

# 轨道交通LTE综合承载网络架构探究

沈 易 朱欣茹

上海地铁维护保障有限公司通号分公司 上海 200433

**摘 要:** 本文深入探究了轨道交通LTE综合承载网络的架构、性能优化、安全性和隐私保护等关键方面。首先,我们介绍了LTE技术的概述,以及在轨道交通领域的各种应用案例。随后,详细讨论了综合承载网络的架构,包括基础设施要求、网络拓扑设计和安全性考虑。接着,还研究了网络性能优化策略,特别关注了带宽管理、漫游管理以及轨道交通特定的性能优化。最后,强调了安全性和隐私保护的重要性,探讨了安全威胁分析、加密和认证措施,以及用户隐私保护策略。通过这些深入研究,我们为轨道交通LTE综合承载网络的成功部署和运营提供了全面的指南和建议。

**关键词:** 轨道交通; LTE综合承载; 网络架构

## Research on the Integrated Carrying Network Architecture of LTE in Rail Transit

Shen Yi Zhu Xinru

Shanghai Metro Maintenance and Guarantee Co., LTD. Communication Branch Jing'an District Shanghai,200433

**Abstract:** This article delves into key aspects of the architecture, performance optimization, security, and privacy protection of the LTE integrated carrier network for rail transit. Firstly, we introduced an overview of LTE technology and various application cases in the field of rail transit. Subsequently, the architecture of the comprehensive bearer network was discussed in detail, including infrastructure requirements, network topology design, and security considerations. Subsequently, network performance optimization strategies were studied, with special attention to bandwidth management, roaming management, and rail transit specific performance optimization. Finally, the importance of security and privacy protection was emphasized, and security threat analysis, encryption and authentication measures, as well as user privacy protection strategies were explored. Through these in-depth studies, we have provided comprehensive guidance and recommendations for the successful deployment and operation of the LTE integrated carrier network in rail transit.

**Keywords:** rail transit; LTE comprehensive bearing capacity; Network architecture

引言:随着城市交通的不断发展和人们对出行体验的不断提高,轨道交通系统已经成为现代城市不可或缺的一部分。而轨道交通LTE综合承载网络作为支持这些系统的关键基础设施之一,具有巨大的潜力和挑战。本文旨在深入探讨这一网络的架构、性能优化策略以及安全性和隐私保护措施。我们将详细分析LTE技术在轨道交通中的应用,以及为何选择LTE作为综合承载网络。随后,深入研究如何优化网络性能,以满足不断增长的数据需求和用户的高标准。最后,关注网络的安全性和用户隐私,强调系统的可靠性和保护用户敏感信息的关键性。

### 1 LTE 在轨道交通中的应用

#### 1.1 LTE技术概述

LTE (Long-Term Evolution) 是第四代(4G)无线通信技术的一种,以多天线(MIMO)和正交频分复用(OFDM)为基础的新一代通信系统,由移动通信标准化组织3GPP推

出。在轨道交通领域,LTE网络具有较低的端到端延迟,这对于轨道交通中的关键应用,如列车控制和安全监控非常重要<sup>[1]</sup>。LTE技术还被用于提供无线通信服务,以满足列车和车站之间的通信需求。具体来说,LTE技术通过在20MHz的频谱带宽下提供下行100Mbit/s和上行50Mbit/s的峰值速度,实现了高速数据传输和高效的语音通话功能。此外,LTE的MIMO技术可以大幅度抑制通信过程中信道的衰落,提高整个系统信道的容量、信道内传输速率、信号覆盖范围。总之,LTE技术在轨道交通领域中扮演着至关重要的角色,为列车和车站之间的可靠通信提供了保障。

#### 1.2 轨道交通领域的LTE应用案例

在轨道交通领域,LTE技术的应用案例多种多样,包括但不限于以下几个方面:第一、列车通信和控制,LTE可用于实现高效的列车通信和控制系统,包括实时列车位置跟踪、速度控制、信号控制等,以提高运行的安全性和效率。

第二、乘客信息系统,通过LTE,轨道交通系统能够为乘客提供实时的列车时刻表、车内信息等,提升了乘客的出行体验。第三、安全监控,LTE网络支持实时视频监控,可以用于监测车站、隧道、站台等关键区域,有助于应对安全事件和紧急情况。第四、车辆维护和健康监测,LTE链路使车辆能够传输实时数据,用于监测车辆状态和进行预防性维护,降低了故障率。

### 1.3 LTE作为综合承载网络的优势

第一、LTE网络通常具有高可用性和可靠性,这对于轨道交通系统的持续运行至关重要。第二、成熟的技术,LTE技术已经得到广泛应用和验证,在轨道交通领域趋于成熟。第三、升级和扩展性,LTE网络可以根据需要进行升级和扩展,以满足不断增长的数据需求和新的应用。第四、成本效益,与一些专用通信技术相比,LTE部署通常更具成本效益,可以降低轨道交通系统的总体运营成本。第五、与未来技术的兼容性,LTE可以与现有TETRA网络和未来5G网络互联互通,确保轨道交通系统能够跟上技术发展的步伐。

## 2 综合承载网络架构

### 2.1 架构概述

轨道交通LTE综合承载网络架构是一个复杂而精密的体系,旨在支持各种应用和服务。其核心组成部分包括网络基础设施、通信设备、应用服务和安全保障机制。该架构的关键要素由:①核心网络:核心网络是网络的中枢,负责处理数据传输、信令控制和用户身份验证等关键任务。这一层通常包括核心交换机、数据中心、以及用于路由和转发的服务器。②无线接入网络:无线接入网络是与终端设备通信的关键部分,包括基站、小区和分布式天线系统(DAS)。这些设备用于提供广域覆盖和高质量的服务。③传输网络:传输网络负责连接核心网络、无线接入网络和终端设备之间的数据传输。它包括光纤、微波链路、以太网连接等各种传输介质。

### 2.2 基础设施要求

在构建轨道交通LTE综合承载网络时,网络必须提供全面的覆盖,包括地下隧道、高速运行的列车线路和车站等各种环境。轨道交通系统通常需要大带宽来支持高清视频、实时监控和大量连接设备,网络必须具备足够的容量来满足需求。同时,由于涉及到列车控制等关键任务,网络必须提供极低的传输延迟。轨道交通系统需要高度可用性,因此网络必须设计成具有冗余和备份结构,以确保在故障情况下也能维持运行。

### 2.3 网络拓扑设计

设计网络拓扑是确保网络高效运行的关键步骤。网络拓扑设计的要点如下:第一、分布式架构,采用分布式架构可以提高网络的稳定性和可扩展性。这包括在不同位置部署基站和数据中心。第二、区域划分,将网络划分为不同的区域,每个区域有自己的控制节点和资源,这有助于管理和维

护网络。第三、多路径传输。采用多路径传输可以提高网络的可靠性,确保即使在传输路径中出现问题时,数据仍能顺利传输<sup>[2]</sup>。

## 3 网络性能优化

### 3.1 带宽管理和服务质量(QoS)控制

在轨道交通LTE综合承载网络中,带宽管理和QoS控制扮演着至关重要的角色,以确保网络能够有效满足各种应用和服务的要求。以下是对带宽管理和QoS控制的详细探讨:首先,我们需要将不同类型的数据流量进行分类,例如实时视频、数据上传和VoIP通话等,然后为它们分配适当的优先级。这样可以通过QoS标记和流量分流来实现,从而确保关键应用能够获得高质量的服务。例如,实时视频通话可能需要更低的延迟和更高的带宽,而数据上传可能更注重数据完整性而不是即时性。通过正确的分类和优先级分配,网络可以根据应用的性质进行资源分配,以提供最佳的用户体验。其次,拥塞控制是确保网络性能稳定的关键因素之一。通过实施拥塞控制,网络可以监测流量并及时识别潜在的拥塞点。一旦拥塞情况发生,网络可以采取避免或减轻拥塞,例如流量限制、重新路由流量以绕过拥塞区域等,有助于确保整个网络的可用性和性能不会因拥塞而受到影响。最后,实时监控QoS参数如延迟、丢包率和带宽利用率对于维持高质量的服务至关重要<sup>[3]</sup>。通过不断地监测这些参数,网络管理员可以及时识别性能问题并采取纠正措施。例如,如果延迟增加或丢包率上升,系统可以自动调整路由或分配更多带宽,以确保服务质量不受影响。

### 3.2 漫游管理

在轨道交通LTE综合承载网络中,漫游管理是指在不同核心网覆盖区域之间的通信管理。由于轨道交通系统涉及列车的跨区域移动,漫游管理成为了至关重要的环节。为了确保轨道交通设备能够保持无缝连接,以下是一些漫游管理优化对策:第一、核心网设备冗余配置:在轨道交通LTE综合承载网络中,可以同时使用多个核心网设备。第二、快速漫游切换:为了确保列车在移动过程中能够快速切换到另一个核心网覆盖区域,可以采取一些技术手段来减少切换时间。例如,可以使用快速切换技术(FHO)或者双向注册(TWR)等技术来加速漫游切换过程。第三、负载均衡和容灾:为了优化网络性能和可靠性,可以采取负载均衡和容灾措施。负载均衡可以将网络流量分配到多个核心网设备上,避免单个设备过载。而容灾措施则可以在某个核心网设备发生故障时,迅速将业务转移到其他设备上,确保网络的正常运行。第四、定期维护和升级:为了确保轨道交通LTE综合承载网络的稳定性和可靠性,应定期对核心网设备进行维护和升级。通过及时更新软件和固件,修复潜在的安全漏洞和性能问题,可以保证网络的正常运行。

## 4 安全性和隐私保护

在轨道交通LTE综合承载网络中,进行安全威胁分析是

确保系统安全的关键步骤。以下是一些可能存在的安全威胁和相关的分析策略：第一，分析网络中的潜在入侵点，如未经授权的设备或用户，以制定访问控制策略和身份验证机制。第二，识别可能导致网络拥塞或服务中断的攻击，制定拒绝服务（DoS）和分布式拒绝服务（DDoS）防御策略。第三，分析数据流动路径，确保敏感数据在传输和存储过程中受到适当的保护，包括加密和访问控制。第四，检测和预防恶意软件和病毒的入侵，实施反病毒软件和实时监控。第五，考虑设备和基础设施的物理安全，以防止破坏或盗窃<sup>[4]</sup>。

#### 4.1 加密和认证措施

为了确保轨道交通LTE综合承载网络的数据保密性和完整性，需要采用强大的加密和认证措施。第一，使用强加密算法，对数据在传输和存储过程中进行加密，以防止未经授权的访问。第二，实施严格的身份认证机制，包括多因素认证，以确保只有合法用户能够访问网络。第三，使用数字证书来验证终端设备和服务器的身份，以减少中间人攻击的风险。第四，有效的密钥管理是确保加密的长期有效性的关键，包括密钥生成、分发和轮换策略。

#### 4.2 用户隐私保护策略

保护用户隐私是关键任务，尤其是在处理个人数据和敏感信息时。第一、只收集和存储必要的的数据，减少潜在的隐私风险。第二、向用户提供明确的隐私政策和通知，解释数据收集和处理的的目的，并获得必要的同意。第三、采取适当

的技术和组织措施来保护用户数据，包括访问控制、加密和数据备份。第四、确保用户有权访问、更正、删除其个人数据，并提供机制供其行使这些权利。第五、遵守相关的隐私法规和法律要求，包括数据保护法和隐私规定<sup>[5]</sup>。

结论：综上，轨道交通LTE综合承载网络的发展不仅意味着更高效的列车控制、更好的乘客信息服务，还为未来的智能轨道交通系统奠定了坚实的基础。然而，随着技术的不断进步和安全威胁的不断演化，还必须不断改进网络架构、性能优化和安全性保障，以确保LTE综合承载网络在未来能够继续发挥重要作用。只有通过全面的研究和分析，才能实现更加智能、安全和高效的轨道交通网络，为城市轨道交通的未来提供可持续的解决方案。

#### 参考文献

- [1]赵加建.地铁信号数据通信系统网络架构设计研究[J].现代城市轨道交通,2023(08):13-19.
- [2]耿子康.基于TD-LTE技术的城轨机电设备故障信号分离方法[J].绵阳师范学院学报,2023,42(08):42-47+57.
- [3]潘皓,丰磊.北京轨道交通换乘站LTE-M系统干扰分析[J].铁路通信信号工程技术,2022,19(11):70-75.
- [4]张媛.LTE-U在市域快线中综合业务承载的应用研究[J].铁路通信信号工程技术,2022,19(08):82-85.
- [5]常峰,刘雪萍.基于LTE技术的城轨交通综合承载网络方案[J].铁路技术创新,2022(03):65-70.