

## 附录 B： 习 题

### 第 1 章 ROS 入门必备知识

- 1.1 在电脑虚拟机上安装 ROS 并新建一个名为 catkin\_ws 的工作空间。
- 1.2 参考 ROS 标准消息类型的定义方式，并基于 ROS 标准消息类型自定义一个包含三个成员的新消息类型（一个成员为 Bool 型，一个成员为 Byte 型，一个成员为 Float32 型的数组）。假设该新消息类型被定义在 UserType.msg 文件中，请编写 UserType.msg 文件的具体内容。
- 1.3 请修改 1.5.1 节中的话题通信例程，实现在话题中发布和订阅 Float32 类型的消息，并在电脑上编译运行。
- 1.4 请从实时性、可靠性和实现复杂度上对 topic、service 和 action 通信方式的优缺点进行讨论。
- 1.5 请问在 launch 文件中设置静态 tf 关系和在 urdf 中设置静态 tf 关系各有什么优缺点。
- 1.6 请阐述 ROS 中的 master-slave 通信架构与 ROS2.0 中的 DDS 通信架构的联系与区别。

### 第 2 章 C++编程范式

- 2.1 请结合计算机体系结构方面的知识，说一说计算机中的 C++ 程序为什么需要编译后才能运行。
- 2.2 请思考一下 C++ 中的结构体和类之间有什么区别。
- 2.3 请遵循 2.3.4 节的命名约定规范定义一个 C++ 类，这个类中需要包含函数、变量、常量和宏。

### 第 3 章 OpenCV 图像处理

- 3.1 请从射影几何的角度出发，画出示意图解释两幅图像之间进行射影变换时的物理意义。
- 3.2 假设两幅图像之间存在射影变换关系，请问如何求出该变换矩阵。
- 3.3 高斯差分运算能近似替代高斯拉普拉斯运算来做图像角点的检测，请给出数学证明。
- 3.4 讨论一下图像金字塔、高斯金字塔和高斯差分金字塔之间的关系。

3.5 为什么从倒数第3个图层来生成高斯金字塔的下一个组就能保持高斯差分金字塔中尺度的连续性。

3.6 请从积分图像的理论出发，证明在求解图像的 Hessian 矩阵时能用盒式滤波代替高斯滤波的合理性。

## 第4章 机器人传感器

4.1 请思考卡尔曼滤波中尔曼增益  $K_k$  的物理意义。

4.2 请完善 4.4.3 节中的通信协议细节，包括硬件接口定义、物理层数据包、协议层数据包、帧检测机制、校验机制、数据解析机制等。

## 第5章 机器人主机

5.1 从计算机体系结构上看，CPU 与 GPU 的分别是什么，X86 与 ARM 分别又是什么。

5.2 机器人中一般采用 ARM 主机与 Linux 操作系统相搭配的方案，而很少使用 X86 主机与 Windows 操作系统相搭配的方案，那么请从安全性、可靠性、开发复杂度、软件生态等方面谈谈你自己的看法。

5.3 假设机器人、工作台和手机三者之间以 ROS 网络通信方式进行通信，其中机器人的 IP 地址为 192.168.0.52，工作台的 IP 地址为 192.168.0.10，手机的 IP 地址为 192.168.0.161，并指定机器人为 MASTER，那么请写出每台设备上 ROS 网络通信环境变量的取值。

## 第6章 机器人底盘

6.1 假设两轮差速底盘以恒定的线速度 0.3m/s 和角速度 0.1rad/s 行驶了 10s，请问左轮、右轮和底盘运动中心各行进了多少路程。

6.2 在 6.1.1 节中介绍了通过试探法标定两轮差速底盘轮子的半径  $R$  和左右轮的轴距  $d$  的方法，但试探法需要反复做实验试探。请你设计一种基于解析的标定方法，仅通过几个测量数据就能从解析式中直接求出半径  $R$  和左右轮的轴距  $d$ 。

6.3 式（6-20）给出了后驱阿克曼底盘的前向运动学方程，那么请你推导出前驱阿克曼的前向运动学方程。

6.4 结合两轮差分、四轮差分、阿克曼和全向底盘的优缺点，说一说它们各自所适合的应用场景。

## 第 7 章 SLAM 中的数学基础

7.1 为什么说 SLAM 问题在理论上已经得到解决了，从数据关联、收敛性和一致性方面发表你的看法。

7.2 在线 SLAM 系统和完全 SLAM 系统有什么区别，基于滤波的 SLAM 与基于优化的 SLAM 有什么区别，为什么说基于滤波的在线 SLAM 系统无法构建大规模地图。

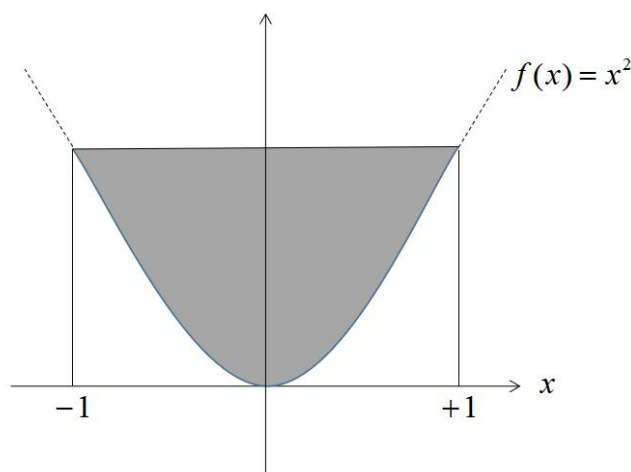
7.3 请利用贝叶斯准则将条件概率  $P(A|B,C,D)$  进行展开。

7.4 贝叶斯估计与传统的最大似然或最小二乘估计最大的区别是什么。

7.5 请编程实现梯度下降算法，用来求解函数  $f(x) = x^2 + \sin 2x + 2$  的最小值。

## 第 8 章 激光 SLAM 系统

8.1 请借鉴粒子滤波中粒子采样的思想，编写程序求解下图中阴影区域的面积。



8.2 请通过源码方式在你的电脑上安装 Gmapping，利用数据集离线建图，并使用 map\_server 将地图保存到本地。

8.3 请详细阐述 Cartographer 闭环检测时分支界定策略的执行步骤。

## 第 9 章 视觉 SLAM 系统

9.1 请使用相机对同一个物体拍摄两幅不同视角的照片，然后利用 OpenCV 从这两幅照片中提取 ORB 特征点并进行特征匹配。

9.2 用于描述旋转的 Hamilton 四元数  $q = 0.5 + 0.5i + 0.5j + 0.5k$ ，请将该四元数转换成对应的旋转矩阵。

下载更多资料：[www.xiihoo.com](http://www.xiihoo.com)

9.3 假设以相机的初始位姿建立坐标系  $o_1$ ，以相机经过旋转  $R = \begin{bmatrix} 0.6 & -0.8 \\ 0.8 & 0.6 \end{bmatrix}$  和平移

$t = [0.2, 0.5, 0.8]^T$  后的位姿建立新坐标系  $o_2$ ，假设世界中有一个点 P 在坐标系  $o_1$  的坐标值为  $[5, 2, 1]^T$ ，并且点 P 的位置不会随相机的运动而改变，请问点 P 在坐标系  $o_1$  的坐标值是多少。

9.4 给定文本 `txt1="abaabdcfff"` 和 `txt2="cdefcaa"`，给定字典 `dic={1:'a',2:'b',3:'c',4:'d',5:'e',6:'f'}`，请利用词频统计为文本 `txt1` 和 `txt2` 分别生成对应的表征向量，并利用海明距离评价这两个文本的相似性。

9.5 请结合第 3 章中所学的 OpenCV 知识，将 ORB\_SLAM2 的 ROS 例程中采用数据集获取图像的部分修改成直接从相机设备获取图像。

9.6 视觉 SLAM 中的特征点法与直接法分别通过什么方式进行数据关联，并讨论各自的优缺点。

9.7 单目相机通过三角化重建路标点的过程与双目相机重建路标点的过程一样吗？请谈谈你的看法。

## 第 10 章 其他 SLAM 系统

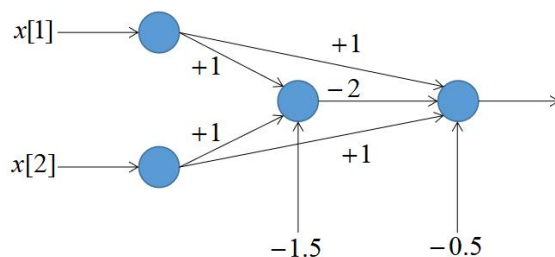
10.1 我们常说的 SLAM 系统三段式范式是什么，端到端 SLAM 系统又是什么。

10.2 单目相机与 IMU 组成的视觉惯导设备通常需要标定，什么是内参标定和外参标定，标定能起到什么作用。

10.3 定义一个 logistic 函数为  $\varphi(v) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha v}}$ ，请证明它关于  $v$  的导数为  $\frac{d\varphi}{dv} = \alpha\varphi(v)(1 - \varphi(v))$ 。

10.4 请编程实现用神经网络逼近三角函数  $\sin x$ ，并给出监督学习的具体训练过程。

10.5 请证明下图中的神经网络能解决异或问题  $XOR(x[1], x[2])$ 。



10.6 循环神经网络和递归神经网络是一样的东西吗？请发表你的看法。

## 第 11 章 自主导航中的数学基础

11.1 请编写程序实现 Dijkstra 算法，要求能输入包含任意个节点及边的图结构以及起始节点和目标节点，输出结果为路径。

11.2 为什么说机器人自主导航是一个序贯决策问题。

11.3 请证明当折扣率  $0 < \gamma < 1$  且回报序列  $\{r\}$  有界时，长期回报

$$G_t = \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k \bullet r_{t+1+k} \text{ 是一个有限值。}$$

11.4 请讨论求解强化学习问题的动态规划方法、采样方法、价值函数逼近和策略搜索之间的联系与区别。

## 第 12 章 典型自主导航系统

12.1 第 8 章中的 Gmapping 与本章的 AMCL 之间有什么联系和区别。

12.2 请参考 ros-navigation 中默认全局路径规划插件的写法，编写一个你自己的全局路径规划插件，并尝试进行插件加载。

12.3 假设 ros-navigation 默认采用 base\_local\_planner 局部路径规划插件进行局部避障导航，但发现导航过程中机器人总是贴在墙壁或者障碍物行进，请问应该如何调整 base\_local\_planner 的参数来改善这个问题。

## 第 13 章 机器人 SLAM 导航综合实战

13.1 请按照 13.1 节中的步骤将你的机器人上的传感器、urdf 以及底盘启动起来，然后打开 rviz 订阅激光雷达、里程计以及 tf 的数据。

13.2 请编写一个 ROS 节点，用该节点向机器人底盘的/cmd\_vel 话题发送速度控制命令，让机器人在地上沿着边长为 1m 的正方形路线运动。

13.3 请编写一个 ROS 节点，用该节点向机器人中的 move\_base 发送导航目标点。