

基于地理信息系统技术的数据采集与监视控制系统设计

杨泽平^{1*}, 刘德强¹, 王 茜², 向强铭¹

(1. 西南交通大学 电气工程学院, 成都 610031; 2. 西南交通大学 铁道电气化自动化研究所, 成都 610031)

(* 通信作者电子邮箱 zepyang@126.com)

摘 要:针对现有数据采集与监视控制(SCADA)系统向综合自动化发展所带来的分布式控制和缺乏地理信息技术支持的现状,采用系统一体化集成技术实现地理信息系统(GIS)与 SCADA 系统的综合设计;系统基于 C/S 层次化体系结构。利用 ActiveX 技术完成系统整合,由此 SCADA 系统作为监控的基本手段,而 GIS 则为系统提供必要的地理信息支持;系统设计注重数据的实时性与一致性建设,建立一体化数据库实现数据的无缝连接与共享;通过现场设备与远程客户端的通信,进行现场视频监测;并为系统添加了安全性措施。经过测试,系统能够在现场环境中成功运行并验证了各项功能,运行稳定,可扩展性高。

关键词:数据采集与监控系统;地理信息系统;系统集成;一体化数据库;视频监控

中图分类号: TP311.52 **文献标志码:** A

Design of supervisory control and data acquisition system based on GIS technology

YANG Zeping^{1*}, LIU Deqiang¹, WANG Qian², XIANG Qiangming¹

(1. School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China;

2. Institute of Railway Electrification and Automation, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

Abstract: To solve the problems of distributed control and lack of geographic information technical assistance in the process of integrated automation development for Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) systems, system integration technology was applied to achieve comprehensive design of the Geographic Information System (GIS) and SCADA system in terms of data, interface and function. The comprehensive monitoring system was developed based on the multilayer structure of C/S. ActiveX technology was used in the developmental process to complete the system integration, and the SCADA system was used as the basic means of monitoring and control, while the GIS was used to provide the necessary geographic information analysis and processing functions. With the establishment of integrated database, the seamless connection of GIS with SCADA and sharing were realized, and the data consistency and real-time performance of the integrated system were ensured. The communication between the devices and remote clients helped the system to realize on-site video monitoring. Safety measures were also integrated in the system. The system is now successfully applied in actual working environment, and all functions are verified with stable operation and high scalability.

Key words: Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system; Geographical Information System (GIS); system integration; integrated database; video monitoring

0 引言

数据采集与监控(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)系统可以实时地采集现场数据,对现场进行本地或远程的自动控制,进行全面、实时的监控,并为调度管理提供必需的数据^[1]。从第一代基于专用计算机和专用操作系统的 SCADA 系统到以信息化为标志的第四代 SCADA 系统,逐步实现了系统对现场设备各种数据的采集、控制信息下发、数据的发布展示及图形化表达、报警处理、事故追忆和趋势分析等功能,已经成功应用于电力系统、给水系统、石油、化工、交通等领域。概括地说,信息化时代监控系统具有以下发展趋势:1)采用面向对象技术、计算机网络技术、神经网络技术以及 Java 技术向智能化方向发展;2)实现 SCADA 系统的扩展,将 SCADA 系统与其他系统进行广泛集成向综合自动化发展。

随着科学技术的不断进步,有关空间地理分布的问题需要以地理信息技术为解决手段。地理信息系统(Geographical Information System, GIS)^[2-4]是空间信息科学的重要组成部分,主要特征是存储、管理、显示及分析处理与空间物体的地理分布相关的数据信息,以地理研究和地理决策为目的,以地理模型方法为手段,具有空间分析、多要素综合分析的能力。基于 SCADA 系统的发展趋势,将它与地理信息系统集成组建为综合监控系统,符合 SCADA 系统综合发展的需求,能很好地解决传统 SCADA 系统不具有处理各种与空间地理分布有关的图形和数据的问题。

GIS 与 SCADA 系统集成的目的在于:GIS 为 SCADA 系统提供地理信息支持,SCADA 系统则向 GIS 传递实时数据,并通过可视化手段将实时数据动态地展现出来;有机结合空间地理信息、静态属性和动态属性,增强对数据的表达能力;为系统提供监控对象的空间导向信息,大大提高监视、决策的准

收稿日期:2012-08-17;修回日期:2012-09-24。

作者简介:杨泽平(1988-),男,四川巴中人,硕士研究生,主要研究方向:计算机控制、智能控制、GIS、智能保护、变电站综合自动化;刘德强(1970-),男,四川绵阳人,高级工程师,主要研究方向:计算机控制、智能控制、GIS、空间分析与建模;王茜(1963-),女,四川成都人,副教授,主要研究方向:智能控制、电力系统、电气设备状态监测、故障诊断;向强铭(1987-),男,湖北来凤人,硕士研究生,主要研究方向:电力系统、电气设备状态监测、故障诊断。

确性和可靠性。

本文介绍的 GIS-SCADA 综合监控系统是基于客户/服务器(Client/Server, C/S)多层体系结构在分布式系统中的应用,能实现对现场设备远程控制、数据管理、地理信息查询与分析等功能;与此同时,建立一体化集成数据库实现数据共享,保证数据的一致性,降低用户的工作量;系统注重软件的功能设计,但不会过分依赖于软件平台,因此系统具有良好的可扩充性。目前,系统已经在现场环境中得到了成功应用,能够为系统管理者提供多元化的决策依据,实现有效的管理。

1 总体设计思想和系统结构

在系统工程中,系统设计的思想是集成起来的功能应大于各部分单独功能之和,且做到功能兼备、相互统一;集成不是简单地将要素集合起来,而是具有明确的目的性和主观性。在对 GIS 与 SCADA 系统集成时,基于综合监控系统的整体设计,需要考虑时间、空间和控制目标这三个维度的协调来进行开发^[5],系统三维分析如图 1 所示。

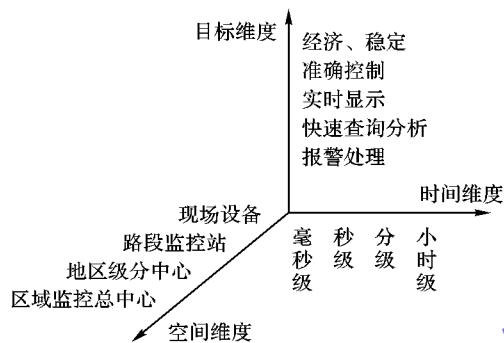


图1 综合监控系统三维分析示意图

在实际运用中,系统监控中心与监控站点相对独立运行和管理,这与系统在空间的相互连接存在矛盾,所以构建系统模型时应该考虑区域内全局监控与局部监控之间存在的矛盾,使得在监控站点独立运行的基础上,又能与上一级监控中心实现信息交互。在此过程中也应考虑信息访问权限的设置,达到整体与局部信息交融的一致性。监控系统运行过程中有静态数据和动态数据,其中动态数据会随着时间的推移不断变化,这就要分析和讨论数据存储结构与访问方式。对于随时间变化的动态数据进行访问时,需要体现不同时间尺度的协调,监控事件序列在时间维度上表现为具有先后之分,是一个过程的集合,因此,设计时要能实时有效地反映不同事件控制下发和反馈信息变化。系统运行有经济性、稳定性、准确控制等多目标要求,在系统集成时,不追求单一指标的最优,需要在对系统功能设计时做到统筹兼顾和综合分析。

1.1 系统集成路线与方式

在建立系统过程中,由于独立开发难度很大,宿主开发受 GIS 工具提供的编程语言限制,因此,利用 GIS 工具软件与可视化编程语言进行集成开发成为应用开发的重要途径。目前 GIS 与 SCADA 系统的集成方式^[6-8]主要包括:1)以 GIS 为软件平台构筑 SCADA 系统的其他功能模块,但此方法难以完成 SCADA 系统的实时处理与控制、分析计算等功能;2)在 SCADA 系统中组建 GIS 功能,但这种方法不能保证有效处理地理信息,对数据库要求较高;3)通过数据库实现关联集成,但这种方法很难满足实时性要求;4)将 GIS 功能作为一个

ActiveX 控件对象嵌入到 SCADA 系统中,这种方式能较好地满足 GIS 和 SCADA 功能设计的要求。

系统的集成设计也就是完成功能、数据和界面一体化的过程,本文的集成设计就是利用 Visual Studio 开发工具,合理选择和运用 GIS 控件对象嵌入到 SCADA 系统中,通过调用控件实现具体应用,各个模块之间相互关联共同处理数据,可以实现高效、无缝的系统集成。

1)功能的一体化。GIS 组件由一系列可拆分、可协作、可裁剪的控件构成,将 GIS 组件作为功能对象引入到 SCADA 系统中,通过编程语言实现 GIS 与 SCADA 系统的融合,对于同一规范的各种组件可以实现无缝集成^[9]。可以使用 SCADA 系统与 GIS 组件协同实现综合监控系统的功能,从而形成紧凑的、一体化的可执行程序。

2)数据的一体化模型。数据的一体化是完成系统集成的重要组成部分,SCADA 数据库存储动态实时数据、属性数据和历史数据,而 GIS 数据库则存储地理信息数据、属性数据等。SCADA 系统采集现场设备的实时数据,GIS 则包含了地理信息数据和属性数据,在 SCADA 系统获取采集数据时触发监听事件,而后通过访问 GIS 数据库中对应的实时信息 ID 属性参数,将数据写入到 SCADA 数据库中。集成系统保持了采集信息的一致性和实时性,系统数据集成模型如图 2 所示。

构建统一的数据平台要求数据存储格式的一致性,在设计中可以通过 GIS 软件数据模型将地图数据导入到关系型数据库中。空间数据库引擎采用先进的空间数据存储技术、空间索引技术和数据查询技术,实现了具有“空间地图信息—业务数据信息一体化、空间—属性数据一体化”的集成技术^[10-12]。地理信息存储到关系型数据库过程如图 3 所示。

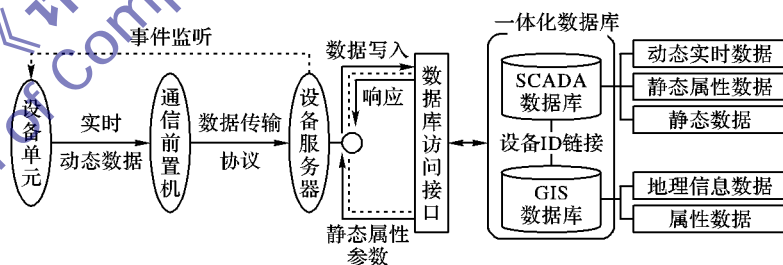


图2 系统数据集成模型

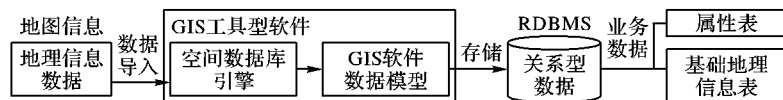


图3 地理信息存储过程

3)界面的一体化。用户图形界面管理应用程序在屏幕上的输入与输出显示,应用程序可以拥有一个或多个窗口。本文设计中采用重叠窗口机制进行显示与操作,为了优化显示效果,利用 Dotnetbar 控件来构造多文档界面,继而通过数据一体化的建立,使 GIS 与 SCADA 系统共享地理信息与实时数据。GIS 功能可以方便地在 SCADA 系统中实现,能够达到系统设计预期目标且保证整体外观风格的一致性和友好性。

1.2 系统的 C/S 多层结构

SCADA 系统中引入 GIS 技术向综合自动化发展,需要考虑地理范围分布的因素。基于 C/S 分布式监控模式,系统监控管理分为监控中心和若干监控站的多级分层结构^[13-14],主要由用户界面层、应用管理层、业务逻辑层和数据服务层四个部分组成。其中,用户界面层主要负责与用户交互信息、显示当前处理结果,通过应用管理实现数据监视与控制、地理信息

展示功能。业务逻辑层作为核心,负责处理数据以及进行数据回送:对于数据层而言,它是调用者;对于用户界面层而言,它是被调用者。数据服务层维护数据的完整性和安全性,执行数据的存储与查询,并与一体化数据库进行交互,响应逻辑层的数据请求。

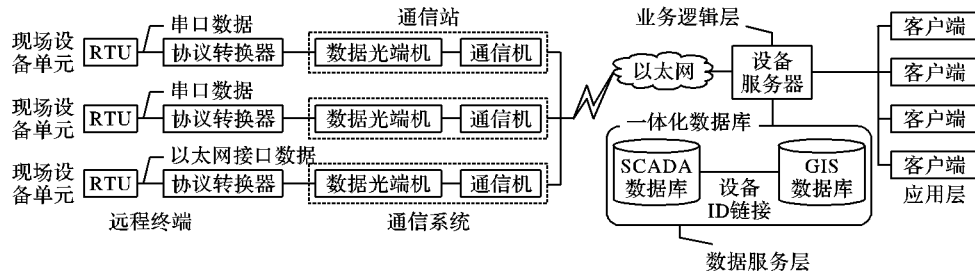


图4 系统的总体结构

远程终端 采集设备的实时数据,将信息发送至监控中心等处理;执行中心设备服务器下发的控制命令,完成实时处理和前端处理功能。大致包括输入输出处理模块、在线监听模块、控制管理模块等。对于远程终端单元,要求它能达到实时性和稳定性的要求。

通信站 监控外场设备数据先通过以太网数据光端机传输到就近的通信站,再经通信系统接入到监控中心设备服务器。若监控设备不提供以太网端口,则需配置以太网适配器将串口数据转为以太网接口数据。通信站需要保证其高可靠性和较好的容错能力。

设备服务器 接受设备采集的动态数据,与一体化数据库进行交互,响应客户端的数据请求。综合监控系统为实时多任务系统,应用管理层和业务逻辑采用分层实施。应用管理层是用户层与数据层、逻辑层的桥梁,响应用户层的数据请求,执行任务并从数据层提取数据,并将必要的数据传送给用户层;同时,它也把用户的数据提交到逻辑层中进行处理。

客户端 完成用户与综合监控系统的交互,提供可视化、友好的操作界面,为用户展示其关注的最新动态数据和与之相关的地理信息。

1.3 运行管理模式

根据系统结构和设备配置需求,设计了多级分布式监控系统模式,即在管理机构设置监控中心,为多级监控设置的最高层,也是数据汇流中心,负责全线的数据监视与控制、设备维护管理工作;在各辖区设置监控分中心,负责辖区内的运行状态监视。对于各个监控段,设置相应的监控站点以采集现场数据和设备运行状态,对于被控系统本身为一个大型系统时,需要管理和协调的任务较多,就会加入中间层次的计算机进行数据的处理。这样的系统结构可以对多种处理过程进行监视与控制,而且各处的信息交换和控制可以达到协调一致的运转。

2 系统软件设计

在系统软件设计过程中,运用了组件式集成开发技术,利用GIS组件构成具有高度伸缩性的软件平台,体现出集中监控、分散控制的思想,具有跨设备、跨平台、功能集中的特点。

2.1 软件开发平台

综合监控系统整体可以简单地看成由硬件、软件 and 用户三部分组成。系统硬件需要结合设计要求进行配置,而就软件而言,可以分为系统软件、支撑软件和应用软件三类。其中系统软件位于底层;支撑软件作为开发工具,支持应用软件的开

发;应用软件则是面向用户来进行开发设计。结合GIS和SCADA系统监控软件开发平台的层次如图5所示。

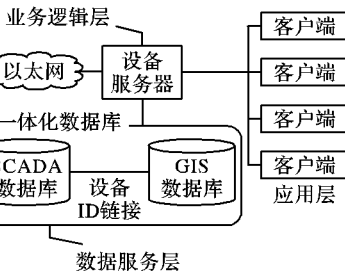


图5 监控系统软件层次

和管理;应用软件则是面向用户来进行开发设计。结合GIS和SCADA系统监控软件开发平台的层次如图5所示。

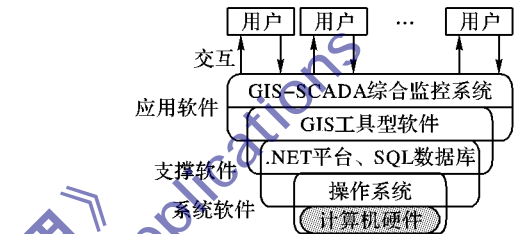


图5 监控系统软件层次

2.2 功能模块设计

系统功能设计主要由数据监控管理模块、GIS模块、设备运行管理和系统设置四个部分组成,从而完成实时多任务处理。图6为监控软件功能模块划分。

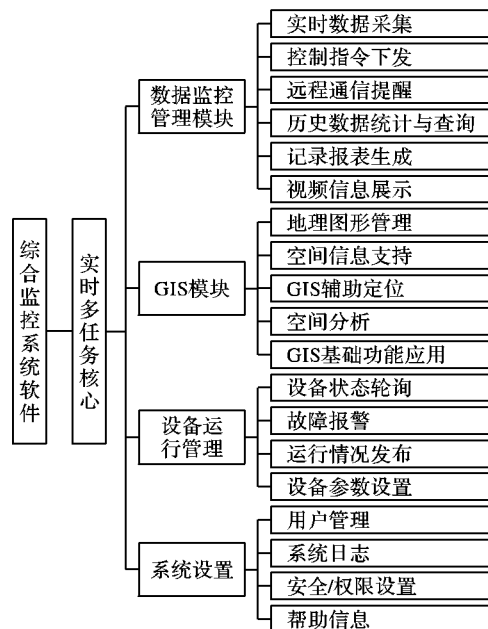


图6 监控系统软件功能划分

数据监控管理模块的主要功能是通过采集实时数据确定系统运行状态,完成控制命令发送和数据分析查询功能。视频信息部分作为一个监控组件嵌入到系统中,GIS与视频通过对应的ID号实现关联,应用程序调用其外部接口将视频图像集成到系统界面之中,可以提供对现场直观的视频监视画面。

GIS模块的主要功能是汇集监控对象相应的地理信息并进行展示,以电子地图的方式浮动显示所辖区域的情况;GIS辅助定位可帮助确定所选设备空间位置,而空间分析则包含

了空间查询和空间统计分析;GIS基础功能应用实现对地理信息浏览的基本操作,主要包括放大、缩小、拖动、全图展示、框选、地理量算等功能,这样可以方便察看与快速定位。

设备运行管理的主要功能是掌握现有投放设备的运行状态,并能根据报表信息进行远程管理,当数据超过规定的阈值时便自动提示报警,操作员通过设备参数设置对其进行调节,并产生合理的控制方案。

系统设置的主要功能是对用户进行统一管理、设置登录权限;记录系统中硬件、软件出现的问题,监视运行过程中发生的事件,提供对软件的维护及帮助信息。

2.3 数据管理模式

系统所需数据都存储在一体化数据库中,使用 SQL Server 建立数据库,通过 ADO.NET 对数据库进行访问^[15]。数据库管理模式根据图2所示的数据集成模型进行设计。数据库表是存储数据的基本结构,考虑到 GIS-SCADA 综合监控系统管理与处理问题的需求,应用中将信息划分为多个数据库报表,即设备类型表、区域信息表、状态列表、操作记录表、信息下发表、遥测表、报警记录表、登录日志表、用户信息表等。信息表创建确定数据类型及其特性,同时也反映为实体的数据集合。表1为设备类型表的结构示例。

表1 设备类型表结构

字段名称	类型	长度	主键	字段名称	类型	长度	主键
ID	Int	4	是	类型	Varchar	50	
User ID	Int	4		设备编号	Varchar	50	
对象号	Int	4		设备状态	Varchar	50	
名称	Varchar	50		安装位置	Varchar	50	
所属区域	Varchar	50		所在位置	Varchar	50	
桩号	Varchar	50		注释	Varchar	200	

2.4 系统应用程序设计

系统在 .NET 平台下使用 C# 语言进行编码实现。C# 是面向对象的程序开发语言,能够在 .NET 平台上开发种类丰富的应用程序,其固有的特性保证了它是一种高效、安全、灵活的现代程序设计语言,C# 与 .NET 平台的结合能够为应用提供完整的解决方案^[16]。应用程序端数据监控工作机制流程如图7所示。系统初始化后,将载入登录界面,为了保证综合监控系统能够安全有效地运行,设置了使用权限选择,不同的用户根据相应的权限完成操作;同时,监控系统要求全天候实时工作,在运行过程中为防止误操作而退出系统,在关闭程序时需得到密码验证才能完成退出。在设计中添加了多线程、处理重发、操作超时机制,提高了事件的响应速度,确保了实时性和可靠性。

3 应用实例及测试结果

从实际出发,构建了 GIS-SCADA 综合监控系统,其功能实用、界面友好、操作简单,主界面如图8所示。运用信息系统工程测评对软件进行了鉴定测试,内容包括功能性、可靠性、易用性、可移植性、中文符合性等多方面性能测试。通过对系统功能逐一测试表明:被测系统功能运行正常,符合设计要求。

测试环境:设备服务器1台,计算机工作站(客户端)4台,以太网交换机、便携机各2台。服务器参数:处理器主频 2.8 GHz, Intel 酷睿 i7 860 四核处理器,内存 4 GB(可扩充),显存 512 MB 的独立显卡。软件资源:GIS 平台选用 SuperMap,数据库采用 SQL Server 2008,局域网协议为

TCP/IP。

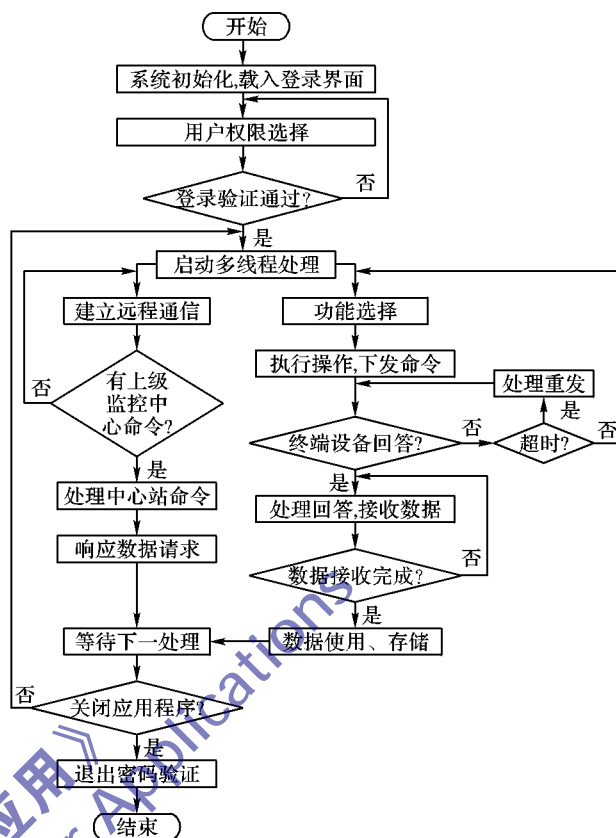


图7 应用程序工作流程

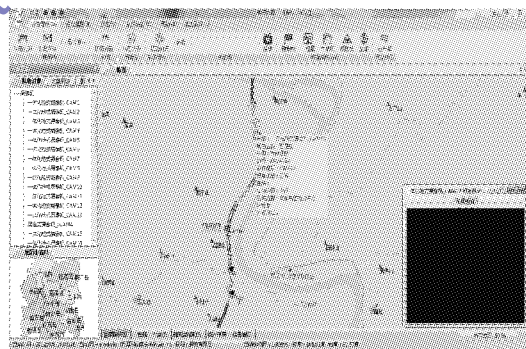


图8 应用程序主界面

功能测试侧重于所有可直接追踪到用例或功能和业务规则的测试需求。测试的目标是核实数据的接收、处理和查询是否正确,以及业务处理的实施是否恰当。测试是基于黑盒技术,通过用户接口与应用程序进行交互,并对交互的输出或结果进行分析,以此来核实应用程序功能及其内部进程。

系统目前已经在现场环境中得到应用,运行稳定,可扩展性高,反映良好。其存储不小于1周的检测数据,在完成故障恢复后,能够保持原系统参数不变,原存储数据不丢失。表2为系统在运行环境中测试指标。

表2 系统运行测试指标

系统实时性指标	测试结果	技术性能指标	测试结果
采集数据传送时间	3 s	事件事故检测率	>99%
控制命令传送时间	2 s	平均检测时间	<10 s
画面数据刷新周期	2~10 s	判断火灾时间	<20 s
音频数据速率	300 Kb/s	检测报警时间	10 s
数据误码率	<10 ⁻¹²	标准环境误报率	≤1/40 d ⁻¹

(下转第574页)

表3 本系统功能测试结果

测试内容	测试步骤	测试结果
实时性能管理	1) 选择设备、端口、采集时间等参数;2) 启动采集任务	采集结果以曲线图或饼状图的形式正确显示
历史性能管理	1) 选择查询设备、端口及性能参数;2) 点击查询显示	查询结果以曲线图或饼状图的形式正确显示
性能预测	1) 启动预测未来一天的情况;2) 记录未来一天的实时数据	预测误差非常小,符合系统的要求

表4 本系统性能测试结果

测试内容	测试步骤	测试结果
最大用户数并发操作	1) 模拟 16 个用户并发操作;2) 同时进行性能查询、设置操作	系统正常工作,运行稳定
操作响应时间	1) 在数据库中插入 200 万条记录;2) 执行各种查询、设置操作	操作响应平均时间为 1.2 s
告警上报时延	1) 修改性能门限使之能产生告警;2) 启动采集任务,观察结果	告警上报平均时延为 61.5 ms

5 结语

本文采用 SNMP4J 和 JfreeChart 类库、MyEclipse 9.0 开发环境设计并实现了基于 Web 的 EPON 网络性能管理系统。系统实现了对性能数据的查询与显示,同时在性能预测中采用增加动量项的 BP 神经网络对网络性能进行预测,实现网络性能管理的智能化。在开发过程中,采用 SSH 架构,有效实现了系统各模块的解耦,最大限度地实现了系统的可维护性和可重用性。

虽说系统在响应速度、传输时延方面效果较好,但在智能化、安全性等方面仍然存在很多不足之处,因此在后续的工作中可以引入专家系统,对网络性能的进一步改善给出明确合理的建议,以降低网管人员的工作复杂度。

参考文献:

- [1] 田春丽,陈雪,顾雪沁. EPON 网管性能管理子系统的设计和实现[J]. 光通信技术,2009(2): 16-19.
- [2] 万姗姗,吴峰. EPON 网管功能现状及展望[J]. 电信技术,2008(9): 39-40.
- [3] de VERGARA J E L, VILLAGRA V A, BERROCAL J. Applying the Web ontology language to management information definitions [J]. IEEE Communications Magazine, 2004, 42(7): 68-74.
- [4] GOVINDAM R, TANGMUNARUNKIT H. Heuristics for Internet map discovery [C]// INFOCOM 2000: Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Washington, DC: IEEE Computer and Communications Societies, 2000, 3: 1371-1380.
- [5] 李刚. 轻量级 JavaEE 企业应用实战——Struts2 + Spring + Hibernate 整合开发[M]. 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [6] CASE J. Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC 1157 [S]. [S. l.]: RFC, 1990.
- [7] ROSE M. Management information base for network management of TCP/IP-based Internet: MIB-II, RFC 1213 [S]. [S. l.]: RFC, 1991.
- [8] 李明江. SNMP 简单网络管理协议[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 8-10.
- [9] 林永傍. 基于 Web 的 EPON 网络管理系统的设计与实现[D]. 广州: 暨南大学, 2010.
- [10] 聂晶, 潘志宏, 徐洪, 等. EPON 网络性能管理系统的设计与实现[J]. 电讯技术, 2010, 50(12): 90-93.
- [11] 王军. EPON 网管系统分析与设计[D]. 北京: 北京邮电大学, 2010.
- [12] KRAMER G. 基于以太网的无源光网络[M]. 陈雪, 孙曙和, 刘冬, 等译. 北京: 北京邮电大学出版社, 2007.
- [13] 韩力群. 人工神经网络教程[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [14] 高洪岩. 至简 SSH: 精通 Java Web 实用开发技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [15] 粘来霞. EPON 系统 SNMP 网络管理设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.

(上接第 570 页)

4 结语

随着 GIS 技术的发展, GIS 与 SCADA 系统相互协作必将日益得到重视;在 SCADA 系统中融合 GIS 技术扩大其应用层面,共同服务于生产,具有重要意义。本文介绍了系统集成技术在 C/S 多层结构中具体实现方案,对 GIS 与 SCADA 系统功能进行整合,在为系统提供实时监控能力的同时,完成地理信息汇集、共享、处理与发布;为管理部门调度控制提供一个具有较高实用性的辅助决策平台。

参考文献:

- [1] 宋新航. SCADA 系统设计和实现[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [2] 吴信才. 地理信息系统设计与实现[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2009: 10-22, 101.
- [3] DEMERS M N. Fundamentals of geographic information systems [M]. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005.
- [4] TAIT M G. Implementing geoportals: applications of distributed GIS [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2005, 29(1): 33-47.
- [5] 张伯明, 孙宏斌, 吴文传. 3 维协调的新一代电网能量管理系统 [J]. 电力系统自动化, 2007, 31(13): 1-6.
- [6] 刘亚鑫, 夏立. GIS 与 SCADA 系统集成技术的研究 [J]. 电网技术, 2007, 31(16): 42-45.
- [7] 王志岗, 彭霏. GIS 与 SCADA 集成技术的研究与应用 [J]. 测绘, 2011, 34(1): 14-17.
- [8] 朱毅. 排水管理系统中 GIS 与 SCADA 的集成研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [9] 王利军, 李永树. 基于 GIS 的 DCS 数据远程监控与可视化研究与应用 [J]. 化工自动化及仪表, 2010, 37(6): 76-78, 81.
- [10] 窦华成, 王力, 邓世军. GIS 和 SCADA 系统数据一体化模型及其应用初探 [J]. 工程勘察, 2007, 35(5): 48-50, 57.
- [11] 朱毅, 周君. GIS 与 SCADA 集成中数据一体化技术的研究 [J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(3): 22-23.
- [12] 张强, 姜占华, 张佳民. 基于实时操作数据存储的动态警情分析 [J]. 吉林大学学报: 理学版, 2009, 47(6): 1255-1259.
- [13] 程茂, 蔡金金, 温静. 多层 C/S 系统构架的设计与实现 [J]. 河北农业大学学报, 2010, 33(4): 104-108.
- [14] 陈银鹏, 郭莉. 面向多应用系统的监控系统的设计与实现 [J]. 计算机应用, 2008, 28(4): 1061-1064.
- [15] 文永亮, 孟文, 王文玺. 基于 ADO 技术的 SCADA 数据库开发 [J]. 微计算机信息, 2008, 24(27): 141-143.
- [16] 汪维华, 汪维清, 胡章平. C#. NET 程序设计实用教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2011: 128-166, 189.