 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i2.4808

The application of train video perception monitoring system in rail transit

Qiannan Zhao[1] Di Zhang[2] Ling Gao[3]

1. CRSC Research & Design Institute Group Co., Ltd., Beijing, 100070, China
2. Beijing Smart City Network Co., Ltd., Beijing, 100070, China
3. Beijing Subway Operation Co. Ltd., 100070, China

Abstract

As urban rail transit systems expand in scale, the complexities of their operations also increase. In order to improve the efficiency of subway operation and optimize the service level of subway operation, it is no longer possible to meet the needs of intelligent operation of urban rail transit by only viewing the monitoring screen to grasp the real-time situation of the passenger room.This paper explores a train monitoring system that utilizes video content analysis to enhance subway operational efficiency and service quality. The analysis begins with a targeted examination of the system's overall topology, application architecture, and technical principles. Following this, a detailed overview of the application process regarding the connections between events is presented. The study concludes that this monitoring system contributes to the improvement of subway operational efficiency and the optimization of subway service quality.

Keywords

Urban rail transit; Intelligent video analytics; Internet of Things; Integrated perception

列车视频感知监控系统在轨道交通中的运用

赵倩楠[1] 张迪[2] 高岭[3]

1. 北京全路通信信号研究设计院集团有限公司，中国 · 北京，100070
2. 北京智慧城市网络有限公司，中国 · 北京 100070
3. 北京市地铁运营有限公司，中国 · 北京 100070

摘　要

随着城市轨道交通规模的不断增大，运营工作的难度也逐渐增加，为提高地铁运营效率，优化提升地铁运营服务水平，仅通过查看监控画面掌握客室实时情况已不能满足城市轨道交通智能化运营的需求。本文对列车视频感知监控系统在轨道交通中的应用进行研究。首先对列车视频感知监控系统的总体拓扑，应用架构，技术原理进行针对性分析，其次对事件联动应用流程进行详细介绍，最后对应用成效进行了详细剖析，总结得出对提高地铁运营效率、优化提升地铁运营服务水平具有推动作用。

关键词

城市轨道交通，智能视频分析，物联网，综合感知

1 概述

随着轨道交通的密集使用，其站台、车辆和乘客管理需求日益增加，同时考虑到公共安全，轨道交通成为了潜在恐怖袭击的高风险区域，因此，车载 CCTV 视频监控系统的引入对于 监控车厢内情况、记录乘客容貌以及危机事件后的应对和责任追溯至关重要。对北京地铁 5 号线的列车进行智能综合感知数据采集系统改造，列车智能感知数据采集系统直接面向乘客及运营人员，通过增设新型感知设备、取代原有的显示方式、实现更好服务乘客、降低人员投入成本的目的。

2 综合感知系统方案

通过在客室安装高清摄像机以及温湿度、光照度传感器采集客室内信息，随后将采集到的数据通过交换机环网传输到边缘计算服务器和存储服务器中，边缘计算服务器再将处理后的事件数据传输到中心服务器，中心服务器接收事件数据后将其通过交换机环网传输到展示平台并通过分析温湿度、光照度信息控制客室空调、照明设备。

同时事件数据和实时视频流数据通过交换机环网传输到 EUHT 系统的轨道交通车载通信服务平台单元（ESU），通过无线传输技术将数据传输到 EUHT 系统的轨旁设备，

【作者简介】赵倩楠（1990–），中国河北人，本科，工程师，从事轨道交通通信研究。

然后将数据传输到车辆段信号楼，通过有线网络将数据传输到控制中心。

2.1 列车视频感知监控系统架构

2.1.1 系统总体拓扑

如图 1 所示，列车视频感知监控系统总体拓扑包括地面中心平台和列车视频感知数据采集系统两部分。其中地面中心平台与传输系统接口，实现轮乘站、生产调度室、检修中心等客户端的登录访问。

列车视频感知监控系统由一体化控制主机、边缘计算服务器、存储服务器、摄像机和物联网关等设备组成。本系统在每列车 1、6 客室设置一体化控制主机，2、5 客室设置边缘计算服务器 ,3、4 客室设置存储服务器，均采用双机部署，互为主备。如单机故障时，系统自动切换，可保证业务流畅性，避免整个系统瘫痪。

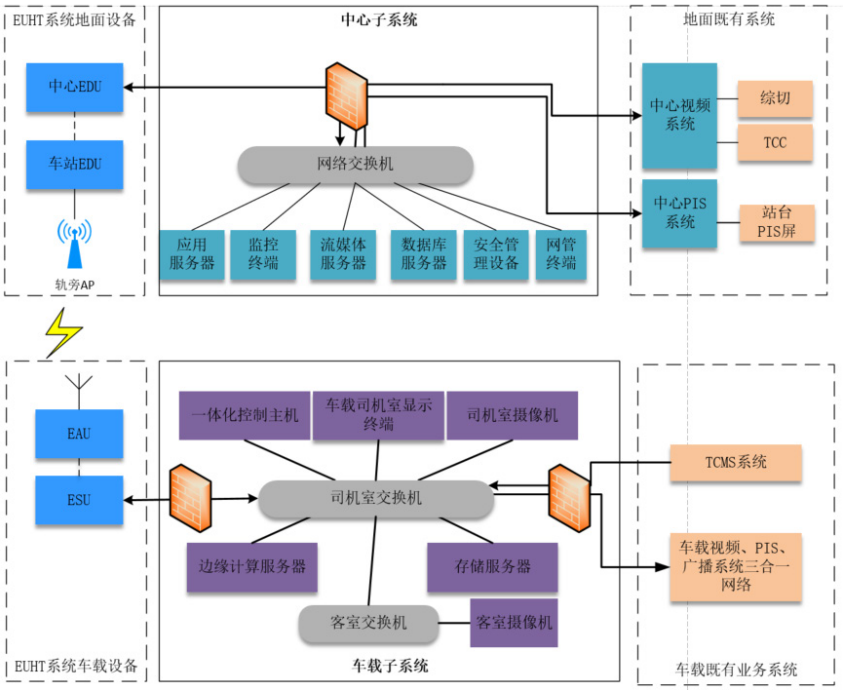


图 1 系统总体拓扑

2.1.2 系统应用架构

每个层级负责不同工作内容，各层级主要功能如下：

（1）感知层：

感知层主要由综合感知单元摄像机和传感器组成。负责收集和传输各类现场数据，为后续的分析和处理提供了基础信息支持。内容如下：

1）车厢客流监测：通过安装在车厢内的传感器和摄像头实时监测乘客流量，包括上下车统计和车厢满载率。

2）乘客行为监测：利用视频监控技术识别和分析乘客的不文明行为（如座椅躺卧、扫码传销、乞讨卖艺）和异常行为（如异常倒地、异常骚动）。

3）车厢环境监测：检测车厢内的光照度、温度和湿度等环境参数，确保舒适的乘车环境。

4）客室设施状态监测：对车门开关状态、电子屏幕黑屏情况等进行实时监测，以确保设备的正常运行。

5）运维维护：记录乘务员工作状态、司机工作状态、清客、入库遗留物等信息，便于管理和调度。

6）数据采集：从各种车载系统中获取必要的数据，如 PIS（乘客信息系统）、CCTV（闭路电视监控系统）、TCMS（列车控制系统）等。

（2）平台层：

平台层主要针对感知数据进行统计分析，并在地面平台端进行二次分析。内容如下：

1）统计分析：对感知层收集到的原始数据进行初步的统计分析，按车辆、时间和交叉点进行分类汇总。

2）二次分析：在地面平台端进一步深入挖掘数据价值，进行报警二次分析、车辆数据关联分析和第三方数据关联分析。

（3）应用展示层：

应用展示层作为平台的功能应用，是平台开发价值的最终体现。直接面向用户，实现了信息的可视化呈现和人机交互，使得复杂的后台系统能够被简单便捷地访问和使用。内容如下：

1）数据看板：以直观的形式展示关键数据和指标，方便管理人员快速了解整体运行状况。

2）统计分析子系统：提供详细的客流统计分析、异常事件查询等功能，帮助制定合理的运营策略。

3）运维子系统：记录运行日志和操作日志，实现数据的下载和管理，提高运维效率。

4）系统配置子系统：允许用户进行个性化设置，如用户配置、列车配置等，满足不同场景的需求。

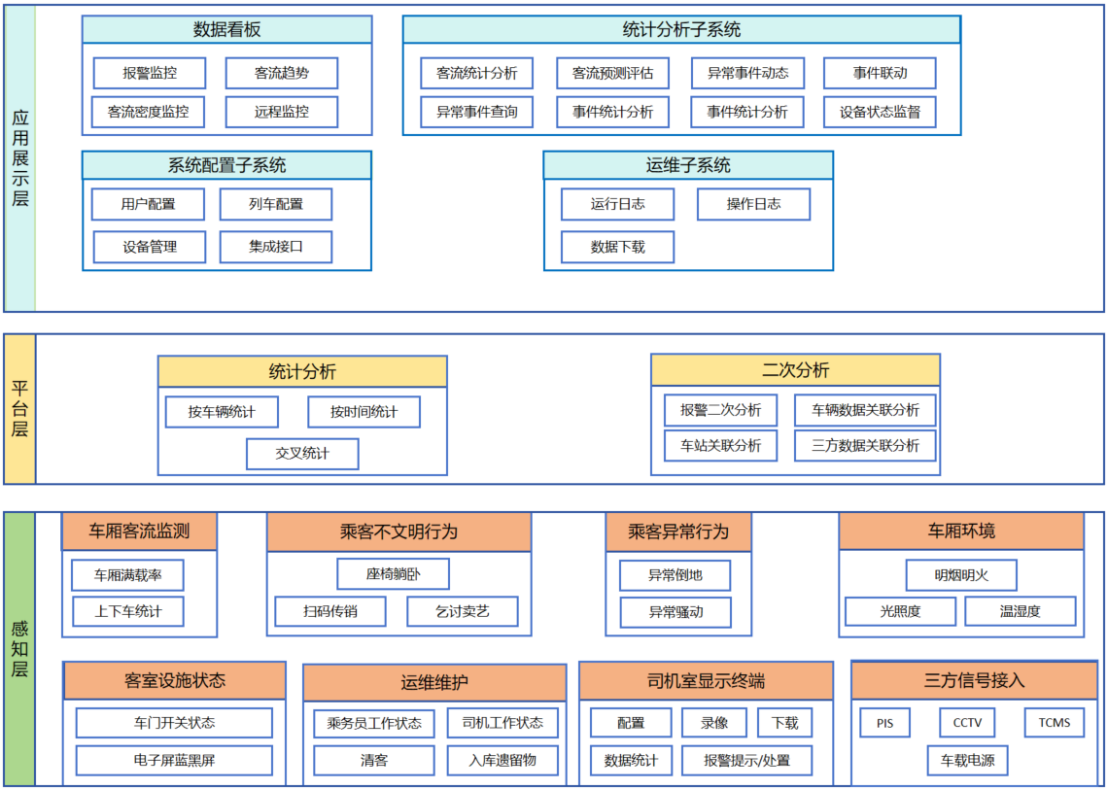


图 2 系统应用架构

2.1.3 系统技术原理

列车视频感知监控系统主要基于以下技术原理：

图像采集：通过安装在列车车厢内外的摄像头，实时采集车厢内外的图像信息，包括乘客人数、乘客行为、车厢环境、设备状态等。

图像处理：对采集到的图像进行预处理，包括图像增强、噪声抑制、图像分割等，以提高图像质量，方便后续的图像识别和分析。

图像识别：利用深度学习等人工智能技术，对预处理后的图像进行识别和分析，识别乘客人数、乘客行为、车厢环境、设备状态等。

数据融合：将来自不同传感器和摄像头的数据进行融合，实现对车厢内外的全面感知。

智能分析：基于识别和分析结果，进行智能决策和处置，例如自动报警、联动广播、控制设备等。

2.2 事件联动应用流程

根据不同的事件等级，制定相应的联动规划，具体联动规划如下：

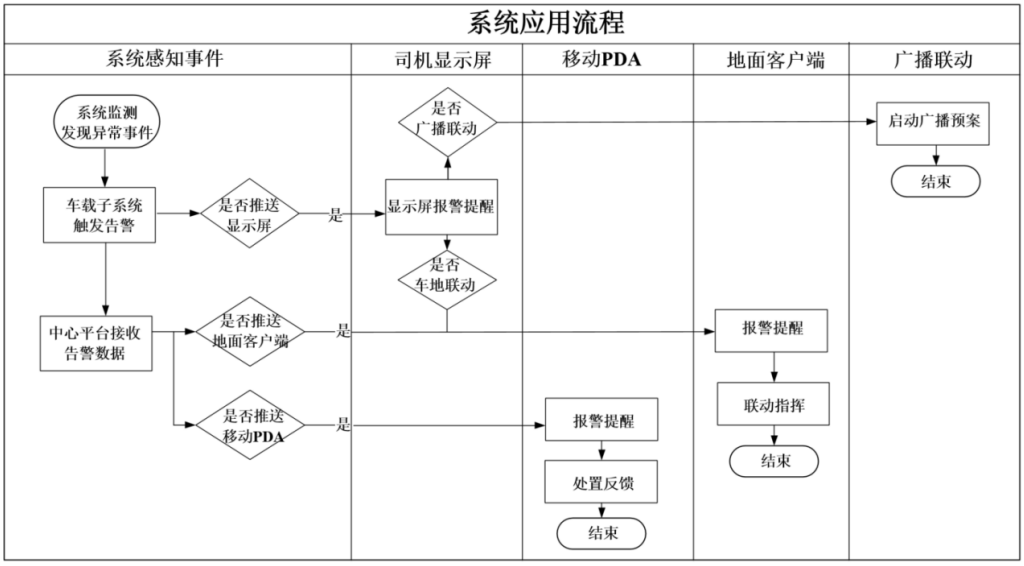


图 3 事件联动应用流程

（1）系统监测到异常事件：

系统监测到一个异常事件，比如乘客异常倒地事件。车载子系统开始触发告警。

（2）是否推送至司机显示屏：

l 这是一个决策点，询问是否需要将乘客异常倒地事件信息推送到司机显示屏上。

l 如果选择“否”，则跳转到下一个决策点。

l 如果选择“是”，则会通过一体化控制主机将乘客异常倒地或挥手求援行为告警数据推送至车载显示屏，车载显示屏进行弹窗告警提示，司机可根据弹窗视频情况，人工判别是否为乘客异常倒地或挥手求援行为，并根据弹窗视频情况触发联动地面轮乘 PC 客户端进行弹窗报警。

（3）中心平台接收告警数据：

这里假设已经选择了“是”选项，因此中心平台会接收到告警数据。通过车地通信网络，将乘客异常倒地或挥手求援行为告警数据推送至中心平台，平台端进行数据记录以及统计分析。用户可通过客户端访问中心平台查看告警数据，并支持以报表形式导出下载。同时，中心平台提供数据接口，将告警数据提供给第三方系统。

（4）是否推送至移动 PDA：

l 这是另一个决策点，询问是否需要将事件信息推送到移动 PDA 上。

l 如果选择“否”，则流程结束。

l 如果选择“是”，地面中心平台根据列车编号进行转发至所在列车的移动 PDA 设备，列车乘务员根据 PDA 信息至所在车厢进行现场处理，并确认处置结果。

（5）是否推送至地面客户端：

l 这是另一个决策点，询问是否需要将事件信息推送到地面客户端上。

l 如果选择“否”，则流程结束。

l 如果选择“是”，针对列车端司机对乘客异常倒地或挥手求援行为联动请求的告警数据进行接收，轮乘站客户端弹窗显示告警的列车、车厢以及图片、视频画面，并同步显示联动预案，并按照预案情况联系下一站车站值班站长进行应急处置。同时，通过集成司机应急监控系统，联动司机室应急监控摄像机进行语音对讲，指导司机进行应急操作。

（6）是否广播联动：

l 这是最后一个决策点，询问是否需要进行广播联动。

l 如果选择“否”，则流程结束。

l 如果选择“是”，则广播系统会按照预设的预案进行操作，可能是播放预先录制好的语音提示或者是现场直播的通知。

（7）联动指挥：

这一步涉及到多个部门或团队的协同工作，他们可能会根据事件的严重性和性质制定相应的行动计划。

2.3 应用成效

列车视频感知监控系统通过人工智能分析手段，实现对异常情况的自动感知和报警，可大大减少安保人员的投入，提升维护工作效率。此外，对车厢内采集的视频，经分析处理后可以为列车运行及调度指挥提供依据，提高紧急事件处理能力。同时，有利于提升运营服务水平及运营效率，提高乘客满意度，提高地铁公司的美誉度，为乘客带来更好的乘车体验，引导智慧地铁新发展，提升运营服务质量和社会效益。

3 结语

在列车视频感知监控系统中，通过人工智能、互联网技术实现车厢客流监测、乘客行为监测、车厢环境监测、客室设施状态监测及运营维护等有实际应用价值的场景，实现智能化的安全防范监测和联动功能。该系统能协助运营人员实时了解每趟车的状况，及时对车辆可能引发的问题做好预案，同时及时发现运营中的异常情况，对提高地铁运营效率、优化提升地铁运营服务水平具有推动作用。

参考文献

[1] 纪文莉，洪翔，潘志福，等. 智能视频分析技术在城市轨道交通中的应用研究[J]. 城市轨道交通研究，2011.

[2] 史新勇. 视频监控在城市轨道交通的应用[J].铁路通信信号工程技术，2010.

[3] 韩娜，陈东伟，钟卓成. 智能视频客流人数统计系统的算法比较研究[J].信息技术，2016.

[4] 邓敏，赵明桂.城市轨道交通智慧车站建设探讨[J].现代交通技术，2021.

[5] 康有余，王伟华，董言治，等.基于物联网技术的智慧地铁系统设计[J].物联网技术，2021.