

现代有轨电车运营控制系统整合构想

何跃齐 宋 毅 徐文 崔少楠

(北京城建设计研究总院有限责任公司 北京 100037)

摘 要 从现代有轨电车的定位特征出发,提出运营控制系统整合的必要性,进而分析业务功能模块的整合内容,包括中心业务平台整合、数据传输通道整合和车载设备整合,最后给出整合模型的构想,为当前现代有轨电车的设计、实施、运营等提供参考。

关键词 现代有轨电车;运营控制;综合调度;整合模型

中图分类号 U482.1 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)06-0123-05

1 现代有轨电车发展现状

20 世纪初,有轨电车开始传入中国,上海、北京等许多城市相继建成了有轨电车交通系统,有轨电车成为重要的城市公共交通工具。建国后,随着其他公共交通运输方式的发展,早期的有轨电车系统逐渐消失。近年来,高新技术的发展为有轨电车注入了新的活力,使有轨电车在国际上得以复兴,我国对有轨电车有了重新认识。相比传统有轨电车而言,在列车技术方面,现代有轨电车不仅在外观上有许多变化,而且在技术装备上加入了诸多高科技的元素,其技术性能和舒适度大大提高,体现出高效、可靠、节约、环保等特点。

但总体来看,现代有轨电车在我国尚处于起步阶段,存在规范标准缺乏、定位模糊等问题。而其运营控制系统的设置难以抓住现代有轨电车定位特征,游离于地铁与公交之间,系统架构复杂,非常不利于现代有轨电车的健康发展。笔者汲取北京、沈阳、深圳等地的现代有轨电车项目经验教训,试图找出有效途径改

善目前这一状况,对现代有轨运营控制系统进行整合分析。

2 对运营控制系统整合的必要性

2.1 市场环境的变化是运营控制系统整合的催化剂

现代有轨电车具有轨道交通的路权独享(或部分独享)、非直接石油能源、高可调度能力等共性,污染小、快速准时、安全性高,远非传统公共汽车交通系统所能相比;同时,又在可调度能力和能源形式上优于BRT,在投资规模上远低于地铁和轻轨,能够承担城市主干线路公交客运,或为地铁轻轨构建区域补充网络。因其投资规模的定位,决定了现代有轨电车不管是土建工程还是设备系统,在规模体量上都应做到尽可能小,因此运营控制管理系统需在确保各功能完整性的基础上实现系统整合,做到集约化。

2.2 管理模式的转变推动了运营控制系统的整合

与地铁以为乘客提供“大运量和舒适环境”为目标不同,现代有轨电车主要以为乘客提供便捷服务为目标,这一目标的转变导致管理模式也随之发生了变化。地铁运营管理以大范围的设备管理和客运管理为主,管理模式多采用分散管理的方式;而现代有轨电车由于其较小规模的特点,前端设备管理工作量会大大减少,管理模式更多的是采用集中管理的方式,因此其前端运营控制系统设备要更加注重“少设备、高可靠性、免维护”这一要求,这就要求对前端控制设备尽可能进行整合。

2.3 运营控制系统整合是技术实现的要求

以计算机技术为基础的信息技术是企业信息一体化经营模式的基础。有轨电车运营控制系统在实现时都是以各种控制命令、音视频等信息的信息流处理集中化、整体化和网络化为基础的,所采用的具体实现手段都是类似的,如网络硬件环境、软件模式设计方式、业务流程的重组等。如果运营控制系统实现整合,在

收稿日期: 2013-10-29 修回日期: 2013-11-01

作者简介: 何跃齐,男,高级工程师,从事城市轨道交通弱电系统设计,heyq@buedri.com

基金项目: 北京市科委科技计划课题(Z090506006309017)

符合运营管理功能需求的基础之上,满足去臃化、集约化,实现网络系统精简、资源共享,这将大大减少系统的实现成本,相应的技术难度和复杂度也能得到降低。

3 运营控制系统主要业务功能模块

为保证有轨电车在正线上正常运营,其运营控制系统需要具备一些业务功能。

3.1 路口优先功能

在有轨电车线路与社会道路的交叉路口安装检测设备,通过探测到有轨电车接近交叉路口时,在有轨电车方向上延长交通信号灯的绿灯时间或将其激发为绿灯,以保证有轨电车优先于其他方向的社会车辆通过交叉路口,从而达到有轨电车快速准时的目的。

3.2 正线道岔控制功能

现代有轨电车与地铁的信号系统不同,不需要闭塞防护及超速防护功能,仅需要满足对道岔的控制、锁闭及进路指示器的开放。列车接近道岔时,通过司机在列车上遥控道岔,或者通过自动识别列车ID(identity,身份)号,自动判断交路,从而动作道岔。待列车通过道岔后,道岔才准许解锁。

3.3 行车调度功能

行车调度主要通过车载定位(GPS)跟踪系统、控制中心系统及车载智能终端实现有轨电车运营调度管理,其主要作用是编制、管理行车与配车计划、行车指挥、司乘考勤管理、统计报表等,实现对列车与司机的自动监视。

3.4 电力监控功能

电力监控功能是对全线变电所主要供电设备及接触网电动隔离开关的监控,完成调度部门对全线供电系统的运行及维修调度管理。

3.5 乘客信息发布功能

乘客信息系统通过运营调度中心集中对全部车站、车上乘客在正常情况下提供实时的各种出行信息、通知公告、媒体新闻广告等公共媒体信息,方便乘客选择和优化出行线路;在紧急情况下,本着运营信息优先使用的原则,可提供动态辅助性提示。

3.6 视频监控功能

视频监控子系统是现代有轨电车保证运输安全的重要手段,以观看客流及列车到、发为主。

3.7 广播功能

广播功能在正常情况下向车站旅客通告有轨电车运行以及安全、向导等服务信息,向工作人员发布作业通知。紧急情况下,中心调度员可对选定车站进行控

制,播报疏导信息、临时通知。

3.8 无线通信功能

无线通信采用公共移动通信系统,主要为列车位置信息实时上传提供通道,为有轨电车固定用户(综合运营调度中心、车辆段调度员等)与移动用户(列车司机、防灾、维修等移动人员)之间的语音和短信息数据交换提供可靠的通信手段。

3.9 售检票功能

现代有轨电车售检票方式以车票介质来分,主要分为两种:一种是以纸质为车票载体的人工售检票方式,另一种是以非接触式电子芯片为载体的自动(或半自动)售检票方式。从具备众多高科技元素现代有轨电车的现代意义出发,下面仅讨论第二种方式。

4 运营控制系统整合内容

现代有轨电车运营控制系统设备从部署位置来分,主要分为控制中心设备、车载设备、车站设备、轨旁设备、车辆段(或停车场)设备。

其中车辆段(或停车场)设备,由于各功能系统(如门禁、火灾报警、建筑设备监控、信号联锁等)规模相对较大,而且车辆段(或停车场)位置相对封闭独立、空间宽敞,多采用场区模式进行日常管理,其系统整合需求相对不高,因此不在讨论范围之内。

而对于车载、车站、轨旁设备,各终端设备(如扬声器、摄像头、检票机等)负责不同性质功能的执行,现阶段由于技术条件的限制,也无法对其进行整合。

因此,以当前计算机技术为基础,结合现代有轨电车运营管理功能需求,在现代有轨电车“大脑袋,小躯干”的规模条件下,从信息一体化管理角度出发,从以下几个方面对现代有轨电车运营控制系统进行整合分析。

4.1 中心业务平台整合

控制中心处于运营控制系统的最顶层,是现代有轨电车运营“集中管理”的中枢。要高效实现系统功能、保证其日常运作的可靠性,需要在控制中心整合设置各业务功能子系统,对全线网的列车运行、客运管理、电力供给、设备监控、防灾报警、票务等实现集中监控及管理、调度指挥。

现代有轨电车的城市交通定位是:作为城市主干线路的公交客运或为地铁轻轨构建区域补充网络,其控制中心各业务功能系统的规模相比地铁要小得多,从节省投资、减少工程接口、降低工程实施难度等方面考虑,结合各业务功能信息数字化的特点和计算机技术水平,对各中心业务功能子系统进行适当整合是完全可行的、必要的,进而

也优化了调度人员的职能与操作任务,提高了运营效率。

4.2 数据传输通道整合

现代有轨电车线路多呈曲线延伸,单程长度可达几十千米,站点较多(在同一车站上下行分开设置的情况下更多)而且不均匀分布,信息传输线路拓扑形式为链状;另外由于车站多设置于室外、采用敞开式,可用空间狭小,防护设施缺乏,故车站设备应尽可能少设置,而且至少应具备高防护等级、体积小、稳定性高、无人值守等特点。而现实条件是:车站除满足各功能性的终端设备必要的安装条件之外,基本上就没有通信设备(如交换机、服务器、存储设备等)的安装位置。因此,有必要将有轨电车各业务功能模块设备的数据传输进行整合,构建一个综合数据网络,为各种业务信息提供传输通道,构成传输语音、数据、图像等各种信息的综合业务传输网。

4.3 车载设备整合

现代有轨电车许多业务功能的实现主要依靠车载设备,如车辆调度设备、道岔控制设备、路口优先设备、乘客信息设备、视频监控设备、无线通信设备、广播设备、售检票设备等,几乎所有业务功能都设置有车载设备。但是由于有轨电车列车多选用低地板车辆,其设备放置空间比地铁列车空间要小得多,在有限的小空间内,摆放过多的单一功能设备,其结果就势必挤压乘客空间,减少车辆定员;而且设备间接口繁多复杂,给车辆设计和工程实施造成较大麻烦。因此,有必要对个业务功能的车载设备进行整合优化,做到设备简单、安全可靠、功能多样,符合车辆及业务功能要求。

5 运营控制系统整合模型

5.1 中心业务平台整合模型

现代有轨电车控制中心的管理主要集中在以下

4 类调度生产业务:行车调度、电力调度、防灾调度和信息调度,四大调度业务在专业性方面相对独立,因此中心业务平台整合主要围绕上述四大调度功能业务,采取“平台整合,业务操作独立”的思路进行。

1) 软件平台的整合:通过建立标准的、统一的、开放的系统集成平台,将列车运行监控、供电监控、乘客信息及有线广播、售检票进行深度集成,预留与车辆段(或停车场)监控中心的接口,形成完整的有轨电车运行管理、运营监控及调度指挥的体系,实现对沿线运行车辆、车站、变电所总的监视、协调、调度和管理,并建立自上而下的应急处理机制,提供中心调度人员与司机的无线调度通道,确保特殊情况下运营的有序进行。

2) 硬件设备的整合:对各系统在不同应用场景下的硬件设备需求进行简要分析,统一分配服务器、磁盘阵列、工作站及网络资源。中心采用高性能、高可靠性的服务器,通过虚拟化技术,按计算资源需求灵活分配主机设备。将一个物理服务器分成多个安全的虚拟服务器,灵活响应不同类型的业务,如可按应用服务器、通信服务器、数据库服务器的部署,实现各种应用服务器功能。

3) 调度人员的整合:合并人力资源,降低运营成本。通过中心调度人员对行车、供电、视频监控的集中监控,并设置与车辆段防灾控制室直联的调度电话,可实时了解与掌握有轨电车的运行状态,实现对正常情况下的运输指挥及特殊情况下的应急处理,将传统的以分散运行监控为主的业务模式升级为全线的综合化管理。

整合后的中心业务平台将形成现代有轨电车运营综合调度指挥系统,其系统结构如图 1 所示。

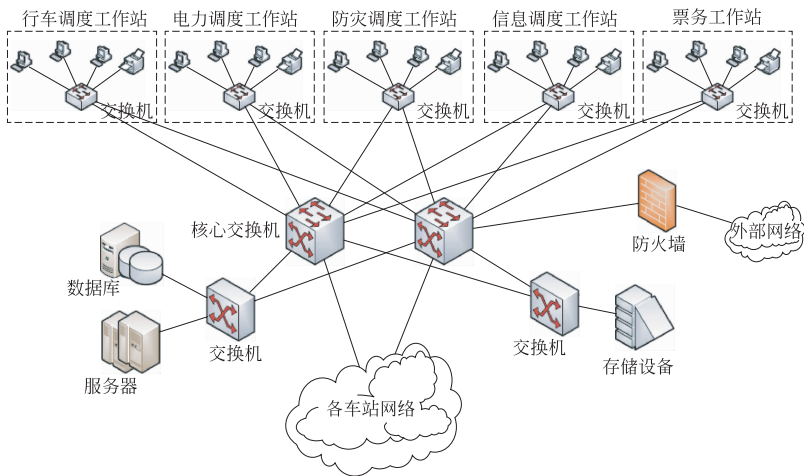


图 1 有轨电车控制中心综合调度指挥系统结构

5.2 数据传输网络整合模型

现代有轨电车数据传输网络整合模型的建立,必须考虑其网络的两个特点:一是站点较多,终端数量巨大,地理位置分散,但每个车站需要的接入通信设备端口数量并不大、接口业务类型多样;二是安装在户外,要求通信设备不仅能适应电磁干扰,达到工业级的相关标准,而且工作温度和湿度也需要满足户外条件。

在上述情况下,采用数据传输网络如选择地铁常用的 SDH(synchronous digital hierachy,同步数字传输网络)、ATM(asynchronous transfer mode,异步传输模式)、OTN(open transport network,开放传输网络)、MSTP(multi-service transport platfotm,多业务传送平台)、PTN(packet transport network,分组传输网)等主流技术,业务能力能满足要求。但是,其系统庞大复杂、造价高,而且对各车站用房要求(温湿度要求、值守要求等)较高,增大了车站规模的体量,这与现代有轨电车的定位明显不符。如采用传统的光纤工业交换机组网(其端口形态相对固定),不仅端口浪费严重,造成投资浪费,而且其工作环境难以满足户外要求。

因此,笔者借鉴其他行业组网方案,推荐采用 EPON(ethernet passive optical network,以太网无源光网络)技术方案。相比交换机光纤网络,EPON 通信容量大、传输距离远,信号串扰小、保密性能好,抗电磁干扰能力强、传输质量佳,光纤尺寸小、重量轻,便于敷设和运输,材料来源丰富,环境保护好,无辐射,难于窃听,光缆适应性强、寿命长,是世界上公认解决信息高速公路“最后一公里”的最佳传输媒介。

在现代有轨电车数据传输网络 EPON 方案中,全部采用工业级通信设备,防护等级为 IP40,设备体积较小,可采用挂杆方式部署。每路单纤光纤连接 5~10 个公交站作为一个组,站内部署 1 台 ONU(optical network unit,光网络单元)用作业务接入,摄像机、显示器、广播系统等终端设备均采用以太电口的形式接入到 ONU,站内部署 2 台小型无源免维护的分光器进行光路划分,组内 ONU 采用“手拉手”冗余组网。核心端

OLT(optical line terminal,光缆终端设备)设置在系统监控中心机房,远端无人值守,免除了分级汇聚方案中多个汇聚点维护和值守的问题,有效节省了维护成本。多业务经过 OLT 汇聚后,通过电信级交换机接入到核心机房服务器网络。

运行中的有轨列车通过无线方式,将有轨列车运行信息及到站信息发送到控制中心管理平台,中心管理平台将调度信息通过 EPON 网络下发到各车站,同时中心管理平台向车站和车辆推送多媒体广告等信息,其拓扑结构如图 2 所示。

EPON 技术的典型特点是采用单纤双向传输,有效

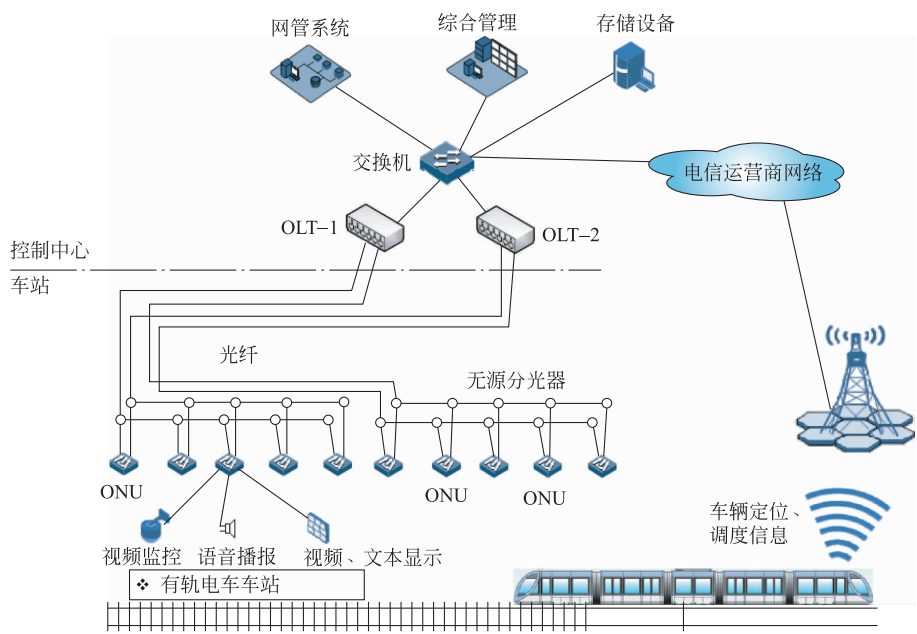


图2 数据传输网络 EPON 方案

节省了光缆资源,且当网络中任一或多台 ONU 出现故障时,只会影响故障设备自身,对其他 OUN 设备不会产生任何影响;提供冗余链路保护,当任何 ONU 与 OLT 之间的光路断开时,光路立即切换到冗余链路上,这样就把网络风险有效降低。

5.3 车载设备整合模型

现代有轨电车车载设备的整合主要是采用高性能、高可靠性、抗干扰能力强、接口类型较多的工控设备来集成各业务功能,从而取代各功能单一的功能设备,实现设备整合,减少系统接口,缩小设备占用空间,使其更适应现代有轨电车列车的特点,整合模型如图 3 所示。

为节省投资,降低运营费用,车载设备整合后,将车辆与控制中心通信数据主要分为实时性的短信息数

据和非实时性的大数据文件,短信息数据(如调度通
话、命令、列车定位等信息)通过公共移动通信系统实
实现实时通信,而对如检票数据、视频等非实时性要求的

大数据文件,则在列车停在车辆段(或停车场)做长时
间停靠时,通过车载主机自动连接车辆段(或停车场)
的无线局域网,启动数据通信功能。

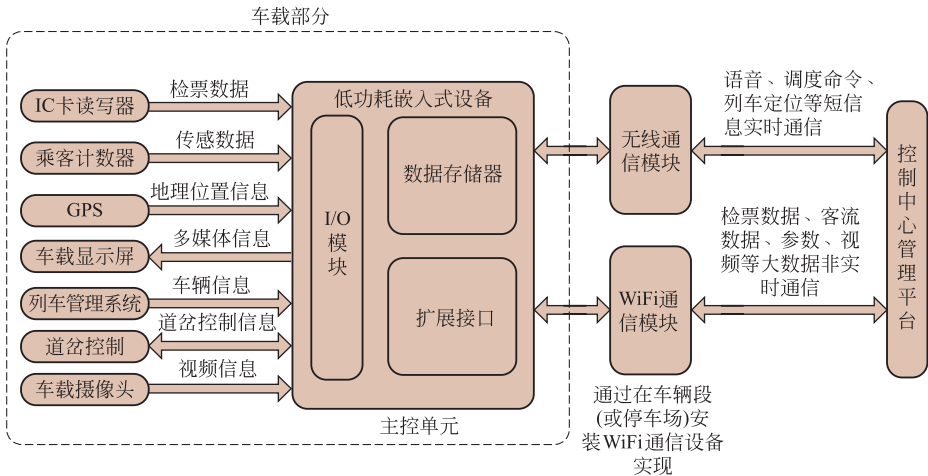


图3 车载设备整合模型

6 结语

现代有轨电车近几年来在国内城市轨道交通行业
虽然受到了热捧,但市场上针对其特征开发出来的运
营控制系统成熟定型设备却较少,再加上建设和运营
经验的缺乏,故近几年来已建成的现代有轨电车项目
的运营控制系统多是采用地铁模式或者公交模式,给
工程投资造成极大浪费,也使得运营管理复杂化,这与
现代有轨电车的定位不相符合。

笔者提出的现代有轨电车运营控制系统整合模型的
构想,在当前计算机技术的基础上应是可行的,但再好的
设计构想也需要好的产品支持。因此,现代有轨电车能否
获得可持续性的健康发展,需要各行各业的积极支持和参
与。相信在不久的将来,一定会有既符合现代有轨电车的
定位特征和运营模式,又具备现代意义的高科技元素的现
代有轨电车的智能一体化运营控制系统出现,最终使现代
有轨电车发挥出最大的效能,社会能够高效地使用其交通

设施和资源,从而获得巨大的社会效益。

参考文献

[1] 何跃齐,崔少楠,徐文. 沈阳市浑南新区现代有轨电车一
期工程1、2、3、5号线初步设计:第四篇:设备系统/第六
册:售检票系统[G]. 北京:北京城建设计研究总院有限
责任公司,2012.

[2] 王中岳,何利英,蒋丽华. 我国现代有轨电车系统售检票方
案的制定原则[J]. 中国市政工程,2012,157(1):66-69.

[3] 李凯,毛励良,张会,等. 基于常规城市交通的现代有轨电
车线站设计[J]. 都市快轨交通,2013,26(1):20-23.

[4] 唐贾言. 现代有轨电车的运营控制系统[J]. 自动化应
用,2010,(12):61-63,65.

[5] 李培署,井秀海. 城市现代有轨电车制动控制系统的研制
[J]. 铁道车辆,2007,45(2):16-19.

[6] 章华金. 现代有轨电车与快速公交BRT的比较及其在我
国的应用[J]. 交通标准化,2013(11):84-87.

(编辑:曹雪明)

Integration of Operations Control System of Modern Tram

He Yueqi Song Yi Xu Wen Cui Shaonan

(Beijing Urban Engineering Design & Research

Institute Co., Ltd., Beijing 100037)

Abstract: Based on the typical characteristics of modern trams, this paper presents the necessity of operations control system integration and analyzes the integration content of business functional module, including the central business platform, data transmission channel and vehicle equipment. Finally, the concept of integrated model is proposed. This study provides references for the design, implementation and operation of modern trams.

Key words: modern tram; operations control system; integrated scheduling; integrated model