 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v1i6.5096

Analysis of data flow optimization strategy in rail transit integrated monitoring system

Minghui Huang

Guangzhou Xinkejiadu Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510653, China

Abstract

Under the background of accelerating urbanization process, rail transit, as an efficient and convenient mode of urban public transportation, bears great pressure of passenger transport. At the same time, the rail transit integrated monitoring system is the core system to ensure the safe and efficient operation of the subway, and the rationality and efficiency of its data flow are directly related to the operation quality. This paper analyzes the system data flow to the current situation, points out the existing problems such as network congestion and inefficient data processing, and puts forward targeted optimization strategies, including the improvement measures of network architecture, data processing algorithm, storage and security. Combined with the comparison of the actual case data, the remarkable effect of the implementation of the optimization strategy is elaborated in detail, aiming to provide a more practical data flow optimization scheme for the rail transit operation.

Keywords

rail transit; integrated monitoring system; data flow optimization

轨道交通综合监控系统中数据流向优化策略分析

黄明辉

广州新科佳都科技有限公司，中国·广东 广州 510653

摘　要

在城市化进程不断加速的背景下，轨道交通作为高效、便捷的城市公共交通方式，承担着巨大的客运压力。同时，轨道交通综合监控系统是保障地铁安全、高效运行的核心系统，其数据流向的合理性与高效性直接关乎运营质量。本文剖析系统数据流向现状，指出存在的网络拥塞、数据处理效率低下等问题，并提出针对性优化策略，包括网络架构、数据处理算法、存储和安全方面的改进措施。结合实际案例数据对比，详细阐述优化策略实施后的显著效果，旨在为轨道交通运营提供更具实操性的数据流向优化方案。

关键词

轨道交通；综合监控系统；数据流向优化

1 引言

轨道交通综合监控系统集成了电力监控、环境与设备监控、列车自动监控等多个子系统，实现对地铁运营全方位、实时的监控与管理。系统运行过程中，海量数据在设备层、通信层和管理层之间持续流动，数据流向是否科学合理，直接影响系统的响应速度、稳定性以及地铁运营的安全性和可靠性。因此，优化综合监控系统的数据流向具有重要的现实意义。

2 综合监控系统概述

2.1 系统架构

综合监控系统采用分层分布式架构，自上而下分为管理层、通信层和设备层。管理层由监控服务器、工作站等组成，负责对整个系统进行集中监控、管理和决策。通信层是数据传输的纽带，借助工业以太网、光纤等通信介质和交换机、路由器等设备，实现各层之间以及各子系统之间的数据传输与交换。设备层包含各类现场设备，如传感器、执行器、智能终端等，负责采集和执行现场数据与指令[1]。

2.2 数据类型及流向

系统数据主要分为实时数据、历史数据和报警数据。实时数据反映设备当前运行状态，如列车位置、电力参数、环境温湿度等，需快速准确传输以支持实时监控与调度。历史数据用于设备运行趋势分析、故障诊断和运营管理决策，通常存储在数据库中。报警数据则在设备异常或故障时产生，及时通知运维人员处理。数据流向从设备层采集，经通信层上传至管理层进行处理、存储和展示。设备层的传感器将采集到的实时数据，借助通信网络发送到通信层的交换

【作者简介】黄明辉（1984–），男，中国广东韶关人，本科，工程师，从事轨道交通综合监控系统研究。

机，再由交换机转发至管理层的服务器进行分析处理，处理结果展示在监控工作站上 [2]。

3 当前综合监控系统数据流向存在的问题

3.1 网络拥塞

随着线路的延伸、站点的增加以及功能的不断拓展，数据量呈爆发式增长。在高峰时段，大量实时数据、历史数据和报警数据同时传输，导致网络带宽不足，网络拥塞现象频发。数据传输延迟甚至丢失，严重影响系统对设备状态的实时监控和及时响应 [3]。表 1 为某地铁线路在优化前高峰时段（8:00-9:00）不同类型数据传输延迟情况统计：

表 1 某地铁线路在优化前高峰时段（8:00–9:00）不同类型数据传输延迟情况

数据类型	平均传输延迟（ms）	最大传输延迟（ms）	丢包率（%）
实时数据	150	300	5
历史数据	200	500	8
报警数据	180	400	6

3.2 数据处理效率低下

传统数据处理算法在面对海量数据时，处理速度难以满足实时性要求。部分子系统数据处理流程繁琐，数据在不同模块间频繁转换格式，增加了处理时间。以环境与设备监控子系统为例，由于算法不够优化，在处理大量传感器数据时，对设备故障的检测和预警存在明显延迟，影响设备维护和环境控制 [4]。

3.3 数据存储不合理

数据存储布局缺乏合理性，历史数据与实时数据混合存储，导致检索效率低下。部分存储设备性能落后，读写速度慢，严重影响数据的快速读取和存储。此外，数据备份策略不完善，存在数据丢失风险。在一些地铁线路中，曾因存储设备故障，导致部分历史数据丢失，给事故分析和运营优化带来极大困难。

3.4 数据安全隐患

地铁综合监控系统面临网络攻击、数据泄露等安全威胁。网络边界防护措施不足，容易受到外部非法访问。数据传输过程中加密措施不完善，数据被窃取或篡改。在实际运营中，曾出现不法分子试图入侵地铁综合监控系统获取敏感运营数据的事件，虽然未造成严重后果，但暴露系统存在的安全隐患。

4 综合监控系统数据流向优化策略

4.1 网络架构优化

一方面，升级网络设备，采用万兆以太网等高速网络技术，大幅提高网络带宽。在核心交换机和关键节点部署高性能设备，确保数据高速传输。在地铁控制中心与各站点之间部署万兆光纤网络，可将数据传输速度提升数倍，有效减少数据传输延迟；另一方面，优化网络拓扑结构，采用冗余链路设计，提高网络可靠性。采用环形网络拓扑，当某条链路出现故障时，数据可通过其他链路传输，保障数据传输的连续性。同时，合理划分 VLAN（虚拟局域网），减少广播域，降低网络拥塞风险；此外，采用流量整形、优先级队列等技术，对不同类型数据进行流量控制和调度。为实时数据和报警数据分配高优先级，确保其优先传输。设置实时数据的传输优先级高于历史数据，在网络拥塞时，优先保障实时数据的传输，保证系统对设备状态的实时监控。

4.2 数据处理算法改进

首先，引入并行计算技术，将数据处理任务分配到多个计算节点同时进行处理。采用 MapReduce 算法框架，将大规模数据处理任务分解为多个子任务，由多个计算节点并行处理，最后合并结果，可有效提高数据处理速度。在处理海量历史数据时，结合并行计算可将处理时间缩短数倍；其次，在数据采集端进行数据预处理，去除无效数据、异常数据，对数据进行标准化处理。对传感器采集到的数据进行滤波处理，去除噪声干扰，减少无效数据传输和处理，提高数据处理效率；此外，采用机器学习、深度学习等智能算法，对数据进行分析和预测。利用深度学习算法对设备运行数据进行分析，提前预测设备故障，实现预防性维护。结合智能算法，不仅能提高数据处理的准确性，还能为地铁运营提供更有价值的决策支持。

4.3 数据存储优化

一方面，构建分层存储架构，将实时数据存储在高速缓存设备中，如固态硬盘（SSD），确保数据快速读写；将历史数据存储在大容量的机械硬盘或云存储中。根据数据访问频率和重要性，合理分配存储资源，提高存储效率。对于近一周的实时数据存储在 SSD 中，方便快速查询和分析；超过一周的历史数据存储在机械硬盘中进行长期保存；另一方面，对历史数据进行压缩存储，采用高效的数据压缩算法，如 LZ77、Huffman 等，减少数据存储空间。同时，优化数据索引结构，采用 B+ 树、哈希索引等，提高数据检索速度。对大量的设备运行历史数据进行压缩处理，可节省大量存储空间，同时优化索引，快速定位所需数据；此外，制定完善的数据备份策略，定期进行全量备份和增量备份。采用异地备份方式，将备份数据存储在不同地理位置，防止因本地灾害导致数据丢失。

4.4 数据安全保障措施强化

首先，加强网络边界防护，部署防火墙、入侵检测系统（IDS）、入侵防御系统（IPS）等安全设备。设置严格的访问控制策略，限制非法访问。只允许授权的 IP 地址访问地铁综合监控系统，对外部网络访问进行严格过滤，防止网络攻击；其次，在数据传输和存储过程中采用加密技术，如 SSL/TLS 加密协议用于数据传输加密，AES 加密算法用于数据存储加密。确保数据的保密性和完整性，防止数据被

窃取或篡改。在数据从设备层传输到管理层的过程中，实现 SSL/TLS 加密，保证数据在传输过程中的安全。

5 优化策略的实施与效果评估

5.1 实施步骤

在规划与设计方面，根据地铁综合监控系统的实际情况和需求，制定详细的优化策略和实施规划。明确各阶段的目标、任务和时间节点，确定所需的人力、物力和财力资源；在设备升级与软件更新方面，按照规划，逐步升级网络设备、存储设备和数据处理服务器等硬件设备。同时，更新数据处理算法、数据存储管理软件和安全防护软件等，确保系统具备优化条件；在测试与调试方面，在部分站点或子系统进行优化策略的试点测试，对网络性能、数据处理效率、存储性能和安全防护效果等进行全面测试。根据测试结果，及时调整和优化策略，解决出现的问题。在试点测试成功后，将优化策略全面推广到整个地铁综合监控系统，确保系统整体性能提升。

5.2 效果评估指标

测量数据从设备层采集到管理层显示的时间间隔，评估网络优化对数据传输延迟的改善效果；统计单位时间内系统处理的数据量，对比优化前后数据处理速度的变化；计算存储设备的实际存储容量与总容量的比值，评估存储优化对存储利用率的影响；统计系统遭受网络攻击、数据泄露等安全事件的次数，评估安全保障措施强化后的效果。

5.3 实施效果

经过优化策略的实施，该地铁线路的数据流向得到显著改善。表 2 为优化后高峰时段（8:00-9:00）不同类型数据传输延迟情况统计：

与优化前相比，实时数据平均传输延迟降低 66.7%，最大传输延迟降低 66.7%，丢包率降低 80%；历史数据平均传输延迟降低 60%，最大传输延迟降低 60%，丢包率降低 62.5%；报警数据平均传输延迟降低 66.7%，最大传输延迟降低 62.5%，丢包率降低 66.7%。数据处理速度提高 3 倍以上，存储利用率提高 40%，在优化后的半年内，安全事件发生率为零，有效提升地铁综合监控系统的性能和稳定性。

表 2 优化后高峰时段（8:00–9:00）不同类型数据传输延迟情况统计

数据类型	平均传输延迟（ms）	最大传输延迟（ms）	丢包率（%）
实时数据	50	100	1
历史数据	80	200	3
报警数据	60	150	2

6 结论

轨道交通综合监控系统数据流向的优化是一个系统工程，涉及网络架构、数据处理算法、数据存储和数据安全等多个方面。实施上述优化策略，可有效解决当前系统存在的问题，有效提升系统性能。在实施过程中，需结合实际情况，科学规划、稳步推进，并通过合理的效果评估指标持续监测和调整优化策略。未来，随着 5G、物联网、人工智能等新技术的不断发展，综合监控系统数据流向优化还有更大的提升空间，应持续关注新技术的应用，不断完善和优化系统，为地铁的安全、高效运营提供更有力的支持。

参考文献

[1] 覃清华,李贤明. 地铁综合监控系统节能控制方案探讨[J]. 数码设计,2024(2):111-113.

[2] 杨郑曦,黄剑平,魏霄怡. 地铁综合监控系统安全研究与设计[J]. 网络安全技术与应用,2023(6):120-123.

[3] 谭春林,邓才滨,吕剑龙. 地铁综合监控系统改造方案研究[J]. 现代城市轨道交通,2022(z2):38-44.

[4] 李一玮. 地铁综合监控系统的通信加密方案[J]. 城市轨道交通研究,2021,24(4):92-94.