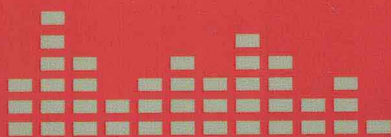


21世纪高等学校数字媒体专业规划教材



高飞 编著

虚拟现实应用系统设计 与开发



清华大学出版社

21世紀高等學校數學媒體專業規劃教材

虚拟现实应用系统设计与开发

高 飞 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是一本关于虚拟现实的基本概念、设计方法和应用开发的专业教材。虚拟现实的应用领域非常广泛,包括军事、医疗、培训、艺术、设计、娱乐等各个领域。如何将虚拟现实技术与具体的设计领域结合,应该遵循怎样的设计思路和方法是本书所要探讨的核心问题。从某种程度来说,本书是当前国内为数不多的探讨如何将虚拟现实与设计结合的专门书籍。本书共分为8章,包括虚拟现实简介、虚拟现实系统的硬件设备、虚拟现实系统设计要素、虚拟现实开发工具综述、Quest3D应用基础、虚拟古迹复原开发实例、数字城市仿真开发实例、虚拟现实应用与展望。本书内容丰富,条理清楚,图文并茂,理论与应用并重,具有较强的针对性,适合作为数字媒体艺术及相关专业的课程教材和专业课讲义。

本书中有关实例的素材文件可从出版社网站下载,以便使读者更好地学习相关知识。本书的目标是在兼顾虚拟现实的基本知识和体系结构的前提下,把虚拟现实在设计领域里的设计要素、设计方法介绍给读者,是一本关于虚拟现实设计与开发的专业教材,可供大专院校数字媒体艺术、新媒体、动画设计、游戏娱乐设计以及其他相关专业的本科生和研究生学习使用,也可供相关行业的从业人士参考。

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

虚拟现实应用系统设计与开发/高飞编著. —北京:清华大学出版社,2012.3

(21世纪高等学校数字媒体专业规划教材)

ISBN 978-7-302-27285-4

I. ①虚… II. ①高… III. ①虚拟技术—高等学校—教材 IV. ①TP391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 233165 号

责任编辑:魏江江 薛 阳

封面设计:杨 兮

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

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

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16.25

字 数:391千字

版 次:2012年3月第1版

印 次:2012年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00元

数字媒体专业作为一个朝阳专业,其当前和未来快速发展的主要原因是数字媒体产业对人才的需求增长。当前数字媒体产业中发展最快的是影视动画、网络动漫、网络游戏、数字视音频、远程教育资源、数字图书馆、数字博物馆等行业,它们的共同点之一是以数字媒体技术为支撑,为社会提供数字内容产品和服务,这些行业发展所遇到的最大瓶颈就是数字媒体专门人才的短缺。随着数字媒体产业的飞速发展,对数字媒体技术人才的需求将成倍增长,而且这一需求是长远的、不断增长的。

正是基于对国家社会、人才的需求分析和对数字媒体人才的能力结构分析,国内高校掀起了建设数字媒体专业的热潮,以承担为数字媒体产业培养合格人才的重任。教育部在2004年将数字媒体技术专业批准设置在目录外新专业中(专业代码:080628S),其培养目标是“培养德智体美全面发展的、面向当今信息化时代的、从事数字媒体开发与数字传播的专业人才。毕业生将兼具信息传播理论、数字媒体技术和设计管理能力,可在党政机关、新闻媒体、出版、商贸、教育、信息咨询及IT相关等领域,从事数字媒体开发、音视频数字化、网页设计与网站维护、多媒体设计制作、信息服务及数字媒体管理等工作”。

数字媒体专业是个跨学科的学术领域,在教学实践方面需要多学科的综合,需要在理论教学和实践教学模式与方法上进行探索。为了使数字媒体专业能够达到专业培养目标,为社会培养所急需的合格人才,我们和全国各高等院校的专家共同研讨数字媒体专业的教学方法和课程体系,并在进行大量研究工作的基础上,精心挖掘和遴选了一批在教学方面具有潜心研究并取得了富有特色、值得推广的教学成果的作者,把他们多年积累的教学经验编写成教材,为数字媒体专业的课程建设及教学起一个抛砖引玉的示范作用。

本系列教材注重学生的艺术素养的培养,以及理论与实践的相结合。为了保证出版质量,本系列教材中的每本书都经过编委会委员的精心筛选和严格评审,坚持宁缺毋滥的原则,力争把每本书都做成精品。同时,为了能够让更多、更好的教学成果应用于社会和各高等院校,我们热切期望在这方面有经验和成果的教师能够加入到本套丛书的编写队伍中,为数字媒体专业的发展和人才培养做出贡献。

21 世纪高等学校数字媒体专业规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

加拿大传媒大师麦克卢汉认为：“人们使用一种新的媒介甚至比用该媒介做什么还重要。”虚拟现实(Virtual Reality, VR)作为一种新的媒介已经走入并影响了人们的生活。这种媒介从1965年VR创始人伊凡·苏泽兰(Ivan Sutherland)发表“终极的显示”为起点，至今已有40余年，中间随着交叉学科的发展而曲折前进。20世纪90年代初，人们对其充满了期待，随后进入低谷，直到最近10年终于进入其发展的又一个高峰期。

笔者在高校长期从事虚拟现实的设计教育和虚拟现实相关的项目开发，多年的艰苦探索受益良多，所主持的项目涵盖数字校园、数字城市、工业交互设计、房地产交互展示、古迹复原等多个应用领域，把其中的方法、心得和认知与广大读者共同分享的冲动最终促使了本书的诞生。

虚拟现实的应用领域极广，包括军事、医疗、培训、艺术、设计、娱乐等各个领域；而且虚拟现实技术本身也是涉及计算机图形学、计算机仿真技术、人机接口技术、多媒体技术以及传感技术等多个领域的交叉学科。由于其交叉学科的特点和应用领域的复杂性，因此介绍虚拟现实知识是一件比较困难的事情。全面的介绍很难专精，专精的介绍则很难全面。现有的大多数书籍是从计算机科学角度或者软件开发角度介绍虚拟现实的，本书则试图在兼顾虚拟现实的基本知识和体系结构的前提下，把虚拟现实在设计领域里的设计要素、设计方法介绍给读者。从某种程度来说，本书是国内为数不多的探讨如何将VR与设计结合的专门书籍。

尽管本书中介绍了很多计算机软件、硬件相关的内容，然而其读者对象仍然侧重于数字媒体艺术领域里的受众。书中所列举的具体案例设计——数字城市和古迹复原是虚拟现实与设计结合的典型代表，所介绍的关于虚拟现实的设计方法和思路除适合所列举的实例外，也适合诸如新媒体、环境艺术设计、建筑设计、动画设计及游戏娱乐设计等多个设计领域。

本书内容包括虚拟现实系统简介、系统硬件设备、系统设计、开发工具介绍和设计实例等多个环节。在规避复杂的VR技术细节的同时，力图使读者全面系统地了解VR在设计领域里的设计概念、设计流程和设计方法，希望读者能以此为基础探讨VR在艺术设计领域的其他应用。掩卷思索，笔者坚信，再过10~20年，VR作为一种新媒介必将如同电视、电话、手机一样渗透到人们工作生活的各个角落。

王晓鸣、蒙开创、吴俊毅、刘丽等参与了本书编写工作，特别感谢王晓鸣为书稿的编辑、修改工作所付出的巨大努力。

由于虚拟现实在现阶段尚在发展之中，无论是技术本身抑或是应用研究都还处于其发展的青春期，同时因为时间仓促，加之笔者水平有限，疏漏之处恳请读者批评指正。

高飞

2011年10月于深圳

第 1 章 虚拟现实简介	1
1.1 什么叫虚拟现实	1
1.1.1 虚拟现实的由来	1
1.1.2 虚拟现实的定义	4
1.1.3 虚拟现实应用领域简介	5
1.1.4 虚拟现实系统的系统组成	7
1.2 虚拟现实系统的三个主要特征	10
1.2.1 沉浸性	10
1.2.2 交互性	11
1.2.3 想象性	11
1.3 虚拟现实系统的分类	13
1.3.1 沉浸式虚拟现实系统	13
1.3.2 桌面式虚拟现实系统	14
1.3.3 增强式虚拟现实系统	14
1.3.4 分布式虚拟现实系统	15
1.4 虚拟现实与其他学科的关系	16
1.5 人类视、听、触、嗅的生理感知基础	17
本章小结	18
思考题	18
第 2 章 虚拟现实系统的硬件设备	19
2.1 虚拟现实系统的输入接口	19
2.1.1 VR 系统输入接口基本概念	19
2.1.2 基于身体跟踪的输入设备	20
2.1.3 基于物理设备跟踪的输入设备	30
2.1.4 语音输入	33
2.2 虚拟现实系统的输出接口	34
2.2.1 VR 系统输出接口基本概念	34
2.2.2 VR 系统视觉输出接口	34
2.2.3 VR 系统听觉输出接口	48
2.2.4 VR 系统的触觉输出接口	50
2.2.5 前庭感觉和其他感觉	53

本章小结	53
思考题	54

第3章 虚拟现实系统设计要素

3.1 应用系统选择虚拟现实媒体的原因	55
3.2 虚拟现实系统的一般构成	56
3.3 虚拟现实系统设计要素	57
3.3.1 面向使用者的系统设计	57
3.3.2 虚拟世界的创建	59
3.3.3 软件接口的设计	65
3.3.4 硬件接口的设计	73
3.4 基于网络的 VR 系统设计	73
3.4.1 关于 VR 技术	73
3.4.2 基于 Web 的虚拟现实的局限性	74
3.4.3 基于 Web VR 的系统设计	74
本章小结	77
思考题	77

第4章 虚拟现实开发工具综述

4.1 Multigen Vega	79
4.2 Virtools	81
4.3 Quest3D	84
4.4 Unity3D	86
4.5 VR-Platform	88
4.6 Cult3D	88
本章小结	91
思考题	92

第5章 Quest3D 应用基础

5.1 Quest3D 开发平台简介	93
5.2 使用 Quest3D 的基本概念	96
5.2.1 Quest3D 界面及功能介绍	96
5.2.2 Quest3D 程序节点执行流程	101
5.3 Quest3D 操作	104
5.3.1 Quest3D 的基础操作	104
5.3.2 Quest3D 节点连接和使用方法	107
5.3.3 Quest3D 场景的基本结构	113
5.3.4 Quest3D 外部模型物体导入	120
5.4 Quest3D Template 应用——简单漫游场景制作	127

5.5 Quest3D 场景的发布	138
5.5.1 5 种不同类型的发布方式	138
5.5.2 举例 Executable 类型的应用发布	140
本章小结	144
思考题	144
实践题	144
第 6 章 虚拟古迹复原开发实例	145
6.1 需求分析	145
6.1.1 虚拟古迹复原的意义和应用现状	145
6.1.2 项目开发背景与需求分析	148
6.2 系统设计	150
6.2.1 系统设计目标	150
6.2.2 系统设计原则	151
6.2.3 三维模型构建	151
6.2.4 交互功能设计	153
6.2.5 系统环境设计	154
6.3 数据采集与数据处理	155
6.3.1 文字与地理数据信息采集	155
6.3.2 图片与视频信息采集	156
6.3.3 纹理贴图采集与处理	156
6.4 美工设计	157
6.4.1 建模软件选择	158
6.4.2 模型绘制原则与要求	158
6.4.3 UV 贴图及烘焙	161
6.4.4 模型动画设定	162
6.4.5 碰撞体的设计	164
6.4.6 场景模型输出	166
6.5 GUI 设计与制作	168
6.6 交互功能开发	171
6.6.1 开发步骤	171
6.6.2 模型与动画的导入与贴图优化	172
6.6.3 主要交互功能开发	173
6.6.4 特效设计	181
6.7 3D 立体显示效果输出测试	184
6.8 互动程序发布	187
本章小结	188

思考题·····	189
实践题·····	189

第7章 数字城市仿真开发实例····· 190

7.1 需求分析·····	190
7.1.1 数字城市的应用背景·····	190
7.1.2 项目开发背景与需求分析·····	190
7.2 系统设计·····	192
7.2.1 系统设计目标·····	192
7.2.2 系统设计原则·····	193
7.2.3 三维模型构建·····	193
7.2.4 交互功能设计·····	194
7.2.5 系统环境设计·····	197
7.3 美工设计·····	198
7.3.1 数据采集与数据处理·····	198
7.3.2 模型构建流程·····	200
7.3.3 动画设定·····	205
7.3.4 模型导出·····	205
7.4 GUI设计·····	206
7.5 交互功能开发·····	207
7.5.1 开发步骤·····	207
7.5.2 模型与动画的导入与贴图优化·····	207
7.5.3 主要交互功能开发·····	207
7.5.4 特效设计·····	212
7.6 互动程序发布·····	219
本章小结·····	220
思考题·····	220
实践题·····	220

第8章 虚拟现实应用与展望····· 221

8.1 VR应用领域综述·····	221
8.1.1 军事应用·····	221
8.1.2 飞行、驾驶和采矿训练·····	222
8.1.3 医学、心理学应用·····	223
8.1.4 教育应用·····	224
8.1.5 虚拟旅游·····	226
8.1.6 虚拟现实在交互展示和交互模拟领域的应用·····	227

8.1.7 虚拟现实在艺术和娱乐领域里的应用.....	231
8.1.8 科学研究.....	235
8.1.9 利用 VR 进行设计.....	236
8.2 VR 应用展望	237
本章小结.....	240
思考题.....	241
参考文献.....	242
参考网站.....	244

1.1 什么叫虚拟现实

1.1.1 虚拟现实的由来

虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)发源于美国,是和计算机图形学、三维跟踪技术、语音与模式识别技术、仿真技术、传感与测量技术、多媒体技术、信息技术、网络技术等相关的交叉学科。它的出现与很多因素有关,但是下列因素尤为重要。

1. 三维技术的进步

如何让虚拟的形象真实生动是人类由来已久的追求,从早在 15 000 年前石器时代的洞穴壁画可见一斑,当中最著名的是法国拉斯科(如图 1-1 所示)和西班牙的阿尔塔米拉岩洞壁画。然而无论是表现运动的时间维还是表现立体的深度维在这些壁画里都还只处于蒙昧状态。

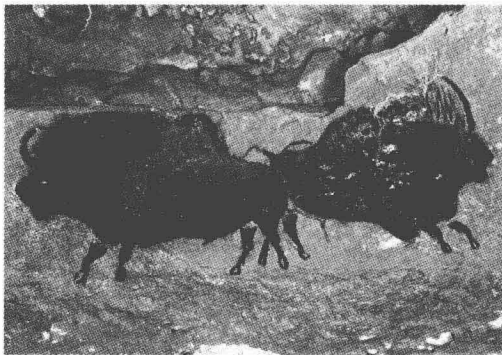


图 1-1 拉斯科岩洞壁画

随着科技的进步,19 世纪人们发现了利用左、右眼视差产生立体深度的原理。1833 年,英国科学家 Charles Wheatstone 首次利用两个垂直反射镜呈现出立体影像,如图 1-2 所示;1853 年,德国教师 Wilhelm Rollmann 发现了利用红蓝立体成像的原理。如今,人们利用计算机图形学技术表现三维的能力已经非常成熟,尽管表现立体效果的眼镜有很多种(除了上述的红蓝外,还包括偏振眼镜、快门眼镜等),然而原理都是根据左、右视差这一基本原理。此外计算机软件的 3D 建模能力也已经非常强,深度维的表现为在虚拟现实系统中构建 3D 世界的要求奠定了技术基础。

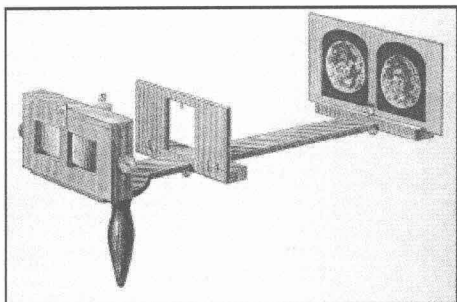


图 1-2 Charles Wheatstone 发现的立体成像原理

2. 飞行员地面训练模拟

早期基于 3D 的应用包括 20 世纪 50、60 年代的电影和娱乐业,然而与虚拟现实发展关系密切的却是始于 20 世纪 20 年代的飞行员驾驶培训。当时的飞行员训练费用高、风险大,到了 1930 年前后,美国人 Edwin Link 设计了一个地面飞行员模拟训练座舱,如图 1-3 所示,该系统所具有的交互性是虚拟现实系统的重要特征。在第二次世界大战中,美国军方普遍采用这种模拟训练方式。

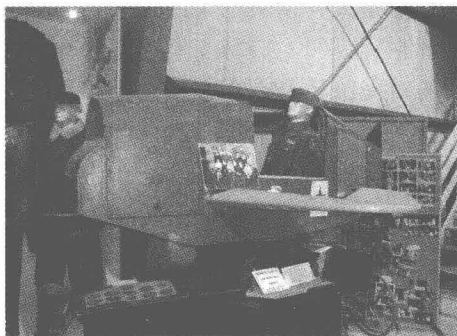


图 1-3 Edwin Link 飞行训练模拟器

3. 计算机的出现

1945 年,美国军方开始利用哈佛 Mark I 计算机计算炮弹和导弹的弹道,Mark I 是世界上第一台电子计算机。之后 1946 年宾夕法尼亚大学的 John Mauchly 和 J. Prosper Eckert 发明了 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator)。ENIAC 由大量的电子管组成,体积庞大到相当于一间屋子,价格昂贵,尽管其运算速度比当时的 Mark I 快很多,然而与今天体积小、运算快、价格低廉的个人计算机仍然无法比拟。到了 20 世纪 60 年代早期,计算机开始使用体积更小、功能更稳定、价格更便宜的晶体管技术,更多的商业机构和大学开始使用计算机。

早在 20 世纪 50 年代,麻省理工大学为美国军方研发的导弹防御系统“SAGE”发挥了计算机的重要作用,该系统接收来自雷达的数据,并通过计算实时发现目标。SAGE 有三个显著特点,即把输出信息直接显示到屏幕上(当时的其他计算机只能利用打孔机或者纸带进行输出)、实时运算、利用光笔对目标点做标注。上述特点对虚拟现实来说非常重要。

4. 划时代人物的贡献

1960年,伊凡·苏泽兰(Ivan Sutherland,如图1-4所示)从加州理工大学毕业并加入林肯实验室,三年后他完成了Sketchpad项目。该项目使用显示屏和光笔,用户可以利用光笔在屏幕上绘图,并可以进行修改、放大、缩小和保存等操作。这些功能在之前的计算机里从未出现过,苏泽兰的发明开启了一个全新的研究领域——计算机图形学(Computer Graphics,CG),并成为虚拟现实技术的重要组成部分。1965年,他撰写了论文“终极的显示”。在论文中他描述了一个理想的计算机系统,“用户可以操纵由数据构造的虚拟物体,改变它们在屏幕上的大小、位置等,这些操作就像在真实的世界里一样”。在这一思想的启发下,1966—1968年在国防部的支持下,他开始研发了世界上第一个头盔显示器(Head-Mounted Display,HMD),将他的发明用于提高飞行训练的质量。今天,头盔显示器已经成为虚拟现实的重要设备,另一个重要设备是数据手套。

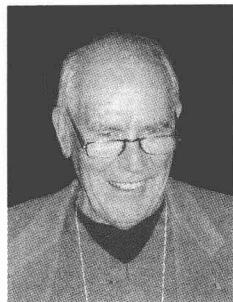


图1-4 虚拟现实之父——
伊凡·苏泽兰

概括起来,虚拟现实技术的发展大致可以分为以下4个阶段。

第一个阶段是从20世纪50年代到20世纪70年代,是虚拟现实技术的探索阶段。1965年的“终极的显示”和第一个计算机图形驱动的头盔显示器,成为虚拟现实发展史上的一个重要里程碑,为虚拟现实技术的发展奠定了基础。

第二个阶段是从20世纪80年代初到20世纪80年代中期,是虚拟现实技术由实验进入应用的阶段。美国宇航局(NASA)及美国国防部组织了一系列有关虚拟现实技术的研究,并取得了令人瞩目的研究成果,从而引起了人们对于虚拟现实技术的广泛关注。1984年,NASA Ames研究中心虚拟行星探测实验室的M. McGreevy和J. Humphries博士组织开发了用于火星探测的虚拟环境视觉显示器,将火星探测器发回的数据输入计算机,为地面研究人员构造了火星表面的三维虚拟环境。在随后的虚拟交互环境工作站(VIEW)项目中,他们还开发了通用多传感个人仿真器以及遥控设备等,使VIEW成为名副其实的虚拟现实系统,并成为后来开发虚拟现实的体系结构。

第三个阶段是从20世纪80年代中期到20世纪90年代初,是虚拟现实技术全面发展的阶段。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的声音和图像的实时动画制作成为可能。越来越多新颖的、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更新,这些都为虚拟现实技术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,是当时又一件引起科技界瞩目的伟大成果。1989年,VPL公司的创始人Jaron Lanier首次提出虚拟现实(Virtual Reality)这一术语,VB-2系统(Reality Built for 2)标志了从此进入虚拟现实的实用阶段,虚拟现实的研究进入其发展的高潮。正是因为虚拟现实技术有着极其广泛的应用领域,使得人们对它的发展前景充满了憧憬与兴趣。

第四个阶段是从20世纪90年代至今,是虚拟现实技术的理论进一步完善的阶段。1990年,在美国达拉斯召开的Siggraph会议上,对虚拟现实技术进行了讨论,明确提出了虚拟现实技术的主要内容是:实时三维图形生成技术、多传感器的交互技术以及高分辨显示技术等,这为虚拟现实技术的发展确定了研究方向。

国外有评论指出,虚拟现实技术在 20 世纪 90 年代中期所处的阶段相当于个人计算机在 20 世纪 80 年代所处的那个发展阶段,虽然还不完善,但是很有发展前景。经过从 20 世纪 90 年代中期开始至今的十几年长足发展,取得了令人瞩目的成就,虚拟现实已不再是概念和雏形,而是真真正正地走向了实用阶段。其发展状态由简单的有声、有形、有动态的模拟逐步发展演变到想象(imagination)、交互(interaction)、沉浸(immersion),即由蕴涵和萌芽阶段的 I 演变成 2I,再发展到 3I。未来的虚拟现实技术将会朝向更加智能化(intelligence)的方向发展,3I 将会变成 4I。

当然,在虚拟现实发展的过程中也曾经历了其发展的低谷阶段,即 1995—1998 年这一期间。当时由于软硬件技术的发展尚不完善、设备造价高、实用性差及在此期间受到新兴的 WWW 技术发展的影响(许多研究机构或公司将研究的兴趣转移到与互联网相关的技术与应用研究),都使得对虚拟现实研究的进展没有出现预期的效果,然而,经过从 2000 年至今的 10 多年的飞速发展,虚拟现实已经从一种技术发展成为继多媒体技术后又一个新兴的媒介。其独有的交互性、沉浸感是其他媒体所无法替代的,随着虚拟现实应用的不断加深,这种新兴的媒介真正走入了人们的视野。

1.1.2 虚拟现实的定义

虚拟现实是从英文 Virtual Reality(VR)一词翻译过来的,它是由美国 VPL Research 公司的奠基人杰龙·拉尼尔(Jaron Lanier)于 1989 年在有关杂志和报刊上首次使用的。虚拟现实中的“虚拟”是指用计算机生成的、并不客观存在的意思。“现实”是泛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,它可以是实际上客观存在的,也可以是实际上难以实现的或根本不可能存在的。因此,虚拟现实是指借助于计算机图形图像技术及硬件设备,实现一种人们可以通过视、听、触、嗅等手段所感觉到的虚拟幻境,故 VR 技术又称幻境或灵境技术。

正如其他新兴的科学技术一样,虚拟现实技术也是许多相关学科领域交叉、集成的产物。它的研究内容涉及人工智能、计算机科学、电子学、传感器、计算机图形学、智能控制、心理学等学科。

虚拟现实的通用定义:由交互式计算机仿真组成的一种媒体,能够感知参与者的位置和动作,替代或者增强一种或者多种感官反馈,从而产生一种精神沉浸于或出现在仿真环境(虚拟世界)中的感觉。

这里要强调两点:

① 计算机生成的虚拟世界必须是一个能够提供给人多种感官感受的环境,单一的感觉反馈会减弱体验者的沉浸感,而且虚拟世界是 3D 的;

② 虚拟现实技术是一种全新的人机交互方式,它强调体验者在所创建的虚拟世界中,通过人机交互,获得多维信息。由此可以得出,虚拟现实系统中的虚拟世界和体验者是必不可少的两个部分。

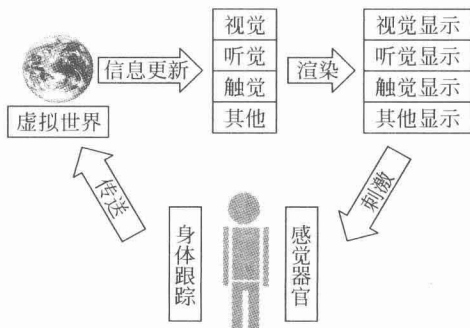


图 1-5 为虚拟现实系统概念模型示意图。

图 1-5 虚拟现实系统概念模型

1.1.3 虚拟现实应用领域简介

通常对于需要在三维环境中操纵物体的应用来讲,VR 是一种非常合适的媒体,尽管在三维环境中也可以操作二维物体,但物体从本质上来讲是三维的,这会给操作的用户真实的感受。VR 的应用范围包括军事仿真、环境规划、数字城市、地产样板间、游戏娱乐、主题公园、古迹复原、虚拟旅游、医学研究、人工训练及科学可视化等,如图 1-6~图 1-15 所示。由于笔者长期从事交互地产展示、数字城市、古迹复原等的研究工作,因此本书中的实际案例主要包括:虚拟古迹复原和数字城市仿真规划的应用。关于虚拟现实的其他应用案例可在与本书相关的网站下载,读者也可以通过互联网查询到相关的信息。

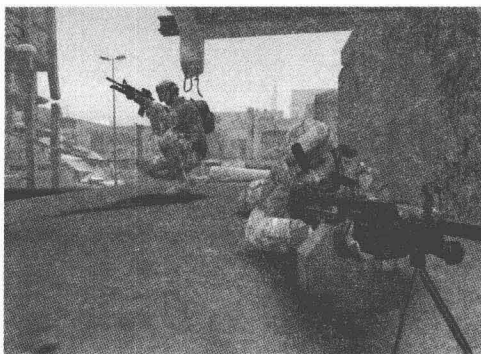


图 1-6 军事应用 America Army



图 1-7 游戏娱乐



图 1-8 数字城市

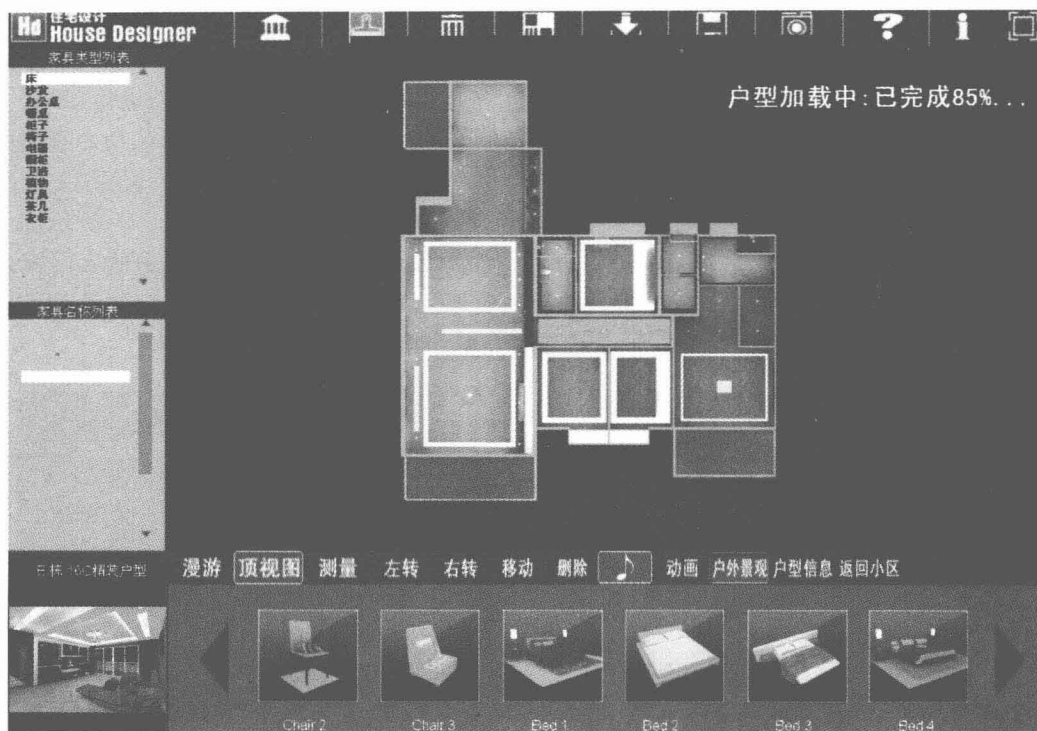


图 1-9 虚拟样板房展示

法拉利跑车互动展示

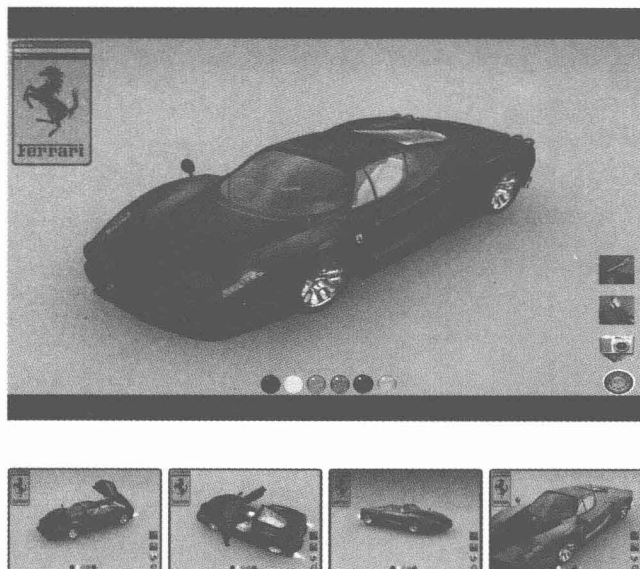


图 1-10 虚拟交互产品展示

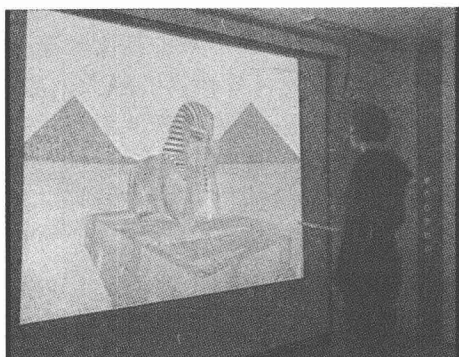


图 1-11 虚拟旅游



图 1-12 虚拟驾驶训练

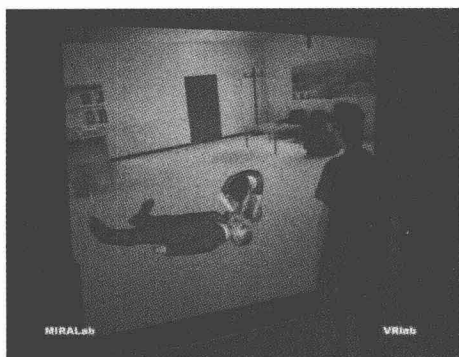


图 1-13 医疗急救

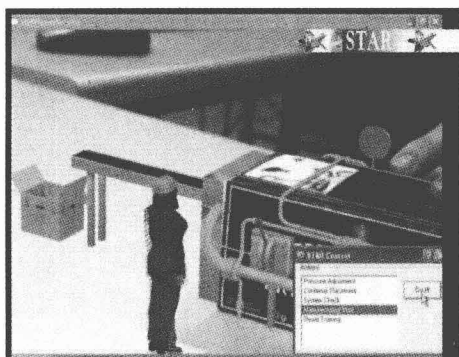


图 1-14 借助于增强现实技术的操作训练



图 1-15 借助于跳舞毯的游戏娱乐

1.1.4 虚拟现实系统的系统组成

虚拟现实系统是由计算机、输入接口、输出接口、虚拟 3D 世界等组成的一个完整的模拟现实环境。

1. 计算机

虚拟现实系统中,所有的数据处理和传输都由计算机作为枢纽和输出控制,是虚拟现实