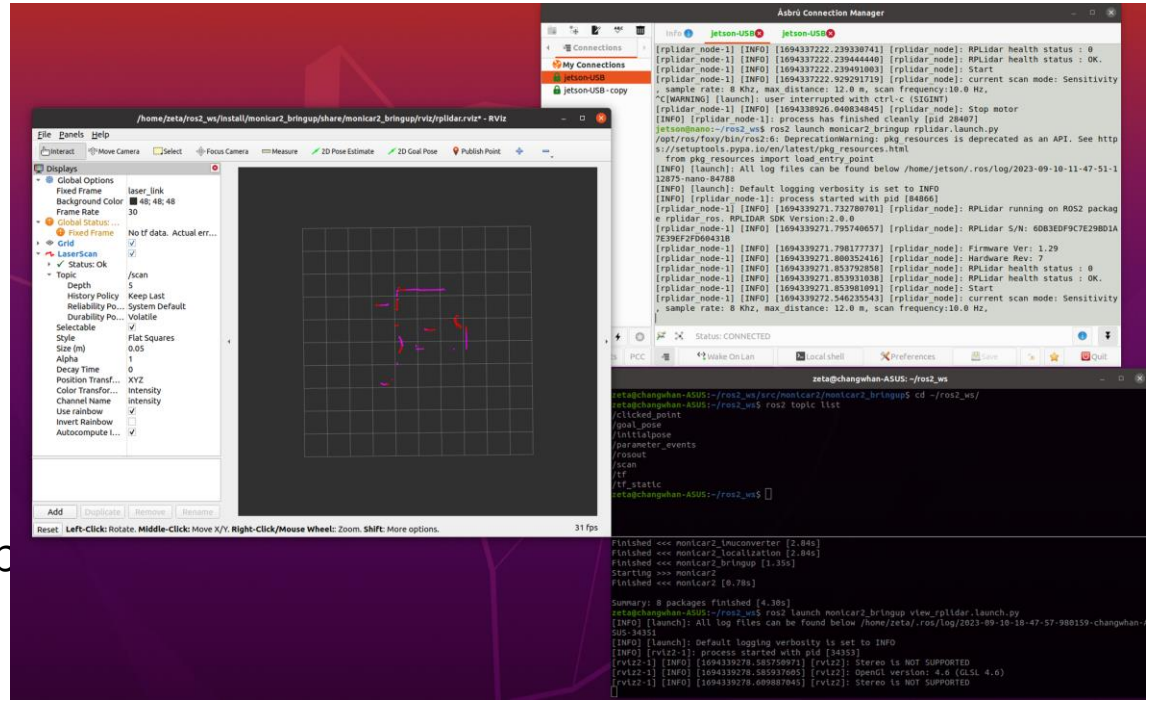
rplidar_ros github에서 ros2 branch를 다운로드한 후 빌드합니다.

```
$ cd ~/ros2_ws/src
$ git clone -b ros2
https://github.com/Slamtec/rplidar_ros.git
$ cd ..
$ cbp rplidar_ros
```

RPLidar

3. RVIZ2로 동작 확인
3.1 SBC에서 rviz 실행

#terminal #1
$ ros2 launch monicar2_bringup rplidar_all.launch.py



3.2 PC에서 rviz 실행
remote 환경이 제대로 설정되어야합니다.

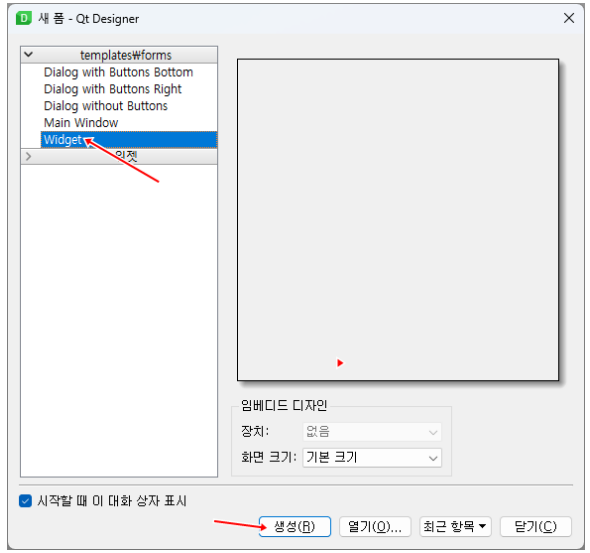
#terminal #1
$ ros2 launch monicar2_bringup rplidar.launch.py

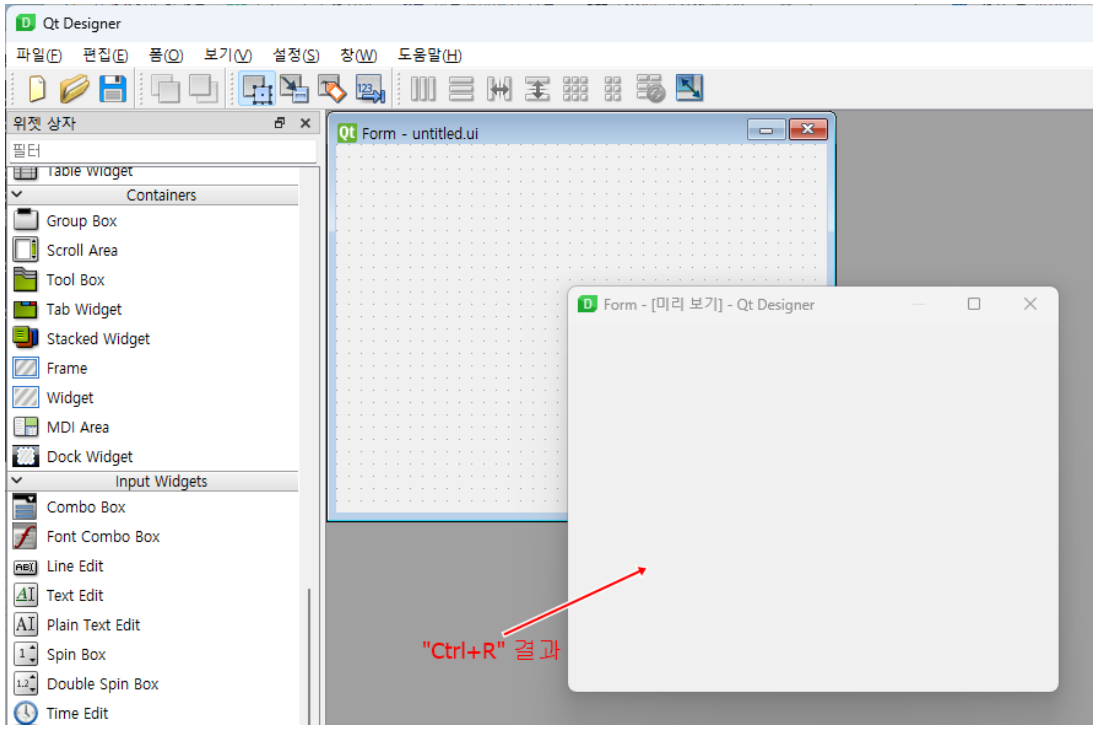
#terminal #2, PC에서 실행
$ ros2 launch monicar2_bringup view_rplidar.launch.p

PyQT5

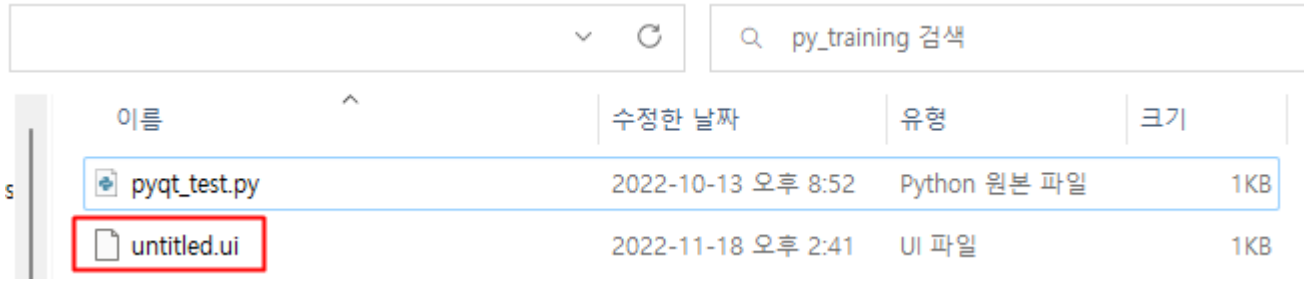
파이썬에서는 기본적으로 tkinter 이라는 GUI 모듈을 제공하고 있습니다.

pip install PyQt5
pip install pyqt5-tools





PyQT5




```
import sys
from PyQt5.QtWidgets import *
from PyQt5 import uic

form_class = uic.loadUiType("untitled.ui")[0]

class MyWindow(QMainWindow, form_class):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setupUi(self)

if __name__ == "__main__":
    app = QApplication(sys.argv)
    myWindow = MyWindow()
    myWindow.show()
    app.exec_()
```

PyQT5

```
import sys
import time
from PyQt5.QtCore import QThread, pyqtSignal
from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QMainWindow, QPushButton, QLabel,
QVBoxLayout, QWidget

class WorkerThread(QThread):
    # 작업이 완료되었을 때 발생하는 시그널
    finished = pyqtSignal(str)

    def run(self):
        # 오래 걸리는 작업을 여기에 수행
        time.sleep(3)  # 예를 들어, 3초 동안 대기하는 작업
        result = "작업 완료!"

        # 작업이 끝나면 시그널로 결과를 전달
        self.finished.emit(result)

class MainWindow(QMainWindow):
    def __init__(self):
        super().__init__()

        # UI 구성
        self.setWindowTitle("QThread 예제")
        self.resize(300, 150)

        self.label = QLabel("버튼을 눌러 작업 시작", self)
        self.label.setAlignment(Qt.AlignCenter)

        self.button = QPushButton("작업 시작", self)
        self.button.clicked.connect(self.start_thread)

        layout = QVBoxLayout()
        layout.addWidget(self.label)
        layout.addWidget(self.button)

        container = QWidget()
        container.setLayout(layout)
        self.setCentralWidget(container)

    def start_thread(self):
        # 백그라운드 작업을 위한 스레드 생성
        self.thread = WorkerThread()
        self.thread.finished.connect(self.update_label)
        self.thread.start()

    def update_label(self, result):
        # 스레드 작업이 끝나면 레이블 업데이트
        self.label.setText(result)

def main():
    app = QApplication(sys.argv)
    window = MainWindow()
    window.show()
    sys.exit(app.exec_())

if __name__ == "__main__":
    main()
```

수고하셨습니다.