

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



# 虚拟现实与增强现实 技术概论

娄岩 主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

# 虚拟现实与增强现实 技术概论

娄岩 主编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

虚拟现实技术(VR)和增强现实技术(AR)在我们生活中的应用越来越广泛,在教育界的应用更是意义显著,对提高教学效率和学生学习效果尤为重要,大学生需要成为虚拟现实技术的应用者与受益者。但当今真正懂得和了解 VR 与 AR 的人并不多,为改变这种不协调的现象,我们编写了《虚拟现实与增强现实技术概论》一书。

本书通篇贯彻概念清晰、要点突出、说明细致透彻、以大量的典型案例贯穿其中的写作主旨。此外为了便于读者学习,对书中涉猎的晦涩难懂的专业词汇全部进行了详细的注释,使读者能够由浅入深地认识和掌握虚拟现实及增强现实技术,从而促进该技术的普及与应用。

全书分为 12 章。第 1 章为虚拟现实技术概论,第 2 章为虚拟现实系统的输入设备,第 3 章为虚拟现实系统的输出设备,第 4 章为虚拟现实的计算体系结构,第 5 章为虚拟现实系统的核心技术,第 6 章为三维全景技术,第 7 章为虚拟现实技术的应用,第 8 章为虚拟现实技术的相关软件,第 9 章为三维建模工具 3ds Max,第 10 章为三维开发工具 Unity 3D,第 11 章为虚拟实验室概述,第 12 章为增强现实技术。本书可作为高等院校基础教学用书,也可作为虚拟技术应用研究用书,还可作为虚拟技术爱好者的参考用书,本书配套的《虚拟现实与增强现实技术概论实验指导与习题集》将一同出版。

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

虚拟现实与增强现实技术概论/娄岩主编.--北京:清华大学出版社,2016(2016.11重印)

21世纪高等学校规划教材.计算机科学与技术

ISBN 978-7-302-44480-0

I. ①虚… II. ①娄… III. ①虚拟现实—高等学校—教材 IV. ①TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 171544 号

责任编辑:贾斌 薛阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:胡伟民

责任印制:沈露

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 装 者:三河市少明印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16.25 字 数:405千字

版 次:2016年7月第1版 印 次:2016年11月第2次印刷

印 数:2501~4500

定 价:34.50元

# 本书编委会

主 编：娄 岩

副 主 编：李 静 刘尚辉

编委成员：郑琳琳 庞东兴 刘 佳

丁 林 徐东雨 马 瑾

郑 璐 曹 鹏 郭婷婷

近年来,随着虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术的快速发展,其在很多领域显示出了开创性的引领作用,同时也展露出了巨大的应用价值。在教育界中的应用潜力已经得到广泛的认同,教育的发展需要虚拟现实技术,虚拟现实技术的应用提高了教学效率和学习效果。对现代大学生来说,缺乏虚拟现实知识就如同不懂互联网一样,影响其学习与生活,也是其知识结构的一种欠缺,大学生需要成为虚拟现实技术的应用者与受益者。通过虚拟现实技术的学习,使学生掌握一种适应这个时代的必备理论与新技能,从而纵横驰骋于迅猛发展的科技新世界。VR利用计算机模拟产生一个三维空间的虚拟世界,提供给用户关于视觉、听觉、触觉等感官的反映。随着虚拟技术的普及应用,增强现实(Augmented Reality, AR)更像一匹闯入人们生活中的黑马,格外引人注目,它是基于虚拟现实技术而发展起来的一门新技术,是计算机系统提供给用户对现实世界感知的技术,是将虚拟的信息应用到真实世界的技术。

本书的一个亮点是既介绍了虚拟现实技术,也概括了增强现实技术,并且从操作应用的角度引导读者学会三维建模工具的使用,使读者既具备基本理论知识又有实际操作能力,成为虚拟现实技术的掌握者和应用者。VR和AR技术纵然重要,但更重要的是各个领域的技术人员在该领域的参与及专业技术的融合,使其达到在众多领域的推广应用,体现出其更大的价值。

VR和AR是以计算机技术为主的多种学科技术的融合,是人类发展史上的一场技术创新,为了适应这一新形势,我们编写了《虚拟现实与增强现实技术概论》一书。

本书突出了以下特点。

(1) 从VR和AR技术自身的本质和应用出发,由浅入深、循序渐进地介绍了其理论基础和技术使用方法,强调知识的系统性、实用性,全书图文并茂,每章配有详尽的名词注释,突出了助学、易学、易理解的特点。

(2) 理论与实践操作兼顾,使读者在理论知识与实践操作技能上同时得到训练提高,强化虚拟建模操作及模型导入、发布等应用实践锻炼,书上全部操作在机器上进行了检验通过。

(3) 为了巩固读者对书中知识的理解和掌握,本书配有实验指导与习题集一同出版,给出了进一步的操作指导和大量习题,强化读者对知识的理解和运用,同时也是对读者学习成果的检验。

全书在内容上分为12章。第1章虚拟现实技术概论,由娄岩编写;第2章虚拟现实系统的输入设备,由郑琳琳编写;第3章虚拟现实系统的输出设备,由庞东兴编写;第4章虚拟现实的计算体系结构,由刘佳编写;第5章虚拟现实系统的核心技术,由丁林编写;第6章三维全景技术,由徐东雨编写;第7章虚拟现实技术的应用,由马瑾编写;第8章虚拟现实技术的相关软件,由李静编写;第9章三维建模工具3ds Max,由郑璐编写;第10章三维

开发工具 Unity 3D,由曹鹏编写;第 11 章虚拟实验室概述,由刘尚辉编写;第 12 章增强现实技术,由郭婷婷编写。

本书的一些观点和依据来自书后列出的参考文献,在此对这些文献的作者所做出的成绩和贡献表示崇高的敬意和深深的感谢!本书可作为高等院校基础教学用书,也可作为从事 VR 和 AR 应用研究者的用书,还可作为 VR 和 AR 爱好者的参考用书。由于 VR 和 AR 技术的不断发展及我们掌握技术的有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

娄 岩

2016 年 4 月

# 目 录

<b>第 1 章 虚拟现实技术概论</b> .....	1
1.1 虚拟现实技术的基本概念 .....	1
1.1.1 虚拟现实技术定义 .....	2
1.1.2 虚拟现实技术的特性 .....	3
1.1.3 虚拟现实系统的组成 .....	3
1.1.4 虚拟现实的关键技术 .....	5
1.2 虚拟现实系统的分类 .....	6
1.2.1 沉浸式虚拟现实系统 .....	7
1.2.2 增强虚拟现实系统 .....	8
1.2.3 桌面式虚拟现实系统 .....	8
1.2.4 分布式虚拟现实系统 .....	9
1.3 虚拟现实技术的主要研究对象 .....	10
1.4 虚拟现实技术的应用 .....	11
1.5 虚拟现实技术的发展和现状 .....	13
1.5.1 虚拟现实技术发展历程 .....	13
1.5.2 虚拟现实技术研究现状 .....	14
1.5.3 虚拟现实技术的发展趋势 .....	15
本章小结 .....	16
<b>第 2 章 虚拟现实系统的输入设备</b> .....	18
2.1 三维位置跟踪器 .....	18
2.1.1 跟踪器的性能参数 .....	20
2.1.2 机械跟踪器 .....	21
2.1.3 电磁跟踪器 .....	22
2.1.4 超声波跟踪器 .....	23
2.1.5 光学跟踪器 .....	25
2.1.6 惯性跟踪器 .....	26
2.1.7 GPS 跟踪器 .....	27
2.1.8 混合跟踪器 .....	28
2.2 虚拟现实系统的交互接口 .....	29
2.2.1 手势接口 .....	29
2.2.2 三维鼠标 .....	31

2.2.3 数据衣 .....	32
本章小结 .....	32
<b>第3章 虚拟现实系统的输出设备 .....</b>	<b>34</b>
3.1 图形显示设备 .....	34
3.1.1 人类视觉系统 .....	35
3.1.2 头盔显示器 .....	36
3.1.3 沉浸式立体投影系统 .....	39
3.1.4 立体眼镜 .....	42
3.2 声音显示设备 .....	43
3.2.1 三维声音 .....	43
3.2.2 人类的听觉系统 .....	44
3.2.3 基于 HRTF 的三维声音 .....	46
3.2.4 基于扬声器的三维声音 .....	47
3.3 触觉反馈 .....	48
3.3.1 人类的触觉系统 .....	48
3.3.2 触觉反馈接口 .....	49
3.3.3 力反馈接口 .....	52
本章小结 .....	54
<b>第4章 虚拟现实的计算体系结构 .....</b>	<b>56</b>
4.1 绘制流水线 .....	57
4.1.1 图形绘制流水线 .....	58
4.1.2 触觉绘制流水线 .....	62
4.2 图形体系结构 .....	63
4.2.1 基于 PC 的图形体系结构 .....	63
4.2.2 基于工作站的体系结构 .....	65
4.3 分布式虚拟现实体系结构 .....	66
4.3.1 多流水线同步 .....	66
4.3.2 联合定位绘制流水线 .....	68
4.3.3 分布式虚拟环境 .....	70
本章小结 .....	74
<b>第5章 虚拟现实系统的核心技术 .....</b>	<b>76</b>
5.1 三维建模技术 .....	76
5.1.1 几何建模技术 .....	77
5.1.2 物理建模技术 .....	78
5.1.3 行为建模技术 .....	79
5.2 立体显示技术 .....	80



5.2.1	双目视差显示技术 .....	80
5.2.2	全息技术 .....	82
5.3	真实感实时绘制技术 .....	83
5.3.1	真实感绘制技术 .....	83
5.3.2	图形实时绘制技术 .....	84
5.4	三维虚拟声音的实现技术 .....	85
5.5	人机交互技术 .....	86
5.5.1	手势识别技术 .....	86
5.5.2	面部表情识别技术 .....	87
5.5.3	眼动跟踪技术 .....	88
5.5.4	语音识别技术 .....	88
5.6	碰撞检测技术 .....	89
	本章小结 .....	90
<b>第 6 章</b>	<b>三维全景技术 .....</b>	<b>92</b>
6.1	三维全景概述 .....	92
6.1.1	三维全景的分类 .....	93
6.1.2	三维全景特点 .....	95
6.1.3	三维全景的应用领域 .....	96
6.2	全景照片的拍摄硬件 .....	100
6.2.1	硬件设备 .....	100
6.2.2	硬件配置方案 .....	103
6.3	全景照片的拍摄技巧 .....	103
6.4	三维全景的软件实现方法 .....	105
6.4.1	常见的三维全景软件 .....	105
6.4.2	三维全景图的软件实现 .....	106
	本章小结 .....	107
<b>第 7 章</b>	<b>虚拟现实技术的应用 .....</b>	<b>109</b>
7.1	虚拟现实技术的早期应用 .....	109
7.1.1	虚拟现实技术应用的起源 .....	109
7.1.2	虚拟现实技术早期应用领域 .....	110
7.2	虚拟现实技术的现代应用 .....	110
7.2.1	虚拟游戏应用 .....	110
7.2.2	虚拟医疗保健应用 .....	113
7.2.3	虚拟工程制造业应用 .....	116
7.2.4	虚拟城市规划应用 .....	117
7.2.5	虚拟军事应用 .....	119
7.2.6	虚拟娱乐与社交网络应用 .....	120

7.2.7	虚拟商业应用	123
7.2.8	虚拟教育应用	125
7.3	虚拟现实技术应用的未来发展	126
	本章小结	126
<b>第8章</b>	<b>虚拟现实技术的相关软件</b>	<b>128</b>
8.1	三维建模软件	128
8.1.1	3ds Max	129
8.1.2	Maya	129
8.1.3	Autodesk 123D	131
8.1.4	Blender	133
8.2	虚拟现实开发平台	135
8.2.1	Unity 3D	136
8.2.2	Virtools	136
8.2.3	VRP	137
8.3	Web3D 技术	139
8.3.1	Web3D 的实现技术	140
8.3.2	Web3D 的产品和技术解决方案	140
	本章小结	142
<b>第9章</b>	<b>三维建模工具 3ds Max</b>	<b>145</b>
9.1	基本操作	145
9.1.1	软件启动与退出	145
9.1.2	文件的打开与保存	146
9.1.3	工作界面布局	146
9.1.4	视图区常用操作	150
9.1.5	主工具栏常用工具	151
9.2	基础建模	155
9.2.1	内置几何体建模	155
9.2.2	以样条线为基础建模	159
9.2.3	常用复合建模	162
9.3	材质与贴图	164
9.3.1	精简材质编辑器	165
9.3.2	贴图类型	166
9.3.3	贴图坐标	168
9.4	摄影机与灯光	168
9.4.1	摄影机简介	168
9.4.2	灯光简介	169
9.5	动画生成的基本流程	170

本章小结 .....	171
<b>第 10 章 三维开发工具 Unity 3D .....</b>	<b>172</b>
10.1 Unity 3D 简介 .....	172
10.2 Unity 3D 入门及功能介绍 .....	174
10.2.1 Unity 3D 的版本 .....	174
10.2.2 Unity 3D 的安装 .....	174
10.2.3 Unity 3D 界面及菜单介绍 .....	175
10.3 第一个 Unity 3D 程序 Hello Cube .....	175
10.4 调试程序 .....	179
10.4.1 显示 Log .....	179
10.4.2 设置断点 .....	180
10.5 光影 .....	181
10.5.1 光源类型 .....	181
10.5.2 环境光与雾 .....	183
10.6 地形 .....	183
10.7 天空盒 .....	186
10.8 物理引擎 .....	188
10.9 动画系统 .....	190
10.10 外部资源应用 .....	193
10.10.1 贴图 .....	194
10.10.2 3ds Max 静态模型导出 .....	194
10.10.3 3ds Max 动画导出 .....	196
本章小结 .....	197
<b>第 11 章 虚拟实验室概述 .....</b>	<b>198</b>
11.1 虚拟实验室简介 .....	198
11.1.1 虚拟实验室定义 .....	198
11.1.2 虚拟实验室案例 .....	199
11.1.3 虚拟实验室的基本组成 .....	202
11.1.4 虚拟实验室的基本功能 .....	204
11.1.5 虚拟实验室的主要特点 .....	204
11.1.6 虚拟实验室的类型 .....	206
11.2 虚拟实验室的国内外发展状况 .....	208
11.2.1 国外虚拟实验室发展状况 .....	208
11.2.2 国内虚拟实验室发展状况 .....	209
11.3 虚拟实验室建设设计 .....	210
本章小结 .....	213

<b>第 12 章 增强现实技术</b> .....	214
12.1 增强现实技术概述 .....	214
12.1.1 增强现实技术 .....	215
12.1.2 国内外发展状况 .....	217
12.1.3 增强现实系统的基本结构 .....	218
12.1.4 增强现实与虚拟现实的联系与区别 .....	219
12.2 增强现实核心技术 .....	220
12.2.1 显示技术 .....	220
12.2.2 三维注册技术 .....	223
12.2.3 标定技术 .....	224
12.3 移动增强现实技术 .....	225
12.3.1 移动增强现实 .....	225
12.3.2 移动增强现实体系构架 .....	226
12.3.3 移动增强现实的核心技术 .....	227
12.3.4 移动增强现实技术的应用 .....	228
12.3.5 移动增强现实技术发展方向 .....	228
12.4 增强现实的开发工具 .....	229
12.4.1 ARToolKit 简介 .....	229
12.4.2 Vuforia 简介 .....	230
12.4.3 增强现实其他开发工具 .....	232
12.5 增强现实的主要应用领域 .....	233
12.5.1 娱乐领域 .....	233
12.5.2 教育领域 .....	234
12.5.3 产品装配、检验与维修领域 .....	235
12.5.4 军事领域 .....	236
12.5.5 医疗诊断领域 .....	236
12.5.6 其他领域 .....	237
12.6 增强现实技术未来发展趋势 .....	237
本章小结 .....	241
<b>参考文献</b> .....	242

# 虚拟现实技术概论

## 导学

### 1. 内容与要求

本章主要介绍虚拟现实的基本概念,虚拟现实系统的分类,虚拟现实技术的主要研究对象,虚拟现实的核心技术,虚拟现实技术的主要应用领域及虚拟现实的发展和现状。

虚拟现实技术的基本概念中要求掌握虚拟现实的定义,虚拟现实技术的特性,虚拟现实系统的组成及虚拟现实的关键技术。

虚拟现实的分类中要求掌握虚拟现实系统的 4 种不同类型。

虚拟现实的主要研究对象中要求了解 6 个基本问题。

虚拟现实的核心技术中要求了解 5 个核心技术。

虚拟现实的应用与发展现状中要求了解虚拟现实的应用以及其发展的状况。

### 2. 重点、难点

本章的重点是对虚拟现实定义、特性的掌握,难点是对虚拟现实系统组成的理解。

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术产生于 20 世纪 60 年代,VR 一词创始于 20 世纪 80 年代,该技术涉及计算机图形学、传感器技术学、动力学、光学、人工智能及社会心理学等研究领域,是多媒体和三维技术发展的更高境界。虚拟现实技术是一种基于可计算信息的沉浸式交互环境,是一种新的人机交互接口。具体地说,就是采用以计算机技术为核心的现代高科技生成逼真的视、听、触觉一体化的特定范围的虚拟环境(Virtual Environment, VE),用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟环境中的对象进行交互作用,相互影响,从而产生身临其境的感受和体验。

虚拟现实技术一经问世,人们就对它产生了浓厚的兴趣。虚拟现实技术不但在医学、军事、房地产、设计、考古、艺术、娱乐等诸多领域得到了越来越广泛的应用,而且还给社会带来了巨大的经济效益。因此,业内人士认为:20 世纪 80 年代是个人计算机的时代,20 世纪 90 年代是网络、多媒体的时代,而 21 世纪则将是虚拟现实技术的时代。

## 1.1 虚拟现实技术的基本概念

首先我们提出为什么要研究虚拟现实的问题,因为这个问题不搞清楚,我们就很难有意愿深入地学习这门新兴的科学。

传统的人机交互方式,即人与计算机之间的交互,是通过键盘、鼠标、显示器等工具实现

的。而虚拟现实是将计算科学处理对象统一看作一个计算机生成的空间(虚拟空间或虚拟环境),并将操作它的人看作是这个空间的一个组成部分(Man-In-The-Loop)。

人与计算机空间的对象之间的交互是通过各种先进的感知技术与显示技术(即虚拟现实技术)完成的。人可以感受到虚拟环境中的对象,虚拟环境也可以感受到人对它的各种操作(类似于人与真实世界的交互方式)。

虚拟现实的概念最早是由美国人 Jaron Lanier 提出来的。虚拟(Virtual)说明这个世界和环境是虚拟的,是人工制造出来的,是存在于计算机内部的。用户可以“进入”这个虚拟环境中,可以以自然的方式和这个环境之间进行交互。所谓交互是指在感知环境和干预环境中,可让用户产生置身于相应的真实环境中的虚幻感、沉浸感,即身临其境的感觉。

虚拟环境系统包括操作者、人机接口和计算机。为了解人机接口性质的改变,虚拟现实意义下的人机交互接口至少可以给出 3 种区别以往的地方。

(1) 人机接口的内容。计算机提供“环境”,不是数据和信息,这改变了人机接口的内容。

(2) 人机接口的形式。操作者由视觉、力觉感知环境,由自然的动作操作环境,而不是由显示器、键盘、鼠标和计算机交互,这改变了人机接口的形式。

(3) 人机接口的效果。逼真的感知和自然力的动作,使人产生身临其境的感觉。虚拟现实的主要目的是实现自然人机交互,即实现一种逼真的视、听、触觉一体化的计算机生成环境,这改变了人机接口的效果。

虚拟现实的主要实现方法是借助必要的装备,实现人与虚拟环境之间的信息转换,最终实现人与环境之间的自然交互与作用。在阐述了什么是虚拟现实技术的基础上,我们将进一步给出它的定义。通常虚拟现实的定义分为狭义和广义两种。

### 1.1.1 虚拟现实技术定义

#### 1. 狭义的定义

把虚拟现实看成一种具有人机交互特征的人机界面(人机交互方式),即可以称之为“自然人机界面”。在此环境中,用户看到的是全彩色主体景象,听到的是虚拟环境中的音响,手(或)脚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。意思是像感受真实世界一样的(自然的)方式来感受计算机生成的虚拟世界,具有和相应真实世界里一样的感觉。这里,计算机世界既可以是超越我们所处时空之外的虚构环境,也可以是一种对现实世界的仿真(强调是由计算机生成的,能让人有身临其境感觉的虚拟图形界面)。

#### 2. 广义的定义

把虚拟现实看成对虚拟想象(三维可视化)或真实三维世界的模拟。对某个特定环境真实再现后,用户通过接受和响应模拟环境的各种感官刺激,与其中虚拟的人及事物进行交互,使用户有身临其境的感觉。

如果不限定真实三维世界(如视觉、听觉等都是三维的),那些没有三维图形的世界,若模拟了真实世界的某些特征,如网络上的聊天室、MUD 等,也可称作虚拟世界、虚拟现实。

### 1.1.2 虚拟现实技术的特性

虚拟现实是计算机与用户之间的一种更为理想化的人机界面形式。与传统计算机接口相比,虚拟现实系统具有3个重要特征:沉浸感(Immersion)、交互性(Interaction)和想象力(Imagination)。任何虚拟现实系统都可以用3个“I”来描述其特征。其中沉浸感与交互性是决定一个系统是否属于虚拟现实系统的关键特征。VR技术的三角形如图1.1所示。

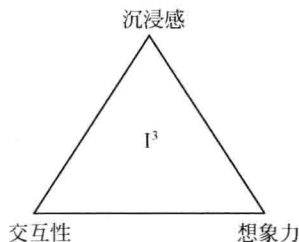


图 1.1 VR 技术的 3I 特性：  
交互-沉浸-想象

#### 1. 沉浸感

沉浸感又称临场感。虚拟现实技术是根据人类的视觉、听觉的生理心理特点,由计算机产生逼真的三维立体图像,使用者通过头盔显示器(Head Mounted Display)、数据手套(Data Glove)或数据衣(Data Suit)等交互设备,便可将自己置身于虚拟环境中,成为虚拟环境中的一员。使用者与虚拟环境中的各种对象的相互作用,就如同在现实世界中的一样。当使用者移动头部时,虚拟环境中的图像也实时地跟随变化,物体可以随着手势移动而运动,使用者还可听到三维仿真声音。使用者在虚拟环境中,一切感觉都非常逼真,有种身临其境的感觉。由图 1.1 可以看出,沉浸感是虚拟现实最终实现的目标,其他两者是实现这一目标的基础,三者之间是过程和结果的关系。

#### 2. 交互性

虚拟现实系统中的人机交互是一种近乎自然的交互,使用者不仅可以利用计算机键盘、鼠标进行交互,而且能够通过特殊头盔、数据手套等传感设备进行交互。计算机能根据使用者的头、手、眼、语言及身体的运动,来调整系统呈现的图像及声音。使用者可通过自身的语言、身体运动或动作等自然技能,对虚拟环境中的任何对象进行观察或操作。

#### 3. 想象力

由于虚拟现实系统中装有视、听、触、动觉的传感及反应装置,因此,使用者在虚拟环境中可获得视觉、听觉、触觉、动觉等多种感知,从而达到身临其境的感受。

虚拟现实是一种高端人机接口,包括视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉等多感觉通道的实时模拟和交互。虚拟现实的四要素包括:虚拟世界、沉浸(身体和精神沉浸)、感觉反馈和交互性。

### 1.1.3 虚拟现实系统的组成

具有3“I”特性的虚拟现实系统,其基本组成主要包括观察者、传感器、效果产生器及实景仿真器,如图1.2所示。

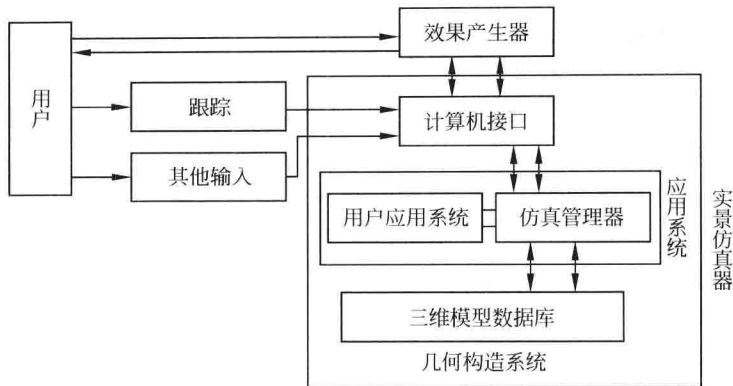


图 1.2 虚拟现实系统的基本组成

### 1. 效果产生器

效果产生器(Effects Generator)完成人与虚拟境界硬件交互的接口装置,包括能产生沉浸感的各类输出装置以及能测定视线方向和手指动作的输入装置。输入设备是虚拟现实系统的输入接口,其功能是检测用户输入信号,并通过传感器输入到计算机。基于不同的功能和目的,输入设备的类型也有所不同,以解决多个感觉通道的交互;输出设备是虚拟现实系统的输出接口,是对输入的反馈,其功能是由计算机生产信息通过传感器发送给输出设备。

### 2. 实景仿真器

实景仿真器(Visual Emulator)是虚拟现实系统的核心部分,是VR的引擎,由计算机软件、硬件系统、软件配套硬件(如图形加速卡和声卡等)组成,接收(发出)效果产生器所产生(接受)的信号。

实景仿真器负责从输入设备中读取数据、访问与任务相关的数据库,执行任务要求的实时计算,从而更新虚拟世界的状态,并把结果反馈给输出显示设备。其软件系统是实现技术应用的关键,提供工具包和场景图,主要完成虚拟世界中对象的几何模型、物理模型、行为模型的建立和管理,三维立体声的生成、三维场景的实时渲染,数据库的建立和管理等。数据库用来存放整个虚拟世界中所有对象模型的相关信息。在虚拟世界中,场景需要实时绘制,大量的虚拟对象需要保存、调用和更新,所以需要数据库对对象模型进行分类管理。

### 3. 应用系统

应用系统(Application)是面向具体问题的软件部分,用以描述仿真的具体内容,包括仿真的动态逻辑、结构及仿真对象之间和仿真对象与用户之间的交互关系。应用系统的内容直接取决于虚拟现实系统的应用目的。

### 4. 几何构造系统

几何构造系统(Geometrical Structural System)提供了描述仿真对象物理特性(外形、



颜色、位置)的信息。然后,虚拟现实系统中的应用系统在生成虚拟境界时,要使用和处理这些信息。

值得注意的是,不同类型的虚拟现实系统采用的设备是不一样的。如沉浸式系统,其主要设备包括个人计算机(PC)、头盔显示器、数据手套和头部跟踪器、屏幕、三维立体声音设备。实景仿真器用于完成虚拟世界的产生和处理功能;输入设备将用户输入的信息传递给虚拟现实系统,并允许用户在虚拟环境中改变自己的位置、视线方向和视野,也允许改变虚拟环境中虚拟物体的位置和方向;而输出设备是由虚拟系统把虚拟环境综合产生的各种感官信息输出给用户,使用户产生一种身临其境的逼真感。

### 1.1.4 虚拟现实的关键技术

从本质上说,虚拟现实就是一种先进的计算机用户接口,它通过同时给用户提提供诸如视觉、听觉、触觉等各种直观而又自然的实时感知交互手段,最大限度地方便用户的操作,从而减轻用户的负担,提高整个系统的工作效率。实物虚化、虚物实化和高性能计算处理技术是VR技术的3个主要方面。

#### 1. 实物虚化

如何将真实世界中的物(特别是人)与事件(特别是人的动作)传入虚拟环境中,是一个感知的问题。网络技术是通过分布式结构来解决让多个用户(特别是不在同一地理位置的多个用户)可以共同参与到同一个虚拟环境中这一问题的。

实物虚化(Physical Object Visualization)是现实世界空间向多维信息化空间的一种映射,主要包括基本模型构建、空间跟踪、声音定位、视觉跟踪和视点感应等关键技术,这些技术使得真实感虚拟世界的生成、虚拟环境对用户操作的检测和操作数据的获取成为可能。

#### 2. 虚物实化

虚物实化(Virtual Object Materialization)要解决的是显示(输出)问题,即如何根据虚拟环境生成人可直接感受到的真实信号(声、光、电),也是确保用户从虚拟环境中获取同真实环境中一样或相似的视觉、听觉、力觉和触觉等感官认知的关键技术。能否让参与者产生沉浸感的关键因素除了视觉和听觉感知外,还有用户在操纵虚拟物体的同时,能否感受到虚拟物体的反作用力,从而产生触觉和力觉感知。力觉感知主要由计算机通过力反馈手套、力反馈操纵杆对手指产生运动阻尼从而使用户感受到作用力的方向和大小。触觉反馈主要是基于视觉、气压感、振动触感、电子触感和神经、肌肉模拟等方法来实现的,如图1.3所示。

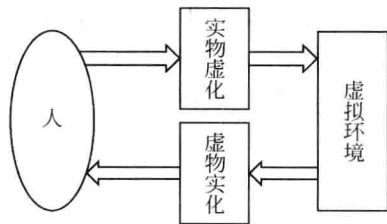


图 1.3 实物虚化与虚物实化

#### 3. 高性能计算处理技术

虚拟现实主要基于以下几种技术实现。

(1) 基本模型构建技术:它是应用计算机技术生成虚拟世界的基础,它将真实世界的