

基于图像处理的目标控制与自动追踪系统

缪友涛¹, 郑佳尧¹, 李 硕¹, 李光坤²

(1. 辽宁工程技术大学, 电子与信息工程学院, 辽宁省葫芦岛市, 125105;

2. 西安邮电大学, 网络空间安全学院, 陕西省西安市, 710061)

摘要 本文提出了一种基于STM32开发板和Open MV视觉模块的运动目标控制与自动追踪系统。该系统利用图像处理技术和PID控制算法, 实现了对目标的精确识别和稳定追踪。通过Open MV进行实时图像采集和处理, 系统能够有效地从视觉数据中提取关键信息, 并传输至STM32主控。进而处理这些信息, 生成精确的舵机控制信号, 以实现目标的精确追踪。系统设计考虑了交互功能, 提供了直观的物理按键, 便于用户进行操作和调参。测试结果显示, 系统在复位、追踪精确度和稳定性方面均达到预期目标, 证明了其在自动化、控制等领域的应用潜力。

关键字 STM32; Open MV; PID; 图像处理; 目标追踪

中图分类号: TP317.4 文献标识码: B

文章编号: 1008-0899(2025)02-0034-02

随着技术进步, 尤其在计算机视觉、控制算法及传感技术等领域, 动态目标的控制与自动追踪系统正逐渐成为多个行业的关键技术。这些系统依托传感器来检测目标的空间位置、运动方向及移动速度, 并运用复杂的算法对数据进行实时处理, 以动态调整参数, 确保目标跟踪的准确性。

本系统基于Open MV和STM32主控, 设计了一款低成本结合图像识别技术的目标控制与追踪系统, 为相关从业者提供了新的思路和方法, 为嵌入式系统的开发者和研究者提供了更多的信息和经验, 推动了该领域的进一步发展。具有实用性和广阔的市场前景。

1 方案设计

1.1 系统设计

系统核心主控单元采用高性能的STM32F407 ZET6单片机, 其具备丰富的通信接口和定时器, 支持浮点运算, 提供高运算性能。视觉识别模块采用Open MV进行实时图像采集和目标识别。结合Open MV的图像处理算法, 如边缘检测、矩形检测、色块识别等, 提取目标特征。采用PID控制算法结

合插值法, 实现对目标的精确追踪和控制, 同时优化算法以提高系统的响应速度和稳定性。

在系统动作执行方面, 采取二维云台结构, 配备高精度舵机, 并结合红色和绿色激光笔作为追踪和目标显示, 实现水平和垂直方向的高精度位移。

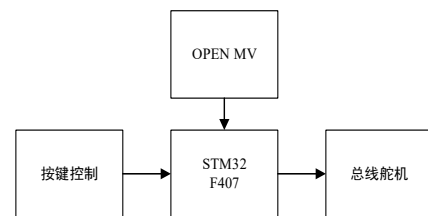


图1 系统设计框图

1.2 舵机选择

在精密驱动领域, 总线舵机^[1]相较于脉冲宽度调制(PWM)舵机展现出了明显的控制优势。PWM舵机为了实现单独控制, 需要电源正负线和信号线, 而总线舵机通过采用串行通信协议, 简化了这种布线结构。这允许采用串联配置, 每个舵机通过独立的ID进行识别, 从而减少了布线复杂性和对专用PWM通道的需求。

表1 舵机选型对比

	总线舵机	PWM舵机
控制信号	数字信号	模拟信号
控制方式	总线通信	PWM
应用特点	串口命令控制, 精度高	噪声低, 线性度高
应用场景	多舵机协同	精度较低场景

作者简介: 缪友涛(2003~), 男, 汉族, 陕西安康人, 本科在读, 研究方向: 嵌入式系统设计。

总线舵机集成了数字舵机的功能优势,不仅简化了控制电路,还提升了系统性能。这些舵机提供了更高的控制精度和更丰富的调节参数。在需要多个舵机进行高精度协同工作的场景中,总线舵机的优势尤为显著。它们能够以快速的响应时间提供精细控制,这使得它们成为复杂机电系统设计者的首选,这些系统需要精确同步众多执行器。

1.3 云台结构设计

云台^[2]作为目标控制与自动追踪的重要组成部分,主要功能是用来安装和固定激光笔和Open MV摄像头,可根据系统的预设命令,带动承载在云台上方的激光笔转动,使激光笔完成要求范围的扫描。云台设计时,需要考虑运行环境、Open MV安装位置、云台使用方式、工作角度范围及负载大小。

2 系统原理

2.1 PID算法

PID控制器^[3]是一种线性控制器,它根据给定值 $r(t)$ 与实际输出值 $y(t)$ 构成控制偏差 $e(t)$,其控制规律如下式所示:

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

将比例(P)、积分(I)和微分(D)通过一定的线性组合构成控制量 $u(t)$ 。 $u(t)$ 对被控对象进行控制,其控制规律如下式所示:

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + \frac{T_d de(t)}{dt} \right]$$

式中, K_p 为比例系数, T_i 为积分时间常数, T_d 为微分时间常数。

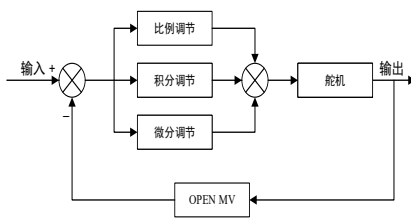


图2 PID算法框图

2.2 插值法

采用运动插值^[4]方法,首先利用Open MV视觉模块识别并捕获目标特征点的坐标。随后计算出一系列中间点坐标,这些坐标以较高精度逼近预定轨迹。在执行双自由度舵机的旋转控制时,实际检测到的坐标被转换为相对于初始设定状态的舵机旋转角度。通过目标点更新函数,该函数动态调整舵机的角度值以匹配目标坐标。通过迭代调用该

函数,系统能够实现对红色光斑的精确控制,使其沿A4纸靶边缘预定路径移动,从而完成了精确的运动轨迹插值和控制任务。

设定起点坐标为 $a(X_1, Y_1)$,终点坐标为 $b(X_2, Y_2)$ 。设定点 $c(X_3, Y_3)$ 为目标点坐标。通过在点a和点b两点之间进行N次插值。我们得到一系列的点集 $\{X_1 + 1dx, X_1 + 2dx, \dots, X_1 + Ndx\}$,为c的轨迹。其中,

$$dx = \frac{X_2 - X_1}{N}$$

$$dy = \frac{Y_2 - Y_1}{N}$$

设识别光斑的点为 $P(X_4, Y_4)$,对于每个插值点,我们计算其与实际检测到的光斑位置 $P(X_4, Y_4)$ 之间的距离 $D = \sqrt{(X_4 - X_3)^2 + (Y_4 - Y_3)^2}$ 。采用PID控制策略。当点P与目标点C的距离D小于预设的阈值,即认为两者重合,此时系统将目标点更新至序列中的下一个点,以此循环,实现对目标点的连续追踪。

3 系统程序设计

基于STM32微控制器和Open MV视觉模块的运动目标控制与自动追踪系统。软件设计整合了图像处理技术和精确的控制算法,以实现目标的快速识别和精确追踪。通过Open MV执行实时图像采集,利用二值化、边缘检测和矩形识别等算法,系统能够有效地从视觉数据中提取关键信息。这些信息随后被传输至STM32微控制器,其中集成的PID控制算法对数据进行处理,以生成精确的舵机控制信号。

此外考虑了用户操作的简易性,设置了物理按键,用户直接进行复位功能、运动目标控制、目标追踪等功能。为提高追踪精度,采用闭环控制方法,通过持续检测目标与实际位置的偏差并实时调整控制信号,确保系统稳定运行。

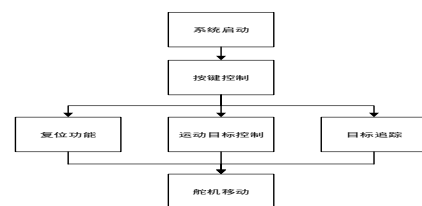


图3 系统程序流程图

(下转第55页)