

d435i/d455/l515单目+IMU标定

by fcl 2021.07.28

1. IMU标定

1. 修改launch文件

找到realsense-ros包，复制其中的rs_camera.launch，并重命名为

rs_camera_l515_imu_calib.launch，并对里面的内容做如下更改

这样做的目的是将accel和gyro的数据合并得到imu话题，如不这样做发布的topic中只有加速计和陀螺仪分开的topic，没有合并的camera/imu topic，并且让accel和gyro都设置成true

```
<arg name="unite_imu_method" default="linear_interpolation"/>
```

2. 运行启动文件

```
roslaunch realsense2_camera rs_camera_l515_imu_calib.launch
```

3. 编写启动文件

进入/software/l515calib/imu_calib_ws/src/imu_utils-master/launch，打开终端运行

```
gedit l515_imu_calibration.launch
```

在里面写入

```
<launch>

  <node pkg="imu_utils" type="imu_an" name="imu_an" output="screen">
    <!--TOPIC名称和上面一致-->
    <param name="imu_topic" type="string" value= "/camera/imu"/>
    <!--imu_name 无所谓-->
    <param name="imu_name" type="string" value= "l515"/>
    <!--标定结果存放路径-->
    <param name="data_save_path" type="string" value= "${find
imu_utils)/data/" />
    <!--数据录制时间-min-->
    <param name="max_time_min" type="int" value= "60"/>
    <!--采样频率-->
    <param name="max_cluster" type="int" value= "100"/>
  </node>

</launch>
```

4. 录制imu数据包

realsense静止放置，放置时间要稍大于l515_imu_calibration.launch中的录制时间，即大于50分钟

```
rosbag record -o l515imucalib /camera/imu
```

其中l515imucalib是bag包的名字，可以更改，录的包在当前终端目录下

/camera/imu是发布的IMU topic，可以通过 `rostopic list` 命令查看

5. 校准程序

包录制好之后，运行校准程序，首先激活imu_util工作空间的setup.bash

```
source /home/fcl/software/l515calib/imu_calib_ws/devel/setup.bash
```

然后

```
roslaunch imu_utils l515_imu_calibration.launch 回放数据包
```

打开新的终端，cd到存放imu_calibration.bag的路径

```
cd ~/data/dataset/IMU标定录制的大于50min的包
roslaunch play -r 200 1515imu_calib.bag
```

标定结束后在/home/fcl/software/1515calib/imu_calib_ws/src/imu_utils-master/data中生成许多文件，其中d455_imu_param.yaml就是我们想要的结果

2. 相机标定

1. 标定板

下载打印标定板<https://github.com/ethz-asl/kalibr/wiki/downloads>

下载Aprilgrid 66 0.80.8m(unscaled)，然后缩放到40%，用A4纸就可以打印出来
原始pdf的格子参数是：

6*6的格子
大格子边长：5.5cm
小格子边长：1.65cm
小格子与大格子边长比例：0.3

调整后的格子参数是：

大格子边长：2.188，一定要自己测量大格子边长，即tagSize
小格子边长：0.66cm
小格子与大格子边长比例：0.3

新建april_6x6_A4.yaml文件，我的文件的具体内容

容/home/fcl/software/d455calib/multicalib_yaml_data/april_6x6_A4.yaml展示如下：

```
target_type: 'aprilgrid' #gridtype
tagCols: 6               #number of apriltags
tagRows: 6               #number of apriltags
tagSize: 0.022           #size of apriltag, edge to edge [m]
tagSpacing: 0.3          #ratio of space between tags to tagSize
```

3. 开始录制.bag文件

第一步：将realsense对准标定板放置

```
roslaunch realsense2_camera rs_camera_1515_camera_calib.launch
```

运行rviz，fixed frame选择camera_link，之后在里面add rgb的/camera/color/image_raw

第二步：修改相机帧数（官方推荐是4Hz，尽管实际频率不完全准确，但是不影响结果）kalibr在处理标定数据的时候要求频率不能太高，一般为4Hz，我们可以使用如下命令来更改topic的频率，实际上是将原来的topic以新的频率转成新的topic

```
roslaunch topic_tools throttle messages /camera/color/image_raw 4.0 /color
```

查看频率

```
rostopic hz /color
```

第三步：之后对准标定板，尝试移动realsense，同时要确保标定板一直在三个图像当中。

录制过程参考<https://www.youtube.com/watch?v=puNXsnrYWTY&app=desktop>

需要科学上网观看

总结下来就是偏航角左右摆动3次，俯仰角摆动3次，滚转角摆动3次，上下移动3次，左右移动3次，前后移动3次，然后自由移动一段时间，摆动幅度要大一点，让视角变化大一点，但是移动要缓慢一点，同时要保证标定板在3个相机视野内部，整个标定时间要在90s以上更好

录制ROS数据包

```
rosbag record -o l515cameracalib /color
```

后面的topic是转换频率后的topic

4. 使用Kalibr标定

第一步：先激活环境变量

```
source software/kalibr_ws/devel/setup.bash
```

第二步：运行标定指令

```
kalibr_calibrate_cameras --target software/l515calib/camera_calib_data/april_6x6_A4.yaml --bag  
--models pinhole-radtan --topics /color --bag-from-to --show-extraction
```

```
kalibr_calibrate_cameras --target
```

```
/home/fcl/software/l515calib/camera_calib_data/april_6x6_A4.yaml --bag
```

```
/home/fcl/software/l515calib/camera_calib_data/l515cameracalib.bag --models pinhole-  
radtan --topics /color --bag-from-to a b --show-extraction
```

其中

april_6x6_A4.yaml是标定板的配置文件

注意如果选择棋格盘，注意targetCols和targetRows表示的是内侧角点的数量，不是格子数量。

multicameras_calibration.bag 是录制的数据包

models pinhole-radtan pinhole-radtan pinhole-radtan表示三个摄像头的相机模型和畸变模型

--topics /infra_left /infra_right /color表示三个摄像头对应的拍摄的数据话题

--bag-from-to a b表示处理bag中a-b秒的数据

--show-extraction表示显示检测特征点的过程，这些参数可以相应的调整

可以使用rosv bag info 来参看录制的包的信息

```
fcl@fcl-ThinkPad-T480:~/software/l515calib/camera_calib_data$ rosv bag info  
l515cameracalib.bag  
path:          l515cameracalib.bag  
version:       2.0  
duration:      3:05s (185s)  
start:         Jul 28 2021 10:30:14.45 (1627439414.45)  
end:           Jul 28 2021 10:33:19.49 (1627439599.49)  
size:          2.0 GB  
messages:      765  
compression:   none [765/765 chunks]  
types:         sensor_msgs/Image [060021388200f6f0f447d0fcd9c64743]  
topics:        /color 765 msgs      : sensor_msgs/Image
```

第三步：排查错误1

出现以下报错：cannot import name NavigationToolbar2Wx

解决办法：发现 matplotlib 中没有NavigationToolbar2Wx 而是换成了NavigationToolbar2WxAgg 所以修改源码，将PlotCollection.py中的NavigationToolbar2Wx换成NavigationToolbar2WxAgg
catkin_make一下

第四步：排查错误2

还有一个报错

```
ImportError: No module named igraph  
fcl@fcl-ThinkPad-T480:~$ sudo apt-get install python-igraph
```

第五步：排查错误3

报错找不到焦距，手动输入焦距，400

在终端输入

```
fcl@fcl-ThinkPad-T480:~$ source ~/software/kalibr_ws/devel/setup.bash
fcl@fcl-ThinkPad-T480:~$ export KALIBR_MANUAL_FOCAL_LENGTH_INIT=1并不是每次都需要
fcl@fcl-ThinkPad-T480:~$ kalibr_calibrate_cameras --target
software/l515calib/camera_calib_data/april_6x6_A4.yaml --bag
software/l515calib/camera_calib_data/l515cameracalib.bag --models pinhole-radtan
--topics /color --bag-from-to 2 112 --show-extraction
```

最终产生3个文件

3. 相机和IMU的标定

1. 复制上面双目标定结果产生的camchain-software/l515calibcamera_calib_data/l515cameracalib.yaml文件为chain.yaml
2. 新建一个文件imu.yaml, 参考上面imu标定步骤得到的d455_imu_param.yaml, 选取其中的

```
avg-axis:
  gyr_n: 1.8120078954292167e-03
  gyr_w: 1.9468192818602672e-05
avg-axis:
  acc_n: 1.8783286176747332e-02
  acc_w: 8.8271097542303530e-04
```

最后得到的imu.yaml如下

```
#Accelerometers
accelerometer_noise_density: 2.3177792566996982e+03 #Noise density (continuous-time)
accelerometer_random_walk: 6.3118277723523931e+01 #Bias random walk

#Gyroscopes
gyroscope_noise_density: 2.0702462760023993e-03 #Noise density (continuous-time)
gyroscope_random_walk: 2.3093829433059453e-05 #Bias random walk

rostopic: /camera/imu #the IMU ROS topic
update_rate: 200.0 #Hz (for discretization of the values above)
```

3. 同样需要用到april_6x6_A4.yaml
4. 复制realsense-ros包中rs_camera.launch, 重命名为rs_camera_imucamcalib.launch, 更改内容如下
时间对齐 `<arg name="enable_sync" default="true"/>`
合并加速计和陀螺仪的topic `<arg name="unite_imu_method" default="linear_interpolation"/>`
5. 启动realsense
`roslaunch realsense2_camera rs_camera_imucamcalib.launch`
6. 查看默认的频率
设置camera是4hz, imu是200hz, 45s就行了

```
fcl@fcl-ThinkPad-T480:~$ rostopic hz /camera/imu
subscribed to [/camera/imu]
average rate: 199.887
```

```

min: 0.004s max: 0.010s std dev: 0.00042s window: 189
average rate: 199.886
min: 0.000s max: 0.010s std dev: 0.00056s window: 389
average rate: 199.884
min: 0.000s max: 0.010s std dev: 0.00059s window: 589
^Caverage rate: 199.973
min: 0.000s max: 0.010s std dev: 0.00058s window: 653
fcl@fcl-ThinkPad-T480:~$ rostopic hz /camera/color/image_raw
subscribed to [/camera/color/image_raw]
average rate: 30.058
min: 0.031s max: 0.035s std dev: 0.00064s window: 28
average rate: 30.035
min: 0.029s max: 0.046s std dev: 0.00195s window: 58
average rate: 30.023
min: 0.029s max: 0.046s std dev: 0.00164s window: 88
^Caverage rate: 30.046
min: 0.027s max: 0.046s std dev: 0.00206s window: 102
fcl@fcl-ThinkPad-T480:~$

```

7. 打开rviz, add imu topic和color topic, 同时调整realsense位置, 要确保一直包含标定板全部内容
8. 调整imu和color的发布频率以及以新的topic名发布它们, 其中图像的发布频率改为20Hz, imu发布频率改为200Hz

```
roslaunch topic_tools throttle messages /camera/color/image_raw 20.0 /color
```

这种调整频率的方式只是理想结果, 通过rostopic hz topic名可以查看实际的频率, 可以发现实际频率和设置的频率并不一定相同

9. 和上面一样开始采集数据包

```
rosbag record -O 1515cameraimu_calib.bag /camera/imu /color
```

查看bag包内容

```

fcl@fcl-ThinkPad-T480:~/software/1515calib/camera_imu_calib_data$ rosbag info
1515cameraimu_calib.bag
path:          1515cameraimu_calib.bag
version:       2.0
duration:      1:54s (114s)
start:         Jul 26 2021 10:19:56.93 (1627265996.93)
end:           Jul 26 2021 10:21:51.51 (1627266111.51)
size:          6.0 GB
messages:      25229
compression:   none [2331/2331 chunks]
types:         sensor_msgs/Image [060021388200f6f0f447d0fcd9c64743]
               sensor_msgs/Imu   [6a62c6daae103f4ff57a132d6f95cec2]
topics:        /camera/imu      22899 msgs      : sensor_msgs/Imu
               /color           2330 msgs      : sensor_msgs/Image

```

10. 开始标定

相应参数需要相应更改, target.yaml对应april_6x6_A4.yaml文件

```
source software/kalibr_ws/devel/setup.bash
```

```
kalibr_calibrate_imu_camera --bag  
/home/fcl/software/d455calib/imu_stereo_data/imu_stereo.bag --cam  
/home/fcl/software/d455calib/imu_stereo_data/chain.yaml --imu  
/home/fcl/software/d455calib/imu_stereo_data/imu.yaml --target  
/home/fcl/software/d455calib/multicalib_yaml_data/april_6x6_A4.yaml --bag-from-to  
3 125 --show-extraction
```

最终得到的结果为是得打yaml, txt, 和pdf文件

标定结果的好坏可以看results-imucam-homezjimu_stereo.txt中的重投影误差Reprojection error, 两个相机都在0.15以下说明标定的结果比较好