

基于行人重识别技术的校园安全管理系统

韦飞扬 李铭遥 王宁 王娟

成都信息工程大学网络空间安全学院(芯谷产业学院) 成都 610225

摘要: 现有校园监控多使用面部识别技术,存在远距、遮挡、背光等场景下识别失效的问题。针对此问题,本文引入行人重识别技术,利用身体姿态特征进行人员识别,进而设计实现一个克服面部识别缺点的校园安全管理系统。系统通过多路 RTSP 摄像头采集视频,借助 YOLOv8 精准检测行人。再将检测到的图像输入行人重识别模型,提取衣着、体态和步态等高维特征,跨摄像头比对并持续跟踪目标。系统部署在阿里云 GPU 加速的服务器上,采用云端与客户端分离架构。云端提供告警及低延迟视频流。客户端实现可视化监控、实时定位和智能报警。数据层使用 MySQL 存储基础信息与事件记录,Redis 缓存特征向量以加速检索,并预留高规格 GPU 平滑扩展方案。该系统在复杂监控视角下能实现高精度、多摄像头的连续跟踪,可以弥补传统面部识别短板,提升校园全域安防能力。

关键词: 校园安防系统; 行人重识别; 姿态特征识别; YOLOv8; 运动轨迹分析

引言

校园安全作为智慧城市公共安全体系的核心环节,直接关系到师生生命财产与社会稳定。当前主流校园安防系统主要依赖面部识别技术,通过门禁管理、访客登记与行为监控提升管控效率。然而,在远距离、遮挡、背光或低光照等复杂监控场景下,捕获面部特征的失败率显著上升,导致识别失效^[1]。同时大规模人脸数据采集与存储面临《数据安全法》《个人信息保护法》的严格约束,存在数据泄露与滥用隐患^[2]。实地调研发现,现有系统在动态复杂环境中暴露出无法清晰成像、行为预测不及时、功能单一及人工响应不及时等问题。为解决以上问题,本文引入行人重识别技术^[3],通过提取行人全身姿态特征,融合服饰信息、体态特征与行走姿势等多源视觉信号,在跨摄像头场景中实现身份关联与轨迹追踪。其核心优势在于弱面部依赖性、跨域追踪能力与隐私保护友好性。

1 基于行人重识别技术的校园安全管理系统设计方案

1.1 终端数据采集

系统选用 TP-Link Tapo C210 型网络摄像头作为数据采集终端^[4]。协议支持:原生兼容 RTSP (Real Time Streaming Protocol, 实时流传输协议)^[5]。摄像头通过校园局域网持续推送 RTSP 视频流至服务器。

1.2 服务器端行人重识别 (Person Re-identification)

服务器端部署选用阿里云提供的搭载图形处理器的

Linux 云服务器,具备强大的并行计算能力,适用于高性能模型训练与实时推理任务。为实现多路摄像头视频流的稳定接入与分发,服务器运行 rtsp-simple-server 服务端组件,该组件基于 RTSP 实时流传输协议标准,负责 RTSP 流的接入与分发。配合 FFmpeg 工具完成视频解码、格式转换与流重定向等处理,确保来自不同编码格式与分辨率的摄像头视频能够在云端稳定、高效接入并供下游算法使用。

1.2.1 行人检测训练

在行人检测阶段,系统采用 Ultralytics YOLOv8 (You Only Look Once, 单次检测框架)^[6]进行模型训练。训练数据结构由公开数据集与自主采集数据集共同构成,它们在多摄像头、复杂遮挡及光照变化场景下具有丰富多样性。自主采集数据覆盖校园典型场景如教学楼通道、食堂入口、运动场出入口等,以增强模型对实际部署环境的适应性。训练中应用空间变换与色彩扰动增强数据多样性,并采用余弦退火策略动态调整学习率,结合批归一化与跨卡同步训练优化收敛效率。训练全程以 mAP (mean Average Precision, 平均精度均值指标)为核心监控指标,确保模型检测精度与鲁棒性。

1.2.2 行人重识别

在行人重识别阶段,系统采用 Torchreid 库构建特征提取网络^[3]。数据准备时将公开数据与校园采集样本按照每个身份建立独立文件夹,形成包含数十万张图像的 ReID 数据集。网络骨干选用 OSNet (Omni-Scale Network, 全尺度网络),

其保持轻量化的同时具备通道注意力机制，能够提取更具判别性的特征向量。训练过程中使用交叉熵损失与三元组损失的联合优化策略，并结合 BNneck（Batch Normalization Neck，批量归一化颈层），对特征向量进行正则化处理，以减少不同摄像头视角带来的分布差异。超参数包括：初始学习率为 0.00035，批大小为 64，每卡 16 张，优化器选用 Adam，并在训练后期冻结骨干层仅微调全连接层，以提升模型在新场景下的迁移能力。

1.2.3 模型部署与实时推理

部署阶段，服务器持续接收多路 RTSP 视频流，并使用 OpenCV 逐帧解析图像。YOLOv8 模型对每帧图像执行推理后，根据检测框位置裁剪出行人图像，并将裁剪结果输入重识别模型提取固定长度的特征向量。提取后的向量首先在 Redis（Remote Dictionary Server，远程字典服务器）向量缓存中进行快速比对，若相似度高于设定阈值则直接返回对应身份。否则调用 MySQL 数据库中存储的全量身份特征进行精确匹配，并将新身份向量按需加入 Redis 缓存以优化后续查询。系统设计了异步推理与多线程调度机制，使检测与识别流程并行执行，大幅降低单帧处理时延。

1.3 前端设计

本系统采用 Python Qt 框架 PyQt（也称 Python Qt）绑定进行图形用户界面开发。图形用户界面，支持远程控制和检测结果可视化展示。界面包括视频显示窗口、启动和停止检测按钮、摄像头切换按钮以及识别结果列表。开发完成后使用 PyInstaller 一键打包工具将应用封装为 Windows 可执行程序，使部署过程简便高效。

1.3.1 客户端与服务器之间采用多协议通信

控制指令：通过 HTTP（HyperText Transfer Protocol，超文本传输协议）和 HTTPS（HyperText Transfer Protocol Secure，安全超文本传输协议）接口传输，实时调整服务状态。检测结果：经 WebSocket 推送 JSON（JavaScript Object Notation，JavaScript 对象）格式数据至前端，动态更新识别框与人员标识。视频流：基于 WebRTC（Web Real Time Communication，网络实时通信）传输，通过 Qt WebEngine 或 aiortc 库实现低延迟渲染。

1.3.2 前端识别信息展示与模块化设计

前端在接收 WebSocket 推送的 JSON 数据后解析检测框坐标与人员标识，利用 Qt 绘图接口或 OpenCV 开源计算机

视觉库在视频画面上叠加识别框并标注目标身份，同时在信息列表中展示人员标识和可疑状态。

1.3.3 客户端提供三项核心功能

第一，对于系统识别为未知的人员将其标记为可疑并触发报警提示，操作人员可上传目标人员图像后系统返回该人员的实时位置。第二，对于同一区域内人员长时间滞留或聚集等异常行为系统向前端发送警报通知。第三，对于检测出的陌生人员前端界面提供可信任人员登记功能

1.4 系统数据库

在基于行人重识别的校园安全管理系统中，数据库层在阿里云 GPU 加速的 Linux 服务器上同时部署了 Redis 和 MySQL 服务。Redis 集群承担行人重识别特征向量的即时缓存与向量索引检索。系统针对每个向量设置了智能过期与优先级淘汰规则，以平衡内存利用率与检索性能。MySQL 数据库则负责存储结构化业务数据，包括校园人员注册信息表、异常行为事件表与多摄像头轨迹关联表。人员注册信息表中记录学号、姓名、所属学院、授权区域与特征向量索引等字段。事件表中汇总可疑聚集告警、非法入侵报警及滞留预警的时间戳、摄像头编号及关联特征向量。轨迹关联表按照时序链接不同视角下的同一身份，实现对校园内行人流动路径的可视化分析与溯源回放。通过主外键关联与分区表设计，系统支持秒级的行为统计、区域热力图生成与重点人群跟踪查询。

1.5 系统安全机制

本项目面向校园安全管理，构建了多层次的安全防护体系。

①接口认证采用 JSON Web Token 机制，所有与行人识别、告警管理与用户注册相关的 REST API 与 WebSocket 连接均需携带有效签名 Token，经服务端非对称加密校验后才能访问。

②数据传输全链路启用 TLS 1.2 加密^[9]，保障从校园监控节点到云端服务器的图像流与元数据安全。

③ MySQL 数据库配置最小权限策略，仅允许监控中心应用账号执行增删改查操作。

④ Redis 则部署于专属 Virtual Private Cloud 子网，并通过访问控制列表与内网白名单实现隔离。

1.6 系统部署

本校园安全管理项目，将行人检测与重识别服务、数

数据库和流媒体服务统一运行在阿里云 GPU 加速 Linux 实例中。部署流程包括以下步骤：1. 基础环境搭建，安装 Python 及其依赖包；2. 模型与配置分发，将模型上传至对象存储，并支持启动时自动同步和更新；3. 数据库初始化，执行 SQL 脚本创建数据库表、构建 Redis 向量索引并预加载特征；4. 流媒体服务配置，部署 RTSP 流媒体服务接入摄像头，并配置反向代理与 SSL（Secure Sockets Layer 安全套接层证书）；5. 检测与识别服务启动，并行启动 YOLOv8 和 ReID 推理进程，利用 GPU 实现实时处理；6. 后端 API 与告警推送，启动 WebSocket 服务和 RESTful API，并配置安全通信通道；7. 客户端发布与接入，打包 PyQt 客户端，实现视频预览、标注、报警、注册和轨迹功能，同时支持自动更新与后端连接。

2 小结

本系统以行人重识别技术为核心，融合 YOLOv8 目标检测、深度特征比对、跨摄像头身份匹配与轨迹追踪等关键算法，构建一套面向校园安全场景的智能安防管理系统。通过部署支持 RTSP 协议的视频采集终端，结合基于 PyTorch 训练的 YOLOv8 与 ReID 深度神经网络模型，实现对人员目标的精准检测与多角度身份识别。系统解决了传统面部识别在复杂场景下识别失效的问题，实现了基于姿态与外观特征的高精度行人识别与轨迹追踪，提升了校园安防响应效率与主动防御能力。

参考文献：

- [1] 刘洋, 何峰. 人脸识别算法在复杂环境下性能评估 [J]. 计算机科学与探索, 2022, 16(7): 1453 - 1462.
- [2] 王敏, 李晓. 《个人信息保护法》实施效果与挑战 [J]. 法学研究, 2022, 40(3): 98 - 107.
- [3] 王玮, 张浩, 马强. 基于深度学习的行人重识别研究综述 [J]. 计算机研究与发展, 2022, 59(1): 1 - 17.
- [4] TP-Link Co., Ltd. Tapo C210 型网络摄像头技术规格 [S/OL]. TP-Link 技术支持中心. (更新日期 2025-07-10) [引用日期 2025-07-13].
- [5] 刘俊, 王磊. 基于 RTSP 的视频流传输研究 [J]. 计算机科学, 2022, 49(8): 159 - 170.
- [6] 王伟, 李强. 基于 OpenCV 的视频流采集与处理技术研究 [J]. 计算机工程与应用, 2022, 58(5): 123 - 130.
- [7] 刘洋, 赵丽. FFmpeg 在实时视频流处理中的应用研究 [J]. 计算机应用研究, 2022, 39(10): 2958 - 2964.
- [8] 李晓龙, 陈宇. YOLOv8 目标检测网络及改进综述 [J]. 电子学报, 2023, 51(3): 1378 - 1390.
- [9] 林晨, 张宇. TLS 1.2 协议优化与性能评测 [J]. 密码学报, 2023, 40(2): 150 - 163.

基金项目：本文受到成都信息工程大学本科教育教学研究与改革项目暨本科教学工程项目 No. JYJG2022135, No. JYJG2024169, 大学生创新训练项目“基于行人重识别的校园安全管理系统 (No.X202510621276)”支持。