其他

基于激光雷达的医药上料机器人的定位与导航

随着公众医疗需求的增加，医药行业对自动化技术的需求日益增长。在医药生产中，上料是核心环节之一；而上料机器人的定位与导航对于实现高效、精准的上料操作至关重要。传统的上料机器人依赖于预先设置的固定轨迹或外部引导，无法适应复杂、多变的生产环境。激光雷达凭借自身的环境感知优势，为提高医药上料机器人的定位精度提供了可能。因此，基于激光雷达的医药上料机器人定位与导航技术，可实现医药生产场景下上料机器人的自主定位，提高上料操作的效率及准确性，对医药生产领域的自动化与智能化发展具有重要价值。

目前，医药上料机器人常用的即时定位与地图构建（simultaneous localization and mapping，SLAM）技术，可以让上料机器人在未知环境中实现自主定位和地图构建，从而实现实时路径规划和导航。但是二维激光雷达只能提供水平方向的扫描数据，无法获取垂直方向的高度信息。因此，基于二维激光雷达的 SLAM 算法通常需要依赖地面或墙壁等明显的环境特征来进行定位和建图。而在医药生产场景中，这些环境特征相对较少；如果环境特征信息不足，上料机器人就可能无法准确定位并建立精确的地图。并且，在医药上料任务中，物料通常会处于不同高度，缺乏垂直方向的信息可能会导致上料机器人在抓取物料时出现误差。此外，医药生产场景中存在移动障碍物，如人员或其他类别机器人。而基于二维激光雷达的 SLAM 算法在处理动态障碍物时较为困难，无法及时更新地图和路径规划，从而导致上料机器人的导航出现问题。由于传感器误差以及环境变化等因素，基于二维激光雷达的 SLAM 算法还可能存在定位漂移的问题。定位漂移会导致上料机器人在长时间运行期间发生位置偏差累积，导致导航不准确，影响上料操作的精准度。

为了解决上述问题，可采用基于传感器融合的改进激光 SLAM 算法。常见的传感器包括激光雷达、摄像头、惯性测量单元（inertial measurement unit，IMU）、GPS 等。具体来说，就是将不同传感器的数据进行融合，综合利用各种传感器的优点，同时弥补各种传感器的缺点。第一种方式为激光雷达 + 摄像头。激光雷达用于获取环境的三维结构信息，而摄像头则可以提供更加丰富的环境信息，如颜色、纹理和物体特征等。通过结合这两种传感器的数据，可以实现精确的定位和建图。该方法使用摄像头获取场景图像，并通过计算机视觉算法提取场景中的关键特征点，然后将特征点数据与激光雷达获取的点云数据进行匹配，实现对不同传感器数据的对齐和融合。随后使用扩展卡尔曼滤波或无迹卡尔曼滤波等滤波算法对融合后的数据进行处理，从而得到上料机器人的姿态、地图等信息。第二种方式为激光雷达 +IMU，其中 IMU 可以提供上料机器人的姿态信息。利用 IMU 数据可以实时跟踪上料机器人的运动状态，包括加速度、角速度等信息，从而对上料机器人的姿态变化进行实时评估。随后，将 IMU 提供的姿态信息与激光雷达扫描数据进行融合，采用滤波算法对姿态信息进行优化估计，提高姿态评估的准确性和稳定性。在实施 SLAM 算法过程中，使用激光雷达数据获取地图特征，随后利用 IMU 提供的姿态信息对特征点进行匹配，从而实现准确的地图构建和上料机器人定位。第三种方式为激光雷达 +GPS。在定位过程中，利用 GPS 数据可以实现上料机器人在全球范围内的位置定位，从而确定上料机器人当前的全局位置信息。同时利用激光雷达数据可以获取当地环境的三维结构信息，并通过 SLAM 算法实现上料机器人的局部定位和路径规划，将激光雷达获取的当地环境三维信息和 GPS 提供的全局位置信息进行融合，生成完整的环境地图。需要注意的是，在传感器融合的过程中，需要考虑如何将不同传感器的数据进行融合，得到上料机器人姿态、地图等信息。

针对基于激光雷达的医药上料机器人定位与导航的路径规划，需要注意 3 个问题：一是确保上料机器人可从起点到终点完成任务；二是依托激光雷达捕捉障碍物信息，实现无碰撞运行；三是确保利用最少的计算资源到达目的地。为了规划上料机器人的运动路径，首先需要利用激光雷达扫描数据来获取上料机器人所处环境的地图信息，即捕捉墙壁、障碍物等参数，通过 SLAM 算法实现上料机器人在运动过程中同步构建地图和定位。根据起点和终点之间的地图信息，可以采用 A* 算法进行路径规划。A* 算法基于启发式搜索，同时利用了实际代价和启发式评估函数来指导搜索过程，以找到最优路径。在搜索过程中，A* 算法用于建立并维护 2 个列表：开放列表（open list）和关闭列表（closed list）。开放列表存储待扩展的节点，关闭列表存储已经扩展过的节点。其设置流程为：初始化起点，并将其加入开放列表；重复以下步骤直至找到终点或者开放列表为空，即从开放列表中选择最小的节点进行扩展，并将该节点从开放列表中移除，同时加至关闭列表中。在路径规划过程中，需要考虑到障碍物的影响，避免上料机器人发生碰撞。通过激光雷达获取的障碍物信息，可实现上料机器人避障。例如，采用向量场直方图（vector field histogram，VFH）算法或 E-Band 频段算法可实现实时避障，保证上料机器人的安全运行。为了确保上料机器人能够以最低的计算资源到达目的地，可以使用快速的路径规划算法和避障算法，或者对上料机器人的运动轨迹进行简化，从而降低计算资源的消耗。

蒋子熠（伦敦帝国理工学院，伦敦 SW7 2AZ）