

激光SLAM的发展和应用



主讲人 曾书格

越凡创新技术负责人





激光SLAM简介



1、SLAM是什么



2、SLAM的分类



3、SLAM的框架



4、激光SLAM



SLAM是什么



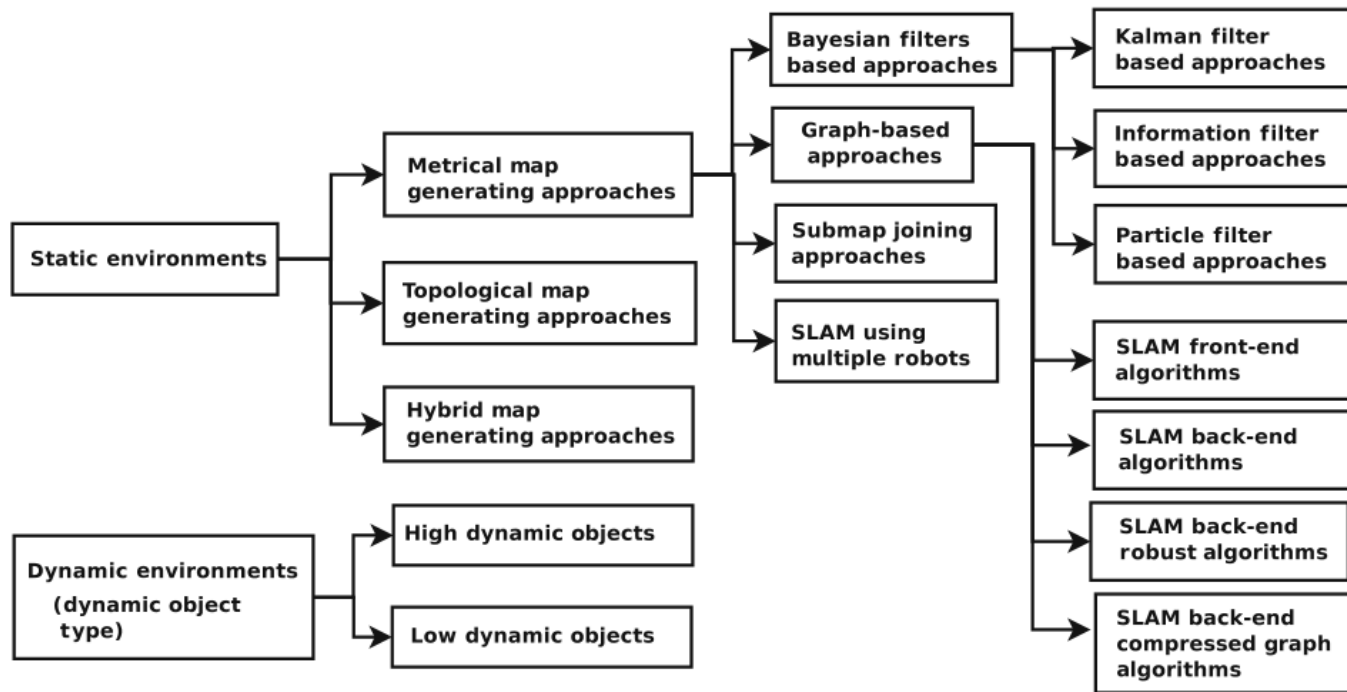
SLAM的定义

- Localization: 在给定地图的情况下, 估计机器人的位姿。
- Mapping: 在给定机器人位姿的情况下, 估计环境地图。
- SLAM: **同时**估计机器人的位姿和环境地图。



SLAM解决的问题

- 机器人在环境中的位姿
- 导航过程中需要的环境地图。





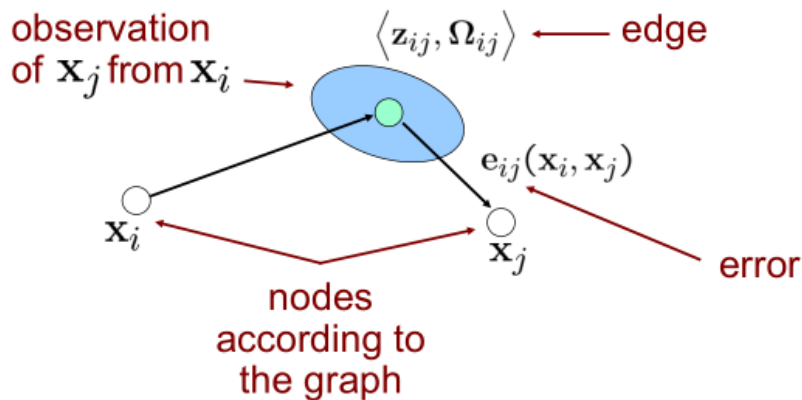
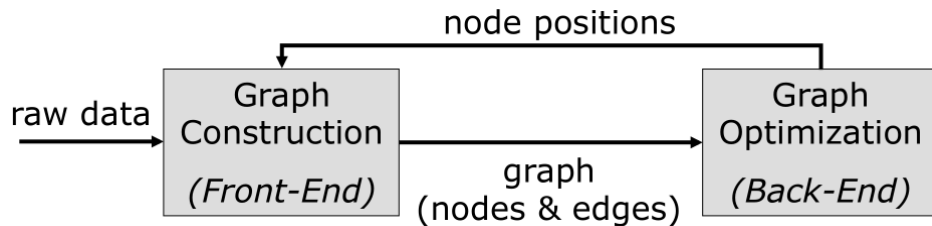
SLAM的框架



Graph-based SLAM

- $p(x_{0:t}, m | z_{1:t}, u_{1:t})$

- Graph: 表示SLAM的过程
- Node: 机器人的位姿
- Edge: 节点之间的空间约束关系

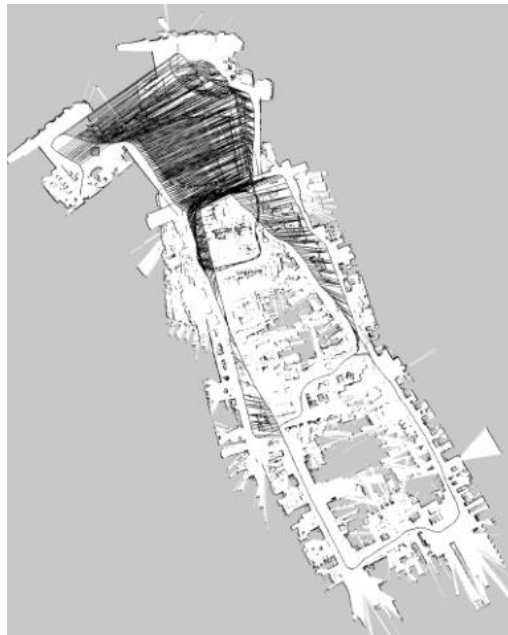




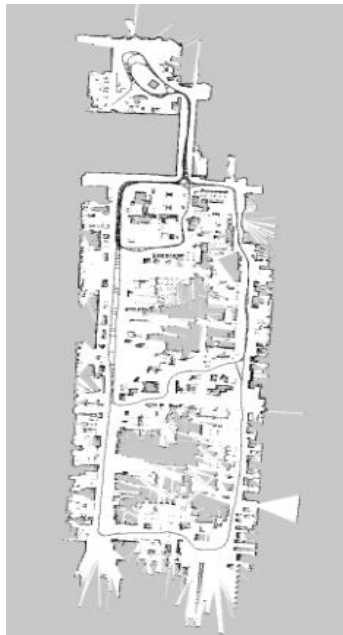
SLAM的框架



图优化前



图优化后





SLAM的框架



Filter-based SLAM

- $p(x_t, m | z_{1:t}, u_{1:t})$

- 状态预测(State Prediction)
- 测量预测(Measurement Prediction)
- 进行测量(Measurement)
- 数据关联(Data Association)
- 状态更新 & 地图更新(State & Map Update)

```
1: Algorithm Bayes_filter( $bel(x_{t-1}), u_t, z_t$ ):  
2:   for all  $x_t$  do  
3:      $\overline{bel}(x_t) = \int p(x_t | u_t, x_{t-1}) bel(x_{t-1}) dx_{t-1}$   
4:      $bel(x_t) = \eta p(z_t | x_t) \overline{bel}(x_t)$   
5:   endfor  
6:   return  $bel(x_t)$ 
```

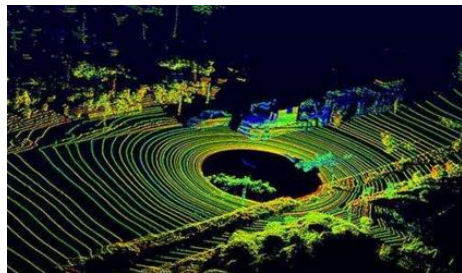
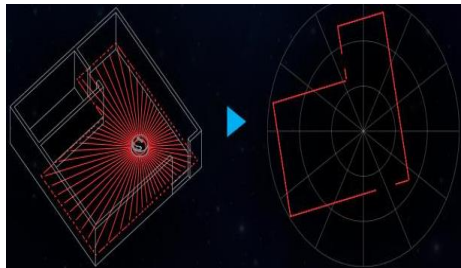


激光SLAM



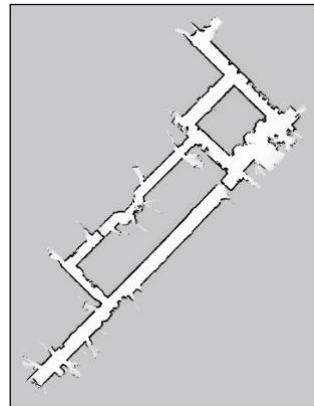
传感器

- 惯性测量单元(IMU)
- 轮式里程计(Wheel Odometry)
- 激光雷达(Lidar)



地图类型

- 覆盖栅格地图(Occupancy Grid Map)
- 点云地图





帧间匹配算法

- ICP(Iterative Closest Point)
- PI-ICP(Point-to-Line Iterative Closest Point)
- NDT(Normal Distribution Transformation)
- CSM(Correlation Scan Match)



回环检测

- Scan-to-Scan
- Scan-to-Map
- Map-to-Map



2D激光SLAM



1、2D激光SLAM的介绍



2、2D激光SLAM的发展



3、2D激光SLAM的应用



2D激光SLAM的介绍



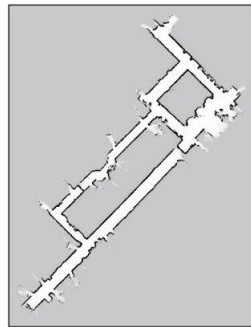
2D激光SLAM的输入

- IMU数据
- 里程计数据
- 2D激光雷达数据



2D激光SLAM的输出

- 覆盖栅格地图
- 机器人的轨迹 or PoseGraph





2D激光SLAM的介绍



2D激光SLAM的帧间匹配方法

- PI-ICP
- CSM(Correlation Scan Match)
- 梯度优化方法
- [State of Art: CSM+梯度优化](#)



2D激光SLAM的回环检测方法

- Scan-to-Map
- Map-to-Map
- Branch and Bound & Lazy Decision



2D激光SLAM的发展



Filter-based

- EKF-SLAM-----90年代
- FastSLAM-----02~03
- Gmapping-----07
- Optimal RBPF-----10



Graph-based

- Globally Consistent Range Scan For Environment Mapping-----97
- Incremental Mapping of Large Cyclic Environments-----99
- Karto SLAM-----10
- Cartographer-----16



2D激光SLAM的应用



数据的预处理---非常重要!!!

- 轮式里程计的标定
- 激光雷达运动畸变去除
- 不同系统之间的时间同步



实际环境中的问题

- 动态物体
- 环境变化
- 几何结构相似环境
- 建图的操作复杂
- 全局定位
- 地面材质的变化
- 地面凹凸不平
- 机器人载重的改变



2D激光SLAM的趋势—与视觉融合



视觉提供的信息

- 高精度的里程信息
- 信息量丰富的视觉地图



融合解决的问题

- 动态物体
- 环境变化
- 几何结构相似环境
- 建图的操作复杂
- 全局定位
- 地面材质的变化
- 地面凹凸不平
- 机器人载重的改变



3D激光SLAM



1、3D激光SLAM的介绍



2、3D激光SLAM的发展



3、3D激光SLAM的应用

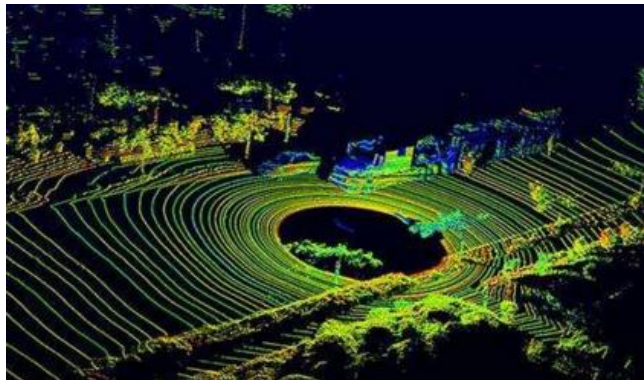


3D激光SLAM的介绍



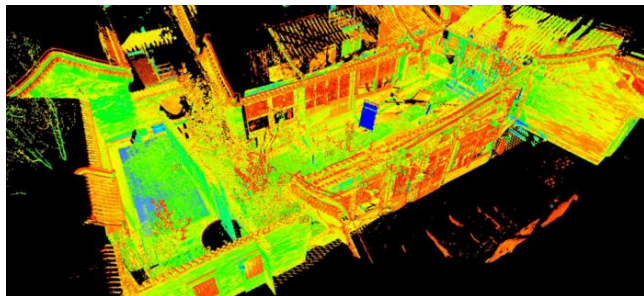
3D激光SLAM的输入

- IMU数据
- 里程计数据
- 3D激光雷达数据



3D激光SLAM的输出

- 3D点云地图
- 机器人的轨迹 or PoseGraph





3D激光SLAM的介绍



3D激光SLAM的帧间匹配方法

- Point-to-Plane ICP
- NDT
- Feature-based Method



3D激光SLAM的回环检测方法

- Scan-to-Scan
- Scan-to-Map
- Branch and Bound & Lazy Decision



3D激光SLAM的发展



1、LOAM-纯激光，匀速运动假设，无回环。



2、V-LOAM-视觉激光融合、漂移匀速假设，无回环。



3、VELO-视觉激光融合，无运动畸变假设，有回环



3D激光SLAM的应用



数据的预处理

- 轮式里程计的标定
- 激光雷达运动畸变去除
- 不同系统之间的时间同步



与视觉融合

- 3D激光雷达为视觉特征提供深度信息
- 视觉辅助激光雷达进行运动畸变去除
- 视觉辅助回环检测
- 视觉提供精确里程信息



激光SLAM中的问题



1、退化环境(Degeneration Environment)



2、地图的动态更新(Map Update)



3、全局定位(Global Localization)



4、动态环境定位(Dynamic Localization)



激光SLAM理论与实践在线课程 (仅剩50个200元优惠券)

1. 激光SLAM公开课

- 激光SLAM的发展历史
- 激光SLAM的流程

2. 传感器数据处理I：里程计运动模型及标定

- 里程计运动学模型
- 里程计标定原理
- 实践：里程计标定程序编写

3. 传感器数据处理II：激光雷达数学模型和运动畸变去除

- 激光雷达数学模型
- 运动畸变概念及影响
- 基于纯激光雷达的运动畸变去除
- 基于里程计辅助的运动畸变去除
- 实践：畸变去除程序编写

4. 激光SLAM的前端配准方法

- ICP匹配方法
- PL-ICP匹配方法
- 基于优化的方法
- 相关方法 & 分支定界匹配方法
- 实践：配准方法的比较

5. 基于滤波器的激光SLAM方法

- 粒子滤波介绍
- FastSLAM原理以及优化(Improved)
- 经典开源算法(gmapping)基本流程

6. 基于图优化的激光SLAM方法

- Pose Graph的概念
- 非线性最小二乘原理
- 非线性最小二乘求解SLAM
- 经典开源算法(cartographer)基本流程
- 实践：实现一个简单的基于优化的SLAM算法

7. 基于已知定位的建图

- 地图分类
- 基于已知定位的栅格地图构建
- 实践：构建栅格地图

8. 3D激光SLAM介绍

- 3D激光SLAM介绍
- 3D激光和视觉融合



技术交流群



扫描上方二维码加入激光SLAM技术交流群

如扫码无法进入，请添加深蓝学院-宇轩微信（shenlanedu）或欣然微信（shenlan-xinran）邀请入群



在线问答

Q&A



结语

感谢各位聆听!

Thanks for Listening

