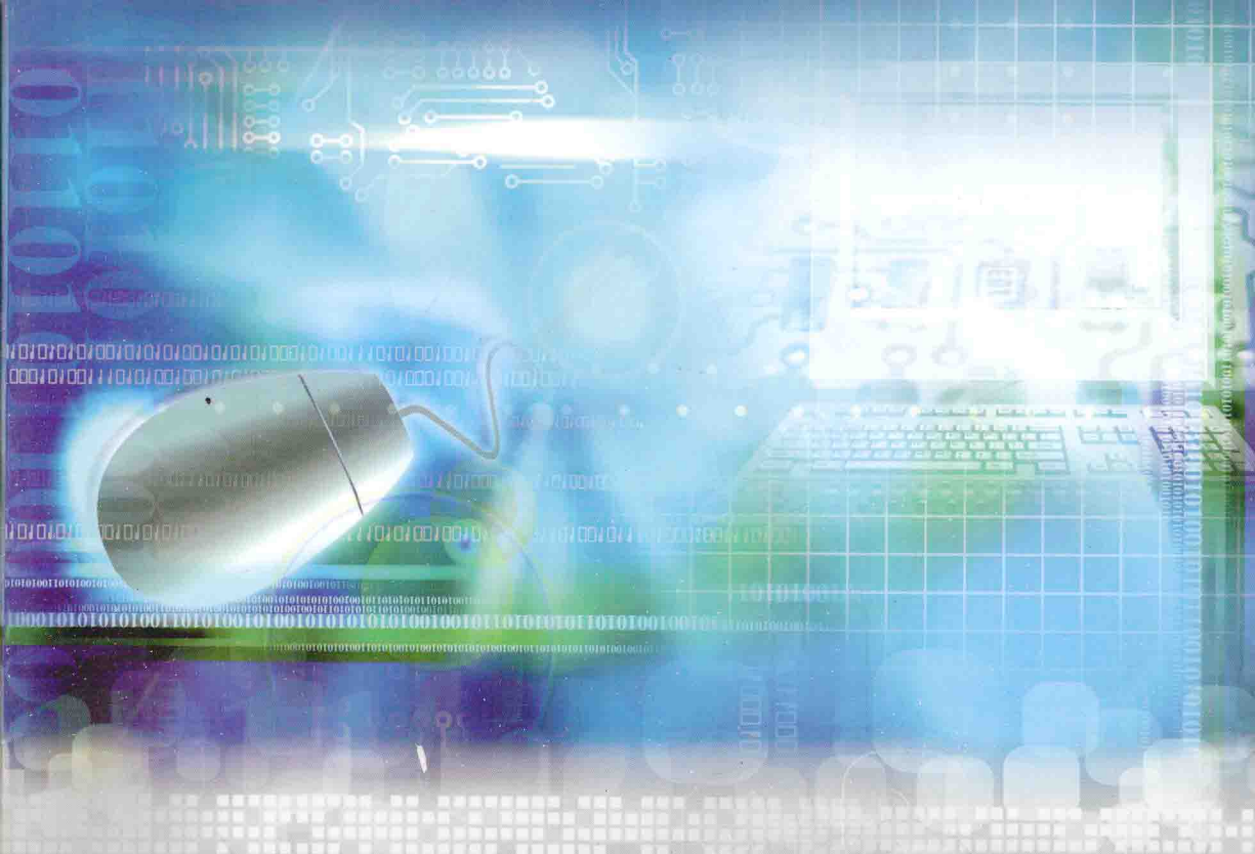




虚拟教学实验设计 和开发技术与应用

乔 非 王晓平 陆剑峰 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

虚拟教学实验设计和开发 技术与应用

乔 非 王晓平 陆剑峰 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

虚拟教学实验设计和开发技术与应用 / 乔非, 王晓平, 陆建峰著. — 上海: 同济大学出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5608-5202-7

I. ①虚… II. ①乔… ②王… ③陆… III. ①计算机
辅助教学—教学研究 IV. ①G434

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 147694 号

虚拟教学实验设计和开发技术与应用

乔 非 王晓平 陆剑锋 著

责任编辑 李小敏 责任校对 徐春莲 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 18.75

字 数 375 000

版 次 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5202-7

定 价 50.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

随着高校逐年扩招,各高校的教学实验资源时常出现吃紧的现象。高校教学所使用的实验设备动辄数十万元,对于一般的教学实验来说,价格过于昂贵且相对维护成本较高,实验设备的增加势必成为高校一笔不小的开销。对一些大型的复杂的实验设备,许多高校因有限的经费、有限的空间、有限的实验人员配备而无法购买。另外,有些学校从学生实验安全性的角度考虑,将工程中常用的典型装置实验进行了简化、类似处理,使用了一些替代性的实验,从实践性培养和学生对典型工程实验的训练角度来讲就被弱化了。随着技术日新月异地发展,PC 的仿真能力愈发强劲。高成本的教学实验与几近零成本的教育软件仿真技术,使采用 PC 技术对教学实验进行仿真的要求日益迫切。在这种时代背景下,虚拟实验的开发应运而生。虚拟实验由于其不受时间、空间的制约,为各大高校、中学的学生以及其他教学实验、科研实验人员广为接受。学生能够在寝室、机房或者远离学校的家中根据其自身需要来完成相应的实验课程。教师可以利用虚拟实验对学生进行实践性训练,或者作为实物实验的预习、复习等的教学辅助工具。

本书的写作思想力求从教学需求设计、开发技术分析、实施步骤方案,再到实施案例,通过基于开发过程的阐述进行系统化的详细的开发方法的叙述,比较全面地解决了虚拟教学实验如何进行设计、选用怎样的技术、如何进行开发实现、如何进行实验的技术性测试和教学应用测试、如何将实验集成到实验平台上以及如何运行、如何维护等问题。每个章节都涉及开发的一个步骤、每个步骤都有总结出的经验性原则,并配有具体的案例实施分析,便于读者学习参考。

本书首先分析了虚拟教学实验的基本表现方法,然后从人机交互、实验教学实验设计、实验模型建立、实验智能指导和教学管理等几个方面对虚拟教学实验的设计方法进行介绍,以期更好地符合教学需求。在此基础上,本书又介绍了虚拟教学实验的开发实现方法,包括实验插件的开发,实验模型的建立,实验运行和管理平台的设计、开发和实验测试等几个方面,并给出了一个综合的开

发应用实例。

本书适合教育学(包括教育技术)、实验设计和管理、控制工程学科、虚拟实验设计和开发、计算机应用相关技术、教学人员参考,也可以作为相关专业高年级本科、研究生、教师多媒体技术培训、技术开发人员教学设计培训的教材使用。

本书的部分研究工作和出版得到了国家科技支撑计划“虚拟实验教学环境关键技术研究与应用示范”(2008BAH29B06)和教育部委托“面向职业教育的远程共享实训平台”项目的支持,在此表示感谢。

著 者

2013年10月

目 录

前言

第 1 章 引言和背景	1
1.1 虚拟教学实验的需求	1
1.2 虚拟教学实验的定义和特点	1
1.3 国内外虚拟教学实验的进展	4
1.3.1 虚拟教学实验研究现状	4
1.3.2 虚拟教学实验实现技术	7
1.3.3 发展趋势	13
1.4 全书的组织	14
本章参考文献	14
第 2 章 虚拟教学实验的实验设计方法	17
2.1 虚拟教学实验对传统教学实验的影响	17
2.2 虚拟教学实验的设计方法	17
2.2.1 传统教学实验的一般设计方法	17
2.2.2 虚拟教学实验的特点和设计原则	20
2.2.3 虚拟教学实验的设计方法	21
2.2.4 虚拟教学实验设计案例	26
2.3 小结	31
本章参考文献	32
第 3 章 虚拟教学实验的人机交互设计	33
3.1 计算机人机界面学发展	34
3.1.1 硬件人机界面学的发展	34
3.1.2 软件人机界面学的发展	34
3.2 计算机人机交互界面的一般特点和设计方法	37
3.2.1 人机界面设计一般特点	37

3.2.2 人机界面设计方法	38
3.3 虚拟教学实验人机交互界面的特点和要求	41
3.4 虚拟教学实验人机交互界面的设计方法	43
3.4.1 界面设计思路	43
3.4.2 界面元素设计	45
3.4.3 虚拟教学实验平台设计	48
3.4.4 虚拟教学实验界面设计	50
3.5 虚拟教学实验人机界面的综合测试	53
3.5.1 虚拟教学实验人机界面设计的质量评价	53
3.5.2 虚拟教学实验性能要求的实施	53
3.6 小结	56
本章参考文献	56

第4章 虚拟教学实验的计算模型设计方法 58

4.1 模型概述	58
4.1.1 模型的定义	58
4.1.2 数学模型的分类	59
4.2 虚拟实验计算求解模型的基本要求和特点	60
4.2.1 虚拟教学实验模型的分类	60
4.2.2 虚拟教学实验建模的基本要求	61
4.2.3 虚拟教学实验建模的基本原则	62
4.3 虚拟教学实验计算模型的设计方法	62
4.3.1 明确模型的特点	63
4.3.2 仿真方法的选择	63
4.3.3 建模方法的选择	69
4.3.4 建模工具的选择	73
4.4 小结	75
本章参考文献	75

第5章 虚拟教学实验的管理系统设计 76

5.1 虚拟教学实验的资源管理特点	76
5.1.1 传统实验与虚拟实验教学模式比较	76
5.1.2 虚拟实验资源管理特点	77
5.2 虚拟教学实验管理系统的要求	78

5.2.1 功能需求	78
5.2.2 性能需求	80
5.3 虚拟教学实验管理支撑系统的设计	81
5.3.1 用户管理的设计	82
5.3.2 实验维护的设计	83
5.3.3 实验辅助资源管理的设计	84
5.3.4 实验报告的设计	86
5.3.5 在线指导模块的设计	89
5.4 小结	91
本章参考文献	91
第6章 基于 Internet 虚拟教学实验的实现框架	92
6.1 技术背景	92
6.1.1 “平台+插件”模型	92
6.1.2 Spring 框架	93
6.1.3 Hibernate 框架	95
6.1.4 ExtJS 框架	97
6.2 基于 Internet 的 MVC 虚拟实验实现架构	98
6.2.1 MVC 设计模式简介	98
6.2.2 基于 MVC 设计模式的虚拟实验实现架构	99
6.3 网络平台的通讯方式	102
6.3.1 服务器推技术	102
6.3.2 Restful Webservice	105
6.3.3 数据交互标准化技术	109
6.4 相关服务及其实现方法	113
6.4.1 计算通讯服务	113
6.4.2 存储通讯服务	118
6.5 小结	120
本章参考文献	120
第7章 基于 Flex 的虚拟教学实验插件的开发和实现技术	121
7.1 基于浏览器的富客户端技术概览	121
7.2 Flex 技术概述及其开发环境的建立	125
7.2.1 Flex 技术概述	125

7.2.2 搭建 Flex 开发环境	128
7.3 Flex 下虚拟教学实验插件的开发框架	128
7.3.1 插件的功能要求	128
7.3.2 基于 Cairngorm 的 MVC 模式	129
7.3.3 虚拟实验开发框架	131
7.4 利用 Flex 进行实验插件的开发实现技术	132
7.4.1 器件可视化模型的建立	132
7.4.2 器件拖放	137
7.4.3 图表、曲线显示和保存	140
7.4.4 数据交互技术	144
7.5 小结	146
本章参考文献	146

第 8 章 基于 Modelica 的虚拟教学实验模型开发技术 147

8.1 Modelica 语言简介和 OpenModelica 典型开发环境介绍	147
8.1.1 Modelica 建模语言简介	147
8.1.2 OpenModelica 开发环境介绍	148
8.2 虚拟教学实验中利用 Modelica 建模的一般方法	149
8.3 Modelica 求解器和模型的实施技术	152
8.3.1 基于 WebService 的模型发布和应用流程	152
8.3.2 标准 Modelica 求解器的使用	152
8.3.3 基于 Socket 的模型发布和应用流程	152
8.3.4 自定义 Modelica 求解器的使用	154
8.4 建模实例:双闭环直流调速系统特性研究实验	154
8.4.1 背景介绍	154
8.4.2 设计思路	155
8.4.3 元器件数学模型分析	155
8.4.4 实验代码块	158
8.4.5 系统仿真结果	163
8.5 小结	165
本章参考文献	166

第 9 章 虚拟教学实验管理平台的实现 167

9.1 虚拟教学实验管理平台的实现特点和要求	167
------------------------------	-----

9.2 虚拟教学实验管理平台实现案例	167
9.2.1 用户管理	168
9.2.2 在线指导	172
9.2.3 实验报告	182
9.3 小结	186
本章参考文献	186
第 10 章 虚拟教学实验案例	187
10.1 现场总线的控制系统设计实验	187
10.1.1 实验简介	187
10.1.2 实验场景及组件的设计	188
10.1.3 实验模型设计	190
10.1.4 实验开发实现过程	191
10.1.5 实验操作步骤及结果	195
10.2 过程控制的液位控制实验	198
10.2.1 实验简介	198
10.2.2 实验场景及组件的设计	198
10.2.3 实验模型设计	200
10.2.4 实验具体开发实现	201
10.2.5 实验操作步骤及结果	208
10.3 计算机控制系统的 Z 域根轨迹设计实验	208
10.3.1 实验简介	208
10.3.2 实验场景设计	210
10.3.3 实验模型设计	211
10.3.4 实验具体开发实现	214
10.3.5 实验操作步骤及结果	220
10.4 小结	225
第 11 章 虚拟教学实验教学环境测试技术	226
11.1 软件测试原理和方法	226
11.1.1 软件测试方法	226
11.1.2 软件测试流程	229
11.2 虚拟教学实验的特点和测试内容	233
11.2.1 虚拟教学实验的特点	233

11.2.2 虚拟教学实验的测试内容	234
11.3 虚拟教学实验的测试设计与测试方法	236
11.3.1 虚拟教学实验平台的测试设计与测试方法	236
11.3.2 虚拟教学实验插件测试	239
11.4 虚拟教学实验测试案例	244
11.5 小结	250
本章参考文献	250

第 12 章 虚拟教学实验的教学设计及应用评价 251

12.1 虚拟教学实验的教学设计的评价	252
12.1.1 虚拟教学实验教学设计的基本要求	252
12.1.2 虚拟教学实验教学设计的评价原则	253
12.1.3 虚拟教学实验教学设计的评价内容	254
12.2 虚拟教学实验应用评估系统	257
12.2.1 虚拟教学实验评估系统架构、目的及原则	257
12.2.2 虚拟教学实验的评估内容	259
12.2.3 应用评价案例——以某过程控制课程实验为例	261
12.3 小结	265
本章参考文献	265

附录

附 1 实验指导书模板	266
附 2 实验报告空白模板	269
附 3 虚拟教学实验平台测试表格	270
附 4 虚拟实验插件测试表格	272
附 5 现场总线控制系统设计实验报告(样例)	274
附 6 液位控制实验报告(样例)	278
附 7 Z 域根轨迹实验报告(样例)	283

第 1 章 引言和背景

1.1 虚拟教学实验的需求

近年来,各大高校招生规模日益扩大,且各高校始终坚持教育体系中培养学生实践能力的重要性,这对其实验设施提出严峻挑战。由于高校实验室面临建设资金、场地不足、仪器设备短缺等问题,并不能满足所有学生的实验要求。此外,由于很多实验操作具有危险性以及实验材料消耗巨大,一些高校甚至并未开设部分课程的实验。很多学生缺乏锻炼机会,造成其实践能力与理论知识不成正比。

高等教育“质量工程”中迫切需要解决规模与质量、实验资源不均衡等问题。“十一五”期间,是我国高等教育巩固成果、深化改革、提高质量、持续发展的关键时期。人才培养必须坚持以强化实践教学为着力点,必须坚持以信息技术的应用作为提高教学质量的重要手段,推进教学方法的改革,重点突破实验教学环节,提高学生动手实践能力。针对这种情况,虚拟教学实验室正成为各大高校新的建设重点^[1]。

随着信息技术的发展,作为传统实验教学的一种有效的补充,虚拟实验教学已经成为加强实践教学、提高教学质量的重要手段,它不仅可以在一定程度上代替传统的实验教学,再现真实实验的全过程,而且可以克服传统实验的各种制约和弊端,从而有效地解决目前实验教学中存在的诸多问题。虚拟实验教学充分考虑了新世纪人才培养模式的需要,有利于提高学生的创新能力、动手能力和综合素质。虚拟实验不仅可以有效地改善实验教学资源严重短缺和分布不均的现状,而且可以从根本上解决远程教育中实验教学无法实施的问题,达到共享优质实验教学资源、有效提高教学质量的目的。

1.2 虚拟教学实验的定义和特点

虚拟教学实验依托虚拟实验室开展。虚拟实验室(Virtual Laboratory)^[2],亦称为“合作实验室”,最早在 1989 年由美国 University of Virginia 的 William Wulf 教授提出,用来描述计算机网络化的虚拟教学实验室环境。1999 年 5 月,美国爱

荷华州立大学举行的虚拟实验室专家会议上采用的定义是:虚拟实验是利用分布式信息通信技术构建一个电子平台,实现研究和创新活动的多方协作和远程实验。将虚拟实验作为网络教学的一部分予以描述,侧重于应用领域即远程教育这一角度。联合国教科文组织(UNESCO)将“虚拟实验”定义为利用分散的信息和通信技术在科研和其他的创造性活动中进行远距离合作和实验的一种电子协作过程^[4]。

国内虚拟实验研究领域的一些专家也针对虚拟实验作了相关的定义:

汪诗林、吴泉源从应用效果上对虚拟实验进行了比较形象的定义^[5]:虚拟实验是指在计算机系统中采用虚拟现实技术实现的各种虚拟实验环境,实验者可以像在真实的环境中一样完成各种预定的实验项目,所取得的学习或训练效果等价于甚至优于在真实环境中所取得的效果。而从虚拟实验室的功能这一角度,学者们将其表述为:虚拟实验室是一个创造和引导虚拟实验的交互环境,即实验场所。它由实验所依赖的模拟程序、实验单元、工具和参考资料组成。用户可以通过增加新的物体、建立新的实验并把它们转化成超文本文件来扩充实验室。

这里的虚拟教学实验对应于“实验室实验”,是将实验的部分或者全部功能和手段虚拟化,以克服现场实验设备有限性、时间局限性等缺点。虚拟教学实验室提供了一种特别的、分布式的解决问题的环境,提供给用户一个基于网络的实验教学、技术交流、共同研究、协同工作的平台,是一种基于计算机虚拟原型系统的全新的教学、科研与工程设计方法。

虚拟教学实验是一个大的概念,国内外也有很多不同的分类方法,但从目前国内外众多的虚拟教学实验来看,可以把它们大致分为两类:直接操作远程实验设备的虚拟教学实验和纯软件仿真形式的虚拟教学实验(网络化虚拟教学实验)。第一类可以看作是实验的部分功能被虚拟化,即通过计算机网络代替部分现场活动,从而克服了实验设备和时间的局限性,同时也保证了部分实验操作的真实性;第二类可以看作实验的完全虚拟化,实验操作的不是真实的设备而是通过技术构建的虚拟器件。本书主要讨论的是第二种虚拟教学实验,即网络化虚拟教学实验。

网络虚拟教学实验借助计算机、多媒体、仿真、虚拟现实等技术,在计算机上营造出代替传统实验各操作环节的相关操作环境,实验者可以像在真实的实物实验环境中一样完成各种实验项目。网络虚拟教学实验和传统实验相比,具有如下诸多优点:

(1) 成本低。网络虚拟教学实验采用各类互联网技术,利用虚拟现实技术、多媒体技术、仿真技术等先进技术的强大优势,实现可交互地探索虚拟物体的功能,对实验对象进行几何、功能、制造等方面交互的建模与分析。由于虚拟教学实验利用各类虚拟现实技术,通过互联网来开展实验,因此省去了购买大量仪器、设备的

大额投入,成本大幅降低,对解决目前各类教育阶段的学生人数众多、实验室建设严重滞后等现状不失为一种很好的方法。

(2) 实现开放式、个性化教学。借助互联网的便利性,学生更能灵活地掌握自己的实验时间,不受传统真实实验室关闭和开放时间的限制,重点攻克自己的难点,不必受实验课程和指导书的限制,学生能按照自己的进度自主地选择实验内容。并且针对自己关心或者困难的实验,学生可以反复操作,认真观察,实现开放式、个性化教学的目的。

(3) 效率高。使用者可以集中精力研究实验规律,不需要花费大量精力进行简单的物理实验模型搭建,同时还可充分利用计算机的优势,使实验具有扩展学习、智能化学习指导等在线帮助和学习功能,并通过动画等方式加深实验者的记忆,学习效率可大大提高。

(4) 功能全。网络虚拟教学实验室的数据库通过规范通信标准等标准化规范,使规格品种齐全,并随时进行升级和添加,解决实验元器件、仪器仪表等实验设备匮乏的影响。特别是条件相对落后地区的学校,他们一般很难拥有较为齐全的实验元器件等实验设备,从而使他们的实验教学开展较为困难,网络虚拟教学实验则在一定程度上解决了这个问题,提供给他们齐全的实验设备。

(5) 安全性高。在化学等特定学科实验中,有时为了探究特定的现象,实验中有可能产生爆炸等剧烈的现象,容易产生很强的不安全因素。而在进行网络虚拟教学实验时,学生不必担心因实验失误而造成人员受伤和实验仪器设备的损坏,可大胆尝试各种设计性、综合性的实验。

(6) 利于设计性和综合性实验的开展。设计性和综合性实验是培养学生综合素质的有效途径,虚拟教学实验可提供大量的设计性和综合性的实验课题,课题的内容和深度可根据个人的兴趣与能力来选择。学生既可以在虚拟教学实验台上动手操作,又可自主设计实验,有利于培养学生的操作能力、分析诊断能力、设计能力和创新意识。

(7) 观察真实实验无法实现的实验。将多媒体技术、虚拟现实技术综合于一身的网络虚拟教学实验具有产生特色实验效果的能力,网络实验室除了可以达到真实实验的效果以外,还可以使一些在实际实验室中无法完成的实验成为可能,如宇宙大爆炸的猜想实验、核模拟实验等。

当然,和真实实验相比,网络虚拟教学实验也有一些难以避免的缺点,主要体现在两个方面:一是网络虚拟教学实验设备和真实设备的差异性;二是网络虚拟教学实验可设计性有待提升。比如,网络虚拟教学实验设备操作和真实设备相比往往会省略许多功能,逼真性有限,另外,有的网络虚拟教学实验都是验证性实验,即使有部分设计性实验,但实验者可进行设计的自由度也受到很大的限

制等。但是,伴随着图形渲染技术、三维建模技术、虚拟现实技术、软件组件设计技术等新技术的不断深入应用,网络虚拟教学实验的这些缺点也将不断得到改善或者消除。

1.3 国内外虚拟教学实验的进展

1.3.1 虚拟教学实验研究现状

目前,国外虚拟教学实验主要以教学培训为目标,参与单位众多,覆盖学科面广,学校参与的项目多能得到国家级资金资助,发展十分迅速。与国外相比,国内在虚拟教学实验方面开展的工作还不多。目前北京大学、清华大学、上海交通大学、中国科技大学、华中科技大学、同济大学等国内著名高校陆续在网上设立了自己的电子教室,国家的资金投入也逐渐开始,教育部也通过专门的基金项目来开发面向各类学科的网络虚拟教学实验室,取得了不错的阶段性成果,为国内后续虚拟教学实验技术的研究奠定了坚实的基础。

1. 国外著名的网络虚拟教学实验室

(1) 爱丁堡大学的虚拟控制实验室。该实验室是国外较早的网络虚拟教学实验室之一,它可以为大学生演示过程控制的基本概念,包括几个典型实验,每一个实验都带有一些理论描述和真实设备的图片。学生可以输入参数并仿真闭环系统,仿真结果可以以图像或数据的形式反馈给学生^[6, 7]。

(2) FutureLab 虚拟教学实验室^[8]。该实验室是美国 SimulationsPfus 公司在国家自然科学基金(National Science Foundation)的资助下于 1998 年推出的。虚拟教学实验室包括中学生物、化学和物理等学科相关实验,学生可以通过自行设计实验提高自身动手能力和创新能力。

(3) Erlangen-Nuremberg 大学的 Virtual Classroom 虚拟教室^[9]。该系统允许学生通过 Internet 对实验仪器进行远程控制。当进行这类实验时,用户可正常地设置和修改实验参数,观察实验的反馈结果,下载实验数据。

(4) LAAPhysics(Learn Anytime Anywhere Physics)物理实验室。LAA-Physics 物理实验室是美国北卡罗来那大学 Greensboro 分校建立的,目的是在网上建立一个开放的、自由的物理课程实验室,提出“随时随地学习物理”的口号^[10, 11]。该平台提供了大量的虚拟实验环境与器材,比如计时器、动作探测器、力学探针等,这些实验环境与器材均根据实物特征进行开发。在实验过程中,学生以虚拟角色形象出现,可以自由地选取所需的实验环境与器材进行实验,从而对自己学到的物理概念进行测试,检验其是否符合真实世界中的物理定律。

(5) 卡耐基·梅隆大学(Carnegie Mellon University)虚拟实验室。卡耐基·梅隆大学虚拟实验室^[12]由美国卡耐基·梅隆大学建立,其核心是一组一般用途或特殊用途的虚拟设备与互联网中的个人计算机相链接,通过参数的设定和数据分析,完成其他设备不能实现的功能。分布在世界各地的实验人员均可以通过网络控制计算机和设备,并可以通过视频器观察到物质世界中发生的事情。

(6) VSL^[12,13](Visual Systems Laboratory)。VSL 虚拟系统实验室,由 Central Florida 大学教育训练研究院于 1989 年始建的,创建目标是为了提高计算机图形的艺术表现力以及改进仿真过程中的人机接口设计。

(7) VRICHEL^[13](Virtual Reality in Chemical Engineering Laboratory)。VRICHEL 实验室由美国 Michigan 大学化学工程系创建,主要用于探索和开发虚拟现实技术在化学工程领域的应用。它对现代化学工厂进行虚拟仿真,展示催化剂的分解过程、化学活动中的非等温效果及化学反应堆的设计等,它全部基于真实的化学生产设备所设置的影像数据来设计完成。

(8) VLAB^[16]。VLAB 是美国俄勒冈大学物理系主办的物理实验网站。该网站包含了天体物理、能量与环境、力学、热学等方面的几十种虚拟实验。该系统采用 JAVA 语言开发,实验程序需要从服务器端下载,并运行在客户机上。

(9) 新加坡国立大学(NUS)的虚拟控制实验室。实验室^[17-19]允许用户通过 Internet 进行远程控制实验。其服务器端使用 LabView 虚拟仪器软件实现对实验设备的控制,客户端使用支持 Java 的 Web 浏览器作为统一的用户界面,其中嵌入的 Java Applets 可以显示各个虚拟仪器的面板和数据。目前 NUS 虚拟实验室已经实现了电路、通信和控制领域的五个虚拟实验。

此外,还有美国 Clarkson 大学的 Electronic Teaching Assistant 实验室^[20],英国牛津大学的化学 VL^[21]等。

2. 国内著名的网络虚拟教学实验平台与实验室

(1) 中国科学技术大学人工智能与计算机应用研究室研制出了我国第一套虚拟现实教学软件“几何光学实验设计平台”。该软件将计算机技术、虚拟现实技术与物理实验教学有机结合,使物理实验教学进入一个全新领域。

(2) 北京大学计算机系设计的基于 WWW 的网上虚拟教学实验室 3WNVLAB^[22],可支持大计算量和交互式网上虚拟教学实验的开展。系统采用 Java 编写,用户可通过界面选择实验种类,并将实验设计通过 Internet 传送到服务器端,服务器用来完成客户端要求,并将可信的实验结果返回客户端。该系统已经初步实现了 CACHE 设计与流水线设计两个实验。

(3) 海军航空工程学院青岛分院研制了微机接口网上虚拟教学实验室^[23],系统基于 ActiveX 技术,采用 VXD 编程构建,学生进入网上实验室后,可以进行微

机接口电路的各种实验。

(4) 浙江大学的 iVlab^[24] 虚拟实验室是一个基于 Web 的关于模拟数字电路的虚拟教学实验系统。iVlab 的用户交互界面采用 Flash 技术, 用户通过 XML 语言格式将实验数据传输给后台的 Web 服务器, Web 服务器通过接口调用 Spice 仿真器来完成电路仿真计算, 并将实验结果通过网络返回给客户端。

(5) 华中科技大学“液压与气压传动”远程教育小组开发了液压回路性能和液压元件装拆虚拟实验^[25]。液压元件装拆实验基于三维环境运行, 能使学生在虚拟现实环境中, 仔细观摩各零件的结构特征, 明确各零件的相互装配关系并可以亲自动手进行元件的装配和拆卸。液压回路性能测试实验运用 JAVA 技术进行开发, 学生可以在实验界面输入不同的实验参数, 点击实验控制按钮, 观察回路表示的对应的变化和实验结果曲线图。

(6) 中国农业大学通过使用 GIS, GPS 作物 3D 数字化技术和其他信息采集技术开发了网上虚拟土壤作物实验室系统^[26]。该实验室实现了对农田土壤水分、养分、盐分等作物生长的相互关系的量化研究。该实验室可以为农电精确灌溉、精确施肥方案的确定, 作物理想株型的设计, 遥感作物估产, 农药使用最佳方案的确定, 提供精确的农业实践依据。

此外, 还有武汉理工学院的化学实验室、浙江师范大学教育学院现代教育技术下的虚拟教学实验室^[27-29]等。

虚拟教学实验正朝着网络化、专业化、可设计化、高逼真化的方向发展。随着网络技术的发展, 虚拟教学实验有从本地化向网络化发展的趋势, 这样促进了资源共享, 信息交流, 避免了虚拟教学实验的重复开发和虚拟教学实验室的重复建设。

由于网络虚拟教学实验室开发的特殊性, 目前各级学校正在使用的网络虚拟教学实验室, 仪器库的量比较少, 互操作性不强, 平台的可扩展性还比较弱, 基本上是关注书本的验证性实验的开发, 对设计性实验的开发很少支持, 没能体现虚拟教学实验室的真正价值所在, 使虚拟教学实验室的利用效果和效率在一定程度上被限制, 克服这一现象将是未来网络虚拟教学实验发展的方向。

近几年, 随着计算机技术、多媒体技术和网络技术的发展, 网络教学已经渗入到教育的各个方面。虚拟实验就是在计算机中创设一种实验情境, 让用户通过鼠标的点击或者拖曳操作进行虚拟的实验。虚拟实验实现的基础是多媒体技术、网络技术与虚拟仪器技术的结合。特别是虚拟仪器技术与认知模拟方法的结合使虚拟实验具有了一定的智能化特征。虚拟技术的发展为实验教学改革以及远程教育提供了很好的条件和技术支持, 用虚拟实验来辅助教学是现代教育技术发展的要求, 它有着广阔的前景。