

5G移动通信技术在城市轨道交通PIS系统中的应用

张天宁

浙江华展研究设计院股份有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 5G移动通信技术凭借其高带宽、低时延、大容量连接等特性,为城市轨道交通乘客信息系统(PIS)的升级提供了关键支撑。通过5G网络,PIS系统可实现超高清视频的流畅播放、多终端实时交互、车地协同控制等功能,显著提升信息传输质量与服务效率。5G网络切片、边缘计算等技术增强系统的可靠性与安全性,支持预测性维护和快速故障恢复。应用案例表明,5G技术不仅优化乘客的出行体验,还为轨道交通运营方提供智能化管理工具,推动智慧交通的发展。

关键词: 5G移动通信技术;城市轨道交通;PIS系统;应用

1 5G移动通信技术概述

1.1 5G技术的基本原理

5G(第五代移动通信技术)是基于微波频段和毫米波频段的无线通信技术,其基本原理融合了多项关键技术以实现超高速率、超低时延和海量连接三大核心能力。(1)巨量数据传输技术。通过多小区、多载波聚合等技术,5G能够在短时间内传输大量数据。(2)超低延迟技术。采用多点连接技术和网络切片技术,5G的端到端延迟可降至1毫秒以内,较4G网络缩短90%以上。这一特性使远程手术控制、自动驾驶车辆协同、工业机器人精准操作等实时交互场景成为可能。(3)大容量技术。通过大规模天线阵列(MassiveMIMO)和波束成形技术,5G基站可部署数十至数百根天线,形成多用户空分复用(MU-MIMO),同时服务多个终端,提升频谱效率^[1]。(4)高可靠性技术。采用多用户多入多出(MIMO)技术和高可靠传输技术,5G网络具备冗余技术和自修复能力,可快速检测和修复故障,保证网络的可靠性和稳定性。(5)广覆盖技术。通过低功率宽带技术和物联网技术,5G网络实现广覆盖和低功耗的无线通信。动态频谱共享技术进一步优化网络资源利用率,保障偏远地区的基础通信质量。

1.2 5G技术的优势

5G技术相比前一代移动网络具有显著优势,5G网络的传输速度比4G快10到100倍,最高速率可达10Gbps,甚至有报道称最高可达到20Gbps。这种高速率使得用户可以享受到更加流畅的网络体验,无论是下载大文件、观看高清视频还是进行在线游戏,都能得到极大的速度提升。5G网络的延迟比4G低约10倍,甚至可以达到一毫秒以下。这种低延迟特性对于需要实时交互的应用场景至关重要,如自动驾驶、远程手术等,可以确保数据的实

时传输和处理,减少因延迟导致的风险。5G网络可以连接更多的设备,并且可以同时处理大量的数据,从而提高了网络容量和效率。这意味着在人群密集的区域或大型活动中,用户仍然可以享受到稳定的网络连接,而不会出现网络拥堵的情况。5G网络使用了更多的频段,使得网络信号更容易传播,从而实现更广泛的覆盖范围。5G网络的天线系统数量也比4G多得多,这进一步提高了信号质量和覆盖范围,使得用户在各种环境下都能获得稳定的网络信号。5G网络对于设备的功耗要求更低,这得益于其先进的无线传输技术和智能差异化网络设计。这种低功耗特性可以延长设备电池的使用寿命,减少用户的充电频率,提升使用体验。5G网络采用更先进的加密技术,提高数据传输的安全性,减少信息泄露的风险。5G网络还具备冗余技术和自修复能力,可以快速检测和修复故障,保证网络的可靠性和稳定性。5G网络支持边缘计算、网络切片、网络虚拟化等多项技术,为未来的智能制造、智能交通等领域的发展提供更大的创新空间。5G网络采用了软件定义网络架构,可以灵活调整网络结构和配置,实现更快的网络部署和灵敏的服务支持。

2 5G移动通信技术在城市轨道交通PIS系统中应用面临的挑战

2.1 技术适配性问题

5G技术虽具备高带宽、低时延等优势,但在城市轨道交通乘客信息系统(PIS)中仍面临多重适配性挑战。轨道交通环境复杂,地铁隧道、地下车站等封闭空间对5G信号的穿透性要求极高,而现有5G毫米波频段传播距离短、易受遮挡,需通过密集部署基站或引入漏缆增强覆盖,但技术成本和工程难度显著增加^[2]。PIS系统需兼容多种终端设备(如车载显示屏、乘客手持终端),而不同设备对5G协议的支持程度存在差异,可能导致通信

中断或数据传输异常。列车高速移动过程中,5G网络需快速切换基站以维持连接,但频繁切换可能引发时延抖动,影响视频直播、紧急广播等实时业务的稳定性。

2.2 建设与运营成本问题

5G技术的引入大幅增加了城市轨道交通PIS系统的建设与运营成本。为满足5G网络覆盖需求,需新建或改造大量基站、核心网设备及传输线路,初期投资规模可能达数亿元,且需与现有4G/LTE网络协同部署,增加系统复杂度。5G设备功耗高、散热需求大,导致能耗成本上升;密集部署的基站需更频繁的巡检和维护,人力成本显著增加。5G频谱资源稀缺,获取专用频段需支付高额牌照费用,且需与运营商协调频谱分配,进一步推高了成本。

2.3 安全与隐私问题

5G网络的高开放性和复杂性为城市轨道交通PIS系统带来了新的安全与隐私风险。5G网络采用虚拟化、软件定义等技术,可能引入新的攻击面(如虚拟化层漏洞、边缘计算节点被劫持),导致PIS系统遭受DDoS攻击、数据篡改等威胁。PIS系统需传输乘客个人信息、列车运行数据等敏感信息,若5G网络加密机制不完善或终端设备被入侵,可能导致数据泄露,引发隐私争议。5G网络故障可能导致PIS系统瘫痪,影响紧急广播、疏散指引等关键功能,而现有应急预案可能未充分覆盖5G网络故障场景,需重新评估和优化。

3 5G移动通信技术在城市轨道交通 PIS 系统中的应用内容

3.1 高清视频传输与播放

5G网络的高带宽特性(峰值速率达10Gbps以上)可支持4K/8K超高清视频的稳定传输,使PIS系统能够实时播放车站监控画面、列车运行实况、突发事件直播等内容。基于5G的边缘计算能力,PIS系统可实现广告内容的动态分发与精准投放。同时5G的低时延特性确保了视频播放的流畅性,避免卡顿、花屏等问题,提升广告效果。在火灾、地震等紧急情况下,5G网络可快速部署便携式基站,为救援人员提供高清视频回传通道。现场画面可实时传输至控制中心,辅助决策指挥;PIS系统可向乘客推送疏散路线、避险提示等视频信息,增强应急响应效率^[3]。

3.2 实时信息交互与个性化服务

5G网络支持大规模物联网设备接入,乘客可通过手机APP、车载终端与PIS系统实时交互。例如,乘客可查询列车时刻表、购票信息,系统则根据乘客反馈动态调整内容推送(如热门景点推荐、换乘方案优化)。

5G的低时延特性使语音交互成为可能,乘客可通过语音指令查询信息,提升操作便捷性。基于5G网络的边缘计算与AI分析能力,PIS系统可实现乘客信息的深度挖掘。例如,结合乘客历史出行数据(如常去站点、乘车时间),系统可推送定制化服务(如专属优惠券、周边商家推荐)。5G支持多语言实时翻译功能,满足国际乘客的个性化需求。5G网络为列车与地面系统提供了高可靠、低时延的通信通道。5G还可支持列车车间的协同控制,优化列车运行间隔,提升运输效率。

3.3 设备状态监测与智能运维

5G网络支持海量传感器接入,PIS系统可实时采集设备运行数据(如显示屏亮度、温度、故障码),并通过AI算法进行预测性维护。例如,当检测到某设备温度异常时,系统可提前预警并调度维修人员,避免故障扩大化。同时,5G的边缘计算能力可减少数据回传压力,提升响应速度。基于5G网络的AR(增强现实)技术,运维人员可通过智能眼镜远程获取设备状态信息。例如,在巡检过程中,系统可将设备参数、历史故障记录等数据叠加至真实场景中,辅助运维人员快速定位问题。5G支持无人机、机器人等自动化设备接入,实现站台、隧道等复杂环境的自主巡检。5G网络切片技术可为PIS系统分配专用虚拟网络,确保关键业务(如紧急广播、列车控制)的优先级传输。例如,在高峰时段,系统可动态调整带宽分配,优先保障视频直播和实时交互业务,避免网络拥塞。5G的动态频谱共享功能可提升频谱利用率,降低运营成本。

4 5G移动通信技术在城市轨道交通 PIS 系统中的应用优势

随着城市轨道交通网络的日益复杂化和乘客服务需求的多元化,传统乘客信息系统(PIS)面临带宽不足、时延过高、功能单一等瓶颈。5G移动通信技术凭借其高带宽、低时延、大容量连接等特性,为PIS系统升级提供了关键支撑。

4.1 提升信息传输质量

5G网络的高带宽特性(峰值速率可达10Gbps以上)使PIS系统能够稳定传输4K/8K超高清视频,彻底解决传统4G网络下的卡顿、花屏问题。例如,在车站大屏或车载显示屏上,乘客可实时观看列车运行实况、站台客流动态等高清内容,显著提升信息获取的沉浸感。5G的低时延(毫秒级)特性确保了视频同步性,避免因延迟导致的画面滞后,尤其在紧急广播或突发事件直播中,这一优势尤为关键。5G支持MassiveMIMO(大规模多输入多输出)技术,可同时处理数十路甚至上百路数据流,

满足PIS系统多设备、多场景的并发需求。例如,在高峰时段,PIS系统需同时向站台广播、车载显示屏、手机APP等多终端推送信息,5G网络能够高效分配带宽资源,确保各终端接收内容的一致性和实时性。5G网络的智能动态频谱共享技术可根据实时流量需求,自动调整频段分配,避免网络拥塞。例如,在列车进出站时,乘客密集使用手机导致流量激增,5G系统可快速切换至低干扰频段,保障PIS关键业务(如紧急广播)的优先传输。

4.2 增强系统功能与服务

5G网络支持大规模物联网设备接入,乘客可通过手机APP、车载终端与PIS系统实时互动。例如,乘客可语音查询列车时刻表、购票信息,系统则根据乘客位置、出行习惯推送个性化内容(如换乘方案、周边商家优惠),5G的低时延特性使AR(增强现实)导航成为可能,乘客可通过手机摄像头扫描站台标识,获取三维立体导航指引。5G网络为列车与地面系统提供了高可靠、低时延的通信通道,支持车地协同控制。例如,列车可通过5G向PIS系统实时上传运行状态(速度、位置、故障信息),系统则根据数据动态调整广播内容(如到站提醒、延误说明)。5G还可实现列车间的协同调度,优化运行间隔,提升运输效率。5G网络的边缘计算能力使PIS系统能够整合多源数据(如视频监控、客流统计、设备状态),实现综合分析。例如,系统可结合站台客流密度和列车运行数据,自动调整广播音量和内容(如高峰时段增加疏导提示),提升信息服务的精准度。

4.3 提高系统可靠性与稳定性

5G网络采用网络切片技术,可为PIS系统分配专用虚拟网络,确保关键业务(如紧急广播、列车控制)的优先级传输。例如,在自然灾害或网络攻击等极端情况下,PIS系统的核心业务仍可通过独立切片保持运行,避免整体瘫痪。5G网络支持海量传感器接入,PIS系统可实时采集设备运行数据(如显示屏亮度、温度、故障

码),并通过AI算法进行预测性维护^[4]。例如,当检测到某设备温度异常时,系统可提前预警并调度维修人员,避免故障扩大化。5G的边缘计算能力可减少数据回传压力,提升响应速度。5G网络的自组织网络(SON)功能可实现网络节点的自动配置和故障修复。例如,当某个基站出现故障时,5G系统可快速切换至邻近基站,并通过动态路由算法重新分配流量,确保PIS服务的连续性。5G网络采用端到端加密、用户面完整性保护等先进安全机制,可有效抵御DDoS攻击、数据篡改等威胁。例如,PIS系统的敏感信息(如乘客数据、列车控制指令)在传输过程中会被加密处理,即使被截获也无法解析,保障系统安全。

结束语

5G移动通信技术与城市轨道交通PIS系统的深度融合,标志着智慧交通建设迈入新阶段。通过5G赋能,PIS系统实现了从“信息传递”到“智能服务”的跨越,为乘客提供了更精准、更便捷、更安全的出行体验。未来,随着5G-A及6G技术的演进,PIS系统将进一步向全息化、自主化方向发展,为城市轨道交通的智能化转型注入持续动力。这一技术革新不仅是通信与交通领域的融合创新,更是智慧城市生态构建的重要基石。

参考文献

- [1]李思捷.5G移动通信技术在城市轨道交通PIS系统中的应用[J].现代传输,2024,(02):33-36.
- [2]刘晓舟.5G移动通信技术在城市轨道交通车地无线通信系统中的应用探讨[J].数字技术与应用,2022,40(09):57-59.DOI:10.19695/j.cnki.cn12-1369.2022.09.17.
- [3]赵海军,胡海建,田玲,等.5G移动通信新技术在城市轨道交通信号系统中的应用[J].城市轨道交通,2022,(09):54-57.DOI:10.14052/j.cnki.china.metros.2022.09.006.
- [4]李士东,戴克平.5G在城市轨道交通行业中的应用分析[J].铁道通信信号,2020,56(07):89-93.