

初步方案设计

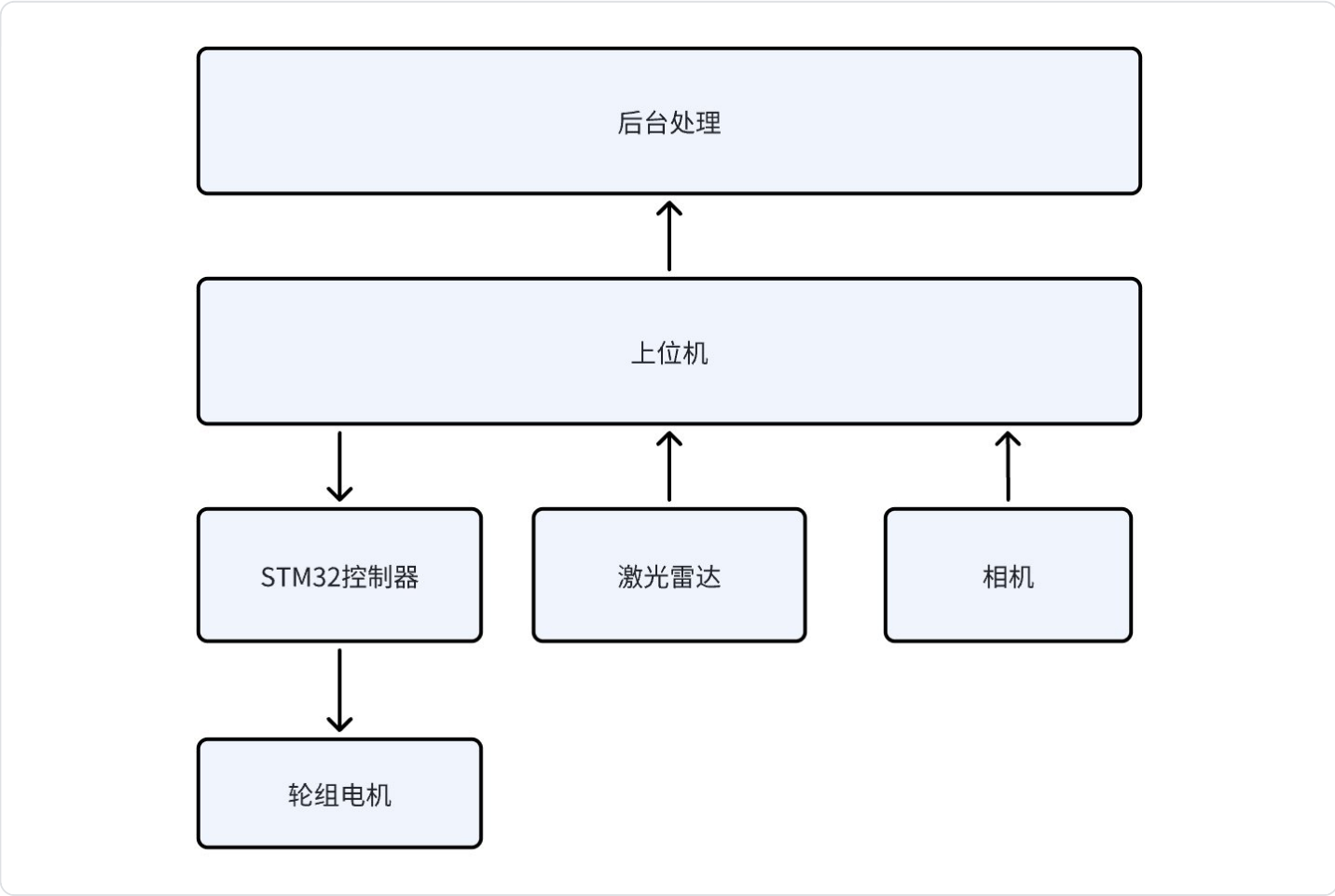
应用场景分析

随着工业4.0和智能制造的快速发展，工厂的自动化、数字化和智能化水平不断提升。然而，传统的人工巡检和安防模式仍面临诸多挑战，如人力成本高、夜间监控效率低、危险环境作业风险大等。同时，企业对安全生产、设备维护和高效管理的需求日益增长，亟需更智能、更可靠的解决方案来提升工厂运营的安全性和效率。

本工厂巡逻机器人能够给工厂仓库、设备区等区域进行24小时的巡逻，通过激光雷达进行导航，使用摄像头来识别区域内的人员，反馈给后台。

基本方案

使用激光雷达进行SLAM建图定位，对工作环境进行基本建图，然后规划巡逻路线，在巡逻过程中通过相机实时识别图像当中的人物，将识别到的人物发送到后台当中。



技术调研

图像识别

本次项目需在嵌入式平台（飞腾派v3）上实现实时人员检测，要求低延迟、高精度。而YOLOv8为单阶段检测算法，兼顾实时性与精度，支持ONNX/TensorRT部署，适配飞腾派ARM架构。

SLAM导航

SLAM技术是一种使机器人在未知环境中同时构建地图与进行自身定位的方法，广泛应用于自动驾驶、服务机器人、无人巡检等领域。考虑到工厂环境中存在复杂结构、狭窄通道以及动态人员干扰等因素，本项目需要选用一套具有高精度、高鲁棒性和实时性能的SLAM解决方案。

经过调研，Fast-LIO算法在当前激光雷达SLAM方案中具有突出优势。Fast-LIO采用稀疏直接法与IMU紧耦合优化策略，能够在资源受限的嵌入式平台上高效地进行点云处理，同时保持厘米级的建图精度。该算法利用滑动窗口优化实现点云与惯性数据的深度融合，显著增强了系统的鲁棒性与抗干扰能力，适配飞腾派v3的算力条件。

此外，为了解决机器人在运行中因突发情况导致的定位丢失问题，引入ICP（Iterative Closest Point）算法作为重定位手段。ICP通过点云匹配，可在已有地图中重新校准机器人当前位姿，提升系统稳定性。

在路径规划方面，采用ROS 2框架下的Nav2导航系统。Nav2支持多种全局与局部路径规划算法，具备障碍物检测、动态避障等功能，适合复杂的工业应用场景。

技术路线

底盘驱动控制

GPIO

GPIO是通用功能输入输出，狭义上讲就是芯片引脚，stm32芯片就是通过设置引脚模式来控制GPIO的输入输出模式，使其输出不同速度、不同电位的电平信号来使对应模块正常工作。

PWM

数字电路当中，我们的输出量只有高低电平两种，光1和0两个值难以满足某些环境下需要的连续控制。PWM指的就是固定周期当中，高电平在周期当中的比例，这样我们就可以通过两个值来表达一个连续变化的量。现在的各种电机设备都是通过pwm信号来进行控制。

PID控制算法

电机匀速运行时的输入量显然不会是一个固定值，现实当中的电机所受的阻力、定子与转子之间的不均匀摩擦都会影响其保持匀速所需要的输入量大小，想要让电机在各种突发情况与环境下稳定工作，需要一个能够同时处理突变量与稳定输入的控制算法。

PID控制器即**比例（proportion）、积分（integral）、微分（differential）控制器**，该算法以误差作为输入量，经过对比例，积分，微分三项加权求和之后得到输出量。PID控制器是非常经典的控制器，简单易懂，不需要精确的系统模型就可以使用，应用非常广泛。

其P比例部分能够快速响应变化，I积分部分可以让实际输出与实际量更加拟合，D部分可以平衡其拟合速度与拟合效果之间的矛盾。通过PID控制器，我们的电机就可以迅速准确地响应各种环境，进行正常工作。

SLAM导航

机器人启动后，首先通过激光雷达与IMU协同工作，利用Fast-LIO算法进行实时地图构建与精确定位。在此过程中，Fast-LIO对激光点云进行体素滤波处理，并将其与惯性数据同步，通过非线性优化完成高效地图更新与机器人位置计算。

为应对可能出现的定位丢失或重启情形，系统在后台运行ICP重定位机制。当机器人偏离原有轨迹或发生意外停机后，ICP可对当前点云数据与已有地图进行匹配，计算最优位姿，从而实现快速恢复定位状态。

地图建立完成后，导航模块启动Nav2路径规划系统。Nav2首先根据目标区域与地图数据生成全局路径，并结合实时障碍物信息进行动态路径调整。机器人底盘将沿规划路径前进，同时持续更新位姿信息，确保导航的实时性与稳定性。

整个SLAM导航模块部署于飞腾派v3主控上，配合多线激光雷达与IMU传感器，为机器人提供连续、高精度的定位与导航能力，为巡逻任务的自动化与智能化提供技术保障。

图像识别

采用YOLOv8轻量级模型（YOLOv8n），兼顾检测速度和精度，适配嵌入式平台算力。

基于公开工业数据集进行迁移学习。调整输入分辨率为 640×640 ，优化锚框参数适配人体检测。将训练模型转换为ONNX格式，通过TensorRT加速推理。嵌入式系统实时处理图像，输出人员坐标及置信度至后台。

机器人底座

R550 Plus Auto机器人

R550 PLUS Auto机器人是一款教育用机器人底盘，驱动结构为四轮独立驱动带摆式悬挂。使用65mm四驱车专用轮，尺寸为 $266 \times 206 \times 193$ 。小车自重为2.68kg,负载能力为6kg,最大速度为1.2m/s,续航能力为5.5h。四个电机均使用MG513金属齿轮减速电机。底盘上配备STM32开发板来提供编程控制底盘。搭载了加速度计、九轴加速度计等传感器来提供机器人位姿信息。除此之外还有镭神智能的多线激光雷达，提供高精度的点云数据来支持slam建图导航。与Astra RGBD深度相机提供基本的图像捕获与距离测量。

底盘成本价格为1599元。



飞腾派v3 4g

飞腾派v3 4g是由中电港萤火工场与飞腾合作推出采用飞腾自主研发的高能效异构多核处理器技术，cpu为四核处理器，使用ARMv8指令集，搭配DDR4 4g内存。成本价为649元。

整车成本价为2248元。

环境和数据资源准备

下位机环境

下位机使用STM32进行底盘控制，使用FreeRTOS操作系统。

主控环境

目前机器人的主控使用飞腾派v3，其操作系统为Ubuntu20.04。