

VOBC及地面环境

仿真系统研究

鲁剑锋：中国铁道科学研究院，硕士研究生，北京，100081

肖宝弟：中国铁道科学研究院通信信号研究所，研究员，北京，100081

姜庆阳：中国铁道科学研究院通信信号研究所，研究实习员，北京，100081

刘晓斌：中国铁道科学研究院通信信号研究所，助理研究员，北京，100081

摘 要：ZC系统是CBTC系统的核心单元之一，主要完成轨旁列车自动防护系统（ATP）功能。地面设备通过DCS与VOBC交互信息，共同完成列车控制功能。在ZC系统开发及集成测试初期，搭建真实环境配合测试不仅成本高昂，而且非常耗时。通过对VOBC及地面环境仿真系统的设计及实现，开发出VOBC仿真环境，为ZC系统开发及在实验室环境下进行测试提供条件。

关键词：轨道交通；列车控制；CBTC；ZC；VOBC仿真；地面环境仿真

0 前言

随着无线技术的发展，城市轨道交通的列车控制系统从基于轨道电路的列车控制系统向基于通信的列车控制（CBTC）系统发展。CBTC系统由自动列车监控（ATS）系统、车载控制器（VOBC）系统、区域控制中心（ZC）系统、计算机联锁（CBI）系统和数据传输系统（DCS）5个子系统构成。整个CBTC设备分为地面设备和车载设备两部分，地面设备和车载设备通过DCS交互信息，共同完成列车控制功能。

在ZC系统开发或集成测试过程中，为配合其功能测试，需要搭建一套完整的CBTC环境，包括各子系统、真实的线路及地面环境、真实的列车。但是由于ZC系统功能多，测试案例复杂，搭建真实环境进行测试不仅成本高昂，而且非常耗时。因此在ZC系统开发初期，建立VOBC及地面环境仿真系统（简称VOBC仿真系统），采用仿真环境配合测试，不仅可有效降低开发成本，还可极大地方便开发及调试工作。

1 VOBC仿真系统设计

1.1 ZC系统接口关系

典型CBTC系统各子系统间的接口关系见图1，其中轨旁设备主要包括ZC控制区内所有的线路区段、道岔、

信号机、应答器等。从ZC角度而言,ATS主要完成临时限速功能;CBI为ZC提供进路及轨旁设备状态信息,同时处理ZC提供的逻辑区段状态及信号机强制等信息;VOBC为ZC提供自己的位置报告信息,同时处理ZC提供的移动授权信息;相邻的ZC之间主要交互移动授权请求及应答信息,以保证VOBC无缝地通过ZC边界。ZC综合其他系统提供的所有信息,为管辖范围内的所有VOBC计算移动授权,保证列车运行间隔。

在搭建ZC测试仿真环境时,为保证仿真环境的可用性,图1中除ZC及相邻ZC外其他系统均可用仿真代替。为了尽可能真实地模拟CBTC环境,所有仿真系统间的接口也尽可能模拟真实接口。需要注意的是,在实验室环境下搭建仿真环境,轨旁设备显然不能保证是真实的,所有地面环境,包括区段的占用出清、道岔信号机状态、应答器报文的发送接收等都需要模拟,而所有这些状态与模拟VOBC是密不可分的。因此在设计仿真环境时,可以考虑将VOBC仿真与地面环境仿真合二为一,作为一个整体进行设计。ZC测试仿真环境结构设计见图2。

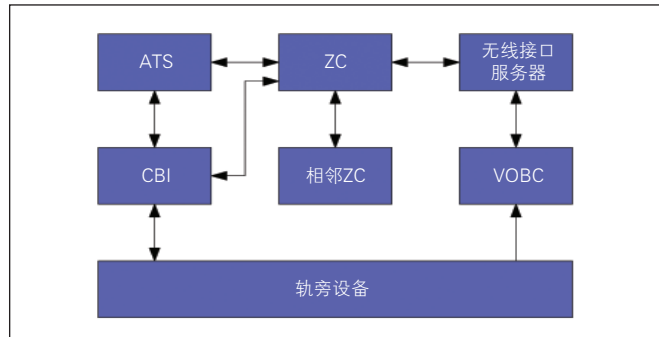


图1 真实环境下ZC测试接口关系

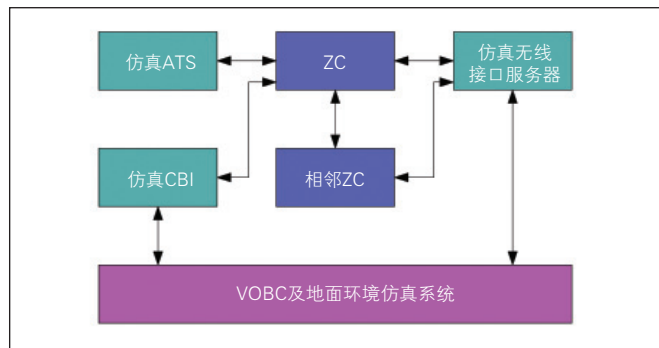


图2 仿真环境ZC测试接口关系

1.2 系统功能需求

VOBC仿真系统与ZC测试仿真环境的接口有2个。一

是与仿真无线接口服务器的接口。该接口和真实环境下VOBC与无线接口服务器的接口完全相同,VOBC仿真需要完成组织并发送位置报告,同时接收并执行移动授权的功能。二是与仿真CBI的接口。VOBC仿真需要接收仿真CBI发送的轨旁设备状态,并以此作为模拟列车运行的条件,接收仿真CBI发送的进路信息,完成应答器报文的挑选及发送功能,同时为仿真CBI提供模拟列车的区段占用信息。

1.3 系统模块设计

VOBC仿真系统从功能上分成4个模块(见图3)。2个数据模块为其他模块分别提供线路设备静态数据及动态状态信息;地面环境仿真模块与VOBC仿真模块完成线路设备状态计算更新功能,并分别完成与仿真CBI及仿真无线接口服务器的信息交互功能。

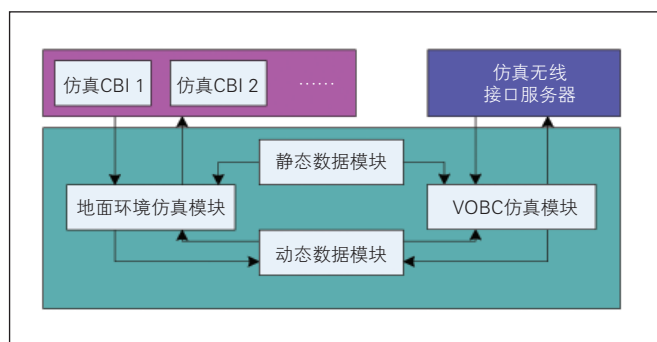


图3 VOBC及地面环境仿真系统结构设计

(1) 静态数据模块。静态数据模块将线路上的所有设备,包括区段、信号机、道岔、应答器、站台、进路等的静态数据按照所属ZC及CBI分别保存。静态数据包括设备类型、名称、位置、链接关系、长度、方向等。静态数据是VOBC仿真处理的基础,可为其他模块提供数据查询功能。

(2) 动态数据模块。用于保存线路设备的状态变化信息,包括信号机显示、道岔位置、区段占用及应答器报文信息。为地面环境仿真模块提供区段占用状态信息,该信息由VOBC仿真模块计算并更新;同时为VOBC仿真模块提供应答器报文及信号机、道岔的状态信息,这些信息由地面环境仿真模块处理并更新。

(3) 地面环境仿真模块。地面环境仿真模块具备与多ZC区域内多CBI接口的能力,当接收到来自仿真CBI的信息时,通过查询静态数据,可以确定当前信息的来源,从而更新相应设备的动态数据;同理,当需要向仿

真CBI发送区段占用状态时,地面环境仿真模块通过查询静态数据,将动态数据模块中的区段状态发送给相应仿真CBI。

(4) VOBC仿真模块。VOBC仿真模块主要完成两大功能:组织并发送位置报告;接收并执行移动授权。VOBC仿真模块可模拟多趟列车,模拟列车在实现定位前,以人工驾驶模式(RM),通过查询线路静态数据,同时按照线路动态数据中相应信号设备的状态运行,并在经过应答器时读取相应应答器的报文。模拟列车在经过2个连续的应答器后实现定位,开始组织并发送位置报告。位置报告主要包括列车前后端位置、列车驾驶等级及模式、列车长度、列车速度等信息,列车位置报告是ZC计算移动授权的基础。ZC在综合整个测试环境的信息后,为所有模拟列车计算移动授权。模拟列车接收到有效的移动授权后,升级至自动驾驶模式(AM)并按照移动授权控制列车运行。

2 VOBC仿真系统实现

2.1 数据准备

静态数据是VOBC仿真处理的基础。VOBC仿真使用的静态数据与ZC系统使用的静态数据一致,都是由ZC系统开发而专门开发的线路数据库自动生成工具(即所谓的CAD工具)生成的。利用CAD工具完成ZC控制区内线路的绘制及线路设备属性的输入后,CAD工具能够自动生成该ZC区域的线路静态数据库。将线路上所有ZC区域的静态数据集中,即可完成VOBC仿真的静态数据准备。

动态数据以静态数据为基础,VOBC仿真为静态数据中的区段、信号机、道岔、应答器等设备专门分配出一片缓冲区用来保存设备的状态变化信息,这片缓冲区可被其他模块读取及修改。

2.2 实现流程

数据准备结束后,VOBC仿真进入功能实现阶段。VOBC仿真功能主要由地面环境仿真模块及VOBC仿真模块完成。这两个模块只通过动态数据模块完成交互,本身没有直接联系,故可将它们放在2个并行的线程中实现,同步执行。

VOBC仿真首先完成初始化操作,主要包括窗口的创建、通信地址的创建、静态数据及动态数据的初始化

等。初始化结束后,地面环境仿真模块及VOBC仿真模块2个线程(见图4、图5)启动,开始执行VOBC仿真功能。

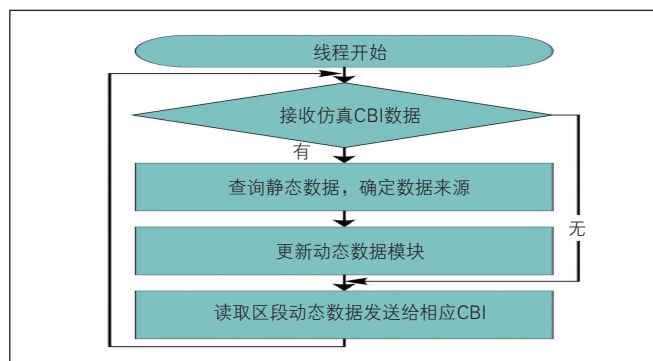


图4 地面环境仿真模块流程

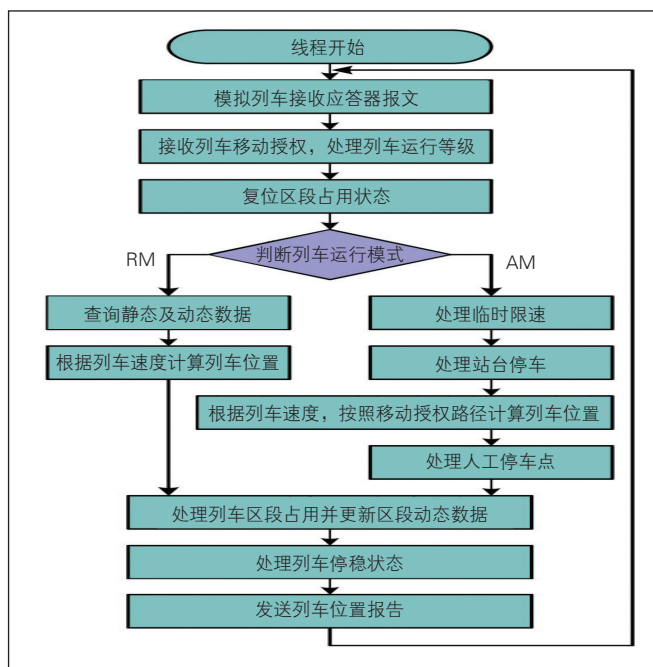


图5 VOBC仿真模块流程

3 VOBC仿真系统功能及特点

系统实现的功能主要包括:

(1) 线路数据存储: 存储整条线路的静态数据,并可手动修改信号机、道岔的动态数据。

(2) 地面环境仿真功能: 与多个仿真CBI接口的能力; 接收仿真CBI信息并更新本地相应设备动态数据,同时为仿真CBI提供区段占用信息。

(3) VOBC仿真功能: 模拟多趟列车, 对每趟列车可单独操作; 模拟列车能按照信号机及道岔状态按线路拓扑图运行; 模拟列车能接收应答器 (下转第72页)

方法。韩国铁路研究机构根据其国内轨道交通事故的特点,形成了事故类型的详尽分类方法。我国铁路管理和研究机构也应该根据自身的事故特点,建立详细的事故分类方法。

(2) 建立更具体的事故处置流程。根据响应机构人员的差异,建立针对不同人员的事故应急响应流程,提高应急处置的科学性。

(3) 开发高效的事故分类和处置信息系统。韩国铁路研究机构提出的事故分类与响应过程,实现了对突发事件应急处置的详细描述,可以称得上具有高度可操作性的应急预案。但是,这种过于详尽的分类办法,对事故发展态势、级别和处置流程的详细界定,只有在纳入信息系统的情况下才会充分发挥作用,而目前韩国尚未实现这一点。

(4) 建立基于事故分类的事故等级初判理论。在事故发生初期,依据事故造成的资源损害情况,避免使用定量标准,初步判断事故等级,指导后续的事故应急处置。在新的事故分类方法基础上,并调整严重程度等

级,使其基于直觉因素,更容易在事故发生前期进行识别,从而避免进行可能造成错误的结果定量评估。

(5) 建立快速的事故情况上报机制。在对韩国铁路应急管理进行深入分析的过程中可以看出,收集来自事故现场的第一手信息对于确定事件的类型及初步判断事故的严重级别是非常重要的。因此,建立快速的事故现场情况上报机制,将提高事故的应急处置能力。

参考文献

- [1] 王富章. 铁路突发事件应急管理[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2011
- [2] Ministry of Railway Government of PRC and Asian Development Bank. Railway Emergency Management System Study[R], 2010

责任编辑 王志明

收稿日期 2011-08-21

(上接第53页) 报文,实现定位及点式ATP;模拟列车能够发送位置报告,并在接收到移动授权后按照移动授权自动运行;模拟列车具备站台自动停车功能;当模拟列车跨在ZC边界上时,可同时向所在ZC发送位置报告。

VOBC仿真系统作为配合ZC系统调试的仿真环境,具备以下特点:

(1) 支持多ZC接口,为测试相邻ZC提供条件;

(2) 支持遍历模式,进入遍历模式后,模拟列车的位置每周期只增加1 cm,保证线路上每个点都能被测试;

(3) 模拟列车具备在人工设定的停车点停车的功能,为ZC测试某些特殊点,如道岔点、区段边界点等提供方便;

(4) 信息显示清晰、多样,除仿真系统本身以表格形式显示模拟列车、站场设备状态外,仿真系统还可连接一个显示终端,将接收到的仿真系统信息以图形方式显示,所有信息一目了然,给调试带来极大方便。

参考文献

- [1] IEEE Std 1474.1-2004 IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements[S]. Rail Transit Vehicle Interface Standards Committee, 2005
- [2] 王成,唐涛. CBTC仿真系统中数据库的设计与实现[J]. 计算机仿真, 2007, 24(9)
- [3] 杨艳成. 基于CBTC的列车自动防护系统(ATP)建模与仿真[D]. 北京: 北京交通大学, 2009
- [4] 邵春海. 基于通信的轨道交通列车运行控制系统[J]. 现代城市轨道交通, 2007(2)

责任编辑 卢敏

收稿日期 2011-08-15