

# 智能机器人实验

——SLAM与自主导航实践

李华龙

## 1. 初识ROS

- ROS简介
- ROS的安装
- 第1个ROS例程
- ROS总体架构

## 2. ROS基础

- ROS工作空间
- ROS通信编程
- ROS分布式通信
- ROS关键组件

## 3. 建模与仿真

- 机器人系统简介
- 机器人URDF建模
- 机器人模型优化
- Gazebo物理仿真

## 4. SLAM与自主导航仿真

- 相关基础概念介绍
- SLAM功能包的应用
- ROS中的导航框架
- 综合仿真实现

## 5. SLAM与自主导航实践

- 机器人实验平台了解与使用
- 真实机器人SLAM测试与验证
- 真实机器人自主导航实现
- 综合测试与验证

1

机器人实验平台了解与使用

2

真实机器人SLAM测试与验证

3

真实机器人自主导航实现

4

综合测试与验证

# 1 机器人实验平台了解与使用

## Turtlebot 4 Lite 版<sup>1</sup>

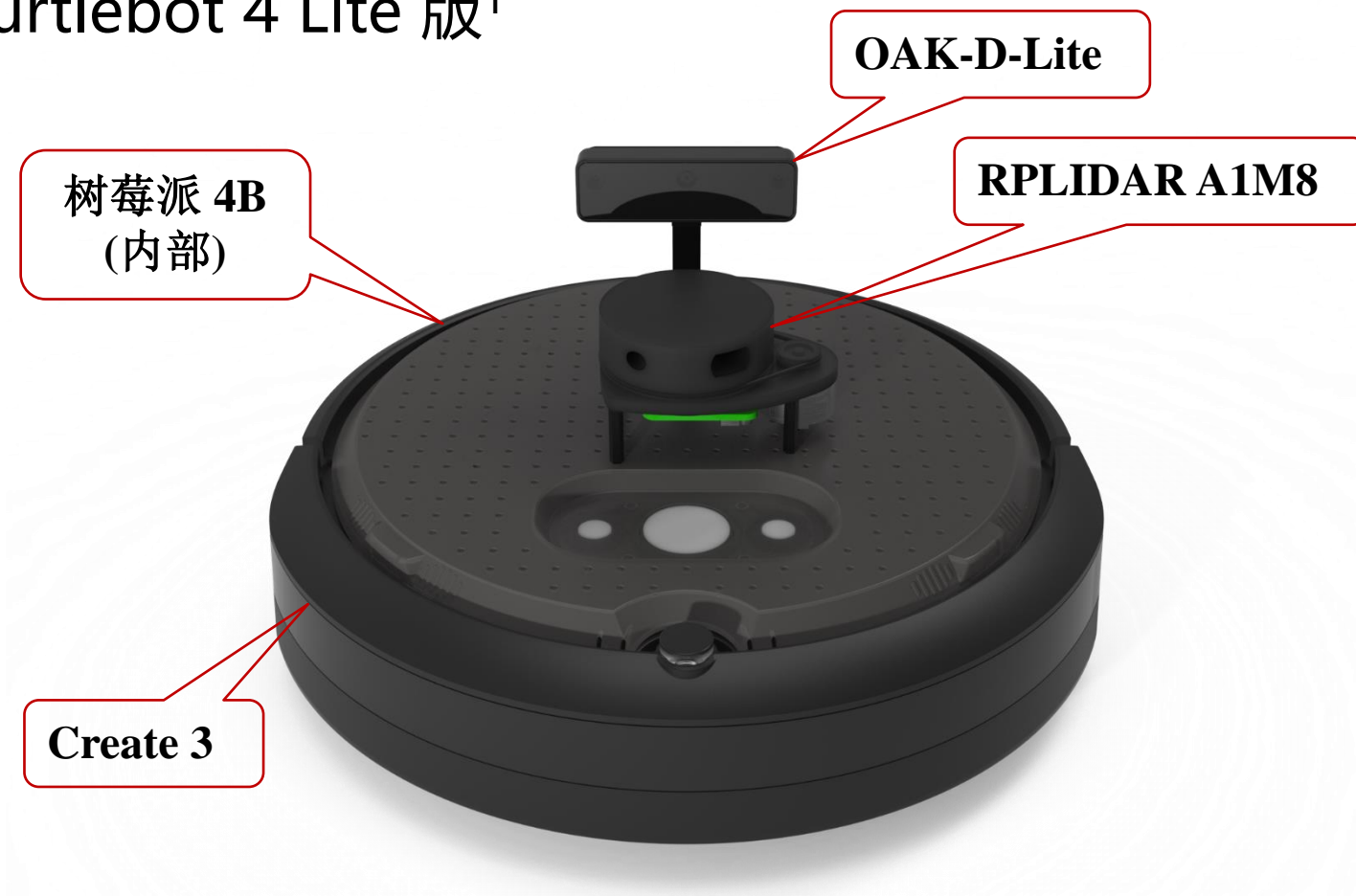


1. <https://turtlebot.github.io/turtlebot4-user-manual/overview/features.html>

## Turtlebot 4 Lite 版

- ◆ 一款基于 ROS2 的移动机器人，主要用于教育和科研
- ◆ 可对周围环境建图，自主导航，相机上可运行 AI 模型
- ◆ 基于 Create3 平台<sup>1,2</sup>,
- ◆ 主要组成部分
  - 激光雷达：RPLIDAR A1M8<sup>3</sup>
  - 深度相机：OAK-D-Lite<sup>4</sup>
  - 处理单元：树莓派 4B
  - 底盘平台：Create 3

## Turtlebot 4 Lite 版<sup>1</sup>



## Create 3<sup>1, 2</sup>





## Create 3<sup>1</sup>, 2



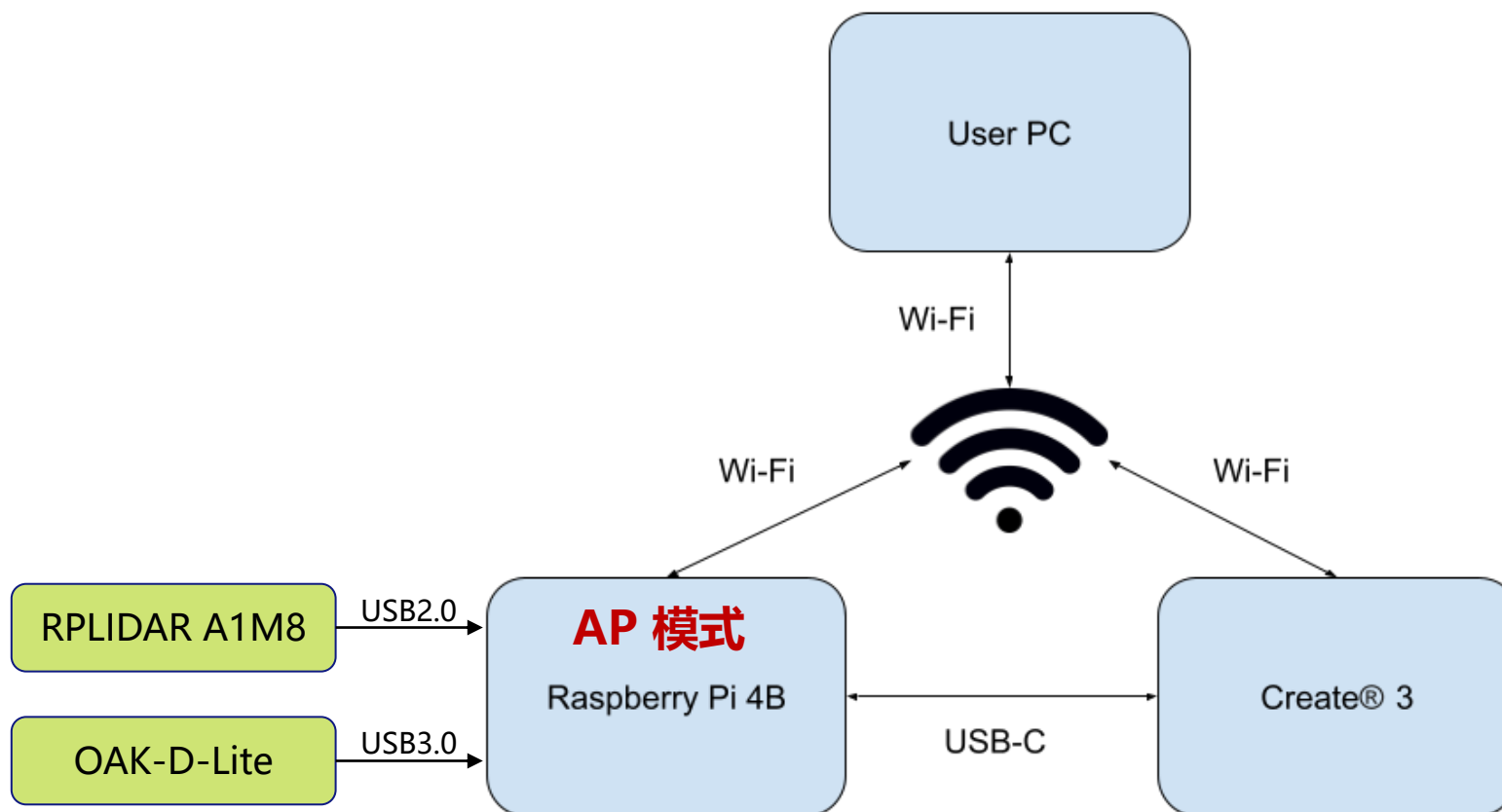
1. <https://edu.irobot.com/what-we-offer/create3>
2. [https://iroboteducation.github.io/create3\\_docs/](https://iroboteducation.github.io/create3_docs/)

## Create 3<sup>1, 2</sup>



1. <https://edu.irobot.com/what-we-offer/create3>  
2. [https://iroboteducation.github.io/create3\\_docs/](https://iroboteducation.github.io/create3_docs/)

## Turtlebot 4 Lite 版<sup>1</sup>



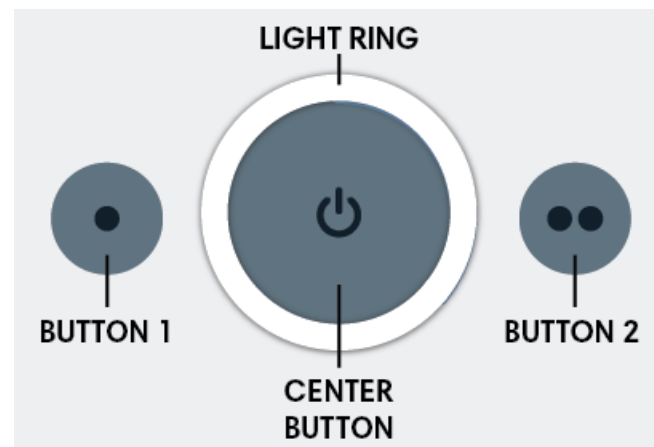
1. <https://turtlebot.github.io/turtlebot4-user-manual/overview/features.html>

## Turtlebot 4 Lite<sup>1</sup> 开关机

**开机：**将机器人放置在充电座上，**耐心**等待光环停止闪烁，并播放提示音即可

**关机：**将机器人从充电座上移开，按住电源按钮至灯环闪烁，并播放提示音

**提示：**随时、及时充电



## Turtlebot 4 Lite 使用前配置

◆ 将机器人放置在充电座上等待开机

◆ 笔记本电脑配置

□ 先设置 root 密码，若已设置过，则跳过此步

```
$ sudo passwd
```

□ 切换至 root 用户，按提示输入密码

```
$ su root
```

□ 修改 /etc/hostname 文件，将原主机名改为：ubt

```
$ gedit /etc/hostname
```

□ 修改 /etc/hosts 文件，将原主机名改为：ubt，并添加：10.42.0.1 ubuntu

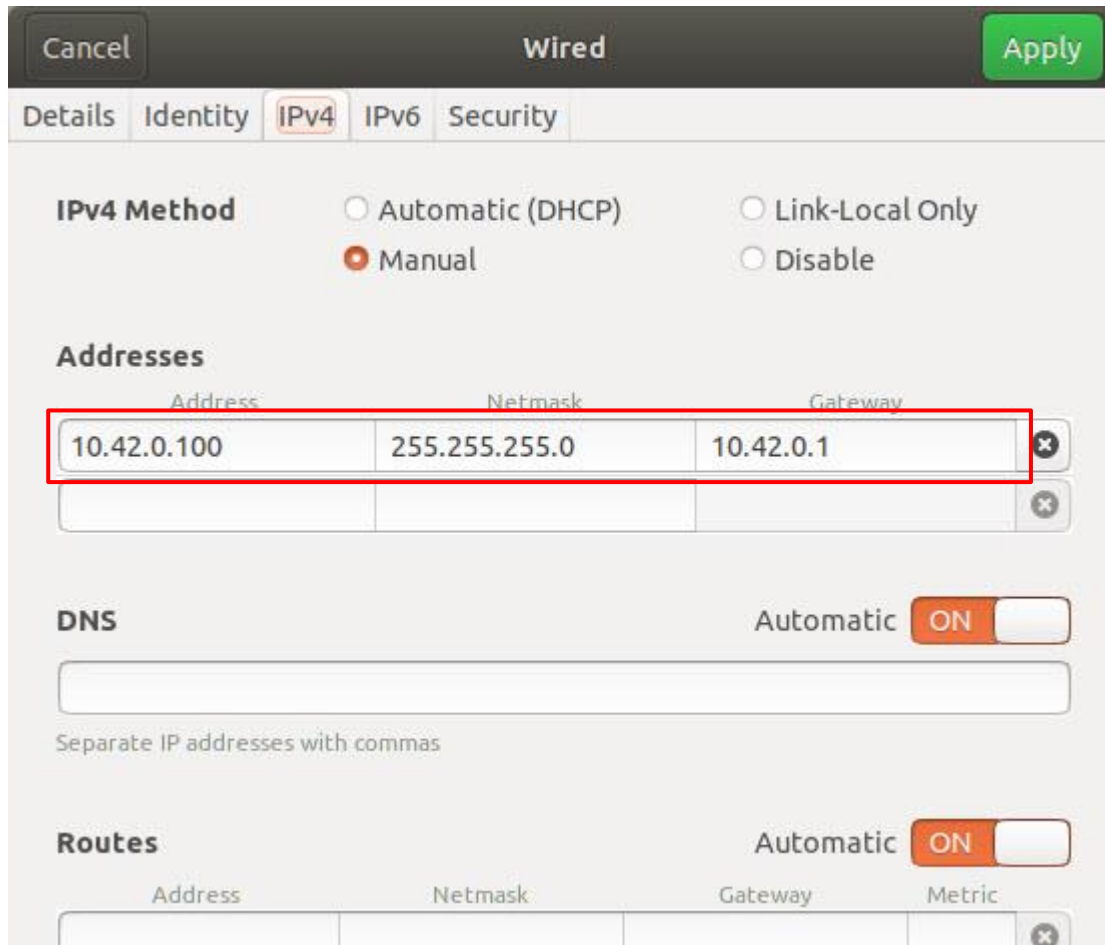
```
$ gedit /etc/hosts
```

□ 将电脑 WiFi 连至 TB4 的热点 Turtlebot4-xxxx，设置固定 IP，重启电脑

IP: 10.42.0.100    Netmask: 255.255.255.0    Gateway: 10.42.0.1

注：密码与SSID相同，其中的“xxxx”为机器人序列号后4位，不要弄错

## Turtlebot 4 Lite 使用前配置



The image shows a network configuration window titled "Wired" with buttons for "Cancel" and "Apply". The "IPv4" tab is selected, showing the "IPv4 Method" set to "Manual". The "Addresses" section contains a table with the following data:

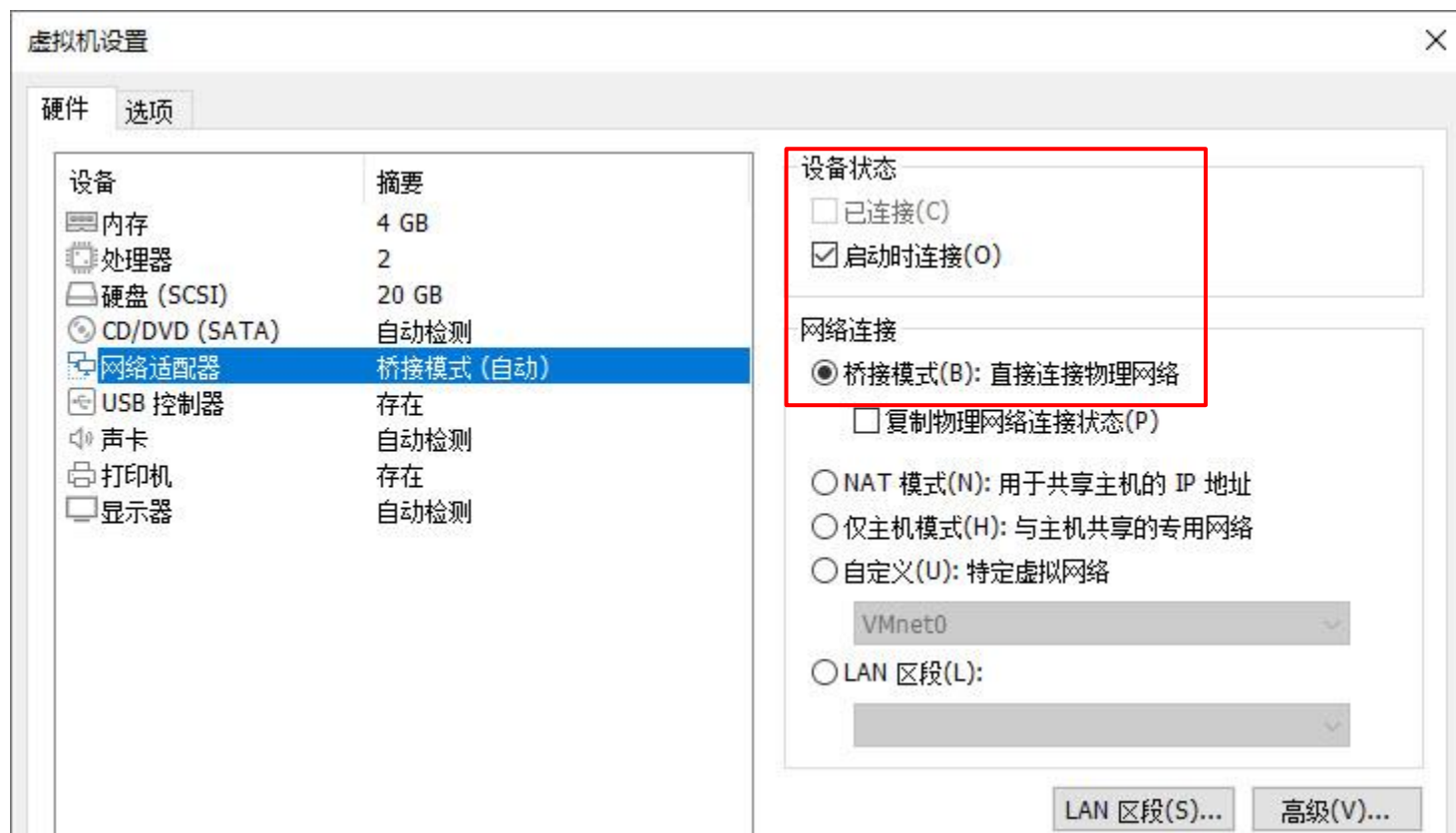
Address	Netmask	Gateway
10.42.0.100	255.255.255.0	10.42.0.1

The "DNS" section has a toggle set to "Automatic" (ON) and a text input field. Below it is the instruction "Separate IP addresses with commas". The "Routes" section also has a toggle set to "Automatic" (ON) and a table with the following headers:

Address	Netmask	Gateway	Metric

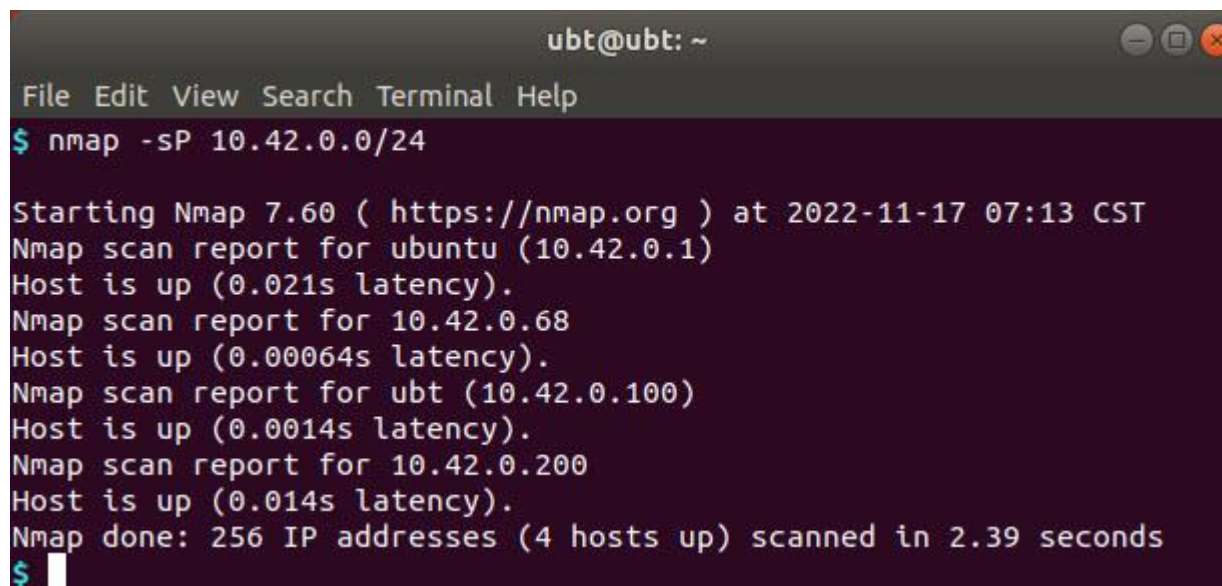
## Turtlebot 4 Lite 使用前配置

### ◆ 虚拟机的配置（如用）



## Turtlebot 4 Lite 正常使用流程

- ◆ 将机器人放置在充电座上开机
- ◆ 确认电脑（系统）WiFi 成功连接至机器人对应的热点
- ◆ 使用 nmap 查看相关设备是否均已上线（虚拟机4个，双系统3个）

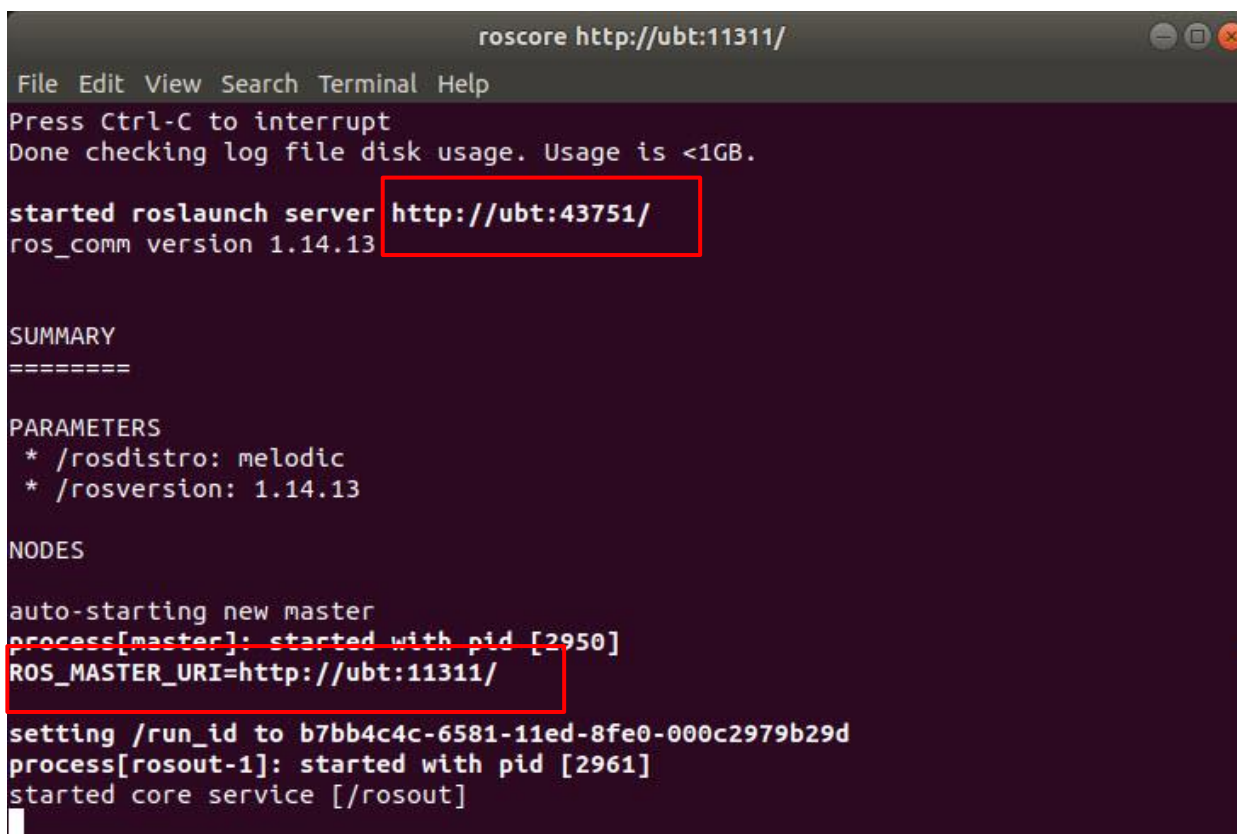


```
ubt@ubt: ~  
File Edit View Search Terminal Help  
$ nmap -sP 10.42.0.0/24  
  
Starting Nmap 7.60 ( https://nmap.org ) at 2022-11-17 07:13 CST  
Nmap scan report for ubuntu (10.42.0.1)  
Host is up (0.021s latency).  
Nmap scan report for 10.42.0.68  
Host is up (0.00064s latency).  
Nmap scan report for ubt (10.42.0.100)  
Host is up (0.0014s latency).  
Nmap scan report for 10.42.0.200  
Host is up (0.014s latency).  
Nmap done: 256 IP addresses (4 hosts up) scanned in 2.39 seconds  
$
```



## Turtlebot 4 Lite 正常使用流程

### ◆ 运行 roscore



```
roscore http://ubt:11311/

File Edit View Search Terminal Help
Press Ctrl-C to interrupt
Done checking log file disk usage. Usage is <1GB.

started roslaunch server http://ubt:43751/
ros_comm version 1.14.13

SUMMARY
=====

PARAMETERS
* /rostdistro: melodic
* /rosversion: 1.14.13

NODES

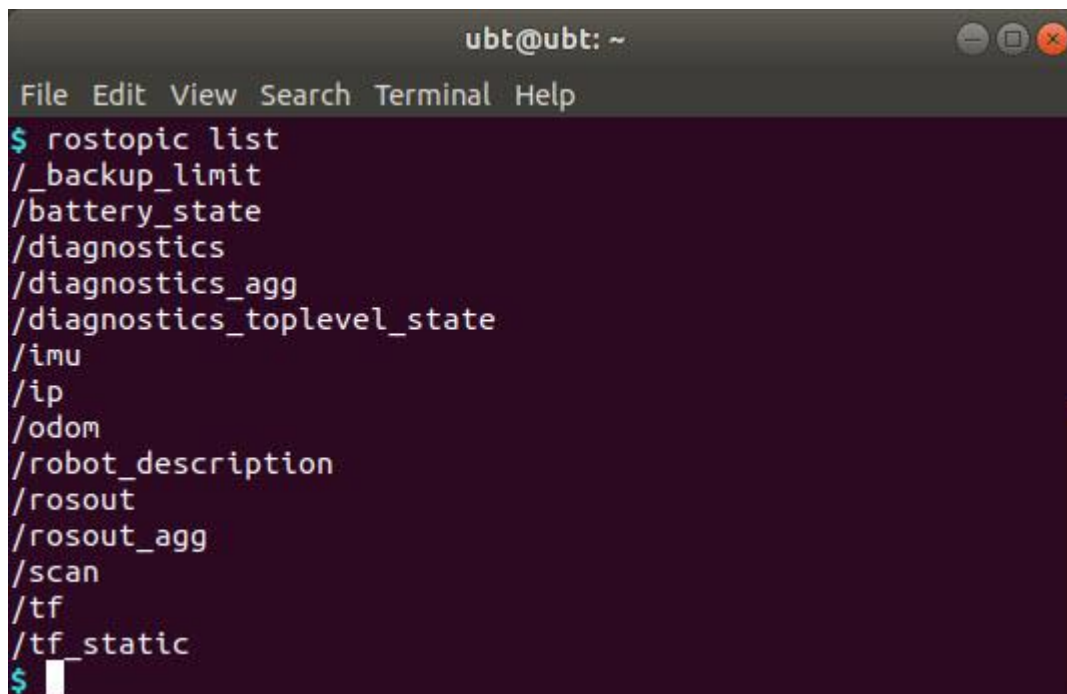
auto-starting new master
process[master]: started with pid [2950]
ROS_MASTER_URI=http://ubt:11311/

setting /run_id to b7bb4c4c-6581-11ed-8fe0-000c2979b29d
process[rosout-1]: started with pid [2961]
started core service [/rosout]
```

提示：为避免程序停止运行后，需重启机器人，可一直维持 roscore 运行

## Turtlebot 4 Lite 正常使用流程

### ◆ 查看话题列表



```
ubt@ubt: ~  
File Edit View Search Terminal Help  
$ rostopic list  
/_backup_limit  
/battery_state  
/diagnostics  
/diagnostics_agg  
/diagnostics_toplevel_state  
/imu  
/ip  
/odom  
/robot_description  
/rosout  
/rosout_agg  
/scan  
/tf  
/tf_static  
$
```

注：只显示了机器人发布的

## Turtlebot 4 Lite 正常使用流程

### ◆ 同步系统时间

```
$ sudo ntpdate -u 10.42.0.1  
[sudo] password for ubt:  
21 Apr 21:09:21 ntpdate[4033]: step time server 10.42.0.1 offset -18539877.826415 sec
```

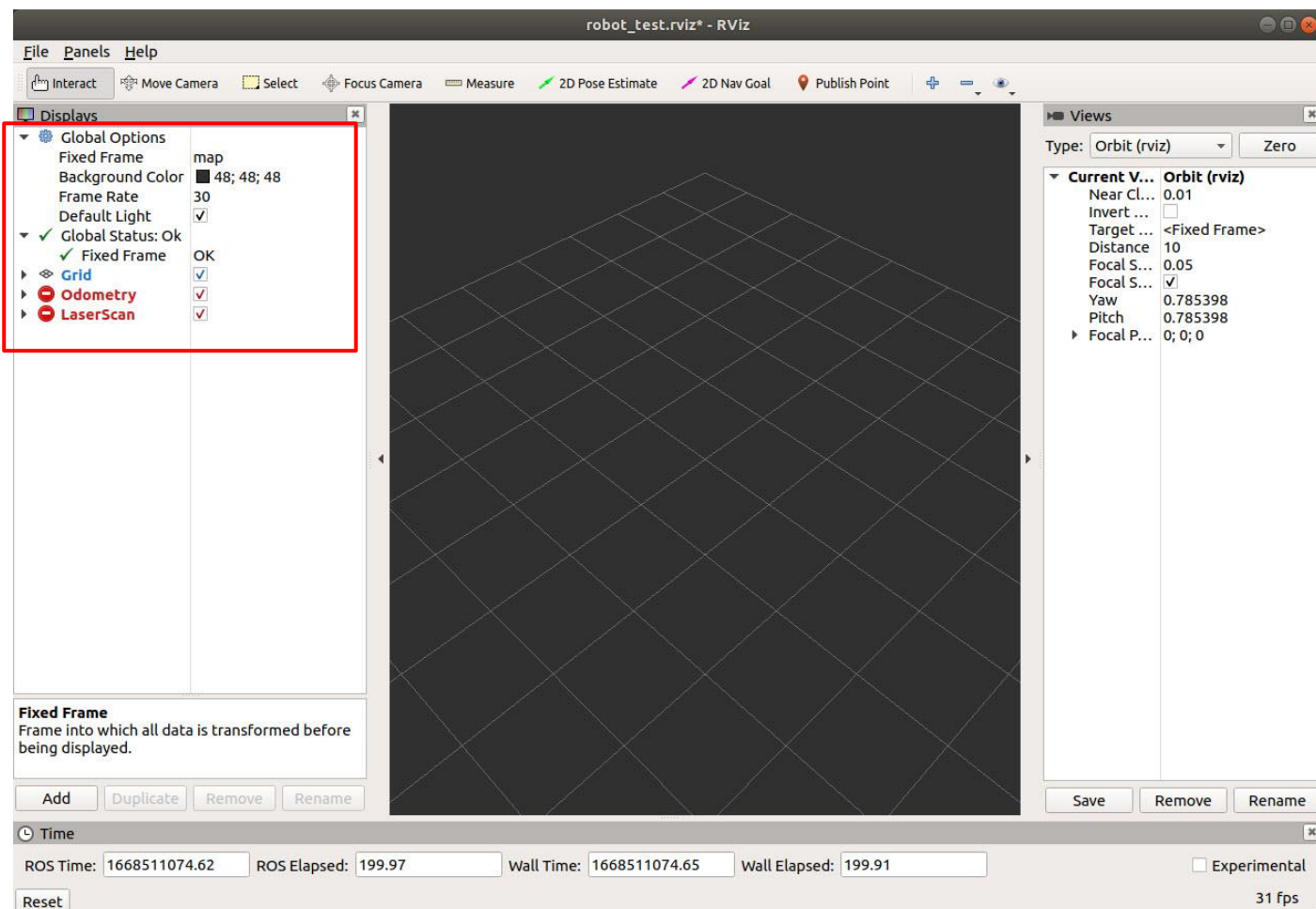
注：第一次执行前，需先将电脑联外网，安装 ntpdate

### ◆ 运行 launch 文件，或其他应用程序

### 提示：

- 整个开机过程严格按步骤操作，确认没问题后再进行下一步
- 机器人关机前先从充电座上移开
- 如出现长按电源键不关机的情况，不要急，将机器人放在那多等一会即可

## 查看里程计和激光雷达数据 (RViz)



## 添加缺少的静态坐标变换 (launch文件)

```
<launch>
```

```
<!--static_transform_publisher x y z yaw pitch roll frame_id child_frame_id-->  
<node pkg="tf2_ros" type="static_transform_publisher" name="base_link_rplidar_link_broadcaster"  
      args="0.0 0.0 0.1 1.5707963267949 0.0 0.0 base_link rplidar_link"/>
```

```
<!-- 设置launch文件的参数 -->
```

```
<arg name="rvizconfig" default="$(find ros_2dnv_learning)/config/robot_test.rviz"/>
```

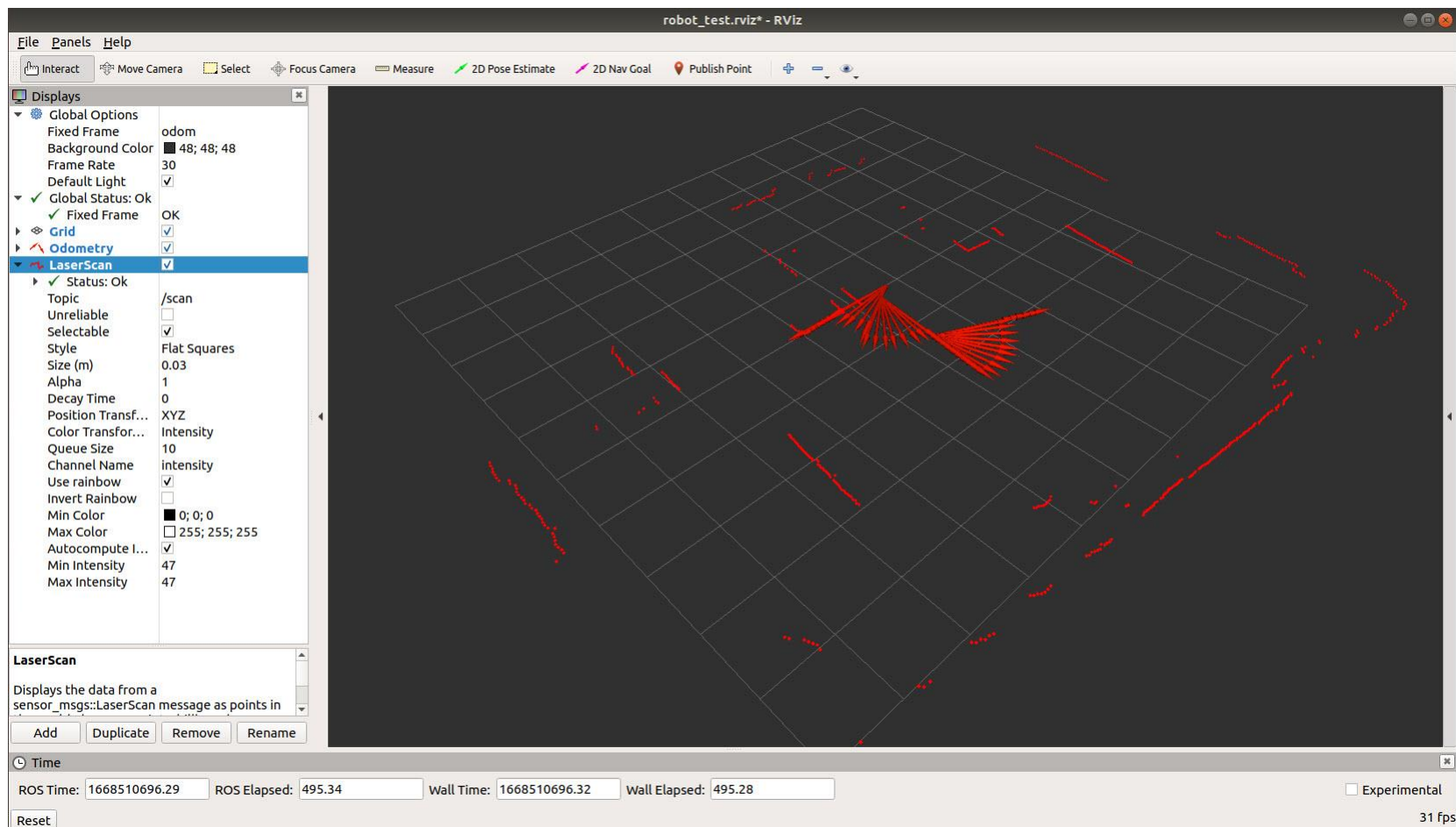
```
<node name="rviz" pkg="rviz" type="rviz" args="-d $(arg rvizconfig)"/>
```

```
<node name="teleop_twist_keyboard" pkg="teleop_twist_keyboard" type="teleop_twist_keyboard.py"/>
```

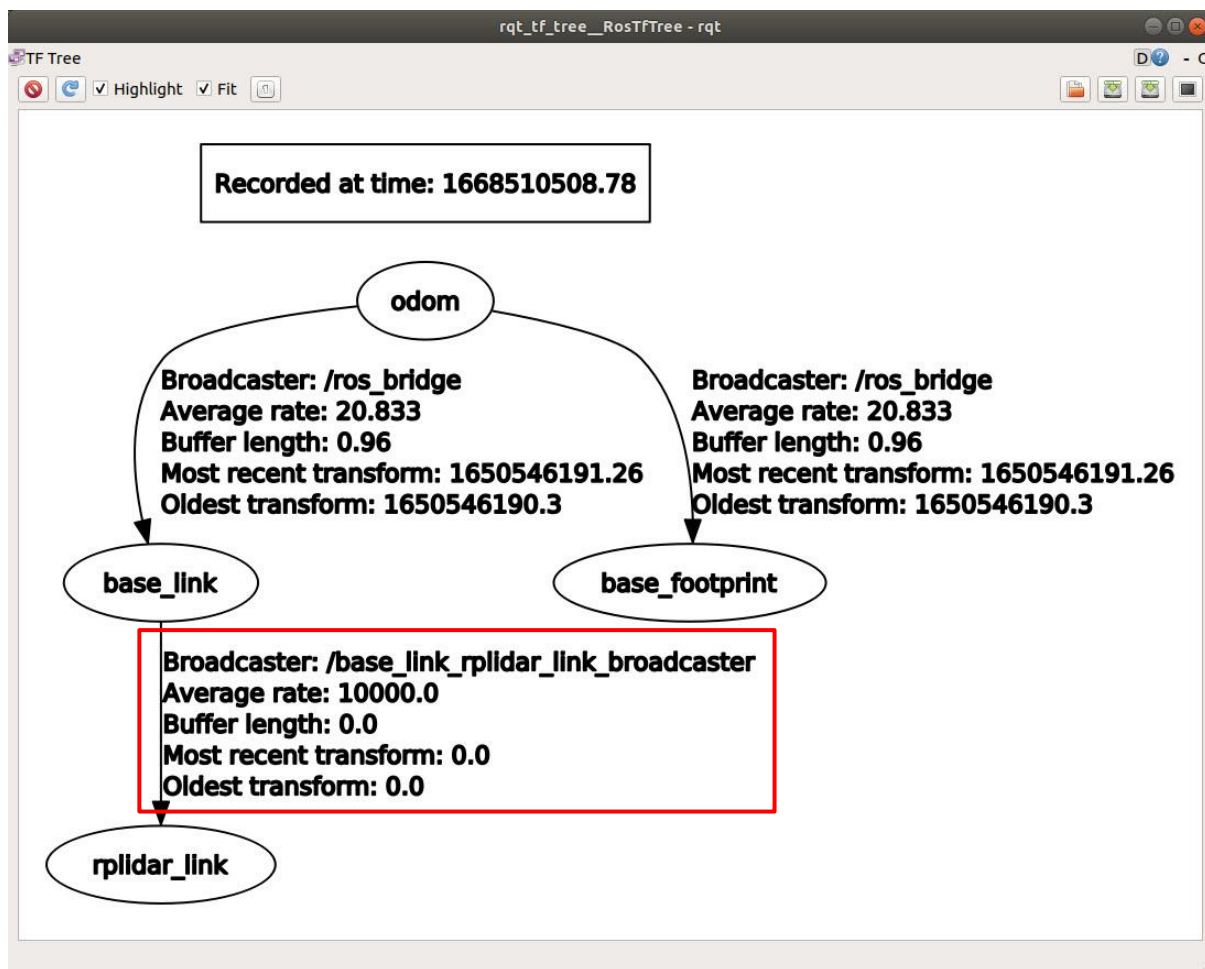
```
</launch>
```

robot\_test.launch

## 控制机器人运动

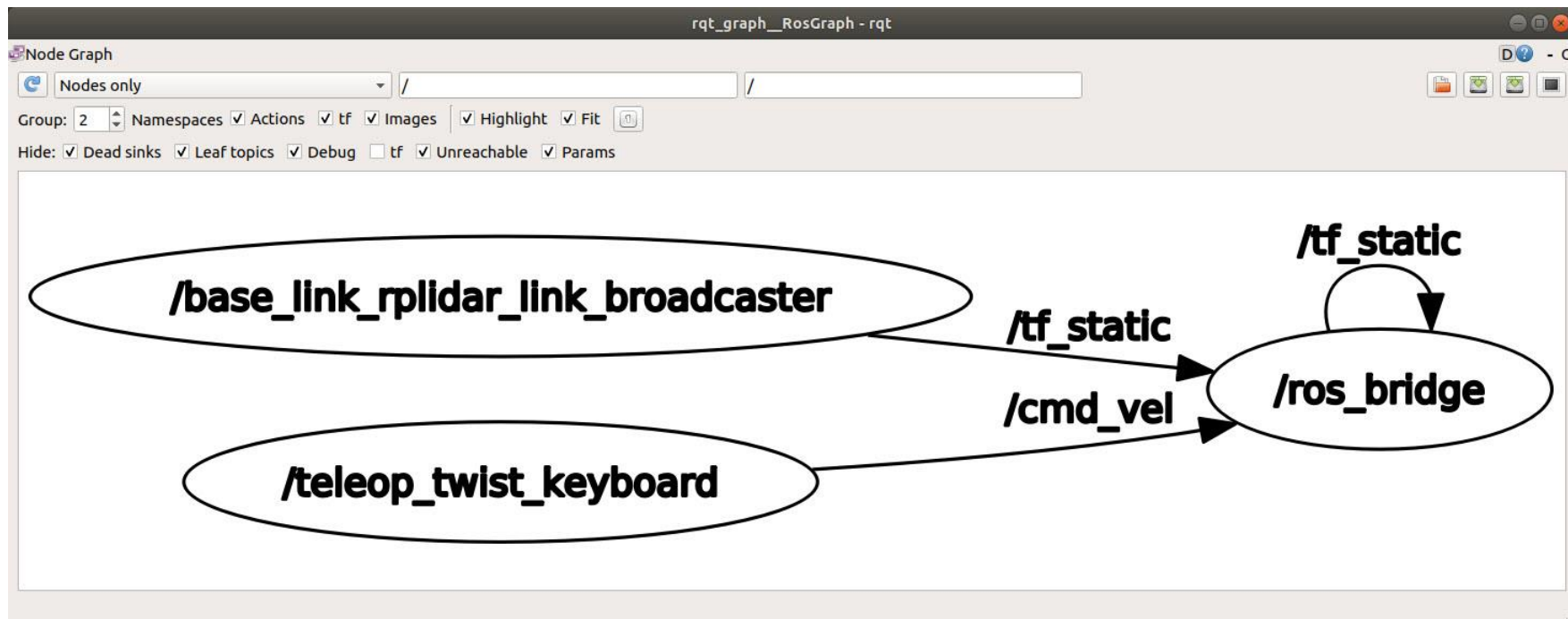


## 查看 TF 树





## 查看计算图





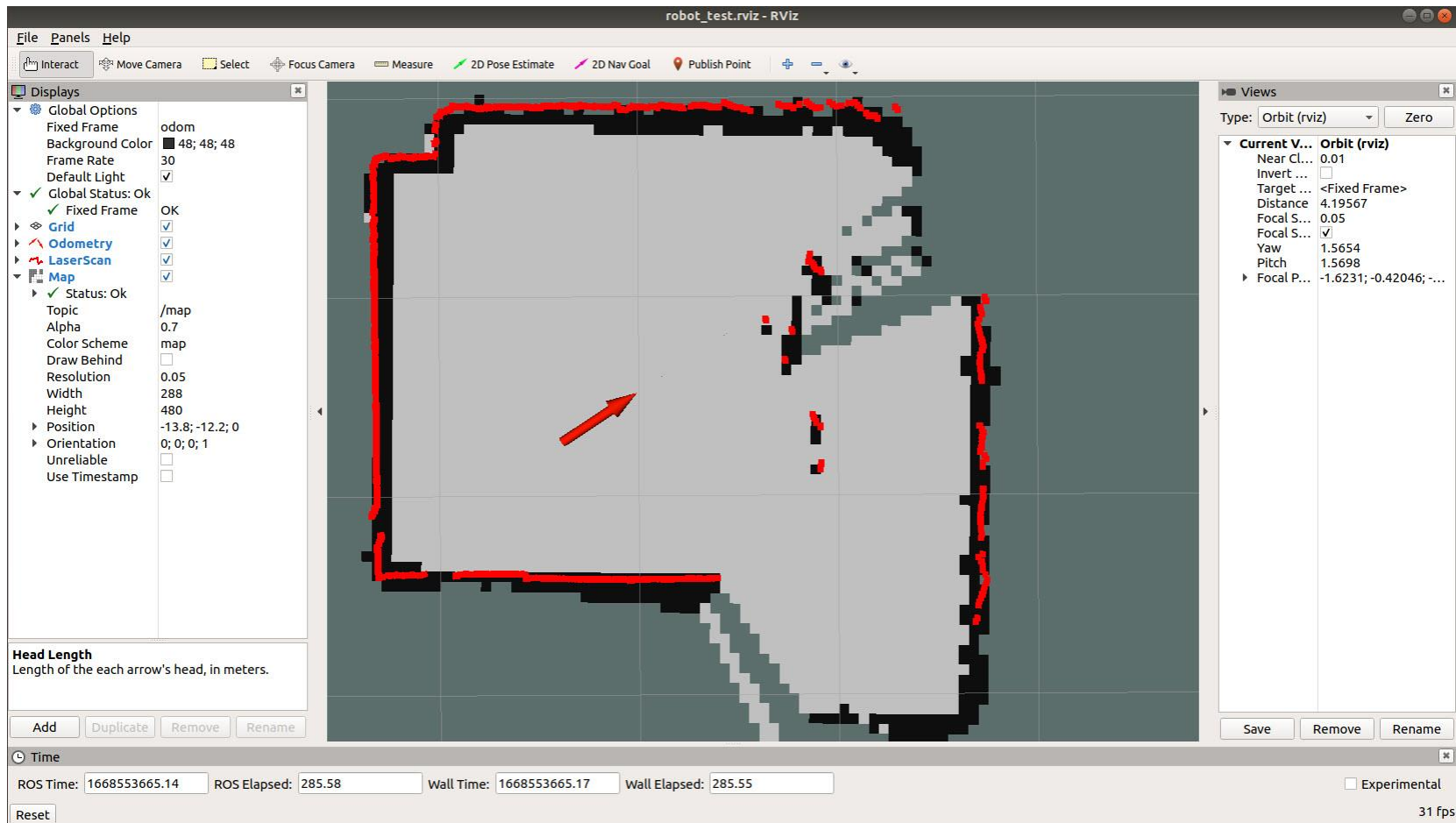
## 2

# 机器人SLAM测试与验证

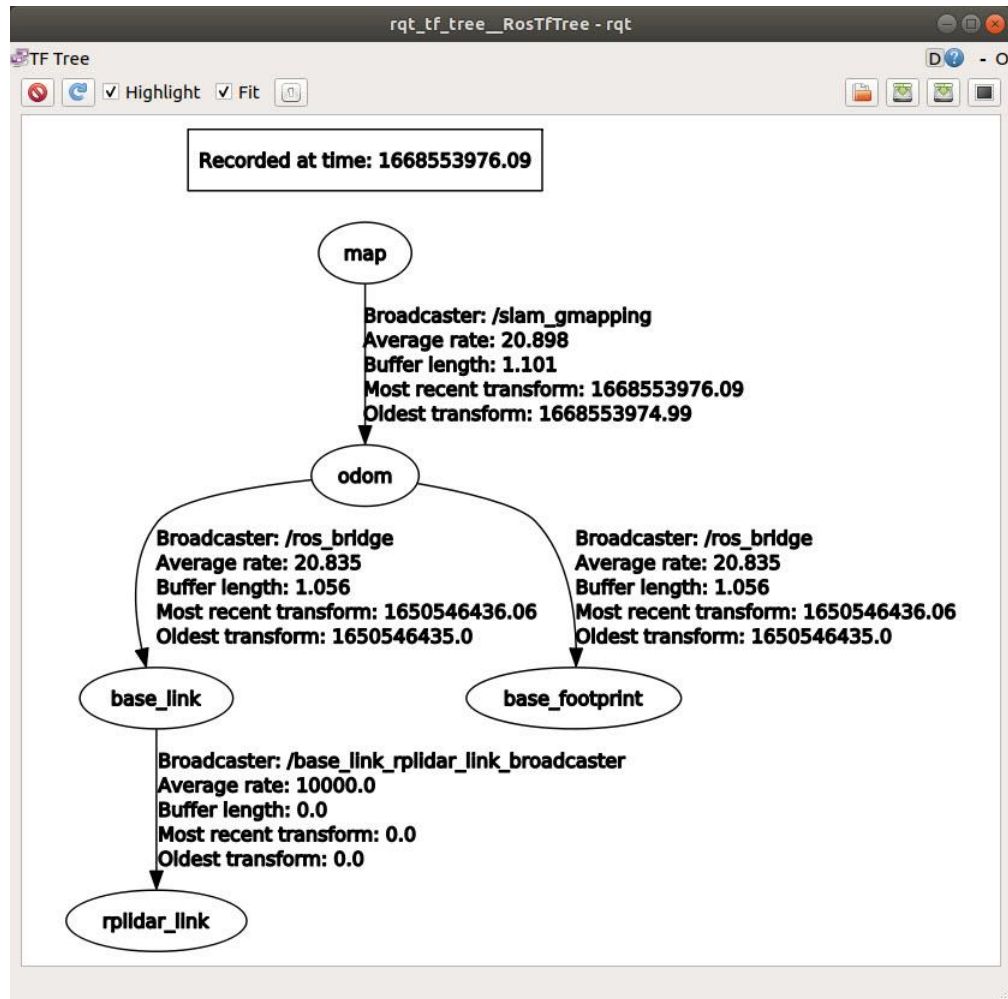
## SLAM实测

- ◆ 综合前面的仿真实验和机器人平台使用方法，编写相关 launch 文件
- ◆ 注意根据仿真、及实测结果，对**相关参数进行优化**
- ◆ 可对多种 SLAM 功能包分别进行实测对比，再与仿真效果比对
- ◆ 实测得到测试场地的二维地图，用于后面的导航测试
- ◆ 机器人不能与围挡和障碍物发生碰撞

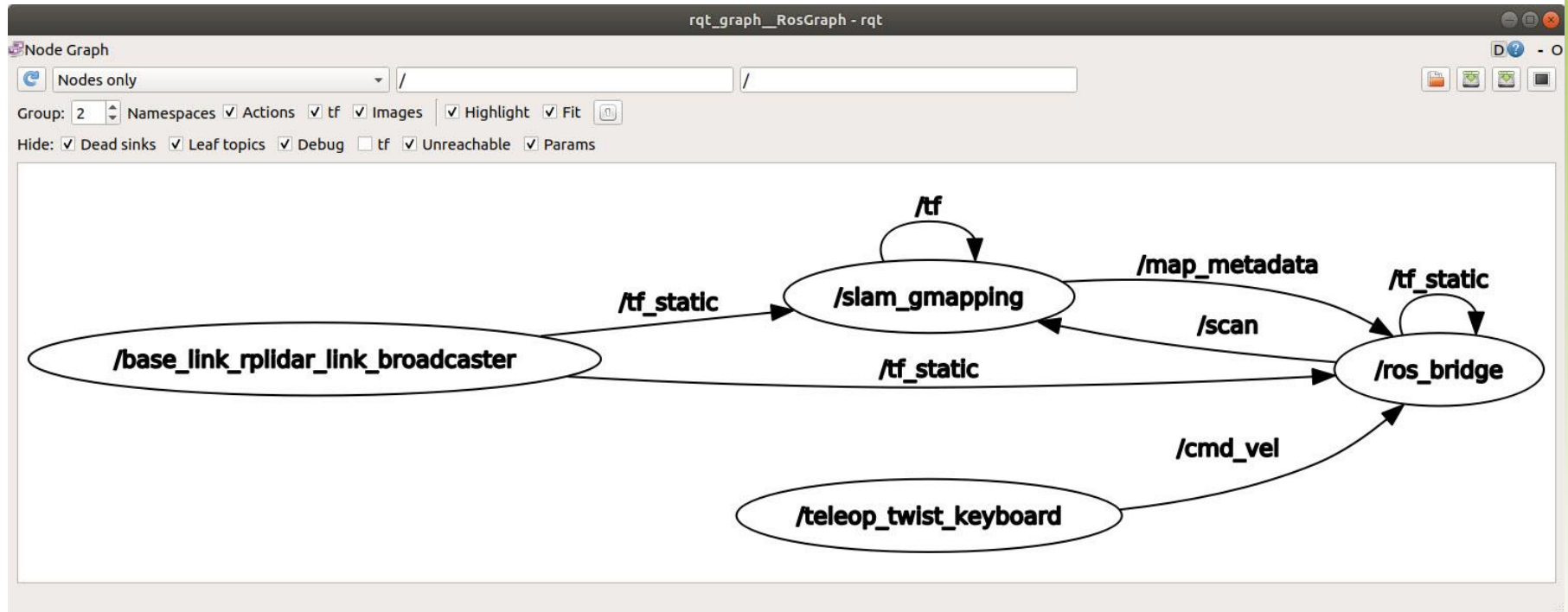
## SLAM示例 (RViz)



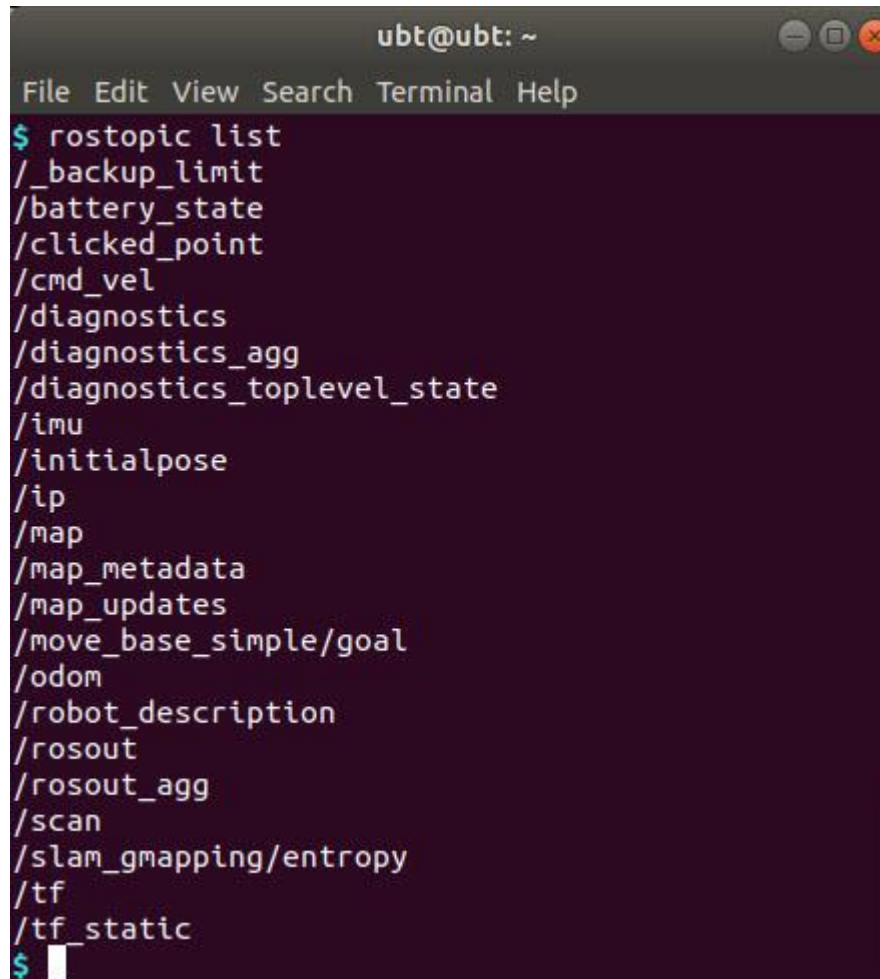
## SLAM示例 (TF 树)



## SLAM示例 (计算图)



## SLAM示例（话题列表）



```
ubt@ubt: ~  
File Edit View Search Terminal Help  
$ rostopic list  
/_backup_limit  
/battery_state  
/clicked_point  
/cmd_vel  
/diagnostics  
/diagnostics_agg  
/diagnostics_toplevel_state  
/imu  
/initialpose  
/ip  
/map  
/map_metadata  
/map_updates  
/move_base_simple/goal  
/odom  
/robot_description  
/rosout  
/rosout_agg  
/scan  
/slam_gmapping/entropy  
/tf  
/tf_static  
$
```

# 3

## 自主导航实现

## 导航实测

- ◆ 综合前面的仿真实验和机器人平台使用方法，编写相关 launch 文件  
提示：可能需要给 map 和 odom 坐标系间添加静态坐标变换
- ◆ 应用前面 SLAM 实测得到的测试场地地图
- ◆ 根据仿真结果选择合适的路径规划算法(全局，本地)进行**实测和参数优化**
- ◆ 也可对多种路径规划算法分别进行实测对比，再与仿真效果比对
- ◆ 鼓励结合机器人和测试环境，尝试对开源的路径规划算法代码进行优化
- ◆ 机器人不能与围挡和障碍物发生碰撞



# 4

## 综合测试与验证

## 测试任务（选做，占 10%）

- ◆ 实测场地+机器人实验平台+个人笔记本电脑
- ◆ 实测场地内障碍物位置、大小、数量均随机
- ◆ 机器人在**未提供地图**的情况下，从**任意位姿**出发，完成整个场地的二维建图后，**自主导航回至初始位姿**
- ◆ 整个过程中不能人为干预
- ◆ 主要评价维度：建图质量，最终位姿偏差，完成时长
- ◆ 机器人不能与围挡和障碍物发生碰撞
- ◆ 2 人一组，每次测试限时 5 分钟，每组 2 次机会

# 小结

## 1. 机器人实验平台了解与使用

- ◆ Turtlebot 4 Lite 移动机器人

## 2. 机器人SLAM测试与验证

- ◆ 编写 launch 文件，SLAM功能包的选择与使用，参数优化，算法优化

## 3. 机器人自主导航实现

- ◆ 编写 launch 文件，路径规划算法的选择与使用，参数优化，算法优化

## 4. 综合测试与验证（选做，占 10%）

- ◆ SLAM 建图 + 自主导航实测
-

## 1. 机器人实验平台使用范围

- ◆ C0105, C区1楼其他空地

## 2. 测试场地使用

- ◆ 避免拥挤, 及时清理场地和车轮

## 3. 机器人平台的使用

- ◆ 注意安全, 注意爱惜, 规范操作, 按约定时间轮流使用, 及时充电

## 4. 提前充分利用机器人建模与仿真

- ◆ 测试场地容纳数量、机器人实验平台数量、续航时间有限

## 5. 若有意见、建议及时提出

扶上马

送一程

后面看大家的了！

---

谢谢!