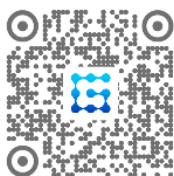


# ROS理论与实践

## —— 第5讲：URDF机器人建模



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. 机器人的定义与组成
-  2. URDF建模方法
-  3. URDF机器人模型案例分析



# 1. 机器人的定义与组成



# 1. 机器人的定义与组成

机器人是什么



# 1. 机器人的定义与组成



理想中的机器人



# 1. 机器人的定义与组成



现实中的机器人



# 1. 机器人的定义与组成

## 诞生

1920年捷克斯洛伐克作家卡雷尔·恰佩克在他的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中，根据Robota（捷克文，原意为“劳役、苦工”）和Robotnik（波兰文，原意为“工人”），创造出“机器人”这个词。

## 百度百科

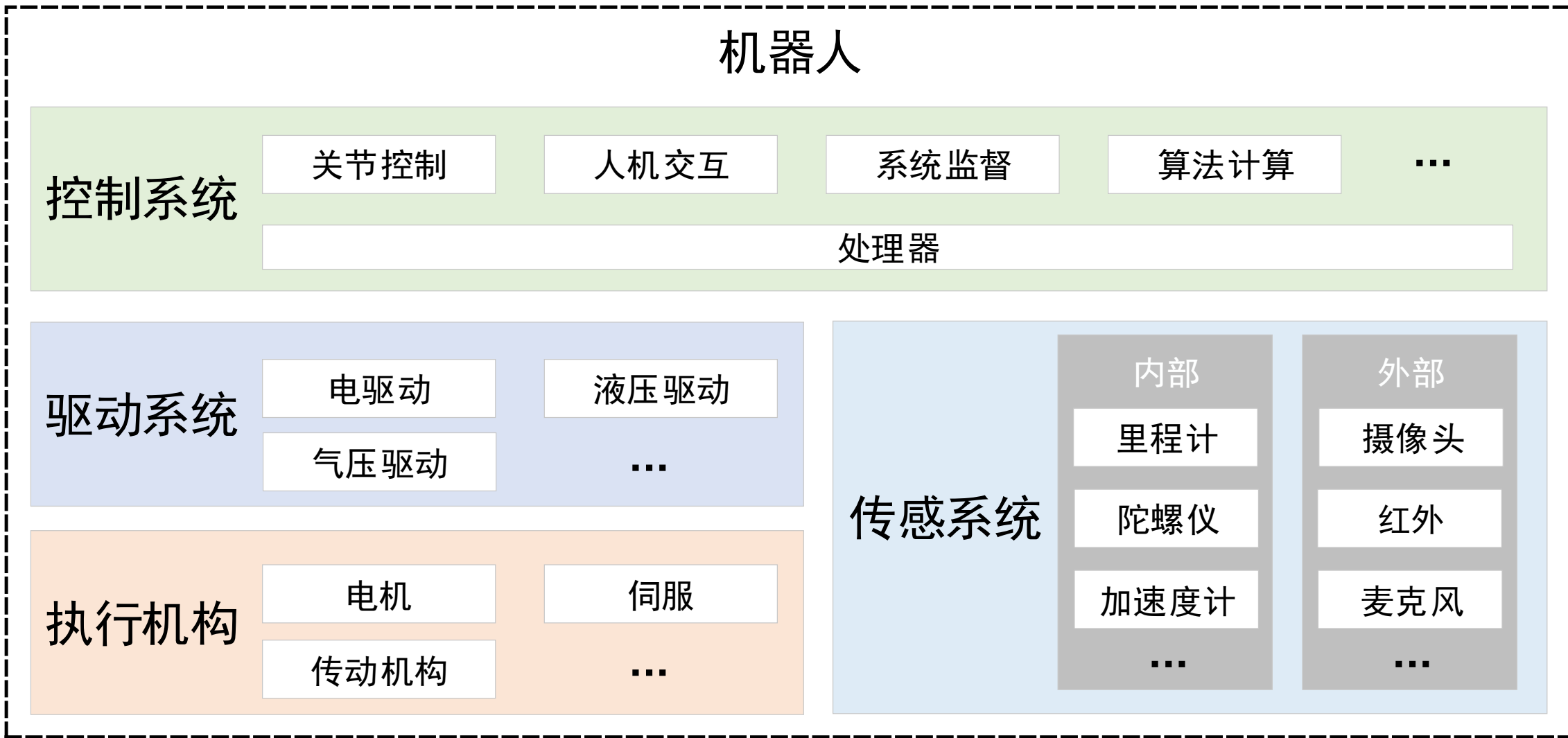
机器人（Robot）是自动执行工作的机器装置。它既可以接受人类指挥，又可以运行预先编排的程序，也可以根据以人工智能技术制定的原则纲领行动。它的任务是协助或取代人类工作，例如生产业、建筑业，或是危险的工作

## 美国机器人协会 (RIA)

机器人是用以搬运材料、零件、工具的可编程序的多功能操作器或是通过可改变程序动作来完成各种作业的特殊机械装置



# 1. 机器人的定义与组成



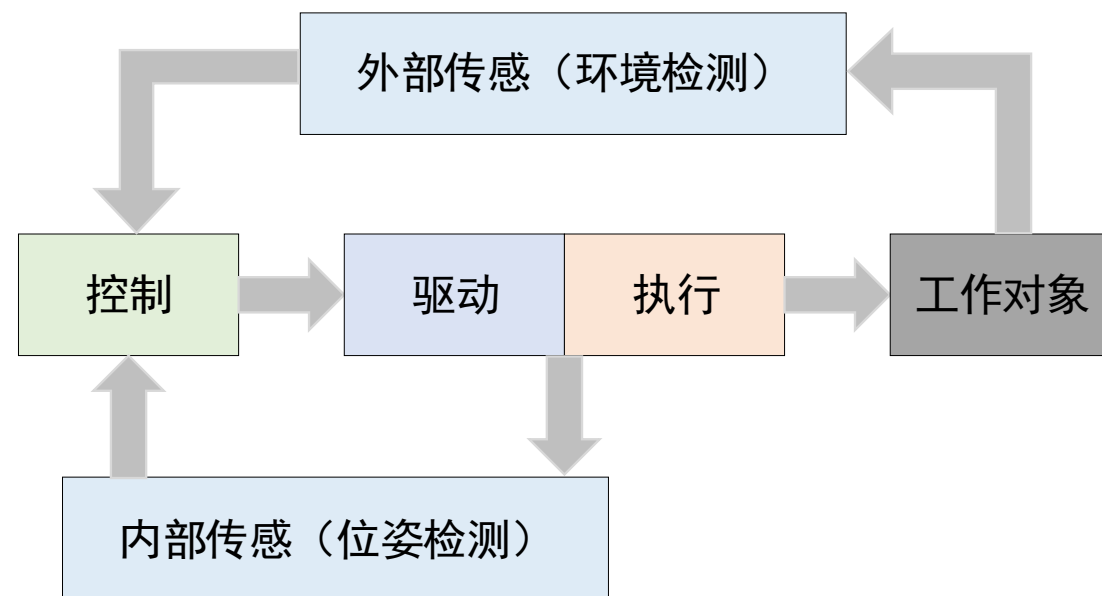
**机器人的组成** (控制的角度)





# 1. 机器人的定义与组成

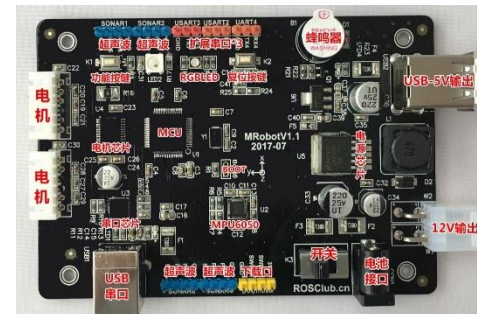
- **执行机构：**人体的手和脚，直接面向工作对象的机械装置。
- **驱动系统：**人体的肌肉和筋络，负责驱动执行机构，将控制系统下达的命令转换成执行机构需要的信号。
- **传感系统：**人体的感官和神经，主要完成信号的输入和反馈，包括内部传感系统和外部传感系统。
- **控制系统：**人体的大脑，实现任务及信息的处理，输出控制命令信号。



机器人的控制回路



# 1. 机器人的定义与组成





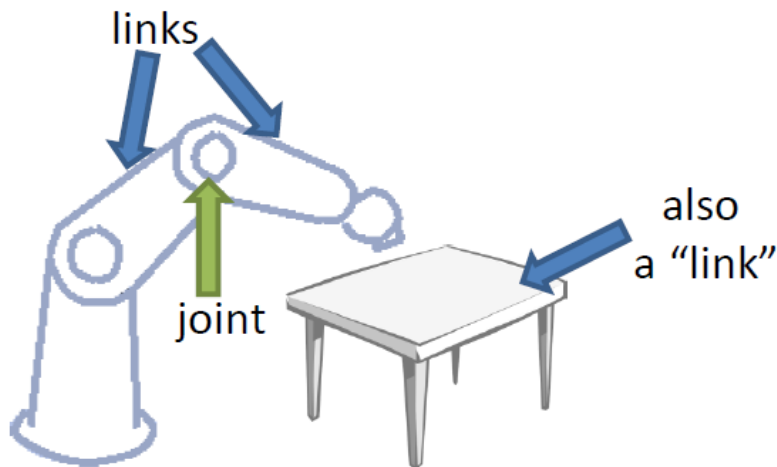
## 2. URDF建模方法



## 2. URDF建模方法

### 什么是URDF?

- Unified Robot Description Format, 统一机器人描述格式;
- ROS中一个非常重要的机器人模型描述格式;
- 可以解析URDF文件中使用XML格式描述的机器人模型;
- 包含link和joint自身及相关属性的描述信息;



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

```
  <link name="base_link">  
    <visual>  
      <origin xyz=" 0 0 0" rpy="0 0 0" />  
      <geometry>  
        <cylinder length="0.16" radius="0.20"/>  
      </geometry>  
      <material name="yellow">  
        <color rgba="1 0.4 0 1"/>  
      </material>  
    </visual>  
  </link>  
  
  <joint name="left_wheel_joint" type="continuous">  
    <origin xyz="0 0.19 -0.05" rpy="0 0 0"/>  
    <parent link="base_link"/>  
    <child link="left_wheel_link"/>  
    <axis xyz="0 1 0"/>  
  </joint>  
  
  <link name="left_wheel_link">  
    <visual>  
      <origin xyz="0 0 0" rpy="1.5707 0 0" />  
      <geometry>  
        <cylinder radius="0.06" length = "0.025"/>  
      </geometry>  
      <material name="white">  
        <color rgba="1 1 1 0.9"/>  
      </material>  
    </visual>  
  </link>  
  
</robot>
```

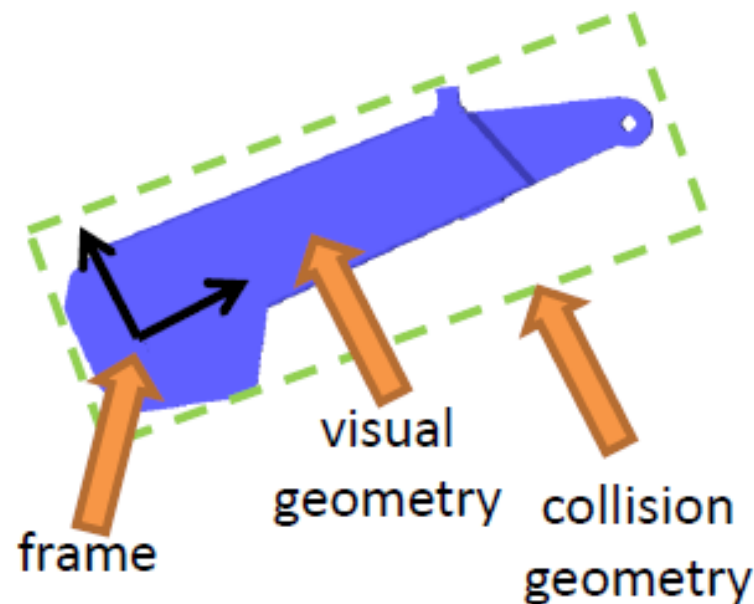


## 2. URDF建模方法

### <link>

- 描述机器人某个刚体部分的外观和物理属性；
- 描述连杆尺寸（size）、颜色（color），形状（shape），惯性矩阵（inertial matrix），碰撞参数（collision properties）等。
- 每个Link会成为一个坐标系

```
<link name="link_4">
  <visual>
    <geometry>
      <mesh filename="link_4.stl"/>
    </geometry>
    <origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 0" />
  </visual>
  <collision>
    <geometry>
      <cylinder length="0.5" radius="0.1"/>
    </geometry>
    <origin xyz="0 0 -0.05" rpy="0 0 0" />
  </collision>
</link>
```



URDF Transforms

X/Y/Z	Roll/Pitch/Yaw
Meters	Radians



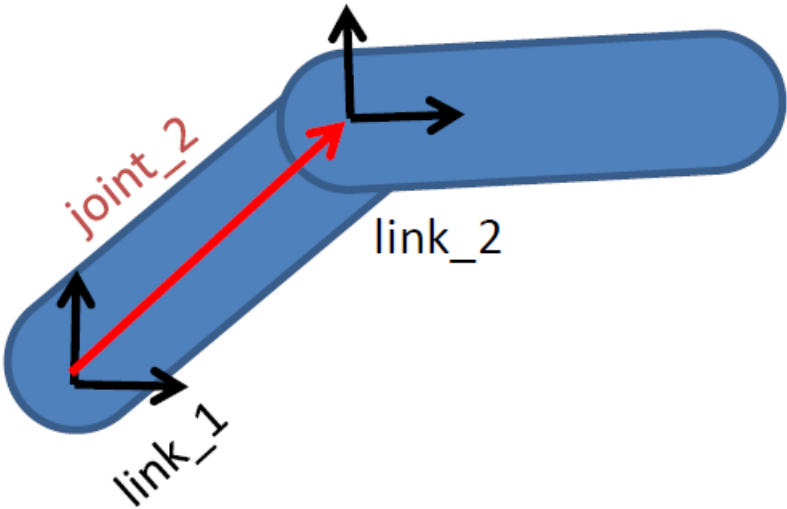
## 2. URDF建模方法

### <joint>

- 描述两个link之间的关系，分为六种类型；
- 包括关节运动的位置和速度限制；
- 描述机器人关节的运动学和动力学属性。

关节类型	描述
continuous	旋转关节，可以围绕单轴无限旋转
revolute	旋转关节，类似于continuous，但是有旋转的角度极限
prismatic	滑动关节，沿某一轴线移动的关节，带有位置极限
planar	平面关节，允许在平面正交方向上平移或者旋转
floating	浮动关节，允许进行平移、旋转运动
fixed	固定关节，不允许运动的特殊关节

```
<joint name="joint_2" type="revolute">
  <parent link="link_1"/>
  <child link="link_2"/>
  <origin xyz="0.2 0.2 0" rpy="0 0 0"/>
  <axis xyz="0 0 1"/>
  <limit lower="-3.14" upper="3.14" velocity="1.0"/>
</joint>
```



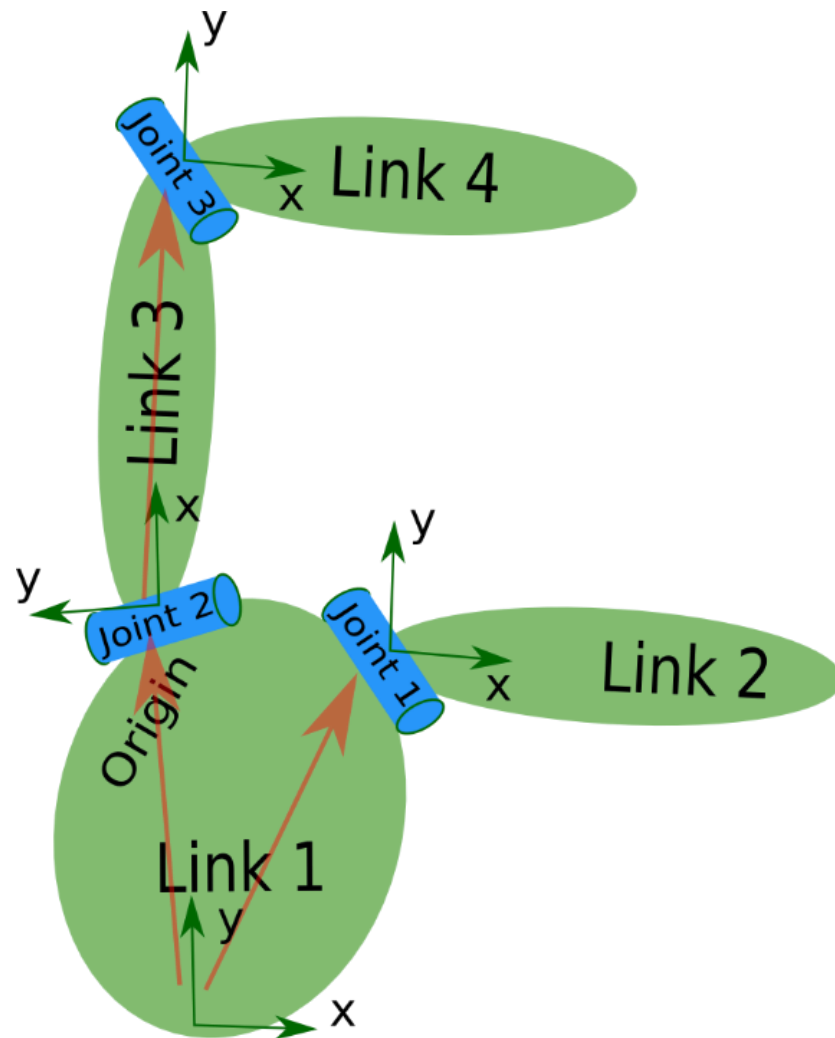


## 2. URDF建模方法

### <robot>

- 完整机器人模型的最顶层标签
- <link>和<joint>标签都必须包含在<robot>标签内
- 一个完整的机器人模型，由一系列<link>和<joint>组成

```
<robot name="<name of the robot>">  
  <link> ..... </link>  
  <link> ..... </link>  
  
  <joint> ..... </joint>  
  <joint> ..... </joint>  
</robot>
```





## 3. URDF机器人模型案例分析



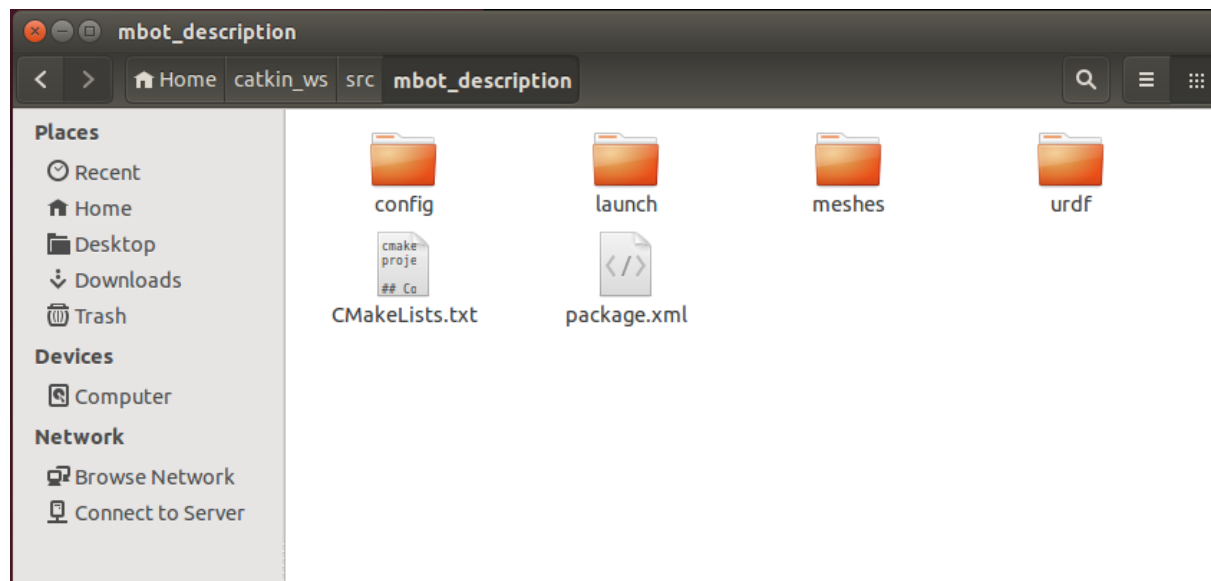


### 3. URDF机器人模型案例分析

## 创建一个机器人建模的功能包

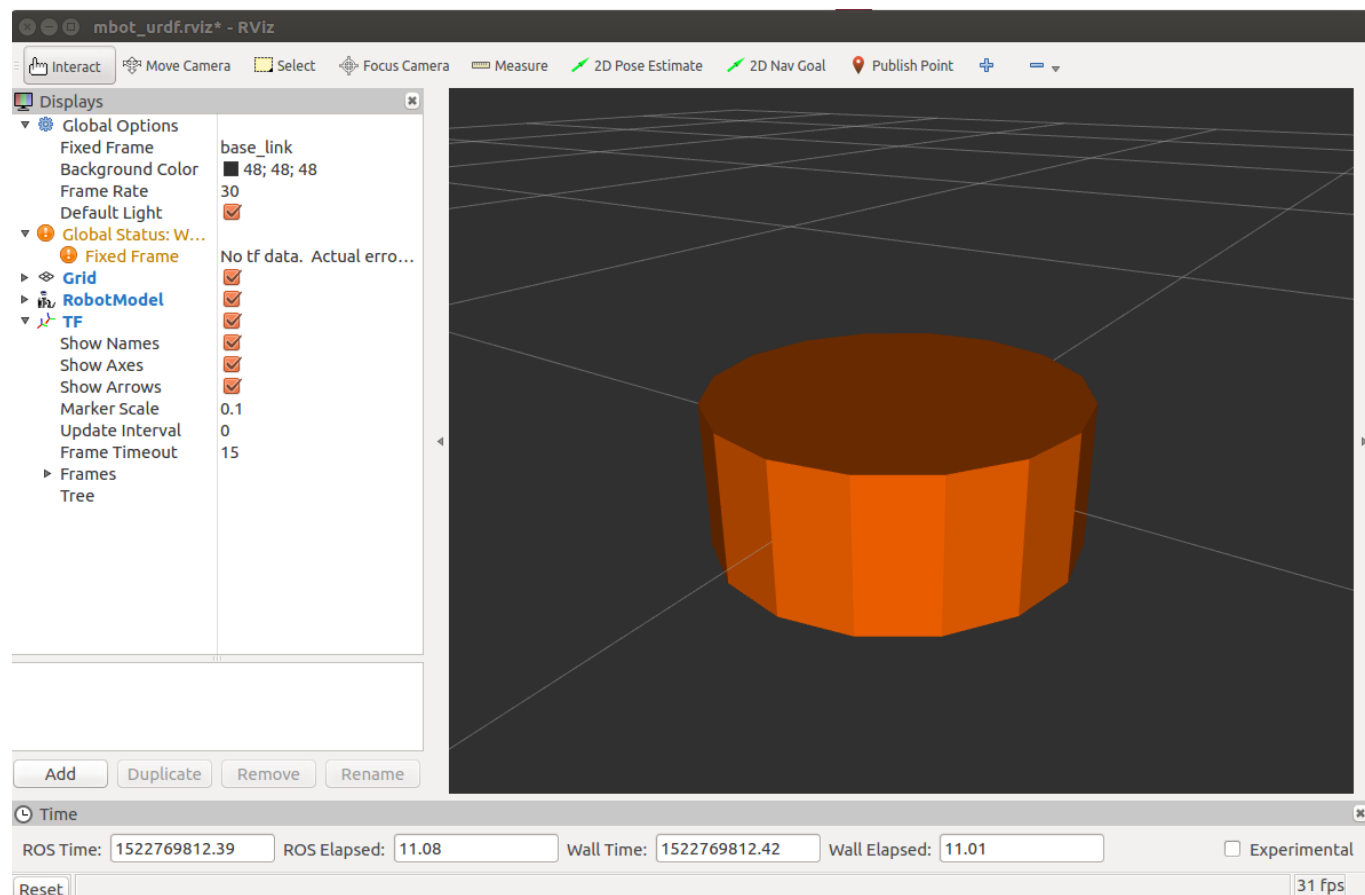
```
$ catkin_create_pkg mbot_description urdf xacro
```

- **urdf**: 存放机器人模型的URDF或xacro文件
- **meshes**: 放置URDF中引用的模型渲染文件
- **launch**: 保存相关启动文件
- **config**: 保存rviz的配置文件





### 3. URDF机器人模型案例分析



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

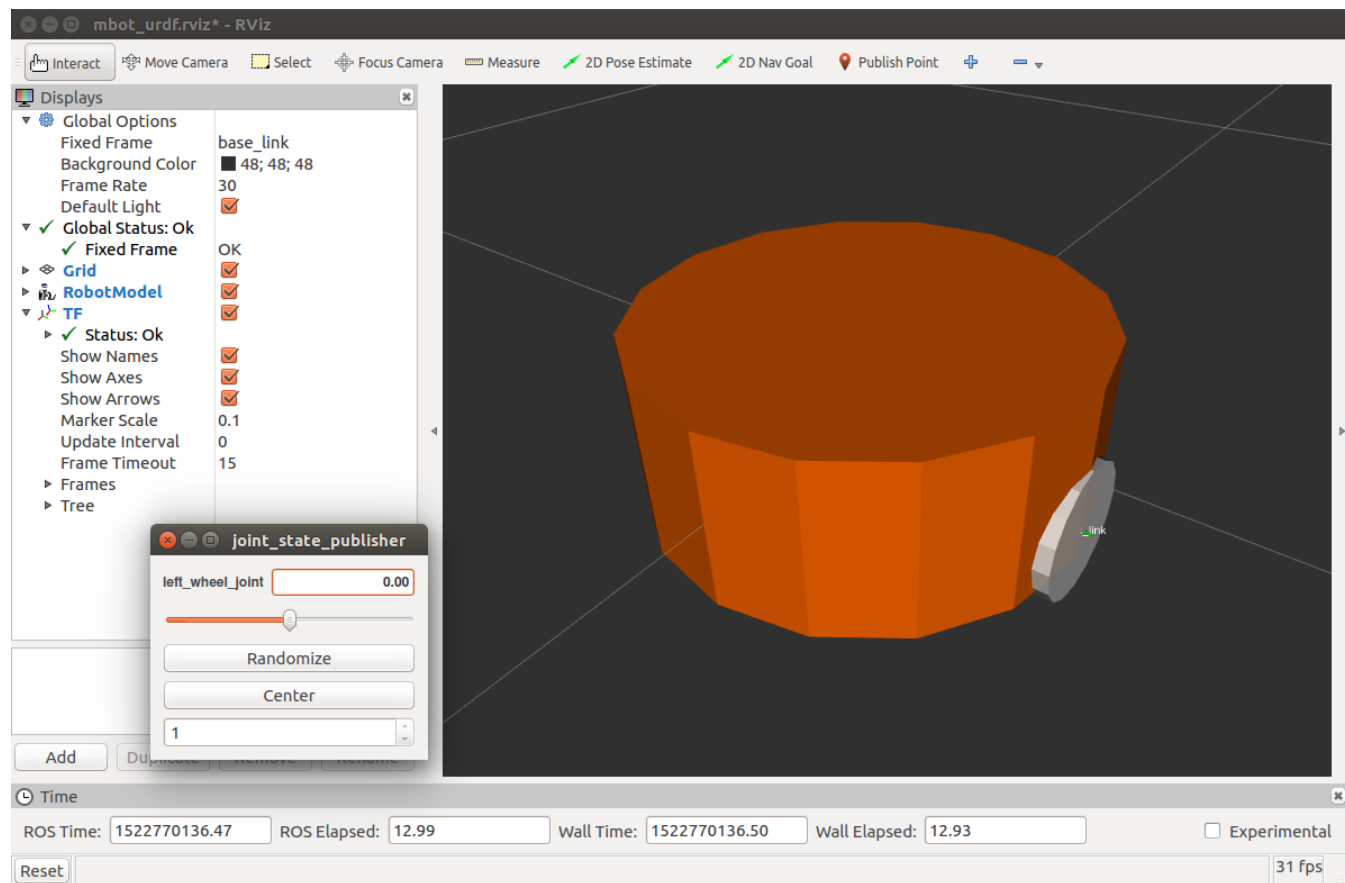
  <link name="base_link">
    <visual>
      <origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 0" />
      <geometry>
        <cylinder length="0.16" radius="0.20"/>
      </geometry>
      <material name="yellow">
        <color rgba="1 0.4 0 1"/>
      </material>
    </visual>
  </link>

</robot>
```

第一步：使用圆柱体创建一个车体模型



## 3. URDF机器人模型案例分析



第二步：使用圆柱体创建左侧车轮

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

```
  <link name="base_link">
    <visual>
      <origin xyz=" 0 0 0" rpy="0 0 0" />
      <geometry>
        <cylinder length="0.16" radius="0.20"/>
      </geometry>
      <material name="yellow">
        <color rgba="1 0.4 0 1"/>
      </material>
    </visual>
  </link>
```

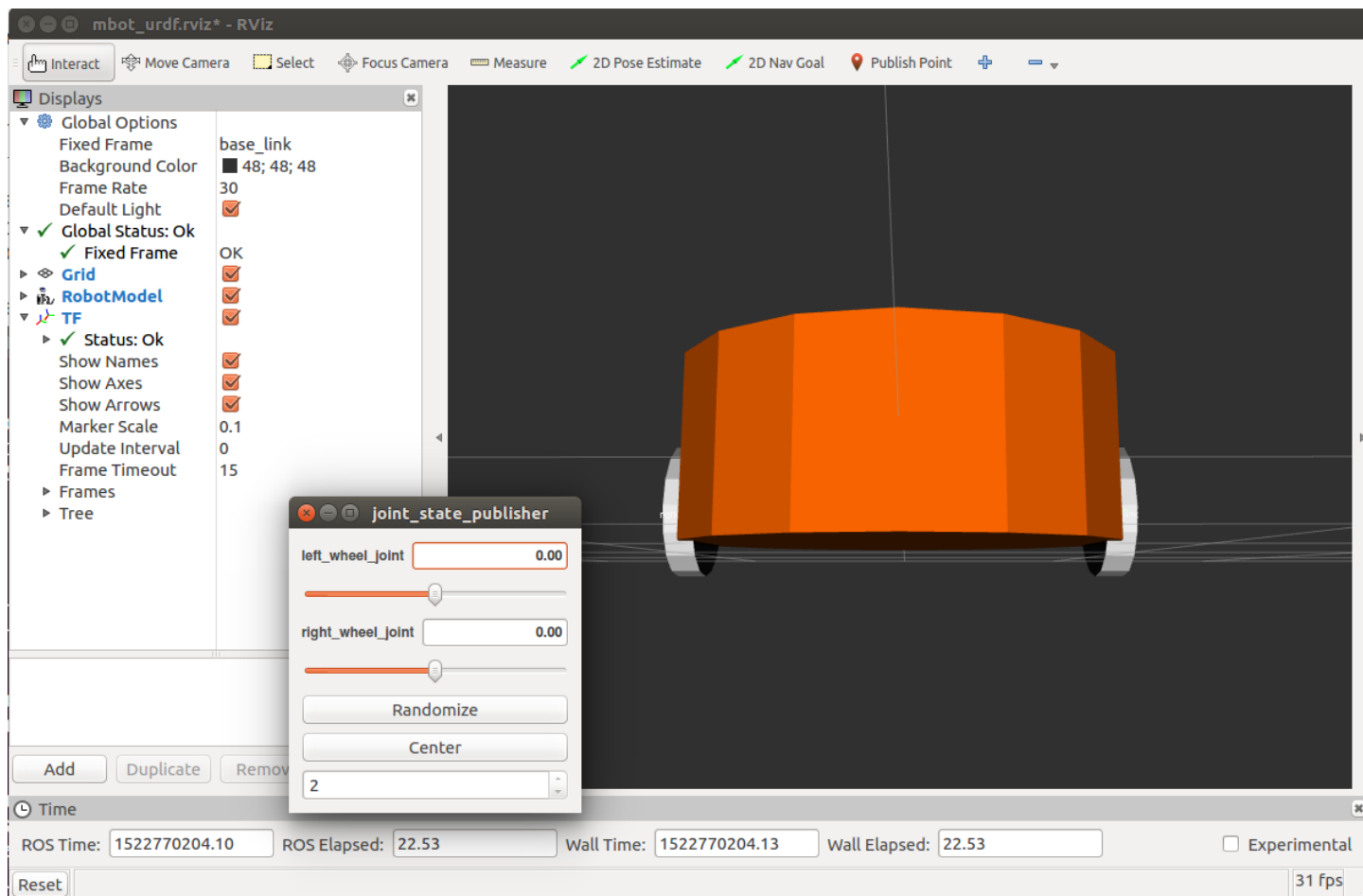
```
  <joint name="left_wheel_joint" type="continuous">
    <origin xyz="0 0.19 -0.05" rpy="0 0 0"/>
    <parent link="base_link"/>
    <child link="left_wheel_link"/>
    <axis xyz="0 1 0"/>
  </joint>
```

```
  <link name="left_wheel_link">
    <visual>
      <origin xyz="0 0 0" rpy="1.5707 0 0" />
      <geometry>
        <cylinder radius="0.06" length = "0.025"/>
      </geometry>
      <material name="white">
        <color rgba="1 1 1 0.9"/>
      </material>
    </visual>
  </link>
```

```
</robot>
```



### 3. URDF机器人模型案例分析



第三步：使用圆柱体创建右侧车轮

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

  <link name="base_link">
    <visual>
      <origin xyz=" 0 0 0" rpy="0 0 0" />
      <geometry>
        <cylinder length="0.16" radius="0.20"/>
      </geometry>
      <material name="yellow">
        <color rgba="1 0.4 0 1"/>
      </material>
    </visual>
  </link>

  <joint name="left_wheel_joint" type="continuous">
    <origin xyz="0 0.19 -0.05" rpy="0 0 0"/>
    <parent link="base_link"/>
    <child link="left_wheel_link"/>
    <axis xyz="0 1 0"/>
  </joint>

  <link name="left_wheel_link">
    <visual>
      <origin xyz="0 0 0" rpy="1.5707 0 0" />
      <geometry>
        <cylinder radius="0.06" length = "0.025"/>
      </geometry>
      <material name="white">
        <color rgba="1 1 1 0.9"/>
      </material>
    </visual>
  </link>

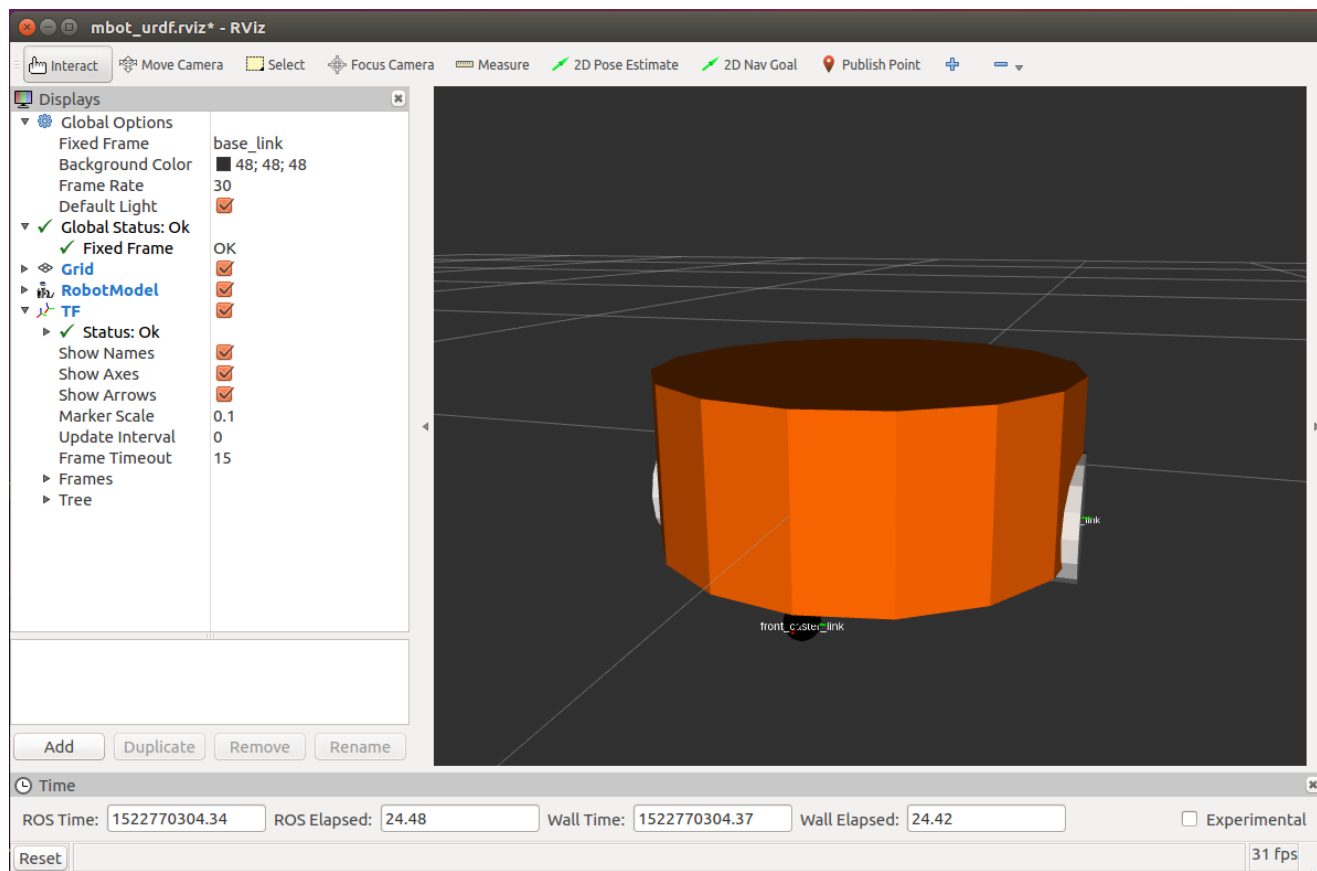
  <joint name="right_wheel_joint" type="continuous">
    <origin xyz="0 -0.19 -0.05" rpy="0 0 0"/>
    <parent link="base_link"/>
    <child link="right_wheel_link"/>
    <axis xyz="0 1 0"/>
  </joint>

  <link name="right_wheel_link">
    <visual>
      <origin xyz="0 0 0" rpy="1.5707 0 0" />
      <geometry>
        <cylinder radius="0.06" length = "0.025"/>
      </geometry>
      <material name="white">
        <color rgba="1 1 1 0.9"/>
      </material>
    </visual>
  </link>

</robot>
```



### 3. URDF机器人模型案例分析



第四步：使用球体创建前后支撑轮

```
<joint name="front_caster_joint" type="continuous">
  <origin xyz="0.18 0 -0.095" rpy="0 0 0"/>
  <parent link="base_link"/>
  <child link="front_caster_link"/>
  <axis xyz="0 1 0"/>
</joint>
```

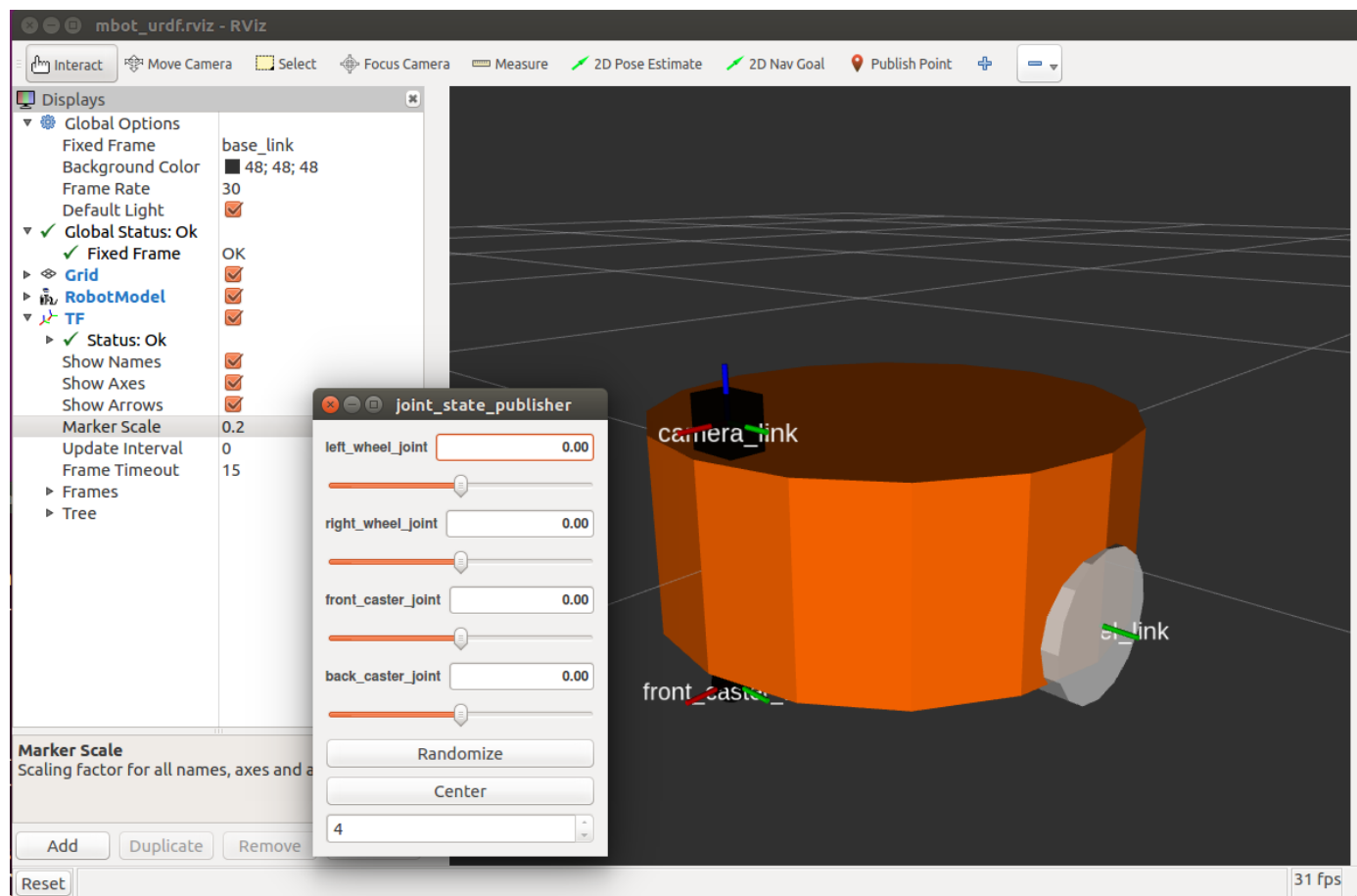
```
<link name="front_caster_link">
  <visual>
    <origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 0"/>
    <geometry>
      <sphere radius="0.015" />
    </geometry>
    <material name="black">
      <color rgba="0 0 0 0.95"/>
    </material>
  </visual>
</link>
```

```
<joint name="back_caster_joint" type="continuous">
  <origin xyz="-0.18 0 -0.095" rpy="0 0 0"/>
  <parent link="base_link"/>
  <child link="back_caster_link"/>
  <axis xyz="0 1 0"/>
</joint>
```

```
<link name="back_caster_link">
  <visual>
    <origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 0"/>
    <geometry>
      <sphere radius="0.015" />
    </geometry>
    <material name="black">
      <color rgba="0 0 0 0.95"/>
    </material>
  </visual>
</link>
```



### 3. URDF机器人模型案例分析



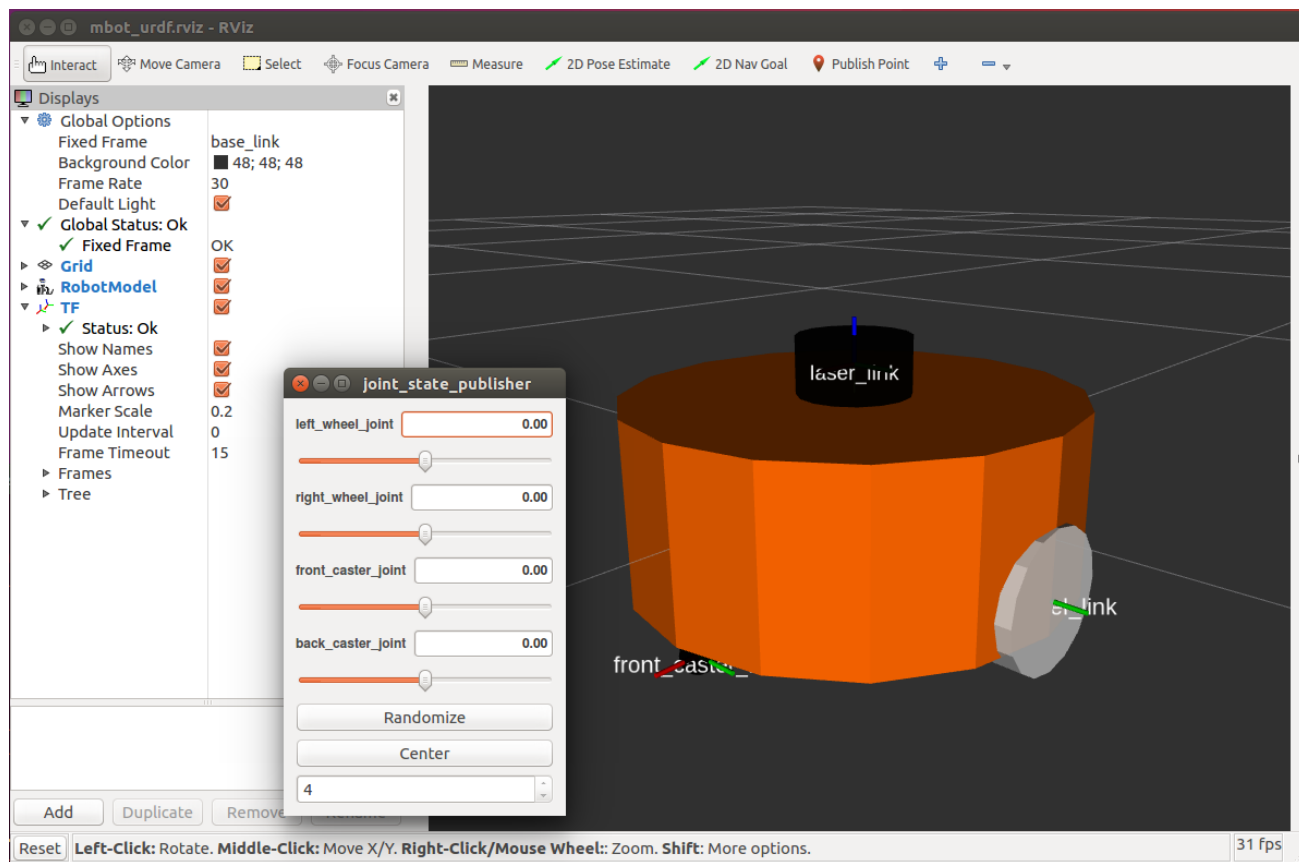
```
<link name="camera_link">
  <visual>
    <origin xyz=" 0 0 0 " rpy="0 0 0" />
    <geometry>
      <box size="0.03 0.04 0.04" />
    </geometry>
    <material name="black">
      <color rgba="0 0 0 0.95"/>
    </material>
  </visual>
</link>

<joint name="camera_joint" type="fixed">
  <origin xyz="0.17 0 0.10" rpy="0 0 0"/>
  <parent link="base_link"/>
  <child link="camera_link"/>
</joint>
```

第五步：创建传感器——摄像头



### 3. URDF机器人模型案例分析



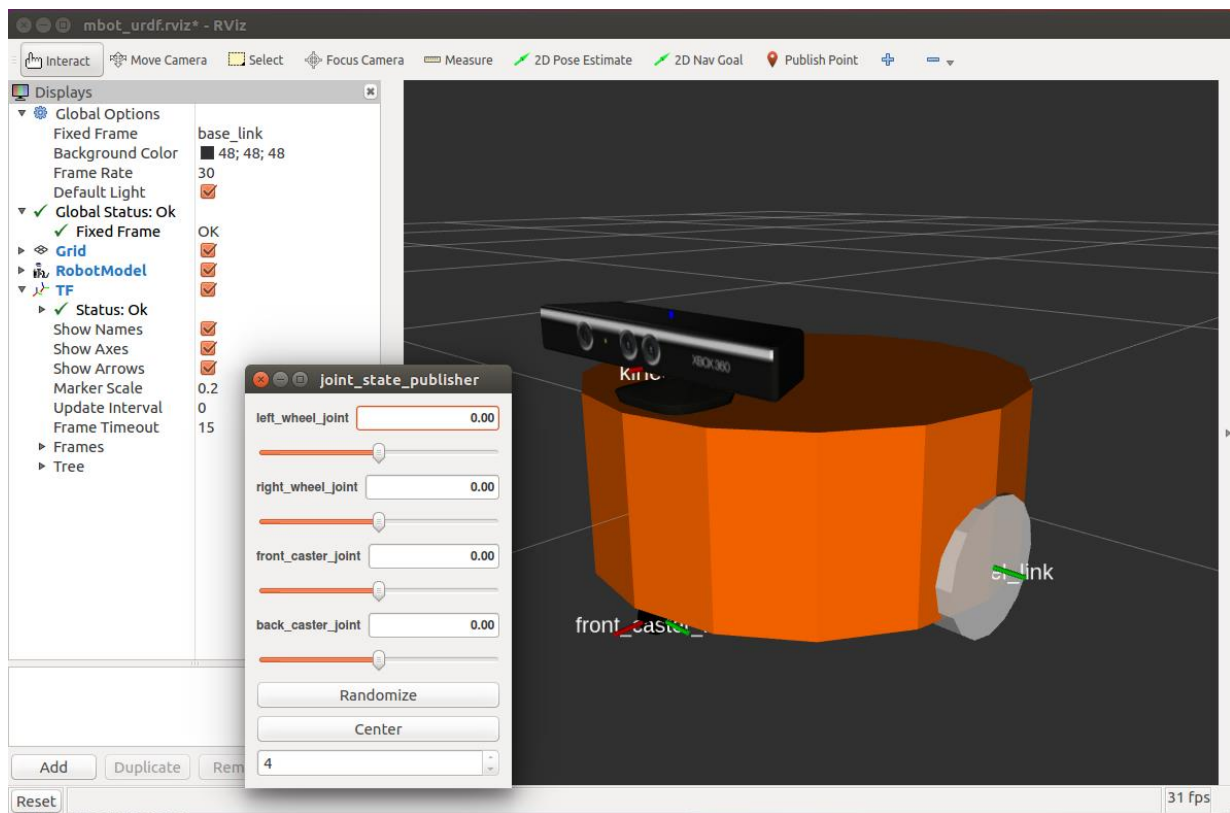
```
<link name="laser_link">
  <visual>
    <origin xyz=" 0 0 0 " rpy="0 0 0" />
    <geometry>
      <cylinder length="0.05" radius="0.05"/>
    </geometry>
    <material name="black"/>
  </visual>
</link>

<joint name="laser_joint" type="fixed">
  <origin xyz="0 0 0.105" rpy="0 0 0"/>
  <parent link="base_link"/>
  <child link="laser_link"/>
</joint>
```

第五步：创建传感器——激光雷达



### 3. URDF机器人模型案例分析



```
<link name="kinect_link">
  <visual>
    <origin xyz="0 0 0" rpy="0 0 1.5708"/>
    <geometry>
      <mesh filename="package://mbot_description/meshes/kinect.dae" />
    </geometry>
  </visual>
</link>

<joint name="laser_joint" type="fixed">
  <origin xyz="0.15 0 0.11" rpy="0 0 0"/>
  <parent link="base_link"/>
  <child link="kinect_link"/>
</joint>
```

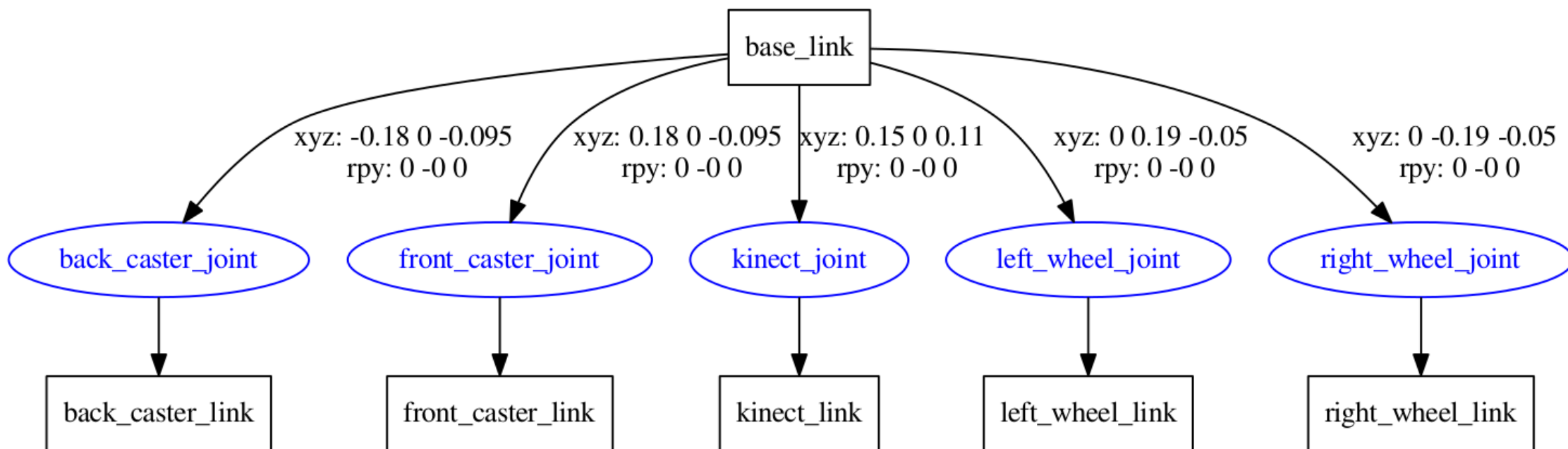
第五步：创建传感器——Kinect





### 3. URDF机器人模型案例分析

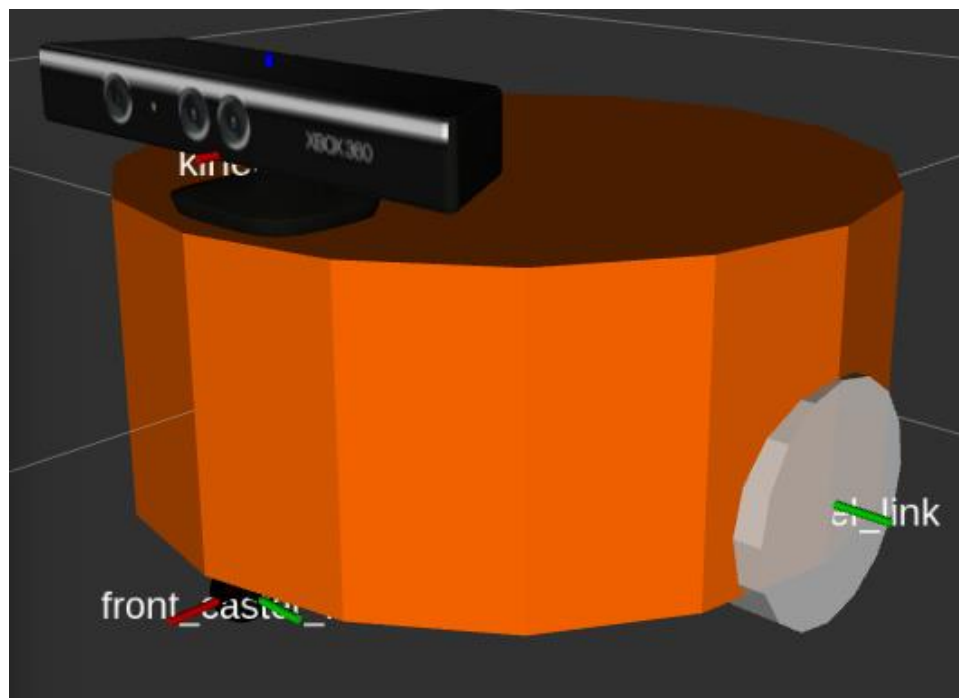
#### 第六步：检查URDF模型整体结构



```
$ urdf_to_graphviz mbot_base.urdf
```



### 3. URDF机器人模型案例分析



#### URDF建模存在哪些问题？

- 模型冗长，重复内容过多；
- 参数修改麻烦，不便于二次开发；
- 没有参数计算的功能；
- ...



## 机器人的定义与组成

执行机构、驱动系统、控制系统、传感系统

## URDF建模方法

<robot> {  
link: 连杆  
joint: 关节

## URDF机器人模型案例分析

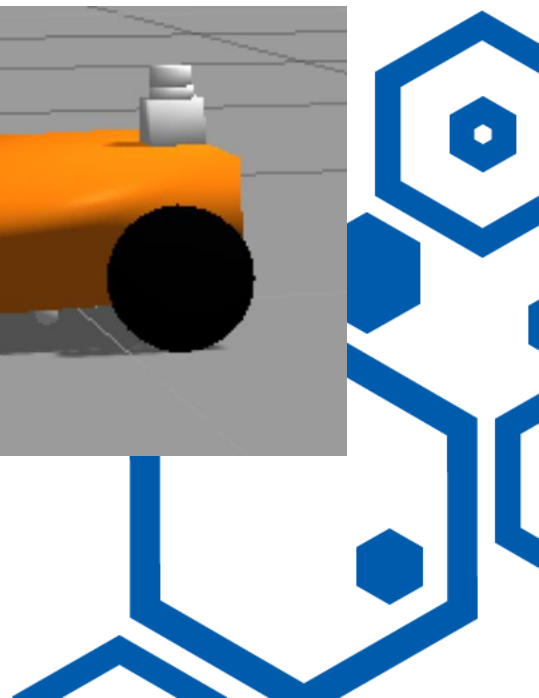
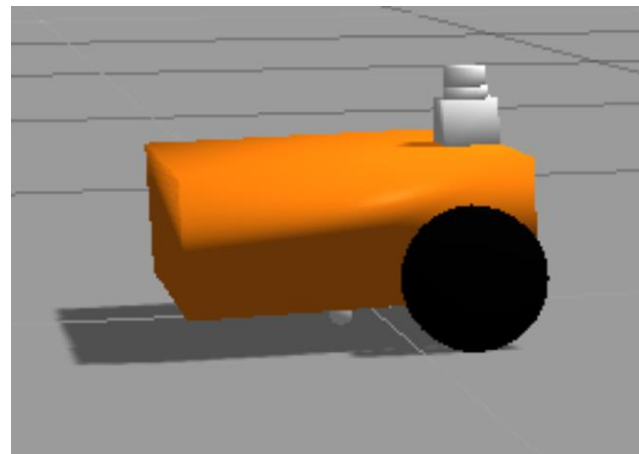
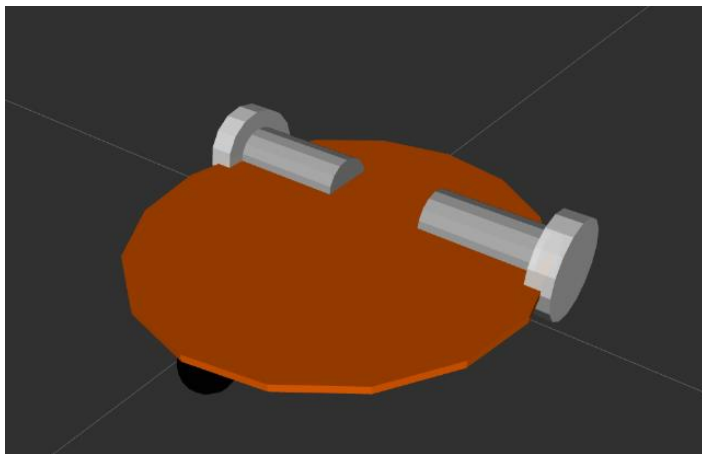
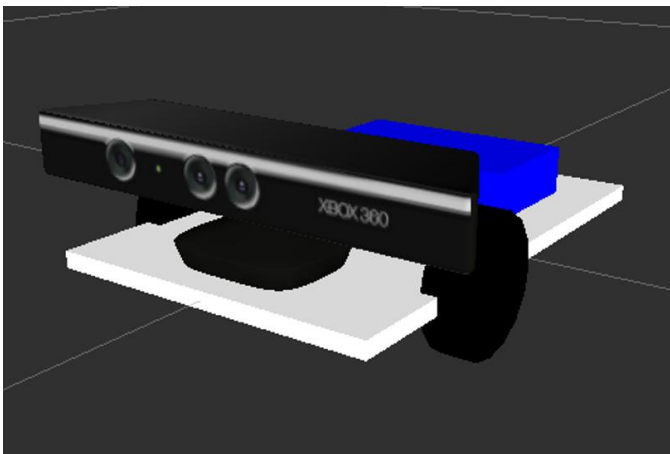
设计外观 (link)  
拼装集成 (joint)



## 参考本讲机器人URDF模型

## 创建一个自己的机器人模型

(差速轮式移动机器人)



- URDF wiki

<http://wiki.ros.org/urdf>

- ROS URDF Tutorials

<http://wiki.ros.org/urdf/Tutorials>

- URDF语法规范

<http://wiki.ros.org/urdf/XML>

- ROS探索总结（二十三）——解读URDF

<http://www.guyuehome.com/372>

- 《ROS机器人开发实践》

第六章

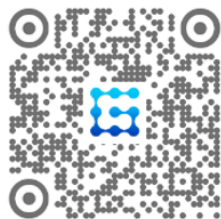




# Thank You

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