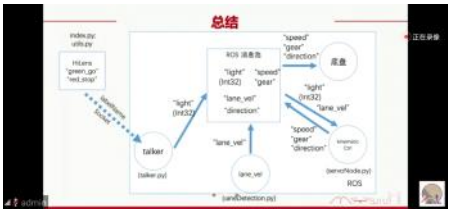
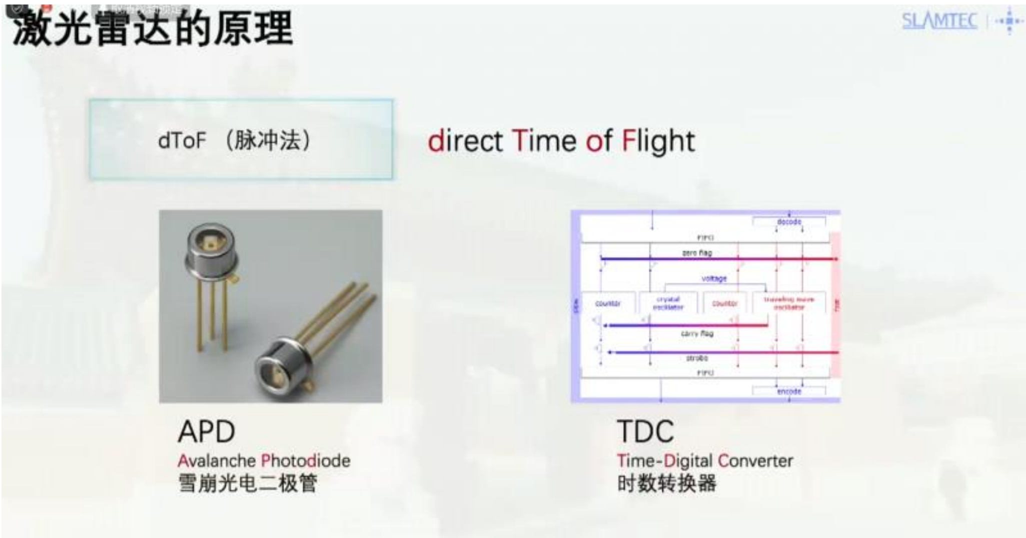
第二场

2020年8月22日 14:30




激光雷达的原理
SLAMTEC
dToF（脉冲法）
direct Time of Flight
d
激光发射器
激光接收器
发射信号时序:
接收信号时序:
Δt
$d = \frac{c \times \Delta t}{2}$
上海交通大学
学生创新中心
Student Innovation Center

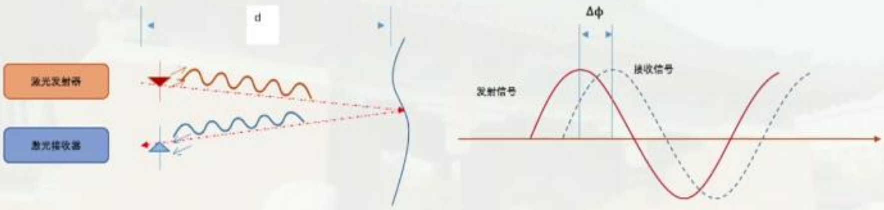

激光雷达的原理
SLAMTEC
dToF （脉冲法）
direct Time of Flight
APD
Avalanche Photodiode
雪崩光电二极管
TDC
Time-Digital Converter
时数转换器


激光雷达的原理
SLAMTEC
dToF（脉冲法）
direct Time of Flight
Velodyne
SICK TIM571
RPLIDAR S1
上海交通大学
学生创新中心
Student Innovation Center

激光雷达的原理

iToF（相位法）

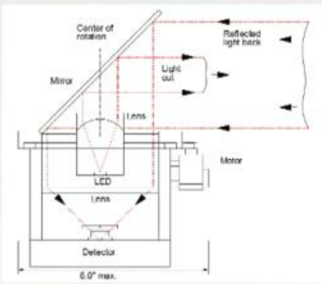
indirect Time of Flight



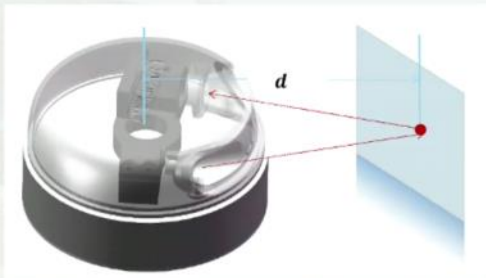
$$d=\frac{c}{2}\times\frac{\Delta\varphi}{2\pi f}$$

激光雷达的原理

机械式扫描



反光镜旋转扫描结构



测距机构旋转扫描结构

常见的传感器

激光雷达

里程计

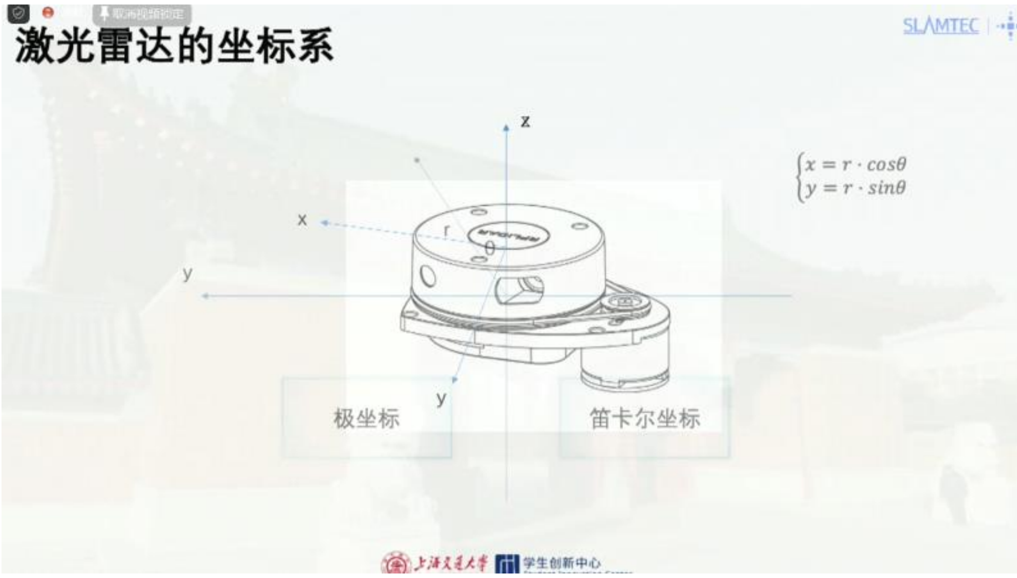
IMU（惯性导航传感器）

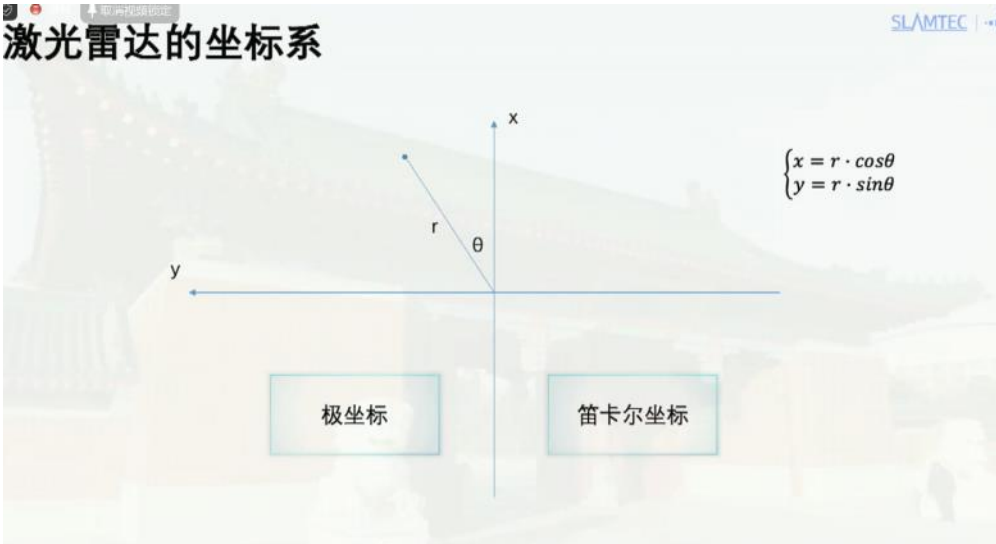
超声波传感器

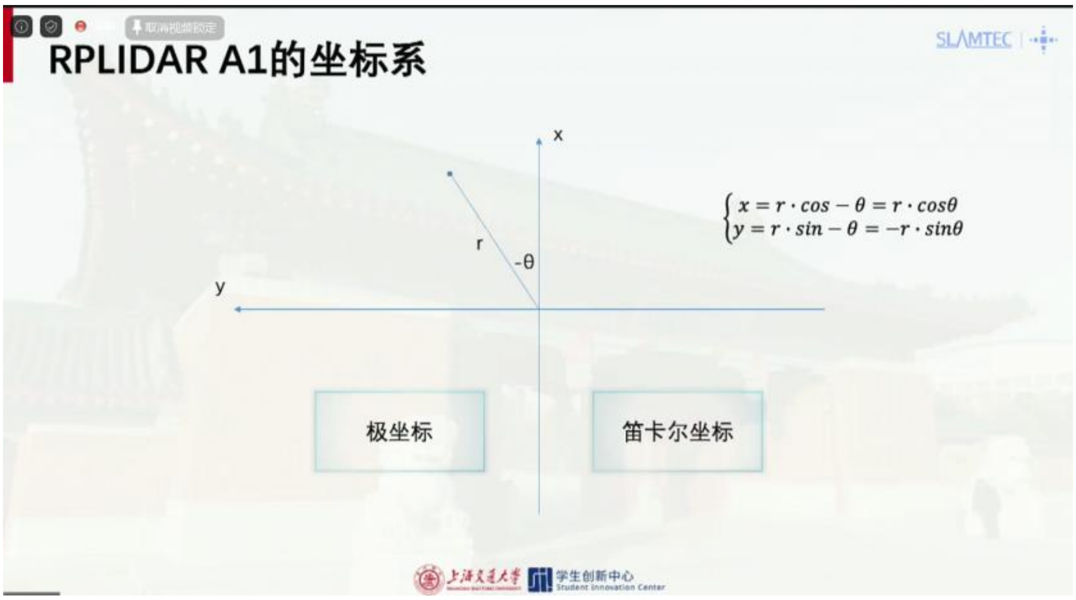
碰撞传感器

深度相机

跌落传感器

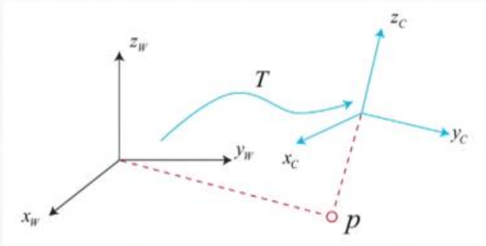

激光雷达的坐标系
SLAMTEC
z
x
y
r
θ
y
$\begin{cases} x = r \cdot cos\theta \\ y = r \cdot sin\theta \end{cases}$
极坐标
笛卡尔坐标
上海交通大学
学生创新中心


激光雷达的坐标系
SLAMTEC
x
y
r
θ
$\begin{cases} x = r \cdot cos\theta \\ y = r \cdot sin\theta \end{cases}$
极坐标
笛卡尔坐标


RPLIDAR A1的坐标系
SLAMTEC
x
y
r
-θ
$\begin{cases} x = r \cdot cos - \theta = r \cdot cos\theta \\ y = r \cdot sin - \theta = -r \cdot sin\theta \end{cases}$
极坐标
笛卡尔坐标
上海交通大学
学生创新中心
Student Innovation Center

点、向量和坐标系，旋转矩阵

- 两个不同的坐标系
- 如何描述左侧到右侧的变化？
- 直观看来由两个部分组成：
  - 三个轴的旋转
  - 原点间的平移
- 平移是一个向量
- 旋转是什么？



点、向量和坐标系，旋转矩阵

- 旋转
  - 设某坐标系 $(\boldsymbol{e}_1, \boldsymbol{e}_2, \boldsymbol{e}_3)$ 发生了一次旋转，变成 $(\boldsymbol{e}_1^{'}, \boldsymbol{e}_2^{'}, \boldsymbol{e}_3^{'})$
  - 对于某个固定的向量 $\vec{\boldsymbol{a}}$（向量不随坐标系旋转），它的坐标怎么变化？
  - 坐标关系：

$$[\boldsymbol{e}_1, \boldsymbol{e}_2, \boldsymbol{e}_3]\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = [\boldsymbol{e}_1^{'}, \boldsymbol{e}_2^{'}, \boldsymbol{e}_3^{'}]\begin{bmatrix} a_1^{'} \\ a_2^{'} \\ a_3^{'} \end{bmatrix}.$$

点、向量和坐标系，旋转矩阵

把

$$[\boldsymbol{e}_1, \boldsymbol{e}_2, \boldsymbol{e}_3]\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = [\boldsymbol{e}_1^{'}, \boldsymbol{e}_2^{'}, \boldsymbol{e}_3^{'}]\begin{bmatrix} a_1^{'} \\ a_2^{'} \\ a_3^{'} \end{bmatrix}.$$

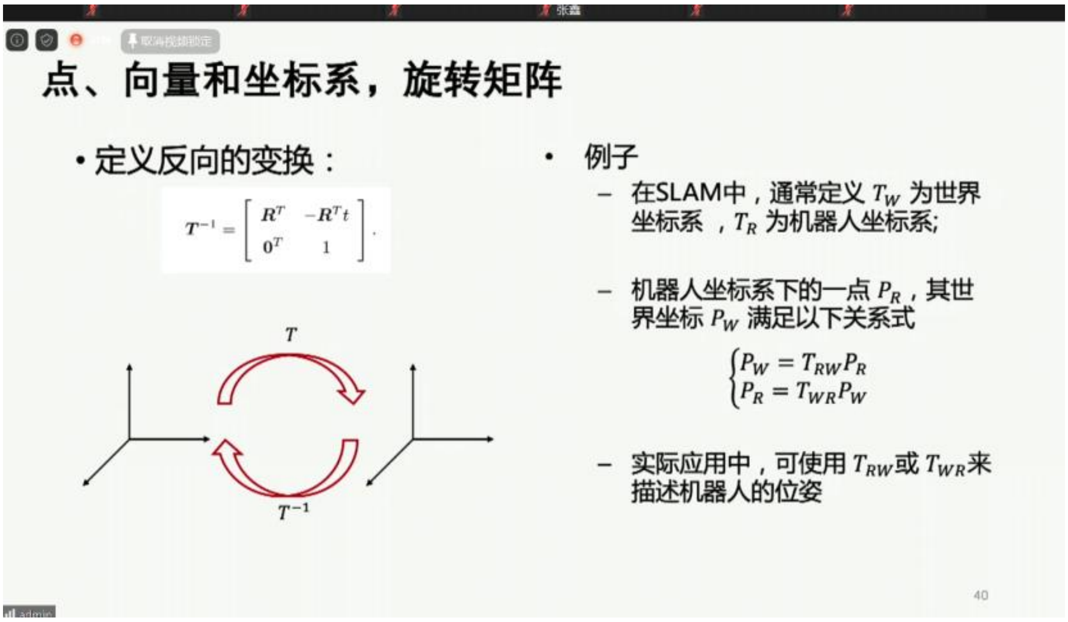
左乘 $\begin{bmatrix} \boldsymbol{e}_1^T \\ \boldsymbol{e}_2^T \\ \boldsymbol{e}_3^T \end{bmatrix}$ ，得

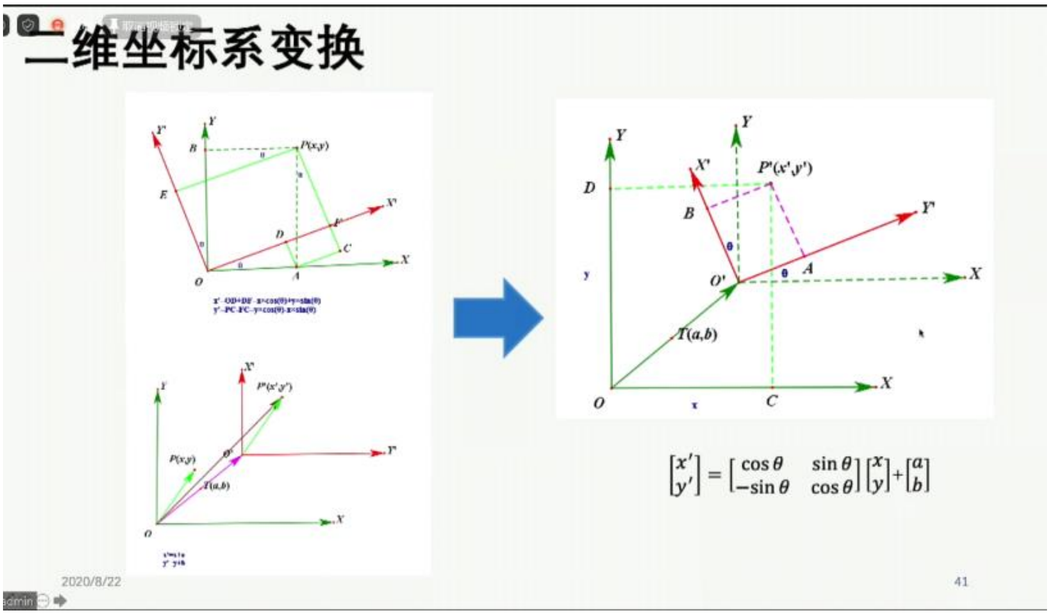
$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{e}_1^T\boldsymbol{e}_1^{'} & \boldsymbol{e}_1^T\boldsymbol{e}_2^{'} & \boldsymbol{e}_1^T\boldsymbol{e}_3^{'} \\ \boldsymbol{e}_2^T\boldsymbol{e}_1^{'} & \boldsymbol{e}_2^T\boldsymbol{e}_2^{'} & \boldsymbol{e}_2^T\boldsymbol{e}_3^{'} \\ \boldsymbol{e}_3^T\boldsymbol{e}_1^{'} & \boldsymbol{e}_3^T\boldsymbol{e}_2^{'} & \boldsymbol{e}_3^T\boldsymbol{e}_3^{'} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} a_1^{'} \\ a_2^{'} \\ a_3^{'} \end{bmatrix} \triangleq \boldsymbol{R}\boldsymbol{a}^{'}.$$

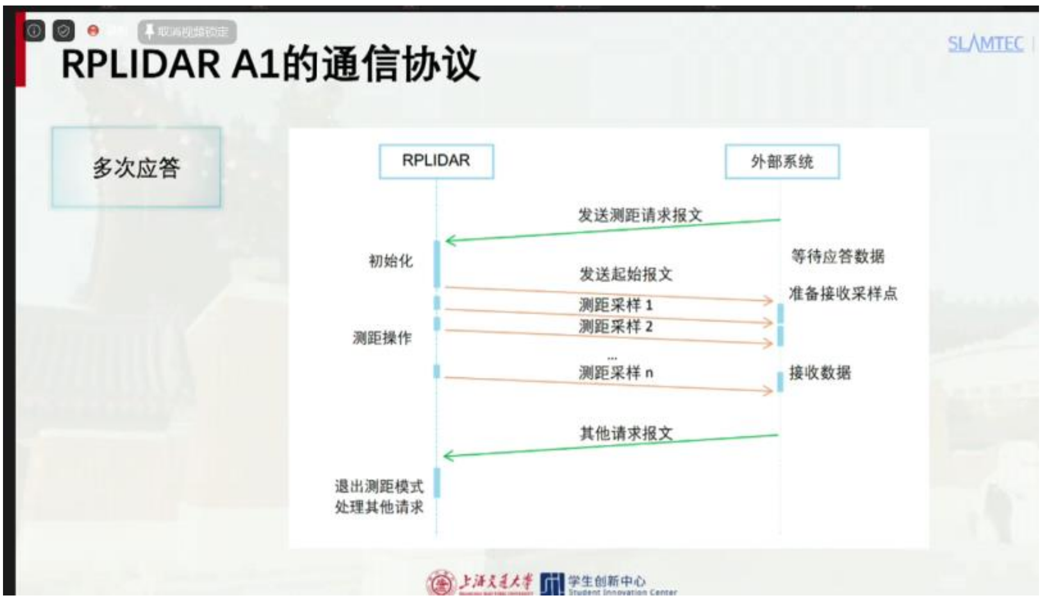
加上平移： $\boldsymbol{a}^{'} = \boldsymbol{R}\boldsymbol{a} + \boldsymbol{t}.$

两个坐标系的刚体运动可以由 R, t 完全描述。

39


张鑫
取消视频锁定
点、向量和坐标系，旋转矩阵
• 定义反向的变换：
$T^{-1} = \begin{bmatrix} R^T & -R^T t \\ 0^T & 1 \end{bmatrix}.$
T
T^{-1}
• 例子
– 在SLAM中，通常定义 T_W 为世界坐标系 ，T_R 为机器人坐标系;
– 机器人坐标系下的一点 P_R，其世界坐标 P_W 满足以下关系式
$\begin{cases} P_W = T_{RW} P_R \\ P_R = T_{WR} P_W \end{cases}$
– 实际应用中，可使用 T_{RW}或 T_{WR}来描述机器人的位姿
40
admin

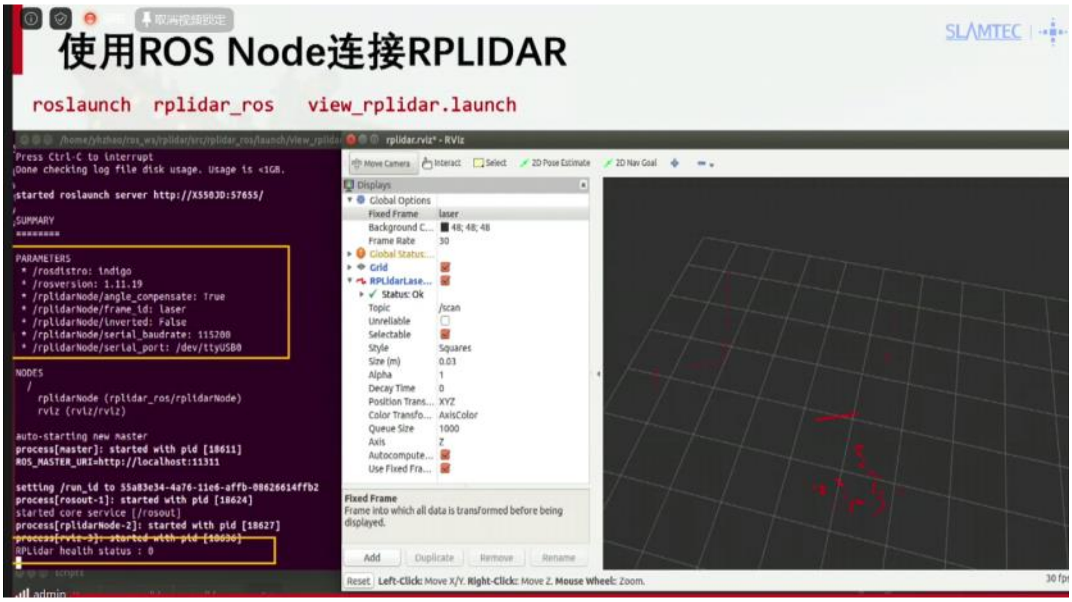

二维坐标系变换
Y
X
X'
Y'
P(x,y)
O
T(a,b)
P'(x',y')
O'
D
B
A
C
θ
$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$
2020/8/22
41
admin


取消视频锁定
SLAMTEC
RPLIDAR A1的通信协议
多次应答
RPLIDAR
外部系统
发送测距请求报文
初始化
等待应答数据
发送起始报文
准备接收采样点
测距采样 1
测距采样 2
测距操作
...
测距采样 n
接收数据
其他请求报文
退出测距模式
处理其他请求
上海交通大学
学生创新中心
Student Innovation Center


激光雷达启动流程
获取设备信息
启动电机
启动扫描
接受扫描数据
• 获取基本信息
• 获取支持的扫描模式
• 获取电机模式
• 启动电机
• 选择合适的工作模式启动测距和扫描
• 接受到激光雷达的扫描数据，并进行解析
学生创新中心
Student Innovation Center


使用官方工具来试用激光雷达
Slamtec官网：
http://www.slamtec.com/cn/Support#rplidar-a-series
GitHub：
https://github.com/Slamtec
Slamtec RoboStudio


使用官方工具来试用激光雷达
下载安装
https://download.slamtec.com/api/download/robostudio-installer-win32/:latest
注册账号
http://www.slamtec.com/account/signup
打开软件


使用ROS Node连接RPLIDAR
roslaunch rplidar_ros view_rplidar.launch
SLAMTEC
Press Ctrl-C to interrupt
Done checking log file disk usage. Usage is <1GB.
started roslaunch server http://X550JD:57655/
SUMMARY
========
PARAMETERS
* /rosdistro: indigo
* /rosversion: 1.11.19
* /rplidarNode/angle_compensate: True
* /rplidarNode/frame_id: laser
* /rplidarNode/inverted: False
* /rplidarNode/serial_baudrate: 115200
* /rplidarNode/serial_port: /dev/ttyUSB0
NODES
/
rplidarNode (rplidar_ros/rplidarNode)
rviz (rviz/rviz)
auto-starting new master
process[master]: started with pid [18611]
ROS_MASTER_URI=http://localhost:11311
setting /run_id to 55a83e34-4a76-11e6-affb-08626614ffb2
process[rosout-1]: started with pid [18624]
started core service [/rosout]
process[rplidarNode-2]: started with pid [18627]
RPLidar health status : 0
rplidar.rviz* - RViz
Move Camera
Interact
Select
2D Pose Estimate
2D Nav Goal
Displays
Global Options
Fixed Frame
laser
Background C...
48; 48; 48
Frame Rate
30
Global Status...
Grid
RPLidarLase...
Status: Ok
Topic
/scan
Unreliable
Selectable
Style
Squares
Size (m)
0.03
Alpha
1
Decay Time
0
Position Trans...
XYZ
Color Transfo...
AxisColor
Queue Size
1000
Axis
Z
Autocompute...
Use Fixed Fra...
Fixed Frame
Frame into which all data is transformed before being displayed.
Add
Duplicate
Remove
Rename
Reset
Left-Click: Move X/Y. Right-Click: Move Z. Mouse Wheel: Zoom.