

传输系统MSTP技术在城市轨道交通中的应用

王才成

重庆市轨道交通（集团）有限公司 重庆 400020

摘要：轨道交通通信作为轨道交通核心基础设施，传输子系统是确保轨道交通高效、安全运行的关键骨干网络，集成多种先进通信技术，构建高效、安全、可靠的数据传输网络。系统由传输网络架构、节点设备及协同工作机制组成，支持列车运行控制、系统状态监测等关键功能。主要技术类型包括基于电缆、光纤及无线传输技术，广泛应用于列车运行控制、运营管理、乘客服务等场景，显著提升轨道交通系统运行效率与服务质量。本文深入探讨传输系统MSTP技术在城市轨道交通领域的应用。首先阐述城市轨道交通对传输系统的严格需求，进而详细剖析MSTP技术原理、特点及优势。结合实际案例，分析MSTP技术在城市轨道交通通信系统中的具体应用场景与实现方式，最后探讨其应用面临的挑战及未来发展趋势，旨在为城市轨道交通传输系统的优化与发展提供参考。

关键词：轨道交通；通信传输系统；轨道交通；运用；研究

引言：城市轨道交通作为缓解城市交通拥堵的关键举措，在现代城市发展中扮演着举足轻重的角色。其通信系统肩负着传递列车运行控制信号、运营管理数据、视频监控信息以及为乘客提供服务信息等重要任务，是保障轨道交通高效、安全运行的核心支撑。传输系统作为通信系统的基础架构，必须满足高可靠性、实时性、大容量和灵活性等严苛要求。MSTP（Multi-Service Transfer Platform，多业务传送平台）技术以其独特优势，在城市轨道交通传输系统中得到广泛应用，有力推动了城市轨道交通通信的发展。本文将对传输系统的发展、定义、功能、主要组成部分、MSTP技术的应用进行深入探讨。

1 轨道交通通信传输系统概述

1.1 系统定义与功能

1.1.1 传输系统的定义

轨道交通通信传输系统，简而言之，是一个集成了多种先进通信技术，专门用于轨道交通领域的信息传输网络。它不仅负责列车运行控制指令、视频监控数据、乘客信息服务等关键信息的实时传输，还承担着系统状态监测、故障报警及应急指挥等重要功能。该系统通过构建高效、安全、可靠的信息传输通道，确保了轨道交通系统的整体运行效率和安全性。在轨道交通体系中，通信传输系统占据着举足轻重的地位。

1.1.2 传输系统的功能

传输系统是列车自动控制系统（ATC）、电力监控系统（SCADA）、综合监控系统（ISCS）、自动售票系统（AFC）、专用无线系统（PMR）、专用电话系统、公务电话系统、视频监视系统（CCTV）、乘客信息系统

（PIS）、广播系统（PA）、时钟系统、运营信息管理系统（OA）、门禁系统（ACS）、等关键子系统之间的信息桥梁，实现了各子系统之间的信息共享与协同工作。通过通信传输系统，控制中心能够实时掌握列车运行状态、客流情况、设备状态等关键信息，为科学决策和精准调度提供了有力支持^[1]。

1.2 城市轨道交通对传输系统的需求

1.2.1 高可靠性

城市轨道交通的运行安全至关重要，传输系统一旦出现故障，可能导致列车运行中断、信号传输错误等严重后果，危及乘客生命安全和运营秩序。因此，传输系统需具备极高的可靠性，拥有冗余备份机制，确保在部分设备故障时仍能正常工作。

1.2.2 实时性

列车运行控制信号的传输要求毫秒级的时延，以保证列车的精确控制和安全运行。例如，列车自动防护（ATP）系统、列车自动运行（ATO）系统等对信号传输的实时性要求极高，任何延迟都可能引发安全事故。

1.2.3 大容量

随着城市轨道交通信息化程度的提升，视频监控、乘客信息系统、办公自动化等业务产生的数据量急剧增加。传输系统需要具备足够的带宽，以满足不断增长的业务需求，如高清视频监控数据的实时传输。

1.2.4 灵活性

城市轨道交通通信系统包含多种不同类型的业务，每种业务对传输的要求各异。传输系统应具备灵活的业务适配能力，能够支持TDM（时分复用）、IP（网际协议）、ATM（异步传输模式）等多种业务接口，实现不

同业务的有效承载和传输。

2 MSTP 技术原理与特点

2.1 MSTP技术原理

MSTP技术基于SDH（Synchronous Digital Hierarchy，同步数字体系）平台，将传统SDH的时分复用技术与以太网、ATM等数据业务的封装技术相结合。它通过引入智能的交叉连接矩阵，实现了对多种业务的汇聚、映射、复用和传输。例如，将以太网业务通过GFP（Generic Framing Procedure，通用成帧规程）协议封装成SDH帧结构，在SDH网络中进行传输，到达目的地后再解封装还原成以太网业务。

2.2 MSTP技术特点

多业务支持能力：能够同时承载TDM业务（如语音通信）、IP业务（如数据传输和网络通信）和ATM业务（如早期的视频传输应用），满足城市轨道交通通信系统多样化的业务需求。

高可靠性：继承了SDH的强大保护机制，如1+1线路保护、复用段保护环等，确保传输链路的可靠性，可有效应对设备故障和线路中断等情况。

带宽灵活配置：通过对VC（Virtual Container，虚容器）颗粒的灵活组合和交叉连接，可以根据不同业务的需求灵活分配带宽，实现带宽的动态调整。例如，对于实时性要求高的列车控制信号业务，分配固定带宽保障其稳定传输；对于数据量波动较大的视频监控业务，可根据实际流量动态调整带宽。

良好的兼容性：与现有SDH网络无缝兼容，可利用现有的SDH基础设施进行升级改造，降低建设成本和技术风险，便于在城市轨道交通已有的通信网络基础上进行部署和扩展。

3 MSTP 技术在城市轨道交通中的应用场景

3.1 信号系统传输

信号系统是城市轨道交通的核心控制系统，MSTP技术为信号系统提供可靠的传输通道。它承载列车自动控制系统（ATC）中的ATP、ATO和ATS（列车自动监控）等子系统的数据传输。通过MSTP设备的高可靠性和低时延特性，确保控制命令和状态信息在控制中心、车站和列车之间快速、准确地传输，保障列车的安全、高效运行。例如，当列车在运行过程中，ATP系统通过MSTP传输链路实时接收地面信号设备发送的速度限制、进路信息等，从而控制列车的运行速度和制动，防止列车超速和追尾事故的发生^[2]。

3.2 通信系统内部业务传输

语音通信：城市轨道交通中的专用电话系统，包括

调度电话、站间行车电话、区间电话等语音业务，通过MSTP传输系统实现语音信号的数字化传输。MSTP设备将语音信号转换为TDM格式进行传输，利用其可靠性保障语音通信的畅通，确保运营调度人员之间的及时沟通。

数据通信：办公自动化系统、票务系统、电力监控系统等产生的数据通过MSTP网络进行传输。MSTP的多业务承载能力和带宽灵活配置特性，能够满足不同数据业务对传输速率和服务质量的要求。例如，票务系统的交易数据需要实时、准确地传输到中央结算中心，MSTP可以为其分配合适的带宽并保证数据的完整性和准确性。

视频监控：车站和列车上的视频监控系统产生大量的视频数据，需要实时传输到监控中心进行监控和存储。MSTP技术能够提供足够的带宽来传输高清视频信号，并且通过QoS（Quality of Service，服务质量）机制保证视频传输的流畅性和实时性，使监控人员能够及时了解车站和列车内的情况，保障乘客安全和运营秩序。

3.3 乘客信息系统传输

乘客信息系统用于向乘客提供列车运行信息、站停时间、换乘信息、广告等内容。MSTP技术将控制中心生成的信息数据传输到各个车站和列车的显示屏上。通过其高可靠性和灵活的带宽配置，确保信息的准确、及时发布，提升乘客的出行体验。例如，在列车晚点时，控制中心通过MSTP传输链路迅速将晚点信息发送到各车站和列车的显示屏上，方便乘客及时调整出行计划。

4 MSTP 技术在城市轨道交通中的应用案例分析

以重庆市轨道交通地铁环线为例，该线路采用了MSTP技术构建传输系统。

网络架构：全线设置了多个MSTP节点，包括控制中心节点、车站节点和车辆段节点等，形成了环形网络拓扑结构。这种结构具有较高的可靠性，当某一链路出现故障时，业务可以通过环网的另一方向进行传输，实现自愈保护。

业务承载实现：通信系统的数据通过MSTP设备的E1接口接入，利用TDM方式进行传输，确保了数据传输的实时性和可靠性。通信系统内部的语音业务通过PSTN（Public Switched Telephone Network，公共交换电话网络）接口接入MSTP设备，转换为TDM信号在网络中传输；数据业务则通过以太网接口接入，利用GFP封装后在SDH帧中传输。对于乘客信息系统，视频数据和文本信息通过以太网接口接入MSTP设备，根据不同的优先级进行带宽分配和传输，保证了视频的流畅播放和信息的及时更新。

应用效果：该线路投入运营后，MSTP传输系统运行

稳定,满足了各种业务的传输需求。信号系统的传输时延始终保持在极低水平,保障了列车的安全运行;通信系统内部业务传输顺畅,语音清晰,数据准确无误;乘客信息系统能够及时、准确地向乘客发布各类信息,得到了乘客和运营部门的一致好评。同时,MSTP系统的维护管理相对简便,通过网管系统可以实时监控设备状态和业务运行情况,降低了运维成本。

5 MSTP 技术在城市轨道交通应用中的挑战与对策

5.1 面临的挑战

IP业务承载压力:随着城市轨道交通智能化发展,IP业务量呈爆发式增长,MSTP对IP业务的处理能力和扩展性面临挑战。传统MSTP设备在处理大规模IP数据时,可能出现带宽瓶颈和转发效率降低等问题。

与新技术融合难度:5G、物联网等新技术逐渐应用于城市轨道交通领域,MSTP技术需要与这些新技术进行有效融合,以满足新业务的需求。然而,由于技术体系和接口标准的差异,实现融合存在一定难度。

网络管理复杂性:城市轨道交通传输网络规模庞大,设备众多,MSTP设备与其他设备协同工作时,网络管理的复杂性增加。不同厂家设备的网管系统兼容性问题可能导致运维效率低下。

5.2 应对对策

技术升级:研发支持更大容量IP业务处理的MSTP设备,引入更先进的IP交换技术和队列管理算法,提高对IP业务的承载能力和转发效率。例如,采用分布式处理架构,提升设备的并行处理能力^[1]。

制定融合标准:行业组织和企业共同参与,制定MSTP与5G、物联网等新技术融合的标准和规范,明确接口要求和业务流程,降低融合难度。同时,加强技术研发,推动MSTP设备与新设备之间的互联互通。

统一网管系统:建立统一的网络管理平台,实现对MSTP设备及其他相关设备的集中管理和监控。通过标准化的网管接口,解决不同厂家设备网管系统的兼容性问题,提高网络管理的效率和便捷性。利用大数据和人工智能技术,实现网络故障的智能诊断和预测性维护。

6 MSTP 技术在城市轨道交通中的发展趋势

6.1 向分组化演进

随着IP业务在城市轨道交通中的占比不断增加,

MSTP将进一步向分组化方向演进,增强对IP业务的原生支持能力。未来的MSTP设备将具备更强大的分组交换功能,能够更高效地处理和转发IP数据,实现与纯IP传输网络的无缝对接。

6.2 与新技术深度融合

MSTP技术将与5G、物联网、云计算等新技术深度融合,拓展应用场景和业务范围。例如,与5G技术结合,实现列车与地面之间更高速、低时延的数据传输,支持高清视频实时回传、列车自动驾驶远程控制等新业务;与物联网技术融合,实现对轨道设施、车辆设备等的全面感知和智能管理;借助云计算技术,实现传输资源的虚拟化和弹性分配,提高资源利用率和运营效率。

6.3 智能化发展

引入人工智能和机器学习技术,使MSTP传输系统具备智能化的业务调度、故障诊断和性能优化能力。通过对网络流量、设备状态等数据的实时分析,自动调整业务带宽分配,提前预测设备故障并采取相应的维护措施,提高传输系统的可靠性和智能化水平。

7 结束语

MSTP技术凭借其多业务支持、高可靠性、带宽灵活配置和良好兼容性等优势,在城市轨道交通传输系统中发挥着重要作用,满足了信号系统、通信系统和乘客信息系统等多种业务的传输需求。尽管在应用过程中面临一些挑战,但通过技术升级、标准制定和统一网管等措施可以有效应对。未来,MSTP技术将朝着分组化、与新技术深度融合和智能化的方向发展,持续为城市轨道交通的安全、高效运营提供强有力的传输保障,推动城市轨道交通通信技术不断进步。

参考文献

- [1]张伟,李强,王磊.MSTP技术在城市轨道交通通信传输系统中的应用研究[J].铁道学报,2020,42(5):89-94.
- [2]刘洋,陈芳,周明.基于MSTP的多业务传输平台在地铁通信系统中的应用[J].城市轨道交通研究,2019,22(3):112-116.
- [3]赵明,孙伟,吴芳.MSTP在地铁通信传输系统中的设计与实现[C]//中国城市轨道交通协会学术年会论文集.北京:中国铁道出版社,2021:156-160.