

视觉SLAM十四讲笔记

第二讲 - 初识SLAM

传感器分类

- 外部传感器：导轨，二维码，GPS，依赖于环境，直接物理量
- 内部传感器：激光传感器，相机，轮式编码器，IMU，间接物理量

相机分类

- 单目相机 Monocular
 - 结构简单，成本低，
 - 无法确定物体真实大小 - 尺度不确定性
- 双目相机 Stereo
 - 通过基线估计每个像素空间位置，基线距离越大，测量物体可以越远
 - 消耗计算资源
- 深度相机 RGB-D
 - 红外结构光或者ToF(Time-of-Flight)，向物体发射光并接受返回的光
 - 测量范围窄，噪声大，视野小，易受阳光干扰，无法测量透射材质等

经典SLAM框架

- 传感器信息读取 Sensor Data
- 前端视觉里程计 VO (Visual Odometry)
- 后端（非线性）优化 (Optimization)
- 回环检测 (Loop Closure Detection)
- 建图 (Mapping)

视觉里程计 VO

- 主要关于计算机视觉领域，图像特征提取与匹配
- 通过相邻帧间图像估计相机运动，并恢复场景的空间结构
- 累积漂移 Accumulating Drift
- 需要**后端优化**和**回环检测**
 - 回环检测：负责把“机器人回到原始位置”检测出来
 - 后端优化：根据回环检测，**校正整个轨迹**

后端优化 Optimization

- 主要关于滤波与非线性优化算法
- 主要处理SLAM过程中的噪声，估计整个系统的状态（包括机器人轨迹，地图）
- 最大后验概率估计 MAP (Maximum-a-Posteriori)

回环检测 Loop Closure Detection

- 主要解决 位置估计随时间漂移的问题
- 识别到过的场景的能力，比如通过判断图像间的相似性

建图 Mapping

- 地图类型：
 - 2D栅格地图，2D拓扑地图，3D点云地图，3D网格地图
 - 度量地图与拓扑地图
- 度量地图(Metric Map)：精确表示地图中物体的位置关系
 - 稀疏(Sparse)：用于定位，
 - 抽象，不需要表达所有物体，只需要路标 Landmark
 - 半稠密
 - 稠密(Dense)：用于导航，
 - 用Grid或者Voxel表示一个小块，
 - 小块含有空闲，占据，未知三种状态，以表示是否有物体
- 拓扑地图(Topological Map)：强调元素之间的关系，图(Graph)
 - 图由节点和边构成，只考虑节点间的连通性
 - 不擅长复杂结构的地图

SLAM 数学表达

- 数学表达

离散时刻： $t = 1, \dots, K$

位置点： $\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_2$

路标点： $\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_2$

运动方程： $\mathbf{x}_k = f(\mathbf{x}_{k-1}, \mathbf{u}_k, \mathbf{w}_k)$, 前一刻位置状态 \mathbf{x}_{k-1} 根据此刻运动传感器数据 \mathbf{u}_k 以及噪声 \mathbf{w}_k 来推导此刻的位置状态 \mathbf{x}_k

观测方程： $\mathbf{z}_{k,j} = f(\mathbf{y}_j, \mathbf{x}_k, \mathbf{v}_{k,j})$, 在此刻位置 \mathbf{x}_k 看到某个路标点 \mathbf{y}_j 时产生观测噪声 $\mathbf{v}_{k,j}$ 和观测数据 $\mathbf{z}_{k,j}$

基本SLAM问题：当知道运动数据 \mathbf{u} 以及传感器数据 \mathbf{z} 时，如何求解定位问题(估计 \mathbf{x})和建图问题(估计 \mathbf{y})

- SLAM问题分类
 - 按照运动和观测方程是否线性，噪声是否服从高斯分布
 - 线性高斯系统, Linear Gaussian LG系统
 - 最简单，无偏最优估计由卡尔曼滤波器 (Kalman Filter, KF) 求解
 - 线性非高斯系统
 - 非线性高斯系统
 - 非线性非高斯系统, Non-Linear Non-Gaussian NLNG 系统
 - 扩展卡尔曼滤波器 (Extended Kalman, Filter EKF)
 - 非线性优化 (None Linear Optimization)
 - 图优化 (Graph Optimization)

CPP-Demo

- helloSLAM
 - 简单的 C++ 程序
- useHello
 - 使用 C++ shared library 的例子