



新世纪高职高专教改项目成果教材
Xinshiji Gaozhi Gaozhuan Jiaogai Xiangmu Chengguo Jiaocai

your hands without ever leaving
their eyes. As long as you create
that my heart finds everything in the
house can see it on their own face.
That's because iPhoto now offers
rendezvous photo sharing. It's the same
technology that allows you to share songs
and playlists in iTunes. But instead of
music, you'll share photos
on the same network.

Speaking of music, you're going to be giving
those sunglasses a workout now
because in iPhoto you can play one song
per slide. And you can also play a
slide and heard loud and clear. Your
slideshows lasted longer than a
now when you access your iTunes
library, you'll be able to see an entire
company your slideshows that of course
includes all the music you create yourself
with iPhoto. More musical selections and
transitions put your slideshows
together.

iPhoto provides you with storage media
containing a variety of computer software
including its own objects including their APIs as well as any
photographs, templates, animations, audio, video, text
objects incorporated into the software. The
related materials, a license, and additional
documentation together called the "Product" and we grant you a
license to use the Product in accordance with the terms of this
license. Any supplemental software code and supporting materials
provided to you as part of support services provided by Apple for
the Product shall be considered part of the Product and subject to
the terms and conditions of this license. The copyright and all other
rights to the Product shall remain with us or our licensors. You must
reproduce any copyright or other notice marked on the Product on all
copies of the Product.



虚拟现实 技术与应用

胡小强 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

新世纪高职高专教改项目成果教材

虚拟现实技术与应用

胡小强 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是新世纪高职高专教改项目成果教材。在书中主要介绍了虚拟现实技术的基本概念、虚拟现实系统的组成、虚拟现实系统的硬件设备、虚拟现实的相关技术、虚拟现实技术在现实世界中的应用。全书共有6个章节,内容包括:概论、虚拟现实系统的硬件设备、虚拟现实系统的相关技术与软件、全景技术、网络三维互动 Cult3D、虚拟现实建模语言 VRML。附录中附有 VRML 的关键字和域参考等。

本书内容较为全面且涉及面广,在编写时本着侧重于普及、推广及应用的原则,内容方面没有过多涉及有关虚拟现实技术的算法理论及程序等。本书既介绍了虚拟现实技术的必要理论,又介绍了具有代表性的虚拟现实软件的使用,并采用实例进行讲解,使读者能在较短的时间内达到入门及应用的效果。

本书适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院,也可供示范性软件职业技术学院、继续教育学院、民办高校、技能型紧缺人才培养使用,还可供本科院校、计算机专业人员和爱好者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实技术与应用/胡小强主编. —北京:高等教育出版社,2004.5

ISBN 7-04-014758-0

I. 虚... II. 胡... III. 虚拟技术-高等学校-教材 IV. TP391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 024745 号

策划编辑 冯 英 责任编辑 焦建虹 封面设计 王凌波 责任绘图 宗小梅
版式设计 王艳红 责任校对 存 怡 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京民族印刷厂

开 本	787×1092 1/16	版 次	2004年5月第1版
印 张	14.5	印 次	2004年5月第1次印刷
字 数	350 000	定 价	18.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》（教高〔2000〕3 号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高〔2000〕2 号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000 年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一批较为成熟的成果，组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2002 年 11 月 30 日

前 言

近几年来，虚拟现实（Virtual Reality）技术成为一项十分热门的技术，越来越多的人投身到这个研究领域，致力于虚拟现实技术的研究、开发及应用推广。虚拟现实技术、理论分析和科学实验已成为人类探索客观世界规律的三大手段。据权威人士断言，虚拟现实技术将是 21 世纪信息技术的代表，由此可见其重要性。

虚拟现实技术给我们带来了什么？第一，它改变了我们的观念，从以前的“以计算机为中心”变为“人是信息技术的主体”；第二，它改进了人机交互方式，由过去人机之间枯燥、被动的方式变成了人通过手和声音等自然的交互方式与机器交流，人机融为一体；第三，改变了人们生活与娱乐的方式。总之，虚拟现实技术的出现必将对我们的生活、工作带来巨大的冲击，虚拟现实技术是一个值得关注的重要技术。

虚拟现实技术是 20 世纪以来科学技术进步的结晶，在虚拟现实系统中集中体现了计算机技术、计算机图形学、传感技术、人体工程学、人机交互理论等多个领域的最新成果。也正是由于这些特点及其在应用中的魅力，深深地吸引了科技界的研究人员进行孜孜不倦的探索，但同时我们也意识到，我国虚拟现实技术的水平离人们心目中追求的目标尚有一定的距离，与国外虚拟现实技术的研究与应用也存在较大的差距，因此该项技术需要我们进一步研究、开发及完善。现在存在的问题有：硬件方面相应的交互设备较少，现有的设备价格十分昂贵；软件工具方面存在着语言专业性过强、通用性差、开发费用高等问题。同时，有关嗅觉和味觉的建模和传感技术在虚拟现实中的应用还没有实现，即使对于目前相对较成熟的视觉、听觉和触觉的建模和再现技术，要达到理想的真实感和实时性仍然有一定的距离。

美国一家杂志社在评选影响未来的十大科学技术时，评选结果为 Internet 位居第一，虚拟现实技术名列第二。最近几年来，Internet 的应用变得十分广泛，媒体也吵得沸沸扬扬，相比之下，虚拟现实技术仍像刚刚问世的电脑、互联网络一样，还没有引起人们的足够重视。该项技术在国内介绍较少，业界也重视不足。

基于以上几个原因，我们觉得有必要在高等教育中增加有关虚拟现实技术的教学内容，吸引更多的人去了解它、关注它、研究它、应用它，以推动我国虚拟现实技术的发展。

目前虚拟现实技术的应用面较广，涉及军事、航空、教育、建筑、医学、工业、文化、艺术与娱乐等领域。本书在编写中主要侧重于虚拟现实技术的应用，在书中介绍虚拟现实技术的基本概念、虚拟现实系统的硬件设备、虚拟现实中的相关技术，还介绍了基于实用的几个桌面虚拟现实工具软件，而有关虚拟现实技术的理论如建模方法、优化、压缩算法及程序等内容可参阅其他有关资料。

本书在介绍虚拟现实技术必要理论的同时，主要侧重于系统介绍虚拟现实系统的硬件与软件以及桌面虚拟现实工具软件的使用。全书共有 6 个章节：

第 1 章概论, 主要介绍虚拟现实技术的概念、组成、特性, 并对虚拟现实技术在各领域的应用及国内外的研究现状、应用现状作了介绍。

第 2 章虚拟现实系统的硬件设备, 主要介绍虚拟世界的生成设备、虚拟世界的感知设备、空间位置跟踪定位设备和面向自然的人机交互设备的功能、特点及应用情况。

第 3 章虚拟现实系统的相关技术与软件, 主要介绍有关的环境建模技术、实时三维图形绘制技术、三维虚拟声音的显示技术、面向自然的交互与传感技术和碰撞检测技术及基于网络的 Web3D 技术等。

第 4 章全景技术, 主要介绍全景技术的分类、特点及全景照片的拍摄方法与原则, 并给出了几种全景图制作实例。

第 5 章网络三维互动 Cult3D, 主要介绍了一种用于网络互动展示的软件 Cult3D, 并通过实例讲解, 使读者能掌握其基本的使用方法。

第 6 章虚拟现实建模语言 VRML, VRML 是一种广泛应用于互联网的虚拟建模语言。本章讲述了其发展状况、语法、浏览器的使用等, 并通过实例来讲解 VRML 语言的使用。

本书在编写中注重实用, 在内容方面力求做到全面而系统, 使读者能通过此书快速入门并达到掌握应用的目的。

本书第 1、2、3、4、5 章由胡小强编写, 第 6 章由吴北新编写, 在编写过程中得到况扬、汪艳、徐翔红、高昆等同志的帮助, 在此表示感谢。

本书承浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室多媒体与虚拟现实研究室主任潘志庚研究员主审, 在此, 对他所提的宝贵意见表示感谢, 编者对此也已作了相应的修改与补充。

另外, 需要本书相关软件及素材的读者可以通过 E-mail 与 VRBook@sohu.com 联系。

由于当前虚拟现实技术发展迅速, 加之作者水平有限, 时间仓促, 书中错漏之处在所难免, 恳请读者批评指正。

编 者
于江西科技师范学院
2004 年 2 月

目 录

第 1 章 概论	1	2.2.1 视觉感知设备	31
1.1 虚拟现实技术概述	2	2.2.2 听觉感知设备	41
1.1.1 VR 技术的发展过程	2	2.2.3 触觉、力觉感知设备	42
1.1.2 VR 技术的概念与构成	3	2.3 空间位置跟踪定位设备	44
1.1.3 VR 技术的特征及意义	5	2.3.1 磁跟踪系统	45
1.1.4 VR 技术与三维动画技术的异同	7	2.3.2 光学跟踪系统	46
1.2 虚拟现实系统的分类	8	2.3.3 机械跟踪系统	46
1.2.1 沉浸式 VR 系统	8	2.3.4 声学跟踪系统	47
1.2.2 桌面式 VR 系统	10	2.3.5 惯性位置跟踪系统	48
1.2.3 增强式 VR 系统	11	2.3.6 图像提取跟踪系统	48
1.2.4 分布式 VR 系统	11	2.4 面向自然的人机交互设备	48
1.3 虚拟现实技术的应用	13	2.4.1 数据手套	48
1.3.1 军事与航空航天	13	2.4.2 数据衣	50
1.3.2 教育与训练	16	2.4.3 三维控制器	51
1.3.3 商业应用	19	2.4.4 三维模型数字化仪	52
1.3.4 建筑设计与规划	20	本章小结	53
1.3.5 医学领域的应用	21	习题与思考题	54
1.3.6 工业应用	22	第 3 章 虚拟现实系统的相关	
1.3.7 影视娱乐界的应用	23	技术与软件	55
1.4 虚拟现实技术研究现状与研究		3.1 环境建模技术	55
方向	24	3.1.1 几何建模技术	56
1.4.1 VR 技术的现状	24	3.1.2 物理建模技术	56
1.4.2 VR 技术的局限性	26	3.1.3 行为建模技术	57
1.4.3 VR 技术的研究方向	27	3.2 实时三维图形绘制技术	57
本章小结	27	3.2.1 基于几何图形的实时绘制	
习题与思考题	28	技术	58
第 2 章 虚拟现实系统的硬件		3.2.2 基于图像的实时绘制技术	59
设备	29	3.3 三维虚拟声音的显示技术	60
2.1 虚拟世界的生成设备	29	3.3.1 三维虚拟声音的概念与作用	60
2.2 虚拟世界的感知设备	31	3.3.2 三维虚拟声音的特征	61

3.3.3 人类的听觉模型与头相关 转移函数	61	本章小结	105
3.3.4 语音识别与合成技术	62	习题与思考题	105
3.4 自然交互与传感技术	63	第 5 章 网络三维互动	
3.4.1 手势识别	63	Cult3D	106
3.4.2 面部表情识别	64	5.1 Cult3D 概述	106
3.4.3 眼动跟踪	64	5.1.1 Cult3D 应用简介	107
3.4.4 触觉、力觉反馈传感技术	65	5.1.2 Cult3D 的组成	109
3.5 碰撞检测技术	66	5.1.3 Cult3D 的工作流程	109
3.6 虚拟现实工具软件	67	5.1.4 Cult 3D 模型的导出	110
3.7 Web3D 技术与软件	68	5.2 Cult3D 窗口简介	117
3.7.1 Web3D 技术特点	68	5.2.1 Scene Graph (场景图形) 窗口	117
3.7.2 Web3D 应用工具软件	69	5.2.2 Actions (行为) 窗口	118
3.7.3 Web3D 应用与发展	72	5.2.3 Event Map (事件映射) 窗口	121
本章小结	73	5.2.4 Stage Window (演示窗口)	123
习题与思考题	73	5.2.5 Object position and orientation (对象位置和方向) 窗口	124
第 4 章 全景技术	74	5.2.6 Events (事件) 窗口	124
4.1 全景技术概述	74	5.2.7 Object properties (对象属性) 窗口	125
4.1.1 全景技术的特点及应用	75	5.3 Cult3D 应用	125
4.1.2 全景技术的分类	75	5.3.1 制作基本三维演示	125
4.2 常见全景技术软件	77	5.3.2 制作三维交互演示	131
4.2.1 QuickTime VR	78	5.3.3 Cult3D 的应用展示	144
4.2.2 IPIX 全景图片技术	79	本章小结	150
4.2.3 PixMaker 全景图片技术	80	习题与思考题	150
4.2.4 PhotoVista 全景图片技术	80	第 6 章 虚拟现实建模语言	
4.2.5 Jietusoft 全景图片技术	80	VRML	151
4.3 全景图制作硬件	80	6.1 VRML 虚拟现实建模语言	151
4.3.1 数码相机	81	6.1.1 VRML 基本概念	151
4.3.2 鱼眼镜头	82	6.1.2 VRML 文件的基本特点	152
4.3.3 全景头	83	6.1.3 VRML 场景的编辑与浏览	155
4.4 全景照片拍摄方法与原则	85	6.2 在场景中建造基本几何模型	159
4.4.1 全景照片的拍摄方法	85	6.2.1 外形节点 Shape 的使用	159
4.4.2 数码相机的拍摄原则	88	6.2.2 构建虚拟场景的几何造型 geometry 域	159
4.5 全景图制作实例	89		
4.5.1 柱形全景制作实例	89		
4.5.2 球形与立方体形全景制作实例	94		
4.5.3 对象全景制作实例	101		

6.2.3 创建基本几何造型	160	6.7 虚拟对象的动画效果	191
6.2.4 在虚拟场景中添加文本造型	163	6.7.1 时间传感器节点的使用	191
6.3 在场景中构建复杂造型	165	6.7.2 利用插补器构造动画	192
6.3.1 虚拟场景中点、线、面的 创建	165	6.8 虚拟对象交互功能的实现	197
6.3.2 构造离散点的集合造型	165	6.8.1 检测器的基本功能	197
6.3.3 构造空间折线造型	167	6.8.2 各类检测器的基本作用与 使用	197
6.3.4 构造空间平面集合造型	168	6.9 3DSMAX 与 VRML	207
6.4 设置虚拟造型的外观	170	6.9.1 3DSMAX 的场景导出	207
6.4.1 设置虚拟对象的外观和 材质	170	6.9.2 在 3DSMAX 中插入 VRML 节点	207
6.4.2 为几何体添加纹理	173	6.9.3 VRML 文件的压缩	211
6.4.3 纹理的变换	175	本章小结	211
6.5 虚拟造型群节点的使用	175	习题与思考题	212
6.5.1 编组节点的使用	175	附录 A VRML 的关键字	213
6.5.2 空间坐标变换节点的使用	177	附录 B VRML 的域参考	216
6.6 构建虚拟现实的环境	179	参考文献	219
6.6.1 给虚拟场景添加背景	179		
6.6.2 给虚拟场景添加光照	182		

第 1 章

概 论

学习目标:

- 掌握 VR 技术的基本概念
- 掌握 VR 技术的分类、特性
- 了解 VR 技术的应用
- 了解 VR 技术在国内外的研究状况
- 了解 VR 技术中目前存在的问题

曾几何时,科幻小说家为我们描绘着一个梦想,人们可以通过电子或虚拟的方式来丰富我们的生活,梦想有一天,人类可以进入一个虚拟的世界,在那里可以通过替身(化身)在三维空间中进行探险、娱乐、工作以及与人交往。随着计算机技术、网络技术、多媒体技术、三维图形技术等技术的发展,人类的这一梦想将变为现实,这就是虚拟现实技术。

虚拟现实是从英文 Virtual Reality 一词翻译过来的,Virtual 是虚假的意思,Reality 是真实的意思,合并起来就是虚拟现实(以下正文中简称 VR),也就是说本来没有的事物和环境,通过各种技术虚拟出来,让你感觉就如同置身于真实世界中一样。

VR 技术,又称虚拟实境或灵境技术,这项技术原本是美国军方开发研究出来的一项计算机技术。到 20 世纪 80 年代末才逐渐为各界所关注,它以计算机技术为主,利用并综合三维图形技术、多媒体技术、仿真技术、传感技术、显示技术、伺服技术等多种高科技的最新发展成果,利用计算机等设备来产生一个逼真的三维视觉、触觉、嗅觉等多种感官体验的虚拟世界,从而使处于虚拟世界中的人产生一种身临其境的感觉。在这个虚拟世界中,人们可直接观察周围世界及物体的内在变化,与其中的物体之间进行自然的交互,并能实时产生与真实世界相同的感受,使人与计算机融为一体。与传统的模拟技术相比,VR 技术的主要特征是:用户能够进入到一个由计算机系统生成的交互式的三维虚拟环境中,可以与之进行交互。通过参与者与仿真环境的相互作用,并利用人类本身对所接触事物的感知和认知能力,帮助启发参与者的思维,全方位地获取事物的各种空间信息和逻辑信息。

随着计算机技术及相关技术的发展,在 PC 机上实现 VR 技术已成为可能。VR 技术、理论分析、科学实验已成为人类探索客观世界规律的三大手段。VR 技术的发展与普及,改变了过去人与计算机之间枯燥、生硬、被动的交流方式,使人机之间的交互变得更人性化,也同时改变

了人们的工作方式和生活方式，改变了人的思想观念。VR 技术将深入到我们的生活中，成为一门艺术、一种文化。据有关权威人士断言，到 21 世纪，人类将进入 VR 的科技新时代，VR 技术将是信息技术的代表。

1.1 虚拟现实技术概述

1.1.1 VR 技术的发展过程

关于 VR，其实在很久以前就有人提出这一构想。早在 20 世纪 50 年代中期，计算机刚在美国、英国的一些大学出现，电子技术还处于以真空电子管为基础的时候，美国的莫顿·海利希就成功地利用电影技术，通过“拱廊体验”让观众经历了一次美国曼哈顿的想像之旅。但由于当时各方面的条件制约，如缺乏相应的技术支持、没有合适的传播载体、硬件处理设备缺乏等原因，VR 技术并没有得到很大的发展，直到 20 世纪 80 年代末，随着计算机技术的高速发展及互联网技术的普及，才使得 VR 技术得到广泛的应用。

VR 技术的发展大致分为 3 个阶段：20 世纪 50 年代到 70 年代，是 VR 技术的探索阶段；20 世纪 80 年代初期到 80 年代中期，是 VR 技术系统化、从实验室走向实用的阶段；20 世纪 80 年代末期到 21 世纪初，是 VR 技术高速发展的阶段。

第一套具有 VR 思想的装置是莫顿·海利希在 1962 年研制的称为 Sensorama 的具有多种感官刺激的立体电影系统，它是一套只能供个人观看立体电影的设备，采用模拟电子技术与娱乐技术相结合的全新技术，能产生立体声音效果，并能有不同的气味，座位也能根据剧情的变化摇摆或振动，观看时还能感觉到有风在吹动。在当时，这套设备非常先进，但观众只能观看，而不能改变所看到的和所感受到的世界，也就是说无交互操作功能。

1965 年，计算机图形学的奠基者美国科学家艾凡·萨瑟兰在一篇名为《终极的显示》的论文中，首次提出了一种假设，观察者不是通过屏幕窗口来观看计算机生成的虚拟世界，而是生成一种直接使观察者沉浸并能互动的环境。这一理论后来被公认为在 VR 技术中起着里程碑的作用，所以我们称他既是“计算机图形学”之父，也是“虚拟现实技术”之父。

在随后几年中，艾凡·萨瑟兰在麻省理工学院开始头盔式显示器的研制工作，人们戴上这个头盔式显示器，就会产生身临其境的感觉。在 1968 年，艾凡·萨瑟兰使用两个可以戴在眼睛上的阴极射线管（CRT）研制出了第一个头盔式显示器（HMD），并发表了《A Head-Mounted 3D Display》的论文，他对头盔式显示器装置的设计要求、构造原理进行了深入的分析，并描绘出这个装置的设计原型，此举成为三维立体显示技术的奠基性成果。在第一个 HMD 的样机完成后不久，研制者们又反复研究，在此基础上把能够模拟力量和触觉的力反馈装置加入到这个系统中，并于 1970 年研制出了第一个功能较齐全的 HMD 系统。

基于 20 世纪 60 年代以来所取得的一系列成就，美国的 Jaron Lanier 在 20 世纪 80 年代初正式提出了“Virtual Reality”一词。

20 世纪 80 年代，美国国家航空航天局（NASA）及美国国防部组织了一系列有关 VR 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 VR 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世界视觉显示器, 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世界。在随后的虚拟交互世界工作站 (VIEW) 项目中, 他们又开发了通用多传感个人仿真器和遥控设备。

进入 20 世纪 90 年代后, 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合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涌入市场, 而这些都是 VR 系统的发展打下了良好的基础。

在应用方面, 1993 年 11 月, 宇航员通过 VR 系统的训练, 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, 而用 VR 技术设计的波音 777 飞机是虚拟制造的典型应用实例, 这是飞机设计史上第一次在设计过程中没有采用实物模型。波音 777 飞机由 300 万个零件组成, 所有的设计在一个由数百台工作站组成的虚拟世界中进行。设计师戴上头盔式显示器后, 可以穿行于设计的虚拟“飞机”之中, 审视“飞机”的各项设计指标。

正是由于 VR 技术产生的具有交互作用的虚拟世界, 使得人机交互界面更加形象和逼真, 越来越激发了人们对 VR 技术的兴趣。近十年来, 国内外对此项技术的应用更加广泛, 在军事、航空航天、科技开发、商业、医疗、教育、娱乐等多个领域得到越来越广泛的应用, 并取得了巨大的经济效益和社会效益。正因为 VR 技术是一个发展前景非常广阔的新技术, 因此, 人们对它的应用前景充满了憧憬。

1.1.2 VR 技术的概念与构成

VR 技术是采用以计算机技术为核心的现代高科技技术, 生成逼真的视、听、触觉等一体化的虚拟环境, 用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟世界中的物体进行交互, 相互影响, 从而产生亲临真实环境的感受和体验。

典型的 VR 系统主要由计算机、应用软件系统、输入输出设备、用户和数据库等组成, 如图 1-1 所示。

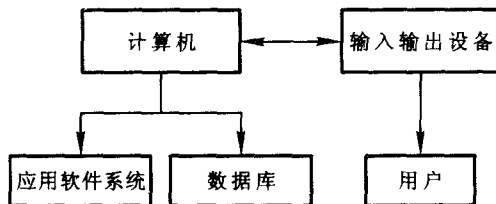


图 1-1 VR 系统

1. 计算机

在 VR 系统中, 计算机负责虚拟世界的生成和人机交互的实现。由于虚拟世界本身具有高度复杂性, 尤其在某些应用中, 如航空航天世界的模拟、大型建筑物的立体显示、复杂场景的建模等, 使得生成虚拟世界所需的计算量极为巨大, 因此对 VR 系统中计算机的配置提出了极高的要求。目前, 低档的 VR 系统的配置是以 PC 机为基础并配置 3D 图形加速卡; 中档的 VR 系统一般采用 SUN 或 SGI 等公司的可视化工作站; 高档的 VR 系统则采用分布式的计算机系统, 即由几台计算机协同工作。由此可见, 计算机是 VR 系统的核心。

2. 输入输出设备

在 VR 系统中, 为了实现人与虚拟世界的自然交互, 必须采用特殊的输入输出设备, 以识别用户各种形式的输入, 并实时生成相应的反馈信息。常用的方式为数据手套加空间位置跟踪定位设备, 它可以感知运动物体的位置及旋转方向的变化, 通过头盔式显示器等立体显示设备产生相应的图像和声音。通常头盔式显示器中配有空间位置跟踪定位设备, 当用户头部的位置发生变化时, 空间位置跟踪定位设备检测到位置发生的相应变化, 从而通过计算机得到物体运动位置等参数, 并输出相应的具有深度信息及宽视野的三维立体图像和生成三维虚拟立体声音。

3. VR 的应用软件系统及数据库

VR 的应用软件系统可完成的功能包括: 虚拟世界中物体的几何模型、物理模型、行为模型的建立, 三维虚拟立体声的生成, 模型管理技术及实时显示技术, 虚拟世界数据库的建立与管理等几部分。虚拟世界数据库主要用于存放整个虚拟世界中所有物体的各个方面的信息。

图 1-2 所示的是基于头盔式显示器的 VR 系统, 它由计算机、头盔式显示器、数据手套、力反馈装置、话筒、耳机等设备组成。该系统首先由计算机生成一个虚拟世界, 由头盔式显示器输出一个立体的显示, 用户可以通过头的转动、手的移动、语音等与虚拟世界进行自然交互, 计算机能根据用户输入的各种信息实时进行计算, 即刻对交互行为进行反馈, 由头盔式显示器更新相应的场景显示, 由耳机输出虚拟立体声音、由力反馈装置产生触觉(力觉)反馈。

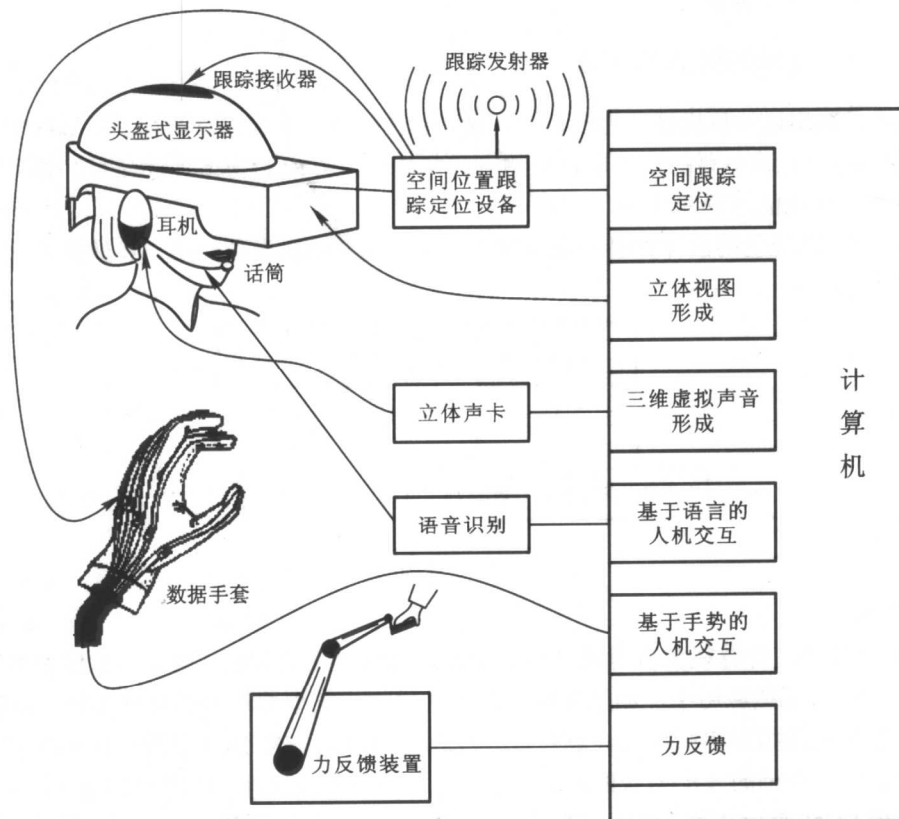


图 1-2 基于头盔式显示器的 VR 系统

1.1.3 VR 技术的特征及意义

VR 技术有 3 个主要特性: 沉浸性(Immersion)、交互性(Interactivity)和想像性(Imagination), 如图 1-3 所示。

1. VR 技术的基本特性

(1) 沉浸性

沉浸性(Immersion)是指用户感受到被虚拟世界所包围, 好像完全置身于虚拟世界之中一样。VR 技术最主要的技术特征是用户觉得自己是计算机系统所创建的虚拟世界中的一部分, 使用户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。

沉浸性来源于对虚拟世界的多感知性, 除了常见的视觉感知外, 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。理论上来说, VR 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, 在现在的 VR 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、听觉沉浸、触觉沉浸技术, 而有关味觉与嗅觉的感知技术正在研究之中, 目前还很不成熟。

① 视觉沉浸。VR 系统向用户提供虚拟世界真实的、直观的三维立体视图, 并直接接受用户的控制。在 VR 系统中, 产生视觉方面的沉浸性是十分重要的。视觉沉浸性的建立依赖于用户与合成图像的集成, VR 系统必须向用户提供立体三维效果及较宽的视野, 同时随着人的运动, 所得到的场景也随之实时地改变。较理想的视觉沉浸环境是在洞穴式显示设备(CAVE)中, 采用多面立体投影系统, 因而可得到较强的视觉效果。另外, 可将此系统与真实世界隔离, 避免受到外面真实世界的影响, 用户可获得完全沉浸于虚拟世界的感觉。

② 听觉沉浸。在 VR 系统中, 声音是除视觉以外的一个重要感觉通道, 如果在 VR 系统中加入与视觉同步的声音效果作为补充, 在很大程度上可提高 VR 系统的沉浸效果。在 VR 系统中, 主要让用户感觉到的是三维空间的虚拟声音, 这与普通立体声有所不同。普通立体声可使人感觉声音来自于某个平面, 而三维虚拟声音可使听者能感觉到声音来自于一个围绕双耳的球形空间的任何位置。它可以模拟大范围的声音效果, 如闪电、雷鸣、波浪声等自然现象的声音。在沉浸式三维虚拟世界中, 两个物体碰撞时, 也会出现碰撞声音, 让用户能根据声音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相应的交互设备, 使用户体验抓、握等操作的感觉。当然, 从现在技术来说不可能达到与真实世界完全相同的触觉沉浸, 将来也不可能, 除非技术发展到同人脑能进行直接交流, 而目前的技术水平主要侧重于力反馈方面。可以使用充气式手套, 在虚拟世界中与物体相接触时, 能产生与真实世界相同的感觉, 如在建筑小区浏览时, 用手推门不仅门被打开, 同时手上也感觉到门对手的阻力(手感)。

(2) 交互性

交互性(Interactivity)的产生, 主要借助于 VR 系统中的特殊硬件设备(如数据手套、力反馈装置等), 使用户能通过自然的方式, 产生同在真实世界中一样的感觉。例如, 用户可以用

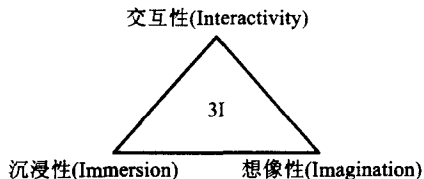


图 1-3 VR 技术的 3 个主要特性

手直接抓取虚拟世界中的物体，这时手有触摸感，并可以感觉到物体的重量，能区分所拿的是石头还是海绵，并且场景中被抓的物体也能立刻随手的运动而移动。

VR 系统比较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，通过这些方式与虚拟世界进行交互。这与传统的多媒体交互方式有较大的区别：在传统的多媒体技术中，人机之间的交互工具从计算机发明直到现在，还主要是键盘与鼠标，通过键盘与鼠标进行一维、二维的交互；而在 VR 系统中，人们甚至可以意识不到计算机的存在。

交互性的另一个方面主要表现了交互的实时性。例如：头转动时能立即在所显示的场景中产生相应的变化，并且能得到相应的其他反馈；用手移动虚拟世界中的一个物体，物体位置会立即发生相应的变化。

(3) 想像性

想像性 (Imagination) 指虚拟的环境是人想像出来的，同时这种想像体现出设计者相应的思想，因而可以用来实现一定的目标。所以说 VR 技术不仅仅是一个媒体或一个高级用户界面，同时它还是为解决工程、医学、军事等方面的问题而由开发者设计出来的应用软件。通常它以夸大的形式反映设计者的思想，VR 系统的开发是 VR 技术与设计者并行操作，是为发挥设计者的创造性而设计的。VR 技术的应用，为人类认识世界提供了一种全新的方法和手段，可以使人类跨越时间与空间，去经历和体验世界上早已发生或尚未发生的事件；可以使人类突破生理上的限制，进入宏观或微观世界进行研究和探索；也可以模拟因条件限制等原因而难以实现的事情。

例如在建设一座大楼之前，传统的方法是要绘制各种图纸，而现在可以采用 VR 系统来进行设计与仿真。制作的 VR 作品反映的就是某个设计者的思想，而它的功能远比那些呆板的图纸生动强大得多，所以有些学者称 VR 为放大人们心灵的工具或人工现实 (Artificial Reality)，这就是 VR 所具有的第三类特征——想像性。

现在，VR 技术在许多领域中起着十分重要的作用，如核试验、新型武器设计、医疗手术的模拟与训练、自然灾害预报等，这些问题如果采用传统方式去解决，必然要花费大量的人力、物力及漫长的时间，有些还是无法进行的，有些甚至会牺牲人员的生命。而 VR 技术的出现，为解决和处理这些问题提供了新的方法及思路，人们借助 VR 技术，沉浸在多维信息空间中，依靠自己的感知和认知能力全方位地获取知识，发挥主观能动性，寻求答案，找到新的解决问题的方法和手段。

综上所述，VR 系统具有的沉浸性、交互性、想像性，使参与者能沉浸于虚拟世界之中并进行交互。VR 系统是人们可以通过视、听、触觉等信息通道感受到设计者思想的高级用户界面。

2. VR 技术的意义

正是由于 VR 技术的广泛应用，并能够实现人与自然之间的和谐交互，扩大人对信息空间的感知通道，提高人类对跨越时空事物和复杂动态事件的感知能力，把计算机应用提高到一个崭新的水平，其作用和意义是十分重要的。正因为如此，人们也从更高的层次上来看待其作用和意义。

首先是在观念上的转变，它使人们对计算机的应用从“以计算机为主体”变成“以人为主体”。

传统的信息处理环境一直强调的是“人适应计算机”，人与计算机通常通过键盘与鼠标进行

交互,这种交互是间接的、非直觉的和有限的。而 VR 技术的目标或理念是要逐步使“计算机适应人”,人们要通过视觉、听觉、触觉、嗅觉以及形体、手势或语言,参与到信息处理的环境中去,并获得身临其境的体验。人们不必意识到自己在同计算机打交道,而可以像在现实世界中处理事情一样同计算机交流,这就把人从操作计算机的复杂工作中解放出来,使用计算机无需学习,操作也异常简单而方便。

第二个转变发生在哲学中人们对“虚”和“实”之间的辩证关系的理解上。

虚和实的关系是一个古老的哲学话题。我们是处于真实的客观世界中,还是只处于自己的感知世界中,一直是唯物论和唯心论争论的焦点。以视觉为例,我们所看到的世界,不过是视网膜上的影像。过去,视网膜上的影像都是真实世界的反映,因此客观的真实世界同主观的感知世界是一致的。现在,VR 导致了二重性,VR 的景物对人的感官来说是实实在在存在的,但它又的确是虚构的东西,而且按照虚构的东西行事,往往又会得出正确的结果。因此这就引发了哲学上要重新认识“虚”和“实”之间关系的研究^①。

1.1.4 VR 技术与三维动画技术的异同

也许有人会说,VR 技术让人看到的東西与三维动画技术差别不大,其实两者是不同的两种技术。VR 技术和三维动画技术有本质上的区别:三维动画技术是依靠计算机预先处理好的路径上所能看见的静止照片连续播放而形成的,不具有任何交互性,即不是用户想看什么地方就能看到什么地方,用户只能按照设计师预先固定好的一条线路去看某些场景,它给用户提供的信息很少或不是所需的,用户是被动的;而 VR 技术则截然不同,它通过计算机实时计算场景,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,用户可依自己的路线行走,计算机会产生相应的场景,真正做到“想得到,就看得见”。所以说交互性是两者最大的不同。

VR 技术源于人们对三维动画技术自由交互的渴望,虽然它形式上和三维动画技术有些相似之处,但它可能将是三维动画技术的替代品。举例来说,3DSMAX 是三维动画制作的利器,其软件制作效果好,运行效率高,用户遍及全球。如果需要利用 3DSMAX 渲染一张小区建筑效果图,大概需要几十秒的时间;而 VR 软件在同样的分辨率下,每一秒要渲染几十帧这样的效果图,因为如果不能达到 20 帧/秒以上的处理效率,就难以达到和人类实时交互的效果,这种效率是三维动画软件通过软件的优化所无法达到的。

下面来看一个应用的实例。房地产展示是这两个技术最常用的领域。在现在的应用中,很多房地产公司采用三维动画技术来展示楼盘,其设计周期长,模式固定,制作费用高;而同时在国内也已经有多家公司采用 VR 技术来进行设计,其展示效果好,设计周期短,更重要的是,它是基于真实数据的科学仿真,不仅可达到一般展示的功能,而且还可以把业主带入到未来的建筑物里参观,还可展示如门的高度、窗户朝向、某时间的日照、采光的多少、样板房的自我设计、与周围环境的相互影响等。这些都是三维动画技术所无法比拟的。有关 VR 技术与三维动画技术的比较详见表 1-1。

^① 在 2003 年 12 月于日本东京举行的 ICAT'03 国际会议上,专门邀请寺庙的一位主持来讲述“虚”与“实”的辩证关系,给与会者很大的启发。

表 1-1 VR 技术与三维动画技术的比较

比较项目	VR 技术	三维动画技术
科学性 & 场景的选择性	虚拟世界由基于真实数据建立的数字模型组合而成, 严格遵循工程项目设计的要求, 属于科学仿真系统。操纵者亲身体验虚拟三维空间, 可自由选择观察路径, 有身临其境的感觉	场景画面由动画制作人员根据材料或想像直接绘制而成, 与真实的世界和数据有较大的差距, 属于演示类艺术作品。只能按预先假定的观察路径观看, 无法改变
实时交互性	操纵者可以实时感受运动带来的场景变化, 步移景异, 并可亲自布置场景, 具有双向互动的功能	只能像电影一样单向演示, 场景变化, 画面需要事先制作生成, 耗时、费力、成本较高
空间立体感	支持立体显示和三维立体声, 具有三维空间真实感	不支持
演示时间	没有时间限制, 可真实详尽地展示, 并可以在 VR 的基础上导出动画视频文件, 同样可以用于多媒体资料的制作和宣传, 性价比高	受动画制作时间限制, 无法详尽展示, 性价比低
方案应用的灵活性	在实时三维世界中, 支持方案调整、评估、管理、信息查询等功能, 适合较大型复杂工程项目的规划、设计、投标、报批、管理等需要, 同时又具有更真实和直观的多媒体演示功能	只具有简单的演示功能

1.2 虚拟现实系统的分类

近十年来, 随着计算机技术、网络技术等新技术的高速发展及应用, VR 技术发展迅速, 并呈现多样化的发展态势, 其内涵已经大大扩展。现在, VR 技术不仅指那些高档工作站、头盔式显示器等一系列昂贵设备采用的技术, 而且包括一切与其有关的具有自然交互、逼真体验的技术与方法。VR 技术的目的在于达到真实的体验和面向自然的交互, 因此, 只要是能达到上述部分目的的系统就可以称为 VR 系统。

当然更重要的是, 一般的单位或个人是不可能承受昂贵的硬件设备及相应软件的价格的。在实际应用中, 根据 VR 技术对沉浸程度的高低和交互程度的不同, 将 VR 系统划分了 4 种类型: 沉浸式 VR 系统、桌面式 VR 系统、增强式 VR 系统、分布式 VR 系统。其中桌面式 VR 系统因其技术非常简单, 需投入的成本也不高, 在实际应用中较广泛。

1.2.1 沉浸式 VR 系统

沉浸式 VR 系统如图 1-4 所示, 它提供完全沉浸的体验, 使用户有一种完全置身于虚拟世界之中的感觉。它通常采用头盔式显示器、洞穴式立体显示等设备, 把参与者的视觉、听觉和其他感觉封闭起来, 并提供一个新的、虚拟的感觉空间, 利用空间位置跟踪定位设备、数据手套、其他手控输入设备、声音设备等使得参与者产生一种完全投入并沉浸于其中的感觉, 是一