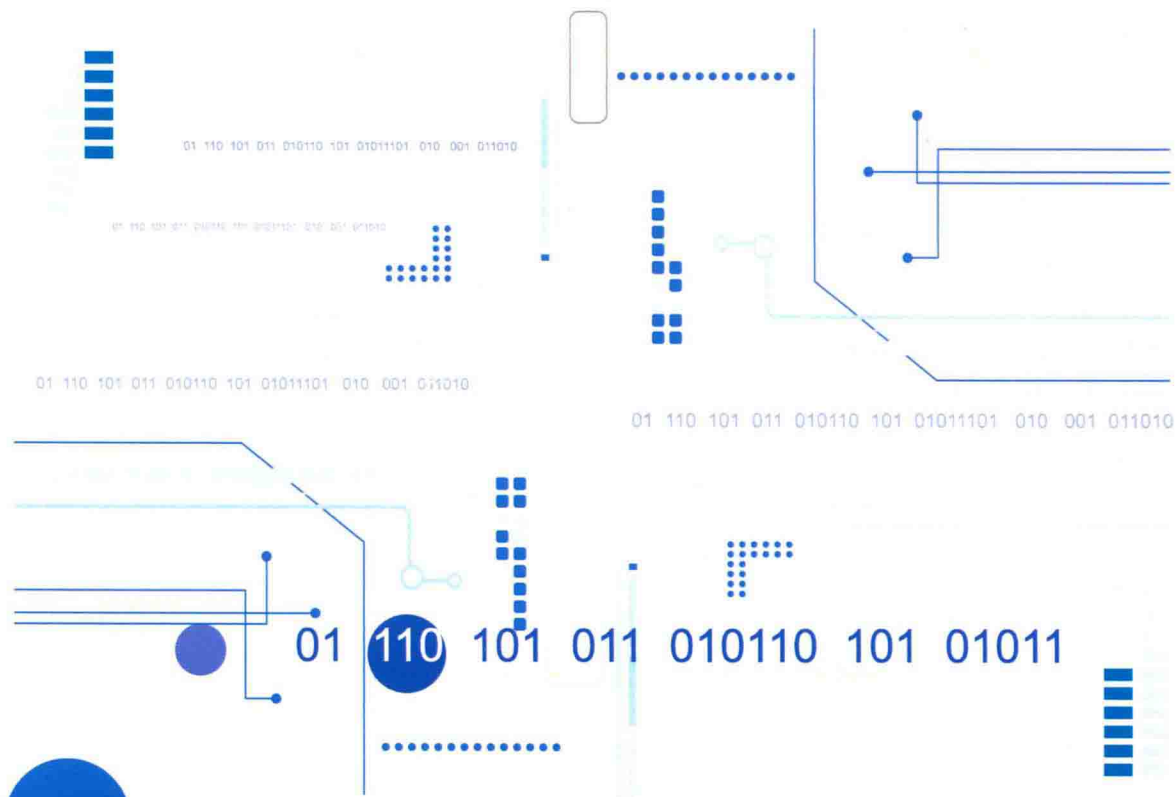


辽宁省社会科学基金（重点）课题资助项目
辽宁省“十三五”教育科学规划课题



虚拟现实技术及其 在MOOC中的应用

刘建军 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

辽宁省社会科学基金(重点)课题资助项目
辽宁省“十三五”教育科学规划课题

虚拟现实技术及其在 MOOC 中的应用

刘建军 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书开创性地将虚拟现实技术与近年来备受关注的 MOOC 在线教育平台相结合,在丰富 MOOC 模式实践教学环节不足的同时,推动虚拟仿真实验在高校实践教学和教育信息化发展中的应用。本书共分 5 章,分别介绍虚拟现实的基本概念、虚拟现实系统的硬件设备、虚拟仿真实验与虚拟仿真实验教学中心规划、MOOC 课程建设及实验教学的虚拟化、MOOC 平台综合开发应用。

本书可以作为高校教育信息化建设参与者的技术参考书,也可以作为教育技术学相关专业教师的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实技术及其在 MOOC 中的应用 / 刘建军编著

. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2017.11

ISBN 978-7-5124-2602-3

I. ①虚… II. ①刘… III. ①虚拟现实—应用—网络教学 IV. ①G434

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 291620 号

版权所有,侵权必究。

虚拟现实技术及其在 MOOC 中的应用

刘建军 编著

责任编辑 赵延永 李丽嘉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京建宏印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:12.5 字数:266 千字

2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5124-2602-3 定价:39.00 元

前 言

虚拟现实技术是在数字图像处理、计算机图形学、多媒体技术、人机接口技术、人工智能技术、计算机仿真技术及传感器技术等信息技术基础上发展起来的一门多学科交叉技术。虚拟现实技术可以模拟人类视觉、听觉、触觉等感知行为。通过虚拟现实系统,人们能够逼真地感受到在客观世界中所经历的事物,方便、直观、自然地“进入”虚拟空间,沉浸其中交互遐想,而且能够突破各种限制,感受到真实世界无法亲身经历的体验。目前,虚拟现实技术已经广泛应用于城市规划、医学、工业仿真、娱乐与艺术、卫星与航天、室内设计、产品展示、教育等领域。虚拟现实技术正在改变着人们对计算机的使用方法,也在改变着人类的思维模式和认知方式,改变着人类对世界、自己、空间和世界的看法。它不仅具有深远的潜在应用价值,也正在成为继理论研究和实验研究之后,人类认识和改造世界的第三种重要手段。通过虚拟环境所保证的真实性,人们可以根据在虚拟环境中的体验,对所关注的客观世界中发生的事件作出判断和决策。虚拟现实开辟了人类科研实践、生产实践和社会生活的崭新模式。

基于上述认识,本书开创性地将虚拟现实技术与近年来一直备受关注的、推动教育信息化快速发展的 MOOC 在线教育平台相结合,丰富 MOOC 在线教育平台的实践教学,充分弥补 MOOC 模式实践教学环节的不足,进而推动虚拟仿真实验在高校实践教学和教育信息化发展中的应用。

本书共 5 章。第 1 章介绍虚拟现实技术的基本知识、发展概况、特征及分类;第 2 章介绍虚拟现实系统的硬件设备、输入/输出接口与国内最新行业发展概况;第 3 章介绍高校虚拟仿真实验的发展模式、虚拟仿真实验教学的发展状况,并简要论述国家虚拟仿真实验中心规划与建设的相关政策及整体解决方案,介绍典型性高校专业模拟仿真实验中心的建设概况;第 4 章分析大规模开放性在线课程——MOOC 教学的实验教学环节和内容的虚拟化发展,阐明了云计算和大数据等技术支持的开放性实践教学平台建设,认为虚拟实验作为理工科课程必不可少的重要教学环节必须与 MOOC 课程相合,阐述了虚拟现实将是网络在线课程的有益的、必不可少的重要实验教学补充;第 5 章以目前国内规模最大、最有影响力的 MOOC 平台——“中国大学 MOOC”平台为例,介绍 MOOC 课程

的开发过程。

本书作者在虚拟现实技术和 MOOC 模式的结合方面做了初步的有益探索性尝试,并坚信这种技术与理念的结合必将对教学信息化发展起着较好的推动作用;借鉴、参考和引用的相关研究文献附于书后,在此对各位专家和同行表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中的疏漏和瑕疵之处在所难免,敬请读者批评指正。

刘建军

2017.7.16

目 录

第 1 章 虚拟现实技术概述	1
1.1 虚拟现实的基本概念	1
1.2 虚拟现实的原理和本质	2
1.3 虚拟现实技术与其他技术的关系	3
1.4 虚拟现实技术的发展历程	4
1.5 虚拟现实技术的基本特性和系统组成	7
1.5.1 虚拟现实技术的基本特性	7
1.5.2 虚拟现实技术的系统组成.....	10
1.6 虚拟现实系统分类.....	11
1.6.1 沉浸式虚拟现实系统.....	12
1.6.2 桌面式虚拟现实系统.....	13
1.6.3 增强式虚拟现实系统.....	14
1.6.4 分布式虚拟现实系统.....	15
1.7 虚拟现实技术研究现状.....	15
1.7.1 国外研究现状.....	15
1.7.2 国内研究现状.....	17
1.8 虚拟现实的应用.....	19
1.8.1 虚拟现实应用分类.....	19
1.8.2 虚拟现实在各个领域的应用.....	21
第 2 章 虚拟现实系统的硬件设备	27
2.1 虚拟现实系统的输入.....	27
2.1.1 虚拟现实系统的输入接口.....	27
2.1.2 基于身体跟踪的输入设备.....	28
2.1.3 基于物理设备的跟踪输入设备.....	35
2.1.4 语音输入.....	37
2.2 虚拟现实系统的输出.....	38
2.2.1 虚拟现实系统视觉输出接口.....	38
2.2.2 虚拟现实系统听觉输出接口.....	47
2.2.3 虚拟现实系统触觉输出接口.....	48
2.2.4 前庭感觉和其他感觉的输出研究.....	49

2.3	虚拟现实最新行业产业链发展状况	50
2.3.1	工具及设备	50
2.3.2	行业应用	54
2.3.3	内容制作	55
2.3.4	内容分发	58
2.3.5	相关服务	59
2.4	国内虚拟现实开发商——中视典	59
2.4.1	中视典 VR Platform 核心引擎	59
2.4.2	VRPIE 3D 互联网平台	61
2.4.3	VRP-DIGICITY 数字城市平台模块	61
2.4.4	VRP-PHYSICS 物理系统	63
第 3 章	虚拟仿真实验与虚拟仿真实验教学中心规划	69
3.1	虚拟仿真实验概述	69
3.1.1	虚拟仿真实验的含义	69
3.1.2	虚拟仿真实验的发展模式	69
3.1.3	虚拟仿真实验教学的研究与发展现状	70
3.1.4	虚拟仿真实验教学的优越性	72
3.2	虚拟仿真实验教学中心建设	75
3.2.1	政策背景	75
3.2.2	需求分析	77
3.2.3	建设目标	78
3.2.4	建设理念	79
3.2.5	建设思路	80
3.3	虚拟仿真实验中心综合解决方案	82
3.3.1	虚拟仿真实验中心整体设计	82
3.3.2	虚实一体化实验管理和共享平台	85
3.3.3	虚拟仿真实验教学平台建设	91
3.3.4	虚拟仿真实验教学平台模块实现	97
3.4	专业虚拟仿真实验中心建设分析	111
3.4.1	交通类虚拟仿真实验中心的建设	111
3.4.2	交通类虚拟仿真实验中心的发展	117
3.4.3	北京交通大学“高速铁路 CTCS 虚拟仿真实验平台”案例概述	118
3.4.4	厦门大学机电类虚拟仿真实验中心建设特点	124
3.4.5	电子科技大学信息与网络安全虚拟实验室“三层次五模块” 实验教学体系介绍	127

第 4 章 MOOC 课程建设及实验教学的虚拟化	128
4.1 MOOC 课程建设概述	128
4.2 MOOC 下的开放共享实验教学	130
4.2.1 实验课程内容的 MOOC 化	131
4.2.2 实验环节的虚拟化	132
4.2.3 实验教学支撑平台的网络化	133
4.2.4 以云计算为支撑开放式实验教学平台	134
4.2.5 基于网络的虚拟实验平台开发	135
第 5 章 MOOC 平台综合开发与应用	138
5.1 “中国大学 MOOC”平台简介	138
5.2 MOOC 课程规范与要求	139
5.2.1 教学内容	139
5.2.2 各类资源的具体规范	139
5.2.3 课程结构	140
5.3 课程开发操作概述	141
5.3.1 开课前期准备	141
5.3.2 发布课程介绍页	142
5.3.3 首次发布课程学习页	143
5.3.4 课程日常更新与维护	144
5.4 教师操作指南	144
5.4.1 新建和发布课程	144
5.4.2 新增章节课件	148
5.4.3 设置全局评分规则	150
5.4.4 发布章节测验	155
5.4.5 发布课后作业	161
5.4.6 发布考试	167
5.4.7 批改作业	170
5.4.8 发送公告和邮件	172
5.4.9 使用和管理论坛	175
5.4.10 管理学生数据	178
5.4.11 查看统计报表	181
5.4.12 管理证书	186
参考文献	190

第 1 章 虚拟现实技术概述

1.1 虚拟现实的基本概念

虚拟现实(virtual reality, VR)又称灵境技术,其概念最早由美国 VPL 公司创始人拉尼尔(Jaron Lanier)于 20 世纪 80 年代提出。虚拟现实是新崛起的一种综合集成技术,融合了数字图像处理、计算机图形学、多媒体技术、计算机仿真技术、传感器技术、显示技术、网络并行处理和人工智能等多个信息技术分支。它是由计算机硬件、软件以及各种传感器构成的三维信息的人工环境——虚拟环境,可以逼真地模拟现实世界中的事物和环境。人一旦进入这种环境中,便立即产生身临其境的虚幻感觉,并可亲自操作,自然地与虚拟环境进行交互。虚拟现实技术已经成为计算机相关领域继多媒体技术、网络技术和人工智能之后备受关注的研究、开发与应用热点。

virtual 即“虚拟”,其含义是这个环境或世界是虚拟的,不是真实的;reality 即“真实”,其含义是这个环境或世界是真实的。将两个含义基本对立的词汇联合起来,即“虚拟现实”,其含义是从真实存在的现实社会环境中,采集必要的的数据,经过计算机的计算处理,模拟生成符合人们心智认知的、具有逼真性的新的现实环境。

关于虚拟现实技术的定义目前尚无统一的标准,主要分狭义和广义两种观点。

狭义的观点认为,虚拟现实技术是一种先进的人机交互方式,被称为“基于自然的人机接口”。在虚拟现实中,用户看到的是彩色的、立体的、随视点不同而变化的景象,听到的是虚拟环境中的声响,手脚等身体部位可以感受到虚拟环境反馈给用户的作用力,由此使用户产生一种身临其境的感觉。人以与感受真实世界一样的方式来感受计算机生成的虚拟世界。

广义的观点认为,虚拟现实技术是对虚拟想象(三维可视化)或真实、多感官的三维世界的模拟。它不仅是一种人机交互接口,更重要的是对虚拟世界内部的模拟。人机交互接口采用虚拟现实的方式,将某个特定的环境呈现给用户后,用户通过自然的方式接收相应虚拟环境所提供的各种感官刺激,与虚拟世界中的人和物进行思想和行为等方面的交流,从而产生身临其境的感觉。

虚拟现实技术是以计算机技术为核心,结合相关科学技术,生成与一定范围内的真实环境在视、听、触、嗅等方面高度相似的数字化环境。用户借助必要的装备与数字化环境中的对象进行交互作用,相互影响,可以产生身临其境的感受和体验。虚拟现实是对真实世界的模拟,既能对现实环境做出逼真的描述,又能与虚拟环境进行交互。

虚拟现实技术主要有三方面的含义:第一,借助于计算机生成的环境是虚幻的;第二,人对这种环境的感觉(视、听、触、嗅等)是逼真的;第三,人可以通过自然的方法(手动、眼动、口说,其他肢体动作等)与这个环境进行交互,虚拟环境能够实时地做出相应的反应。

虚拟仿真技术是在多媒体技术、虚拟现实技术与网络通信技术等信息科技迅猛发展的基础上,将仿真技术与虚拟现实技术相结合的产物,是一种更高级的仿真技术。虚拟仿真技术以构建全系统统一完整的虚拟环境为典型特征,并通过虚拟环境集成与控制为数众多的实体。实体可以是模拟器或其他虚拟仿真系统,也可以用一些简单的数学模型表示。实体在虚拟环境中相互作用或与虚拟环境作用,表现客观世界的真实特征。虚拟仿真技术的这种集成化、虚拟化与网络化的特征,充分满足了现代仿真技术的发展需求。

虚拟现实中的虚拟环境主要有以下几种情况。

① 模拟真实世界中的环境,如地理环境、建筑场馆、文物古迹等。这种真实环境可能是已经存在的,也可能是已经设计好但还没有建成的,或者是曾经存在但现在已经发生变化、消失或者受到破坏的。其目的是逼真地模仿真实世界中的环境,建立和现实世界一样的几何、物理模型。

② 模拟人类主观构造的环境,如影视制作中的科幻场景和电子游戏中的三维虚拟世界。此环境完全是虚构的、用户也可以参与其中并与之进行交互的非真实世界。但它的交互性和参与性不是很明显。

③ 模拟真实世界中人类不可见的环境,如分子的结构和空气中的速度、温度、压力的分布等。这种环境是客观存在的真实环境,但是受到人类视觉、听觉器官的限制而不能被感应到。一般情况是以特殊的方式(如放大尺度的形式)进行模仿和仿真,使人能够看到、听到或者感受到,体现科学可视化。

虚拟现实技术是在计算机图形学、计算机仿真技术、人机接口技术、多媒体技术以及传感技术的基础上发展起来的交叉学科,由于它生成的视觉环境是立体的,音效是立体的,人机交互是和谐友好的,因此虚拟现实技术改变了人与计算机之间枯燥、生硬和被动的现状,计算机创造的环境将人们陶醉在流连忘返的工作环境之中。它的兴起,为人机交互界面的发展开创了新的研究领域,为智能工程的应用提供了新的界面工具,为各类工程的大规模数据可视化提供了新的描述方法。

1.2 虚拟现实的原理和本质

虚拟现实技术的原理如图 1-1 所示,它是人在物理交互空间通过传感器集成等设备与由计算机硬件和 VR 引擎产生的虚拟环境交互。来自多传感器的原始数据经过传感器处理成为融合信息,经过行为解释器产生行为数据,然后输入虚拟环境并与用户进行交互,最后来自虚拟环境的配置和应用状态再反馈给传感器。多感

知交互模型如图 1-2 所示。虚拟现实的本质在于它的模拟和仿真,它可以通过现有的信息技术手段达到对现实世界中客观事物的模拟和再现。不管技术如何发展,虚拟现实系统都是为了更好地把现实世界中的事物尽可能真实地表现出来,所以它的主体还是现实,虚拟现实只是最现实的模拟,并不是现实。通过模拟,尽可能地模拟出现实中的功能和特性;通过交互,令使用者产生身临其境的感觉。

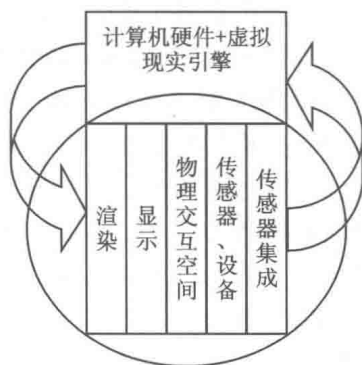


图 1-1 虚拟现实技术原理图

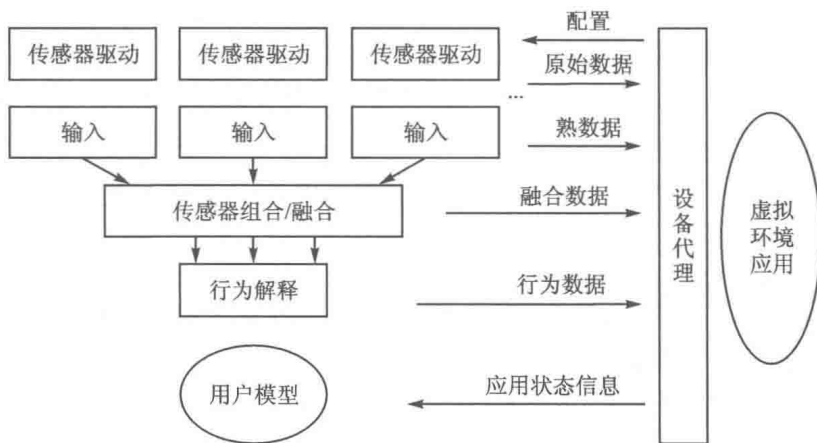


图 1-2 多感知交互模型

1.3 虚拟现实技术与其他技术的关系

1. 虚拟现实技术与可视化仿真技术的关系

虚拟现实技术与可视化仿真技术有着密切的联系,两者都被视为现代图形学的应用主流和技术生长点。可视化仿真侧重于将计算机产生的大量数据转化为图形,化抽象思维为形象思维,而虚拟现实则致力于提供和谐的人机交互环境,使研究人员在虚拟环境中身临其境般地去研究数据关系。可视化仿真不仅是对仿真计算的结果进行可视化,更重要的是为研究人员提供与仿真数据交互作用的手段,能够实时跟踪和有效地观察数值模拟和实验过程,即仿真结果可视化和仿真过程可视化。仿真的研究人员不仅要通过打印输出或屏幕显示等方式,从系统的外部去观察信息处理和仿真结果,而且还要通过各种感官以及形体、声音等途径加入到仿真系统中去,这样的仿真系统已不再是建立在单维的数字化信息空间上,而是建立在一个多维化、定性和定量相结合、感性和理性相结合的综合集成环境中。虚拟现实技术是建立在多维

信息空间上的仿真系统的关键技术,这种实时人机交互的和谐界面环境将使仿真技术达到更加完美的程度,可以说虚拟现实技术将是可视化仿真发展的终极目标。

2. 虚拟现实技术与多媒体技术的关系

多媒体仅从字面上理解就是多种媒体的意思。实际上,多媒体是指能用计算机进行文本、图形、图像、动画、音频、视频和计算机程序等信息处理,并在这些信息之间建立一定的逻辑关系,使之成为能交互式进行信息存取的集成系统。多媒体技术可以说是将计算机、信号处理、电视、通信等技术相结合的一门综合技术。综合并协同处理声、文、图等信息的多媒体技术将使计算机成为人类交流信息的媒体。多媒体技术的关键技术也是信息处理技术,特别是图形图像处理技术,这与虚拟现实技术有着相同的发展背景。在应用方面,两者更有相似之处,如在多媒体通信领域中,可以通过通信网络遥控远端工作的机器人,可将远端的环境数据、感觉数据传输到虚拟现实系统,这样使用者就会感到自己仿佛已在远端的环境之中。交互式多媒体的一个关键特征也是强调与用户的交互性,用户不仅能参与其中,而且还可提供反馈信息,这与虚拟现实的交互性有些类似。多媒体技术与虚拟现实技术的最大区别在于,虚拟现实有使人参与其中的沉浸感以及深刻的交互作用,可以说多媒体技术的进一步发展和应用,将会是虚拟现实这个重要领域。

3. 虚拟现实系统与一般图形系统的关系

虚拟现实与一般图形系统(图形工作站)的区别在于:对于普通的计算机图形系统来说,使用者是一个外部观察者,它只能通过屏幕或窗口来观察某些综合环境;而虚拟现实系统不仅是一个更快、更好、更强有力的计算机图形系统,更重要的是其通过各项功能的有机结合,能让使用者成为合成环境中的一个内部参与者。使用者的各种生理官能,如视觉、听觉、触觉、嗅觉以及发出的声音和四肢的运动等,都能参与到这个环境中去切身体验。

4. 虚拟现实技术与传统三维动画技术

传统的三维动画技术是由计算机预先渲染好的静态图片连续播放形成,不具有任何交互性;而虚拟现实技术可以根据用户的需要把整个空间中所有的信息真实地提供给用户,用户可根据自己的路线行走,计算机会产生相应的场景。是否具备交互性是两者最大的区别。

1.4 虚拟现实技术的发展历程

虚拟现实技术作为一种有效的模拟生物在自然环境中的视、听、动等行为的交互技术,其思想、概念的孕育和出现可追溯到中国古代(公元前 468—公元前 376)的战国时期。据《墨子·鲁问》记载:“公输般削竹木以为鹊,成而飞之,三日不下”,这就是“风筝”的雏形,其原材料是极薄的木片或竹片。后来人们在上面系上竹哨,利用风吹竹哨,声如箏鸣,故称“风筝”。模拟飞行动物发明的有声风筝,是有关中国古代试验

飞行器模型的最早记载。当人们在放风筝的时候,栩栩如生的模拟飞行动物和人与人之间互动的大自然场景,以及风筝发出的悦耳清新的筝鸣,这种拟真、拟声、互动的行为是仿真技术在人们生活中的应用。后来该技术传到西方,西方人称风筝为飞行器,并利用风筝的原理发明了飞机。发明家 Edwin A. Link 于 1929 年发明了飞行模拟器,使乘坐者感觉和坐在真的飞机上一样。人们从动物飞行的行为中得到启发,以丰富的想象力创造了以上发明,它们推动了仿真技术的发展,也是虚拟现实技术的前身,蕴含了虚拟现实的思想。

虚拟现实技术是在信息科学的飞速发展得到了大发展,其发展历程可分为三个阶段:第一阶段,虚拟现实技术的萌芽;第二阶段,虚拟现实系统的产生和初步形成;第三阶段,虚拟现实技术的高速发展和完善。

第一阶段,虚拟现实技术的萌芽(1956—1972)。1956年,美国的 Morton Heilig 开发出了一个叫 Sensorama 的摩托车仿真器, Sensorama 具有三维显示及立体声效果,能产生振动和风吹的感觉。1962年, Morton Heilig 发明了有振动和声感觉的“全传感仿真器”,并申请专利,该专利也蕴含了虚拟现实技术的思想。1965年, Ivan Sutherland 教授发表的论文《最终显示》(*the Ultimate Display*)提出了感觉真实、交互真实的人机协作新理论。1968年 Ivan Sutherland 在哈佛大学组织开发了第一个计算机图形驱动的头盔式显示器 HMD 及头部位置跟踪系统(如图 1-3 所示),这一发明成为虚拟现实技术发展史上一个重要的里程碑。由于在图形显示和交互方面的杰出贡献, Ivan Sutherland 被称为“虚拟现实技术之父”。

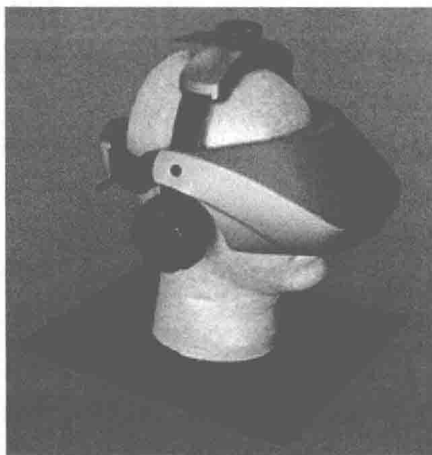


图 1-3 头盔式显示器

第二阶段,虚拟现实系统的产生和初步形成。1973年, Myron Kruger 提出了 artificial reality,这是早期出现的关于虚拟现实的词语。从字面上来看,它具有虚拟现实的含义。20世纪80年代初到80年代中期,美国国家航空和宇宙航行局(NASA)及美国国防部开始研究外层空间环境。1984年, NASA Ames 研究中心虚拟行星探测实验室的 M. McGreevy 和 J. Humphries 博士开发了虚拟环境视觉显示器用于火星探测,将探测器发回地面的数据输入计算机,构造了火星表面的三维虚拟环境,之后 NASA 又投入资金对虚拟现实技术进行研究和开发,如非接触式跟踪器。1985年以后, Fisher 在 Jaron Lanier 的接口程序的基础上作了进一步研究,随后在虚拟交互环境工作站(CVIEW)项目中,他们又开发了通用多传感个人仿真器等设备。很快,美国的 Stone 和 Hennequin 共同发明了数据手套,如图 1-4 所示。第一个数据手套被 NASA 用于虚拟现实,由

Warren Robinett 构思和实现手套与虚拟世界的交互技术。可以说手套、头盔是实现 VR 的硬件,交互式接口技术是实现 VR 的软件。

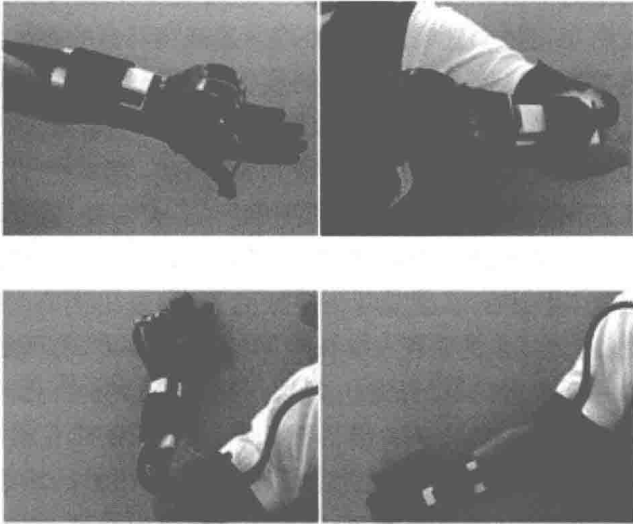


图 1-4 数据手套

1987 年,James D. Foley 教授在具有影响力的《科学的美国》杂志上发表了题为《先进的计算机界面》(*Interfaces for Advanced Computing*)的文章。在这篇文章中虚拟现实是用 artificial reality 来描述的,他提出了虚拟现实有三个关键元素:imagination, interaction 和 behavior(2I+B)。从理论上阐述了想象(I)、交互(I)和行为(B)的含义,指出沉浸式仍是虚拟现实未来要探索的,从硬件上说明了头盔、数据手套、触觉的力反馈器和声音识别装置等的工作原理和在虚拟现实中的应用,从人机界面的角度阐明了虚拟现实系统应有好的交互性、视觉、语音、触觉等功能。James D. Foley 教授的这篇文章对虚拟现实的含义、接口硬件、人机交互式界面、应用和未来前景作了全面的论述,加上 NASA 所取得的令人瞩目的研究成果,引起了人们极大的兴趣。1989 年 VPL 公司的 Jaron Lanier 提出用“virtual reality”来表示虚拟现实,并且把虚拟现实技术作为商品,推动了 VR 技术的发展和应。

第三阶段,虚拟现实技术的高速发展和完善。20 世纪 90 年代,迅速发展的计算机硬件技术与不断改进的计算机软件系统相匹配,使得基于大型数据集的声音和图像的实时动画制作成为可能;人机交互系统的设计不断创新,新颖、实用的输入/输出设备不断地进入市场,而这些都为虚拟现实系统的发展打下了良好的基础。1992 年,Carolina Cruz Neira 等建立的大型虚拟现实系统 CAVE(cave automatic virtual environment),如图 1-5 所示,在国际图形学会议上展现在人们面前,标志着这项技术已经登上了高新技术的舞台:用户置身于一个边长为 3 m 的立方体房间内,有四面为投影屏幕,各由一台 SCI 工作站 VGX 控制的投影机向屏幕交替显示计算机生成的左、右眼观察图形,用户佩戴一种左、右镜片交替“开”(透光)、“闭气”(遮光)的液

晶光闸眼镜,就可看到环绕自身的立体景物,同时并不妨碍看见室内的原有物体。图形景物随用户在室内走动时的视线变化而变化。1993年11月,美国宇航员利用虚拟现实系统成功地完成了从航天飞机的运输舱内取出新的望远镜面板的工作。1994年,美国SGI公司和比利时的BARCO投影机制造公司在英国建设了世界上第一个虚拟现实系统。1996年12月,世界上第一个虚拟现实环球网在英国投入运行,用户可以在一个由立体虚拟现实世界组成的网络中遨游,身临其境般地欣赏各地风光、参观博览会和在大学课堂听讲座等。到了21世纪,虚拟现实技术进入软件高速发展的时期,一些有代表性的虚拟现实软件开发系统不断地发展完善,如MultiGen Vega、Open SceneGraph、Virtools等。

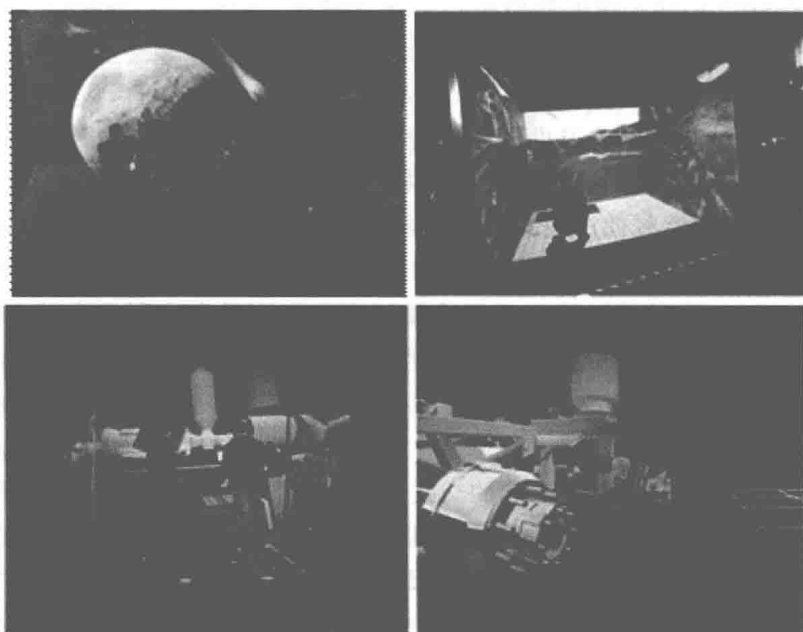


图 1-5 CAVE 系统

1.5 虚拟现实技术的基本特性和系统组成

1.5.1 虚拟现实技术的基本特性

美国科学家 Burdea G. 在 1993 年的世界电子年会上发表了一篇题为《虚拟现实系统与应用》(*Virtual Reality Systems and Applications*) 的文章,文中首次提出了“虚拟现实技术的三角形”,简明地表示了虚拟现实的三个最突出的特性:沉浸性(immersion)、交互性(interaction)和想象性(imagination),即虚拟现实的“3I”特性,这三个特性不是孤立的,它们之间是相互影响的,每个特性的实现都依赖于另两个特性的

实现,这三个特性之间的关系如图 1-6 所示。

1. 沉浸性

沉浸性(immersion)又称临场感,是指用户感受到作为主角存在于虚拟环境中的真实程度,被认为是 VR 系统的性能尺度。虚拟现实技术根据人类的视觉、听觉等生理或心理特点,由计算机产生逼真的三维立体图像。用户戴上头盔显示器和数据手套等交互设备,便可以将自己置身于虚拟环境中,成为虚拟世界中的一部分,其身份由观察者变成参与者,沉浸其中并参与虚拟世界的活动。理想的虚拟世界应该达到使用户难以分辨真假的程度,甚至超越真实,实现比现实更逼真的照明和音响效果。

一般来说,导致沉浸性产生的原因主要有感知性和自主性两个方面。多感知性是指除了一般计算机所具有的视觉感知外,还有听觉感知、力觉感知、触觉感知、运动感知、味觉感知、嗅觉感知等。理想的虚拟现实应该具有人所具有的多种感知功能。自主性是指虚拟物体在独立活动、相互作用或与用户交互作用中,其动态都有一定的表现,这些表现服从于自然规律或设计者的规定,自主性就是虚拟环境中物体依据物理定律做出动作的程度。

虚拟现实的沉浸性使它与一般的交互式三维图形有较大不同,用户可以沉浸于数据空间,从数据空间向外观察,从而使用户以更自然、更直接的方式与数据交互。利用沉浸功能,用户暂时与现实隔离,投入到虚拟环境中去,更真实地关注数据。虚拟现实界面可以给技术人员及创作人员提供真实数据,以便正确创建虚拟环境,有助于用户更快、更全面地分析理解数据。虚拟现实从根本上改变了人与计算机系统的交互操作方式。

理论上来说,虚拟现实系统应该具备人在现实世界中具有的所有感知功能,但鉴于目前技术的局限性,在虚拟现实系统的研究与应用中,较为成熟或相对成熟的主要是视觉沉浸技术(立体显示)、听觉沉浸技术(立体声)和触觉沉浸技术(力反馈),目前有关味觉与嗅觉的感知技术还很不成熟。

① 视觉沉浸。视觉沉浸的建立依赖于用户与虚拟世界的集成,所以虚拟现实系统必须向用户提供三维立体的画面及较宽的视野,同时随着人的运动,所得到的场景画面也应随之实时地改变。较理想的视觉沉浸环境是洞穴式显示设备,这种设备采用多面立体投影系统,因而可得到较强的视觉效果。另外,这种设备可以让用户与真实世界完全隔离,避免受到外面真实世界的影响,从而获得完全沉浸于虚拟世界的感觉。

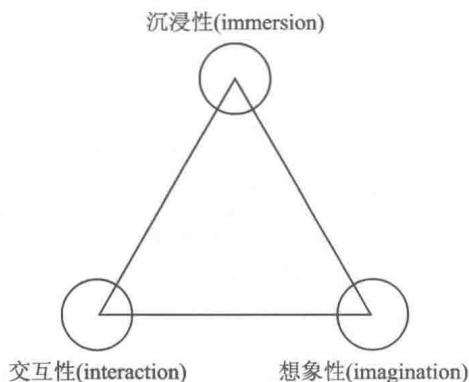


图 1-6 虚拟现实的“3I”特性

② 听觉沉浸。为了实现听觉沉浸,虚拟现实系统主要让用户感觉到的是三维空间中的虚拟声音。三维虚拟声音使听者感觉到声音可能来自于一个围绕双耳的球形空间的任何位置,并且可以模拟大范围的声音效果,如闪电、雷鸣、波浪等自然现象的声音。在沉浸式三维虚拟世界中,两个物体碰撞时也会发出声音,这种声音能够让用户根据声音效果准确判断出碰撞发生的位置。

③ 触觉沉浸。在虚拟世界中,人们可以借助于各种交互设备,体验抓、握等操作的感觉。现在的技术水平只能实现简单的力学反馈效果。例如,使用充气式手套,当用户在虚拟世界中与物体相接处时,能产生与真实世界相同的感觉。

2. 交互性

交互性(interaction)主要是指交互的自然性,是用户对虚拟环境中对象的可操作程度和从虚拟环境中得到反馈的自然程度(包括实时性)。虚拟现实系统强调人与虚拟世界之间进行自然的交互,如人的走动、头的转动、手的移动等,主要借助于特殊的硬件设备,如数据手套、力反馈装置等完成交互,这些设备使用户能通过自然的方式,产生在真实世界中的感觉。例如,用户可以用手直接抓取虚拟世界中的物体,这时手有触摸感,并可以感受到物体的质量,即能区分所拿的是石头还是海绵,并且场景中的物体也能立刻随手的运动而移动。虚拟仿真系统中,不仅环境能够作用于人,人也可以对环境进行控制,而且人是以近乎自然的行为(自身的语言、肢体的动作等)进行控制的,虚拟环境还能够对人的操作予以实时的反应。例如,当飞行员按动导弹发射按钮时,会看见虚拟的导弹发射出去并跟踪虚拟的目标;当导弹碰到目标时会发生爆炸,能够看到爆炸的碎片和火光。

3. 想象性

想象性(Imagination)是指用户在虚拟世界中根据所获取的多种信息和自身在系统中的行为,通过逻辑判断、推理和联想等思维过程,对系统的状态和进展进行想象的能力。用户可以根据在虚拟世界中的一系列交互行为和反馈结果,认识系统深层次的运动机理和规律性。系统中的环境是虚幻的,是由人利用计算机等工具模拟出来的。它既可以模拟客观世界中以前存在过的或是现在真实存在的环境,也可以模拟客观世界中当前并不存在的但将来可能出现的环境,还可以模拟客观世界中不会存在的而仅仅存在于人们幻想中的环境。

虚拟现实技术出现以前,人们只能从定量计算的结果中得到启发而加深对事物的认识。借助于虚拟现实技术,人们就有可能从定性和定量集成的虚拟环境中得到感性和理性的认识,进而深化概念、衬托新意和构想,主动地寻求、探索信息,而不是被动地接收信息。

虚拟现实技术具有的沉浸性、交互性和想象性,使得参与者能在虚拟环境中沉浸其中、超越其上、进退自如并自由交互。它强调人在虚拟系统中的主导作用,即人的感受在整个系统中最重要。沉浸性和交互性是虚拟现实与其他相关技术(如三维动画、科学可视化以及传统的多媒体图形图像技术等)最本质的区别。虚拟现实系统中