

本书获浙江建设职业技术学院教师专著出版基金资助

虚拟现实技术及应用研究

——在建筑行业中的应用

XUNI XIANSHI JISHU

JI YINGYONG YANJIU

——ZAI JIANZHU HANGYEZHONG DE YINGYONG

赵筱斌◎著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

本书获浙江建设职业技术学院教师专著出版基金资助

虚拟现实技术及应用研究

——在建筑行业中的应用

XUNI XIANSHI JISHU
JI YINGYONG YANJIU
——ZAI JIANZHU HANGYEZHONG DE YINGYONG



内 容 提 要

本书对虚拟现实技术及应用进行了研究。主要内容包括虚拟现实技术的基本概念、特征、分类及研究现状等,虚拟现实系统的硬件设备,虚拟现实系统的关键技术,Web3D、全景与 Cult3D 等技术,VRML 虚拟现实建模语言,虚拟现实技术在建筑行业中应用及前景分析等。本书汇集一系列的虚拟现实相关技术,同时紧密联系当前虚拟现实领域已取得的最新成果,并提供了大量的应用实例,具有较高的学术水平,可以作为研究人员的参考手册。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实技术及应用研究:在建筑行业中的应用/
赵筱斌著. --北京:中国水利水电出版社,2014. 6
ISBN 978-7-5170-1985-5

I. ①虚… II. ①赵… III. ①数字技术—应用—建筑
学—研究 IV. ①TU17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 096103 号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:杨元泓 封面设计:马静静

书 名	虚拟现实技术及应用研究:在建筑行业中的应用
作 者	赵筱斌 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址:www. waterpub. com. cn E-mail:mchannel@263. net(万水) sales@waterpub. com. cn
经 售	电话:(010)68367658(发行部)、82562819(万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京鑫海胜蓝数码科技有限公司
印 刷	三河市天润建兴印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 12.5 印张 151 千字
版 次	2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	38.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

虚拟现实技术是在计算机图形学、多媒体技术、计算机仿真技术、通信技术等众多信息技术基础上发展起来的一门跨学科、多层次、多功能的高新技术。它能提供给用户隐藏在数据背后的信息,能对客观世界进行可视化的表达和模拟,带给人们身临其境的真实感受,为人机交互和仿真系统的发展开辟了新的科学研究领域,为智能工程的应用提供了新的界面工具。可以预见,在不久的将来,虚拟现实技术必将带来新的技术革命。

随着计算机硬件技术的飞速发展,虚拟现实技术取得了长足进步,其应用出现了全新的局面。它突破了在传统的军事和空间开发等方面的应用,逐步渗透到科学计算机可视化、建筑设计漫游、产品设计,以及教育、培训、工业、医疗和娱乐等领域,受到更多人的关注。基于此,作者立足于理论,并配以具体的应用案例,力图反映虚拟现实技术的最新发展。虚拟现实技术是一项值得关注的重要技术,今后将会对我们的工作、学习、生活带来更加巨大的冲击。

利用虚拟现实技术开发应用系统的关键在于确立开发目标、选择系统软硬件环境、建立虚拟场景、设计与实现场景交互功能等。本书共计 6 章,以其在建筑行业中的应用为例,对虚拟现实技术进行了研究。第 1 章介绍了虚拟现实技术的基本概念、特征、分类及研究现状等。第 2 章阐述了虚拟现实系统的硬件设备,包括输入设备、输出设备、生成设备等。第 3 章是对虚拟现实系统的关键技术探析。第 4 章重点讨论了 Web3D、全景与 Cult3D 等技术。第 5 章研究的是 VRML 虚拟现实建模语言。第

6章结合具体案例探讨了虚拟现实技术在建设行业中的应用,并就其发展前景进行了分析。作者在高校长期从事虚拟现实的教育工作和虚拟现实相关的项目开发,书中内容包括作者所发表论文及相关硕士论文的研究内容,也收录了作者正在进行的浙江省教育厅科研项目《浙江省美丽乡村三维虚拟仿真公共服务平台设计与开发》中所取得的研究成果。面向不同领域不同对象的虚拟现实系统的开发在方式、方法上有一定的相似性、重复性和可借鉴性。希望读者能够从本书中有所收获。

本书的写作集合了作者及虚拟现实技术界其他学者的研究成果及大量实践经验,同时还得到了单位领导的大力支持,在这里表示诚挚的谢意。虚拟现实技术正处于不断发展之中,涉及的领域和技术非常广泛,加之作者水平有限,书中难免存在疏漏或错误之处,还请各专家、学者予以指正。

作者

2014年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 虚拟现实技术概述	1
1.2 虚拟现实技术的特征	4
1.3 虚拟现实系统的分类	7
1.4 虚拟现实技术的研究现状	12
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设备	19
2.2 虚拟现实系统的输出设备	30
2.3 虚拟现实生成设备	53
第 3 章 虚拟现实系统的关键技术探析	61
3.1 建模技术	61
3.2 真实感实时绘制技术	71
3.3 三维虚拟声音技术	76
3.4 人机自然交互技术	79
3.5 实时碰撞检测技术	84
第 4 章 Web3D、全景与 Cult3D 等技术	95
4.1 Web3D 技术	95
4.2 全景技术	103
4.3 Cult3D 技术	115

4.4	VRP 技术	119
4.5	Unity3D 技术	121
第 5 章	VRML 虚拟现实建模语言研究	141
5.1	VRML 概述	141
5.2	VRML 的语法基础	146
5.3	VRML 场景的编辑与浏览	153
5.4	VRML 程序的优化	158
5.5	X3D	163
第 6 章	虚拟现实技术在建筑行业中应用及前景分析	172
6.1	虚拟现实技术的应用领域	172
6.2	虚拟现实技术的发展前景	193
参考文献	194

第 1 章 绪 论

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术是 20 世纪末逐渐兴起的一门综合性信息技术,是未来计算机领域最重要的技术之一。它在房地产、军事、医学、设计、艺术、娱乐、考古等诸多领域逐渐得到广泛的应用,为社会带来巨大的经济效益。

1.1 虚拟现实技术概述

1.1.1 虚拟现实技术的基本概念

虚拟现实是美国 VPL Research 公司创始人之一拉尼尔 Jaron Lanier 于 20 世纪 80 年代提出来的,目前在学术界被广泛应用。

关于虚拟现实技术的定义并无统一标准,这里从狭义的和广义的两种角度进行阐述。

狭义虚拟现实就是一种先进的人机交互方式。这种情况下,虚拟现实技术被称为“基于自然的人机接口”。用户通过视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉等看到的景象是彩色的、立体的,听到虚拟环境中的声音,感觉到虚拟环境反馈的作用力,由此产生一种身临其境的感觉。

广义的虚拟现实是对虚拟想象或真实世界的模拟实现。它不仅仅是一种人机交互接口,更重要的是对虚拟世界内部的模拟。通过把客观世界的局部用电子的方式模拟出来,并以自然的方式接受或响应模拟环境的各种感官刺激,再与虚拟世界中的人及物体产生交流,使用户产生身临其境的感觉。

虚拟现实产生的世界是由计算机生成的、存在于计算机内部的、人工构成的、三维的虚拟世界。这种虚拟世界可以是真实世界的再现,也可以是完全虚拟的假想世界。它所显示的界面是能够显示三维世界,并能进行交流的智能人机界面。

综上所述,虚拟现实技术的定义是:虚拟现实技术是采用以计算机技术为核心的现代高科技,生成逼真的三维视觉、听觉、触觉或嗅觉等一体化的虚拟环境,用户借助必要的设备(如传感头盔、数据手套等)以自然的方式与虚拟世界中的物体进行交互,从而产生亲临真实环境的感受和体验。所谓自然的交互是指用户在日常生活中对物体进行操作(如手的移动、头的转动等)并得到实时立体反馈。

1.1.2 虚拟现实技术的研究基础

虚拟现实技术是多门学科交叉的技术,涉及的研究内容众多。目前对虚拟现实系统的研究包括传感设备的研究、方法的研究、系统开发及应用的研究,等等。

虚拟现实技术的研究以多学科技术作为基础,例如(单从计算机方面看):研究包括视觉造型在内的计算机图形学技术能够帮助建立一个虚拟环境的视觉模型;研究建模与仿真技术能够帮助建立虚拟环境的各种特征模型,如运动学模型;研究实时系统技术能够帮助实现计算机与人及其他 VR 实体实时交互;研究高级 VR 工具和 I/O 接口技术能够帮助实现让人沉浸式地与计算机交互并把其他 VR 实体连接到计算机。另外,一个 VR 系统通

常是一个多计算机互连而成的系统,这涉及计算机网络技术;采用面向对象的方法编程,涉及面向对象的程序设计技术;VR 系统通常是一个智能系统,这就涉及人工智能技术;VR 系统通常包含一些数据库来存储虚拟环境中各种实体的属性和相互关系,这就涉及数据库技术,等等。

但是很少有人能够既掌握专业的技术知识,又能够熟悉各种各样的虚拟现实具体应用领域的知识。为此,研究人员设计推出了许多虚拟现实系统开发工具来解决这些矛盾。

1.1.3 虚拟现实技术的发展概况

虚拟现实是随着科学和技术的进步、军事和经济的发展而逐渐兴起的,是一门由多学科支撑的新技术。它能够很好地面对市场全球化的要求,帮助人们解决资源、环境与需要多样性等各种问题。

1965 年,计算机图形学的奠基者、美国科学家苏泽兰(Sutherland)在他发表的《终极的显示》论文中首次提出了全新的、极富挑战性的交互图形显示及力回馈设备的基本概念,这对于虚拟现实发展极有意义。从此,人们便开始了对虚拟现实的有目的性的研究和探索的历程。

1966 年,美国麻省理工学院的林肯实验室正式开始了头盔式显示器的研制工作,实现了虚拟现实技术在硬件技术上的探索和发展。此后,人们不断地完善和改进虚拟现实的实现设备。时至今日,形形色色的数据手套、头盔式显示器等已经在许多场合有了具体的应用。

人们的不断探索,加之相关技术的飞速发展,使得虚拟现实领域里的研究取得了很大的进展。1980 年,“Virtual Reality”一词被正式提出,并使用至今。当时,此项技术的研究目的是提供一种比传统计算机模拟更好的方法。

20 世纪 80 年代,许多部门和组织都在从事虚拟现实的研究。1984 年,美国宇航局 Ames 研究中心虚拟行星探测实验室组织开发的用于火星探测的虚拟环境视觉显示器取得了成功。它将火星探测器发回的数据输入计算机,利用该数据,地面研究人员构造了火星表面的三维虚拟环境。随后,该研究中心在虚拟交互环境工作站的项目中又开发了通用多传感个人仿真器和遥控设备。这表示着,虚拟现实技术已经进入了科学研究领域。随着一系列有关虚拟现实技术的研究取得了令人振奋的研究成果,人们对虚拟现实研究投入更大的热情,虚拟现实技术引起了广泛关注。

20 世纪 90 年代,计算机技术、网络技术、图形学技术等不断发展,对虚拟现实起了极大的促进作用,使得虚拟现实技术也获得了长足的进步。基于虚拟现实技术、人工智能技术的人机交互系统的设计不断涌现,输入/输出设备不断创新,这些都使得以往难以实现的设想成为现实。例如,利用虚拟现实系统,宇航员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;采用虚拟现实技术设计的波音 777 也获得成功等。可见,近年来虚拟现实技术在科技界取得了巨大成就。

虚拟现实技术正在不断地向许多领域拓展。它不仅仅是某些尖端领域、特殊行业的专业技术,除上述的军事、航天领域外,虚拟现实技术在医疗、教育培训、娱乐、工业设计、生产制造、信息管理、商业贸易、建筑行业等都有相应的发展。虚拟现实技术在理论研究和应用实践方面不断趋于完善,发展也更加迅速。

1.2 虚拟现实技术的特征

1993 年,美国科学家 G. Burdea 和 P. Coiffet 曾在世界电子年会上发表《Virtual Reality Systems and Applications》(虚拟现

实系统及其应用),其中提出一个关于 VR 的三角形,如图 1-1 所示。它简明地表示了 VR 具有的三个最突出特征:沉浸感(Immersion)、交互性(Interactivity)和想象力(Imagination)。这正是人们所熟知的 3I 特性,代表了系统与人的充分交互。

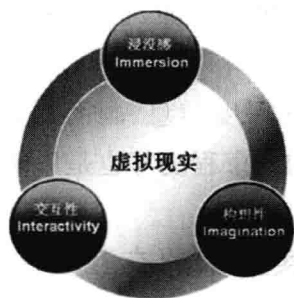


图 1-1 虚拟现实技术的 3I 特征

1.2.1 虚拟现实技术的沉浸感

沉浸感又称临场感,是指用户借助交互设备和自身感知觉系统,感到自身存在于虚拟环境中的真实程度。用户由一般模拟系统中的观察者变为虚拟现实环境的参与者,全身心投入其中,并感觉如同在现实世界中一般。沉浸感是虚拟现实区别于其他应用技术的一个显著特征。

之所以会产生“沉浸感”,是由于用户对虚拟环境中的物体产生了类似于对现实物体的存在意识或幻觉。它需要具备两个方面的特性。

第一,多感知性(Multi-Sensory)。它是指除了普通的视觉感知、听觉感知外,还包括力觉感知、触觉感知、运动感知,甚至味觉感知和嗅觉感知等。理想的虚拟现实系统应该具有人所具有的感知功能。例如,虚拟场景应能随着人的视点作全方位的运动,纹理、灯光、照明、声音以及视频等效果逼真,用户在操纵虚拟物体时能感受到虚拟物体的反作用力等。目前虚拟现实系统中

应用较广泛的为视觉、听觉和触觉沉浸。

第二,自主性(Autonomy)。它是指虚拟环境中的物体依据物理学定律运动的程度。虚拟对象在独立活动、相互作用或与用户的交互作用中,其动态都要有一定的表现,且应服从于自然规律或者设计者想象的规律。例如,当受到力的推动时,物体会产生移动、翻倒或下落等。

此外,三维图像中的深度信息、画面的视野、实现跟踪的时间或空间响应、交互设备的约束程度等也是影响沉浸感的关键因素。

1.2.2 虚拟现实技术的交互性

交互性,是指用户对虚拟环境中对象的可操作程度和从虚拟环境中得到反馈的自然程度(包括实时性)。交互性是虚拟现实技术的一个高级特征。

虚拟现实系统强调人与虚拟世界的交互以近乎自然的方式进行,除了借助于各种专用设备,用户以自然方式如手势、体势、语言等也能如同在真实世界中一样操作虚拟环境中的对象,同时计算机能够根据用户的语言及身体运动等对系统所呈现的图像、声音等进行调整。例如,当用户在虚拟环境中漫游时,所戴的头盔显示器会将立体图像送到用户的视场中,并随着用户头部的运动,不断将更新后的新视点场景实时地显示给参观者。用户可以用手(或虚拟手)去抓取虚拟环境中的物体,不但会有握着东西的感觉,还能感觉到物体的重量,而被抓取的物体也将随着手的移动和旋转等产生相应的改变。用户还可以直接控制对象的各种参数,如运动的方向和速度等,而系统也可以向用户反馈信息。

1.2.3 虚拟现实技术的构想性

构想性又称创造性,是指用户在虚拟世界中根据所获取的多

种信息和自身在系统中的行为,通过逻辑判断、推理和联想等思维过程,随着系统的运行状态变化而对其未来进展进行想象的能力。它能帮助人类获取更多的知识,认识复杂系统深层次的机理和规律。

如今,人类在许多领域都面临着许多亟待解决和突破的问题,例如载人航天、医疗手术的模拟与训练、大型产品的设计研究、气象及自然灾害预报以及多兵种军事联合演练等。按传统方法解决这些问题会需要大量的时间、人力和物力,另外还会承担人员伤亡的风险。虚拟现实的产生和发展为这些问题的解决提供了新方法和新途径。虚拟现实使人类可以从定性与定量综合集成的虚拟环境中得到感性和理性的认识,深化概念、产生新意和构想,进而主动地寻求和探索信息。因此,对适当的应用对象加上虚拟现实的创意和想象力,可以大幅度提高生产效率、减轻劳动强度、提高产品开发质量。

综上所述,虚拟现实系统所具有的特征使得用户能在虚拟环境中做到沉浸其中、超越其上、进出自如和交互自由。它强调了人在虚拟现实系统中的主导作用,即人的感受在整个系统中是最重要的。

1.3 虚拟现实系统的分类

普通意义上的虚拟现实所需要的各种昂贵设备,是一般的教育单位很难承受的,这严重制约着教育领域对虚拟现实的研究和应用,但随着科学技术的飞速发展,虚拟现实技术出现了多样化的发展趋势。

根据用户参与虚拟现实的不同形式以及沉浸程度的不同,通常把虚拟现实技术划分为四类:桌面式虚拟现实系统(Desktop

VR)、沉浸式虚拟现实系统(Immersive VR)、增强现实式虚拟现实(或混合现实)(Augmented Reality, AR)系统、分布式虚拟现实系统(Distributed VR)。其中桌面虚拟现实技术较简单、投入成本相对较低,在教育领域内可应用的范围很广,推广价值高。

1.3.1 桌面式虚拟现实系统

桌面虚拟现实系统(图 1-2)主要是在个人计算机或低级别的工作站上进行图形图像仿真,以计算机的屏幕作为用户观察虚拟环境的平台,运用虚拟现实的输入设备实现与虚拟世界场景之间的交互。

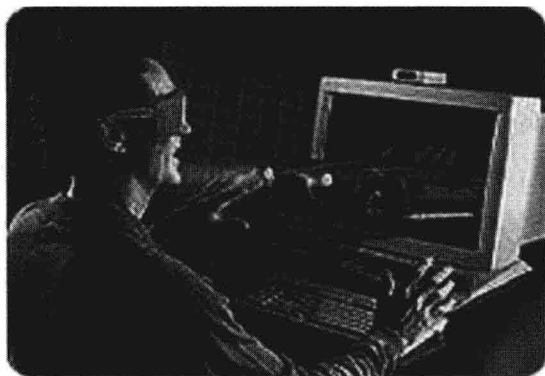


图 1-2 桌面式虚拟现实系统

DVR 包括包括鼠标、追踪球、力矩球等硬件设备,用来实现 3D 图形的显示、观察、交互、定位等功能;其软件平台包括虚拟现实环境开发平台、建模平台、行业应用程序实例。

桌面式虚拟现实系统的特点:用户戴着立体眼镜,能够利用位置跟踪器、数据手套或三维空间鼠标等设备操作虚拟场景中的各种对象,在 360° 范围内观察虚拟环境。但 DVR 最大的缺陷是不能提供真实的现实体验,因为即使戴着立体眼镜,屏幕的可视范围也只有 $20^\circ \sim 30^\circ$ 之间,DVR 平台的使用依然会受到周围现实

环境的干扰,用户无法完全在虚拟世界中沉浸。

常见的 DVR 技术有:基于静态图像的虚拟现实 Quick Time VR、虚拟现实造型语言 VRML、桌面三维虚拟现实、MUD 等。虚拟现实教学平台的出现是教育领域中 DVR 应用最为典型的例子。其中中国科学技术大学人工智能与计算机应用研究室在 2001 年研制出的虚拟现实教学软件——“几何光学实验设计平台”可供学生完成单透镜实验和组合透镜实验。

虚拟现实系统开发商通过开发 DVR 系统来满足对低价位虚拟现实系统的要求。DVR 系统已经具备了虚拟现实技术的要求,并因投入成本相对较低而应用较为广泛。DVR 系统是初级的或刚步入虚拟现实研究工作的必经阶段。

1.3.2 沉浸式虚拟现实系统

沉浸式虚拟现实系统(图 1-3)以大幅面甚至超大幅面的虚拟现实立体投影为显示方式,将虚拟三维世界高度逼真地浮现于参与者面前,提供给参与者完全沉浸的体验,使用户有一种置身于虚拟境界之中的感觉。这是一种高级的、较理想、复杂的、投入型虚拟现实系统。



图 1-3 沉浸式虚拟现实系统

沉浸式虚拟现实系统的特点:用户的视觉、听觉被头盔显示器封闭起来,产生虚拟视觉,手感通道被数据手套封闭起来,产生虚拟触动感。用户下达的各种操作命令被计算机获取并反馈到生成的视景中,系统达到尽可能的实时性,用户似身临其境、沉浸于其中。

常见的沉浸式虚拟现实系统有:基于头盔式显示器的系统、投影式虚拟现实系统、洞穴式虚拟现实系统。虚拟现实电影院(VR theater)就是一个完全沉浸式的投影式虚拟现实系统,它用几米高的六个平面组成的立方体屏幕环绕在观众周围,设置在立方体外围的六个投影设备共同投射在立方体的透射式平面上,让观众能同时观看由五个或六个平面组成的图像,使其完全沉浸在图像组成的空间中。

由于沉浸式虚拟现实系统设备尤其是硬件价格相对较高,因此,难以大规模普及推广。它是目前国际上普遍采用的虚拟现实和视景仿真的显示手段的方式。

1.3.3 增强现实式虚拟现实系统

增强现实系统(图 1-4)是借助于计算机图形技术、可视化技术等将真实环境和虚拟现实景象进行融合的一种技术,具有虚实结合、实时交互、三维注册等特点。一方面可减少生成复杂实验环境的开销,另一方面还方便对虚拟试验环境中的物体进行操作,真正达到了亦真亦幻的境界。

增强现实式虚拟现实系统利用虚拟现实技术来模拟现实世界、仿真现实世界,增强参与者对真实环境的感受。它是今后技术发展的方向之一。

增强现实式虚拟现实系统的特点:真实世界与虚拟世界在三维空间上加以整合,实时人机交互;适用于所有感知通道,有虚拟图像、虚拟声音等对象。