

# 城市轨道交通综合调度指挥系统自感应 数据集成方案的实现<sup>\*</sup>

张振山<sup>1,2</sup> 肖 声<sup>1,2</sup> 郝明明<sup>1,2</sup>

(1. 南瑞集团(国网电力科学研究院)有限公司, 210032, 南京;

2. 国电南瑞科技股份有限公司南京轨道交通技术分公司, 210032, 南京//第一作者, 高级工程师)

**摘 要** 城市轨道交通 IDCS(综合调度指挥系统)与信号系统之间需要设计更加可靠的数据集成方式,以确保在数据接入出现问题时不会引起一系列连锁问题。对现有轨道交通 IDCS 与信号系统数据集成方式进行了介绍。结合行车全自动系统要求,设计了一种车站通道为中心通道冗余的、自感应的多点数据集成方法,实现了车站和 IDCS 中心通道自感应切换,以及告警信息负载均衡传输,提高了 IDCS 的可靠性。

**关键词** 城市轨道交通;综合调度指挥系统;自感应数据;数据集成

**中图分类号** U29-39

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2022.10.044

## Realization of Self-induction Data Integration Scheme for Urban Rail Transit Integrated Dispatching and Control System

ZHANG Zhenshan, XIAO Sheng, HAO Mingming

**Abstract** A more reliable data integration mode between urban rail transit IDCS (integrated dispatching and control system) and signaling system need to be designed to ensure that problems in data access will not cause a series of chain problems. The data integration mode of the existing rail transit IDCS and signaling system is introduced. Combined with the FAO system requirements, a redundant, self-inductive multi-point data integration method is designed with the station passage as the center passage. So that the station and IDCS center passages realize self-induction switching and alarm information load balancing transmission, improving the reliability of IDCS.

**Key words** urban rail transit; IDCS; self-induction data; data integration

**Author's address** State Grid Electric Power Research Institute, NARI Group Co., Ltd., 210032, Nanjing, China

城市轨道交通 IDCS(综合调度指挥系统)以行车指挥为核心,是全自动化的、高度集中控制的综合调度系统,集成了 ATS(列车自动监控)、PSCADA(电力监控与数据采集)和 BAS(环境与设备监控系统)等监控系统。现已投入运营的城市轨道交通 IDCS 平台与 ATS 系统的集成,大多采用准实时协议在控制中心或车站以相对独立接入数据的形式来实现信息交换,且系统之间的物理连接大多采用双网冗余设计,数据的可靠性依靠协议机制和网络冗余来保证。数据的传输受两侧的 ATS 系统及 IDCS 平台可靠性和稳定性的影响,当两侧的应用系统出现故障时,数据就不能及时传输到 IDCS,从而影响 IDCS 的应用功能。

目前,按照全自动运行的要求,GOA(自动化等级)分为 5 个等级,其中,GOA3(无人驾驶列车运行)和 GOA4(无人干预列车运行)均可归为全自动运行的范畴<sup>[1]</sup>。在全自动无人驾驶的运行模式下,数据的传输需要建立在更加可靠的数据传输机制上,才能满足城市轨道交通对运行线路的数据以及控制信息准确和安全的要求<sup>[2]</sup>。

## 1 城市轨道交通传统的数据集成方式

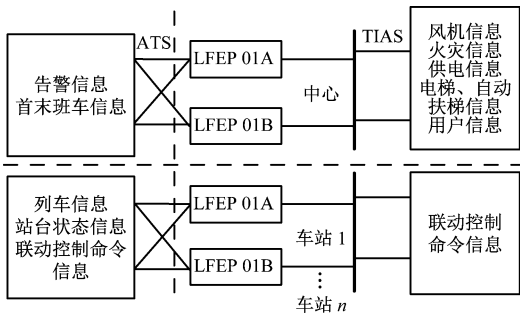
### 1.1 数据交互方式

北京地铁 6 号线(以下简称“6 号线”)TIAS(行车综合自动化系统)采用双环形拓扑结构的骨干网,并在该骨干网上划分为两个 VLAN(虚拟局域网),即 ATS VLAN 和 TIAS VLAN。两者通过专用的 FEP(前端处理器)实现了 TIAS 与 ATP(列车自动防护)、ATO(列车自动运行)、CI(计算机联锁)等系统的互联,既保证了整个系统的交互性,又保

<sup>\*</sup> 南瑞集团科技项目(524608200217)

证了信号系统的安全性。在中心服务器上 ATS 与 TIAS 采用专用消息中间件进行通信,在集中站车站服务器上 ATS 与 TIAS 使用 TCP(传输控制协议) socket 网络协议进行通信。中心服务器和集中站车站服务器均使用 FEP 进行通信,且两种服务器之间的通道各自独立,交互不同数据信息,两者之间未交互。当某条通道或某一侧系统出现问题时,不影响另外一条通道中的数据流。

如图 1 所示,IDCS 中心或车站的通道各自独立,且通道中交互信息内容不同:在 IDCS 中心 ATS 系统发送告警、首末班车等信息至 TIAS 系统,TIAS 系统发送风机、火灾、供电、电扶梯及用户等信息至 ATS 系统;在集中站车站 ATS 系统发送列车、站台状态及联动控制命令等信息至 TIAS,TIAS 发送联动控制命令信息至 ATS 系统。在实际运行环境中,上述在 IDCS 中心和车站通道中事先定义的数据流不会根据其动态需求而改变。



注:LFEP 为 ATS 的线路前置设备。

图 1 传统的 ATS 数据集成方式

Fig. 1 Conventional ATS data integration mode

### 1.2 传统数据集成方式的特点和不足

现已投入运营的以行车为中心的全自动化系统平台集成 ATS 系统的数据交互方式,主要是基于 6 号线 TAIS 设计开发的,具有以下特点:

1) 网络结构简单、定义清晰。IDCS 中心和车站各自拥有自身的网络协议、物理链路和专属 FEP,两者之间无关联关系,且网络结构和数据流定义清晰。当 IDCS 中心或车站通道出现问题后,仅在当前通道出现故障,而不会影响其他通道内的数据流。

2) 独立运行。应用层在 IDCS 中心和车站各自运行 ATS 和 IDCS 软件。当某个通道的单侧系统出现问题后,仅当前通道出现故障,其他通道可以正常运行。

3) 系统通道无冗余设计。系统级别通道之间的物理链路采用双网冗余设计,大大提高了通道的

可靠性。但两侧系统通道与通道之间无冗余设计,数据流只能在固定的通道传输。一旦某个单侧系统内部逻辑或网络链路出现问题时,该通道的数据流就会断开。

综上,原有的 ATS 数据集成方式存在当单侧系统软件因自身网络或软件出现故障(如线路核心交换机或骨干网断电故障)时,导致信息交互通道和部分数据流断开的问题,从而影响 IDCS 系统功能。因此,需要设计更加可靠的数据集成方式,满足全自动无人驾驶系统的等级要求。

## 2 自感应的多点数据集成方式

城市轨道交通 IDCS 是某城市按照全自动运行的要求设计实现的以行车指挥为核心,全自动化的、高度集中控制的综合调度系统。在满足系统性能和功能要求的基础上,与 6 号线相同,数据集成方式均采用综合监控软件平台集成 ATS 系统的方式来实现。对 IDCS 架构的特点进行分析,发现数据在各自系统中可以流动,且无论采用自顶向下或自底向上的数据流汇聚方式,均需要交互信息在 IDCS 中心和车站实时存在。如图 2 所示,采用车站通道为中心通道冗余的设计机制,将原先 1 对 1 的数据集成方式更改为  $n$  对 1 的数据集成方式,以保证数据的可靠性;数据信息与告警信息通过分离的方式来优化数据流传输压力,即数据信息在 IDCS 中心传输并实时处理,告警信息在 IDCS 的中心或车站传输,从而达到负载均衡传输的效果。

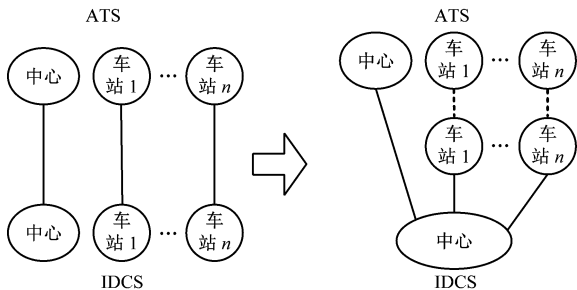


图 2 数据集成方式对比

Fig. 2 Comparison of data integration modes

正常情况下,ATS 系统将所有需要交互的数据信息汇聚到 IDCS 中心,与 IDCS 系统进行交互。当 ATS 系统中某个集中站的数据流汇聚功能出现问题时,该系统自动将本集中站的数据信息传输至 IDCS 的车站,同时 IDCS 依靠自身系统的能力将该信息传输至 IDCS 中心进行交互。当 ATS 汇聚功

能恢复后,交互信息自动在 IDCS 中心进行传输。同时,IDCS 在其中心和车站同时接收 ATS 发送的数据信息,并根据数据通道所在位置发送数据。

告警信息传输占用较多的数据带宽。因此,当 IDCS 中心通道负载超过一定范围时,从系统稳定性考虑,现场 IDCS 是根据配置文件内容手动切换是否在 IDCS 中心处理某车站的告警信息。具体方法是:首先切断 IDCS 中心通道中该车站的告警信息,然后在 IDCS 所在车站的服务器向 ATS 系统所在车站的服务器主动召唤本站的告警信息;ATS 系统所在车站接收告警召唤信息后,ATS 系统先将该车站 2 min 内的历史告警信息发送至 IDCS 所在车站的服务器,然后继续发送该站最新的告警信息;最后由 IDCS 车站处理 2 min 冗余告警信息和最新告警信息。

### 2.1 ATS 自感应通道设计

ATS 系统在高速的光纤网络中运行时,数据流是按照自顶向下和双数据流设计的,即数据本身在 IDCS 中心,且数据在 IDCS 中心接入的同时,在车站亦接入车站数据。ATS 系统数据设计在 IDCS 中心,保证了正常情况下,ATS 系统中心到 IDCS 中心的信息交互。双数据流设计时不仅 IDCS 中心拥有所有车站的信息,车站亦拥有本站的信息。当车站降级时,车站可以将本站的信息传送至 IDCS。

ATS 车站系统根据网络或软件本身的故障自感应判断是否发送数据,以保证数据的可靠性;数据在传输过程中,ATS 保证仅发送 1 份数据,在 IDCS 中心发送或在车站发送,且保证数据的时序性。在车站,ATS 系统接受 IDCS 告警召唤并传输本车站的告警信息。

### 2.2 IDCS 的功能设计

IDCS 数据集成平台可设计为具有接收双数据源功能的平台。在数据传输过程中,通过调整数据信息和告警信息通道,从而实现负载均衡功能。画面或系统功能是数据的最终消费端,但数据源的不确定性以及全数据和变化数据的影响,增加了数据处理的复杂性。这需要平台应用层识别正确的数据源,因此需通过建立双模型和通道表决器的方式来解决该问题。如图 3 所示,IDCS 中心和车站通道数据信息都会发送给服务器上处理逻辑的应用程序,且车站和 IDCS 中心的交互信息会同时影响应用层数据,因此,正确通道的选择对 IDCS 的处理逻辑非常重要。告警信息可以根据实际控制中心系统的负载,调整配置文件,实现车站的告警信息在

车站进行传输。

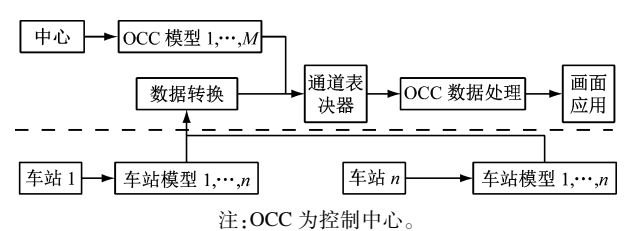


图 3 IDCS 数据的集成方式  
Fig. 3 IDCS data integration mode

为了实现交互信息的自感应处理,IDCS 侧的方案包含以下内容。

#### 2.2.1 数据信息处理

1) 在车站和 IDCS 中心为通道位置建立虚拟设备模型。例如,通道标志的模型为:中心模型点号为 993000001,车站模型点号为 103000001。其中,“1”表示该点为通道标志,“99”和“10”为 IDCS 中心和车站的唯一性序号,“3”为 ATS 应用号。该模型的数字文本含义为“是否在车站”,其中,数字“1”表示车站,数字“2”表示中心;状态“1”表示正常,状态“2”表示工况退出。

2) 在车站和 IDCS 中心为应用数据建模。例如,某设备点的模型:中心模型点号为 993000002,车站模型点号为 103000002。其中,“2”为设备点的起始点,“99”和“10”为 IDCS 中心和车站的唯一性序号,3 为 ATS 应用号。

3) 应用处理逻辑同时接收从 IDCS 中心和车站发送的数据。首先,应用处理逻辑更新通道标志,如果通道标志为“value = 2, status = 1”,则表示 ATS 系统通道建立在 IDCS 中心与 ATS 中心之间,而 IDCS 车站与 ATS 车站只建立正常的通信链接,作为心跳的更新订阅;如果通道标志为“value = 1, status = 1”,则表示 ATS 系统通道建立在 IDCS 车站与 ATS 车站之间,车站在原有更新订阅的基础上,增加全数据报文(通知生成)和变化数据报文(更新通知),应用处理逻辑屏蔽 OCC 发送的数据。

4) 通道从车站转变为 IDCS 中心的过程中,ATS 系统在车站会主动断开链接,然后 IDCS 重新发起建链。但在断开链接时,IDCS 并不知道当前的数据通道是 IDCS 中心还是车站,此时应以 IDCS 中心为准。降级标志为“value = 2, status = 工况退出”。

#### 2.2.2 告警信息处理

告警信息包括 ATS 专业和车辆专业的报警,数量较多。因此,告警信息可以在 IDCS 中心或车站自由选择传输,在技术上亦可以实现根据 IDCS 中

心系统负载自动切换到车站传输。但为了减少 IDCS 整体负载的波动性,根据实际需求,在系统启动时,根据配置文件实现手动的告警信息在 IDCS 中心通道的负载均衡。

### 2.3 多点数据集成的特点

1) 数据信息传输时,车站通道为中心通道的冗余设计。IDCS 中心服务可以接收 ATS 车站数据,然后在 IDCS 内部更新 IDCS 中心应用层数据,同时将各个车站的数据发送给 ATS 车站供其使用,增加了数据传输的可靠性。多点数据集成实现了应用层数据的透明传输,且数据源的切换不影响应用数据的使用。

2) 告警信息负载均衡传输可以降低 IDCS 中心通道数据堵塞的风险。IDCS 中心通道传输所有车站数据信息的同时,也传输车站的告警信息。当 ATS 系统和 IDCS 的数据通道负载因故障或数据扩充等原因达到负载峰值时,车站通道可以有选择地分担中心通道负载,但不影响其他车站在 IDCS 中心的数据,以达到负载均衡的目的,从而进一步提高数据通道的可靠性。

## 3 结语

IDCS 的多点数据集成方式,采用以车站为中心

的冗余设计。当 ATS 系统自感应数据需要在车站传输时,数据通道切换为在车站传输。IDCS 数据集成平台可以自适应地转换成正确的应用数据,同时告警信息随着数据扩充可以自主、选择性地地在车站传输,实现了 IDCS 整体的负载均衡,提高了 IDCS 的可靠性。目前,多点数据集成方式已经在太原地铁项目中投入使用,并实现了预期的目标。

## 参考文献

- [1] 李冰,周映江.基于全自动运行的行车综合自动化系统数据同步方案优化[J].城市轨道交通研究,2019(增刊2):31.  
LI Bing,ZHOU Yingjiang. Optimization of data synchronization for train integrated automation system based on fully automatic train operation[J]. Urban Mass Transit, 2019 (S2):31.
- [2] 张辉,钱江.基于全自动驾驶的 TIAS 系统建设方案[J].铁道通信信号,2019(3):79.  
ZHANG Hui,QIAN Jiang. Construction scheme of train integrated automation system based on fully automatic driving[J]. Railway Signalling & Communication, 2019(3):79.
- [3] 林立,裴加富,巩林玉,等.北京地铁6号线行车综合自动化系统的实现[J].城市轨道交通研究,2014(2):110.  
LIN Li,PEI Jiafu,GONG Linyu,et al. Implementation of integrated traffic control automation system for Beijing Metro Line 6[J]. Urban Mass Transit, 2014(2):110.

(收稿日期:2022-05-16)

(上接第223页)

- LI Daoyong, ZHU Chuang, LU Shunda, et al. Research on the development strategy of group city public transport—taking Zhongshan City as an example[J]. Traffic & Transportation, 2020 (S2):194.
- [8] 深圳市城市交通规划设计研究中心. 佛山市综合交通规划修编[R]. 深圳:深圳市城市交通规划设计研究中心,2016.  
Shenzhen Urban Transport Planning Center. Comprehensive transportation planning of Foshan[R]. Shenzhen: Shenzhen Urban Transport Planning Center, 2016.
- [9] 闵国水,曾琼.中小城市发展中低运量城市轨道交通系统制式选择研究[J].铁路技术创新,2016(6):40.  
MIN Guoshui, ZENG Qiong. Study on system format selection for medium and small cities developing medium and low volume urban rail transit[J]. Railway Technical Innovation, 2016(6):40.
- [10] 岳芳,毛保华,陈团生.城市轨道交通接驳方式的选择[J].都市快轨交通,2007(4):36.  
YUE Fang, MAO Baohua, CHEN Tuansheng. Study on the choice of access modes to urban rail transit[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2007(4):36.
- [11] 张妮,李雪芹,程牟娟,等.基于多分类 Logistic 模型的城市轨道交通接驳方式选择研究[J].综合运输,2020(8):56.

- ZHANG Ni, LI Xueqin, CHENG Moujuan, et al. The access mode choice of urban rail transit based on multiclassification logistic model[J]. China Transportation Review, 2020(8):56.
- [12] 赵小文.我国中低运量城市轨道交通发展的几点思考[J].城市轨道交通研究,2019(10):1.  
ZHAO Xiaowen. Research on the development of medium and low traffic volume rail transit in China[J]. Urban Mass Transit, 2019 (10):1.
- [13] 王传福,刘连连.中国城市轨道交通的发展趋势分析[J].城市轨道交通研究,2019(10):22.  
WANG Chuanfu, LIU Lianlian. Analysis on the future development trend of urban rail transit in China[J]. Urban Mass Transit, 2019(10):22.
- [14] 冯若潇,刘福华.现代有轨电车在组团式城市的功能定位及建设时序研究[J].都市快轨交通,2020(5):46.  
FENG Ruoxiao, LIU Fuhua. Functional identification and construction time series of modern trams in clustered cities[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2020(5):46.
- [15] 罗小强.城市轨道交通线网布局规划理论与方法研究[D].西安:长安大学,2011.  
LUO Xiaoqiang. Study on the urban rail transit network planning theory and method[D]. Xi'an: Chang'an University, 2011.

(收稿日期:2021-03-02)