



REALSENSE 动手实践

RealSense CDE China

样品购买官方链接 :<https://item.taobao.com/item.htm?&id=577642597390>

内容提要

- RealSense摄像头简介
- RealSense SDK 2.0下载及安装
- RealSense常用工具
- 技术支持平台
- 文档及其他相关资料
- T265+D435 Demo

内容提要

- RealSense摄像头简介
- RealSense SDK 2.0下载及安装
- RealSense常用工具
- 技术支持平台
- 文档及其他相关资料
- T265+D435 Demo

样品购买官方链接

<https://item.taobao.com/item.htm?&id=577642597390>

RealSense D400系列

D415 CAMERA

Intel® RealSense™ Depth Camera D415



D435 CAMERA

Intel® RealSense™ Depth Camera D435



RealSense D400系列

	D415	D435	D435i
最小深度距离 (Min-Z)	16cm@424x240 45cm@1280x720	10.5cm@424x240 28cm@1280x720	10.5cm@424x240 28cm@1280x720
工作环境	室内/室外	室内/室外	室内/室外
深度图像最大分辨率	1280x720@30fps 848x480@90fps	1280x720@30fps 848x480@90fps	1280x720@30fps 848x480@90fps
深度图像视场角/快门	65°x40°/卷帘快门	87°x58°/全局快门	87°x58°/全局快门
彩色图像像素	2MP	2MP	2MP
摄像头尺寸(mm)	99 x 20 x 23	90 x 25 x 25	90 x 25 x 25
深度精度误差	2米以内小于2%	2米以内小于2%	2米以内小于2%
是否配备IMU	否	否	是
常见使用场景	避障 物体检测和识别 3D扫描 人脸验证/识别 多摄像头	避障 物体检测和识别 大场景或快速运动跟踪 VR 测量	所有D435+IMU适用场景 3D密集重建 大房间扫描

RealSense T265

6DOF跟踪

内向外跟踪
INSIDE-OUT



支持重定位

内置MOVIDIUS
计算芯片

SLAM

V-SLAM

- 高精度的视觉里程SLAM算法

VPU

Intel® Movidius™ Myriad™ 2.0 VPU

- V-SLAM算法直接运行在VPU上
- 可达到低延迟, 低功耗(1.5w)

鱼镜头
(Fisheye)

两个OV9282鱼镜头

- 视场角163°
- 分辨率848x800
- 全局快门

惯性测量单元
(IMU)

BMI055 IMU

- 加速度计采样频率: 200Hz
- 陀螺仪采样频率: 62.5Hz
- 可精确测量设备的旋转和加速度用于V-SLAM算法

闭环偏移
(Closed loop drift)

<1%

摄像头尺寸(mm)

108 x 24.5 x 12.5

目标用途

- 机器人
- 无人机
- AR和VR

内容提要

- RealSense摄像头简介
- **RealSense SDK 2.0下载及安装**
- RealSense常用工具
- 技术支持平台
- 文档及其他相关资料
- T265+D435 Demo

RealSense SDK 2.0下载

- Github: <https://github.com/IntelRealSense/librealsense>
 - 支持平台
 - Ubuntu 16.04/18.04 LTS (Linux Kernels 4.4, 4.8 ,4.10, 4.13, 4.15及4.16)
 - Windows 10 (Build 15063或更新版本)
 - Windows 8.1
 - Windows 7
 - Mac OS (High Sierra 10.13.2)
 - Android 7, 8

RealSense SDK 2.0安装 - Windows

■ Windows 8.1 & Windows 10

- 直接下载和安装发布版
 - 从最新发布的稳定版本里下载[Intel.RealSense.Viewer.exe](#)(免安装)或[Intel.RealSense.SDK.exe](#)
 - 安装手册: [distribution_windows.md](#)
- 编译源码进行安装
 - 安装准备: cmake v3.8+ 及 Visual Studio 2015 / 2017
 - 安装手册: [installation_windows.md](#)

■ Windows 7

- 直接下载和安装发布版: [Intel.RealSense.SDK-win7.exe](#)
- 编译源码安装手册: [installation_win7.md](#)

RealSense SDK 2.0安装 - Ubuntu

- Ubuntu 16.04/18.04 LTS
 - 直接安装预编译安装包
 - 安装手册: [distribution_linux.md](#)
 - 编译源码进行安装
 - 安装手册: [installation.md](#)

Note: 编译安装时需要设置编译选项 `-DBUILD_WITH_TM2 =true` 才能支持T265

RealSense SDK 2.0安装 - Android

- 从Google Play-Store下载APP进行安装
 - 下载链接: [RS Camera](#)
- 编译源码进行安装
 - 安装准备
 - 支持OTG的Android设备
 - Android Studio IDE
 - USB3 OTG连接线
 - 安装手册: [readme.md](#)

RealSense ROS Wrapper下载及安装

- ROS Wrapper Github: <https://github.com/intel-ros/realsense>
 - 支持平台
 - **Ubuntu 14.04**上ROS Indigo
 - **Ubuntu 16.04**上ROS Kinetic
 - 安装方法
 - 安装RealSense SDK 2.0
 - 安装ROS
 - 编译ROS Wrapper源码并安装

内容提要

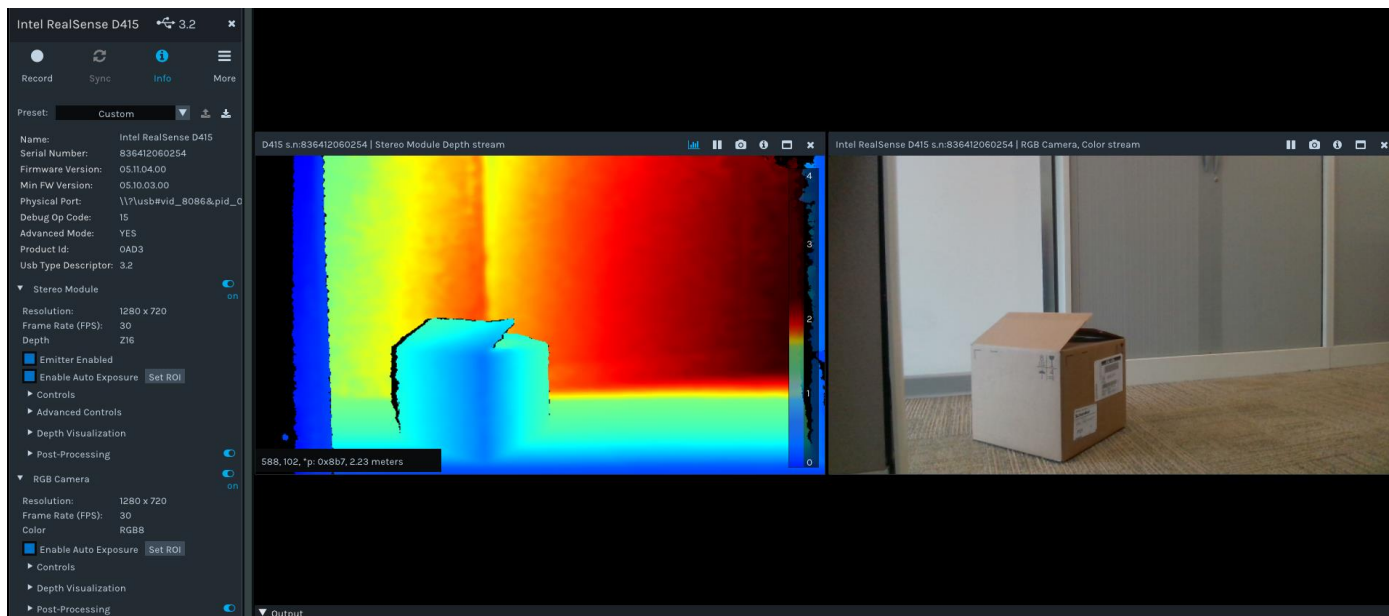
- RealSense摄像头简介
- RealSense SDK 2.0下载及安装
- **RealSense常用工具**
- 技术支持平台
- 文档及其他相关资料
- T265+D435 Demo

RealSense常用工具

- 图像查看工具RealSenseViewer
- 设备枚举工具rs-enumerate-device
- 深度质量测试工具Depth Quality Tool
- 动态校准工具Dynamic Calibration
- 固件升级工具DFU

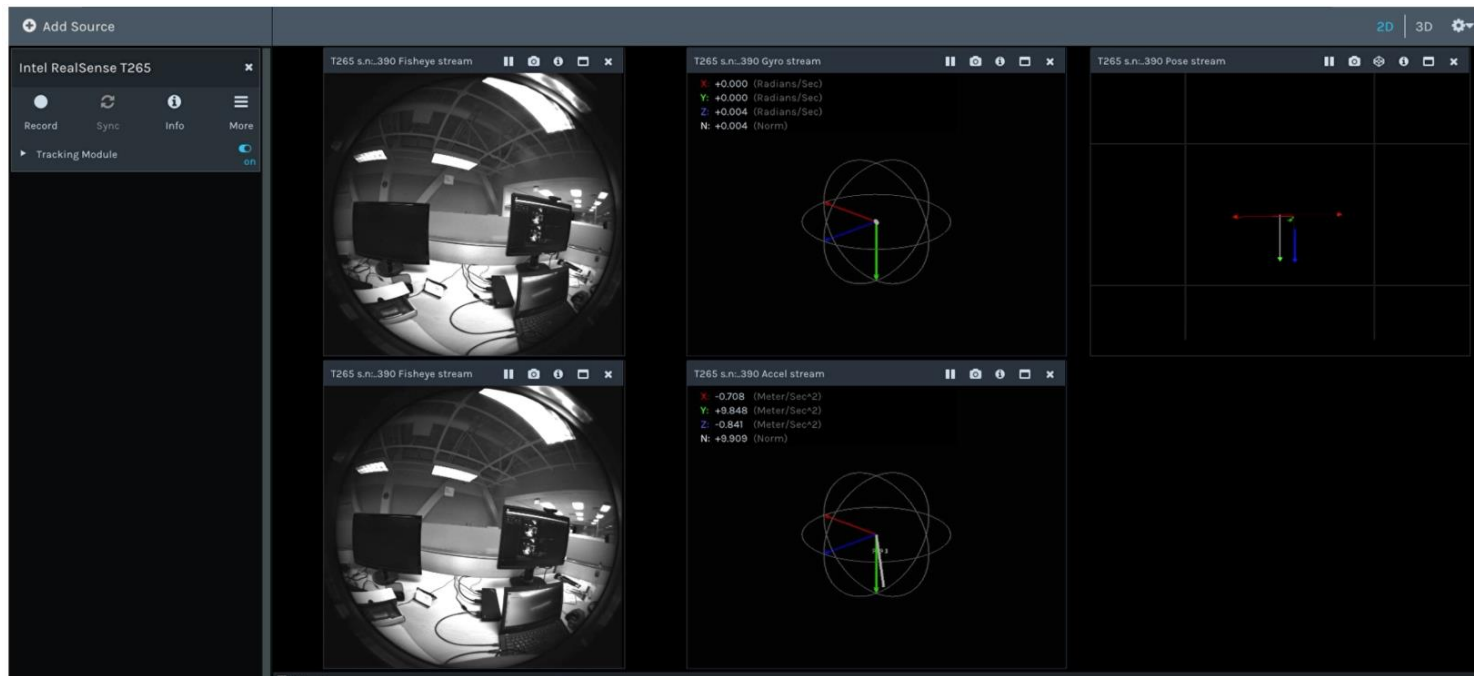
RealSense常用工具 - RealSenseViewer

- RealSenseViewer: 用于查看图像、设置参数等



D415摄像头视图

RealSense常用工具 - RealSenseViewer



T265摄像头视图

RealSense常用工具 - RealSenseViewer

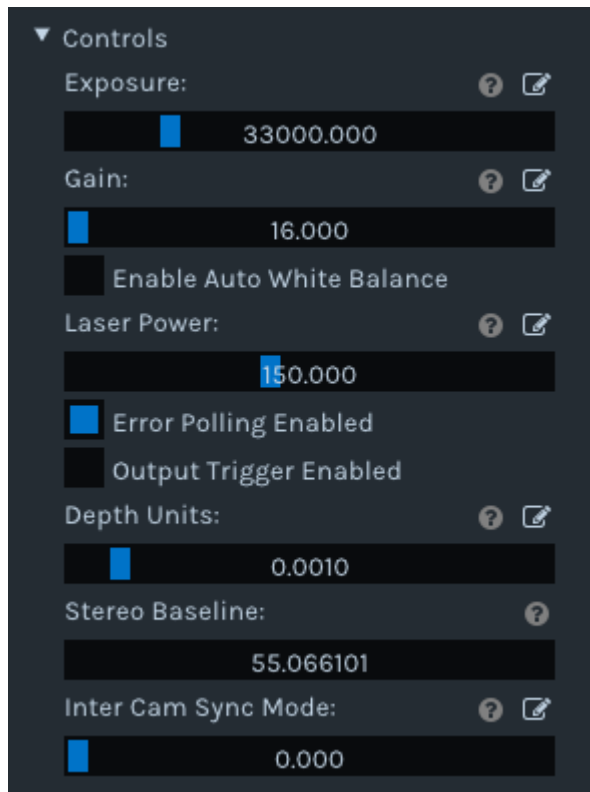
■ 配置摄像头参数

- 分辨率(Resolution)
- 帧率(Frame Rate)
- 数据流及格式
- 红外投射器(Emitter)
- 自动曝光(Auto Exposure)
- ROI设置



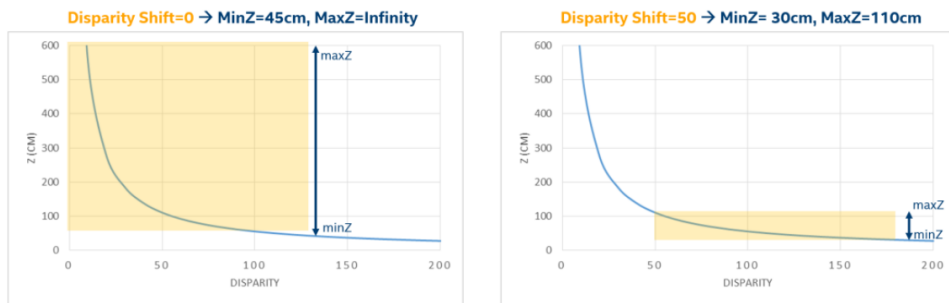
RealSense常用工具 - RealSenseViewer

- 配置摄像头参数
 - 手动曝光参数
 - 红外投射器功率(Laser Power)
 - Depth Units
 - 多摄像头之间的硬件同步



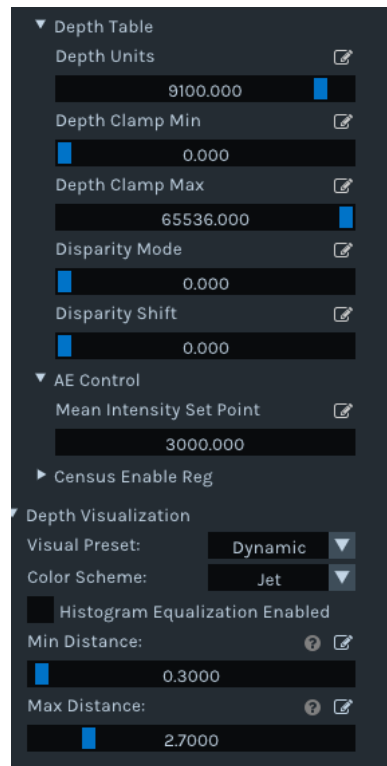
RealSense常用工具 - RealSenseViewer

- 高级选项控制
 - Disparity Shift



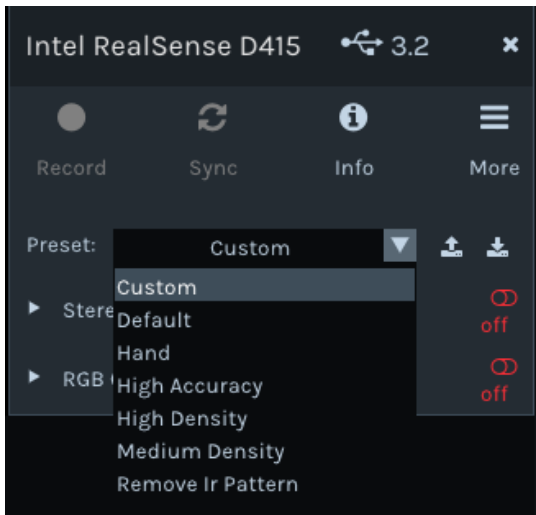
Examples for D415

相关文档: [Tuning depth cameras for best performance](#)



RealSense常用工具 - RealSenseViewer

- Preset: 加载和保存预设置的.json文件
- 相关文档: [D400 Series Visual Presets](#)



Resolution \ Preset	Use Cases recommended for usage	Resolution Based?	JSON files
High Density	Higher Fill factor, sees more objects. (Ex. BGS and 3D Enhanced Photography, Object recognition)	Yes	HighResHighDensityPreset.json , MedResHighDensityPreset.json , LowResHighDensityPreset.json
Medium Density	Balance between Fill factor and accuracy.	Yes	HighResMedDensityPreset.json , MedResMedDensityPreset.json , LowResMedDensityPreset.json
High Accuracy	High confidence threshold value of depth, lower fill factor. (Ex. Object Scanning, Collision Avoidance, Robots)	Yes	HighResHighAccuracyPreset.json , MedResHighAccuracyPreset.json , LowResHighAccuracyPreset.json
Hand	Good for Hand Tracking, Gesture recognition, good edges	No	HandGesturePreset.json
Left Imager Color w/o IR Pattern	Removes the Projector-generated IR pattern from left imager when streaming synthetic RGB. Applies to D415 and D410 Devices. Supported since FW ver 5.9.10+	No	D415_RemoveIR.json
Default	Best Visual appeal, Clean edges, Reduced PointCloud Spraying	No	DefaultPreset_D415.json , DefaultPreset_D435.json

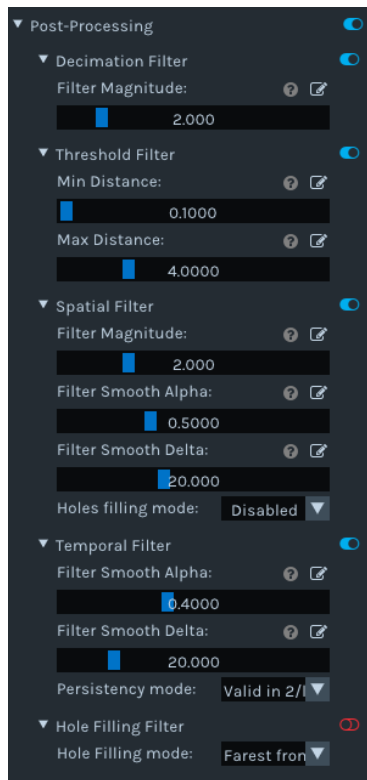
RealSense常用工具 - RealSenseViewer

■ 后处理(Post-Processing)

- 抽取滤波 Decimation Filter
- 阈值滤波 Threshold Filter
- 空间滤波 Spatial Filter
- 时间滤波 Temporal Filter
- 空洞填充 Hole Filling Filter

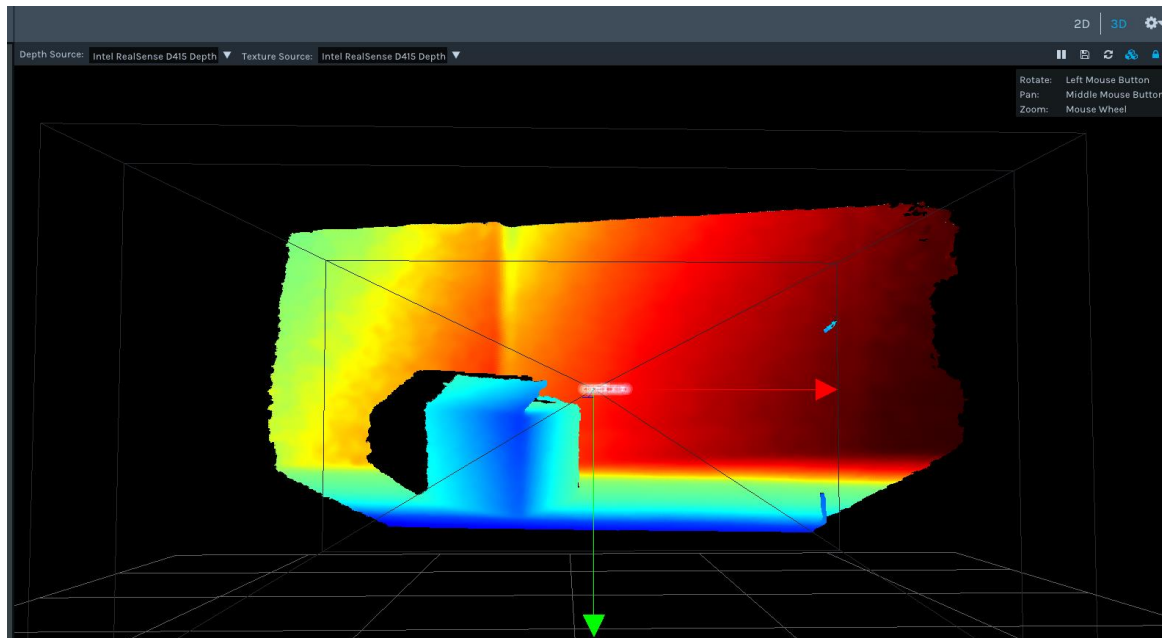
■ 相关文档:

- [post-processing-filters.md](#)
- [Depth Post-Processing](#)



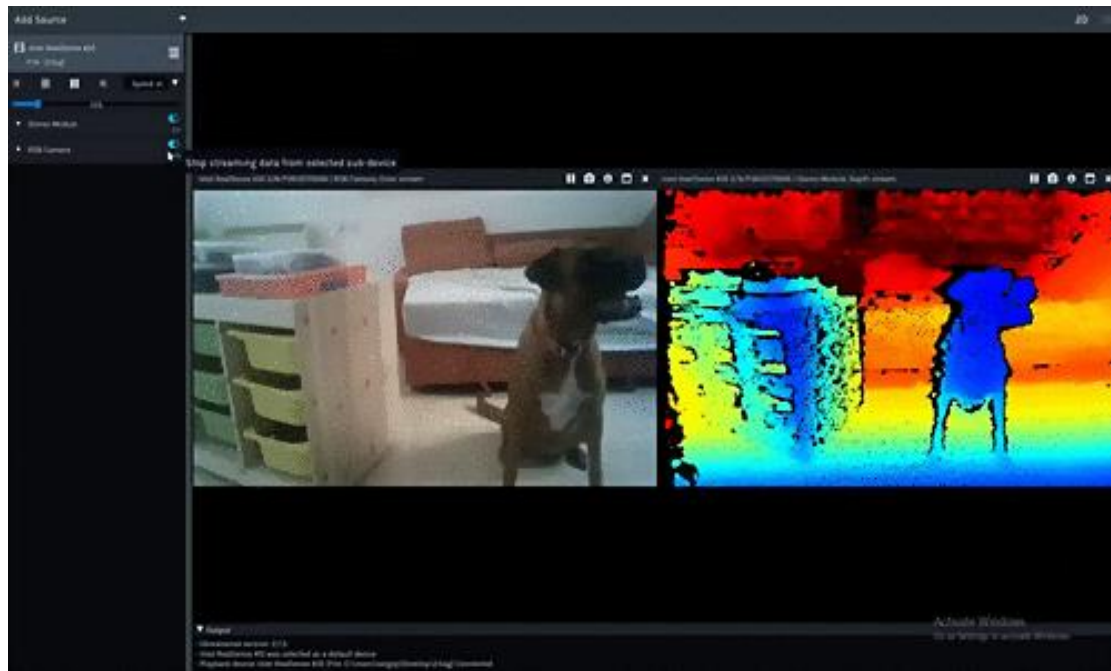
RealSense常用工具 - RealSenseViewer

- 3D点云图



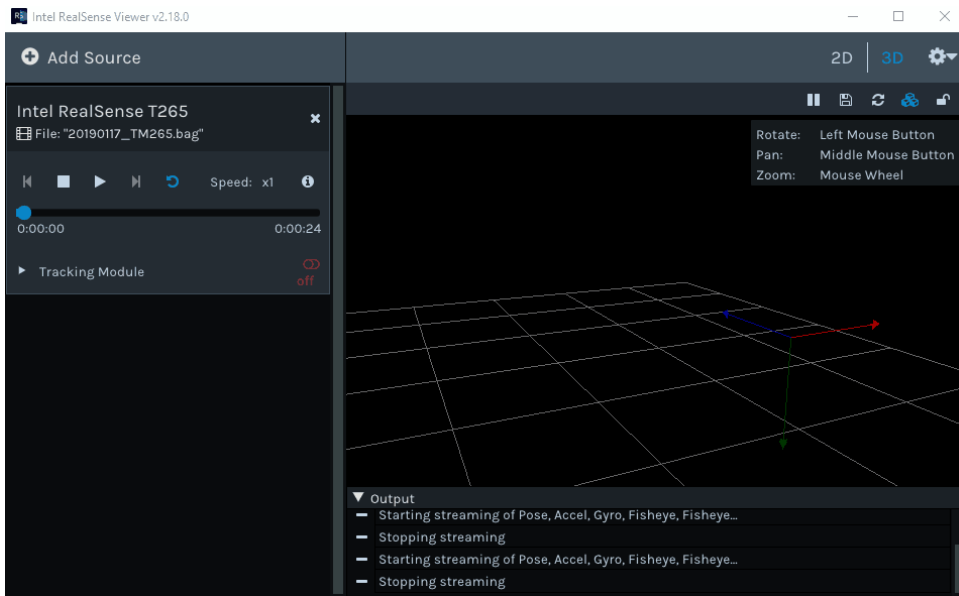
RealSense常用工具 - RealSenseViewer

- 数据流的录制和回放

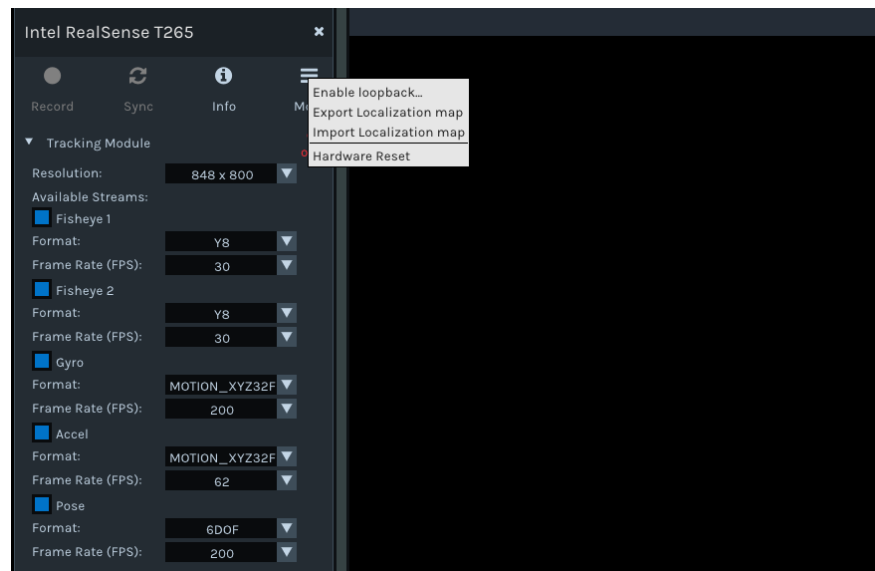


RealSense常用工具 – RealSenseViewer

■ T265的录制和回放



■ T265地图存储和加载



RealSense常用工具 – rs-enumerate-device

■ 枚举摄像头支持的数据流

```
C:\Program Files (x86)\Intel RealSense SDK 2.0\tools>rs-enumerate-devices.exe
Device info:
  Name           : Intel RealSense D430
  Serial Number  : 838212072989
  Firmware Version : 05.10.06.00
  Recommended Firmware Version : 05.10.03.00
  Physical Port   : \\?\usb#vid_8086&pid_0ad4&mi_00#6&1defb
9c46e44\global
  Debug Op Code   : 15
  Advanced Mode   : YES
  Product Id      : 0AD4
  USB Type Descriptor : 3.2

Stream Profiles supported by Stereo Module
Supported modes:
  stream resolution    fps    format
Infrared 1 1280x800    @ 30Hz  Y8
Infrared 2 1280x800    @ 30Hz  Y8
Infrared 1 1280x800    @ 25Hz  Y16
Infrared 2 1280x800    @ 25Hz  Y16
Infrared 1 1280x800    @ 15Hz  Y16
Infrared 2 1280x800    @ 15Hz  Y16
Infrared 1 1280x800    @ 15Hz  Y8
Infrared 2 1280x800    @ 15Hz  Y8
Infrared 1 1280x720    @ 30Hz  Y8
Infrared 2 1280x720    @ 30Hz  Y8
Infrared 1 1280x720    @ 15Hz  Y8
Infrared 2 1280x720    @ 15Hz  Y8
```

■ 读取摄像头的内外参校准参数

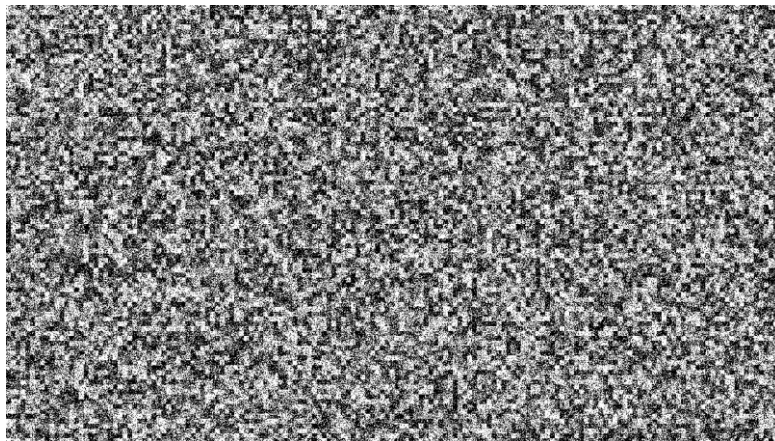
```
Intrinsic of "Depth" / 1280x720 / {Z16}
Width: 1280
Height: 720
PPX: 633.332763671875
PPY: 371.603363037109
Fx: 948.710205078125
Fy: 948.710205078125
Distortion: Brown Conrady
Coeffs: 0 0 0 0 0

Intrinsic of "Color" / 320x180 / {YUVV/RGB8/BGR8/RGB48/BGRA8/Y16}
Width: 320
Height: 180
PPX: 159.268661499023
PPY: 92.6079940795898
Fx: 231.455764770508
Fy: 231.402618408203
Distortion: Brown Conrady
Coeffs: 0 0 0 0 0

Intrinsic of "Color" / 320x240 / {YUVV/RGB8/BGR8/RGB48/BGRA8/Y16}
Width: 320
Height: 240
PPX: 159.024871826172
PPY: 123.477333068848
Fx: 308.607696533203
Fy: 308.536834716797
Distortion: Brown Conrady
Coeffs: 0 0 0 0 0
```

RealSense常用工具 - Depth Quality Tool

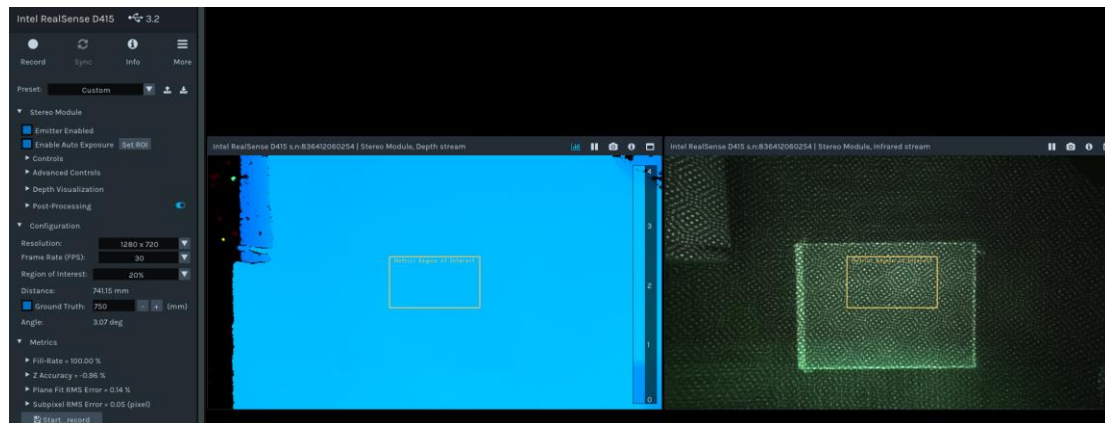
- 深度质量测试工具(Depth Quality Tool)
 - 工具下载链接: [Depth.Quality.Tool.exe](#)
 - 纹理图案下载链接: [texture-patter-set.zip](#)
 - 测试手册: [RealSense_DepthQualityTesting.pdf](#)



RealSense常用工具 – Depth Quality Tool

■ 深度质量测试注意事项

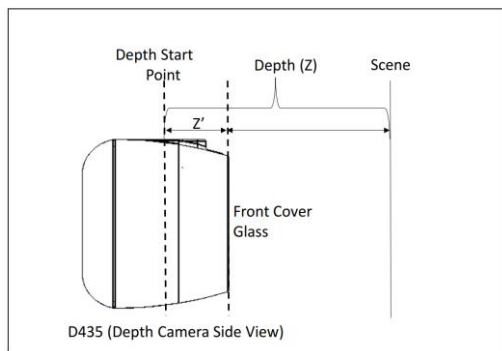
- 首次测试推荐使用纹理图案为目标，测试距离0.5~2m，作为基准数据
- 确保镜头平面和目标平面的角度不超过5度
- 确保ROI覆盖在目标平面上



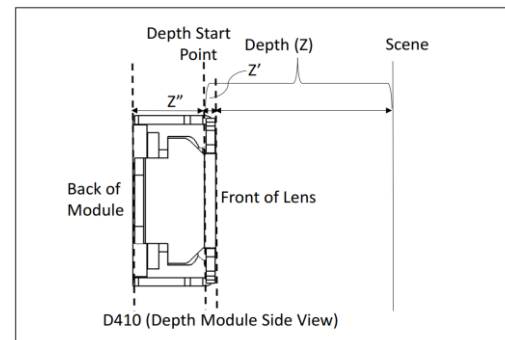
RealSense常用工具 – Depth Quality Tool

■ Ground Truth

- 选择比摄像头精度高的设备进行测量，如激光测距仪
- 注意Depth的起点



Depth Camera	Camera Front Glass (Z')
D415	-1.1mm
D435/D435i	-4.2mm

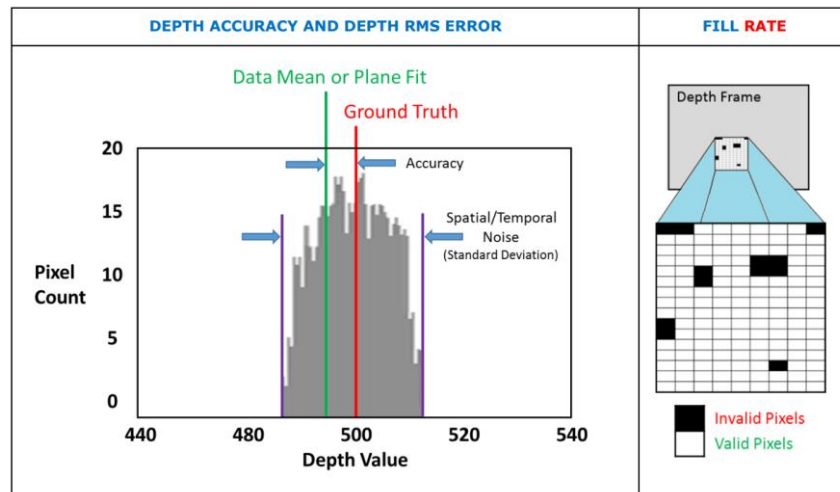


Depth Module	Front of Lens (Z')	Back of Module (Z''')
D400/D410/D415	-0.1mm	4.3mm
D420/D430	-3.2mm	7.5mm

RealSense常用工具 – Depth Quality Tool

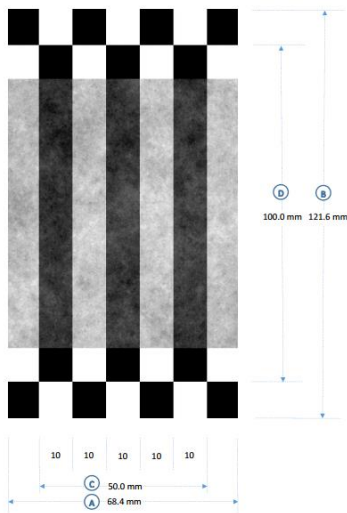
■ Depth Quality指标

指标	D400/D410/D415 (2米以内, 80% FOV)	D420/D430/D435/D435i (2米以内, 80% FOV)
Z方向精度 (Z-Accuracy)	$\leq 2\%$	$\leq 2\%$
填充率 (Fill Rate)	$\geq 99\%$	$\geq 99\%$
RMS误差	$\leq 2\%$	$\leq 2\%$



RealSense常用工具 – 动态校准(Dynamic Calibration)

- 动态校准(Dynamic Calibration)
 - 工具下载链接：
 - Windows 8.1/10: [Calibration Tool v2.6.8](#)
 - Ubuntu 16.04/18.04: 参照[使用手册](#)下载安装
 - 校准目标下载链接: [Dynamic Calibration Target](#)
 - 使用手册: [Calibration Tools User Guide](#)
 - 校准完成后使用深度质量测试工具来测试深度是否达标



Note: 动态校准只校准摄像头的外参(Extrinsic)

RealSense常用工具 – 固件升级工具DFU

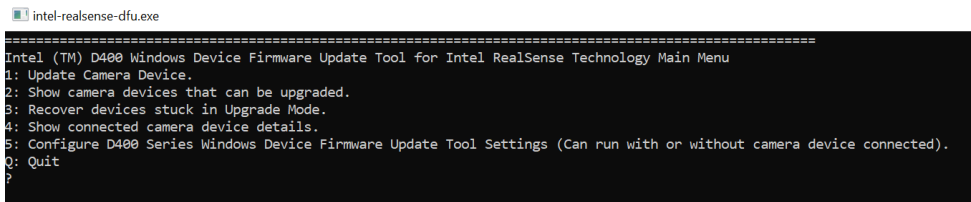
■ 固件升级工具DFU(Device Firmware Update)

– Windows 10

- 下载链接: [DFU_v1.0.0](#)
- 使用手册: [Windows-DFU-Guide](#)

– Ubuntu 16.04

- 安装和使用手册: [Ubuntu-DFU-Guide](#)



```
intel-realsense-dfu.exe
=====
Intel (TM) D400 Windows Device Firmware Update Tool for Intel RealSense Technology Main Menu
1: Update Camera Device.
2: Show camera devices that can be upgraded.
3: Recover devices stuck in Upgrade Mode.
4: Show connected camera device details.
5: Configure D400 Series Windows Device Firmware Update Tool Settings (Can run with or without camera device connected).
Q: Quit
?
```

■ 固件(Firmware)

- 下载链接: [RealSense_latest_FW](#)

Note: 目前DFU只支持USB3模式下的固件升级

内容提要

- RealSense摄像头简介
- RealSense SDK 2.0下载及安装
- RealSense常用工具
- **技术支持平台**
- 文档及其他相关资料
- T265+D435 Demo

技术支持平台

- Zendesk
 - 提供给NDA客户的技术支持平台
 - <https://intel.zendesk.com/>
- Github Issues
 - 所有RealSense用户
 - <https://github.com/IntelRealSense/librealsense/issues>

内容提要

- RealSense摄像头简介
- RealSense SDK 2.0下载及安装
- RealSense常用工具
- 技术支持平台
- 文档及其他相关资料
- T265+D435 Demo

文档及相关资料

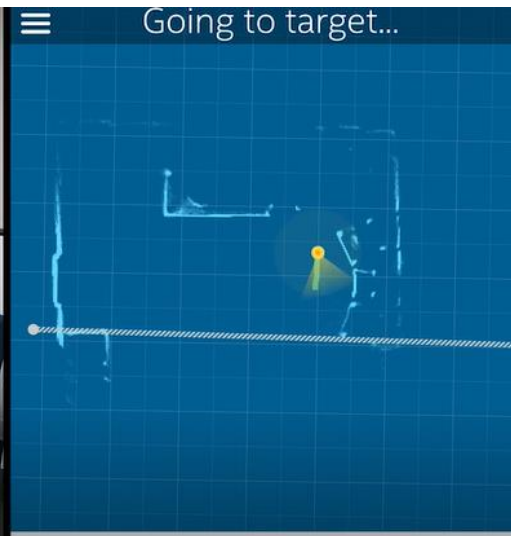
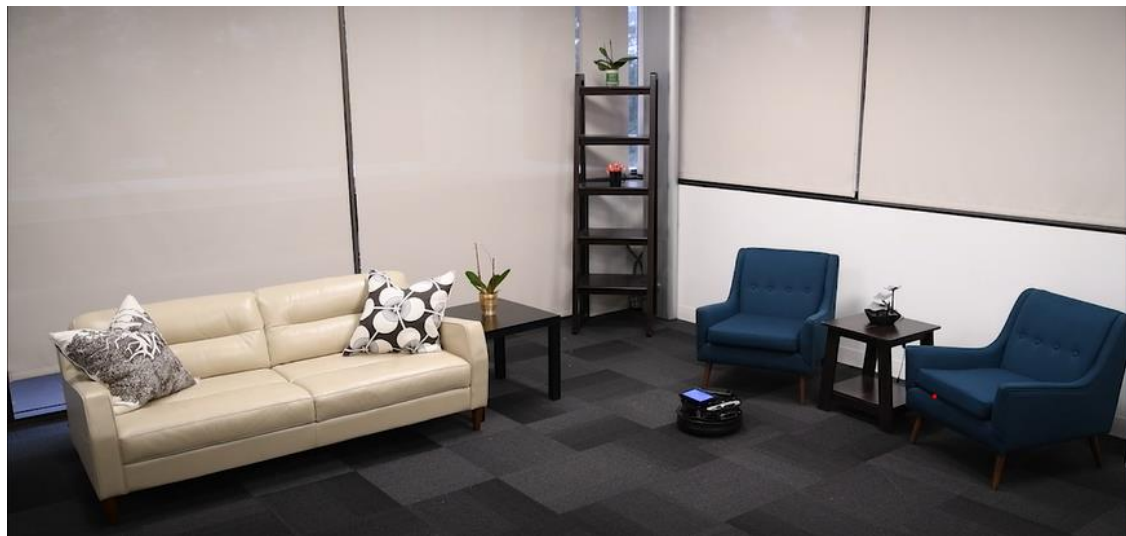
- RealSense官方网站: <https://www.intelrealsense.com/>
- Datasheet及相关文档: <https://dev.intelrealsense.com/docs/>
- RealSense摄像头购买链接
 - <https://item.taobao.com/item.htm?&id=577642597390>
 - <https://item.jd.com/54749290693.html>

内容提要

- RealSense摄像头简介
- RealSense SDK 2.0下载及安装
- RealSense常用工具
- 技术支持平台
- 文档及其他相关资料
- T265+D435 Demo

T265+D435 Demo

- T265定位, D435检测障碍物距离
- T265和D435联合使用, 实现机器人的建图、自主导航及避障



THANK YOU

Q&A

