

# 轨道交通通信传输系统在轨道交通中的运用

何 敏

徐州地铁信息科技有限公司 江苏 徐州 221000

**摘 要：**本文全面阐述了轨道交通通信传输系统在轨道交通中的运用。介绍了轨道交通的基本概念，明确了通信传输系统的定义及功能。探讨了通信技术在其中应用的关键技术，包括系统传输框架和通信接口设计。分析了传输系统的演化及在轨道交通中的应用，如大容量光纤传输和多种业务整合的传输系统。还研究了常见技术如PDH、ATM和PTN技术。通过对这些方面的综合论述，展现了通信传输系统对轨道交通发展的重要性和作用。

**关键词：**轨道交通；通信传输系统；关键技术；轨道交通中的运用

引言：随着城市化进程的加速，轨道交通在城市交通体系中的地位愈发重要。而高效、可靠的通信传输系统是保障轨道交通安全、稳定运行的关键。它不仅实现了列车与控制中心之间的信息交互，还支持着众多与运营、服务相关的功能。

## 1 轨道交通通信传输系统概述

### 1.1 轨道交通的基本概念

轨道交通是指采用轨道导向方式行驶的城市公共交通系统，包括地铁、轻轨、有轨电车等多种类型。它以电力为动力，通过专用轨道网络进行运输服务，具备运量大、速度快、准时性好、安全系数高和环境污染小等优点。轨道交通是现代城市综合交通体系中不可或缺的组成部分，对于缓解城市交通拥堵、降低能耗和改善城市环境具有显著作用。

### 1.2 轨道交通通信传输系统的功能

(1) 提供信息传输通道，承载各类信息实现准确迅速传递，包括各子系统监控信息、列车自动监控信息、无线调度信息、广播音频信息、视频监控信息、乘客信息等。(2) 支持多业务接口，如E1中继接口、以太网接口、视频接口等以满足与其他系统连接需求，虽IP类以太网接口应用广泛，但仍需保留多种业务接口。(3) 具备系统保护功能，有线路保护（通过主、备光纤环路实现，光纤环路出现问题时设备仍能正常运行，在故障节点之外的设备能够迅速重构链路，确保业务的连续性和稳定性。系统还采用了关键板卡（如电源板、处理板等）的冗余备份方案，实施1+1备份模式，确保业务连续运行且不出出现硬件故障，其切换时间一般控制在50毫秒以内。(4) 具有一定的组网灵活性，充分考虑到城市轨道交通中心、站台、车辆段等各个部位的空间布置特点，以及线网中各系统之间的连接要求，应具有弹性组网功能，多选择环形组网模式，或采用交叉环、相切环、环形网络

连接方式等，解决了较长设备连接的困难。(5) 具备网络管理特性，包含以下功能：自动故障诊断（能够执行故障分析、定位与记录）、性能监控（负责调整系统异常状况并设定性能监控阈值）、系统配置管理（实现状态查询和远程部署等操作）、以及安全监管（涵盖监控管理、日志记录和登录权限等）。

## 2 通信技术在城市轨道交通中应用的关键技术

### 2.1 通信技术的系统传输框架

在城市轨道交通系统中，通信技术的应用首要任务是构建一个高效的通信传输网络。这一网络通过建立多点的或点对面的传输路径，融合多条传输通道，从而实现轨道线路间的通信互联，凸显通信技术在轨道交通领域的核心作用。

轨道交通的通信系统，通过远程终端与中央控制室的信息交换枢纽实现互联。譬如，公务电话系统利用数字化模拟技术，对车站或站点进行处理，从而完成通话及公务电话的外线连接服务。这使得调度中心的不同操作台能够向各站点下达调度命令，确保调度中心与车站、站点间的语音通信顺畅。视频监控系统允许调度中心的二级控制系统调用特定车站的监控画面，并利用中心或车站的操控设备对显示界面进行管理。广播系统则具备二级控制功能，不仅能够直接发送紧急广播和其他信息，还能根据接收到的列车自动监控系统（ATS）指令，分析列车运行状态，自动播报列车运行、站和发车信息，从而有效监控运行情况。

### 2.2 构建高效通信接口

在城市轨道交通体系中，通信传输系统扮演着核心角色，其重要性体现在把握通信发展趋势及确保轨道交通安全两大方面。轨道交通通信业务的多样性使得通信接口这一连接桥梁显得尤为关键。接口设计的优劣直接关系到通信传输系统的效率和轨道交通安全，因此对通

信技术的不断升级显得尤为重要。

目前,IPoverSDH技术因其成熟性被广泛采纳。SDH传输系统以其稳定、灵活和广泛的适应性而受到青睐,但在多点对单点的信息传输上存在局限性。技术人员可引入PI技术以克服这一难题,实现两种技术的融合互补。在SDH技术框架下,网络单元是传输网的基本构建单元,通过光纤、卫星或微波手段同步接收和传输信息。网络单元的主要功能包括接收、传输和交换信息,众多网络单元的联合构成了传输网,实现了信息的有效传递。SDH传输网具备网络统一管理特性。

SDH通讯技术不仅能够满足城市轨道交通网络科学管理的要求,还能实现动态网络的维护和业务工作的实时监控,有效提升网络资源的使用效率,最大程度地满足轨道交通对通信传输的需求。在实际应用中,SDH技术能够应对多种业务信息并发传输的需求,通过高效的传输网络和通道,实现车站与停车场信息的快速传递至其他相关站点或指挥中心,同时也能逆向进行信息的即时传输与交接,保障信息流通的迅捷与顺畅。

### 3 传输系统的演化及其在轨道交通中的应用

#### 3.1 大容量基于光纤的传输系统演化

早期PDH的介质大多为同轴电缆,而且体积与功能均受限。光纤由于传送能力强大、便宜且是主要光的传递方式,因此受到广泛应用。SONET和SDH是相关标准协议,SDH基本速率STM-1为155.52Mbps,通过波分复用技术提高传送能力,单通道速率将由早期的8Mbps提高至目前的10Gbit/s,在未来甚至可能超过40Gbps。光纤制造工艺改进使传输损耗降低,波长可利用范围增加。

#### 3.2 支持多种业务整合的传输系统的演化

(1) OTN(开放传输网络): OTN适合专用网的多业务传送,集成了语音、数据及视频传送功能,提供丰富的接口,如以太网接口、各种语音接口、图像接口及其他多种国际接口标准等。然而,其可承载业务量有限,在线路较长的轨道交通中的应用受到一定限制。

(2) 基于SDH的多业务传送(MSTP)平台。SDH在传输数据业务时存在网络效率低、难适应突发和变速率业务等不足。而MSTP技术通过映射、VC虚级联、GFP、LCAS以及总线技术等,将以太网、ATM、RPR、光纤通道、MPLS等技术内嵌或融合到SDH上。这使得MSTP平台既保留了SDH的强大管理功能、组网能力和自愈手段等优点,又能更好地适应多种业务需求,提高网络效率,为数据业务传输提供更有效的解决方案。

## 4 轨道交通通信传输系统的常见技术

### 4.1 PDH技术

PDH技术发展相对成熟,曾在光纤数字网中得到广泛应用。其具有一定特点,例如它有助于确定激光器产生的线宽,可控制和降低激光器线宽,且独立于强度响应激光发射的频率,因为控制激光频率的许多其他方法(例如边缘锁定)会受强度不稳定性的影响。

PDH技术稳频原理为:先把光学腔锁定于稳定的频率参考源,以此实现光学腔的稳定状态。接着将需稳频的激光锁定在该光学腔上,进而达成将参考频率源的稳定度向激光频率稳定度传递的目的。

### 4.2 异步传输模式(ATM)

传统通信传输系统主要聚焦于服务质量和行车安全功能,对于其他业务缺乏规范的协议。而随着城市轨道交通的发展以及所涉及内容的增多,需要异步传输模式来保证信息传输的准确性、可靠性和及时性。ATM是以信元为基础的一种分组交换和复用技术,是实现B-ISDN的核心技术之一。该技术适用于各种网络环境,无论是局部还是广阔的网络范围,均能提供高效的数据传输能力。它支持语音、数据、传真、即时视频、CD级音频以及图像等多种通信形式,是实现局域网或广域网中声音、视频和数据处理的关键宽带技术。异步传输模式(ATM)利用面向连接的方式进行数据传输,将信息分割成固定大小的单元(53字节,包含5字节头部和48字节负载),通过虚拟链路进行交换。

以下是ATM的几个主要特征:

(1) 融合了电路交换与分组交换的优点,本方案要求在通信双方先建立连接,并在通信结束时断开连接。与传统电路交换不同,它摒弃了同步时分复用技术,改为采用异步时分复用,这样发送与接收端的时钟无需保持同步,进而实现了带宽的更高效利用。

(2) ATM网络采用虚电路概念,包含虚路径标识符(VPI)和虚通路标识符(VCI),用于定义ATM信元单向传输的路径。在相邻交换节点之间,信元的VPI/VCI值保持不变,形成VP链和VC链,信元经过节点时,VPI和VCI会相应调整。

(3) ATM技术融合了电路交换的实时性和分组交换的灵活性;使用固定长度的分组作为传输和交换单位,能够预测并确保所需带宽。其主要不足在于信元头部开销较大,技术复杂且成本较高。

(4) 当ATM作为企业核心网络技术时,可以简化网络管理,避免因不同编址和路由选择造成的网络互联复杂性。ATM集线器能够实现任意端口之间的连接,不受连接设备类型的影响,且设备地址预置,便于消息发送。

ATM管理软件使得用户和物理工作站的迁移更加方

便。通过ATM技术，企业能够实现内部数据传输、邮件服务、语音通信等功能，并连接到互联网以支持电子商务等应用。由于ATM采用统计复用，具备高接入带宽，适合高带宽、低延迟或大数据突发场景，是多媒体信息传输的理想技术支持。

#### 4.3 PTN技术

PTN技术以分组交换为核心，能够高效地承载多样化业务并实现统计复用，确保了高度的可靠性与服务质量（QoS）。

以下为PTN技术的核心特性：

（1）广泛的分组交叉技术：该技术能够实现同步复用业务与以太网业务之间的灵活切换，有效应对了以太网设备在高QoS业务传输过程中遇到的挑战。同时还突破了MSTP设备在数据处理能力上的瓶颈，为满足未来产业融合发展的新要求奠定了基础。

（2）灵活的可扩展性技术：通过采纳网络层级化及区域划分策略，确保了网络的伸缩自如。各类业务信号能在多个级别之间顺畅地传递与交互。

（3）同步技术：涵盖频率同步（即时钟同步）与时间同步，旨在适应传统的TDM业务以及多种传输网络应用的要求。在PTN网络中，构建了专门的时钟和时间同步系统，并采纳了一系列先进的频率同步处理方法，包括同步以太网、基于分组传输的时钟技术、电路仿真CES、精准时间同步协议以及自适应和差分时钟恢复等策略。

PTN设备在功能结构上分为三个主要部分：传输平面、管理平面以及可选的控制平面。传输平面主要承担业务适配、标签的转发与交换、QoS处理、OAM报文的处理、网络保护、同步信息的传递以及接口线路的适配等任务；管理平面则负责网络拓扑的构建、配置管理、故障处理、性能监控和安全保障等工作，同时支持北向接口的管理与辅助功能；控制平面则是ASON技术在PTN范围内的扩展应用，主要负责信令传递、路由选择和资源管理等关键功能，并对外提供必要的控制接口。

PTN将网络划分为信道层、通路层和传输媒质层，借助GFP架构在OTN、SDH以及PDH等物理媒质之上。分组传送网包含分组传送信道层、传送通路层和传送网络传输媒质层三个子层，分别负责实现端到端的传送、虚电

路的封装与复用以及提供虚拟段信号的OAM功能等。

PTN技术以分组转发为基础，旨在为连接导向的多业务传输提供支持，能够有效承载电信级以太网、TDM及IP等多种业务。该技术具备出色的可靠性、安全性、扩展能力、业务品质及管理可控性，满足电信网络的高级要求。PTN的实现依赖于两个关键技术体系，分别是多协议标记交换-传输子集（MPLS-TP）和运营商骨干桥接流量工程（PBB-TE）。在基于MPLS-TP的PTN架构中，通过伪线（PW）和标记交换路径（LSP）分别代表端到端的分组传输业务和传输路径，以实现连接导向的分组转发与传输功能。

PTN的关键技术包括基于标签的数据分组转发机制、采用伪线电路仿真技术的多业务承载、分为虚线层、标签交换路径层和段层三层的运行维护管理机制、支持环路保护、线路倒换和网状网恢复等的网络保护方式，以及包括流量管理、优先级映射、流量整形、队列调度和拥塞控制等的服务质量机制。

在城市轨道交通中，PTN可用于承载列车控制信息、视频监控数据等各种业务数据，满足大带宽、低时延的传输需求。

结束语：综上所述，轨道交通通信传输系统是轨道交通运行的核心支撑，其技术不断发展和创新。从传统技术到现代先进技术的应用，通信传输系统在保障信息准确、快速传递，提高运营管理效率，提升乘客服务体验等方面发挥着不可替代的作用。未来，应继续加大研发投入，推动技术融合与创新，以适应轨道交通日益增长的通信需求，为城市交通的智能化、高效化发展贡献更大的力量。

#### 参考文献

- [1]李婧.城市轨道交通通信传输系统技术及应用[J].通讯世界,2018(05):48-49.
- [2]赵伟.轨道交通通信传输系统的应用与发展[J].科技创新与应用,2020(12):175-176.
- [3]王鹏.城市轨道交通通信传输技术探讨[J].数字通信世界,2019(08):178.
- [4]周伟.轨道交通通信传输系统的研究[J].信息通信,2017(07):276-277.