静电系列实验的远程演示

杨凯鸣, 魏心源, 吕景林 (复旦大学物理系, 上海 200433)

摘 要:基于国内目前很多高校普遍存在的校区分散,随堂演示困难的现状,使用远程物理演示实验作为课堂教学过程中随堂演示实验的辅助手段日益成为一个可行的解决方案。为此在分析比较各种实现方案的基础上,使用基于 Arduino 单片机的开发方案,以其作为整个系统的核心来控制实验仪器,服务器端采用 VB. Net,客户端则采用 Adobe Flash ActionScript。以上软硬件平台具有成本低,实现简单,可扩展性好等特点。同时以基于维氏起电机的静电系列实验为例,对其进行信息化改造,完成对实验仪器的远程控制以及实验现象的远程演示。在实际应用中取得了较好的教学效果,提升了课堂教学的效率和学生学习兴趣。整个系统具有操作简便、易于共享等特点,可以应用于大学物理课程的课堂教学中。

关键词: 演示实验; 远程教学; 静电实验; 单片机

中图分类号: 04-33 文献标志码: A 文章编号: 1006 - 7167(2012) 12 - 0124 - 04

Remote Demonstration of Electrostatic Experiment and Its Application in College Physics

YANG Kai-ming , WEI Xin-yuan , LV Jing-lin (Department of Physics , Fudan University , Shanghai 200433 , China)

Abstract: Physics demonstration experiments play an important role in college physics teaching. Due to the expansion of universities, the dispersion of university campus makes it difficult to conduct phenomenon demonstrations in physics classes. The use of remote physical demonstration experiments as an auxiliary to improve the quantity of teaching becomes a possible solution. After a comparison of various methods, the Arduino single-chip microcomputer-based solution is used to reconstruct the induction machine, the VB. Net is used for server programming, and Adobe Flash Actionscript is used for client program. It's proved that this scheme could increase the learning interest of students and enhance the proficiency of instructions.

Key words: demonstration experiment; distance learning; electrostatic experiment; single-chip microcomputer

0 引 言

在物理教学中 演示实验对于学生直观地了解物理现象 探索其背后的规律 具有非常重要的作用。近年来 就如何充分发挥演示仪器的作用 同行们进行了

收稿日期: 2011 - 12 - 19

基金项目: 教育部高等学校物理基础课程教学指导分委员会教学研究项目(WJZW-2010-25-hd)

作者简介: 杨凯鸣(1991 –) 男 陕西咸阳人 本科生。 Tel.:15201926991; E-mail: 09300190073@ fudan.edu.cn

通信作者: 魏心源(1974 -) 男 河北黄骅人 ,工程师 ,研究方向: 物理实验的信息化改造。

Tel.: 021-55664611; E-mail: xinyuanwei@ fudan. edu. cn

多方的探索,但由于很多高校物理课开课面广,上课教室分散于各个教学楼,甚至不同校区,而且有些演示仪器也存在不便搬动、调试复杂等情况,故物理实验的随堂演示受到很大的制约,限制了演示实验在大学物理教学中的应用。随着信息化技术的进步,未来的物理演示实验将会朝着自动化、智能化和全天候方向发展。这方面国外教育机构已经有一些有益的探索[1-9]。为解决目前国内高校物理教学以及演示实验中遇到的实际问题,我们以互联网络为平台,通过对以维氏起电机供电为基础的静电系列实验加以改造,使得学生不仅仅局限于课堂之上,同时还可以在任意的时间和地点都能很方便地观察实验现象,减轻了实验教师的劳动

强度 提高了学生的学习兴趣以及仪器的使用效率。 这样的改造方案具有实现简单 通用性好等特点 对于 其他物理演示实验的改造具有借鉴作用。

1 静电系列实验的硬件改造

在大学物理课程的电磁学部分,静电场是学生首先接触的内容[10-12]。因为电磁学的规律比较抽象,因此有必要使用演示仪器给学生提供一些感性认识。在对静电场相关规律的演示中,最常用的供电装置就是维氏起电机^[13]。它是一种能连续取得并可积累较多正、负电荷的实验装置。将维氏起电机与静电实验装置连接,可做很多静电实验。如静电单摆、静电跳球、静电风、静电除尘以及静电屏蔽、尖端放电等物理现象的演示。

正是由于维氏起电机应用的广泛性 ,我们首先选择了对其进行改造。改造后 ,教师与学生将可以从任何一个地点通过互联网络控制维氏起电机的工作状态 ,并配合其他实验设备对相应的实验现象进行观察和记录。

我们的硬件改造方案是将维氏起电机的手摇起电 方式改为使用电机来驱动,同时使用网络摄像头观察 实验现象 整个系统通过一台计算机控制。

由于维氏起电机转动的阻尼较大,常见的直流电 动机很难将其驱动起来。为此,我们选择了额定电压 为 24 V 转速为 100 r/min 的低转速大扭矩直流电机, 能完美驱动维氏起电机。由于计算机仅能处理数字信 号 而电动机转速需要用电压来控制(模拟信号)。为 了能让计算机控制电动机的转速,在服务器与电动机 之间加入一块 Arduino 单片机[14-46] 与放大电路。 Arduino 单片机将服务器发送的数字信号转化为模拟 信号 然后通过放大电路将单片机输出的脉冲宽度调 制(PWM) 信号放大后对电动机进行供电。经过放大 设计的过程中,我们也比较了 Arduino 单片机以及其 他用于实现仪器控制的手段,例如 LabVIEW[17],比较 结果发现 Arduino 单片机具有使用成本低 ,开发简单 , 可以有针对性的控制特定硬件以及快速搭建开发原型 等优点。所以我们最终采用了以 Arduino 单片机为核 心的实施方案。

同时我们使用网络摄像头持续不断的对实验装置进行观察 摄像头一端连接至服务器。改造后的硬件设备如图 1 所示。

图 1 中 左侧的是维氏起电机及固定在上面的电动机 ,中间的是 Arduino 单片机、放大电路、直流电源及网络摄像头 ,右侧是接受用户指令控制所有设备的服务器。整个系统的原理如图 2 所示:



图 1 改造后的维氏起电机

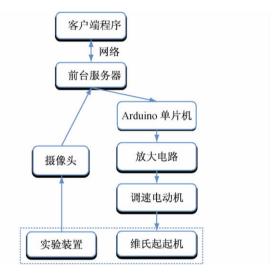


图 2 实验设备原理图

2 软件实现和改造效果展示

和上面硬件设备配套的软件部分包括 Arduino 单 片机控制程序、服务器端程序与客户端程序。

2.1 Arduino 单片机控制程序

单片机控制程序运行在单片机上,用于接收服务器的数据并控制电动机的运行状态。当单片机通过串口接收到来自服务器的指令时,会改变特定针脚的电平,然后经过放大电路放大后以指定的电压驱动电动机,带动维氏起电机运作并使其转速保持在一定水平上。

2.2 服务器端程序

服务器端程序包括网络控制以及视频采集两部分 网络控制部分负责侦听并接受客户端的 Socket 连接请求 将活动用户的请求转发至单片机进行处理。视频采集部分则用于将摄像头采集到的图像压缩成视频流传输给当前用户。其中服务器端网络控制部分代码如下:

Sub netComm()

While running

Dim cli = Handshake(Listener, Accept)

```
If cli < > Nothing Then
         Clients. Enqueue(cli)
       End If
       If Clients. Count > 0 Then
       Dim Current = Clients. Peek()
       Select Case GetCommand( Current)
       Case "SetSpeed"
         SetSpeed( GetCommand( Current) )
         OffTimer = 0
       Case "Exit"
         Clients. Dequeue()
         OffTimer = 0
       Case "null"
         OffTimer = 0
       Case Else
         OffTimer + = 1
       End Select
       If OffTimer > TimeOut Then
         Clients. Dequeue()
         OffTimer = 0
       End If
    End If
  End While
End Sub
```

2.3 客户端程序

客户端程序用于连接服务器 获取视频流 并将用户的请求发送至服务器。

Arduino 单片机的控制程序使用 C 语言编写完成后烧录在单片机的 ROM 里 ,服务器端的后台控制程序使用 VB. Net 开发 ,后台开发程序的选择可以因人而异 ,我们选择 VB. Net 的出发点是其具有开发简单 ,上手快等特点。服务器端的视频采集传输以及客户端的程序使用的是 Adobe 公司的解决方案 ,选择此方案有以下优势:

- (1) 客户端程序使用 ActionScript 编写。 ActionScript 是 Flash 内置的脚本语言^[18-20],编写出来的 Flash 程序可以嵌入任意一个网页中,通过任何网络浏览器打开,具有非常广泛的兼容性,避免由于用户使用的浏览器不同而对实验现象观察等带来困扰。
- (2) 在视频采集方面。Adobe 公司提供现成的软件(Flash Media Server 与 Flash Media Live Encoder),可以直接拿过来用,无需关心数据传输的细节,同时与客户端兼容性更好,减少了开发的强度,保证了系统运行的稳定性;
- (3) 在图像数据采集与传输中。使用 Adobe 公司的解决方案数据压缩率与传输速度较高,在没有使用额外硬件如图像数据采集卡的情况下能够保证用户观察实验数据的实时性;
 - (4) 该解决方案扩展性强。可以轻易实现多路视

频以及音频信号的网络直播,可以很方便的用于其它远程实验演示的改造。

客户端用于发送用户控制请求的部分代码如下:

```
function onGetMessage( EventObject)
    while (serverMsg. bytesAvailable)
       var msg: String = GetMsg( serverMsg);
       if (msg = = "HandShake") {
         handshake( serverMsg);
         ConnectVideoStream();
      } else if ( msg = = "SetPosition")
           var pos: String = GetMsg( serverMsg);
           if (pos = = "0") {
              controlInit();
           } else{
              updatePos(pos);
      } else if ( msg = = "GetCommand")
           if (sendSpd) {
              SendMsg( "SetSpeed");
              SendMsg(speed.toString());
           } else{
              SendMsg("null");
           }
         }
      }
  }
```

图 3 是整个静电实验远程演示系统的一个用户界面 ,用户打开网页浏览器(本例中使用 Internet Explorer 9) 输入网站地址 ,然后在网站页面的对话框中填入服务器的 IP 地址(也可以实现自动连接特定服务器)。连接成功后 ,就会在网页中看到服务器端的摄像头所拍摄的实时动态画面 ,当用户左右调节图像上方的滑块时 ,维氏起电机转速也会随之发生变化 ,调节



图 3 静电系列实验远程演示软件界面

范围从零到 24 V。此时可以在页面下方的画面中观察到与维氏起电机相连的静电笼上的纸条会随着维氏起电机的转速改变或者飘起或者落下,这就使得学生对于静电理论的抽象概念,转化为了一个实际的可以感受的直观认识。因为维氏起电机可以连接的设备很多 根据情况不同将静电笼换成不同的设备就可以展示不同的静电现象。

当然上述设备还有继续改进的余地,例如可以赋予用户合理的访问权限并做适当记录来控制资源的使用状况,配备多个摄像头从多角度观察实验现象,配备高速视频采集卡以提高图像采集的速度和清晰度等等。这些都可以在后续教学实践中根据需要进行调整。

3 结 语

以基于维氏起电机的静电系列实验的改造为例,展示了利用基于 Arduino 单片机以及 VB. Net、Adobe Flash ActionScript 等计算机软硬件工具对演示实验进行改造的过程。改造完成后教师和学生不仅可以在现场观察物理现象,还可通过网络扩展观察的时间和地点,使其不仅仅局限于课堂内以及上课的时间,从而取得更好的教学互动的效果,提高了设备的使用效率,也减轻了教师的劳动强度。未来这种改造可以推广到其他的演示实验上,尤其适合一些大型的、具有一定危险性和不易搬动的演示实验项目的远程演示上。这也是未来演示实验发展的一个趋势。

参考文献(References):

- [1] Gröber S, Vetter M, Eckert B, et al. Experimenting from a distance in the case of Rutherford scattering [J]. European Journal of Physics, 2007, 28(3): S127-S141.
- [2] Groeber S , Vetter M , Eckert B. World pendulum-a distributed remotely controlled laboratory (RCL) to measure the Earth's gravitational acceleration depending on geographical latitude [J]. EUR J Phys , 2007 , 28(3): 603-613.
- [3] Gröber S, Vetter M, Eckert B, et al. Remotely controlled laboratories: aims, examples, and experience [J]. Am J Phys,

- 2008 ,76(4&5): 374-378.
- [4] Marozas V , Jurkonis R , Lukosevicius A. Development of virtual and remote Lab experimentation system for electronics engineering [J]. Elektronika Ir Elektrotechnika , 2008 , 7(87): 41-44.
- [5] Bornner P , Strunz A , Silberhorn C , et al. Interactive screen experiments with single photons [J]. European Journal of Physics , 2009 , 30(2): 345-353.
- [6] Eckert B, Gröber S, Jodl H J. Distance education in physics via the Internet [J]. The Amer Jrnl of Distance Education, 2009, 23: 125– 138.
- [7] Gröber S ,Vetter M ,Eckert B , et al. Experimenting from a distance–remotely controlled laboratory (RCL) . European Journal of Physics , 2010 , 31(3): 563-572.
- [8] Gröber S ,Vetter M ,Eckert B , et al. Experimenting from a distance–determination of speed of light by a remotely controlled laboratory (RCI) [J]. European Journal of Physics ,2010 ,31(4): 727-733.
- [9] Tiwari R , Singh K. Virtualisation of engineering discipline experiments for an Internet-based remote laboratory [J]. Australasian Journal of Educational Technology , 2011 , 27(4): 671-692.
- [10] 梁励芬 蔣 平. 大学物理简明教程 [M]. 2 版. 上海: 复旦大学 出版社 2004: 221-280.
- [11] 赵凯华 陈熙谋. 电磁学(上册) [M]. 2版. 北京: 高等教育出版 社 ,1985: 15-220.
- [12] 贾启民 郑永令 陈暨耀. 电磁学 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版 社 2001: 1-106.
- [13] 刘积学 李爱侠. 大学物理演示实验[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社 2010:73-77.
- [14] Banzi M. Getting Started with Arduino [M]. Sebastopol ,Califonia , USA: O'REILLY 2008: 1-111.
- [15] McRoberts M. Beginning Arduino [M]. NewYork, USA: Apress, 2010: 1-433.
- [16] Schmidt M. Arduino: A quick start guide [M]. Raleigh, North Carolina JUSA: Pragmatic Programmers, LLC, 2011:1-265.
- [17] 李江全 刘恩博 胡 蓉 等. LabView 虚拟仪器数据采集与串口通信测控应用实战[M]. 北京: 人民邮电出版社 2010: 1-331.
- [18] Lott J Schall D. ActionScript 3.0 Cookbook(中文版 [M]. 陈建勋译. 北京: 电子工业出版社 2007:1-568.
- [19] 章精设,胡登涛. Flash ActionScript 3.0 从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社,2009:1-669.
- [20] 李方杰. ActionScript 3.0 开发技术大全[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 1-723.

(上接第42页)

- [9] Li Y. Content-based video analysis, indexing, and representation using multimodal information [D]. Los Angeles: University of Southern California, 2003.
- [10] 王军本 "卢选民,贺 兆. 一种基于快速鲁棒特征的图像匹配算法[J]. 计算机工程与科学 ,2011 ,33(2): 112-117.
- [11] Ebadollahi S. Analysis of video content using statistical spatiotemporal models [D]. New York: Columbia University, 2005.
- [12] 莫劲夫. 基于目标特征的视频检索问题研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
- [13] 邓 丽,金立左,费树岷.基于组合相似性的视频检索[J].电子与信息学报,2007,29(5):1023-1026.

- [14] Hu M K. Visual pattern recognition by moment invariants [J]. IRE Transactions on Information Theory , 1962 , IT-8: 179-182.
- [15] 王云慧,马金山,孙 军.基于边缘检测的七阶矩方法[J].计算机应用,2010,30(1):159-161.
- [16] Gonzalez R C , Woods R E. Digital image processing using Matlab [M]. New Jersey , USA: Prentice Hall , 2005.
- [17] 张 强, 王正林. 精通 Matlab 图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [18] 刘瑞祯,于仕琪. OpenCV 教程[M]. 北京: 北京航空航天大学 出版社,2007.

2 or 2 or 2 or 2 or 3 or 4 or