

文章编号: 1005-8451 (2007) 02-0001-04

大规模列车运行过程仿真的研究

郭建媛, 蒋熙, 苗建瑞

(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: 为了实现大规模列车运行过程的仿真, 分析列车运行过程的特点, 并针对仿真大规模的特征进行仿真模块分解, 确定模块内的要素、模块间的主要信息交互。在此基础上, 采用分布式的架构, 进行设计和实现。

关键词: 铁路运输; 列车运行; 大规模; 计算机仿真

中图分类号: U292 : TP39 **文献标识码:** A

Research on large-scale train operation simulation

GUO Jian-yuan, JIANG Xi, MIAO Jian-rui

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

Abstract: It was researched large-scale train operation simulation. The primary job was about two parts: through analyzing train operation, and considering the large scale, design simulation modules, elements and the information communication in these modules; then, constructing and developing a Train Operating System in distributed structure.

Key words: railway transportation; train operation; large-scale; computer simulation

列车运行过程是铁路运输组织的核心环节, 通过计算机仿真手段研究路网中列车的运行状况对运输计划编制、行车调度指挥的评估以及优化很有意义。而目前, 我国铁路列车运行仿真方面的研究多数限于调度区段或运行区段, 相对缺乏路网范围的大规模仿真研究。本文将针对此问题进行大规模列车运行过程仿真的研究。

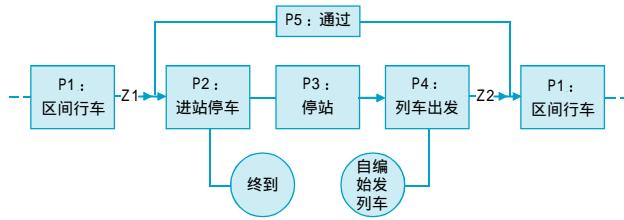


图1 列车运行及相关技术作业

1 列车运行过程分析

列车运行从产生到解体经历了一个如图1的过程。列车运行分为车站内运行和区间运行两部分, 相关的运行过程和技术作业包括:

P1: 列车出站后, 从区间的一端起始, 逐渐运行靠近另一端车站的过程。其间, 包括区间正常行

收稿日期: 2006-07-04

作者简介: 郭建媛, 助教; 蒋熙, 副教授。

车、区间停车等情况;

P2: 列车进站停车, 分作终到停车等待解体和停站待发两种情况;

P3: 列车在某站线上的停留, 是列车进站停车在时间上的延续;

P4: 列车出发, 包括始发和中间站出发情况;

P5: 列车在车站不停留, 依照限速通过;

Z1: 接车作业;

Z2: 发车作业。

列车的运行是在信号系统的控制下, 依照一定的规则和程序进行的。在列车运行过程中, 车站信号控制系统和区间信号控制系统传达列车的安全运行条件, 直接控制列车运行。列车运行还受到日班计划、列车运行调整计划和接发车作业规章的影响。值班员根据这些计划、遵照作业规章安排列车作业时分、列车运行的设备占用和停靠位置, 信号的开放时机等细节。

2 大规模列车运行过程仿真总体思路

要进行大规模列车运行过程仿真, 由于它比较复杂, 还有必要将其分成相互联系的子系统, 再针对各子系统进行建模仿真。列车运行过程仿真可以被分解成有限数量单元的操作环节, 即有限的车站

和区间子模块。

根据对列车运行过程的分析,列车的运行被划分为车站内运行和区间运行两部分,相邻的区间和车站之间,车站和车站之间会有信息交互。并且它们和仿真的外部环境有信息传送,输入列车运行所需基本信息或输出列车运行数据。下面简单说明构成各子系统的要素和信息传递的情况。

构成系统的要素为实体,无论是车站还是区间内的实体都是构成列车运行过程仿真的基本要素,它们内部的实体包括列车、车站和区间的信号设备、线路设备。车站内的实体还包括:与信号联锁相关的设备、与接发车相关的计划、接发车流程控制人员和逻辑进路。

实体有永久和临时之分,永久实体在仿真过程中始终存在,临时实体在仿真过程中可以产生和消失。在整个列车运行过程中,车站和区间的固定设备(如线路、信号等)及流程控制人员都始终存在,所以它们属于永久实体;而列车在车站子系统和区间子系统中不断迁移,所以它对车站和区间子系统都是临时实体;另外,在车站子系统中,接发车计划、接发车进路都会随对应行车作业的完成而消失,所以也属于临时实体。

涉及的主要信息流包括:(1)车站内部的信息流;(2)区间内部的信息流;(3)站间信息流;(4)车站和区间之间的信息流;(5)车站或区间与外部环境的信息流。

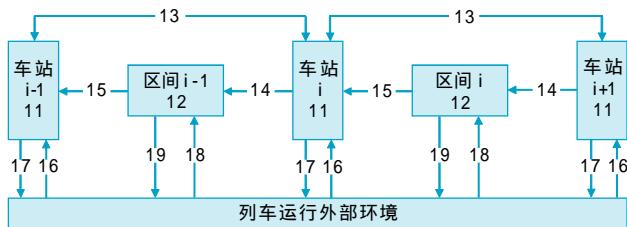


图2 列车运行过程信息流图

几类信息传递的情况如图2所示。其中的9种信息具体含义如下:

11:接发车作业流程信息,列车站内运行信息,线路、设备和信号信息;

12:列车区间运行状态信息,区间限速信息;

13:半自动闭塞时,站间闭塞请求和应答信息,列车运行信息:车次、发车预告、发车报点等;

14:站内进路开通情况;

15:区间线路占用状态,区间列车接近状态;

16:车站拓扑及设备信息,调度计划和命令,列车信息;

17:报点,车次,到、发或通过时刻等,车站设备状态,列车站内运行状态;

18:区间拓扑及设备信息,列车信息;

19:列车区间运行状态,区间信号信息。

3 大规模列车运行过程仿真的实现

3.1 实现环境

由于列车运行过程仿真大规模、细粒度的特征,其复杂度很高,单机无法完成整个仿真,所以采用分布式仿真技术,将路网的列车运行仿真分布到多台普通PC上,共同协作完成仿真任务。本文的列车运行过程仿真的研究主要涉及区间列车运行仿真、车站作业仿真中的列车作业部分,它可以在如图3的仿真平台环境中实现。

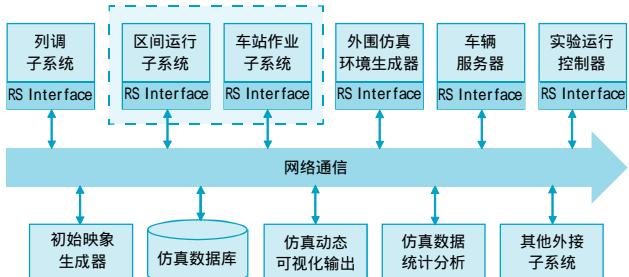


图3 仿真平台系统分布式顶层构造

图3中的RS(Running Support),RS Interface特指仿真支撑系统为了各仿真部件的分布式交互而提供的统一的网络通信接口。外围仿真环境生成器模拟出实验范围之外的环境,保证在适当的时候有列车进入实验范围的路网中,车辆服务器完成对列车、机车和车辆等的管理,它们一起辅助核心仿真器(调度+区间运行+车站作业)的运行。实验控制器对仿真实验运行实施管理和控制,并为用户提供干预实验的接口。这几个仿真子系统与核心仿真器利用仿真运行支撑系统提供的接口进行连接并交互信息。初始映象生成器、仿真动态可视化和数据统计分析通过仿真数据库获取相关数据对仿真进行初始处理、过程显示和后处理。

虚框部分包含了列车运行仿真的主要部分,虚框外的其它部分和车站调车作业均作为列车运行仿真的外部环境,和本文研究的列车运行过程仿真核

核心模块做信息交互。

3.2 大规模列车运行过程仿真结构

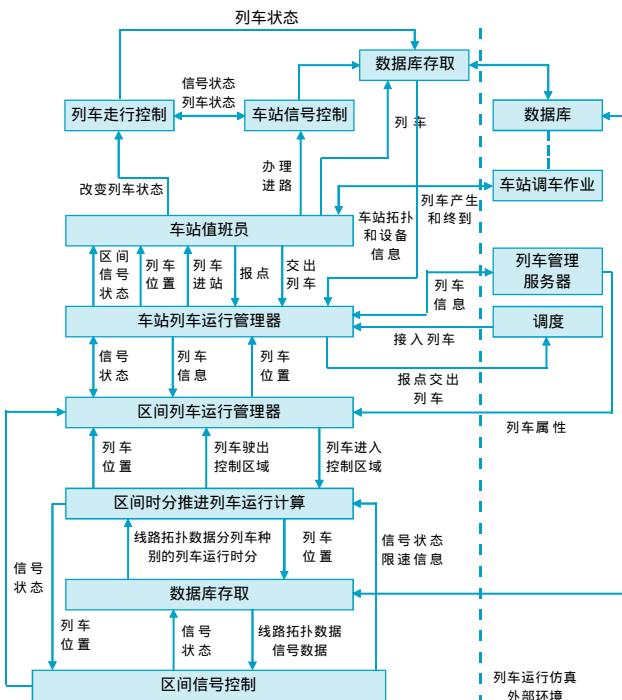


图 4 列车运行仿真结构图

列车运行仿真结构如图 4 所示。

列车运行过程仿真核心部分可以分作车站列车运行和区间列车运行，车站子模块和区间子模块相互独立又相互联系。它们按各自内部的机制运行，在一些特定情况下相互通信，在系统运行的过程中交互列车、信号和闭塞等信息。

车站列车运行仿真部分主要完成与列车的接发过程相关的列车活动和设备控制仿真，涉及列车走行、线路、信号状态有控设置等。它由车站列车运行管理器、车站值班员、列车走行控制和车站信号控制几个模块来实现。

车站列车运行管理器负责对外接口和仿真任务协调，交互列车的属性变化和运行状态，接受调度命令。车站值班员仿真模块将作业计划进行细化安排，使计划转化为一定条件下的行为指令序列发送给走行模块执行，同时将进路指令发送给信号控制仿真子系统。车站值班员子系统将获取列车走行的实际情况，并将作业进程反馈给外部的车站调车作业模块。列车车走行仿真模块根据行为指令和信号状态控制列车在站内线路上的微观走行。车站信号控制仿真模块（联锁模块）实现车站联锁逻辑的仿

真, 维护站内线路、信号、道岔的状态, 为列车的走行提供信号和进路信息。数据存取模块从数据库中读取所需的车站基本数据, 并将仿真运行数据存入数据库。

区间列车运行仿真部分主要是描述列车在区间的运行动态并根据区间的闭塞方式和列车的实际运行状况设置线路、信号状态或运行限速。同时，向外部提供列车的状态和位置信息。它由区间列车运行管理器、区间时分推进列车运行计算、区间信号控制和数据库存取几个模块组成的。

区间运行管理器与车站运行管理器功能类似。时分推进计算模块根据区间运行时分和区间限速信息实时更新列车在区间的位置和运行状态，并调用数据存取模块将计算结果写入数据库，当列车离开区间时，通知运行管理器交出列车。区间信号控制模块负责维护区间闭塞状态，提供列车运行的限速信息。下层的数据存取由数据库存取模块完成，它读取所需的区间基本数据，并将列车区间运行仿真数据存入数据库。

3.3 消息驱动机制下的仿真时钟步进

车站列车运行仿真时钟步进的必要过程为接收支撑系统时钟步进的外部消息，向相应的对象发送信息进行列车作业，向列车管理器发送列车状态改变信息，一个步长内的事件处理完毕，向支撑系统发送车站时钟步进请求消息。

其中的异步消息有向外发布信号变更消息（如进站信号机限速改变），接收外部消息进行外发事件的处理（如列车进站等），向数据接口发送消息进行仿真数据的存储。

区间列车运行仿真时钟步进的处理比较类似，大致过程为区间管理对象接收支撑系统时钟步进的外部信息，向区间对象发送时钟步进消息，区间对象调用相应的列车和闭塞对象进行状态改变，之后向支撑系统发送时钟步进请求信息。这个过程中的异步消息有向外部发送列车接近和列车进站的消息，接收外部的列车进入区间和限速改变信息，向数据接口发送消息进行仿真数据的存储。

3.4 系统实现

基于前述的分析设计, 本文所研究的列车运行过程仿真系统在 Windows 环境下, 由 VC++6.0 编程, 利用多台普通 PC 在局域网上开发。

在仿真实验初期，系统完成了从丰西到石家庄（26个中间站，3个技术站，28个运行区间，3个调

文章编号: 1005-8451 (2007) 02-0004-03

带时间窗空车调整问题的遗传算法研究

陈 煦, 张 喜

(北京交通大学 交通运输学院, 北京 100044)

摘要: 结合实际科研项目的研究成果, 根据空车调整问题的实际要求, 通过引入“到达时间窗”的概念, 建立以减少空车总走行公里和广义运输成本最小化为目标的空车调整优化模型; 运用遗传算法的交叉和变异算子自适应调整技术, 以及染色体的矩阵编码结构设计基于矩阵编码的遗传算法, 并利用 C++ 语言进行原码程序设计和实例运算分析, 取得较好的效果。

关键词: 空车调整问题; 遗传算法; 时间窗; 研究

中图分类号: U21 :TP39 **文献标识码:** A

Stand on hereditary algorithm of railway empty wagons distribution with time windows

CHEN Yu, ZHANG Xi

(School of Traffic and Transportation, Beijing Transportation University, Beijing 100044, China)

Abstract: Based on the results of practice research of railway empty wagons distribution and the study on “arrival time windows”, it was made up an optimal model of empty wagons distribution to cut down the railway moving milometer and the cost of running, designed the hereditary algorithm with the matrix construction on chromosome, dealt with a practice example in the setting of C++ and got a satisfied result.

Key words: empty wagons distribution; hereditary algorithm; time windows; research

空车调整是铁路运输技术计划的重要组成部分。
铁路空车调整问题是指在一定约束条件下, 如何将

收稿日期: 2006-07-14

作者简介: 陈 煦, 在读硕士研究生; 张 喜, 教授。

铁路网中卸车数大于装车数车站(供给站)的多余空车, 按照合理分配的原则, 调配到装车数大于卸车数车站(需求站)去的车列资源优化配置问题。

传统的空车调整优化模型大多都是把空车调整

度区段)的列车运行仿真。在实验过程中, 各分布主机交互协调, 时钟推进合理, 仿真依照行车规则运行, 效果良好。

4 结束语

大规模列车运行过程的仿真是列车运行仿真的重要部分, 是铁路运输仿真的关键环节。本文通过列车运行过程分析、系统建模、系统设计、系统实现, 研究至此, 基本达到了预期目的, 初步完成大规模列车运行过程仿真研究。本文重点研究列车运行仿真的构成要素和信息流, 基于仿真平台系统的列车运行仿真设计, 消息驱动机制下的时钟步进。本文的研究借助仿真平台系统得以实现, 对今后列车运行相关的铁路运输仿真实验提供了一定的基础。

参考文献:

- [1] 苗建瑞, 蒋熙. 铁路车站(场)列车到发与调车作业过程仿真的研究[J]. 北方交通大学学报, 2000 (6).
- [2] 杨肇夏, 蒋熙. 列车运行及其组织模拟试验系统研究[J]. 铁道学报, 1998, 20 (12).
- [3] 石雨, 孙全欣. 铁路运输过程控制模拟实验系统中列车运行仿真模型的研究[J]. 北方交通大学学报, 1997 (6).
- [4] 蒋熙, 苗建瑞. 基于柔性集成框架的分布式铁路运输仿真体系研究[J]. 铁道学报, 2002, 24 (6).
- [5] 郭彤城. 基于网络的并行仿真和分布式仿真[J]. 系统仿真学报, 2002 (5).
- [6] C.J.Goodman, L.K.Siu, T.K.Ho., A review of simulation models for railway systems, Developments in Mass Transit Systems[J]. 1998. International Conference on (Conf. Publ. No. 453), 20-23 April 1998 Pages: 80-85.