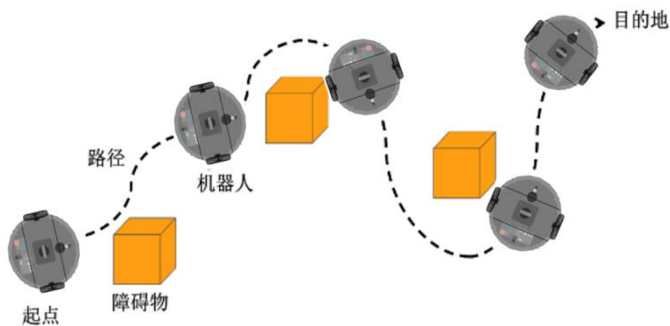


轻舟机器人自主导航原理

AI 航团队

1.自主导航关键技术

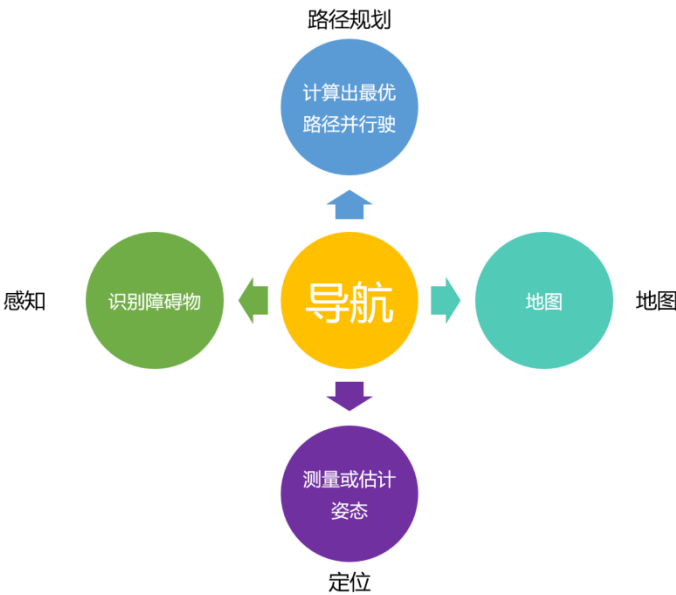
导航可以说是机器人最基本的功能之一，简单来说，导航就是机器人基于地图，实现从起始点前进到目标点的过程，这个过程中要求不发生碰撞并满足自身动力学模型（如不超过速度、加速度等限制）。



导航方法引导设备以一定的速度和方向完成运行过程，**导航的基本方式有基于不依靠外界输入信息自主式和依靠输入信息的非自主式两类**。不依靠外界信息的自主导航方式是只利用自身姿态来控制导航设备，如惯性导航等不借助发射或接收的信号，而是通过如陀螺仪、里程计等设备对自身角速度和行驶距离等计算，得出与外界之间的位置关系。非自主式是指由导航设备通过传感器、电磁波信号等方式对设备进行引导的方法，如超声波导航、激光导航、无线电导航以及卫星导航等，在借助外在信息指引下接近运动目标。

将导航的任务进行细分，首先机器人在未知环境中需要使用激光传感器（或者是深度传感器）进行地图构建，然后根据构建的地图进行定位，有了地图和定位的基础，根据目标点以及感知的障碍物信息进行路径规划。

我们可以将导航的要素归纳如下：



(1) 地图

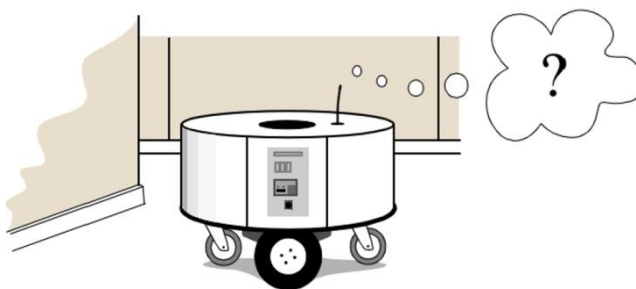
下面这张图是 **ROS 中的一个地图**，其实也就是一张普通的灰度图像。图像上的黑色像素表示障碍物，白色像素表示可行区域，灰色是未探索的区域。



自主导航的地图是通过 **SLAM(同时定位与建图)**来构建的，单独的地图构建或者单独的定位不难，但是机器人在一个位置的环境中，同时完成地图建立和定位，一直是自主导航的研究热点。

(2) 定位

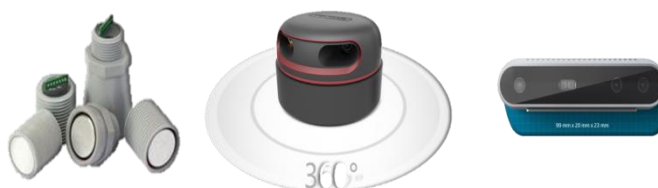
定位是对机器人位置和姿态（一般简称位姿）的测量或估计，简单来说，通过定位，机器人可以知道自己在哪儿以及所面朝的方向。



一般来说，机器人自主导航中的定位是和机器人的建图同时进行的，机器人一边移动根据并对探测到的地图进行构建，一边更新自己在地图中的位置。

(3) 感知

机器人是通过传感器来感知周围环境的。下面三个图是机器人常用的传感器，从左至右分别是超声波传感器，激光雷达，深度摄像头（与传统的摄像头区别在于加入了深度信息，可以测量像素点距离摄像头的距离）。

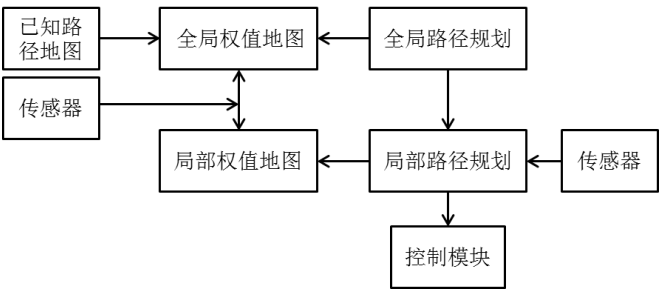


通过这些传感器的数据，就可以对墙壁、路障等障碍物进行感知识别，从而确保机器人

安全、可靠的移动到目标点。

(4) 路径规划

路径规划指：在空间中，按照规则找出一条从起始位置到预设目标位置的路线，沿该路径移动至终点。路径规划可分为**全局**和**局部路径规划**，全局路径规划是在已知环境地图中从起点到所设终点的路径进行选择。局部路径规划则主要以传感器采集的信息为基础，实时根据自身移动状态如速度、角速度、转弯半径与所处环境的距离进行匹配，及时避障并规划出局部路径，即为局部路径规划。



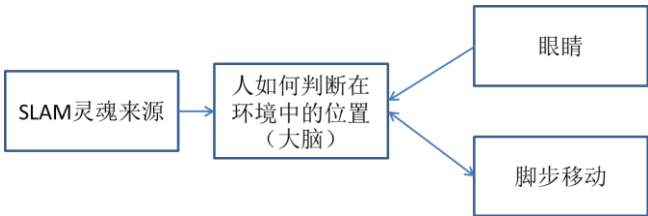
综上所述，在机器人的自主导航研究中，主要围绕地图构建、定位、感知、路径规划四部分，其延伸出目前的热门技术包含：激光 SLAM、视觉 SLAM、路径规划、机器人避障等热门研究方向，每一个方向又包含多种智能算法的研究，构成了机器人自主导航算法研究的庞大体系。

2. 激光 SLAM 简介

SLAM (simultaneous localization and mapping)，即时定位与地图构建，或称并发建图与定位。问题可以描述为：将一个机器人放入未知环境中的未知位置，是否有办法让机器人一边移动一边逐步描绘出此环境完全的地图，所谓完全的地图（a consistent map）是指不受障碍行进到房间可进入的每个角落。

(1) 人是如何来判断在环境中的位置的？

人的大脑是通过综合**眼睛和脚步移动**信息来判断位置和移动，相当于说我们的大脑在不停地处理我们眼睛看到的外界环境信息，同时大脑支配脚步移动，告诉脚步要去往的位置，脚步的移动位置也会实时的回传到大脑，如此的循环使的人在行走的过程中能够实时的根据环境状况进行调整自己的移动轨迹，并在大脑中形成并记住周围环境的画面，相当于建立了一幅地图。这也是 SLAM 技术的灵感来源。

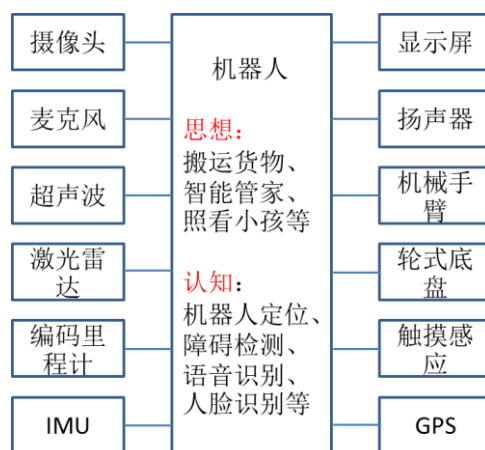


(2) 机器人对环境的认知

SLAM 技术的出现彻底解决了机器人研究领域“我在哪儿”的问题，使机器人在未知环境中的自主移动成为可能。SLAM 通过输入各种各样的传感器信息，并利用多传感器融合算法求解出一个精确的机器人位姿（即位置和姿态）。

机器人通常借助感知装置持续跟外部环境进行交互，从而来获取机器人的状态和环境的

状态，我们可以简单的把机器人获取自身状态的行为叫做**自我认知**，把机器人获取环境状态的行为叫做**环境认知**。



(3) SLAM 的应用范围

近年来，智能机器人技术在世界范围内得到快速发展。从**室内、外搬运机器人**，到**自动驾驶汽车**，再到**空中无人机、水下探测机器人**等，智能机器人的运用都得到了巨大突破。SLAM 并不是一个很新的技术，已经有几十年的历史了，只是最近借着人工智能的风突然就火了起来。SLAM 最早是出现在军事应用中，比如勇气号火星探测车，在不能实时遥控的未知环境行星上的探测车为了执行任务，需要借助 SLAM 技术来导航和避障。后来慢慢的 SLAM 技术就从军用转民用了，有了我们现在看到的小到家里的**扫地机器人**大到**无人驾驶汽车**的各种 SLAM 应用。

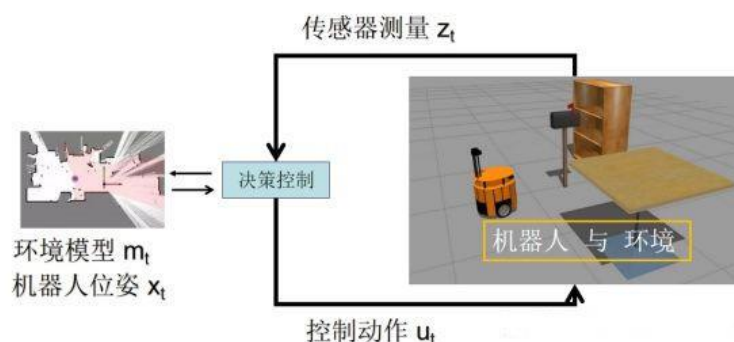
3. 移动机器人定位与建图

单独的定位技术：比如 GPS 定位技术、wifi 定位技术、磁条导轨定位技术。

单独的环境建图：比如医学中的 CT、电影制作特效、隧道勘探测绘等。

但是面对机器人这样一个复杂的应用，单独的定位技术和单独的环境建图技术都不能很好的解决问题，当机器人不能得到环境地图，也不知道自身位姿的时候，SLAM 问题就出现了。也就是说 **SLAM 要同时的进行机器人定位和建图**，这个问题比单独的定位和单独的建图都要难得多。

用传感器数据来估计状态的思路：



这就是机器人与环境交互的一个过程，传感器负责从环境测量信息，控制机构负责用来作用于环境，至此，机器人的建图与定位问题就转移到利用传感器信息估计机器人位姿和环境状态问题了。

进行机器人位姿估计，求解位姿置信度分布的过程其实就是机器人的定位问题；

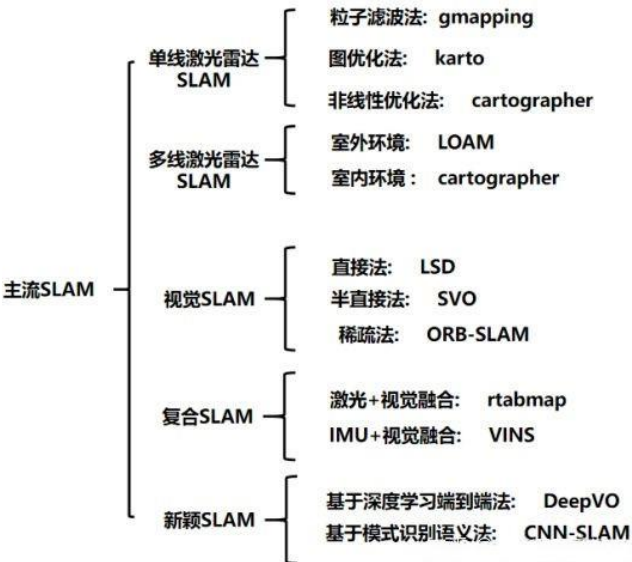
进行环境状态估计，求解地图置信度分布的过程就会机器人的建图问题。

4. 现今主流的 SLAM 算法

机器人使用最广泛的就是**激光 SLAM**，在扫地机器人、服务机器人、AGV 智能车上普遍搭载了**单线**激光雷达 SLAM；无人驾驶汽车、户外机器人普遍搭载**多线**激光雷达 SLAM。

另一种热门的研究是**视觉 SLAM**，视觉 SLAM 有配备**单目、双目、深度相机**的多种形态，并且根据采用视觉特征点的区别还有直接法、半直接法、稀疏法之分。

然后还有就是各种复合式的 SLAM 算法，比如激光与视觉融合的 SLAM、融合了 IMU 的视觉 SLAM。最后，就是一些最新颖的 SLAM 算法，比如用深度学习来做的端到端的 SLAM、基于物体识别的语义 SLAM。

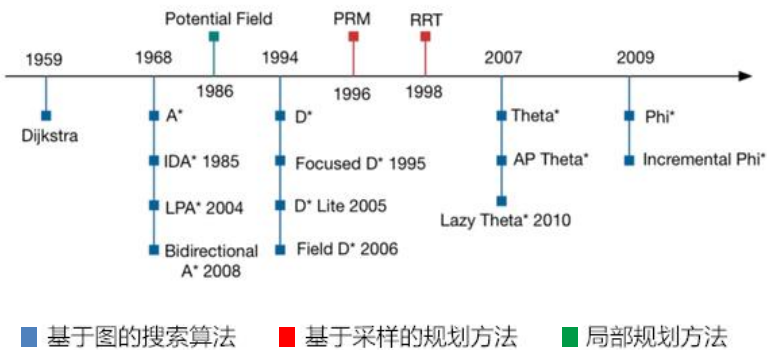


5. 机器人自主导航

机器人用 SLAM 构建出了环境的地图，在已知了环境地图的情况下，可以用 SLAM 的**重定位功能**或者单独的**基于已知地图**的定位算法（比如 AMCL）来进行机器人的**定位**。环境地图和机器人位姿都有了，就可以开始来做**自主导航和避障**了。

机器人自主导航可以分成两个实现部分，第一个部分就是全局**路径规划**，第二个部分就是**局部路径规划**。全局路径规划利用地图信息寻找一条能到达目标的全局路径，全局路径在机器人导航过程中起到全局战略性的指导。

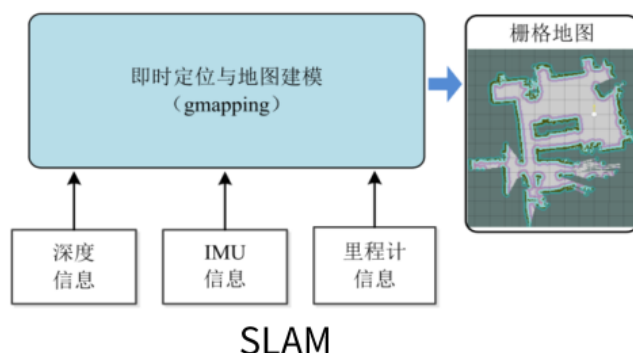
理想情况是，机器人完全按照全局路径移动到目标，但是实际环境往往是多变和复杂的，而且机器人实际控制也会存在偏差，所以机器人的实际运动控制需要有一套局部路径规划算法最终实现。局部路径规划需要尽量逼近全局路径、尽量远离障碍物、最快时间到达目标等因素，控制策略控制机器人完成实际的移动。



6. 轻舟机器人自主导航与 ROS 的关系

自主导航最核心的地方在算法，侧重点在于如何构建出效果好的地图，并为机器人导航提供更好的数据保障，进而完成路径规划、避障等功能。自主导航中的各项技术本身是算法，不依赖任何系统，但是 ROS 可以帮忙解决传感器驱动、显示、各种核心算法间的沟通协调问题。

ROS 在机器人领域非常常用，基本是机器人入门必学的系统。很多 SLAM 开源项目都会支持 ROS，为了方便小伙伴们开发、移植、学习和应用，比如 gmapping，cartographer 等。



7. ROS 移动机器人的整体构造

一个典型的 ROS 移动机器人的硬件构造包括：带编码器的减速电机、电机驱动板、IMU 模块、激光雷达应该是 SLAM 导航避障的标配硬件，ROS 主机是机器人的计算中心（运行 SLAM 导航算法等），麦克风、摄像头、喇叭是完成语音交互和图像感知时需要的。

