

# 5G通信系统在城市轨道交通车车通信中的应用探究

席林发

成都地铁运营有限公司 四川 成都 610000

**摘要:**城市轨道交通系统作为城市重要的交通基础设施,正迎来一场革命性的变革。在变革过程中,5G通信技术成为推动城市轨道交通系统升级的关键力量,5G通信系统以其高速、低时延、大连接性和高可靠性的特点,为城市轨道交通车辆通信带来了新的机遇和挑战。本文将深入探究5G通信系统在城市轨道交通车辆通信中的应用,以期能够为智能、便捷和安全的城市交通体系建立提供支持。

**关键词:** 5G通信系统;城市轨道交通;通信;应用

5G通信系统作为第五代移动通信技术,不仅具备高速传输的特性,更突破了传统通信的限制,为各行业带来了更多可能性,在城市轨道交通中,5G技术以其卓越的性能,为车辆通信提供了更为可靠的网络支持,高速率和低时延的优势,使得车辆间的通信更加实时,为驾驶员和乘客提供了更为精准、高效的服务。通过深入分析5G技术在智能交通管理、车辆安全、乘客体验和网络管理等方面的应用,能够更好地理解5G技术在城市轨道交通中的发展前景。

## 1 轨道交通车车通信技术概述

针对地下穿行的城市轨道交通而言,适合用于铁路系统的卫星通信技术并不适用,主要是由于地下能够接受到的信号质量无法得到保障,难以接收到连续信号,所以城市轨道交通中通常采用无线通信技术。从最早的WLAN技术发展到3G、4G通信技术,直到今天的5G通信技术。轨道交通车车通信技术的基本原理包括车辆间通信和车辆与基础设施通信两个方面,车辆间通信通过无线通信技术,使运行中的车辆能够相互交换信息,实现实时的车辆监控和协同运行,与基础设施通信则包括车辆与控制中心、信号灯、交叉口监控等基础设施的信息交流,以实现智能交通管理<sup>[1]</sup>。下图为车车通信的基本原理简图。

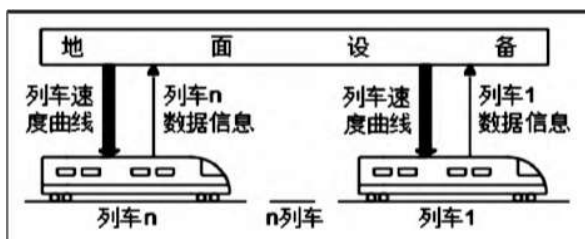


图1 车车通信的基本原理

## 2 5G通信系统在城市轨道交通车车通信中的应用意义

5G通信系统在城市轨道交通车辆通信中的应用,不仅是一项技术的革新,更是对城市交通体系全面提升的积极助力,该技术的应用将为城市轨道交通带来多方面的深远意义,主要包括:(1)提升城市轨道交通的智能化水平。通过实时、高效的车辆通信,交通管理系统能够更加精准地感知城市交通的动态变化,实现对交通流的智能优化,城市轨道交通系统能够更加迅速、准确地应对交通拥堵、事故等突发事件,提高整体的运输效率。(2)提升城市轨道交通的安全性。高速、低时延的通信特性使得车辆能够实时共享位置、速度等信息,实现车辆之间的智能协同,有助于防范交通事故,能够通过碰撞预防系统等技术手段,最大限度地减少交通事故的发生,提高城市轨道交通的整体安全水平。(3)带来全新的出行感受。高速的网络连接使得乘客能够在车内享受高清视频、实时新闻、社交媒体等多样化的服务,提升了在交通工具上的舒适度,同时通过智能导航、推荐系统等功能,乘客可以更加便捷地规划行程,获得个性化的出行建议,从而提高出行的便利性和愉悦度<sup>[2]</sup>。(4)提升城市轨道交通的资源利用效率。通过实时的数据采集和分析,交通管理系统能够更好地理解城市交通的运行状况,合理调度交通流,避免拥堵和浪费,有助于提高城市轨道交通的运输效益,减少资源浪费,为城市的可持续发展提供支持。

## 3 5G通信系统在城市轨道交通车车通信中的具体应用

### 3.1 列车通信

#### 3.1.1 列车-基站通信

5G通信系统提供的高速数据传输是其最为显著的特点之一,在城市轨道交通系统中,列车与基站之间通过5G通信实现高速数据传输,包括车载监控系统、安全控制系统等数据的及时传送,高速数据传输确保了车辆

在行驶中对各种信息的快速响应,提高了整体的运输效率。5G通信系统的低时延特性对于城市轨道交通具有重要作用,在车辆通信中实时性是确保交通系统安全运行的基础,例如当列车需要执行紧急制动时,5G通信系统能够迅速传递指令到列车,实现低时延通信,确保车辆迅速响应,提高了交通系统的安全性。城市轨道交通系统中存在大量的列车,而每一辆列车都需要与基站、控制中心等多个节点进行通信,5G通信系统通过其大连接数支持能力,实现了多车辆同时通信,确保了整个交通系统的高效运行。

### 3.1.2 列车-列车通信

5G通信系统为列车之间提供了更为便捷、高效的通信手段,通过5G通信,相邻列车能够实时交换运行状态、速度、位置等关键信息,能够促进车辆之间实现智能协同,提高行车安全性,减少交叉口冲突,优化运行效率;5G通信系统支持车辆之间的自组织网络,使得列车能够在没有中央控制的情况下实现对等通信,该车辆自组网的方式使得列车之间能够更加灵活地协同工作,共同应对交通系统中的各种变化和挑战。

### 3.1.3 列车-基础设施通信

5G通信系统在城市轨道交通中可用于监测信号设备的状态,列车与信号设备之间通过5G通信实现实时数据传输,车辆能够获知信号设备的运行状态,确保在适当的时候进行制动或加速;城市轨道交通系统中的轨道检测设备通过5G通信系统与列车进行信息传递,列车能够及时获取轨道的实时状态,包括轨道的温度、湿度等信息,以确保列车行驶在最佳的轨道条件下,提高运行效率<sup>[3]</sup>。

### 3.1.4 车辆-控制中心通信

5G通信系统使得城市轨道交通系统能够实现更为灵活的远程监控和调度,控制中心通过5G通信与车辆进行实时连接,可以随时获取列车的位置、运行状态等信息,从而进行远程监控和调度,确保整个交通系统的安全有序运行;当城市轨道交通系统中发生紧急事件时,5G通信系统能够实现控制中心与车辆之间的紧急通信,控制中心可以通过5G通信系统发送紧急指令到各个列车,协调应对紧急事件,保障乘客和交通系统的安全。

## 3.2 智能调度

5G通信系统通过其高速数据传输的特性,实现了实时传输列车位置和速度等关键信息,使得智能调度系统能够及时获知各列车的当前运行状态,包括其所处位置、运行速度等,通过实时数据,智能调度系统能够更精准地掌握整个轨道交通系统的运行状况,为智能调度提供了实时的基础数据支持,且5G通信系统不仅能够传输列车的基本

运行信息,还可以实现对车辆健康状态的监测,通过连接传感器和监测设备,实时采集车辆的机械、电气等方面的运行数据,数据传输到智能调度系统后,能够进行实时分析,识别车辆是否存在异常情况,提前预警并调度维修,保障整个交通系统的安全运行。5G通信系统使得轨道交通中的车辆能够获取实时的路况信息,通过智能调度系统,列车可以获得到轨道的实时状态,包括车站拥挤程度、交叉口状况等,基于获取的信息,智能调度系统能够动态规划列车的运行路径,选择最为畅通的线路,优化整体运行效率;5G通信系统的大容量和低延迟为智能信号控制提供了技术基础,调度系统可以实时监测交叉口的交通流量,通过智能信号控制算法进行优化调整,实现交叉口的智能调度,减少交通阻塞,提高通行效率;5G通信系统使得调度系统能够实时监控乘客流量和站点拥挤度,基于数据智能调度系统可以动态调整车辆运力分配,将更多车辆调度到客流高峰的站点,确保乘客能够更快速、更舒适地到达目的地<sup>[4]</sup>。

## 3.3 运行安全

借助5G通信系统,轨道交通车辆可以实现对乘客和工作人员的实时定位,在紧急情况下,系统可以通过精确定位功能向相关人员发送安全警报,帮助乘客迅速采取适当的应对措施,提高车辆运行的整体安全性。5G通信系统在城市轨道交通车辆中的应用还涉及到自动驾驶技术,通过高速的数据传输和低时延,车辆能够实现对周围环境的实时感知和快速响应,为自动驾驶系统提供了更为可靠的通信基础,确保车辆在复杂的城市环境中能够安全、高效地运行。在紧急情况下,5G通信系统可以快速建立车辆与运营中心之间的通信渠道,例如当车辆发生故障或事故时,驾驶员可以立即通过5G网络向运营中心发送信息,以便及时启动救援程序,实时的紧急通信系统有助于迅速处置突发事件,最大限度地降低潜在的安全风险。

## 4 5G通信系统在城市轨道交通车车通信中应用需要解决的关键问题

### 4.1 频带资源问题

随着5G通信的广泛应用,尤其是城市区域内通信需求的激增,频谱资源变得日益拥挤,频谱共享技术是解决频带资源问题的一种有效途径,通过合理的频谱管理和共享机制,不同业务和系统可以共用同一频段,提高频谱利用效率,对于城市轨道交通车车通信而言,可以在频谱资源有限的情况下实现更好的通信质量;采用动态频谱分配技术可以根据实际通信需求和网络负载情况,在不同时间、地点分配不同的频谱资源,灵活的频

谱分配方式可以更好地适应城市轨道交通车车通信的变化和复杂性；

#### 4.2 信号覆盖问题

城市环境中存在大量高楼大厦、隧道、桥梁等地形和建筑物，障碍物会对5G信号的传播产生影响，高频率的毫米波信号在穿越建筑物时容易被吸收和衰减，导致信号覆盖的不均匀性，甚至出现覆盖空白区域；城市轨道交通车辆的高速行驶和频繁变化的位置也给信号覆盖带来挑战，5G通信系统使用的高频率波段，虽然能够提供更大的带宽，但在移动高速的场景下容易受到多径效应和信号衰减的影响，导致信号质量下降。

5G网络通信技术在车车通信中应用时，主要是通过天线与同轴电缆结合的方式进行信号覆盖，信号覆盖计算公式为： $L=32.4+20\lg(F)+20\lg(D)$ ，其中L表示自由空间损耗度，F表示频率，D表示距离。通过该公式可以计算出自由空间损耗度，从而对5G的信号覆盖进行优化。还可以采用智能天线技术可以有效提高信号的覆盖范围和质量，智能天线能够根据车辆的位置和信号强度变化进行实时调整，优化信号传输路径，降低信号衰减，提高整体覆盖效果；中继技术通过在信号传输路径上设置中继站，将信号从一个区域传递到另一个区域，以提高信号的覆盖范围，对于城市轨道交通系统中信号覆盖不均匀的地方，如隧道和高楼区域，具有重要的应

用价值<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 区间信号切换问题

车辆在行驶过程中，需要在不同的区间之间进行信号切换，而切换过程中会引入一定的时延，时延的增加可能影响车辆对实时信息的获取，尤其是对于需要快速响应的交通管理和紧急情况处理；不同区间的环境条件、建筑结构和天线布局等因素可能导致信号衰减和多径效应的变化，在信号切换时由于变化，可能会出现信号质量下降、波束走向不稳定等问题，进而影响通信的稳定性。

信号切换时间可以通过以下公式计算：切换时间= $(L/V)+T$ ，其中V表示地铁车辆运行速度，L表示区间长度，T表示信号系统响应时间，列车通过区间的时间 $(L/V)$ 加上信号系统的响应时间(T)即为信号切换所需的总时间，其中无缝切换技术是解决区间信号切换问题的重要手段，通过在相邻区间之间采用智能切换算法，车辆可以在不同区间中实现平滑、快速的信号切换，降低时延和提高通信连续性；采用异构网络融合技术，将5G通信系统与其他通信技术（如4G、Wi-Fi等）相结合，形成更为强大的通信支持体系，在车辆穿越不同区间时，系统可以自动选择最适合的网络，实现平滑过渡，减小切换对通信的影响。下图为基于5G通信技术的区间信号切换。

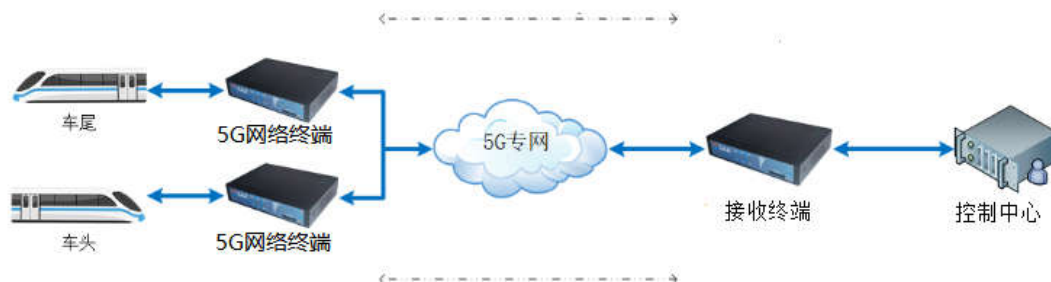


图2 基于5G通信技术的区间信号切换

#### 结束语

综上所述，5G通信系统在城市轨道交通车辆通信中的应用，从智能交通管理、安全保障、乘客体验、资源利用效率等多个层面来看，5G通信系统的应用将深刻改变城市轨道交通的面貌，为城市交通发展开创崭新的时代，该技术的引入将使城市轨道交通更加安全、便捷、高效，助力城市交通向着智能、绿色、可持续的方向迈进。

#### 参考文献

[1]刘荐侨. 5G通信系统在城市轨道交通车车通信中的应用探究[J]. 电子测试,2022(11):78-80.

[2]蒋海林,邵颖霞,赵红礼. 5G通信系统在城市轨道交通车地通信中的应用分析[J]. 都市快轨交通,2021,34(2):42-47.

[3]刘榆华. 5G通信系统在城市轨道交通车地通信中的应用分析[J]. 数字化用户,2021(21):1-3.

[4]董宇杰. 5G通信技术在城市轨道交通视频监控系统中的应用[J]. 通信电源技术,2022,39(6):92-94.

[5]黄洛宁. 5G无线通信技术的概念及其在城市轨道交通系统中的应用[J]. 科学咨询,2023(5):106-109.