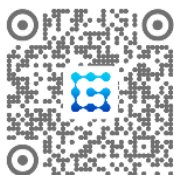


ROS理论与实践

—— 第4讲：ROS常用组件工具



主讲人 胡春旭






机器人博客“古月居”博主

《ROS机器人开发实践》作者

武汉精锋微控科技有限公司 联合创始人

华中科技大学 人工智能与自动化学院 硕士



-  1. Launch启动文件
-  2. TF坐标变换
-  3. 可视化显示与仿真工具



1. Launch启动文件



1. Launch启动文件

```
<launch>
  <!-- local machine already has a definition by default.
  This tag overrides the default definition with
  specific ROS_ROOT and ROS_PACKAGE_PATH values -->
  <machine name="local_alt" address="localhost" default="true" ros-root="/u/user/ros/ros/" ros-package-path="/u/user/ros/ros-pkg" />
  <!-- a basic listener node -->
  <node name="listener-1" pkg="rospy_tutorials" type="listener" />
  <!-- pass args to the listener node -->
  <node name="listener-2" pkg="rospy_tutorials" type="listener" args="-foo arg2" />
  <!-- a respawn-able listener node -->
  <node name="listener-3" pkg="rospy_tutorials" type="listener" respawn="true" />
  <!-- start listener node in the 'wg1' namespace -->
  <node ns="wg1" name="listener-wg1" pkg="rospy_tutorials" type="listener" respawn="true" />
  <!-- start a group of nodes in the 'wg2' namespace -->
  <group ns="wg2">
    <!-- remap applies to all future statements in this scope. -->
    <remap from="chatter" to="hello"/>
    <node pkg="rospy_tutorials" type="listener" name="listener" args="--test" respawn="true" />
    <node pkg="rospy_tutorials" type="talker" name="talker">
      <!-- set a private parameter for the node -->
      <param name="talker_1_param" value="a value" />
      <!-- nodes can have their own remap args -->
      <remap from="chatter" to="hello-1"/>
      <!-- you can set environment variables for a node -->
      <env name="ENV_EXAMPLE" value="some value" />
    </node>
  </group>
</launch>
```

Launch文件：通过XML文件实现多节点的配置和启动（可自动启动ROS Master）



1. Launch启动文件

```
<launch>
  <node pkg="learning_communication" type="person_subscriber" name="talker" />
  <node pkg="learning_communication" type="person_publisher" name="listener" />
</launch>
```

<launch> launch文件中的根元素采用<launch>标签定义

启动节点

```
<node pkg="package-name" type="executable-name" name="node-name" />
```

<node>

- pkg: 节点所在的功能包名称
- type: 节点的可执行文件名称
- name: 节点运行时的名称
- output、respawn、required、ns、args



1. Launch启动文件

参数 设置

**<param> /
<rosparam>**

设置ROS系统运行中的参数，存储在参数服务器中。

```
<param name="output_frame" value="odom"/>
```

- name: 参数名
- value: 参数值

加载参数文件中的多个参数：

```
<rosparam file="params.yaml" command="load" ns= "params" />
```

<arg>

launch文件内部的局部变量，仅限于launch文件使用

```
<arg name="arg-name" default="arg-value" />
```

- name: 参数名
- value: 参数值

调用：

```
<param name="foo" value="$(arg arg-name)" />
```

```
<node name="node" pkg="package" type="type" args="$(arg arg-name)" />
```



1. Launch启动文件

重映射

<remap >

重映射ROS计算图资源的命名。

```
<remap from="/turtlebot/cmd_vel" to="/cmd_vel"/>
```

- from: 原命名
- to: 映射之后的命名

嵌套

<include>

包含其他launch文件，类似C语言中的头文件包含。

```
<include file="$(dirname)/other.launch" />
```

- file: 包含的其他launch文件路径

* 更多标签可参见: <http://wiki.ros.org/roslaunch/XML>



1. Launch启动文件

```
<launch>
```

```
<param name="/turtle_number" value="2"/>
<arg name="TurtleName1" default="Tom" />
<arg name="TurtleName2" default="Jerry" />

<node pkg="turtlesim" type="turtlesim_node" name="turtlesim_node">
  <param name="turtle_name1" value="$(arg TurtleName1)"/>
  <param name="turtle_name2" value="$(arg TurtleName2)"/>

  <rosparam file="$(find learning_launch)/config/param.yaml" command="load"/>
</node>

<node pkg="turtlesim" type="turtle_teleop_key" name="turtle_teleop_key" output="screen"/>

</launch>
```

turtlesim_parameter_config.launch



1. Launch启动文件

```
<launch>

  <include file="$(find learning_launch)/launch/simple.launch" />

  <node pkg="turtlesim" type="turtlesim_node" name="turtlesim_node">
    <remap from="/turtle1/cmd_vel" to="/cmd_vel"/>
  </node>

</launch>
```

turtlesim_remap.launch



2. TF坐标变换

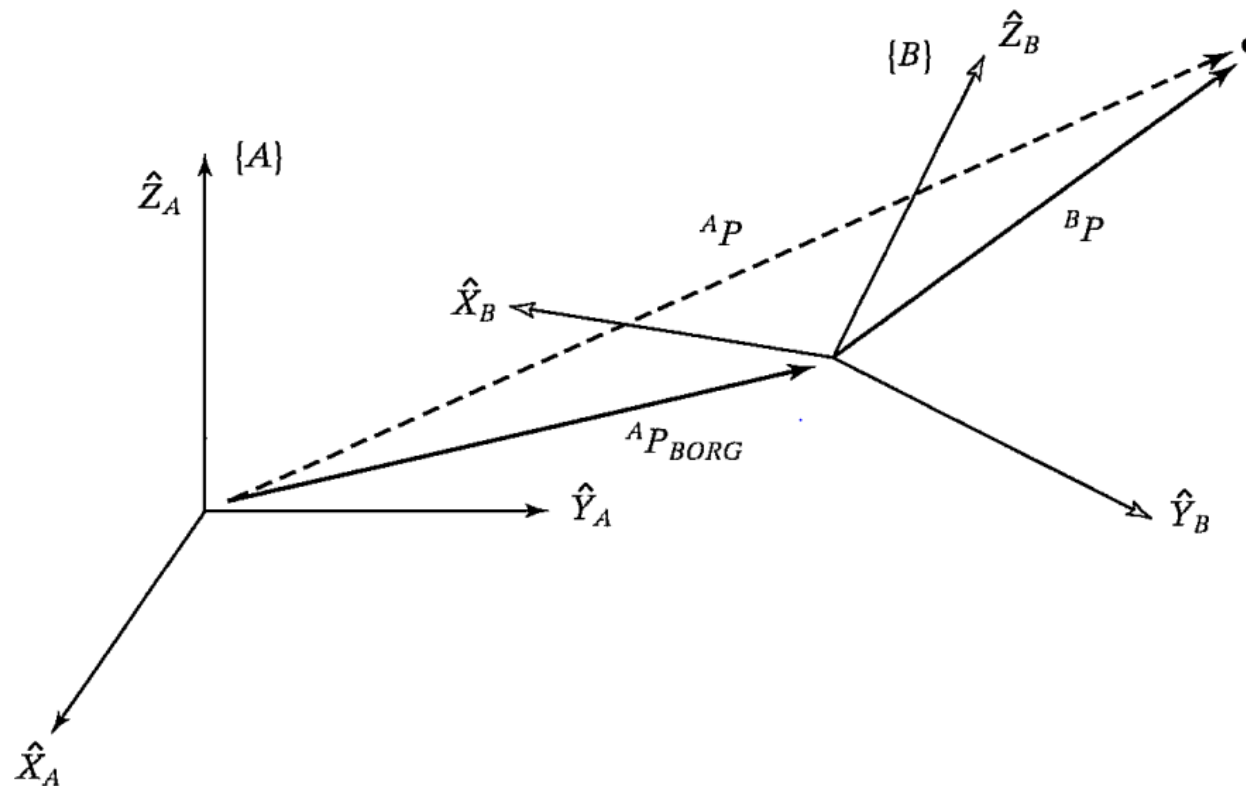


2. TF坐标变换

$${}^A P = {}^A_B R {}^B P + {}^A P_{BORG}.$$

$${}^A P = {}^A_B T {}^B P.$$

$$\begin{bmatrix} {}^A P \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^A_B R & | & {}^A P_{BORG} \\ \hline 0 & 0 & 0 & | & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}^B P \\ 1 \end{bmatrix}.$$



某位姿在A、B两个坐标系下的坐标变换



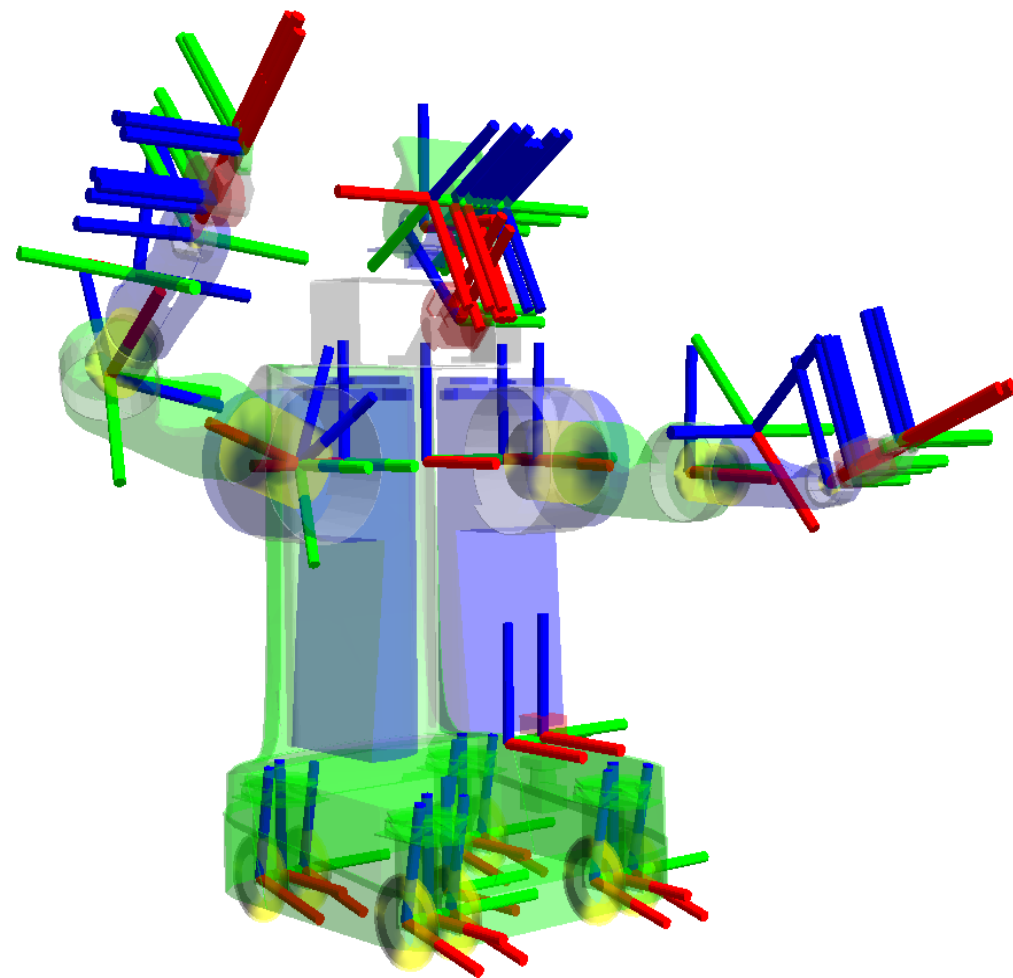
2. TF坐标变换

TF功能包能干什么？

- 五秒钟之前，机器人头部坐标系相对于全局坐标系的关系是什么样的？
- 机器人夹取的物体相对于机器人中心坐标系的位置在哪里？
- 机器人中心坐标系相对于全局坐标系的位置在哪里？

TF坐标变换如何实现？

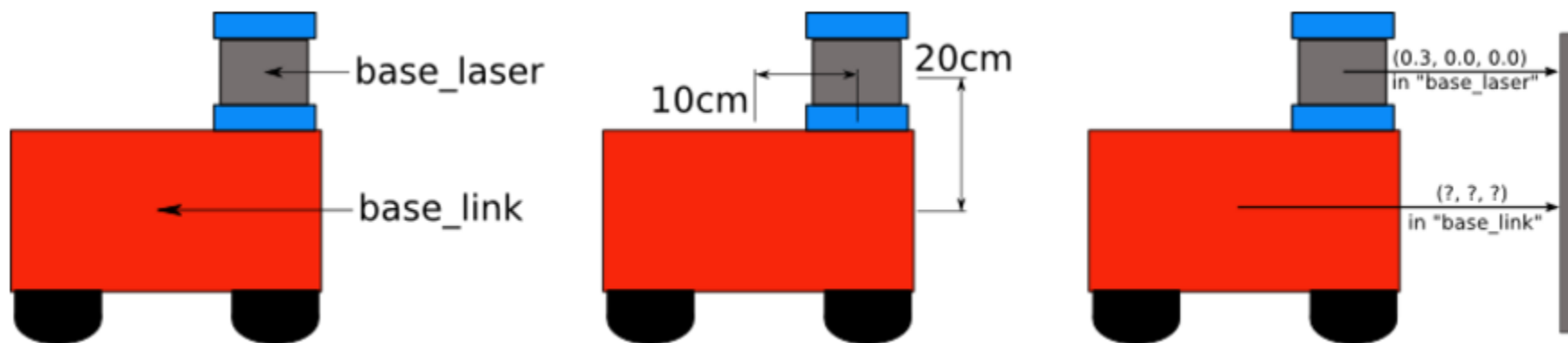
- 广播TF变换
- 监听TF变换



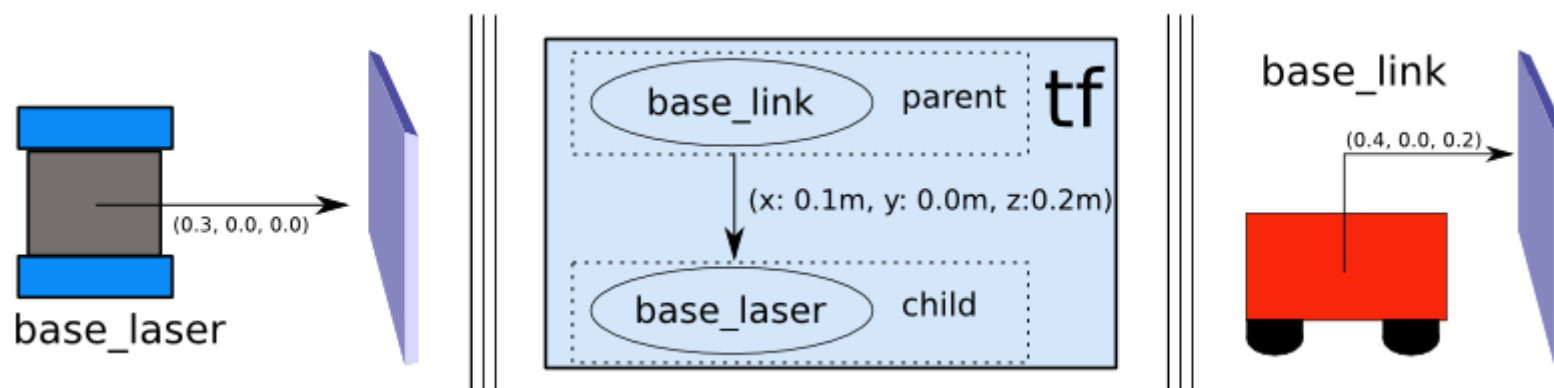
机器人系统中繁杂的坐标系



2. TF坐标变换



移动机器人的本体坐标系与雷达坐标系



坐标系之间的数据变换

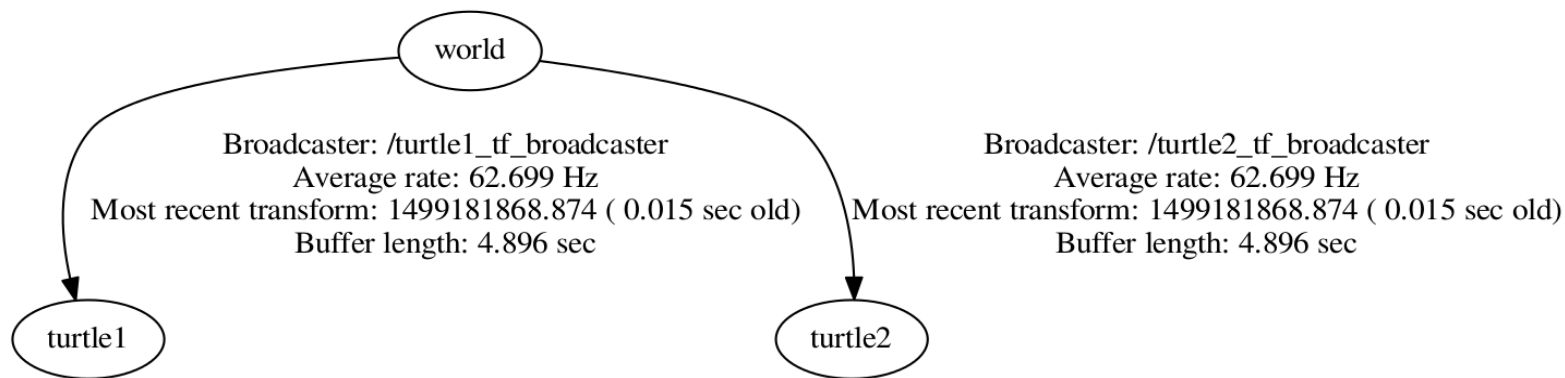


2. TF坐标变换

```
$ sudo apt-get install ros-melodic-turtle-tf  
$ roslaunch turtle_tf turtle_tf_demo.launch  
$ rosrun turtlesim turtle_teleop_key  
$ rosrun tf view_frames
```

view_frames Result

Recorded at time: 1499181868.889



小海龟跟随实验



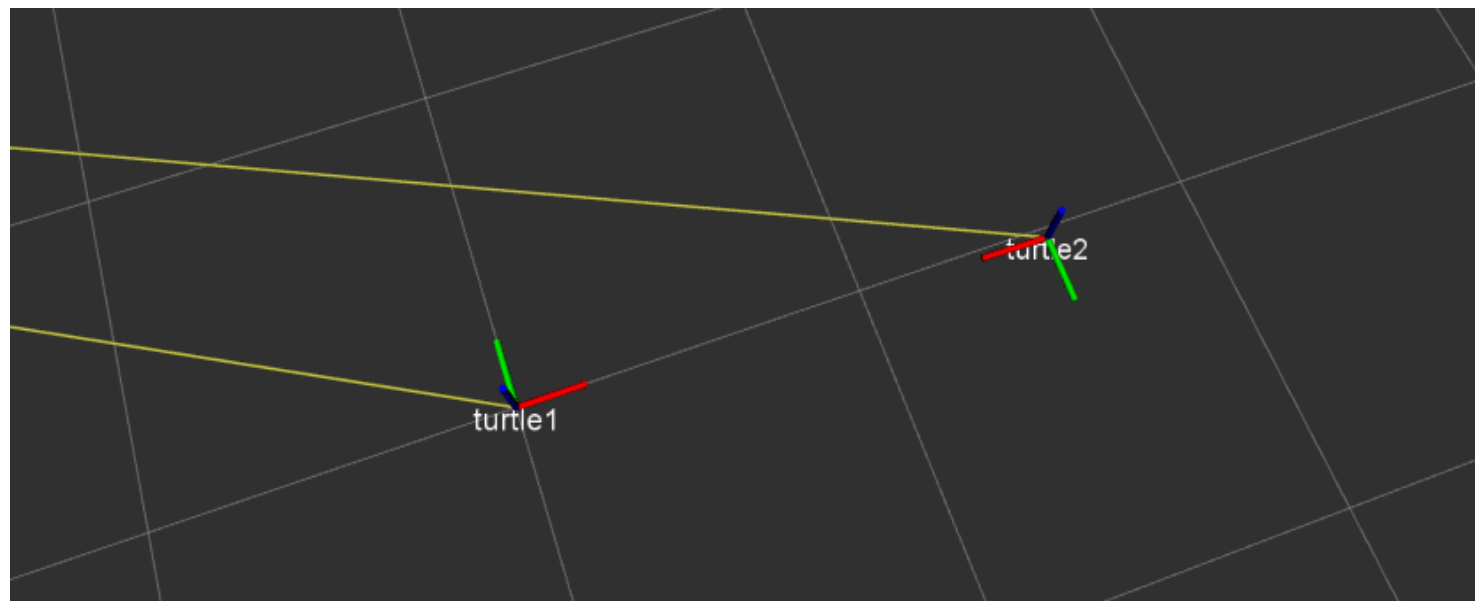
2. TF坐标变换

命令行工具

```
→ ~ rosrun tf tf_echo turtle1 turtle2
At time 1504942486.329
- Translation: [0.000, 0.000, 0.000]
- Rotation: in Quaternion [0.000, 0.000, 0.311, 0.950]
              in RPY (radian) [0.000, -0.000, 0.633]
              in RPY (degree) [0.000, -0.000, 36.290]
At time 1504942487.018
- Translation: [0.000, 0.000, 0.000]
- Rotation: in Quaternion [0.000, 0.000, 0.311, 0.950]
              in RPY (radian) [0.000, -0.000, 0.633]
              in RPY (degree) [0.000, -0.000, 36.290]
```

$$T_{turtle1_turtle2} = T_{turtle1_world} * T_{world_turtle2}$$

可视化工具



```
$ rosrun rviz rviz -d `rospack find turtle_tf` /rviz/turtle_rviz.rviz
```



2. TF坐标变换

```
/**
 * 该例程产生tf数据，并计算、发布turtle2的速度指令
 */

#include <ros/ros.h>
#include <tf/transform_broadcaster.h>
#include <turtlesim/Pose.h>

std::string turtle_name;

void poseCallback(const turtlesim::PoseConstPtr& msg)
{
    // 创建tf的广播器
    static tf::TransformBroadcaster br;

    // 初始化tf数据
    tf::Transform transform;
    transform.setOrigin( tf::Vector3(msg->x, msg->y, 0.0) );
    tf::Quaternion q;
    q.setRPY(0, 0, msg->theta);
    transform.setRotation(q);

    // 广播world与海龟坐标系之间的tf数据
    br.sendTransform(tf::StampedTransform(transform, ros::Time::now(), "world", turtle_name));
}

int main(int argc, char** argv)
{
    // 初始化ROS节点
    ros::init(argc, argv, "my_tf_broadcaster");

    // 输入参数作为海龟的名字
    if (argc != 2)
    {
        ROS_ERROR("need turtle name as argument");
        return -1;
    }

    turtle_name = argv[1];

    // 订阅海龟的位姿话题
    ros::NodeHandle node;
    ros::Subscriber sub = node.subscribe(turtle_name+"/pose", 10, &poseCallback);

    // 循环等待回调函数
    ros::spin();

    return 0;
};
```

turtle_tf_broadcaster.cpp

如何实现一个tf广播器

- 定义TF广播器（TransformBroadcaster）
- 创建坐标变换值；
- 发布坐标变换（sendTransform）



2. TF坐标变换

```
int main(int argc, char** argv)
{
    // 初始化ROS节点
    ros::init(argc, argv, "my_tf_listener");

    // 创建节点句柄
    ros::NodeHandle node;

    // 请求产生turtle2
    ros::service::waitForService("/spawn");
    ros::ServiceClient add_turtle = node.serviceClient<turtlesim::Spawn>("/spawn");
    turtlesim::Spawn srv;
    add_turtle.call(srv);

    // 创建发布turtle2速度控制指令的发布者
    ros::Publisher turtle_vel = node.advertise<geometry_msgs::Twist>("/turtle2/cmd_vel", 10);

    // 创建tf的监听器
    tf::TransformListener listener;

    ros::Rate rate(10.0);
    while (node.ok())
    {
        // 获取turtle1与turtle2坐标系之间的tf数据
        tf::StampedTransform transform;
        try
        {
            listener.waitForTransform("/turtle2", "/turtle1", ros::Time(0), ros::Duration(3.0));
            listener.lookupTransform("/turtle2", "/turtle1", ros::Time(0), transform);
        }
        catch (tf::TransformException &ex)
        {
            ROS_ERROR("%s", ex.what());
            ros::Duration(1.0).sleep();
            continue;
        }

        // 根据turtle1与turtle2坐标系之间的位置关系，发布turtle2的速度控制指令
        geometry_msgs::Twist vel_msg;
        vel_msg.angular.z = 4.0 * atan2(transform.getOrigin().y(),
                                         transform.getOrigin().x());
        vel_msg.linear.x = 0.5 * sqrt(pow(transform.getOrigin().x(), 2) +
                                       pow(transform.getOrigin().y(), 2));
        turtle_vel.publish(vel_msg);

        rate.sleep();
    }
    return 0;
};
```

turtle_tf_listener.cpp

如何实现一个TF监听器

- 定义TF监听器；

(TransformListener)

- 查找坐标变换；

(waitForTransform、lookupTransform)



2. TF坐标变换

```
## Specify libraries to link a library or executable target against
# target_link_libraries(${PROJECT_NAME}_node
#   ${catkin_LIBRARIES}
# )
```

```
add_executable(turtle_tf_broadcaster src/turtle_tf_broadcaster.cpp)
target_link_libraries(turtle_tf_broadcaster ${catkin_LIBRARIES})
```

```
add_executable(turtle_tf_listener src/turtle_tf_listener.cpp)
target_link_libraries(turtle_tf_listener ${catkin_LIBRARIES})
```

如何配置CMakeLists.txt中的编译规则

- 设置需要编译的代码和生成的可执行文件；
- 设置链接库；

```
add_executable(turtle_tf_broadcaster src/turtle_tf_broadcaster.cpp)
target_link_libraries(turtle_tf_broadcaster ${catkin_LIBRARIES})
```

```
add_executable(turtle_tf_listener src/turtle_tf_listener.cpp)
target_link_libraries(turtle_tf_listener ${catkin_LIBRARIES})
```



2. TF坐标变换

```
<launch>
|
|<!-- Turtlesim Node-->
|<node pkg="turtlesim" type="turtlesim_node" name="sim"/>
|<node pkg="turtlesim" type="turtle_teleop_key" name="teleop" output="screen"/>
|
|<node pkg="learning_tf" type="turtle_tf_broadcaster" args="/turtle1" name="turtle1_tf_broadcaster" />
|<node pkg="learning_tf" type="turtle_tf_broadcaster" args="/turtle2" name="turtle2_tf_broadcaster" />
|
|<node pkg="learning_tf" type="turtle_tf_listener" name="listener" />
|
</launch>
```



运行海龟
跟随例程

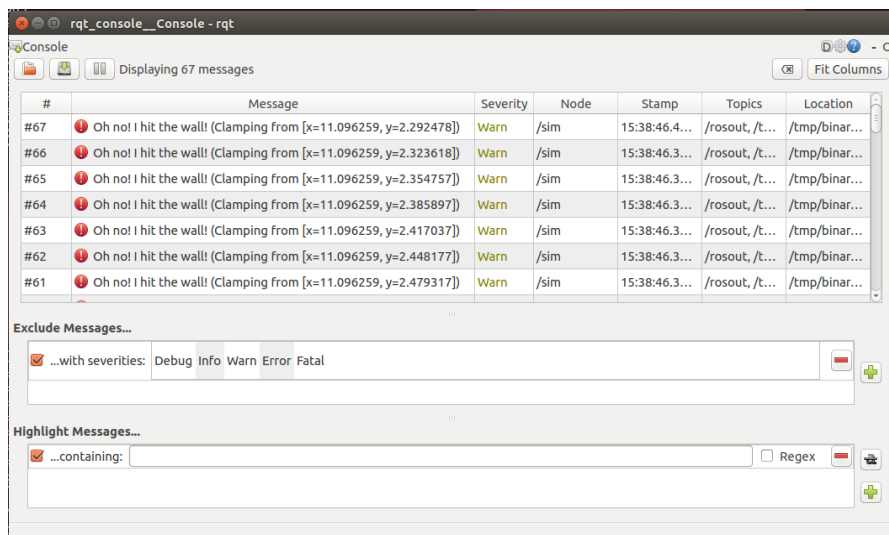
```
$ roslaunch learning_tf start_tf_demo_c++.launch
```



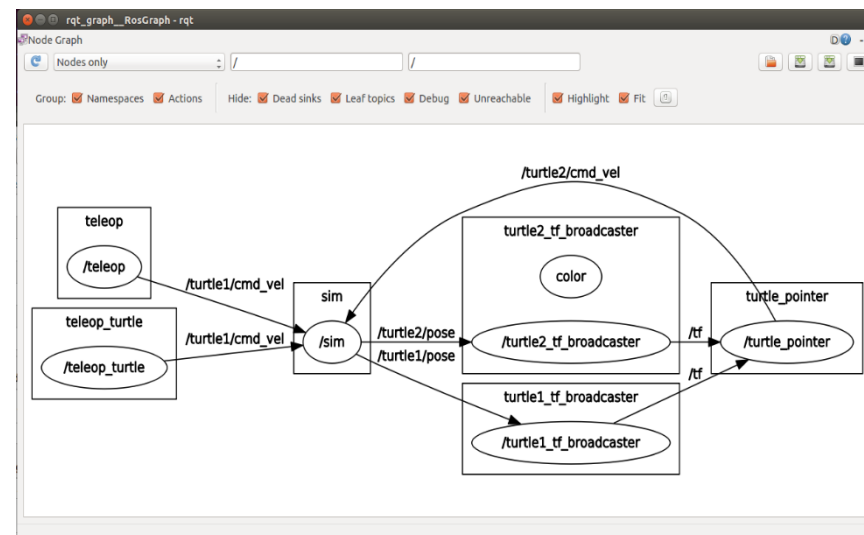
3. 可视化显示与仿真工具



3. 可视化显示与仿真工具



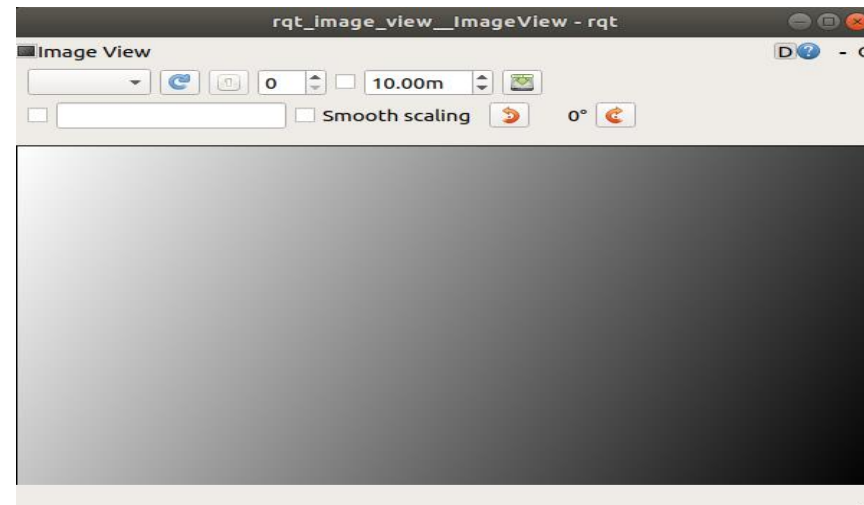
日志输出工具——rqt_console



计算图可视化工具——rqt_graph



数据绘图工具——rqt_plot



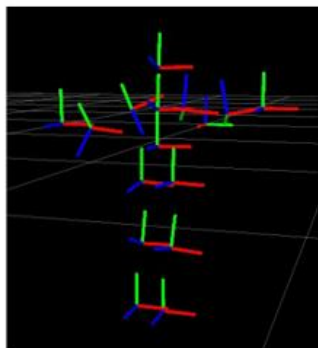
图像渲染工具——rqt_image_view



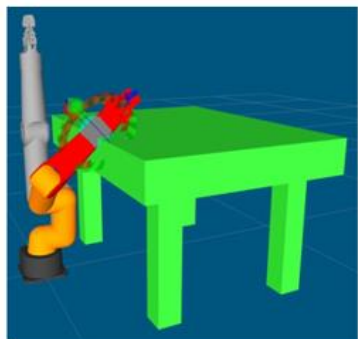
3. 可视化显示与仿真工具



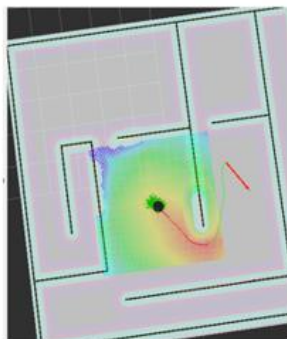
机器人模型



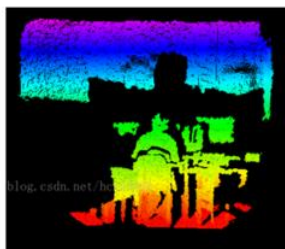
坐标



运动规划



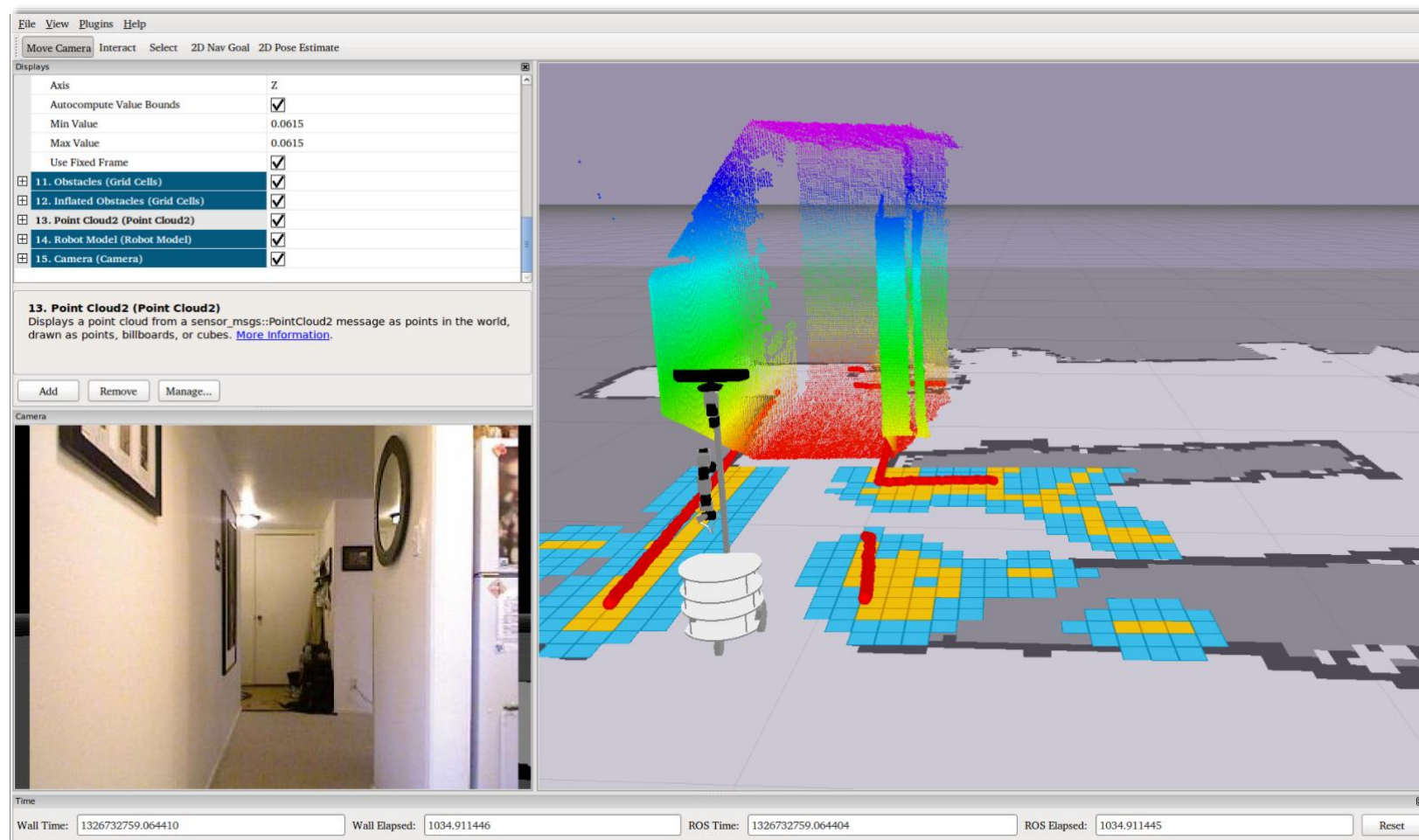
导航



点云



图像



机器人开发过程中的数据可视化界面



3. 可视化显示与仿真工具

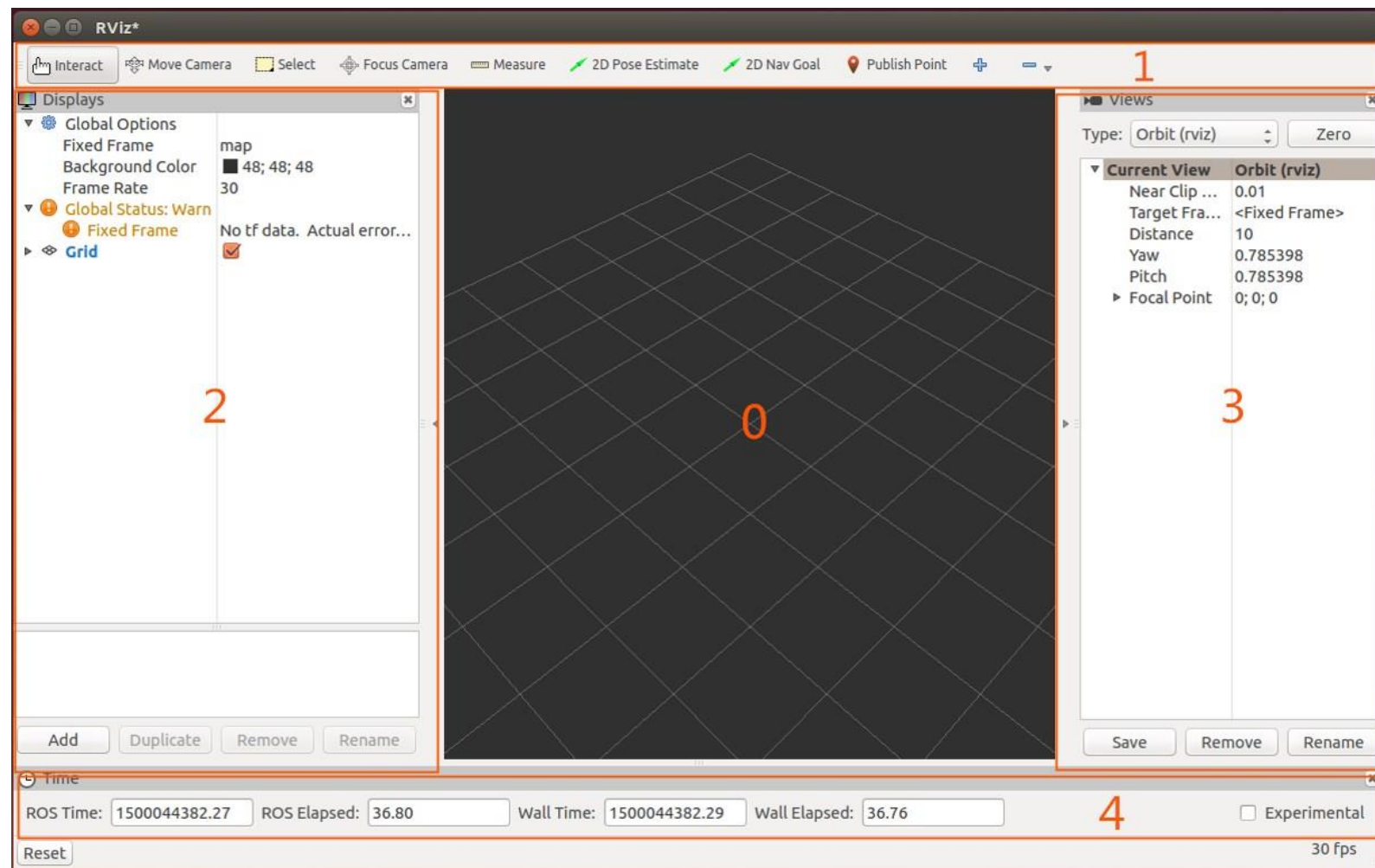
Rviz是一款**三维可视化工具**，可以很好的兼容基于ROS软件框架的机器人平台。

- 在rviz中，可以使用**可扩展标记语言XML**对机器人、周围物体等任何实物进行尺寸、质量、位置、材质、关节等属性的描述，并且在界面中呈现出来。
- 同时，rviz还可以通过**图形化的方式**，实时显示机器人传感器的信息、机器人的运动状态、周围环境的变化等信息。
- 总而言之，rviz通过机器人模型参数、机器人发布的传感信息等数据，为用户进行所有**可监测信息的图形化显示**。用户和开发者也可以在rviz的控制界面下，通过按钮、滑动条、数值等方式，控制机器人的行为。



3. 可视化显示与仿真工具

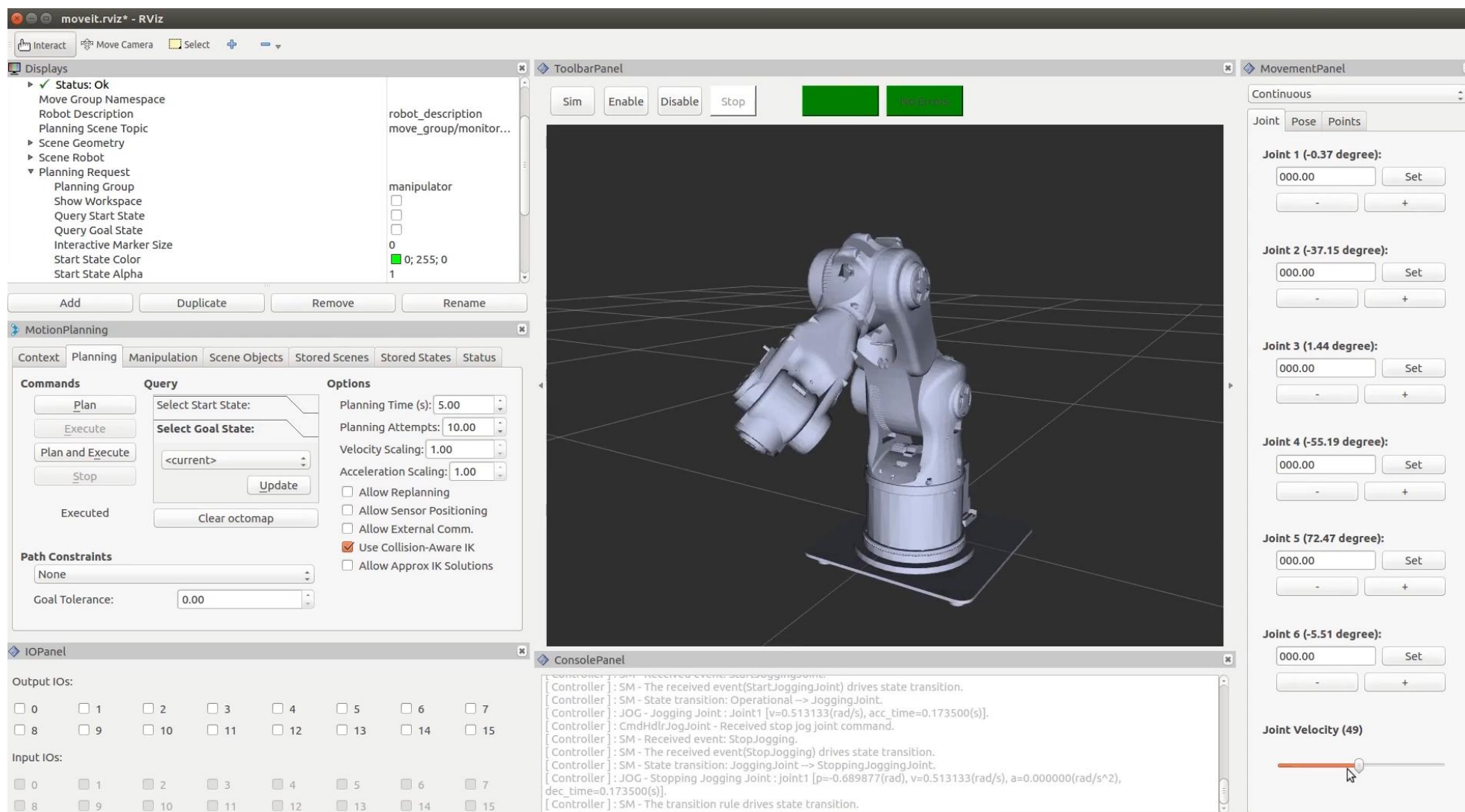
- 0 : 3D视图区
- 1 : 工具栏
- 2 : 显示项列表
- 3 : 视角设置区
- 4 : 时间显示区



\$ rosrn rviz rviz



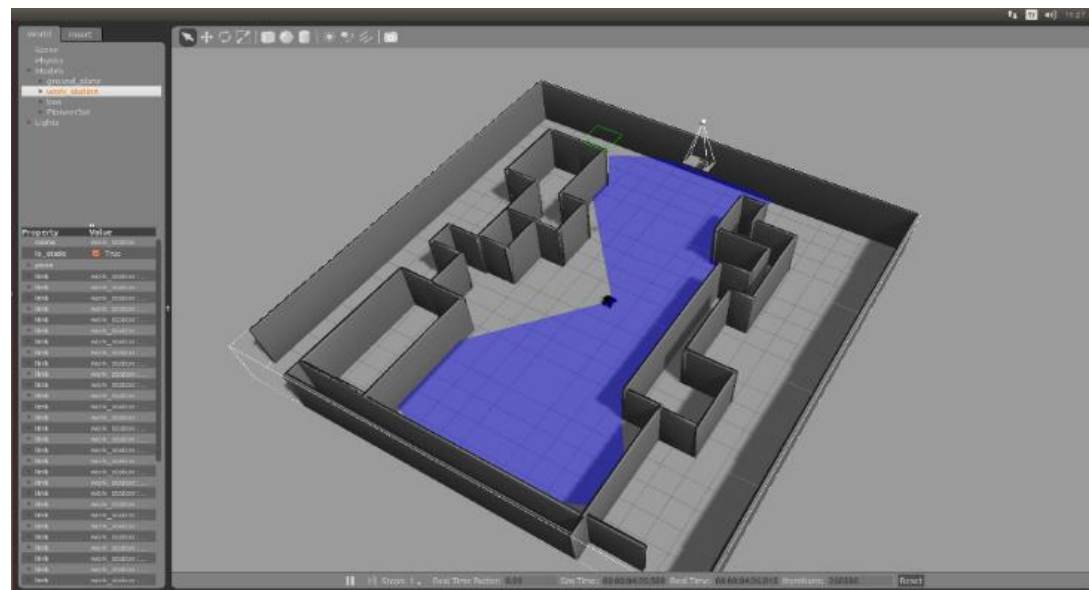
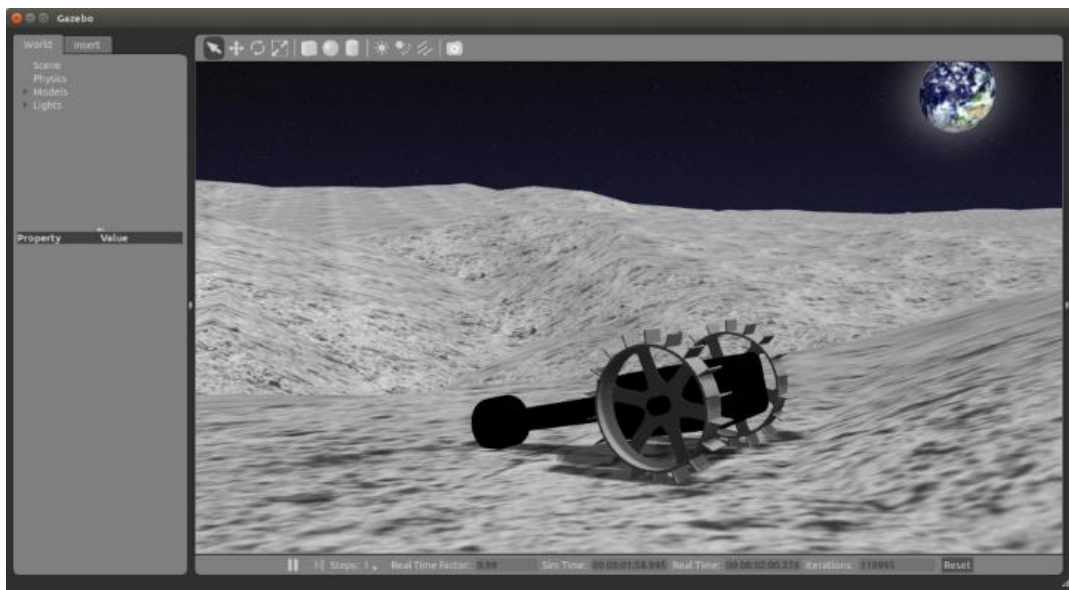
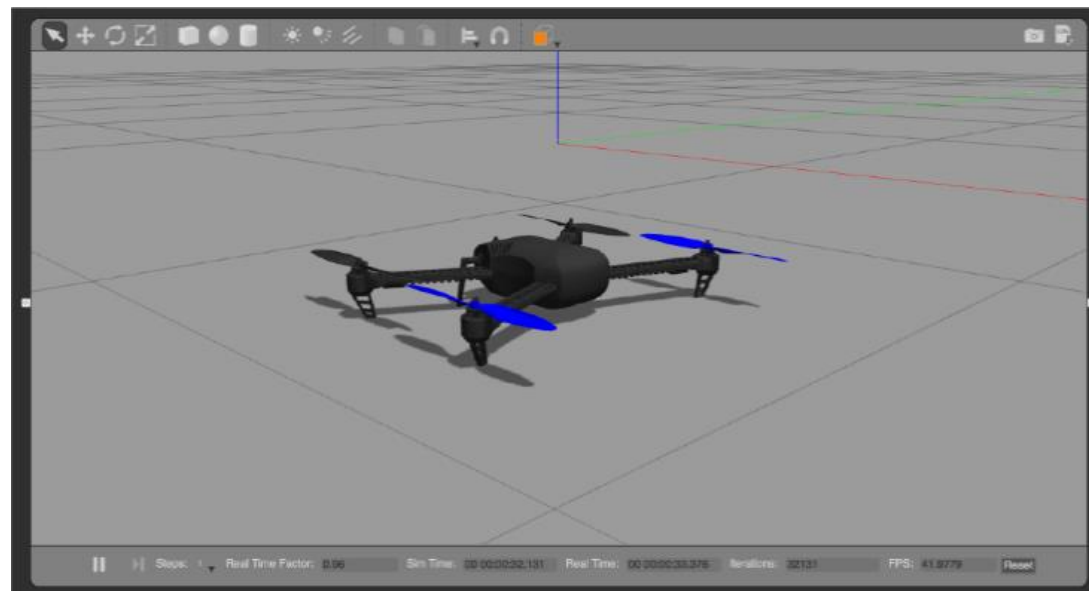
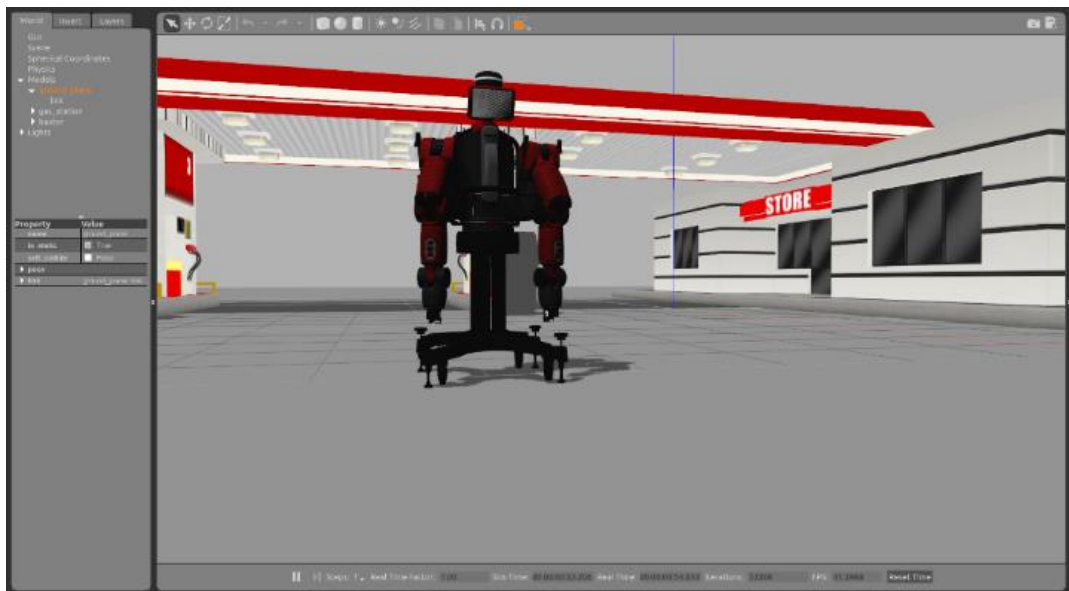
3. 可视化显示与仿真工具



基于Rviz打造自己的人机交互界面



3. 可视化显示与仿真工具





3. 可视化显示与仿真工具

- Gazebo是一个三维动态物理仿真器，能准确高效地仿真在复杂的室内外环境下机器人群体。与游戏引擎类似，Gazebo能对一整套传感器进行高度逼真的物理仿真、为程序和用户提供交互接口，其典型应用场景包括：

- 测试机器人算法
- 机器人的设计
- 现实情景下的回溯测试

Features



Dynamics Simulation

Access multiple high-performance physics engines including [ODE](#), [Bullet](#), [Simbody](#), and [DART](#).



Advanced 3D Graphics

Utilizing [OGRE](#), Gazebo provides realistic rendering of environments including high-quality lighting, shadows, and textures.



Sensors and Noise

Generate sensor data, optionally with noise, from laser range finders, 2D/3D cameras, Kinect style sensors, contact sensors, force-torque, and more.



Plugins

Develop custom plugins for robot, sensor, and environmental control. Plugins provide direct access to Gazebo's [API](#).



Robot Models

Many robots are provided including PR2, Pioneer2 DX, iRobot Create, and TurtleBot. Or build your own using [SDF](#).



TCP/IP Transport

Run simulation on remote servers, and interface to Gazebo through socket-based message passing using Google [Protobufs](#).



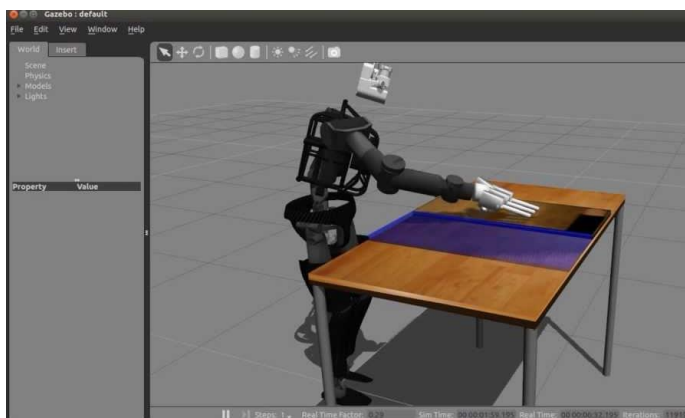
Cloud Simulation

Use [CloudSim](#) to run Gazebo on Amazon AWS and [GzWeb](#) to interact with the simulation through a browser.



Command Line Tools

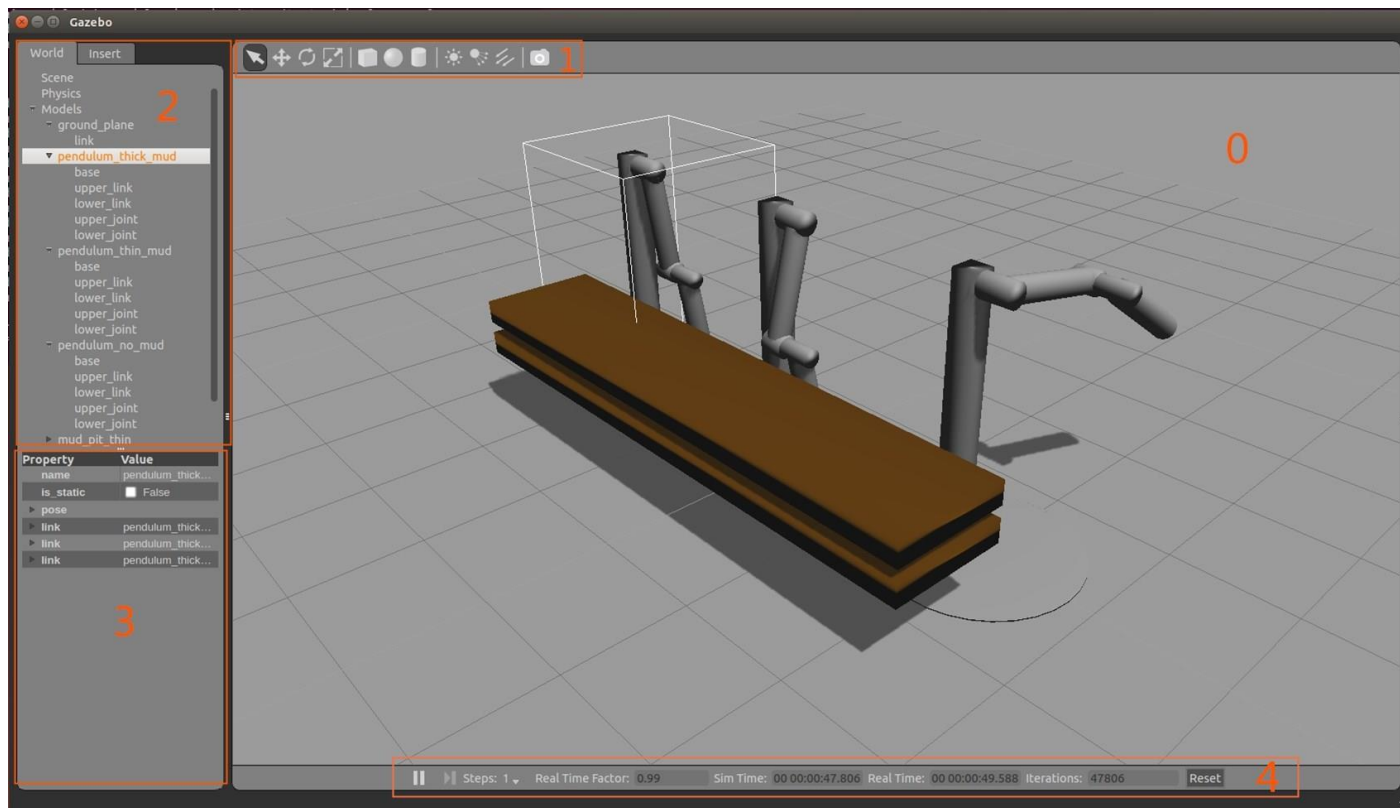
Extensive command line tools facilitate simulation introspection and control.





3. 可视化显示与仿真工具

- 0 : 3D视图区
- 1 : 工具栏
- 2 : 模型列表
- 3 : 模型属性项
- 4 : 时间显示区



\$ roslaunch gazebo_ros mud_world.launch

建议：为保证模型顺利加载，请提前将模型文件库下载并放置到~/.gazebo/models下
https://bitbucket.org/osrf/gazebo_models/downloads/



3. 可视化显示与仿真工具

配置机器人模型

创建仿真环境

开始仿真

如何使用Gazebo进行仿真



Launch启动文件

<launch>、<node>、<param>、<rosparam>
<arg>、<include>、<remap>

TF坐标变换

TF工具的使用
广播TF变换、监听TF变换

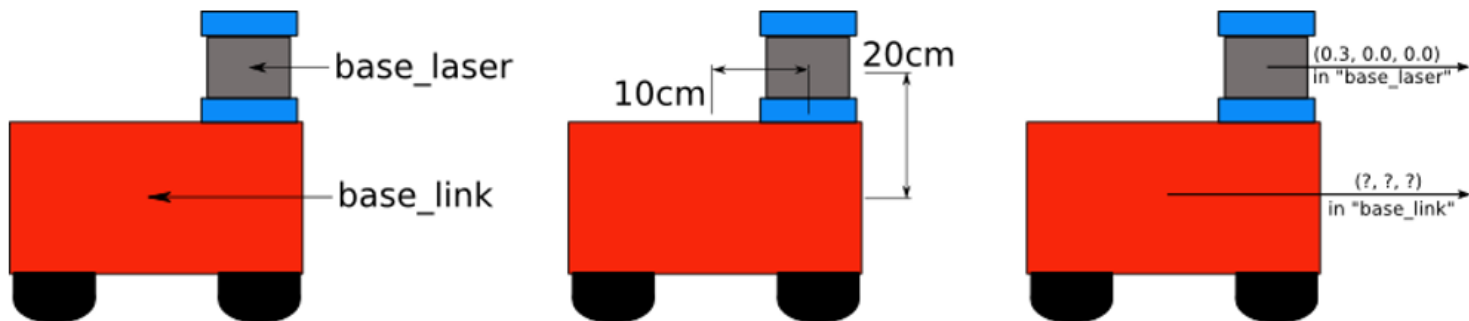
可视化显示与仿真工具

rqt、rviz、gazebo





1. 创建一个learning_launch功能包，在其中新建launch文件，分别完成第3讲三道题目的启动和测试，将每道题目中使用的所有roslaunch命令替换为一个roslaunch命令。
2. 下载gazebo离线模型库，并放置在指定位置，成功运行gazebo后，在界面中添加模型进行测试。
3. 创建一个learning_tf功能包，完成tf的编程和测试：已知激光雷达和机器人底盘的坐标关系，广播并监听机器人的坐标变换，求解激光雷达数据在底盘坐标系下的坐标值：



- 古月 · ROS入门21讲
<https://www.bilibili.com/video/av59458869>
- ROS Launch
<http://wiki.ros.org/roslaunch/XML>
- ROS技术点滴 —— launch文件
https://mp.weixin.qq.com/s/qY_NpuEiKl5cDH0NexyP5g
- ROS技术点滴 —— 海龟例程中的tf
<https://mp.weixin.qq.com/s/O930feF67v7uxhlwmSFh9w>
- ROS探索总结（二十二） —— 设置机器人的tf变换
<http://www.guyuehome.com/355>
- 《Introduction to Robotics Mechanics and Control》
《机器人学导论》，第二章

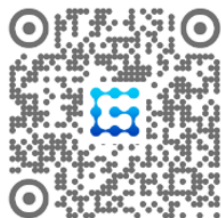




Thank You

怕什么真理无穷，进一寸有一寸的欢喜

更多精彩，欢迎关注



 古月居



 古月春旭