# 基于互联网的水电机组监测系统研究

瞿明奎[1], 朱建林[2], 赖 旭[3]

(1. 长沙大学电子技术与应用物理系,湖南 长沙 410003; 2. 湘潭大学自动化研究所,湖南 湘潭 411105;
3. 武汉大学水电站过渡过程与控制重点实验室,湖北 武汉 430072)

**摘要**: 为了确保水电机组的安全稳定和经济运行,需要实现对水电机组的监测。在 Internet 和 Windows 环境下,利用有效的网络资源、PXI、MXI-3 和 DataSocket 技术,采用易于扩展的客户/服务器结构模式来设计水电机组的远程监测系统。并对该系统的总体方案、软硬件组成及系统的功能做了详细的说明。该系统实现了水电机组信号的数据采集、数据分析和处理,并能通过网络进行远程监测,具有良好的应用前景。

**关键词**: 互联网; 水电机组监测系统; 客户/服务器模式; DataSocket; PXI

**中图分类号**: TM622 **文献标识码**: A **文章编号**: 1003-4897(2005)01-0046-04

## 0 引言

随着水电机组单机容量的不断增大,其安全性和经济性日显重要。对水电机组进行实时监测,及时准确地对机组运行的异常状况做出诊断,预防或消除故障,对保证机组安全运行具有重要意义[1]。但由于目前我国水电专业技术人员不足,机组出现故障时专家又由于地域原因不能及时到位,往往会因时间的延误造成巨大的经济损失。而采用水电机组远程监测系统,通过互联网把现场机组的信息及时送到专家手中,专家就可以像在现场一样准确、及时地作出判断,采取有效措施解决问题。因此基于互联网的水电机组监测系统具有强大的生命力和广阔的应用前景。

## 1 系统结构

水电机组监测系统采用基于 Internet 的 C/S 模式,即客户/服务器模式。服务器通过水电厂内部的以太网与现场计算机相连,现场计算机通过 PXI 系统连接到被测的水电机组上。客户机通过互联网连接到服务器上,工程师站和操作员站通过水电厂内部的以太网与服务器相连。操作员站、工程师站和客户机上的用户可随时访问服务器中的信息资源或进行远程监测。同时该系统还可与厂方 CMIS 和 MIS 系统等厂级信息管理系统联网,实现信息资源共享。系统结构如图 1 所示。

### 1.1 现场数据采集

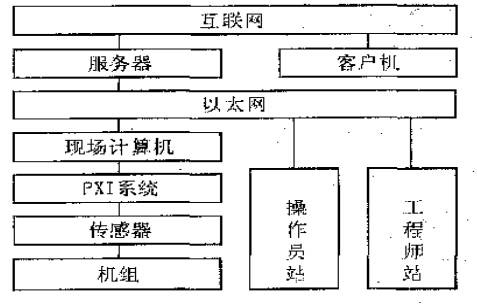


**图 1 系统结构图**

Fig. 1 Configuration of the system

本系统中数据采集是通过现场传感器将各个测量点的信号送到信号调理模块 SCXI-1125(可编程隔离放大器)、SCXI-1141(可编程低通滤波器)进行信号调理,将调理过的信号送到数据采集卡 PXI-6052E(16 路单端/8 路差分模拟输入、采样频率 333 KS/s、2 路模拟输出、8 条数字 I/O 线、2 路 24 位计数/定位器)进行数据采集。本系统采用了 NI 公司的组合式机箱 PXI-1010(8 个 PXI/Compact PCI 和 4 个 SCXI 插槽),零槽控制模块采用 PXI-PCI833X 模块和 MXI-3 技术。MXI-3 技术是一种 PCI 总线之间的连接技术,它采用的是标准 PCI-PCI 桥技术及 1.5Gb/S 高速串口连接,它不仅可以进行 PXI/Compact PCI 机箱之间的连接,而且可通过主控计算机对 PXI 系统直接控制。在本系统中将 PXI-PCI833X 模块和一块插在现场计算机中的 PCI MXI-3 板卡通过光缆相连,实现 PXI-1010 机箱内的各模块与现场计算机的通信。MXI-3 技术可实现 200 m 距离内信号传输,解决了计算机与测量点之间信号远距离传输的问题。PXI 系统靠近机组,大量的信号传输线都位于机组现场,虽然数量多,但很短,这样既大量

**基金项目**:国家自然科学基金项目(59909006);教育部科学技术研究重点项目(104120);湖南省教育厅科学研究项目(03C003)

节约了费用,又有利于抗干扰。另外,PXI 总线仪器具有很强的可扩展性,容易实现通道数量和类型的冗余[2],PXI 系统组成框图如图 2 所示。

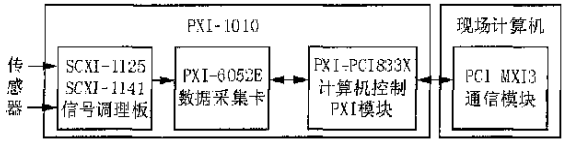


**图 2 PXI 系统组成框图**

Fig. 2 Diagram of PXI system components

### 1.2 客户端

远程监测的优势表现在人力资源的充分利用,由多个领域专家,在不同的地域相同的时间,通过互联网协同进行水电机组的监测。客户端的主要任务是向服务器发出连接请求以建立连接;接受用户对水电机组监测的指令,并把该指令发送给服务器;接受服务器传送的采集数据并进行分析和处理,通过虚拟面板显示给用户,以便对水电机组进行监测。操作员站的任务主要是实时监测、报警、手工输入数据等日常工作。工程师站的任务主要是系统参数设置,对水电机组的采集信号进行分析和处理等。

### 1.3 服务器端

一个服务器可以通过水电厂内部的以太网连接上一个或几个现场计算机,服务器端的主要任务是接受客户机建立连接、拆除连接的命令;将客户端传送过来的控制命令传送到现场计算机,实现对水电机组的现场数据采集;并将现场计算机传送过来的采集数据传送到客户端,以便对水电机组进行相应的监测。其次,出于安全的考虑,服务器端还需进行客户的身份鉴定和权限设置等。

## 2 基于互联网的水电机组监测系统的实现

基于互联网的水电机组监测系统实现的关键技术问题之一就是数据在网上的发布和共享。目前普遍的做法是采用 TCP/IP 和 DDE 等技术来实现网络环境下的数据共享,但这些技术都不是为了传输实时数据而设计的。例如在需要多终端共享数据时,如采用 TCP/IP 技术,就必须编写专用代码把需传输的数据转化为无结构的数据流,同时在数据应用终端上还需要使用专用代码将无结构数据流重新恢复为原始的数据形式。这种方法网络编程工作量大,需要设计较为复杂的 TCP/IP 底层编程,而且传输速率较慢。针对这一现状,NI 公司于 1999 年推出了 DataSocket 技术,它是一种面向测量和自动化工程的网上实时高速数据交换的编程新技术。DataSocket 技术摒除了较为复杂的 TCP/IP 底层编程,克服了传输速率较慢的缺点,大大简化了 Internet 网上数据交换的编程。

### 2.1 DataSocket 技术

DataSocket 实际上是一个基于通用资源定位符 URL (Uniform Resource Locator) 的单一的、一元化的末端用户 API。DataSocket API 可被制作成 Active 控件、LabWindows 库和一系列的 LabVIEW VIs,可在任何编程环境中使用。DataSocket 支持本地文件 I/O 操作、FTP 和 HTTP 文件传输及实时数据共享,并提供统一的 API 编程接口。从数据共享的角度,它是对底层进行高度封装,故需提供的参数少,只需设置 URL,编程人员无需为不同的数据格式和通信协议编写具体的程序代码。DataSocket 可在局域网和 Internet 上进行即时分送数据,适合于远程数据采集、控制和数据共享等应用程序的开发[3]。

应注意的是,这里的 URL 标识方式不同于大多数的数据 I/O 技术,它表示数据所在位置的同时也表明了取得数据的方式。在 URL 地址的第一部分表示不同的数据类型,例如:HTTP 为超文本传输资源,FTP 为文件传输协议,File 为本地文件,OPC 表示访问的资源是 OPC (OLE for Process Control) 服务器,DSTP (DataSocket Transfer Protocol) 表示数据来自 DataSocket 服务器的实时数据。其中 DSTP 是一种共享实时数据的数据传输协议,通过 DataSocket 服务器可交换任何类型的实时数据。在 URL 地址的第二部分表示 DataSocket Server 所在的计算机名或其 IP 地址,第三部分表示传送的数据项目,类似于文件名[6]。例如 dstp://192.168.0.4/wave,表示与 IP 地址为 192.168.0.4 的 DateSocket 服务器建立一个 dstp 连接,并获取信号 wave。

DataSocket 包括 DataSocket Server Manager、DataSocket Server 和 DataSocket 函数库等工具软件。DataSocket Server Manager 是一个独立运行的程序,主要功能是设置 DataSocket Server 可连接的客户程序的最大数目和可创建的数据项的最大数目,创建用户组和用户,设置用户创建数据项和读写数据项的权限。DataSocket Server 也是一个独立运行的程序,负责监管 DataSocket Server Manager 中所设定的各种权限和客户程序之间的数据交换。LabVIEW6i 中的 DataSocket 函数库包含有 Read、Write、Open 和 Close 等函数,其中 Read 函数用于从网上下载数据,而 Write 函数用于在网上发布数据,数据可以是单个或数组形式的字符串、逻辑(布尔)量和数值量等多种

类型。

本系统中现场计算机通过 PXI 系统完成水电机组现场实时信号的数据采集和处理后,利用 DataSocket 的写操作(DataSocket Write),将采集到的数据发送到服务器(DataSocket Server);服务器用来连接现场计算机、操作员站、工程师站和一个或多个客户机之间进行数据通信和交换;水电机组远程监测系统通过在客户端编写应用程序,利用 DataSocket 的读操作(DataSocket Read)将现场采集到的数据在客户端用虚拟仪器界面再现。

2.2 服务器端软件和客户端软件的设计

本系统中现场计算机、操作员站、工程师站和客户机的操作系统都选用 Windows 2000 Professional,服务器选用 Windows 2000 Server,数据库选用 SQL Server 2000,软件开发平台选用 LabVIEW 6i。LabVIEW[4] 采用图形化编程方案,亦称 G 语言,它采用可视化技术建立人机界面(即虚拟仪器操作面板),LabVIEW 提供了一种数据流的编程模式,用户只要连接各个框图即可构成程序,同时还提供了大量的程序库,因此利用 LabVIEW 可大大地缩短系统的开发周期。

由于本系统使用了 LabVIEW 开发平台和 NI 公司的数据采集卡和信号调理板,因此可以使用 LabVIEW 提供的大量数据采集子程序,也不需要为数据采集卡编制驱动程序。

由于 LabVIEW 中提供了极其强大的数学工具包(G Math Toolkit)和高级分库(advanced analyze library),使开发人员无需专业编程经验,也可开发出优秀的数据分析和处理系统[5]。

LabVIEW 本身并不具备数据库访问功能,可以采用 LabVIEW 附加工具包 LabVIEW SQL Toolkit 实现数据库访问,但这个工具包的价格比较昂贵;也可利用 LabVIEW 的 ActiveX 功能,调用 Microsoft ADO 控件,利用 SQL 语言进行数据库访问,但这种方法用户需要从底层进行复杂的编程才能实现。本系统采取从网址 http://jeffreytravis.com 上免费下载数据库访问工具包 LabSQL,它将复杂的底层 ADO 和 SQL 操作封装成一系列的 LabSQL VIs,可实现对数据库的查询、修改、删除和添加等操作。数据库分为实时数据和历史数据两种,实时数据主要有机组当前配置与数据采集参数、各通道设置参数、各通道原始波形数据、各通道频谱数据、各通道特征数据、过程参数等。历史数据分为机组正常运转和机组出现异常情况的历史数据,按年、月、日等进行分档压缩存储,其中各档存储间隔和时间长度可设置。历史数据采用一定的压缩存储策略,当机组正常运转时,数据保存密度和数量增加;当机组出现异常情况时,密度和数量减少。

利用 LabVIEW6i 的 DataSocket 中的 DataSocket Connection 属性,将不同计算机中的两个类型相同的 LabVIEW 控件设置相同的 DataSocket Connection URL 地址,并且连接类型(Connection Type)都设为 Publish and Subscribe,那么,这两个控件就由 DataSocket 连接起来,如果其中一个控件发生变化,另一个控件也会同步发生同样的变化。利用 DataSocket Connection 属性可以实现不同计算机上相对应的同类型控件之间的 DataSocket 通信,将现有的 LabVIEW 的应用程序变成具有远程通信功能的应用程序。

服务器端软件的设计:在运用 LabVIEW 完成系统软件后,将服务器端软件前面板上的每一个控件都设定一个不同的 DataSocket Connection URL 地址,并且连接类型都设为 Publish and Subscribe,那么它就成为一个具有远程通信功能的服务器端软件。

客户端软件的设计:在完成设计服务器端软件后,将服务器端软件上所有的控件都复制到一个新的 VI 中,这个新的 VI 就成为一个客户端软件。在实际使用中,客户端不仅仅只是接受采集数据,它可以安装应用程序,利用 LabVIEW6i 虚拟仪器开发平台,将现场采集数据在客户端用虚拟仪器界面再现,再利用 LabVIEW6i 的数学工具包和高级分析库来完成采集信号的分析和处理(如时域分析、频域分析、相位分析、小波分析、趋势分析等),提取水电机组的故障特征,并将故障诊断结果通过 LabVIEW Web Server 发布到现场,指导水电机组的现场检修,同时还可以通过 DataSocket 把控制指令写入服务器,实施直接对水电机组监测和故障诊断。

将客户端软件和服务器端软件分别安装在客户机和服务器上,并且在客户机和服务器上分别运行 DataSocket Server。服务器上运行服务器端软件,然后在客户机上运行客户端软件,那么就实现了在客户机上控制服务器端进行水电机组远程监测。

这种分别编写服务器端和客户端程序的方法具有下列优点:①避免了在服务器端和客户端进行大量的屏幕图像数据的传输,而只是少量有用数据的交换,极大地缓解了带宽的问题,使实时性和临场感更强;②服务器端和客户端的数据处理各自独立,有利于发现故障;③可以对水电机组的监测过程按授权不同实现不等权控制。例如某些与安全有关的

操作或比较特殊的功能只能就地进行控制。

## 3 水电机组实时监测

水电机组实时监测是在系统硬件的基础上,利用计算机软件,通过对采集到的水电机组现场信号进行分析处理,来实现对水电机组不间断的监测,并且随时以图形或图表(如轴心轨迹图、时域波形图、频谱图、谱阵图、振动信号直方图、瀑布图、历史趋势图、相关趋势图等)显示机组上各测点的变化趋势和规律。图 3 为机组振动与机组进、出口流道压力波动的实时监测界面。

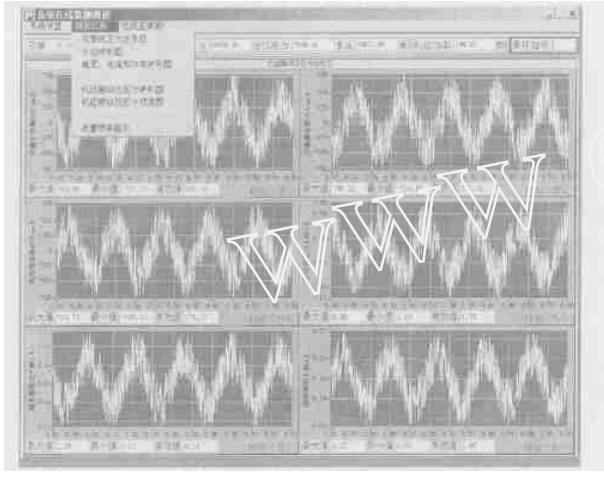

**图 3 实时监测界面**

Fig. 3 Interface of real-time monitoring

## 4 结语

本系统已安装在水电机组上,运行结果表明这种基于互联网的水电机组监测系统运行可靠,具有很强的实时性、灵活性和可扩展性,实现了"移动的是数据而不是人"的目的,取得了令人满意的效果。水电机组远程监测是计算机技术、网络技术、虚拟仪器技术与水电机组监测技术相结合的一种新的监测方法,随着这些技术的不断改进,系统的成本将大大降低,使用将越来越方便,配置将更容易和灵活,这将有力地推动水电机组状态检修新体制的建立。

**参考文献**:


[1] 郑松远,朱玉良. 水轮发电机组在线状态监测故障诊断系统[J]. 华北电力技术,1998,16(11):23-26.

ZHENG Song-yuan, ZHU Yu-liang. The Trouble Diagnostic System of On-line State Monitoring on a Hydraulic Generator[J]. North China Electric Power, 1998, 16(11): 23-26.

[2] National Instrument Crop. The Measurement and Automation Catalog[Z]. 2002.

[3] 李风保,古天祥. 网络化测试仪器的研究[J]. 自动化仪表,2003,24(7):1-3.

LI Feng-bao, GU Tian-xiang. Study on Networking Testing Instrument[J]. Process Automation Instrumentation, 2003, 24(7): 1-3.

[4] National Instrument Crop. LabVIEW User Manual[Z]. 2000.

[5] National Instrument Crop. LabVIEW Function and VI Reference Manual[Z]. 1998.

[6] 庄言春,孙翱,何熙文,等. DataSocket 技术与交互式网页[J]. 微处理机,2000,16(4):22-24.

ZHUANG Yan-chun, SUN Ao, HE Xi-wen, et al. DataSocket and Interactive Web Page[J]. Microprocessors, 2000, 16(4): 22-24.


**收稿日期**: 2004-04-12; **修回日期**: 2004-05-14

**作者简介**:

瞿 旻(1964 - ),男,副教授,从事现代测控系统的研究; E-mail: quzhaoyuya@21cn.com

朱建林(1942 - ),男,教授,博士生导师,主要从事电力电子与现代测控系统的研究;

赖 旭(1966 - ),男,博士,教授,主要从事水电站水机电过渡过程与控制的研究。

**Design and implementation of a monitoring system for hydroelectric generating set based on Internet**

QU Zhao[1], ZHU Jian-lin[2], LAI Xu[3]

(1. Dept. of Electronics Technology and Application Physics, Changsha University, Changsha 410003, China;
2. Automation Research Center, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China;
3. Laboratory of Transients and Control of Hydropower Station, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** In order to ensure the safe, stable and economic operation of a hydroelectric generating set, it is necessary to realize the monitoring of the generating set. By the aid of effective network source, PXI, MXI-3 and DataSocket technology, a remote monitoring system for hydroelectric generating set based on expansible client/server structural model is designed under the environment of Internet and Windows. The integral plan, software and hardware composition as well as functions of the system are described in detail. This system can carry out data acquisition, analyzing and processing of the hydroelectric generating signals, and realize remote monitoring by network. This system has a fine application prospect.

**Key words:** Internet; minitoring system for hydroelectric generating set; client/server model; DataSocket; PXI