

智能交通系统中无线通信网络的研究

于福志

天津光电比特信息技术有限公司 天津 300000

摘要: 智能交通系统无线通信网络通过5G/6G低时延特性支撑车-路-云-人全链路实时交互,提升行车安全与通行效率。其核心功能包括动态交通信号优化、事故快速响应及个性化交通服务推送。网络架构采用分层分布式设计,结合边缘计算与网络切片技术,实现高可靠、低时延与大规模并发需求平衡,推动交通系统向智能化、高效化、安全化方向演进。

关键词: 智能交通系统;无线通信网络;网络协同优化

引言:智能交通系统高效运行依赖无线通信网络实现车-路-云-人全链路实时交互。该网络支撑自适应巡航、紧急制动预警等安全功能,优化交通信号配时与拥堵调度,推动公交、共享出行等交通服务精准化,并通过高带宽低延迟特性支持自动驾驶场景。其技术演进是交通行业智能化变革的核心驱动力,对系统性能提升具有基础性作用。

1 智能交通系统中无线通信网络的重要性

智能交通系统中,无线通信网络作为核心基础设施,支撑着多维度协同与实时交互能力,是系统高效运行的关键。它首先实现车-路-云-人全链路实时数据交互,例如通过V2X(车联网)技术,车辆可实时获取交通信号、行人位置及道路状况等信息,支持自适应巡航、紧急制动预警等功能,直接提升行车安全与道路通行效率。在交通管理层面,无线通信网络依托5G/6G低时延特性,支撑智能决策实现。交通信号灯可根据实时车流动态调整配时,减少拥堵现象;交通监控中心能快速接收事故、拥堵等异常事件信息,实现快速响应与调度,优化整体交通流。无线通信网络还推动交通服务向个性化与普惠化发展,通过大数据分析用户出行习惯,可优化公交、共享出行等公共交通服务,提升服务精准度;车载娱乐、导航等应用依赖稳定无线连接,增强用户体验。在自动驾驶场景中,高精度地图实时更新、车辆协同编队等功能需无线通信网络提供高带宽、低延迟支持,确保系统可靠性。其扩展性与适应性同样关键,随着物联网设备普及,智能交通系统需支持海量设备接入与数据并发处理,无线通信网络通过边缘计算、网络切片等技术动态分配资源,满足不同场景需求。同时,网络安全与隐私保护是无线通信网络的重要考量,通过加密传输、访问控制等手段保障用户数据安全,增强系统可信度^[1]。无线通信网络的技术演进将持续推动智能交通系统向智能化、

高效化、安全化方向迈进,成为交通行业变革的核心驱动力。

2 智能交通系统中无线通信网络的关键技术分析

2.1 低时延高可靠通信技术适配分析

智能交通系统对无线通信网络的核心需求是低时延与高可靠性。低时延技术需实现毫秒级数据传输,保障车辆间实时信息交互,如刹车预警、变道协同等场景的快速响应。高可靠性则要求通信链路稳定,避免因信号中断或延迟导致交通事故。(1) 适配分析需聚焦技术匹配度:5G网络通过超可靠低时延通信(URLLC)特性,可支持车辆密集场景下的高并发数据传输,其网络切片技术能分配专用资源保障交通数据优先级;LTE-V2X(蜂窝车联网)基于蜂窝通信与直连通信融合,实现车与车、车与路侧单元的直接通信,减少中间节点延迟;专用短程通信(DSRC)在短距离内提供稳定连接,适合交叉路口等局部区域的协同控制。(2) 技术优化需考虑多场景适配:城市道路需应对高密度车辆带来的信号干扰,采用波束成形与动态频谱分配提升抗干扰能力;高速公路场景需覆盖长距离通信,通过中继节点与自适应调制提升传输距离与稳定性。通过低时延与高可靠技术的协同,智能交通系统可实现车辆精准协同、交通信号动态优化、应急事件快速响应,最终提升整体交通效率与安全性。

2.2 多业务并发下的网络带宽分配技术

智能交通系统多业务并发时,网络带宽分配需平衡不同业务对时延、带宽的差异化需求。核心技术包括动态频谱分配、载波聚合与网络切片。动态频谱分配通过感知频谱占用状态,实时调整信道分配,避免高负载业务间的资源争抢;载波聚合将多个频段带宽合并,提升单用户峰值速率,适配高清视频监控、车辆协同等高带宽需求场景;网络切片将物理网络划分为多个逻辑子网,为不同业务类型(如安全关键型、效率优化型)分配专

属资源,保障服务等级协议(SLA)要求。带宽分配策略需结合业务优先级与实时负载,例如,紧急车辆优先通道可分配高优先级带宽,确保信号优先通过;普通车辆通信则根据当前网络负载动态调整带宽。此外,多输入多输出(MIMO)技术通过空间复用提升频谱效率,在车流密集区域实现多用户并发传输;边缘计算与网络功能虚拟化(NFV)结合,可本地化处理部分业务数据,减少核心网传输压力,优化带宽利用率^[2]。通过这些技术协同,智能交通系统可实现多业务并发下的高效带宽分配,支撑车辆协同、交通优化、应急响应等核心功能,提升整体系统性能与用户体验。

2.3 高速移动场景下的切换与连接保持技术

高速移动场景下,无线网络需解决车辆快速移动导致的信号频繁切换与连接中断问题。核心挑战包括切换延迟、信号衰减及多普勒效应影响。切换技术需优化切换决策机制,采用预切换算法提前预测车辆轨迹,在信号强度下降前启动切换流程,减少切换中断时间。双连接技术允许车辆同时连接多个基站,保障切换过程中的数据连续性。连接保持需结合波束成形与波束跟踪技术,通过动态调整天线方向实时追踪车辆位置,维持信号强度稳定。抗多普勒效应技术通过频率补偿算法修正信号频偏,保障高速移动下的通信质量。频谱效率提升是另一关键,通过载波聚合与动态频谱共享,在高速场景下灵活分配频谱资源,避免资源浪费。边缘计算部署可本地化处理车辆数据,减少核心网传输延迟,提升响应速度。网络需支持快速小区重选,通过简化信令流程与优化小区间协作,实现毫秒级切换。通过这些技术协同,智能交通系统可在高速移动场景下保障通信连续性与稳定性,支撑车辆协同驾驶、实时路况更新等核心功能,提升交通安全与效率。

2.4 复杂环境下网络抗干扰技术研究

复杂环境下的网络抗干扰技术需应对多路径效应、信号衰减、电磁干扰等挑战,保障智能交通系统通信稳定性。物理层技术通过跳频扩频、正交频分复用(OFDM)等技术分散信号能量,降低窄带干扰影响;波束成形技术聚焦天线方向,增强目标方向信号强度,抑制非目标方向干扰。信号处理层面,自适应均衡技术可动态调整滤波器参数,补偿多径效应导致的信号失真;干扰抑制算法通过信号特征识别与分离,提取有效信息并抑制噪声。动态频谱管理技术通过实时频谱感知与智能分配,避免同频干扰,提升频谱利用率。抗干扰策略需结合场景特性:城市密集区域采用小基站密集组网与干扰协调算法,减少小区间干扰;高速公路场景利用中继节点扩

展覆盖,通过自适应调制编码适应信号质量变化;隧道等封闭环境则需部署漏缆或分布式天线系统,保障信号连续性^[3]。技术协同方面,边缘计算可本地化处理抗干扰算法,减少传输延迟;人工智能算法可预测干扰模式并动态调整通信参数,实现主动抗干扰。通过这些技术组合,智能交通系统可在复杂电磁环境中维持稳定通信,支撑车辆协同、实时路况传输等核心功能,提升系统鲁棒性与可靠性。

3 智能交通系统中无线通信网络的设计与优化

3.1 分层分布式通信网络架构设计

分层分布式通信网络架构是智能交通系统高效运行的基础,通过分层设计实现功能解耦与资源优化。接入层聚焦车辆与路侧设备的直接通信,采用LTE-V2X或DSRC技术实现车-车、车-路短距离高可靠传输,支持实时信息交互如碰撞预警、信号灯同步。汇聚层整合多源数据,通过边缘计算节点进行本地化处理,减少核心网传输压力,同时采用动态频谱分配技术提升频谱利用率,适应高并发场景需求。核心层承担全局协调与决策,通过网络切片技术划分专用资源通道,保障安全关键型业务(如紧急车辆优先)的时延与带宽需求。架构设计中需考虑冗余备份机制,如双链路连接与快速故障转移,确保单点故障不影响系统整体运行。分布式部署的边缘节点与中心云协同,实现数据分层处理与智能调度,提升响应速度与系统鲁棒性。该架构通过分层解耦与分布式协同,平衡了高可靠、低时延与大规模并发需求,支撑智能交通系统实现车辆协同、交通优化、应急响应等核心功能,同时通过模块化设计为未来技术升级(如6G、AI驱动网络优化)预留扩展空间,确保架构的长期适应性与可持续性。

3.2 基于业务优先级的资源调度策略优化

基于业务优先级的资源调度策略需动态适配智能交通系统的多样化需求,核心在于平衡高可靠、低时延业务与大规模并发场景的资源分配。策略设计需首先明确业务优先级划分标准,如安全关键型业务(紧急车辆通信、碰撞预警)赋予最高优先级,保障其时延与带宽需求;效率优化型业务(路况信息广播、导航数据传输)则根据实时负载动态调整资源。技术实现层面,网络切片技术可划分专用逻辑子网,为不同优先级业务分配独立资源通道,避免高优先级业务受低优先级业务干扰;动态频谱分配通过实时感知频谱占用状态,智能调整信道分配,提升频谱利用率。边缘计算与本地化处理结合,可减少核心网传输延迟,优先保障高优先级业务本地化执行。策略优化需引入智能算法,如机器学习预测业务

负载趋势,提前调整资源分配;或采用博弈论优化多用户资源竞争,确保公平性与效率平衡^[4]。通过这些策略协同,智能交通系统可实现资源的高效利用,支撑安全关键业务的高可靠传输,同时提升整体系统容量与用户体验,为车辆协同、交通优化等功能提供坚实网络基础,推动智能交通系统向更智能、更高效的方向演进。

3.3 网络覆盖与容量协同优化方案

网络覆盖与容量协同优化需兼顾智能交通系统对广覆盖、高容量、低时延的复合需求。覆盖优化需采用多层次基站部署策略,宏基站保障广域覆盖,微基站与皮基站补充城市密集区域容量,漏缆或分布式天线系统适配隧道等封闭场景,形成立体覆盖网络。容量提升则需结合动态频谱共享与载波聚合技术,通过智能频谱分配算法实时调整信道资源,适配车辆密集场景下的高并发数据传输需求。协同优化需引入边缘计算与网络切片技术,边缘节点本地化处理车辆协同、路况分析等实时业务,减少核心网传输延迟;网络切片划分安全关键型、效率优化型等专用逻辑子网,保障不同业务的服务等级协议(SLA)要求。同时,采用自适应调制编码与波束成形技术,根据信号质量动态调整传输参数,提升频谱效率与抗干扰能力。通过覆盖与容量的动态协同,智能交通系统可实现全场景稳定通信,支撑车辆协同驾驶、交通信号动态优化、应急事件快速响应等核心功能,提升系统整体性能与用户体验,推动智能交通向更智能、更高效的方向演进。

3.4 通信网络性能评估与优化路径

智能交通系统中无线通信网络的性能评估与优化是保障系统高效运行的关键环节。性能评估需围绕时延、可靠性、吞吐量、覆盖范围等核心指标展开,通过主动探测(如发送周期性测试数据包)与被动采集(如分析车载单元、路侧设备上传的业务流量)相结合的方式,获取端到端时延、丢包率、信号强度等实时数据,量化

网络运行状态。优化路径需基于评估结果动态调整网络参数,针对高时延场景,采用边缘计算将实时业务处理本地化,减少核心网传输延迟;对于可靠性不足区域,部署冗余链路或运用网络切片技术,为安全关键型业务分配独立资源通道。同时,引入人工智能算法预测网络负载趋势,提前调整频谱分配与基站功率,避免拥塞。技术升级方面,可探索6G空天地一体化网络架构,融合卫星通信扩展覆盖范围;采用智能反射面技术动态调整信号传播路径,提升复杂环境下的覆盖质量^[5]。通过性能评估与优化路径的闭环协同,智能交通系统可实现通信网络的持续演进,支撑车辆协同、交通优化等功能的高效运行,最终提升整体交通效率与安全性。

结束语:未来,随着5G/6G、物联网及人工智能技术的深度融合,智能交通系统无线通信网络将实现从“被动响应”向“主动预测”的智能转型。通过车路云协同优化提升交通流效率,利用网络抗干扰技术升级保障复杂环境通信稳定性,结合绿色通信技术降低能耗。这些创新将推动交通系统高效运行与可持续发展,最终实现城市交通的智能化、绿色化与人性化目标,助力构建安全、便捷、环保的未来出行体系。

参考文献:

- [1]王华,阮书桥.无线通信技术在智能交通系统中的应用研究[J].移动信息,2025,47(3):30-32.
- [2]高超.无线通信技术在智能交通系统中的运用探析[J].信息产业报道,2025(7):0164-0166.
- [3]翟仁杰.5G无线通信技术在车地无线网络稳定传输中的应用研究[J].通信电源技术,2025,42(1):34-36.
- [4]柳仲.城市智能交通系统中车联网技术的应用研究[J].现代工业工程,2025(10):106-108.
- [5]梁振达.融合信息通信技术的智能交通系统应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(8):203-206.