



智能老人看护系统

技 术 文 档



任课教师 _____ 杨波

学 院 _____ 计算机学院

专 业 _____ 计算机科学与技术

组 别 _____ 第二组

组 长 _____ 曾灵杰

成 员 _____ 陈治杰, 刘子鸣

2025 年 4 月 29 日

目录

1	系统概述	2
2	总体设计	2
2.1	系统架构	2
2.2	系统组成 (软、硬件)	2
2.2.1	硬件组成	2
2.2.2	软件组成	3
2.3	数据设计	3
3	模型训练与优化	4
3.1	数据集与预处理	4
3.2	模型结构与参数	4
3.3	模型部署与加速	4
4	性能指标设计	5
5	其它设计	5
5.1	安全性设计	5

1 系统概述

目前中国老龄化现象严重,60 周岁以上公民近 3 亿,而 90% 以上的养老需求依托于居家养老,因而家庭养老的智慧化改造是解决老人急难愁盼的关键因素. 数据表明,随着老年人的身体协调性和反应速度下降,发生跌倒等意外的风险增加,独居老人特别是失能老人面临较高的生活风险,但是现有的视觉识别方案存在性能开销大,对特定场景的优化不佳缺陷. 因此,本项目提出了一种基于行为识别的老人危险检测方案,通过视觉技术和机器识别,面向家庭和养老机构提供智慧解决方案,并建立以 app,小程序为基础的可视化交互方案,极大减小老人照料的人力开支.

2 总体设计

在本节中,我们将对系统的整体设计思路进行详细阐述.通过对各个组成部分的梳理,可以更好地理解系统的整体架构和实现逻辑.总体设计不仅仅是对各模块的简单罗列,更是对系统各部分之间协同关系的深入剖析.下面将从系统架构、软硬件组成以及数据设计等方面进行说明.

2.1 系统架构

本系统采用分层架构设计,分为数据采集层、数据处理层、业务逻辑层和用户交互层四部分.各层之间通过标准化 API 进行通信,确保系统的可扩展性和模块解耦性.系统整体架构如图所示.通过这种分层的设计方式,能够有效提升系统的灵活性和可维护性,使得后续的功能扩展和升级变得更加便捷.

2.2 系统组成 (软、硬件)

系统的组成部分是实现整体功能的基础,软硬件的合理搭配能够为系统的稳定运行提供有力保障.无论是硬件的选型还是软件的架构设计,都需要充分考虑实际应用场景的需求和未来的扩展空间.下面分别对硬件和软件组成进行简要介绍.

2.2.1 硬件组成

在本系统的硬件组成方面,我们充分考虑了实际应用场景的多样性和复杂性.硬件的选择不仅要满足基本的功能需求,还要兼顾系统的稳定性和可扩展性.通过合理的硬件配置,能够为后续的软件系统提供坚实的基础保障.具体包括如下内容:

- 摄像设备: 选用分辨率为 1920×1080 、帧率 10FPS 的低功耗摄像头,单台功耗不超过 5W,支持 H.264/H.265 编码。
- 计算设备: 已有 Nvidia RTX 4060 Laptop GPU, 支持 CUDA 11.0 及以上版本,内存 16GB, 存储 256GB SSD。

- 网络设备: 配备 Wi-Fi 模块, 带宽不低于 1Mbps, 确保数据上传延迟小于 80ms。

通过上述硬件的合理搭配, 系统能够在各种环境下稳定运行, 为后续的软件处理和数据分析提供了坚实的物理基础。整体来看, 硬件部分的设计为系统的高效运行奠定了坚实的基础。

2.2.2 软件组成

本系统的软件部分涵盖了从前端到后端的多个模块, 各模块之间协同工作, 确保系统整体的高效与稳定。软件的设计不仅注重功能的实现, 还强调了用户体验和系统的可维护性。具体包括如下内容:

- 视频采集与处理模块: 该模块负责对原始视频流进行实时采集和基础处理, 为后续的行为识别提供数据基础。
- 行为识别模型: 作为系统的核心智能部分, 行为识别模型能够对采集到的视频数据进行分析 and 判断, 识别出各类关键行为。
- 服务器后端: 使用 Python Flask + MySQL 8.0, API 响应延迟小于 50ms, 支持 RESTful 接口。后端系统不仅负责数据的存储与管理, 还承担着业务逻辑的处理与对外接口的提供。
- 客户端: 前端采用 Vue 3.0, 桌面端基于 Electron, 移动端兼容微信小程序, 支持实时视频播放与告警推送。客户端为用户提供了友好的交互界面, 方便用户随时随地获取系统信息。

通过上述各模块的有机结合, 系统能够实现从数据采集、处理、分析到用户交互的完整闭环, 极大提升了整体的智能化水平和用户体验。整个软件系统的架构设计充分考虑了未来的扩展性和灵活性, 为后续的功能升级和维护提供了便利条件。可以说, 软件部分的设计是系统智能化和高效运作的关键所在。

2.3 数据设计

系统主要涉及以下几类数据:

- 视频数据: 实时采集的原始视频流 (H.264 编码), 关键帧间隔 1 秒, 单日存储量约为 10GB/摄像头。视频数据作为系统的基础信息来源, 其高效采集与存储对于后续处理至关重要。
- 行为数据: 包含行为类型 (如跌倒、徘徊、静止)、置信度 (0-1)、发生时间、持续时长 (单位: 秒)。行为数据的准确记录有助于系统后续的统计分析与风险评估。

- 告警数据: 包括告警类型 (如跌倒、长时间静止)、告警级别 (高/中/低)、时间戳、处理状态 (未处理/已处理)、关联图像 (JPEG, 分辨率 640×480)。告警数据能够为用户及时提供风险提示, 保障老人的安全。
- 配置数据: 检测灵敏度 (0.7-0.95)、告警阈值 (如静止超过 300 秒)、用户自定义参数等。配置数据为系统的灵活性和可定制性提供了支持。

系统采用 MySQL 存储用户信息、行为与告警记录, 采用 MinIO 对象存储保存视频片段和图片, 时序数据 (如行为发生频率) 使用 InfluxDB 进行高效写入与分析。通过多种数据存储方案的结合, 系统能够兼顾数据的安全性、可靠性与高效性。整体的数据设计不仅保证了数据的完整性和一致性, 也为后续的数据分析和挖掘提供了有力支撑。

3 模型训练与优化

本系统在模型训练与优化方面也进行了充分的考虑, 力求在保证准确率的同时提升模型的泛化能力和推理效率。

3.1 数据集与预处理

模型训练采用公开数据集 (如 NTU RGB+D、Kinetics-400) 与自采集家庭场景数据集, 训练集与验证集比例为 8:2。数据增强包括随机裁剪、水平翻转、亮度扰动等, 提升模型泛化能力。通过多样化的数据来源和丰富的数据增强手段, 模型能够更好地适应实际应用场景。

3.2 模型结构与参数

- 行为识别网络: clip 迁移模型, 窗口长度为 30 帧, 步长为 10 帧, 输出行为类别 (跌倒/正常/异常等)。
- 损失函数: 姿态估计采用 MSE Loss, 行为分类采用交叉熵损失。
- 优化器: Adam, 初始学习率 0.001, batch size 为 8, 训练轮数 50。

模型结构和参数的选择经过多轮实验和调优, 旨在兼顾模型的准确性与计算效率。

3.3 模型部署与加速

模型导出为 pyth 权重, 使用 Nvidia Apex 库进行混合精度训练, 推理延迟降低至 70ms/帧。支持边缘设备本地推理, 异常行为通过实时上报服务器。通过一系列优化措施, 模型能够在资源受限的设备上高效运行, 满足实际应用需求。

4 性能指标设计

鉴于本系统的主要工作环境是在家庭使用场景, 所以模型应该需要在算力较低的情况下运行 ($\text{TFLOPs} \leq 0.5$), 同时需要保证模型的推理速度大于 10FPS. 同时考虑到传输的实时性, 视频流的传输延迟应该小于 80ms, 网络带宽应该大于 10Mbps. 系统整体告警响应时间 (从行为发生到用户收到推送) 不超过 1 秒。通过对各项性能指标的严格设计和把控, 系统能够在实际部署中表现出良好的稳定性和响应速度。

5 其它设计

5.1 安全性设计

对于预测结果的网络传输, 采用 HTTPS 协议进行加密, 确保数据传输的安全性。用户数据采用 AES-256 加密存储, 系统支持多级权限管理, 所有操作均有日志记录, 便于审计追踪。安全性设计贯穿系统的各个环节, 为用户数据和隐私提供了坚实保障。