

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.05.025

# 列车自动监控系统仿真平台的研究

王 胜, 孔繁虹

(同济大学 电气工程系, 上海 200331)

**摘要:** 针对城市轨道交通列车自动监控(ATS)系统的复杂性和差异性, 为了实现对不同列车自动监控系统的仿真, 建立了一个具有通用性的列车自动监控系统仿真平台。通过对列车自动监控系统功能的分析, 确定了仿真平台中系统仿真的主要内容; 以 Visual Studio 2005 为开发平台, 利用图形技术与面向对象的方法建立了列车线路模型, 并将数据保存在 SQL Server 2005 数据库中进行维护与管理; 在此基础上建立了列车线路运行监控仿真系统, 该系统能够对列车运行进行模拟仿真。研究表明, 该仿真平台实现了列车自动监控系统的部分仿真功能, 具有一定的通用性与拓展性。

**关键词:** 仿真平台; 列车自动监控系统; 线路模型; 运行监控仿真

中图分类号: TP24

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2014)05-0658-05

## Research on automatic train supervise simulation platform

WANG Sheng, KONG Fan-hong

(Department of Electrical Engineering, Tongji University, Shanghai 200331, China)

**Abstract:** Aiming at the complexity and diversity of the automatic train supervise(ATS) system, a universal automatic train supervise simulation platform was established for different city metro traffic. By analyzing the function of automatic train supervise system, the main content of the system simulation of the simulation platform was determined. Based on Visual Studio 2005, the model of the train line was established by using graphics technology and the object-oriented method. Data was stored in SQL Server 2005 database for maintenance and management. The research results show that this automatic train supervise system can realize part of the simulation function and it has a certain universality and expansibility.

**Key words:** simulation platform; automatic train supervise(ATS); line model; operation simulation

## 0 引 言

随着城市轨道交通的快速发展, 采用列车自动运行控制(ATC)系统是未来地铁的发展必然趋势, 列车自动监控系统作为列车 ATC 系统的一个子系统在列车运行自动化进程中占有举足轻重的地位<sup>[1]</sup>。由于列车线路的特殊性和复杂性, 如果在实际的线路上对列车 ATS 系统进行测试研究, 工作实施难度较大, 成本代价较高; 如果与先进的控制技术、计算机技术相结合, 实施建模分析和软件模拟, 将极大地提高工作效率, 缩短项目周期。然而不同的列车线路采用的 ATS 系统不同, 如果针对每一条轨道线路都独立地开发一

套 ATS 仿真系统, 就会产生大量的重复劳动, 很多软件资源无法重复利用, 既浪费了资金又增加了开发周期。故需要开发一个具有通用性的列车 ATS 仿真平台, 以缩短开发仿真系统的周期, 以便快速开发不同线路的列车运行仿真培训系统, 来适应列车运营的培训需求<sup>[2-4]</sup>。

列车 ATS 系统能实现对列车运行的监督和控制, 辅助行车调度人员对全线列车进行管理<sup>[5-6]</sup>。主要功能有: ①列车进路自动设置; ②列车自动识别与跟踪; ③监视列车运行和设备状态; ④编制和管理列车运行图; ⑤列车运行调整; ⑥列车运行实绩记录、统计、输出; ⑦列车运行模拟; ⑧系统故障复原处理; ⑨提供旅

收稿日期: 2014-01-06

作者简介: 王 胜(1990-), 男, 安徽安庆人, 主要从事城市轨道交通自动监控系统方面的研究. E-mail: isky11@163.com

通信联系人: 孔繁虹, 女, 副教授, 硕士生导师. E-mail: kfh@tongji.edu.cn

客向导信息<sup>[7]</sup>。

本研究旨在采用图形技术以及面向对象的方法,结合数据库软件建立一个具有可靠性、灵活性、通用的ATS系统仿真平台,能够针对不同的列车线路开发出相应的ATS仿真系统,为列车人员培训、轨道新技术的研究提供一个通用的仿真平台。

### 1 仿真平台的功能描述

为了实现对列车自动监控系统的仿真,主要是实现线路绘制、线路元件逻辑设置、列车自动排列进路及运行监视和跟踪以及运行数据统计及报表自动生成等功能,列车自动监控系统仿真平台可由数据输入、数据管理、仿真应用三大部分组成<sup>[8]</sup>,平台功能结构框架如图1所示。通过这些功能部分,用户可以构建出不同列车线路的自动监控系统仿真模型,并在该模型上进行列车运行监控与调整等工作,得到所需的仿真结果,完成列车自动监控系统的仿真。

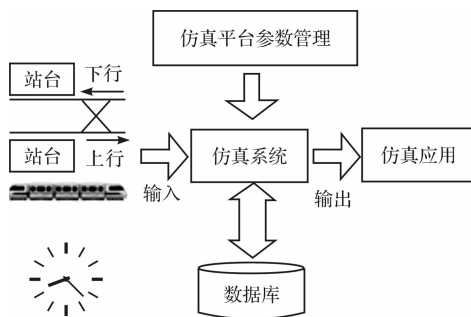


图1 平台功能结构框架

#### 1.1 数据输入

数据输入功能模块用于输入系统仿真所需的基础数据,主要包括线路数据、列车数据、时刻表数据三部分。线路数据由轨道、站台、道岔、信号机等线路元件信息构成。用户可以在软件界面输入线路数据,并与数据库中的数据进行交互,实现数据库数据的导入/导出。列车数据和时刻表数据主要用于软件中列车运行仿真过程。

#### 1.2 数据管理

仿真平台中包含许多的数据信息,必须对这些数据进行有效地管理。列车ATS仿真系统的作用主要是实现列车运行仿真的显示与监控,可以将ATS仿真数据库数据分为静态数据和动态数据。描述线路元件的信息、初始时刻表信息等数据构成系统的静态数据;列车运行仿真中不断变化的列车信息、线路元件的状态信息等则构成系统的动态数据。数据的管理结构如图2所示,用户在仿真平台中可以随时对数据信息进行管理。

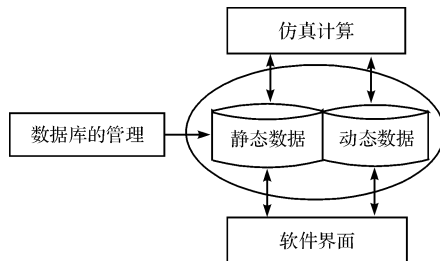


图2 数据的管理结构

### 1.3 仿真平台的应用

在本研究建立的列车自动监控仿真平台中,可以实现不同列车线路的模块化输入绘制功能,可以针对不同的列车线路开发其相应的ATS仿真系统进行系统仿真。仿真平台可以对列车线路运行进行模拟显示与监控,并能将模拟运行过程信息记录下来并进行回放。

## 2 仿真平台的设计

列车自动监控系统仿真平台以 Visual Studio 2005 作为开发环境,以 C++ 为编程语言,使用 SQL Server 2005 构建数据库,利用图形技术与面向对象的方法进行设计。

### 2.1 总体软件结构

列车自动监控系统仿真平台的软件功能结构分为两层,分别为功能模块和基础模块,功能结构图如图3所示。功能模块主要包括人机界面模块、列车线路绘制模块、列车仿真运行模块,还可以在此基础上拓展其他的功能模块,体现了仿真平台的拓展性和通用性。基础模块主要是数据管理模块,可以实现数据库与仿真系统的数据交互,为仿真平台提供列车线路绘制、列车线路运行模拟、仿真回放等功能所需的基本数据。

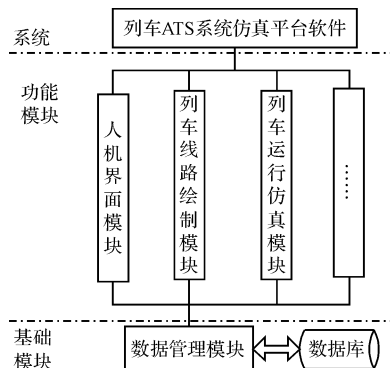


图3 列车ATS系统仿真平台软件功能结构图

### 2.2 主要模块设计

#### 2.2.1 人机界面模块

仿真平台使用基于对话框的MFC工程编写人机界面模块。人机界面主要包括登录/退出系统界面、列

车线路管理界面、数据管理界面、运行仿真界面。这些界面给用户提供了仿真平台内所有的输入、控制操作。

### 2.2.2 数据管理

仿真平台作为一个通用的软件,必须能够实现对所有列车线路的仿真,为了实现这个目标,用户可以针对不同的列车线路 ATS 系统进行建模分析,提取不同 ATS 系统中的共性部分作为一个通用的模块,在之后的开发过程中直接利用,从而提高系统开发效率,减少重复劳动。

本研究首先对列车线路进行建模分析,针对不同列车线路提取基本的线路元件进行模块化处理,开发出一个通用的列车线路绘制软件。车线路图主要由轨道、站台、道岔、信号机 4 种元件组成,根据仿真要求,需要对它们做完整地描述来反映其特性及参数。首先笔者将这些线路元件作为单独的模块处理<sup>[9-10]</sup>,然后采用面向对象的技术分别将这些元件模块当作实体对象处理,按照如下方式定义数据结构来描述这些元件:

//定义轨道的结构体

```

struct CTrack {
    Char name[5]; //名称
    int ID; //ID 号
    int pn; //坐标点数
    POINT pts[8]; //各点坐标
    POINT Namept; //名称文本位置
    bool m_bSelect; //选中状态
    bool m_bDelete; //删除状态
    int m_StartLink; //前向结点
    int m_EndLink; //后向结点
    bool m_bState; //轨道占用状态
    int m_DownOrUp; //上行/下行标志
};

```

以上定义了轨道的结构体,采用同样的方法可以定义站台、道岔、信号机等结构体。当完成了列车线路输入与维护模块基本的准备工作后,在此基础上就可以开发出完整的列车线路通用绘制软件,绘制出不同的列车线路并保存。

列车线路输入与维护模块具体功能流程如图 4 所示,用户首先进入仿真平台中线路绘制软件系统,通过选择“新建线路”或者“修改线路”功能按钮选择执行对应程序,然后通过点击相应按钮或图标来绘制元件对象,再将绘制的元件对象移动到相应位置,并添加与之关联的标注,再通过捕捉选定相应的连接点,按一定算法将相关元件连接起来,并自动生成各元件属性中的前、后连接对象。生成的线路图用结构体数组将元件对象的 ID、位置、状态、连接关系、上/下行等信息记

录下来,并导入数据库保存。同时也可以删除所绘制的无效列车线路信息。

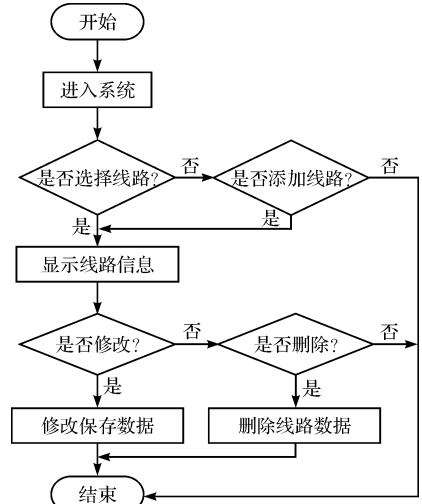


图 4 列车线路输入/维护流程图

### 2.2.3 数据管理模块

仿真平台将数据存储存储在 SQL Server 2005 数据库中。用户为了将数据库存储在 SQL 中,需要在 SQL 中建立的数据库中添加表,保存相应信息,如线路信息表中存放线路中的元件对象 ID、位置、状态等,车辆信息表里存放车辆名称和车辆速度等信息,运行信息表里存放站间运行时间和车站停站时间,时刻表里存放生成的时刻表信息等。

为了在 VS 2005 中利用控件数据对象(ADO)数据库访问技术实现软件与数据库通信,可以将 ADO 封装到一个类中,命名为 ADOConn,后面的编程可以直接调用该类使用 ADO,在头文件中定义几个函数,如: void OnInitADOConn() 用来初始化连接数据库, \_RecordsetPtr& GetRecordSet( \_bstr\_t bstrSQL) 用来执行查询, BOOL ExecuteSQL( \_bstr\_t bstrSQL) 用来执行 SQL 语句。

建立好 ADO 类之后,便可进入程序的编写步骤,笔者先对数据库中的每个表创建一个类,如线路信息表创建类 CLineInfo,并把一些相关的 SQL 命令如 insert、update、delete 命令封装在类中,方便后面直接调用。接下来就要实现程序对数据库的操作,即实现对数据库的添加、修改和删除功能。以线路信息表的添加功能为例,线路信息表对应的类是 CLineInfo,里面封装了用 ADO 直接与数据库通信的函数 sql\_insert, sql\_update, sql\_delete, 函数功能可由 sql 命令实现,如添加功能为 INSERT INTO Line1 ( LineID, LineNAME, distance) VALUES ( " + strLineID + ", " + LineNAME + "; " + strdistance )", 之后在程序中相应按钮添加相应消息处理函数即可实现该功能,所添加的部分绘

制线路信息如图 5 所示。同理可对其他表实现添加、修改、删除功能。

ID	name	上下行	前向结点	后向结点	选中状态	删除状态	关联对象	点数	pt0_x	pt0_y	pt1_x	pt1_y
1	TC1	0	0	3	0	0	NULL	2	63	204	163	204
2	TC2	0	0	26	0	0	NULL	2	2463	129	2363	129
3	DC1	1	0	51	0	0	NULL	5	263	129	253	129
4	TC3	0	3	6	0	0	NULL	2	213	204	313	204
5	TC4	0	6	7	0	0	NULL	2	383	204	483	204
6	安亭	0	4	5	0	0	NULL	2	313	204	383	204
7	TC5	0	5	8	0	0	NULL	2	483	204	583	204
8	TC6	0	7	9	0	0	NULL	2	583	204	683	204
9	TC7	0	8	10	0	0	NULL	2	683	204	783	204
10	汽车城	0	9	11	0	0	NULL	2	783	204	853	204
11	TC8	0	10	12	0	0	NULL	2	853	204	953	204
12	TC9	0	11	13	0	0	NULL	2	953	204	1053	204
13	TC10	0	12	14	0	0	NULL	2	1053	204	1153	204
14	TC11	0	13	15	0	0	NULL	2	1153	204	1253	204
15	昌吉东路	0	14	18	0	0	NULL	2	1253	204	1323	204
16	嘉定新城	0	21	22	0	0	NULL	2	1723	204	1793	204
17	马陆	0	25	26	0	0	NULL	2	2193	204	2263	204
18	TC12	0	15	19	0	0	NULL	2	1323	204	1423	204
19	TC13	0	18	20	0	0	NULL	2	1423	204	1523	204
20	TC14	0	19	21	0	0	NULL	2	1523	204	1623	204
21	TC15	0	20	16	0	0	NULL	2	1623	204	1723	204
22	TC16	0	16	23	0	0	NULL	2	1793	204	1893	204
23	TC17	0	22	24	0	0	NULL	2	1893	204	1993	204
24	TC18	0	23	25	0	0	NULL	2	1993	204	2093	204
25	TC19	0	24	17	0	0	NULL	2	2093	204	2193	204

图 5 Line1 表中的线路信息

2.2.4 列车运行仿真模块

列车线路绘制完成之后,仿真平台就可以在该基础上拓展开发其他的功能,例如可以选择绘制完成的线路进行列车运行仿真,开发列车仿真运行功能。完整的列

车运行仿真流程如图 6 所示。笔者从数据库中选择导出保存的线路信息,根据选择的线路情况,设置线路参数。然后从数据库中读取取出保存好的上线列车信息,自动生成列车时刻表,就可以进行列车线路运行仿真。

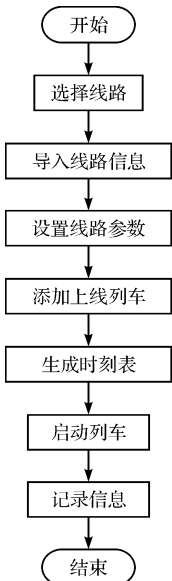


图 6 列车运行仿真流程图

图 7 列车线路仿真运行界面

(下转第 675 页)

本文引用格式:

王 胜,孔繁虹. 列车自动监控系统仿真平台的研究[J]. 机电工程,2014,31(5):658-661,675.

WANG Sheng, KONG Fan-hong. Research on automatic train supervise simulation platform[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(5): 658-661,675.

龙江科技信息,2007(1):10-12.

- [6] 杜坤梅. 电机控制技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2002.
- [7] 周忠辉. 步进电机驱动的实现方法[J]. 仪表技术与传感器,2004(11):60-61.
- [8] 潘海燕,姚朝霞. 基于 L297 的两相步进电机驱动器[J]. 机电工程,2007,24(4):86-88.
- [9] 陈曙光. 基于 EPM240T 的 CPLD 开发板设计与实现[J].

天津职业大学学报,2010,19(3):80-82.

- [10] 王海华,宋 蕾. 基于 CPLD 的步进电机控制器设计[J]. 微计算机信息,2008,24(10):99-100.
- [11] 庞淑娟,倪受东. 基于 FPGA 的步进电机速度控制器的设计[J]. 新技术新工艺,2008(4):32-33.
- [12] 金元郁,李 勇,李园园. 基于 FPGA 的步进电机控制器设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2007(3):70-71.

[编辑:李 辉]

#### 本文引用格式:

李爱竹,徐柳娟. 基于 EPM240T100 和 TB6560 的步进电机控制系统[J]. 机电工程,2014,31(5):671-675.

LI Ai-zhu, XU Liu-juan. Stepping motor control system based on EPM240T100 and TB6560[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(5):671-675.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 661 页)

## 3 仿真结果

本研究通过所建立的仿真平台可以绘制出不同的轨道线路,并实现了线路信息与数据库的交互,在此基础上开发了列车线路运行仿真功能,对列车运行模拟进行显示监控。列车运行模拟仿真的软件界面如图 7 所示,用户选择保存的线路 Line11 进行了列车运行仿真显示与记录。仿真平台还可以继续拓展其他列车 ATS 功能,例如列车自动排列进路、时刻表自动调整、运行仿真回放、乘客信息发布等功能,开发出一套完整的列车 ATS 仿真系统。

## 4 结束语

本研究对 ATS 系统功能进行了分析,在 Visual Studio 2005 的软件环境中开发了列车 ATS 仿真平台。利用该仿真平台可以绘制出不同的列车线路,在此基础上进行相应列车线路 ATS 仿真系统的开发,具有较强的可拓展性和通用性。

本研究开发出的仿真系统可以用于列车 ATS 新技术的研究,也可以用于人员的培训,还可以结合列车 ATC 系统的其他系统进行联合仿真,具有一定的创新性与实用性。

## 参考文献(References):

- [1] 瞿莉丽. 浅谈列车自动控制系统 ATC[J]. 计算机与网络,2008(36):172-173
- [2] 朱 鸣. 列车运行仿真培训软件通用开发平台的设计与实现[J]. 城市轨道交通研究,2012,15(6):63-65.
- [3] 汪现雨. ATS 仿真系统交互式开发平台的研究与实现[D]. 上海:同济大学电子与信息工程学院,2006.
- [4] 陈永生,徐金祥. 上海轨道交通信号制式的多样性及其对策[J]. 城市轨道交通研究,2002,5(4):29-32.
- [5] 万 林,范 明. 列车运行控制系统仿真平台的研究[J]. 铁道通信信号,2010,46(7):71-74.
- [6] 赵 威. 城市轨道交通列车自动监控系统的研究[J]. 铁路通信信号工程技术,2008,5(5):30-32.
- [7] 秦 武. 城市轨道交通列车自动监控系统[J]. 上海铁道科技,2006(6):33-35.
- [8] 张琼燕,邓 瀚,赵 霞. 城市轨道交通列车运行控制系统仿真分析与研究[J]. 城市轨道交通研究,2012,15(8):103-107.
- [9] 华似磊,董俊祺. 城市轨道交通列车自动监控仿真系统组件设计与实现[J]. 城市轨道交通研究,2007,10(2):41-43.
- [10] 王 野,郭秀清. 基于组件技术的列车自动监控仿真系统开发平台[J]. 计算机应用,2007,27(Z2):286-288.

[编辑:李 辉]