

无人驾驶车辆在厂区物流的开发及应用

冉新民 肖勇 陈守团 宋琳

上汽通用五菱汽车股份有限公司重庆分公司

摘要: 本文主要介绍了基于 Linux 操作系统, 利用机器人操作系统 ROS 工作空间进行功能开发, 通过开发组合惯导、激光雷达、远程调度平台和智能驾驶控制器等一系列软硬件的适配, 实现无人驾驶技术在厂区物流运输方面的开发及应用。

关键词: Linux; 组合惯导; 雷达感知; 无人物流

0 前言

近年来, 随着工业 4.0 和汽车工业的蓬勃发展, 厂区物流的自动化和智能化也逐渐成为提升工厂生产效率和降低运行成本的重要研究方向。无人驾驶是指通过技术手段使车辆或者设备自身拥有环境感知、路径规划并自主实现方向控制的技术。目前无人驾驶技术已经开始在厂区物流运输领域得到广泛应用和关注, 本文旨在探讨无人驾驶技术在工厂中物流配送方面的开发, 以推动相关领域的发展为最终目的。

1 无人驾驶车辆的技术原理及应用优势

1.1 技术原理

无人驾驶车辆基于 Linux 控制器系统, 通过组合惯导定位模块、激光雷达感知模块等传感器获取周围环境信息, 然后交由智能驾驶控制器处理, 硬件框架如图 1 所示。通过 ROS 空间站, 分别进行分析和处理各

个模块信息, 生成驾驶指令, 再通过执行机构驱动车辆进行自动驾驶, 并实时对车辆制动、加速和转向等进行控制和硬件检测。

1.2 应用优势

对于自动化程度较高的工厂, 无人驾驶物流车可 24 h 不间断工作, 成倍提高物流运输效率, 同时大大降低人力成本。在危险或恶劣的工作环境下, 无人物流车辆依旧可以稳定运行, 降低人为操作的失误率。

2 无人驾驶物流车在厂区的开发

2.1 新路线的开发

当我们要进行一条新的无人物流路线应用时, 应遵循的开发步骤包括: 路线规划思路; 激光数据采集和 SLAM 绘图; 路线采集和绘制; 自动驾驶验证。

2.1.1 路线规划

我们根据现场车间的物流配送情况, 综合考虑配送物料所需时间、路线和安全性等各种因素, 并猜想可能遇到的各种问题进行路线规划, 最终决定路线由车间中心南一门拉送 N 车型门盖总成配件送到车身车间东一门。

2.1.2 激光数据采集和 SLAM 绘图

基于激光雷达的 SLAM (Simultaneous Localization and Mapping, 同步定位与建图) 可以精准测绘障碍点的方位和距离, 无须提前收集场景信息, 并且可连接各种传感器, 即使在较差的光线中工作也能够立即生成用于设备导航的实时地图, 是目前主流的定位方法。设备通过自身携带的多种传感器来获取周围环境信息。常见的传感器有摄像头、惯性测量单元 (IMU) 和激光雷达等。激光雷达可以向目标物体发射激光束, 并测

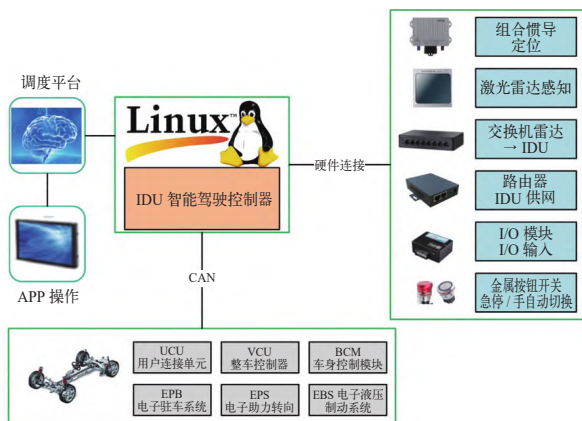


图 1 硬件框架

量激光束反射回来所用的时间，从而计算出与目标物体之间的距离，获取物体在三维空间中的位置和形状信息。而摄像头则能读取周围图像信息，如颜色、纹理和形状等。IMU 则可以测量设备在三维空间中的加速度和旋转角度。利用传感器数据以及设备自身的运动信息来确定设备相对于环境的运动状态。将来自不同传感器的数据进行融合处理，以提高设备最终定位的精度和实时地图的准确性。使用特定的算法对传感器数据和运动信息进行综合分析，在设备不断移动的过程中，逐步构建出周围环境的地图，并实时更新设备在地图中的位置。因此激光 SLAM 技术便是无人驾驶的关键，定位的准确与否将直接决定后期设备运行的故障率。我们选用的传感器主要有激光雷达和惯性导航系统（INS），因此设备的调试也围绕这两大主要硬件模块进行。

（1）激光雷达的调试

我们的无人车设备根据运行条件决定安装 5 个激光雷达，布置在车辆的顶端，如图 2 所示，分别是在正前方、左前方、右前方、左后方和右后方安装。

该款雷达的有效视场角（FOV）为 70.4° ，因此无人车可以感知自身约 290° 范围中的一切物体。激光雷达按照设计要求布置在车顶，相关线缆布线完成后便可以进行雷达的设定，主要需要对雷达进行初始化标定，以保证雷达在后续运行过程中的准确性。设置雷达 IP 为 192.168.1.100，进入雷达调试软件界面，便可看见安装的 5 个雷达已经被扫描出来，如图 3 所示。

首先我们需要将设备车辆开到一个相对水平的场地，保证 5 个激光雷达尽可能处于同一水平面，以车辆后轴中心为坐标原点，依次测量 5 个雷达的空间物理位置并填入标定界面。下一步便是对每个雷达的海拔进行调试，调试每个雷达 Roll（侧倾角）、Pitch（俯仰角）和 Yaw（航向角）三个参数，颜色越深说明海拔越低，颜色越浅说明海拔越高，调节每个雷达海拔颜色为淡蓝色，并且相互重叠区域基本吻合，至此，激光雷达的调试工作完成。

（2）惯性导航系统（INS）的调试

惯性导航系统的调试相对简单。首先我们正确连接好惯导模块，然后只需完成设备的标定工作即可。惯导初始化状态和各项参数检查无误后，便可以开始跑车标定。尽量跑“日”字（包含左、右转弯和拐弯后需直行），如图 4 所示。跑车时间尽量在 5 ~ 10min，待“组合导航消息_状态”信息栏中“标定误差”数

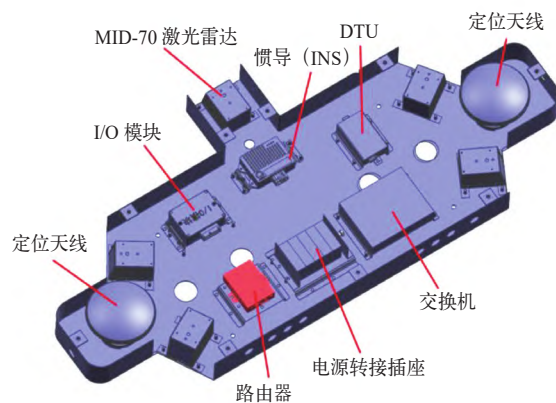


图 2 硬件架构布局

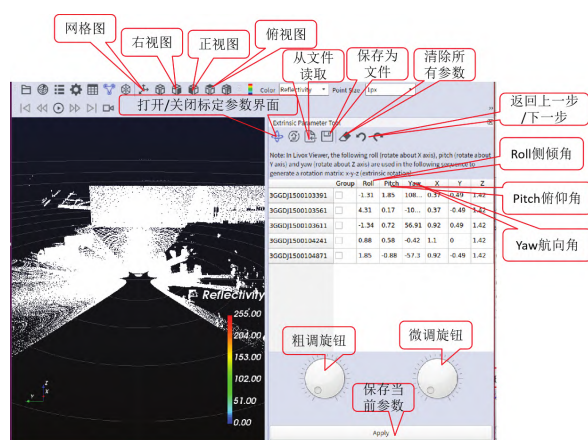


图 3 雷达标定界面

值稳定时（小数点后四位不再变动），大致认为标定完成。若无理想路线，必须包含左转、右转和拐弯后需直行状态。标定工作完成后，标定数据需保存以便于后续故障对比分析。

两大主要硬件标定完成后，便可进行激光图采集。进入工控机 Home 界面下，开启一个终端程序框，命令行 `./all_run.sh` 开启所有程序，然后发布话题 `rostopic echo /strong/fix`，在出现的程序行里面观察 status 的数值，status 为 4 代表 GPS 状态良好，卫星收星数足够。这个时候打开一个终端界面，输入 `./lidar_localization_record.sh` 命令行，程序运行起来后，按照 5 km/h 的速度人工驾驶进行激光信息采集，关注 GPS 信号状态，在信号为 4 状态情况下，打开程序框，Ctrl+c 结束激光信息采集。利用作图软件完成激光图的绘制，导入指定路径的文件夹便可读取。做好的激光点云地图如图 5 所示。

2.1.3 路线采集和绘制

验证激光图无重影、偏移等问题后，可进行路线图的采集和绘制。同样，发布话题 `rostopic echo /strong/`

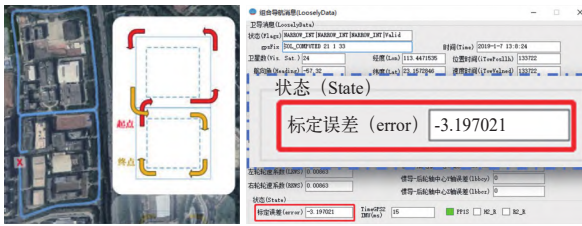


图4 惯导标定

fix 监测 GPS 信号情况，在状态为 4 的情况下，运行 ./recordBag 节点程序，进行路线图的信息采集，采集完成后利用作图工具生成 json 格式的路线文件。使用 VScode 软件进行路线修改，调整局部速度、避障等参数，修改完成后即可将做好的 json 路网文件放到指定路径加载。便建好了车辆无人驾驶运行的路网线路图。

2.1.4 调试验证及运行

路线构建完成后，开始调试运行，观察实际运行路线是否与设计路线符合。感知模块能否准确识别周围物体、行人，根据设计参数是否有效避障。工控机对传感器的数据处理之后给予驾控系统准确的定位及障碍物信息，如图 6 所示。

团队在最后调试阶段遇到不同程度的挑战，其中主要的问题难点还是在不同环境下车辆定位的准确性。

卫星定位存在误差，主要是电离层误差、对流层误差、卫星时钟误差、接收时钟误差以及多径效应等。

在连廊效应环境中，激光雷达感知模块所采集到的数据无法对车辆进行准确定位，误差较大。在路侧有树木的运行环境，车辆靠右行驶，树木会对 GPS 信号产生干扰，导致卫星收星数不足，当路段全是树木时，环境特征不明显，属于典型的连廊效应环境，激光雷达所收集的数据也不可信，因此车辆行驶到该路段时，容易产生定位误差导致偏航故障。

为解决这一定位难点问题，团队决定从两个方面

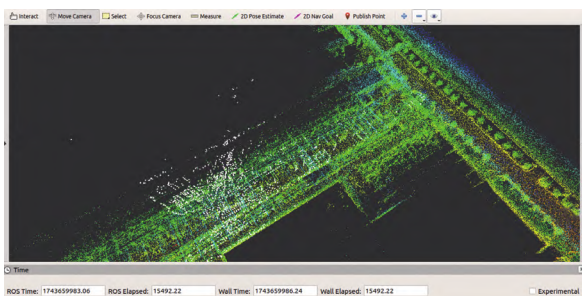


图5 建好的 3D 激光点云地图

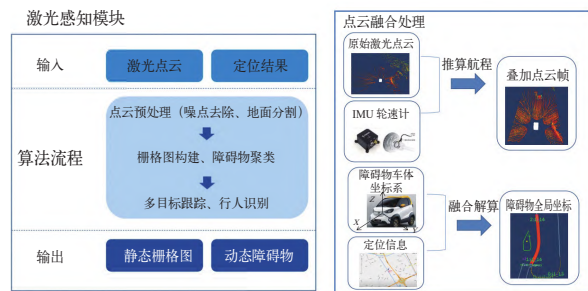


图6 感知模块

改善。

(1) 对车辆行驶的路线图进行修改，车辆改在无树木的一侧行驶，避免在树木下行驶 GPS 卫星收星数不足。

(2) 对该路段的激光数据进行优化，达到特征加强的目的，以提高定位的准确性。然后对平路、坡道及十字路口不同路段参数细化调试，满足节拍生产的同时，保证车辆更加平稳、低故障率的状态运行。APP 实现人机交互。管理人员可实时查看车辆状态，及时收到物流信息，若车辆报警，可立即查收到并处理。在实际运行过程中，3 台无人驾驶车辆实现了单个班次优化物流配送 2 名员工的成果，对于企业降低运营成本效果显著。

3 应用前景及展望

目前，无人物流车辆在技术方面仍旧面临一些挑战。例如，激光雷达普遍价格昂贵，不便于普及，在大雾及雨雪天气感知模块易失效，遭遇连廊效应等复杂工况还不能有效定位，无法做到自动装/卸料等。

随着技术的不断进步和硬件成本的逐渐降低，在未来，无人驾驶物流车在各行各业的应用将会更加广泛，将会为中国制造业提供更高的生产效率和更低的生产运营成本。相信在不断发展的过程中，必将克服困难，得到更加广泛的应用。

参考文献

- [1] 张虎. 机器人 SLAM 导航核心技术与实战 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2021.
- [2] 刘相权, 张万杰. 机器人操作系统 ROS 及仿真应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2022.