

视频与数据联动采集与分析系统

刘朝辉,熊建文*,吴先球

(华南师范大学物理与电信工程学院,广州 510006)

摘要: 提出了一种实验视频与实验数据同步采集系统,利用网络摄像头采集现场视频,自行设计基于 ARM Cortex-M 内核芯片 STM32F103RBT6 的网络数据采集卡采集实验现场数据.视频和数据都通过以太网以 TCP 协议传输到计算机处理.采用虚拟仪器软件 LabVIEW 对采集到的数据进行可视化呈现和数据分析,利用时间索引实现视频和数据联动分析与检索.根据实验数据变化点和实验关键点检索对应实验细节视频和数据波形.该系统为实验视频与数据分析提供更为全面、完整、精确的依据,提高其分析效率和科学性.

关键词: 实验视频; 数据采集; LabVIEW

中图分类号: TP391.7 文献标志码: A 文章编号: 1000 - 5463(2016)02 - 0124 - 05

A Video and Data Synchronous Acquisition and Analysis System

LIU Zhaohui, XIONG Jianwen*, WU Xianqiu

(School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Physical experiments require acquisition of data and recording of experimental phenomena to facilitate the detailed analysis, a video and data synchronous acquisition system is presented in this paper, using the webcam capture live video, experiment data acquisition card which is based on ARM Cortex-M core chip of STM32F103RBT6. Video and data are transferred to the computers by TCP protocol through ethernet. Data visualization and data analysis are programmed by the software called LabVIEW. Video and data linkage and analysis are based on time indexing. The retrieval of detailed experimental video and data waveforms are based on data change points and indices of the key points in experiments. The system provides a more comprehensive, complete and accurate basis for experimental analysis, improving the efficiency of experimental analysis.

Key words: video of experiments; data acquisition; LabVIEW

常规的实验记录方式有书面、数据采集和实验现象拍照录像等方式,数据采集和实验现场录像可以为实验分析提供有效依据,现实中很多物理实验耗时长,数据量大,现象复杂,实验视频和数据需要实验分析者耗费大量时间梳理、整合、分析,效率较低.虽然已经提出了利用视频对实验过程进行评价的方法^[1],但仍然存在分析效率和全面性的局限.本文提出一种视频与数据联动采集系统,可同步采集实验视频和实验数据,经过软件处理后对实验数据进行分析 and 挖掘,直接将实验数据的变化和整体

趋势以可视化图像的形式呈现出来,并可根据实验数据变化联动检索实验视频和数据波形细节,为实验数据分析提供全面、精确、完整的依据,提高实验分析的效率和科学性.

1 系统设计与实现

1.1 系统设计

视频与数据联动采集系统应用于实验过程记录和分析,所记录的视频清晰度和数据精确完整度要

收稿日期: 2015 - 03 - 20

《华南师范大学学报(自然科学版)》网址: <http://journal.scnu.edu.cn/n>

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目(2011B090400199); 广东省高等教育教学研究和改革项目(GDJG20142152); 广州市科技和信息化局科普计划项目(2014KP000043)

* 通讯作者: 熊建文,教授,Email: jwxiong@scnu.edu.cn.

满足实验分析要求. 系统设计结构(图 1) 主要包括: 网络数据采集器、网络摄像头、用于数据与视频记录分析的计算机. 系统前端包含数据采集和视频采集模块, 实验数据的采集通过网络数据采集卡完成, 普通物理学实验主要包含力学、热学、光学、电学实验内容^[2], 实验所涉及的物理量通过相关的传感器转换为可采集的电压信号后传输到网络数据采集卡进行数据采集和数据传输. 实验视频采集通过网络摄像头完成. 采集到的实验视频和实验数据都采用同一 IEEE 802.3 兼容的以太网传输, 计算机接收到实验视频和实验数据后进行数据记录与分析.

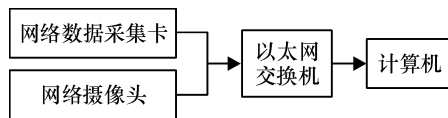


图 1 视频与数据联动采集系统结构

Figure 1 Structure of video and data synchronous acquisition system

1.2 网络数据采集

1.2.1 网络数据采集卡的硬件设计 本实验数据



图 2 网络数据采集卡结构

Figure 2 Structure of data acquisition card

STM32F103RBT6 内置 ADC 的输入范围是 0 ~ 3.3 V, 测试信号因传感器不同而电压范围不同, 因此必须对测量信号进行抬升、放大或衰减等模拟信号调理. 本网络数据采集卡采用 LM324 四运放搭建的同相衰减放大电路, 通过抬升输入电压, 结合衰减和放大倍数, 将输入到采集卡的模拟电压信号调节在 ADC 输入范围之内.

1.2.2 网络数据采集的软件设计 STM32F103RBT6 单片机是数模转换和数据缓冲、数据传输的核心. 当采集到的数据以 DMA 方式存满 2 Kbytes 内置 RAM 空间后, 立即控制网络芯片通过以太网 TCP 协议传输缓冲的数据, 保证实验数据实时、可靠、完整的传输.

网络数据采集卡采用 ENC28J60 以太网控制器和 uIP1.0 以太网协议栈实现采集卡与计算机的通信^[4]. uIP 协议栈由瑞典计算机科学学院的 Adam Dunkels 开发, 通过去掉 TCP/IP 中不常被用到的功能, 简化 TCP/IP 的通信流程, 但依然拥有保证网络

记录系统要满足实时、可靠和低成本等 3 个条件. 数据采集器有 2 路数据采集, 采样率在 5 ~ 100 Kbps 范围内(可根据实验要求调节) 8 位采样精度, 前端模拟放大器信号输入范围为 -8 ~ +8 V. 针对不同物理实验设置不同传感器和信号调理电路, 通过信号转换、电压偏置和信号放大等一系列模拟信号调理, 把力、热、电和光等物理实验信号转换成可采集的模拟电压信号, 传输到数据采集卡进行模数转换和数据传输.

网络数据采集卡核心采用意法半导体出品的高性能、低成本、低功耗 ARM Cortex-M 内核芯片 STM32F103RBT6^[3], 该芯片内置了模拟数字转换器 ADC、DMA 直接存储器访问、通用定时器和串行外设接口 SPI 等资源. 以太网芯片采用 MicroChip 公司 SPI 总线的网络芯片 ENC28J60, 该芯片是一款带有标准行业串行外设接口的独立以太网控制器, 与 STM32F103RBT6 的 SPI 的接口通信. 采集到的实验数据通过 IEEE 802.3 兼容的以太网传输到计算机进行处理. 网络数据采集系统的设计框架如图 2 所示.

通信的基本功能. 采集卡以 TCP 服务器模式等待客户端连接, 默认端口是 1200, 计算机是 TCP 客户端.

STM32F103RBT6 芯片本身包含有 2 个 12 位逐次逼近型的模拟数字转换器, 有 18 个通道, 可测量 16 个外部信号源和 2 个内部信号源, 各个通道能执行单次、连续、扫描或间断模式. 本数据采集卡采用 ADC1 的规则通道单次扫描转换, 即规则通道有多个转换, 每次每个转换只执行一次, 为减少数据传输量, 只缓冲和传输模数转换后数据的高 8 位. 在定时器 4 中断处理程序中控制 ADC 转换, 通过调整定时器的载入值调整模数转换采样率. 采集到的数据通过直接存储器访问 DMA 模式存储到指定的内存空间并在 DMA 中断中停止定时器 4 以达到停止 ADC 模数转换的目的, DMA 传输中断程序中同时触发 TCP 中断标志将数据发送到网络去. 数据采集和传输的流程如图 3 所示, 实际程序中的模数转换和数据发送控制在 DMA 中断处理程序中完成^[5].

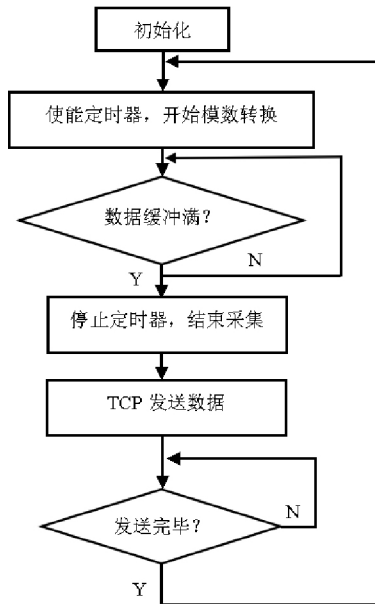


图 3 数据采集和传输的流程

Figure 3 Flow chart of data acquisition and transfer

1.3 网络视频采集

实验视频的清晰度要满足实验观察要求,同时要兼顾视频传输带宽和视频存储的系统要求,本系统采用联视威 PNP T 系列网络摄像头,支持 640×480 分辨率,自带云台,具有低照度补光功能,网络摄像头带软件开发包。

视频与数据记录软件采用 LabVIEW2013 编写, LabVIEW 是由美国国家仪器(NI)公司研制开发的图形化编辑语言,程序是框图的形式,结构清晰,便于针对不同实验快速调整和修改。软件以 ActiveX 方式调用摄像头的开发包,开发包建立在数据通讯和视频处理软件上层,提供调用接口,通过设置摄像头开发包的 IAxRemote 控件参数实现云台控制、视频属性设置、网络录像功能。以 LabVIEW 编写的网络摄像头控制和录像程序框图如图 4 所示。该视频记录系统录制的视频格式为 AVI 格式。

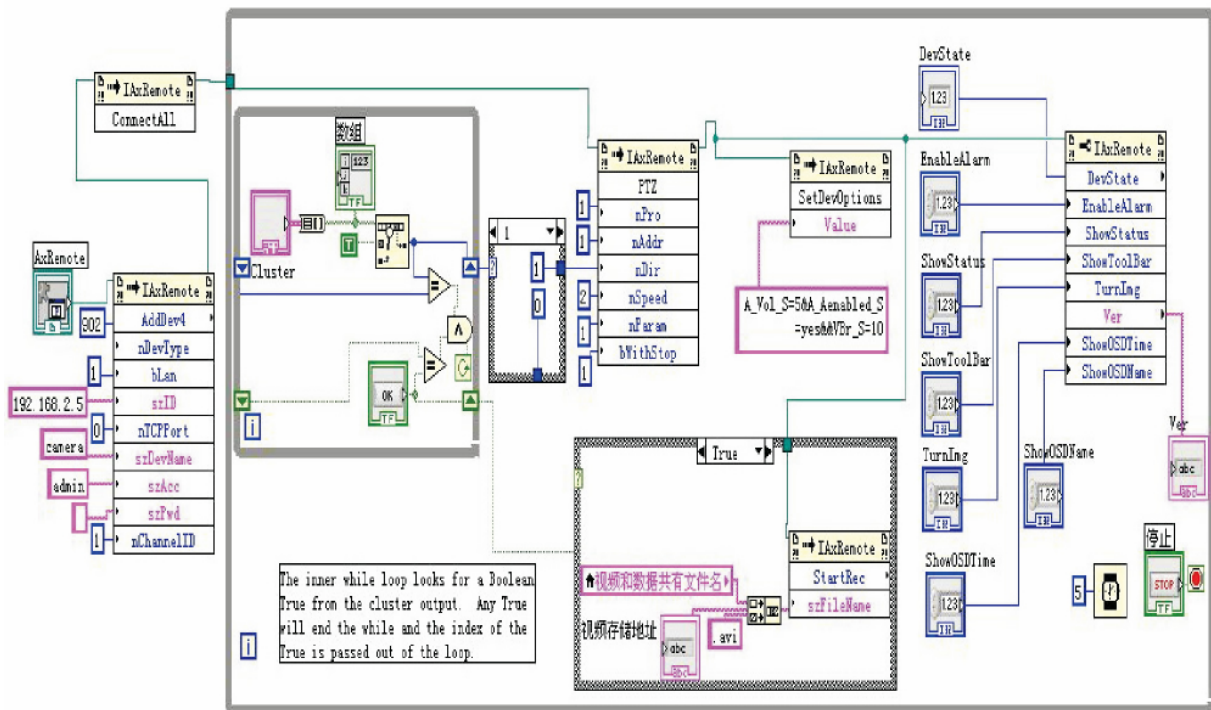


图 4 网络摄像头控制和录像程序框图

Figure 4 Flow chart of webcam control and video recording

2 实验视频与数据分析软件设计

视频与数据分析在计算机端完成,软件主要分为 2 个部分:一是对全局实验数据变化趋势的可视化呈现,分析和挖掘出实验关键数据点,便于找出实

验规律和实验关键点;二是根据实验关键数据检索相关实验视频和具体实验数据,显示关键的实验细节视频和实验数据波形,便于高效地分析实验细节。LabVIEW 有强大的数据处理功能,可发挥计算机的数据处理能力,利用软件实现传统硬件仪器所具有的功能^[6]。软件内置大量诸如波形显示、数字表头、

数字信号处理、波形分析、文件存取和硬件读写等子程序和控件^[7],以这些成熟的子程序和控件为基础,在短时间内开发出界面友好、性能优良的虚拟仪器。针对不同的物理实验,只要进行相关控件和程序的增加或修改就可完成不同物理量的采集和分析。

2.1 全局实验数据变化趋势的可视化呈现与分析

软件对采集到的2路电压信号进行数据处理,采用LabVIEW编程实现对全局实验数据变化趋势的可视化呈现、分析和挖掘。实验数据以LabVIEW的Waveform数据格式存储,该格式可记录多通道数据的绝对时间、采样率、幅度值。软件对存储的各通道的数据进行读取,并按照相关实验物理量的定标进行幅值转换,根据数据记录起始时间、采样率和采样点数实现实验物理量数据还原,通过LabVIEW的Waveform Graph显示控件显示数据波形。对实验数据的进一步挖掘可以为实验分析提供更为直观有效的参考依据,信号的频率、幅度、直流偏置是物理实验信号的重要参数,采用LabVIEW内置信号周期分

析子程序“Cycle Average and RMS VI”完成周期电压信号频率的计算,LabVIEW内置数字信号处理子程序“Amplitude and Levels VI”完成信号的直流值和电压峰峰幅度值提取,Waveform Graphs图像显示形式直接显示实验数据波形^[8]。图5C显示以实验时间索引的实验过程全局物理量变化趋势,分为信号频率轴、直流电压轴、电压幅度轴和阶段轴等4个主轴,纵轴代表各物理量的幅度,横轴上设有可以自由拖动的实验时间游标。频率轴、直流轴和幅度轴整体数据变化趋势可以反应出全程实验自变量和应变量变化规律,阶段轴记录实验过程中操作者在完成重要实验参数调整后按下的按键序列,可以作为关键实验步骤的标记,便于进行实验细节检索。图5A显示的是实验时间游标所在时刻对应的具体实验视频。图5B显示的是实验时间游标所在时刻对应的具体的实时实验数据波形,下方通过数据分析显示实时波形的频率、峰峰值、周期和直流偏置数值。

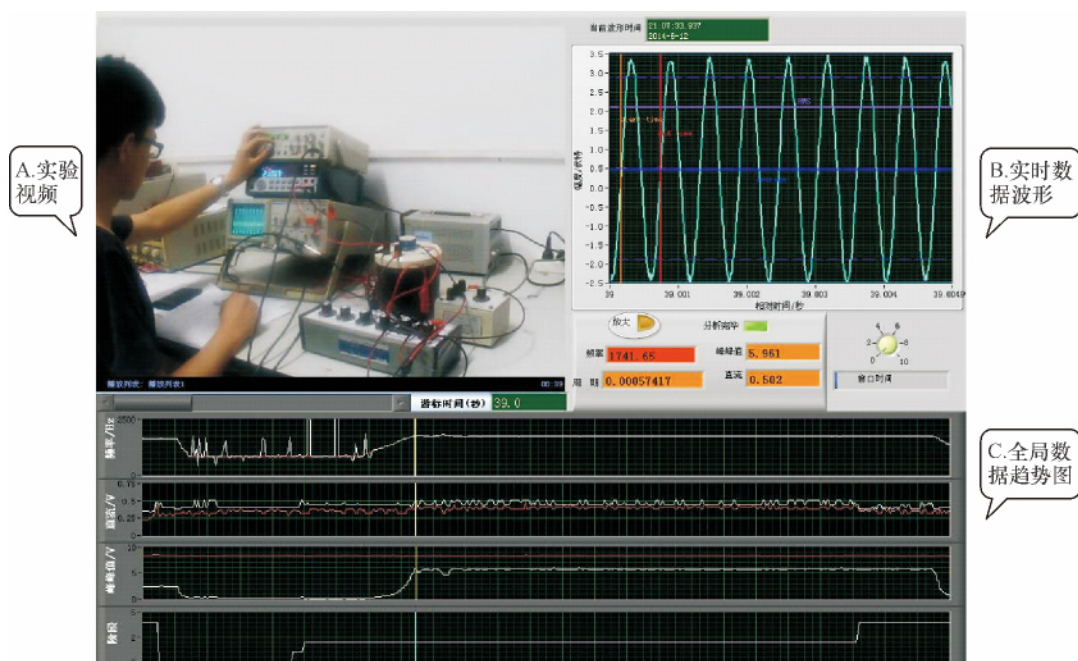


图5 视频与数据记录分析界面

Figure 5 Video and data analysis interface

根据实验分析需要,将需要观察的自变量和因变量数组分别输入到LabVIEW的XY Plot控件的X轴和Y轴绘制自变量和因变量关系图像,例如在RLC串联电路特性实验中,自变量信号源频率与因变量电路中电阻R两端的电压响应关系图,直接可以反应电路的工作点和电路参数,利用自变量和因

变量的关系图直观判断实验状况。有的情况下静态的全局趋势图不足以直观反应实验的动态过程,利用LabVIEW的3D Graph中的3D comet绘图功能,将自变量和因变量按记录序列顺序依次逐个显示,快速回放整个自变量和因变量的变化过程,这个回放过程和实验流程对应,通过观察快速数据回放,更

好地对实验过程进行定性和定量分析.

2.2 联动检索实验数据和实验视频

利用实验全局的物理量变化趋势图像可以对实验过程全局的规律进行分析. 从头至尾完整地观看整个实验过程记录进行实验分析的效率很低, 根据实验关键数据检索相关实验细节视频和具体实验数据波形, 对实验关键点进行分析是提高实验分析效率的关键.

视频数据以 AVI 格式存储, 实验数据以 LabVIEW 的 Waveform 数据格式存储, 2 种存储格式的文件都可以时间为索引, 因此通过时间值可以将视频和数据记录联动起来. 在分析软件界面上数据变化趋势图像上拖动游标时, 软件后台查找到游标位置对应的实验时间, 利用该时间值反向检索视频和数据文件, 找到对应时刻的实验视频和具体数据波形序列后, 进行读取并显示出该时刻实时视频和数据波形, 达到以游标所在的实验关键点检索实验细节视频和实验数据波形的目的, 便于对实验现象和实验数据细节进行分析. 视频与数据联动检索的工作流程如图 6 所示. 具体应用时, 可结合具体实验原理, 在峰峰值、直流、频率和阶段码这 4 条轴上找到和实验分析相关的实验关键点和跳变点, 将游标移动到相应位置, 软件界面就会联动显示出对应时刻的具体实验视频(图 5A)和数据波形(图 5B), 便于进行实验细节分析.

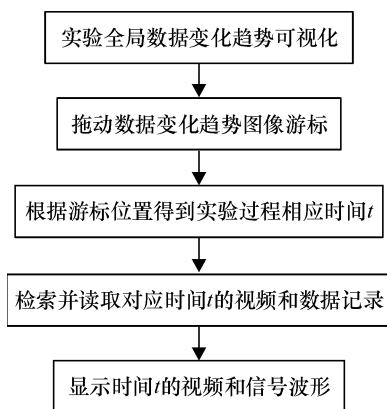


图 6 视频与数据联动检索流程

Figure 6 Flow chart of video and data synchronous retrieval

3 结论

根据实验分析要求, 设计完成一个实验视频与数据联动采集系统, 并用软件 LabVIEW 实现数据和

视频的记录和联动检索. 通过对全局实验数据记录的分析 and 可视化, 实现对整个实验过程的全局呈现; 利用实验数据和实验视频的联动检索, 实现根据实验数据变化和实验关键点检索实验细节视频和实验数据, 便于对实验细节进行分析, 提高实验分析效率和科学性.

参考文献:

- [1] 李玉峰, 熊建文. 基于网络技术的大生物物理实验素养评价初探[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2012, 31(2): 109.
LI Y F, XIONG J W. Assessment research on under-graduates' physics experimental literacy based on network technology [J]. Journal of Xinjiang Normal University (Natural Sciences Edition) 2012, 31(2): 109.
- [2] 轩植华. 大学物理实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 58.
- [3] 张旭, 元学广, 李世光, 等. 基于 STM32 电力数据采集系统的设计[J]. 电子测量技术, 2010, 33(11): 91.
ZHANG X, QI X G, LI S G, et al. Design of electric power data acquisition system based on STM32 [J]. Electronic Measurement Technology 2010, 33(11): 91.
- [4] 汪三青. 基于 STM32 的嵌入式网络协议 UIP 的移植与分析[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2011: 66.
WANG S Q. Transplantation and analysis of embedded network protocol of UIP based STM32 [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2011: 66.
- [5] 刘军. 例说 STM32[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011: 78.
- [6] 吕红英, 吴先球, 叶穗红, 等. 用 LabVIEW 实现 PC 与自制信号发生器的串行通信[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2004(3): 61.
LV H Y, WU X Q, YE S H, et al. Serial communication between PC and Home-Built signal generator using LabVIEW [J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition) 2004(3): 61.
- [7] 陈更生, 龚桂香. 虚拟仪器 LabVIEW 开发系统的组成和应用[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 1998(4): 15.
CHENG G S, GONG G X. The composition and application of virtual instrument LabVIEW development system [J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 1998(4): 15.
- [8] 候国屏, 王坤, 叶齐鑫. LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 58.

【中文责编: 庄晓琼 英文责编: 肖菁】