

研
究
开
发中低速磁悬浮列车远程维护
管理系统研究

包清政, 窦峰山, 龙志强

(国防科学技术大学 磁悬浮技术工程研究中心, 湖南 长沙 410073)



摘 要: 围绕中低速磁悬浮列车远程维护管理系统的规划、分析、设计与工程实现工作, 进行了深入的研究。结合唐山中低速磁悬浮试验基地的特点和北京 S1 线的实际需求, 完成了系统的总体规划, 提出了采用 C/S 体系结构、结合 NET 开发平台和 SQL Server 数据库系统的技术方案, 实现了对系统的全面设计并应用于实践。

关键词: 磁悬浮列车; 远程维护; C/S 体系结构; 数据库

中图分类号: U292.91*7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2011)05-0033-04

作者简介: 包清政(1986-), 男, 硕士研究生, 主要从事磁悬浮控制、数据通信及故障诊断方面的研究开发工作。

The Research on Remote Maintenance Management System
of Mid-low Speed Maglev Train

BAO Qing-zheng, DOU Feng-shan, LONG Zhi-qiang

(Engineering Research Center of Maglev Technology, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China)

Abstract: This paper developed an in-depth study of the planning, analysis, design and engineering implementation of the remote maintenance management system for mid-low speed maglev train. According to the demands of Tangshan mid-low speed maglev train testing line and the practic requirement of S1 line in BeiJing, the general plan of the whole system was accomplished and a development scheme based on C/S architecture combining with NET framework and SQL Server data-base system was proposed, which realized the comprehensive design of all aspects of the system and was into practice.

Key words: maglev train; remote maintenance; C/S architecture; database

0 引言

目前, 唐山磁悬浮试验线正在进行工程样车试验运行, 北京 S1 线的筹建使中低速磁悬浮交通走向商业运营, 为此尽快构建符合磁悬浮列车自身特点的实时、高效、经济的维护维修策略, 研究开发一套不受地域限制的综合性远程维护管理系统, 对保证磁悬浮列车的安全运行、提高维护效率和降低维护成本, 是非常必要的^[1-2]。

本课题在深入分析我国中低速磁悬浮交通系统运行维护管理需求的基础上, 结合中低速磁悬浮列车的具体特点, 借鉴我国大铁路和地铁轻轨交通系统的维护管理技术和实践经验, 研究了中低速磁悬浮列车远程维护管理系统的应用和技术方案, 通过该管理系统

可使磁悬浮交通系统的运行维护工作做到: 计划科学、状态监测、过程可控、历史可溯、信息共享。这对于中低速磁悬浮交通技术的应用和推广具有非常重要的意义。

本套磁悬浮列车运行维护管理系统已经在唐山试验线进行系统测试, 到目前为止, 系统运行情况良好, 能够满足设计要求。

1 系统需求分析

根据信息系统开发的标准流程, 在远程维护管理系统开发的最初阶段要进行系统规划。

1.1 系统功能

中低速磁悬浮列车远程维护管理系统一方面能够远程实时监控中低速磁悬浮交通系统每个子系统的运行状态和整个车辆运行统计数据; 另一方面, 对故障数据、车检情况、维护维修情况进行远程记录并存

收稿日期: 2011-02-21

收稿日期: 国家十一五科技支撑计划重点项目 (2006BAG02B05)

档,在设备发生故障或处于故障临界状态时,发出警告信息,远程维护人员根据该系统远程传递来的运行数据、故障信息作出决策,采取相应维护措施,并在需要时对重要的运行数据进行历史回放^[3]。此外,系统需根据对运行数据和历史数据的分析结果,采用合理的维护维修策略对可能发生的故障做出预测,形成远程维护工作建议并发送给现场维护维修工作人员。

这样,磁悬浮列车的运行维护管理工作将运行于计算机平台和远程网络平台之上,可以提高维护管理工作的信息化水平,实现信息资源的共享和流通,规范磁悬浮列车维护管理工作流程,提高维护维修工作效率,使之更具科学性和及时性,还可以提高预防性维护工作的合理性和针对性,从而更好地弥补传统运行维护管理的不足。

1.2 系统目标

1) 形成远程信息化网络

各个部门或合作单位的相关技术人员可以随时随地依据各自的权限通过网络获取列车运行信息,远程提出维护维修建议。

2) 形成有效的数据统计和综合查询分析

远程维护管理系统对中低速磁悬浮列车进行设备定位、设备数据管理以及设备履历跟踪,实时监测列车运行状态,并进行离线数据分析、历史数据回放,为技术人员的维护维修决策提供合理的依据和支持。

3) 提高效率及降低成本

所有的数据传输均由系统通过网络自动完成,技术人员只需要在相应的界面上通过简单的操作,就可以完成相关信息的浏览和工作的提交,从一定程度上缓解以“纸”为信息载体带来的麻烦,提高工作效率。

采用基于远程的以可靠性为中心(RCM)的维护维修策略,根据磁悬浮列车设备的可靠性状况进行维护维修决策,依此来控制或消除使磁悬浮列车设备可靠性下降的各种因素^[4]。根据系统的可靠性、监测的设备运行状态和维护维修记录结果,把握系统的故障规律,选择最佳的维修时机,采用最快的维修方法,保证最优的维修质量的同时优化维修大纲、降低维修成本。

2 系统体系结构

2.1 基于C/S的网络体系结构

目前,主流的网络应用体系结构包括C/S(Client/Server,客户端/服务器)体系结构和B/S(Browser/Server,浏览器/服务器)体系结构。根据北京S1线的实际应用背景,中低速磁悬浮列车远程维护管理系统采用C/S体系结构。

C/S体系结构采用2层结构模式,将应用分为2个部分,服务器端负责数据管理,客户端完成与用户的交互任务。其软件结构主要由客户端应用程序(Client)、服务器管理程序(Server)和中间件(Middleware)3个部件

组成。服务器通常采用高性能个人电脑、工作站或小型机,并采用大型数据库管理系统,如SQL Server、Oracle、Sybase等^[5-6]。该体系结构下客户端需要安装专用的客户端软件。其结构如图1所示。

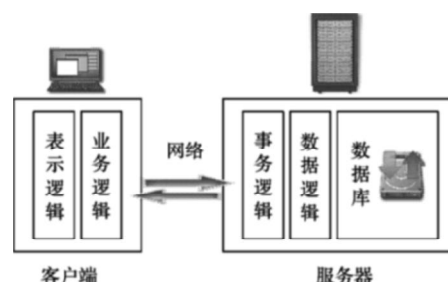


图1 C/S二层结构示意图

2.2 基于GPRS的数据传输策略

由于磁悬浮列车运行时与轨道基本无接触,为了能实时掌握与列车安全运行相关的车载设备状态和车辆运行状态,考虑采用远程无线数据传输技术来完成此项任务。

通过ERM事件记录仪采集车辆系统的车载设备状态和车辆运行状态,通过车辆网络传输到车载无线传输装置完成数据发送,这套装置可以通过GPRS数据链路向一个固定的IP地址发送数据包,将状态数据传输到地面服务器,远程客户端的远程维护管理系统通过因特网对地面服务进行访问,完成数据传输,其链接方式如图2所示。



图2 基于GPRS的数据传输链路示意图

3 系统软件与数据库设计

软件设计与数据库设计是远程维护管理系统的核心部分,它是整个远程维护管理系统得以最终实现的根本依据,其设计是否合理直接影响到系统最终的工作效率及应用效果。

3.1 系统结构设计

根据系统的限界划分和需要实现的主要功能,可以把远程维护管理系统的主要功能模块划分为三大部分,即系统管理部分、主要业务功能部分和综合查询部分。下面将对这3个部分进行具体描述。

1) 系统管理

系统管理部分主要完成系统初始化、用户管理和数据库备份/恢复等功能,如图3所示。系统用户中只有系统管理员对

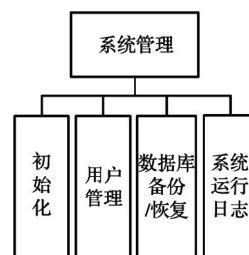


图3 系统管理模块图

这一模块拥有操作权限。

2) 主要业务功能

主要业务功能部分具体包含了设备管理、维护管理、状态监测和运行统计4个功能模块,如图4所示。

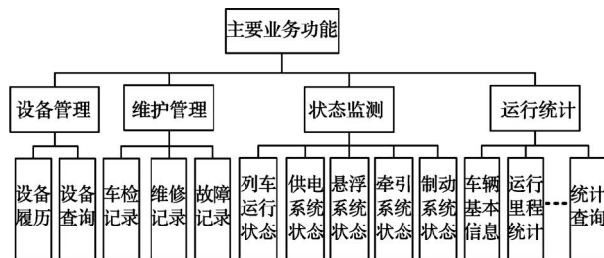


图4 主要业务功能模块图

远程维护管理系统是以设备(也称部件)的运行状态为数据的核心,大部分运行维护工作是围绕设备展开的^[7]。所以设备管理功能模块主要完成多个车辆的设备定义、设备定位、设备履历的跟踪记录以及设备查询工作;维护管理功能模块通过网络完成从远程维护管理系统数据库中读取包括车检记录、维修记录、故障记录等列车维护信息,并对其进行统计分析,以此来把握磁悬浮列车系统的故障规律、维护维修状况,得到系统的可靠性,为基于RCM的维护维修策略的决策分析提供数据基础。中低速磁悬浮交通系统主要由车辆系统、轨道系统(含道岔)、运行控制系统以及供电系统四大子系统组成,而车辆系统根据功能不同又可划分为车厢、二系悬挂、转向架、车厢电器、悬浮、牵引、辅助供电、制动、车载控制与诊断以及车载运行控制等诸多子系统^[8-10],在实际工程应用中,根据每个系统和子系统的运行状态对其进行相应的维护是十分必要的,所以设计开发状态监测功能模块对整个车辆系统进行实时的远程监测并保存发生故障时的环境数据,在设备发生故障时,给出警告信息,运行维护管理人员根据运行维护管理系统传递来的运行数据、故障信息以及系统提供的相应维护策略采取相应维护措施,从而保证磁悬浮交通系统安全、可靠、经济地运行。运行统计功能模块主要完成多个列车运行数据的统计,包括运行里程、总运行时间、最高/平均速度等车辆运行信息。主要业务功能模块划分如图4所示。

3) 综合查询

综合查询模块主要完成对中低速磁悬浮列车远程维护管理系统中所有数据的搜索查询,支持包括文本、数值、时间等关键字的精确和模糊搜索,并将搜索的结果和重要数据的统计曲线显示在界面中。该模块支持对查询结果的打印和曲线图表的输出存档。

3.2 数据库设计

数据库物理设计的任务是确定所有属性的类型、宽度与取值范围,设计出基本表的主键,实现物理建库。本系统设计中采用数据库逻辑结构设计、规范化

处理、访问优化以及数据库物理设计与实施的步骤对运行维护管理系统依托的数据库进行设计。

1) 逻辑结构设计

由于采用实体关系模型来描述数据库的概念模型非常接近人的思维,容易被理解,是一种数据库设计人员与信息系统用户进行交互的有效工具。所以在数据库设计中,首先建立远程维护管理系统的实体关系图,根据系统的实体关系图,得出系统数据库的全部数据表。

2) 规范化处理

对于初始数据库,往往存在着数据冗余、修改异常、插入异常和删除异常等异常问题,而经过合理的规范化处理,可以消除这些异常问题,整个数据表得到优化,使得它简单、有弹性并且没有数据冗余。

3) 访问优化

在对应用程序进行性能优化时,其中重要的一点就是对数据访问技术进行优化。鉴于运行维护管理系统是基于C/S体系结构的分布式网络应用程序,影响其性能的因素主要有网络资源、本地处理资源和服务器处理资源。就目前唐山基地局域网使用的计算机而言,本地处理资源是丰富且强大的,此外,考虑到系统正式运行后将配置专用的数据库服务器,服务器处理资源也是丰富且强大的,那么,需要考虑的就只有网络资源了。为了充分发挥C/S体系结构的优势,在数据库访问时,考虑使用存储过程技术和实现数据访问层。

4) 物理设计与实施

在数据库逻辑结构设计的基础上,通过对各类数据的描述即可完成远程维护管理系统数据库表的设计。根据设计方案,系统将尽可能多地采用数据库存储过程来对数据库进行操作,根据每个表的具体特点,远程维护管理系统数据库中创建了近百个存储过程,在此不再一一列举。

5) 数据安全性设计

远程维护管理系统包含了磁悬浮列车运行维护的关键数据,因此,在保证系统性能可靠的同时,必须充分考虑安全因素。系统拟从以下方面着手提高系统的安全性:

①在整个局域网中安装杀毒软件,并指定专人定时升级病毒特征库。

②安装防火墙。

③在路由器的设置上,可采用静态路由,使信息只能发往固定有效的地址,同时,在网域控制器中,指定每台上网主机的地址及用户权限,这样即使无权限的主机与网络连接上了,也很难进行有效攻击。

④在涉及到密码验证的客户端与数据库的通信中,只传输密码的经过信息摘要算法和安全散列算法两算法分别计算后的值,而不传输密码明文,数据库

中不保存密码明文,只保存算法计算后的值。

4 系统界面设计与关键技术实现

4.1 人机交互界面

界面是软件与用户交互的最直接的层,设计良好的界面能够引导用户自己完成相应的操作,起到向导的作用。中低速磁悬浮列车远程维护管理系统的主界面如图5所示。界面的下方标示了系统的数据库连接状态,显示了用户名和当前时间;中间部分是系统的一级菜单,鼠标进入菜单区域时会显示该菜单的二级菜单,例如当鼠标进入图上的一级菜单“系统管理”所在的区域时,其相应的二级菜单“初始化”、“用户管理”、“数据库备份/恢复”、“系统运行日志”将会出现。

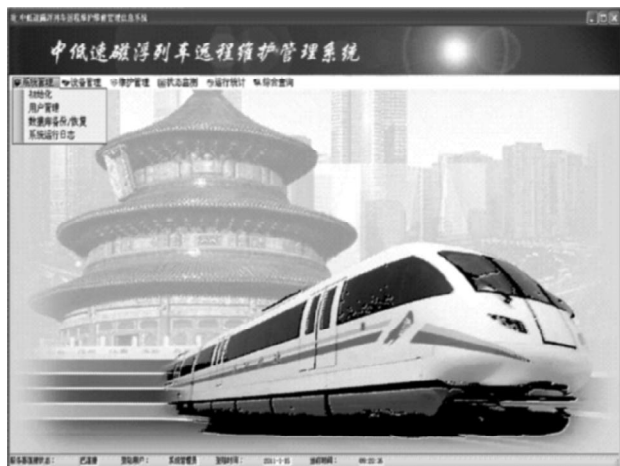


图5 远程维护管理系统主界面

4.2 数据库连接配置管理器

远程维护管理系统是一个基于C/S体系结构的数据库应用类系统,因而,在系统的运行中要多次使用数据库连接字符串。这个连接字符串虽然并不复杂,但要人工完成还是需要相关专业知识的。针对这一特性,系统包含了一个数据库连接配置管理器,它可以根据数据库服务器的相关信息生成相应的连接字符串,用户只需提供相应的关键字即可。

4.3 功能模块

依据磁悬浮列车的远程维护管理需求,完成了远程维护管理系统的功能设计和后台数据库设计。目前主要设计完成了系统管理、设备管理、维护管理、状态监测、运行统计、综合查询等几大功能模块。

由于系统涉及的功能模块较多,其关键模块功能在3.1节中已经阐述过,在此不再一一列举讨论。

5 结论

本文根据我国中低速磁悬浮交通系统的需求特

点,以唐山试验基地为具体应用平台,对远程维护管理系统的核心技术进行了深入的研究,设计并实现了C/S体系结构下的中低速磁悬浮列车远程维护管理系统。该系统充分结合实际工作中的具体应用,利用了计算机网络技术、数据库技术和先进的开发工具。系统架构合理,为开放体系设计,数据接口灵活多样,数据资源共享好,基本上达到了设计要求。在今后工作中需进一步研究和完善的有以下几个方面:

①功能模块的扩展。随着磁悬浮列车投入商业运营,会出现很多目前未涉及到的功能和业务,需要不断对系统的功能进行完善。

②根据业务变化优化数据库结构。本系统在数据库设计过程中进行了规范化处理,但随着系统功能的变化,应对数据库结构做出必要的调整与规范,以保证其良好的性能。

③完善系统接口设计。由于目前磁悬浮列车还处于工程试验阶段,各个子系统涉及的数据信息还没有一个明确的说明和界线,因而在以后的工作中应当伴随各子系统的不断完善而逐渐完成系统接口的设计。

④对中低速磁悬浮列车的维护维修策略进行深入研究。完善基于以可靠性为中心的维护维修策略在中低速磁悬浮列车远程维护管理系统中的应用,不断优化维护大纲,降低维护维修成本。

参考文献:

- [1] 龙志强,刘曙生,余龙华,等. CMS-3型磁悬浮列车微机监控与数据通信系统[J]. 机车电传动,2002(6):21-24.
- [2] 吕治国,龙志强. 电磁型磁悬浮列车悬浮系统的可靠性和安全性分析[J]. 机车电传动,2004(3):15-17.
- [3] 奚国华,路向阳,夏寅. 我国列车通信网络的实践与开发探讨[J]. 机车电传动,2000(1):2-4.
- [4] Masaaki Fujino,罗芳. HSST-100的全面运行试验与名古屋东山坡线工程[J]. 国外铁道车辆,2001(2):29-31.
- [5] 颜红慧. 地铁列车综合管理系统研究[J]. 城市轨道交通研究,2002(1):57-60.
- [6] 周信. 纽约地铁列车自动管理系统[J]. 铁道知识,2005(6):29-30.
- [7] 董锡明. 轨道列车可靠性、可用性、维修性和安全性(RAMS)[J]. 中国铁道,2009(7):217-220.
- [8] 常文森. 磁浮列车:最新研究趋势[J]. 科学,1993,33(6):34-36.
- [9] 佟力华,马沂文,胥习佳. 适用于城市交通的中低速磁悬浮技术[J]. 电力机车与城轨车辆,2003,26(5):4-6.
- [10] 白木,子茵. 磁悬浮列车开创轨道交通新时代[J]. 城市轨道交通,2002(4):44-46.
- [11] 徐安,李永善. 磁悬浮技术在德国的发展[J]. 城市轨道交通研究,2001(2):65-68.