南京邮电大学 2018/2019学年第 1 学期

《 机器人技术 》期末试卷（A）

专业 班级 学号 姓名

装 订 线 内 不 要 答 题

自 觉 遵 守 考 试 规 则，诚 信 考 试，绝 不 作 弊

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 题号 | 一 | 二 | 三 | 四 | **总 分** |
| 得分 |  |  |  |  |  |

|  |
| --- |
| 得分 |
|  |

**一、填空题（30分，每空2分）**

1. 按照相机的工作方式，机器人常用相机分为1）\_\_ 单目摄像头

2）\_\_ 双目摄像头 \_ 3）\_深度摄像头\_ 三类。

2. 度量地图强调精确地表示地图中物体的位置关系，通常我们用 稀疏 与稠密 对它们进行分类。

3. 自由度定义为物体能够对坐标系进行独立运动的数目，三维空间中完全确定任意物体的位置和姿态，至少需要 \_\_6\_\_\_ \_\_个自由度数目。

4. 按照运动和观测方程是否为线性，噪声是否服从高斯分布进行分类，分为线性/非线性和高斯/非高斯系统。

5. 地图的形式随SLAM 的应用场合而定。大体上讲，它们可以分为度量地图与拓扑地图两种。

6.在视觉SLAM 中，前端和计算机视觉研究领域更为相关，比如图像的特征提取与匹配等，后端则主要是滤波与非线性优化算法。

7. 特征点由关键点（Key-point）和描述子（Descriptor）两部分组成。

8.刚体空间运动的旋转向量到旋转矩阵可由罗德里格斯公式相互转化。

|  |
| --- |
| 得分 |
|  |

**二、简答题（60分，每题10分）**

**1. 给出机器人SLAM（Simultaneous Localization and Mapping）的定义？**



**2. 整体视觉SLAM流程包括哪5个主要步骤？**

1. 传感器信息读取。在视觉SLAM 中主要为相机图像信息的读取和预处理。如果在机器人中，还可能有码盘、惯性传感器等信息的读取和同步。
2. 视觉里程计(Visual Odometry, VO)。视觉里程计任务是估算相邻图像间相机的运动，以及局部地图的样子。VO 又称为前端（Front End）。
3. 后端优化（Optimization）。后端接受不同时刻视觉里程计测量的相机位姿，以及回环检测的信息，对它们进行优化，得到全局一致的轨迹和地图。由于接在VO 之后，又称为后端（Back End）。
4. 回环检测（Loop Closing）。回环检测判断机器人是否曾经到达过先前的位置。如果检测到回环，它会把信息提供给后端进行处理。
5. 建图（Mapping）。它根据估计的轨迹，建立与任务要求对应的地图。

**3. 计算机视觉领域的研究者设计了许多更加稳定的局部图像特征，如著名的SIFT, SURF,ORB等等。相比于朴素的角点，这些人工设计的特征点拥有哪些特性？**

1. 可重复性（Repeatability）：相同的“区域”可以在不同的图像中被找到。
2. 可区别性（Distinctiveness）：不同的“区域”有不同的表达。
3. 高效率（Efficiency）：同一图像中，特征点的数量应远小于像素的数量。
4. 本地性（Locality）：特征仅与一小片图像区域相关。

**4. 列出扩展Kalman滤波器（EKF）的三点局限性。**

1. 滤波器方法在一定程度上假设了马尔可夫性，也就是k 时刻的状态只与k+1时刻相关，而与k + 1 之前的状态和观测都无关（或者和前几个有限时间的状态相关）。这有点像是在视觉里程计中，只考虑相邻两帧关系一样。如果当前帧确实与很久之前的数据有关（例如回环），那么滤波器就会难以处理这种情况。
2. EKF 滤波器仅在^x（k+1） 处做了一次线性化，然后就直接根据这次线性化结果，把后验概率给算了出来。这相当于在说，我们认为该点处的线性化近似，在后验概率处仍然是有效的。而实际上，当我们离开工作点较远的时候，一阶泰勒展开并不一定能够近似整个函数，这取决于运动模型和观测模型的非线性情况。如果它们有强烈的非线性，那线性近似就只在很小范围内成立，不能认为在很远的地方仍能用线性来近似。这就是EKF 的非线性误差，是它的主要问题所在。
3. 从程序实现上来说，EKF 需要存储状态量的均值和方差，并对它们进行维护和更新。如果把路标也放进状态的话，由于视觉SLAM 中路标数量很大，这个存储量是相当可观的，且与状态量呈平方增长（因为要存储协方差矩阵）。因此，EKF SLAM 普遍被认为不可适用于大型场景。

**5.语义与SLAM两个领域结合能够带来哪两个方面的优势。**

1. 语义帮助SLAM。传统的物体识别、分割算法往往只考虑一个图，而在SLAM 中我们拥有一台移动的相机。如果我们把运动过程中的图片都带上物体标签，就能得到一个带有标签的地图。另外，物体信息亦可为回环检测、BA 优化带来更多的条件。
2. SLAM 帮助语义。物体识别和分割都需要大量的训练数据。要让分类器识别各个角度的物体，需要从不同视角采集该物体的数据，然后进行人工标定，非常辛苦。而SLAM 中，由于我们可以估计相机的运动，可以自动地计算物体在图像中的位置，节省人工标志的成本。如果有自动生成的带高质量标注的样本数据，能够很大程度上加速分类器的训练过程。

**6. 给出单目相机的成像的4个步骤。**

1. 首先，世界坐标系下有一个固定的点 P ，世界坐标为 Pw ；
2. 由于相机在运动，它的运动由 R, t 或变换矩阵 T ∈ SE(3) 描述。P 的相机坐标为：P˜c = RPw + t。
3. 这时的 P˜c 仍有 X, Y, Z 三个量，把它们投影到归一化平面 Z = 1 上，得到 P 的归 一化相机坐标：Pc = [X/Z, Y /Z, 1]T [①](#bookmark0)。
4. 最后，P 的归一化坐标经过内参后，对应到它的像素坐标：Puv = KPc。

装 订 线 内 不 要 答 题

自 觉 遵 守 考 试 规 则，诚 信 考 试，绝 不 作 弊

|  |
| --- |
| 得分 |
|  |

**三、计算题（10分，每题10分）**

1. 已知点***u***的坐标为[7,3,2]T，对点***u***依次进行如下的变换：（1）绕*z*轴旋转90°得到点***v***；（2）绕*y*轴旋转90°得到点***w***；（3）沿*x*轴平移4个单位，再沿*y*轴平移-3个单位，最后沿*z*轴平移7个单位得到点***t***。求***u***, ***v***, ***w***, ***t***各点的齐次坐标。

解：点u的齐次坐标为：

v = Rot(z,90°)u = 

w = Rot(y,90°)v = 

t = Trans(4,-3,7)w = 

1(SLAM是什么)、15(相机类别) 、19（SLAM流程）、46、55、85、154（人工设计的特征点特性）、158、207、221、241（EKF局限性）、285、341