

基于 NI CompactRIO 的分布式 远程监控 SCADA 系统

寇煜承

(四川旭测科技有限公司 成都 610000)

摘要:针对传统监控系统功能单一、集成度低、环境适应性差、维护困难等问题,设计了一套集数据记录、分析、报警、数据回放于一体的综合监控系统。系统选用 LabVIEW 和 CompactRIO 技术实现了灵活性、坚固性、移动性以及易用性,主要用于采集试验装置运行数据,并对阀门、泵和试验本体等设备进行控制和监测,保证试验装置安全稳定运行。

关键词:分布式监控;SCADA;CompactRIO;分析测量

中图分类号: 510.8060 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 130.2030

Distributed remote monitoring SCADA system based on NI CompactRIO

Kou Yucheng

(Sichuan Xuce Technology Co., Ltd, Chengdu 610000, China)

Abstract: In view of the problems of traditional monitoring system, such as single function, low integration, poor environmental adaptability, difficult maintenance, and so on, a comprehensive monitoring system is designed, which is a set of data records, analysis, alarm, data playback and integration. The system uses LabVIEW and CompactRIO technology achieve flexibility, firmness, mobility and ease of use, mainly used to collect the running data of the test apparatus and equipment for valves, pumps and the test itself were control and monitoring, ensure the safe and stable operation of the test device.

Keywords: distributed monitoring; SCADA; CompactRIO; analysis and measure

1 引言

现在随着科学技术的快速发展,数据采集及监控系统越来越被人们所熟悉和重视。传统监控系统有着功能单一、集成度低、环境适应性差、维护困难等问题,因此其已经不能满足现代企业生产管理中大量物理量、环境参数、工艺数据、特性参数等进行监控的要求。而计算机监控系统是以监测控制计算机为主体,加上检测装置、执行机构与被监测控制的对象(生产过程)共同构成的整体。其系统中计算机实现了生产过程的检测、监督和控制功能。由于工业生产过程控制要求的高环境适应性、高实时性和高可靠性等特点,自动控制与检测技术一直沿着自己的道路发展,测控领域所使用的通信技术都自成体系,许多通信协议不开放,而且大多数系统都是面向单台,或单一类型的设备^[1]。

系统基于 NI LabVIEW 可重配置软件架构,该平台包含了数以千计为工业控制和测量应用程序设计的高级函数。可以快速实现高级的数据信号处理和频率分析应用^[2]。

基于 NI CompactRIO 的分布式远程监控 SCADA 系统作为试验装置的核心,主要功能是负责采集试验装置的运行数据,并对阀门、泵和试验本体等设备进行控制和监测,保证试验装置安全稳定运行。系统的采集信号包括热电偶信号、铂电阻信号、需配电的变送器信号、电流电压信号和开关量输入信号。系统需要控制的对象有泵、变频器、调节阀和快关阀以及加热元件等。经系统采集回来的信号在控制室的上位机显示器上显示,试验中根据系统测点状态,调节回路工况,系统监控并保护主要运行设备,同时完成数据的转换、记录及分析任务。

系统的控制和采集信号点多,采集量转换算法复杂,

并要求系统可自动调用用户自己使用其他编程语言编写的算法代码,需要针对不同的场景和采集控制,准确记录每一时刻的信号量,记录不同用户的操作。要求工作环境恶劣,能够实时监测用户待测场景,有效的掌控待测场景的状态和历史发展。与此同时,用户能够完全自定义的对控制监测场景进行配置,在给予用户充分的自由度的情况下,保证了用户对非公开和保密场景的监测和控制。

由于被测信号种类多、数量大,且要求多路信号并行测试,数据实时传输,所以对系统的采集效率和实时性提出了较高的要求^[3]。采用 NI CompactRIO 使用恶劣环境下的高速实时采集,虚拟仪器软件体系更是通过软件编程的方式对测试仪器进行了丰富的扩展,仪器种类多标准化程度高,可以大大减少开发工作量和缩短开发周期^[4-6]。

2 系统的总体设计

2.1 设计概述

基于 NI CompactRIO 的分布式远程监控 SCADA 系统,高效稳定的采集和控制,场景及显示控件的用户自定义配置,采用 citadle 数据库,具备自动报警和历史数据等多种功能。数采控制系统作为试验装置的核心,主要功能是负责采集试验装置运行数据,并对阀门、泵和试验本体等设备进行控制和监测,保证试验装置安全稳定运行。整体系统基于 NI 软硬件平台,具有很强的一致性和可复用性,系统架构如图 1 所示,其中所使用的 NI 产品包括: LabVIEW 2013 软件开发平台、LabVIEW 2013 Datalogging and Supervisory Control 模块、LabVIEW 2013 FPGA 模块、LabVIEW 2013 Real-Time 模块、CompactRIO-9104 可重新配置嵌入式机箱、CompactRIO-9081 嵌入式控制器、CompactRIO-9215 高速电压信号采集模块等。

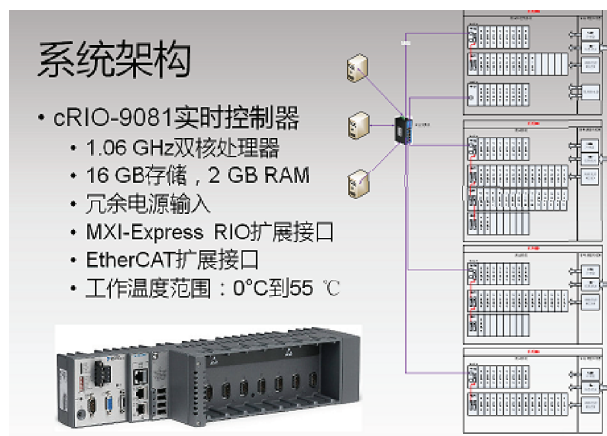


图 1 系统架构

2.2 采集控制对象

系统的采集信号有热电偶信号、铂电阻信号、需配电的变送器信号、电流电压信号和开关量输入信号。其中热电偶和铂电阻统称温度信号;系统中还有大电流信号,指 0~5 A 电流信号;高电压信号,指 0~220 V 电压信号。

系统需要控制的对象有泵、变频器、调节阀和快关阀以及加热元件等。需调节的设备通过 4~20 mA DC 信号进行控制,需要启停的设备通过继电器信号进行控制。

经系统采集回来的信号在控制室的上位机显示器上显示,试验中根据系统测点状态,调节回路工况,系统监控并保护主要运行设备,同时完成数据的转换、记录及分析任务。系统整体框架如图 2 所示,系统包括上位机、交换机和现场机柜。信号接入时应把弱电信号和强电信号分开布置。

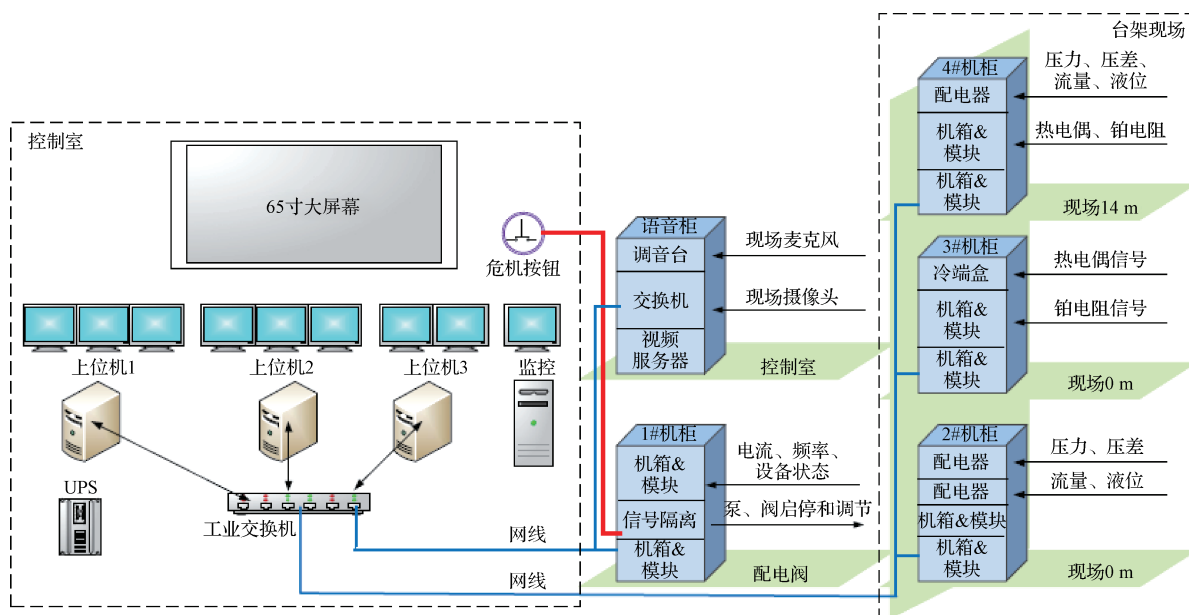


图 2 系统整体框架

2.3 系统功能及成果

软件功能包括:完成数据采集、显示记录和处理;实时的以数字和图像显示;实时反馈系统的联锁和报警状态;对设备进行实时、准确的控制。具体功能说明如下:软件的主要功能是采集、记录和处理数据,并实时显示;其软件设计框架如图3所示。系统软件架构中对于数据采集的同步处理采用的是每台控制器上运行一个时间模块 NI TimeSync,这些时间模块确保了时间的一致性,采集时由上位机发携带开始采集时间的采集指令,所有采集模块根据此时间开始进行数据采集,此方法时间同步的误差在5~6 ms,满足用户10 ms的需求。

基于 LabVIEW 图形化编程软件的监测系统具有很好的人机交换界面^[7-8]。

对于配置参数的一致性,每次修改配置文件时会将修改后的配置文件同步到另外两台上位机,同时复制该文件在文件名后追加时间 log 保存到专门的文件夹,将配置参数用网络共享变量的方式发送到下位机并保存,确保配置参数的一致性。

数据的存储采取下位机和上位机同时存储的机制,下位机开辟一定缓存区域,超过缓存大小时删除前面的记录,采用先入先出的模式。当上位机与下位机失联后,数据在下位机上有保存,恢复联系后,上位机可通过 FTP 等方式将未保存记录的数据段从下位机读出。上位机通过网络连接的方式将数据送至上位机,并通过运行在上位机中的 LabVIEW 程序实现数据的实时显示、存储及后处理^[9]。

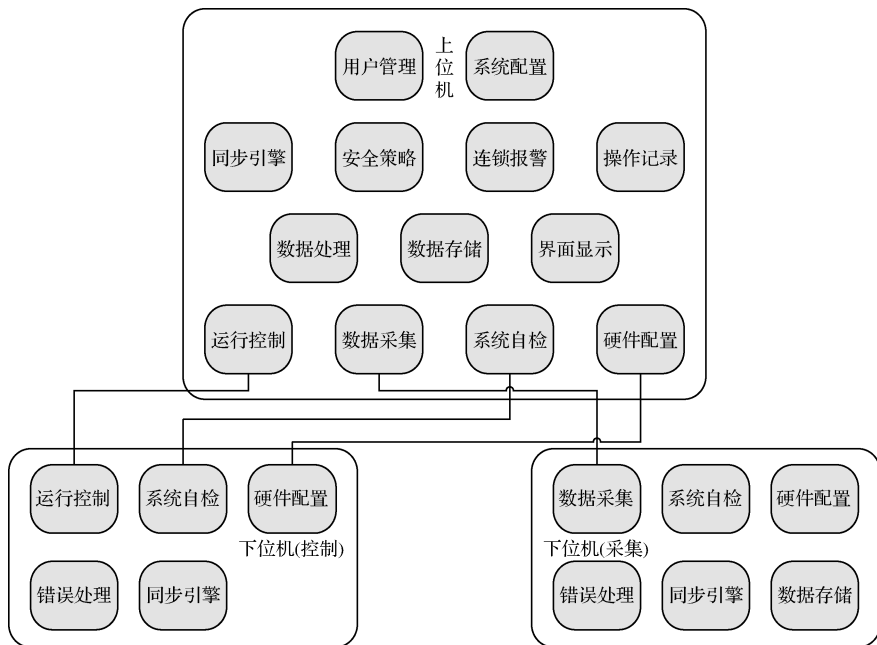


图3 软件设计框架

用户管理模块包含用户管理、登录和权限管理,其中用户管理包括新建、删除、修改、权限分配、权限定义;用户登录模块包括只有当用户正确输入用户名和密码后才有进行后续操作的权限;权限管理包括控制权限,只读权限,当用户以控制权限登录软件时,对底层硬件设备的控制指令可以通过网络发送至下位机执行,但当用户以只读权限登录时硬件的控制指令将不被软件接受,该用户将无权控制下位机硬件设备。用户信息记录在数据服务器上。

初始化模块是每次上位机开机后,读取另外两台上位机的 INI 文件同步到本地,如果另外两台上位机均离线,待其上线后将最新修改的 INI 文件同步到所有上位机。如果有处于离线状态的上位机,则待全部上位机上线时再将数据上传。

系统自检模块包括:向下位机发送自检命令、读取并显示自检信息、其发送读取方式为网络共享变量、把问题

的详细信息显示在界面上。

运行监测模块包括监视下位机控制器连接和模块采集状态(通过控件的形式在流程图上显示),用户可通过右键点击控件的方式来对该控件对应的硬件通道及相关属性进行配置(弹出对话框的方式);出现异常时通过网络共享变量从下位机读取错误信息(事件结构触发并读取)并以弹出对话框的形式显示错误信息;出现错误信息精确到模块及通道以便于维修。

设备控制模块包括在主流程图阀门对应的位置放置阀门控制控件,右键点击该控件可以设置控件对应的通道以及相关属性,在主流程图泵对应的位置放置泵形状的布尔按键,点击该按键可以弹出控制窗口,包括变频器启动、停止和频率调节、泵运行状态、变频器运行状态、泵三相电流都可以在该窗口实时监控。在控制控件附近会放置显示控件,同样可以通过右键点击控件设置控件对应的通道

以及相关属性,该控件可以监视控制信号,如果监测到的状态与控制控件的状态不一致会弹出报警对话框;控制按钮会用改变控件颜色的方式区分 ON/OFF 两种状态。

数据读取模块,读取方式是下位机创建对应信号的网络共享变量并与该信号的采集通道绑定,上位机通过 DSC 模块读取该共享变量的值就可以得到对应信号的测试值;能以 100 Hz 速度完成所有测量信号的读取;信号的延迟时间小于 10 ms。

数据计算处理模块包含物理量转换,将底层软件上传的原始数据按照预定义的公式或算法进行至工程值或拟合值的计算;将得到的计算结果反馈给界面单元完成显示;判断采集信号是否超过系统设定值。

数据存储模块其最大存储速率 100 Hz,且速率在配置界面中可调;每次储存时,存储 3 个文件,一个为转换后的试验数据,一个为试验系统原始信号,还有一个为配置文件,当用户修改配置时会将修改后的配置文件同步到另外两台上位机同时复制该文件在文件名后追加时间 log 保存至专门的文件夹;存储格式:Excel 文件或数据库(待定)。

曲线显示模块可以将任意信号的数据时间曲线可视化图形输出。

设备启停和调节模块在图形界面(流程图)上包含了所有用到的控制控件,用户点击相应的控件或输入值就可以启停和调节相应的设备。

参数控制模块,其更新方式是实时更新,其发送方式是由下位机创建对应信号配置信息的网络共享变量,上位机将配置信息写入该共享变量,下位机通过事件结构读取该共享变量并进行相应的配置。

本地保存模块通过 INI 文件进行(3 台上位机同时更新)。

连锁报警模块是对回路重要设备的运行进行报警提示及连锁保护;其报警内容为控制失灵温度超限读取错误。

数据浏览模块能够读取存储的数据,并按照时间和信号进行数据提取、合并及分离,以波形的形式显示。

安全策略模块可设置测量信号的范围;有信号超出范围时会触发事件结构产生报警;用户可以选择报警等级,并根据报警等级填写报警信息以及采用何种处理,包括高亮显示某个显示控件,在界面显示提示信息,弹出提示信息对话框或禁用某些操作等。

操作信息记录模式当不同用户完成对不同对象的控制时,每台上位机都记录对应用户操作,实时显示,并单独存储在本地硬盘中。

3 应用实例

3.1 方案需求

某研究所需要一套数据采集监控系统来保证试验装

置安全运行和试验任务的顺利完成。对系统的主要要求有:

- 1)对各通道数据进行实时处理和记录,并显示;
- 2)系统应保证数据采集所获得的数据与系统运行控制的回路参数数据的一致性;同时应保证数据采集系统与控制系统相互独立,互不影响;系统的时间同步精度小于 10 ms,指每次采集所有的信号,信号之间最大的时间差;
- 3)试验需控制的试验参数,系统应能实时准确的控制在要求范围之内;
- 4)系统能动态加载用户自定义算法,以满足不同通道数据的记录和控制;
- 5)系统应具有良好的扩展性和易操作性;系统的设计应做到性能可靠,易于维护和安装;
- 6)系统在试验使用环境的温度和湿度下,能连续运行,无退化表现,系统中所有设备均具备抗电磁干扰能力,能够在高电子噪音、无线电频率干扰和振动的环境下连续运行。

3.2 解决方案

考虑到客户对环境和数据精度、同步精度等方面的需求,因此系统采用 NI CompactRIO。NI CompactRIO 是坚固且可靠的嵌入式系统,适用于独立式或网络化操作,通过运行 LabVIEW Real-Time 进行确定性控制、数据记录和分析,用于数据记录的非易失性存储器和用于嵌入式程序操作的板载 DRAM,其工作温度范围为 $-40\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。系统采用 C/S 架构,以使用户能在远端/本地均能进行控制和监测。

基于 NI CompactRIO 的分布式远程监控 SCADA 系统的软件客户端和服务端软件界面如图 4 和图 5 所示。

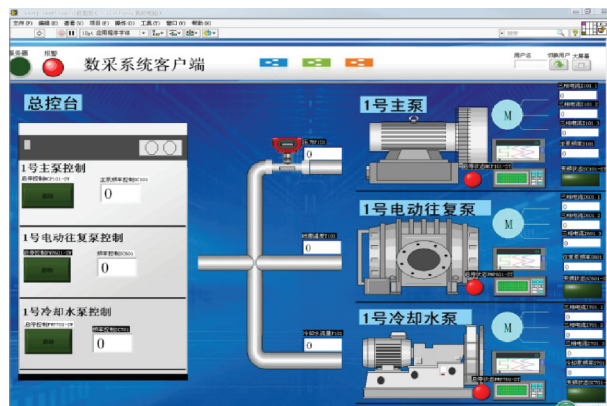


图 4 SCADA 系统客户端软件界面

基于 NI CompactRIO 的分布式远程监控 SCADA 系统数据采集及控制点多达 615 个,在之前使用传统数据系统时,每次试验需求更改时,都需要重新对系统进行设计和算法更改。在使用基于 NI CompactRIO 的分布式远程监控 SCADA 系统后,系统在运行中稳定可靠,采用速率、

(下转第 27 页)

- [5] 孙纪磊. 强流低能质子束发射度测量系统研制[D]. 北京:中国科学院高能物理研究所, 2011.
- [6] 李敏, 武军霞, 原有进, 等. 基于 NI 平台的 SSC-Linac 加速器束流诊断控制系统[C]. 中国仪器仪表学术、产业大会, 2012.
- [7] 孙纪磊, 阮玉芳, 肖帅, 等. 强流质子加速器束流剖面分布及束晕测量系统设计[J]. 强激光与粒子束, 2011, 23(1):190-194.
- [8] 程卫星, 陈永忠, 周伟民, 等. 基于 EPICS 的数据采集系统[J]. 核技术, 2002, 25(12):985-989.
- [9] 刘正琼, 胡丽莉, 唐璇, 等. 基于虚拟仪器的肢体姿态检测系统研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2015,

29(6):907-913.

- [10] 吕向峰, 高洪林, 马亮, 等. 基于 LabVIEW 串口通信的研究[J]. 国外电子测量技术, 2009, 28(12):27-30.
- [11] 张磊, 孙虹. 基于 FPGA 的高频腔低电平数字控制系统[J]. 国外电子测量技术, 2007, 25(12):27-30.

作者简介

李芳, 1980 年 2 月出生, 理学硕士, 工程师, 主要研究方向为加速器束测技术、数据采集及处理技术等。
E-mail: lifang@ihep.ac.cn

(上接第 20 页)

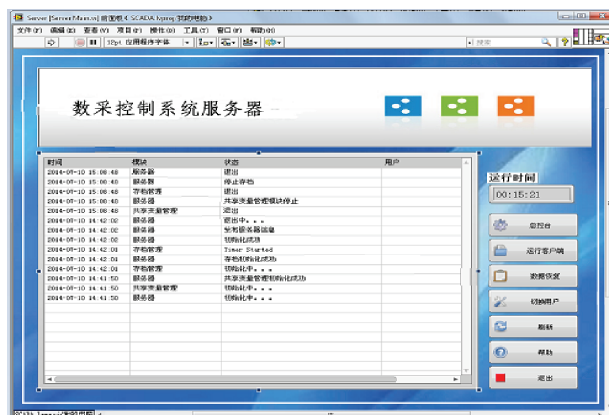


图 5 SCADA 系统服务器端界面

同步精度以及实时处理速度等主要技术指标均达到预期指标。每次试验只需要简单的对更改通道进行重新配置, 并加载新的算法, 就能对新的试验场景进行数据监测和控制, 极大的提高了工作效率。

4 结论

基于 NI CompactRIO 的分布式远程监控 SCADA 系统使用 NI 模块化硬件和软件作为开发平台, 具备非常灵活的特点, 并且在通信和配置方面继承了 LabVIEW 软件中的优点。选用 CompactRIO 作为中央测量单元, 通过 LabVIEW 连接控制这些分布式测量平台^[10]。从技术角度讲, NI CRIO 系统和 LabVIEW 开发环境的无缝连接帮助用户可以轻松的通过图形化开发环境与底层硬件交互, 快速搭建嵌入式系统控制和数据采集应用, 极大降低了系统开发、生产的技术风险。LabVIEW 强大的数据采集和信号处理功能极大地节省了 SCADA 数据采集系统的开发时间, 在 LabVIEW RT 和 FPGA 模块的配合下使得 SCADA 系统能够实时高质量地完成数据采集、信号处理、数据传送和数据存储的工作, 为整个监控对象安全监测系统提供了灵活、强大的底层数据支持。

参考文献

- [1] 王建新, 杨世凤, 史永江, 等. 远程监控技术的发展现状和趋势[J]. 国外电子测量技术, 2005, 24(4):9-12.
- [2] 李伯均. CompactRIO 嵌入式产品井下高速信号采集处理应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2015(7):74-76.
- [3] 龚潺, 张丹, 桑小冲, 等. 基于 PXI 的卫星地面测试信号采集控制系统[J]. 电子测量技术, 2015, 38(3):129-132.
- [4] 林林涛, 邹黎华, 耿勇男, 等. 多类型多通道的数据采集系统设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(增刊 1):236-239.
- [5] 秦强, 吴志刚, 邓细凤, 等. 基于 PXI 总线的旋转试验台综合数据采集系统设计[J]. 直升机技术, 2013(4):41-46.
- [6] 舒双宝, 罗家融, 薛二兵, 等. 基于 PCI 的托卡马克高速数据采集系统设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(2):120-125.
- [7] 周鹏, 许钢, 马晓瑜, 等. 精通 LabVIEW 信号处理[M]. 北京:清华大学出版社, 2013.
- [8] 孙红, 刘彪. 基于 LabVIEW 和 CRIO 的海洋环境监测平台的构建[J]. 计算机系统应用, 2013, 22(3):78-80.
- [9] 王孟杰, 杜恒, 陈淑梅. 基于 NI CompactRIO 的液压挖掘机测试系统设计[J]. 电气与自动化, 2015(1):180-183.
- [10] KAISER W, RUNDEL P, 汤敏. 利用 NI LabVIEW 和 CompactRIO 进行森林环境监控[J]. 国外电子测量技术, 2008, 27(12):64-65.

作者简介

寇煜承, 1990 年, 出生, 工学本科, LabVIEW 开发工程师(CLD), 主要研究方向为数据采集、射频、自动化测试等。
E-mail: yy61kouyucheng@126.com