

文章编号: 1005-8451 (2007) 02-0014-04

# 基于HLA的CTCS3级仿真测试平台的研究

孙玉鹏, 张 勇

(北京交通大学 轨道交通控制与安全国家重点实验室, 北京 100044)

**摘 要:** 针对中国列车控制系统 (CTCS) 各种不同的复杂的功能需求, 提出一种基于 HLA 的可扩展的、不必基于底层网络通信的 CTCS3 级仿真测试平台。探讨 HLA 应用于 CTCS3 级仿真测试平台中的优势所在, 分析基于 HLA 的 CTCS3 级仿真测试平台的体系结构, 就仿真测试平台建立、开发及实现过程中的主要关键技术。

**关键词:** HLA; 列车控制系统; RTI; FOM/SOM

**中图分类号:** U21:TP39 **文献标识码:** A

## Research of computer simulations and test of CTCS level 3 based on HLA

SUN Yu-peng, ZHANG Yong

(State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** It was put forward a expandable and the computer simulations of China Traffic Control System level 3 without understratum network communications in allusion to different kinds of complicated functional requirements of China Traffic Control System (CTCS). The advantages of CTCS level 3 based on HLA was discussed and also the architecture of that was analyzed. The establishment, development and achieving the key technologies in process of the computer simulations were discussed separately.

**Key words:** HLA; CTCS; RTI; FOM/SOM

众所周知, 为确保列车运行安全和提高运输效率, 迫切需要装备性能先进、安全可靠的列车运行控制系统, 基于通信的列车控制系统 (CBTC) 是当今铁路控制系统发展方向。

系统仿真技术已经构成一个综合性的专业技术体系, 我们提出了建立 CTCS3 级仿真测试平台, 即建立一个分布式交互仿真测试平台来模拟 CTCS3 级的几乎所有功能。

本仿真测试平台的研究不仅对解决实际列车控制系统经费高和复杂环境中的测试问题具有重要意义, 同时还完善和丰富了先进仿真技术理论并为基于通信的列车控制系统及其实际应用开辟了新的思路。

## 1 CTCS3 级系统概述

CTCS3 级列车运行控制系统是中国列车控制系统 (CTCS) 的重要组成部分之一, 它采用无线通信

系统 (如 GSM-R) 实现地面—列车间连续、双向的信息传输, 即 CTCS3 级是基于无线通信的列车运行控制系统。

CTCS3 级列车控制系统的主要特点在于 CTCS3 级中列车的间隔控制采用固定闭塞方式, 列车速度控制采用目标距离模式控制 (distance to go) 方式, 轨道电路仅用于列车占用检查和列车完整性检查, 测距修正的定位基准及运行方向等信息由线路上安装的固定应答器提供。无线闭塞中心 (Radio Block Center, 以下简称 RBC) 根据固定闭塞信息及进路信息产生运行许可通过 GSM-R 传送到列控车载设备, 其它与列车运行控制系统有关的信息如临时限速及线路参数等也通过无线通信系统传输到列控车载设备。CTCS3 级仿真测试平台主要结构如图 1 所示。

## 2 HLA 应用于 CTCS3 级仿真测试平台中的优势

与传统的单个系统仿真相比, 分布仿真的关键问题是多个仿真系统间的互操作问题, 作为先进分布仿真技术 ADS (Advanced Distributed Simulation)

收稿日期: 2006-07-17

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (60332020)

作者简介: 孙玉鹏, 在读硕士研究生; 张 勇, 副教授。

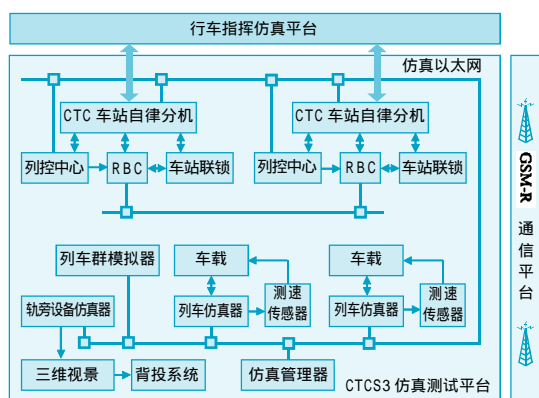


图1 CTCS3级系统仿真测试平台的主要结构

的最新发展高层体系结构(HLA, High Level Architecture)是目前分布式交互仿真的热点。

HLA支持仿真应用间的互操作性和仿真部件的重用性,适用于更多的应用领域,并减少网络中冗余数据的传输,它定义的技术框架是灵活、可伸缩、可重用的软件体系结构,基于它可创建基于组件的分布式仿真,构成系统的各类模块或各类仿真系统均可直接接入该框架,并能够实现相互间的互操作及仿真部件的可重用。

HLA协议的具体实现是运行支撑环境RTI(Run Time Infrastructure),每个联邦成员通过逻辑通路 with RTI相连,整个系统的交互通信由RTI进行协调和管理,联邦成员间并无直接联系。在HLA中,联邦成员只将对象属性的变化传输给RTI,再由RTI将这些变化传输到需要它们的联邦成员。HLA允许每个联邦成员对象模型模版OMT(Object Model Template)确定自身产生何种信息,接收何种数据,以保证所有联邦成员对将要交换的数据达成一致,这样就打破了PDU的限制,使不同类型的仿真有通讯的可能,更好地解决了分布式仿真中的互操作性、可重用性和伸缩性问题。

### 3 联邦建模开发

#### 3.1 总体结构设计

针对CTCS3级系统的功能复杂性,本文所构建的基于HLA的CTCS3级仿真测试平台的体系结构如图2所示。

#### 3.2 各联邦成员及其功能特点

联邦成员1—车站联锁仿真器,仿真联锁设备的功能。

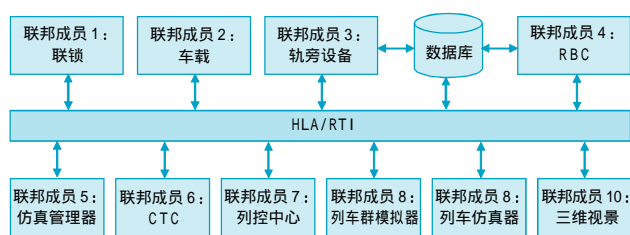


图2 基于HLA的CTCS3级仿真测试平台体系结构

联邦成员2—车载设备仿真器,接收GSM—R传送的运行许可、临时限速及线路参数等信息;向列控地面系统发送列车运行的动态信息;接收地面应答器提供的定位基准信息、列车运行方向信息等;实时测量列车的运行速度和走行距离等;实时计算目标距离模式控制曲线;列车超速时,自动实施常用制动或紧急制动;显示列车运行速度、允许速度、目标速度和目标距离等;以语音或声光报警方式显示工作状态;具有运行记录功能。

联邦成员3—轨旁设备仿真器,模拟应答器的报文,发送给车载设备(只仿真逻辑接口),模拟车站和区间轨道电路占用信息,发送给列控中心和联锁。

联邦成员4—RBC,RBC要求的进路建立;RBC接收进路锁闭的确认;RBC证实进路已被锁定并在给列车发送运行许可之前没有被占用;RBC允许在进路锁闭的状态下取消进路;监督列车的完整性;跟踪管辖范围内每列车的行驶位置;根据为每一列车单独设立的基础信号系统确定运行许可;将运行许可和基础设施数据单独发送到各个列车;记录功能。

联邦成员5—仿真管理器,同步各仿真器的工作,仿真场景的管理和切换。

联邦成员6—CTC车站分机,仿真实现CTC分机的功能。

联邦成员7—列控中心仿真器,仿真实现列控中心的功能。

联邦成员8—列车群模拟器,模拟多个车载设备,每个车载设备只实现车载设备的核心功能。主要作用是测试RBC的控车能力。

联邦成员9—列车仿真器,模拟司机的操作;产生列车速度信息发送给速度脉冲模拟器;接收车载设备的输出信息(制动信息及其它相关信息);MMI(参照ETCS的DMI规范)。

联邦成员10—三维视景,用三维的角度来模拟显示轨旁、列车运行状态。

数据库—数据库管理, 不作为单独的联邦成员, 为RBC、车载仿真器提供各种线路参数, 站场结构, 各种轨旁设备信息, 如应答器, 轨道电路, 信号机, 道岔等。

在联邦成员的实现过程中, 采用面向对象层次化的软件结构, 可以降低系统的开发难度, 增强系统的可维护性和强壮性。

面向对象的仿真建模方法采用符合人们认识世界的思维方式对现实世界进行抽象, 使得问题空间和求解空间在结构上尽可能一致, 从而提供了非常有效、自然的系统分析和实现手段<sup>[3]</sup>。在设计仿真应用的实体时, 将模型的内部状态与运动规律封装到类中, 映射成对象的属性与方法, 根据不同对象的相互作用与联系定义特定的接口, 按照面向对象层次化软件结构完成各个联邦成员中的仿真应用实现。

HLA的定义文档包括规则(rules)、接口规范(interface specification)和对象模型模板(OMT)3个主要部分。HLA最重要的两个特点就是支持基于组件(对象)的仿真应用开发模式和将仿真功能与通用的支撑系统相分离的体系结构。HLA将提供一个开放性、灵活性和适应性的体系结构。采用标准的办法解决联邦模式仿真中存在的固有问题, 支持用户分布、协同地开发复杂仿真应用系统, 最终降低开发新的应用系统的成本和时间。

仿真测试平台由RTI为分布仿真提供数据传输、逻辑时间推进和对象管理等服务, 促进了仿真应用互操作以及可重用仿真部件的开发。以上各联邦成员中, 除Data Base外都直接与HLA/RTI相连, 这样我们就不必关心底层数据的传输, 而只需明确各联邦成员之间的数据订购、发布关系。

### 3.3 联邦仿真对象模型FOM/SOM设计

为了实现仿真系统数据模型的可重用性, 本仿真测试平台按照对象模型模板的格式, 详细制定了仿真测试平台联邦对象模型(Federation Object Model, FOM)。联邦对象模型由一组仿真对象模型(Simulation Object Model, SOM)组成, 每个SOM描述了相应联邦成员的对象、属性、交互等特性, 并以标准的表格的方式进行记录。

在明确系统工作原理的基础上, 明晰系统各个联邦成员之间的订购/发布关系, 按照RTI1516规范开发系统的FOM/SOM表。

FOM表描述联邦中各联邦成员之间进行交互的全部共享信息是各联邦成员所发布的对象类和交互

类信息的合集。SOM表关心的则是单个成员对联邦其它成员信息的需求(即需要订购哪些对象类属性和交互类)及其向联邦其它成员提供信息的能力(即可以公布哪些对象类和交互类)。FOM/SOM设计通常在进行系统详细设计之前来完成是联邦进行交互的基础。FOM/SOM设计效果直接决定着整个联邦整体运行性能, SOM开发过程如图3所示。

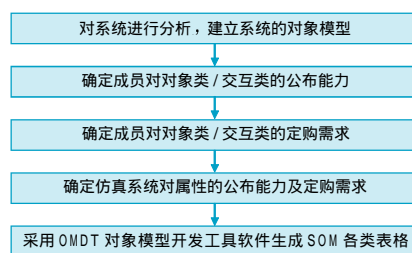


图3 SOM开发过程

FOM的生成确定了联邦的公布责任, 可采用OMDT软件综合联邦成员SOM表中所有的对象类属性及交互类参数的公布信息而生成FOM对应于OMT格式的文件并另存为Fed文件, 作为RTI识别联邦交互数据信息的基础。

CTCS3级仿真测试平台中FOM/SOM表主要包括对象类及交互类的设计。为采用UML形式表示的FOM表中对象类结构层次图, 显示速度曲线类, 子类为静态速度限制、静态速度曲线、轴重速度曲线, 同时坡度、弯道、桥梁为静态速度限制的子类。

### 3.4 联邦成员间的订购、交互类信息

以联邦成员2—车载设备仿真器为例, 它需要订购的交互类为: 列车静态信息类、列车动态信息类、应答器信息类、列车运行计划类、列车实际运行、速度曲线类等。

当联邦成员在联邦中所体现的公布订购能力发生改变时, 就不可避免的要不断地对FOM表进行修改, 并生成新的Fed文件。因此, 为提高仿真对抗样式的多样性及联邦的可重构, FOM表应囊括尽可能详尽的各联邦成员间需交互的对象类及交互类信息, 并需规范各联邦成员所模拟的实体行为特性从而实现对象类及交互类标准化设计, 这样在构建不同的联邦应用时, 则无需再对Fed对象类或交互类信息作修改, 使系统易于重构。

## 4 仿真流程及联邦同步技术

(1) 仿真初始化: 包括创建并加入联邦, 对象

文章编号: 1005-8451 (2007) 02-0017-04

## 基于简单网络管理协议的铁路应用管理模式研究

王先枢<sup>1</sup>, 四兵锋<sup>2</sup>

(1. 沈阳铁路局 运输处, 沈阳 110000;  
2. 北京交通大学 交通运输学院, 北京 100044)

**摘 要:** 主要探讨如何对基于网络环境的铁路应用系统进行集中有效地管理, 以及如何实现在通用的网络管理平台上对这些应用系统进行统一监测和控制, 并以铁路管理信息系统的主要应用为例, 构造应用管理的系统结构模型。

**关键词:** 管理信息系统; 应用管理; 简单网络管理协议; 研究

**中图分类号:** TP39

**文献标识码:** A

### Railway application management model based on simple network management protocol

WANG Xian-shu<sup>1</sup>, SI Bing-feng<sup>2</sup>

(1. Transportation Department, Shenyang Railway Administration, Shenyang 110000, China;  
2. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** The object was to find an efficacious and feasible way to manage railway applications and integrating it with the Common Network Management System. An application management model based on SNMP for railway application software was proposed on the base of integrating primary applications of Railway Management Information System.

**Key words:** Management Information System; application management; simple network management protocol; research

铁路是国民经济的大动脉, 铁路运输在国民经

济中占有极其重要的地位。为了增强我国铁路运输行业的市场竞争能力、提高管理水平、改善市场营销手段和服务质量, 长期以来我国铁路一直将信息

收稿日期: 2006-09-26

作者简介: 王先枢, 在读硕士研究生; 四兵锋, 副教授。

类、交互类的公布与订购、设置时间机制、注册对象实例、注册同步点等初始化工作;(2) 仿真循环: 部分成员在仿真循环过程中, 注册对象实例、完成仿真模型的解算、属性更新或交互发送, 通过回调函数对接收的信息进行处理, RTI 代理请求时间推进等;(3) 退出联邦: 最后退出联邦的成员销毁联邦。

本仿真测试平台采用 HLA 联邦管理服务中同步点机制来实现联邦“仿真初始化完毕”、“仿真开始”、“仿真重复”等几个逻辑点的同步。

### 5 结束语

本文提出基于高层体系结构 (HLA) 的 CTCS3 级仿真测试平台的体系结构, 并针对仿真测试平台建立所涉及的一些关键技术进行详细讨论, 其中 FOM/SOM 建模和联邦同步技术为下一步进行仿真具体实现提供了先决条件。将完善各联邦成员, 实现

计划的各种功能, 并对 HLA/RTI 进行更深入的研究。

#### 参考文献:

- [1] 周彦, 戴剑伟. HLA 仿真程序设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [2] 陈明. 软件工程实用教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [3] IEEE Std 1516.1-2000, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) – Federate Interface Specification[S]. IEEE Computer Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, USA, 2000.
- [4] 康凤举. 现代仿真技术与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.
- [5] 郭齐胜, 张伟. 分布交互仿真及其军事应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [6] 苏颖, 康凤举. 基于 HLA 的水下战仿真系统研究[J]. 系统仿真学报, 2004.