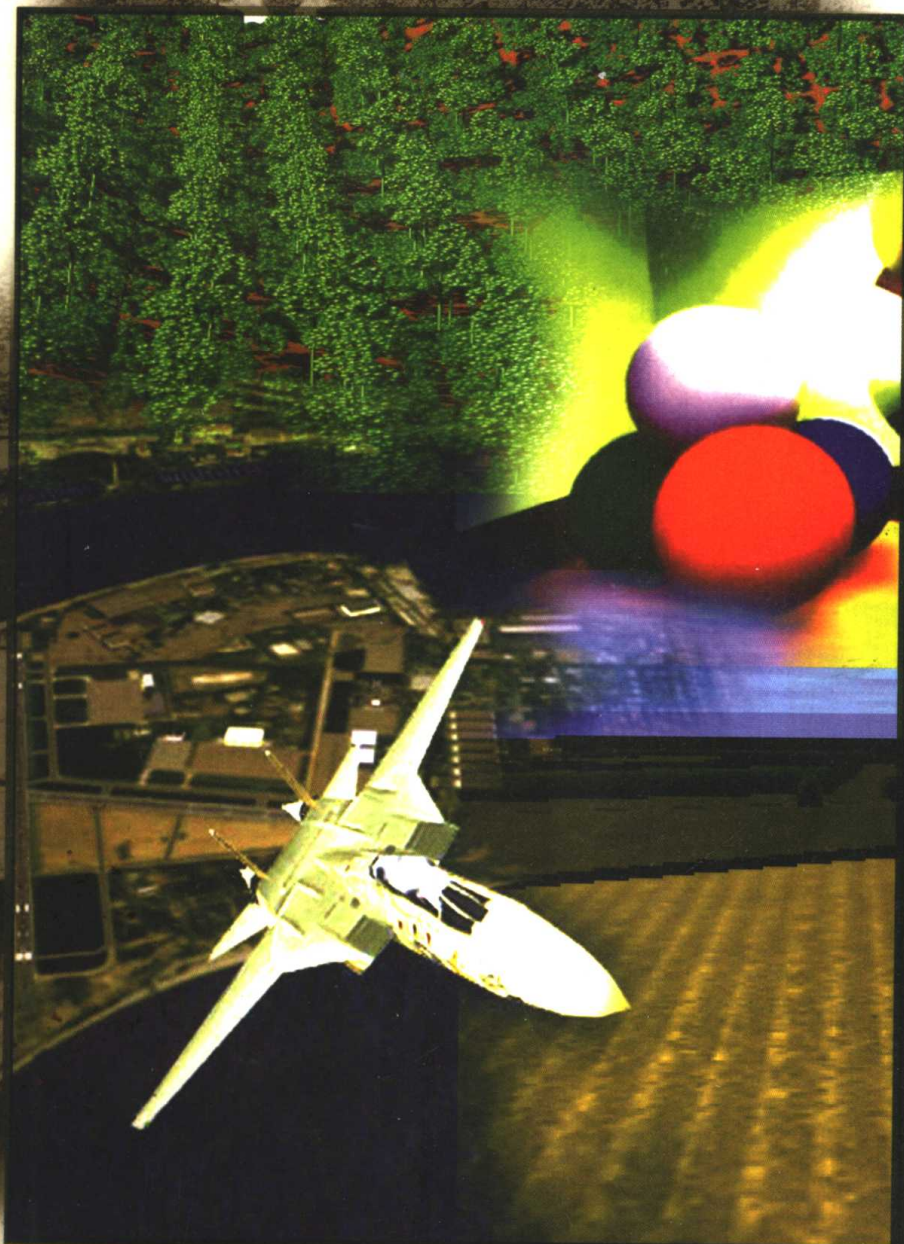


分布式虚拟现实技术 及其应用

杨宝民 朱一宁 编著



科学出版社

分布式虚拟现实技术及其应用

杨宝民 朱一宁 编著

科学出版社

2000

内 容 简 介

本书首先简要介绍了虚拟现实技术的基本概念、研究内容和应用领域；其后，分别介绍了虚拟现实技术的部分相关技术，如计算机立体显示技术、建模技术及建模技术基础、图象绘制技术、纹理贴图技术；最后，又介绍了虚拟现实技术的应用，如在通讯、建筑漫游仿真、VR 仿真及在工业设计、军事仿真演习等诸多领域的应用，并给出了部分实例和应用细节。本书部分章节还给出了源程序，并附光盘。

本书可作为从事建筑设计、房地产开发、电力设计、医学培训、军事仿真演习等虚拟现实系统应用和开发人员的参考用书，也可作为计算机爱好者的提高读物，并可作为大学计算机、建筑、仿真、机械等相关专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分布式虚拟现实技术及其应用/杨宝民，朱一宁编著. -北京：
科学出版社，2000

ISBN 7-03-007561-7

I. 分... I. ①杨... ②朱... II. 计算机仿真，虚拟现实
IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 17416 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码 100717

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000 年 6 月第 一 版 开本：787 × 1092 1/16
2000 年 6 月第 一 次 印 刷 印张：31 1/2
印数：1—3 000 字数：750 000

定 价：58.00 元 (含 盘)

(如有印装质量问题，我社负责调换〈环伟〉)

前 言

虚拟现实技术的飞快发展,引起了世界各国学者的关注,在极其困难的条件下,我们从1994年开始从事VR技术的系统研究,对基于网络的虚拟现实研究给予特别的关注,因为Internet技术与VR技术的结合为虚拟现实的未来提供了光明的前景。

虚拟现实的基础是计算机图形学,在朱一宁老师的指导下,我步入这一领域,他对我的成长给予了巨大的帮助和关怀。

事实上,图形学的发展带动了若干产业的发展,例如计算机图形工作站及CAD、CAM软件与虚拟现实仿真软件,已经形成一个数百亿美元的市场。

本书第一章论述了虚拟现实技术的基本概念、研究和应用领域。

第二章介绍了计算机立体显示理论,对基于环幕投影的虚拟现实显示系统和最新的基于视网膜的显示技术作了详细阐述。

第三章介绍了虚拟现实中的高级建模技术,例如物理建模、多LOD三维数字化地形模型等核心技术。

第四章阐述了用于虚拟现实建模的NURBS曲面造型,重点介绍LOD技术,给出基本的基于OPENGL图形标准的NURBS程序。

第五章阐述了基于图象的绘制方法。与基于几何方法相比,基于图象的VR建模方法与几何复杂度无关,是极有前途的建模方法,我们给出了应用实例和JAVA源程序。

第六章详细阐述了真实感图形的主要绘制算法——八叉树光线追踪算法、曲面环境辐射度算法(朱一宁博士论文内容),还给出了动态环境的曲面环境辐射度算法和源程序。本章还介绍了小波辐射度算法,介绍了美国学者Steven J. Gorler博士等学者关于小波理论在计算机图形学中的应用研究成果。

第七章首先介绍了纹理映射的基本概念和主要技术,对虚拟现实中的纹理贴图技术进行了专题研究,我们的科研小组专门研究了VRML模型的纹理映射技术,给出应用实例和程序。

第八章论述了虚拟现实系统的人机交互技术,给出典型的碰撞检测算法。

第九章阐述了虚拟现实技术在通讯中的应用,对计算机视觉、视频通信、图形图象技术融合发展的新趋势及其在会议电视中的应用作了专题介绍。

第十章吸取美国研究建筑漫游仿真的研究成果,介绍了我们课题组开发虚拟现实建筑规划设计与仿真课题的方案及相关的核心技术。

第十一章针对分布式虚拟现实技术在电力仿真、工业设计、军事仿真等领域的应用给出实例和详细应用细节。

经过总结分析国内外现状,我得出一个结论:VR技术研究必须有超前的理论研究,VR技术开发必须有大的市场依托。

我们深信只有产业化与学术研究相结合,才能在VR高技术领域占有一席之地。我的目标是:在DVR技术的开发上逐步投入3000万元资金,将虚拟现实建筑规划与工程仿

真成果商品化。中国工程院院士倪光南研究员对笔者从事的 DVR 技术在建筑领域的应用给予了热情的鼓励,我们感到应该发愤努力开发 DVR 软件,为 DVR 软件国产化作贡献。

本书的写作得到许多学术前辈的支持,北京航空航天大学施法中教授寄来一些 VR 研究资料。本书的研究工作得益于作者在浙江大学研究生院进修学习,当时浙江大学 CAD 与 CG 实验室授课老师对图形学和计算几何等课程的讲解不仅水准高,而且教会我许多研究治学方法;这本书也是本人 DVR 研究工作的总结,得到过深圳赛格集团韩继鸿高级工程师以及王立真高级工程师的热心支持,深圳汇德源公司的丁明先生给予了支持,在此向他们表示深深的谢意。

我的大学老师张方先生为本书的问世提供了热心帮助,提供了计算机设备。宋恒明先生对本书的许多内容进行了校对。笔者在 1996 年完成国内首批的虚拟现实建筑仿真系统,参加了 1996 年和 1997 年北京国际多媒体展览会,深圳市政府副秘书长刘应力同志对本课题给予了热情的关怀和鼓励。

本书涉及的许多 CAD 与 CG 方面研究工作,得到许多大学教授和研究生研究成果的启发,它们是美国华盛顿大学、斯坦福大学、康乃尔大学图形学小组的博士论文,本书部分内容引用了这些专家的研究成果,在此向他们表示诚挚的感谢。我的许多研究工作包括我指导的十多名学生的研究工作是在他们的基础上完成的,他们给我们提供了一系列开拓新的研究方向的范例。在这些前人工作的基础上,我带领学生陆续完成如下课题研究:

- (1) 动态曲面环境辐射度算法及其在 NURBS 曲面绘制中的应用
- (2) 基于图象的绘制方法在建筑仿真中的应用
- (3) 纹理贴图与 LOD 技术研究
- (4) 三维数字地形建模技术研究
- (5) 面向对象的印章排版与 IC 卡数据库管理系统
- (6) China DVR 1.0 版本软件研究

DVR 课题组的许多学生参与了本书相关的研究工作,他们是深圳大学曾贤勇、赵辰宇、古元、陈泱、谢治国和许通同学,镇江船舶学院的陶疆同学也为本书作出一定贡献。

本书第四章第二节是 Hong Qin 所写,笔者翻译;本书第五章第二节是 Eric Chen 所写,笔者翻译;第六章第一、二节系朱一宁博士论文重要内容。

由于本书讨论的许多问题是计算机科学的前沿,我们还缺乏经验,错误与缺点难免,请专家学者批评指正,以便再版时修改。

杨宝民

1999 年 4 月于深圳经济特区

目 录

前 言

第一章 虚拟现实技术概论	(1)
第一节 虚拟现实技术的基本概念	(1)
第二节 虚拟现实技术的主要研究内容	(4)
第三节 虚拟现实技术的应用领域	(6)
第四节 VR 相关研究实验室与研究课题介绍	(19)
第二章 计算机立体显示技术	(34)
第一节 计算机立体显示理论及新技术	(34)
第二节 基于环幕投影的虚拟现实显示系统的原理与应用	(44)
第三章 虚拟现实系统高级建模技术	(55)
第一节 虚拟现实系统的三维建模技术综述	(55)
第二节 基于手套式输入设备的 VR 建模方法	(60)
第三节 虚拟环境中基于约束的建模技术	(66)
第四节 物理仿真的实例：虚拟网球游戏仿真	(77)
第五节 虚拟环境中的实时三维地理信息系统	(92)
第六节 实时绘制带有连续 LOD 的三维地形	(99)
第四章 虚拟现实建模技术基础——NURBS 和 LOD	(116)
第一节 NURBS 曲线与曲面的原理和建模应用	(116)
第二节 基于物理建模的动态 NURBS 技术	(123)
第三节 采用渐近求精网格的 LOD 技术	(146)
第四节 多分辨率三角化 B 样条曲面	(163)
第五章 基于图象的绘制技术	(177)
第一节 基于图象的绘制系统——全景建模方法	(177)
第二节 使用图象绘制方法的虚拟现实系统——QuickTime VR	(191)
第三节 基于图象的 VR 建模技术及其 JAVA 实现	(204)
第六章 生成真实感图形的全局光照模型解决方案	(216)
第一节 采用空间索引的光线跟踪技术	(216)
第二节 曲面环境的辐射度方法	(237)
第三节 用于动态环境的曲面辐射度算法	(261)
第四节 小波理论在辐射度方法中的应用	(270)
第七章 虚拟现实系统的纹理贴图技术	(286)
第一节 纹理映射的几种方法	(286)
第二节 多边形光照绘制与纹理贴图	(300)
第三节 体纹理及其在地面景物中的应用	(307)
第四节 多分辨率图象渐变	(317)

第八章 虚拟现实系统的交互技术	(326)
第一节 虚拟现实系统的人机交互	(326)
第二节 与真实世界对应的虚拟对象的 HMD 静态和动态注册技术	(330)
第三节 虚拟系统中的刚体碰撞检测技术	(345)
第九章 虚拟现实在通讯领域的应用	(355)
第一节 基于 ATM 的虚拟现实会议技术及其应用	(355)
第二节 采用基于图象的方法建立人体面部模型	(362)
第三节 虚拟现实会议系统中的会议室显示技术	(376)
第四节 分形图象压缩和 IFS 系统	(392)
第十章 虚拟建筑环境	(403)
第一节 虚拟现实技术在建筑领域的应用	(403)
第二节 虚拟建筑环境中的绿化设计	(410)
第三节 虚拟建筑漫游系统的相关技术	(421)
第四节 建筑外观仿真	(440)
第十一章 虚拟现实技术在仿真中的应用	(451)
第一节 DVE 及其在立体合成战役演习中的应用	(451)
第二节 立体合成战役演习的桥梁——大规模虚拟环境工具	(461)
第三节 CAD 与 VR 技术在摩托车工业设计中的具体应用	(473)
第四节 眼科手术仿真建模与虚拟环境技术及其实现	(481)
第五节 分布式虚拟现实变电站操作培训仿真系统	(490)

第一章 虚拟现实技术概论

第一节 虚拟现实技术的基本概念

虚拟现实 (Virtual Reality, 简称 VR) 技术是一种逼真地模拟人在自然环境中视觉、听觉、运动等行为的人机界面技术。其基本特征可以用一个如图 1.1.1 的三角形来表示: 第一个特征是沉浸, 让参与者有身临其境的真实感觉; 第二个特征是交互, VR 的交互特性主要是通过使用虚拟交互接口设备实现人类自然技能对虚拟环境 (Virtual Environment, 简称 VE) 对象的交互考察与操作; 第三个特征是构想, 从图形角度来说, 传统的计算机图形学强调了三维场景在屏幕上的二维显示, 虚拟现实技术则强调三维图形的立体显示。VR 技术的根本目的是: 不仅能够在多维信息空间仿真建模, 而且能够帮助人们获取知识和形成新的概念。

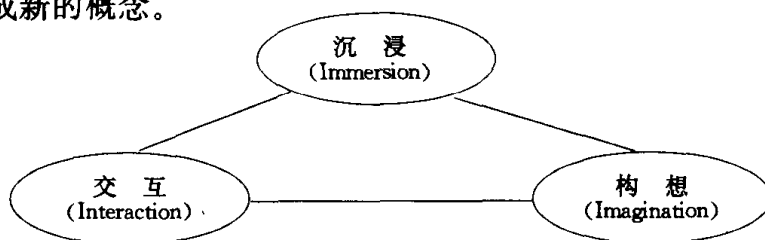


图1.1.1 虚拟现实技术特征三角形

一个完整的 VR 系统可以分解为视觉、听觉、触觉等子系统。从组成角度来分析, 虚拟现实系统包括主机系统、场景显示系统、VR 接口设备 (包括方位跟踪系统、触觉传感器、声音系统组成的 VR 硬件以及 VR 软件支撑环境)。

Mark Green 教授给出了一个如图 1.1.2 所示的简明的虚拟现实应用系统模型。其中, 计算包括所有应用中非图形的计算; 几何模型包括一个计算中的数据的高级图形表示, 或者说包括科学计算可视化; 观察指用户查看应用数据, 这是要用真实感图形表示的内容, 这个内容的主要目的是向用户提供程序帮助; 行动体 (Active Agents) 是指以同样方式仿真用户与系统中的对象交互。

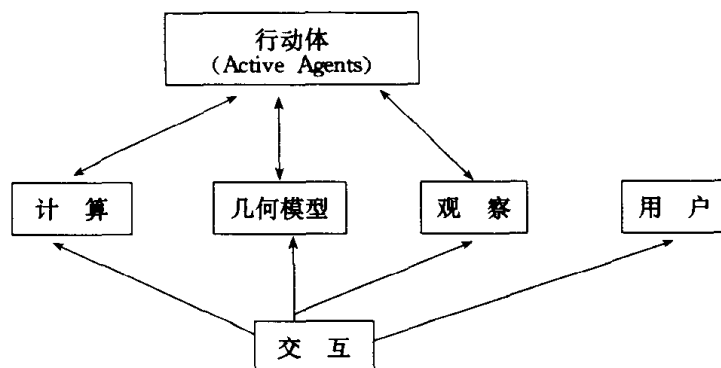


图 1.1.2 一个虚拟现实系统模型

设在德国的欧洲计算机工业研究中心的科学家提出了增强的现实, 即 AR (Augmented Reality) 的概念。AR 的字面含义是增强现实, 实际上, AR 是一种增强真实世界用户视觉或增强从计算机模型产生的附加信息, 比之 VR, 它能使用户完全沉浸在计算机世界中。

专家认为, 21 世纪的信息处理将不再建立在单一的数字空间, 也就是说传统的打印输出和电脑显示无法满足信息社会人机交互的需要, 因此, 要求能通过人的视觉、听觉、触觉、嗅觉以及形体、手势或口令, 加入到信息处理环境, 这是一个多维化的复杂信息空间。虚拟现实技术是支撑多维信息空间 (Cyberspace) 的关键技术。

20 世纪 90 年代是多媒体技术时代, 我认为 21 世纪是多媒体的更高境界——虚拟现实技术时代。美、英、日等国政府和大公司相继投入巨资进行该领域的开发, 美国不仅在虚拟现实飞行仿真器方面已形成商业生产能力, 而且在国际互连网络与虚拟现实结合方面进展迅速, 取得了良好经济效益和社会效益。

虚拟现实与人类智能有什么关系呢?

人类发明计算机以来, 一直梦想计算机具有人类一样的智能, 人人都可以像使用彩色电视机一样使用它。虽然人工智能发展到知识工程的水平, 有许多实用的专家系统投入使用, 但知识的表达依旧以抽象知识为主, 形象思维知识的表达十分困难, 传统的计算机并不适合处理形象思维知识。因此, 开发新的知识获取工具, 将形象思维知识用抽象思维表达形式自动翻译, 对构造专家系统是有价值的, 知识的获取需要自然的人机接口。推断与推理是问题求解的基本类型之一, 由于它是基于知识和经验基础上进行的, 因此它是感性知识和理性知识相结合的产物, 其结果可以增加和改变原有的知识。因此, 智能系统中的对象不仅能够表达知识, 而且能够通过 VR 描述, 形成智能 AGENT, 借助虚拟现实接口, 人们可以直观地获取知识, 所以虚拟现实接口是理想的智能计算机的人机接口。

对智能计算机国家“863 计划”给出一个基本描述, 智能计算机是一个功率分布系统, 主要特点是: 具有计算、感知、记忆、推理、学习功能, 具有能以汉语拼音、汉字、图形和图象与系统交互作用的和谐人机环境, 具有较丰富的软件生产能力和研制智能应用系统的开发环境。

汪成为教授在介绍我国智能计算机发展战略的一篇文章中, 认为该类课题重点在突破可以扩充的智能化综合信息分析管理系统。智能化的含义包括: 在人机接口方面实现汉语、图形图象的自动识别和输入技术, 逐步应用多媒体及虚拟现实技术; 在软件方面将面向对象和面向智能体等技术, 实现多专家系统的协调合作及知识共享, 以及开发有实用潜力的智能软件环境。

VIEW 计划的指导者是美国航空航天局 (NASA) 的 Stephen R. Ellis 教授, 他认为虚拟环境是人机交互的一种新的通信媒介。他用表格 (表 1.1.1) 给出了虚拟环境或遥控操作系统的功能定义。

虚拟环境软件必须具有三个独立的功能: ①行动体及对象的形状和运动; ②根据类似牛顿运动定律的物理行为规则, 它们自身状态以及和虚拟环境的交互; ③封闭环境的特性和扩展。一个成功的环境仿真必须提供实现功能的适当通信管道。

表 1.1.1 VE 表格

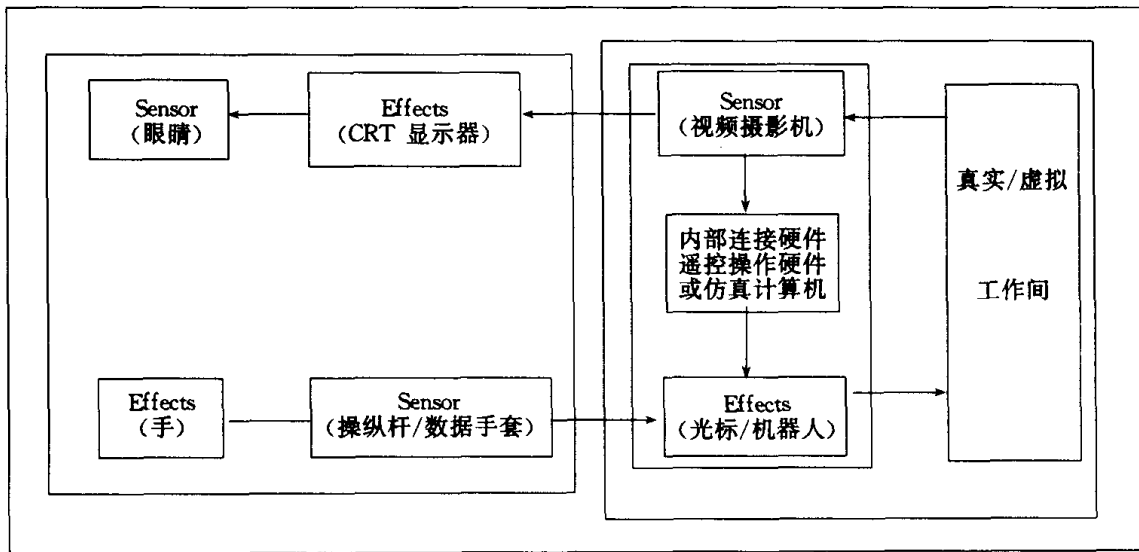


表 1.1.2 表示虚拟环境系统通信管道的一些特性。

表 1.1.2 虚拟环境系统通信特点

	Transmission 传递			dynamic 动态	
	延迟	带宽	分辨率	范围 range	信噪比
仿 真 硬 件	Displays				
	视觉				
	Monocular				
	20—100msec	20—100Hz	2arcmin/像素	8bit 灰度/彩色 60°视域 对比度	25 : 1
	5°内中心视觉				
	体视图				
	100msec	0.1—5Hz	2arcmin/像素中心视觉内	30°立体重叠	120 : 1
	触觉				
	5msec	0—10Hz	10—20 micro vibration	8bit	200 : 1
	1—2mm 空间分辨率				
	运动学/力				
	20msec	50—100Hz	0.1 牛顿	20N@直流 1N@10Hz 6bit 1—10cm	60 : 1 RMS 比率
	听觉				
	声音				
	1msec	20—20kHz	频率 0.02—3Hz, power2DB	16bit 6bit 1—10cm	40 : 1 RMS 比率
人 类 操 作 者	有向声音				
	50—500msec	3—6Hz	相对方向 1°@5° CEP	4π 球面角 绝对方向 20°—30° 立体角比	(20—30) : 1
	Vocal (合成语音)				
	10—100msec	1.5—2 词/秒	识别率 90%—95%	词汇量在 5000 以内	潜力不受限制
	Controls				
	操纵 (鼠标, 操纵杆, pedals, 跟踪器等)				
	0msec	3—10Hz	0.2°加入角	范围: 外骨骼 limb 运动	200 : 1
	100Hz 力	1-4bit/dof (离散控制)	20N@直流 1N@10Hz	10bit/dof (连续控制)	RMS 比率
	反射				
	1—2msec	1—2 词/秒	不识别率<5%	20 000 词	100 : 1 RMS 比率

上述表格看起来复杂,实际上只是说明 VR 技术是逼真自然的人机交互技术的产物,交互手段与交互设备不断更新,但是远远没有达到成熟的水平。

虚拟现实技术在人工智能、CAD、图形仿真、虚拟通信、遥感、娱乐、模拟训练等许多领域带来革命性的变化,但是如果既没有开发出廉价可靠的高分辨率立体显示器,也没有开发一批具有自己知识产权的虚拟现实软件,那么我国 VR 技术很难迅速普及。因此,我们对 VR 产业化要有清醒的认识,尤其是课题研究光有学术研究单位的热情还不够,需要国防、娱乐业和工业部门的用户配合,才能开发出具有市场潜力的 VR 产品。

第二节 虚拟现实技术的主要研究内容

1.2.1 人与场景的融合技术

人与场景的融合主要体现沉浸与交互特征:

(1) 宽视场立体显示技术为用户提供具有较大自由度的视角,例如飞行仿真中,没有较大的自由度,观看座舱外的视景是极为不便的。同时需要研究价格适当的高分辨率立体显示器,方便客户使用,并具有较高的图象显示质量,因此,头盔式显示器并不是最理想的显示方式。

(2) 方位跟踪系统,例如头盔,要动态地确定观察者视点的位置与方向,进一步确定场景的显示状态。在 SIGGRAPH98 大会上展出的 3D 跟踪器,将演员关节上传感器的有线输出改为无线输出,舞蹈演员可以轻松地跳舞,传感器信号经计算机处理后直接记录演员三维形体动作,显示在屏幕上。

(3) 手姿势跟踪,手势识别可以确定场景中的操作对象以及使用者对虚拟世界的交互方式,一般采用 DATAGLOVE 数据手套装置。

(4) 触觉反馈装置对于模拟真实世界是必不可少的传感器,柔性触觉传感器应该吸收生物传感器的经验作进一步的开发。

(5) 声音系统引入立体声功能为虚拟系统提供真实的声音环境,但是声像一体化技术有待研究,类似猫头鹰的空间方位感识别装置有待开发。

(6) 本体反馈,其轻便的定位定向装置为 VR 系统提供丰富实用的交互手段。

1.2.2 物体对象的仿真技术

物体对象的仿真技术主要研究几何仿真、物理仿真和行为仿真。

1.2.2.1 几何仿真

研究如何快速建立不同层次的显示模型,采用纹理技术生成真实感场景。其中对复杂 NURBS 几何形状简化作为研究重点,NURBS 作为 CAD 模型工业标准,与 VR 系统共享数据是十分重要的。现有的虚拟现实建模技术存在严重的缺点,建模基本上是一种手工劳动,对于复杂的人体模型建模,还缺乏真实感。发展方向之一是采用三维激光扫描仪,同时配备处理软件,自动生成适当的 VR 模型。最新的 3D 扫描仪将传统的线光源改为面光源,在一个正方形的四角立柱上安装能够发出扇形激光束的扫描器,四台扫描

器同步自上而下对站立在正方形中间的人体进行扫描。经过软件处理后,很快得到一幅人体三维造型图象,从人脸表情、颜色到衣服褶皱都栩栩如生。

1.2.2.2 物理仿真

物理仿真要求场景造型采用物理模型,不仅考虑对象的几何形状,而且考虑对象的质量、运动规律、受力情况和立体声音等,使物体在虚拟场景中的表示更为真实可信。人体建模仿真是许多分布式交互仿真系统必须的技术,美国、瑞士等国的许多大学专门研究这一领域,而我们在这方面的研究基本上是空白。

1.2.2.3 行为仿真

行为仿真研究在用户操作下或在其他景物的作用下场景状态的变化规律和变化过程,例如对象互相撞击变形。

1.2.2.4 Smart Model 技术

采用双手戴上手套式输入的直觉交互方式装配三维场景,研究可视化图库、建模工具和接口。

1.2.2.5 物体对象的碰撞检测算法包括并行处理算法

碰撞检测是虚拟环境中对象行为仿真的重要研究内容,开发快速高效的碰撞检测算法是虚拟环境中模拟真实世界的重要手段。

1.2.3 三维地形建模技术

可视化的 GIS 系统以及 GPS 军事分布式虚拟环境的重要研究内容,在建筑规划、水利工程中地理信息系统与三维数字地形是一个十分重要的研究内容。

1.2.4 图形图象的实时生成与合成技术

实时显示的刷新频率大于 15 帧/秒,复杂场景的显示由于计算量巨大,必须采用层次信息模型与逐步求精技术。双屏显示的同步问题也是立体显示的一个关键。图形图象的合成设计及其合理迭加显示、虚拟世界坐标系与对象坐标系之间的转换都是很复杂的问题,坐标变换和碰撞检测需要大量的计算,并行处理是值得注意的方法。

1.2.5 VR 接口在智能计算机系统中的应用

采用 VR 接口的形象思维知识获取方法、形象思维的推理机制,及采用 VR 接口的机器学习方法。

1.2.6 多维信息的表示、实时处理及并发处理的 OOP 技术

如图 1.2.1 所示。

1.2.7 高性能的计算机图形处理硬件研究

建议我国的大学专门设立计算机图形硬件专业,研究图形处理专用硬件、图形的并行处理、大规模集成电路技术及其在图形发生器设计中的应用。读者可以参考 UNC 计算机系 Marc Olano 博士论文(1998 年)——www.cs.unc.edu 中 Marc Olano 网页。

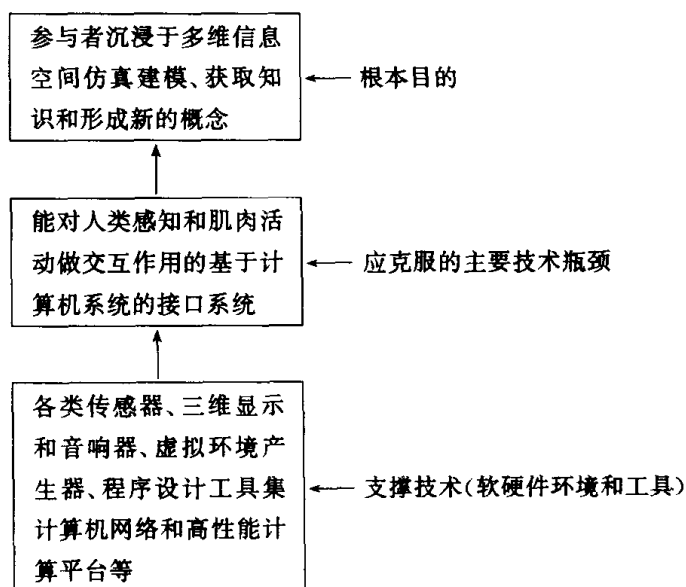


图 1.2.1 构造 VR 系统的目的和所需技术

1.2.8 分布式虚拟环境，基于网络环境的虚拟现实研究

由于 DVR, DVE 在军事与高级游戏方面具有重要的用途，建议重点研究宽带 Internet 网络，研究实际的 DIS 系统以及用于工业培训的分布式培训装置。

第三节 虚拟现实技术的应用领域

1.3.1 建筑 CAD、城市规划和建筑总体设计仿真

虚拟现实技术给 CAD 操作人员提供了方便的手段，允许设计者从所有可能的角度来观看设计作品，在实际绘图花费大量资金之前，帮助人们进行底图的设计和修改，形成完整的设计文档，允许其他设计者和领域工程师接触整个设计文档，在专家系统的帮助下，领域工程师可以从部分设备了解到整个系统信息。

建筑漫游可以看作是 CAD 在建筑中定义好的一个子集，在任何虚拟环境中，参与者都可以在整个环境四周漫游，在建筑物内我们的体验可以和日常经验比较。即使在动画式的世界里，参与者也通常要避开墙柱和其他对象。

下面以作者参与实际建筑设计的实践为例，说明采用建筑 CAD 环境完成建筑漫游过程。

首先，在真楼建成之前，先用立体造型软件 AutoCAD R14 设计详细的楼房立体模型，确认不同材质的对象是独立的，根据设计要求修改造型，直到符合设计要求。然后将设计好的造型传送到 MUTIGEN 虚拟现实建模软件环境，可以从各个角度作真实感渲染，建筑师利用 VR 环境，可以走进建筑物的大厅以及各个房间，观看修改后的内部结构，了解楼房实际使用的方便程度。室内设计师可以调用三维图库中的对象，例如墙纸、家具、地面、灯具，直接用虚拟手抓取摆放室内物品，如同房间主人在实际地布置房间。利用 VR 接口能使普通设计师难以方便使用的 CAD 软件变成简便的工具。

目前国内 CAD 推广工作的瓶颈是人机接口方式落后,以建筑效果图设计为例,设计师首先要学习 AutoCAD、3DStudio、Form z 软件之中造型,而后学习渲染,还要自己制作特殊图库,起码要花费 3 个月的时间,才能达到熟练使用的目的。

因此,CAD 使用不便是制约我国 CAD 发展的关键,而 VR 技术的应用正可以弥补这一缺点,但是首先必须研制出廉价的 VR 接口工具。

国内许多单位开发了多媒体售楼软件,笔者认为它们实用性不强的关键也是人机接口不友好,实用的售楼系统应该有虚拟现实接口,楼房盖成之前顾客就可利用 VR 接口方便地进入楼房内部,仔细观看自己要选购的房间,比如看看厨房的布局、卫生间使用是否方便等等。在大楼盖成前,顾客即可以加以比较来决定取舍,甚至可以在室内设计时提出自己的设想融入施工,进行个性装修,避免千篇一律的传统装修和重复装修的巨大浪费。

在室内设计装潢方面,美国灯光空间软件公司开发了灯饰可视化软件 (Lightscape Visualization System) 和 LEL 居室环境系统。

德国统一后,重新规划建设首都柏林需要城市规划模型,德国 ART+COM 公司与 VPL 研究中心利用 VPL 的 VR 系统成功建立电脑模型。这个模型可以帮助城市总体规划和大型重要建筑物设计规划。例如民族广场就是利用这个模型规划的。北卡罗来纳大学 (UNC) 研究了用于建筑设计的 Walk-through 虚拟建筑漫游系统,用户可以在虚拟的 UNC 计算机系大楼里面漫游。

1.3.2 军用和民用图形仿真

美国的一些公司正在研究用 VR 技术设计舰艇和潜艇,同时进行动态仿真。海狼潜艇由于设计的复杂性,绘图数目比设计方案多出三倍,手工绘图无法满足需要。美国公司设计潜艇子系统的虚拟环境,例如鱼雷发射间。最终的目的是在虚拟大海中测试虚拟潜艇的火力。在实际潜艇设计之前,设计师可以比较不同的设计方案,通过动态仿真可以否定设计中的不合理部分。

美国波音公司正在开发一种通用的 CAD 工具,用来开发大型飞机。波音公司新的 777 客机是第一个不用 1:1 比例实体物理模型而用 CAD 软件设计的大型飞机,VR 工具用于实验扮演了重要的角色,波音公司成功地用电脑设计的立体模型代替了实物模型。利用 VR 工具,设计师的智力可以延伸到每个部件的设计之中去。

VR 技术在汽车业也得到广泛应用。美国三大汽车制造公司正在加入美国军队运输中心统一的机动车技术部门,Michigan 大学和许多小型公司正在组建一个大型专业公司以促进 VR 产业化。它们相信 VR 可以提供如下好处:

- (1) 虚拟的底图可以减少或淘汰传统的物理模型;
- (2) 用虚拟底图进行工程仿真;
- (3) 利用虚拟原型可以进行操作仿真——人们可以坐在虚拟汽车驾驶室内像实际中一样去操作;
- (4) 可以制订最佳的产品总装和产品维护策略,及时发现潜在问题并加以解决。
- (5) 增加真实性来支持装配保养,提高效率,减少时间。
- (6) 协调一致的工程通信工具。

工作在美国 IBM 公司的 Watson 实验室的 Charysler 教授正在开发虚拟轿车, 采用立体眼镜观看前面大投影屏幕的三维立体图象, 其中采用数据手套操纵方向盘。我国吉林工业大学建立了汽车动态仿真国家重点实验室, 通过虚拟汽车原型可以进行各种运动仿真实验, 实验室的核心设备是配有完整的虚拟现实视觉-触觉-听觉系统的驾驶模拟器, 驾驶员通过模拟器控制位于模拟舱内的汽车, 可以完成汽车全套仿真测试项目。

美国 Rockwell 国际科学中心使用 Sense 公司的 WTK 虚拟现实开发工具, 已经为 Rockwell 产品开发了 VR 接口。Rockwell 相信“良好的人机交互”包括采用“立体视觉头盔显示器、三维定位听觉装置、语言识别、触觉的强制反馈”, 是未来的 CAD 系统所必需的。他们已确定开发下列 VR 接口:

- (1) 智能的高速公路运输系统 (IVHS) 是下一代通用高速公路运输控制系统;
- (2) 机动导弹指挥发射和控制中心;
- (3) 飞行座舱;
- (4) 空间运输群系统;
- (5) 遥控机器人系统;
- (6) 复杂结构原型和人类心理评价。

美国航空航天局的马歇尔 (Marshall) 空间飞行中心已经建造了一个低精度虚拟空间站, 人们借助它进行路径查找和系统检查, 人们利用建造在 VPL RB2 系统中的虚拟环境评价实现空间站结晶生长实验三种不同配置的花费。Northrop 公司与 Simgraphics 工程公司合作重新设计美国 F-18 战斗机, 工程师利用 VR 系统在零件被装配到物理模型之前, 在虚拟环境中移动飞机部件甚至是“泵”, 还可以测试它们的可用性。我们的图形学课题组正在开发舰艇视景仿真系统以及舰载飞机驾驶模拟训练系统, 该系统采用先进的 SGI 图形工作站, 同时利用 Multigen VR 建模软件和实时仿真软件 Vega。

在军事上, 虚拟现实可以用来跟踪和控制战场的进程, 利用分布式 VR 仿真系统规划和理解战争的技巧, 军事院校战役系的学生可以完整地回顾著名战役的过程, 可以改变战役双方的条件, 模拟各种可能的战役结局。采用虚拟现实技术可以设计各种模拟训练系统, 这对未来战争演习将产生重大影响。未来的军官在经过近似实战的逼真模拟训练后, 能够更加灵活主动地应付局部战争和大规模战争。

1.3.3 智能放大器和决策支持

虚拟现实的原始目的是作为放大器增强人类智能。电脑和虚拟环境可以将物理放大器提供给操作者, 例如通过雷达观察, 增强人的视觉能力; 也可提供智能放大器进行财务分析处理, 增强人类分析复杂模型的能力。

电脑和 VR 系统帮助人们在同一时间作许多事情, 决策系统是一个用来帮助操作者的简单智能放大器。比如空中交通管制系统, 在同一时间要安排许多飞机的起飞降落, 作出许多重要决策。

Marus 国际系统公司的 Paul Marxus “帮助美国最大的共同基金找到安全和丰厚利润的投资项目”, 该基金是无法估价的工业投资之一, 从香港到吉隆坡, 从书信到通信反馈路透社消息, 它都能提供经常性的不规则数据, 包括关于世界市场分析程序含有的简明数据。

美国华盛顿大学采用 Sense8 公司的 WTK 软件设计了三维桌面虚拟股票可视化系统,用立体彩色图形来表示抽象的数据:横线表示财务市场,例如香港或东京股票市场;竖线表示工业,例如石油或建筑业;纹理用来标记横线或竖线。财务分析专家通过财务图形,获得世界股票市场各交易品种变化关系的信息。结晶河公司开发了可以提供立体音频的设备,叫做 convoltron。NASA 正在研究帮助航空用户使用空中交通管制系统,对航空互撞部分加以测试,训练领航员在 1~2 秒内迅速作出反应,以便在距离很小的情况下,避免飞机相撞。

用虚拟现实手段可以模拟犯罪过程,为公安人员破案提供形象的仿真手段,排除无用线索,并根据仿真情况进行推理。我国也开发了交通事故分析的仿真系统,提高了办案效率。

1.3.4 人类可以坐在家中工作——虚拟现实在电信业的应用

VR 技术可以使电信工业发生革命性的变化,宽带多媒体网络不仅能够传递声音,而且可以从单一的电话语音扩展到视觉和触觉通信。采用适当的接口允许计算机连接到私人办公室、会议室和控制室机房,人类工作面貌因而将发生深刻变化,采用 Internet 和虚拟现实会议系统人们可以在家中工作。

在危险的工作空间,人们可以使用多维空间遥控机器人精确作业。电信领域的一个特殊部分是电报,包括用计算机控制将机器放在遥远的地方。临场感表示方面的计算机应用使操作者仿佛置身在一个遥远的工作现场。

VR 环境接口将允许操作者使用临场感通信作为通信的一部分,不仅操作者在遥控中扮演了重要角色,而且操作者与用户面对面,可以观看四周细节,极大扩展了通信应用范围。

虚拟环境将使电信业成为最有潜力的高技术领域,目前电信业尝试建立可视电话网作为对传统电话功能的扩展。虚拟环境技术可以帮助获得更宽的带宽,它不仅影响个人间的通信,而且也可以用于远程危险工作空间的控制。AT&T 正在从事临场感通信的研究,包括 VR 环境下的语音建模及提高通信联系的课题,笔者也首先在国内提出了基于 ATM 网络的虚拟现实会议通信理论和解决方案。

全世界的研究者正在研究远距离通信的方式和下一代电话。虚拟现实通信终端将为电话用户提供动画式表示,用多媒体主要特性与用户协同完成实时视频反馈,不仅可以表达语音,而且可以表达手势、面部表情和其他重要的人体外表语言。我们在打电话的同时可以看见对方的微笑、皱眉、手势等。其他的研究者喜欢采用立体观察眼镜和手套实现人机交互和进行逼真“接触”,这样的系统将给电话系统提供虚拟现实接口。

我们可以建立一个动态的虚拟海洋的场景,模拟海上通信过程,向你要通话的人游去或飞去。利用这样的接口你可以使用图书馆或其他信息资源,甚至在远距离工作空间就像在自己家里一样舒适方便。

虚拟环境给传统的工作平台带来革命性的变化。现在的电话会议是一个方便不同地理位置的人们参加会议的常用方式,很快,全世界的人们可以参加多维空间的会议。会议的规模大小和会议场所不受限制,交通难题也迎刃而解,临场感表示的数目近年在增加,代替与办公室同事接触或参加会议必须来到办公室的传统方式,他们可以在家里参

加会议。事实上许多临场感表示的方法和设备可能成为标准，内科医生可以在家中作技术练习和处理全部日常工作。

Nottingham 大学的 VR 研究小组正在开发一个具备三维图形浏览能力的超文本系统。该大学的 CRG 课题组在虚拟现实通信方面，重点研究了虚拟现实会议系统，取得了一系列突破，读者可以查阅相关博士论文，Web 地址是 www.crg.cs.nott.ac.uk。

VPL 为日本一家名叫 Fujita 的建筑公司开发了临场感表示系统，让操作者控制喷画机器人在环境中工作。

NASA 的喷气推进实验室研究的领域是计算机辅助遥控操作，其重点在空间应用，例如建造空间站与卫星。他们的研究领域包括机器人视觉计划和人类基因控制研究。这些程序包括接口规划和辅助仿真人机交互接口。该程序必须提供命令状态信息例如运动装置速度、强制反馈、互相平衡遥控操作模式等。

当前采用的遥控方法可以归纳为两类——将穿上保护服装的人派到环境中或者派出人类控制的机器人进入环境，例如火山口观察或海底探矿。前面的方法提供更多的便利，通常，人在现场可以收集更多的信息快速地完成许多事情。人类特别擅长处理未知和预知的情况。遗憾的是外空间或海底寒冷与核子辐射的工作环境会威胁人类的生命安全，采用再好的保护措施，人们也难坚持足够的时间完成工作。

第二种方法，由于机器人具有相当的智能，能够独自处理遇到的大多数情形。卫星探测器是一个例子，但是通信是非常困难的，大多数意外情况必须提前安排设定，否则，机器人不能完成预定的工作，人机接口越简便越好。

虚拟环境接口允许人们在路径上方便地移动，作为系统的组成部分，人们习惯于移动和运动进入机器人可以理解的方向，从而最大限度发挥每个部件的作用。在处理病情时出现最小的医学排斥，内科医生期望利用虚拟环境接口按他们习惯的方式采用最少的工具工作。

由 NASA AMES 研究中心建立的虚拟环境运输接口（简称 VEV）已经成功地和俄罗斯金星空间站对接。VEV 使用立体图形装备给操作者提供三维观察工具。WTK 的真实感图形库用来建立图象，操作者可以控制运载工具从金星得到一幅图象，并发回一个命令需要 50 分钟。VEV 由建立通用数据库开始工作，每收到金星的电子信号就更新数据库的数据。通用数据库设计的移动漫游程序有一定智能，可以沉入再浮出。系统也允许多个科学家一起协同工作（属于 CSCW 范畴），在同一时间提出请求。例如，一个地质学家分析石油，收集资料后有所发现，就可以输入请求，与此同时移动漫游者，请另一个科学家从不同角度分析，大家合作应用这个环境反复进行探讨研究。

VEV 也使用实验性和非全员潜艇在大西洋探索水的 McMurdo 声音。这个装备允许外空生物学家测试“涉及永久冷冻湖水中的原始生活环境”，此外研究者能学到更多的关于遥现操作交通系统的大致情况。

水下作业机器人在水下工作时，需要一个临场感行走系统，系统应用 VR 立体视窗显示机器人在海底抓取目标的情况，实际上是将 VR 技术及图形技术与机器人视觉技术相结合。