



# 虚拟现实

VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY AND APPLICATIONS



# 技术与应用

王贤坤 编著



清华大学出版社

# 虚拟现实技术与应用

王贤坤 编著



清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是结合制造业工科类专业和电子商务类专业读者的特点与需求编写而成的。在内容上注重系统性、新颖性和先进性；在表述上注重通俗易懂、循序渐进；在虚拟现实应用开发软件选择上，着重考虑软件的先进性、成熟性和领域应用的广泛性，以满足不同起点和不同层次读者的需求。

全书共8章。第1章为虚拟现实技术概述，第2章介绍了虚拟现实系统的硬件设备，第3章介绍了虚拟现实系统的关键技术，第4章介绍了虚拟现实系统软件，第5章介绍了全景摄影和全息投影技术，第6章介绍了增强现实技术，第7章介绍了Cult3D软件与应用，第8章介绍了EON Studio软件与应用。

本书可作为高等院校制造业工科类、电子商务类专业的计算机辅助技术的教学用书，也可作为其他专业领域的虚拟现实技术爱好者的学习参考用书。

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

虚拟现实技术与应用 / 王贤坤 编著. —北京：清华大学出版社，2018  
ISBN 978-7-302-50635-5

I. ①虚… II. ①王… III. ①虚拟现实 IV. ①TP391.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 156484 号

责任编辑：王 定

封面设计：周晓亮

版式设计：思创景点

责任校对：牛艳敏

责任印制：丛怀宇

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)

印 装 者：三河市铭诚印务有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm

印 张：22

字 数：535千字

版 次：2018年9月第1版

印 次：2018年9月第1次印刷

定 价：68.00元

产品编号：076552-01

本书获深圳大学教材出版基金资助

# 前 言

源于科幻小说,融合光、机、电、人机工程学和信息技术(IT)及其相关技术的成果而发展起来的虚拟现实技术,如今已快速发展成新型信息技术产业。与此同时,虚拟现实技术也在各个领域得到重要的开发应用,其内涵与外延也在发展和变化着。

随着虚拟现实技术的迅速发展和广泛应用,各专业领域需要大量掌握虚拟现实技术理论知识和虚拟现实应用开发技能的人才。为此,许多专家学者编写出版了多种有关虚拟现实技术的图书,为推动我国虚拟现实技术人才的培养和促进虚拟现实技术发展做出了积极贡献。笔者在近十年来的教研实践过程中体会到制造业工科类专业(含工业设计专业)、电子商务类专业读者普遍存在软件编程基础弱等特点,有鉴于此,笔者试图面向这些专业的读者编写一本既可被用来系统学习虚拟现实概念、虚拟现实技术及其相关技术原理等理论知识,又能从中掌握几乎无须编程的开发领域虚拟现实应用技能的教学参考书。

在编写本书的过程中,笔者遵循普及与应用技能掌握的原则,注意在内容上力求严密性与系统性、新颖性与先进性;在表述上注重通俗易懂、循序渐进;在虚拟现实应用开发软件选择上,既考虑上述各专业读者的编程基础,又考虑了开发软件的先进性、专业领域应用的成熟性和广泛性。

全书共8章。第1章为虚拟现实技术概述,第2章介绍了虚拟现实系统的硬件设备,第3章介绍了虚拟现实系统的关键技术,第4章介绍了虚拟现实系统软件,第5章介绍了全景摄影和全息投影技术,第6章介绍了增强现实技术,第7章介绍了Cult3D软件与应用,第8章介绍了EON Studio软件与应用。

本书可作为高等院校制造业工科类、电子商务类专业的计算机辅助技术的教学用书,也可作为其他专业领域的虚拟现实技术爱好者的学习参考用书。若教学计划为40~50学时,建议学习第1章至第7章;若教学计划为60~70学时,建议学习第1章至第8章。

在编写本书的过程中,借鉴了国内外许多专家、学者的观点,参考引用了许多相关教材、专著、网络资料,在此向有关作者一并表示崇高的敬意和衷心的感谢。本教材得到深圳大学教材出版基金资助,谨此表示衷心感谢。

由于编者水平有限且时间仓促,书中难免有不足之处,恳请各位专家、读者批评指正。

本书学习素材下载:



王贤坤

2018年3月于鹏城

# 目 录

第1章 虚拟现实技术概述	1	2.4 触觉和力反馈设备	39
1.1 虚拟现实	1	2.4.1 触觉感知	39
1.1.1 虚拟现实的人机交互原理	1	2.4.2 几种触觉反馈设备	40
1.1.2 虚拟现实分类	2	2.5 位置跟踪设备	47
1.1.3 虚拟现实特征	3	2.5.1 位置跟踪设备概述	47
1.2 虚拟现实系统的组成与类型	3	2.5.2 几种位置跟踪设备	49
1.2.1 虚拟现实系统的组成	3	2.5.3 跟踪设备的性能比较	60
1.2.2 虚拟现实系统的类型	4	2.5.4 常见的3D位置跟踪设备	60
1.3 虚拟现实技术的发展历程	8	2.6 动作捕捉系统	64
1.3.1 探索阶段	8	2.6.1 动作捕捉系统的分类	64
1.3.2 走向实用阶段	10	2.6.2 不同动作捕捉系统间的特性比较	68
1.3.3 理论的完善和应用阶段	11	2.6.3 动作捕捉系统实际应用的 技术参数	69
1.3.4 进入产业化发展阶段	11	2.7 面部表情捕获系统	71
1.4 虚拟现实技术的应用	12	2.8 嗅觉和味觉感知设备	72
1.5 虚拟现实技术的研究方向 和现状	16	2.8.1 嗅觉感知设备	72
1.5.1 虚拟现实技术的研究方向	16	2.8.2 味觉感知设备	72
1.5.2 国外研究现状	16	2.9 其他交互设备	73
1.5.3 国内研究现状	18	2.9.1 脑机交互装置	73
1.6 虚拟现实技术的局限性与 技术瓶颈问题	19	2.9.2 体感交互设备	74
思考题	20	2.10 虚拟现实的计算设备	75
第2章 虚拟现实系统的硬件设备	21	2.10.1 高性能个人计算机与图像 加速卡	75
2.1 典型虚拟现实系统的硬件 配置	21	2.10.2 高性能图形工作站	76
2.2 虚拟现实系统的立体显示 设备	24	2.10.3 高度并行的计算机(超级 计算机)	77
2.2.1 人眼立体视觉形成原理	24	2.10.4 分布式网络计算机	78
2.2.2 视觉的感知设备	25	2.11 虚拟现实系统的系统集成 设备	78
2.3 听觉感知设备	36	2.11.1 主被动立体信号转换器	79
2.3.1 人类听觉模型	36	2.11.2 无线彩色触摸屏智能中央 控制系统	79
2.3.2 听觉感知设备特性与分类	37		

思考题	80	3.8 唇读识别技术	107
<b>第3章 虚拟现实系统的关键技术</b>	<b>81</b>	3.9 虚拟现实系统的集成技术	107
3.1 视觉信息的3D显示技术	81	3.9.1 图像边缘融合与无缝拼接技术	107
3.1.1 彩色眼镜法(分色法)	82	3.9.2 光谱分离立体成像技术	108
3.1.2 偏振光眼镜法(分光法)	83	3.9.3 图像数字几何矫正技术	109
3.1.3 串行式立体显示法(分时法,快门式)	83	思考题	110
3.1.4 分波式立体显示法	84	<b>第4章 虚拟现实系统软件</b>	<b>111</b>
3.1.5 不闪式3D显示技术	85	4.1 构建虚拟环境的三维视觉建模软件	111
3.1.6 裸眼立体显示实现技术	85	4.1.1 实物虚化的3D视觉建模软件	111
3.1.7 全息摄影技术	87	4.1.2 虚构的虚拟环境的3D视觉建模软件	112
3.2 虚拟现实系统中的虚拟环境建模技术	87	4.1.3 3ds Max 建模软件	114
3.2.1 几何建模技术	88	4.1.4 Multigen Creator 建模平台	115
3.2.2 物理建模技术	90	4.2 虚拟现实开发软件	117
3.2.3 行为建模技术	90	4.2.1 虚拟世界工具箱 WTK	117
3.2.4 听觉的建模技术	91	4.2.2 虚拟现实软件平台介绍	118
3.2.5 气味的数字化技术	92	4.3 基于Web的3D建模技术平台	120
3.2.6 味觉的体验技术	93	4.3.1 Web3D的起源	120
3.3 真实感实时绘制技术	93	4.3.2 Web3D的发展	120
3.3.1 真实感绘制技术	93	4.3.3 Web3D的应用	121
3.3.2 基于几何图形的实时绘制技术	94	4.3.4 Web3D的典型开发技术	121
3.3.3 基于图像的实时绘制技术	97	4.3.5 Web3D的未来	126
3.4 3D虚拟声音的实现技术	98	思考题	127
3.4.1 3D虚拟声音的概念与作用	98	<b>第5章 全景摄影和全息投影技术</b>	<b>128</b>
3.4.2 3D虚拟声音的特征	99	5.1 全景摄影技术概述	128
3.4.3 语音识别技术	99	5.1.1 全景摄影技术的分类	129
3.4.4 语音合成技术	100	5.1.2 全景摄影的发展前景	129
3.5 人机自然交互与传感技术	100	5.2 全景摄影硬件要求	130
3.5.1 人机交互的经历	100	5.2.1 全景摄影器材的认识	130
3.5.2 手势识别技术	102	5.2.2 相机的节点位置	132
3.5.3 面部表情识别技术	102	5.2.3 有变焦数码单反相机的配置	134
3.5.4 眼动跟踪技术	103	5.2.4 无变焦数码单反相机的配置	135
3.5.5 触觉(力觉)反馈传感技术	104		
3.6 实时碰撞检测技术	104		
3.6.1 碰撞检测的要求	105		
3.6.2 碰撞检测的实现方法	105		
3.7 脑机交互技术	106		

5.2.5 胶片单反机的配置 .....	135	6.4 增强现实技术应用领域 .....	170
5.3 对象全景图制作软件 .....	135	6.5 增强现实系统的软件平台 .....	172
5.4 全景图拼接算法 .....	139	6.5.1 增强现实软件 .....	173
5.5 全息投影技术 .....	144	6.5.2 EasyAR 应用 .....	175
5.5.1 基本概念 .....	144	6.6 增强现实系统的硬件 .....	177
5.5.2 发展历史 .....	145	6.7 增强现实应用开发案例 .....	183
5.5.3 全息投影的技术原理 .....	146	6.7.1 基于 ARToolKit 编写 AR 应用程序 .....	183
5.6 伪全息、伪立体投影(幻影 成像) .....	149	6.7.2 样例程序分析 .....	184
5.6.1 伪全息、伪立体投影(幻影 成像)原理 .....	150	6.7.3 应用自己设计的模板图案标 识的 AR 应用程序开发 .....	188
5.6.2 全息摄影技术设备 .....	152	思考题 .....	191
5.7 其他全息技术 .....	154	<b>第 7 章 Cult3D 软件与应用</b> .....	<b>192</b>
思考题 .....	154	7.1 Cult3D 概述 .....	192
<b>第 6 章 增强现实技术</b> .....	<b>155</b>	7.1.1 Cult3D 的特点、授权与 组成 .....	192
6.1 概述 .....	155	7.1.2 Cult3D Designer 5.3 主界面 窗口简介 .....	193
6.1.1 技术原理与特征 .....	155	7.1.3 基于 Cult3D 的虚拟现实 模型的开发流程 .....	198
6.1.2 增强现实、混合现实、虚拟 现实三者间的关系 .....	156	7.2 基于 Cult3D 的物体虚拟现 实模型的开发实例 .....	202
6.1.3 VR、AR、MR 之间的 区别 .....	158	7.2.1 虚拟对象的三维展示 .....	202
6.2 增强现实系统的组成形式 .....	159	7.2.2 Cult3D 的综合应用 .....	210
6.2.1 基于台式显示器的增强现实 系统 .....	160	思考题 .....	225
6.2.2 光学透视式增强现实系统 .....	161	<b>第 8 章 EON Studio 软件与应用</b> .....	<b>226</b>
6.2.3 视频透视式增强现实系统 .....	161	8.1 EON Studio 安装 .....	226
6.2.4 基于手持显示器的增强 现实系统 .....	161	8.1.1 系统基本配置需求 .....	226
6.2.5 基于投影显示器的增强 现实系统 .....	162	8.1.2 安装过程 .....	227
6.3 增强现实系统的关键技术 .....	162	8.2 基本概念 .....	229
6.3.1 显示技术 .....	163	8.2.1 功能节点说明 .....	229
6.3.2 注册技术 .....	164	8.2.2 基础功能节点及其构成 .....	230
6.3.3 交互技术 .....	166	8.2.3 常用节点介绍 .....	231
6.3.4 虚实融合技术 .....	167	8.2.4 节点的使用方法 .....	231
6.3.5 增强虚拟环境技术 .....	167	8.2.5 元件的使用方法 .....	233
6.3.6 视频融合技术 .....	168	8.3 创建应用程序 .....	234
6.3.7 移动互联网上的相关技术 与应用 .....	169	8.3.1 虚拟世界的坐标系统 .....	234
		8.3.2 创建应用程序的流程 .....	235



8.3.3	导入场景对象	235	8.6.4	更多的导入程序	267
8.3.4	物体表面的修改	235	8.6.5	缺口移除精灵	269
8.3.5	为物体添加动作	235	8.6.6	脚本编辑器	270
8.3.6	3D 编辑工具	236	8.7	EON 节点和元件使用实例	271
8.3.7	运行并保存应用程序	236	8.7.1	EON Studio 的基本节点	271
8.3.8	EON Studio 的文件格式	236	8.7.2	EON Studio 的代理节点	287
8.4	EON Studio 运行界面	237	8.7.3	EON Studio 5.2 的 GUI 控制节点	302
8.4.1	下拉式菜单	237	8.7.4	EON Studio 5.2 的传感器 节点	303
8.4.2	工具条	240	8.7.5	EON Studio 5.2 的运动模型 节点	304
8.5	EON Studio 视窗	240	8.7.6	EON Studio 5.2 的组合 节点	307
8.5.1	基础说明	240	8.7.7	EON Studio 5.2 的元件	309
8.5.2	EON Studio 视窗类型	240	8.8	EON Studio 的综合应用	311
8.5.3	模拟树状结构	243	8.8.1	互动虚拟现实场景的设计	311
8.5.4	逻辑关系定义视窗	245	8.8.2	翻盖手机的虚拟展示模型 设计	325
8.5.5	蝶状结构视窗	248	思考题		334
8.5.6	搜寻视窗	252	参考文献		335
8.5.7	事件记录视窗	253			
8.5.8	元件视窗	253			
8.5.9	标准元件编辑视窗	260			
8.6	导入 3D 物体	263			
8.6.1	EON 可支持的 3D 文件 格式	263			
8.6.2	导入场景模型数据程序	264			
8.6.3	导入 3D Studio 文件及其他 外挂程序转换格式	266			

# 第1章 虚拟现实技术概述

虚拟现实(Virtual Reality, VR),也称为灵境、幻真、赛博空间等,是一种可以创建和体验虚拟世界(或称虚拟环境)的计算机系统,可以形成一种“人既可沉浸其中又可超越其上、进出自如、相互交互的多维信息空间”。VR技术利用计算机生成的交互式三维环境,不仅使操作者(或称参与者、用户、人类等)能够感到景物或模型十分逼真地存在,而且能对操作者的运动和操作做出实时准确的响应。虚拟现实技术是综合性极强的高新信息技术,在军事、医学、土木、建筑、工业设计、电子商务、艺术、娱乐等很多领域都得到了广泛应用。

## 【学习目标】

- 理解虚拟现实的基本概念
- 了解虚拟现实类型
- 了解虚拟现实技术原理、虚拟现实系统组成与分类
- 了解虚拟现实技术的应用领域
- 了解目前虚拟现实技术存在的局限性及其产业所面临的技术屏障
- 了解虚拟现实技术的发展趋势与研究方向

## 1.1 虚拟现实

虚拟现实是利用计算机模拟产生一个多维信息空间的虚拟世界,提供操作者关于视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉等感官的模拟,让操作者身临其境一般,可以实时、自由地感知三维空间内的一切事物。

### 1.1.1 虚拟现实的人机交互原理

基于虚拟现实的人机交互技术原理如图 1-1 所示。

从虚拟现实的概念可知:

- (1) 操作者需要借助于特殊的、必要的三维设备、传感设备来完成与虚拟环境的交互。
- (2) 操作者与虚拟环境之间采用自然的交互方式。

从交互方式来说,虚拟现实是人们通过计算机对复杂数据进行可视化操作与交互的一种全新方式,与传统的人机界面以及流行的视窗操作相比,虚拟现实在技术思想上有了质的飞跃。

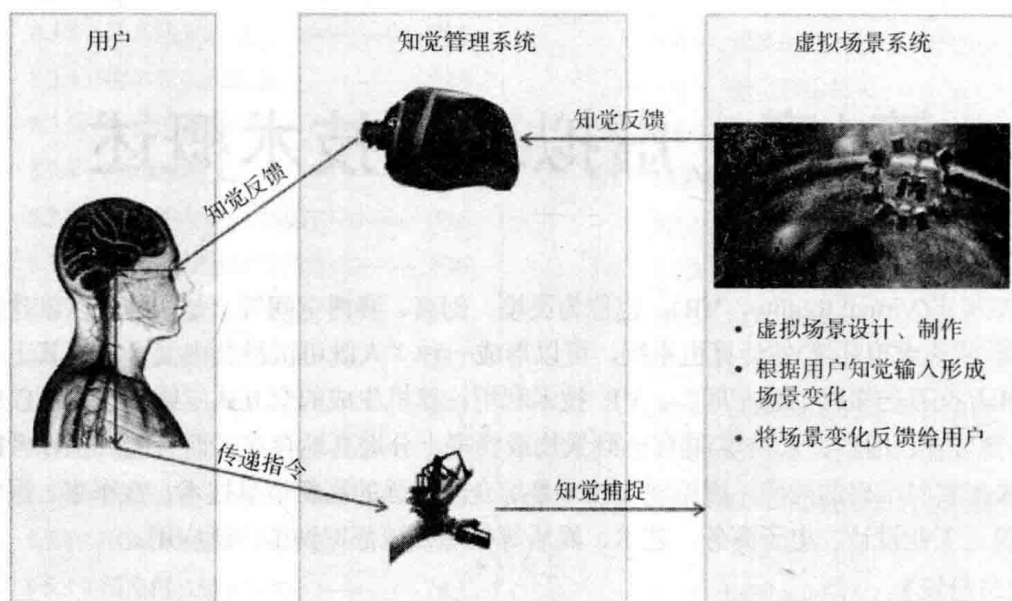


图 1-1 基于虚拟现实的人机交互技术原理图

### 1.1.2 虚拟现实分类

虚拟现实中的“现实”从广义上来讲，是指在物理意义上或功能意义上存在于世界上的任何事物或环境，它可以是实际上可实现的，也可以是实际上难以实现的或根本无法实现的。而“虚拟”是指用计算机模拟生成的任何事物或环境。因此，虚拟现实是指用计算机生成的一种特殊环境，人可以通过使用各种虚拟现实设备将自己与这种特殊环境连接起来，并操作、控制环境中的任何事物，实现与环境自然交互的目的。为此，可以将虚拟现实分为现实虚化、穿透现实、虚物实感三种类型。

现实虚化型的虚拟现实是指将现实世界真实存在的一切事物或环境，通过数字化技术手段进行数字化建模后，由计算机将其按照一切都符合客观规律的原则仿真出来。这样的虚拟现实有时也被称为仿真型虚拟现实，并已被广泛用于工业中，如“虚拟驾驶模拟器”等。学员坐在座舱里便可获得和真实驾驶中一样的感受，根据这种感受进行各种操作，并根据操作后出现的效果来判断这样操作是否正确。

穿透现实型的虚拟现实虽然也是根据真实存在进行模拟，但所模拟的对象或者是用人的五官无法感觉到，或者是在日常生活中无法接触到的。穿透现实型虚拟现实可以充分发挥人的认识和探索能力，揭示未知世界的奥秘。它以现实为基础，但可能创造出超越现实的情景。例如，模拟宇宙太空和原子世界，把人带入浩瀚无比或纤细入微的世界里，对那里发生的一切取得感性认识。还可用于虚拟旅游、虚拟维修核设施等。

虚物实感型的虚拟现实是指随心所欲地营造出现实世界不可能出现的情景或者不符合客观规律的现象。游戏、神话、童话、科学幻想在这个世界中可以轻而易举地化作“现实”。因此，虚物实感型虚拟现实给人带来广阔的想象时空，尽管有时不符合客观规律和逻辑性，但能促进人类想象和创造力的发展。

### 1.1.3 虚拟现实特征

#### 1. 虚拟现实的基本特征

虚拟现实的 Immersion(沉浸感)、Interactivity(交互性)和 Imagination(构想性)是虚拟现实的三个基本特征,也称 3I 特征。3I 是三个基本特征的英文单词的首字母的缩写。

(1) 沉浸感:又称临场感,指操作者感到作为主角存在于虚拟世界中的真实程度。理想虚拟世界应该使操作者难以分辨真假,使操作者全身心地投入到计算机创建的三维虚拟世界中,该虚拟世界中的一切看上去是真的,听上去是真的,动起来是真的,甚至闻起来、尝起来等一切感觉都是真的,如同在现实世界中的感觉一样。

(2) 交互性:指操作者对模拟环境中物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度(包括实时性)。例如,操作者可以用手去直接抓取模拟环境中的虚拟物体,这时手有握着东西的感觉,并可以感觉物体的重量,视野中被抓的物体也能立刻随着手的移动而移动。

(3) 构想性:强调虚拟现实具有广阔的可想象空间,可拓宽人类认知范围,不仅可再现真实存在的环境,也可以随意构想客观不存在的甚至是不可能实现的环境。

#### 2. 虚拟现实的多感知性(Multi-Sensory)特征

虚拟现实系统虽然也是计算机系统,但它除了具有一般计算机技术系统所具有的视觉感知功能外,还具有听觉感知、力觉感知、触觉感知、运动感知、味觉感知、嗅觉感知等感知功能,即理想的虚拟现实系统应该具有一切人类所具有的感知功能。因此虚拟现实系统除了 3I 特征外,还具有多感知性特征。相信随着相关技术,特别是传感技术的发展,虚拟现实系统所具有的味觉感知、嗅觉感知功能也将被逐一实现。

此外,虚拟环境中的物体还具有自主性。即在虚拟环境中,物体的行为是自主的,是由程序自动完成的,且会让操作者感到虚拟环境中的物体(生物)是“有生命的”和“自由的”,而各种非生物物体是“可操作的”,对象的行为符合各种客观规律。

## 1.2 虚拟现实系统的组成与类型

虚拟现实技术是一种融合光、机、电、人机工程学和信息技术(IT)及其相关技术发展起来的新技术。是计算机技术一个新的分支。基于虚拟现实技术构建的、由处理虚拟现实的软件和硬件组成的系统称为虚拟现实系统(Virtual Reality System, VRS)。一般来说,一个较理想的虚拟现实系统是由软件、硬件及操作者组成的以人为中心的人机系统(或称宜人化系统)。硬件部分包括:生成和处理虚拟环境的处理器,以头盔显示器为核心的视觉系统,以语音识别、声音合成与声音定位为核心的听觉系统,以方位跟踪器、数据手套和数据衣为主体的身体方位姿态跟踪设备,以及味觉、嗅觉、触觉与力觉反馈系统等功能单元。软件部分包括操作系统、数据库系统、软件开发工具、应用软件等。这些软件可能是单机型、C/S 型或 S/B 型等。

### 1.2.1 虚拟现实系统的组成

图 1-2 所示是一个典型的虚拟现实系统的配置示意图,它主要包括 5 大组成部分:虚拟世界、计算机、虚拟现实系统软件、输入设备(头盔、含有各种跟踪器和传感器的手套和话筒等)和输出设备(头盔显示器、耳机、数据手套等)。

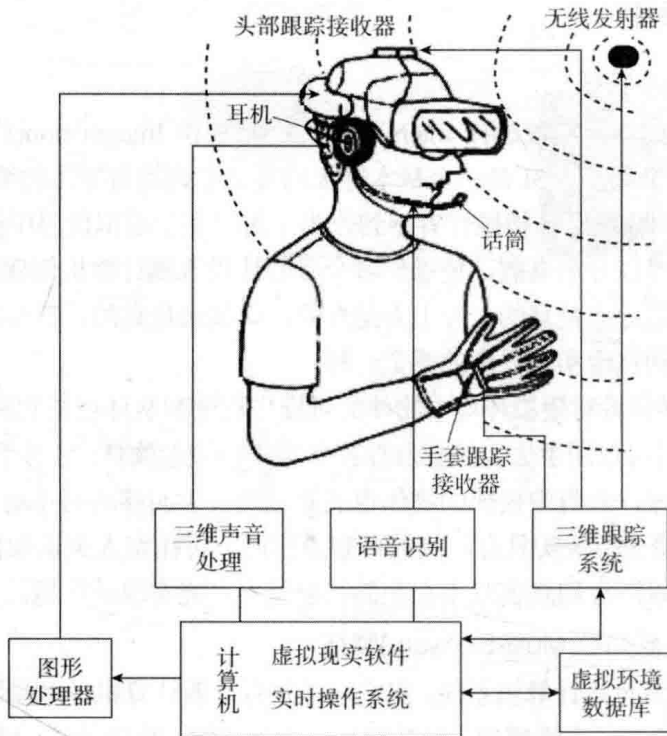


图 1-2 典型的虚拟现实系统的配置示意图

系统运行过程大致为：操作者先激活头盔、手套和话筒等输入设备为计算机提供输入信号，虚拟现实系统软件收到由跟踪器和传感器送来的输入信号后加以解释，然后对虚拟环境数据库进行必要的更新，调整当前的虚拟环境场景，并将这一新视点下的三维视觉图像及其他(如声音、触觉、力反馈等)信息立即发送给相应的输出设备，以便操作者及时获得多种感官上的虚拟效果。

### 1.2.2 虚拟现实系统的类型

在实际应用中，根据虚拟现实技术对沉浸程度的高低和操作者交互程度的不同，把虚拟现实系统划分为 4 种典型类型：桌面式虚拟现实系统(Desktop Virtual Reality System)、沉浸式虚拟现实系统(Immersive Virtual Reality System)、增强现实系统(Augmented Reality System)和分布式虚拟现实系统(Distributed Virtual Reality System)。

#### 1. 桌面式虚拟现实系统

桌面式虚拟现实系统(见图 1-3)，是利用计算机或入门级工作站实现仿真，计算机的屏幕作为操作者观察虚拟环境的一个窗口，各种外部设备一般用来操控虚拟环境和虚拟场景中的各种物体。由于桌面式虚拟现实系统可以通过计算机实现，所以成本较低，但功能比较单一。该类虚拟现实系统主要用于计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)、建筑设计、桌面游戏等领域。

桌面式虚拟现实系统主要有以下 3 个特点。

(1) 操作者处于部分沉浸的环境。即使戴上立体眼镜，操作者仍会受到周围现实环境的干扰，缺乏完全身临其境的感觉。



图 1-3 桌面式虚拟现实系统

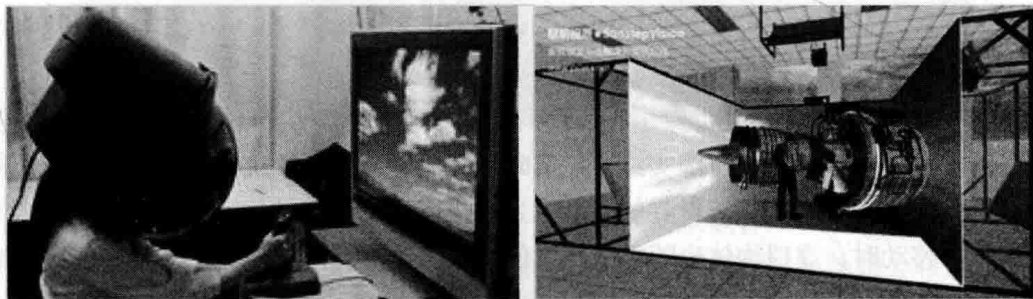
(2) 对硬件设备配置要求低。有的低配只需要计算机,或是增加数据手套、空间跟踪设备等,也能产生真实的效果。

(3) 性价比较高。

## 2. 沉浸式虚拟现实系统

沉浸式虚拟现实系统(见图 1-4)是一种高级的、较理想的虚拟现实系统。它提供了一种完全沉浸的体验,使操作者有身临其境的感觉。它主要利用头盔式显示器(Head Mounted Display, HMD)等设备,把操作者的视觉、听觉和其他感觉封闭在设计好的虚拟现实空间中,利用声音、位置跟踪器、数据手套和其他输入设备使操作者产生全身心投入的感觉。

常见的沉浸式 VR 系统有基于头盔式显示器系统、投影式虚拟现实系统(包括多通道的柱形幕、弧形幕的 Powerwall、CAVE 系统)和遥在系统。



(a) 沉浸式 VR 系统演示实例

(b) CAVE 沉浸式虚拟现实系统

图 1-4 沉浸式虚拟现实系统

基于头盔式的显示器系统是通过头盔式显示器来实现完全投入的。它把现实世界与之隔离,使操作者从听觉到视觉都能投入到虚拟环境中。

“遥在”技术是一种新兴的综合利用计算机、三维成像、电子、全息等技术,把远处的现实环境移动到近前,并对这种移近环境进行干预的技术。目前,遥在系统常用于 VR 技术与机器人技术相结合的系统。通过这样的系统,当某处的操作者操纵一个虚拟现实系统时,其结果却在另一个地方发生,操作者通过立体显示器获得深度感,显示器与远地的摄像机相连;通过运动跟踪与反馈装置跟踪操作员的运动,反馈远地的运动过程,并把动作传送到远地完成。

沉浸式虚拟现实系统具有以下 5 个特点。

(1) 具有实时性能。沉浸式虚拟现实系统中, 要达到与真实世界相同的感觉, 必须要有高度实时性能。如在操作者头部转动改变观察视点时, 系统中的跟踪设备必须及时检测到, 由计算机计算并输出相应的场景, 同时要求必须有足够小的延迟, 且变化要连续平滑。

(2) 具有高度的沉浸感。由于沉浸式虚拟现实系统采用了多种输入与输出设备来营造一个虚拟的世界, 产生一个看起来、听起来、摸起来都是真实的虚拟世界, 同时要求具有高度的沉浸感, 使操作者与真实世界完全隔离, 不受外面真实世界的影响。

(3) 具有良好的系统集成性。为了使操作者产生全方位的沉浸感, 必须要有多种设备与多种相关软件技术相互作用, 且相互之间不能有影响, 所以系统必须有良好的系统集成性。

(4) 具有良好的开放性。在沉浸式虚拟现实系统中, 要尽可能利用最新的硬件设备和软件技术, 这要求虚拟现实系统能方便地改进硬件设备、软件技术, 因此必须使用比以往更灵活的方式构造系统的软硬件结构体系。

(5) 具有支持多种输入与输出设备的并行工作机制。为了使操作者产生全方位的沉浸感, 可能需要多种设备综合应用, 并保持同步工作, 虚拟现实系统应具备支持多种输入与输出设备并行工作的机制。

### 3. 增强现实系统

虚拟现实技术建立人工构造的三维虚拟环境, 操作者以自然的方式与虚拟环境中的物体进行交互作用、相互影响, 极大地扩展了人类认识世界、模拟和适应世界的能力。虚拟现实的主要科学问题包括建模方法、表现技术、人机交互及设备这三大类。但目前普遍存在建模工作量大、模拟成本高、与现实世界匹配程度不够以及可信度不高等方面的问题。针对这些问题, 已经出现了多种虚拟现实增强技术, 将虚拟环境与现实环境进行匹配合成以实现增强, 其中将三维虚拟对象叠加到真实世界显示的技术称为增强现实, 将真实对象的信息叠加到虚拟环境绘制的技术称为增强虚拟环境。这两类技术可以形象化地分别描述为“实中有虚”和“虚中有实”。虚拟现实增强技术通过真实世界和虚拟环境的合成降低了三维建模的工作量, 借助真实场景及实物提高了操作者的体验感和可信度, 促进了虚拟现实技术的进一步发展。

增强现实系统(见图 1-5)是将操作者看到的真实环境和计算机所仿真出来的虚拟现实景象融合起来的一种技术系统, 具有虚实结合、实时交互的特点。与传统的虚拟现实系统不同, 增强现实系统主要是在已有的真实世界的基础上, 为操作者提供一种复合的视觉效果。当操作者在真实场景中移动时, 虚拟物体也随之变化, 使虚拟物体与真实环境完美结合, 既可以减少生成复杂实验环境的开销, 又便于对虚拟试验环境中的物体进行操作, 真正达到亦真亦幻的境界。

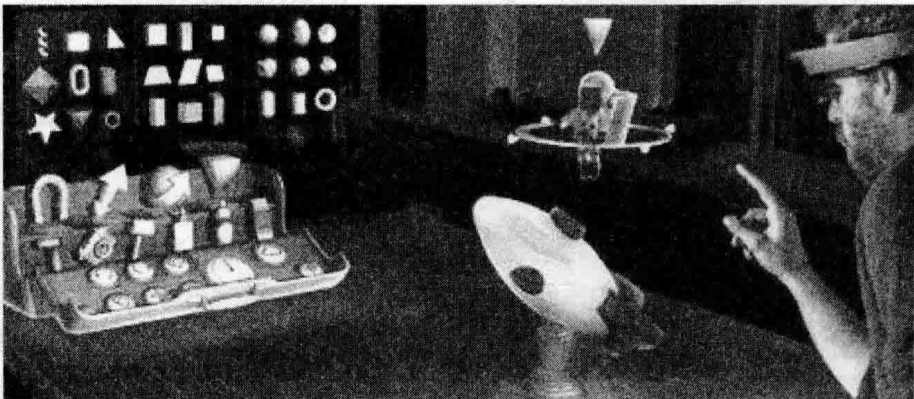


图 1-5 增强现实系统

该系统一般由头戴式显示器、位置跟踪系统与交互设备以及计算设备组成。有关增强现实技术的更多内容请阅第6章。

#### 4. 分布式虚拟现实系统

分布式虚拟现实系统(见图1-6)是一种通过网络将多个虚拟环境连接而成的集成虚拟环境,这些虚拟环境可以分布在不同的空间位置。位于不同空间位置的多个操作者可以在这个集成虚拟环境中,通过该系统的虚拟现实设备进行交互,共享信息。系统中,多个操作者可通过网络对同一虚拟世界进行观察和操作,以达到协同工作的目的。简单地说,分布式虚拟现实系统是指一个支持多人实时通过网络进行交互的软件系统,操作者在一个虚拟现实环境中,通过计算机与其他操作者进行交互,并共享信息。



图1-6 分布式虚拟现实系统

(1) 分布式虚拟现实系统的体系结构。分布式虚拟现实系统有4个基本组成部分:立体图形显示器,网络通信和控制设备,处理系统,数据网络。分布式虚拟系统是分布式系统和虚拟系统相结合的产物,根据分布式系统环境下所运行的共享应用系统的数量,可分为集中式和复制式两种系统体系结构。

① 集中式结构是只在中心服务器上运行一个共享应用系统。该系统可以是会议代理或对话管理进程。中心服务器的作用是对多个操作者的输入/输出操纵进行管理,允许多个操作者信息共享。它的特点是结构简单、容易实现,但对网络通信带宽有较高的要求,并且高度依赖于中心服务器。

② 复制式结构是在每个操作者所在的机器上复制中心服务器,这样每个操作者进程都有一个共享应用系统。服务器接收来自于其他工作站的输入信息,并把信息传送到运行在本地机上的应用系统中,由应用系统进行所需的计算并产生必要的输出。它的优点是所需网络带宽较小。另外,由于每个操作者只与应用系统的局部备份进行交互,所以,交互式响应效果好。但它比集中式结构复杂,在维护共享应用系统中的多个备份的信息或状态一致性方面比较困难。



(2) 分布式虚拟现实系统的主要特点。

- ① 各操作者具有共享的虚拟工作空间。
- ② 伪实体的行为真实感。
- ③ 支持实时交互。
- ④ 多个操作者可以用各自不同的方式相互通信。
- ⑤ 资源信息共享, 允许操作者自然操纵虚拟世界中的对象。

(3) 分布式虚拟现实系统的主要应用领域。目前, 分布式虚拟现实系统主要被应用于远程虚拟会议、虚拟医学会诊、多人网络游戏、虚拟战争演习、制造业中的分布式设计等领域。

(4) 分布式虚拟现实系统与网络游戏。网络游戏, 也称在线游戏(On-Line Game, OLG), 一般指多名玩家通过计算机网络互动娱乐的视频游戏, 有战略游戏、动作游戏、体育游戏、格斗游戏、音乐游戏、竞速游戏、网页游戏和角色扮演游戏等多种类型, 也有少数在线单人游戏。这里要介绍的是虚拟世界型网络游戏, 主要由公司所架设的服务器来提供游戏, 而玩家们则是由公司所提供的客户端连上公司服务器以进行游戏, 如今称为网络游戏的大都属于此类型。此类游戏的特征是大多数玩家都会有一个专属于自己的角色(虚拟身份), 而一切文档以及游戏信息均记录在公司端。从目前的网络游戏发展来看, 现在主流的网络游戏具备了一些分布式虚拟现实的基本特点, 但这只是分布式虚拟现实的一种低级应用。因为在伪实体的行为真实感方面, 网络游戏远达不到虚拟现实级别, 在通信方式方面也不如分布式虚拟现实系统, 其通信方式过于单一, 多靠语言和文字通信, 缺乏动作手势等自然的通信方式。此外, 目前大多数的网络游戏并不能像虚拟现实那样允许操作者自然地操作环境中的对象, 操作者依然离不开鼠标等机械输入设备。

## 1.3 虚拟现实技术的发展历程

计算机技术的发展促进了多种技术的发展, 虚拟现实技术与其他技术一样, 其技术和市场的需求也随即发展起来。在虚拟现实技术发展的过程中, 科技界、产业界发生了一些标志性事件, 本节以此来划分虚拟现实技术(VRT)的发展历程。

### 1.3.1 探索阶段

20 世纪 30 年代至 60 年代, 是虚拟现实技术的探索阶段。在这个阶段, 产生了许多科幻文学作品, 其中隐含着 VR 的思想火花, 将这些作品搬到屏幕就需要发展相关技术来支撑, 由此于 20 世纪 50 年代推出立体电影以及各种宽银幕、环幕、球幕电影。这类屏幕作品具有深度感、大视野、环境感的电影图像, 加上声响的配合, 使观众沉浸于屏幕上变幻的情节场景之中。因此, 一般认为, VR 技术思想在这个阶段形成并得以实践。但由于实现 3D 电影的技术复杂、投资大, 一些相关技术只能在美国军工领域进行研发应用与实践。此处列出几个标志性成果。

(1) 1929 年, 埃德温·林克(Edwin A.Link)发明了飞行模拟器, 使乘坐者有坐在真的飞机上的感觉。

(2) 1935 年, 科幻小说家斯坦利·温鲍姆(Stanley G.Weinbaum)在他的小说中首次构想了以眼镜为基础, 涉及视觉、触觉、嗅觉等全方位沉浸式体验的虚拟现实概念, 这是可以追溯到的最早的关于 VR 的构想。