

新型地铁列车乘客信息系统的总体架构及关键技术

尹航 郑财晖 刘帅

(中车长春轨道客车股份有限公司, 130062, 长春//第一作者, 正高级工程师)

摘要 为了提升地铁乘客的乘车体验及舒适性,提出了一种新型的地铁列车 PIS(乘客信息系统)。基于前沿多网融合的架构理念,构建了新型地铁列车 PIS 的拓扑结构。在阐述新型地铁列车 PIS 主要功能的基础上,对实现这些主要功能所需的 5 个关键技术(乘客助听系统、薄膜电致发光显示技术、OLED(有机发光二极管)显示技术、列车音视频智能分析及安全预警技术、车载乘客计数系统)进行了深入分析。新型地铁列车 PIS 可满足地铁列车智能化的需求,以及乘客获取互联网信息、乘车信息等需求。

关键词 地铁列车;乘客信息系统;系统架构;关键技术

中图分类号 U293.25

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.03.039

Overall Architecture of New Metro Train Passenger Information System and Key Technologies

YIN Hang, ZHENG Caihui, LIU Shuai

Abstract In order to improve the ride experience and comfort of metro passengers, a new type of metro train PIS (passenger information system) is proposed. Based on the architecture concept of cutting-edge multi-network integration, the topology structure of the new metro train PIS is constructed. After expounding the main functions of the new metro train PIS, five key technologies required for realizing these main functions, including passenger hearing aid system, thin film electroluminescent display technology, OLED (organic light emitting diode) display technology, train audio and video intelligent analysis and safety early warning technology, as well as on-board passenger counting system are analyzed in depth. The new metro train PIS can meet the needs of intelligent metro train, and the needs of passengers to obtain information such as internet information and ride information.

Key words metro train; passenger information system; system architecture; key technology.

Author's address CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

更为快捷的数字化服务,本文提出一种新型地铁列车 PIS(乘客信息系统)。该系统基于多网融合的架构理念,结合最先进的视频显示和图像分析技术,并引入了乘客助听系统、薄膜电致发光显示技术、OLED(有机发光二极管)显示技术、列车音视频智能分析及安全预警技术、乘客计数系统等 5 个关键技术,可满足地铁列车智能化运行的需求,满足乘客获取互联网信息、乘车信息等需求。

1 新型地铁列车 PIS 概述

1.1 新型地铁列车 PIS 的总体架构

新型地铁列车 PIS 主要包含 4 个组成部分:音频系统、视频娱乐系统、视频监控系统及乘客无线上网系统^[1]。列车只设一个统一的网络,PIS 不再单独设置内网。其总体架构如图 1 所示。

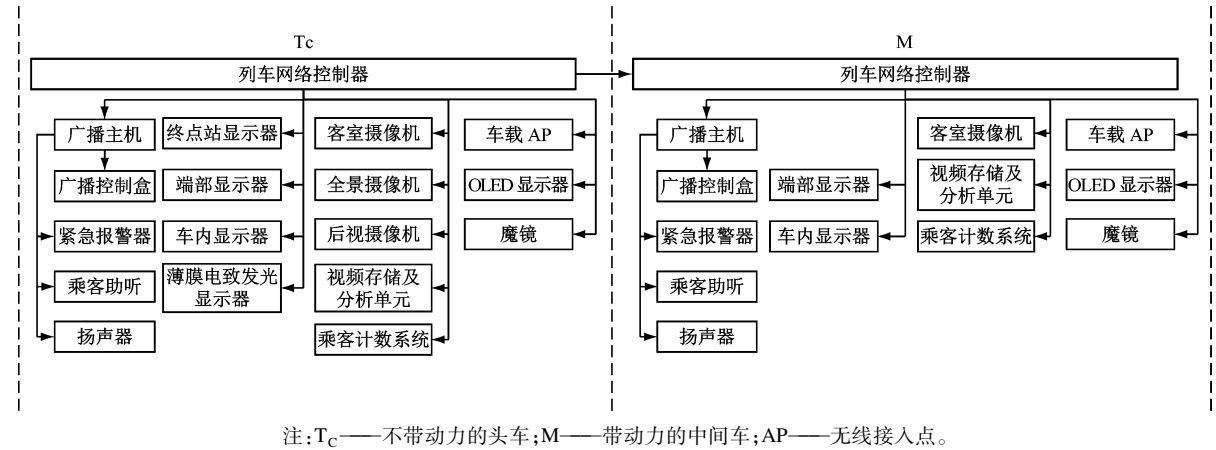
1.2 新型地铁列车 PIS 的 4 个组成部分

在具备传统地铁列车 PIS 功能的基础上,新型地铁列车 PIS 更侧重于新产品、新技术、新功能及新工艺的研发与应用。

1) 音频系统主要用以实现列车自动广播、OCC(运营控制中心)远程广播、人工广播、乘客紧急报警、司机对讲及乘客助听等功能^[2]。音频系统主要由广播主机、广播控制盒、紧急报警器、乘客助听系统和扬声器构成。音频系统研发的关键技术为乘客助听系统。

2) 视频娱乐系统主要用以实现列车信息显示功能。视频娱乐系统主要由列车内的终点信息显示屏、侧部信息显示屏、端部信息显示屏,以及系统控制器、车窗 OLED 显示器和车厢控制器等构成。其中,系统控制器通过与列车网络系统进行通信,获取列车的运行线路、途经站点及服务内容等信息,并在各类终端显示屏上予以显示^[3]。乘客还可以在车窗 OLED 显示器和魔镜上参与观看视频、上网冲浪、查询美食景点等娱乐活动。视频娱乐系统研发的关键技术为薄膜电致发光显示技术和 OLED

为了给地铁乘客提供更加舒适的乘车体验和



注：T_C——不带动力的头车；M——带动力的中间车；AP——无线接入点。

图 1 新型地铁列车 PIS 总体架构示意图

Fig. 1 Diagram of new metro train PIS overall architecture

显示技术。

3) 视频监控系统主要采用视频方式对客室内进行监控,以分析客室内的具体情况。视频监控系统主要由视频监控主机、视频图像分析主机及各类摄像机终端构成。其中,视频监控主机通过列车网络系统接收网络摄像机设备传来的视频码流,并对视频码流分别进行分析、存储及管理^[4]。视频监控系统研发的关键技术为列车音视频智能分析及安全预警技术、车载乘客计数系统。

4) 乘客无线上网系统用以实现基于大容量车地通信的客室区域的无线网络全覆盖^[5]。车地通信采用最新的 5G(第五代移动通信) WLAN(无线局域网)技术,在列车最高运行速度下,可提供最大值为 350 Mibit/s 的数据带宽。客室内的 Wi-Fi(无线保真)系统采用千兆以太网总线,整车的数据传输带宽可达到 600 Mibit/s 以上,能够满足乘客上网及视频信息上传下载的带宽需求。乘客登车后可通过手机直接连接客室内 Wi-Fi,执行网页浏览、观看视频和下载 APP(应用软件)等操作^[6]。乘客也可以通过 APP 获取当前列车的运行速度及途经站点信息,APP 会将列车的到站信息、线网换乘信息、站点附近的餐点娱乐和学校等信息按需推送给乘客。

2 新型地铁列车 PIS 的关键技术

2.1 乘客助听系统

乘客助听系统部署在列车的每个车厢(或特定车厢的特定区域)中,用以协助听力不便、配有助听设备的乘客接收列车广播信息。目前地铁列车 PIS 的广播音频信号无法与残疾人的助听设备相匹配,

有听力障碍的乘客在列车上无法听清列车的广播信息。乘客助听系统可以在音频效果不失真的情况下将广播信号或其他指定的声音信号放大至一个特定的幅度,然后通过技术处理,将电信号转化成磁信号,经由感应线圈辐射到车厢内。有听力障碍的乘客所佩戴的助听器在车厢的磁场中接收到列车广播信息的磁信号,并转化为可以听到的声音信号。新型地铁列车 PIS 在车厢内的音频环路覆盖率达到 88% 以上,声音信号不受距离和车厢拥挤度的限制,因而可确保有听力障碍的乘客能准确、清晰地接收到列车广播信息。

乘客助听系统主要由音频感应环路驱动器和感应线圈组成。音频感应环路驱动器用以实现如下 2 个功能:①接收车厢控制器发来的模拟音频信号;②将接收到的模拟音频信号转换为助听器可接收的频段信号,并通过感应线圈辐射至车厢内部。感应线圈的主要功能是:接收音频感应环路驱动器发出的一定频率的电信号,通过环路在车厢内部形成与助听器匹配的磁信号。感应线圈通常采用 4 mm² 规格的导线,建议的布置高度为距离车厢地板 1.8 ~ 2.0 m。如图 2 所示,感应线圈从音频感应环路驱动器接出,环绕车体一周后返回出发点,进而形成平面环路。



图 2 感应线圈在地铁客室内的布置示意图

Fig. 2 Diagram of induction coil arrangement in metro compartment

2.2 薄膜电致发光显示技术

如今,城市轨道交通采用 FAO(全自动运行)模式的线路越来越多。FAO 模式下,列车正常运行时,乘客可以自由地进出列车的前端区域(即司机室)。为了给乘客更具科技感的乘车体验,在司机室的前挡风玻璃上集成了一个透明显示屏。该透明屏实为薄膜电致发光显示器(一种基于材料主动发光技术的固态显示器),采用玻璃作为上下基板,玻璃层的中间为由 ITO(氧化铟锡)电极、绝缘层及发光层组成的透明发光层。薄膜电致发光显示器采用 14 nm ALD(原子层沉积)技术,可实现纳米级、无针孔生产工艺,确保显示器轻薄、坚固和可靠。借助于先进的 ALD 生产工艺,薄膜电致发光显示器触摸屏采用独特的 In-cell 技术,将触摸传感器嵌入到显示像素层中,实现了投射电容触摸功能,且无需增加额外的触摸层,这既降低了集成的工艺难度,又提高了产品的可靠性。

与其他类型显示器透光率的最大值仅为 40% 左右相比,薄膜电致发光显示器透明屏的透光率可以达到 80% 以上。列车前挡风玻璃的透光率要求在 70% 以上,该透明屏完全可以满足司机驾驶的要求。此外,该透明屏还具有如下优点:①可在 $-60 \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下稳定工作,且运行温度对玻璃寿命无影响;②具有超过 200 g(g 为重力加速度)过载的抗冲击振动性能;③在连续运行 10 万 h 后,其屏幕亮度依然可保持原亮度的 85%;④触屏的响应时间小于 1 ms;⑤屏幕具有超宽视角,且在所有视角下屏幕的亮度和对比度均不变。

薄膜电致发光显示器透明屏已经在新型地铁列车司机室前挡风玻璃中得以应用。0.7 mm 厚的透明发光层贴合在双层玻璃内,透明屏的控制器通过与列车网络控制器通信,获取列车的速度、内温、外温,以及列车故障信息等数据,并将这些数据转换为显示屏可识别的字段信息,通过驱动板点亮对应的字段。

2.3 OLED 显示技术

在 TFT(薄膜晶体管)层的驱动下,OLED 自身能够发光。OLED 分为红、绿、蓝三种不同的次像素。通过调整每个显示区域内每种次像素的发光亮度,可精准地控制 OLED 显示屏上每个显示区域的显示色彩。OLED 显示屏成品厚度约为 0.5 ~ 1.8 mm,其显示效果比 LCD(液晶显示屏)更明亮、更细腻,耗电量也更低。

传统地铁列车上应用的 LCD 显示屏由于安装结构限制,最大尺寸一般为 570 mm(长) \times 370 mm(宽),所以可显示的信息有限,屏幕的清晰度也较低。新型地铁列车 PIS 将尺寸为 1 508 mm(长) \times 938 mm(宽)的 OLED 显示器(集成了红外触摸膜)置于列车侧面的车窗处。OLED 显示屏由车窗和控制器两部分组成,如图 3 所示,车窗部分仅外露玻璃,显示屏显示区域在玻璃中间,四周为丝网印刷黑色条纹。OLED 显示屏未通电时,车窗为透明状态,透光率为 45%。OLED 显示屏通电后,其可以通过人机交互的方式向乘客提供列车到站时间、线路沿线城市的历史文化和人文景观等信息,也可以播放视频和上网冲浪等,满足乘客对高科技体验和信息化交互的需求。



图3 新型地铁列车侧面车窗 OLED 显示屏

Fig. 3 OLED display screen on new metro train side window

2.4 列车音视频智能分析及安全预警技术

为了更好地保障乘客的乘车安全,及时处理客室内的异常状况或乘客的异常行为,需要对客室进行实时监控,并在必要时发出安全预警。

2.4.1 列车车厢音视频智能分析技术

本文对图像处理领域的传统模式识别技术、基于深度学习的图像识别技术及音频处理技术进行研究,实现了基于 HOG(方向梯度直方图) + SVM(支持向量机)算法的人脸识别和人员异常行为识别功能,并可基于混合声学模型判定列车车厢内声音的大小及变化情况。HOG 特征是一种在计算机视觉和图像处理中用来进行物体检测的特征描述子。人脸图像 HOG 特征识别是指通过计算和统计图像局部区域的 HOG 来构建人脸特征,采用此技术的人脸识别具有检测速度快、准确率高的优点^[7],正脸识别的准确率可达到 99.7%。人脸图像 HOG 特征的识别流程如图 4 所示。

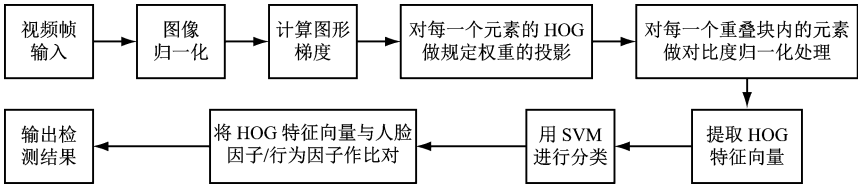


图 4 人脸图像 HOG 特征的识别流程

Fig. 4 Recognition process of human face HOG features

2.4.2 列车车厢安全预警技术

列车车厢内部的安全预警主要分为 4 类:人脸识别预警、行为异常预警、可疑物品预警和声音超限预警^[8]。与人脸识别仅对单幅图像进行处理不同,行为分析处理的是多幅图像,需在图像间建立映射关系,并通过计算机自动分析和抽取视频流中的关键信息。根据安全监控策略,一旦发现异常信

息,预警系统将立即进行告警触发,保障列车的运行安全。

列车车厢安全预警技术的检测策略如图 5 所示。当列车车厢内部有异常情况时,视频智能分析主机将输出报警信号给 OCC,同时基于告警信号所在的车厢位置,在车载 CCTV (闭路电视) 显示屏和 OCC 上显示报警所在位置的实时视频图像。

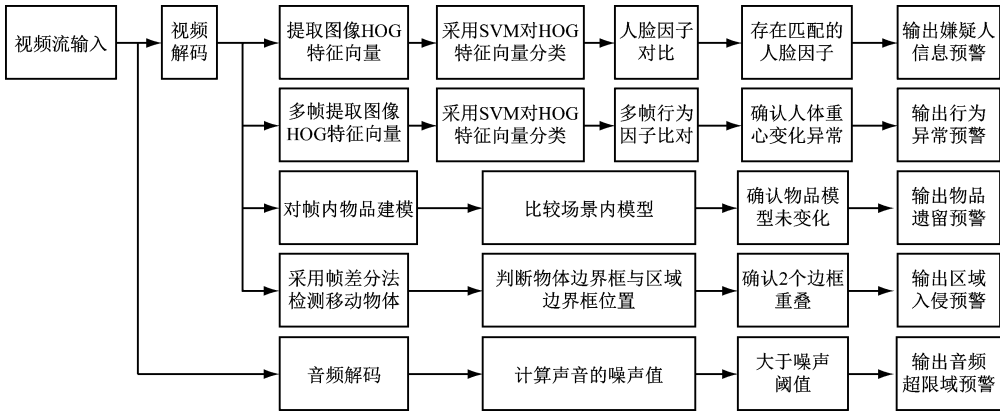


图 5 地铁列车车厢安全预警技术的检测策略

Fig. 5 Detection strategy of safety early warning technology for metro train compartment

2.5 车载乘客计数系统

列车内乘客数量及列车拥挤度的统计功能已被越来越多的地铁线路所需要。此功能既可以结合列车和地面显示终端来疏导客流,还能线路的客流量大数据分析提供数据基础。

目前,有些城市的地铁采用列车空气弹簧压力来粗略计算列车拥挤度,因空气弹簧压力无法准确地反映列车质量,由此无法精确地推算出列车上乘客数量,故采用这种方法估算得到的结果误差较大。

新型地铁列车 PIS 通过在车内设置乘客计数终端,可精确地实现列车运行过程中车内客流量统计,并可针对列车的拥挤情况自动进行语音疏导。

车载乘客计数系统主要由 APC(自动计数传感器)、乘客计数主机及其统计软件组成。APC 安装在列车车门的上方,实时监控在该车门上下车的乘客人数。车载乘客计数系统基于红外成像计数原

理,利用最新的 TOF(飞行时间)技术分析监测车门处的客流人数,自动识别乘客上下车的方向与运动轨迹,并自动进行标准尺寸过滤,其精确度可达到 95% 以上^[9]。

APC 通过以太网与本车厢内的车厢控制器连接,车厢控制器可对用于信息采集的各个计数终端进行数据的统计和记录等操作。APC 统计出列车在各站点、各车厢及各时间段的上下车乘客数,并对列车进行拥挤度分析。统计得到的数据通过车地通信系统传输至 OCC,为调度人员提供各时间段、各车站及各列车的客流分布信息,为制定科学的列车运行计划、客流引导措施及列车调度计划提供数据支撑^[10]。

3 结语

本文提出了一种新型的地铁列车 PIS,介绍了

该系统的总体架构和主要功能,详细阐述了该系统研发过程所需攻关的关键技术。这些关键技术已在国内外部分地铁列车项目上进行推广应用,例如:乘客助听系统已在出口以色列的有轨电车上得以应用;车载乘客计数系统已在美国波士顿地铁橙线项目中得以采用;薄膜电致发光技术将在成都地铁9号线全自动运行项目上得以应用;OLED显示技术将在深圳地铁14号线的列车上试验应用;列车音视频智能分析及安全预警技术将应用在我国的高速动车组上。这些应用与试验对PIS的进一步发展具有指导性意义。

参考文献

- [1] 杨礼. 探析城市轨道交通乘客信息系统关键技术研究[J]. 电子世界, 2019(13): 186.
YANG Li. Research on key technologies of passenger information system in urban rail transit[J]. Electronics World, 2019(13): 186.
- [2] 蔡国涛, 陈蕾. 对乘客信息系统(PIS)的分析[J]. 现代城市轨道交通, 2008(1): 9.
CAI Guotao, CHEN Lei. Analysis of passenger information system (PIS)[J]. Modern Urban Rail Transit, 2008(1): 9.
- [3] 孙建平. 城市轨道交通中乘客信息系统(PIS)施工技术浅析[J]. 通讯世界, 2017(23): 310.
SUN Jianping. Analysis of passenger information system (PIS) construction technology in urban rail transit[J]. Telecom World, 2017(23): 310.
- [4] 许晓丰, 郑庆三. 地铁机车内的 CCTV 监控系统[J]. 中国交通信息产业, 2004(8): 103.
XU Xiaofeng, ZHENG Qingsan. CCTV monitoring system in metro[J]. China ITS Journal, 2004(8): 103.
- [5] 曹雪. 城市轨道交通乘客信息系统关键技术研究[J]. 信息技术与信息化, 2015(9): 135.
CAO Xue. Research on key technologies of passenger information system in urban rail transit[J]. Information Technology and Informatization, 2015(9): 135.
- [6] 邵君. 轨道交通 PIS 系统车地无线技术的探讨[J]. 通讯世界, 2013(9): 11.
SHAO Jun. Discussion on vehicle-to-ground wireless technology in PIS system of rail transit[J]. Telecom World, 2013(9): 11.
- [7] 车志富, 苗振江, 王梦思. 地铁视频监控系统中的行人检测研究与应用[J]. 现代城市轨道交通, 2010(2): 31.
CHE Zhifu, MIAO Zhenjiang, WANG Mengsi. Investigation and application of pedestrian detection in metro video monitoring system[J]. Modern Urban Rail Transit, 2010(2): 31.
- [8] 胡小波, 李卫东, 罗玉国. 我国地铁列车车载视频系统构建方案[J]. 城市轨道交通研究, 2005, 8(6): 51.
HU Xiaobo, LI Weidong, LUO Yuguo. An investigation of Chinese Metro on board video system[J]. Urban Mass Transit, 2005, 8(6): 51.
- [9] 任振旻, 钱存元, 王康. MVB 总线的轨道交通车辆乘客计数系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2018, 18(4): 74.
REN Zhenmin, QIAN Cunyuan, WANG Kang. Passenger counting system for rail vehicle based on MVB bus[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2018, 18(4): 74.
- [10] 邱志兴. 城市轨道交通乘客信息系统关键技术探析[J]. 企业科技与发展, 2018(7): 171.
QIU Zhixing. Analysis on the key technologies of passenger information system in urban rail transit[J]. Sci-Tech & Development of Enterprise, 2018(7): 171.

(收稿日期:2020-10-26)

(上接第 204 页)

- FENG Tao, LI Wei, BAI Jianguang. Design and application of energy efficiency management and control integrated system in large railway station building[J]. Electrical Technology of Intelligent Buildings, 2018, 12(5): 65.
- [6] 王伟哈, 尹守迁, 王清成. 能源管理系统在大型铁路客运站的应用[J]. 应用技术学报, 2017, 17(1): 67.
WANG Weihai, YIN Shouqian, WANG Qingcheng. Application of energy management system in the large railway passenger station[J]. Journal of Technology, 2017, 17(1): 67.
- [7] 朱珮荣. 铁路客运站能耗计量分析系统研究[J]. 硅谷, 2012, 5(13): 108.
ZHU Peirong. Research on energy consumption measurement and analysis system of railway passenger station[J]. Silicon Valley, 2012, 5(13): 108.
- [8] 毛路, 王伟, 曹连华, 等. 中国人寿数据中心水冷空调系统的节能方案及实施[J]. 建筑技术, 2016, 47(2): 126.
MAO Lu, WANG Wei, CAO Lianhua, et al. Energy conservation of water-cooling air-conditioning system for data center[J]. Architecture Technology, 2016, 47(2): 126.
- [9] 张瑞, 罗定鑫, 李元阳, 等. 集中式空调系统冷却水变流量特性研究[J]. 制冷与空调, 2021, 21(4): 65.
ZHANG Rui, LUO Dingxin, LI Yuan yang, et al. Research on variable cooling water flow characteristic of central air-conditioning system[J]. Refrigeration and Air-Conditioning, 2021, 21(4): 65.

(收稿日期:2022-01-05)