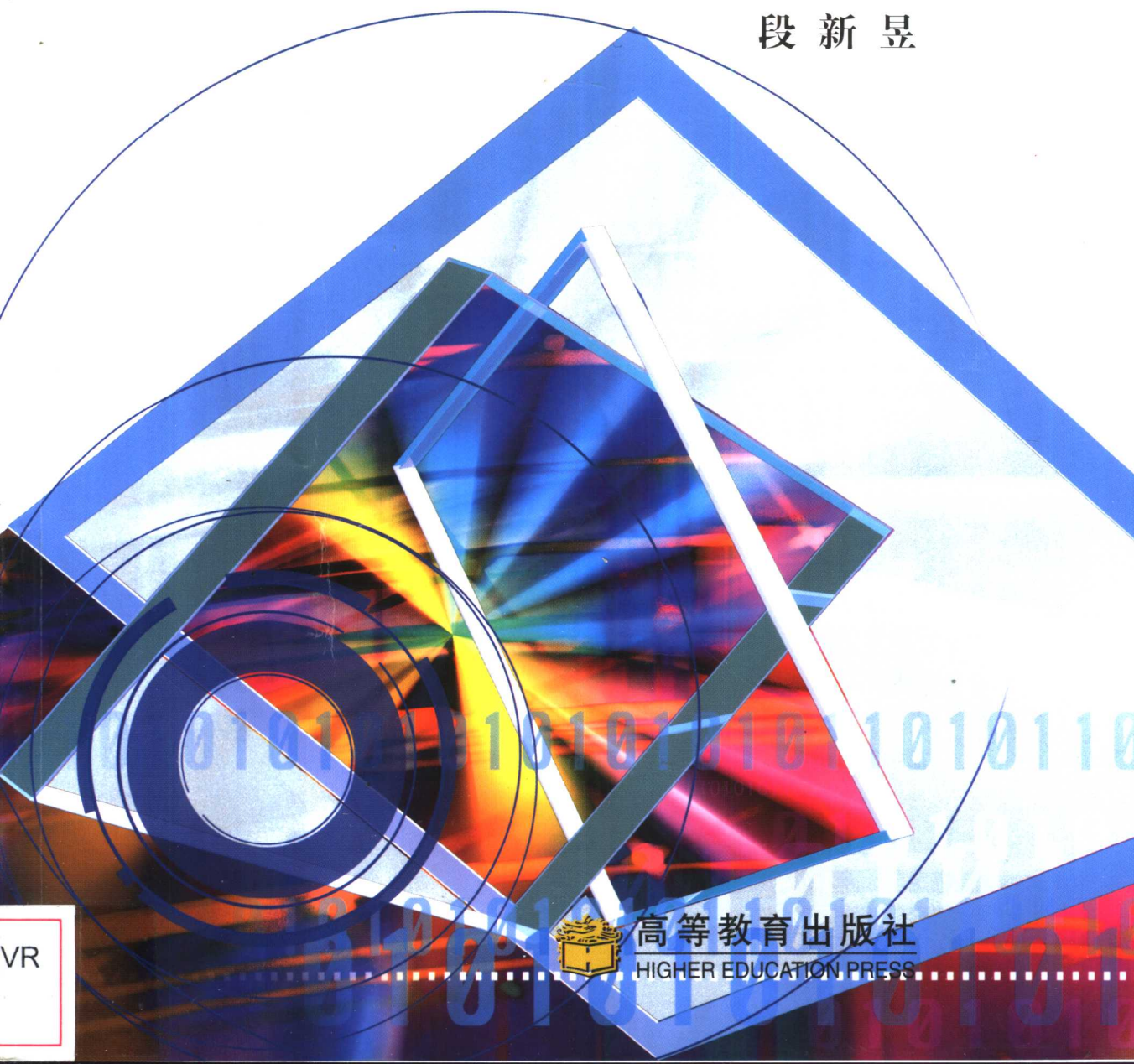


► 网络编程系列丛书

虚拟现实基础与 VRML编程

段新昱



VR



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 提 要

本书重点介绍了虚拟现实系统的基础知识以及应用 VRML 97 标准创建虚拟空间的具体方法。全书共 19 章,第 1 章介绍了虚拟现实概论,第 2 章介绍了虚拟现实硬件技术,第 3 章到第 18 章主要介绍了 WWW 上构建可共享、可交换的虚拟环境的虚拟现实建模语言 VRML 的应用方法和编程技巧,并以丰富实例相佐证,第 19 章则以多媒体虚拟教学环境和建筑起重塔吊两个大型程序为例,综合运用了本书所学习的知识和技巧。

本书的特色是将虚拟现实技术的理论基础与现实 Internet 网上的三维实际应用相结合,既不枯燥描述理论点,又使得技术的应用在理论的指导下进行。

本书内容新颖,深浅适中,既可作为大学本专科学学生学习虚拟现实技术的参考教材,也可供广大研究人员、工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实基础与 VRML 编程/段新昱. —北京:高等教育出版社,2004.3

ISBN 7-04-014639-8

I. 虚... II. 段... III. ①虚拟技术②VRML 语言 - 程序设计 IV. ①TP391②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 013910 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京未来科学技术研究所
有限责任公司印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 23.75
字 数 570 000

版 次 2004 年 3 月第 1 版
印 次 2004 年 3 月第 1 次印刷
定 价 34.40 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

目 录

第1章 虚拟现实概论 (1)	3.3 VmlPad 开发工具 (43)
1.1 虚拟现实技术 (1)	3.4 VRML 浏览器 (47)
1.1.1 虚拟现实的概念 (1)	3.4.1 VRML 浏览器概述 (47)
1.1.2 虚拟现实的发展 (4)	3.4.2 Cosmo Player 浏览器 (48)
1.1.3 虚拟现实的价值 (6)	3.5 综合实例 (50)
1.2 虚拟现实系统分类 (7)	第4章 VRML 文件 (53)
1.3 虚拟现实系统硬件组成 (9)	4.1 VRML 文件体系 (53)
1.4 虚拟现实研究内容 (12)	4.2 VRML 文件基本内容 (55)
1.4.1 虚拟现实技术 (12)	4.2.1 VRML 节点 (55)
1.4.2 虚拟现实应用 (14)	4.2.2 VRML 数据类型 (57)
1.5 增强现实与随身增强现实 (16)	4.2.3 程序注释 (59)
1.5.1 增强现实概念 (16)	4.3 VRML 空间 (59)
1.5.2 增强现实系统 (17)	4.4 VRML 关键字 (59)
1.5.3 增强现实关键技术 (18)	第5章 VRML 基本造型 (61)
1.5.4 增强现实应用领域 (19)	5.1 Shape 节点 (61)
1.5.5 随身增强现实系统 (21)	5.1.1 Shape 节点语法格式 (61)
第2章 虚拟现实硬件设备及技术 (23)	5.1.2 Appearance 节点语法格式 (61)
2.1 虚拟现实立体显示技术与设备 (23)	5.2 基本几何造型 (62)
2.1.1 立体显示原理 (23)	5.2.1 Box 节点 (62)
2.1.2 台式立体显示装置 (24)	5.2.2 Sphere 节点 (64)
2.1.3 三维显示器 (25)	5.2.3 Cylinder 节点 (64)
2.1.4 头盔式立体显示装置 (25)	5.2.4 Cone 节点 (66)
2.1.5 洞穴式立体显示装置 (26)	5.3 造型材质控制 (67)
2.1.6 响应工作台式立体显示装置 (27)	5.4 Group 编组节点 (71)
2.1.7 墙式立体显示装置 (28)	5.5 节点定义及引用 (73)
2.2 虚拟现实空间声技术 (31)	第6章 VRML 空间变换 (75)
2.3 虚拟现实跟踪技术 (32)	6.1 Transform 节点 (75)
2.3.1 跟踪器性能指标 (32)	6.2 空间坐标系平移变换 (77)
2.3.2 超声跟踪技术 (33)	6.3 空间坐标系旋转变换 (80)
2.3.3 不良跟踪后果 (34)	6.4 空间坐标系缩放变换 (87)
2.4 虚拟现实触觉反馈原理 (35)	第7章 VRML 文本造型 (94)
2.5 虚拟现实交互设备 (36)	7.1 Text 节点 (94)
2.6 数据衣服 (38)	7.2 FontStyle 节点 (97)
第3章 VRML 概述 (40)	7.3 文本造型示例 (106)
3.1 VRML 的发展 (40)	第8章 VRML 纹理映射 (111)
3.2 VRML 技术特征 (42)	8.1 基本概念 (111)
	8.2 图像纹理 (111)

8.3 像素纹理	(114)	13.5.1 Extrusion 节点	(205)
8.3.1 PixelTexture 节点	(115)	13.5.2 挤出造型建模与着色	(207)
8.3.2 材质和光源对像素纹理 的影响	(115)	第14章 VRML 动画	(217)
8.4 电影纹理	(118)	14.1 VRML 动画机制	(217)
8.5 纹理变换	(119)	14.1.1 动画基本概念	(217)
第9章 VRML 声音技术	(123)	14.1.2 事件与路由	(217)
9.1 音频节点	(123)	14.2 时间传感器	(218)
9.1.1 AudioClip 节点	(123)	14.3 动画插补器及应用	(220)
9.1.2 MovieTexture 节点	(124)	14.3.1 ColorInterpolator 节点	(221)
9.2 声音节点	(126)	14.3.2 PositionInterpolator 节点	(223)
9.3 声音技术示例	(128)	14.3.3 OrientationInterpolator 节点	(224)
第10章 VRML 光照效果	(133)	14.3.4 ScalarInterpolator 节点	(226)
10.1 光源基本概念	(133)	14.3.5 CoordinateInterpolator 节点	(228)
10.2 光源节点简介	(134)	14.3.6 NormalInterpolator 节点	(230)
10.2.1 点光源	(134)	第15章 VRML 交互功能	(235)
10.2.2 平行光源	(136)	15.1 接触传感器	(235)
10.2.3 锥光源	(138)	15.2 环境传感器	(239)
10.3 设置阴影	(142)	15.2.1 平面传感器	(239)
第11章 VRML 空间效果	(145)	15.2.2 球体传感器	(244)
11.1 虚拟空间背景	(145)	15.2.3 圆柱体传感器	(247)
11.1.1 Background 节点	(145)	15.3 感知传感器	(249)
11.1.2 空间背景示例	(147)	15.3.1 可视传感器	(250)
11.2 虚拟大气效果	(149)	15.3.2 接近传感器	(253)
11.2.1 Fog 节点	(150)	15.4 碰撞编组	(257)
11.2.2 大气效果示例	(150)	15.4.1 Collision 节点	(257)
第12章 VRML 视点与导航	(156)	15.4.2 关于碰撞感知	(258)
12.1 视点控制	(156)	第16章 VRML 脚本设计	(264)
12.2 导航控制	(164)	16.1 Script 节点	(264)
第13章 VRML 复杂造型	(169)	16.2 Script 节点应用	(265)
13.1 几何点造型	(169)	16.2.1 处理事件	(265)
13.1.1 PointSet 节点	(169)	16.2.2 控制动画	(270)
13.1.2 点造型建模与着色	(170)	第17章 VRML 其他节点	(278)
13.2 几何线造型	(173)	17.1 内联编组	(278)
13.2.1 IndexedLineSet 节点	(173)	17.2 开关编组	(279)
13.2.2 线造型建模与着色	(174)	17.3 布告牌编组	(281)
13.3 几何面造型	(182)	17.4 细节层次编组	(284)
13.3.1 IndexedFaceSet 节点	(183)	17.5 锚链编组	(288)
13.3.2 面造型建模与着色	(186)	17.6 WorldInfo 节点	(300)
13.4 地形标高造型	(197)	第18章 原型及其应用	(301)
13.4.1 ElevationGrid 节点	(197)	18.1 理解原型	(301)
13.4.2 标高造型建模与着色	(199)	18.2 PROTO 语句及应用	(301)
13.5 工业挤出造型	(205)	18.2.1 PROTO 语法形式	(301)
		18.2.2 PROTO 语句	(302)

18.2.3 内部原型引用	(303)	附录	(365)
18.2.4 内部原型示例	(303)	附录1 VRML 97 造型节点一览	(365)
18.3 EXTERNPROTO 语句及应用	(311)	附录2 VRML 97 传感节点一览	(367)
第19章 综合举例	(313)	附录3 VRML 97 编组节点一览	(368)
19.1 虚拟教学环境	(313)	参考文献及参考网站	(369)
19.2 建筑起重塔吊	(348)		

第 1 章 虚拟现实概论

虚拟现实技术与多媒体技术、网络技术是 21 世纪三大最具发展潜力的计算机应用技术。作为利用计算机生成的虚拟环境进行交互和仿真的一种手段,人们将虚拟现实看做是仅次于互联网的改变世界未来的重要技术。虽然虚拟现实目前仍存在诸多尚待解决的理论问题和尚待克服的技术障碍,对于人类生活所产生的影响也不过初显端倪,但可预见,在未来,虚拟现实技术必将对人类的生产和生活产生举足轻重的促进作用。

1.1 虚拟现实技术

1.1.1 虚拟现实的概念

虚拟现实(Virtual Reality, VR)是由美国 VPL 公司的 Jaron Lanier 在 1989 年创造的一个新词。它通常是指采用头盔显示器、数据手套等一系列新型交互设备构造出的用以体验或感知虚拟境界的一种计算机软、硬件环境,用户使用这些高级设备以自然的技能(如头的转动、身体的运动以及人类自然语言等)向计算机发送各种指令,并得到环境对用户视觉、听觉、触觉等多种感官信息的实时反馈。

世界上首个具有虚拟现实思想的装置是由 Morton Heilig 在 1962 年研制成功的,它是一种被称之为 Sensorma 的具有多种感官刺激的全景式立体电影设备。该设备主要由三维视频(由一对并排的 35mm 摄像机同时拍摄)组成,并具有立体声功能,能产生不同气味,能产生自然风的吹拂,座椅还可以随剧情变化而振动。所有这一切都使电影观看者真实体验到骑摩托车漫游纽约市区,看见高楼,听到鸟语,闻到花香,和风拂面以及不时颠簸所带来的神奇感受。

虚拟现实在很大程度上基于计算机图形学技术发展而来。计算机图形学的任务是在计算机上生成看起来像真的、动起来像真的图像,而用户通过显示器(犹如透过一扇窗户)观看由计算机生成的图像所构造出的世界景象(World Through a Window),如图 1.1 所示。



图 1.1 用计算机图形技术生成的图像

1965 年,计算机图形学的奠基者 Ivan Sutherland 博士发表“The Ultimate Display”一文,提

出了一种全新的图形显示技术。论文中提出能否不透过窗户,而使观察者直接沉浸在计算机控制下的虚拟境界之中,就如同人类日常生活在真实世界中一样:观察者可以自然地转动头部和身体即可改变视点(View Point),所看到的场景(Scene)即计算机生成的虚拟境界也将实时地发生变化;观察者还可以以自然的方式直接与虚拟境界中的对象进行交互操作,例如触摸、感知,甚至聆听虚拟境界的三维空间声。

关于虚拟现实概念可以概括为 3 个方面:真实性、沉浸性和交互性。

(1) 真实性是指由计算机生成看起来像真的、听起来像真的、触摸起来像真的的虚拟境界,该境界同时还可以向介入者(即用户)提供视觉、听觉、触觉等多种人类具有的感官刺激。

(2) 沉浸性是指计算机控制下的虚拟境界应给人一种身临其境的沉浸感。

(3) 交互性是指人能以纯自然方式与虚拟境界中的对象进行交互操作,即不使用鼠标、键盘等常规设备,而要求使用手势、体势、人类语言等自然方式进行交互操作。

能够满足这些要求的系统称之为虚拟现实系统,构建此系统所需要的各种软、硬件技术被定义为虚拟现实技术。虚拟现实技术是要创建一个酷似客观环境又超越客观时空、既能沉浸其中又能驾驭其上的和谐的人机交互环境,也就是一个由多维信息所构造的可操纵的立体空间,其主要目标是实现人类在计算机控制的虚拟环境中获得最真实体验,且以方便自然的方式进行人与环境之间的交互,如图 1.2 所示。



图 1.2 虚拟体验

理论上,可以将虚拟现实简明定义为:由计算机及其他软、硬件技术生成的,给人多种感官刺激的虚拟境界(Virtual Environment, VE, 又称之为虚拟环境),是一种高级的自然人机交互系统。

关于该简明定义,应注意以下 3 点:

(1) 多种感官刺激,见表 1.1。

表 1.1 虚拟现实要求的各种感官刺激及其装置

感官刺激	说 明	装 置
视觉	感知可见光	图像生成系统,光学系统,显示屏
听觉	感知声波	计算机控制的声音合成器,耳机或喇叭
嗅觉	感知空气中的化学成分	气味传递装置
味觉	感知液体中的化学成分	未实现
触觉	以皮肤感知的触摸、温度、压力、纹理等	触觉传感器(感知弱力、温度或纹理变化)
力觉	以肌肉、关节、肌腱感知的力	中到强的力反馈装置

续表

感官刺激	说 明	装 置
身体感觉	感知肢体或身躯的位置和角度变化	数据衣服
前庭感觉	平衡感知,由内耳感知头部的线性加速度和角加速度	动平台

表 1.1 所列的感官刺激中,理论上包括了嗅觉和味觉,事实上至今虚拟现实真正能投入实际应用的传感技术仍局限于视、听和力(触)3 种感官刺激。

(2) 虚拟现实本质上是一种人机交互系统,而且是一种高级的人机交互系统(因为要求以纯自然的方式交互,且对多通道信息进行)。

(3) 定义没有特别强调沉浸感,隐含表明虚拟现实可分为“沉浸式”和“非沉浸式”两种。对沉浸式系统要求采用完全自然方式进行交互操作,对非沉浸式系统则允许采用常规交互设备进行控制。两种境界所使用的成像系统以及对其他设备的要求也不尽相同。

所谓沉浸感的获得,不仅要求用户只能看到计算机生成的场景,而看不到其所处的环境,更重要的是要使介入者所看到的、听到的和触摸到的虚拟对象都完全真实可信,即与用户长期生活所积累的经验 and 理解相一致,否则将导致“运动病”的产生,这是一个非常高且不容易达到的要求。

显然,目前的虚拟技术与真正的“虚拟现实”还有相当大的距离,一方面网络的传输速度还远不能满足视频信息的实时传输和海量信息的数据交换;另一方面虚拟现实所使用的各种软、硬件设备和技术目前还处于初级发展阶段,远未达到实用和普及的程度;此外,还有信号延时所造成的交互操作的非实时性以及三维空间定位困难有悖于人的自身经验等突出问题。

如何看待这一现象?一种是退而求其次,即不强调高度的真实感、沉浸感、交互的实时性,也不再强调自然方式的交互,一句话不再追求所谓的“虚拟现实”。根据这一思想发展出许多简化了的虚拟现实系统,如台式虚拟现实系统(Desktop PC Based VR System)、响应式工作台虚拟现实系统(Responsive Work Bench Based VR System, RWB Based VR System)以及增强现实系统(Augmented Reality System)等如图 1.3 所示。另一种则认为是对“虚拟现实”这一术语选择不当,误导了人们的认识,因此许多学者建议使用“虚拟环境”替代“虚拟现实”,以正视听。



图 1.3 随身增强现实计算系统

1.1.2 虚拟现实的发展

1962 年 Morton Heilig 研制成功首台全传感仿真系统 Sensorma。

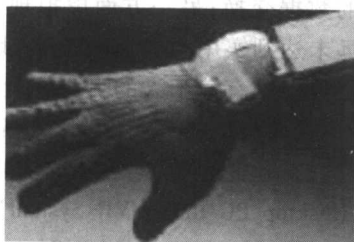
1965 年 Sutherland 博士提出 Ultimate Display(终极显示)概念。

1968 年 Sutherland 首次研制成功头盔式显示器(Head Mounted Display,HMD)。HMD 具有以下主要特征:双阴极射线管(CRT)成像设备,可显示立体图像;头部位置跟踪功能,可根据观察者的视线方向调整计算机生成的环境;采用光学透视式头盔显示器(See Through HMD),使计算机生成的虚拟对象与真实世界相叠加,是增强现实(Augmented Reality,AR)技术的雏形。

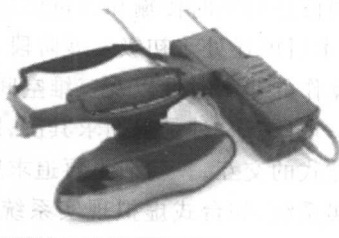
20 世纪 70 年代中期美军战斗机飞行模拟器研制成功,仅头盔显示器就价值数百万美元,其屏幕显示内容主要包括:窗外场景、敌友识别符、攻击目标信息、威胁信息(如地面导弹基地位置)以及优化的飞行路线等。

20 世纪 80 年代中期,美国 NASA 研制成功应用于载人航天使用的(Virtual Interactive Environment Workstation,VIEW)系统,VIEW 系统具有以下特征:头部安装有跟踪器、单色宽视场立体头盔式显示器、语音识别器、三维声音输出装置以及带有跟踪器的数据手套等。VIEW 系统配置已成为当今虚拟现实系统的典型配置。

20 世纪 90 年代,VR 的研究热潮开始向民用高科技企业转移。研究出第一套数据手套的 Jaron Lanier 成为销售 VR 产品的第一家商业公司 VPL 的总裁,该公司销售的第一套数据手套被命名为 DataGloves,如图 1.4(a)所示;第一套 HMD 被命名为 EyePhones,如图 1.4(b)所示。



(a) DataGloves



(b) EyePhones

图 1.4 虚拟现实设备

20 世纪 90 年代中期,标准化的虚拟现实建模语言 VRML 为在 Internet 上构建可共享、可交换的 WWW(World Wide Web,万维网)虚拟环境奠定了良好基础。随着技术的进步,VRML 本身也由早期的 VRML 1.0 发展到 VRML 2.0,再发展为 VRML 97 国际标准,直至目前的 X3D 规范。图 1.5 所示为使用 VRML 生成的虚拟场景。

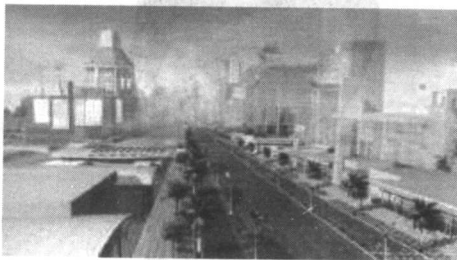


图 1.5 VRML 虚拟的场景

X3D 由 4 部分组成:结构和基本组件、应用程序接口、XML 编码及 VRML 97 编码。它融合了 VRML 97 和 XML 等技术,在可视化及交互、接口等方面都提出了改进机制。XML 是新出现的具有强大生命力的网络通用语言规范,它本身所具有的良好数据存储格式、可扩展性、高度结构化、便于网络传输等特点,决定了其卓越的性能表现,使其成为未来网络开发的通用语言。XML 技术在虚拟现实中的应用必将大大加快基于 Web 的 VR 技术发展的进程,例如 Viewpoint 公司基于 XML 的 Viewpoint 技术,由于 XML 在网络上的巨大优势和光明前景,势必给 Viewpoint 技术带来巨大发展空间。

目前,虚拟现实系统已由单机系统发展到分布式虚拟现实系统,进一步还要发展到支持协同工作的分布式虚拟现实系统,即由过去只支持多用户共享(如图 1.6 所示),发展到需要支持以多人相互感知、协同操作等为目的的协同感知领域。若要让异地的多个用户协同工作,共同生存于一个虚拟协同空间,则所有用户当前所获得的信息必须保持一致;同时一个用户应能感知其他用户的工作状态,并与之进行交流。协同感知还必须充分考虑系统可能出现的冲突,并提供解决冲突的具体方法,如图 1.7 所示。

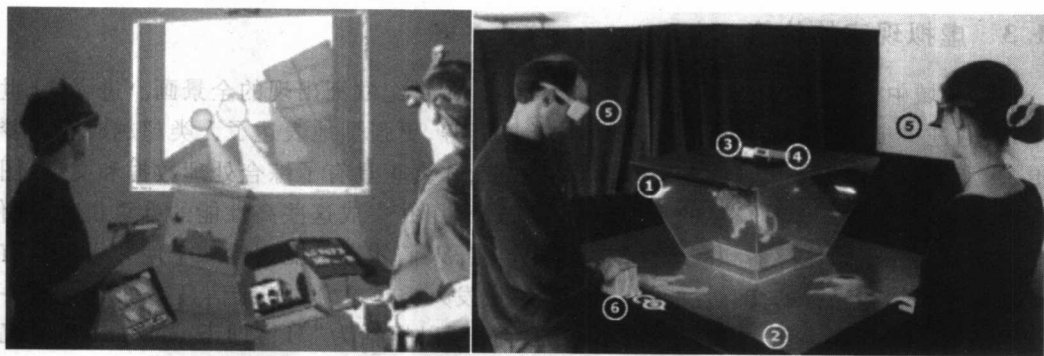


图 1.6 多用户共享

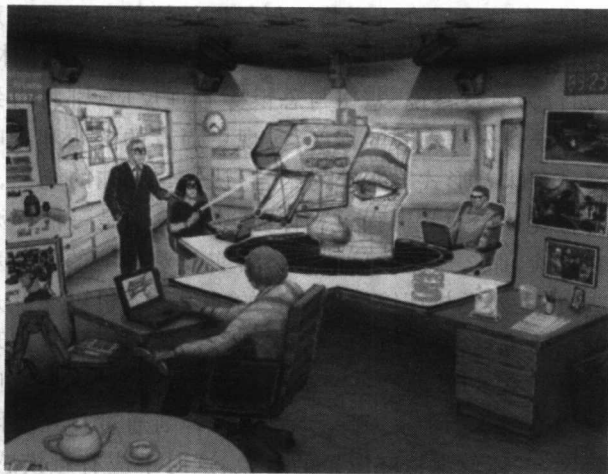


图 1.7 分布式协同感知

经过多年的发展,虚拟现实技术已取得了长足进步,并在娱乐、工程、科学计算、军事等领

域得到广泛应用,但虚拟技术要想达到真正让人“身临其境”的效果,还需要克服几个瓶颈问题:

(1) 视觉真实感和实时化问题,现行计算机的光栅模型还存在不足,难以满足人类视觉的苛刻需求,而人对环境的感觉有 70% 来自视觉。在视觉实时化方面,由于基础算法的问题,还不能同时满足虚拟显示速度和图像质量的双重需求。

(2) 听觉感知问题,听觉作为人类感受环境的重要工具,逐渐成为虚拟现实研究的重要对象。由于声音在空间传播时,存在非常复杂的反射、衍射等现象,处理方法上甚至比图形计算更复杂。

(3) 交互性问题,为了最终让用户能够切身感受到虚拟对象的存在,还需在交互性方面进行深入探讨,例如带有力反馈系统的数据手套等类似设备的开发和研制。

虚拟现实技术未来的发展,一方面将解决使用者在虚拟空间中的实体感觉问题,也就是如何将虚拟行为与使用者的实际生理感觉充分结合;另一方面则是如何建设虚拟环境,包括虚拟生物的人工智能行为、自我生长与繁衍行为等,其理想是使虚拟环境进一步自然化、智能化。

1.1.3 虚拟现实的价值

视觉领域中,虚拟现实技术的渊源可以追溯到 18 世纪欧洲出现的全景画。进入 20 世纪以来,人们进一步发展出全景式电影、创建体验剧场等,更强烈地表达了人类超越时空的梦想和追求。直至 20 世纪末出现的多媒体计算机系统,才真正具有了综合处理数据和文字、图形和图像、音频和视频等多种信息的完善功能。通过利用并集成这些高性能的计算机软、硬件,并使之与各类先进的传感器和高级外围设备相连接,人们才有可能创建一个使介入者具有身临其境的沉浸感和完善的交互性能,并能帮助和启发人类想象力的三维信息空间,即创建一个比较完备的虚拟现实系统。该系统最本质的特征可以概括为“3I”,即 Immersion(环境沉浸感)、Interaction(人机可交互)和 Imagination(空间想象力)。

如上所述,环境沉浸感是指介入者作为主体存在于虚拟环境中所感受到的真实程度,也可以通俗地理解为“身临其境”,这表示介入者将不仅仅以敏锐的双眼和聪慧的大脑感知虚拟环境,更是要以完整的生物个体融入虚拟系统。通过这种融入,作为生物体的各种生理活动,如视觉、听觉和触觉等感知行为以及喜悦、悲伤与恐惧等心理反应,都将得到充分表达。理想的虚拟环境应能达到使用户难以分辨真假的程度,实现更逼真的照明和音响效果等。从这种意义上看,沉浸意味着体验,意味着形式与逻辑的结合、认知与感知的统一,意味着“可传而不可授,可得而不可见”的个性化体验过程。而这种体验,本质上则是一种特殊的人类实践。

如果说沉浸意味着体验,那么体验的目的终将落实于对环境的操作和改造。这种基于沉浸式体验的操作和改造,正是人类与环境发生交互的过程。人机可交互是指用户对环境内的对象的可操作程度以及从环境得到的反馈等自然属性。具体地说,虚拟现实作为一种封闭的回路系统,虚拟环境将生成的用以仿真现实世界的图像、音响乃至触觉、嗅觉等信息作用于人的感官,并通过传感器跟踪测试人的行动和反应;介入者则通过交互实际感知并响应虚拟环境。例如,用户可以用手尝试抓取虚拟环境中的对象,这时手应有触摸感,并可以感觉对象的重量,场景中被抓的对象应立刻随着手的移动而发生运动,如图 1.8 所示。在接受虚拟环境提供的各种感官信息的同时,人类基于过去的经验、现时的体验以及虚拟系统的输出,经过判断和决策而对环境进行操纵和控制,由此改变了介入者仅仅作为单纯接受者的被动状态。尽管

从目前来看,交互技术距离人类的现实理想还有很大差距,但初步的实验结果仍是令人鼓舞的。这表明虚拟现实技术的进一步发展将会创造一个更加和谐的人机环境。

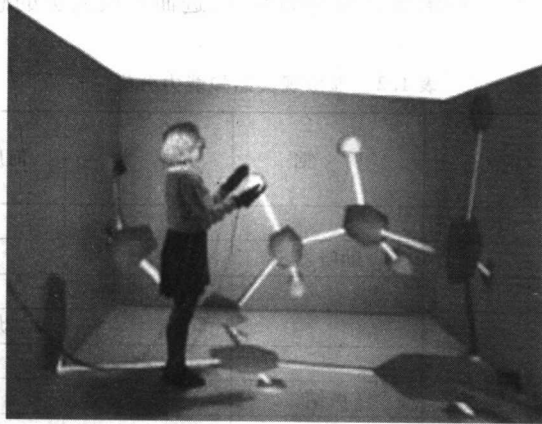


图 1.8 人与虚拟环境交互(数据手套)

虚拟现实 中人与虚拟环境的交互,本质上意味着它不是预成的而是生成的、不是因循的而是创新的,空间想象力所要表达的正是虚拟现实的这一秉性。如果说沉浸是使人具有真实感并获得体验的根本,交互是实现人机和谐的关键,那么空间想象力则是辅助人类进行创造性思维、充分发挥主观能动性的基础。可以说,环境沉浸感、人机可交互以及空间想象力的有机结合,使虚拟现实技术达到了一个更高的层次,成为了富有创新内涵的高级认知工具。

1.2 虚拟现实系统分类

1. 按时空概念分类

虚拟现实中的时间和空间有两个概念:由传感器测得的真实世界的时间和空间概念以及沉浸在虚拟境界中的人所感知的时间和空间概念。

理论上,可以将上述两种时空概念归纳为 3 类:对准的(Aligned)、有偏移的(Displaced)和经缩放的(Scaled)。所谓两种时空坐标是对准的,意味着实时性以及在空间上是对准的;两种时空坐标有偏移,意味着时间上含有因某种录制过程造成延时以及空间上因存在某种远程对象而含有位移;两种时空坐标是经缩放的,则意味着存在某种加速或减速(时间概念)、放大或缩小(空间概念)。若两种时空坐标是经缩放的,则不可能再出现两者是对准的情况,除非两者的缩放因子恰好相同。

2. 按传感器与人的感官分类

划分该分类方法的出发点是进一步考察人类在多感觉通道内以及在多感觉通道之间的感知能力,见表 1.2 所示。

在这里,横向分类轴代表人的感觉通道,纵向分类轴代表可以被感知的物理现象。表中位于纵横交叉点上的内容表示人类固有的感觉能力借以感知相关物理现象的传感设备(仅用于示例),如放大镜位于人的视觉与可见光的交叉点上,助听器位于人的听觉与声音的交叉点上

等,而位于交叉点上没有标示的空块则提示人类一系列未曾考虑的,或无直接经验的课题,例如:气味看起来像什么?声音能看得到吗?声音闻起来是什么气味?等等。所有这些,说明分类方法本身能引导人类思考一些未知和有趣的问题,进而扩展人类的感知领域。

表 1.2 虚拟现实感知能力分类

感 觉 通 道	视 觉	听 觉	触 觉	前庭器官	嗅觉或味觉
物 理 现 象					
可见光	放大镜				
声音		助听器			
力			遥现技术		
惯性变化				动平台	
化学成分					气味放大器
超声波	医学超声图像	声纳			
无线电波	射电望远镜	收音机			
红外线	夜视仪				
X 射线	荧光仪				
磁场	指南针				
辐射		盖革计数器			

注:遥现技术(Telepresence Technology)是不包含虚拟境界,仅包含真实世界模型的人机交互系统。

3. 按隔离与融合分类

隔离是指计算机所生成的虚拟境界被人所感知时与人所处的真实世界相互隔离,即用户既看不到真实世界场景、也听不到真实世界声音,完全被虚拟环境所封闭,该类系统即称为沉浸式虚拟现实系统。

融合是指计算机所生成的虚拟境界可以直接叠加在人所能感知的真实世界之上,即虚拟境界(由计算机生成)直接与人看到的真实世界叠加(融合)在一起,该类系统近年来被称之为增强现实系统。特别当虚拟境界与真实世界在空间上对准时,此类增强现实系统具有广泛的实际应用前景,例如在培训领域,技术工人面对不熟悉的仪表或零部件时,可以通过调用计算机生成的虚拟模型叠加在真实部件之上以提示进一步操作,如图 1.9 所示;在旅游行业,旅游者头戴透视式头盔显示器漫步在异国古迹前,通过 GPS(Global Positioning System)定位来调用

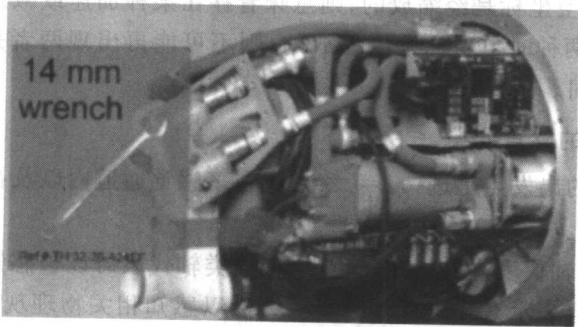


图 1.9 虚拟设备模型

面前的古迹资料,并直接将资料显示(叠加)在所看到的真实世界场景之上,如图 1.10 所示。

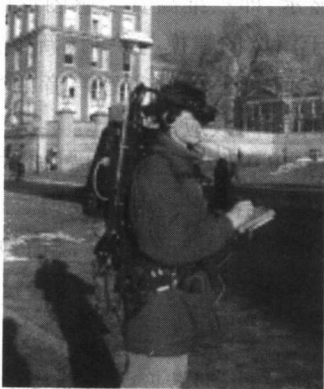


图 1.10 增强现实旅游

1.3 虚拟现实系统硬件组成

虚拟现实系统的硬件由 4 部分组成:虚拟境界生成设备(三维高真实感场景的生成与显示在虚拟系统中具有重要的地位)、感知设备(生成多通道刺激信号的设备)、跟踪设备(检测人在虚拟境界中的位置及朝向的设备)和基于自然方式的人与环境交互设备。

1. 虚拟境界生成设备

虚拟境界生成设备可以是一台或多台高性能计算机,通常又可分为:基于高性能个人计算机、基于高性能图形工作站和基于分布式异构计算机的虚拟现实系统三大类。后两类一般用于沉浸式虚拟系统,而基于个人计算机的系统通常为非沉浸式系统。

虚拟现实系统对于计算机硬件的图形处理性能要求较高。由于在虚拟应用中所涉及到的仿真对象的图形结构非常复杂,而且系统还需具备实时的图形反应速度,这不仅涉及到主体视角的变化,而且复杂的周边环境也将随之发生变化。图 1.11 所示为一台 SGI 公司的 Onyx 高性能图形计算机。



图 1.11 SGI Onyx 高性能图形计算机系统

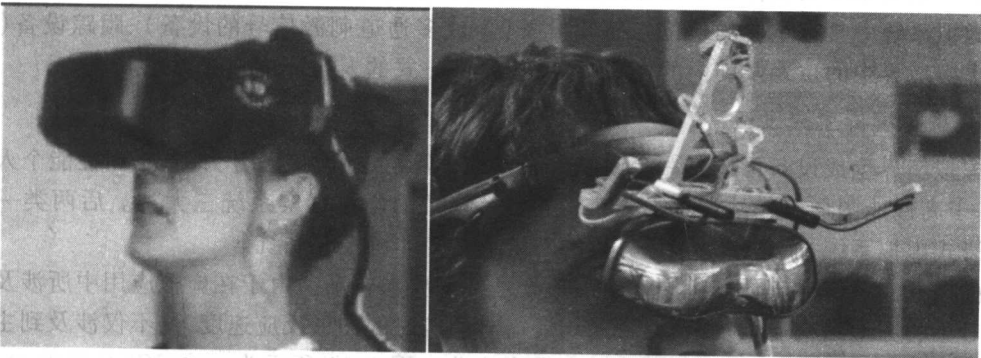
虚拟境界生成设备的主要功能如下：

- (1) 视觉通道信号的生成与显示,即三维高真实感图形的建模与实时绘制,包括基于几何的建模与绘制(传统方式)以及基于图像的建模与绘制(新生方式)两种方法。
- (2) 听觉通道信号的生成与展示,即三维真实感声音的生成与播放。所谓三维真实感声音是具有动态方位感、距离感和三维空间效应的声音。
- (3) 触觉与力觉通道信号,包括以皮肤感知的触摸、温度、压力、纹理信号(大部分没有实现)以及以肌肉、关节、肌腱等感知的力信号的建模与反馈。
- (4) 支持实时人机交互操作,包括三维空间定位、碰撞检测、语音识别以及人与环境实时对话功能。

2. 感知设备

感知设备是指将虚拟境界各类感知模型转变为人能接受的多通道刺激信号的设备。理论上应包括视、听、触(力)、嗅、味多通道,到目前为止,相对成熟的仅有视、听、力 3 个通道。

(1) 视觉感知设备 如立体宽视场显示设备,又可分为沉浸式和非沉浸式,见表 1.3。沉浸式包括头盔显示器(如图 1.12 所示)和洞穴式显示装置。立体显示装置是虚拟现实系统最具特色的硬件组成之一,这不仅由虚拟现实视觉建模的重要性所决定,同时也由虚拟现实的目标——让用户沉浸在虚拟境界之中的特殊性所决定。



(a) 封闭式 HMD

(b) 透视式 HMD

图 1.12 头盔显示器

(2) 听觉感知设备 三维真实感声音的播放设备,如耳机、双扬声器组或多扬声器组。通常由专用声卡将单通道声源信号处理成具有双耳效应的真实感声音。

表 1.3 虚拟现实系统常用立体显示设备

沉浸式显示设备	头盔显示器(HMD)	封闭式 HMD
		透视式 HMD
	洞穴式(CAVE)显示装置	三面 CAVE
		四面 CAVE
		五面 CAVE
		六面 CAVE

续表

非沉浸式显示设备	三维显示器	拼接式
		单一台式
	台式显示装置	有源立体眼镜
		无源立体眼镜
	墙式显示装置	平面宽屏幕
		柱面幕墙
		360°全景图式
	响应式工作台 (RWB)	单显示屏
		双显示屏

注:CAVE(Computer Automatic Virtual Environment)立体显示装置是可以让几个用户同时沉浸在同一个虚拟境界之中进行协同工作的视觉感知、交互设备。

(3) 触觉(力觉)感知设备 触觉和力觉实际上是两种不同的感觉,触觉首先应包括一般的接触感,进一步应包含触摸到的材料的质感(如布料、海绵、橡胶、木材、金属、石料等)、纹理感(平滑或粗糙)以及温度感。但迄今为止,触觉反馈装置仅能提供最基本的“触到了”的感觉,还无法提供如材质、纹理、温度等感觉。对力觉感知设备而言则要求能反馈力的大小和作用方向,与触觉装置相比,力反馈装置相对较成熟一些。

3. 跟踪设备

跟踪设备是用于跟踪并检测用户位置和朝向的装置(如图 1.13 所示),用于虚拟现实系统中基于自然方式的人机交互操作,例如,基于手势、体势(姿态语言)、眼势(视线方向)等方式的操作。同时,对于系统中的立体显示装置以及空间声播放装置,也需要获得有关用户视点位置、视线方向以及双耳位置和朝向等信息,以便生成正确的虚拟场景和空间声,所有这些技术都需要使用跟踪设备。



图 1.13 虚拟现实跟踪设备

跟踪设备一般都由一个或多个信号发射器以及多个接受器组成。发射器安装在虚拟系统中的某个固定位置,接受器则安装在被跟踪部位,如安装在头部以跟踪视线方向,安装在手部以跟踪数据手套的位置及朝向;若将多个接受器安装在贴身衣服的各个关节部位上(数据衣服),还可记录人体各个活动关节的位置。

4. 人与环境交互设备

一般计算机所使用的交互设备包括键盘、鼠标、操纵杆等,而虚拟现实系统所使用的交互

设备包括应用手势、体势(如图 1.14 所示)、眼势以及自然语言的人机交互设备,常见的有数据手套、数据衣服、眼球跟踪器以及语音综合识别装置等,见表 1.4。

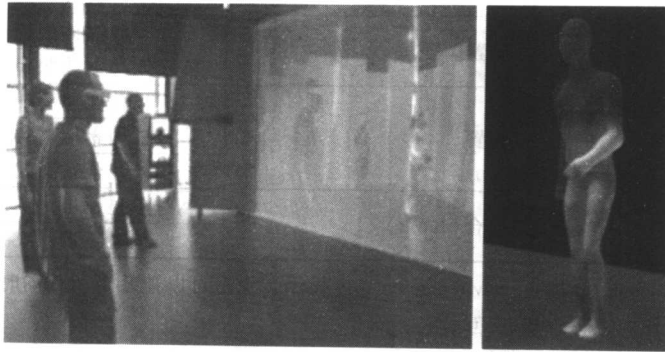


图 1.14 人与环境中的替身进行交互(体势交互)

表 1.4 虚拟现实系统各种动作与检测装置

用户动作	检测装置
头部运动	带跟踪系统的 HMD 或立体眼镜
肢体或躯体运动	数据衣服、空间球、三维探针、跟踪装置
手指动作	数据手套、三维操纵杆、三维鼠标、键盘
眼球运动	眼球跟踪器
语言	语音识别装置
力	带力传感器的力反馈装置

1.4 虚拟现实研究内容

虚拟现实的研究内容大致可分为:虚拟现实技术及虚拟现实应用两大类。

1.4.1 虚拟现实技术

1. 人机自然交互技术

该项技术经过长期研究,目前仍然很不成熟。使用较普遍的有:基于手势和姿态、基于自然语言理解、三维抓取和指点以及三维导航等交互技术。可使用的交互硬件还十分有限,主要存在的问题是:操作不便、实时性差、定位和定向困难、精度低等。基于自然语言理解的装置应是最理想的人机交互技术,然而今天能投入实际应用的仅仅是有限词汇组成的有限命令识别器。

2. 基于图形学的研究

基于几何的计算机图形学一直是虚拟现实视觉建模的最基本方法,它对硬件的计算能力和图形加速性能都有非常高的要求。由于图形建模三维场景的真实感是建立在对造型表面材质的光照模型基础上的,其阴影和纹理要在基于某种光照模型的计算下,通过硬件绘制(Hardware Rendering),并配以图形加速(Graphics Accelerating)性能才能显示出来。这在场景较为复杂的情况下,将会因计算量大而使用户与虚拟场景无法实时交互,用户对场景中虚拟对象的