相机+imu标定

（编译工具源码+标定过程）

可以直接编译仓库里面的项目代码，代码已经过修改

代码仓库链接

相机+imu标定算法

安装标定相机工具Kalibr

用于标定相机的内外参数，相机与IMU之间的外参

安装依赖

```
1 sudo apt-get install python-setuptools python-rosinstall ipython libeigen3-dev libboost-all
2 sudo pip install python-igraph --upgrade
```

遇到的问题1

安装python-igraph失败

参考链接：https://igraph.org/python/doc/tutorial/install.html

该包需要python3.7版本，xavier自带python版本2.7及3.6.9均不适用

方法：

- 安装anaconda，利用anaconda创建python3.7.0的环境

```
1    conda create -n py37 python=3.7.0
```

- 进入该虚拟环境

```
1 conda activate py37
```

- 按照anaconda官方的教程，安装python-igraph包

https://anaconda.org/conda-forge/python-igraph

随便选取下面一条命令即可：

```
conda install -c conda-forge python-igraph
conda install -c conda-forge/label/gcc7 python-igraph
conda install -c conda-forge/label/cf201901 python-igraph
conda install -c conda-forge/label/cf202003 python-igraph
```

创建工作区间

```
mkdir -p kalibr_ws/src
cd kalibr_ws
source /opt/ros/melodic/setup.bash
catkin init
catkin config --extend /opt/ros/melodic
catkin config --merge-devel
catkin config --cmake-args -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release
```

克隆源文件至kalibr_ws的src目录下

```
cd src/
git clone https://github.com/ethz-asl/Kalibr.git
```

编译工具源码

```
cd kalibr_ws
catkin build -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release -j8
```

遇到的问题2

- catkin编译时kalibr下载suitsparse报错

这个是在catkin编译的过程中使用wget从网上下载suitesparse时，产生的错误。

可以通过修改CMakeLists.txt来解决：

```
sudo gedit ~/kalibr_ws/src/kalibr/suitesparse/CMakeLists.txt
```

将其中的

```
DOWNLOAD_COMMAND rm -f SuiteSparse-${VERSION}.tar.gz && wget http://faculty.cse.tamu.edu/da
```

改为：

```
DOWNLOAD_COMMAND rm -f SuiteSparse-${VERSION}.tar.gz && wget https://mirror.sobukus.de/file
```

然后重新上一步catkin编译即可

安装标定IMU工具

标定IMU的内参，可以校准IMU的噪声密度和随机游走噪声

注意，一定要按安装步骤，先安装code_utils,再安装imu_utils

依赖

- 需要先编译安装ceres库 ceres-solver 2.0.0

装code_utils

进入之前kalibr_ws工作空间

```
cd ~/kalibr_ws/src
sudo apt-get install libdw-dev
git clone https://github.com/gaowenliang/code_utils.git
```

- 注意

需要修改 code_utils 的 CMakeLists.txt 文件

将

```
  CMAKE_CXX_FLAGS “-std=c++11”
```

修改为

```
 CMAKE_CXX_STANDARD 14
```

并且在CMakeLists.txt下添加

```
include_directories(include/code_utils)
```

编译

```
cd ~/kalibr_ws
catkin_make -j8
```

安装 imu_utils

```
cd kalibr_ws/src
git clone https://github.com/gaowenliang/imu_utils.git
```

注意,这里需要同样修改 imu_utils 的 CMakeLists.txt 文件, 将CMAKE_CXX_FLAGS “-std=c++11”改为CMAKE_CXX_STANDARD 14

编译

```
cd ~/kalibr_ws
catkin_make -j8
```

参考链接：

https://support.stereolabs.com/hc/en-us/articles/360012749113-How-can-I-use-Kalibr-with-the-ZED-Mini-camera-in-ROS-

ZED2相机标定及运行VINS-mono

相机标定

使用checkboard棋格版进行标定

棋盘格为5*7，边长3cm

第一次标定及出现的问题1：

```
[ERROR] Did not converge in maxIterations... restarting...
```

aprilgrid的标定板对分辨率的要求比棋盘格高。但aprilTag不需要所有点同时被看到。所以在标定大视角的镜头的时候，棋盘格也有优势。因为大视角的相机，在分辨率比较吃亏，但是视野大，也很容易看到全部各点。所以在对分辨率有要求的情况下，可能棋盘格是唯一的选择。

分析：录制bag后，使用棋盘格进行标定，提示初始化失败并且优化发散，录制bag包的时候可能角度变化太大，因为初始化的时候必须得到一个很好的估计，如果旋转角度过大，容易得到错误的初始值，后面就优化失败

第二次标定及出现的问题2：

使用棋盘格6*8，边长3cm

录制bag包，尽量使角度变化不大，旋转频率慢一些，使三轴都被激励

步骤

- 根据需求修改了ZED2的分辨率，在ZED2_WS/src/zed-ros-wrapper/zed_wrapper/params文件夹下找到common.yaml，设置resolution为2，即HD模式，实际分辨率大小为1280*720

```
source ~/zed_ws/devel/setup.bash
// 启动zed2相机
roslaunch zed_wrapper zed2.launch
```

```
// 启动左右摄像头可视化功能
rosrun image_view image_view __ns:=view1 image:=/zed2/zed_node/left/image_rect_color & rosr
```

```
// kalibr在处理标定数据的时候要求图像的频率不可过高，降低图像数据到20HZ，IMU数据至200HZ.
rosrun topic_tools throttle messages /zed2/zed_node/imu/data_raw  200 /zed2/zed_node/imu/da
```

```
rosrun topic_tools throttle messages /zed2/zed_node/left/image_rect_color 20 /zed2/zed_node
```

```
rosrun topic_tools throttle messages /zed2/zed_node/right/image_rect_color 20 /zed2/zed_nod
```

```
// 录制数据
rosbag record -O Kalib_data_vga.bag /zed2/zed_node/imu/data_raw2 /zed2/zed_node/left/image_
```

- 开始相机标定

```
kalibr_calibrate_cameras --bag Kalib_data_vga.bag --topics /zed2/zed_node/left/image_rect_c
```

出现error

```
[ERROR] [1560840525.647491]: [TargetViewTable]: Tried to add second view to a given cameraI
```

将 0.04改为0.02 ，再次执行，得到双目标定结果

```
cam0:
  cam_overlaps:[1]
  camera_model: pinhole
  distortion_coeffs:[-0.05433563098764286, 0.05426965668562535, 0.000995500237768329, 0.00
  distortion_model: radtan
  intrinsics:[511.9552987202754, 512.2191212210165, 643.4210392168528, 364.7170059624664]
  resolution:[1280, 720]
  rostopic: /zed2/zed_node/left/image_rect_color2
cam1:
  T_cn_cnm1:[0.9999910189755621, -0.0003348585518355667, -0.004224906858710678, -0.1193257
             0.0003333786421480951, 0.9999998828352934, -0.0003509815920657614, -0.0001951
             0.00422502389288835, 0.0003495699461797471, 0.9999910134465984, -0.0003565874
             0.0, 0.0, 0.0, 1.0]
  cam_overlaps:[0]
  camera_model: pinhole
  distortion_coeffs:[-0.049151797942448255, 0.055882264954379056, 0.001195665742004747, 0.
  distortion_model: radtan
  intrinsics:[511.6082952598757,511.44356956954607,645.0371165095445,364.72881044900805]
  resolution:[1280,720]
  rostopic: /zed2/zed_node/right/image_rect_color2
```

使用aprilgrid进行标定

标定板大小

tagSize = a = 0.02 m

Space = b = 0.01m

tagSpacing = b / a = 0.5

出现问题：

```
[FATAL] [1612519163.722674]: No corners could be extracted for camera /left!
```

图像无法提取角点，6*6网格，标签为2cm，间距1cm

GitHub上建议使用更大的aprilgrid网格目标进行校正

IMU标定

单独录制IMU数据，数据包录制录制了两个多小时，录制过程中必须保持相机静止不动。

```
//运行zed2
roslaunch zed_wrapper zed2.launch
// 对IMU录制进行录制
rosbag record -O imu_calibration /zed2/zed_node/imu/data_raw
```

根据imu_utils文件夹里面的A3.launch改写ZED2标定启动文件：ZED2_calibration.launch注意，max_time_min对应的参数，默认是120，意味着两个小时，如果数据录制时间超过两小时可以不用修改，如果不足，这个时间值要改为略小于真实时间。内容如下：

```
<launch>
    <node pkg="imu_utils" type="imu_an" name="imu_an" output="screen">
        <param name="imu_topic" type="string" value= "/zed2/zed_node/imu/data_raw"/>
        <param name="imu_name" type="string" value= "ZED2"/>
        <param name="data_save_path" type="string" value= "$(find imu_utils)/data/"/>
        <param name="max_time_min" type="int" value= "120"/>
        <param name="max_cluster" type="int" value= "200"/>
    </node>
</launch>
```

启动标定：

```
roslaunch imu_utils ZED2_calibration.launch
```

回访数据包，以200Hz的速率回放：

```
rosbag play -r 200 imu_calibration.bag
```

最后可以得到标定结果文件：ZED2_imu_param.yaml

```yaml
%YAML:1.0
---
type: IMU
name: ZED2
Gyr:
   unit: " rad/s"
   avg-axis:
      gyr_n: 1.8859041916749149e-02
      gyr_w: 7.1571870936377460e-04
   x-axis:
      gyr_n: 3.0924827945639235e-03
      gyr_w: 1.7649403675735396e-05
   y-axis:
      gyr_n: 2.9423185177450506e-03
      gyr_w: 3.1347619633059235e-06
   z-axis:
      gyr_n: 5.0542324437938470e-02
      gyr_w: 2.1263719624522825e-03
Acc:
   unit: " m/s^2"
   avg-axis:
      acc_n: 2.9752199084974767e-02
      acc_w: 6.4581594699404568e-04
   x-axis:
      acc_n: 3.7389455433055614e-02
      acc_w: 7.9072127720866800e-04
   y-axis:
      acc_n: 2.7565441481707316e-02
      acc_w: 7.9915591632916604e-04
   z-axis:
      acc_n: 2.4301700340161367e-02
      acc_w: 3.4757064744430304e-04
```

执行相机+imu联合标定

注意：imu相机联合标定的时候，不能有连续太长的时间没有提取到图像的点

根据使用checkboard第二次标定录制的bag数据包，执行标定，需要准备cam.yaml及imu.yaml文件，cam.yaml为单双目输出的标定文件

T_cn_cnm1:是左目与右目的位姿变换

```
cam0:
  cam_overlaps:[1]
  camera_model: pinhole
  distortion_coeffs:[-0.05433563098764286, 0.05426965668562535, 0.000995500237768329, 0.00
  distortion_model: radtan
  intrinsics:[511.9552987202754, 512.2191212210165, 643.4210392168528, 364.7170059624664]
  resolution:[1280, 720]
  rostopic: /zed2/zed_node/left/image_rect_color2
cam1:
  T_cn_cnm1:[0.9999910189755621, -0.0003348585518355667, -0.004224906858710678, -0.1193257
             0.0003333786421480951, 0.9999998828352934, -0.0003509815920657614, -0.0001951
             0.00422502389288835, 0.0003495699461797471, 0.9999910134465984, -0.0003565874
             0.0, 0.0, 0.0, 1.0]
  cam_overlaps:[0]
  camera_model: pinhole
  distortion_coeffs:[-0.049151797942448255, 0.055882264954379056, 0.001195665742004747, 0.
  distortion_model: radtan
  intrinsics:[511.6082952598757,511.44356956954607,645.0371165095445,364.72881044900805]
  resolution:[1280,720]
  rostopic: /zed2/zed_node/right/image_rect_color2
```

imu.yaml信息由步骤4中的IMU标定结果得出，取标定结果Acc及Gyr的平均值填入imu.yaml文件

```
#Accelerometers
accelerometer_noise_density: 2.9752199084974767e-02   #Noise density (continuous-time)
accelerometer_random_walk:   6.4581594699404568e-04   #Bias random walk
#Gyroscopes
gyroscope_noise_density:     1.8859041916749149e-02   #Noise density (continuous-time)
gyroscope_random_walk:       7.1571870936377460e-04   #Bias random walk
rostopic:                    /zed2/zed_node/imu/data_raw2   #the IMU ROS topic
update_rate:                 200.0      #Hz (for discretization of the values above)
```

执行联合标定

```
kalibr_calibrate_imu_camera --target checkboard.yaml --bag /home/bhjx/tools/Zed_ws/Kalibr_d
```

遇到的问题：优化时间很长，取决于所建立的雅可比矩阵的shape

联合标定，共迭代了30次数

得到标定结果：camchain-imucam-Kalib_data.yaml

```
cam0:
  T_cam_imu:
  - [0.009202815356381983, -0.999951880974656, -0.0033976351725248377, 0.02197824650958559
  - [0.0016383001968379718, 0.0034128520230093384, -0.9999928341810935, -0.001735028941512
  - [0.9999563111266327, 0.00919718306430184, 0.0016696292104356747, -0.03888012121340217]
  - [0.0, 0.0, 0.0, 1.0]
  cam_overlaps: [1]
  camera_model: pinhole
  distortion_coeffs: [-0.05433563098764286, 0.05426965668562535, 0.000995500237768329,
    0.0002492522008969816]
  distortion_model: radtan
  intrinsics: [511.9552987202754, 512.2191212210165, 643.4210392168528, 364.7170059624664]
  resolution: [1280, 720]
  rostopic: /zed2/zed_node/left/image_rect_color2
  timeshift_cam_imu: 0.0023527707854394267
cam1:
  T_cam_imu:
  - [0.004977461829550861, -0.9999829004468719, -0.0030698025338830592, -0.097182840918225
  - [0.0012904017688988856, 0.0030762609808962227, -0.9999944357253456, -0.001909212125836
  - [0.9999867797811179, 0.004973472854966243, 0.0013056916752154368, -0.03914410719199922
  - [0.0, 0.0, 0.0, 1.0]
  T_cn_cnm1:
  - [0.9999910189755625, -0.0003348585518355667, -0.004224906858710678, -0.119325735920703
  - [0.0003333786421480951, 0.9999998828352938, -0.0003509815920657614, -0.000195156672429
  - [0.00422502389288835, 0.0003495699461797471, 0.9999910134465988, -0.000356587479535648
  - [0.0, 0.0, 0.0, 1.0]
  cam_overlaps: [0]
  camera_model: pinhole
  distortion_coeffs: [-0.049151797942448255, 0.055882264954379056, 0.001195665742004747,
    0.00024494001138030373]
  distortion_model: radtan
  intrinsics: [511.6082952598757, 511.44356956954607, 645.0371165095445, 364.7288104490080
  resolution: [1280, 720]
  rostopic: /zed2/zed_node/right/image_rect_color2
  timeshift_cam_imu: 0.0025543627810018523
```