

轨道交通中通信传输系统技术的探讨

谷友海

北京通信段京秦高铁车间 天津 301825

摘要：轨道交通中通信传输系统技术是其安全、高效运行的核心。本文深入探讨了轨道交通通信传输系统的组成、作用及具体应用，分析了主流技术如OTN、PTN、MSTP及弹性分组环技术的原理、特点及其在轨道交通中的应用案例。同时，本文还展望了轨道交通通信传输系统的发展趋势，包括无线集群通信系统的应用、系统安全性建设的强化以及智能化管理系统的发展等，为轨道交通通信技术的发展提供了参考。

关键词：轨道交通；通信传输系统技术；应用

引言：随着城市化进程的加速，轨道交通作为城市交通系统的关键组成部分，其安全性和效率备受关注。通信传输系统作为轨道交通系统的神经中枢，负责数据的实时传输与处理，对列车运行控制、乘客信息服务等方面发挥着至关重要的作用。本文旨在深入探讨轨道交通通信传输系统的技术特点、应用现状及未来趋势，为提升轨道交通系统的整体性能和管理水平提供技术支持和参考依据。

1 轨道交通通信传输系统概述

1.1 系统组成

(1) 骨干通信网络。骨干通信网络是轨道交通通信传输系统的主干线，负责数据的长距离、高速传输。它通常采用光纤传输技术，具有高带宽、低损耗、抗干扰性强等优点，确保数据的稳定传输。(2) 网络节点。网络节点是轨道交通通信传输系统中的关键设备，用于数据的交换、转发和处理。这些节点通常分布在轨道沿线的各个车站和控制中心，通过高速的网络连接，实现数据的快速流通。(3) 网络管理系统。网络管理系统是轨道交通通信传输系统的“大脑”，负责对整个网络进行监控、管理和配置。它能够实时监测网络的状态，及时发现并处理网络故障，确保通信的连续性和稳定性。(4) 用户接口。用户接口是轨道交通通信传输系统与用户之间的桥梁，提供数据的输入、输出和交互功能。通过用户接口，用户可以方便地访问和使用轨道交通通信传输系统提供的各种服务。

1.2 系统作用

(1) 列车运行控制与调度。通过通信传输系统，控制中心可以实时获取列车的运行状态和位置信息，实现对列车的远程控制和调度，确保列车的安全运行和高效运营。(2) 实时数据传输与处理。轨道交通通信传输系统能够实时传输和处理各种数据，包括列车状态、乘客

信息、故障报警等，为轨道交通系统的管理和决策提供有力的支持。(3) 系统安全性与可靠性保障。轨道交通通信传输系统通过采用先进的加密技术和容错机制，确保数据的安全传输和系统的稳定运行，为轨道交通系统的安全性及可靠性提供有力保障。

1.3 具体应用

(1) 列车运行控制系统(TCCS)。TCCS是轨道交通系统中负责列车运行控制的关键系统。它依赖于通信传输系统实现列车与控制中心之间的实时通信，从而实现对列车的精确控制。通过TCCS，控制中心可以远程调整列车的运行速度和停靠站点，确保列车的安全、准时运行。(2) 列车自动防护系统(ATP)。ATP是轨道交通系统中的安全保障系统。它通过实时监测列车的运行状态和周围环境，自动判断并采取防护措施，如减速、停车等，以防止列车发生碰撞或脱轨等事故。ATP系统的正常运行依赖于通信传输系统的稳定传输，确保列车与控制中心之间的实时通信。(3) 列车自动监控系统(ATS)。ATS系统用于监控列车的实时运行状态，包括位置、速度、方向等。通过通信传输系统，ATS系统能够实时获取列车的数据，并进行处理和分析。同时，ATS系统还能够根据分析结果，自动调整列车的运行计划，优化轨道交通的运行效率。(4) 乘客信息系统(PIS)。PIS系统为乘客提供实时、准确的乘车信息，如列车到站时间、车厢拥挤程度等。通过通信传输系统，PIS系统能够实时获取列车和车站的运行数据，并将其展示在车站的显示屏和列车的车载显示屏上。这不仅提高了乘客的乘车体验，还为轨道交通系统提供了更多的商业机会。(5) 综合监控系统。综合监控系统是轨道交通系统中的“大脑”，它集成了多个子系统的的功能，并进行统一处理和分析。通过通信传输系统，综合监控系统能够实时获取列车、车站、信号等设备的数据，并进行实时监控

和故障预警。同时,综合监控系统还能够根据数据分析结果,为轨道交通系统的管理和决策提供有力支持。

2 城市轨道交通通信传输系统主流技术应用

2.1 OTN技术

(1) 技术原理与特点。OTN(开放式传输网络)技术是一种基于光纤传输的开放式传输技术,具有长距离、大容量传输的特征。它结合了WDM(波分复用)和SDH(同步数字传输序列)的优势,并对业务传送需求进行了适应性的组网功能扩展。OTN技术通过光通道数据单元和传送单位,实现了对业务的透明传输和高效管理。其技术原理主要体现在光传送段层、光通道层以及光复用断层三层的分层结构上^[1]。(2) 在轨道交通中的应用案例。OTN技术在轨道交通中的应用案例丰富,如广州地铁、上海地铁、深圳地铁、重庆轻轨、天津轻轨等。这些轨道交通系统通过应用OTN技术,实现了对车站实时监控图像信息、广播信号、运营调度系统、铁路信号、防灾报警系统以及通信网络管理系统等信息的高效传输。广州某地铁车站的传输网改造工程就是一个典型的案例,该工程通过应用OTN技术,解决了既有波分设备陈旧、带宽不足等问题,提升了地铁车站的通信传输水平。(3) 传输性能与优缺点分析。OTN技术具有自愈能力强、带宽分配灵活、传输质量高等优点。它能够通过软件实现带宽分配,对于视频信道的传输可以做到按信道切换,满足轨道交通系统对图像、音频等多媒体信息传输的高要求。然而,OTN技术也存在一些局限性,如技术支持受限、设备成本较高等。此外,由于OTN技术是独家产品,因此在使用上可能受到一定的限制。

2.2 PTN技术

(1) 技术原理与特点。PTN(分组传送网)技术是在IP业务和底层光传输媒质之间设置了一个面向连接的分组交换层面。它采用了T-MPLS、PBT、RPR等标准,实现了对分组业务流量的突发性和统计复用传送的要求。PTN技术具有二层、2.5层业务交换功能,能够将业务交换节点与传送节点相结合,实现分组业务的高效传输。(2) 应用场景与优势。PTN技术主要应用于对带宽需求大、业务类型多样的场景,如移动通信网络、城市轨道交通等。在轨道交通中,PTN技术可以用于传输列车控制系统、乘客信息系统、视频监控系统等的数据。其优势主要体现在面向连接、统计复用、电信级QoS保障以及OAM功能等方面。(3) 传输性能与稳定性分析。PTN技术具有传输效率高、带宽利用率高、业务保障能力强等优点。它能够通过OAM功能实现对业务流的故障检测和保护倒换,保证业务的连续性和稳定性。同时,PTN技术

还支持多种业务类型,能够满足轨道交通系统对多样化业务的需求。然而,PTN技术在设备成本、运维复杂度等方面也存在一定的挑战。

2.3 MSTP技术

(1) 技术特点与应用现状。MSTP(多业务传输平台)技术是一种基于SDH技术的多业务传输平台,它能够提供以太网业务、TDM业务等多种业务的接入和传输。MSTP技术通过GFP协议、VC虚级联技术以及LACS机制,实现了对以太网业务的高效传输。目前,MSTP技术在国内轨道交通领域得到了广泛应用,如广州地铁的3号线、5号线等。(2) 轨道交通中的适用性。MSTP技术在轨道交通中的适用性主要体现在对传统TDM业务和以太网业务的兼容和支持上。它能够提供独立的带宽独享通道,满足对运营行车安全有直接影响的以太网业务的需求。同时,MSTP技术还能够提供多种以太网接口和L2功能,为轨道交通系统提供了丰富的业务接入能力^[2]。(3) 与其他传输技术的比较。与OTN和PTN技术相比,MSTP技术在带宽利用率、业务保障能力等方面存在一定的局限性。它本质上仍是基于TDM的技术,不能动态分配信道带宽,不太适合具有“突发业务”特点的数据业务。然而,MSTP技术在提供TDM电路和过渡性数据接口方面具有一定的优势,因此仍将在轨道交通领域继续发挥作用。

2.4 弹性分组环技术

(1) 技术原理与架构。弹性分组环(RPR)技术是一种基于分组交换的环网技术,它通过双环结构和空间复用技术,实现了高效的带宽利用和可靠的数据传输。RPR技术采用了一种独特的令牌机制,用于控制环上各个节点的数据传输,从而避免了数据包的碰撞和丢失。其架构包括一个物理层、一个数据链路层和一个可选的适配层,能够支持多种业务类型和传输速率。(2) 实时性与可靠性分析。RPR技术在实时性和可靠性方面表现出色。其双环结构提供了物理层的冗余,确保了数据传输的连续性和稳定性。同时,RPR技术还支持公平访问控制、优先级标记、快速保护倒换等功能,能够满足轨道交通系统对数据传输实时性和可靠性的高要求。此外,RPR技术还具有良好的扩展性和灵活性,能够适应轨道交通系统的发展需求^[3]。(3) 在轨道交通中的应用与挑战。RPR技术在轨道交通中的应用主要集中在对数据传输实时性和可靠性要求较高的场景中,如列车控制系统、信号系统、视频监控系统等。这些系统需要实时传输大量的数据,并且要求数据传输具有高度的可靠性和稳定性。RPR技术能够满足这些要求,为轨道交通系统提供了高效、

可靠的数据传输解决方案。然而，RPR技术在轨道交通中的应用也面临一些挑战。首先，RPR技术的设备成本相对较高，需要投入大量的资金进行建设和维护。其次，RPR技术的网络管理相对复杂，需要专业的技术人员进行维护和管理。此外，随着轨道交通系统的发展，对数据传输带宽和性能的要求也在不断提高，RPR技术需要不断升级和优化以满足这些要求。

3 轨道交通通信传输系统发展趋势

3.1 无线集群通信系统的广泛应用

(1) 无线通信技术的发展。近年来，无线通信技术得到了飞速发展，从3G、4G到5G，传输速率和效率显著提升。这些技术为轨道交通提供了更快速、更稳定的通信手段。特别是5G技术的普及，不仅提高了数据传输速度，还降低了时延，为轨道交通的安全运行和乘客体验带来了革命性的改变。(2) 轨道交通中的无线通信技术应用。在轨道交通中，无线通信技术广泛应用于列车控制系统、乘客信息系统以及运营调度系统。例如，通过无线通信技术，列车可以实现实时位置追踪、自动驾驶和智能调度。同时，乘客可以通过Wi-Fi享受高速网络服务，提高了乘车体验。(3) 无线通信系统的优势与挑战。无线通信系统的优势在于其灵活性高、覆盖范围广，且不受有线传输的限制。然而，无线通信也面临着频谱资源有限、易受干扰以及数据安全等挑战。为了确保通信的稳定性和安全性，需要不断优化频谱资源分配，加强抗干扰设计，并加强数据加密和访问控制。

3.2 强化系统安全性建设理念

(1) 传输系统的安全性保障。轨道交通通信传输系统的安全性至关重要。为了确保数据的完整性和安全性，需要采用高性能的加密技术和访问控制机制。同时，加强网络安全监测和预警，及时发现并应对潜在的安全威胁。(2) 数据加密与访问控制。通过采用先进的加密算法，如AES等，可以有效保障数据的机密性和完整性。此外，建立严格的访问控制机制，确保只有授权用户才能访问系统资源，防止非法入侵和数据泄露。(3)

网络安全防护措施。除了数据加密和访问控制外，还需要加强网络安全防护措施，如部署防火墙、入侵检测系统(IDS)等。这些措施可以有效抵御外部攻击和恶意软件的入侵，确保系统的稳定运行和数据安全。

3.3 注重系统管理和维护

(1) 智能化管理系统的发展。随着人工智能和大数据技术的广泛应用，轨道交通通信传输系统也在向智能化方向发展。通过引入智能化管理系统，可以实现对通信传输系统的实时监控、故障预警和智能调度等功能，提高系统的运维效率和管理水平。(2) 传输质量分析与优化。为了确保通信传输系统的稳定性和可靠性，需要定期对传输质量进行分析和优化。通过收集和分析通信数据，可以及时发现并解决潜在的问题，提升系统的整体性能。(3) 系统维护与故障排查。轨道交通通信传输系统的维护和故障排查也是保障系统稳定运行的重要环节。需要建立完善的维护体系和故障排查机制，确保在发生故障时能够迅速定位并解决问题。

结束语

综上所述，轨道交通中通信传输系统技术的不断进步，不仅提升了列车运行的安全性和效率，也为乘客提供了更加便捷、舒适的服务体验。随着新技术的不断涌现和融合应用，轨道交通通信传输系统将朝着更高带宽、更强安全性、更智能化的方向发展。未来，我们应持续关注技术创新和应用实践，不断优化和完善通信传输系统，为构建安全、高效、绿色的轨道交通体系贡献力量。

参考文献

- [1]张英杰.城市轨道交通工程通信传输系统建设研究[J].中国新通信,2021,(11):102-103.
- [2]王富春.确保城市轨道交通通信传输系统稳定运行的几个关键环节[J].科技风,2021,(15):117-118.
- [3]武宁.关于轨道交通通信传输系统的技术应用分析[J].科技创新与应用,2020,(08):73-74.