

# 城市轨道交通工程中的专用通信传输系统设计研究

林 峰

贵阳市城市轨道交通集团有限公司, 贵州 贵阳  
Email: 5804644@qq.com

收稿日期: 2020年10月2日; 录用日期: 2020年10月12日; 发布日期: 2020年10月27日

---

## 摘 要

本文结合某城市轻轨2号线工程, 对专用通信系统中的传输系统进行分析, 对比了MSTP、OTN、PTN、增强型MSTP四种传输技术, 在此基础上对通信传输系统方案的带宽、结构、环路保护方式和系统同步方案进行详细设计, 相关设计结论满足具体工程项目实际需求。

## 关键词

城市轨道交通, 通信系统, 多业务传送平台, 传输系统

---

# Design and Research of Special Communication Transmission System in Urban Rail Transit Engineering

Feng Lin

Guiyang HiTech Data Communication Co., Ltd., Guiyang Guizhou  
Email: 5804644@qq.com

Received: Oct. 2<sup>nd</sup>, 2020; accepted: Oct. 12<sup>th</sup>, 2020; published: Oct. 27<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

This paper analyzed the transmission system of the special communication system and compared MSTP, OTN, PTN and MSTP+ transmission technologies in 2 project of city light rail line. This paper put forward the details scheme about bandwidth, structure, loop protection mode and system

synchronization based on the comparison results. The relevant design conclusions meet the actual needs of specific engineering projects.

## Keywords

Urban Rail Transit, Communication System, MSTP, Transmission System

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

城市轨道交通通信系统是轨道交通运营指挥、企业管理、公共安全治理、服务乘客的网络综合服务平台，是轨道交通正常运转的神经系统，要求能在正常情况下能够保证列车能高效、安全地运营，为乘客出行提供高质量的服务保证，在突发情况下能迅速转变为供防灾救援和事故处理的指挥通信应急系统。城市轨道交通通信系统属于专用通信网络的基础系统，该系统的管理水平、运行质量和建设效能与城市轨道交通网络运输能力密切相关，相关传输信息包含语音、广播、文字、数据及图像等类别，并为其它有通信传输通道需求的系统提供所需的传输通道，包括专用通信系统、乘客信息系统、民用通信系统和公安通信系统四个相对独立的系统，是城市轨道交通的信息化、智能化基础[1]。

1) **专用通信系统**：包括传输、无线通信、公务电话、专用电话、视频监控、广播、时钟、办公自动化、通信电源及接地、集中告警和通信线路等 11 个子系统；

2) **乘客信息系统**：包括控制中心子系统、车站子系统、车载子系统、网络子系统和广告管理子系统等 5 个子系统；

3) **民用通信系统**：包括传输、移动通信引入、集中监控、通信电源及接地和通信线路等 5 个子系统；

4) **公安通信系统**：包括传输、视频监控、无线通信引入、计算机网络、有线电话和通信线路等 6 个子系统。

传输系统作为通信系统的传输网络必须具备传输语音信号、数据信号、图像信号等信息的能力，为其它通信子系统和信号、SCADA、FAS、EMCS、AFC、主控系统及轨道交通信息管理系统等提供可靠、灵活的信道[2]。因此需设置一个多功能、多用途、大容量和集中维护、统一管理的综合业务数字传输系统。以保证城市轨道交通正常运行所需信息准确无误地传递。

## 2. 专用通信传输系统

城市轨道交通的正常运营需要安全可靠、有效的通信系统，如果在轨道交通运营发生特殊情况时，也能够即刻响应，如防灾救援、事故处理时的指挥通信。在轨道交通专用通信系统中，专用通信系统是最重要、最基础的核心系统[3]，也是轨道交通指挥列车运行、组织运输生产、提高运营管理效率和服务质量的重要手段；肩负着者车站与车辆段、车站与运营中心、车辆段及与运管中心之间的基础通信服务要求，为公务电话、专用电话、无线通信、广播、时钟、视频监控、乘客信息等系统提供通道，并为自动售检票(Automatic Fare Collection, AFC)、综合监控(Integrated Supervisory Control System, ISCS)等其它应用系统提供承载信道的责任，具有可靠、冗余、可重构、灵活、面向未来的特点。

为满足地铁专用通信各子系统和信号、综合监控、门禁、电力监控、防灾、环境与设备监控及自动

售检票等信息传输的要求，应建立以光纤通信为主的专用通信传输系统。传输系统应采用基于光同步数字传输制式及设备或其他宽带光数字传输制式及设备，并应满足各系统接口的需求[4]。

专用通信传输系统承载的业务包括 TDM 和 IP 两类。其中 TDM 业务主要包括话音信息、低速数据、电话中继等，IP 业务主要包括视频及以太网数据信息。在此基础上，结合国内其它城市轨道交通通信传输系统的应用情况，确定了适用于城市轻轨的传输技术包括基于 SDH 内嵌 RPR 的多业务传送平台(Multi Service Delivery Platform, MSTP)、开放式传输系统(Open Transmission System, OTN)、分组传送网(Packet Transport Network, PTN)和增强型 MSTP 四种。

## 2.1. 多业务传送平台

多业务传送平台 MSTP 技术基于 SDH，并实现 TDM、IP 等多种业务的接入、处理、传送功能，提供统一的网络管理多业务传送节点设备传送平台。MSTP 不仅具备传统 SDH 的所有优点，还具备以太网二层交换功能，并且能提供 2 Mb/s 为单位的子速率级联/捆绑功能，提供 10M/100M 以太网接口，基本实现了用户业务端到端的透明传输。

随着弹性分组网(Resilient Packet Ring, RPR)技术的成熟，出现了 MSTP (RPR)，基于 SDH 平台，既能保证目前大量的 TDM 业务对传输性能的要求，同时融合了 RPR 技术对以太网数据业务高效、动态的处理功能，将不同业务最适合的承载方式集于一体。MSTP(RPR)是在 SDH 环网的传输通道上根据实际应用需要设定传送 TDM 话音业务的 VC 通道和传送 IP 等数据业务的 RPR 通道带宽。传送话音的 VC 通道仍保持所有的 SDH 特性，其保护倒换遵从标准的 SDH 环网保护方式，从而保证话音业务的 QoS 时延和抖动；传送数据业务的 VC 通道支持 RPR 技术，并在 RPR 带宽的业务接入点进行业务分类、公平控制、拥塞处理，以保证数据业务传输的 QoS。MSTP(RPR)实现了网络和业务的综合化，简化了网络层次，提高了带宽使用效率。

## 2.2. 开放式传输系统

OTN 是早期西门子公司为轨道交通领域专门开发的一种专利保护产品，目前可提供 150 MB/s、600 MB/s、2.5 GB/s 和 10 GB/s 的传输容量，可实现语音、宽带音频、综合数据、计算机局域网和视频等多种业务，已在国内十余条地铁中采用。OTN 满足目前所需的多种接口要求(如：RS232/RS422/RS485、2W/4W、E/M、2B+D、30B+D、E1、10M/100M 以太网、视频 M-JPEG 及宽带广播等)；它将多种接口卡集成在一起，实现集中维护管理，设备维护方便。

OTN 传输设备的缺点在于 OTN 是专利保护产品，不具备系统标准的开放性，只是实现了用户侧接口的开放，但无法直接与其它通信网络高速互连。

## 2.3. 分组传送网

分组传送网 PTN 支持多种基于分组交换业务的双向点对点连接通道，具有端到端的组网能力，并且能够适应大小不同的业务，其提供的“柔性”传输管道，能够更契合 IP 业务特性；最多只需要 50 毫秒就可以完成点对点连接通道的保护切换，可以实现传输级别的业务保护和恢复。PTN 具备 SDH 技术的操作、管理和维护机制，具有点对点连接的完整 OAM，能为网络保护切换、错误检测和通道监控能力提供保障；完成了与 IP/MPLS 多种方式的互连互通，无缝承载核心 IP 业务；网管系统可以控制连接信道的建立和设置，实现了业务 QoS 的区分和保证，灵活提供 SLA 等优点。

## 2.4. 增强型 MSTP

增强型 MSTP 也称为 MSTP+、下一代 MSTP，其本质是在 MSTP 中引入分组技术。从硬件角度看，增强型 MSTP 就是对传统 MSTP 设备的交叉板进行改造，在维持 TDM 特性不变的同时，新交叉板同时

集成了 PTN 设备交叉板的核心芯片, 通过一块板实现 MSTP 和 PTN 的融合[5]。增强型 MSTP 技术有包括优势:

- 1) 完全兼容当前 MSTP 的所有特性, 实现 TDM/分组业务同时处理;
- 2) 继承了 MSTP 的丰富业务接口, 在同一台传输设备上, 针对不同的轨道交通业务, 采用不同的传输通道, 提高传输效率(尤其是数据业务)的同时降低成本;
- 3) 突破传统 MSTP 带宽瓶颈限制, 主流增强型 MSTP 产品能提供 40G 容量的线卡, 完全能满足轨道交通数据业务的带宽增长需求。

增强型 MSTP 在电力、石化等行业客户中有较多成功应用案例。目前轨道交通各专业对分组域传输承载业务的需求在不断增大, 但电路域传输承载业务需求仍未完全萎缩, 在这种情况下增强型 MSTP 技术能够较好的匹配各专业对通信传输系统的需求, 四种主流的城市轻轨的传输技术特点如表 1 所示。

**Table 1.** Characteristic of transmission platform of special communication transmission system

**表 1.** 专用通信传输系统传输技术特点分析表

序号	项目	OTN	MSTP(RPR)	PTN	MSTP+
1	传输媒介	单模光纤	单模光纤	单模光纤	单模光纤
2	通道分配	非阻塞	非阻塞/无阻塞 (拥塞可控制)	非阻塞/无阻塞 (拥塞可控制)	非阻塞/无阻塞 (拥塞可控制)
3	成熟度	成熟技术	成熟技术	非成熟技术	成熟技术
4	组网灵活性	一般, 扩容方便	灵活, 扩容方便	灵活, 扩容方便	灵活, 扩容方便
5	保护倒换时间(非以太网)	50~120 ms	<50 ms	<50 ms	<50 ms
6	保护倒换时间(以太网)	秒级	<50 ms	<50 ms	<50 ms
7	用户接口	丰富	丰富	丰富	丰富
8	带宽利用率	高	高	很高	很高
9	国产化程度	进口	高	高	高
10	厂家支持	唯一	多家	多家	多家
11	互联互通	难	容易	容易	容易
12	轨道交通应用	多	多	暂无	新线较多采用
13	造价	较高	较低	高	高

### 3. 通信传输系统方案设计

综合判断, MSTP (RPR)目前是国内轨道交通项目的主流方案, OTN 在国内已有多个专网成功运用的先例, 而 PTN 技术还在发展中, 且尚无在轨道交通专用通信的应用案例, 但在国内各电信运营商有大量应用, 增强型 MSTP 产品不仅在各大运营商中广泛使用, 并且在电力、石化等行业中也有许多成功应用案例, 该产品在轨道交通行业目前还在推广阶段, 目前已经应用的包括北京 16 号线、燕房线、S1 线, 深圳 7、9 号线。近年来国内外主流通信设备厂家, 如: 华为、烽火等传输设备中增强型 MSTP 产品占到 60%左右的份额, 其成本优势较大。

从“安全、可靠、经济、适用”、国产化及技术发展水平等方面综合考虑, 城市轨道交通工程通信传输系统推荐采用增强型 MSTP 技术组网, 为保证传输系统的可靠性, 传输网络结构按环形组网; 本期工程通信传输系统应承载本线所有车站业务流量, 实现与其它网络的互联互通。

传输系统容量应根据各系统对传输通道的需求及延伸需要确定, 并应留有余量。系统主备用光通道应按 1+1 或 1:1 设置, 分设于上、下行区间侧的光缆中构成自愈保护环, 设备应具有自动切换和网络管理功能。干线光缆容量应满足地铁通信、信号、综合监控等对光纤容量的需求, 并按远期发展需求预留余量。地铁光缆网的建设宜按线网规划和建设需求, 统筹设置光缆数量、容量和光缆径路[6]。

### 3.1. 传输带宽设计

根据系统功能分析, 结合各相关专业的需求及轨道交通应用经验, 城市轨道交通工程传输系统所需带宽估算参见表 2。

**Table 2.** Bandwidth estimation table of transmission system

**表 2.** 传输系统带宽估算表

序号	业务类别	接口类型	传输速率	传输方式	带宽
1	公务电话	10/100BASE-T	100 Mb/s	共享以太网	100 M
2	专用电话	E1	2 Mb/s	点对点	120 M
		10/100BASE-T	10 Mb/s	共享以太网	10 M
3	无线通信系统	E1	2 Mb/s	点对点	50 M
		10/100BASE-T	10 Mb/s	共享以太网	10 M
4	视频监控系统	1000BASE-T	1000 Mb/s	共享以太网	800 M
		1000BASE-T	1000 Mb/s	共享以太网	800 M
5	广播系统	10/100BASE-T	10 Mb/s	共享以太网	10 M
6	乘客信息系统	1000BASE-T	1000 Mb/s	共享以太网	600 M
7	时钟信息	10/100BASE-T	10 Mb/s	共享以太网	20 M
8	计算机网络系统	1000BASE-T	1000 Mb/s	共享以太网	1000 M
9	通信电源监控	10/100BASE-T	10 Mb/s	共享以太网	10 M
10	信号系统	10/100BASE-T	100 Mb/s	共享以太网	200 M
		10/100BASE-T	10 Mb/s	共享以太网	20 M
11	综合监控(预留)	10/100BASE-T	100 Mb/s	共享以太网	200 M
12	AFC	10/100BASE-T	100 Mb/s	共享以太网	200 M
13	ACS	10/100BASE-T	100 Mb/s	共享以太网	10 M
14	门禁	10/100BASE-T	10 Mb/s	共享以太网	10 M
15	安防系统	10/100BASE-T	100 Mb/s	共享以太网	100 M

经估算, 各系统对带宽总需求 4274 Mbps。其中 TDM 业务占用带宽约为 174 Mb/s, 10/100/1000 Mb/s 以太网等 IP 业务占用约 4100 Mb/s, 综合监控(集成 FAS、BAS)等弱电系统在本工程中组网方案拟借用通信 12 芯光缆, 但考虑到后期实施可能产生的变动, 设计配置为以太网通道。

综合以上业务需求, 并考虑到系统预留及远期规划, 本期工程新建传输系统容量应不小于 10 GB/s。

### 3.2. 网络结构设计

本期工程共 31 个节点(28 个车站、1 个车辆段、1 个停车场、1 座控制中心)呈链状分布, 结合沿线光缆线路的构成条件和增强型 MSTP 网络的组网特点, 设计传输系统采用上下行隧道新敷设的专用通信光



缆,在控制中心、车辆段、停车场、各车站以控制中心为节点组成两个相切的自愈保护环,每环可用环网有效业务带宽不小于 10 G,并为二期工程预留未来开环接入的条件。

### 3.3. 环路保护方式设计

MSTP+技术是 MSTP 和 PTN 技术的结合,其保护方式兼具 MSTP 和 PTN 的特点。其中 MSTP 可采用的保护方式有:二纤单向通道保护环、二纤双向通道保护环、二纤单向复用段保护环、二纤双向复用段保护环、四纤双向复用段保护环、子网连接保护(Subnet Connection Protection, SNCP)及复用段保护(Multiplex Section Protection, MSP)等。环网保护方式主要有绕回(Wrapping)和转向(Steering)两种保护机制,目前主要采用绕回机制进行环网保护。

根据本工程的特点, MSTP 部分采用四纤 SNCP 保护环、PTN 部分采用绕回机制的环网保护方式即可满足要求。

### 3.4. 系统同步方案设计

传输系统采用主从同步方式,控制中心传输设备的时钟同步信号优先选择从线网控制中心既有的北斗卫星导航系统 BDS,或全球定位系统 GPS 从大楼综合定时供给设备(Building Integrated Timing Supply, BITS)设备上接引,实现线网控制中心 BDS/GPS + BITS 设备的资源共享,其他轻轨线路沿线传输设备从 MSTP 传输线路提取同步时钟信号。

## 4. 总结

城市轨道交通通信系统作为专用通信网络系统,是保障轨道交通正常运转、列车安全高效运行的神经系统。本文结合某城市轻轨 2 号线工程,对专用通信系统中的传输系统进行分析,对比了 MSTP、OTN、PTN、增强型 MSTP 四种传输技术,在此基础上对通信传输系统方案的带宽需求、网络结构方案、环路保护方式、系统同步方式进行详细设计,提出具体的性能要求和指标,相关结论已被具体工程方案采纳,运行效果满足实际需求。

## 参考文献

- [1] 李强. 浅析城市轨道交通通信传输系统[J]. 中国设备工程, 2019(3): 214-215.
- [2] 华路捷, 谢谦, 刘宪, 等. 城市轨道交通车辆实时监测与分析系统研究[J]. 都市轨道交通, 2020, 33(1): 134-138.
- [3] 王树欢. 传输系统在城市轨道交通中的应用[J]. 华东科技(综合), 2020(1): 1-2.
- [4] 韩凤娟. 城市轨道交通建设中通信系统关键节点分析[J]. 无线互联科技, 2020, 17(6): 1-2.
- [5] 武凝. 内嵌 RPR 的 MSTP 技术在城轨列车通信系统中的研究及应用[J]. 陕西交通科教研究, 2020(1): 13-18.
- [6] 李俊亮. 传输技术在城市轨道交通中的应用[J]. 人民交通, 2019, 366(2): 75.