

基于5G的高铁列车超视距行车辅助预警系统 的研究与设计

安东, 郭宇宇

陕西科技大学镐京学院, 陕西 西安 710000

摘 要 : 文章研究目的为基于5G技术开发一款超视距高铁列车行车辅助预警系统, 以解决高铁驾驶员无法提前预知前方危情的弊端。研究期间, 以5G作为核心传输技术, 融合线路沿线摄像头、关键区域监测设备、列车车载显示系统等硬件结合对程序的设计, 实现高铁列车运行阶段对前方危情的超视距感知, 以便列车员与调度中心可提前制定风险应对策略, 提升列车运行稳定、安全性。

关 键 词 : 5G技术; 超视距; 预警系统; 危情视频传输

Research and Design of 5G-Based Over-the-Horizon Train Auxiliary Warning System for High-Speed Trains

An Dong, Guo Yuyu

Haojing College, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710000

Abstract : The purpose of this paper is to develop an over-the-horizon high-speed train auxiliary warning system based on 5G technology, so as to solve the problem that high-speed train drivers cannot predict the danger ahead in advance. During the research period, 5G is taken as the core transmission technology, and hardware such as cameras along the line, monitoring equipment in key areas, and on-board display system of trains are integrated with program design to realize over-the-horizon perception of the danger ahead in the running stage of high-speed trains, so that the train crew and dispatching center can formulate risk response strategies in advance and improve the stability and safety of train operation.

Keywords : 5G technology; beyond visual range; early warning system; emergency video transmission

高铁行车过程中, 由于其高速运行的特点, 仅凭列车人员的视距不足以及及时发现前方可能的潜在风险, 即便发现, 高达300km/h的行驶速度也将导致其无法有效实施风险的应对, 故而设计一款超视距行车辅助预警系统, 对于高铁的安全运行具有重要意义。5G技术, 以其高带宽、低延迟、高可靠性的特征, 让远程感知、实时数据传输的融合成为可能。通过实时整合前方轨道状况、天气变化、周边环境等多源信息, 系统可以在远超人眼视距的范围内实现全面监测、快速预警。与此同时, 5G网络技术的低时延特性, 可以保证预警信息实现及时传递, 让高铁驾驶员、调度中心可以迅速获取准确风险信息^[1]。综合而言, 基于5G技术设计的超视距行车辅助预警系统, 对于高铁今后的安全、稳定运行而言具有不言而喻的价值。

一、高铁列车运行阶段常见风险分析

(一) 铁路异物与人员入侵

铁路异物、人员入侵为高铁运行中的重要风险之一。在铁路沿线, 特别是人口密集、管理薄弱区域, 自我国铁路系统运行以来就出现人员误入轨道、故意侵入轨道等情况, 导致列车必须紧急刹车、临时停车。此外, 自然、人为因素导致异物进入轨道, 如掉落的树枝、跌落广告牌等, 也可能造成列车出轨甚至是出现翻覆。这类事件通常由于安全防护设施不完善、公众安全意识不

足等所形成。传统列车可采取紧急停车等措施, 然而高铁列车运行速度高达250 ~ 350km/h, 即便列车人员发现情况也无法采取停车、急刹车形式规避风险。

(二) 隧道落石

隧道落石作为一种同地质因素密切相关的风险, 其引发原因可能是由于地壳运动、降水侵蚀或是温差变化所导致, 上述极端条件下, 隧道内壁可能发生石块松动、掉落, 对快速行驶中的列车造成极大安全隐患, 可能导致列车本身损毁、影响隧道结构的完整性甚至是导致铁路长时间修复、封闭以及人员伤亡事故。

（三）山体滑坡

山体滑坡作为自然灾害，常发生于多雨、地质活动频繁的山区、丘陵地带。长期的降雨、大幅度温度波动、地震等自然现象将加剧土壤饱和度、不稳定性提升，继而导致山体滑坡^[2]。一旦铁路周边山体出现滑坡，大量泥石土壤会堆积到铁路上，若高铁列车无法停止将引发灾难性事故，如撞击、出轨，继而带来严重的人身伤害、财产损失，并且引发铁路线路长时间中断通车。

二、以5G为核心技术的列车超视距行车辅助预警系统设计研究

（一）设计目的

针对高铁列车运行阶段可能出现的各类风险，以5G为核心技术，设计一款列车超视距行车辅助预警系统（简称超视距预警系统），以5G网络将铁路前方沿线的视频画面快速向高铁列车驾驶室内传输，以实现高铁司机视线眼神的目标。特别是针对铁路线路重点区段，可实现风险快速识别、报警，一旦出现危情，高铁列车司机将快速基于报警提前进行应对策略制定^[3]。同时，对于前方高风险区域，系统可语音提醒司机注意安全驾驶。

（二）系统架构设计

本次面向高铁列车的超视距预警系统采取四层设计形式，即感知、传输、数据、应用四层架构。表1为不同层功能基础介绍：

表1 基于5G技术的超视距预警系统四层架构

序列	层	功能简述
1	感知层	险情预警、重点区段视频展示、视频共享、行车提示
2	传输层	5G网络、铁路生产网、铁路局安全平台
3	数据层	视频数据、危情数据、列车寻位数据
4	应用层	铁路沿线视频采集、重点区段视频采集、智能传感器数据采集

如表1所示，感知层，主要依赖智能传感、边缘计算技术对高铁铁路沿线、重点区段进行视频采集，且一并覆盖传感器数据采集功能。传输层，以5G技术为核心数据传输网络。数据层，则负责铁路沿线视频数据、危情数据、列车寻位数据的存储与预处理，实现危情与视频数据向应用层推送。应用层，则主要面向高铁列车驾驶员展示各类场景视频、危情视频以及安全行车引导，且一并将视频共享至调度中心技术平台^[4]。

（三）车载与地面设备

本次超视距预警系统硬件方面，包含车载设备与地面设备。

1. 车载设备

车载设备部分，包括5G传输设备、车载显示设备、车载DMS系统。其中，车载5G传输设备为超视距预警系统核心模块，负责保障列车同地面信息实现实时互通，在列车行驶过程中，实现大规模数据快速传输，让列车能够实时获取前方轨道的信息。车载显示设备为数据的人机交互界面，负责将分析后的预警信息及时呈现给高铁列车驾驶员。显示设备，应具备高分辨率以及高度友好的用户界面，确保在短时间内便可让高铁列车驾驶员直观了解前方路况、潜在风险，减少了信息传递的延迟同时提升驾驶人员的响应速度、决策准确性。车载DMS动态监测系统，负责对

驾驶员状态开展实时监测，通过摄像头、传感器监测驾驶员的注意力、疲劳程度等一系列关键参数^[5]。若列车高速运行阶段驾驶员状态不佳，该系统立即发出警报，提醒驾驶员调整状态，或是将控制权转移给列车自带的辅助系统，保证长时间、高速驾驶行为始终处于安全状态，提升驾驶员持续警觉、安全意识。

2. 地面设备

地面设备，由铁路沿线视频采集设备、重点区域监测设备、视频云平台模块联合组成。铁路沿线视频采集设备包括沿铁路线路安装的多台高精度摄像机，该部分负责实时捕捉轨道周围环境变化情况，识别出潜在风险因素，如异物入侵、人员靠近等，随后基于5G网络即时将影像数据传输至调度中心实现进一步分析。重点区域监测设备，包括雷达、传感器、高清摄像头，负责全面感知环境的变化与异常情况，如雷达、传感器负责检测微小的地质活动、环境变化，摄像头负责提供视觉维度的确认。特别是在恶劣天气、复杂地形条件下，雷达的穿透能力、多普勒效应，可显著提升风险的早期探测能力。视频云平台方面，所有地面采集到的数据会集成至视频云平台进行统一管理、分析^[6]。平台会利用大数据算法、神经网络算法对列车行驶阶段前方风险进行评估、预测，并生成实时预警信息。视频云平台的分析结果，同样基于5G网络即时反馈给车载系统，确保高铁列车运行阶段驾驶员可始终了解前方路线安全情况。此外，这一过程下，铁路沿线视频、重点区域监测信息会一并共享给调度中心，除了让高铁列车驾驶员了解情况，一并向调度人员掌握列车运行状态、前方危情，以便在系统发出预警期间可以快速与列车驾驶员商议紧急处理策略。

（四）系统程序设计

1. 初始化程序

高铁列车启动期间，车载5G传输设备自动开启，同铁路沿线基站建立连接，随后进行网络环境的检测，保证通信信号的强度、稳定性满足要求。其次，车载系统对主要硬件设备如显示设备、DMS动态监测系统开展自检，确认其是否处于正常工作状态^[7]。与此同时，地面视频采集设备、重点区域的雷达、传感器、摄像头并行启动自检程序，检查其连接状态、功能完好性是否满足要求。一旦所有设备通过自检，车载系统、地面系统进行对接数据同步，包括当前列车位置、速度等一系列基本参数。最后，初始化程序启动视频云平台，确保所有采集的数据能够实时上传、存储，为后续的视频分析、危情预警提供基础保障。整个初始化结束后，超视距预警系统进入正常工作状态^[8]。

2. 路线前方危情视频传输程序

路线前方危情视频传输程序设计阶段，沿线布置的高精度摄像头进入持续工作状态，实时捕捉轨道周边动态影像。采集到视频数据后，利用5G网络即时传输至地面视频云平台。这一过程下，视频云平台以先进的数据压缩、传输技术来保证列车高速移动、网络波动情况下视频信号仍旧满足清晰度、传输稳定性要求。这一过程主要依赖于边缘计算技术，初步过滤正常无危情的数据，减轻服务器压力。完成上述步骤后，被沿线摄像头以及重点区域传感器等设备采集到的数据会在视频云平台得到全面分

析,借助图像识别算法、深度学习模型快速检测出可能存在的隐藏危情以及已经出现的危情,如轨旁异物、人员闯入轨道。检测结果同原视频,将被快速传输到列车驾驶室车载显示设备,驾驶员此刻可实时看到前方路线危情,做好应对准备^[9]。

3. 危情警报程序设计

在视频云平台、沿线传感器发现异常情况,这一信息会基于5G网络快速传输至视频云平台,随后在数据经过快速分析后快速传输至高铁列车驾驶室车载显示设备。这一过程下,首先,平台会收到的危情数据进行多层次判断、优先级分类,计算危险发生可能性、紧急程度。其次,确认危情信息后,远程触发车载DMS动态监测系统的优先级警报机制,界面上会显示具体的危情种类,如“前方有异物”、“人员闯入轨道”等,同时伴有声光提示,

以引起驾驶员的注意。与此同时,地面调度中心一并发收到警报信息,调度人员可快速启动预先部署的应急方案^[10]。

三、结语

如上分析,本文针对高铁列车运行阶段可能遭遇的安全风险,以5G网络技术为核心设计了一款超视距预警系统,以有效解决列车员对前方路况、风险缺少预知的问题。系统运行阶段,一旦线路沿途摄像头、重要区域传感器与雷达等设备检测到异常,数秒内列车驾驶员便可收到声光警报,并通过显示界面了解前方危情实际情况,提前应对,保证高铁列车始终处于安全运行状态,规避位置风险带来的危害。

参考文献

- [1]赵涛.高速铁路行车事件应急救援进度预警模型研究[D].兰州交通大学,2022.
- [2]杨小江,何先文,朱春山,等.南山矿铁路运输行车安全预警系统建设与应用[J].现代矿业,2023,39(10):174-177.
- [3]刘佳佳.面向智能高铁场景的隐私保护研究[D].北京交通大学,2022.001139.
- [4]陈建译.基于5G的高铁列车超视距行车辅助预警系统[J].铁道通信信号,2022,58(02):49-55.
- [5]钟尖,万月亚.高铁工务作业监控管理系统的设计及应用[J].价值工程,2020,39(32):170-171.
- [6]张妍君,赵耀.5G在铁路信息系统中的应用[J].中国铁路,2023,(05):13-20.
- [7]柳青红,赵颖,罗浩,等.基于5G公网的高速铁路运营线路列车超视距应用系统试验方案研究[J].铁路计算机应用,2023,32(06):62-70.
- [8]王瑞.高速铁路灾害及超限监测关键技术研究[D].中国铁道科学研究院,2022.000007.
- [9]何理旭.5G无线信号穿透高铁车厢的信道特性研究[D].上海大学,2023.000634.
- [10]张存涛.5G C/U分离架构下高铁移动网络切换性能增强方法[D].北京交通大学,2023.001927.