cyberdog_race 说明文档

1. 环境搭建

1.1 推荐环境配置

- Ubuntu20.04
- Docker 20.10.21（安装教程：https://docs.docker.com/engine/install/ubuntu/）

1.2 docker 镜像导入&运行

1. 下载 docker 包 cyberdog_race.tar
2. &本地导入 Docker 镜像

```
Plain Text
sudo docker load -i cyberdog_race.tar
```

3. 授权 X Server

```
Plain Text
xhost +
```

4. 运行 Docker 镜像

```
Bash
sudo docker run -it --shm-size="1g" --privileged=true -e
DISPLAY=$DISPLAY -v /tmp/.X11-unix:/tmp/.X11-unix cyberdog_sim:v1
```

2. 仿真环境使用

仿真环境基于 gazebo 仿真器，令仿真器程序直接与控制程序 cyberdog_control 进行通信，并将机器人的各关节数据与传感器数据转发为 ros2 topic，并通过 rviz 进行机器人状态的可视化。

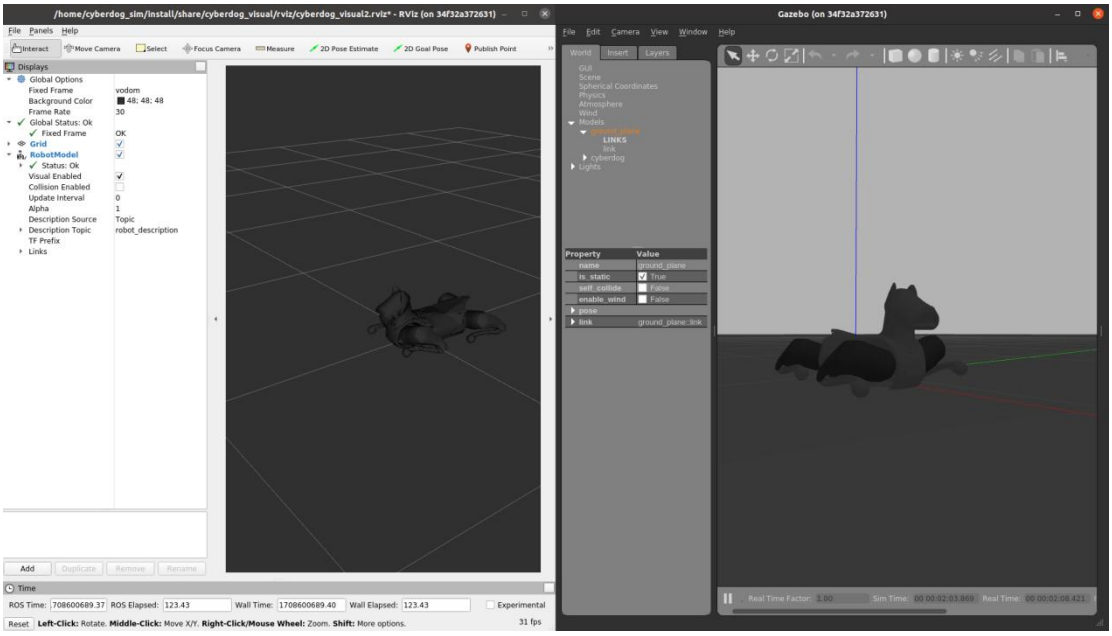
2.1 运行仿真环境

2.1.1 脚本运行整个仿真环境

在打开 docker 后，在终端运行

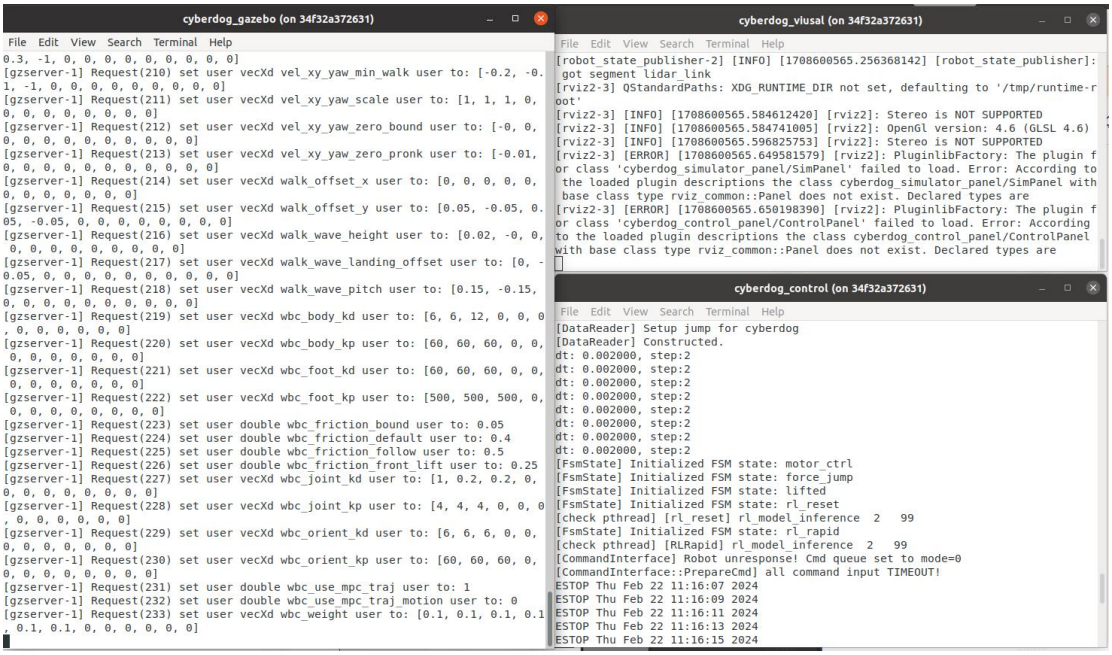
```
Shell
cd /home/cyberdog_sim
python3 src/cyberdog_simulator/cyberdog_gazebo/script/launchsim.py
```

运行后的仿真器共有 2 个界面：gazebo 界面为仿真器界面，通过该界面可以确认机器人与环境的交互；rviz2 为可视化界面，主要显示机器人自身的状态与传感器返回的数据。



rviz2 可视化界面（左）& gazebo 仿真器界面（右）

运行仿真器后弹出三个窗口：cyerdog_gazebo 为仿真器程序的界面；cyberdog_control 为控制程序的界面；cyberdog_visual 为 rviz2 可视化程序的界面。各界面会返回对应程序的状态以及发生的错误。



程序界面

2.2.2 导入镜像到打开仿真器的全流程视频

[tutorial.mp4]

2.1.3 分别运行各个程序

除脚本启动外，可通过以下步骤分别运行各程序

Gazebo 仿真程序

首先启动 gazebo 程序，于 cyberdog_sim 文件夹下进行如下操作：

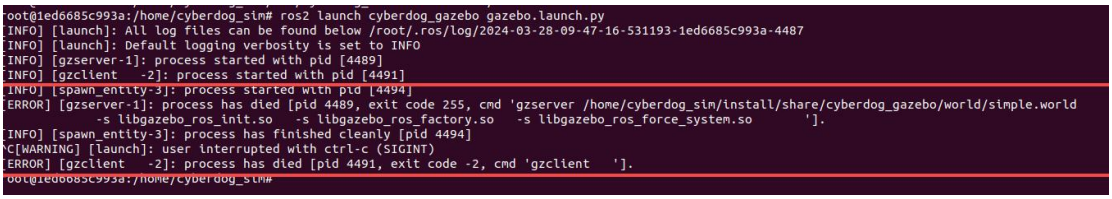
```
Plaintext
$ source /opt/ros/galactic/setup.bash
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch cyberdog_gazebo race_gazebo.launch.py
```

也可通过如下命令打开 gazebo 仿真中的激光雷达传感器

```
Plaintext
$ source /opt/ros/galactic/setup.bash
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch cyberdog_gazebo race_gazebo.launch.py
use_lidar:=true
```

注意：若启动 Gazebo 仿真程序时出现如下错误，是由于 gazebo 程序没有彻底杀

死导致。可通过在 docker 终端运行 killall -9 gazebo & killall -9 gzserver & killall -9 gzclient 指令彻底杀死进程后，重新运行仿真程序。



对于 gazebo 进程无法通过 ctrl+C 彻底杀死的问题，可以使用如下脚本运行 gazebo，运行时在检测到 ctrl+C 后该脚本会自动杀死所有 gazebo 的进程。在 cyberdog_sim 文件夹下运行：

```
Plaintext
$ source /opt/ros/galactic/setup.bash
$ source install/setup.bash
$ chmod +x
src/cyberdog_simulator/cyberdog_gazebo/script/gazebolauncher.py
$ python3
src/cyberdog_simulator/cyberdog_gazebo/script/gazebolauncher.py
ros2 launch cyberdog_gazebo gazebo.launch.pyCopy to
clipboardErrorCopied
```

cyberdog 控制程序

然后启动 cyberdog_locomotion 的控制程序。打开一个新的终端，在 cyberdog_sim 文件夹下运行：

```
Plaintext
$ source /opt/ros/galactic/setup.bash
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch cyberdog_gazebo cyberdog_control_launch.py
```

rviz 可视化界面

最后打开可视化界面，打开一个新的终端，在 cyberdog_sim 文件夹下运行：

```
Plaintext
$ source /opt/ros/galactic/setup.bash
$ source install/setup.bash
$ ros2 launch cyberdog_visual cyberdog_visual.launch.py
```

2.2 仿真环境通信结构

与仿真环境中的机器人建立通信需要使用到 lcm 与 ROS2 topic 两种通信方式。

他们的相关文档见：

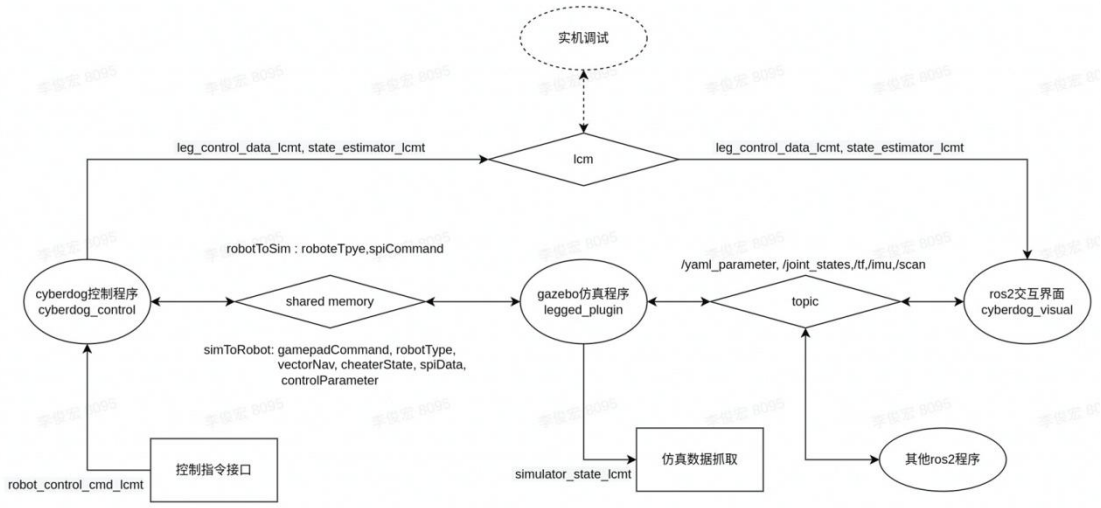
lcm 通信： cyberdog blog 运动控制模块 1.2 节

lcm github 库

ROS2 topic： ros2 topic 官方文档

2.2.1 通信结构介绍

整个仿真环境的通信结构如下图所示



- cyberdog 控制程序和 gazebo 之间通过 sharedmemory 进行通信，gazebo 程序创建 host 的共享内存，控制程序通过 attach 到该内存上进行通信。其通信的内容为 robotToSim/simToRobot。
- ros2 仿真界面接受从控制程序通过 lcm 发送的电机和里程计信号等信号并通过 topic 转发为 /joint_states 与 /tf。
- gazebo 仿真程序会将仿真中的 imu 与激光雷达的数据以 ros2 topic 的形式进行发送，其 topic 名称为 /imu 和 /scan

2.2.2 机器人控制接口

lcm 通信

在仿真中，控制程序的高层接口会也能够使用，可以通过 lcm 通信向控制程序发送指令，控制仿真中的机器人。具体的功能与实现方法可参照运控文档的运动控制模块。

ROS2 topic 通信

在仿真中可以运行 motion manager，该程序能够提供一个 ROS2 topic 的接口，能够将 ROS2 topic 的控制指令转换为 lcm 指令发送给控制程序，该部分的具体使用方法在后续会进行说明。

2.2.3 机器人状态及传感器接口

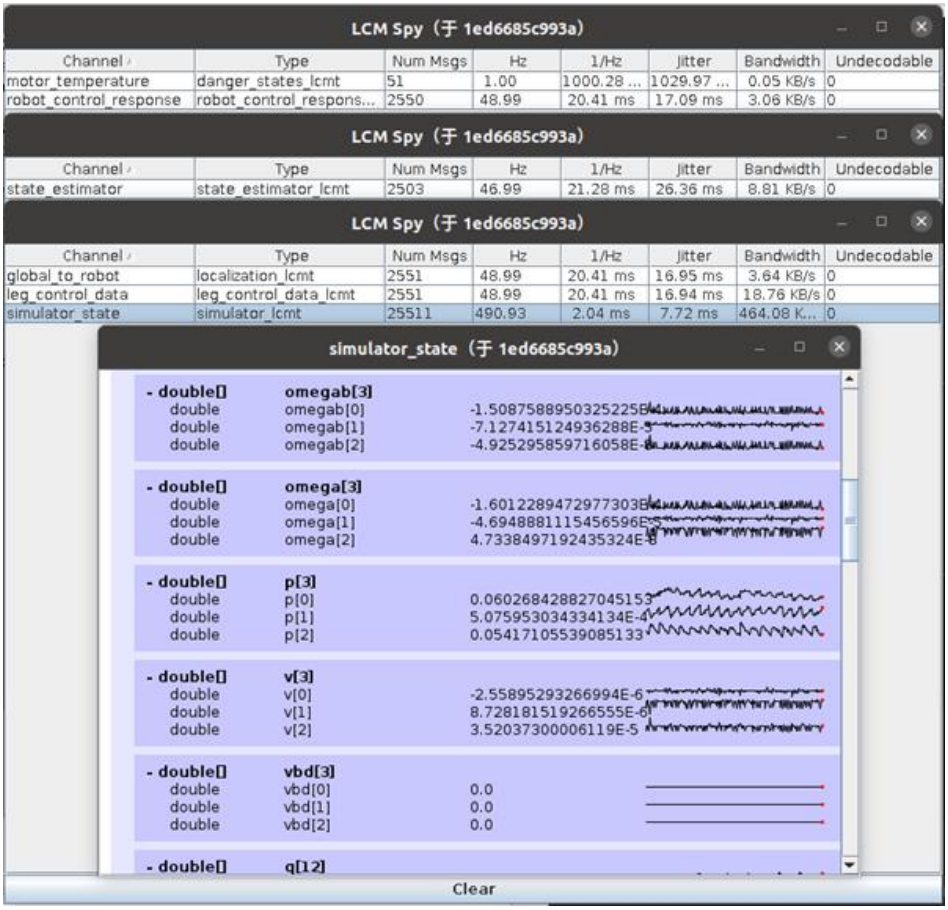
仿真中机器人数据会以 lcm 和 ROS2 topic 的方式对外进行发送，可根据自身的需求选择抓取数据的方式。

lcm 数据的抓取

lcm 数据，可以在控制程序/home/cyberdog_sim/src/cyberdog_locomotion/script 目录下使用 lcm 自带的 lcm-logger 抓取数据，然后使用第三方库 log2smat 将抓取的数据转换为 matlab 的 mat 文件。具体使用方法如下:

```
Plaintext
$ cd /home/cyberdog_sim/src/cyberdog_locomotion/script
$ ./make_types.sh  #安装后首次使用需运行该脚本以生成 lcm 的 type 文件
$ lcm-logger #可通过 Crtl+C 退出数据抓取，会自动生成 lcm 的 log 文件。
$ ./log_convert <生成的 log 文件名> <要生成的 mat 文件名.mat>
```

也可在 script 文件夹下运行 launch_lcm_spy.sh 脚本实时显示 lcm 数据。



Lcm 数据实时监测界面

仿真程序发送的 lcm 数据 simulator_state 结构如下 simulator_lcmt.lcm

```
Plaintext
struct simulator_lcmt {
   double vb[3];      //机身坐标系下 xyz 速度
   double rpy[3];     //翻滚角 俯仰角 偏航角

   int64_t timesteps;  //实际时间戳
   double  time;       //
   double quat[4];     //机身朝向四元数
   double R[9];        //机身朝向旋转矩阵
   double omegab[3];   //机身坐标系下角速度
   double omega[3];    //机身角速度
   double p[3];        //机身位置
   double v[3];        //机身速度
   double vbd[3];      //机身加速度
   double q[12];       //关节位置
   double qd[12];      //关节速度
   double qdd[12];     //关节加速度
   double tau[12];     //关节输出转矩
   double tauAct[12];  //关节
   double f_foot[12];  //足端接触力 xyz 方向分量
   double p_foot[12];  //足端位置 xyz 坐标
}
```

其中未提及坐标的数据皆为世界坐标系下的数据。
关节相关数据的顺序为 FR-侧摆髋关节 FR-前摆髋关节 FR-膝关节 FL-侧摆髋关节 FL-前摆髋关节 FL-膝关节 RR-侧摆髋关节 RR-前摆髋关节 RR-膝关节 RL-侧摆髋关节 RL-前摆髋关节 RL-膝关节。
足端相关数据的顺序为 FR FL RR RL。

ROS2 topic 数据

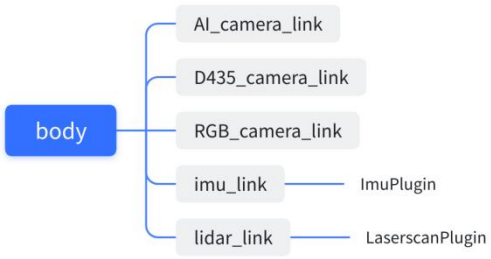
仿真平台会以标准的 ROS2 topic /tf2(里程计&各 link 坐标转换) /joint_states(各关节的状态) /imu(imu 加速度数据)进行发送 具体可参照:

sensor_msgs 文档
tf2 官方文档

相应的在 gazebo 中通过官方插件加入的传感器也能够通过 ROS topic 进行发送，该部分将在下一节进行具体说明。

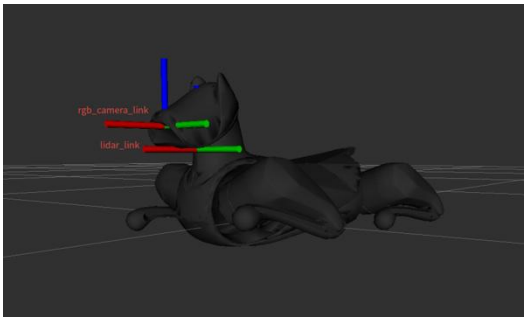
2.3 传感器加入与使用

仿真模型中，对应实际机器的传感器位置设置了对应的 link，可通过直接在对应的 link 上添加对应的传感器插件来在仿真中使用不同的传感器。



仿真模型中对应传感器的 link &

目前 link 上附上的传感器插件



各传感器 link 位置与实机相对应

目前使用传感器插件有两个途径： Gazebo 官方支持传感插件；或通过 github 获取一些 gazebo 的第三方插件

该节将以机器人颈部的激光雷达为例，介绍在仿真中如何加入和使用传感器插件。

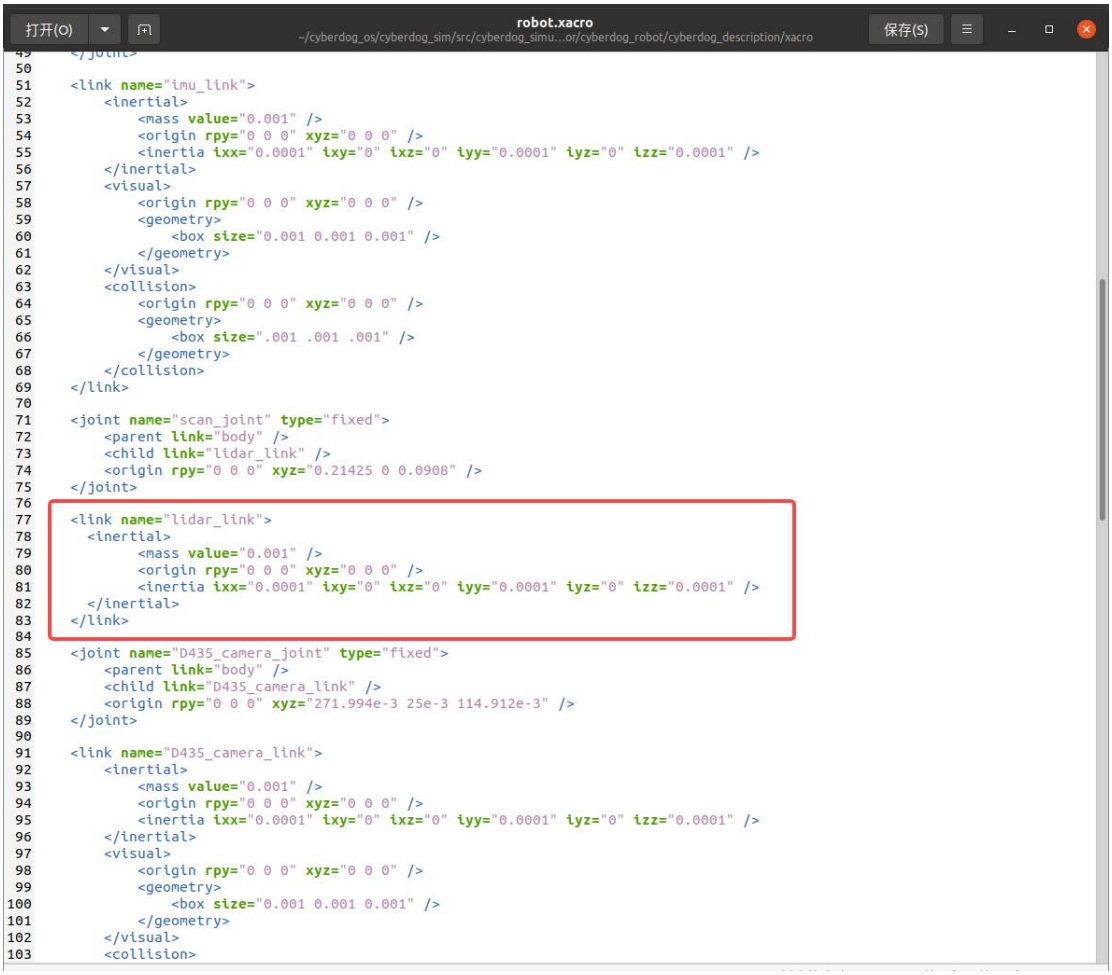
2.3.1 在机器人模型中加入传感器插件

首先，需要在 /home/cyberdog_sim/src/cyberdog_simulator/cyberdog_robot/cyberdog_description/xacro 文件夹下的机器人描述文件中的对应 link 上增加传感器。

> 该 xacro 文件与 urdf（机器人描述文件）的资料见：
>
> xacro file wiki
>
> Urdf wiki

可以通过 robot.xacro 确认模型中的传感器 link，并在 gazebo.xacro 中进行传感器的创建。

- 找到 robot.xacro 需要增加的传感器对应的 link



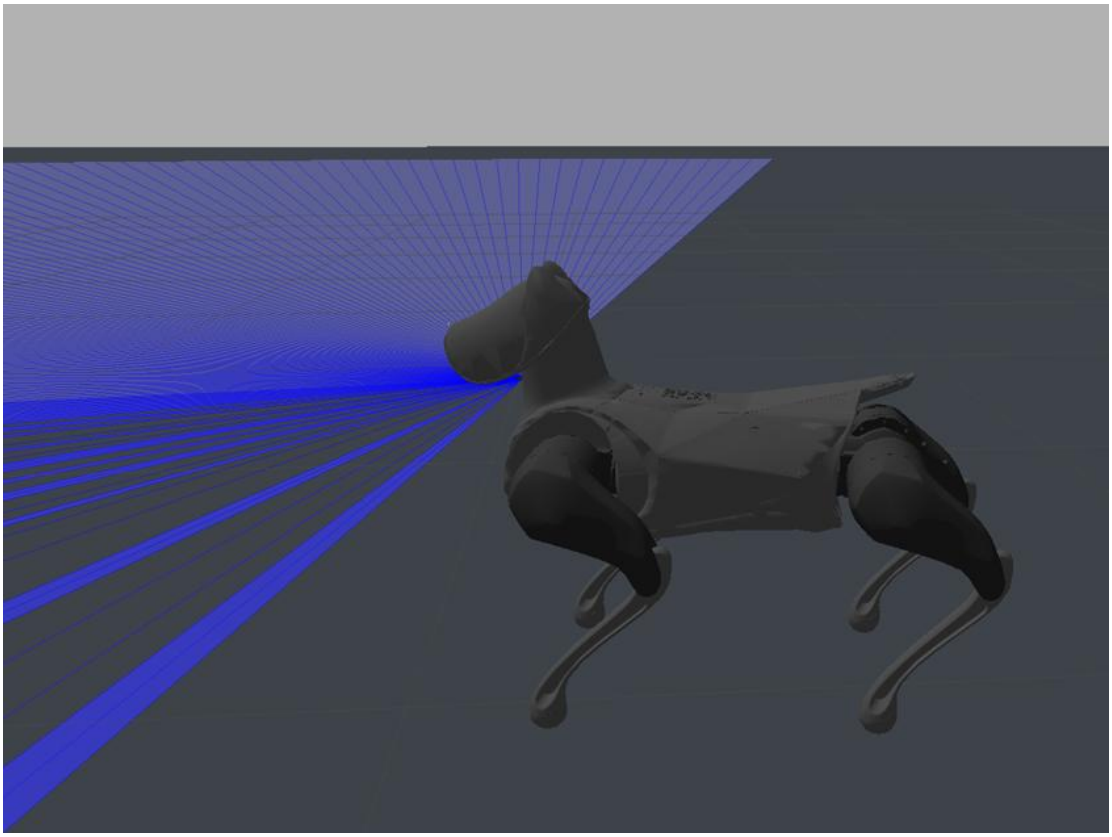

```
    <link name="imu_link">
        <inertial>
            <mass value="0.001" />
            <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0" />
            <inertia ixx="0.0001" ixy="0" ixz="0" iyy="0.0001" iyz="0" izz="0.0001" />
        </inertial>
        <visual>
            <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0" />
            <geometry>
                <box size="0.001 0.001 0.001" />
            </geometry>
        </visual>
        <collision>
            <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0" />
            <geometry>
                <box size=".001 .001 .001" />
            </geometry>
        </collision>
    </link>

    <joint name="scan_joint" type="fixed">
        <parent link="body" />
        <child link="lidar_link" />
        <origin rpy="0 0 0" xyz="0.21425 0 0.0908" />
    </joint>

    <link name="lidar_link">
      <inertial>
            <mass value="0.001" />
            <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0" />
            <inertia ixx="0.0001" ixy="0" ixz="0" iyy="0.0001" iyz="0" izz="0.0001" />
      </inertial>
    </link>

    <joint name="D435_camera_joint" type="fixed">
        <parent link="body" />
        <child link="D435_camera_link" />
        <origin rpy="0 0 0" xyz="271.994e-3 25e-3 114.912e-3" />
    </joint>

    <link name="D435_camera_link">
        <inertial>
            <mass value="0.001" />
            <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0" />
            <inertia ixx="0.0001" ixy="0" ixz="0" iyy="0.0001" iyz="0" izz="0.0001" />
        </inertial>
        <visual>
            <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0" />
            <geometry>
                <box size="0.001 0.001 0.001" />
            </geometry>
        </visual>
        <collision>
```

- 在增加激光雷达传感器，在在 gazebo.xacro 的<robot>下增加如下代码：

```
XML
<gazebo reference="lidar_link">                    <!--传感器所在
link 名称-->
        <sensor name="realsense" type="ray">       <!--传感器的参数
设置-->
            <always_on>true</always_on>
            <visualize>true</visualize>
            <pose>0.0 0 0.0 0 0 0</pose>
            <update_rate>5</update_rate>
            <ray>
            <scan>
                <horizontal>
                <samples>180</samples>
                <resolution>1.000000</resolution>
                <min_angle>-1.5700</min_angle>
                <max_angle>1.5700</max_angle>
                </horizontal>
            </scan>
```

```
            <range>
                <min>0.01</min>
                <max>12.00</max>
                <resolution>0.015000</resolution>
            </range>
            <noise>
                <type>gaussian</type>
                <mean>0.0</mean>
                <stddev>0.01</stddev>
            </noise>
            </ray>
            <plugin name="cyberdog_laserscan"
filename="libgazebo_ros_ray_sensor.so"> <!--传感器插件的库，可通过官
网资料查询-->
            <ros>
                <remapping>~/out:=scan</remapping>            <!--
传感器返回数据 topic 的名称-->
            </ros>
            <output_type>sensor_msgs/LaserScan</output_type>  <!--
传感器返回数据 topic 的类型，可查阅官方资料-->
            <frame_name>lidar_link</frame_name>               <!--
传感器所在 link 名称-->
            </plugin>
        </sensor>
</gazebo>
```

- 保存后启动仿真器确认传感器是否生效



此处设置的激光雷达与实机激光雷达位置一致，且会进行正前方 180°，12m 范围的扫描。

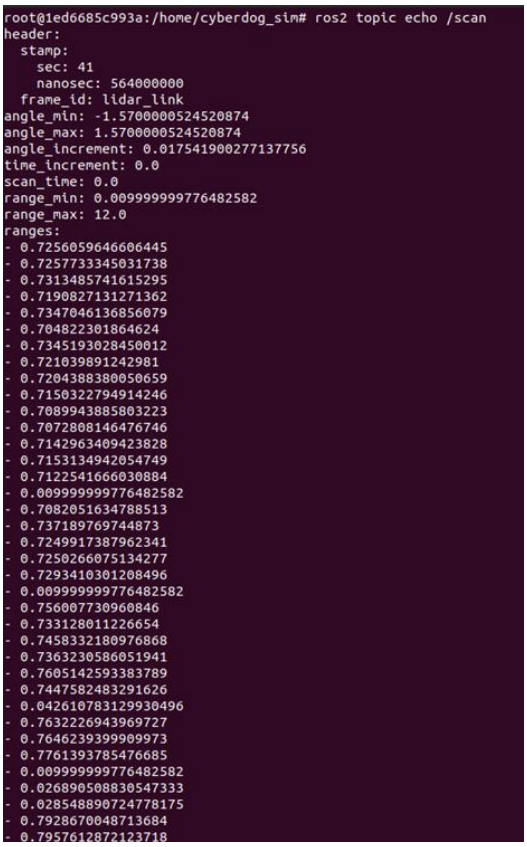
2.3.2 确认传感器的数据&可视化

确认传感器 topic 正确发送

官方传感器插件会根据在 gazebo.xacro 中设置的<remapping>发送相同名称的 topic，且各位为<output_type>中的内容。

因此，可通过在 docker 终端中输入 ros2 topic list 指令查看当前的 ROS2 topic 是否存在/scan topic，并通过 ros2 topic echo /scan 打印出 topic 的内容。

ros2 topic list



激光雷达传感器的 topic 数据打印

topic 中各数据含义可通过查询 wiki 进行查询。

激光雷达的 topic 类型 sensor_msgs/LaserScan 格式如下:

```
# Single scan from a planar laser range-finder
#
# If you have another ranging device with different behavior (e.g. a sonar
# array), please find or create a different message, since applications
# will make fairly laser-specific assumptions about this data

Header header                       # timestamp in the header is the acquisition time of
                                    # the first ray in the scan.
                                    #
                                    # in frame frame_id, angles are measured around
                                    # the positive Z axis (counterclockwise, if Z is up)
                                    # with zero angle being forward along the x axis

float32 angle_min              # start angle of the scan [rad]
float32 angle_max              # end angle of the scan [rad]
float32 angle_increment    # angular distance between measurements [rad]

float32 time_increment     # time between measurements [seconds] - if your scanner
                                    # is moving, this will be used in interpolating position
                                    # of 3d points
float32 scan_time              # time between scans [seconds]

float32 range_min              # minimum range value [m]
float32 range_max              # maximum range value [m]

float32[] ranges                # range data [m] (Note: values < range_min or > range_max should be discarded)
float32[] intensities       # intensity data [device-specific units].  If your
                                    # device does not provide intensities, please leave
                                    # the array empty.
```

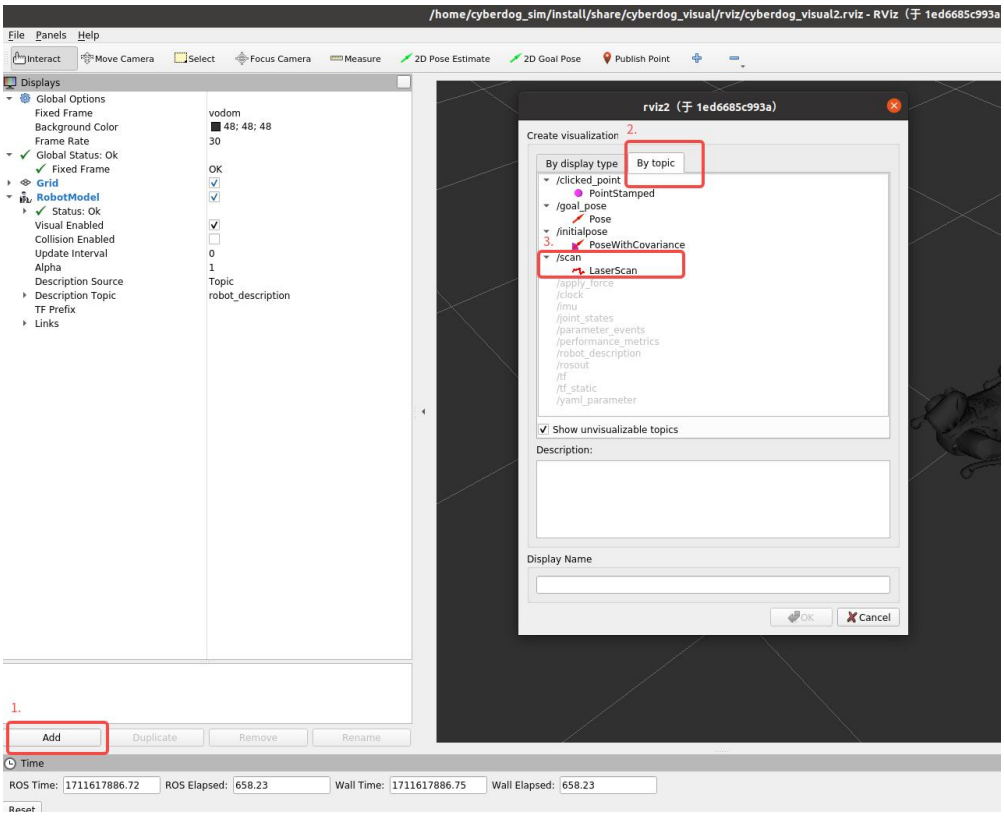
至此，完成传感器在仿真环境中的导入，并能够通过建立 ROS2 Node 接受和处理传感器返回的数据，实现对传感器的利用。

传感器数据的可视化

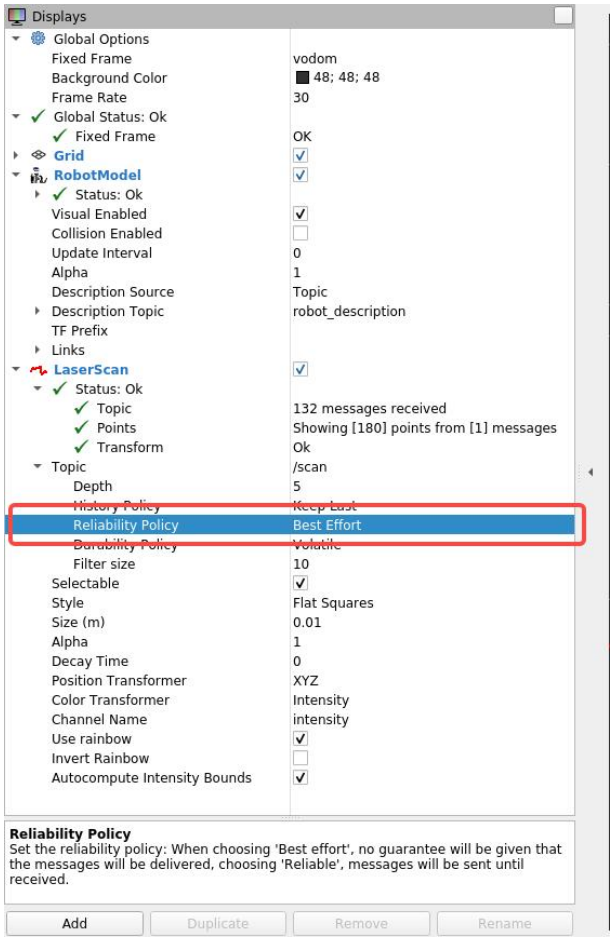
rviz2 可视化界面能够支持大部分 gazebo 传感器数据的显示。

以激光雷达为例，在确认激光雷达 topic 正常发送后，能够通过 rviz2 可视化激光雷达返回的数据，步骤如下：

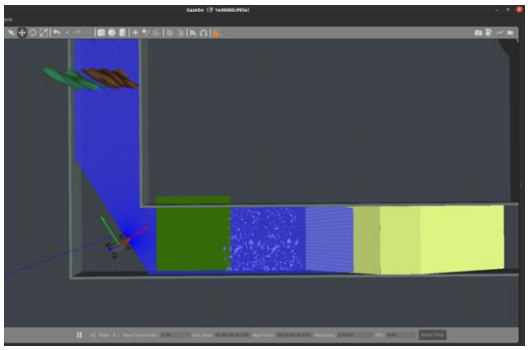
- 运行仿真程序，并打开可视化界面，点击左侧 display 下方的 Add 按钮， 打开 add 界面，点击 By topic 选项卡。

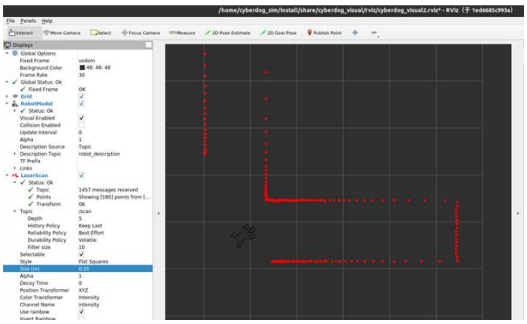


- 此时，可确认所有正在通信的 topic，若传感器对应 topic 正常发送且 rviz2 能够进行可视化，则会出现彩色的选项，双击打开对应选项后，在 display 界面出现对应的下拉菜单。



- 打开下拉菜单，将 Reliability Policy 改为 Best Effort 后，rviz 就能够可视化激光雷达扫描得到的点云。





2.4 世界模型的创建

通过设置仿真器世界文件，可以实现仿真环境改动，以方便调试。

仿真场景的文件存放在 docker 的 /home/cyberdog_sim/src/cyberdog_simulator/cyberdog_gazebo/world 目录下，场景

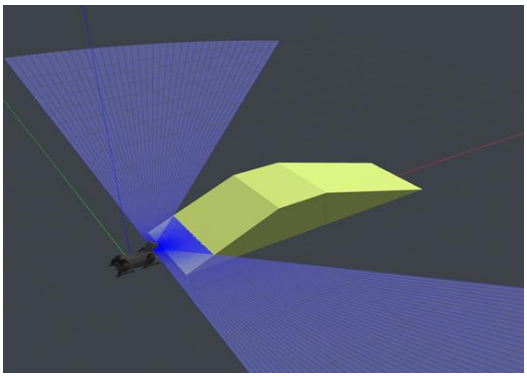
文件后缀为.world，使用 sdf (Simulation Description Format) 格式。

目前仿真器默认打开 race.world 场景，可通过修改或创建新的场景文件来设计需要的仿真场景。

当设计完成后，可通过更改 /home/cyberdog_sim/src/cyberdog_simulator/cyberdog_gazebo/launch 目录下的 race_gazebo.launch.py 文件。只需将 wname 部分的名称改成对应场景.world 文件的名称并保存。此时运行仿真程序即可加载对应场景。

```python
def generate_launch_description():
    ld = launch.LaunchDescription([
        DeclareLaunchArgument(
            name='headless',
            default_value='False',
            description='Whether to execute gzclient'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='use_simulator',
            default_value='True',
            description='Whether to start the simulator'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='paused',
            default_value='true'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='use_sim_time',
            default_value='true'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='gui',
            default_value='true'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='debug',
            default_value='false'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='hang_robot',
            default_value='false'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='use_lidar',
            default_value='false'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='rname',
            default_value='cyberdog'
        ),
        DeclareLaunchArgument(
            name='wname',
            default_value='race'
        ),
        OpaqueFunction(function=launch_setup)
    ])
    return ld
```

更改 wname default_value 为对应名称



单独加载某段赛道