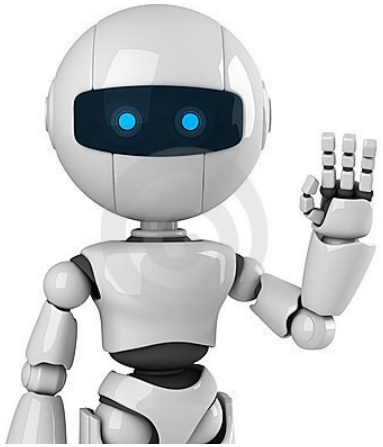
基于ROS的机器人跟随



东北大学 机器人科学与工程学院

张云洲

2018年11月

内容提纲

1. 机器人跟随的概念
2. TurtleBot简介
3. tf坐标变换
4. 基于人体骨架的行人跟随
5. 基于HOG+KCF的行人跟随
6. 实验演示

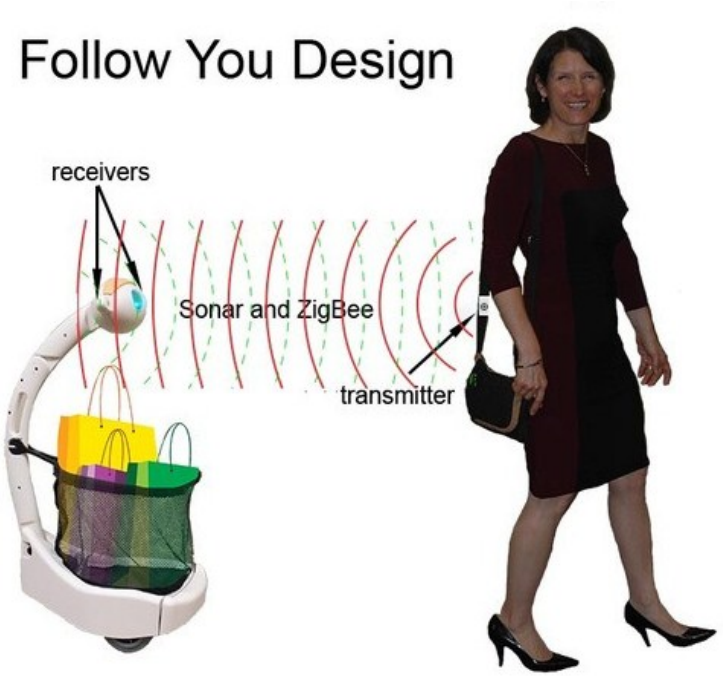
机器人跟随的概念

- 在跟随机器人的研究中，不同种类的移动机器人配备了不同类型的传感器。一般来说，主要有如下几种传感器方案来实现目标人的检测和跟踪：

机器人跟随的概念

美国Boston Dynamics研发的BigDog机器人

机器人跟随的概念



智能搬运机器人Budgee

机器人跟随的概念

Shadow Caddy球童机器人

机器人跟随的概念

RobovieII 超市购物辅助机器人

TurtleBot简介

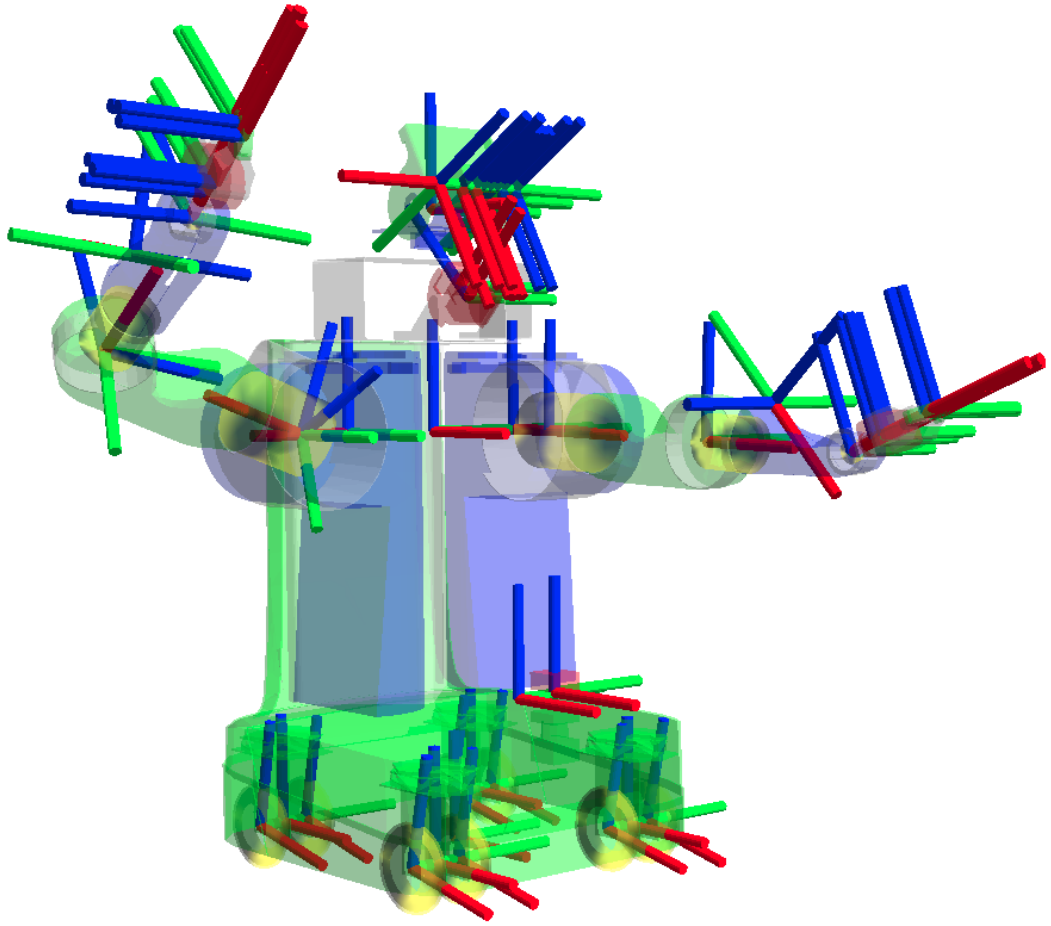
TurtleBot

- 由Willow Garage公司推出的一款用于机器人平台。
- 包括Yujin Kobuki移动底座结构和Kinect传感器。
- 左右两轮为主动轮，驱动TurtleBot进行平移和旋转；前后两轮为从动轮，用于保持机身的平衡。
- 配备有里程计和一个单轴陀螺仪，前端还有一个碰撞传感器。

tf坐标变换

Tf：让用户随时间跟踪多个参考系的功能包。

- 使用树型数据结构，根据时间缓冲并维护多个参考系之间的坐标变换关系；
- 可帮助用户在任意时间将点、向量等数据的坐标，在两个参考系中完成坐标变换。



tf坐标变换

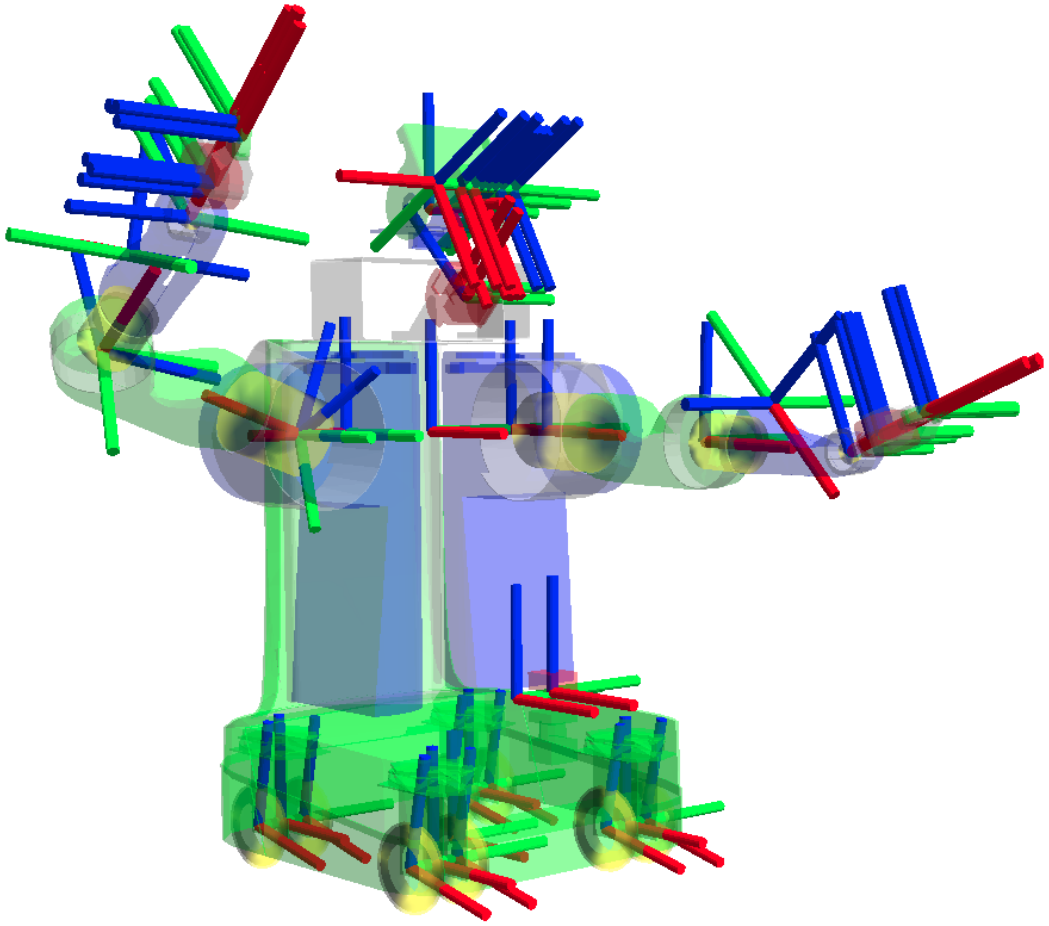
- 使用tf功能包的两个步骤：

(1) 监听tf变换

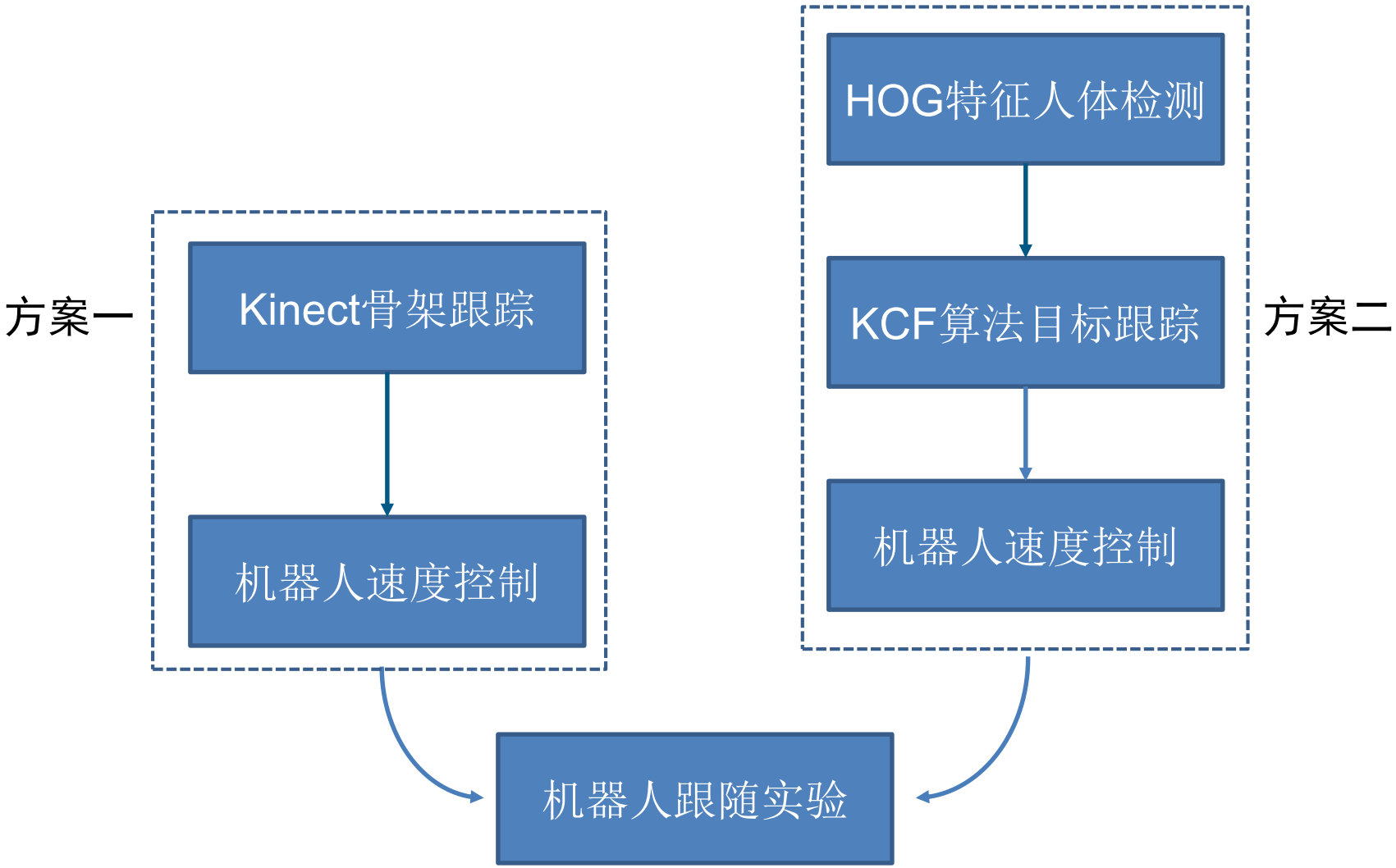
接收并缓存系统中发布的所有参考系变换，并从中查询所需要的参考系变换。

(2) 广播tf变换

向系统中广播参考系之间的坐标变换关系。系统中可能会存在多个对于机器人不同部位的tf变换广播。



机器人跟随的实现方案


方案一
Kinect骨架跟踪
机器人速度控制
HOG特征人体检测
KCF算法目标跟踪
机器人速度控制
方案二
机器人跟随实验

Kinect

一种 3D 体感摄像机，拥有语音识别、人脸识别、动态捕捉、动作识别等功能。Kinect 自左向右分别是红外线投影机、RGB 摄像头、红外深度摄像头，内部包含 4 个麦克风阵列，可以过滤背景噪声以及定位声源；底部仰角马达装置通过控制 Kinect 上下倾斜的角度获取最佳视角。

Kinect V1

Kinect识别骨骼原理

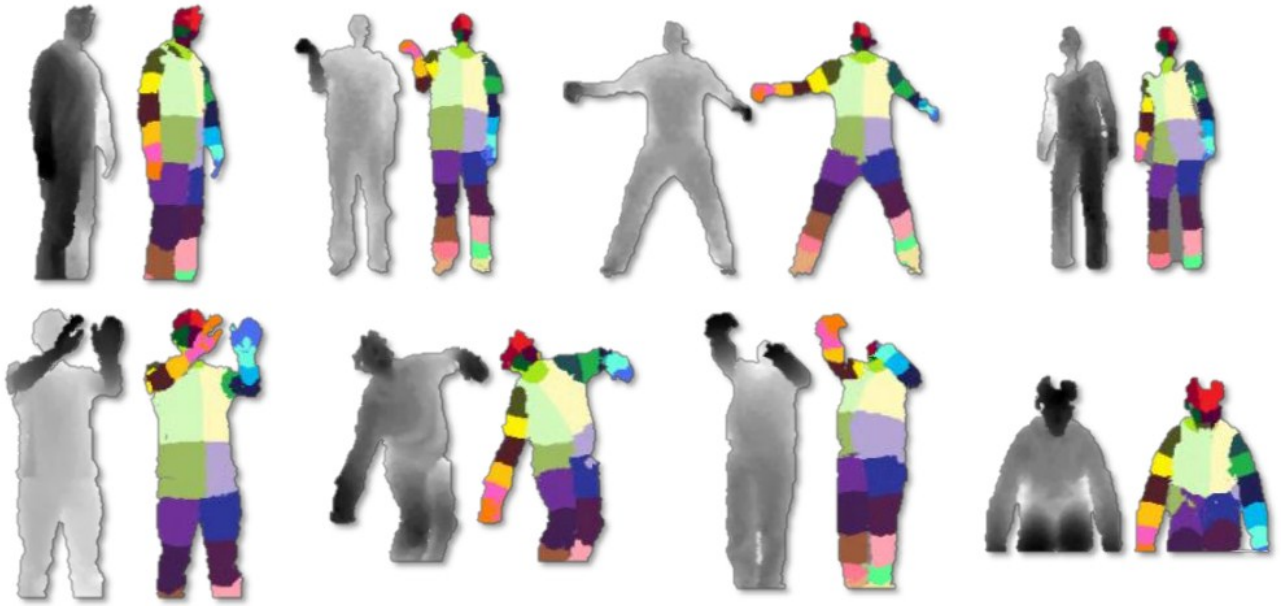
动静分离，识别人体

- 分析接近Kinect的区域，这也是最有可能是“人体”的目标。
- 逐点扫描这些区域深度图像的像素，判断属于人体的哪些部位。这一过程为计算机视觉技术，包括边缘检测、噪声阈值处理、对人体目标特征点的“分类”等环节。
- 将人体从背景环境中区分出来。

Kinect识别骨骼原理

人体部位分类

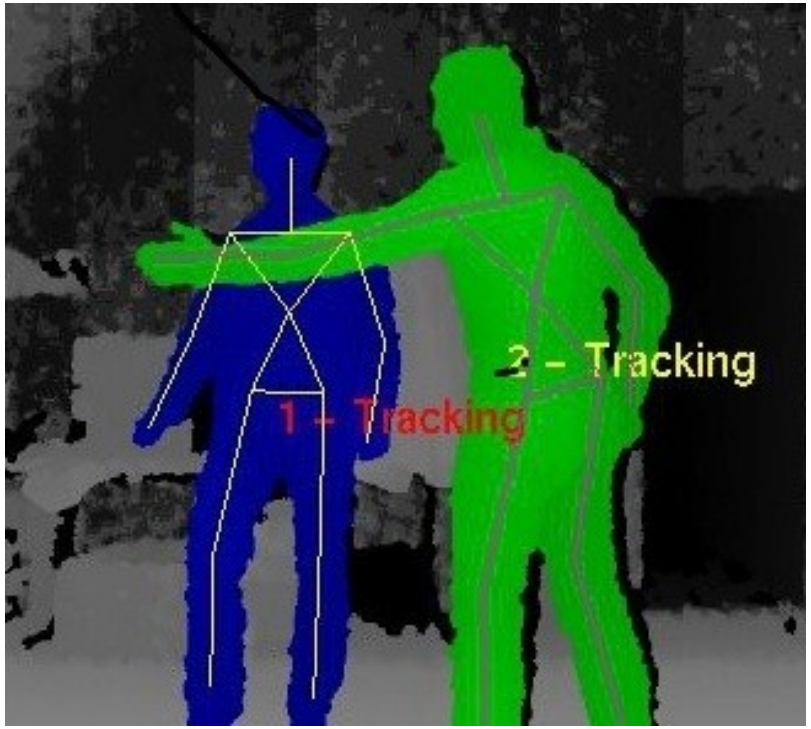
这一环节的主要工作是从深度图像中将人体各个部位识别出来，比如头部、躯干、四肢、手臂、腿等大块关联的肢体。



Kinect识别骨骼原理

从人体部位识别关节

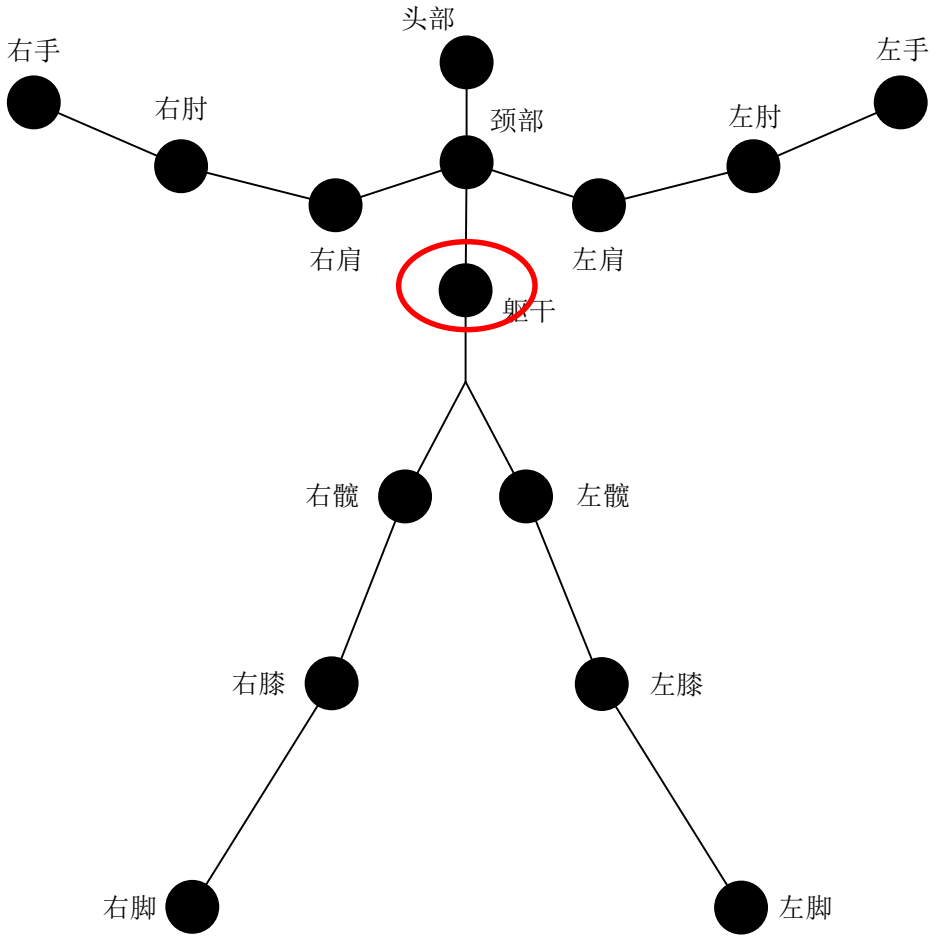
- 主要基于机器学习进行分类。
- 考虑到人体部位的重叠，分别从多角度进行分析，根据每一个可能的像素来确定关节点。
- 系统根据检测到的关节点生成一幅骨架。



人体骨架跟随方案

➢ 关节点检测

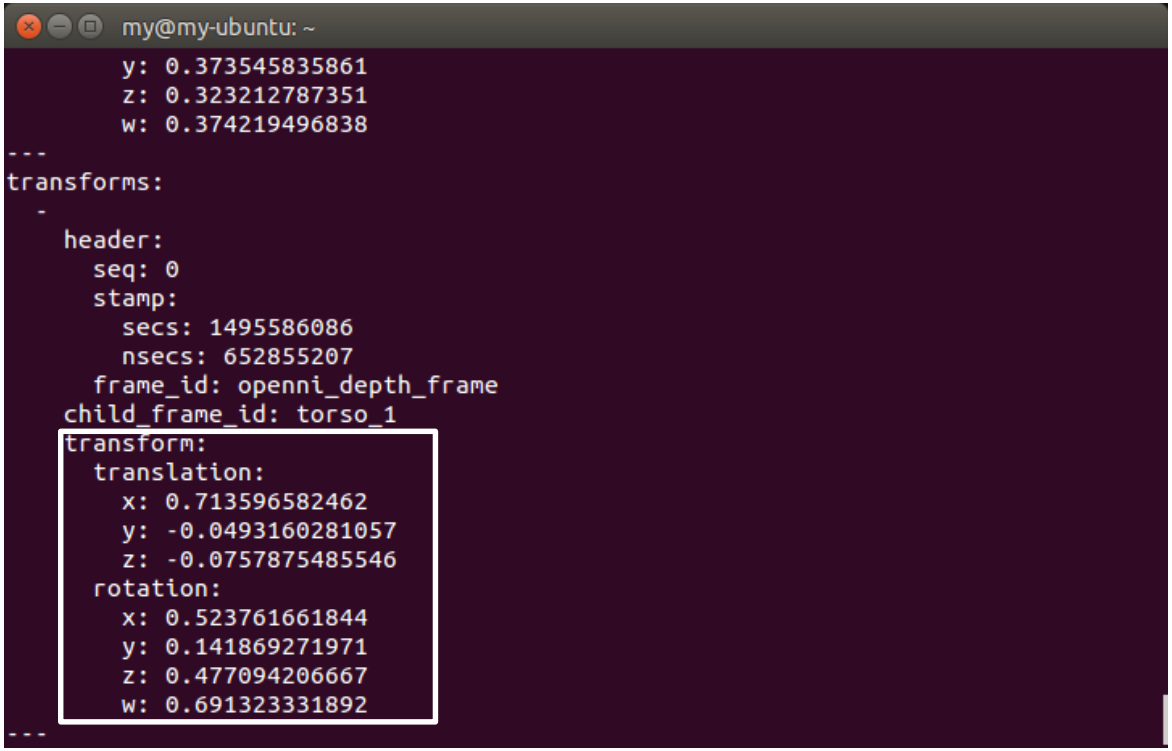
OpenNI可以检测到15个人体关节点。找到这些关节点后，就完成了对用户的骨骼跟踪，之后就可以提取关节点的相对位置信息来做运动分析。



人体骨架跟随方案

➢ 基于人体骨架的相对位置信息检测

OpenNI中的人体骨架追踪程序可以获得人体关节点的旋转矩阵和平移矩阵，利用平移矩阵的x，y坐标即可得到目标人的位置信息。



实验部分

1.安装TurtleBot驱动

2.安装Kinect驱动

3.下载OpenNI Tracker

4.获取人体关节位置信息

5.控制TurtleBot运动状态

安装TurtleBot驱动

- 参考网页：
  http://wiki.ros.org/TurtleBot/Tutorials/indigo/TurtleBot%20Installation
- 建议采用Debs Installation
- 如果TurtleBot没有反应，参考：
- http://wiki.ros.org/TurtleBot/Tutorials/indigo/Kobuki%20Base

安装Kinect驱动

- 安装OpenNI
- 安装SensorKinect
- 安装NITE
- 方法参考：
  http://blog.csdn.net/u013453604/article/details/48013959
- 如果提示No Device Connected, Waiting for Device to be Connected，可能缺少SensorKinect

安装Kinect驱动

- 需要注意的地方：
- If you're using Virtual Machine launching Ubuntu on it, I don't recommend you continue. I failed too many times in trying to do it on VMs. And finally I succeded in real machine.

  --http://wiki.ros.org/openni_camera

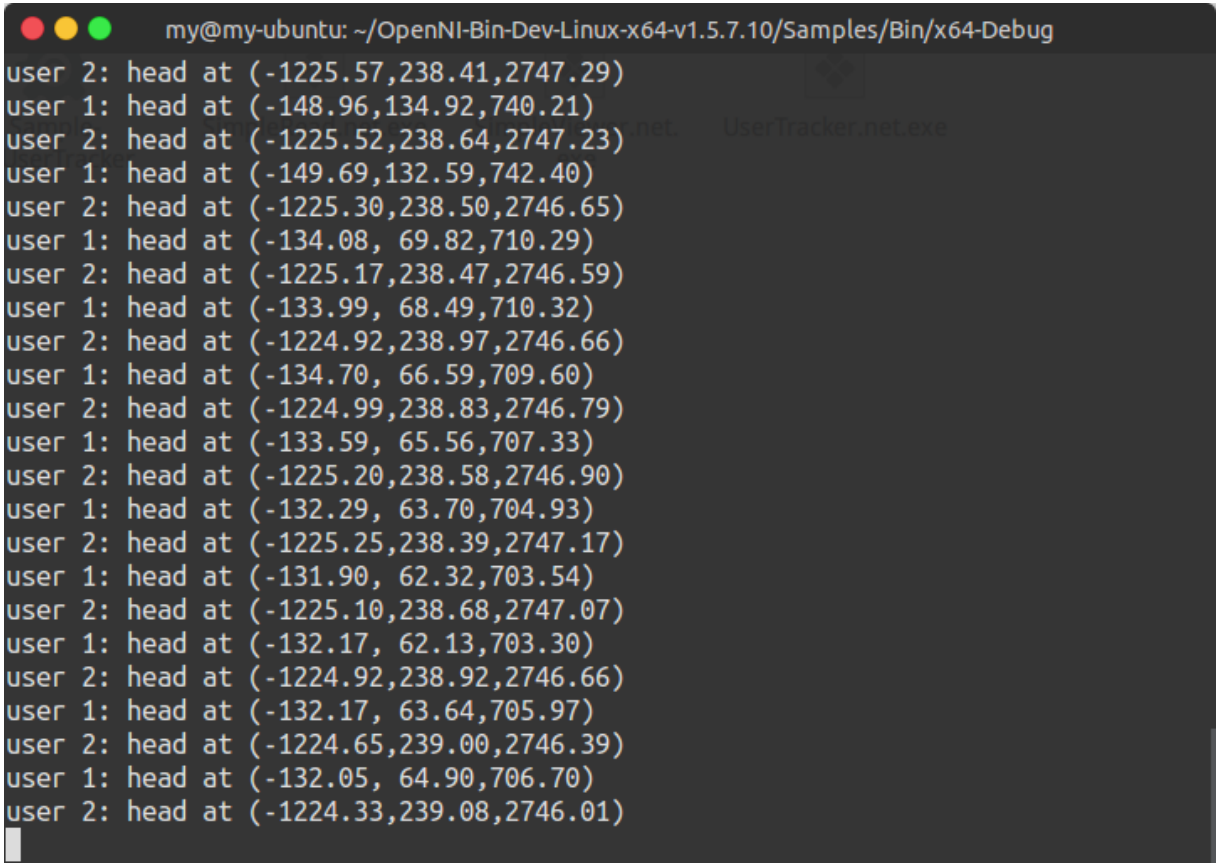
- we now have OpenNI and NITE 2.0, and PrimeSense have been bought by Apple. This tutorial does not work with versions 2 (though 1.5 works just fine), and there is talk of Apple stopping public access to NITE.

  --http://www.20papercups.net/programming/kinect-on- ubuntu-with-openni/

运行示例程序

cd ~/OpenNI-Bin-Dev-Linux-x64-v1.5.7.10/Samples/Bin/x64-Release
./NiViewer

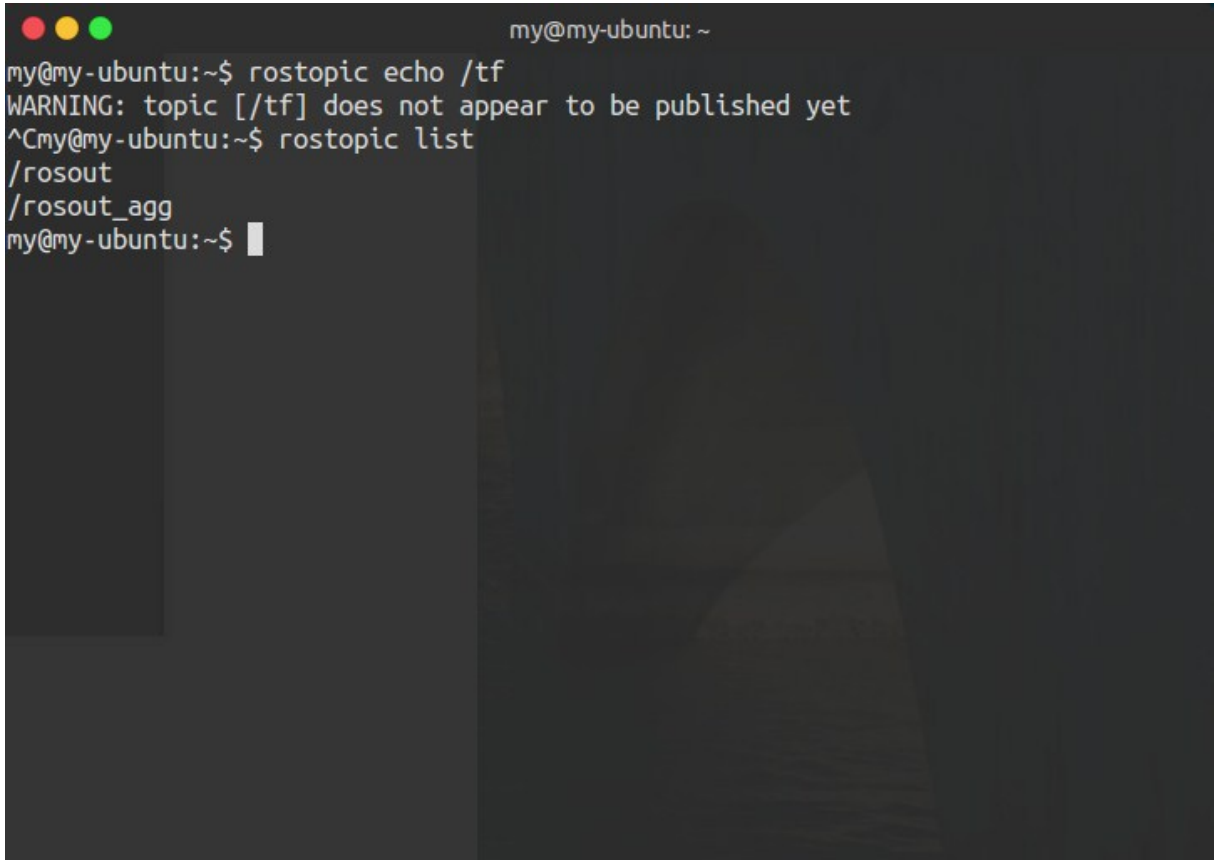
运行示例程序



cd ~/OpenNI-Bin-Dev-Linux-x64-v1.5.7.10/Samples/Bin/x64-Release
./Sample-NiSimpleSkeleton

运行示例程序

尽管运行NiSimpleSkeleton可以获得人体某一部位的坐标，但是没有发布到/tf中。



OpenNI Tracker

- The OpenNI tracker broadcasts the OpenNI skeleton frames using tf.
- 下载地址：https://github.com/ros-drivers/openni_tracker

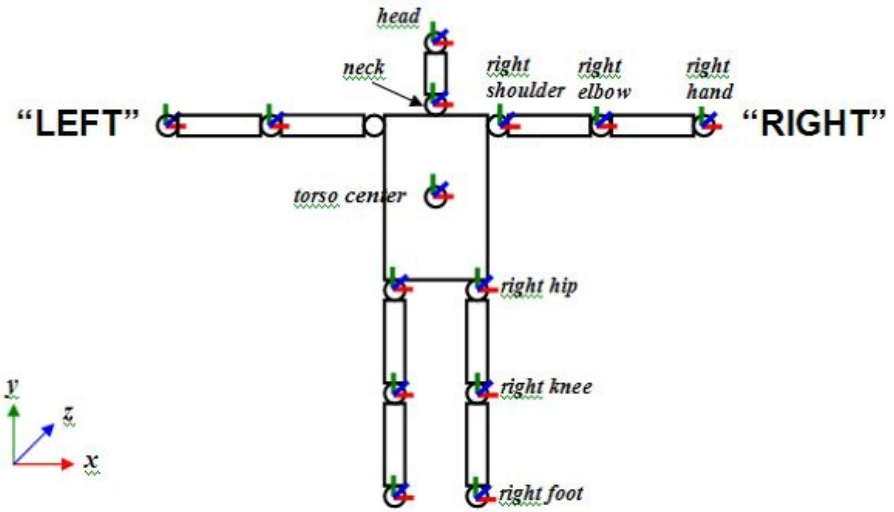
运行方法：

- rosrun openni_tracker openni_tracker
- make sure your Kinect is powered. For example, on TurtleBot, kinect.launch needs to be run successfully.

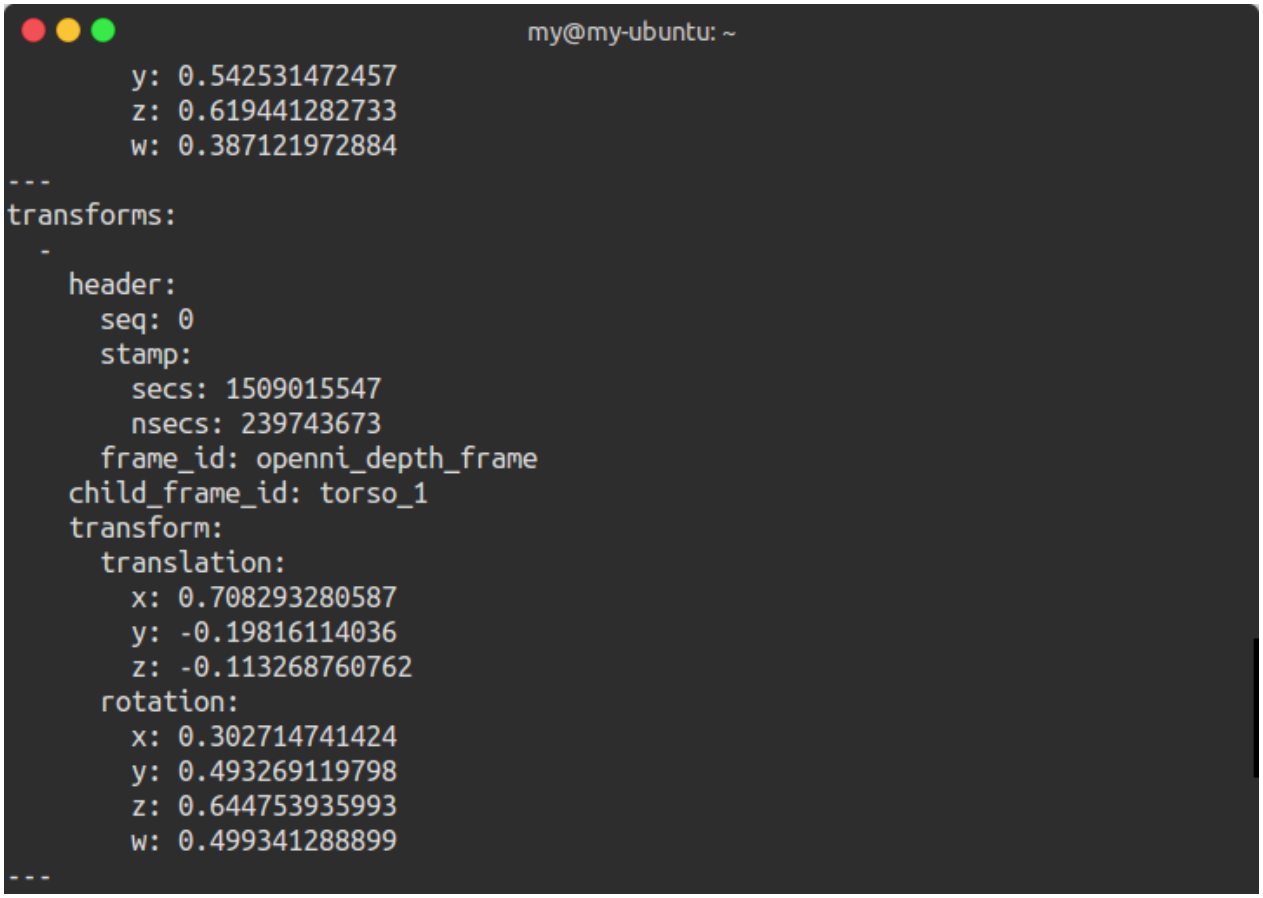
OpenNI Tracker

- The user's pose will be published as a set of transforms (/tf) with the following frame names.

/head	/right_elbow
/neck	/right_hand
/torso	/left_hip
/left_shoulder	/left_knee
/left_elbow	/left_foot
/left_hand	/right_hip
/right_shoulder	/right_knee
	/right_foot



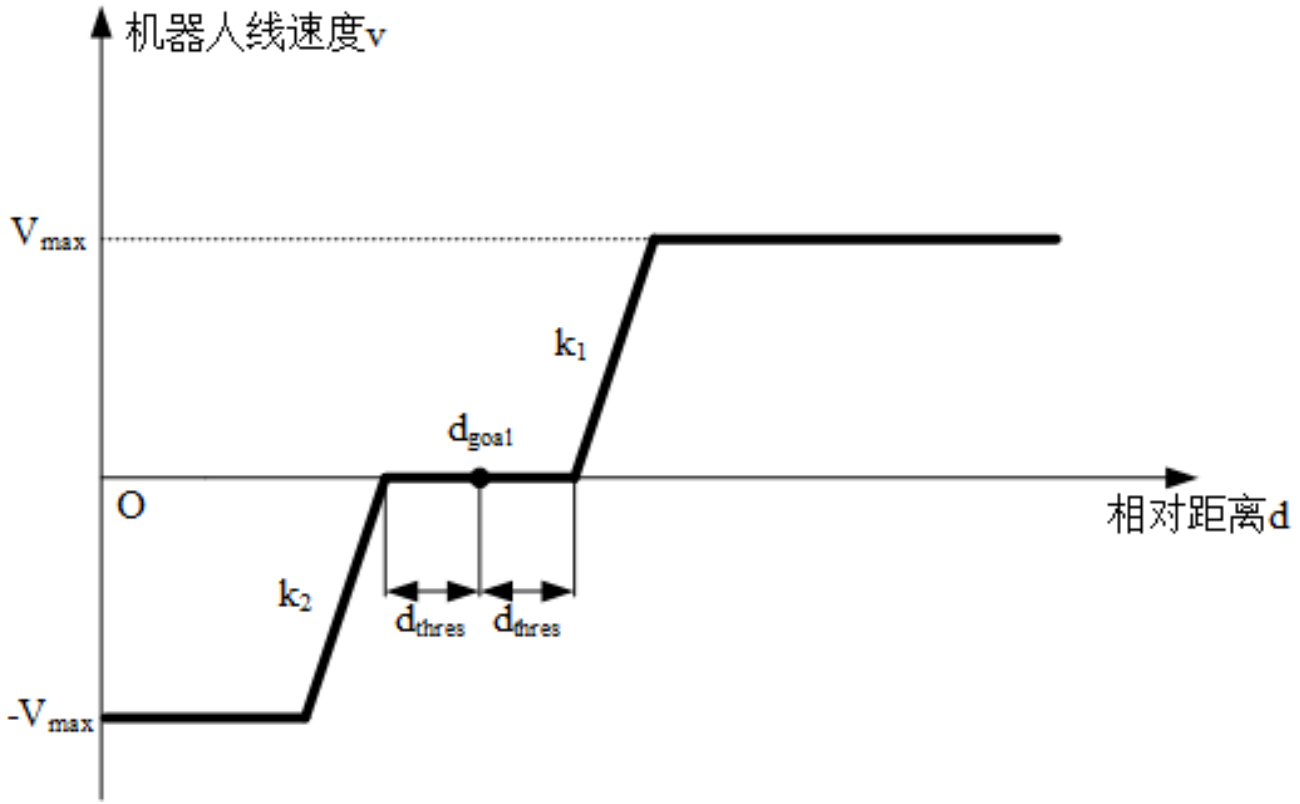
查看/tf下的关节坐标



rostopic echo /tf

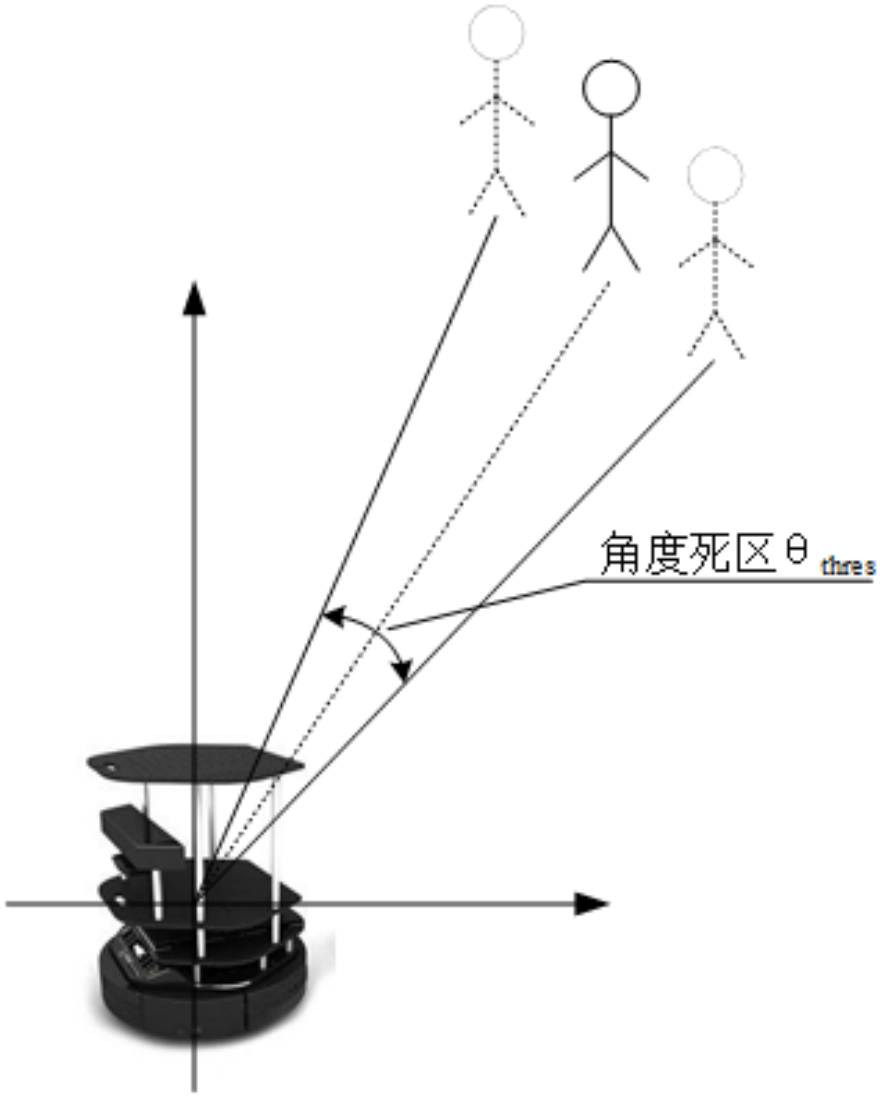
控制TurtleBot运动

- 线速度控制



控制TurtleBot运动

- 角速度控制



Kinect跟随实验

1.TurtleBot驱动：

roslaunch turtlebot_bringup minimal.launch

2.Kinect驱动：

roslaunch openni_launch openni.launch

3.启动OpenNI Tracker：

rosrun openni_tracker openni_tracker

4.启动human follower：

rosrun human_follower human_follower

HOG特征和KCF算法跟随方案

- 基于HOG特征的人体检测
- 作为当前的研究热点，基于HOG特征在目标检测研究中发挥着重要作用：

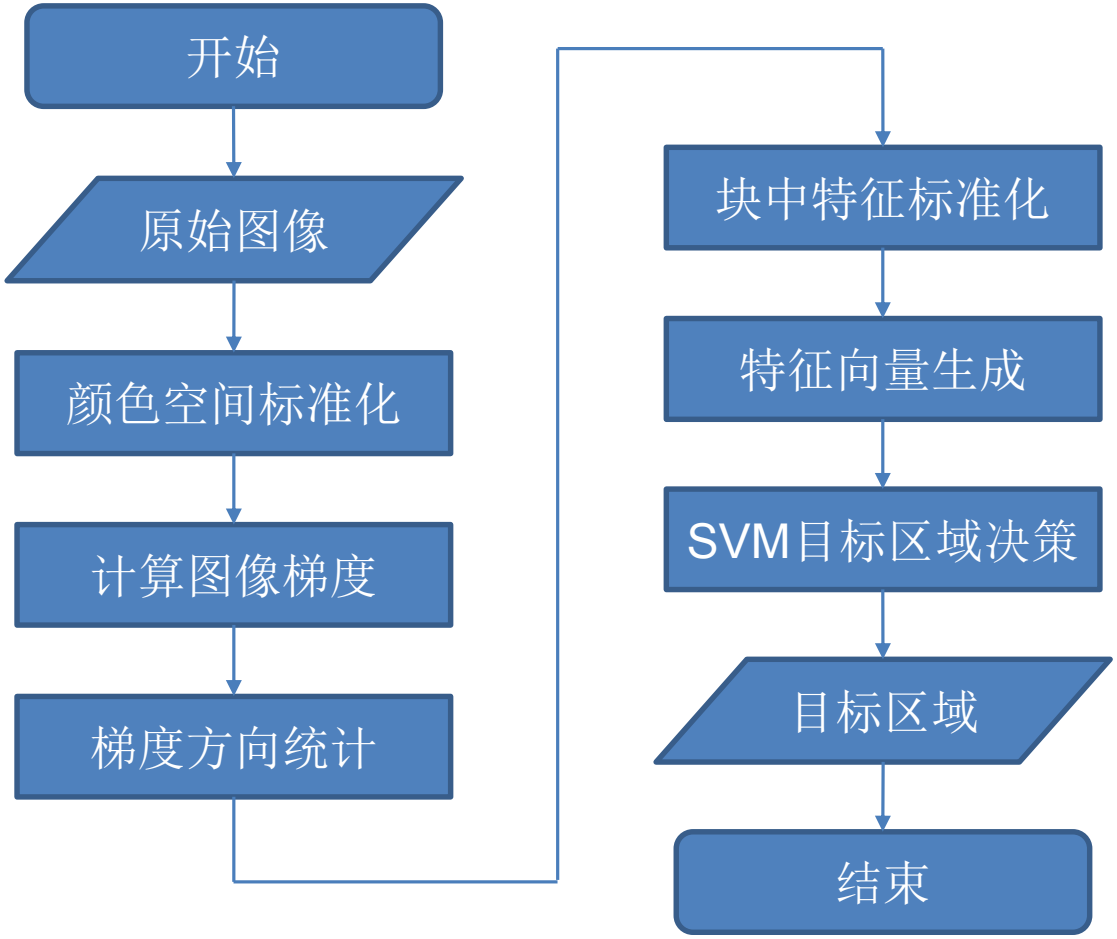
1. Tian S, Bhattacharya U, Lu S, et al. Multilingual scene character recognition with co-occurrence of histogram of oriented gradients[J]. Pattern Recognition, 2016, 51: 125-134.

2.Wójcikowski M. Histogram of Oriented Gradients with Cell Average Brightness for Human Detection[J]. Metrology and Measurement Systems, 2016, 23(1): 27-36.

- HOG是在图像的局部方格单元上操作，对图像中人体的微小姿态变化和光照变化具有一定的抵抗能力。

HOG特征和KCF算法跟随方案

➢基于HOG特征的人体检测流程图



HOG特征和KCF算法跟随方案

- 基于KCF算法的目标跟踪
- KCF（Kernelized Correlation Filter）算法使用了傅里叶变换，避免矩阵求逆操作，保证了算法的实时性。

$$\min_{\mathbf{w}} \sum_{i} (f(x_i) - y_i)^2 + \lambda \|\mathbf{w}\|^2$$

$$\mathbf{w} = (X^T X + \lambda I)^{-1} X^T \mathbf{y} \longrightarrow \mathbf{w} = \mathcal{F}$$

- 使用循环矩阵增加了训练样本，提高了准确率。

+30　　+15　　基准样本　　−15　　−30

HOG特征和KCF算法跟随方案

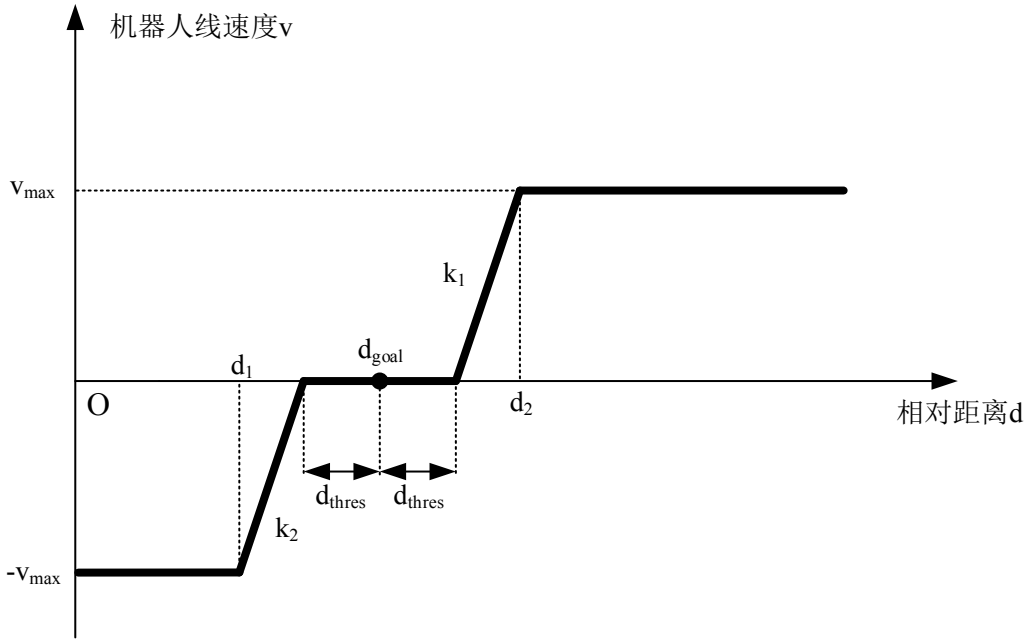
- 相对位置信息检测

- 距离检测
- 在感兴趣区域中均匀选取若干个点，将这几个点的深度值求和之后取平均值，作为机器人与目标人的距离。

- 角度检测
- 求出感兴趣区域的中心点横坐标，再求出整幅图像中心点的横坐标，将这两个横坐标的差值作为角度的度量。

HOG特征和KCF算法跟随方案

➢ 线速度控制策略



$$v=\begin{cases} -v_{\max} & 0<d\le d_1 \\ k_2 d-k_2(d_{goal}-d_{thres}) & d_1<d\le(d_{goal}-d_{thres}) \\ 0 & (d_{goal}-d_{thres})<d\le(d_{goal}+d_{thres}) \\ k_1 d-k_1(d_{goal}+d_{thres}) & (d_{goal}+d_{thres})<d\le d_2 \\ v_{\max} & d_2<d \end{cases}$$

HOG特征和KCF算法跟随方案

➢ 角速度控制策略

$$\omega = \begin{cases} 0 & \theta \in \theta_{thres} \\ -\omega_0 & \theta > 0 \bigcap \\ \omega_0 & \theta < 0 \bigcap \end{cases}$$