

Mavros培训课 – 避障

戚煜华

Tel: 18611457441

WeChat: qyp0210

1	• 避障简介
2	• 常用传感器
3	• 避障算法
4	• 实际场景避障

避障的意义&定义

- 移动机器人智能的一个重要标志就是**自主导航**，而实现机器人自主导航有个基本要求——**避障**。
- **避障** 是指移动机器人在运动过程中，通过**传感器**感知到在其运动路线上存在静态或动态障碍物时，按照一定的**算法**绕过障碍物，最后达到目标点。

避障的要点

- 1、**传感器**
- 2、**载体**
- 3、**算法**（只有在快速机动情况下，算法的优先级才会提高）

参考阅读：

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/24639971>

常见传感器

测准**距离**才是王道！

我们这里所说的传感器就是指 **距离传感器**，不讨论别的辅助避障的传感器（例如：机外辅助信号源）。按照测距原理，可将常见的距离传感器分类为 超声波传感器、红外TOF、激光、毫米波雷达、计算机视觉（双目和深度相机）。

常见传感器对比

	超声波测量	红外TOF	激光测量	毫米波雷达	深度感知摄像头
测量距离	近	近	远	远	中等
测量精度	高	高	高	低	低
抗干扰性	弱	弱	弱	强	弱
模块成本	低	低	高	高	中/高
商用产品		恒诚 T100	Velodyne VLP-16	Bosch LRR3	

常见传感器 – 超声波

优缺点分析

- 成本低廉（淘宝20元以下）
- 量程一般在 1厘米 – 8米
- 接口简单（串口协议 插上就读数）
- 单向测距（但不是单点）

实际应用

- 定高、辅助避障
- 推荐购买型号：US-100 超声波传感器
- 提供ros下接口函数：读取数据并发布topic [在提供的资料里可找到]

常见传感器 – 红外测距

原理简介

一般的红外测距都是采用三角测距的原理。红外发射器按照一定角度发射红外光束，遇到物体之后，光会反向回来，检测到反射光之后，通过结构上的几何三角关系，就可以计算出物体距离D。

优缺点

常见的红外传感器 测量距离都比较近，小于超声波，同时远距离测量也有最小距离的限制。另外，对于透明的或者近似黑体的物体，红外传感器是无法检测距离的。

常见传感器 – 激光测距

原理简介

常见的激光雷达是基于飞行时间的 (ToF, time of flight) , 通过测量激光的飞行时间来进行测距 $d=ct/2$, 其中d是距离, c是光速, t是从发射到接收的时间间隔。激光雷达包括发射器和接收器, 发射器用激光照射目标, 接收器接收反向回的光波。机械式的激光雷达包括一个带有镜子的机械机构, 镜子的旋转使得光束可以覆盖 一个平面, 这样我们就可以测量到一个平面上的距离信息。

一些低端的激光雷达会采用三角测距的方案进行测距。但这时它们的量程会受到限制, 一般几米以内, 并且精度相对低一些, 但用于室内低速环境的SLAM或者在室外环境只用于避障的话, 效果还是不错的。

常见传感器 – 激光测距

优缺点分析

- 成本较高
- 精度高、量程远
- 大牌厂商提供ROS驱动
- 单点测距 及 2D平面测距

实际应用

- 推荐购买品牌：思岚科技（国产） 北阳（日本）
- Rplidar激光雷达 驱动下载：
https://github.com/robopeak/rplidar_ros
- 北阳激光雷达驱动下载：
https://github.com/robopeak/rplidar_ros

常见传感器 – 激光测距



参数对比

雷达品牌	型号	价格	测距范围	重量	角分辨率	扫描频率
思岚科技	A2	2800	0.15-8 米	190g	0.9°	10Hz
北阳	UTM-30LX	30000	0.1 to 30 米	210g	0.25°	10Hz





优缺点分析

- 成本较高
- 开源算法成熟但有限
- 近距离无法感知
- 单面测距（受限于FOV）
- 信息丰富（距离信息只是其中一部分）

常见传感器 – 计算机视觉测距（单目）

测距原理

- 单目相机 外部辅助测距
- 要求已知外部目标的大小，通过比例缩放得到与目标的距离

实际应用

- 算法
- 不足
- 特定场景
- 简单
- 单目推荐

参考阅读：

<https://blog.csdn.net/sillykog/article/details/71214107>

常见传感器 – 计算机视觉测距（双目）

测距原理

双目相机由两个单目相机组成，但这两个相机之间的距离（称为基线）是已知的。我们通过这个基线来估计每个像素的空间位置—和人眼相似。双目相机测量到的深度范围和基线相关，基线距离越大，能够测量到的就越远。

实际应用

- 优点
- 算法计算量大
- 不足
- 算法举例
- 双目相机推荐：ZED

参考阅读：

？

常见传感器 – 计算机视觉测距（深度相机）

测距原理

深度相机是2010年左右开始兴起的一种相机，它最大的特点是可以通过红外结构光或TOF原理，测出物体和相机之间的距离。这部分不像双目相机那样通过软件计算来解决，而是通过物理的测量手段，可以节省大量的计算。

实际应用

- 优点
- 算法计算量大
- 不足
- 算法举例
- 双目相机推荐：ZED

参考阅读：

？

常见传感器 – 如何选择传感器？



考虑以下几点：

- 距离准不准最重要。测距不分原理的优劣，范围大距离准就牛逼
- 选择什么样的传感器，取决于使用环境、任务需求和成本等因素。
- 视觉相对于别的距离传感器，除了可以获得周围环境的距离信息外，还可以获得周围环境的其他信息（比如：颜色）可以作为避障或者规划路径时的其他辅助信息。
- 传感器原始数据（传感器模型）的处理也有很大的讲究。原始数据不止包含距离信息，还有可信度信息等，处理好这些原始数据，也将提高避障的性能。

避障算法 – 常见算法

问题描述

假定机器人有一个已知的目标点，如果运动路径中没有障碍物，机器人能够自主到达目标点。避障算法的任务就是在机器人执行正常运动任务的时候，由于传感器的输入感知到了障碍物的存在，绕过障碍物并抵达目标点。

避障算法分类

- 目前移动机器人的避障根据环境信息的掌握程度可以分为障碍物信息已知（global knowledge of the environment）、障碍物信息部分未知或完全未知（local knowledge of the environment）两种。实际生活中，绝大多数的情况下，机器人所处的环境都是动态的、可变的、未知的。

学习算法是为了参考算法里的避障思路，实际中应用以场景为准

避障算法 – 常见算法

参考阅读:

整体来说，路径规划算法实时性较差（需要大量计算），但是由于硬件水平的提高和算法的改进，也能做到实时（没论证过）。普通避障算法比路径规划算法提出的晚，虽然有实时性，但也存在一些缺点，后面给出。智能避障算法没看具体文章，完全没概念。组合避障算法个人感觉有戏，优势结合，弥补短处。

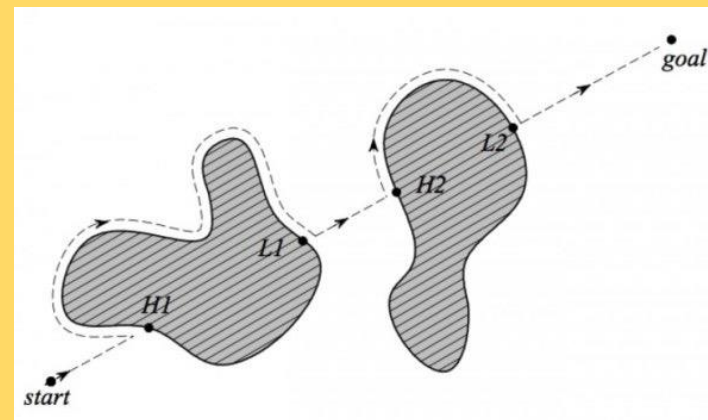
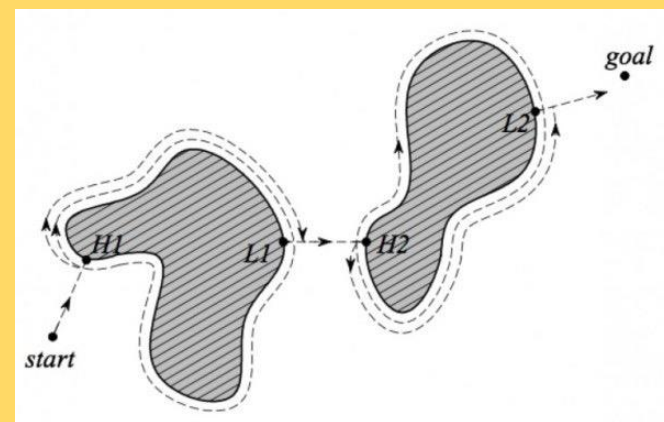
还有一点注意一下：是已知位置避障，还是实时探测障碍物位置

避障算法 – 常见算法：Bug算法

Bug算法 - 最早的避障算法

Bug算法应该是最简单的一种避障算法了，它的基本思想是在发现障碍后，围着检测到的障碍物轮廓行走，从而绕开它。Bug算法目前有很多变种，比如Bug1算法（上图），机器人首先完全地围绕物体，然后从距目标最短距离的点离开。Bug1算法的效率很低，但可以保证机器人达到目标。

改进后的Bug2算法中（下图），机器人开始时会跟踪物体的轮廓，但不会完全围绕物体一圈，当机器人可以直接移动至目标时，就可以直接从障碍分离，这样可以达到比较短的机器人行走总路径。



参考阅读：

<https://www.cnblogs.com/21207-iHome/p/5998635.html>

避障算法 – 常见算法：人工势场法

算法简介

人工势场包括引力场合斥力场，其中目标点对物体产生引力，引导物体朝向其运动。障碍物对物体产生斥力，避免物体与之发生碰撞。物体在路径上每一点所受的合力等于这一点所有斥力和引力的和。这里的关键是如何构建引力场和斥力场。

优缺点分析

缺点：无法通过障碍物之间的狭小缝隙、震荡问题、控制量会急剧变化

优点：实现简单

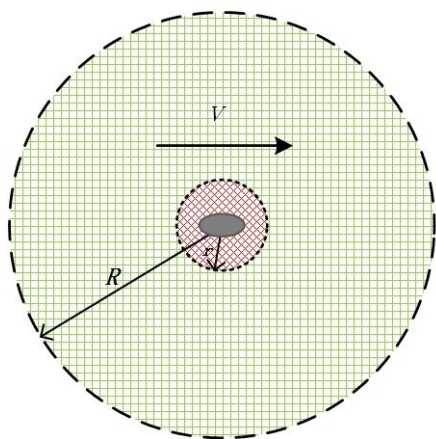
参考阅读：

Gökhan M. Atinc, and Dušan M. Stipanović. "Cooperative collision-free control of Lagrangian multi-agent formations." *American Control Conference* IEEE, 2011:2801-2806.

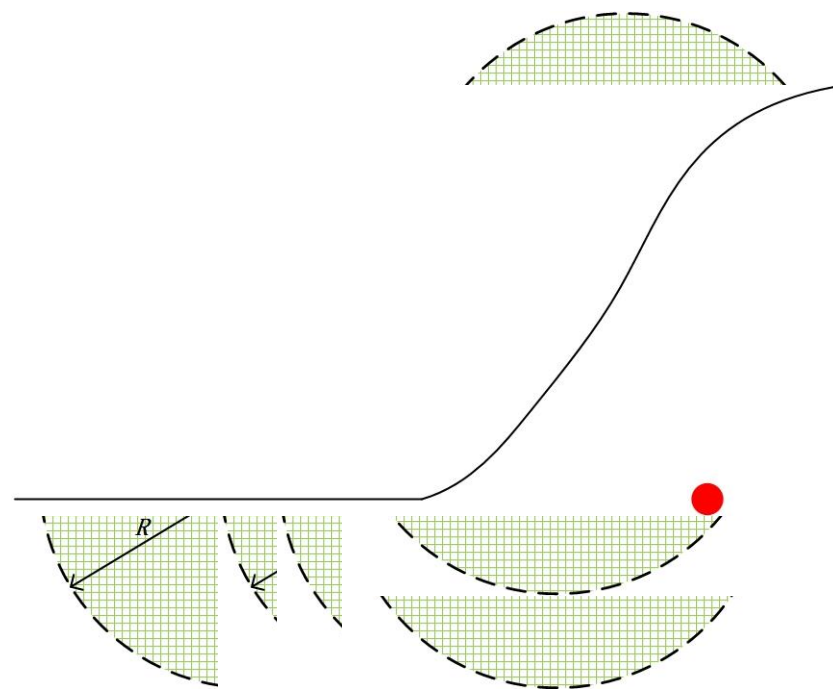
避障算法 – 常见算法：人工势场法

原理演示

$$V_{ij}(p_i, p_j) = \left(\min \left\{ 0, \frac{\|p_i - p_j\|^2 - R^2}{\|p_i - p_j\|^2 - r^2} \right\} \right)^2, \forall i \neq j \in N$$



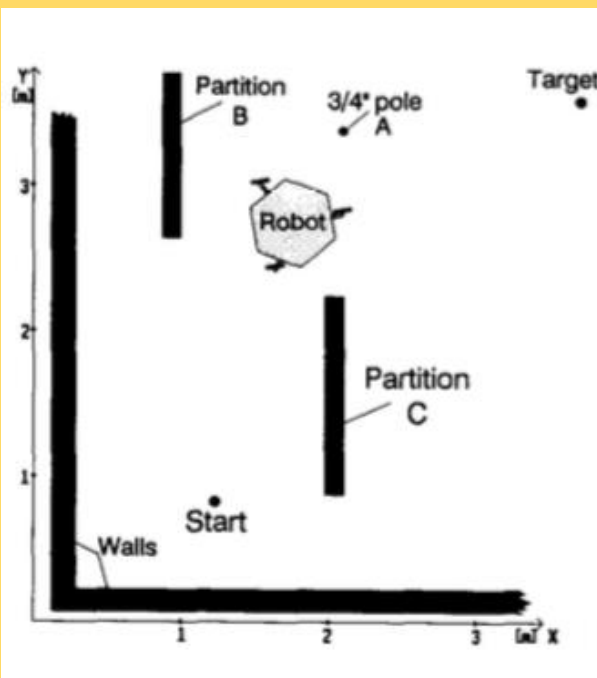
R 感知距离
r 安全距离



感知距离 和 安全距离 的概念，在实际应用中有参考意义

避障算法 – 常见算法：VFH法

算法简介

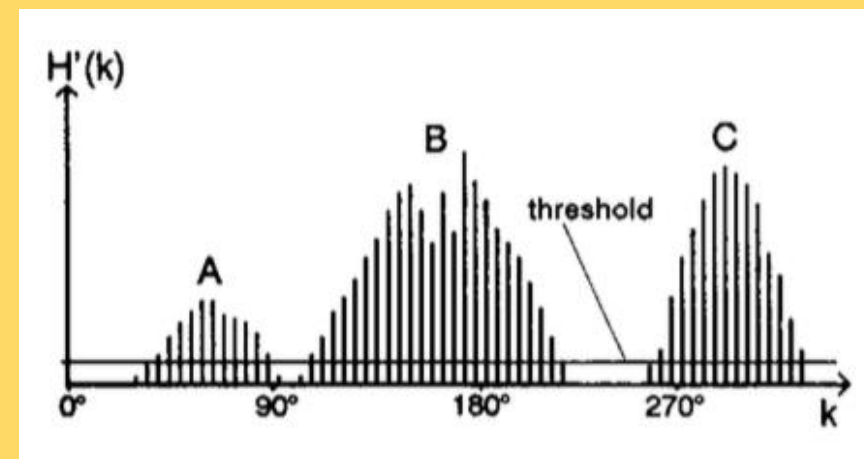


在机器人移动的过程中，利用传感器探测周围障碍物信息（左图），生成极坐标直方图（右图）。右图中x轴是以机器人为中心感知到的障碍物的角度（逆时针方向为正），y轴表示在该方向存在障碍物的障碍物密度值（距离越近，密度值越大；3个峰值ABC分别代表障碍物ABC）。低于阈值的波谷成为备选通过方案，再根据具体情况（如目标角度、当前朝向）选择通过的角度（1/2）。

优点：可以从两个障碍物中间通过、对阈值不敏感

缺点：本地避障策略（所以不是最优策略）、无法通过凹型障碍

改良算法：VFH+（考虑了机器人大小及机器人动力学与运动学限制）



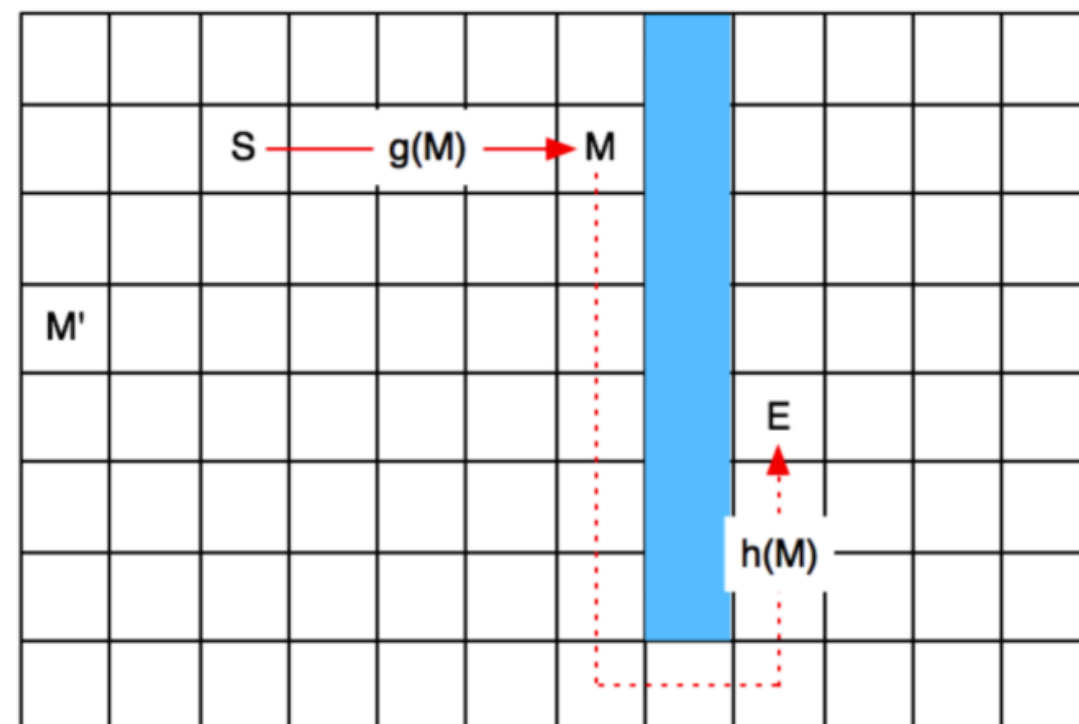
参考阅读：

Borenstein, J., and Y. Koren. "The vector field histogram-fast obstacle avoidance for mobile robots." *IEEE Transactions on Robotics & Automation* 7.3(2002):278-288.

避障算法 – 常见算法： A*算法等

算法简介

- A*是根据先验地图（已知障碍物）规划一条起始点到目标点的路径
- 需要先验信息
- 属于全局避障策略
- 网格越密，计算量越大
- 同类的算法还有稀疏A*、D*、D*lite等算法



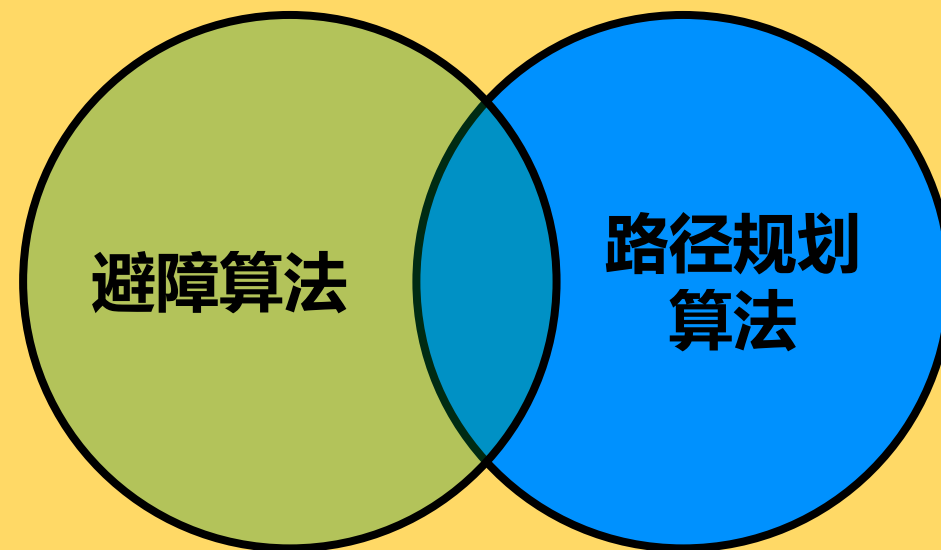
参考阅读:

<https://blog.csdn.net/windcao/article/details/1533879>

避障算法 – 常见算法 – 总结

总结:

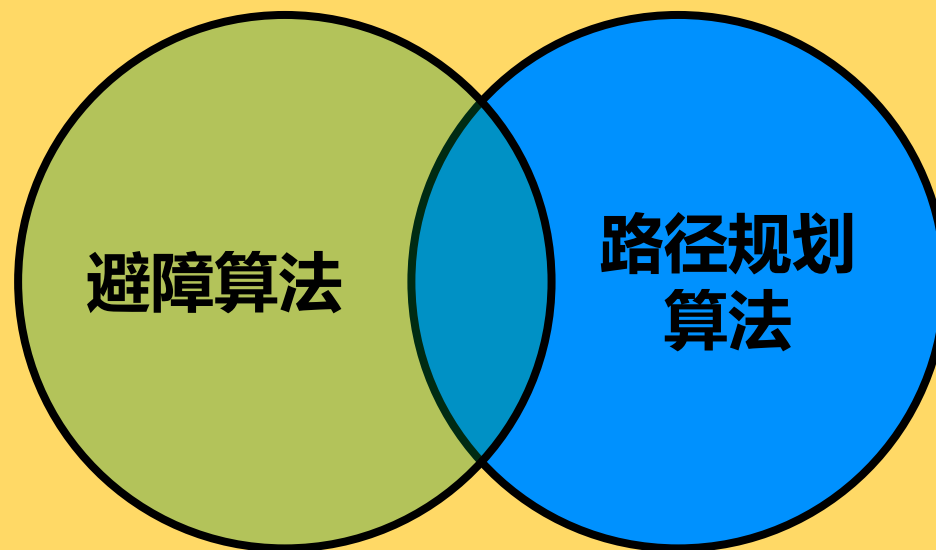
- 避障算法和路径规划算法：交集关系。路径规划算法中包含避障算法，但不是所有的避障算法都是通过规划路径实现的
- 本地避障策略：所需的信息存储量小，计算量也小
- 全局避障策略：所需的信息存储量大，计算量也大



避障算法 – 常见算法 – 算法比较

避障算法 vs 路径规划算法：

- 避障算法和路径规划算法：交集关系。路径规划算法中包含避障算法，但不是所有的避障算法都是通过规划路径实现的
- 本地避障策略：所需的信息存储量小，计算量也小
- 全局避障策略：所需的信息存储量大，计算量也大



避障算法 – 常见算法 – 总结

- 在刚刚提到的几个算法，**很多在设计的时候都并没有完善考虑到整个移动机器人本身运动学模型和动力学模型**，这样的算法规划出来的轨迹有可能在运动学上是实现不了的，有可能在运动学上可以实现，但是控制起来非常困难。设计避障方案的时候，也要考虑到**可行性**的问题。
- **实时性和准确性其实是矛盾的**。更远的可探测距离代表更大的运算量。但总体来说准确性的优先级更高，我们只能考虑某个范围内的障碍物信息，所以很多时候我们的避障算法是有局部性的。
- 环境可以是静态环境（障碍物静止）或者**动态环境**（障碍物机动），复杂的环境还需要面对突然出现的障碍物。这当然需要我们的传感器给力（准确和频率），但是算法上也是可以做一些相关的优化，比如**观测障碍物的运动状态**。
- 相比于机器人模型，无人机模型多了**z轴自由度**，如果能考虑通过z轴的机动来进行避障，也是一种思路。

实际场景避障

建议：

- 根据避障场景，选择尽量牛逼的传感器
- 用尽量简单的算法（由简单到复杂，根据实验结果改进）
- 标记物视觉辅助 artificial marker aided vision
- 导航牛逼，直接路径规划



提问环节