深蓝学院 shenlanxueyuan.com

古月居 GYH.AI

ROS理论与实践

—— 第7讲：机器视觉处理

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

目录

1. ROS摄像头驱动及数据接口

1. ROS摄像头驱动及数据接口

常用传感器的ROS驱动可参考：http://wiki.ros.org/Sensors

1. ROS摄像头驱动及数据接口

古月居 GYH.AI

```
$ sudo apt-get install ros-melodic-usb-cam
$ roslaunch usb_cam usb_cam-test.launch
$ rqt_image_view
```

usb_cam功能包中的话题

	名称	类型	描述
Topic发布	~<camera_name>/image	sensor_msgs/Image	发布图像数据

usb_cam功能包中的参数

参数	类型	默认值	描述
~video_device	string	"/dev/video0"	摄像头设备号
~image_width	int	640	图像横向分辨率
~image_height	int	480	图像纵向分辨率
~pixel_format	string	"mjpeg"	像素编码，可选值：mjpeg，yuyv， uyvy
~io_method	string	"mmap"	IO通道，可选值：mmap，read，userptr
~camera_frame_id	string	"head_camera"	摄像头坐标系
~framerate	int	30	帧率
~brightness	int	32	亮度，0~255
~saturation	int	32	饱和度，0~255
~contrast	int	32	对比度，0~255
~sharpness	int	22	清晰度，0~255
~autofocus	bool	false	自动对焦
~focus	int	51	焦点（非自动对焦状态下有效）
~camera_info_url	string	-	摄像头校准文件路径
~camera_name	string	"head_camera"	摄像头名称

1. ROS摄像头驱动及数据接口

```
<launch>
    <node name="usb_cam" pkg="usb_cam" type="usb_cam_node" output="screen" >
        <param name="video_device" value="/dev/video0" />
        <param name="image_width" value="640" />
        <param name="image_height" value="480" />
        <param name="pixel_format" value="yuyv" />
        <param name="camera_frame_id" value="usb_cam" />
        <param name="io_method" value="mmap"/>
    </node>
    <node name="image_view" pkg="image_view" type="image_view" respawn="false" output="screen">
        <remap from="image" to="/usb_cam/image_raw"/>
        <param name="autosize" value="true" />
    </node>
</launch>
```

usb_cam-test.launch

1. ROS摄像头驱动及数据接口

- Header：消息头，包含消息序号，时间戳和绑定坐标系；
- height：图像的纵向分辨率；
- width：图像的横向分辨率；
- encoding：图像的编码格式，包含RGB、YUV等常用格式，不涉及图像压缩编码；
- is_bigendian：图像数据的大小端存储模式；
- step：一行图像数据的字节数量，作为数据的步长参数；
- data：存储图像数据的数组，大小为step*height个字节

```
→  ~ rosmsg show sensor_msgs/Image
std_msgs/Header header
  uint32 seq
  time stamp
  string frame_id
uint32 height
uint32 width
string encoding
uint8 is_bigendian
uint32 step
uint8[] data
```

1280*720分辨率的摄像头产生一帧图像的数据大小是：3*1280*720=2764800字节，即2.7648MB

压缩图像消息

```
➜  ~ rosmsg show sensor_msgs/CompressedImage
std_msgs/Header header
  uint32 seq
  time stamp
  string frame_id
string format
uint8[] data
```

- format：图像的压缩编码格式（jpeg、png、bmp）
- data：存储图像数据数组

1. ROS摄像头驱动及数据接口

➢ 安装驱动

$ sudo apt-get install ros-melodic-freenect-*

$ git clone https://github.com/avin2/SensorKinect.git

$ cd SensorKinect/Bin

$ tar xvf SensorKinect093-Bin-Linux-x64-v5.1.2.1.tar.bz2

$ sudo ./install.sh （在解压出来的文件夹路径下）

➢ 运行

$ roslaunch freenect_launch freenect.launch

freenect_camera功能包中的话题和服务

	名称	类型	描述
Topic 发布	rgb/camera_info	sensor_msgs/CameraInfo	RGB相机校准信息
	rgb/image_raw	sensor_msgs/Image	RGB相机图像数据
	depth/camera_info	sensor_msgs/CameraInfo	深度相机校准信息
	depth/image_raw	sensor_msgs/Image	深度相机数据
	depth_registered/camera_info	sensor_msgs/CameraInfo	配准后的深度相机校准信息
	depth_registered/image_raw	sensor_msgs/Image	配准后的深度相机数据
	ir/camera_info	sensor_msgs/CameraInfo	红外相机校准信息
	ir/image_raw	sensor_msgs/Image	红外相机数据
	projector/camera_info	sensor_msgs/CameraInfo	深度相机校准信息
	/diagnostics	diagnostic_msgs/DiagnosticArray	传感器诊断信息
Services	rgb/set_camera_info	sensor_msgs/SetCameraInfo	设置RGB相机的校准信息
	ir/set_camera_info	sensor_msgs/SetCameraInfo	设置红外相机的校准信息

1. ROS摄像头驱动及数据接口

```
<launch>

    <!-- 启动freenect驱动 -->
    <include file="$(find freenect_launch)/launch/freenect.launch">
        <arg name="publish_tf"                  value="false" />
        <arg name="depth_registration"          value="true" />
        <arg name="rgb_processing"              value="true" />
        <arg name="ir_processing"               value="false" />
        <arg name="depth_processing"            value="false" />
        <arg name="depth_registered_processing" value="true" />
        <arg name="disparity_processing"        value="false" />
        <arg name="disparity_registered_processing" value="false" />
        <arg name="sw_registered_processing"    value="false" />
        <arg name="hw_registered_processing"    value="true" />
    </include>

</launch>
```

freenect.launch

1. ROS摄像头驱动及数据接口

- height：点云图像的纵向分辨率；
- width：点云图像的横向分辨率；
- fields：每个点的数据类型；
- is_bigendian：数据的大小端存储模式；
- point_step：单点的数据字节步长；
- row_step：一列数据的字节步长；
- data：点云数据的存储数组，总字节大小为row_step* height；
- is_dense：是否有无效点。

```
→  ~ rosmsg show sensor_msgs/PointCloud2
std_msgs/Header header
  uint32 seq
  time stamp
  string frame_id
uint32 height
uint32 width
sensor_msgs/PointField[] fields
  uint8 INT8=1
  uint8 UINT8=2
  uint8 INT16=3
  uint8 UINT16=4
  uint8 INT32=5
  uint8 UINT32=6
  uint8 FLOAT32=7
  uint8 FLOAT64=8
  string name
  uint32 offset
  uint8 datatype
  uint32 count
bool is_bigendian
uint32 point_step
uint32 row_step
uint8[] data
bool is_dense
```

点云单帧数据量也很大，如果使用分布式网络传输，需要考虑能否满足数据的传输要求，或者针对数据进行压缩。

1. ROS摄像头驱动及数据接口

古月居 GYH.AI

➢ 安装SDK（https://github.com/intel-ros/realsense/releases）

```
$ mkdir build
$ cd build
$ cmake ..
$ make
$ sudo make install
```

➢ 安装ROS驱动（https://github.com/IntelRealSense/librealsense/releases）

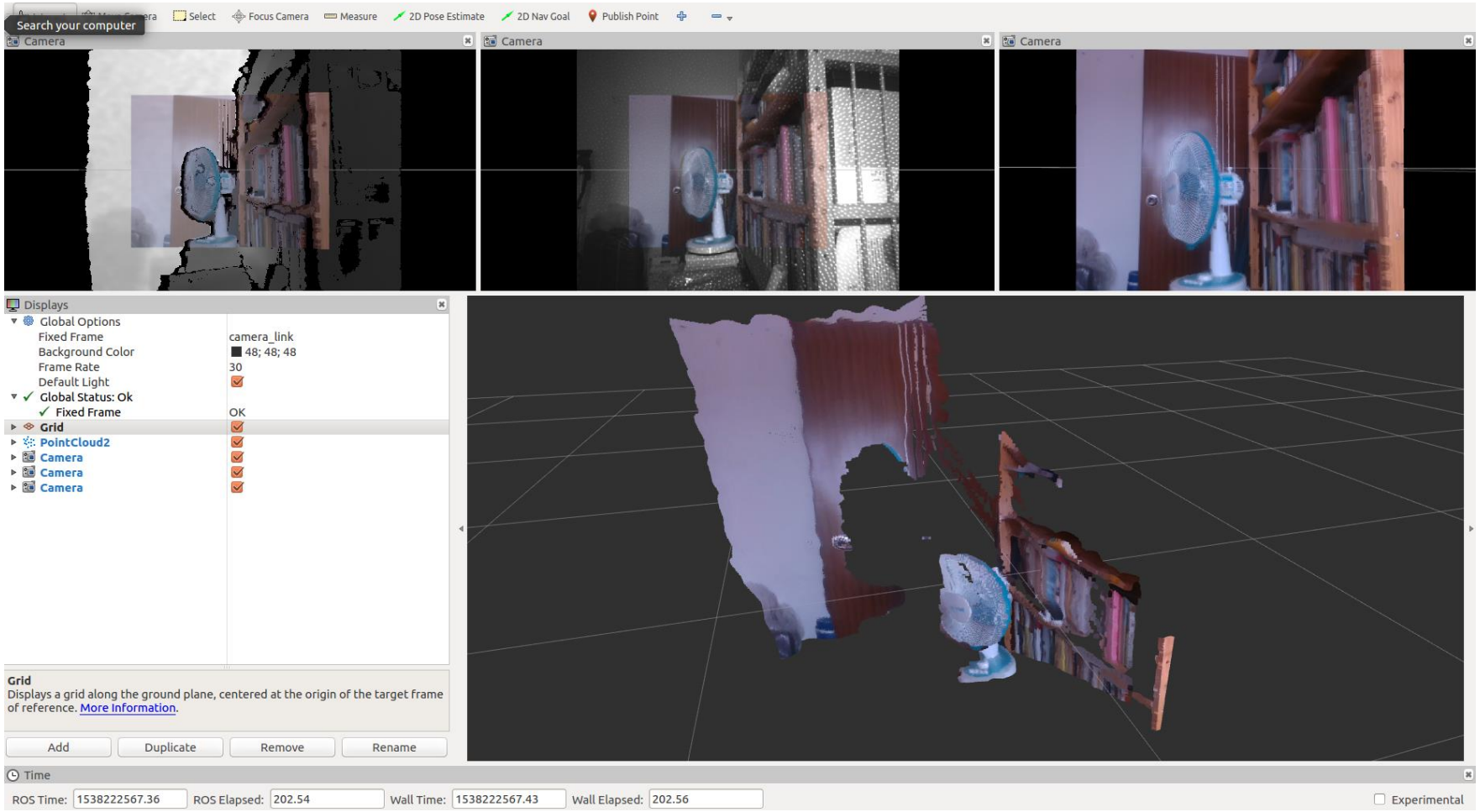
```
$ catkin_make -DCATKIN_ENABLE_TESTING=False -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release
$ catkin_make install
$ echo "source ~/catkin_ws/devel/setup.bash" >> ~/.bashrcsource ~/.bashrc
```

参考链接：

https://github.com/IntelRealSense/librealsense/blob/master/doc/installation.md

https://blog.csdn.net/u012926144/article/details/80761342

1. ROS摄像头驱动及数据接口



点云显示

```
$ roslaunch realsense2_camera rs_rgbd.launch
$ rosrun rviz rviz
```

2. 摄像头参数标定

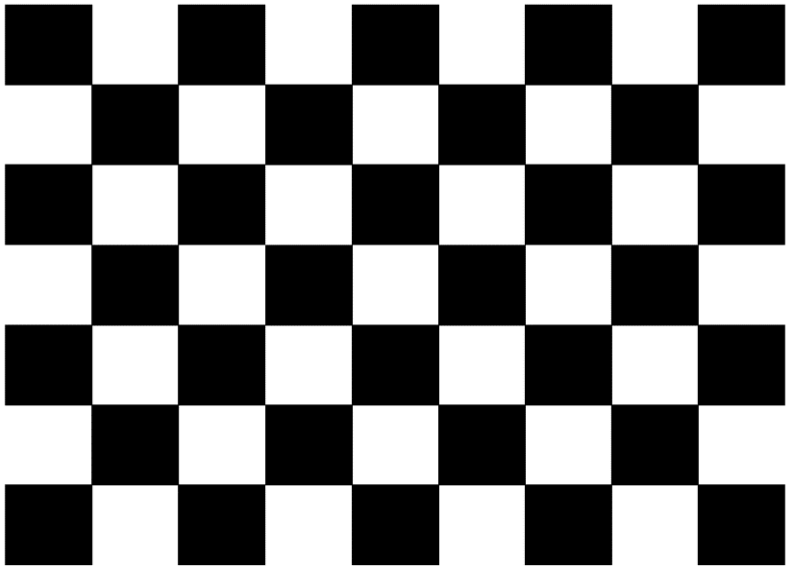
2. 摄像头参数标定

➢ 摄像头为什么要标定?

摄像头这种精密仪器对光学器件的要求较高，由于摄像头内部与外部的一些原因，生成的物体图像往往会发生畸变，为避免数据源造成的误差，需要针对摄像头的参数进行标定。

安装标定功能包

```
$ sudo apt-get install ros-melodic-camera-calibration
```



棋盘格标定靶

2. 摄像头参数标定

古月居 GYH.AI

摄像头标定流程

➢ 启动摄像头

```
$ roslaunch robot_vision usb_cam.launch
```

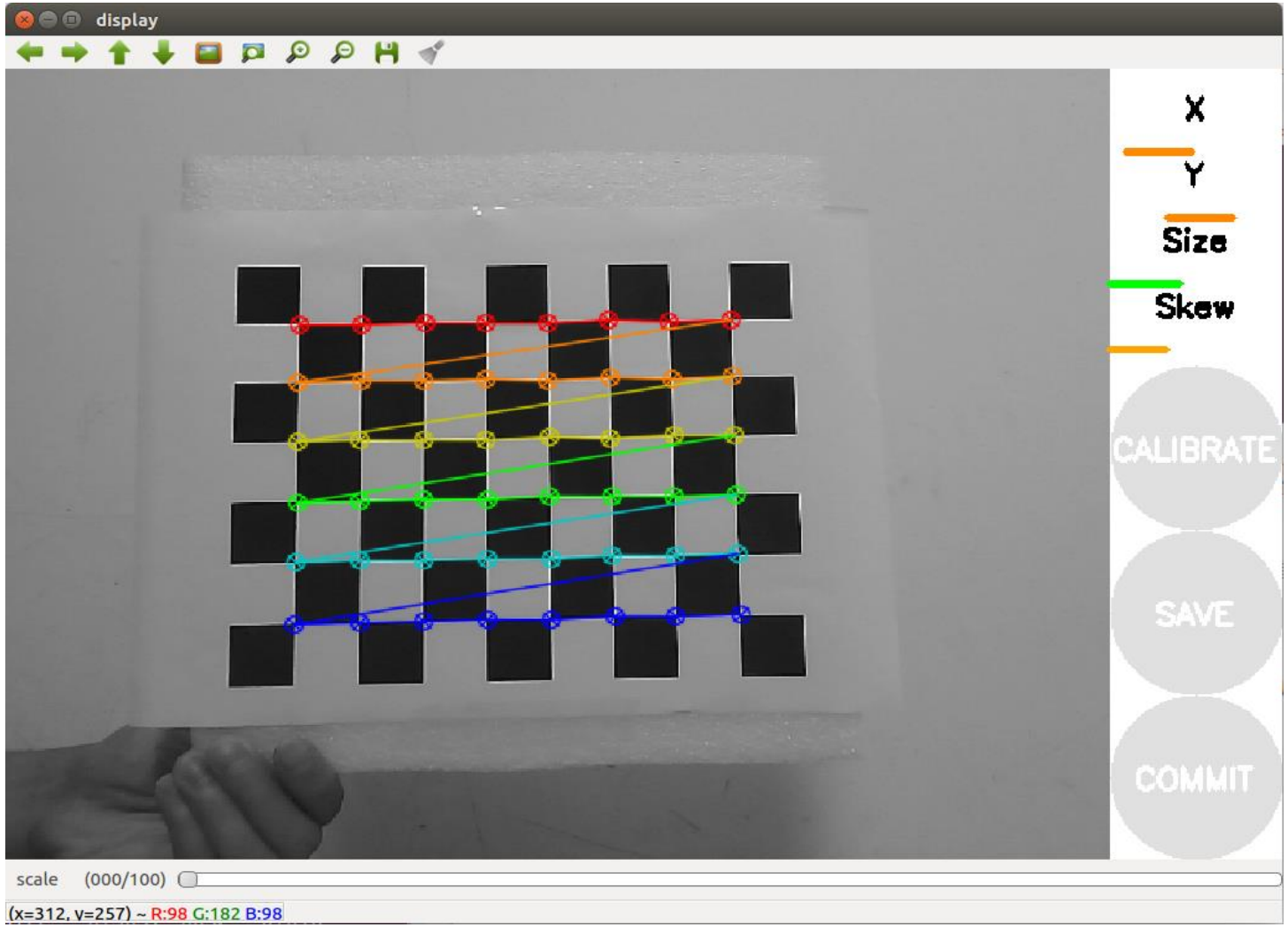
➢ 启动标定包

```
$ rosrun camera_calibration cameracalibrator.py --size 8x6 --square 0.024
image:=/usb_cam/image_raw camera:=/usb_cam
```

1. size：标定棋盘格的内部角点个数，这里使用的棋盘一共有六行，每行有8个内部角点；
2. square：这个参数对应每个棋盘格的边长，单位是米；
3. image和camera：设置摄像头发布的图像话题。

2. 摄像头参数标定

- X：标定靶在摄像头视野中的左右移动；
- Y：标定靶在摄像头视野中的上下移动；
- Size：标定靶在摄像头视野中的前后移动；
- Skew：标定靶在摄像头视野中的倾斜转动。



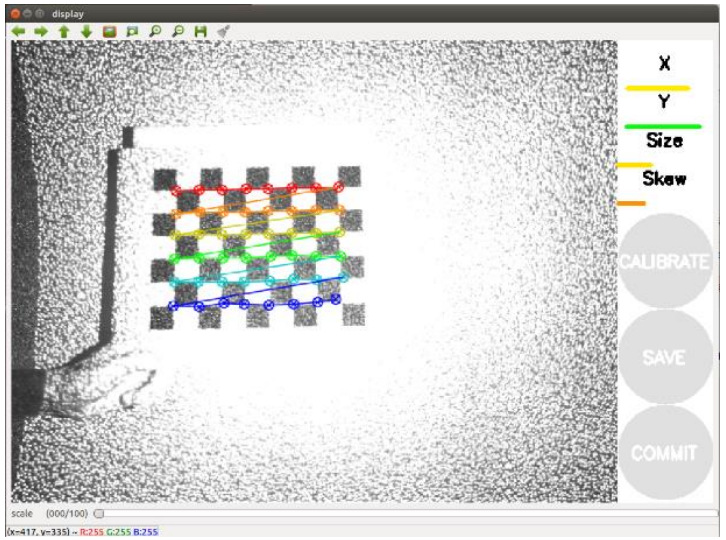
标定过程

2. 摄像头参数标定

Kinect标定流程

- 启动Kinect

$ roslaunch robot_vision freenect.launch



- 启动彩色摄像头

$ rosrun camera_calibration cameracalibrator.py image:=/camera/rgb/image_raw camera:=/camera/rgb --size 8x6 --square 0.024

- 标定红外摄像头

$ rosrun camera_calibration cameracalibrator.py image:=/camera/ir/image_raw camera:=/camera/ir --size 8x6 --square 0.024

古月居
GYH.AI

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

古月居 GYH.AI

OpenCV是什么?

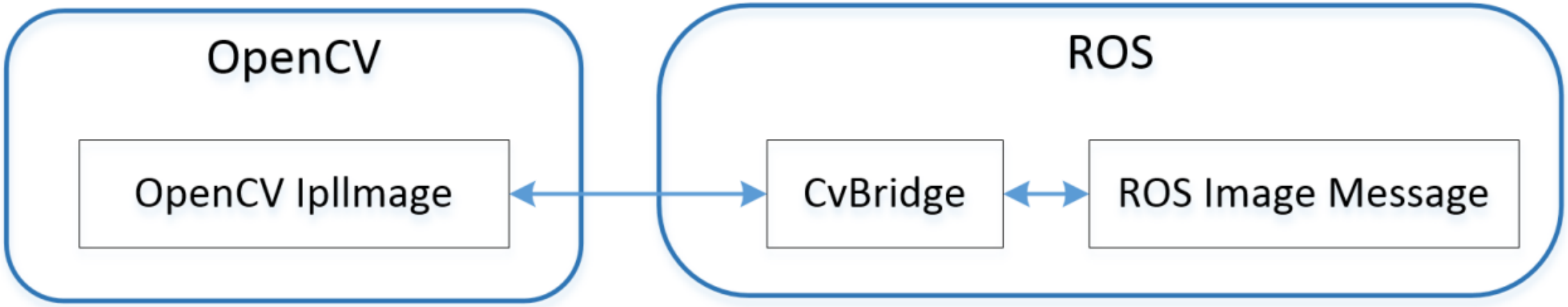
- Open Source Computer Vision Library;
- 基于BSD许可发行的跨平台开源计算机视觉库（Linux、Windows和Mac OS等）；
- 由一系列C函数和少量C++类构成，同时提供C++、Python、Ruby、MATLAB等语言的接口;
- 实现了图像处理和计算机视觉方面的很多通用算法，而且对非商业应用和商业应用都是免费的;
- 可以直接访问硬件摄像头，并且还提供了一个简单的 GUI系统——highgui。

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

古月居 GYH.AI

安装OpenCV

$ sudo apt-get install ros-melodic-vision-opencv libopencv-dev python-opencv



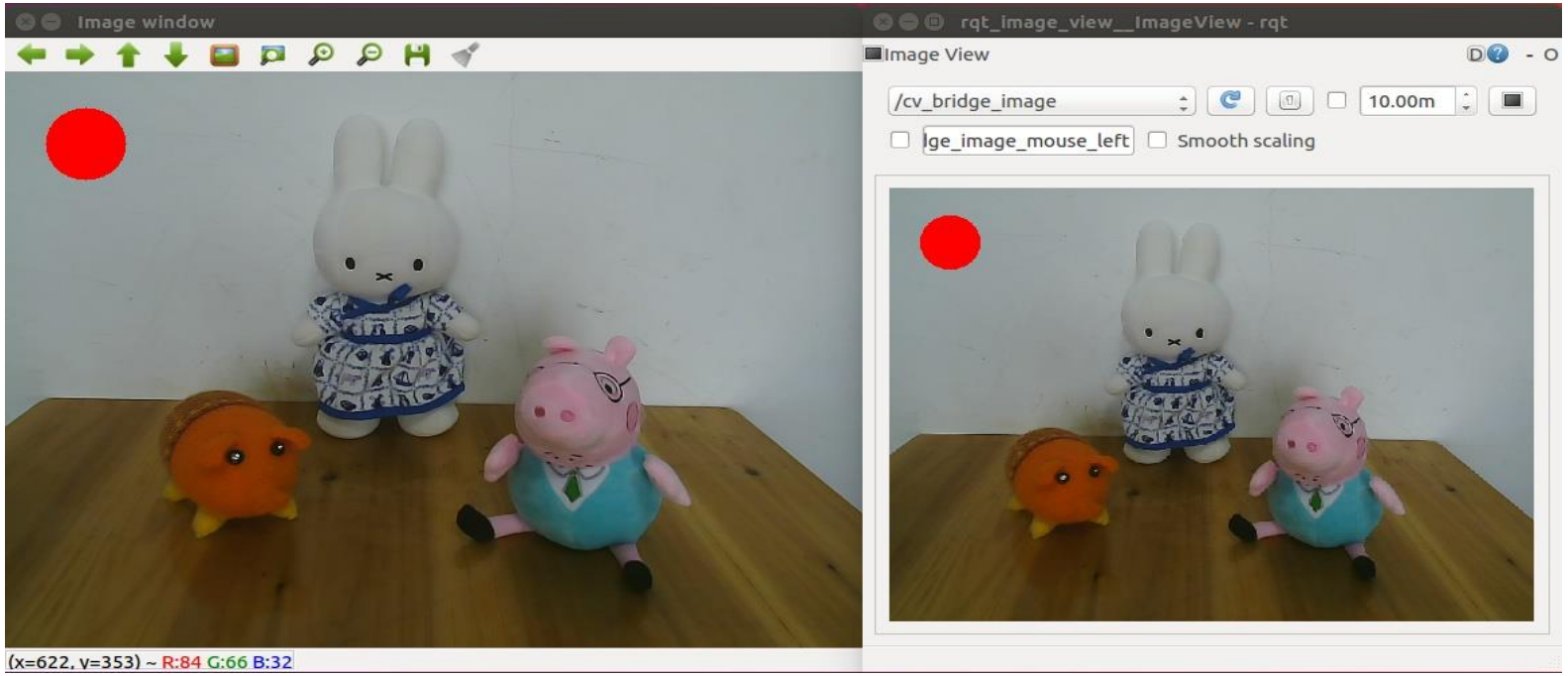
ROS与OpenCV的集成框架

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

古月居 GYH.AI

测试例程

```
$ roslaunch robot_vision usb_cam.launch
$ rosrun robot_vision cv_bridge_test.py
$ rqt_image_view
```



3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

古月居 GYH.AI

- imgmsg_to_cv2()：将ROS图像消息转换成OpenCV图像数据；
- cv2_to_imgmsg()：将OpenCV格式的图像数据转换成ROS图像消息；

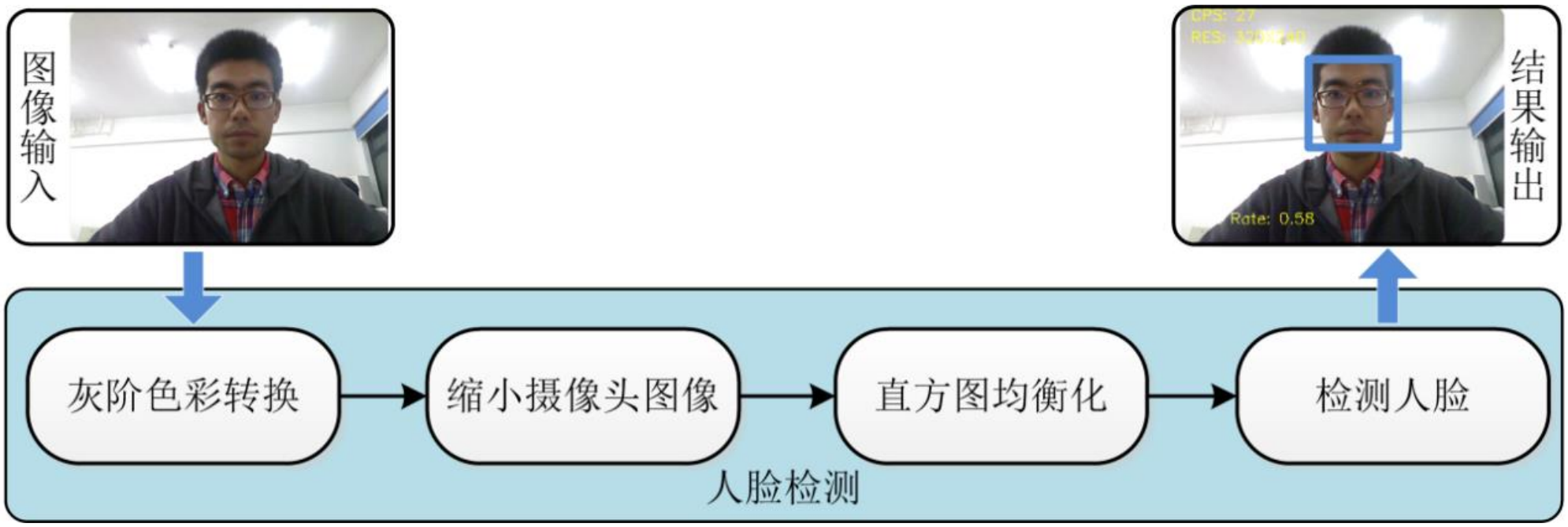
* 输入参数：

1. 图像消息流
2. 转换的图像数据格式

```python
import rospy
import cv2
from cv_bridge import CvBridge, CvBridgeError
from sensor_msgs.msg import Image

class image_converter:
    def __init__(self):
        # 创建cv_bridge，声明图像的发布者和订阅者
        self.image_pub = rospy.Publisher("cv_bridge_image", Image, queue_size=1)
        self.bridge = CvBridge()
        self.image_sub = rospy.Subscriber("/usb_cam/image_raw", Image, self.callback)

    def callback(self,data):
        # 使用cv_bridge将ROS的图像数据转换成OpenCV的图像格式
        try:
            cv_image = self.bridge.imgmsg_to_cv2(data, "bgr8")
        except CvBridgeError as e:
            print e

        # 在opencv的显示窗口中绘制一个圆，作为标记
        (rows,cols,channels) = cv_image.shape
        if cols > 60 and rows > 60 :
            cv2.circle(cv_image, (60, 60), 30, (0,0,255), -1)

        # 显示Opencv格式的图像
        cv2.imshow("Image window", cv_image)
        cv2.waitKey(3)

        # 再将opencv格式额数据转换成ros image格式的数据发布
        try:
            self.image_pub.publish(self.bridge.cv2_to_imgmsg(cv_image, "bgr8"))
        except CvBridgeError as e:
            print e
if __name__ == '__main__':
    try:
        # 初始化ros节点
        rospy.init_node("cv_bridge_test")
        rospy.loginfo("Starting cv_bridge_test node")
        image_converter()
        rospy.spin()
    except KeyboardInterrupt:
        print "Shutting down cv_bridge_test node."
        cv2.destroyAllWindows()
```

robot_vision/scripts/cv_bridge_test.py

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例



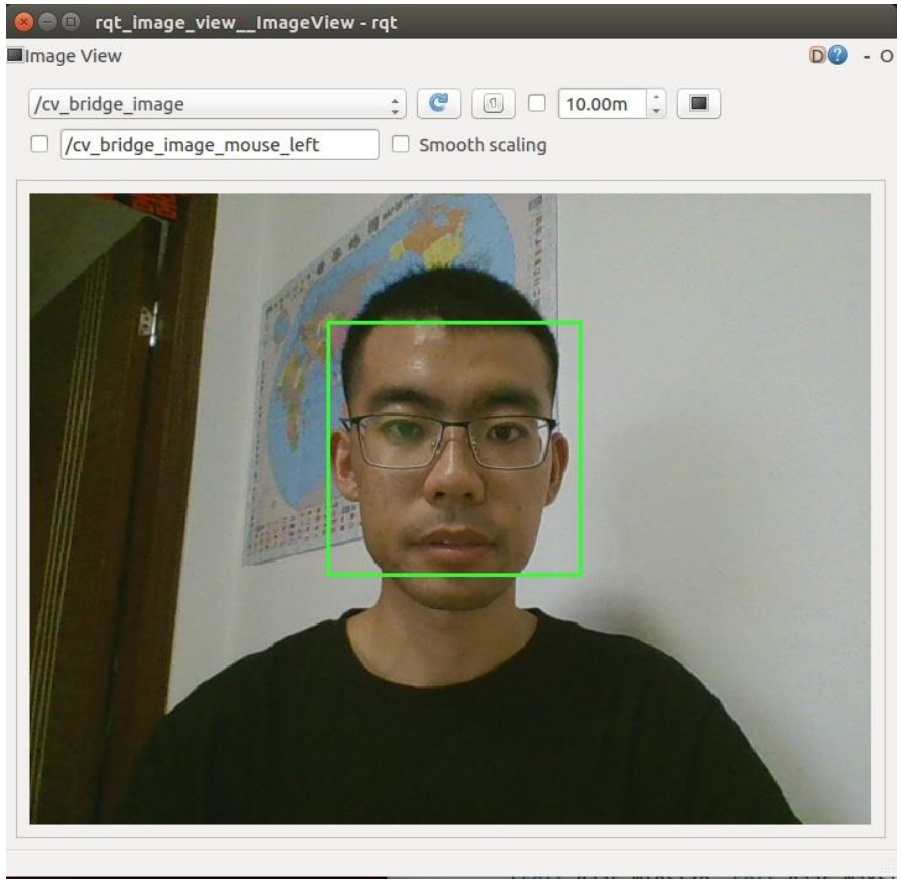
基于Haar特征的级联分类器对象检测算法

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

古月居 GYH.AI

启动人脸识别实例

```
$ roslaunch robot_vision usb_cam.launch
$ roslaunch robot_vision face_detector.launch
$ rqt_image_view
```



人脸识别效果

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

古月居 GYH.AI

➢ 初始化部分：

完成ROS节点、图像、识别参数的设置。

➢ 回调函数：

将图像转换成OpenCV的数据格式，然后预处理之后开始调用人脸识别的功能函数，最后把识别结果发布。

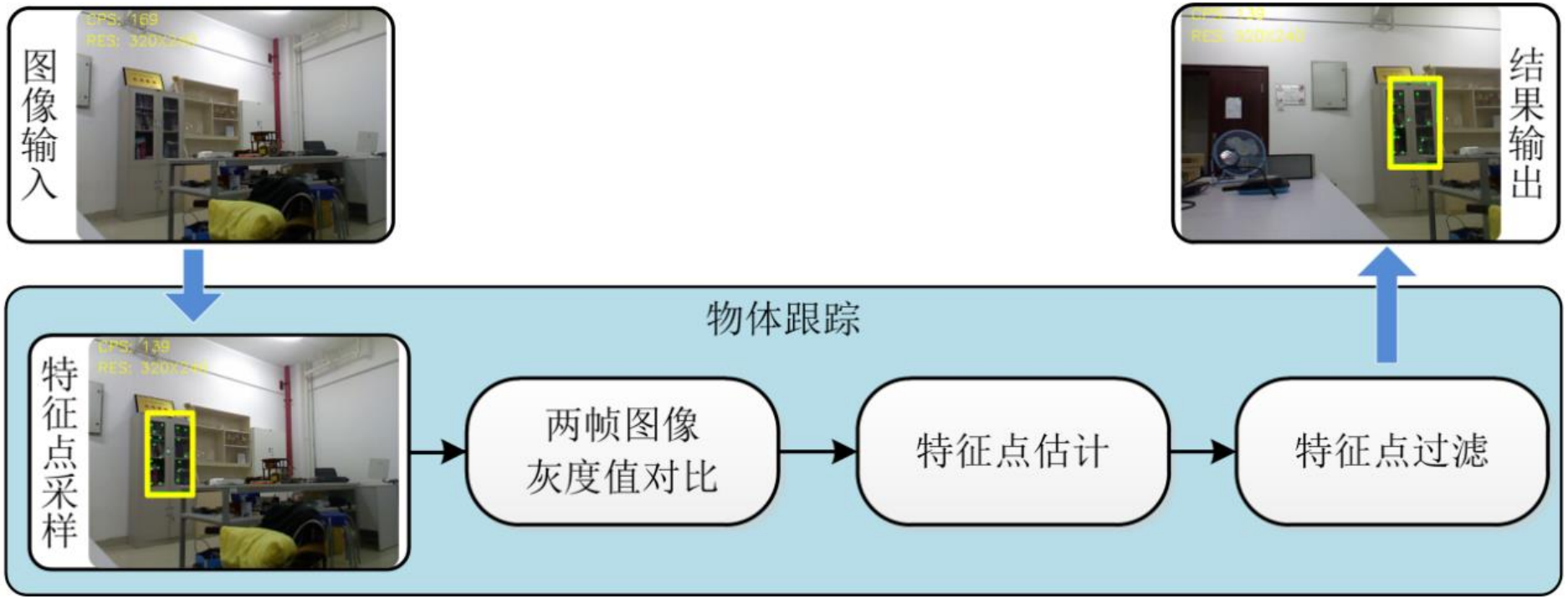
➢ 人脸识别

调用OpenCV提供的人脸识别接口，与数据库中的人脸特征进行匹配。

```
def image_callback(self, data):
    # 使用cv_bridge将ROS的图像数据转换成OpenCV的图像格式
    try:
        cv_image = self.bridge.imgmsg_to_cv2(data, "bgr8")
        frame = np.array(cv_image, dtype=np.uint8)
    except CvBridgeError, e:
        print e

    # 创建灰度图像
    grey_image = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    # 创建平衡直方图，减少光线影响
    grey_image = cv2.equalizeHist(grey_image)

    # 尝试检测人脸
    faces_result = self.detect_face(grey_image)

    # 在opencv的窗口中框出所有人脸区域
    if len(faces_result)>0:
        for face in faces_result:
            x, y, w, h = face
            cv2.rectangle(cv_image, (x, y), (x+w, y+h), self.color, 2)

    # 将识别后的图像转换成ROS消息并发布
    self.image_pub.publish(self.bridge.cv2_to_imgmsg(cv_image, "bgr8"))

def detect_face(self, input_image):
    # 首先匹配正面人脸的模型
    if self.cascade_1:
        faces = self.cascade_1.detectMultiScale(input_image,
                self.haar_scaleFactor,
                self.haar_minNeighbors,
                cv2.CASCADE_SCALE_IMAGE,
                (self.haar_minSize, self.haar_maxSize))

    # 如果正面人脸匹配失败，那么就尝试匹配侧面人脸的模型
    if len(faces) == 0 and self.cascade_2:
        faces = self.cascade_2.detectMultiScale(input_image,
                self.haar_scaleFactor,
                self.haar_minNeighbors,
                cv2.CASCADE_SCALE_IMAGE,
                (self.haar_minSize, self.haar_maxSize))

    return faces
```

robot_vision/script/face_detector.py

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例



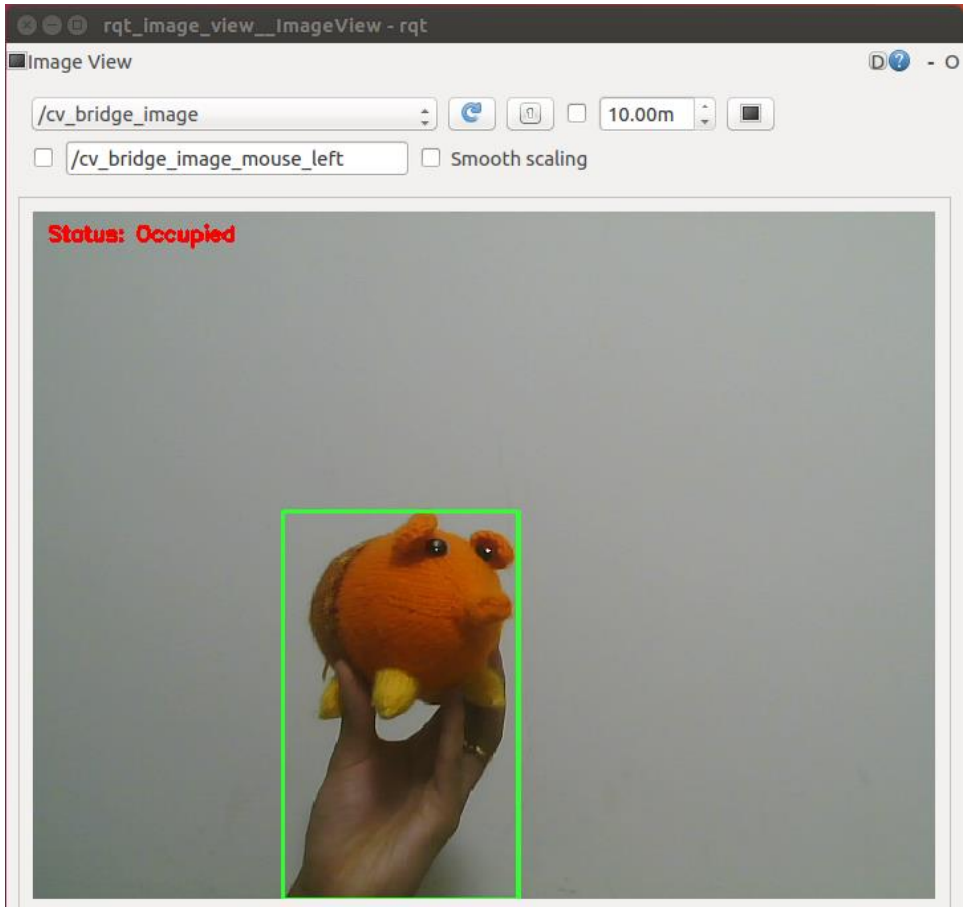
跟踪物体的特征点

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

古月居 GYH.AI

启动物体跟踪实例

```
$ roslaunch robot_vision usb_cam.launch
$ roslaunch robot_vision motion_detector.launch
$ rqt_image_view
```



物体跟踪效果

3. ROS+OpenCV图像处理方法及案例

古月居 GYH.AI

➢ 初始化部分：

完成ROS节点、图像、识别参数的设置。

➢ 图像处理：

将图像转换成OpenCV格式；完成图像预处理之后开始针对两帧图像进行比较，基于图像差异识别到运动的物体，最后标识识别结果并发布。

```
def image_callback(self, data):
    # 使用cv_bridge将ROS的图像数据转换成OpenCV的图像格式
    try:
        cv_image = self.bridge.imgmsg_to_cv2(data, "bgr8")
        frame = np.array(cv_image, dtype=np.uint8)
    except CvBridgeError, e:
        print e

    # 创建灰度图像
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    gray = cv2.GaussianBlur(gray, (21, 21), 0)

    # 使用两帧图像做比较，检测移动物体的区域
    if self.firstFrame is None:
        self.firstFrame = gray
        return
    frameDelta = cv2.absdiff(self.firstFrame, gray)
    thresh = cv2.threshold(frameDelta, self.threshold, 255, cv2.THRESH_BINARY)[1]

    thresh = cv2.dilate(thresh, None, iterations=2)
    binary, cnts, hierarchy= cv2.findContours(thresh.copy(), cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

    for c in cnts:
        # 如果检测到的区域小于设置值，则忽略
        if cv2.contourArea(c) < self.minArea:
            continue

        # 在输出画面上框出识别到的物体
        (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(c)
        cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (50, 255, 50), 2)
        self.text = "Occupied"

    # 在输出画面上打当前状态和时间戳信息
    cv2.putText(frame, "Status: {}".format(self.text), (10, 20),
        cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (0, 0, 255), 2)

    # 将识别后的图像转换成ROS消息并发布
    self.image_pub.publish(self.bridge.cv2_to_imgmsg(frame, "bgr8"))
```

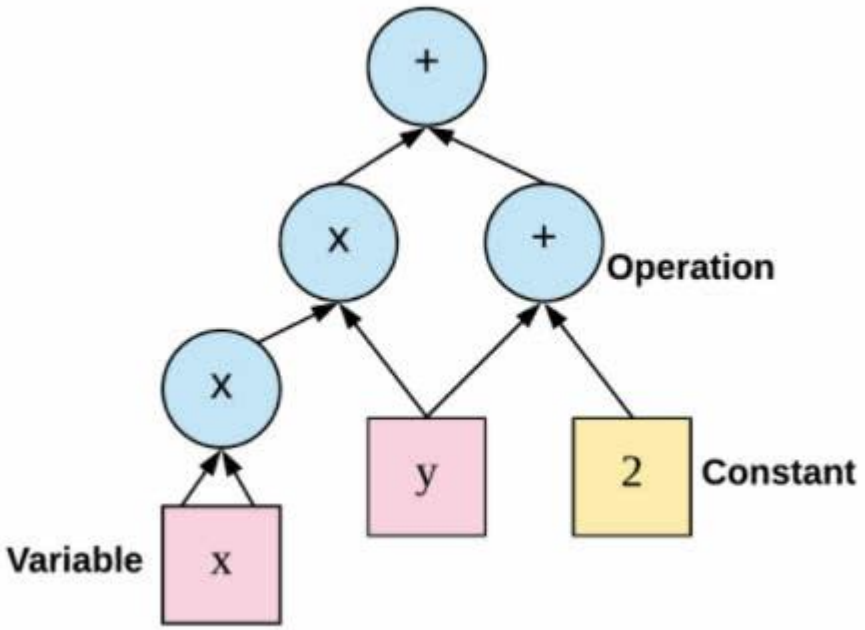
robot_vision/script/face_detector.py/motion_detector.py

4. ROS+Tensorflow物体识别方法及案例

TensorFlow 是一个用于人工智能的开源神器

TensorFlow是什么?

- 采用数据流图，用于数值计算的开源软件库。
- 节点在图中表示数学操作，线表示在节点间相互联系的多维数据数组，即张量（tensor）。
- 架构灵活，可以在多种平台上展开计算。
- 最初由Google大脑小组（隶属于Google机器智能研究机构）的研究员和工程师们开发出来，用于机器学习和深度神经网络方面的研究，但这个系统的通用性使其也可广泛用于其他计算领域。



4. ROS+Tensorflow物体识别方法及案例

古月居 GYH.AI

➢ 安装Tensorflow

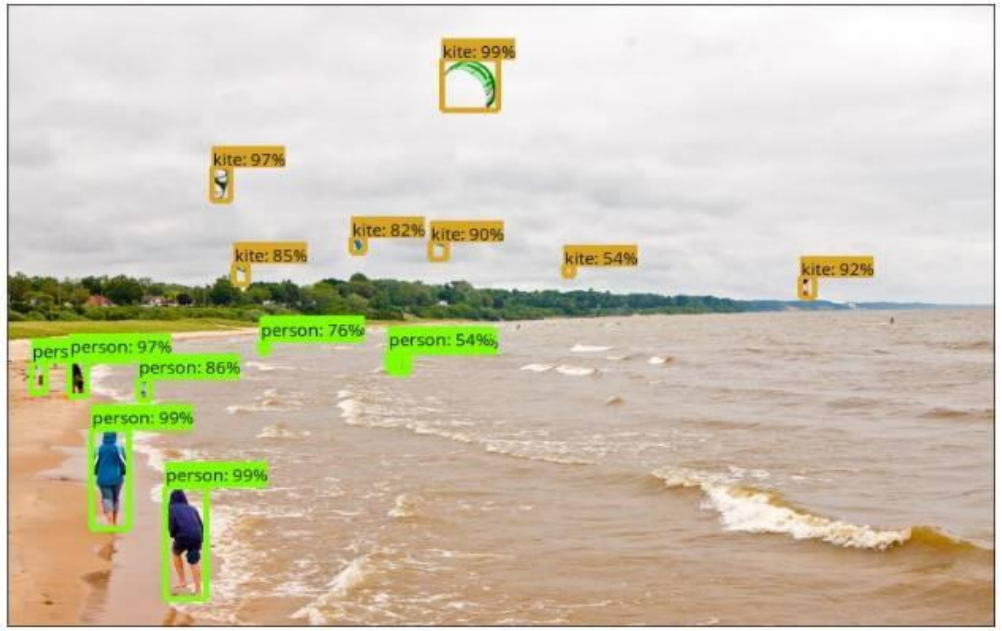
$ sudo apt-get install python-pip python-dev python-virtualenv

$ virtualenv --system-site-packages ~/tensorflow

$ source ~/tensorflow/bin/activate

$ easy_install -U pip

$ pip install --upgrade tensorflow



➢ 安装功能包

$ cd ~/catkin_ws/src

$ git clone https://github.com/Kukanani/vision_msgs.git

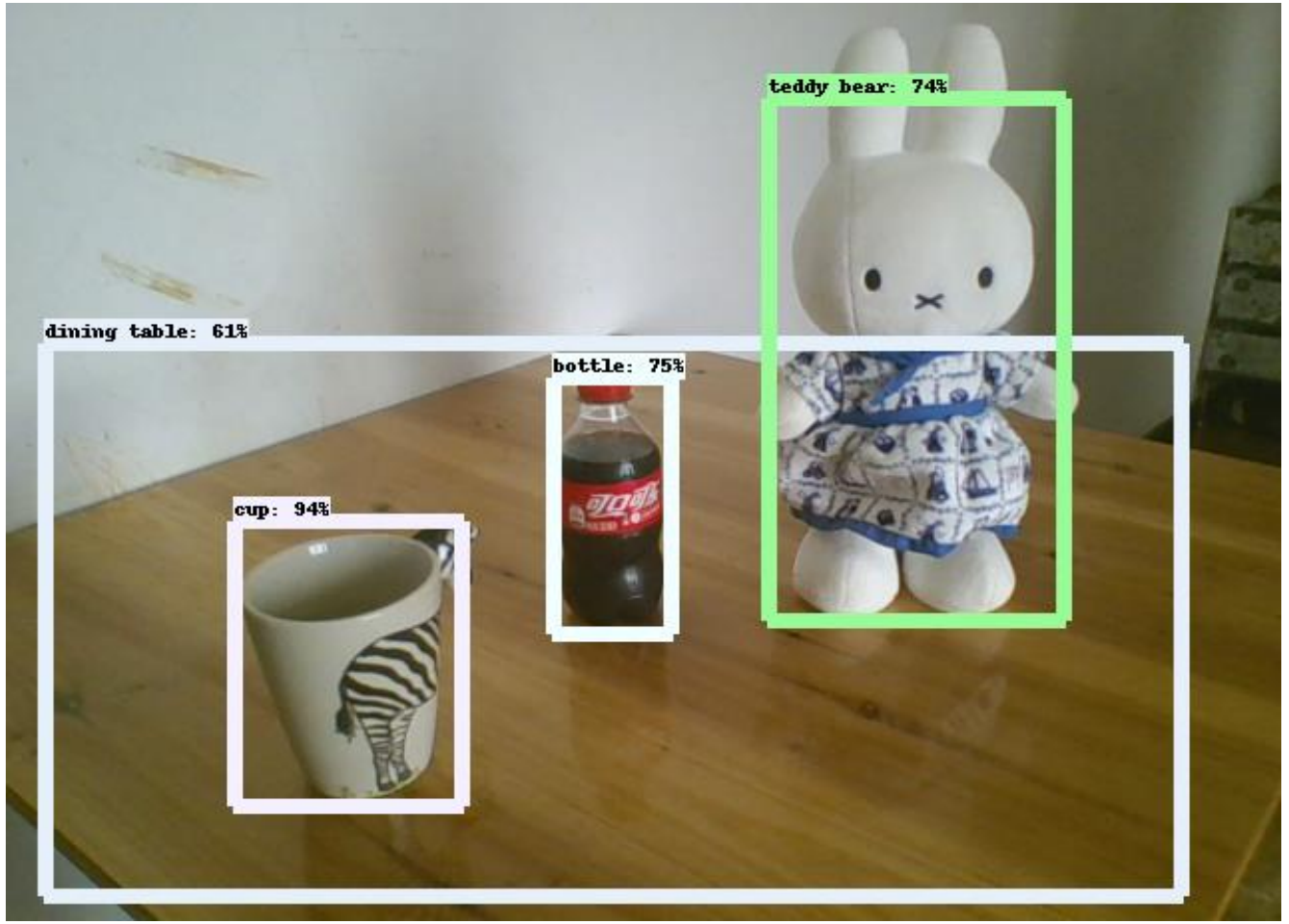
$ git clone https://github.com/osrf/tensorflow_object_detector.git

➢ 编译功能包

$ cd ~/catkin_ws && catkin_make

TensorFlow

4. ROS+Tensorflow物体识别方法及案例



物体识别　$ roslaunch tensorflow_object_detector usb_cam_detector.launch

4. ROS+Tensorflow物体识别方法及案例

基于深度学习的视觉分拣

基于深度学习的字符排序分拣

本讲小结

古月居 GYH.AI

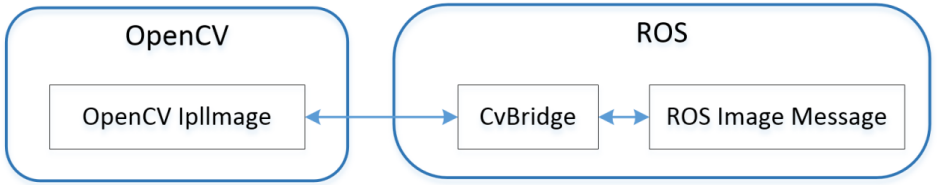
ROS摄像头驱动及数据接口

- RGB摄像头：sensor_msgs/Image
- RGBD摄像头： sensor_msgs/PointCloud2

摄像头参数标定

- camera_calibration

ROS+OpenCV
图像处理方法及案例



ROS+Tensorflow
物体识别方法及案例

- tensorflow_object_detector

本讲作业

古月居 GYH.AI

1. 使用人脸识别的方式实现以下场景：

- 通过人脸识别的方式，发布速度控制命令，控制上讲作业中实现的仿真机器人运动；
- 例如：人脸向左移动，小车向左转，人脸向前移动，小车前进等。

2. 按照本讲第四节的内容，复现tensorflow物体识别的案例，并实现以下跟随场景：

- 识别一个杯子及其在图像中的位置；
- 根据杯子的识别结果，发布速度控制命令，控制上讲作业中实现的仿真机器人运动；
- 例如：杯子远离摄像头，小车前进，杯子在图像中向左运动，小车左转等。

- ROS cv_bridge wiki
http://wiki.ros.org/cv_bridge

- ROS opencv_apps
http://wiki.ros.org/opencv_apps

- OpenCV教程
https://www.w3cschool.cn/opencv/opencv-2gnx28u3.html

- tensorflow_object_detector
https://github.com/osrf/tensorflow_object_detector.git

- TensorFlow Tutorials
https://tensorflow.google.cn/tutorials/

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