学校代码： 10385 分类号：

研究生学号：08400029 密 级：



工程硕士专业学位论文

**基于 B/S 模式的控制系统虚拟实验的开发The development of virtual experiment system based on B/S model**

作者姓名： **吴俊杰**

指导教师： **郑力新**

工程单位导师：

工程领域： **电子与通信工程** 研究方向： **多媒体通信** 所在学院： **信息科学与工程学院**

论文提交日期：**二○一三年十二月十五日**

学位论文独创性声明

本人声明兹呈交的学位论文是本人在导师指导下完成的研究成果。论文写作中不包含其他人已经发表或撰写过的研究内容，如参考他人或集体的科研成果，均在论文中以明确的方式说明。本人依法享有和承担由此论文所产生的权利和责任。

论文作者签名： 签名日期：

学位论文版权使用授权声明

本人同意授权华侨大学有权保留并向国家机关或机构送交学位论文的复印件和电子版，允许学位论文被查阅和借阅。本人授权华侨大学可以将本学位论文的全部内容或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

论文作者签名： 指导教师签名： 签 名 日 期： 签 名 日 期：

摘要

论文对基于B/S模式控制系统的虚拟实验室进行研究和设计，研究和设计涉及到主要内容有：虚拟实验室系统构架、实验设备远程控制，网络通信和串口通信。为师生提供一个集实验、实验教学、实验学习于一体的网络化实验教学平台。教师可以根据实验大纲的要求，设置实验，然后学生可以通过网络访问网站，并直接在浏览器上操作实验，不受时间和地域上的限制。

论文着重提出高校实验室资源不足的解决方案，采用B/S模式远程控制实验室的设备。论文首先对C/S模式和B/S模式进行比较，得出B/S模式增加一个控制层的方案，这样可以减少Web服务器的负担，同时可以增加系统对实验设备的有效控制。服务器和客户端之间采用多用户通信方式，为了达到这个目的，在服务器端建立了Scoket服务器，创建Term对象数组用来存放客户端请求，再用子进程处理这些请求。Web服务器和实验设备之间采用串口通信方式，为了提高实验设备的响应速度，添加一个中断程序。通过以上的设计，增加了实验设备对客户端的响应能力，提高了系统的使用性。

关键词：远程控制； 虚拟实验室； B/S 模式； 网络通信； 串口通信

Abstract

Abstract

The research and design of the Virtual Laboratory of control system based on B/S mode, research and design involves the main content includes: the virtual laboratory system, the experimental equipment remote control, network communication and serial communication. To provide a platform for networked experiment set experiment, experiment teaching, experiment teaching for teachers and students learning together. Teachers can according to the syllabus, set up the experiment, then the students can access the site through the network, and direct manipulation experiment in the browser, not subject to time and geographical constraints.

This paper presents the laboratory resources solution, using B/S mode of remote control laboratory equipment. The thesis introduces the C/S model and B/S model comparison, draw a control layer scheme of adding B/S mode, which can reduce the burden of Web server, and can effectively control the experimental equipment system. Multi user communication mode is adopted between the server and the client, in order to achieve this goal, in the server set up Scoket server, create an array of Term objects to store the client request, and then process the request. Serial communication mode is adopted between the Web server and experimental equipment, in order to improve the response speed of the experimental device, add an interrupt program. Through the above design, increased the responsiveness of experiment equipment for the client, improves the usage system.

**Keywords**: remote control; Virtual laboratory; B/S model; Network communication; Serial communication

目 录

[摘要](#_Toc686518143) 2

[摘要](#_Toc686518144) 2

[Abstract](#_Toc686518145) 2

[Abstract](#_Toc686518146) 2

[第1章 绪论](#_Toc686518147) 3

[第2章 系统的Web体系结构及相关技术介绍](#_Toc686518148) 5

[第](#_Toc686518149)**[3](#_Toc686518149)**[章 系统的需求分析与概要设计](#_Toc686518149) 6

[第 4 章 系统的软件设计与实现](#_Toc686518150) 10

[第 5 章 控制设备实时通信和控制](#_Toc686518151) 16

[第 6 章 总结](#_Toc686518152) 25

[参考文献](#_Toc686518153) 25

[个人简历、在学期间发表的学术论文与研究成果](#_Toc686518154) 26

# 第1章 绪论

本章主要是对教学类虚拟实验室进行阐述，首先阐述国外特别是美国的教学类虚拟实验的现状，再说明国内教学类虚拟实验的不足点。比较全面的介绍教学类虚拟实验的特征和基本要求。

## 1.1 虚拟实验室的概述

首先，现在随着高校不断扩招。虽然高校在规模上有所扩大，但教学资源依然匮乏，许多高校的实验课程因为实验设备不足，往往让多名学生一组，以致有些学生没机会亲自动手，停留在看实验上。其次，有些实验的系统在显示中难以存在，或者很难建立这样的系统模型，或者这样的系统做实验的时候比较危险，可能会造成意想不到的后果，这样我们就比较希望能用一个虚拟环境来模拟原来的系统，这样做法是现代许多研究的所采用的。另外，大部分高校承担社会上的继续教育，虽然这样的做法使更多的人有机会直接在家中在工作中接受教育，但完成教学中的实验部分却成为难题，因为往往受教育的人大多数都不会购买实验设备。

随着互联网的扩张和网速的提高，基于B/S模式的虚拟实验室有了建立的前提，在结合当前的远程控制技术、网络通信技术和串口通信技术，可以为高校建立一个远程控制的虚拟实验平台，在这种平台下，学生可以在网络终端进行实验，教师可以在网络终端批改实验报告，也可以进行师生交流。所以这种实验平台，既能提高教学效果，又能大大的减轻教师和实验管理员的负担，还能节省教育经费，使得传统的实验在时间和空间上得到有效延伸。所以这种实验平台在当前的教育中有着较大的实用价值和广泛的发展前景。

### 1.1.1 远程控制的虚拟实验室概念

虚拟实验室最早是由美国的University of Virginia的will Jam Wolf提出的，是一种基于计算机虚拟原型系统的全新的科学研究与工程设计方法。此时提到的所谓虚拟实验室，就是在计算机上加上一组软件和相应的硬件，利用远程控制技术和通信技术控制计算机和相关设备，让使用者在操作这台计算机

时就像实际操作一台实验仪器一样。再利用计算机强大而丰富的显示、运算和处理功能，利用一些数据采集软件，将一个实际实验的画面、图像、图形和声音等数据实时的传回到计算机的控制端，达到与实际实验逼近的效果。

当前互联网已渗透到社会生活的各个方面，网络技术为人们的生活学习带来极大的便利，也极大地扩展了人的视野，于是远程控制的虚拟实验室应运而生，极大的改变了当前的远程网络教学和实验的模式。基于B/S模式的控制系统虚拟实验室是指用户通过Internet访问特定网站，学生账户可以上传实验程序文件，服务器获得了上传的程序后将程序加载到控制设备，已达到控制该实验设备的目的，最终通过服务器的特定的软件获得实验结果，实验结果包括通过设备或对象体现出来的实验过程、各个过程变量历史曲线和历史数据，最后根据实验结果填写的实验报告并将报告保存在服务器中等。教师账户可以批阅学生实验报告，修改实验设置并上传实验资料，解答学生提出的问题等。管理员账户则可以为学生和教师注册账户分配角色，管理在网站等。这种远程控制的实验室也不同于最早意义上的虚拟实验室，而要求学生自己上传程序代码，在客户端操作实验，是对传统实验室的有力补充。根据虚拟实验室的虚拟程度，可分为仿真虚拟实验和实时系统控制虚拟实验。仿真虚拟实验是通过仿真软件来建立控制对象的模型，模拟实验的环境和条件，最后得到一个模拟的实验结果，实时系统控制虚拟实验则是真实的控制实验对象来进行的实验，通过视频反馈得到实验画面，通过特定的功能模块对实验的数据进行采集和处理，最终得出实验数据和实验结果。

### 1.1.2 远程虚拟实验室特征

本系统的意义在于充分利用教学资源，依托互联网，运用网络技术和通信技术，突破地域和时间的限制，共享教学资源，为学生创造更多的实验机会。它是一个新型的教学模式，在一定程度上改变了传统的实验方式和师生交流方式，具有一定的使用价值和经济效益。

基于B/S控制的实验室是以现代教育思想为基础，以互联网为支撑，通信技术为核心，应具备以下特征：

（1）互操作性：客户端的网络界面尽可能的友好，操作简单明了。

（2）客户自主性：客户端交互性好，允许用户在自己权限范围内，通过合法的设置来保护数据，查阅自己的实验数据和报告。

（3）扩充性：允许虚拟实验室增加新的功能模块。例如老师上传实验资料，修改实验设置。

（4）开放性：虚拟实验室建立在互联网上的，因此具有良好的开放性，即使校外的用户也可以使用匿名登录浏览主页。

（5）安全性：虚拟实验室是建立在互联网上，一般采用防火墙、账户密码的加密存储和对用户账户权限限制等措施来保证其安全性。

### 1.1.3 远程控制虚拟实验室基本要求

本课题开发的基于B/S模式的虚拟实验室是以现代化互联网为依托的，这种系统平台的建立符合高校现代化教学的要求，有利于提高高校整体的现代化程度，让学生学会自己独立思考、独立观察、发现问题解决问题，提高自我学习自我提高的能力。虚拟实验室是为实验教学而建立的，应该具备以下几点要求：

1、能够及时的在主页上公布相关消息，提出实验实验。

2、应该一台实验设备某时刻只能做一个实验，所以学生在实验前需要预约一个时间端，学生在该时段端内去做实验。

3、服务器端的实验可以根据教师的要求设置实验步骤。

4、服务器端的实验可以根据教师的要求上传实验程序和实验报告。

5、系统平台需要能提供指导学生实验的说明书和资料。

6、为了加强师生互动和交流，系统平台需设计一个留言板。

7、实验的结果数据要能够保存在服务器端的数据中，供以后查找和共享。

## 1.2 远程控制的虚拟实验室国内外研究的现状

目前在教学领域国外的远程控制虚拟实验室已经发展到相当成熟的程度，世界许多著名的大学先后都建立了虚拟实验室平台。作为虚拟实验室的首次提出者美国，在该领域具有巨大的优势，美国十分重视虚拟实验室的研究和发展，每年投入极大，目前许多美国高校和科研机构正一起致力于构筑一个涵盖美国的虚拟实验网络平台。除美国以外，国外的一些知名的大学的虚拟实验室平台也已经具备庞大的规模，如德国的汉诺威大学建立了虚拟自动化工作平台；新加坡国立大学开发了远程示波器实验和压力容器实验、印地安那州立大学的MBL

化学实验室。

目前，国内一些高校也已经建立初具规模的虚拟实验室。中国科学技术大学开发了全国第一套真正意义上的大学物理虚拟实验室软件，使用这套模拟软件就是为了突出物理实验的设计思想，减轻学生在实验室连线、画图、装电源开关之类的负担。上海交大电子信息学院研制了一套机器人远程控制系统，该套系统能在远处，通过计算机屏幕控制机器人现场操作，此外，清华大学、西安交大、西北工大等大学在这种远程控制的试验方面也进行了一些有益的探索。

## 1.3 课题的主要研究内容及其产Th的意义

本课题主要是建立一套虚拟实验的远程控制平台，主要利用了计算机控制技术、处理技术、运算处理能力、通讯技术、数据库技术以及网络技术，为学生提供一个通过网络上计算机来控制实验室设备的平台，从而达到学生远程做实验的目的。当然，远程实验也有一些弊端，一些实验设备接口的连接，设备的调试，一些设备故障的查找，在远程控制的实验室里不能得到体现，而上述情况的处理往往是实际动手能力一个重要的方面。

本课题的思路是这样的：首先，由该系统的系统管理员为学生注册帐户，并设置权限，学生在得到实验通知后，通过该网站向管理员提出实验申请，在得到管理员回复之后，学生在客户端的浏览器中登陆到实验室平台，通过计算机的识别技术，识别实验所需的实验设备，然后驱动实验设备的电机，上传实验程序文件，设置实验参数控制实验室的设备，然后进行实验的操作。在这个实验操作过程中，客户端和服务器之间是通过网络进行通信，服务器和实验设备之间主要是进行串口通信，这样就可以在客户端对实验设备进行控制，实验的结果会在控制层进行处理，将处理的结果返回给web服务器，web服务器按照程序将部分的结果返回给客户端，将部分数据保存到数据库中。

本课题在方案上比较新颖，该平台是建立在互联网上的，能使学生足不出户就能通过网络终端完成位于学校服务器上的实验。这种远程控制的网络实验一旦建立，就可以扩大教学资源共享率，不受时间和场地的限制，因此这种网络实验室不论对科学研究还是教育学习都是有较大的价值。

基于B/S模式的控制系统虚拟实验室与传统的实验室相比具有的优越性：

1、本文研究的这种实验平台，与传统的实验室相比，有不受时间和空间的

限制，学生自由度不较大，可以在任何有网络的计算机上都可以进行实验。

2、这种实验室平台的客户端维护很方便。在客户端只需要安装操作系统和浏览器接通网络即可（有时可能需要安装少量的插件），对初学者来说极其方便简单。如果实验平台需要更新，也只要更服务器即可，在客户端基本上无需改变。

3、这种实验平台利用计算机丰富的界面显示能力和处理功能对实验参数可以做到微调，并根据微调形成直观的数据图形，并将相关的实验数据保存到SQL数据库中，其次，还有一些实验帮助，实验资料可帮助学习者更好地进行实验。

基于B/S模式的虚拟实验相对传统的实验室有着很大的优势。学生基本上可以在任何的网络终端上都可以进行实验，这样对于工科的学生来说工科的实验可以搬上网络，这是一种首创，它是现代实验的一种创新，也是现代教育手段的一种趋势，对提高教学质量和教学水平有重要的意义，它的建成有利于解决高校扩招后实验设备套数不足、师资缺乏等困扰的问题。

# 第2章 系统的Web体系结构及相关技术介绍

本章主要是提出系统的设计方案，对B/S模式和C/S模式进行分析，得出本系统的改进型的设计方案，然后是对设计中要使用到的技术进行介绍。

## 2.1 系统体系的模型

根据软件系统设计的架构，该系统有可有两种设计方案分别是：C/S模式

（客户端/服务器模式）和B/S模式（浏览器和服务器模式）。C/S模式分为服务器端和客户端两层，客户端需要专门的软件，客户端需要处理数据、表示数据和设计一些接口等，对硬件、软件和操作员的要求都比较高，但这种模式适合于专门的网络，它的响应速度快，安全性高，处理数据及时等。但本论文针对的是高校的实验室教学，这样方面的要求就比较低。B/S模式分为三层，即表示层、业务逻辑层和数据层，客户端是表示层，这时候的客户端不需要对数据进行处理，只需要发出连接和请求即可，实验这个模式对客户端的软件、硬件和操作员的要求都比较低，这种情况下比较适合高校的一些初学者。所以本系统采用B/S模式。B/S模式的结构如图2.1。

数据层

业务逻辑层

表示层



请求

响应

数据库

数 据 库

响应 服务器

Web 服务器

响应

浏 览 器

端

请求

请求

2.1 B/S模式的结构图

从上图可以看出，当用户在客户端提交请求时，将请求由表示层送给Web服务器，业务逻辑层主要包含了整个系统的业务处理逻辑，它的主要任务是接

受表示层的用户请求，对请求数据进行程序化处理，再根据处理的结果向数据库服务器提出数据查询申请，等到数据库查询结果反馈回来再对结果进行处理，然后将数据返回到表示层。这样，原来在C/S模式下需处理数据、表示数据等在B/S模式下客户端下都不需要了，客户端就变成一个简单的浏览器端，不同于原来的C/S模式下的客户端。

## 2.2 系统体系的解决方案

上一小节对本系统的模型进行了阐述，同时也分析了这种虚拟实验室的实际情况，在该系统设计中我们确定采用B/S模式的体系结构。B/S模式采用三层结构，但这样B/S模式下的系统还不能控制与Web服务器相连的实验设备，也不能与受控的实验设备进行数据通信。所以在B/S模式下增加控制层模块，即控制层。该层上设计一个功能模块，该模块能响应web服务器发出指令，并根据指令控制实验设备，该模块还能对实验结果进行采集、处理实验数据，并将得到的结果返回Web服务器，这样以保证你能web服务器能有效的控制实验设备，改进后的设计方案如图2.2所示。这样的B/S模式就包含表示层、业务逻辑层、数据层和控制层，这样体系结构既具有B/S模式优点，又能有效的控制实验设备并与实验设备进行数据通信，二者有机的结合在一起。

数据层

业务逻辑层

表示层



响应

请求

Web 服务器

响应

浏 览 器

端

请求

响应

指令

请求

数据库

数 据 库

响应 服务器

控制层

实验设备控制程序

图2.2 B/S模式下的系统结构图

实验设备

这种B/S模式的结构是在原来的三层结构上增加了控制层，这个控制层是对业务逻辑层的功能进行了扩展，这四层中表示层和业务逻辑层之间通常是通过Internet连接，它们之间的连接遵循TCP/IP协议进行网络通信。业务逻辑层和控制层之间是通过串口通信，他们之间是通过局域网相连接的。

整个虚拟实验室系统主要分为数据库服务器，控制层模块、Web服务器以及客户端四个部分。

#### （1) Web服务器

Web服务器的主要功能是将基于B/S模式控制的虚拟实验室系统以网站的形式发布在互联网中，是整个系统主体部分，对外是充当网络终端的服务器，对内和控制层相连，完成该系统的业务处理。系统的网页部分全部是存放在Web服务器上，客户端的请求全部要经过Web服务器处理之后才将具体的操作请求发送给数据层或者是控制层。

#### （2）数据库服务器

数据库服务器属于系统的数据层，在数据库服务器上装上SQL Server2008数据库管理系统后，就可以对系统的数据进行存储和管理。通过图2.2可知，

数据库服务器是直接和Web服务器相连的，Web服务器根据客户端或者是控制层的请求对数据库进行查询的。

#### （3）控制模块

控制模块在本系统中是对实验设备管理和控制的一种功能模块，能对来自于Web服务器和实验设备的数据进行处理，使Web服务器能够高效的控制实验设备。这种控制模块是出来Web服务器的计算机中，在VS2008软件中采用VC#编程的方式进行设计，打开IO. Prost函数库，利用系统提供的通行事件和函数设计出控制层模块，要控制实验设备有时还需要有专门的集成开发环境。，例如：

ADS2.1和eclipse。

#### （4）客户端

客户端是系统的网络终端，在这个终端上的浏览器上Web服务器发送请求，再将Web服务器返回的结果呈现在浏览器上即可。在功能上主要向用户提供登陆和操作的页面。

## 2.3 Web应用程序开发技术

### 2.3.1 C#技术及其特点

1 C#语言的简介

[C#语言是微软公司](http://baike.baidu.com/view/39784.htm)在2000年7月推出的一种新的面向对象编程语言，是[微软公司](http://baike.baidu.com/view/39784.htm)研究院最新成果，是一种最新的、[面向对象](http://baike.baidu.com/view/125370.htm)的编程语言。有了它[程序员](http://baike.baidu.com/view/39175.htm)可以快速地编写各种基于. NET平台的[应用程序](http://baike.baidu.com/view/330120.htm)，. NET提供了一系列的类库函数和服务达到最大程度地开发和利用。

C#是专门为. NET的应用而开发的语言。它吸收了Visual Basic、C++、

Delphi、Java等语言的优点，继承了C语言的语法风格。不同的是，C#的对象模型已经进行了重新设计，使用的是. NET[框架](http://baike.baidu.com/view/66971.htm)的类库；C#不再提供对[指针](http://baike.baidu.com/view/159417.htm)类型的支持，C#不再支持[多重类继承](http://baike.baidu.com/view/459327.htm)。. NET[框架](http://baike.baidu.com/view/66971.htm)形式为C#提供了一个强大的、简易的、[逻辑结构](http://baike.baidu.com/view/540423.htm)一致的程序设计环境，其特点有：

（1）语言简洁。

（2）保留了C++的强大功能。

[（3）快速应用开发](http://baike.baidu.com/view/1412404.htm)功能。

（4）语言的自由性。

（5）强大的[Web服务器控件](http://baike.baidu.com/view/160086.htm)。

（6）支持跨平台。

（7）与XML相融合。

2．C#对C++进行了多处改进，主要区别如下：

[（1）C++代码直接编译为本地可执行代码](http://baike.baidu.com/view/1272001.htm)，而C#默认编译为[中间语言](http://baike.baidu.com/view/4430161.htm)（IIL）代码，执行时再通过Just-In-Time将需要的模块临时编译成本地代码。

（2）C++中大量地使用指针，而C#使用对类实例的引用。

（3）字符串处理：在C#中，[字符串是作为一种基本数据类型](http://baike.baidu.com/view/675645.htm)，因此处理起来要比较简单。

（4）C++依赖于以继承和模板为基础的标准库，C#则依赖于. NET基库。

3．C#与Java的比较

[（1）C#面向对象](http://baike.baidu.com/view/125370.htm)的程度比Java高。

[（2）C#中的基本类型都是面向对象](http://baike.baidu.com/view/125370.htm)的。

（3）C#具有比Java更强大的功能。

（4）C#语言的执行速度比Java快。

### 2.3.2 Asp. net技术

Asp. net的前身ASP技术，中间经历过XSP和ASP+。在2000年第二季时，微软正式推动. NET策略，ASP+更名为asp. net，经过四年的开发，第一个版本的asp. net在2002年1月5[日亮相，此时它的类库是用. NET Framework](http://baike.baidu.com/view/18370.htm)1.0，

2010年asp. net 4.0已经在VS2010平台内应用。2012年最新版本asp. net已经拥有. Net Framework4.5类库。ASP. NET具有以下特点：

（1）适应性强

（2）简单易学

（3）可管理性

## 2.4 本章总结

本章主要是提出系统的设计方案和开发工具的介绍。经过B/S模式和C/S模式的比较，结合系统针对的环境，决定采用B/S模式为该系统的设计方案，但为了加强Web服务器对实验设备的实时控制，在Web服务器和实验设备之间

增加了一个控制层模块，该模块是由VS2008集成开发环境设计的，通过调用C#中的函数库结合一些实验设备的集成开发环境设计出控制层模块，这样做减轻了服务器的负担也提高了实验设备对客户端的响应。最后对设计系统时需要用到的开发工具进行介绍和对比。经过以上的阐述决定设计该系统设计B/S模式，服务器采用ASP. net形式的Web服务器，开发语言采用C#语言，数据库设计采用SQL数据库。通过本章的描述为系统的设计奠定了基本的框架和所使用的工具。

# 第**3**章 系统的需求分析与概要设计

## 3.1 系统的需求分析

经过上一章系统的方案设计，考虑到本系统的功能比较多，根据系统针对高校实验教学这一特点的环境，该系统被划分为四个子系统：账户管理系统、实验控制系统、实验辅助系统、教学管理系统、同时用户账户可以划分为三种类型：系统管理员、教师和学生。下面给出了系统的总体用例图。



图3.1 系统的总体用例图下面对各个子系统进行分析

1、账户管理子系统：该子系统主要是对用户的账户和权限进行管理的模块。

本系统的用户主要是高校的学生和教师，使用不提供向外的注册页面，改有系统管理员根据学生的学号和教师的工号统一添加，并设置初始密码，用户在下次登录的时候会提示用户修改初始密码。为了提高安全性，修改后的用户密码经过加密后存放在数据中。

在权限管理方面，为用户建立了三种角色，即系统管理员角色、教师角色和学生角色。这三种不同的角色拥有不同的权限，每个用户只能属于一个角色，行使一种角色的权限，当用户的操作超过了规定的权限，系统就会给出提示，阻止用户越权的操作。

2、实验控制子系统：该子系统主要是使Web服务器能够连接识别实验设备，能通过控制模块对实验设备实时的控制，并能和客户端进行通信。该子系统在

结构上又包含下面几个小的模块：

1）通信控制模块：该模块的功能复制是Web服务器和实验室之间的通信。它们之间采用的是串口通信，上位机是Web服务器，下位机是实验设备，它们之间通过串口线相连，串口通信时遵循RS232协议。为了提高实验设备的响应速度，还在该模块中增加一个中断响应程序，应该S3C2440的开发板有60种中断信号，这样就有条件使用中断程序响应Web服务器的指令了。

2）实验模块：该部分是整个系统的主体模块，学生通过该模块操作实验，并查看实验结果。整个实验将会涉及到比较多的系统处理事件，以及系统的主要页面。这部分涉及的好坏直接关系到整个系统的实用性。

3）实验报告填写模块：该模块是学生填写实验报告的模块，学生根据实验的结果和得到的数据以及实验心得，填写好实验报告，并把实验报告上传到数据库中保存供以后查找。

这个子系统对教师来说，可以设置实验的步骤和要求，甚至准备实验的程序，供学生在客户端发送指令时实验程序在服务器端运行，以达到控制实验设备的目的。对学生来说，这个子系统是学生连接实验设备和远程控制实验设备的主要功能模块，是学生完成实验的关键系统。

3、实验辅助子系统：该子系统是实验的辅助型模块，为学生提供实验说明、实验原理图、实验程序还有向老师提问的留言板，学生在做实验之前先通过该子系统学习实验的原理和实验说明，以提到实验的成功率，同时也有助于提高学生的自学能力、独立思考、独立操作的能力。留言板这是为了加强师生之间的交流，营造良好的学习氛围。其用例图为图3.2



预约实验

查找实验

资料

学生用户

实验目录

学习交流

实验工具

教师用户

上传实验

资料

图3.2 实验辅助子系统用例图

4、教学管理子系统：该子系统主要是管理实验和批改实验报告，管理员可

以在这个系统上发布一些实验公告、简介、通知和一些规则制定。这个模块有两种角色的用户：系统管理员角色和教师角色。系统管理员主要是管理实验一些计划、实验配置等，教师角色主要是批改实验报告，上传实验程序和实验规定回答实验问题。教学管理子系统的用例图如图3.3



查找实验

添加实验

教师

实验工具

修改实验

实验报告批

改

删除实验

实验内容的

编辑

系统管理员

图3.3 教学管理子系统用例图

经过以上四个子系统的描述，则基于B/S模式远程控制系统的虚拟实验的基本流程如下：

1、教师按照教学大纲和学校的要求，在服务器端添加实验，并和管理员沟通实验的相关事项。

2、管理员在网站上发布做实验的通知。

3、学生在客户端提交申请做实验时间，实验管理员根据申请安排一个时间。

4、学生登录连接到实验系统，选择要做的实验。

5、学生在客户端的浏览器连接到服务器上，输入账户和密码登录到系统中，选择要做的实验，远程启动服务器端的实验电机，设置实验参数，上传实验程序，开始做实验。

6、服务器识别实验设备后将设备的准备情况返回到客户端的浏览器上。

7、学生在客户端发送做实验的请求，Web服务器根据请求通过控制层模块向实验设备发出指令，控制层模块采集实验数据后提交到Web服务器，再由Web服务器反馈给客户端浏览器供学生观看。

8、教师登陆系统后可以查看学生提交实验报告的情况，甚至可以观察学生做实验的进度，监督学生，批阅实验报告，将实验情况通知给学生。

9、学生或教师登录网站后，学生可以通过留言板提出问题，教师查看问题后回答问题，学生也可以回答问题，这样就形成了师生互动和学生之间的交流气氛，有助于提高教学效果。

## 3.2 系统的设计目标

本文研究的基于B/S模式控制系统的虚拟实验室主要是实现远程做实验的功能，它的设计需要达到的预期目标是：

1：系统应该有较强的实用性。系统是基于互联网的，那么就应该在任何有网络的地方都能连接到系统服务器上，只要身份合法，学生就可以通过该系统平台阅读实验原理、实验说明等实验资料，还可以远程操作实验，查看实验数据和实验结果。

2：实现实时控制。该系统平台包括服务器和客户端的互联网，还包括服务器和实验设备之间的局域网，结构比较复杂，如果在实时方面算法不优的话，可能会造成必要严重的延迟，影响实验效果。所以必须通过设计好的通信方案，来保证客户端对实验设备的有效操作。

3：具有基本的安全性和可靠性。系统是针对高校的实验教学，但也应该保证基本的可靠性和安全性，尽量保证在整个系统的正常运行，同时响应多用户的请求，并建立多用户通信方案，使用户的请求都能及时的得到处理。在安全性方面，系统主要靠账户的角色开保证，阻止用户越权对设备和数据的操作。

4：系统页面要友好。页面是系统的主要组成部分，一个友好操作简单的页面，很受欢迎。

5：系统设计采用模块化设计，以便于系统的升级和维护。

## 3.3 系统的总体设计

根据该以上系统的需求分析和总体的设计目标，该系统的功能模块组成如下图所示：

B/S 模式控制的虚拟实验室系统

账户管理系统

实验控制系统

实验辅助系统

教学管理系

用户账户和权限管理模块

实验控制模块

实验通信模块

做实验模块

实验报告提交模块

实验预约模块

实验原理和设备说明模块

实验交流学习模块

实验管理模块

实验报告批改模块

图3.2 基于 B/S模式控制系统的模型图

虚拟模式包括四个大子系统：

（1）用户账户管理系统：该子系统是对用户的账户和权限进行管理，确保系统的可靠性和安全性。

（2）实验控制系统：是本系统的核心，为学生提供做实验的功能，按照需求分析的要求它包含有四个子模块。

（3）实验辅助系统：主要提供学生实验时的学习资料，是实验前期的一个重要的模块，它包含实验预约模块、实验原理和实验设备说明模块、实验交流学习模块。

（4）教学管理模块：该模块主要是针对教师用户的，教师在该模块中批阅实验报告，修改实验设置。

通过上述的需求分析和总体设计，从整体上看系统的总体结构大致分为两大部分，第一部分是Web服务器和实验设备之间通过局域网相连，第二部分是

Web服务器和客户端通过互联网相连。总体的架构如图3.3。



FL2440 开

发板

串口通讯

Internet

Web 服务器

网络通信

客户端用户

（学生）

客户端用户

（学生）

………..

客户端用户

（教师）

图3.3 系统总体架构设计图

### 3.3.1 网络通信功能设计

Web服务器和外面的客户端是通过互联网相连的，它们之间采用Scoket通信机制，从而他们之间的通信遵循TCP/IP协议。在服务器端建立服务的Scoket服务器，服务器一直处于监听端口状态，如果监听到一个客户端发送过来的

Scoket连接请求，那么就建立一个Scoket对象，由一个IP地址和一个端口号来唯一确定，建立的两个程序分别称为客户端程序和服务器端程序，这样就与客户端建立一个虚拟的连接。然后客户端向Scoket写入所需请求发送到服务器端口，服务器根据接收的请求进行处理，并把处理的结果通过虚拟连接返回给客户端。然后通讯关闭，撤销虚拟连接。Scoket的通讯模型如图3.4。

服务器

客户端



建立 Scoket 对象



建立服务器 Scoket

监听端口

建立连接

发送连接请求

建立 Scoket 对象

发送请求

发送服务请求

读取客户端请求

处理请求返回结果 做出响应 读取返回结果

图3.4 Scoket通信模型图

该系统是一个服务器对应多台客户端，所以就需要建立一个基于Scoket的多用户的通信模型，以实现与多客户端的同时通信。为了达到这个目的这里引进了一个Term对象，当收到多个客户端发送的请求时，服务器将根据特定的算法将客户端的请求放置在Term对象中，使它成为虚拟的客户端，同时服务器也产生一个子进程，让子进程去处理放置在Term对象中的虚拟客户端的请求，这样，服务器就可以继续去监听端口，直至外界请求终止。如图3.5



客户端

客户端

…….

客户端



服务器监听

子进程

子进程 子进程 ……….

Internet

Term对象数组

图3.5 监听多用户模型图

主要的代码有：

（1）服务器端

Class Server

{ static int count=1; static Term[] tm; ServerSocket ss; Socket set;

Server() therws Exception

{ tm=new Term[5];

ss =new ServerSocket(5000) //监听端口号5000的宽口

}

Void go() throws Excepetion

{ Thread tdsd=new Thread(new Send()); //创建一个子线程

tdsd. start(); //启动子线程

//循环监听 5000 端口

While(true)

{

sct=ss.accept();

tm[count]=new Term(sct,count);

………

Tdre. start(); //接收的每个客户端请求交由Term处理

}

}

}

### 3.3.2 系统的软硬件组成

#### 1、 基于B/S模式控制虚拟实验室的系统硬件配置几项：

（1）作为Web服务器的计算机一台。

（2）摄像头一个。

（3）32位的ARM微处理器FLS3C2440开发板一个

（4）客户端计算机，并有通用的浏览器。

（5）数据线、连接线、网线若干，此外还需要路由器，交换机网线、网卡等网络设备。

#### 2、 基于B/S模式控制虚拟实验室的系统软件配置几项：

（1）与开发板相连的计算机作为Web服务器，操作系统安装为Windows XP。

（2）数据库服务器采用SQL Server2008。

（3）客户端计算机的操作系统要求是Windows98以上的Windows系列操作系统。

（4）服务器上控制设备的应用程序ADS2.1集成环境和向开发板烧写程序的H-Flash，以及VS2008集成开发环境。

### 3.3.3 系统的运行环境

#### 1、 系统运行平台

该系统是高校的一个实验平台，面向的用户范围广，很多用户不具备专业的计算机知识或者是初学者，所以，该实验平台应该选择一种操作简单，界面友好的操作系统。当今市面上的操作系统很多种，主要由Linux序列的操作系统和Windwos序列的操作系统。Linux系统支持多任务多用户，且具有良好的开放性，安全性也高于Windows系列的操作系统，但它对于新手来说Linux的界面不够友好，且安装比较困难，也不易维护和配置。而WindowsXP系统技术成熟，是广大用户熟知的操作系统，它的操作界面友好，安装设置容易，能支持

众多软件，在网络上也具有良好的兼用性，很适合这种高校实验，实验要求不高，且多为初学者。本系统根据实际情况选择Windows系列中的32位的操作系统WindowXP作为该操作系统平台。开发后的本系统能够运行在此操作系统上。

#### 2、 系统的开发平台

该系统开发时采用的开发平台是Microsoft Visual Studio2008。（简称VS2008），VS 2008为帮助和支持C#开发Web应用程序，为开发人员提供了相关的工具和类库文件。开发人员能够利用这些完整的开发工具和调试功能为客户端开发优秀的Web应用程序。这些应用程序可以兼容XML提供数据、可以在任何客户端的[浏览器](http://baike.baidu.com/view/7718.htm)上运行，正常访问ASP. NET[应用程序服务](http://baike.baidu.com/view/309712.htm)程序，而不会因浏览器和客户端不同而不同。VS2008的开发Web应用程序主要优点有：

1）程序开发：VS 2008改进了C#的编程语言和数据功能。VS2008还能够使开发人员在同一[开发环境](http://baike.baidu.com/view/4831305.htm)内使用不同的开发语言创建不同的应用程序，然后可以通过编译形成. Net Frameworke类库固定的组件，这样其他的开发人员就可以直接使用这个组件，大大的节省了开发的时间，也放宽了开发的限制。开发人员能够构建面向。NET Frameworke 2.0、3.0或3.5的应用程序，意味他们可以在同一环境中支持各种各样的项目。

[2）用户体验：VS2008](http://baike.baidu.com/view/1088051.htm)为开发人员提供了在新型快捷的的开发工具，VS2008支持. NET framework 3.5，并且支持以前的. NET framework 2.0和3.0的版本。同时，在VB3.5和C#3.5中加入了对LINQ的支持，这是VS2008最大的特色之一，是具有交互式更强和更个性化的新一代Web体验。

3）高效的团队协作：Visual Studio 2008提供了帮助开发团队改进协作的扩展的和改进的服务项目，强大的团队可以方便的进行企业级的应用开发，并有效的提高了开发效率。而且使得团队更好的进行协同工作。大大缩短了开发周期、提高了项目管理周期。

#### 3、 数据库平台

该系统的数据库采用SQL Server2008数据管理系统，它是一种中型数据库，提供了一个解决方案来满足这些需求，这个解决方案就是服务器可以使用存储和管理许多数据类型，包括XML、e-mail、时间/日历、文本、图形等等，同时[提供一个丰富的服务集合来与数据交互作用：搜索、查询、数据分析](http://baike.baidu.com/view/362239.htm)、[报表](http://baike.baidu.com/view/408928.htm)、[数据整合](http://baike.baidu.com/view/1342571.htm)和强大的[同步](http://baike.baidu.com/view/54180.htm)功能。最重要的一点是在服务器上运行关键的应用程序，同时降低了管理数据基础设施和发送信息给所有用户的成本。SQL Server2008

有以下特点：

（1）可信任性。该数据库管理系统，有两种账户管理模式，以满足不同情况的需要，系统对数据的操作建立在严格的权限之下，任何不满足权限的越权操作就会别禁止。系统还提高了各种形式的备份、数据库镜像文件拷贝等措施确保数据的完整性安全。

（2）高效性。该服务器可以降低开发和管理数据库建立的时间和成本。SQL

Server2008提供了高效操作数据和保存数据的工具，还能使用代理服务器建立数据库操作作业，做到数据管理操作自动化，使开发人员可以快速的创建下一代数据应用程序，同时简化了对数据的访问。

（3）自动化性。该数据库管理系统提供许多组件，用来自动的管理数据，减少了人工的干预，同时也能保证数据的安全和完整。

## 3.4 本章小节

本章通过对该系统的需求分析和总体设计，概要的设计系统的总体设计模型。特给出出了各自系统包含各个模块的功能。对系统要实现的功能进行了分析，给出了服务器和客户端之间的网络通信设计方案。然后对系统的运行平台、开发平台、数据库平台和Web服务器进行了介绍，阐述这些工具的特点和优势。还对系统的软硬件组成进行了分析，简要的介绍了开发该系统要用硬件设备。

教学管理

实验报告批

实验交流

实验设置

实验安排

实验报告的查

实验报告的批

查找实验

# 第 4 章 系统的软件设计与实现

通过上一章分析可以知道该系统由四子系统组成，具体开发该系统时使用

VS2008和C#语言进行开发代码的编写，由VS2008开发的系统网站人机界面友好，操作简单灵活，下面将具体介绍虚拟实验室系统的详细设计和具体实现。

## 4.1 系统的功能架构

### 4.1.1 三种角色的软件架构设计

B/S模式的虚拟实验室的用户分为系统管理员、教师用户、学生用户三种角色，每个用户只能属于一种角色，执行不同的功能，三者在该系统的中的架构图为图4.1

系统管理员

B/S 模式的控制虚拟实验

教师

学生

权限管理

角色管理

用户管理

分组管理

图4.1 系统软件的功能架构图

启动实验设

上传实验程

设置实验参数

选实验

做实验

提交实验报

查看实验批

### 4.1.2 系统主要架构的流程设计



否

添加实验

是

通知学生

教师

系统管理员

系统主要架构的流程设计是整个系统的关键部分，该系统以这上述三种角色为基础，设计该系统的流程图。实验应该首先由教师按照教学要求向系统管理员提出需要设置新实验的要求，并上传实验说明，系统管理员根据实验说明，决定是否能够实验，如果能则通知教师，如果不能则说明原因。如果能则添加实验，系统管理员就会在系统首页挂出通知。学生登录系统后看到通知后，通过系统向系统管理员提出实验申请，系统管理接收到学生的申请，如果能实验则回复安排实验的时间，如果暂时不能则另外安排时间。做完实验后，根据实验结果填写实验报告，在提交实验报告时候询问学生是否需要修改实验报告，如果需要修改则可以填写，否则就上传实验报告，实验报告保存在web服务器中。这三种角色对应的系统流程图如图4.2



否

申请实验

是

登陆？

否

图4.2 系统三种角色的程序流程图

形成

提交

是

是否修改

否

做实验

实验报告

## 4.2 系统的具体实现

### 4.2.1 网站的主体实现

1、系统管理员

系统管理员根据学校的要求对用户账号（教师、学生）进行注册，学生账户按班级分组进行管理。系统管理员能对用户账户能进行查、改、禁功能，并对参加账户的权限加以限制，还能对用户信息进行修改。系统管理员登录后的界面如图4.3。



图4.3 系统管理账户管理页面

2、教师

教师安排教学安排，可以通过管理员添加新的实验，上传实验说明和实验资料，设置好学生做实验的开始和截止的时间。图4.4是学生登陆后查看教师设置的实验，界面如下



图4.4 教师查看实验页面

在这当中，教师可以查看学生提交的实验报告情况，对学生作实验情况进行督促和跟进界面如图4.5。



3、学生

图4.5 学生实验完成情况图

学生登陆系统查看老师布置的作业任务表，明确自己的实验任务，然后进入操作界面如图4.6。



图4.6 学生查询实验情况图

学生选择要做的实验后，就进入到做实验的环节，根据老师提供的实验要求和说，独立自主的完成实验操作，完成实验后填写好实验报告，然后提交到

web服务器中，等待老师批阅。

### 4.2.2 实验交流的留言板设计方案

师生互动和交流有利于巩固所学的知识，能激发学生的学习积极性，建立良好的学习风气，也促进了师生关系。，学生和学生、学生和老师交流中能学会发现问题、思考问题，解决问题。本系统提供了供师生实验项目的交流留言板。这个模块的设计流程图如图4.7。

图 4.8 留言板界面

学生

登录成功？

否

是

查询实验

是否提交问题

要修改

提问

提出问题

是

教师答疑

图4.7 留言板的程序流程图



学生要登录到系统，进入到实验项目中，在哪里学生老师将可以进行有效的交流，学生登陆的界面如图4.8。

## 4.3 数据库设计原则与实现

### 4.3.1 数据库设计原则

数据库系统部分作为整个系统数据存储和管理部分，有着至关重要的作用，如果数据的设计存在缺陷，小则影响整个系统的响应速度，大则导致整个系统数据的损坏和丢失，会造成成难以弥补的损失。所以数据库的设计要遵循数据库的设计原则进行设计，数据库的设计创建数据库的原则是：

#### 1、 能够满足存储数据的需要

SQL Server数据库主要是用来存储和管理数据的，首先要满足系统的数据能够存放，所以在设计的时候要考虑系统数据的大小，开辟合适的存储空间存放数据，开辟的存储空间不能小导致不能存放，也能开辟的存储空间过大而造成浪费。

#### 2、 数据库要便于用户访问

数据库里面的数据是提供给系统和用户访问的，所以在设计数据库、编写

SQL语句和访问数据库代码的时候要尽量提高代码的执行效率，提高对用户的响应。

#### 3、 数据库完整性原则

数据库的完整性是指数据在数据库中的正确性和相容性。一般可以通过三个方面来进行规范域的完整性：

（1）用Check来实现约束。在数据库设计工具中，对字段的取值范围进行定义。

（2）参照完整性。用PK、FK和表级触发器来实现。

（3）用户定义完整性。它是一些业务规则，用存储过程和触发器来实现。

#### 4、 数据库应该具有良好的安全性。

数据库的安全性是指保护数据，防止非法用户使用数据库或合法用户非法操作数据库造成数据泄露、更改或破坏。用户访问数据库要有认证和授权机制，同时还要确保该用户只能访问其权限之内的数据，从而达到保护数据的目的。

#### 5、 要尽量提高数据库运行效率

要提高数据库的运行效率，需要对数据库的服务器、数据库、表进行合理的设计，还要考虑到外键约束等一些约束带来的问题，对数据库的定期备份设置等等，提高数据库的运行效率，需要整体考虑数据库的特点。

### 4.3.2 数据库的连接

不同的数据库和网站的连接方式不用，本系统采用的SQL数据库，连接数据库的代码如下：

在web. config文件中连接数据库的的字符串代码为：

<connectionStrings>

<add name=" ConnectionString" connectionString=" Data Source=. \sqlexpress; Initial Catalog=DateTest; Integrated Security=True;"/>

</connectionStrings>

有了这段代码，在网站添加一个Helper. cs的类文件，该文件作为数据层，在该数据库中连接数据库的代码是：

private void Open()

{

if (con == null)

{

con = new SqlConnection(ConfigurationManager.ConnectionStrings["ConnectionString"].Conne ctionString);

}

if (con.State == ConnectionState.Closed)

{

try

{

}

con. Open(); //打开数据库连接

catch (Exception ex)

{

throw ex;

}

}

}

private void Close()

{

if (con != null) //判断连接是否已经创建

{

if (con.State == ConnectionState.Open) //判断连接的状态是否打开

{

con.Close();

}

}

}

### 4.3.3 数据库的实现

#### 1、 数据库表的设计

在该系统中设计了9个数据表，分别是用户信息表，角色表，学生信息表，教师信息表，设备信息表，实验信息表，实验报告表，留言信息表。表中的字段及相关信息如表4.1。

表4.1 系统数据表

| 序号 | 表名 | 字段及功能 |
| --- | --- | --- |
| 1 | Admin | 用来保存系统管理员的基本信息的数据表，主要包括  用户 ID、登陆名和密码、权限以及基本信息。 |
| 2 | UserAccount | 用来保存系统普通用户的基本信息的数据表，主要包  括用户 ID、登陆名和密码、班级、角色和联系方式等信息。 |
| 3 | Student | 用来保存系统的学生情况的信息，主要包括学生的学  号、班级、成绩，学习科目、任课教师等一些信息。 |
| 4 | teacher | 用来保存系统的教师情况的信息，主要包括教师的工  号，所教班级、授课科目等一些信息。 |
| 5 | device | 用来记录用户设备基本信息的数据表，主要包括设备  编号、设备名称、设备状态以及日期时间等基本信息。 |
| 6 | data | 用来记录设备实验室的产生的实验数据，包括 ID 号，  设备的编号、实验参数值、实验截图，实验时间等基本信息。 |
| 7 | messageboard | 用来保存用户留言信息的数据表，主要包括用户 ID、  留言标题、对应的实验项目、留言内容和时间等基本信息。 |
| 8 | Answer\_Message | 用来保存教师回复留言信息的数据表，主要包括教师  ID、回复内容和回复时间等基本信息。 |
| 9 | New | 用来保存系统公告和相关新闻的数据表，主要包括实  验题目、内容和日期等基本信息。 |

#### 2、 数据库表的分析

该系统有9个表，每个表有若干个字段，表和表之间通过外键相关联，具

体的字段设计和数据库表之间的关联如图4.9。



图4.9 数据表的关联图

从数据库的结构图来说，用户表UserAccount和data表是一对多关系，

Student学生表和data表是多对多的关系，其中data表的baogao字段是用来存储实验报告的名称，用户在页面可以根据实验名称的名称查找学生的实验报告，因为各个实验项目对应一个保存实验报告的文件夹，这样方便教师查找。其他的数据库表之间的关系如图所示不在累赘。

## 4.4 系统的安全性分析

基于B/S控制模式的虚拟实验室系统具有相对比较完善的操作管理功能，但该系统是面向广大用户的，未了保证系统的安全性和可靠性，所以用户登陆是必须提供合法的账户和密码，登陆之后将进行权限验证，以确保用户在它设定的权限下操作该系统。为此系统专门建了角色，每个账户在管理员注册时候都会为它设置一个角色，该系统分为若干个文件夹部分，背个文件夹部分都有一个配置文件，该配置文件可以设置允许那些角色能够访问这些文件夹里面的网页部分。设置代码如下（以教师角色权限为例）

<system. web>

<authorization>

<allow roles=" teacher" /> //允许教师访问，而拒绝其他的所有用户访问。

<deny users=" \*" />

</authorization>

</system. web>

为了进一步加强系统的安全和可靠性，保证用户账户的安全性，在将添加用户账户保存到数据库之前对其进行哈希加密。哈希(Hash)算法，即散列函数。它是一种单向密码体制，即它是一个从明文到密文的不可逆的映射，只有加密过程，没有解密过程。同时，哈希函数可以将任意长度的输入经过变化以后得到固定长度的输出。哈希函数的这种单向特征和输出数据长度固定的特征使得它可以生成消息或者数据，方便保存在SQL数据库中。在本系统中对用户的密码进行哈希加密之后再存入到系统数据库中。

用哈希算法对用户密码加密的代码是：

string password = "123456";

Console.WriteLine("需要加密的原文：{0}",password); HMACMD5 provider = new HMACMD5();

byte[] hashedpassword = provider.ComputeHash(Encoding.Default.GetBytes(password)); StringBuilder sb = new StringBuilder();

for (int i = 0; i < hashedpassword.Length; i++)

{

sb.Append(hashedpassword[i].ToString ("x2"));

}

Console.WriteLine("哈希加密之后的密文:{0}",sb); byte[] key = provider.Key;

sb = new StringBuilder();

for (int i = 0; i < hashedpassword.Length; i++)

{

sb.Append(hashedpassword[i].ToString("x2"));

}

Console.WriteLine("哈希加密是产生的密钥:{0}", sb);

经过加密后的密码在数据库表中存储的形式是：



这样密码部分就是以哈希值的形式存储在其中，增强了用户账户的安全性。

## 4.5 实验参数和数据的保存

本系统需要保存的实验数据来自两个方面，一个是客户端用来设置实验的参数，另一个是来实验设备的实验数据。

客户端的数据通过浏览器向Web服务器发送请求，Web服务器在通过回话

Session类和SQL结构话语言将实验参数保存到SQL数据库的基本表中。通过

Session获取页面的实验参数的事件是：

protected void RedioSystemBlue\_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)

{

If（his.RadioSystemSky.Checked==false && this.RedioSystemBlue.Checked==false )

Session["theme"] = this.RedioSystemBlue.Text.Trim(); else if (this.RedioSystemBlue.Checked == true)

Session["theme"] = this.RedioSystemBlue.Text.Trim(); else if (this.RadioSystemSky.Checked == true)

Session["theme"] = this.RadioSystemSky.Text.Trim(); Response.Redirect(Request.Url.ToString());

}

Web服务器根据事件的触发，使用SQL结构语言将实验参数添加到系统的数据中，添加的函数之一是

Private void insert()

{

Int id = Convert. ToInt32(Request. QueryString [" ID"]); SqlConnection con = new SqlConnection(str);

String user = TextBox2. Text;

String body = TextBox3. Text;

String datetime = DateTime. Now. ToString(); string sql = string. Format(" insert into

Messages(UserName, MsgContent, PublishDate, ID) values('{0} ', '{1} ', '{2} ', {3})", user, body, datetime, id); SqlCommand cmd = new SqlCommand(sql, con); con. Open();

Cmd. ExecuteNonQuery(); con. Close();

Response. Redirect(" default. aspxID=" +id);

}

实验数据的保存相比较而言比较困难。以本系统采用的FL2440开发板为例，该开发板的波特率是115200bps，所以与之相连的计算机的串口通讯波特率也要是115200bps，否则数据传输过来后在计算机中是乱码。为了能将开发板的数据传输收到计算机中，现在Liunx中编写下面的程序（只给出部分代码）fd=open(" /dev/fl2440\_serial0", O\_RDWR)；//打开连接的fl2440的开发板if(fd=-1) //打开失败

Return -1; void main()

{

Int sfd, retvl;

Struct termios option; int length=sizeof(sbuf); open\_serial(0);

Printf(" ready for sending data... n"); tcgetattr(fd, &option); cfmakeraw(&option); cfstispeed(&option, B115200); cfstospeed(&option, B115200); tcsetattr(fd, TCSANOW, &option); retv=write(fd, sbuf, length);

if(retv=-1)

{perror(" write");

}

Printf(" the number of char sent is %dn", retv) while(1)

{printf(" %s", sbuf); sleep(1);

}

Flag\_close=close(fd); if(flag\_close==-1);

Printf(" close the Device failur! n"); return 0;

}

然后在Liunx终端Shell中用gcc编译器编译成可执行文件，再通过烧写程序到开发板中.更改开发板的模式，运行文件，关闭烧写的端口，打开串口t通信端口COM1，与开发板相连的计算机就可以接受开发板发送的数据了。

## 4.6 本章小结

本章主要是依据该系统的三种角色为设计基础，详细的给出了网站的主体设计和实现，特别单独的给出了留言板的设计，该留言板是学生和学生、学生和教师学习交流的一个平台。对这种远程实验来说是一个很好的辅助平台。本章还介绍了本系统的数据库设计，为了数据库的安全性，采用了多种方式，其中最主要的是保证用户账户和密码的安全性，本系统中为了账户和密码的安全性采用哈希加密的方式，同时网页访问也是采用授权的方式，以防止非法登陆和非法操作。最后比较简介绍了客户端数据在服务器上的保存和受控设备的实验数据如何保证到数据库中。

# 第 5 章 控制设备实时通信和控制

实时控制系统需要在服务器上安装相应的应该控制程序后，再和实验室控制设备相连，这样才能实现对受控设备的控制并和它通信，完成实验设备的远程共享。实验产生的数据处理工作都是在服务器上完成的，在客户端不需要任何的计算和数据分析，所以该系统要求服务器的运算处理能力和通信传输能力应该要求高且性能稳定。

## 5.1 ARM开发板和Web服务器通信

ARM开发板和Web服务器机相连，他们之间的通讯是采用串口通信。串口通讯是外部设备和PC机之间使用一条数据信号线，使数据在信号线上一位一位的传输，每位数据都占一个固定的时间长度，其本质是CPU与串行设备之间的译码转换器。串口通信不但能够实现开发板与计算机之间的数据传输，而且还能够实现计算机ARM开发板的控制。本系统使用的ARM920T的处理器FL2440的开发板，计算机系统是采用32位的Windows XP系统。一般计算机串口通讯遵循

RS232协议。如图5.1

ARM 开发板(下位机)

Web 服务器(上位机)

串口通信(RS232 协议)

图5.1 开发板和服务器之间通信示意图

### 5.1.1 下位机的串行通信的设计

上位机利用VC6.0开发串行通信程序与下位机进行通信，与之相连的ARM开发板采用中断的方式接受上位机的数据，其中断子程序的流程图为5.2

|  |  |
| --- | --- |
| 回发确认信号 | |
|  |  |
| 数据处理 | |
|  |  |
| 数据输出 | |

中断处理程序

接

受

中断类型判断

判断上位机地

址

否

是

发送

否

是否接受完毕

是

效验码是否正确

是

返回

接受下位机地址

重新回发

接收数据标志位

接受数据

图5.2 ARM开发板中断子程序流程图其接收数据的流程图为图5.3

|  |  |
| --- | --- |
| 发送开始字符 | |
|  |  |
| 发送命令字符 | |
|  |  |
| 发送字节数目 | |
|  |  |
| 发送数据 | |

图5.3 接收数据流程图

是否发送完毕

否

是

数据接收完毕

### 5.1.2 上位机软件实现通信设计

上一节说道，上位机是采用VC#编程的方式和ARM开发板进行通信，在VC6.0中命名空间IO. Sports，在该类下VC#提供了通信控件的标准事件和方法，程序设计员不必过多的了解通信底层的操作和API函数，因此就比较容易用程序来实现和开发板的通讯，其上位机的程序流程图如图5.4

通讯程序

发送字节命名

数据验证错误

发送失败信号



是否接收数据

否

是

检验接收数据

否

是

收到正确数据

返回重发

发送成功信号

用变量存储发送数据，通讯结束后存入数据库

图5.4 下位机通讯数据流程图

## 5.2 系统对控制设备的需求分析

### 5.2.1 步进电机控制设计

以图5.5电机为例



图5.5 四相步进电机

如图是一个四相步进电机，步进电机一般多为永磁感应式，即由电感线圈里的脉冲电流来驱动的，这种电机的设计原理如图5.6



图5.6 步进电机的设计原理图

分别依次给此步进电机的四线一定时间脉冲，通过对每相线圈的电流的顺序切换来便可使电机作步进式旋转，通过改变脉冲电流的时间间隔，便可以实现对电机转速的控制，也就是说可以通过调节脉冲信号的频率便可以有效的控制电机。此电机的步距角为1.8。度，也就是说电机步进一圈需200步。脉冲经驱动电路驱动步进电机旋转，实验原理如图5.7所示



图5.7 脉冲驱动驱动步进电机电路原理图

步进电机控制ARM开发板采用开环控制，使开发板以编程方法能够直接的将数字脉冲信号转换为角位移，以控制步进电机，从而比较简单的实现了从数字脉冲信号到角度的转换。通过编程的方式可以在电路允许的范围内自由的设定步进电机转动的角度、转速和转动的次数。可以起到灵活控制步进电子的作用。下面给出C语言控制该步进电机的部分关键代码

//延时函数，例如 endcount\*延时为 0.5 毫秒

void delay(unsigned int endcount)

{

count=0; do{}while(count<endcount);

}

//定时器 0 中断处理函数

Void timeint(void) interrupt 1

{

TH0=0xFE;

TL0=0x0C; //设定时每隔 0.5ms 中断一次

count++; spcount--; if(spcount<=0)

{

spcount = speedlevel; gorun();

}

}

驱动电机主要是给四个线圈提供切换脉冲信号，我们用P1\_0; P1\_1; P1\_2; P1\_3；四个变量来代表步进电机的四个线圈电平情况，那么四个线圈的电平情况可以有如下表5.1

表5.1 步进电机脉冲可能情况表

| P1\_0 | P1\_1 | P1\_2 | P1\_3 |
| --- | --- | --- | --- |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |

其中四线都为0，一般是初始状态。根据表的情况，可以从控制步进电机的

排线的输入电平就可以驱动和控制电机。

### 5.2.2 步进电机B/S模式控制的的原理和结构

#### 1、 远程控制结构

远程控制结构是通过网络通信技术和Internet技术，在客户端控制远程实验室的步进电机的启动、转速、转向和停止等操作，以达到用户可以不用亲临实验室就可以有效的控制电机的目的。下图是B/S模式的远程控制图



客户端

浏览器

………

客户端

浏览器

互联网

Web

服务器

数 据 库服务器

图 5.8 B/S模式结构图

#### 2、 电机远程控制系统的设计

与电机相连的Web服务器，服务器用应该控制程序控制电机的运转，并采集电机运行参数，存储于数据库中并显示在服务器上；通过建立Web服务器，使远程用户通过互联网访问主机数据库，上传电机控制代码，服务器会自动的把文件加载到ARM开发板，从而控制电机。这个子系统的设计思路如图5.9



服务器和电机本地测试

客户端输入服务器网址

客户端打开响应页面

上传控制代码到服务器

服务器加载代码到开发板

控制电机的运行状态

图5.9 电机远程控制系统的设计思路

用户上传上来的代码一般是采用C语言编写的代码，为了使代码能够控制电机，需要在服务器上安装控制应该程序ADS2.1集成环境。在本节的下一节将详细谈到。

为了能够通过客户端浏览器实现远程控制，需要建立专门的网站模块，一般来说，主要是用VS2008设计的网站来实现这一目标。其中Web网站的服务器端负责响应远程用户浏览器发送的请求，ADS2.1集成环境负责按照远程浏览器的请求，对控制设备的加载程序，使受控设备按照用户上传的代码来运行。其电机的客户端的主控页面为图5.10



图5.10 电机客户端主控页面

## 5.3 控制设备环境的搭建

本系统要使用的实验设备是FL2440的开发板，FL2440开发板采用核心板加底板设计，具有低功耗、高性能、和接口众多的特点体积小其性能可靠稳定、，它的内部带有全性能的MMU内存处理单元，另外这种芯片的开发板具有60个不同的中断源，能及时响应上位机发出的指令。

### 5.3.1 安装USB串口通信驱动程序

为了在开发板上顺利的烧写程序，需要在服务器上安装USB驱动程序，先用USB线将服务器和开发板的USB Device口相连，此时服务器机系统会提示发现新硬件，根据计算机的界面提示安装好USB驱动后，设备管理器中的“通用串行控制器下多了一个”SECSOC Test Board“的选项（如图5.11），说明USB驱动安装好了。



图5.11 服务器上USB安装后图

### 5.3.2 连接测试

再打开DNW界面在“Configuration"菜单中设置为：COM1的波特率选115200，“Download Address"设置为‘0x30800000 '如图5.12



图5.12 DNW连接界面

Download Address地址的地址要选择在’0X3080000'~'0X3400000’之间。在web服务器上的DNW界面上单击Connet按钮，开始连接开发板，出现下面图5.13的界面说明连接成功。

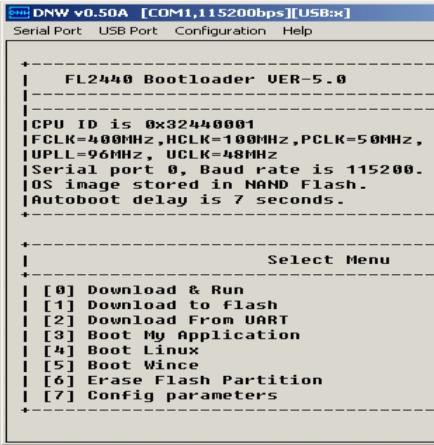


图5.13 DNW连接测试界面

### 5.3.3 ADS2.1集成开发环境的建立

LED灯的编程环境是ADS2.1, ADS集成开发环境是ARM公司推出的ARM核微处理器集成开发工具，ADS2.1支持ARM10之间的所有ARM序列的微处理器，支持软件调试，支持汇编、C、C++编写的源代码，且编译效率高，系统库的功能

强大。安装好ADS2.1后，需要新建一个工程文件如图5.14



图5.14 ADS新建工程界面图

应该实验所用的开发板的微处理器是ARM9型号，所以在language

Settings选项设置下的ARM Assemble的Architecture or Processer的栏中选中此次我们实验所用到开发板微处理器的型号ARM920T的CPU核，如图5.15



图5.15 开发板芯片信号选择界面同时将ARM Linker选项中的Output设置如图5.16



图5.16 开发板寄存器地址填写界面

其中RO Base这个文本框设置含有RO段的加载和运行域的地址，用户根据硬件的实际即SDRAM的地址空间来修改，以保证在这里填写的地址使程序运行在SDRAM地址空间所能覆盖的范围，根据该实验采用ARM开发板的型号，SDRAM地址空间范围为0x30000000~0x34000000,在这里填写的是0x30000000。经过以上的设置就可以在新建的工程中编写LED灯的代码了。

### 5.3.4 ARM开发板的实验

下面以FL2440开发板，通过按键控制LED灯的实验为例，。本实验通过K1～

K4对应控制nlED\_1～nlED\_4指示灯。当按下按键时LED指示灯亮起，当按键松开时，对应的LED指示灯熄灭。

1、硬件电路分析

当按键断开时，对应的线路处于断开状态，引脚为高电平，当按键按下时，对应的线路处于导通状态，引脚为低电平。由按键的硬件连接图可以知道，按键对应了EINT1~EINT4,得到如图5.17所示。



图5.17 按键的硬件连接图

再查询FL2440的核心板原理图，找到EINT1~EINT4分别对应S3C2440的那个引脚，如表5.2所示

表5.2 S3C2440与按键的连接原理表格

| EINT4 | GPE4 | M17 |
| --- | --- | --- |
| EINT3 | GPE3 | M15 |
| EINT2 | GPE2 | L13 |
| EINT1 | GPE1 | M15 |

四个按键分别对应于GPE的四个引脚，GPE的控制寄存器GPECON对应的四个引脚应该设置为输入，并被四个按键控制，读取GPFDAT的相应位的值就可以知道得知当前按键是按下还是断开。还需要分析下面的LED灯的硬件电路连接图5.18



图5.18 LED灯的硬件连接图

LED指示灯作为输出引脚，S3C2440直接通过控制引脚GPB[8:5]的高低电平来实现LED指示灯的通断。GPB的控制寄存器GPBCON应该设置为输出状态，可以通过向数据寄存器GPBDAT中写入数据控制LED灯的亮与灭。定义GPB的三个寄存器的地址所指向的内容，其代码如下：

#define rGPFCON (\*(volation unsigned \*) 0x5600005 0)

#define rGPFDAT (\*(volation unsigned \*) 0x56000054)

#define rGPFUP (\*(volation unsigned \*) 0x56000058)

定义使LED灯熄灭的对应的宏的代码如下

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| #define LED1 | (1<<5) | //rGPB[5]=1 | 灯熄灭 |
| #define LED2 | (1<<6) | //rGPB[6]=1 | 灯熄灭 |
| #define LED3 | (1<<7) | //rGPB[7]=1 | 灯熄灭 |
| #define LED4 | (1<<8) | //rGPB[8]=1 | 灯熄灭 |

初始化键盘的代码如下

void key\_scan\_init()

{

//LED 控制管脚设置为输出管脚 GPB5~GPB8-----LED1~LED4 rGPBCON &= 0x3c03ff;

rGPBCON |= 0x015400;

//LED 指示灯初始化状态都熄灭

rGPBDAT |= (LED1|LED2|LED3|LED4);

//按键初始化rGPFCON &= 0x0; rGPFUP &= 0x0;

}}

循环读取按键状态，操作LED灯其代码如下：

U8 key\_scan( void )

{

if((rGPFDAT&0x02)==0)

{ rGPBDAT &= ~(LED1); //亮 LED1

return 1;

}

else if((rGPFDAT&0x10)==0)

{

rGPBDAT &= ~(LED2); //亮 LED2

return 2;

}

else if((rGPFDAT&0x04)==0)

{

rGPBDAT &= ~(LED3); //亮 LED3

return 3;

}

else if((rGPFDAT&0x01)==0)

{

}

else

{

}

rGPBDAT &= ~(LED4); //亮 LED4

return 4;

rGPBDAT |= (LED1|LED2|LED3|LED4); //灭 LED[1:4]

return 0;

程序经编译后在AXD中的汇编代码如图5.19



图5.19 控制程序编译后界面

完整程序编写和调试后，再安装H-JTAG工具，在双击桌面上生成的H-Flasher快捷方法，进入烧写程序界面，经过设置后的界面如图5.20



图5.20 H-JTAG烧写程序主界面

将该程序通过H-Flasher烧写到开发板中。在建立好远程控制系统的软硬件平台后，通过客户端机的器访问嵌入式Web服务器，就会出现基于S3C2440 的

Web远程控制系统的主页面，点击网页打开烧写的程序，在客户端点击时，客户端浏览器将按钮的值传给VC程序，由写操作，控制GPIO输入输出电平，寄存器的值可以通过printf（）函数以字符串的形式输出到BODY区域中，再经过浏览器解释为具体网页的形式，实现基于S3C2440的Web远程控制。Web服务器执行

VC程序接收用户指令，对相应寄存器进行。当程序运行时，在客户端有代表按键

k1～k4中有键被按下，对应的指示灯就会亮起，当松开时对应的灯就会熄灭。

## 5.4 本章小结

本章首先比较详细的描述了ARM开发板和服务器之间的串口通信，分析了串口通信在传输数据时的传输方式。详细的介绍了远程驱动控制步进电机的原理和方案，同时介绍了Web服务器和ARM开发板之间的硬件连接，驱动的安装、控制应用程序ADS2.1的设置和程序运行情况，最终将程序烧写到ARM开发板中，以控制开发板的运行。最后介绍了在客户端启动控制程序观察实验效果，实验最后达到了预期的效果。

# 第 6 章 总结

本系统成功的设计了基于B/S模式控制的虚拟实验系统，提出了整个系统构架的设计方案。该系统综合了实时控制、网站设计、数据库和网络通信等多项技术，尽可能的为学生提供一种不受时间和空间限制的网络实验平台，解决高校实际实验室不足影响教学的问题，节省实验开支，同时把实验室打造成一个面向互联网的开放式实验室，有效的实现实验资源共享和网络管理。

1、本文完成的工作主要有：

主要介绍了B/S模式和C/S模式之间不同，分析了B/S在该系统中的优势和特点，结合本系统的目的和环境，决定采用B/S模式作为本系统的设计模式。

本系统设计软件主要采用是微软公司的两套著名的软件VS2008和SQL

Server2008设计该系统的用户账户管理模块、实验辅助模块和实验管理模块，实验控制模块的相当一部分也是在VS中完成的。是用上述两款软件业有效的实现了数据在网络上的传输。而应该控制程序则是以ARM公司推出的ARM核微处理器集成开发环境ADS2.1，该集成环境能有效的执行ARM精简指令。

详细的介绍了如果实现步进电机的驱动和对设备实时有效的控制，给出了解决方案和主要代码，还比较详细介绍该系统的远程通信与服务器和实验设备之间数据通信的设计，同时也给出了部分关键的代码。

### 2 不足和仍需完善的方面

该系统体系结构比较复杂，而且结构庞大，目的很强，同时该系统需求分析部分没有做到细致入微，有些模块的设计不太合乎实际情况，再加上本人水平和时间有限，该系统还是存在不少缺陷，我认为有关的缺陷主要有以下几点：

#### （1) 辅助教学功能仍然不够完善；

如果能做一个用于BBS论坛，以供学生交流心得老师提供咨询，这整个系统更加完善，可惜时间不够，尚未完成。

#### （2) 账户和权限系统未完善

该系统的不提供账户注册功能，所有的账户均有系统管理员根据学生的学号或者教师的工号添加成账户并为他们设置权限，这样可以提高系统登陆账户的安全性，但同时系统管理员权限过大，对系统数据安全不利，这点有待完善。

#### （3）实际控制的实验设备运行结果和客户端观察到的结果可能达不到一致。

实际控制的实验设备和控制系统（包括驱动电路、取样绘图软件等）都具有一定的误差和非线性性，鉴于该系统的使用对象对实验要求不太苛刻，因此尽量把实验读取误差控制在有效的范围之内。如果改善一些控制算法，使整个系统写入和读取数据更加方便，数据在浏览器一端显示也需要改善，有时可能因为客户端的不同，显示可能有不同。

#### （4）实时控制的响应有时不太及时。

由于本系统经过Internet，会应该客户端网速而影响响应速度。本系统服务器等待的响应多用户的设计方案比较陈旧，不够优化，在较多量的用户同时访问服务器时，服务器能不能及时将客户端的请求交给子进程处理，从而造成系统响应延时。

参考文献

[1] 江建军, 周毅． 基于虚拟仪器的网络虚拟实验室构建． 仪表技术, 2003: 21～22

[2] 李亚琭, 郝应光, 唐祯安. 远程教育与虚拟实验室． 自然杂志, 2001(3): 89

[3] 舒炎泰, 薛飞. Internet上的虚拟试验室． 电子科技导报, 1998: 25～28

[4] 王艳凤. 网络实验教学的实现方式． 实验技术与管理, 2003: 5~6

[5] 郑开青. 通讯系统模拟及软件: [硕士学位论文]. 北京: 清华大学无线电系, 1987

[7] 郑笑建, 杨马英, 刘萍先． 控制系统网络虚拟实验室． 计算机工程与应, 2004．146～149

[8] 张仁斌、谭三等著, 网络安全技术, 北京: 清华大学出版社, 2004

[9] 单美贤, 李艺. 虚拟实验原理与教学应用[M]. 北京: 教育科版社, 2005

[10] 刘筱兰, 张薇, 程惠华, 等. 虚拟实验室的类型及发展趋势[J]. 计算机应用研究, 2004: 11～8

[11] 杨乐平、李海涛, 虚拟仪器技术概论. 北京: 电子工业出版社, 2003

[12] 唐东炜、傅贵武. 开发虚拟仪器系统, 改革测试实验教学[J]. 佛ft科学技术学院学报（自然科学版）, 1999

[13] 曹舜． 远程虚拟仿真实验平台设计和构建的研究: [浙江大学硕士学位论], 2004

[15] 钟平, 王会林. 高校网络安全实验室建设探索[J]. 实验室科学, 2010, (1)

[14] 陈江平, 邵剑龙, 叶艳青. 计算机应用. 虚拟实验室教学中的网络通信技术, 1999

[16] 杨乐平, 李海涛, 肖相生. LabVIEW程序设计与应用. 北京: 电子工业出版社, 2001

[17] 李亚绿, 郝应光, 唐祯安. 基于Internet的远程虚拟实验室系统的开发. 微型电脑应用, 2001, 23(8): 36～56

[18] 李著称, 赵红. 高校开放式网络虚拟实验室研究[J]. 北京联合大学学报, 2010, 24(3): 84~86

[19] 张刚, 罗小华, 贺利芳. 构建网络虚拟实验室技术研究[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(3): 55～58

[20] 翁晓霞等. 开发基于Web的远程教学系统的关键技术比较〔J]. 计算机工程与应用, 2000

[21] 王昌达. 基于~的远程辅导答疑系统的设计和实现「J]. 计算机应用, 2004

[22] 冻怡. 基于JZEE的远程教育平台的设计与实现仁D], 北京航空航天大学, 2006

[23] 孙文波, 卢建军. 基于Web的远程监控技术及比较[J]. 西安科技学院学报. 2002, 22(2): 105～119

[24] 刘萍先, 俞立, 杨马英, 郑笑建. 控制系统网络虚拟实验室方案设计[J]. 计算机仿真, 2004, 第2期: 151～154

[25] 郑力新, 周凯汀, 王永初. LabWindows/CVI实现远程虚拟测控技术[J]. 华侨大学学报（自然科学版）, 2005, 26(3): 247～250

[26] ADVANTECH. PCI 1711/1711L. User's Manual. 2000

[27] The Mathworks. MATLAB Web Server(Version 1) For Use with MATLAB. 2002 [28] Gerardo Viedma, Isaac J. Dancy, and Kent H. Lundberg. A Web-Based Linear-SystemsiLab[J]. 2005 American Control Conference. June, 2005: 8～10

[29] ManzoniA. Powersystemsdynamicssimulationusingobject-oriented programming[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1999, 14(1): 104～109

[30] G. J. Copinga, M. Verhaegen. Toward a Web-based Study Support Environment for Teaching Automatic Control[J]. IEEE Control Systems, Aug. 2000, 20(4): 8～19

[31] SHIAKOLAS P S. Development of a real-time digital control system with a hardware-in-the-loop magnetic levitation device for reinforcement of controls education[J]. IEEE Transactions on Education, 2003, 46(1): 79～87

[32] K. C. Lee, 5. LeeandM. H. Lee. Remote Fuzzy LogieControl of Newtorked Control System via Profibus一DP[J]. IEEE Trnasaetions on Industrial Electronics, Aug. 2003, 50(4): 784～792

[33] Gradeeki, “TheVirtualRealityConstruetionKit"[M」. NewYork. NY: JohnWiley andSons, 2000

[34] 唐鸿儒, 宋爱国, 基于Internet的远程控制实验室关键技术研究[J], 测控技术, 2006, (2): 54～58

[35] 黄天戌, LabWindows/CVI中串行通信的实现[J], 仪表技术, 2004, 4: 11～13

[36] 张宇. 基于虚拟现实技术的研究性学习的设计与开发[D]. 武汉: 华中师范大学, 2009.

[37] 华侨大学校园网站: [http: //my. hqu. edu. cn/](http://my.hqu.edu.cn/)

[38] 王诚, 刘彦明, 林建中. 高校开放式实验室管理信息系统研究与实现[J]. 江苏通信技术, 2007, 23(4): 44～46

[39] 郑力新, 周凯汀, 吴清江, 王晓东. 计算机控制系统虚拟实验室的研究与开发[J]. 电气电子教学学报, 2004, 26(2): 90～94.

[40] 郑笑建. 控制系统网络虚拟实验室[J]. 计算机工程与应用, 2004

致谢

在论文完成之际，回顾整个过程，感概颇多。我会记住每一个帮助过我的人，并对他们表示由衷感谢！

首先要感谢的是我的导师郑力新教授。导师在论文的选题、选材、开题和论文撰写过程中都给予我积极的指导，导师在繁忙的工作之余，多次审阅我的论文，提出了许多建设性的意见，在导师的耐心的指导下顺利的完成对论文的几次大的修改，使论文更加完善，可以说整个论文的撰写无一不是在郑力新教授的耐心指导和关怀下完成的。导师的认真诚恳、渊博的学术知识和严谨的治学态度，给我留下了深刻的印象并受益终生。

其次还要感谢这次信息学院的整个导师组，开题和几次集体的交流中，导师们给予我有效的指导，他们的渊博的知识，谦逊的气度和高尚的品德将对我的一生产生巨大的影响，这些记忆将永久的留在我的脑海里。同时还要感谢我的两位同事钟黎明和吴昌钱，他们在摄像头控制和网络通讯的代码编写是给予我很大的帮助，在这里对两位同事表示感谢。

最后，我要深深地感谢我的父母和家人，感谢他们多年来在学习和工作上给我的关心、鼓励和支持，默默的陪伴我完成了我的研究生学业。

# 个人简历、在学期间发表的学术论文与研究成果

**个人简历**

吴俊杰（1980.2.29～），2004年6月毕业于黄冈师范学院，获理学学士学位，2009年5月就读于华侨大学，攻读电子与通信技术专业工程硕士。

**在学期间发表的学术论文**

加密技术在数据库中的应用研究.现代商贸工业，2010年第18期。

虚拟实验室在高校的应用探讨.信息与电脑（理论版），2012年第1期。