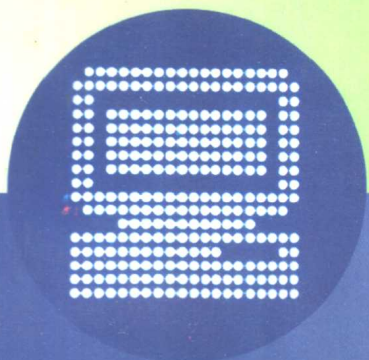


虚拟环境技术

XUNIHUANJINGJISHU

李锦涛 刘国香等 编著

中国铁道出版社



虚拟环境技术

李锦涛 刘国香 刘文炜 编著
郭 莉 李 煜

中国科学院计算技术研究所
国家智能计算机研究开发中心

中 国 铁 道 出 版 社

1996年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书介绍了虚拟环境技术的发展及趋势;阐述了虚拟环境系统的关键技术、概念模型及体系结构;从视觉环境系统、听觉环境 硬件支撑技术;介绍了几个典型的虚拟环境系统的支撑软件;最后介绍了虚拟环境技术在科学计算可视化、飞行模拟、CAD/CAM 及文化娱乐等方面的应用。

本书可作为计算机专业本科高年级学生及研究生的选修课教材,也可作为有关教师及科技工作者的参考书。

虚拟环境技术

李锦涛 刘国香等 编著

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市宣武区南菜园街 72 号)

责任编辑 殷小燕 封面设计 薛小卉

各地新华书店经售

河北省遵化市胶印厂印

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:11 字数:264 千

1996 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—2500 册

ISBN7-113-02304-5/TP·235 定价:25.00 元

前 言

虚拟环境技术(也称虚拟现实技术)是一种最有效地模拟人在特定环境中视、听、动等行为的高级人机交互技术,它将从根本上改变人与计算机系统的交互方式。虚拟环境技术是人工智能、计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、网络技术以及高度并行的实时计算技术等一系列技术的综合集成。

虚拟环境技术的基本概念是六十年代提出来的。近年来,由于各相关技术的迅速发展,虚拟环境技术取得了很大的进展,并已在科学计算可视化、飞行模拟器、遥在操作、医疗医药、教育娱乐以及 CAD/CAM 等领域显示出广阔的应用前景。

本书的主要内容包括:虚拟环境技术的发展历史及未来发展趋势;虚拟环境系统的关键技术、概念模型及体系结构;虚拟环境系统的硬件支撑技术,包括视觉环境系统、听觉环境系统及触觉环境系统;虚拟环境系统的支撑软件,介绍同个典型的支撑软件系统;虚拟环境系统的实现技术,包括系统的性能要求,人的因素的要求及工程实现等方面的考虑;虚拟环境技术的应用。

本书由中国科学院计算技术研究所国家智能计算机研究开发中心李锦涛研究员(博士)和包头钢铁学院刘国香教授担任主编。第一章由李锦涛编写;第二章由刘文炜编写;第三章由李煜编写;第四章由李锦涛编写;第五章由郭莉编写;第六章由刘国香编写;全书由李锦涛校稿。国家智能计算机研究开发中心和中国科学院计算技术研究所图书馆为本书的编写提供了大量有益的素材,黄希妍等为本书的录入与排版做了大量的工作。

在本书出版之际,作者衷心感谢中国科学院计算技术研究所林宗楷研究员、刘慎权研究员、武汉水运工程学院陈定方教授对作者在本书写作过程中所给予的关心与支持;衷心感谢中国铁道出版社殷小燕编辑为本书出版所付出的辛勤劳动。

虚拟环境技术的发展异常迅速,新的概念、方法和研究成果不断出现。为此,尽管作者在编写过程中作了很大努力,书中仍难免会有不足和疏漏之处,敬请广大读者批评、指正。

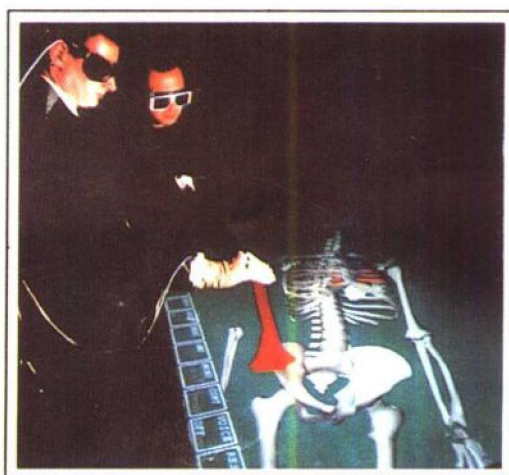
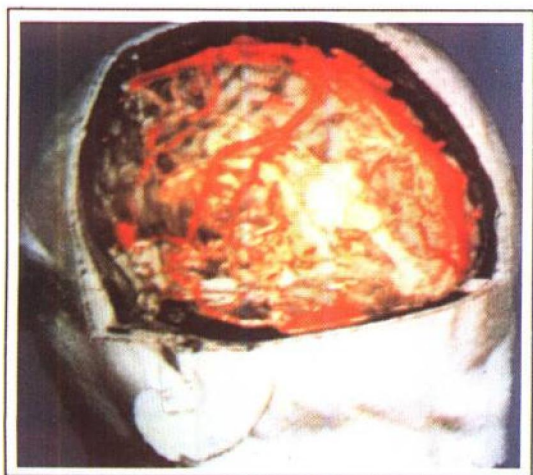
作 者

一九九六年元月

► 图 4 不列颠 Aerospace 在真实机舱中装设的虚拟环境可设置式飞行训练辅助器



▼ 图 1 最新的磁共振成像，显示设备高品质显示效果之一例



▲ 图 2 虚拟环境技术在医学教学上的应用：由虚拟人体的骨骼系统中用戴着数据手套的手拾取一段骨骼进行仔细观察

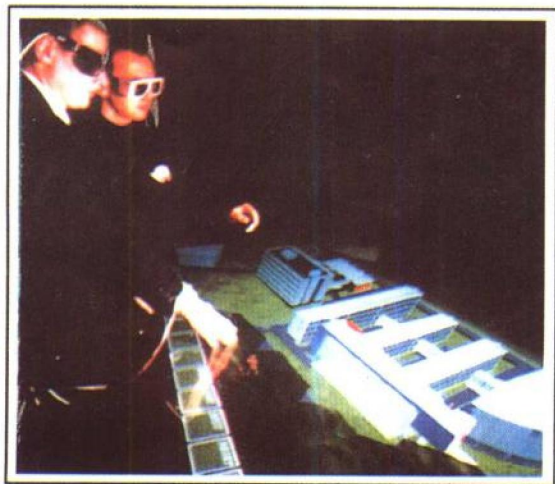


◀ 图 3 不列颠 Aerospace(Brough) 的虚拟机舱设备

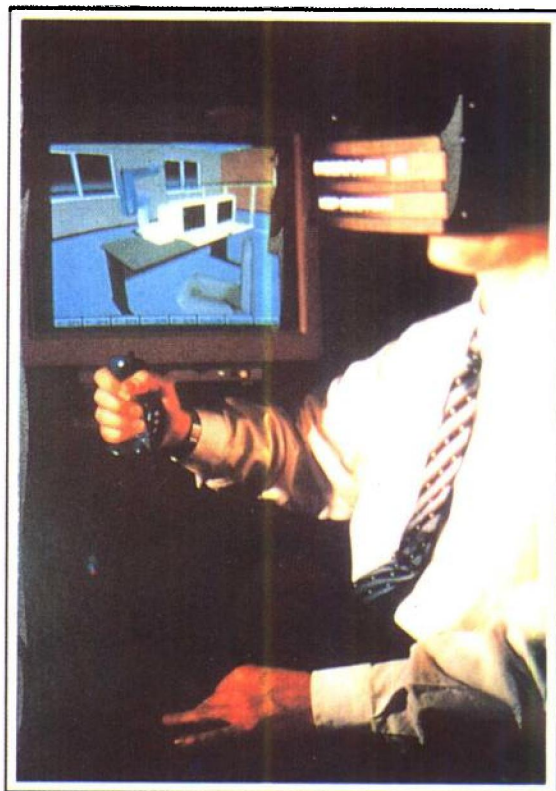
▼图7 不列颠 Aerospace 之全彩色高清晰度“看穿”式头盔显示器



▼图5 虚拟环境技术在建筑设计中的应用



▲图6 不列颠 Aerospace 虚拟环境实验室展示的 Rover 400 型演示系统



▲图8 虚拟环境设备中的头盔显示器及力感反馈手柄

目 录

第一章 虚拟环境技术绪论	1
1.1 虚拟环境技术的含义	1
1.2 虚拟环境技术的发展概况	1
1.2.1 虚拟环境技术的探索阶段	2
1.2.2 虚拟环境技术的集成阶段	3
1.2.2.1 VIDEOPLACE 系统	3
1.2.2.2 VIEW 系统	3
1.2.2.3 USAF Super Cockpit 系统	4
1.2.2.4 VPL 公司	4
1.2.3 虚拟环境技术全面发展阶段	5
1.2.3.1 软件支持环境	5
1.2.3.2 硬件体系结构	5
1.3 虚拟环境的关键技术及主要研究方向	6
1.4 虚拟环境技术的主要应用领域	8
第二章 虚拟环境系统的体系结构	10
2.1 虚拟环境系统的概念模型	10
2.1.1 概念模型	10
2.1.2 人类角度	11
2.1.3 技术角度	13
2.2 虚拟环境系统的体系结构	15
2.3 几个典型的虚拟环境系统	16
2.3.1 VIDEOPLACE 系统	17
2.3.2 VIEW 系统	18
2.3.3 Dialogue 系统	19
2.3.4 SuperVision 系统	21
第三章 虚拟环境系统的硬件技术	24
3.1 视觉环境系统	24
3.1.1 头盔显示器	24
3.1.1.1 显示技术	24
3.1.1.2 用于直接观察的显示器	25
3.1.1.3 投影设备	32
3.1.1.4 微机械硅显示装置	33
3.1.1.5 头盔显示器光学系统	35

3.1.1.6 头盔显示器系统	40
3.1.1.7 基于阴极射线管的头盔显示器	44
3.1.2 位置与方向跟踪系统	50
3.1.3 眼点监视传感系统	68
3.1.4 虚拟世界发生器系统	69
3.2 听觉环境系统	76
3.3 触觉/运动环境系统	80
3.3.1 虚拟手控制器系统	80
3.3.2 触觉反馈	86
3.3.3 力感反馈系统	88
3.3.4 身体数据服	88
3.4 总 结	89
第四章 虚拟环境系统的支撑软件	90
4.1 VPL RB2 系统的支撑软件	90
4.1.1 Swivel 3D 造型软件	91
4.1.2 Body Electric	91
4.1.3 Isaac	95
4.2 WorldToolKit(WTK)	95
4.3 MR: 虚拟环境应用工具箱	98
4.3.1 MR 的基本原理	98
4.3.2 MR 应用程序的结构	99
4.3.3 MR 程序包	100
4.4 dVS: 分布式虚拟环境软件系统	101
4.5 本章小结	102
第五章 虚拟环境系统的实现技术	104
5.1 虚拟环境系统实现的关键因素	104
5.1.1 系统的性能要求	104
5.1.2 人的因素的要求	105
5.1.3 工程要求	105
5.2 虚拟环境显示器	105
5.2.1 显示器分辨率	105
5.2.2 显示器视域	107
5.2.3 畸 变	110
5.2.4 显示器对比度	114
5.2.5 对 准	115
5.2.6 眼点距(eye relief)	115
5.2.7 出射光瞳	115
5.2.8 闪 烁	116
5.2.9 显示/图像重叠	116

5.2.10 双目头盔显示器/头耦合显示器的规格要求	118
5.3 虚拟环境的位置及方向跟踪系统	118
5.3.1 术语的定义	119
5.3.2 与其它位置传感设备共存	122
5.3.3 在扩展的范围内跟踪	123
5.3.4 不精确位置跟踪的影响	123
5.3.5 改善空间跟踪系统	124
5.3.6 定义位置及方向跟踪系统	125
5.4 视觉耦合系统的要求	126
5.4.1 显示器性能考虑	126
5.4.2 虚拟环境幻象的性能要求	127
5.4.3 显示景象的运动(前庭/视觉冲突).....	128
5.4.4 听觉定位的考虑	128
5.4.5 图像/图形生成器的要点.....	129
5.5 在虚拟环境中与虚拟物体交互	131
5.5.1 在虚拟环境中使用手势输入设备进行交互	131
5.5.2 使用手势控制语言控制机器人操纵器	132
5.5.3 触感显示技术	134
5.6 一个值得注意的事项	136
5.7 本章小结	136
第六章 虚拟环境技术的应用	137
6.1 前 言	137
6.2 在科学可视化方面的应用	137
6.2.1 行星表面的可视化	138
6.2.2 NASA Ames 的虚拟风洞	138
6.2.3 分子合成	139
6.3 在医学上的应用	140
6.3.1 虚拟立体触觉外科学	140
6.3.2 磁共振成像系统:一种虚拟环境监测装置.....	141
6.3.3 超声成像:一种虚拟环境透视装置.....	141
6.3.4 制订放射线治疗计划	142
6.3.5 外科医生培训	142
6.3.6 遥控外科手术及显微外科手术	142
6.4 远程操作及危险环境的遥控操作	143
6.4.1 虚拟环境远程驱动试验(VERDEX)	143
6.4.2 欧洲空间局(ESA):“人在虚拟空间”(MVS)	144
6.5 虚拟机舱	145
6.6 可设置的虚拟环境训练辅助器(VECTA)	147
6.6.1 初始的(标准的)VECTA:1991年巴黎国际航空展	147

6.6.2	VECTA(标准的):1992年Farnborough国际航空展示会	148
6.6.3	现实世界与虚拟环境合成的可设置训练辅助器(RAVECTA)	149
6.7	在维修系统中的应用	150
6.8	在CAD/CAM方面的应用	151
6.8.1	Rover 400汽车的内部设计:基于虚拟环境技术的计算机辅助设计工具	151
6.8.2	虚拟CAD	152
6.8.3	波音VSX:在虚拟环境中的虚拟飞行器内进行操作	152
6.8.4	虚拟环境CAD(VECAD):下一代的CAD系统	153
6.9	产品设计可视化	153
6.9.1	汽车设计	153
6.9.2	飞机设计	154
6.9.3	虚拟厨房设计	154
6.10	在教育方面的应用	155
6.10.1	在虚拟直观教学中加入触觉功能	155
6.10.2	地理教学	155
6.10.3	物理学及化学教学中新的实验手段	155
6.11	虚拟环境实验室	156
6.11.1	虚拟环境实验室设备配置论证	156
6.11.2	虚拟环境实验室的必要条件	156
6.11.3	简易的虚拟环境实验室	157
6.11.4	虚拟环境综合实验室	158
6.12	最低造价的虚拟环境系统	160
6.12.1	综 述	160
6.12.2	Logitech 2D/3D鼠标器	160
6.13	娱乐和消闲方面的应用	162
6.13.1	“超人(Superman)”的体验	162
6.13.2	虚拟剧场	162
6.13.3	SIGGRAPH'94的虚拟环境游乐演示	163
6.14	本章小结	163
	参考文献	164

第一章 虚拟环境技术绪论

本章将给出虚拟环境技术的含义,概要介绍虚拟环境技术的发展历史,虚拟环境技术的关键技术及其主要研究方向以及虚拟环境技术的主要应用领域。

1.1 虚拟环境技术的含义

虚拟环境技术是一种最有效地模拟人在自然环境中视、听、动等行为的高级人机交互技术。这种模拟具有两种基本特征,即“临境感”(immersive)和“交互性”(interactive)。虚拟环境的“临境感”是指“参与者”(用户)全身心地沉浸于计算机所生成的三维虚拟环境,并产生身临其境的感觉。虚拟环境的“交互性”主要是指“参与者”利用视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉等感官功能及对话、头部运动、眼动、行走、转身、拾取和放置等人类自然技能对虚拟环境中的实体进行交互考察与操作。因此,虚拟环境系统将无可争议地提供人与计算机通信的最自然的手段。它能很好地将环境的计算机表示与人类进化了数千年的三维空间处理能力相匹配,因而将从根本上改变人与计算机系统的交互操作方式。

人类在长期的实践活动中,演化了听觉系统,为人类提供了除视觉之外的又一种通讯方式。在虚拟环境中引入听觉系统可以补充视觉信息以增强对环境的感知。现有技术可以提供一种覆盖 360 度球体的声音,给虚拟环境中的用户提供一种真实的声音环境。与视觉系统一样,听觉系统模仿现实世界的真实程度将取决于具体的应用。总之,听觉系统的引入将大大增强虚拟环境的真实性。

在现实世界中,人们可以操作各种物体,并能感觉到物体的运动阻力,表面纹理,质量,柔性等特性。在虚拟环境系统中,如要体验到这些特性必须引入触觉和力感反馈系统。在一些应用中,如不引入触感反馈将会给用户带来许多困难并降低系统性能。

因此,如图 1-1 所示,虚拟环境应当包括视觉环境,听觉环境和触觉环境三部分。

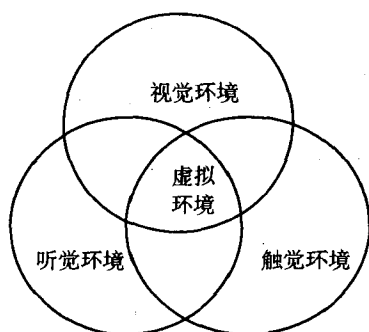


图 1-1 虚拟环境的构成示意图

1.2 虚拟环境技术的发展概况

虚拟环境技术并非最近才出现的,其发展大致可分为三个阶段:第一个阶段从本世纪 50 年代到 70 年代,是虚拟环境技术的准备阶段;第二个阶段从 80 年代初到 80 年代中期,是虚拟环境技术系统化,并开始走出实验进入实际应用的阶段;第三个阶段从 80 年代末期之后,是虚拟环境技术全面发展的时期。

1.2.1 虚拟环境技术的探索阶段

从本世纪 50 年代到 70 年代,是虚拟环境技术的准备阶段。与其它技术的发展过程相似,在准备时期虚拟环境技术并没有形成完整的概念,当时研究人员的想法大都比较单一,相互之间很少联系,而且当时的技术水平也相当有限,但他们的成果仍然具有很高的价值。

虚拟环境的基本思想可以追溯到 20 世纪 50 年代。1956 年,美国的 Morton Heileg 开发了一个被称为 Sensorama 的摩托车仿真器。Sensorama 不仅具有三维视频及立体声效果,还能产生振动、风吹的感觉及城市街道的气味。用户可以坐在仿真器的座位上经历一种开摩托车漫游美国纽约曼哈顿的感觉。遗憾的是,从商业角度看 Sensorama 并不成功。但是,它试图从视觉、听觉及触觉等多方面给人一种身临其境的感受,这正是虚拟环境技术追求的目标之一。

虚拟环境技术发展史上的第一个里程碑是由美国的计算机科学家 Ivan Sutherland 于 60 年代中期奠定的。1965 年,他发表了一篇名为<<The Ultimate Display>>的文章。Sutherland 认为,计算机生成的图像应该非常逼真,以致于计算机生成的场景与真实生活的场景毫无二致。1968 年,他在哈佛大学组织开发出第一个计算机图形驱动的头盔显示器(Helmet-Mounted Display,即 HMD),并且开发了与 HMD 相配的头部位位置跟踪系统。在一个完整的头盔显示系统中,用户不仅可以看到三维物体的线框图,还可以确定三维物体在空间中的位置,并能通过头部运动从不同角度观察三维场景的线框图。在 60 年代末期的计算机图形技术水平下,Sutherland 取得的成就是令人惊叹的。

Sutherland 以两个小型阴极射线管(CRT)为基础构成了 HMD。两个 CRT 分别显示左、右眼观察的图像。由于两眼的视点稍有区别,因此两个 CRT 生成的图像也不一样。

Sutherland 曾用两种方法确定头部的位置及方向。确定头部位置及方向的目的是为了确保持计算机生成的场景图像的视线方向与用户头部的方向保持一致。第一种头部跟踪方法采用了具有两个万向节及一个滑动节的 6 自由度机械臂。尽管整个机械臂是精心制造的,但当用户使用它模拟人的头部运动时,仍然感到非常烦琐。认识到这种头部跟踪器的局限性之后,Sutherland 很快就采用了第二种头部跟踪器。这是一种超声波头部跟踪器。使用时,首先在用户头部安装三个频率分别为 37.0、38.6 及 40.2 kHz 的超声波源,同时在用户头顶的天花板上的不同位置安装四个超声波接收器。这样,由于从三个超声波发射源到接收器的距离各不相同,接收器收到的超声波之间就会产生相位差。根据这些相位差计算机就能计算出头部的位置及方向。与第一种头部跟踪器相比,这种超声波跟踪器使用起来很方便,但它也有缺陷,即存在严重的相位迟滞现象,这个问题至今也没有很好地解决。

Sutherland 的工作与其说是社会生产的需要,不如说是人类的一种理想。在当时的技术条件下,他所取得的成果已是很不容易的了;因此,当他的工作于 1970 年终于完成时,并没有真正转化为应用,但他的工作为后来虚拟环境技术的研究提供了极大的启示。目前,在大多数虚拟环境系统中都能看到 HMD 的影子。因此,许多人都认为 Sutherland 不仅是“图形学之父”,而且还是“虚拟环境技术之父”。

在虚拟环境技术的探索阶段,美国 LEEP 公司开发的用于观察三维静态图像(相片)的广角透镜具有重要的影响。1979 年,LEEP 公司创始人 Eric Howlett 开发了名为 LEEP 的大视角透视光学系统。当使用者通过这种透视镜观察由立体相机拍出的图像时,无不对图像的强烈的立体感和纵深感留下了深刻的印象。遗憾的是,由于立体相机拍出的照片会产生变形,因此,

立体相机必须和经过反变形处理的广角透视镜配套使用。LEEP 透视光学系统作为头盔显示器的一部分,已于 1985 年,用于美国 NASA Ames 实验中心开发的虚拟环境系统 VIEW 里;从那时以后,各种类型的头盔显示器几乎都采用了大视角光学透视系统以扩大用户的视野。

1.2.2 虚拟环境技术的集成阶段

从 80 年代初到 80 年代中期,是虚拟环境技术的集成阶段;也是虚拟环境技术系统化,并开始进入实际应用的阶段。这个时期开始形成虚拟环境的基本概念,并出现了人工现实(Artificial Reality)、虚拟现实(Virtual Reality)、虚拟环境(Virtual Environment)及电脑空间(Cyberspace)等对虚拟环境技术的不同称呼,其中以 Virtual Reality 一词影响最广,而 Virtual Environment 一词则得到了学术界的广泛采用。这个时期的工作以 VIDEOPLACE 系统及 VIEW 系统为代表。M. W. Krueger 研制的 VIDEOPLACE 系统体现了他提出的无障碍的环境式(uncumbering & environmental)人工现实的思想;美国 NASA Ames 实验中心研制的 VIEW 系统是第一个走出实验室进入实际应用的虚拟环境系统,该系统对虚拟环境技术的发展产生了深远的影响。

1.2.2.1 VIDEOPLACE 系统

M. W. Krueger 设计了 VIDEOPLACE 虚拟环境系统。在众多的虚拟环境技术先驱者之中,Krueger 的思路是比较独特的。Krueger 认为,人类与计算机相比,进化要缓慢得多;因此,接口研究应该将重点放在相对不变的人类特性上。计算机应该适应人,而不是让人去适应计算机。在这种思想指导下,当其他早期研究者考虑穿着或戴着设备时,Krueger 将目标瞄准无障碍的环境式人工现实。Krueger 认为人机接口的研究不应受目前各种技术的限制,应该看到未来的应用。这是 Krueger 高瞻远瞩之处;但我们也注意到,目前要实现无障碍的环境式人工现实还有许多困难,而提供适当装备的虚拟环境系统则比较容易实现。

VIDEOPLACE 是一个计算机生成的图形环境。在该环境中参与者能看到他本人的图像投影在一个屏幕上;通过协调计算机生成的静物属性及动体行为,可实时地响应参与者的活动。

1.2.2.2 VIEW 系统

在虚拟环境技术发展史上,VIEW 的地位举足轻重。当 1985 年 VIEW 系统的雏形在美国 NASA Ames 研究中心完成时,该系统以低廉的造价、让参与者有“真实体验”的效果引起有关专家的注目。该系统的雏形是在 Michael McGreevy 领导下完成的。同年,Scott Fisher 加入该项目。在他的领导下,VIEW 系统保持了低造价的优势,并装备了数据手套、头部跟踪器等硬件设备,还提供了语音、手势等交互式手段,使 VIEW 成为一个名副其实的虚拟环境系统。与 Krueger 的 VIDEOPLACE 系统相反,由于 VIEW 系统造价合理,使用效果较好,使其成为第一个走出实验室进入工业应用的虚拟环境系统。目前大多数虚拟环境系统的硬件体系结构大都由 VIEW 发展而来,由此可见 VIEW 在虚拟环境技术发展过程中的作用。

VIEW 系统主要应用于远程机器人控制、复杂信息管理及人类诸因素的研究。VIEW 的成功大大鼓舞了虚拟环境技术研制的先驱者们,并引起了世人的广泛关注。由于虚拟环境技术能给人提供“真实”的体验,在许多应用领域都具有应用潜力,因此越来越多的人被吸引到该领域中来。在 VIEW 的带动下,从 1989 年起全世界掀起了研究虚拟环境技术的热潮,从而在硬件技术、软件体系结构及软件工具等方面取得了很大的进展。

1.2.2.3 USAF Super Cockpit 系统

飞行训练模拟器是虚拟环境技术的重要应用领域,这是由两方面的原因决定的。首先,由于飞行训练是一项危险、复杂的任务,对于初级飞行员尤其如此,如果出现意外情况,其代价将是非常昂贵的;而利用虚拟环境技术则可以提供一种安全的、训练效果较好的飞行训练模拟环境,这是其它技术很难做到的。另一方面,目前要实现一个性能不错的虚拟环境系统需要花费大量的财力。但在飞行训练任务中,与飞行训练的危险性相比,花费这些资金是值得的,因此虚拟环境技术研究人員一向很重视诸如飞行训练模拟、太空活动模拟等应用领域。

1986年,美国 Wright Patterson 空军基地(WPAFB)的 Armstrong 医学研究实验室的 Furness 提出了一个叫作“虚拟工作台”(Virtual Crew station)的革命性概念,这是他们在研究未来二三十年飞行操作需要的相关技术问题时提出来的。与此相关的一个技术概念叫“超级飞行驾驶舱”(Super Cockpit)。科学家们认为,未来飞行员的工作负荷将达到无法忍受的地步;因此,“虚拟工作台”将全面开发飞行员的感知、认知及心理活动(Psychomotor)等各方面的能力。目前的飞行驾驶舱只能通过二维显示面板及非常有限的视野向飞行员传递必要的信息,而且许多信息显示方式很不直观,飞行员必须把各种信息综合起来才能判断飞机的飞行状态。而基于虚拟环境技术的 Super Cockpit 则与此不同,它把视觉、听觉及触觉等各种感觉子系统集成起来,为飞行员提供头部、眼睛、语音及手部控制输入等多种交互控制方式。

1985年,WPAFB 的 Dean Kocian 开发了一个被称为 VCASS 的飞行系统仿真器,研究人员利用这套设备进行了一些非常重要的研究工作。当飞行人员与虚拟驾驶舱交互时,将访问诸如头部与眼部跟踪、语言输入及手部跟踪等子系统。该研究计划的目标之一就是确定虚拟驾驶舱的各种交互子系统能否被飞行员所接受。VCASS 研究计划中所提出的许多问题在如今的虚拟环境研究中仍然具有重要的意义,例如:

- 视频显示的图像更新率应该为多少才能满足要求?
- 提供给用户的信息应该精确到什么程度?
- 为了完成特殊任务头盔显示器应该提供多大的视域?
- 虚拟空间中的图像分辨率应该达到什么程度?
- 各种信息应该如何提供给用户? 这些问题只是当前许多未能回答的问题的一部分。尽管许多问题目前还没有解决;但毫无疑问,虚拟飞行驾驶舱将是解决未来各种复杂飞行任务的重要手段。

1.2.2.4 VPL 公司

虚拟环境技术得到广泛应用的条件之一是降低硬件成本,因此从商业市场所能买到的虚拟环境系统的主要硬件设备是非常关键的,商业利益会促使相关硬件生产厂家不断降低硬件成本,扩大商品销路,在这方面走在前头的是 Jaron Lanier 及 Jean-Jacques Grimaud 于 1985 年创立的 VPL 公司。“Virtual Reality”一词就是由 J. Lanier 提出的。由于 Lanier 从 Thompson-CSF 基金会及 NASA 得到了足够的研究资金,因此 VPL 有能力深入研究虚拟环境交互技术并开发出了各种虚拟环境交互设备。其中最著名的是 DataGlove 数据手套。VPL 公司的其它虚拟环境产品还有 EyePhone 及 Audiosphere 等。

VPL 公司认为,在一个虚拟环境系统中光有硬件设备是不够的,虚拟环境系统还需要基本的软件支撑环境。良好的软件支撑环境将允许用户方便地构造、生成虚拟世界,控制各种交互设备以及虚拟世界进行各种高级交互。基于这一思想,VPL 开发了名为 RB2(Reality Built

For Two)的软件支撑环境。RB2 允许用户根据实际需要购买整个软件或其中的一部分,RB2 的最大特点是允许用户根据实际需要比较自由地选择硬件配置,从而让用户得到最佳的性能/价格比。此外,RB2 还允许两个用户在同一个虚拟环境环境系统中进行交互。

1.2.3 虚拟环境技术全面发展阶段

1987 年,美国《Scientific American》杂志发表了一篇报导 DataGlove 的文章,这篇文章及其后在各种报刊上发表的虚拟环境技术的文章引起了大众的极大兴趣。加上一些虚拟环境科幻小说的问世及虚拟环境技术在 NASA 的成功应用,虚拟环境技术从研究到应用都进入了一个崭新的时代。

1.2.3.1 软件支持环境

在虚拟环境系统中只有各种交互设备还不够,还必须提供基本的软件支撑环境,使用户能方便地构造虚拟世界并与虚拟世界进行高级交互。为了使虚拟环境技术得到广泛应用,很有必要分析虚拟环境系统软件支撑环境的体系结构,研究虚拟环境系统人机接口对支撑环境有哪些要求。下面介绍 J. B. Lewis 等人研制的 Dialogue 系统,看看他们是如何设计 Dialogue 系统的软件体系结构的。

早期的虚拟环境系统在设计软件体系结构时,往往沿袭了台式系统的体系结构、设计概念及软件工程技术。只是当涉及到诸如数据手套及头部跟踪器等特殊设备时,才考虑采用特殊的软件接口方式;而且处理特殊设备的软件接口往往是独自搞一套,无法与其它设备的软件接口统一起来。在经过大量实验后,人们才认识到,与台式系统相比,虚拟环境系统有其自身的基本特点,如:

具有高度实时的性能,同时使用多种输入/输出设备,能提供“真实”的体验和尽可能丰富的交互手段等。

实际上,Dialogue 系统并不想解决虚拟环境中的所有问题。在 Dialogue 系统中,Lewis 等人提出了一种通过基于事件驱动的中枢用户接口管理系统(UIMS)进行多进程通讯的软件体系结构,目的是解决虚拟环境系统的动态灵活性问题,即能够方便地改进虚拟环境系统的硬件设备及软件技术,并且对交互式技术的限制非常少。

Dialogue 系统采用对话接口来说明虚拟世界的行为规范。对话接口由模块化的子对话接口或规则集组成。为了达到高度灵活性(flexibility)、设备可重映射性(remappability)及可重用性(reusability)的目标,这些规则集应被表示成独立的模块,每个模块封装自己的状态信息。另外,每个模块还应根据其概念层次结构中的功能来设计;这种概念层次结构可以把一个专用设备(逻辑设备)转换成通用设备,也可以把一个通用设备转换成一种交互式技术;而且,在这种层次结构的顶层,可以把一种交互式技术映射成行为集。当逻辑设备映射到一个物理设备时,该物理设备既可以是一个数据手套,也可以仅仅是用户在显示器上看到的一个滑动杆(slider)。

Dialogue 系统的对话接口结构不仅适用于虚拟环境系统,而且对其它系统也有很高的参考价值。

1.2.3.2 硬件体系结构

为了满足虚拟环境对计算复杂性的几乎是无限的要求,虚拟环境系统必须提供足够强的灵活性及可扩充性。要做到这一点,可以从软、硬件两方面来考虑。SuperVision 系统则是从硬

件的角度来解决计算复杂性问题的。

SuperVision 系统是由 DIVISION 公司开发的并行虚拟环境系统,开发小组的领导人是 Charles Grimsdale。DIVISION 公司在该系统中提出了一种基本的并行模型,并开发了相关的并行处理器件。

1. 并行处理

如前所述,为了满足高级三维计算系统的实时要求,必须定义一个能随着分辨率及环境复杂性的增长而扩充的系统模型,这种统一模型可使虚拟环境系统从虚拟环境模拟诸问题中发出自然的并发属性。可以把虚拟环境分为环境层、实体层、元素层及原语层四个并发层。

在这种模式中,虚拟环境的不同元素由不同进程并行处理,这就是 DIVISION 公司开发的 dVS 操作系统的基础。dVS 是基于上述原则的分布式虚拟环境操作系统。dVS 不仅支持一系列不同的并行体系结构,还支持高度并行计算模型。

2. 并行加速器

为了满足不同的应用要求,DIVISION 公司开发了并行计算的基本模型系统。这种系统建立在分布式存储体系结构基础之上。在基本体系结构中,一个处理单元(transputer 或 i860)只用来处理系统中的一个主要任务。如果用户需要增加新的 I/O 设备,则系统只需增加相应的 transputer 即可。

这种类型的并行系统有很多优点,这些优点包括支持专用 I/O 控制,确保实时响应、高度灵活性及可扩展性。

3. SuperVision

SuperVision 是高性能的并行可视化系统,它把多 transputer 体系结构的灵活性与 Intel i860 的浮点性能结合在一起实现立体可视化。

SuperVision 系统提出了一种虚拟环境模拟的并发体系结构,所开发的几个并发层可最大限度地利用系统的性能。从 SuperVision 可以看到,不断地采用先进的软、硬件技术是虚拟环境技术发展的主要特征。

1.3 虚拟环境的关键技术及主要研究方向

虚拟环境技术是一系列高新技术的汇集,涉及人工智能、计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、传感技术以及高度并行的实时计算技术等领域。美国自然科学基金会于 1992 年 3 月 23 至 24 日在北卡罗莱纳大学主持召开了一次国际研讨会,讨论并提出了虚拟环境研究的主要方向。与会代表有来自美国和加拿大的 18 位专家学者,计算机图形学之父、虚拟环境技术的创始人之一 Ivan Sutherland 也出席了会议。1993 年,IEEE 也举办了“虚拟环境研究前沿”的学术会议;在 1994 年的 ACM SIGGRAPH 年会上,又进行了“虚拟环境研究前沿”的专题讨论。下面将简要列出这些会议所提出的当前虚拟环境技术的主要研究方向。

一、感知研究领域

1. 在视觉方面

- (1) 虚拟环境行为方法学的研究及应用需求分析;
- (2) 科学与技术协同作用的示范应用及理论问题的确定;

(3)视觉图象质量的改善。

2. 在听觉方面

(1)空间声学

- 理论研究应强调不同人之间与头相关的传输功能(HRTF)的差异,距离等关键刺激,头部运动,以及对虚拟听觉源精确感知的传感交互性和适应性。

- 基础和应用相结合的研究领域是研究用感觉可行的方法来简化合成技术,最大限度地提高复杂空间建模算法的效率。

- 支持尽可能真实的听觉环境模拟的研究。

(2)非语音听觉

- 理论研究应集中在低级传感器和听觉器官的高级认知因子,并特别强调交互修改听觉参数来识别、分离和定位多个同时发声的声源的研究。

- 技术开发应集中在硬件和软件系统,特别是听觉信息显示的实时生成与控制。

3. 在触觉方面

- 开发各种用于人类触觉系统基础科学研究或虚拟环境触觉设备的计算机控制的机械装置。

- 研究生物机械和心物理学的相关性。

- 鼓励能够制造高精度机器人装置的工程师和能够指导生物机械和感知实验的科学家协同工作。

- 视觉、听觉和触觉研究人员与研制传感和机动设备同步处理软件的计算机研究人员的协同工作。

二、人机软件界面

1. 独立于应用的交互技术和方法的研究。研究工作应集中在寻求新的虚拟环境方法并开发可重用的独立于应用的软件界面组件。很有潜力的一种手段是用语音输入作为并行输入方式。

2. 建立软件技术交换机构以支持代码共享、重用和软件投资。鼓励开发通用的软件维护工具,以便能够进行版本控制,集成不同人员开发的工具,简化定制和配置手续。

三、支撑软件

1. 支持开发满足虚拟环境建模要求的新一代造型工具;

2. 开发同时支持现有和新的模型的软件工具;

3. 支持在虚拟环境内建模的软件工具的开发;

4. 虚拟环境语言模型的研究;

5. 限时计算与绘制的软件工具的开发;

6. 多用户虚拟环境的支撑软件的研制。

四、硬 件

1. 跟踪系统

(1)由于微加速计和回转仪的发展,惯性跟踪系统是最基本的研究方向。