

“十一五”国家重点图书

计算机科学与技术学科前沿丛书

计算机科学与技术学科研究生系列教材（中文版）

---

# 虚拟现实技术

---

陈怀友 张天驰 张菁 编著

---



清华大学出版社

“十一五”国家重点图书 计算机科学与技术学科前沿丛书

计算机科学与技术学科研究生系列教材（中文版）

---

# 虚拟现实技术

---

陈怀友 张天驰 张菁 编著

---



清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书重点介绍虚拟现实技术的概念、发展历程和组成,虚拟现实系统的硬件设备,虚拟现实的相关技术以及虚拟现实技术系统的工具软件及其应用。

本书汇集一系列的虚拟现实相关技术,包括计算机软硬件技术、计算机图形学、人机交互技术、多媒体技术、人体工程的技术、传感技术等以及它们近年来的发展成果,具有较高的学术水平,可以作为研究人员的参考手册。

本书内容系统、全面,本着普及、推广及应用的原则,在介绍虚拟现实技术理论知识的同时,还介绍几个具有代表性的虚拟现实工具软件,并采用实例进行讲解,使读者能在较短的时间内对虚拟现实技术有所了解,并加以应用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实技术/陈怀友,张天驰,张菁编著. —北京:清华大学出版社,2012.8  
计算机科学与技术学科前沿丛书. 计算机科学与技术学科研究生系列教材(中文版)  
ISBN 978-7-302-26275-6

I. ①虚… II. ①陈… ②张… ③张… III. ①数字技术 IV. ①TP391.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第141701号

责任编辑:张 民 李玮琪

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16.5 字 数:421千字

版 次:2012年8月第1版 印 次:2012年8月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:29.00元

---

产品编号:039292-01

“十一五”国家重点图书 计算机科学与技术学科前沿丛书

计算机科学与技术学科研究生系列教材

编  
委  
会

■ 名誉主任：陈火旺

■ 主 任：王志英

■ 副 主 任：钱德沛 周立柱

■ 编委委员：(按姓氏笔画为序)

马殿富 李晓明 李仲麟 吴朝晖

何炎祥 陈道蓄 周兴社 钱乐秋

蒋宗礼 廖明宏

■ 责任编辑：马瑛珺

# 序 言

未来的社会是信息化的社会,计算机科学与技术在其中占据了最重要的地位,这对高素质创新型计算机人才的培养提出了迫切的要求。计算机科学与技术已经成为一门基础技术学科,理论性和技术性都很强。与传统的数学、物理和化学等基础学科相比,该学科的教育工作者既要培养学科理论研究和基本系统的开发人才,还要培养应用系统开发人才,甚至是应用人才。从层次上来讲,则需要培养系统的设计、实现、使用与维护等各个层次的人才。这就要求我国的计算机教育按照定位的需要,从知识、能力、素质三个方面进行人才培养。

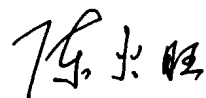
硕士研究生的教育须突出“研究”,要加强理论基础的教育和科研能力的训练,使学生能够站在一定的高度去分析研究问题、解决问题。硕士研究生要通过课程的学习,进一步提高理论水平,为今后的研究和发展打下坚实的基础;通过相应的研究及学位论文撰写工作来接受全面的科研训练,了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,培养良好的科研作风,锻炼攻关能力,养成协作精神。

高素质创新型计算机人才应具有较强的实践能力,教学与科研相结合是培养实践能力的有效途径。高水平人才的培养是通过被培养者的高水平学术成果来反映的,而高水平的学术成果主要来源于大量高水平的科研。高水平的科研还为教学活动提供了最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研也为高水平人才的素质教育提供了良好的物质基础。

为提高高等院校的教学质量,教育部最近实施了精品课程建设工程。由于教材是提高教学质量的关键,必须加快教材建设的步伐。为适应学科的快速发展和培养方案的需要,要采取多种措施鼓励从事前沿研究的学者参与教材的编写和更新,在教材中反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时应适当引进国外先进的原版教材,确保所有教学环节充分反映计算机学科与产业的前沿研究水平,并与未来的发展趋势相协调。

中国计算机学会教育专业委员会在清华大学出版社的大力支持下,进行了计算机科学与技术学科硕士研究生培养的系统研究。在此基础上组织来自多所全国重点大学的计算机专家和教授们编写和出版了本系列教材。作者们以自己多年来丰富的教学和科研经验为基础,认真研究和结合我国计算机科学与技术学科硕士研究生教育的特点,力图使本系列教材对我国计算机科学与技术学科硕士研究生的教学方法和教学内容的改革起引导作用。本系列教材的系统性和理论性强,学术水平高,反映科技新发展,具有合适的深度和广度。同时本系列教材两种语种(中文、英文)并存,三种版权(本版、外版、合作出版)形式并存,这在系列教材的出版上走出了一条新路。

相信本系列教材的出版,能够对提高我国计算机硕士研究生教材的整体水平,进而对我国大学的计算机科学与技术硕士研究生教育以及培养高素质创新型计算机人才产生积极的促进作用。





# 前言

随着计算机技术、图形处理与图像生成技术、立体影像和音响技术、信息合成和显示技术等诸多高新技术的发展,虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)以其独特的沉浸感(Immersion)、交互性(Interaction)和构想性(Imagination)特征,为人机交互和仿真系统的发展开辟了新的研究领域,为智能工程的应用提供了新的界面工具,也为各类工程的数据可视化提供了新的描述方法。

本书对虚拟现实技术及应用进行详细的探讨,运用多个典型的具体事例,把当前虚拟现实最新的应用领域和具体实现方法呈现出来。帮助读者更快地掌握虚拟现实技术,并能举一反三地应用到实践中。同时紧密联系当前虚拟现实领域已取得的最新成果和未来发展方向,深入浅出地讲述了虚拟现实技术的主要内容,并提供了大量的应用实例,对于读者理解和掌握虚拟现实有很大帮助。

本书把虚拟现实看成是人们共享信息和体验的一种手段,是一种特殊的交流媒体,用一些具体事例来探讨虚拟现实应用系统的构建过程与具体实现程序。其中第1章介绍虚拟现实的基本概念和相关知识,重点阐述虚拟现实技术的概念、特点以及软硬件构成,并对VR技术的发展、应用领域和现状进行了详细介绍。第2~5章从技术层面对虚拟现实系统中采用的各种技术,如建模技术、实时绘制技术、碰撞检测技术、特效技术以及交互技术进行深入阐述,并介绍当前研究成果。其中第2章阐述建模技术,第3章详细描述实时绘制技术,第4章介绍引擎构造及关键技术,第5章讲述碰撞检测技术。最后1章介绍虚拟现实系统的发展趋势,通过对虚拟现实技术原理和案例的描述,帮助广大读者快速、深入地学习和掌握虚拟现实技术。

本书将虚拟现实技术和具体事例结合起来,采用案例分析的方式进行编写,既有原理和典型技术,又有具体实现事例,对广大读者来说,是一本快速、深入学习、研究和应用的好书。每个事例都给出具体的实现方法,帮助读者快速掌握和应用,具有较高的学术价值和应用价值。

本书的读者对象为大学生、研究生、相关的科学技术人员和虚拟现实的业余爱好者。

作者  
2012年5月

# 目 录

<b>第 1 章 虚拟现实概述</b> .....	1
1.1 虚拟现实的产生与发展 .....	1
1.1.1 虚拟现实的概念.....	1
1.1.2 虚拟现实的发展.....	3
1.1.3 虚拟现实系统的构成.....	5
1.2 虚拟现实的应用 .....	6
1.2.1 军事.....	6
1.2.2 教育与体育 .....	10
1.2.3 游戏 .....	11
1.2.4 建筑 .....	16
<b>第 2 章 建模技术</b> .....	19
2.1 建模技术概述.....	19
2.2 几何建模.....	20
2.2.1 几何模型的特点 .....	21
2.2.2 线框建模 .....	21
2.2.3 表面建模 .....	24
2.2.4 实体建模 .....	30
2.3 运动建模 .....	48
2.3.1 运动学运动生成技术 .....	50
2.3.2 动力学运动生成技术 .....	53
2.3.3 人体的运动结构分析 .....	54
2.3.4 基于坐标值的关键帧方法 .....	57
2.4 软体建模.....	61
2.4.1 碰撞检测 .....	61
2.4.2 粒子建模方法 .....	65
2.4.3 基于物理属性的虚拟手术建模 .....	68
2.5 数据的存档与获取.....	76
2.5.1 地物建模的数据源 .....	77
2.5.2 虚拟城市建模的数据获取 .....	81



2.5.3	医学影像的获取与存储 .....	83
2.5.4	运动数据获取技术 .....	84
<b>第3章</b>	<b>实时绘制技术 .....</b>	<b>85</b>
3.1	消隐技术 .....	85
3.1.1	物体空间法 .....	85
3.1.2	图像空间法 .....	88
3.1.3	物体空间、图像空间隐藏面消除综合法 .....	90
3.2	LOD 技术 .....	90
3.2.1	虚拟场景中 LOD 技术 .....	90
3.2.2	虚拟场景生成中 LOD 模型关键技术 .....	94
3.2.3	虚拟场景生成中 LOD 模型的生成算法 .....	94
3.2.4	基于三角形折叠的 LOD 算法 .....	98
3.2.5	动态 LOD 算法 .....	101
3.3	景深技术 .....	103
3.3.1	景深及影响景深的因素 .....	104
3.3.2	基于可编程 GPU 的景深算法 .....	106
3.3.3	大景深系统 .....	108
3.3.4	景深的艺术效果分析 .....	111
3.4	纹理映射 .....	114
3.4.1	二维纹理映射 .....	114
3.4.2	三维纹理映射 .....	115
3.4.3	基于 OpenGL 纹理映射 .....	116
3.4.4	基于 VTK 的三维纹理映射 .....	118
3.5	光照模型 .....	119
3.5.1	光源特性和物体表面特性 .....	119
3.5.2	光照模型及其实现 .....	121
3.5.3	明暗的光滑处理 .....	122
3.5.4	光照模型中的灯光控制及阴影处理 .....	123
3.5.5	基于图像的光照模型 .....	126
3.6	特效技术 .....	128
3.6.1	过程纹理算法 .....	128
3.6.2	基于分形理论的算法 .....	129
3.6.3	基于动态随机过程的算法 .....	130
3.6.4	基于物理原理的方法 .....	131
3.6.5	几种具体特效物体的算法发展现状 .....	132
<b>第4章</b>	<b>引擎构造及关键技术 .....</b>	<b>134</b>
4.1	虚拟现实引擎框架 .....	134

4.1.1	虚拟现实引擎概念	134
4.1.2	虚拟现实引擎的发展历程	136
4.1.3	虚拟现实引擎架构	138
4.1.4	虚拟现实引擎的功能及工作流程	140
4.1.5	漫游引擎的结构	142
4.2	场景调度技术	145
4.2.1	场景管理的设计思想	145
4.2.2	基于场景图的管理	146
4.2.3	基于绘制状态的场景管理	149
4.2.4	基于场景包围体的场景组织	151
4.2.5	绘制过程的场景管理	152
4.2.6	室内场景的优化调度技术	158
4.3	路径规划	161
4.3.1	虚拟场景中的路径规划	161
4.3.2	基于体素化的自动入口生成	168
4.3.3	虚拟场景中的路径规划	179
4.4	立体显示技术	184
4.4.1	立体视觉原理及视觉模型	184
4.4.2	立体显示硬件技术	187
4.4.3	立体显示软件算法	189
4.4.4	平行投影法	189
4.4.5	基于 PC 的两个立体显示系统	190
4.5	动画与声音调度	193
4.5.1	渲染器	193
4.5.2	模型与动画、细节级别	194
4.5.3	物理引擎、运动和效果	197
4.5.4	声音系统与音频 API	200
<b>第 5 章</b>	<b>碰撞检测技术</b>	<b>203</b>
5.1	面向凸体的碰撞检测	204
5.2	基于一般表示的碰撞检测	207
5.2.1	面向 CSG 表示模型的碰撞检测算法	207
5.2.2	面向参数曲面的碰撞检测算法	207
5.2.3	面向体表示模型的碰撞检测算法	208
5.3	基于层次包围体树的碰撞检测	209
5.3.1	基于 AABB 层次包围盒树的碰撞检测算法	209
5.3.2	基于层次包围球树的碰撞检测算法	210
5.3.3	基于 OBB 层次包围盒树的碰撞检测算法	210
5.3.4	基于 $k$ -DOP 层次包围体树的碰撞检测算法	211

5.3.5 基于扫成球层次包围体树的碰撞检测算法·····	212
5.4 基于图像空间的碰撞检测·····	212
5.5 游戏中常用的碰撞检测技术·····	219
<b>第6章 几个典型的虚拟现实系统·····</b>	<b>222</b>
6.1 虚拟现实的研究方向及发展前景·····	222
6.2 仿真驾驶系统·····	223
6.2.1 原理·····	225
6.2.2 系统构成·····	227
6.2.3 汽车驾驶仿真器的实现·····	230
6.3 军事作战系统·····	234
6.3.1 虚拟战场环境在军事仿真中的应用·····	234
6.3.2 虚拟战场环境系统的基本构成·····	235
6.3.3 作战仿真的发展趋势·····	236
6.4 医学·····	237
6.4.1 虚拟手术概述·····	237
6.4.2 虚拟手术系统组成及其关键技术·····	239
6.4.3 系统的交互手段及软硬件平台·····	242
6.5 虚拟城市系统·····	242
6.5.1 系统概述·····	243
6.5.2 发展现状·····	244
6.5.3 “虚拟城市”建设的意义·····	246
6.5.4 系统的软件·····	246
6.5.5 应用实例·····	247
6.5.6 发展趋势·····	248
<b>参考文献·····</b>	<b>249</b>

# 第 1 章

## 虚拟现实概述

虚拟现实是从英文 Virtual Reality 一词翻译过来的,简称 VR 技术。Virtual 是虚假的意思,Reality 是真实的意思,合并起来就是虚拟现实。本章主要介绍虚拟现实的概念以及发展,分析虚拟现实系统的构成,简要介绍虚拟现实在军事、医学、教育与体育、游戏、艺术以及建筑等领域的发展现状和主要技术。

### 1.1 虚拟现实的产生与发展

#### 1.1.1 虚拟现实的概念

Virtual Reality 是由美国 VPL 公司创建人拉尼尔(Jaron Lanier)在 20 世纪 80 年代初提出的,也称灵境技术或人工环境,国内也有人译为“灵境”或“幻真”。作为一项尖端科技,虚拟现实集成了计算机图形技术、计算机仿真技术、人工智能、传感技术、显示技术和网络并行处理技术等领域的最新发展成果,是一种由计算机生成的高技术模拟系统。它最早源于美国军方的作战模拟系统,20 世纪 90 年代初逐渐为各界所关注并且在商业领域得到了进一步的发展。这种技术的特点在于使用计算机产生一种人为虚拟的环境,这种虚拟的环境是通过计算机图形构成三维数字模型,并编制到计算机中去生成一个以视觉感受为主,也包括听觉、触觉的综合可感知的人工环境,从而使得在视觉上产生一种沉浸于这个环境的感觉,可以直接观察、操作、触摸、检测周围环境及事物的内在变化,并能与之发生“交互”作用,使人和计算机很好地“融为一体”,给人一种“身临其境”的感觉。

虚拟现实是发展到一定水平上的计算机技术与思维科学相结合的产物,它的出现为人类认识世界开辟了一条新途径。虚拟现实的最大特点是:用户可以用自然方式与虚拟环境进行交互操作,改变了过去人类除了亲身经历,就只能间接了解环境的模式,从而有效地扩展了自己的认知手段和领域。另外,虚拟现实不仅仅是一个演示媒体,而且还是一个设计工具,它以视觉形式产生一个适人化的多维信息空间,为我们创建和体验虚拟世界提供有利的支持。

由于虚拟现实技术的实时三维空间表现能力、人机交互式的操作环境以及给人带来的身临其境的感受,它在军事和航天领域的模拟和训练中起到了举足轻重的作用。近年来,随着计算机硬件、软件技术的发展以及人们越来越认识到它的重要作用,虚拟现实技术在各行各业都得到了不同程度的发展,并且越来越显示出广阔的应用前景。虚拟战场、虚拟城市、甚至“数字地球”,无一不是虚拟现实技术的应用。虚拟现实技术将使众多传统行业和产业发生革命性的改变。什么是虚拟现实技术?我们先来看一个例子,这是日本松下公司用来

招揽买主的“厨房世界”。你只要戴上特殊的头盔和一只银色的手套,就可以去“漫游”厨房世界了。你伸手去开门,门随手而开,厨房内的所有设备就会映入你的眼帘。你可以用手打开柜橱的门和抽屉,查看里面的结构和质量,可从碗架上拿下盘子看看,也可以打开水龙头,立即看见水流出来,听见流水声,还可查看水池下面的排水是否流畅,也可查看照明是否亮堂,试试通风排气是否正常……。可是当你拿下头盔,摘下手套时,这一切又都消失了。这就是虚拟现实技术。它是由计算机硬件、软件以及各种传感器所构成的三维信息的人工环境,即虚拟环境,是可实现的和不可实现的物理上的、功能上的事物和环境,用户投入这种环境中,就可与之进行交互。

这种虚拟现实世界是由计算机及相关设备构造出来的。主要硬件有:计算机,可以是一台超级计算机,也可以是微机网络系统,还可以是工作站;显示设备,有头盔显示器,双筒全方位监视器,风镜型显示屏和全景大屏幕显示屏等;位置跟踪设备及其他交互设备,交互设备有数据手套、数据衣服等,由它们产生信号,与计算机实现交互作用。计算机软件有数据库,库内存有很多图像,声音及各种表象。当人戴上头盔时,就把这些世界现象,由多媒体计算机从头盔的显示器显示给参观者。人戴上数据手套,你的手一动,有很多传感器就测出了你的动作(比如去开门)。计算机接到这一信息,就去控制图像,使门打开,你眼前就出现了室内的图像景物,并给出相应的声音及运动感觉。

虚拟现实(Virtual Reality)是把客观上存在的或并不存在的东西,运用计算机技术,在用户眼前生成一个虚拟的环境,使人感到沉浸在虚拟环境中的一种技术。虚拟现实是一种由计算机和电子技术创造的新世界,是一个看似真实的模拟环境,通过多种传感设备,用户可根据自身的感觉,使用人的自然技能对虚拟世界中的物体进行考察和操作,参与其中的事件,同时提供视、听和触等直观而又自然的实时感知,并使参与者沉浸于模拟环境中。尽管该环境并不真实存在,但它作为一个逼真的三维环境,仿佛就在我们周围。可见,虚拟现实的概念包括了以下含义。

Virtual 的英文本意是表现上具有真实事物的某些属性,但本质上是虚幻的。

Reality 的英文本义是“真实”而不是“现实”。但是“虚拟现实”的名称已经在我国广泛应用。

从这个名称可以看出,其英文本义是“真实世界的一个映像”(A Image of Real World),典型的虚拟现实系统主要包括虚拟环境、感知、自然技能和传感设备等诸多要素。

虚拟环境就是由计算机生成的具有双视点的、实时动态的三维立体逼真图像。逼真就是要达到三维视觉,甚至包括三维听觉、触觉及嗅觉等的感觉逼真,而模拟环境可以是某一特定现实世界的真实实现,也可以是虚拟构想的世界。

感知是指理想的虚拟现实技术,应该具有人所具有的感知。除了计算机图形技术所生成的视觉感知外,还有听觉、触觉、力觉和运动等感知,甚至还包括嗅觉和味觉等感知,也称为多感知(Multi-Sensation)。

自然技能是指人的头部转动,眼睛、手势或其他人体行为动作,由计算机来处理,与参与者的动作相适应的数据,并对用户的输入(手势、口头命令等)作出实时响应,并分别反馈到用户的五官,使用户有身临其境的感觉,并成为该模拟环境中的内部参与者,还可以和在该环境中的其他参与者打交道。

传感设备是指三维交互设备。常用的有立体头盔、数据手套、三维鼠标、数据衣等穿戴

于用户身上的装置和设置于现实环境中的传感装置,如摄像机、地板压力传感器等。

1993年,Burdea G在Electro 93国际会议上发表的《Virtual Reality System and Application》一文中,提出了虚拟现实技术三角形,即3I特征:Immersion(沉浸)、Interaction(交互)、Imagination(构想),如图1.1所示。它是虚拟现实系统的三个基本特征,用以区别相邻技术,如计算机图形学、多媒体技术、仿真技术和科学计算可视化技术等。

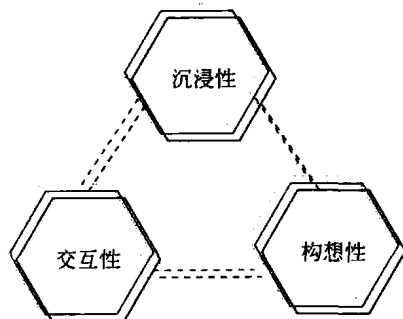


图 1.1 虚拟现实的基本特征

沉浸(Immersion)又称存在感,是指用户可以沉浸于计算机生成的虚拟环境中和使用户投入到由计算机生成的虚拟场景中的能力,用户在虚拟场景中有身临其境之感。用户所看到的、听到的、嗅到的和触摸到的,完全与真实环境中感受到的一样,它是VR系统的核心。

交互(Interaction)是指用户与虚拟场景中各种对象相互作用的能力。它是人机和谐的关键性因素。用户进入虚拟环境后,通过多种传感器与多维化信息的环境发生交互作用,用户可以进行必要的操作,虚拟环境中做出的相应响应,亦与真实的一样,如拿起虚拟环境中的一个篮球,可以感受到球的重量,扔在地上还可以弹跳。交互性包含对象的可操作程度及用户从环境中得到反馈的自然程度和虚拟场景中对象依据物理学定律运动的程度等。VR是自主参考系,即以用户的视点变化进行虚拟交互。

构想(Imagination)是指通过用户沉浸在“真实的”虚拟环境中,与虚拟环境进行了各种交互作用,从定性和定量综合集成的环境中得到感性和理性的认识,从而可以深化概念,萌发新意,产生认识上的飞跃。因此,虚拟现实不仅仅是一个用户与终端的接口,而且可使用户沉浸于此环境中获取新的知识,提高感性和理性认识,从而产生新的构思。把这种构思结果输入到系统中去,系统会将处理后的状态实时显示或由传感装置反馈给用户。如此反复,这是一个“学习——创造——再学习——再创造”的过程,因而可以说,VR是启发人的创造性思维的活动。

### 1.1.2 虚拟现实的发展

虚拟现实技术的概念在20世纪60年代被提出,20世纪80年代逐步兴起,20世纪90年代有产品问世,美国是在VR技术方面最具权威性的国家。美国VR研究技术的水平基本上就代表国际VR发展的水平。首先让我们先来回顾一下美国数十年来虚拟现实技术的发展历程。发展历程基本上可分为三个阶段:20世纪70年代以前为第一阶段;20世纪80年代初到80年代中期为第二阶段;第三阶段从20世纪80年代末期至今。

#### (1) 虚拟现实技术思想的产生。

1929年,Edwin A. Link发明了飞行模拟器,使乘坐者的感觉和坐在真的飞机上是一样的。

1956年,Morton Heilig开发了一个叫做Sensorama的摩托车仿真器。Sensorama具有三维显示及立体声效果,并能产生振动和风吹的感觉。

1962年,Morton Heilig发明了专利“全传感仿真器”,有振动、声音的感觉。该专利也

蕴涵了虚拟现实技术的思想。

1965年计算机图形学的奠基者 Ivan Sutherland 发表了题为“终极显示”(The Ultimate Display)的论文,提出了感觉真实、交互真实的人机协作新理论。

1966年,美国的 MIT 林肯实验室在海军科研办公室的资助下,研制出了第一个头盔式显示器(HMD),随后又将模拟力和触觉的反馈装置加入到系统中。

1967年,美国北卡罗来纳大学开始了 Group 计划,研究探讨力反馈(Force Feedback)装置。该装置可以将物理压力通过用户接口引向用户,可以使人感到一种计算机仿真力。

1968年,Sutherland 在哈佛大学的组织下开发了头盔式立体显示器(Helmet Mounted Display,HMD),后来他又开发了一个虚拟系统,可称得上是第一个虚拟现实系统。

1970年,美国的 MIT 林肯实验室研制出了第一个功能较齐全的 HMD 系统。

1973年,Myron Krurger 提出了“Artificial Reality”,这是早期出现的虚拟现实的词。

## (2) 虚拟现实技术的初步发展。

20世纪80年代初到80年代中期。此阶段开始形成虚拟现实技术的基本概念。这一时期出现了两个比较典型的虚拟现实系统,即 VIDEOPLACE 与 VIEW 系统。

20世纪80年代初,美国的 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)为坦克编队作战训练开发了一个实用的虚拟战场系统 SIMNET。

1984年,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,将探测器发回的地面数据输入计算机,构造了火星表面的三维虚拟环境。

1985年,WPAFB 和 Dean Kocian 共同开发了 VCASS 飞行系统仿真器。

1986年可谓硕果累累的一年,Furness 提出了一个叫做“虚拟工作台”(Virtual Crew station)的革命性概念;Robinett 与合作者 Fisher、Scott S、James Humphries 和 Michael McGreevy 发表了早期的虚拟现实系统方面的论文“The Virtual Environment Display System”;Jesse Eichenlaub 提出开发一个全新的三维可视系统,其目标是使观察者不要那些立体眼镜、头跟踪系统和头盔等笨重的辅助东西也能达到同样效果的三维逼真的 VR 世界。这一愿望在 1996 年得以实现,因为有了 2D/3D 转换立体显示器(DTI 3D display)的发明。

1987年,James. D. Foley 教授在具有影响力的《科学的美国》上发表了一篇题为“先进的计算机界面”(Interfaces for Advanced Computing)的文章;美国《Scientific American》杂志还发表了一篇报导数据手套的文章,这篇文章及其后在各种报刊上发表的虚拟现实技术的文章引起了人们的极大兴趣。

1989年,美国 Jarn Lanier 正式提出“Virtual Reality(虚拟现实)”一词。

## (3) 虚拟现实技术的日趋完善。

1992年,Sense8 公司开发了 WTK 开发包,为 VR 技术提供更高层次上的应用。

1994年3月在日内瓦召开的第一届 WWW 大会上,首次正式提出了 VRML 这个名字。后来又出现了大量的 VR 建模语言,如: X3D、Java3D 等。

1994年,Burdea G 和 Coiffet 出版了虚拟现实技术一书,在书中他用 3I(Imagination、Interaction、Immersion)概括 VR 的三个基本特征。

进入 20 世纪 90 年代,迅速发展的计算机软件、硬件系统使得基于大型数据集合的声音和图像的实时动画制作成为可能,越来越多的新颖、实用的输入输出设备相继进入市场,而人机交互系统的设计也在不断创新,这些都为虚拟现实系统的发展打下了良好的基础。其



中,利用虚拟现实技术设计波音 777 获得成功,是近几年来又一件引起科技界瞩目的伟大成果。

我国最早开展此项技术试验的是西安虚拟现实工程技术研究中心;北京航空航天大学计算机系也是国内最早研究 VR 的单位之一,它在 VR 视觉接口方面获得了一部分研究成果;北京大学设计了基于 PC 机的 VR 系统;清华大学国家光盘工程研究中心所作的“布达拉宫”,采用了 QuickTime 技术,实现大全景 VR 制作;浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室开发了一套桌面型虚拟建筑环境实时漫游系统;哈尔滨工业大学计算机系已经成功地合成了人的高级行为中的特定人脸图像,解决了表情的合成和唇动合成技术问题,并正在研究人说话时手势和头势的动作、语音和语调的同步等;西安交通大学信息工程研究所对 VR 中的关键技术——立体显示技术进行了研究;中国科技开发院威海分院研究了视觉接口技术,完成了 VR 中的体视图及软件接口;北方工业大学 CAD 中心是我国最早开展计算机动画研究的单位之一,完成了通讯图像显示系统的多媒体平台及相关音频资料库,并且中国第一部完全用计算机动画技术制作的科教片《相似》就出自该中心;上海大学 CIMS 中心开发了一套基于 IRIX 的虚拟科技园区环境实时漫游系统;哈尔滨工程大学虚拟现实与医学图像处理实验室通过近 10 年的研究完成了桌面式虚拟校园、虚拟呼兰区、虚拟汽车驾驶和 3D 游戏特效技术的研究;另外,上海交通大学图像处理模式识别研究所、长沙国防科技大学计算机研究所、华东船舶工业学院计算机系、安徽大学电子工程与住处科学系等单位也进行了一些研究工作和尝试。

资料显示,虚拟现实从其萌芽到今天的日渐成熟已经走过了相当长的一段风雨历程。随着计算机技术和网络技术的飞速发展,计算机 3D 运算能力和网络带宽大大提高,虚拟现实在生产生活中的应用日益广泛,已逐渐应用到了航空、军事、医学、教育、工程设计和商业经营等各个领域。

不过,以上这些应用给用户的感觉并不真实,它只能被看做虚拟现实技术的初步应用。随着现代科学技术的发展,数字化的有着真正三维身体的“人”或物在虚拟的三维场景中出现,现实生活中的人可以在一个虚拟的三维的“真实”世界中变成另一个“人”,可做出真正动作,真正与他人“交谈”、“接触”。

### 1.1.3 虚拟现实系统的构成

因此,与过去只能在计算机旁等待计算机的处理结果,只能通过键盘和鼠标与计算机发生交互作用,只能从一些数值结果得到某些启发相比,虚拟现实技术提供了一个十分理想的人机界面。

一个典型的虚拟现实系统主要包括六个模块,如图 1.2 所示,各模块的功能如下。

**检测模块:**检测用户的操作命令并通过传感器模块作用于虚拟环境。

**反馈模块:**接受来自传感器模块的信息,为用户提供实时反馈。

**传感器模块:**一方面接受来自用户的命令,并将其作用于虚拟环境;另一方面将操作后产生的结果以各种反馈的形式提供给用户。

**控制模块:**对传感器进行控制,使用户、虚拟环境和现实产生作用。

**3D 模型库:**现实世界的三维表示,并构成对应的虚拟环境。

**建模模块:**获取现实世界的三维数据,并建立它们的三维模型。

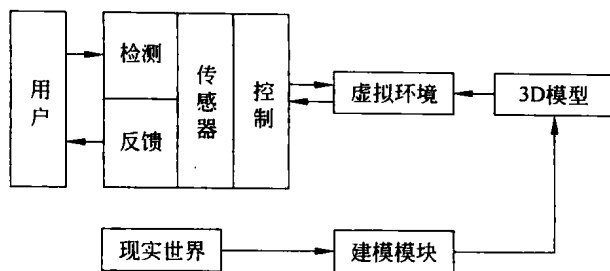


图 1.2 虚拟现实系统的组成

其中传感器模块中包含多种 VR 传感装置。

视觉：头盔式立体显示器。例如 VPL 公司的 Eyephone，它可以分为透过型和非透过型两种。

听觉：三维音响输出装置、定位装置。

检测手动(包括位置)：数据手套(Data Glove)，如 DHM、DeXterous Handmaster(精密型 DG)和 Cyberglove(手指露出型数据手套等)。

力反馈：触觉传感器、Grove 系列手爪等。

身体运动：数据衣(Data Suit)等。

还有语音识别、合成，眼球运动检测等。

## 1.2 虚拟现实的应用

虚拟现实技术已经发展了很多年，虚拟现实涉及的应用领域也越来越广泛，最初是用于军事仿真，近年来在城市规划、室内设计、文物保护、交通模拟、虚拟现实游戏、工业设计和远程教育等方面都取得了巨大的发展，这是不可逆转的趋势，并且运用会更加广泛。因为虚拟现实技术的特点，它可以渗透到我们工作和生活的每个角落，所以虚拟现实技术对人类社会的意义是非常大的。正因为如此，它和其他很多信息技术一样，当信息技术领域的专家还未把它的理论和技术探讨得十分清楚时，它已渗透到科学、技术、工程、医学、文化和娱乐等各个领域了，受到各个领域人们的极大关注。

VR 应用极为广泛，Helsel 与 Doherty 对世界范围内进行的 805 项 VR 研究项目作了统计，结果表明：目前在娱乐、教育及艺术方面的应用占主流，达 21.4%；其次是军事与航空方面达 12.7%，医学方面达 6.13%，机器人方面占 6.21%，商业方面占 4.96%；另外在可视化计算、制造业等方面也有相当的比重。

### 1.2.1 军事

战争具有很强的实践性特点，指战员的指挥艺术和作战能力，都需要在一定的战争环境中得到锻炼和提高。战争年代，这种能力可以通过真正的战争实践得以积累，但这种实践是不可重演、不可试验的，其代价也十分高昂；因此，即使在战争年代，非战时的训练也成为决胜的关键，指导训练的标准就是战争实践本身。和平时期，军事演习是一种普遍的训练方法，驾驭战争实践的能力是通过各种作战样式的试验来积累和提高。由于缺少实际战争的