협동로봇 프로젝트 수행

Version	V2.0
최종수정일	2025.03.03
작성자	김루진 강사

차동 이동 로봇 URDF - 1

학습 목표

URDF (Unified Robot Description Format) 학습 목표

- URDF의 기본 구조와 문법 이해
- 링크(link)와 조인트(joint) 정의 방법 습득
- 시각적 요소(visual)와 충돌(collision) 속성 설정
- 관성(inertial) 속성 정의 방법
- URDF 파일 검증 및 디버깅 방법

로봇 모델링 , URDF 실습

차동 구동 로봇(Differential Drive Robot)

1. URDF Package 생성하기

```
$ mkdir -p ~/urdf_ws/src
$ cd ~/urdf_ws/src
$ ros2 pkg create --build-type ament_python urdf_tutorial
```

- XML 형식의 로봇 모델 정의
- Xacro 매크로를 사용하여 파라메터화 및 코드 재사용성 향상

2. 연관 폴더 만들기

```
$ cd urdf_tutorial
$ mkdir urdf
$ mkdir launch
```

- 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]),
        (os.path.join('share', package_name, 'launch'), glob('launch/*.launch.py')),
        (os.path.join('share', package_name, 'urdf'), glob('urdf/*.xacro')),
        (os.path.join('share', package_name, 'urdf'), glob('urdf/*.urdf')),
    ],
    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': [
        ],
    },
)
```

*.urdf 도 추가하세요.

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: 로봇의 메인 본체 (직육면체)
- Wheels: 왼쪽과 오른쪽 바퀴 (원통형)
- Joints: 바퀴와 베이스를 연결하는 조인트

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

•차동 구동 메커니즘: 두 바퀴가 독립적으로 제어 가능
•Gazebo 호환 플러그인 내장
•물리적 특성(질량, 관성) 정의
•ROS 호환 설계

로봇 패키지 만들기 실습

5. 런치파일 만들기

로봇 시스템의 노드, 파라미터, 액션 등을 설정하는 데 사용

'src/urdf_tutorial/launch/robot_1.launch.py' 파일을 만들고 아래와 같이 편집, 2가지 방법

```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])
    ])
```

```python
def generate_launch_description():
    # 런치 설명자 생성
    ld = LaunchDescription()

    # 노드 추가
    node1 = Node(
        package='package_name',
        executable='node_executable',
        name='node_name'
    )
    ld.add_action(node1)

    return ld
```

a) `LaunchDescription()`:
- 모든 런치 액션을 포함하는 컨테이너
- 노드, 프로세스, 조건 등을 추가 가능

b) `Node()`:
- ROS 노드 실행 설정
- 패키지, 실행 파일, 이름, 파라미터 지정

c) `DeclareLaunchArgument()`:
- 런치 시 동적으로 인자 전달 가능
- 기본값과 설명 제공

d) `ExecuteProcess()`:
- 외부 프로세스 실행 (Gazebo 등)

e) 조건부 실행:
- `IfCondition()`: 조건이 참일 때 실행
- `UnlessCondition()`: 조건이 거짓일 때 실행

로봇 패키지 만들기 실습

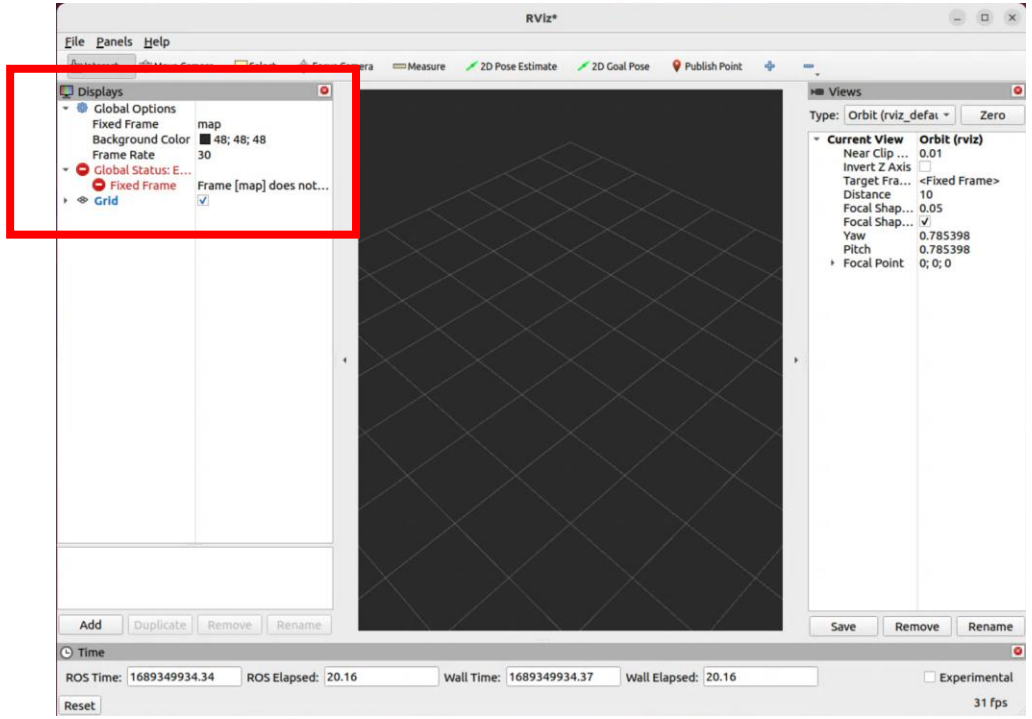
6. 빌드 및 소싱

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

```
$ cd ~/urdf_ws
$ 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

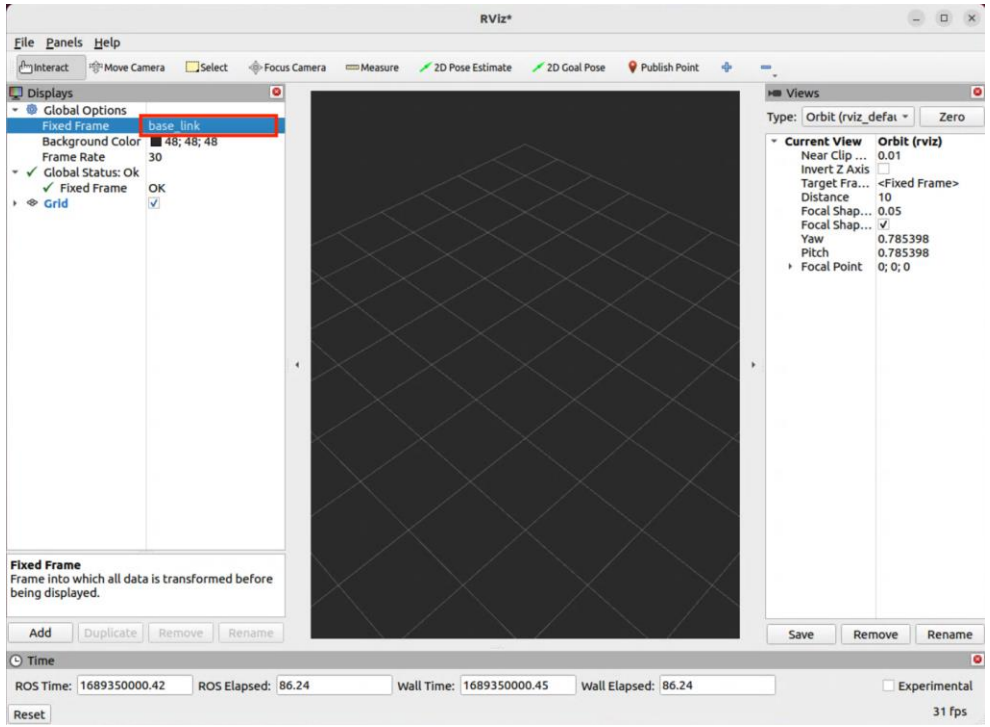
```
$ cd ~/urdf_ws
$ source install/setup.bash
$ rviz2
```



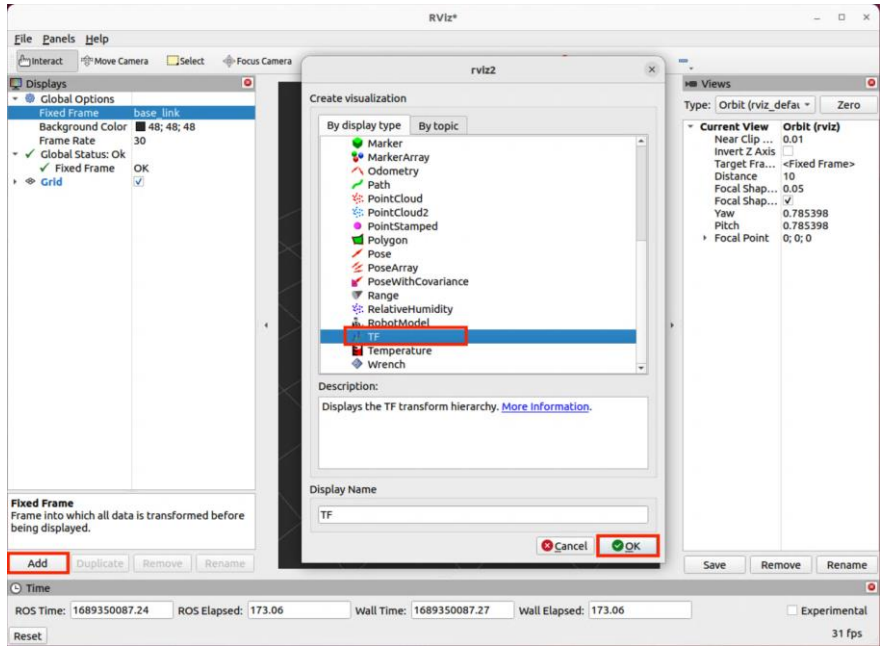
로봇 패키지 만들기 실습

8. rviz2 설정

Display > Global Option > ‘Fixed Frame’을 ‘base_link’로 변경



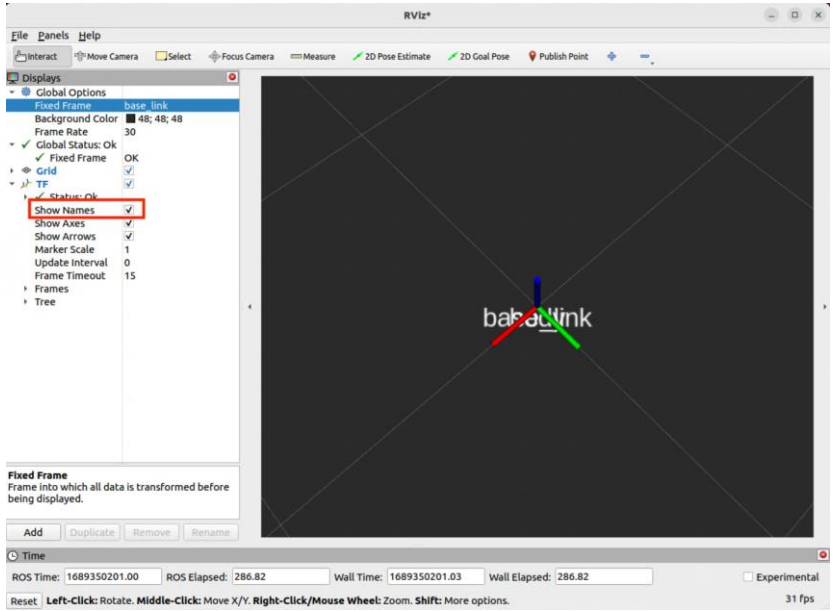
왼쪽 하단의 ‘Add’ > ‘TF’ > ‘Ok’



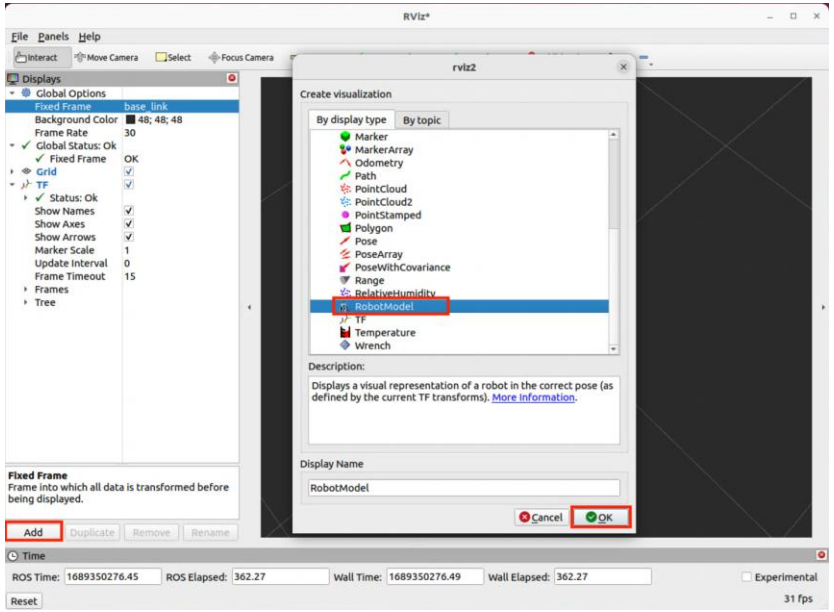
로봇 패키지 만들기 실습

9. TF 보기

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



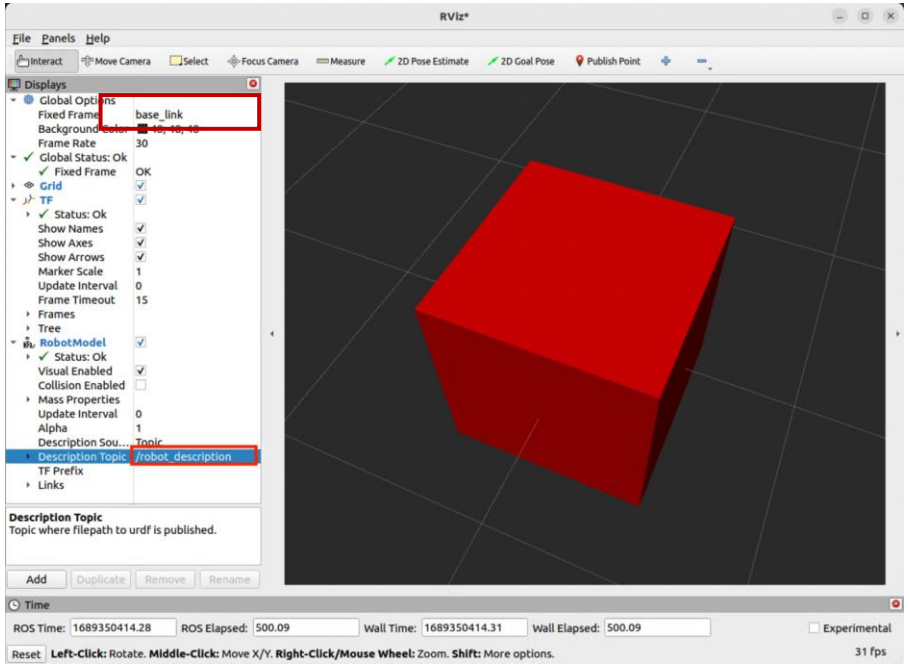
왼쪽 하단의 'Add' > 'RobotModel' > 'Ok'



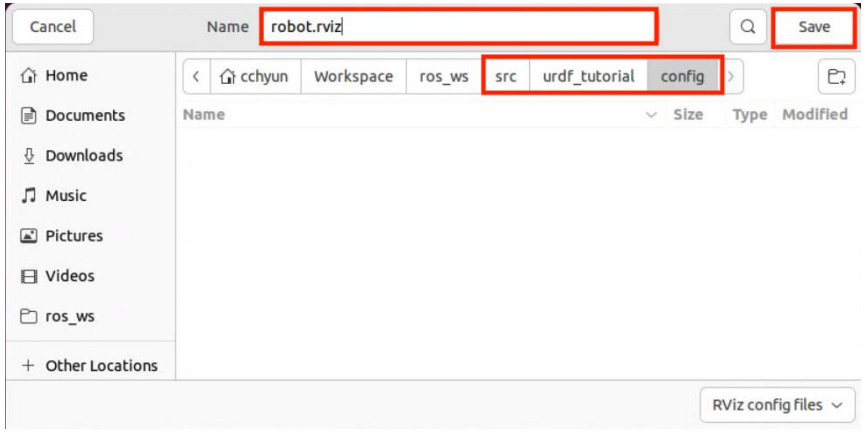
로봇 패키지 만들기 실습

10. 로봇 모델 보기

RobotModel의 하위 항목 중 ‘Description Topic’을 ‘/robot_description’으로 변경



'File' 메뉴에서 'Save Config As'를 선택

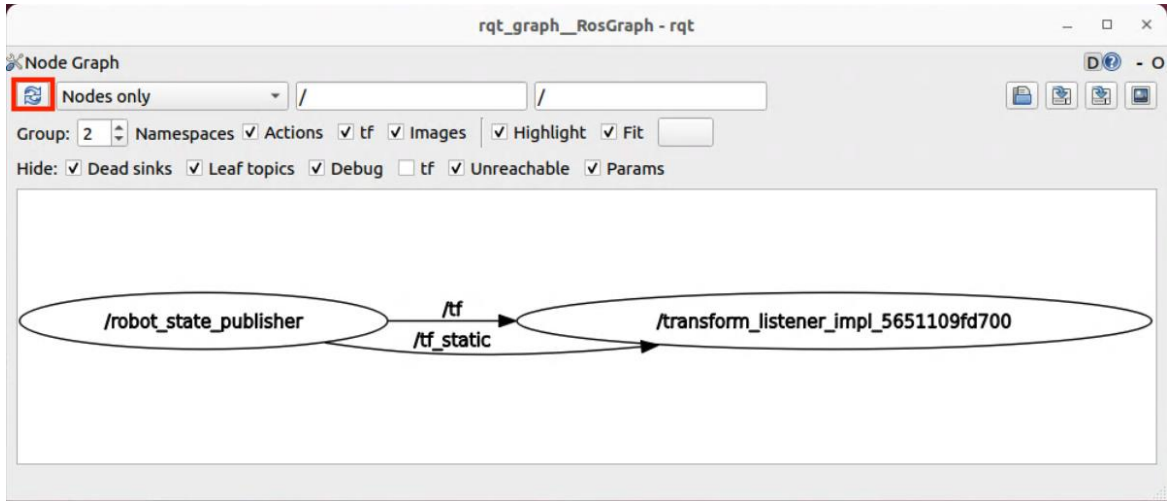


로봇 패키지 만들기 실습

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

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

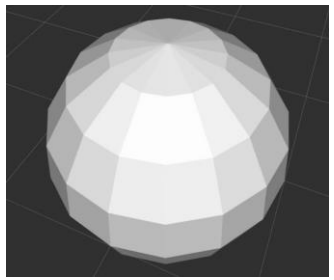
변경된 값을 반영하기 위해 첫 번째 터미널에서
'CTRL+C' 키를 입력해서 ROS2를 종료한 후 명령을 수행

로봇 패키지 만들기 실습

12. 바디를 원통형(cylinder)로 변경

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

```
<!-- 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"/> -->
            <cylinder radius="1" length="0.5"/>
        </geometry>
        <material name="white"/>
    </visual>
</link>
```



왜 완전한 원이 아닐까?

geometry 태그는 로봇의 각 링크(link)의 모양과 충돌 모델을 정의

Box (상자)

```
<geometry>
  <box size="x y z"/>
</geometry>
```

Cylinder (원기둥)

```
<geometry>
  <cylinder radius="r" length="l"/>
</geometry>
```

Sphere (구체)

```
<geometry>
  <sphere radius="r"/>
</geometry>
```

Mesh (메쉬)

```
<geometry>
  <mesh filename="path_to_mesh" scale="x y z"/>
</geometry>
```

로봇 패키지 만들기 실습

13. 시각적 표현과 충돌 모델의 분리

URDF에서 visual 태그와 collision 태그 안에 별도로 geometry를 정의

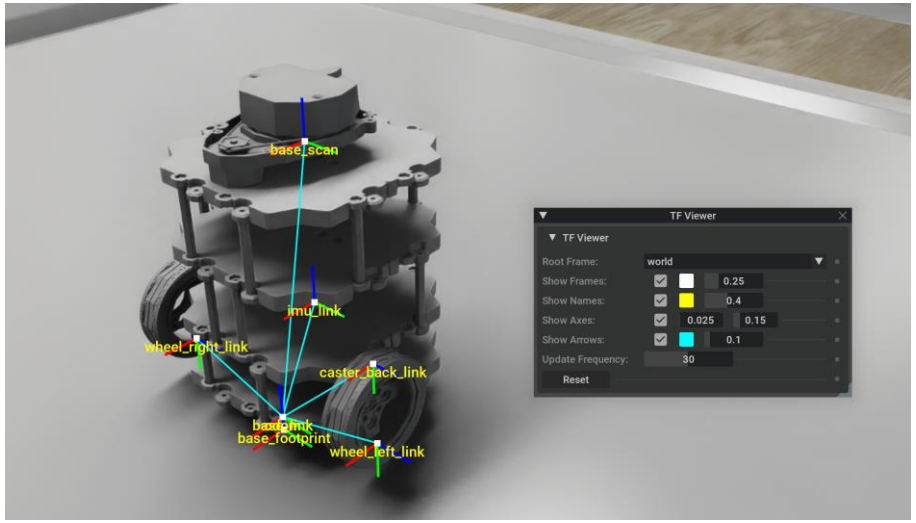
예를 들어, 시각적으로는 메쉬를 사용하지만, 충돌 모델은 간단한 Box로 정의 가능.

STL 파일 준비:
- mesh를 사용할 때는 .stl 또는 .dae 파일이 필요
- Blender, SolidWorks, FreeCAD 등에서 3D 모델을 생성.

TF2(Transfor Framework)2

TF2가 필요한 이유

1.로봇 시스템의 좌표계 관리
- •로봇은 여러 센서(라이다, 카메라, IMU 등)와 부품(바퀴, 관절 등)이 있으며, 각각은 서로 다른 위치에 장착
- •각 부품과 센서의 위치 관계를 수학적으로 표현하고 관리
- •TF2는 이러한 좌표계 변환을 자동으로 처리해주는 프레임워크



2.시간 동기화
- •센서 데이터는 각각 다른 시간에 수집됩니다
- •TF2는 시간에 따른 좌표계 변환을 자동으로 보간 처리

https://with-rl.tistory.com/entry/ROS2-Transformation-System-TF2

SLAM에서 TF2의 필요성

- SLAM을 구현하는데 TF2는 필수적
- 정확한 좌표계 변환 없이는 센서 데이터를 올바르게 통합할 수 없고, 결과적으로 정확한 지도 생성과 위치 추정이 불가능

1.센서 데이터 통합
- •SLAM은 여러 센서의 데이터를 통합하여 지도를 생성하고 로봇의 위치를 추정.
- •서로 다른 센서의 데이터를 하나의 좌표계로 변환해야 정확한 매핑이 가능.

2.로봇의 이동 추적
- •base_link(로봇 중심)와 odom(주행 기준) 간의 변환
- •map과 odom 사이의 변환
- •이러한 변환들은 SLAM의 핵심 요소입니다

3.센서 캘리브레이션
- •라이다나 카메라의 실제 장착 위치를 정확히 반영해야 합니다
- •TF2를 통해 센서의 위치 관계를 정의하고 관리할 수 있습니다

TF2, Map과 Odom 변환

"로봇이 생각하는 자신의 위치"와 "로봇의 실제 위치" 사이의 차이를 계산하고 보정하는 과정

1.각 프레임의 의미
- •map 프레임:
  - ✓ 절대적인 세계 좌표계
  - ✓ 로봇이 작동하는 전체 환경의 기준점
  - ✓ 시간이 지나도 변하지 않는 고정된 좌표계
- •odom 프레임
  - ✓ 로봇이 처음 시작한 위치를 기준으로 하는 좌표계
  - ✓ 주로 휠 엔코더나 IMU 등의 센서로부터 계산
  - ✓ 시간이 지날수록 오차가 누적되는 특징

2.변환이 필요한 이유
- •로봇이 출발점에서 1m 전진했다고 가정해보겠습니다
- •odom 프레임에서는 정확히 1m 이동했다고 측정
- •하지만 실제 map 프레임에서는 바닥이 미끄러워서 0.9m만 이동 시
  - => 이러한 차이를 보정하기 위해 map과 odom 사이의 변환이 필요

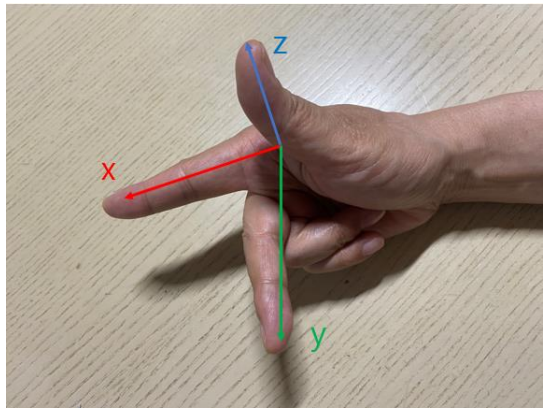
3.SLAM에서의 역할
- •SLAM은 지속적으로 map과 odom 사이의 변환을 계산
- •이를 통해 오도메트리의 누적 오차를 보정
- •결과적으로 로봇의 실제 위치(map 프레임)를 정확하게 추정

차동 이동 로봇 URDF - 2

로봇 패키지 만들기 실습

1. ROS 로봇 좌표계

위치에 대한 표현은 x, y, z 3개의 좌표로 표현



a) base_link 프레임
- 로봇의 기준 좌표계
- 로봇의 중심점을 원점으로 설정
- 모든 로봇 부품의 상대적 위치 정의

b) odom 프레임
- 전역 고정 좌표계
- 로봇의 초기 위치를 원점으로 설정
- 누적 이동 거리 추적

c) map 프레임
- 환경의 전체 지도 좌표계
- SLAM에서 중요한 좌표계
- 절대 좌표 제공

```
# SLAM 좌표 변환
map_to_odom = TransformStamped()
map_to_odom.header.frame_id = 'map'
map_to_odom.child_frame_id = 'odom'
```

로봇 패키지 만들기 실습

2. src/urdf_tutorial/urdf/robot_2.xacro

```xml
<?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>

    <!-- 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>
    </link>

</robot>
```

package.xml

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

  <buildtool_depend>ament_cmake</buildtool_depend>

  <depend>xacro</depend>
  <depend>joint_state_publisher</depend>
  <depend>joint_state_publisher_gui</depend>
  <depend>robot_state_publisher</depend>

  <test_depend>ament_lint_auto</test_depend>
  <test_depend>ament_lint_common</test_depend>

  <export>
    <build_type>ament_cmake</build_type>
  </export>
</package>
```

로봇 패키지 만들기 실습

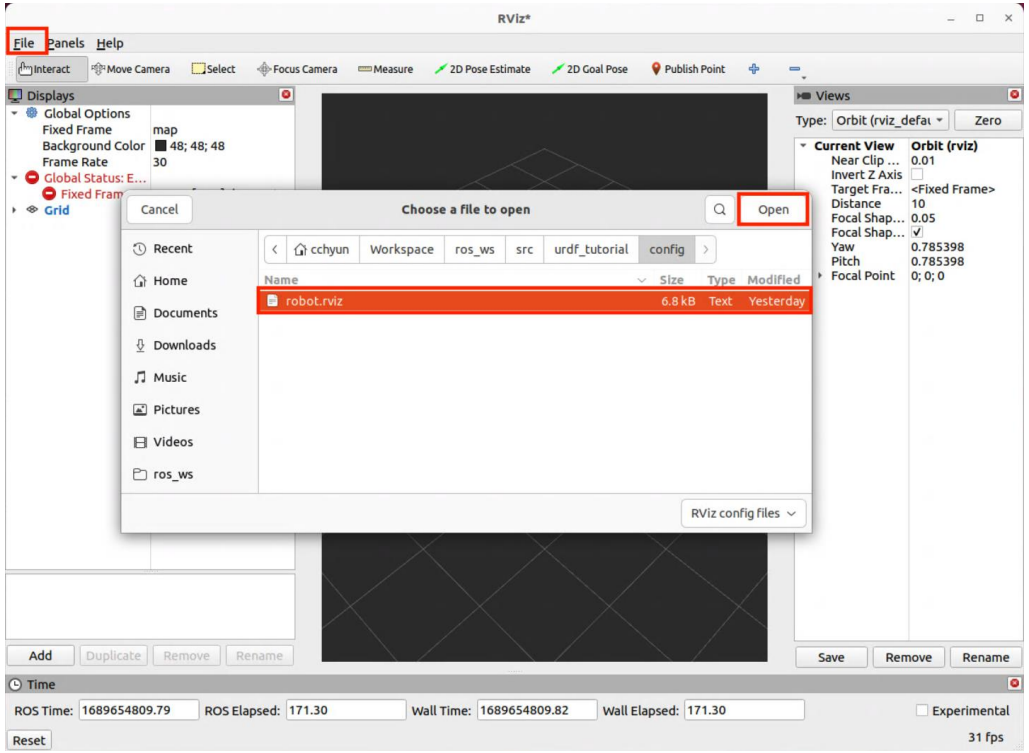
3. src/urdf_tutorial/launch/robot_2.launch.py

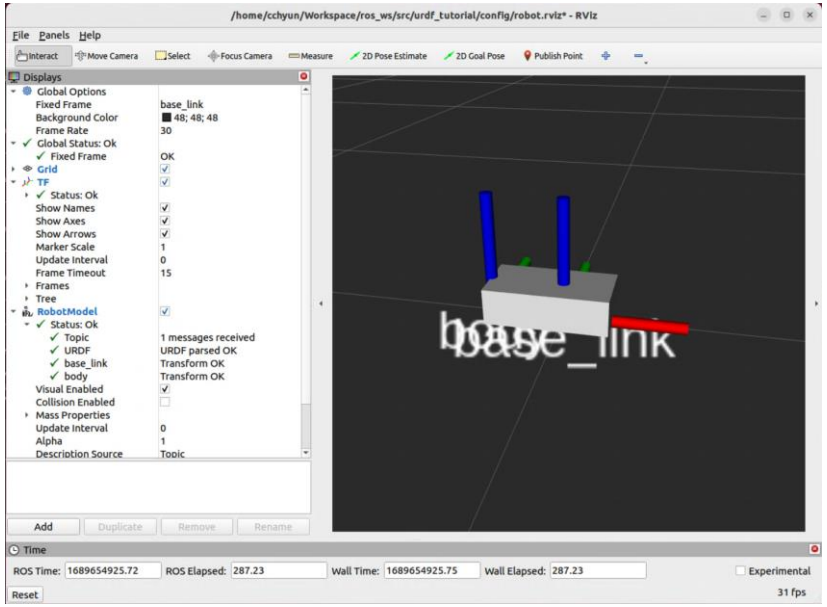
```
import os
from ament_index_python.packages import get_package_share_directory
from launch import LaunchDescription
from launch.substitutions import LaunchConfiguration
from launch.actions import DeclareLaunchArgument
from launch_ros.actions import Node
import xacro

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_2.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],
            ),
        ]
    )
```

```
$ cd ~/urdf_ws
$ colcon build --symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch urdf_tutorial robot_2.launch.py
```

로봇 패키지 만들기 실습

4. Rviz 메뉴에서 'File' >> 'Open Config' 선택 후 이전 과정에서 저장한 config 파일

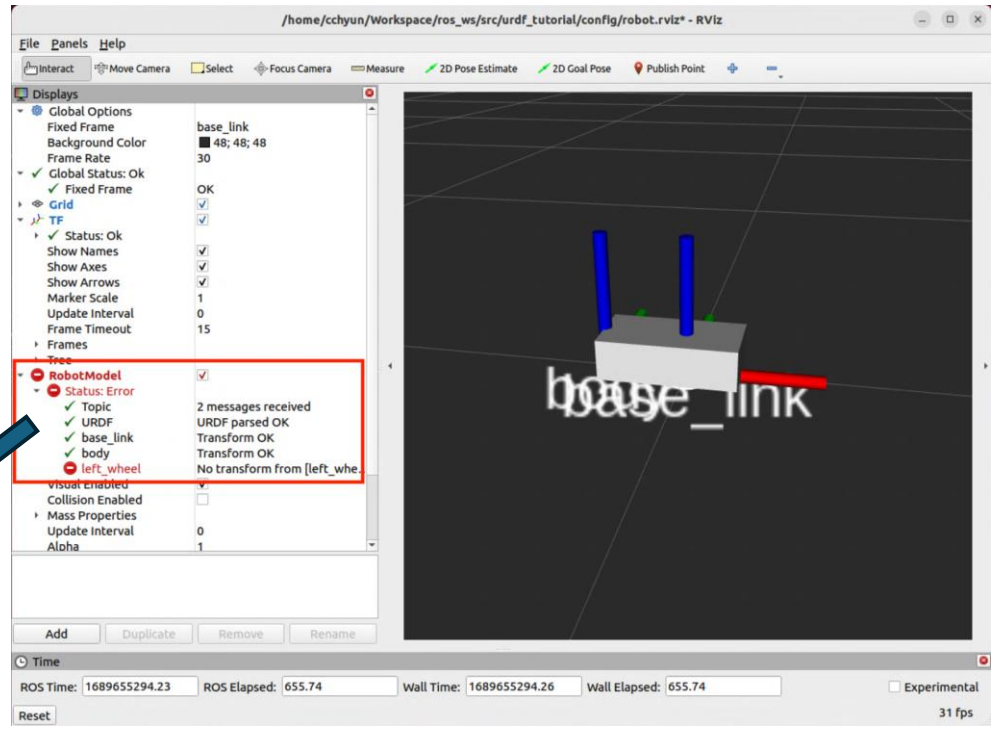




로봇 패키지 만들기 실습

4. Wheel 추가

```
<!-- 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>
</link>
```



로봇 패키지 만들기 실습

5. URDF에서 <joint type> 은 로봇의 링크 간 연결 방식

1.continuous (연속)
- 무제한 회전 가능
- 각도 제한 없음
- 주로 바퀴나 회전 관절에 사용

2.revolute (회전)
- 고정된 각도 범위 내에서 회전
- 최소/최대 각도 제한 있음
- 로봇 관절, 팔 관절 등에 사용

3.prismatic (병진)
- 직선 방향으로만 움직임
- 슬라이딩 관절
- 리니어 액추에이터, 그리퍼, 피스톤 등

```
<joint name="gripper_extension" type="prismatic">
  <parent link="base_link"/>
  <child link="gripper_pole"/>
  <limit effort="1000.0" lower="-0.38" upper="0" velocity="0.5"/>
  <origin rpy="0 0 0" xyz="0.19 0 0.2"/>
</joint>
```

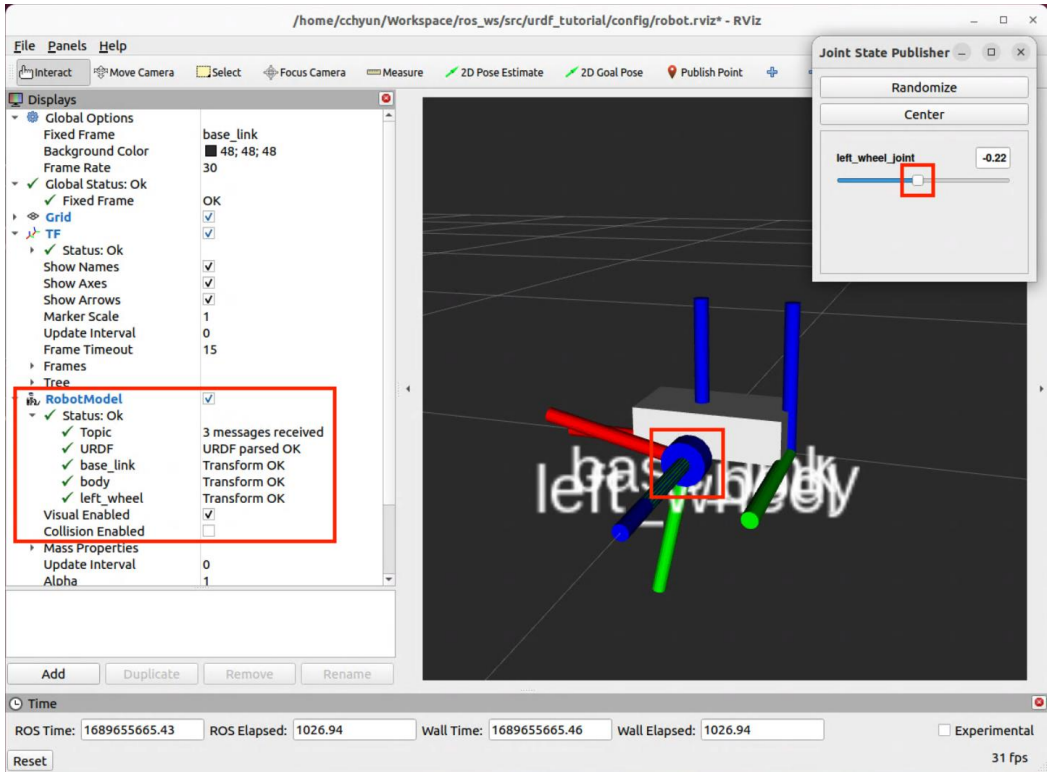
4.fixed (고정)
- 링크 간 움직임 없음
- 강체로 연결
- 구조적 연결, 센서 장착 등

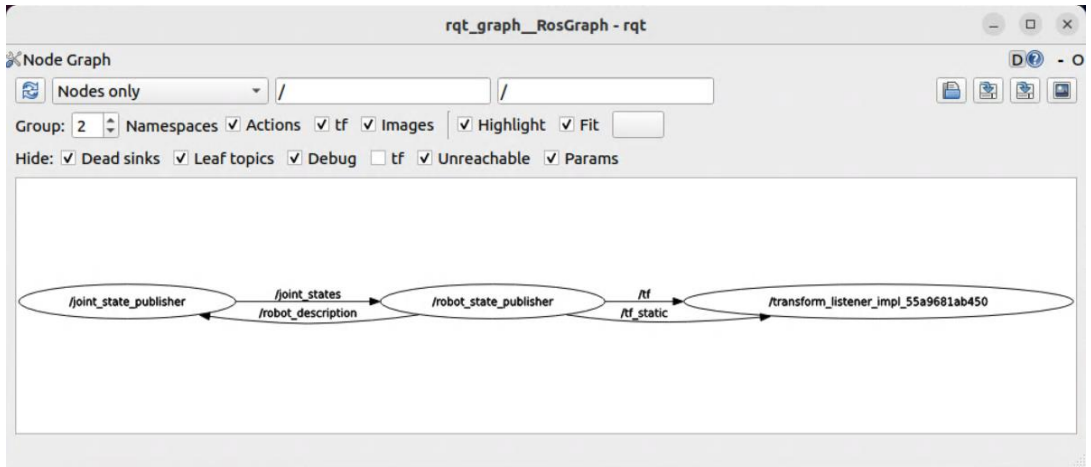
로봇 패키지 만들기 실습

6. joint_state_publisher_gui

'joint_state_publisher_gui'에서 'left_wheel_joint' 값을 변경
left_wheel이 회전하는 것 확인

```
$ ros2 run joint_state_publisher_gui joint_state_publisher_gui
```





rqt_graph

로봇 패키지 만들기 실습

7. right_wheel_joint

```
<!-- 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>
</link>
```

base_link에 'continuous' 형식 부착

8. 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>
```

로봇 패키지 만들기 실습

9. Collision 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>
```

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

```
<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>
```

```
<link name="advanced_link">
  <collision>
    <!-- 정밀한 위치 및 방향 지정 -->
    <origin
      xyz="0 0 0"      # 위치
      rpy="0 0 0"      # 회전
      xyz_offset="0 0 0.1"  # 추가 오프셋
    />
    <geometry>
      <box size="0.5 0.3 0.2"/>
    </geometry>

    <!-- 물리 특성 -->
    <surface>
      <contact>
        <ode>
          <max_vel>0.1</max_vel>
          <min_depth>0.001</min_depth>
        </ode>
      </contact>
      <friction>
        <ode>
          <mu>0.8</mu>  # 마찰 계수
          <mu2>0.8</mu2>
        </ode>
      </friction>
    </surface>
  </collision>
</link>
```

로봇 패키지 만들기 실습

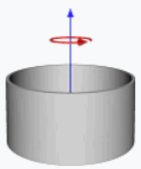
10. 관성 모멘트 추가

- 회전 운동에 대한 저항을 나타냅니다
- 물체가 얼마나 회전하기 어려운지를 결정합니다
- 로봇 제어 시 동적 특성에 큰 영향을 미칩니다

- 로봇의 링크(link)의 질량 분포와 관성 정보
- 관성 모멘트의 계산식은 https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_moments_of_inertia에서 확인

Thin cylindrical shell with open ends, of radius r and mass m.

This expression assumes that the shell thickness is negligible. It is a special case of the thick-walled cylindrical tube for $r_1 = r_2$. Also, a point mass m at the end of a rod of length r has this same moment of inertia and the value r is called the radius of gyration.



$I \approx mr^2$ [1]

```
<inertial>
  <mass value="1.0"/>
  <inertia ixx="1.0" ixy="0.0" ixz="0.0"
           iyy="1.0" iyz="0.0"
           izz="1.0"/>
</inertial>
```

차동 구동 로봇 센서들

패키지 생성 및 실행

1. 필요 라이브러리, 패키지 설치

```
$ pip install numpy
$ pip install opencv-python
$ sudo apt install ros-humble-tf-transformations
```

2. 워크 스페이스 및 패키지 생성

```
$ mkdir –p ~/car_ws/src
$ cd ~/car_ws/src/
$ ros2 pkg create --build-type ament_python car_tutorial
$ cd ~/car_ws/src/car_tutorial
$ mkdir urdf launch config photo
```

패키지 생성 및 실행

3. 이미지 저장

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

```
$ wget -O photo/photo.png  [이미지url]
```

tf publisher
로봇을 만들었다면 로봇이 가만히 있을리는 당연히 없다. 이러한 robot의 위치를 변화시켜주려면, robot의 base가 되는 link와 map의 transform을 publish해주는 node를 작성하면 된다.

패키지 생성 및 실행

4. driver 노드 작성

src/car_tutorial/car_tutorial/driver.py

```
import cv2
import rclpy
from rclpy.node import Node
from rclpy.executors import MultiThreadedExecutor
from cv_bridge import CvBridge

from geometry_msgs.msg import Twist
from sensor_msgs.msg import JointState
from sensor_msgs.msg import Image


class Driver(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__("drive")

        # Parameters
        self.wheel_separation = 0.1
        self.wheel_diameter = 0.03
        self.timer_frequently = 0.1
        # 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]

        self.linear = 0.0
        self.angular = 0.0

        self.wheel_speed = [0.0, 0.0]
        self.wheel_rotate = [0.0, 0.0]

        self.msg = Twist()
        self.raw_vel = Twist()

        self.bridge = CvBridge()
        self.image = cv2.imread("src/car_tutorial/photo/photo.png", cv2.IMREAD_COLOR)
        self.img_msg = self.bridge.cv2_to_imgmsg(self.image, encoding="bgr8")

        # subscriber
        self.sub_cmd_vel = self.create_subscription(Twist, "cmd_vel", self.cmd_vel_callback, 10)
        # publisher
        self.pub_vel_raw = self.create_publisher(Twist, "raw_vel", 10)
        self.pub_joint_states = self.create_publisher(JointState, "joint_states", 10)
        self.pub_img = self.create_publisher(Image, "image",5)
        # timer
        self.timer_1 = self.create_timer(self.timer_frequently, self.publish_jointstate)
        self.timer_2 = self.create_timer(self.timer_frequently, self.publish_raw_vel)
        self.timer_3 = self.create_timer(5.0, self.publish_image)

    def cmd_vel_callback(self, msg):
        self.get_logger().info(f"recv cmd_vel message {msg}")
        self.msg = msg
        self.linear = msg.linear.x
        self.angular = msg.angular.z

    def publish_raw_vel(self):
        self.raw_vel= self.msg
        self.pub_vel_raw.publish(self.raw_vel)

    def publish_jointstate(self):
        # wheel speed
        self.wheel_speed[0] = self.linear - self.angular * self.wheel_separation / 2.0
        self.wheel_speed[1] = self.linear + self.angular * self.wheel_separation / 2.0

        # wheel rotate speed
        self.wheel_rotate[0] = self.wheel_speed[0] / (self.wheel_diameter / 2.0)
        self.wheel_rotate[1] = self.wheel_speed[1] / (self.wheel_diameter / 2.0)

        self.joint_states.header.stamp = self.get_clock().now().to_msg()
        self.joint_states.position[0] += self.wheel_rotate[0] *self.timer_frequently
        self.joint_states.position[1] += self.wheel_rotate[1] *self.timer_frequently
```

패키지 생성 및 실행

```
# publish

self.pub_joint_states.publish(self.joint_states)

    def publish_image(self):
        try:
            self.pub_img.publish(self.img_msg)
        except:
            return

def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    driver = Driver()
    executor = MultiThreadedExecutor()
    rclpy.spin(driver, executor=executor)
    driver.destroy_node()
    rclpy.shutdown()


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

패키지 생성 및 실행

5. xacro 작성

src/car_tutorial/urdf/car.xacro

```
<?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="black"/>
    </visual>
    <collision>
      <geometry>
        <cylinder radius="0.03" length="0.03"/>
      </geometry>
    </collision>
  </link>
```

패키지 생성 및 실행

```
<!-- 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="black"/>
    </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>
            <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>
```

패키지 생성 및 실행

```
  <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>
```

패키지 생성 및 실행

6. launch 작성

src/car_tutorial/launch/car_tutorial.launch.py

모델 정의 파일 지정

노드 정의

노드 실행

```python
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"],
    )
    driver = Node(
        package="car_tutorial",
        executable="driver",
        output="screen",
    )

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

런치 파일 – 추가 기능

파라미터 설정

```python
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

```python
from launch.conditions import IfCondition

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

다른 launch 파일 포함

```python
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

패키지 생성 및 실행

7. setup.py 작성

- colcon 빌드 시스템에 의해 사용되어
  패키지 빌드 및 설치
- package.xml과 함께 패키지 구성의 핵심 요소

- 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

src/car_tutorial/setup.py

```python
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")),
        (os.path.join("share", package_name, "photo"), glob("photo/*.png"))
    ],
    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": [
            "driver = car_tutorial.driver:main",
        ],
    },
)
```

패키지 생성 및 실행

8. 빌드 및 실행

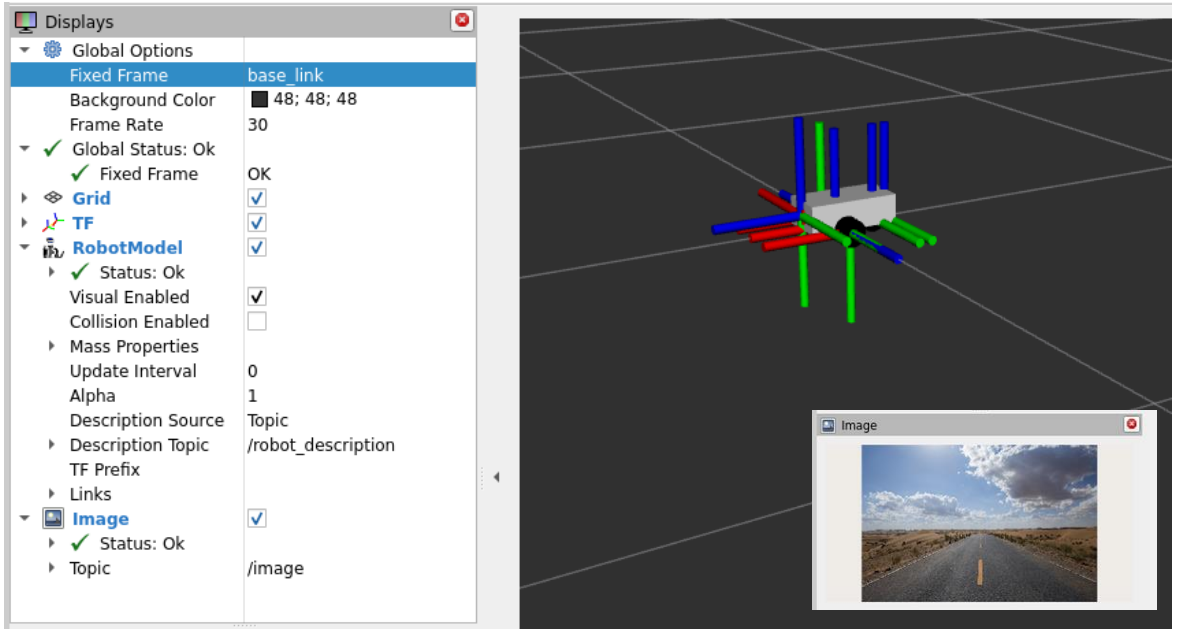
```
$ cd ~/car_ws
$ colcon build –symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch car_tutorial car_tutorial.launch
```

9. rviz 설정

Add -> TF
Add -> RobotModel
Add -> Image

Global Options > Fixed Frame : base_link
RobotModel > Description Topic : /robot_description
Image > Topic : /image

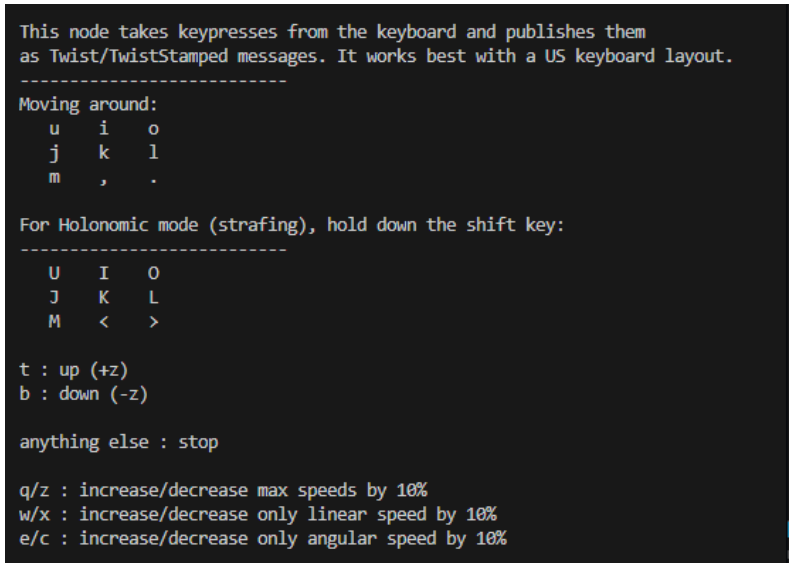
File -> Save Config



패키지 생성 및 실행

10. 두번째 터미널에서 실행

```
$ ros2 run teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard
```



u, l, o, j, k, l, m, ,, . 키로 조작

https://with-rl.tistory.com/entry/URDF%EB%A5%BC-%EC%9D%B4%EC%9A%A9%ED%95%9C-%EA%B0%84%EB%8B%A8%ED%95%9C-%EB%A1%9C%EB%B4%87-%EB%A7%8C%EB%93%A4%EA%B8%B0-3

Odom(odometry)

Odom

1. Odometry

- 로봇의 위치와 방향을 추정하는 기술
- 센서 데이터를 기반으로 로봇의 이동 경로 계산
- 주요 정보: 위치, 속도, 방향

2. ROS2 Odometry 메시지 구조

```
std_msgs/Header header
string child_frame_id
geometry_msgs/PoseWithCovariance pose
geometry_msgs/TwistWithCovariance twist
```

Odom

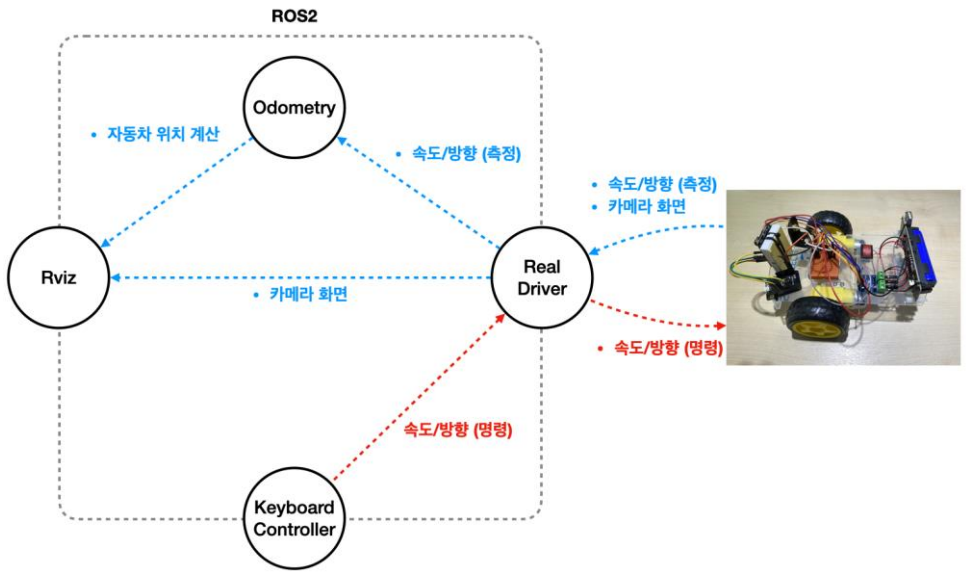
3. Odometry 노드

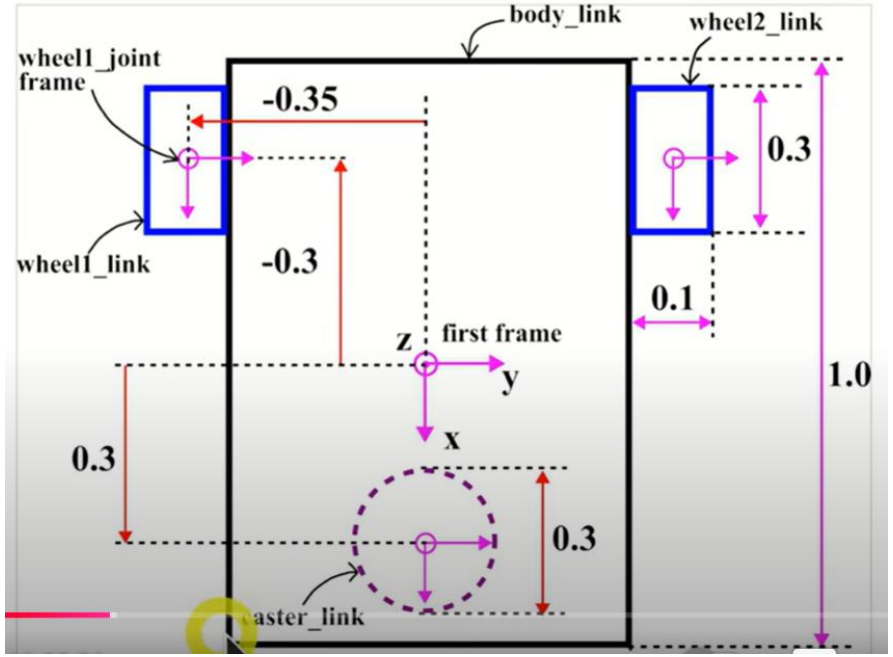
```python
import rclpy
from rclpy.node import Node
from nav_msgs.msg import Odometry
from geometry_msgs.msg import TransformStamped
from tf2_ros import TransformBroadcaster

class OdometryPublisher(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('odometry_publisher')

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

        # TF 브로드캐스터
        self.tf_broadcaster = TransformBroadcaster(self)

        # 타이머
        self.timer = self.create_timer(
            0.1,  # 10Hz
            self.publish_odometry
        )

        # 초기 위치
        self.x = 0.0
        self.y = 0.0
        self.theta = 0.0
```

```python
def publish_odometry(self):
    # Odometry 메시지 생성
    odom = Odometry()
    odom.header.frame_id = 'odom'
    odom.child_frame_id = 'base_link'

    # 위치 업데이트 로직
    # 실제 로봇에서는 센서(휠 인코더 데이터) 사용
    self.x += 0.1 * math.cos(self.theta)
    self.y += 0.1 * math.sin(self.theta)

    # 위치 설정
    odom.pose.pose.position.x = self.x
    odom.pose.pose.position.y = self.y

    # TF 브로드캐스트
    transform = TransformStamped()
    transform.header.frame_id = 'odom'
    transform.child_frame_id = 'base_link'
    transform.transform.translation.x = self.x
    transform.transform.translation.y = self.y

    self.odom_pub.publish(odom)
    self.tf_broadcaster.sendTransform(transform)
```

Odom

4. FakeDriver 개념



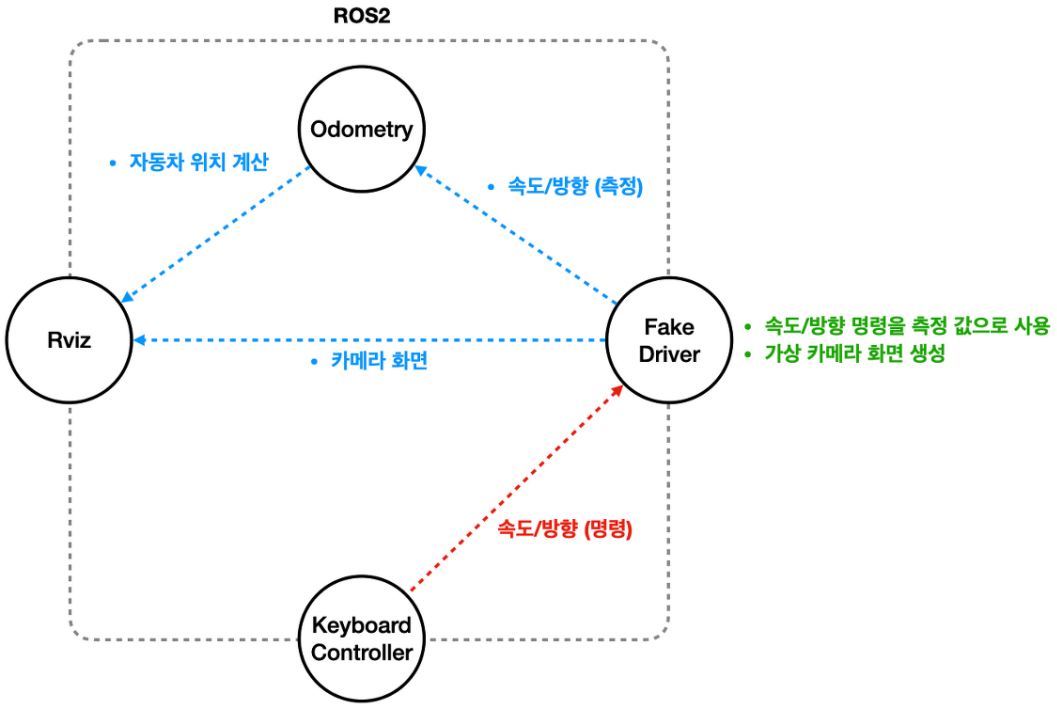


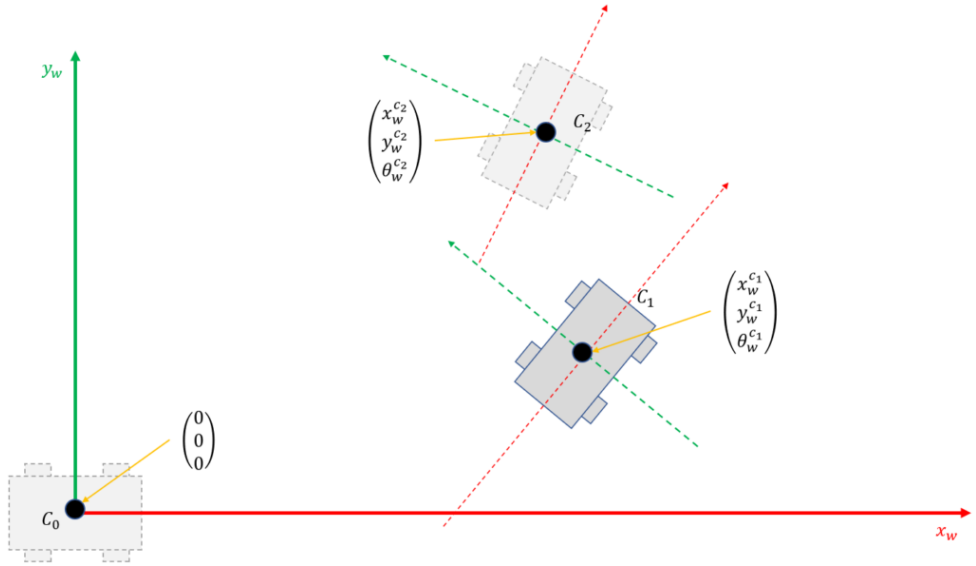
•Keyboard Controller: 자동차의 방향/속도를 제어하는 명령을 Topic 전송
Real Driver: 자동차에 방향/속도를 제어하는 명령을 보내고 실제 자동차의 방향/속도의 측정값 및 카메라 화면 정보를 수신해서 Topic으로 전송
Odometry: 자동차의 방향/속도의 측정값을 이용해서 실제 자동차의 위치를 계산

Odom

5. car_odom 코드

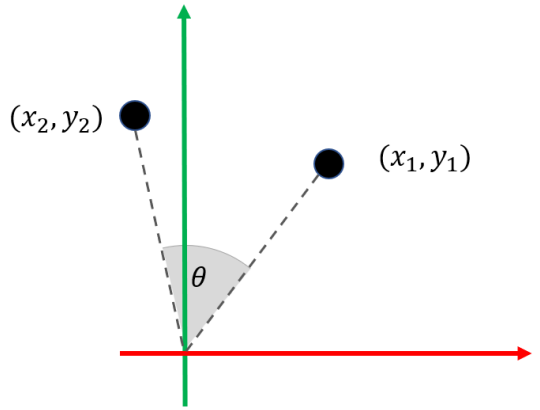
Driver에서 속도/방향에 대한 측정값을 보내면 이 값을 기준으로 회전변환행렬을 이용해서 자동차의 실제 위치 계산





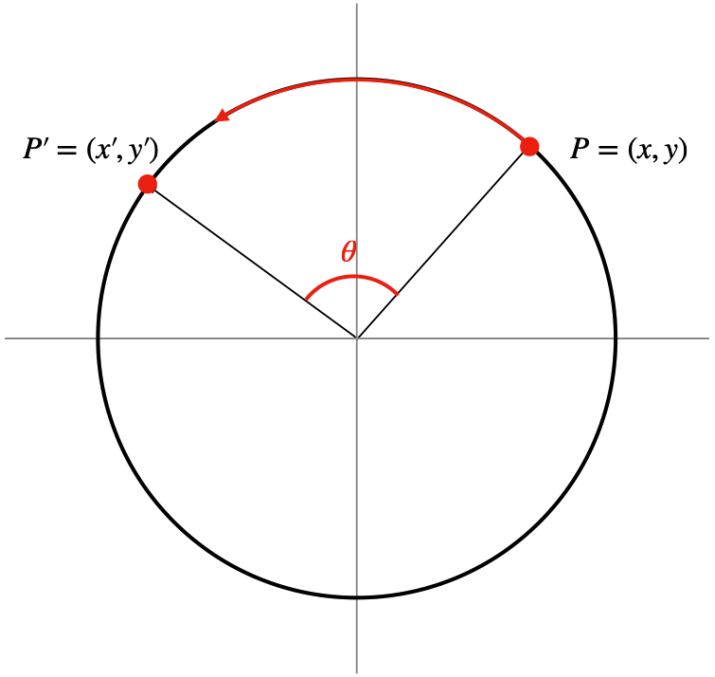
odom

6. Odometry 회전행렬 변환식



회전변환행렬

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

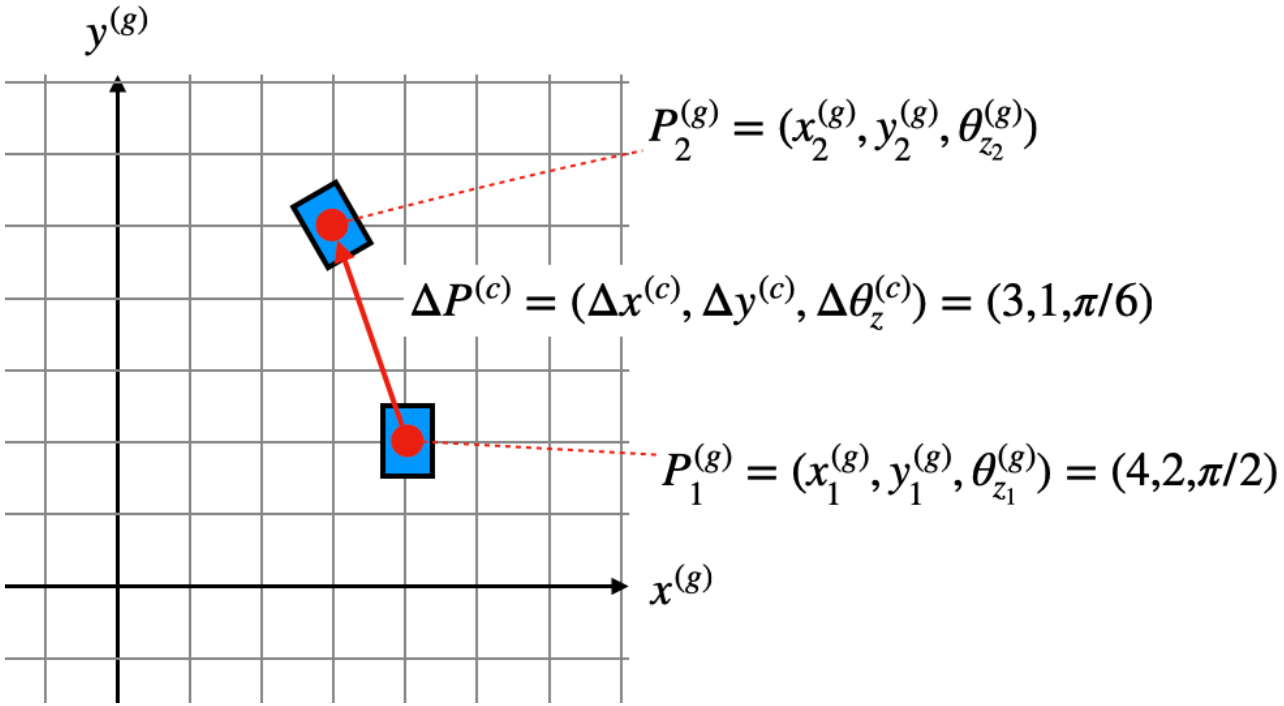


•3차원 공간에서 물체의 위치와 자세를 표현 (x,y,z,θx,θy,θz)(x,y,z,θx,θy,θz) 6개의 값
◦ xx: x 축 방향으로 이동 거리입니다.
◦ yy: y 축 방향으로 이동 거리입니다.
◦ zz: z 축 방향으로 이동 거리입니다.
◦ θxθx: x 축을 기준으로 반 시계 방향으로 회전한 각도
◦ θyθy: y 축을 기준으로 반 시계 방향으로 회전한 각도
◦ θzθz: z 축을 기준으로 반 시계 방향으로 회전한 각도

•2차원 공간에서 (x,y,θ)(x,y,θ) 3개의 값으로 표현
◦ xx: x축 방향으로 이동 거리
◦ yy: y축 방향으로 이동 거리
◦ θθ: 반 시계 방향으로 회전한 각도

odom

6. Odometry 자동차의 위치 변화



자동차의 위치를 계산하는 수식은 다음과 같습니다.

$$\begin{pmatrix} x_2^{(g)} \\ y_2^{(g)} \\ \theta_{z_2}^{(g)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1^{(g)} \\ y_1^{(g)} \\ \theta_{z_1}^{(g)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos\theta_{z_1}^{(g)} & -\sin\theta_{z_1}^{(g)} & 0 \\ \sin\theta_{z_1}^{(g)} & \cos\theta_{z_1}^{(g)} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x^{(c)} \\ \Delta y^{(c)} \\ \Delta \theta_z^{(c)} \end{pmatrix}$$

위 식에 값을 넣어 계산하면 아래와 같습니다.

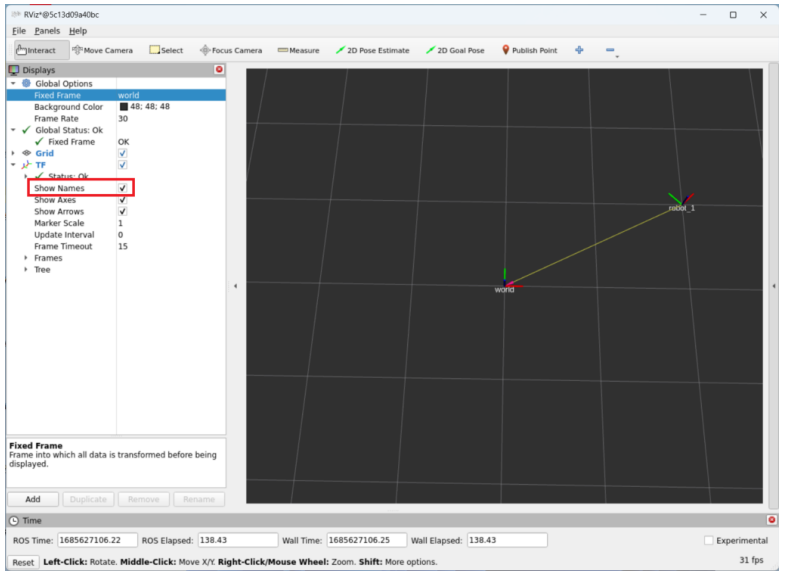
$$\begin{pmatrix} x_2^{(g)} \\ y_2^{(g)} \\ \theta_{z_2}^{(g)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \\ \pi/2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \\ \pi/6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 2\pi/3 \end{pmatrix}$$

odom

7. static_transform_publisher를 이용한 TF2 기능

```
$ ros2 run tf2_ros static_transform_publisher 2 1 0 0.785 0 0 world robot_1
```

- 2 1 0: x, y, z 좌표로 x=2, y=1, z=0이라는 의미입니다.
- 0.785 0 0: 은 yaw, pitch, roll 값으로 반시계 방향으로 45° π/4π/4 만큼 회전하라는 의미입니다.



Controller Driver, Plugin

패키지 생성 및 실행

1. odom 노드 작성

src/car_tutorial/car_tutorial/odom.py

```
import numpy as np

import rclpy
from rclpy.node import Node
from tf2_ros import TransformBroadcaster

from geometry_msgs.msg import Twist
from geometry_msgs.msg import TransformStamped
from nav_msgs.msg import Odometry

from tf_transformations import quaternion_from_euler


class Odom(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__("odom")

        # Parameters
        self.timer_frequently = 0.1

        # init variable
        self.linear = 0.0
        self.angular = 0.0

        self.vel_x = 0.0
        self.vel_y = 0.0
        self.vel_z = 0.0

        self.delta_x = 0.0
        self.delta_y = 0.0
        self.delta_z = 0.0

        self.pos_x = 0.0
        self.pos_y = 0.0
        self.pos_z = 0.0

        self.tf_broadcaster = TransformBroadcaster(self)

        # subscriber
        self.sub_cmd_vel = self.create_subscription(Twist, "raw_vel", self.raw_vel_callback, 10)
        # publisher
        self.pub_odometry = self.create_publisher(Odometry, "odom", 10)
        # timer
        self.timer = self.create_timer(self.timer_frequently, self.publish_odometry)


    def raw_vel_callback(self, msg):
        self.get_logger().info(f"recv cmd_vel message {msg}")
        self.linear = msg.linear.x
        self.angular = msg.angular.z

    def publish_odometry(self):
        self.delta_x = self.linear * np.cos(self.pos_z) * self.timer_frequently
        self.delta_y = self.linear * np.sin(self.pos_z) * self.timer_frequently
        self.delta_z = self.angular * self.timer_frequently

        self.pos_x += self.delta_x
        self.pos_y += self.delta_y
        self.pos_z += self.delta_z

        q = quaternion_from_euler(0.0, 0.0, self.pos_z)

        # Odometry
        odom = Odometry()
        odom.header.stamp = self.get_clock().now().to_msg()
        odom.header.frame_id = "odom"
        odom.child_frame_id = "base_link"
```

패키지 생성 및 실행

```
odom.pose.pose.position.x = self.pos_x
odom.pose.pose.position.y = self.pos_y
odom.pose.pose.position.z = 0.0
odom.pose.pose.orientation.x = q[0]
odom.pose.pose.orientation.y = q[1]
odom.pose.pose.orientation.z = q[2]
odom.pose.pose.orientation.w = q[3]

odom.twist.twist.linear.x = self.vel_x
odom.twist.twist.linear.y = 0.0
odom.twist.twist.linear.z = 0.0
odom.twist.twist.angular.x = 0.0
odom.twist.twist.angular.y = 0.0
odom.twist.twist.angular.z = self.vel_z

# 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.pos_x
t.transform.translation.y = self.pos_y
t.transform.translation.z = 0.0

t.transform.rotation.x = q[0]
t.transform.rotation.y = q[1]
t.transform.rotation.z = q[2]
t.transform.rotation.w = q[3]
self.tf_broadcaster.sendTransform(t)

self.pub_odometry.publish(odom)
```

```
def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    odom = Odom()
    rclpy.spin(odom)
    odom.destroy_node()
    rclpy.shutdown()


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

```
import numpy as np

import rclpy
from rclpy.node import Node
from tf2_ros import TransformBroadcaster

from geometry_msgs.msg import Twist
from geometry_msgs.msg import TransformStamped
from nav_msgs.msg import Odometry

from tf_transformations import quaternion_from_euler


class Odom(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__("odom")

        # Parameters
        self.timer_frequently = 0.1

        # init variable
        self.linear = 0.0
        self.angular = 0.0

        self.vel_x = 0.0
        self.vel_y = 0.0
        self.vel_z = 0.0

        self.delta_x = 0.0
        self.delta_y = 0.0
        self.delta_z = 0.0

        self.pos_x = 0.0
        self.pos_y = 0.0
        self.pos_z = 0.0

        self.tf_broadcaster = TransformBroadcaster(self)

        # subscriber
        self.sub_cmd_vel = self.create_subscription(Twist, "raw_vel", self.raw_vel_callback, 10)
        # publisher
        self.pub_odometry = self.create_publisher(Odometry, "odom", 10)
        # timer
        self.timer = self.create_timer(self.timer_frequently, self.publish_odometry)


    def raw_vel_callback(self, msg):
        self.get_logger().info("recv cmd_vel message (msg)")
        self.linear = msg.linear.x
        self.angular = msg.angular.z

    def publish_odometry(self):
        self.delta_x = self.linear * np.cos(self.pos_z) * self.timer_frequently
        self.delta_y = self.linear * np.sin(self.pos_z) * self.timer_frequently
        self.delta_z = self.angular * self.timer_frequently

        self.pos_x += self.delta_x
        self.pos_y += self.delta_y
        self.pos_z += self.delta_z

        q = quaternion_from_euler(0.0, 0.0, self.pos_z)

        # Odometry
        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.pos_x
        odom.pose.pose.position.y = self.pos_y
        odom.pose.pose.position.z = 0.0
        odom.pose.pose.orientation.x = q[0]
        odom.pose.pose.orientation.y = q[1]
        odom.pose.pose.orientation.z = q[2]
        odom.pose.pose.orientation.w = q[3]

        odom.twist.twist.linear.x = self.vel_x
        odom.twist.twist.linear.y = 0.0
        odom.twist.twist.linear.z = 0.0
        odom.twist.twist.angular.x = 0.0
        odom.twist.twist.angular.y = 0.0
        odom.twist.twist.angular.z = self.vel_z

        # 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.pos_x
        t.transform.translation.y = self.pos_y
        t.transform.translation.z = 0.0

        t.transform.rotation.x = q[0]
        t.transform.rotation.y = q[1]
        t.transform.rotation.z = q[2]
        t.transform.rotation.w = q[3]
        self.tf_broadcaster.sendTransform(t)

        self.pub_odometry.publish(odom)


def main(args=None):
    rclpy.init(args=args)
    odom = Odom()
    rclpy.spin(odom)
    odom.destroy_node()
    rclpy.shutdown()


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

패키지 생성 및 실행

2. launch 수정

src/car_tutorial/launch/car_tutorial.launch.py

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

    driver = Node(
        package='car_tutorial',
        executable='driver',
        output='screen',
    )

    odom = Node(
        package='car_tutorial',
        executable='odom',
        output='screen',
    )

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

패키지 생성 및 실행

3. setup.py 수정

src/car_tutorial/setup.py

```python
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='daeho',
    maintainer_email='daeho@todo.todo',
    description='TODO: Package description',
    license='TODO: License declaration',
    tests_require=['pytest'],
    entry_points={
        'console_scripts': [
            'driver = car_tutorial.driver:main',
            'odom = car_tutorial.odom:main',
        ],
    }
```

패키지 생성 및 실행

4. 빌드 및 실행

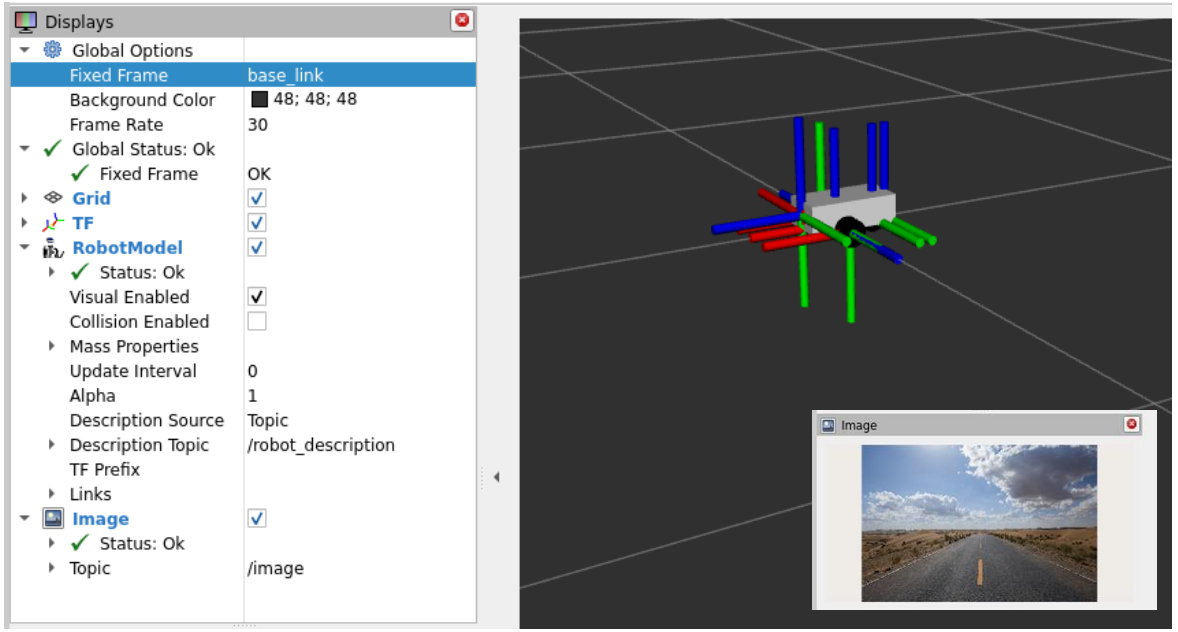
```
$ cd ~/car_ws
$ colcon build –symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch car_tutorial car_tutorial.launch
```

5. rviz 설정

Add -> TF
Add -> RobotModel
Add -> Image

Global Options > Fixed Frame : base_link
RobotModel > Description Topic : /robot_description
Image > Topic : /image

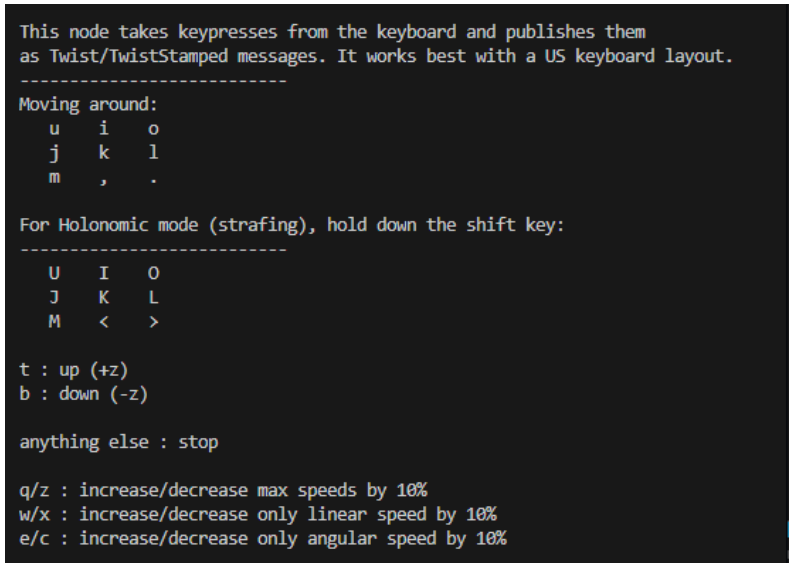
File -> Save Config



패키지 생성 및 실행

6. 두번째 터미널에서 실행

```
$ ros2 run teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard
```

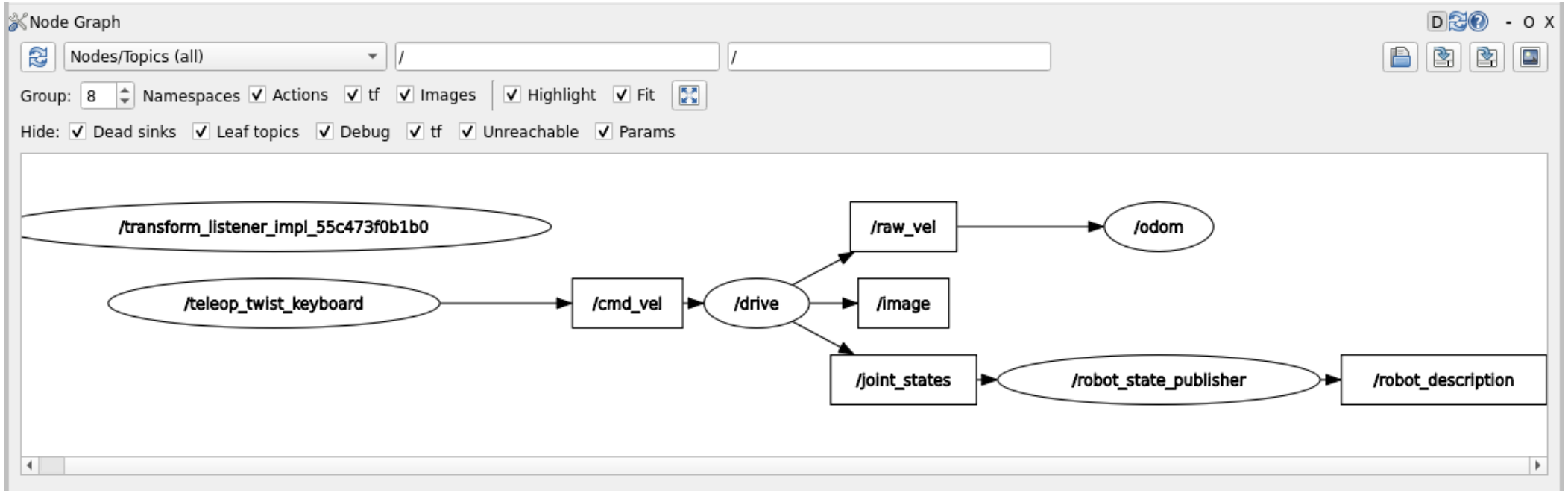


u, l, o, j, k, l, m, ,, . 키로 조작

패키지 생성 및 실행

7. rqt_graph 실행

```
$ rqt_graph
```



가제보 시뮬레이션

gazebo

1. car_tutorial package 생성 및 설정

```
$ cd ~/sim_ws
$ ros2 pkg create --build-type ament_python car_simulation
$ cd car_tutorial
$ mkdir urdf launch
```

2. xacro 파일 복사

```
$ cp ~/car_sw/src/car_tutorial/urdf/car.xacro ~/sim_sw/src/car_simulation/urdf/car.xacro
```

gazebo

3. macros 파일 작성

src/sim_tutorial/urdf/macros.xacro

시뮬레이션에 필요한 물리적 특성을 기록한 파일

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

    <!-- Specify some standard inertial calculations https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_moments_of_inertia -->
    <!-- These make use of xacro's mathematical functionality -->

    <xacro:macro name="inertial_sphere" params="mass radius *origin">
        <inertial>
            <xacro:insert_block name="origin"/>
            <mass value="${mass}" />
            <inertia ixx="${(2/5) * mass * (radius*radius)}" ixy="0.0" ixz="0.0"
                     iyy="${(2/5) * mass * (radius*radius)}" iyz="0.0"
                     izz="${(2/5) * mass * (radius*radius)}" />
        </inertial>
    </xacro:macro>


    <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>


    <xacro:macro name="inertial_cylinder" params="mass length radius *origin">
        <inertial>
            <xacro:insert_block name="origin"/>
            <mass value="${mass}" />
            <inertia ixx="${(1/12) * mass * (3*radius*radius + length*length)}" ixy="0.0" ixz="0.0"
                     iyy="${(1/12) * mass * (3*radius*radius + length*length)}" iyz="0.0"
                     izz="${(1/2) * mass * (radius*radius)}" />
        </inertial>
    </xacro:macro>

</robot>
```

gazebo

4. xacro 파일 수정

src/sim_tutorial/urdf/car.xacro

macros 부분 추가

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

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

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

패키지 생성 및 실행

5. setup.py 작성

src/sim_tutorial/setup.py

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

package_name = 'car_simulation'

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='daeho',
    maintainer_email='daeho@todo.todo',
    description='TODO: Package description',
    license='TODO: License declaration',
    tests_require=['pytest'],
    entry_points={
        'console_scripts': [
        ],
    },
)
```

패키지 생성 및 실행

6. launch 파일 작성

src/sim_tutorial/launch/car_simulation.launch.py

```
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("car_simulation"))
    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":
use_sim_time}

    return LaunchDescription(
        [
            DeclareLaunchArgument(
                "use_sim_time", default_value="true", description="use sim time"
            ),
            Node(
                package="robot_state_publisher",
                executable="robot_state_publisher",
                output="screen",
                parameters=[params],
            ),
        ]
    )
```

패키지 생성 및 실행

7. 빌드 및 실행

```
$ cd ~/sim_ws
$ colcon build –symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch sim_tutorial car_simulation.launch
```

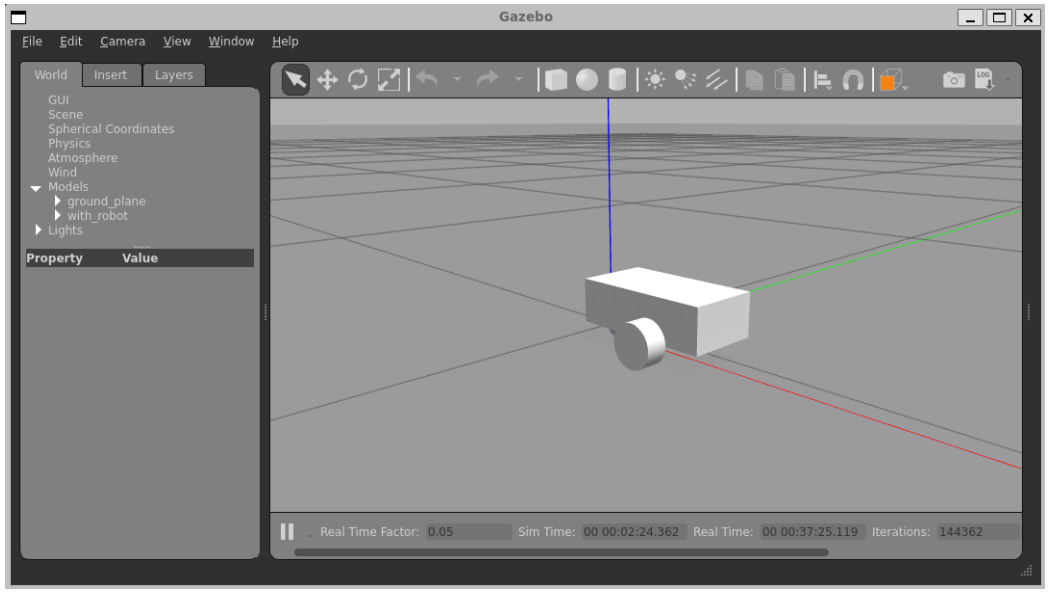
```
$ ros2 launch gazebo_ros gazebo.launch.py
```

```
$ ros2 run gazebo_ros spawn_entity.py -topic robot_description -entity with_robot
```

가제보(gazebo)

Gazebo는 로봇을 3D 환경에서 시뮬레이션할 수 있는 강력한 물리 엔진 기반 시뮬레이터.

- **로봇 시뮬레이션**
  - URDF 또는 SDF 형식의 로봇 모델을 불러와서 3D 환경에서 테스트 가능.
  - 예: **TurtleBot3**를 Gazebo에서 로딩하여 이동, 탐색 등을 실험 가능.
- **물리 엔진 제공**
  - ODE, Bullet, DART, Simbody 등의 물리 엔진을 사용하여 실제 물리와 유사한 환경을 구현.
  - 중력, 충돌, 마찰, 센서 노이즈 등을 포함한 시뮬레이션 가능.
- **센서 시뮬레이션**
  - LiDAR, 카메라, IMU, GPS, Force-Torque 센서 등을 가상 환경에서 사용할 수 있음.
  - 예: /scan 토픽을 이용해 가상 LiDAR 데이터를 ROS 2에서 받아올 수 있음.



gazebo

Launch 파일로 한번에 실행

src/sim_tutorial/launch/car_simulation_once.launch.py

```
import os
import xacro
from ament_index_python.packages import get_package_share_directory
from launch import LaunchDescription
from launch.actions import IncludeLaunchDescription, ExecuteProcess, TimerAction
from launch.launch_description_sources import PythonLaunchDescriptionSource
from launch_ros.actions import Node
from launch.substitutions import LaunchConfiguration
from launch.actions import RegisterEventHandler, EmitEvent
from launch.event_handlers import OnProcessExit
from launch.events import Shutdown

def generate_launch_description():
    pkg_share = get_package_share_directory('car_simulation')

    xacro_file = os.path.join(pkg_share, 'urdf', 'car.xacro')
    robot_description_config = xacro.process_file(xacro_file)
    robot_desc = robot_description_config.toxml()


    gazebo = IncludeLaunchDescription(
        PythonLaunchDescriptionSource(
            os.path.join(get_package_share_directory('gazebo_ros'), 'launch', 'gazebo.launch.py'),
        ),
    )

robot_state_publisher = Node(
    package='robot_state_publisher',
    executable='robot_state_publisher',
    name='robot_state_publisher',
    output='screen',
    parameters=[{'use_sim_time': True,
                 'robot_description': robot_desc}]
)

spawn_entity = Node(
    package='gazebo_ros',
    executable='spawn_entity.py',
    arguments=['-topic', 'robot_description',
               '-entity', 'with_robot'],
    output='screen'
)

delayed_spawn = TimerAction(
    period=5.0,
    actions=[spawn_entity]
)

return LaunchDescription([
    gazebo,
    robot_state_publisher,
    delayed_spawn
])
```

차동로봇 시뮬레이션

가제보 시뮬레이션

gazebo.xacro 파일 작성

src/car_simulation/urdf/gazebo.xacro

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

    <gazebo>
        <plugin name="diff_drive" filename="libgazebo_ros_diff_drive.so">

            <!-- Wheel Information -->
            <left_joint>left_wheel_joint</left_joint>
            <right_joint>right_wheel_joint</right_joint>
            <wheel_separation>0.35</wheel_separation>
            <wheel_diameter>0.1</wheel_diameter>

            <!-- Limits -->
            <max_wheel_torque>200</max_wheel_torque>
            <max_wheel_acceleration>10.0</max_wheel_acceleration>

            <!-- Output -->
            <odometry_frame>odom</odometry_frame>
            <robot_base_frame>base_link</robot_base_frame>

            <publish_odom>true</publish_odom>
            <publish_odom_tf>true</publish_odom_tf>
            <publish_wheel_tf>true</publish_wheel_tf>

        </plugin>
    </gazebo>

</robot>
```

가제보 시뮬레이션

xacro 파일 수정

src/sim_turoail/urdf/car.xacro

macros 부분 추가

```
    <link name="caster_wheel">
        <visual>
            <geometry>
                <sphere radius="0.03"/>
            </geometry>
            <material name="black"/>
        </visual>
        <collision>
            <geometry>
                <sphere radius="0.03"/>
            </geometry>
        </collision>
        <xacro:inertial_sphere mass="0.1" radius="0.03">
            <origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 0"/>
        </xacro:inertial_sphere>
    </link>

    <!-- GAZEBO -->
    <xacro:include filename="gazebo.xacro"/>

</robot>
```

가제보 시뮬레이션

8. 빌드 및 실행

```
$ cd ~/car_ws
$ colcon build –symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch sim_tutorial car_simulation_once.launch
```

```
$ rviz2
```

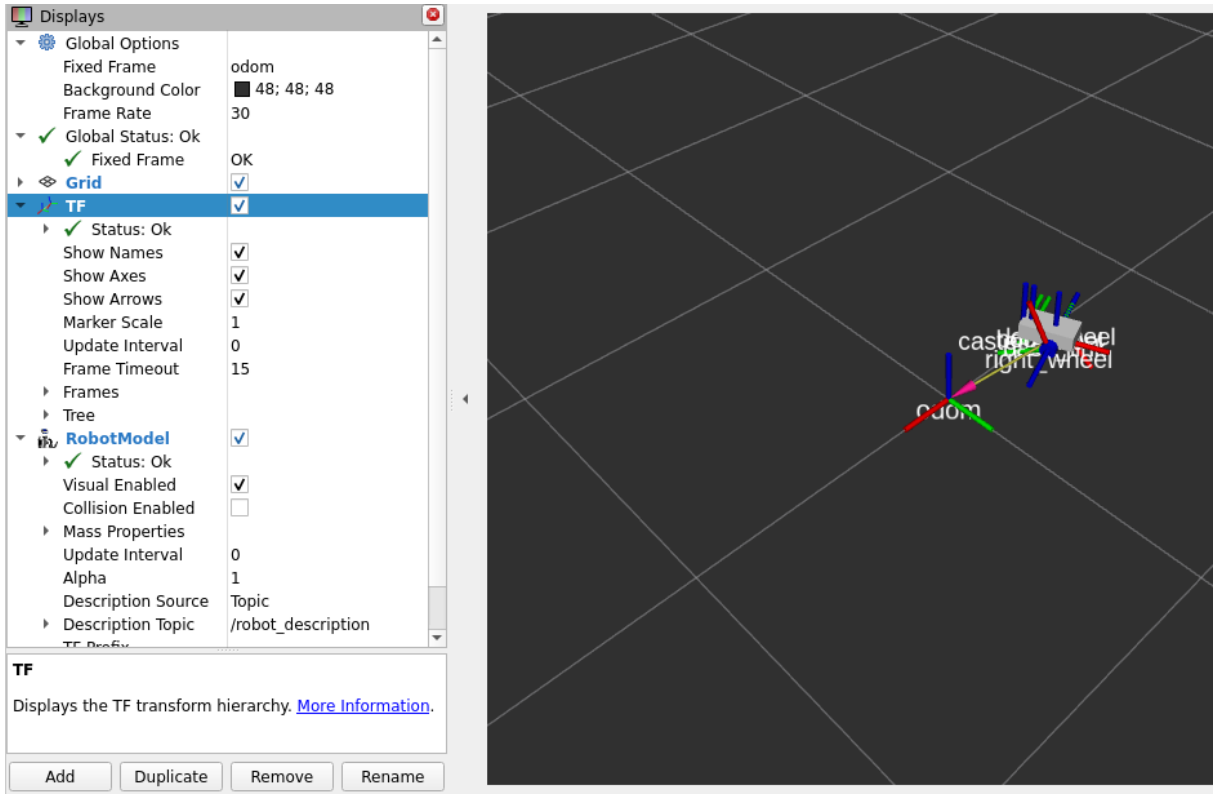
```
$ ros2 run teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard
```

Rviz2 Odom 설정

ODOM 프레임(Odometry Frame)은 로봇의 이동 경로를 추적하는데 사용되는 중요한 좌표계

1.기본 특징:
- •로봇이 시작한 위치를 기준으로 하는 좌표계
- •로봇의 상대적인 움직임을 표현
- •시간이 지나도 원점이 변하지 않음
- •일반적으로 "odom" 이라는 이름의 프레임으로 표현

2.주요 역할:
- •로봇의 현재 위치와 방향을 시작점 대비 상대적으로 추적
- •단기적인 로봇의 움직임을 정확하게 표현
- •지역적 네비게이션에 사용
- •센서 퓨전의 기준 프레임으로 활용



Add -> TF
Add -> RobotModel
Description Topic: /robot_description

Global Options > Fixed Frame : odom

Rviz2 Odom 설정

TF 트리에서의 위치

world/map -> odom -> base_link -> 기타 센서 프레임

4.다른 프레임과의 관계:
- map 프레임: 전역 좌표계, 절대 위치 표현
- base_link: 로봇 본체의 좌표계
- odom은 이 둘 사이의 중간 역할을 수행

5.사용 예시:
- 로봇의 dead reckoning 구현
- 로컬 장애물 회피
- 단거리 자율 주행
- 센서 데이터 통합

주의할 점:
- 시간이 지날수록 오차가 누적될 수 있음
- 전역 위치 보정이 필요할 수 있음
- map 프레임과의 관계를 주기적으로 업데이트 해야 함

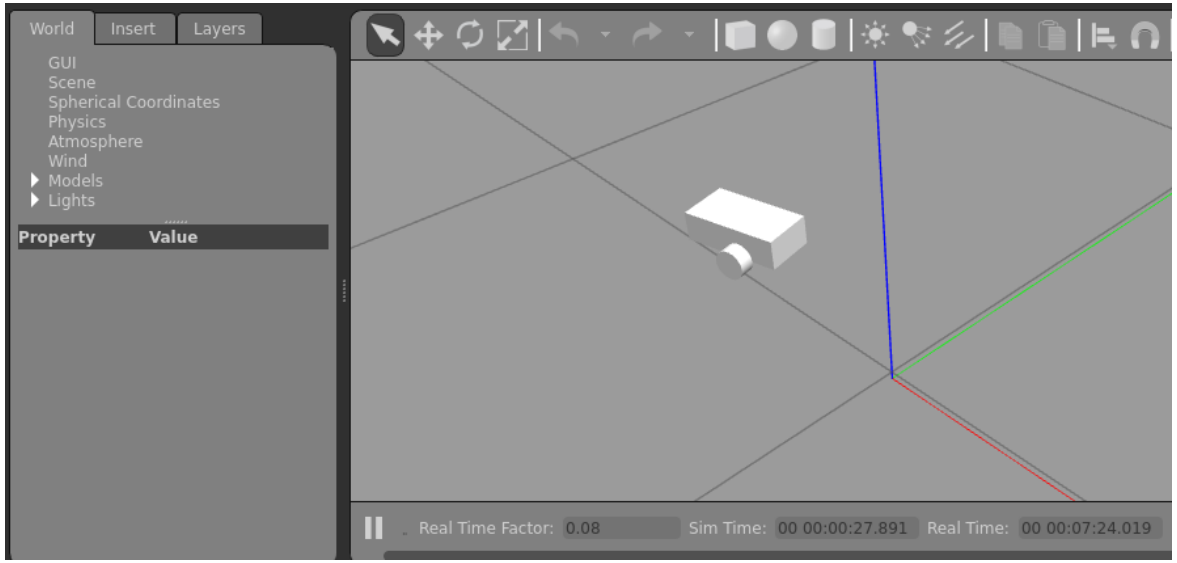
추측항법(推測航法, dead reckoning, dead reckoning navigation)

가제보 시뮬레이션

teleop 을 이용한 조작

ros2 run teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard

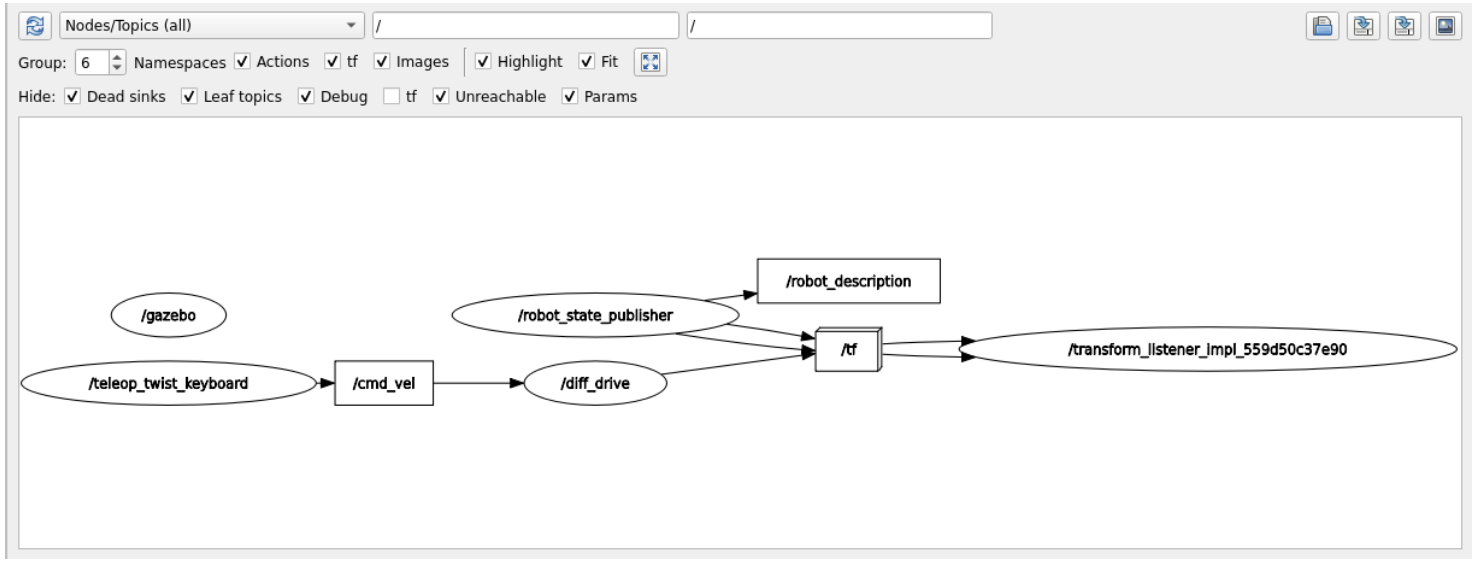
```
This node takes keypresses from the keyboard and publishes them
as Twist/TwistStamped messages. It works best with a US keyboard layout.
---------------------------
Moving around:
   u    i    o
   j    k    l
   m    ,    .
```



가제보 시뮬레이션

rqt_graph 실행

```
$ rqt_graph
```



라이다 시뮬레이션

라이다 시뮬레이션

lidar.xacro 파일 작성

src/sim_tutorial/urdf/lidar.xacro

라이더 기능 추가

- update_rate : 초당 10회 정보를 제공합니다.
- samples: 검색 구간 내에서 360개의 광선을 발사합니다.
  (이 부분을 조절하면서 간단한 테스트를 진행하겠습니다.)
- min_angle, max_angle: 2D LiDAR가 스캔할 구간입니다.
  -π부터 +π까지 2π 전체를 스캔합니다.
- range min/max: 2D LiDAR가 스캔 가능한 거리의 최소, 최대 값입니다.
- argument: ros에 전달할 topic 이름입니다.
- output_type: 출력 형식입니다.
- frame_name: 2D LiDAR가 부착된 센서 이름입니다.

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

    <gazebo reference="laser_frame">
        <material>Gazebo/Red</material>
        <sensor name="laser" type="ray">
            <pose>0 0 0 0 0 0</pose>
            <visualize>true</visualize>
            <update_rate>10</update_rate>
            <ray>
                <scan>
                    <horizontal>
                        <samples>360</samples>
                        <min_angle>-3.14</min_angle>
                        <max_angle>3.14</max_angle>
                    </horizontal>
                </scan>
                <range>
                    <min>0.3</min>
                    <max>12</max>
                </range>
            </ray>
            <plugin name="laser_controller" filename="libgazebo_ros_ray_sensor.so">
                <ros>
                    <argument>~/out:=scan</argument>
                </ros>
                <output_type>sensor_msgs/LaserScan</output_type>
                <frame_name>laser_frame</frame_name>
            </plugin>
        </sensor>
    </gazebo>

</robot>
```

라이다 시뮬레이션

1. xacro 파일 수정

src/sim_tutorial/urdf/car.xacro

라이더 링크 및 기능 파일 추가

```
            </geometry>
        </collision>
        <xacro:inertial_sphere mass="0.1" radius="0.03">
            <origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 0"/>
        </xacro:inertial_sphere>
    </link>

    <!-- LiDAR -->
    <joint name="laser_joint" type="fixed">
        <parent link="body"/>
        <child link="laser_frame"/>
        <origin xyz="0.1 0 0.075" rpy="0 0 0"/>
    </joint>

    <link name="laser_frame">
        <visual>
            <geometry>
                <cylinder radius="0.03" length="0.03"/>
            </geometry>
            <material name="red"/>
        </visual>
        <collision>
            <geometry>
                <cylinder radius="0.03" length="0.03"/>
            </geometry>
        </collision>
    </link>

    <!-- GAZEBO -->
    <xacro:include filename="gazebo.xacro"/>
    <xacro:include filename="lidar.xacro"/>
</robot>
```

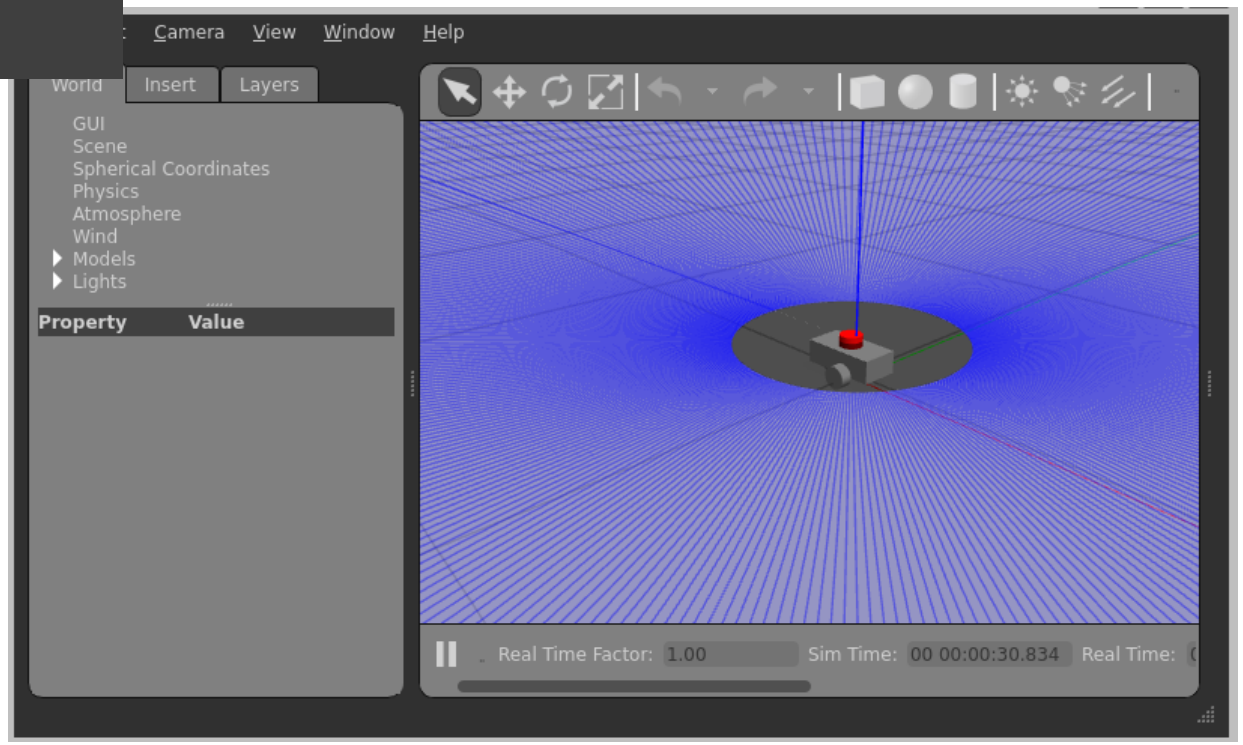
라이다 시뮬레이션

빌드 및 실행

```
$ cd ~/car_ws
$ colcon build –symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch sim_tutorial lidar.launch.py
```

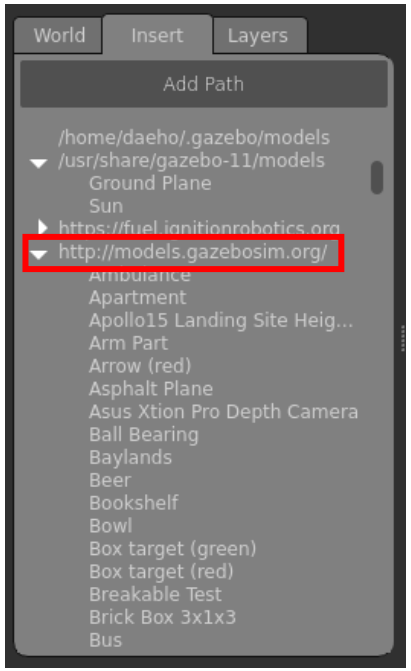
동작 시키기

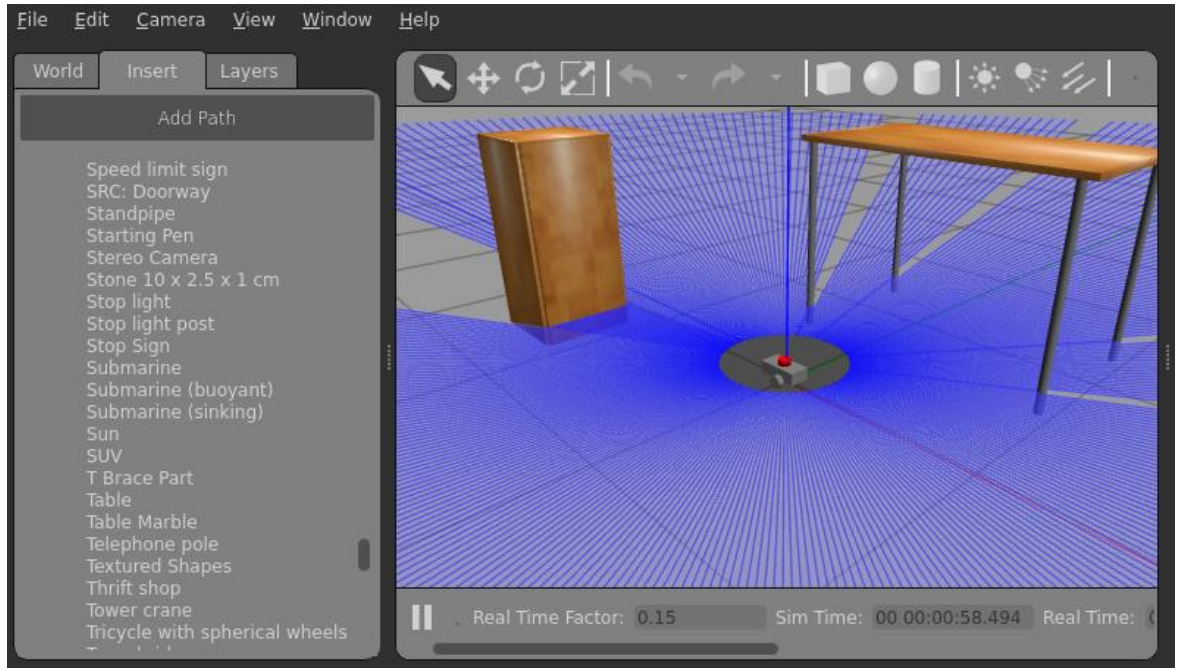
```
$ ros2 run teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard
```



라이다 시뮬레이션

모델 추가





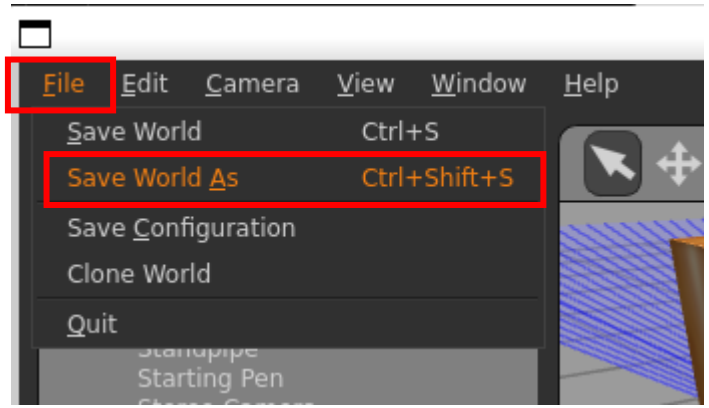
insert

http://model ~~

모델 추가

라이다 시뮬레이션

world 저장



File > Save World As

~/car_ws/src/car_simulation/my_world.world

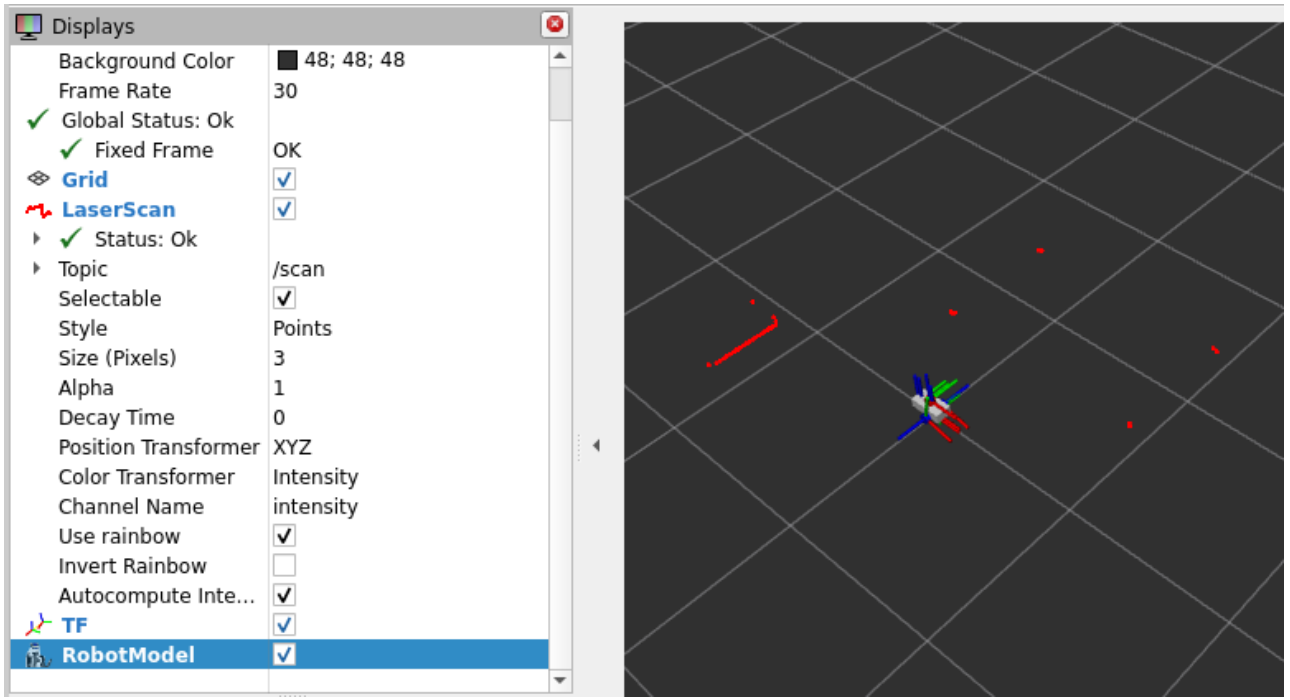
라이다 시뮬레이션

Rviz 실행 및 설정

```
$ rviz2
```

Add -> TF
Add -> RobotModel
Add -> LaserScan

Global Options > Fixed Frame : odom
RobotModel > Description Topic : /robot_description
LaserScan > Topic : /scan
> style : Points



카메라 시뮬레이션

카메라 시뮬레이션

camera.xacro 파일 작성

src/sim_tutorial/urdf/camera.xacro

카메라 기능 추가

- update_rate: 초당 10회 정보를 제공합니다.
- horizontal_fov: 가로 방향의 FOV (Field of View)는 1.089로 설정했습니다. Gazebo에서는 세로 방향의 FOV는 이미지 사이즈에 따라서 자동으로 계산되는 것으로 보입니다.
- image format: R8G 8B8로 빨강, 초록, 파랑 모두 8비트로 인코딩 됩니다.
- image widht/height: 이미지의 크기는 가로 640 픽셀, 세로 480 픽셀로 지정했습니다.
- frame_name: Camera가 부착된 센서 이름입니다.

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

    <gazebo reference="camera_link">
        <material>Gazebo/Red</material>
        <sensor name="camera" type="camera">
            <pose>0 0 0 0 0 0</pose>
            <visualize>true</visualize>
            <update_rate>10</update_rate>
            <camera>
                <horizontal_fov>1.089</horizontal_fov>
                <image>
                    <format>B8G8R8</format>
                    <width>640</width>
                    <height>480</height>
                </image>
                <clip>
                    <near>0.05</near>
                    <far>8.0</far>
                </clip>
            </camera>
            <plugin name="camera_controller" filename="libgazebo_ros_camera.so">
                <frame_name>camera_link_optical</frame_name>
                <min_depth>0.1</min_depth>
                <max_depth>100.0</max_depth>
            </plugin>
        </sensor>
    </gazebo>

</robot>
```

카메라 시뮬레이션

1. xacro 파일 수정

src/sim_tutorial/urdf/car.xacro

카메라 링크 및 기능 파일 추가

```
<!-- 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="black"/>
    </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">
    <visual>
        <geometry>
            <sphere radius="0.015"/>
        </geometry>
        <material name="black"/>
    </visual>
</link>

<!-- GAZEBO -->
<xacro:include filename="gazebo.xacro"/>
<xacro:include filename="lidar.xacro"/>
<xacro:include filename="camera.xacro"/>
</robot>
```

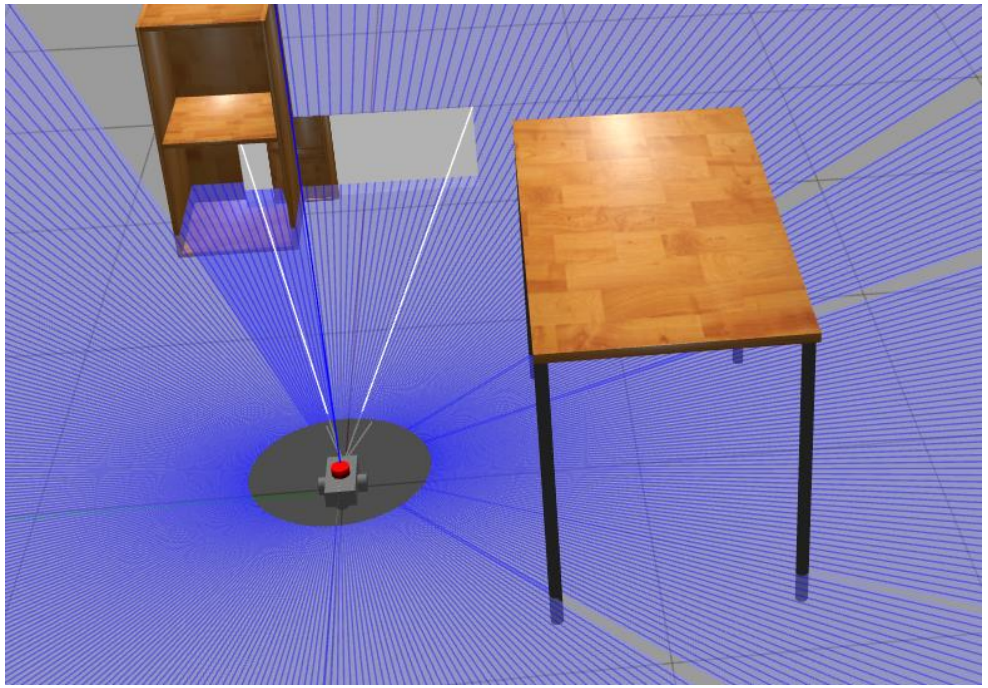
카메라 시뮬레이션

빌드 및 실행

```
$ cd ~/car_ws
$ colcon build –symlink-install
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch sim_tutorial camera.launch.py
```

동작 시키기

```
$ ros2 run teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard
```



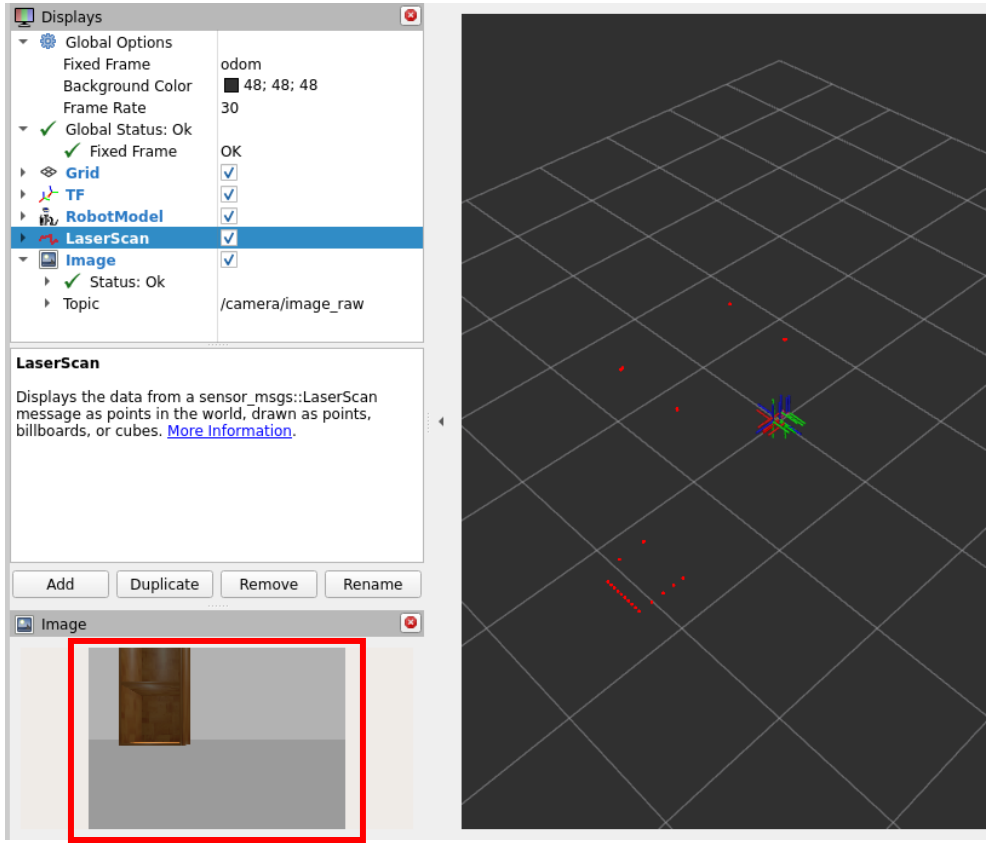
카메라 시뮬레이션

Rviz 실행 및 설정

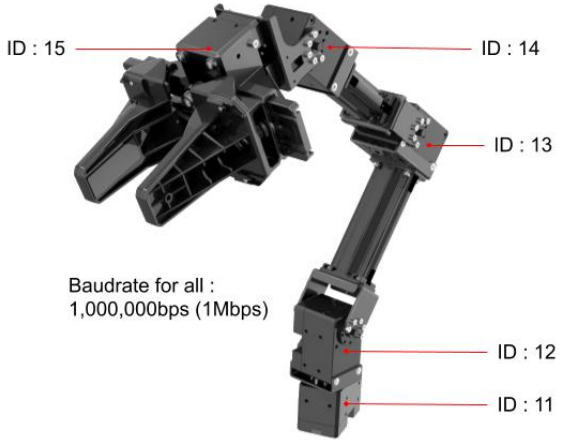
```
$ rviz2
```

Add -> TF
Add -> RobotModel
Add -> LaserScan
Add -> Image

Global Options > Fixed Frame : odom
RobotModel > Description Topic : /robot_description
LaserScan > Topic : /scan
> style : Points
Image > Topic : /camera/image_raw



openManipulatorX , moveit2



OpenManipulatorX

가제보에서 물체를 붙여서 메니퓨레이터 이동시키기

OpenManipulatorX 특징:

1.구조

1. 5개의 다이나믹셀 서보 모터 사용 (XM430-W350-T)
2. 4 자유도 매니퓰레이터 + 그리퍼
3. 최대 가반하중: 0.5kg
4. 작업 반경: 약 380mm

1.하드웨어 구성

1. 다이나믹셀 모터: 관절 제어
2. U2D2: 다이나믹셀 통신용 컨버터
3. 프레임: 3D 프린팅 가능한 부품들

https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/openmanipulator_x/quick_start_guide_basic_operation/

객체(object)와 함께 로봇팔 다루기

설치 과정

```
sudo apt-get install ros-${ROS_DISTRO}-dynamixel-sdk
sudo apt-get install ros-${ROS_DISTRO}-dynamixel-workbench
sudo apt-get install ros-${ROS_DISTRO}-robotis-manipulator
```

```
# 작업 공간 생성
mkdir -p ~/robotis_ws/src
cd ~/robotis_ws/src

# 소스 코드 다운로드
git clone https://github.com/ROBOTIS-GIT/open_manipulator.git
git clone https://github.com/ROBOTIS-GIT/open_manipulator_msgs.git
git clone https://github.com/ROBOTIS-GIT/open_manipulator_dependencies.git

# 빌드
cd ~/robotis_ws
catkin_make
```

객체(object)와 함께 로봇팔 다루기

```
# ~/.bashrc에 추가
echo 'source ~/robotis_ws/devel/setup.bash' >> ~/.bashrc
source ~/.bashrc
```

```
# Gazebo 시뮬레이션
roslaunch open_manipulator_gazebo open_manipulator_gazebo.launch

# RViz 시각화
roslaunch open_manipulator_description open_manipulator_rviz.launch

# 컨트롤러
ros2 launch open_manipulator_x_moveit_config moveit_core.launch.py

#GUI 컨트롤
ros2 launch open_manipulator_x_gui open_manipulator_x_gui.launch.py
```

Open manipulatorX

```
import rclpy
from rclpy.node import Node
from moveit_commander import
MoveGroupCommander
from geometry_msgs.msg import Pose



 def main():
     rclpy.init()

     node = ManipulatorXMoveIt()

     # Example target position (replace with your desired
 coordinates)
     target_x = 0.2
     target_y = 0.0
     target_z = 0.2

     # Move to the target position
     node.move_to_xyz(target_x, target_y, target_z)

     rclpy.shutdown()

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

```
class ManipulatorXMoveIt(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('manipulatorx_moveit2')

        # Initialize MoveIt2 MoveGroupCommander
        self.group_name = "manipulator"  # Replace with the correct group name from your MoveIt2
configuration
        self.move_group = MoveGroupCommander(self.group_name)

        # Set up logger
        self.get_logger().info("Manipulator-X MoveIt2 Node Initialized")

    def move_to_xyz(self, x, y, z):
        # Create a Pose object for the target position
        target_pose = Pose()
        target_pose.position.x = x
        target_pose.position.y = y
        target_pose.position.z = z

        # Orientation (w=1 indicates no rotation, adjust if needed)
        target_pose.orientation.x = 0.0
        target_pose.orientation.y = 0.0
        target_pose.orientation.z = 0.0
        target_pose.orientation.w = 1.0

        # Set the target pose for the move group
        self.move_group.set_pose_target(target_pose)

        # Plan and execute the motion
        success = self.move_group.go(wait=True)
        self.move_group.stop()  # Ensure no residual movement
        self.move_group.clear_pose_targets()

        if success:
            self.get_logger().info(f"Successfully moved to position: x={x}, y={y}, z={z}")
        else:
            self.get_logger().error("Failed to move to the target position")
```

Open manipulatorX

```
import os
from ament_index_python.packages import get_package_share_directory
from launch import LaunchDescription
from launch.actions import IncludeLaunchDescription
from launch.launch_description_sources import
PythonLaunchDescriptionSource
from launch_ros.actions import Node

def generate_launch_description():
    # Define package paths
    moveit_config_path =
get_package_share_directory('turtlebot3_manipulation_moveit_config')
    bringup_path =
get_package_share_directory('turtlebot3_manipulation_bringup')

    # Include MoveIt2 move_group.launch.py
    move_group_launch = IncludeLaunchDescription(
        PythonLaunchDescriptionSource(
            os.path.join(moveit_config_path, 'launch', 'move_group.launch.py')
        )
    )

    # Include robot hardware launch file
    hardware_launch = IncludeLaunchDescription(
        PythonLaunchDescriptionSource(
            os.path.join(bringup_path, 'launch', 'hardware.launch.py')
        )
    )

    # RViz node to visualize planning
    rviz_config_file = os.path.join(moveit_config_path, 'launch', 'moveit.rviz')
    rviz_node = Node(
        package='rviz2',
        executable='rviz2',
        arguments=['-d', rviz_config_file],
        name='rviz2',
        output='screen'
    )

    return LaunchDescription([
        hardware_launch,
        move_group_launch,
        rviz_node
    ])
```

Open manipulatorX

```
import rclpy
from rclpy.node import Node
from moveit_commander import MoveGroupCommander

class GripperControl(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('gripper_control')
        self.gripper_group_name = "gripper"  # Replace with the correct group name for
the gripper
        self.gripper_group = MoveGroupCommander(self.gripper_group_name)
        self.get_logger().info("Gripper Control Node Initialized")

    def open_gripper(self):
        joint_goal = [0.02]  # Adjust value as per the gripper's joint limits (fully open)
        self.gripper_group.go(joint_goal, wait=True)
        self.gripper_group.stop()
        self.get_logger().info("Gripper opened.")

    def close_gripper(self):
        joint_goal = [0.0]  # Adjust value as per the gripper's joint limits (fully closed)
        self.gripper_group.go(joint_goal, wait=True)
        self.gripper_group.stop()
        self.get_logger().info("Gripper closed.")

def main():
    rclpy.init()
    node = GripperControl()

    # Example: Open and then close the gripper
    node.open_gripper()
    rclpy.sleep(2)  # Wait for a while
    node.close_gripper()

    rclpy.shutdown()

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

Open manipulatorX , moveit2를 이용 타겟으로 이동시키기

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

import rclpy
from rclpy.node import Node
from moveit2 import (
    MoveGroupInterface,
    PlanningSceneInterface,
    RobotState
)
from geometry_msgs.msg import Pose, Point, Quaternion
from tf2_ros import TransformException
from tf2_ros.buffer import Buffer
from tf2_ros.transform_listener import TransformListener

class ArmTrajectoryPlanner(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('arm_trajectory_planner')

        # Initialize MoveIt2 interfaces
        self.move_group = MoveGroupInterface(
            node=self,
            name="arm",  # Your planning group name
            robot_description="robot_description",
            robot_description_semantic="robot_description_semantic"
        )

        self.planning_scene = PlanningSceneInterface(
            node=self
        )

        # Set planning parameters
        self.move_group.set_planning_time(5.0)
        self.move_group.set_num_planning_attempts(10)
        self.move_group.set_max_velocity_scaling_factor(0.1)
        self.move_group.set_max_acceleration_scaling_factor(0.1)

    def plan_cartesian_path(self, waypoints):
        """Plan a Cartesian path through given waypoints."""

        (plan, fraction) = self.move_group.compute_cartesian_path(
            waypoints,     # waypoints to follow
            0.01,          # eef_step
            0.0,           # jump_threshold
            True           # avoid_collisions
        )

        return plan, fraction

    def execute_trajectory(self, plan):
        """Execute a planned trajectory."""

        success = self.move_group.execute(plan, wait=True)
        return success

    def move_to_pose(self, target_pose):
        """Plan and execute movement to a target pose."""

        self.move_group.set_pose_target(target_pose)
        success = self.move_group.go(wait=True)
        self.move_group.clear_pose_targets()
        return success
```

Open manipulatorX

```
def main():
    rclpy.init()

    planner = ArmTrajectoryPlanner()

    # Example target pose
    target_pose = Pose()
    target_pose.position = Point(x=0.4, y=0.0, z=0.4)
    target_pose.orientation = Quaternion(x=0.0, y=0.0, z=0.0, w=1.0)

    # Move to single target pose
    success = planner.move_to_pose(target_pose)
    planner.get_logger().info(f"Move to pose success: {success}")

    # Example Cartesian path
    waypoints = []

    # Start with current pose
    start_pose = planner.move_group.get_current_pose().pose
    waypoints.append(start_pose)

    # Add waypoints relative to current pose
    wpose = Pose()
    wpose.position = Point(x=start_pose.position.x + 0.1,
                           y=start_pose.position.y,
                           z=start_pose.position.z)
    wpose.orientation = start_pose.orientation
    waypoints.append(wpose)

    wpose = Pose()
    wpose.position = Point(x=start_pose.position.x + 0.1,
                           y=start_pose.position.y + 0.1,
                           z=start_pose.position.z)
    wpose.orientation = start_pose.orientation
    waypoints.append(wpose)

    # Plan and execute Cartesian path
    plan, fraction = planner.plan_cartesian_path(waypoints)
    planner.get_logger().info(f"Planned {fraction * 100}% of Cartesian path")

    if fraction > 0.9:  # Execute only if we can achieve at least 90% of the path
        success = planner.execute_trajectory(plan)
        planner.get_logger().info(f"Cartesian path execution success: {success}")

    rclpy.shutdown()

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

객체(object)와 함께 로봇팔 다루기

가제보에서 물체를 붙여서 메니퓨레이터 이동시키기

https://github.com/minwoominwoominwoo7/op_moveit_client

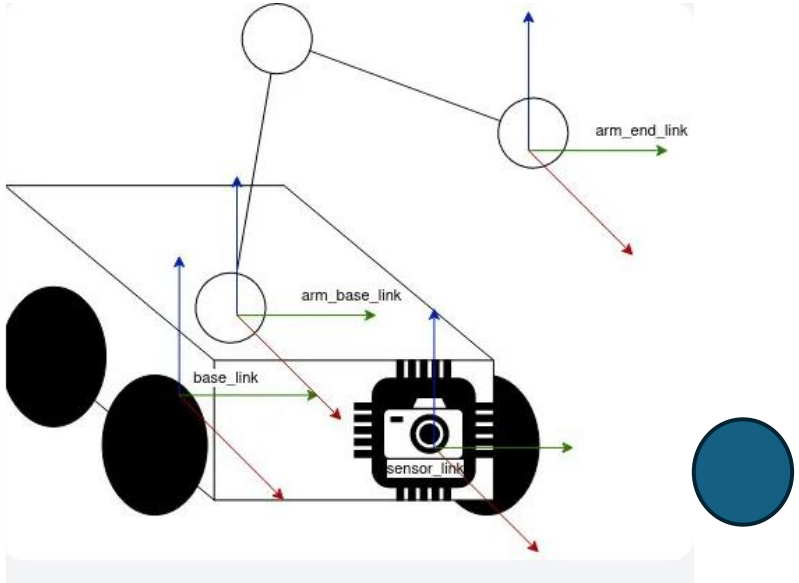
static_transform_publisher

- 로봇의 센서 위치 정의
- 고정된 좌표계 관계 설정
- 로봇 모델의 기본 구조 정의
- 시뮬레이션 환경 설정

static_transform_publisher x y z yaw pitch roll frame_id child_frame_id period_in_ms

launch 파일 안에 추가

```
<node pkg="tf" type="static_transform_publisher"
name="camera_link_to_base_link" args="0.5 0 0.5 0 0 0 base_link
camera_link 200" />
```



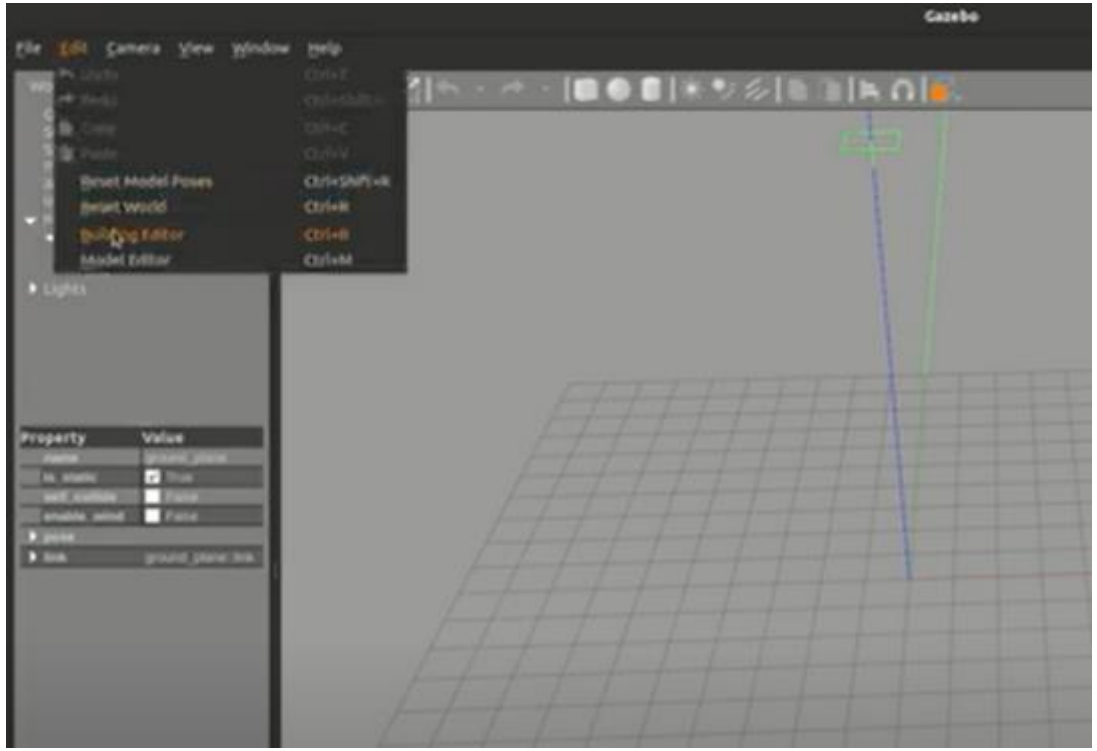

```
$ ros2 run tf2_ros static_transform_publisher 1 -1 0 0 0 0.707 base_link arm_base_link
```

Make a world

시뮬레이션 월드 만들기

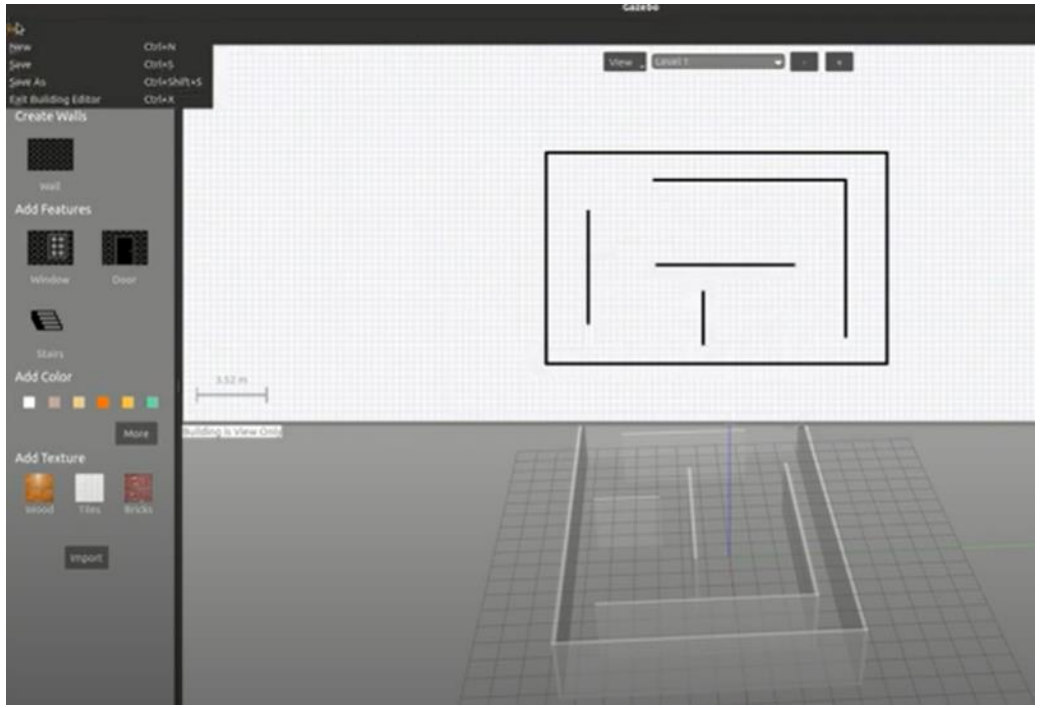
Edit 메뉴에서 building editor 를 클릭한다.

그러면 다음과 같은 building editor화면이 나타난다.

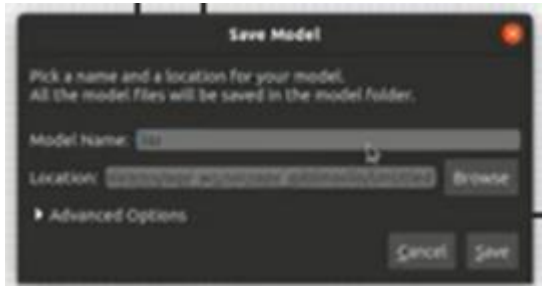


시뮬레이션 월드 만들기

화면에서 왼쪽에는 벽, 문, 계단 등을 만들수 있는 항목들이 있고, 모눈종이처럼 생긴 구역에서 위에서 내려다보는 평면도 관점의 맵을 볼 수 있다. 이 모눈종이 구역에서 벽, 계단 등을 생성, 배치할 수 있다 아래쪽 구역은 실제 gazebo 공간상에 생성된 3차원 맵을 보여준다.

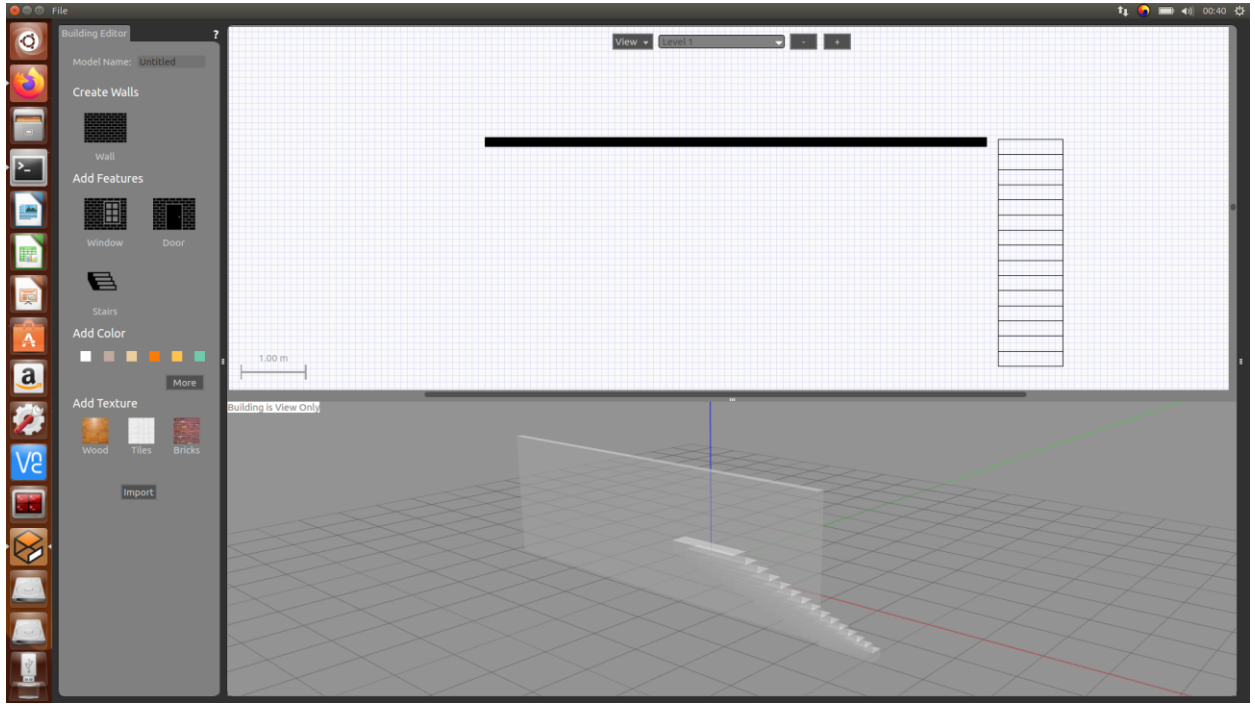


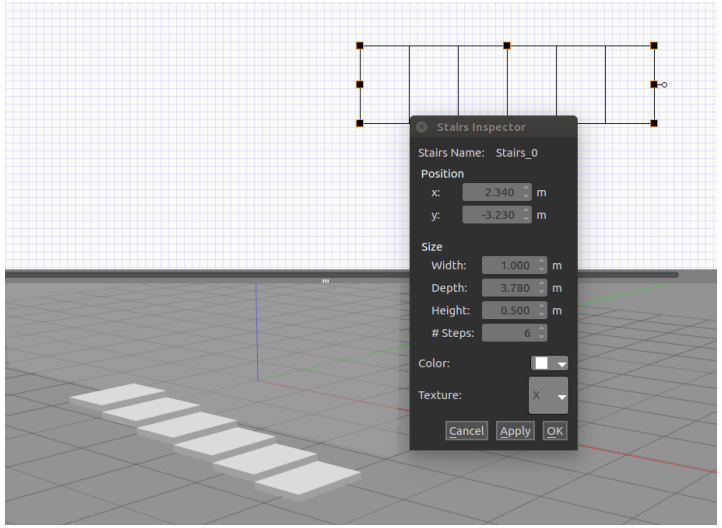
Model 이름으로 저장한다.



시뮬레이션 월드 만들기

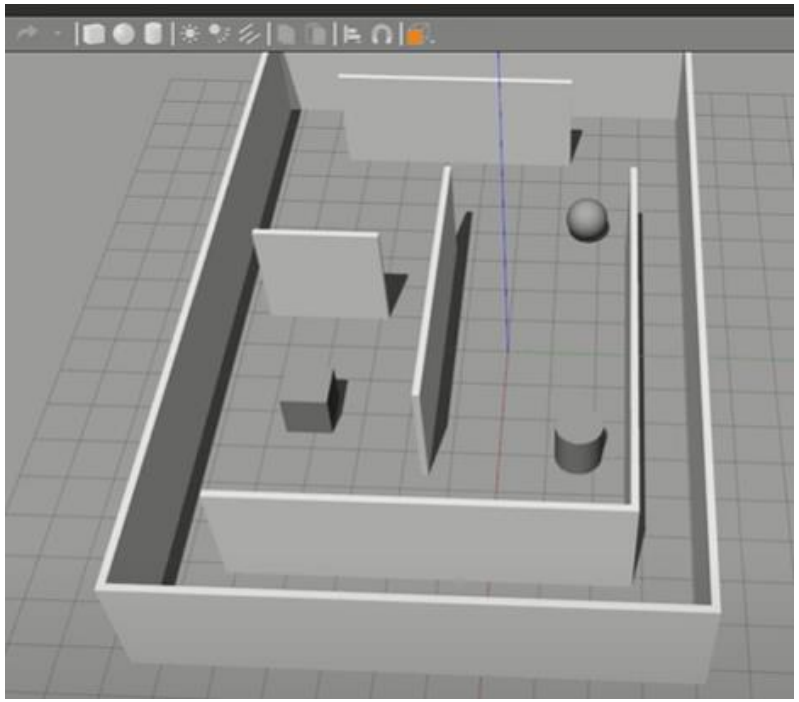
계단 만들기

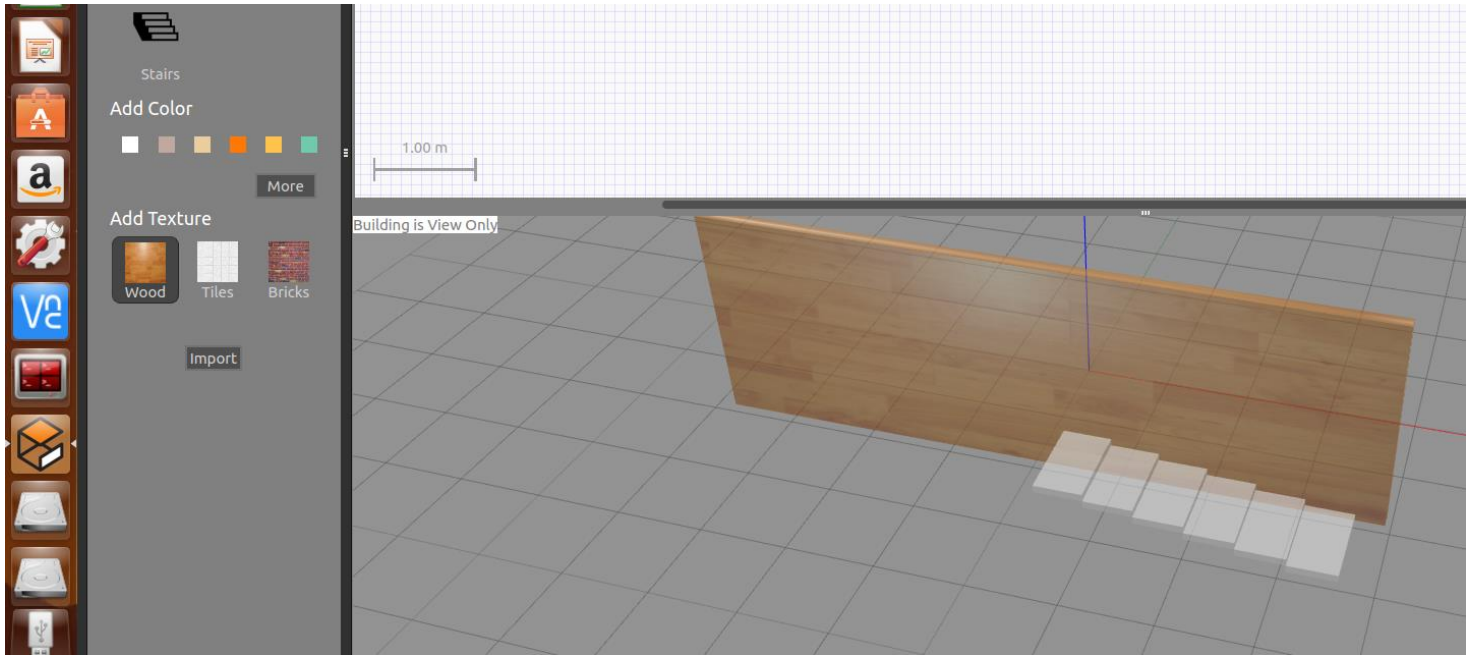




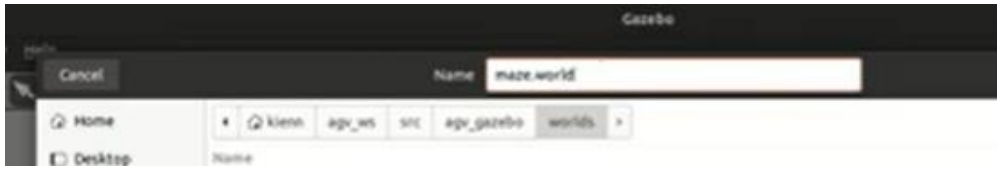
시뮬레이션 월드 만들기

표면 이미지 추가 및 World 저장하기





Add Texture



Save as xxx.world

https://www.youtube.com/watch?v=7McYSJFAqlU

예시 프로젝트

Turtlebot3 Manipulation

TURTLEBOT3 with OpenManipulator

https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/manipulation/

Turtlebot3 Manipulation

TurtleBot3 SBC

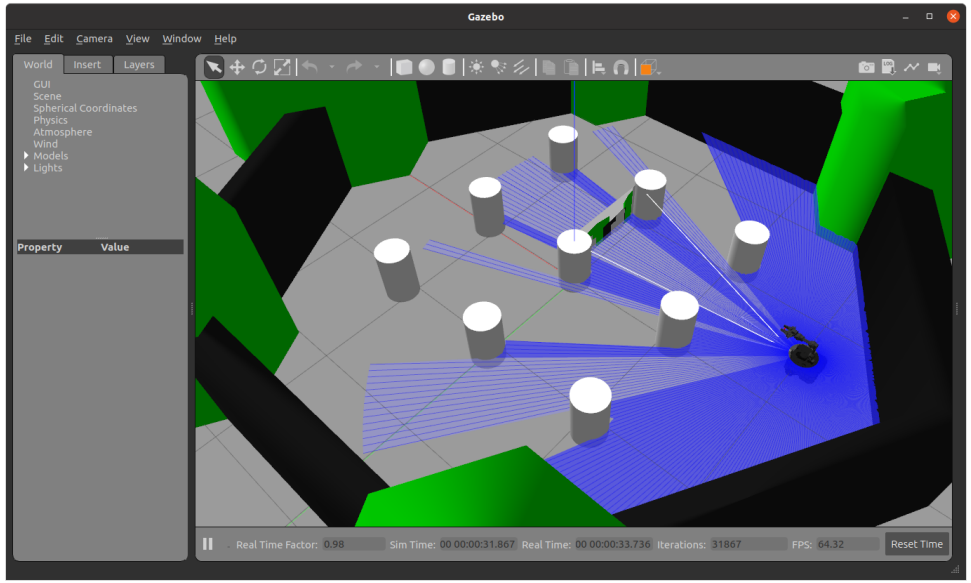
```
$ export OPENCR_PORT=/dev/ttyACM0
$ export OPENCR_MODEL=turtlebot3_manipulation
$ rm -rf ./opencr_update.tar.bz2
$ wget https://github.com/ROBOTIS-GIT/OpenCR-Binaries/raw/master/turtlebot3/ROS2/latest/opencr_update.tar.bz2
$ tar -xvf opencr_update.tar.bz2
$ cd ./opencr_update
$ ./update.sh $OPENCR_PORT $OPENCR_MODEL.opencr
```

Simulation

ros2 launch turtlebot3_manipulation_bringup gazebo.launch.py

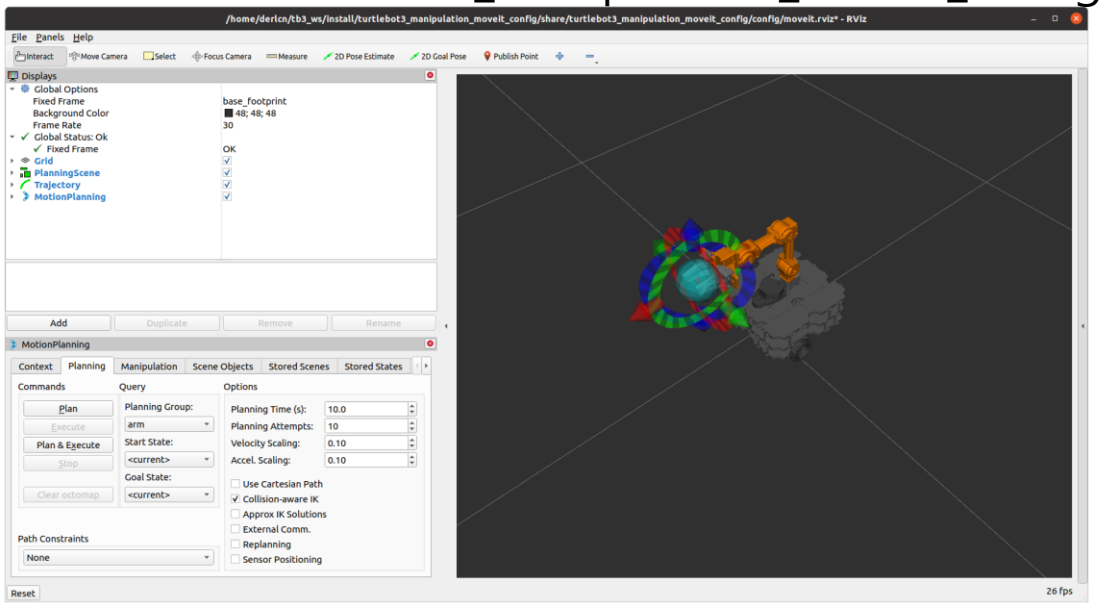
또는

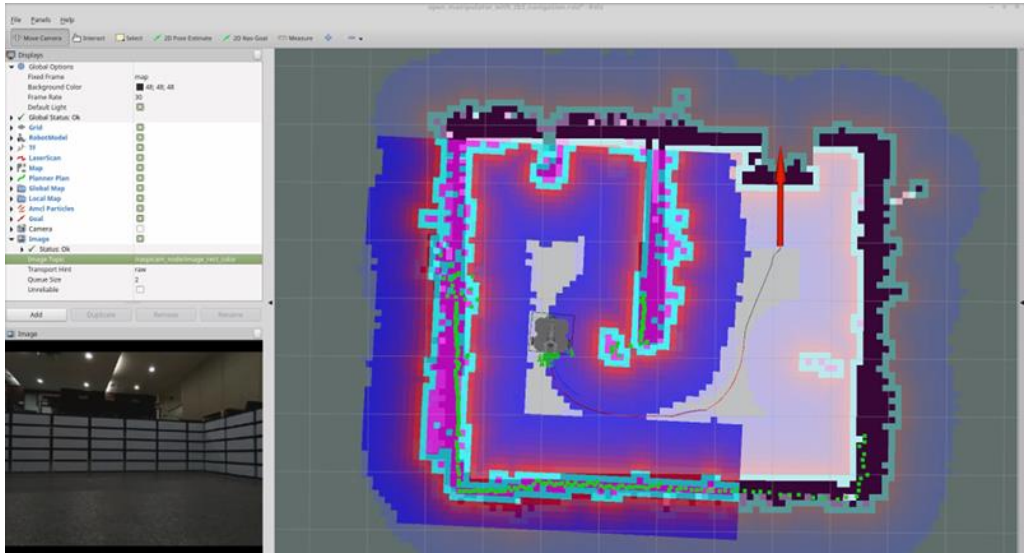
ros2 launch turtlebot3_manipulation_bringup gazebo.launch.py start_rviz:=true



Turtlebot3 Manipulation

ros2 launch turtlebot3_manipulation_moveit_config moveit_gazebo.launch.py



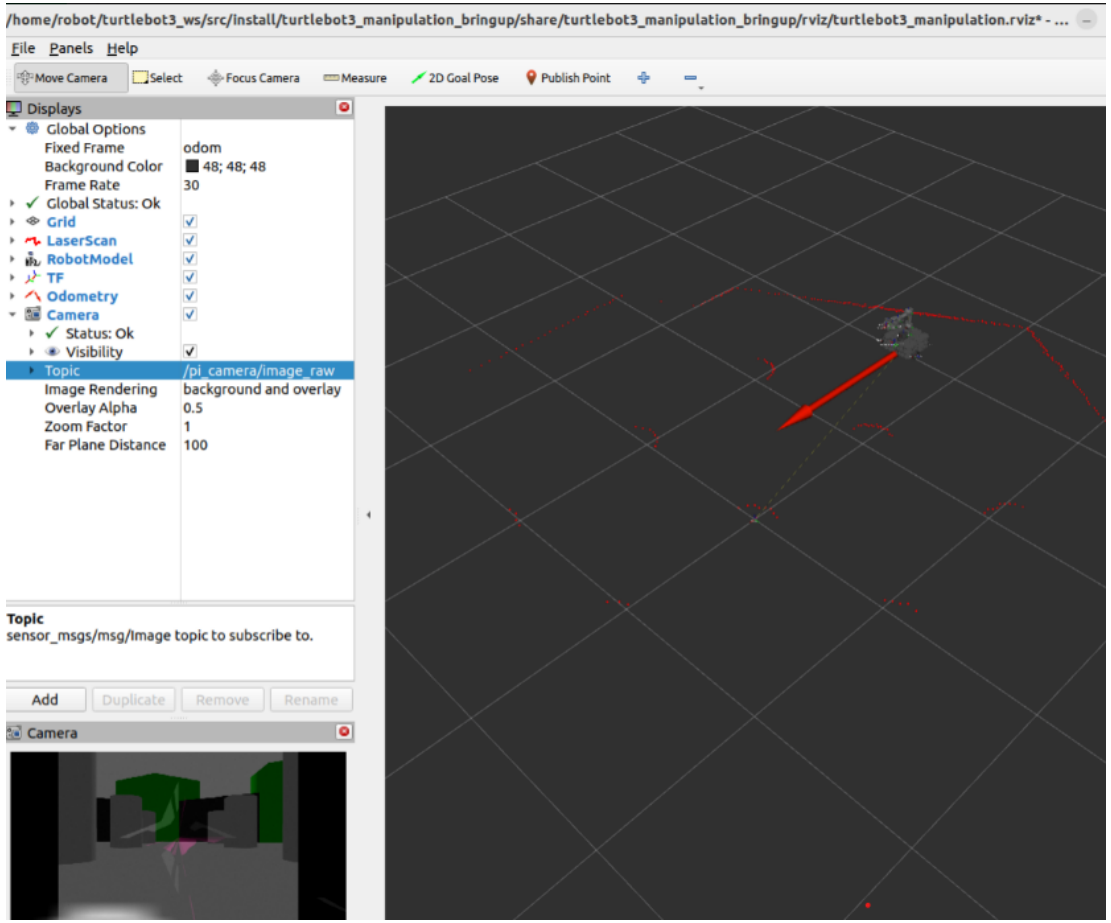


ros2 launch turtlebot3_manipulation_bringup gazebo.launch.py

ros2 launch turtlebot3_manipulation_cartographer cartographer.launch.py

ros2 run nav2_map_server map_saver_cli -f ~/map

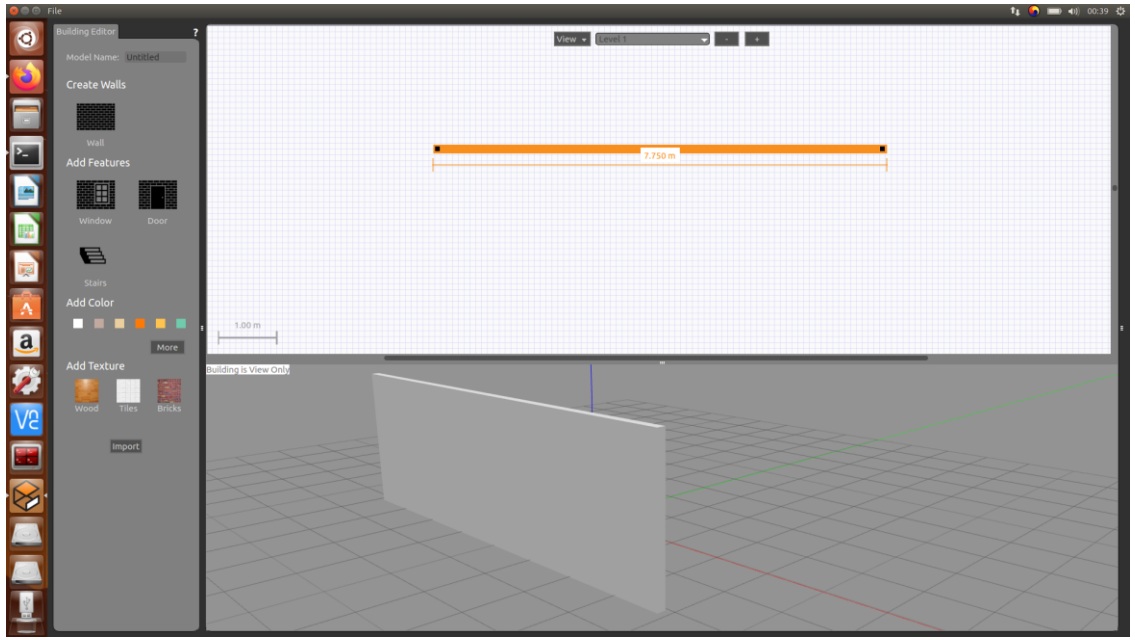
Turtlebot3 Manipulation



gazebo에서 3D맵 만들기

Edit 메뉴에서 building editor 를 클릭한다.

화면에서 왼쪽에는 벽, 문, 계단 등을 만들수 있는 항목들이 있고, 모눈종이처럼 생긴 구역에서 위에서 내려다보는 평면도 관점의 맵을 볼 수 있다. 이 모눈종이 구역에서 벽, 계단 등을 생성, 배치할 수 있다 아래쪽 구역은 실제 gazebo 공간상에 생성된 3차원 맵을 보여준다.



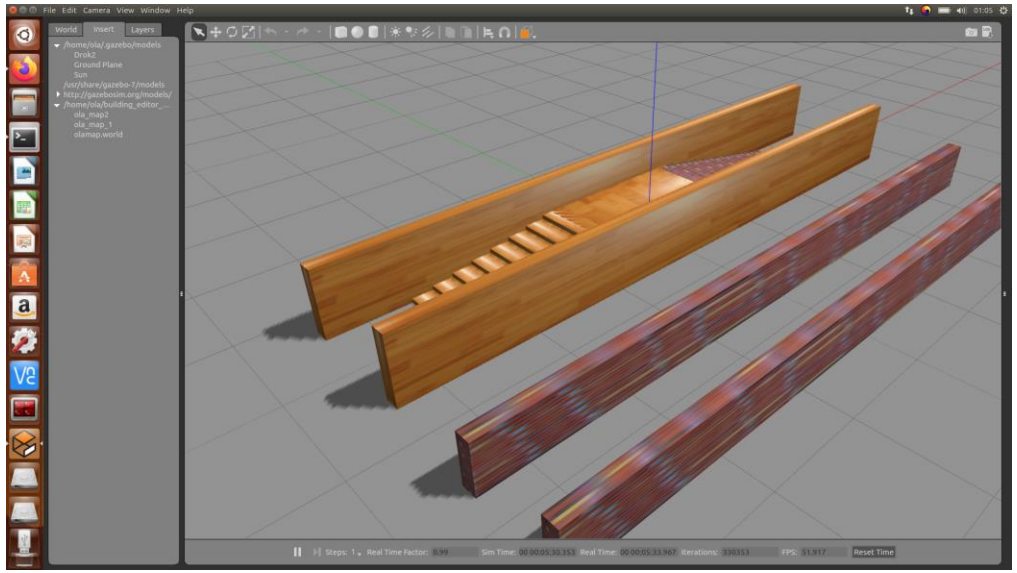
gazebo에서 3D맵 만들기

Add texture 기능으로 물체의 표면 질감?을 바꿔줄수 있다.

building editor 에서 맵을 다 만들었다면 왼쪽 상단의 File 탭에서 Save as..를 클릭하고

이름을 바꿔준 뒤, 저장한다.

저장한 뒤 File -> exit building editor 를 눌러 buildig editor 화면에서 나간다.



gazebo에서 3D맵 만들기

Gazebo에서 생성한 world를 SDF 파일로부터 불러와 실행하는 방법을 설명해드리겠습니다.
1.터미널에서 직접 실행하는 방법:

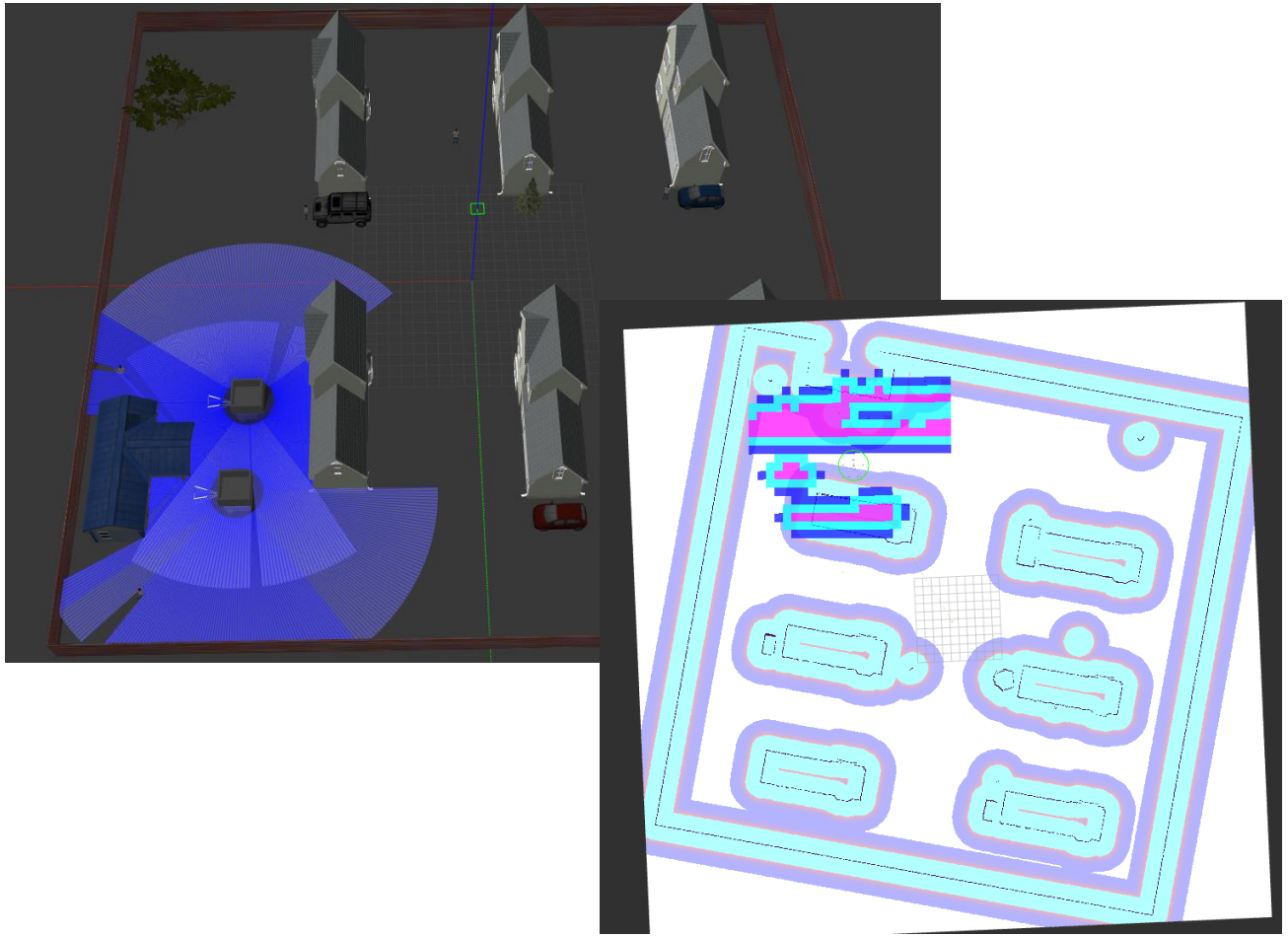
gazebo <world_file_path>.sdf

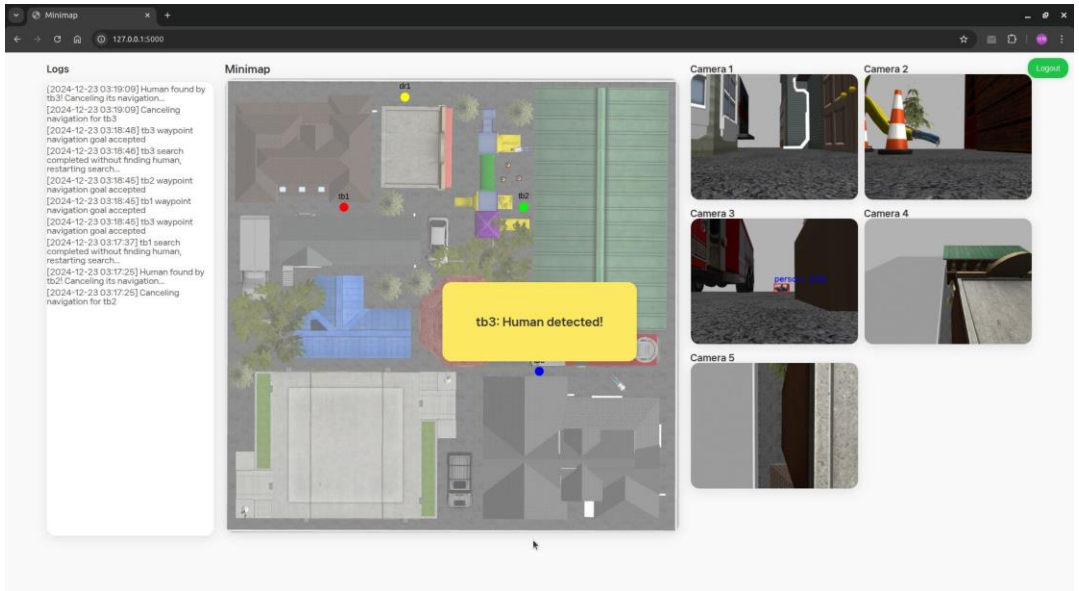
2. launch 파일을 통해 실행하는 방법:

```
<launch>
  <!-- Gazebo 서버와 클라이언트 실행 -->
  <include file="$(find gazebo_ros)/launch/empty_world.launch">
    <arg name="world_name" value="$(find
your_package)/worlds/your_world.sdf"/>
    <arg name="paused" value="false"/>
    <arg name="use_sim_time" value="true"/>
    <arg name="gui" value="true"/>
    <arg name="headless" value="false"/>
    <arg name="debug" value="false"/>
  </include>
</launch>
```

가상환경

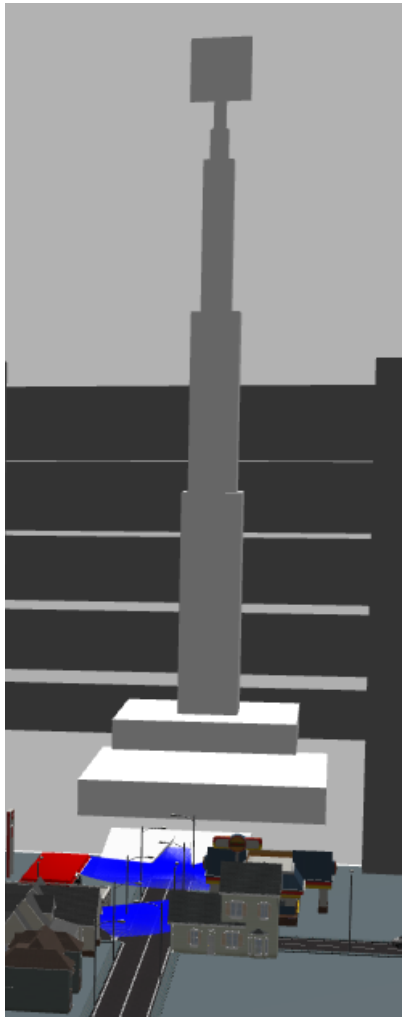
복수의 정찰 로봇 관제 시스템





가상환경

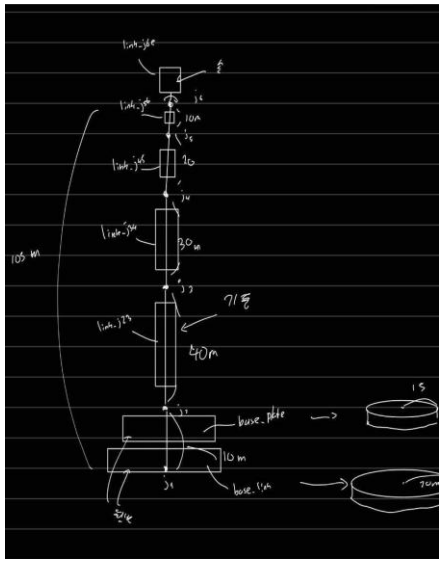
로봇암을 이용한 자동 주차 시스템

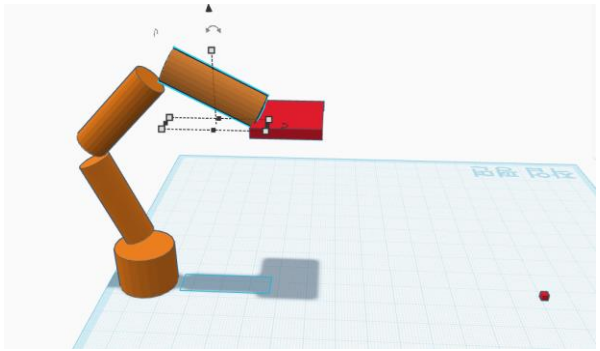


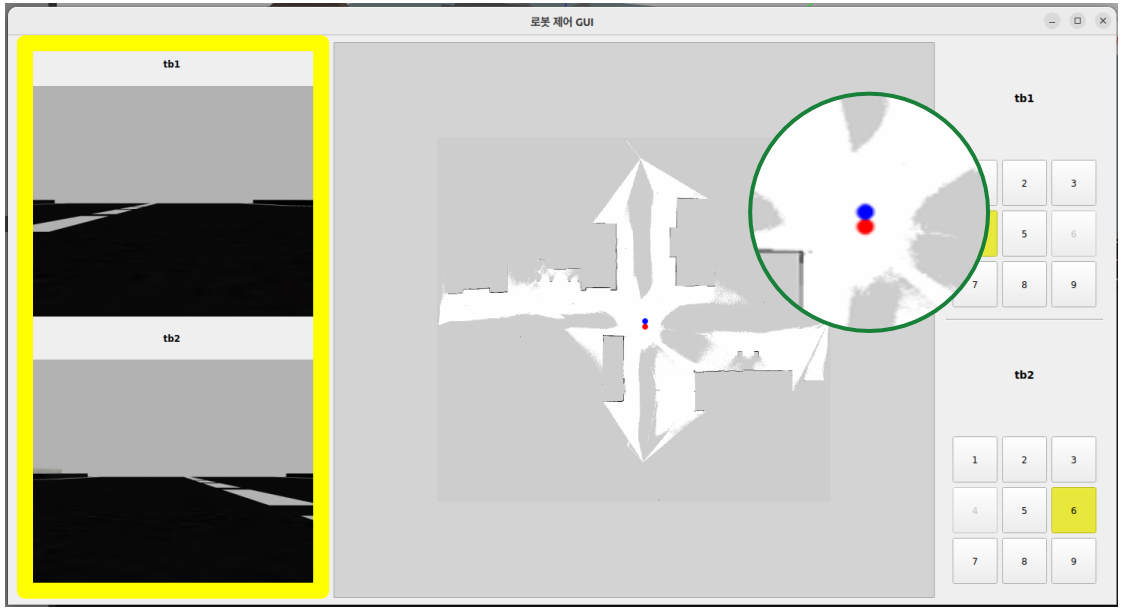
최대 높이 : 125m

6-DoF로 설계

MoveIT2 구동

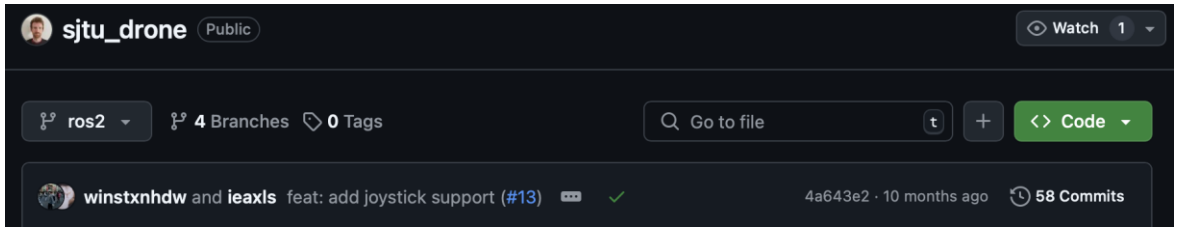






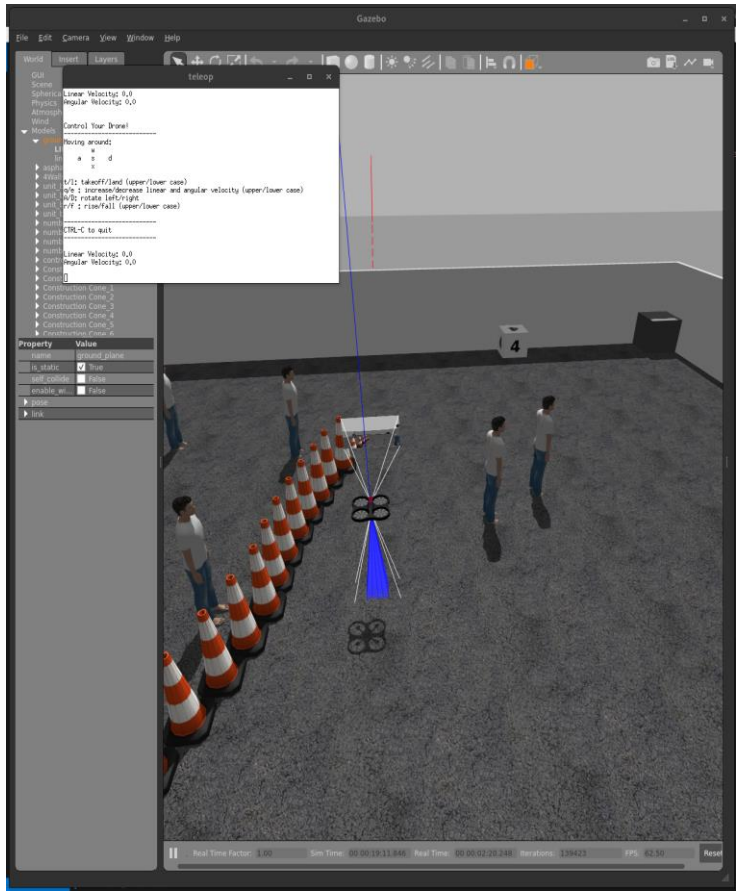
드론 모델을 적용한 정찰

Drone



https://github.com/NovoG93/sjtu_drone

- sjtu_drone 모델을 가져와서 사용
- 자세제어가 들어가 있는 점이 장점



감사합니다.