

智能无人系统

第一章和第七章

第二章

自主运动的两大基本问题：

- 我在什么地方：**定位**
- 周围环境是什么样的：**建图**

SLAM：同步定位与地图构建

- 移动过程中根据位置估计和地图进行自身定位，构建**增量式地图**
- SLAM技术包括激光SLAM和视觉SLAM

下面介绍两个算法（ICP NDT），可以根据点云的匹配获取自身的位置，是局部、相对定位

迭代最近点算法（ICP）

算法原理：让数据点云的每个点在参考点云中找到一个最近的匹配（欧式距离），通过这个匹配计算均方误差，通过最小化误差计算刚体变换参数（平移向量和旋转矩阵），从而得到无人车的位置坐标

算法思想：启发式思想

求解方式：线性代数SVD，非线性优化方式求解

特点：对点云噪声和缺失敏感，易陷入局部最优，耗时长，计算量大且依赖较好的初值，匹配效果精准，初值好时收敛好

SVD求解步骤

点云的匹配过程就是寻找一个最优的转换矩阵 T ，由一个旋转矩阵 R 和平移向量 t 组成

P 为目标点集， Q 为样本点集

1. 将点集 P 、 Q 中的点减去自身的质心

$$\begin{cases} \mu_P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \\ \mu_Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \end{cases}$$

去掉质心后坐标为

$$\begin{cases} P' = \{p_i - \mu_P\} = \{p'_i\} \\ Q' = \{q_i - \mu_Q\} = \{q'_i\} \end{cases}$$

2. 根据以下优化问题计算旋转矩阵

$$R^* = \operatorname{argmin} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \|p'_i - Rq'_i\|^2$$

求得去中心后两点集的协方差矩阵

$$W = \sum_{i=1}^n q_i'(p_i')^T$$

3. 计算旋转矩阵 R

对协方差矩阵进行SVD分解

$$W = U \backslash \text{Simga} V^T$$

当 W 满秩的时候有唯一解

$$R = UV^T$$

4. 计算平移矢量

$$t = \mu_Q - R\mu_p$$

①	计算 Q 中的每一个点在 P 点集中的对应近点
②	求得使上述对应点对平均距离最小的刚体变换，求得平移参数和旋转参数
③	对 Q 使用上一步求得的平移和旋转参数，得到新的变换点集
④	如果新的变换点集与参考点集满足两点集的平均距离小于某一给定阈值，则停止迭代计算，否则新的变换点集作为新的 Q 继续迭代，直到达到目标函数的要求

正态分布变换 (NDT)

基于标准正态分布的配准算法，应用了三维点的统计模型

特点：因为其在配准过程中不利用对应点的特征计算和匹配，所以计算速度比其他方法快。对噪声和点云缺失具有更强鲁棒性，计算效率高且对初值不敏感

基本思想：

基于GPS+惯性组合导航的定位系统

几种坐标系

- 地心惯性坐标系 (ECI)：不参与地球自转，**惯性**
- 地心地固坐标系 (ECEF)：与地球保持同步旋转，**非惯性**

- 导航坐标系：指北导航坐标系，X指东，Y指北，Z沿垂线方向指向天向
- 车体坐标系：与车辆固连的坐标系，原点O位于车辆质心，X轴沿车辆纵轴指向前方，Y轴沿车辆横轴指向左侧，Z轴符合右手笛卡尔坐标系

坐标转换的方法：**三次旋转**

GPS输出的信号：经度、纬度、高度等

INS输出的信号：包含x、y、z方向的加速度，以及对应旋转角速度信息

影响GPS定位准确度的因素：大气层影响、卫星星历误差、卫星钟差、多路径效应

GPS定位误差

接收机的公有误差	卫星钟误差、星历误差、电离层误差、对流程误差	可以通过差分技术完全予以消除
接收机自身存在的误差	内部噪声、通道延迟、多路径效应	硬件设备的内在误差，无法消除
基准站接收机与流动站接收机之间	传播延迟误差	取决于移动站与基站之间的距离

GNSS

基于GPS信号的导航系统

由三个主要部分组成：

- 空间段：卫星或航天器组成，传输导航电文
- 控制段：地面监控站和主控中心，提供导航信息，进行卫星控制
- 用户段：GNSS接收机

使用了三角定位法，即三个卫星组成一个三角形，另外一个卫星提供对时校准

惯性导航系统（INS）

惯性测量单元（IMU）的检测原理：惯性测量单元（IMU） = 3轴加速度计 + 3轴陀螺

- 频率高，不易受干扰
- 但用积分确定导航信息，定位误差会累加

惯性传感器：加速度计

- 使用比力作为单位，输出读数是比力
- 惯导比力方程， a 是相对于惯性空间的运动加速度， g 是万有引力加速度

$$f = a - g$$

惯性导航原理：递推式行位推算

惯性导航系统从1维到2/3维需要考虑的因素：**需要补偿地球万有引力加速度；坐标系转换**

二维平面惯性导航

- 平台式系统：物理平台，加速度计敏感轴始终指向东向和北向
- 捷联式系统：数学平台，加速度计和陀螺与载体固联

惯性导航系统基本工作原理

基本工作原理

1

以牛顿力学定律为基础，测量载体在惯性参考系的加速度和角速度信息

2

将测量值对时间进行积分，把它变换到导航坐标系中

3

得到导航坐标系中的速度v、偏航角yaw和位置x/y等信息

惯性导航系统优缺点

- 优点：不依赖于外部信息，可全天候工作，数据更新率高，精度、稳定性好，隐蔽性好
- 缺点：误差随时间累积，需要初始信息，成本高，笨重

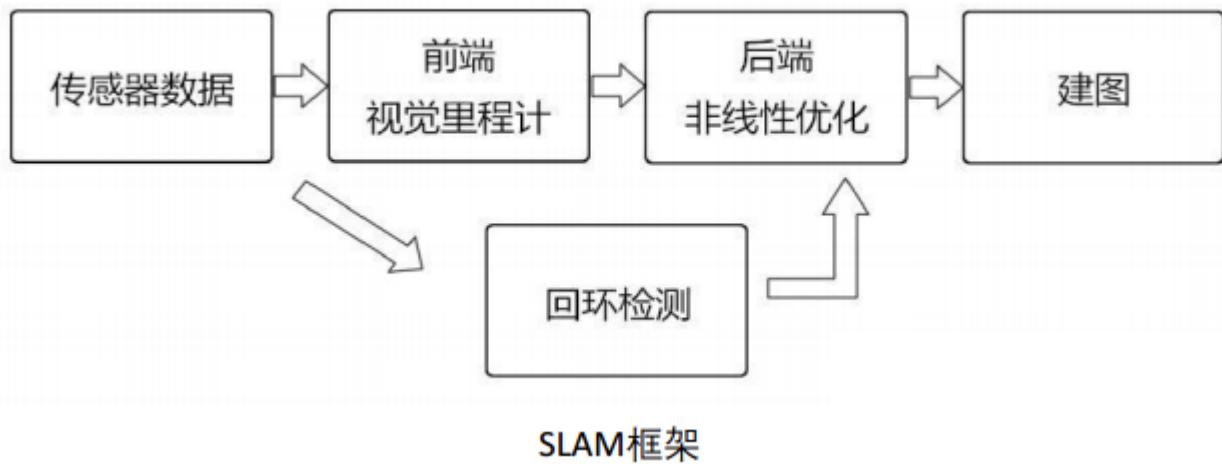
陀螺零偏是核心指标

相对测量能力 = 量程/零偏

不同传感器的定位融合使用**扩展卡尔曼滤波**

视觉SLAM

SLAM框架



- 传感器数据：对图像信息进行读取和预处理
- 前端（视觉里程计）：根据相邻图像信息计算相机运动，构建局部地图，使用的方法有**特征点法**和**直接法**
- 后端（非线性优化）：
- 回环
- 建图：根据轨迹信息建立地图

第三章

机器学习

机器学习分类

- 监督学习
- 无监督学习
- 强化学习

神经网络

第四章

第五章

第六章