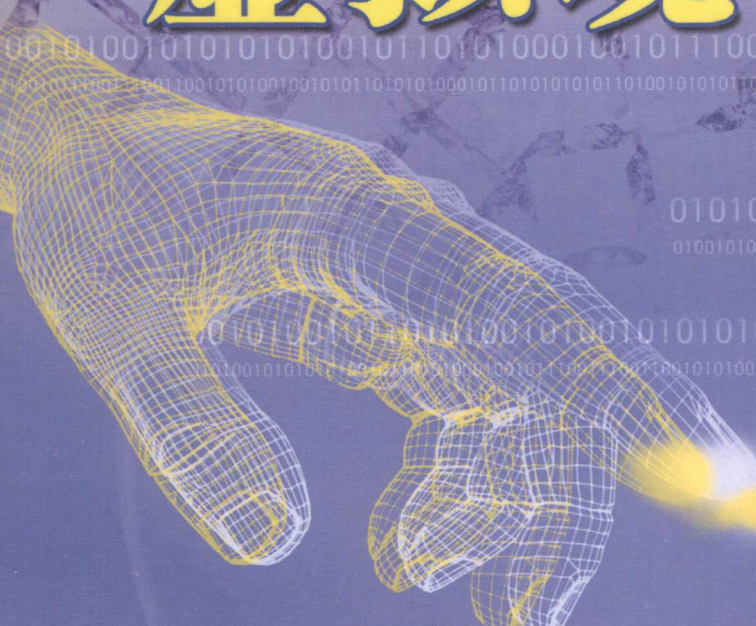


虚拟现实技术

与应用



朱文华 主编

熊 峰 胡贵华 苏玉鹏 胡小梅 编著

XUN
XIANSHI
SHU
YU
YINGYONG

知识产权出版社

上海科学普及出版社



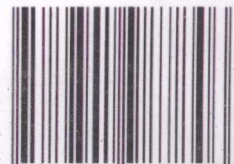
责任编辑 徐丽萍 刘畅

封面设计 阿雅

XUN
XIANSHI
JISHU
YU
YINGYONG



ISBN 978-7-80198-784-6



9 787801 987846 >

定价：32.00 元

虚拟现实技术与应用

朱文华 主编

熊峰 胡贵华 苏玉鹏 胡小梅 编著

知识产权出版社

上海科学普及出版社

内容提要:

本书共有四篇 14 章, 内容包括: 虚拟现实概论、虚拟现实建模语言 VRML、Open Inventor 程序设计和虚拟现实技术的应用实例。附录中介绍了 Open Inventor 节点快速查询和 Open Inventor 文件的转换。本书的配套光盘内容有: VRML 程序实例和 Open Inventor 程序实例。

本书内容系统全面, 编写时本着普及和推广应用的原则, 在介绍虚拟现实技术理论知识的同时, 还介绍了 Open Inventor 图形工具软件, 并采用实例进行讲解, 使读者能在较短的时间内对虚拟现实技术有所了解, 并能进行应用。

本书结构清晰、合理, 内容新颖、丰富, 既可作为高等院校机械制造自动化、计算机和多媒体等专业研究生和高年级本科生的教材, 也可作为虚拟现实技术应用人员、虚拟现实爱好者的参考用书。

责任编辑: 徐丽萍 刘畅

图书在版编目 (CIP) 数据

虚拟现实技术与应用 / 朱文华主编; 熊峰等编著.

—北京: 知识产权出版社; 上海: 上海科学普及出版社, 2007. 10

ISBN 978-7-80198-784-6

I. 虚… II. ①朱… ②熊… III. 虚拟技术—应用

IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 168931 号

虚拟现实技术与应用

朱文华 主编

熊峰 胡贵华 苏玉鹏 胡小梅 编著

出版发行: 知识产权出版社
上海科学普及出版社

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

邮 编: 100088

网 址: <http://www.cnipr.com>

邮 箱: bjb@cnipr.com

发行电话: 010-82000893 82000860 转 8101

传 真: 010-82000860 转 8129

印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

责编邮箱: Liuchang@cnipr.com

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 23.375

版 次: 2007 年 10 月第 1 版

印 次: 2007 年 10 月第 1 次印刷

字 数: 525 000

定 价: 32.00 元

ISBN 978-7-80198-784-6/T·256(1900)

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换

前 言

虚拟现实 (Virtual Reality) 技术是近年来一项十分活跃的研究与应用技术。从 20 世纪 80 年代开始受到人们关注, 目前发展极为迅速, 已应用在很多领域中。虚拟现实作为一种强大的人机交互技术, 一直是信息领域研究开发和应用的热点方向之一。

虚拟现实技术是一系列高新技术的汇集, 这些技术包括计算机技术、计算机图形学、传感技术、人体工程学、人机交互理论、多媒体技术等。虚拟现实技术是对这些技术更高层次的集成与渗透。虚拟现实技术、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。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, 可见其重要性。

虚拟现实技术的应用较为广泛, 从军事到民用领域, 已有很多的应用系统, 并且已经在多个领域中发挥重要作用。在医学、工业、商业、娱乐业、教育领域都有极大的发展潜力, 在以后的几十年中, 发展将更为迅速。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, 是一项值得关注的重要技术。

尽管如此, 现在的虚拟现实技术就像当初问世的电脑、互联网络一样, 并不为大家所熟悉, 也没有引起人们足够关注, 甚至连计算机相关专业人员也了解甚少, 国内、国外相关的书籍和资料不多, 业界也重视不足, 我国虚拟现实技术水平与国外相比仍有较大的差距, 所以很有必要加强这一技术的教育, 在相关专业应用领域和高等教育领域中, 增加虚拟现实技术相关的内容, 吸引更多的人了解它、关注它、研究它、应用它, 以推动我国虚拟现实技术的发展。

本书的编写主要侧重于虚拟现实技术的应用。书中讲述了虚拟现实的概论、虚拟现实建模语言 VRML、Open Inventor 程序设计和虚拟现实应用的实例。

全书由朱文华主编, 第一篇由胡小梅编写, 第二篇由苏玉鹏、熊峰编写, 第三篇由胡贵华、熊峰编写, 第四篇由朱文华编写, 吴东琦、王大斌、王栋、柴剑飞等同志参与了书稿的整理和部分研究工作, 在此表示衷心感谢。

特别感谢 Mercury 3D Visualization 中国区销售代表袁英先生、PEGETE Group 3D Immersion World 中国代表处唐红光经理、北京国遥万维信息技术有限公司王鹏经理、上海英梅信息技术有限公司张科华经理等的大力支持。

在编写本书的过程中, 得到上海大学方明伦教授和 CIMS 中心的诸多同事的关心和支持, 也得到了各方面的大力支持和帮助, 在此深表感谢。

由于目前虚拟现实技术发展极为迅速, 且很多相关的技术和标准尚未完善, 有关虚拟现实技术的资料较少, 加之作者的水平有限, 时间仓促, 书中有错漏和不尽妥当之处在所难免, 恳请读者批评指正, 以便使本书日臻完善。

欢迎致信 Email: toney.wh.zhu@gmail.com

编 者
2007 年 10 月

目 录

第一篇 虚拟现实技术综述

第 1 章 虚拟现实概述	1
1.1 虚拟现实的概念	1
1.2 虚拟现实的特点	2
1.3 虚拟现实系统的分类	3
1.4 虚拟现实的研究进展	6
1.4.1 虚拟现实的发展历程	6
1.4.2 虚拟现实领域的主要研究成果	7
1.5 虚拟现实的研究内容	9
第 2 章 虚拟现实的接口设备	11
2.1 虚拟现实的人机交互	11
2.2 视觉显示设备	11
2.3 听觉显示设备	13
2.4 位姿传感器设备	14
2.5 力觉和触觉显示设备	18
第 3 章 虚拟现实中的计算机技术	21
3.1 虚拟现实的系统结构	21
3.2 虚拟现实系统的硬件组成	22
3.3 虚拟现实系统的软件结构	24
3.3.1 WorldToolKit—WTK	25
3.3.2 Cyberspace Developer Kit—CDK	26
3.3.3 Minimal Reality Tool Kit—MRTK	27
3.3.4 MultiGen Creator/Vega	28
3.3.5 3DStudio MAX	31
3.4 分布式虚拟现实技术	31
3.4.1 分布式虚拟现实概述	31
3.4.2 网络拓扑结构	32
3.4.3 网络通信协议	35
3.4.4 系统通用参考模型	36

3.4.5 高层体系结构 HLA	37
3.5 增强现实技术	45
3.5.1 增强现实概述	45
3.5.2 增强现实的研究内容	45

第二篇 虚拟现实建模语言 VRML

第 4 章 VRML 基础知识	49
4.1 VRML 简介	49
4.1.1 VRML 的发展历史	49
4.1.2 VRML 的工作原理	50
4.1.3 VRML 的使用	51
4.2 VRML 基础知识	52
4.2.1 编写 VRML 文件	52
4.2.2 VRML 的基本概念	54
4.2.3 VRML 的空间计量单位	59
第 5 章 VRML 造型基础	61
5.1 形体造型	61
5.1.1 Shape 节点	61
5.1.2 基本几何体节点	62
5.1.3 复杂形体节点	63
5.2 文本造型	74
5.3 造型变换	76
5.4 材质、纹理节点	79
5.5 渲染节点	80
5.5.1 光源节点	80
5.5.2 背景节点	84
5.5.3 雾化节点	86
第 6 章 VRML 的交互能力和连续动画	89
6.1 传感器	89
6.1.1 触摸传感器	89
6.1.2 圆柱传感器	90

6.1.3	平移传感器	91
6.1.4	绕点旋转传感器	92
6.1.5	邻近传感器	92
6.1.6	可见性传感器	93
6.2	视点	94
6.3	事件传递	96
6.4	利用脚本编写自定义行为	98
6.5	事件流程与小结	100
6.6	添加声音	102
6.6.1	AudioClip 节点	102
6.6.2	Sound 节点	103
6.7	VRML 连续动画的实现	104
6.7.1	时间传感器	105
6.7.2	插补器	108
6.8	动态修改场景图	113
6.8.1	节点的编组	116
6.8.2	造型的转换编组	117
6.8.3	造型的链接	118
6.8.4	动态改变坐标系	119
6.8.5	细节控制	120
6.8.6	碰撞检测	122
6.8.7	读取外部文件	124

第三篇 Open Inventor 程序设计

第 7 章	Open Inventor 概述	127
7.1	什么是 Open Inventor	127
7.2	Inventor 3D 工具箱	128
7.2.1	场景数据库	128
7.2.2	交互操作器	129
7.2.3	节点工具箱	129
7.3	Inventor 组件库	130
7.4	扩展工具箱	130
7.5	一个简单的 Inventor 样例	131
7.5.1	“Hello,Cone”例子	131
7.5.2	添加引擎使锥体旋转	132
7.5.3	添加控制球操作器	134
7.5.4	添加检查观察器	135

第 8 章	Inventor 数据库的基本原则	137
-------	-------------------	-----

8.1	Inventor 数据库的基本原则	137
8.2	节点类型	138
8.3	图形遍历	139
8.4	节点的域和命名	140
8.4.1	节点的域	140
8.4.2	命名节点	140
8.5	构建一个典型的场景图	141
8.6	复合的实例和路径	143
8.7	照相机和光照	146
8.7.1	照相机	146
8.7.2	光照	150
8.8	形体、属性和绑定	154
8.8.1	形体	154
8.8.2	属性节点	159
8.8.3	绑定节点	160
8.9	文本	162
8.9.1	2D 文本	162
8.9.2	3D 文本	165
8.10	纹理	171
8.10.1	创建纹理对象	171
8.10.2	使用默认方法	172
8.10.3	变换纹理映射	173
8.10.4	映射纹理到物体上	173
8.10.5	使用一个纹理坐标函数	177
8.11	应用活动	179
8.11.1	概述	179
8.11.2	写活动实例	180
8.11.3	包围盒活动实例	184
8.11.4	一些其他的活动	186
8.12	动画对象	186
8.12.1	动画节点	187
8.12.2	引擎	190
8.12.3	传感器	194
8.13	文件格式	198
8.13.1	写一个场景图	198
8.13.2	读文件	198
8.13.3	在一个文件中的多次引用	199
8.13.4	在文件中的引擎和连接	200



第 9 章 事件处理和 3D 操作.....	201	11.6 自定义节点工具箱.....	241
9.1 事件处理模型.....	201	第四篇 虚拟现实技术的应用与实例	
9.2 Inventor 事件.....	202	第 12 章 虚拟现实技术的应用现状.....	247
9.3 节点处理事件.....	202	12.1 虚拟现实技术的应用现状.....	247
9.4 用 SoHandleEventAction 操作.....	203	12.1.1 VR 在军事领域的应用.....	247
9.5 选择.....	203	12.1.2 VR 在医疗领域的应用.....	248
9.6 使用事件: SoEventCallback.....	205	12.1.3 VR 在教育领域的应用.....	249
9.7 拖动对象和操作器.....	207	12.1.4 VR 在娱乐领域的应用.....	249
9.7.1 使用拖动对象.....	208	12.1.5 VR 在信息可视化领域	
9.7.2 使用操作器.....	212	的应用.....	249
第 10 章 高性能的编程.....	219	12.2 虚拟现实技术在制造业的	
10.1 概述.....	219	应用.....	249
10.2 Inventor 子类的选择使用.....	219	第 13 章 SHU——虚拟装备通用	
10.2.1 场景基础.....	219	仿真平台.....	253
10.2.2 场景对象—节点.....	220	13.1 通用仿真平台概述.....	253
10.2.3 场景对象—传感器.....	220	13.1.1 通用仿真平台目标	
10.2.4 场景对象—引擎.....	220	定位.....	253
10.2.5 Xtoolkit 组件—编辑器		13.1.2 系统的硬件方案.....	254
和观察器.....	220	13.1.3 系统的软件方案.....	255
10.3 性能贴士.....	223	13.1.4 系统的软、硬件结构.....	256
10.3.1 快速编辑.....	224	13.1.5 系统功能结构.....	257
10.3.2 延缓通知.....	227	13.1.6 系统架构设计.....	257
10.3.3 明确的渲染控制.....	227	13.1.7 通用仿真平台的应用	
10.3.4 渲染缓存.....	228	推广.....	258
10.3.5 细节层次.....	229	13.2 主要数据模型与关键技术.....	259
10.3.6 浏览区域挑选.....	229	13.2.1 主要数据模型.....	259
10.3.7 多进程.....	230	13.2.2 关键技术.....	264
10.4 IVF 类.....	231	13.3 通用仿真平台工具.....	277
10.4.1 概述.....	231	13.3.1 SHU—IVSS 通用仿真	
10.4.2 IVF 类总结.....	232	平台工具概述.....	277
10.4.3 文档 / 视图层次结构.....	233	13.3.2 SHU—IVSS 虚拟装备	
10.4.4 多个继承.....	234	平台工具.....	277
第 11 章 Inventor 节点工具箱.....	235	13.3.3 虚拟装备信息管理.....	285
11.1 节点工具箱的定义.....	235	13.4 通用仿真平台主要程序设计.....	289
11.2 节点工具箱和节点的不同.....	235	13.4.1 基于文档—视图的	
11.3 节点工具箱的优势.....	235	MFC 编程.....	289
11.4 什么时候使用节点工具箱.....	237	13.4.2 虚拟语言 V 语言.....	293
11.5 节点工具箱的实例.....	237		

13.4.3	三维鼠标的驱动	297	14.4	系统安装说明	329
第 14 章	PECVD 虚拟仿真系统	301	14.4.1	系统安装说明	329
14.1	项目背景和需求分析	301	14.4.2	系统操作说明	329
14.1.1	项目背景	301	附录 1	Open Inventor 节点快速	
14.1.2	需求分析	303	查询		341
14.1.3	社会经济意义	304	按照种类的节点类		341
14.2	系统概述	305	Inventor 节点 / 文件格式		
14.2.1	系统的模型数据方案	305	快速查询		343
14.2.2	系统功能结构	305	附录 2	Open Inventor 文件的转换	359
14.2.3	系统架构设计	306	绪论		359
14.3	PECVD 虚拟仿真系统详细		文件格式语法		360
设计		307	转变文件为 Inventor 格式		362
14.3.1	PECVD 虚拟装配模块	307	提示和方针		362
14.3.2	PECVD 工程分析可视化模块	316	参考文献		365
14.3.3	PECVD 工艺过程仿真模块	324			



第一篇 虚拟现实技术综述

人类有许多梦想，一些梦想已经变为现实，而有一些梦想也许永远都不可能实现。然而，有一种技术却能使一切梦想全部在感知中实现，这就是虚拟现实技术（Virtual Reality，简称 VR）。虚拟现实（VR）技术是 20 世纪 90 年代以来兴起的一种新型信息技术，它融合了数字图像处理、计算机图形学、人工智能、多媒体技术、传感器、网络以及并行处理技术等多个信息技术分支的最新发展成果，为我们创建和体验世界提供了有力的支持，是当今发展前景最好的计算机技术之一。

第 1 章 虚拟现实概述

1.1 虚拟现实的概念

随着科学技术的发展，人们为了适应未来信息社会的需要，不仅要求能通过打印输出或显示屏幕的窗口去观察信息处理的结果，而且希望能通过视觉、听觉、触觉以及形体、手势参与到信息处理的环境中，通过建立一个多维化的综合信息集成环境，获得身临其境的体验。而虚拟现实技术（Virtual Reality，VR）就是支撑这个多维信息空间的关键技术。与“虚拟现实”这一术语同义的还有“虚拟环境（Virtual Environment，VE）”，“人工现实（Artificial Reality）”，“赛伯空间（Cyber Space）”等名词。1992 年 3 月，美国自然科学基金会邀请专家研讨这一领域的研究方向，其总结报告建议使用“虚拟环境”代替“虚拟现实”，虽然这一建议具有权威性，但是时至今日，学术界仍普遍采用“虚拟现实”这一术语。

1989 年，美国 VPL Research 公司创始人 Jaron Lanier 提出了“Virtual Reality”的概念，并对虚拟现实的内容作了研究与定义。“Virtual”说明，这个世界或环境是虚拟的，不是真实的。这个世界或环境是人工构造的，是存在于计算机内部的。用户应该能够“进入”这个虚拟的环境中，即用户以自然的方式与这个环境交互（包括感知环境并干预环境），从而产生置身于相应的真实环境中的虚幻感、沉浸感、身临其境等感觉。虚拟现实通常是指通过采用数据手套、头盔显示器等一系列新型交互设备构造出用以体验或感知虚拟世界的一种计算机软、硬件环境，用户使用这些高级设备以及自然的技能（如头的转动、身体的运动等）向计算机发出各种指令，并得到环境对用户视觉、听觉等多种感官的实时反馈。其概念模型如图 1-1 所示。从本质上说，虚拟现实就是一种先进的计算机用户接口，它通过给用户同时提供诸如视、听、触等各种直观而又自然的实时感知交互手段，最大限度地方便用户的操作，从而减轻用户的负担，提高整个系统的工作效率。

虚拟现实是多媒体技术发展的更高境界，由于它在应用领域的广阔前景，一经问世就

立即受到人们的高度重视。

虚拟现实（Virtual Reality，VR）是一门崭新的综合性信息技术，它实时的三维空间表现能力、人机交互式的操作环境以及给人带来的身临其境的感受，将一改人与计算机之间枯燥、生硬和被动的现状。它不但为人机交互界面开创了新的领域，为智能工程应用提供了新的界面工具，为各类工程的大规模数据可视化提供了新的描述方法，同时，它还能为人们探索宏观世界和微观世界以及由于种种原因不便于直接观察的事物的运动规律，提供了极大的便利。

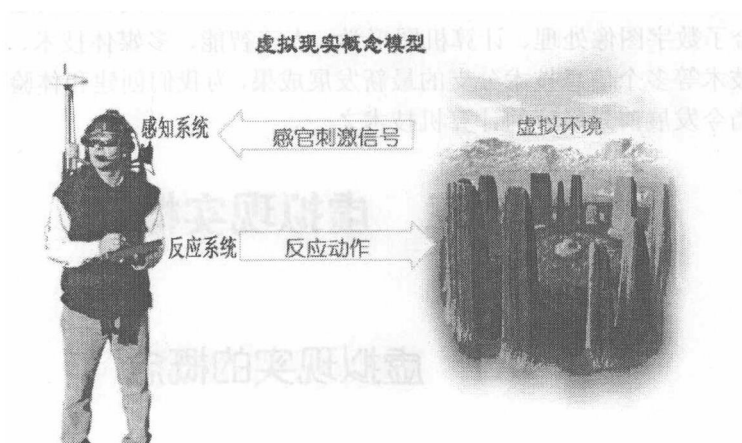


图 1-1 虚拟现实的概念模型

1.2 虚拟现实的特点

构建虚拟现实系统，使人们能在虚拟环境中观察、聆听、触摸、漫游、闻赏，并与虚拟环境中的实体进行交互，需要学习抽象和复杂的人类感知特性。根据科学分析和统计，在人的感知系统中，通过视觉获取的信息占 60%以上，由听觉获取的信息占 20%以上，另外还有触觉、嗅觉、味觉、面部表情、手势等构成其他信息获取源。开发符合人类生理感知属性的计算机虚拟环境，使人们既能听其声，又能观其行、触其身、嗅其味，千里之外，近在咫尺，这正是虚拟现实提供给人们的美好环境。

G Burdea 和 P. Coiffet 在“Virtual Reality Technology”一书中，提出使用“虚拟现实技术金字塔”的概念，比较简捷地说明了虚拟现实系统的基本特征。虚拟现实技术金字塔由三个“I”组成，即 Immersion、Interaction、Imagination（沉浸、交互、构想），如图 1-2 所示。这三个 I 是虚拟现实系统的基本特征，也强调了在虚拟现实系统中人的主导作用，即使用者是浸入到这样一个由计算机软硬件构成的系统所产生的虚拟世界之中，通过系统软硬件所提供的交互手段可以与该系统进行交互作用，能满足使用者的真实构想，同时引发使用者的虚拟构想。

交互性是指用户对虚拟环境中物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度（包括实时性）。例如，用户可以用手去直接抓取虚拟环境中的物体，这时手有握着东西的感觉，并可以感觉物体的质量，其实这时手里并没有实物，视场中被抓的物体也立刻随着手的移

动而移动。

沉浸性是指使用户在计算机所创造的三维虚拟环境中处于一种“全身心投入”的感觉，有身临其境的感觉，在该环境中的一切，看上去是真的、听起来是真的、动起来也是真的，一切和自然感觉一样逼真。用户觉得自己是虚拟环境中的一部分，而不是旁观者。他感到自己被虚拟的景物所包围，可以在这一环境中左顾右盼、自由走动、与物体相互作用，如同在已有经验的现实世界一样。

构想性又称想象性，创造性。虚拟环境并不是一种媒介或一个高层终端用户界面，它的应用能解决在工程、医学、军事等方面的一些问题，这些应用是虚拟现实与设计者并行操作，为发挥它们的创造性而设计的，这极大地依赖于人的想象力，而虚拟现实系统所能给与使用者的构想能力就称为虚拟现实的构想性。

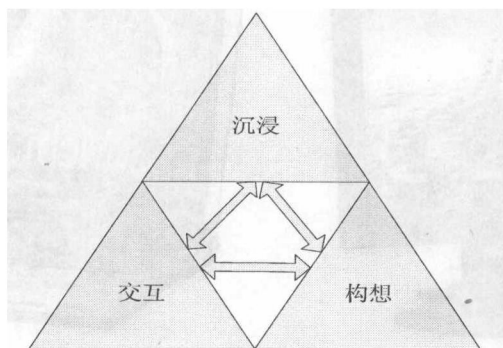


图 1-2 虚拟现实的 3I 特征

除了上述的 3I 特征外，虚拟现实还具有多感知性。所谓多感知是指除了一般计算机技术所具有的视觉感知之外，还有听觉感知、力觉感知、触觉感知、运动感知，甚至包括味觉感知、嗅觉感知等。

普通意义上的虚拟现实需要通过一系列传感辅助设备来实现三维现实。目前，虚拟现实的内涵已经大大扩展，虚拟现实的研究领域包括一切具有自然模拟、逼真体验的技术与方法，根本目标是达到真实体验和基于自然技能的人机交互。鉴于人类通过视觉和听觉获取的信息占全部获得信息的绝大部分，视觉和听觉信息的获取成为首先重点研究的目标。从目前虚拟现实技术的发展情况看，信息的触觉、味觉和嗅觉感知在技术上是是可以实现的，但由于其复杂性和难度，往往需要比较昂贵的硬件设备和复杂的软件支持，对于一般用户而言，可能是难以承受的。由于对虚拟现实中的信息的视觉和听觉进行研究和处理，已经可以覆盖大部分虚拟现实所包含的信息量，因此，对于一般用户来说，在力所能及的经济条件下，在 PC 机上或其网络上开发虚拟现实系统无疑是一种可行的选择。

1.3 虚拟现实系统的分类

交互性和沉浸性是虚拟现实最重要的两个特征，根据虚拟现实所倾向的特征的不同，可将目前的虚拟现实系统划分为四类：桌面式、沉浸式、增强式和分布式虚拟现实系统。

桌面式 VR 系统是利用 PC 机或中低档工作站作为虚拟环境产生器，计算机屏幕或单

投影墙作为参与者观察虚拟环境的窗口,通过各种输入设备实现与虚拟现实世界的充分交互,这些外部设备包括鼠标,追踪球,力矩球等。它要求参与者使用输入设备,通过计算机屏幕观察 360 度范围内的虚拟境界,并操纵其中的物体,但这时参与者缺少完全的沉浸,因为它仍然会受到周围现实环境的干扰。桌面虚拟现实最大特点是缺乏真实的现实体验,但是成本也相对较低,因而,应用比较广泛。常见桌面虚拟现实技术有:基于静态图像的虚拟现实 QuickTime VR、虚拟现实造型语言 VRML、桌面三维虚拟现实、MUD 等。图 1-3 是桌面式 VR 系统示意图。



图 1-3 桌面式 VR 系统

沉浸式 VR 系统提供完全沉浸的体验,使用户有一种置身于虚拟世界之中的感觉。它主要利用各种高档工作站、高性能图形加速卡和交互设备,通过声音、力觉与触觉等方式,并且有效屏蔽周围现实环境(如利用头盔显示器、三面或六面投影墙等),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,利用位置跟踪器、数据手套、其他手控输入设备、声音等使得参与者产生一种身临其境、全身心投入和沉浸其中的感觉。常见的沉浸式系统有:基于头盔式显示器的系统、投影式虚拟现实系统、远程存在系统。图 1-4 是沉浸式 VR 系统示意图。

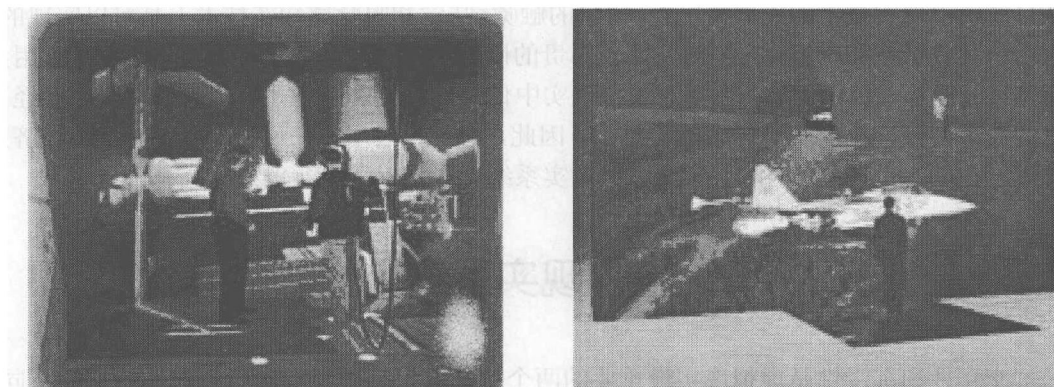


图 1-4 沉浸式 VR 系统

增强式 VR 系统不仅是利用虚拟现实技术来模拟现实世界、仿真现实世界，而且要利用它来增强参与者对真实环境的感受，也就是增强现实中无法感知或不方便的感受。它主要是通过使用穿透型头盔显示器，将计算机生成的虚拟环境叠加到真实的物体上，为参与者提供增强虚拟环境。这种增强的信息可以是在真实环境中与真实环境共存的虚拟物体，也可以是关于真实物体的非几何信息。该系统主要依赖于虚拟现实位置跟踪技术以达到精确的重叠。增强现实性的虚拟现实技术应用的典型实例是战机飞行员的平视显示器，它可以将仪表读数和武器瞄准数据投射到安装在飞行员面前的穿透式屏幕上，它使飞行员不必低头读座舱中仪表的数据，从而可集中精力盯着敌人的飞机或导航偏差。图 1-5 是两种增强现实的显示设备：透视式头盔显示器和透视液晶屏。

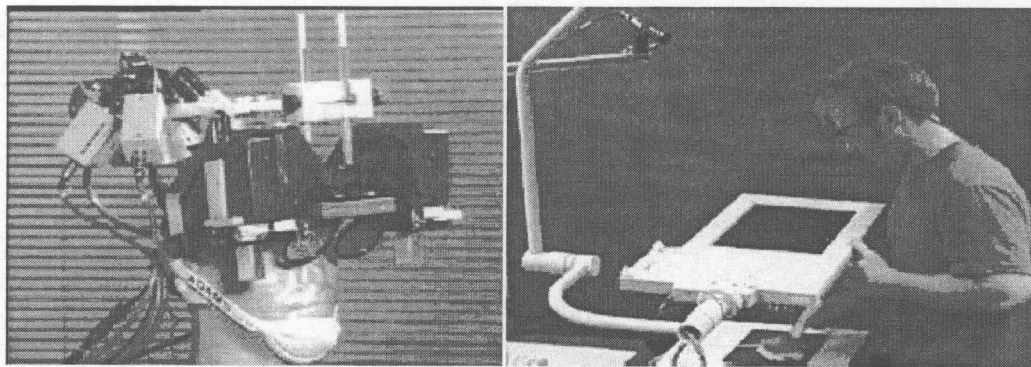


图 1-5 增强式 VR 系统

如果多个用户通过计算机网络连接在一起，同时参与一个虚拟空间，共同体验虚拟经历，那么虚拟现实则提升到了一个更高的境界，这就是分布式虚拟现实系统。分布式 VR 系统是将虚拟环境运行在通过网络连接在一起的多台 PC 机或工作站上。多个用户可通过网络对同一虚拟世界进行观察和操作，以达到协同工作的目的。参与者通过使用这些计算机，可以不受时空限制实时交互，协同工作，共享同一个虚拟环境，共同完成复杂的任务。目前最典型的分布式虚拟现实系统是 SIMNET，SIMNET 由坦克仿真器通过网络连接而成，用于部队的联合训练。通过 SIMNET，位于德国的仿真器可以和位于美国的仿真器一样运行在同一个虚拟世界，参与同一场作战演习。图 1-6 是分布式 VR 系统示意图。

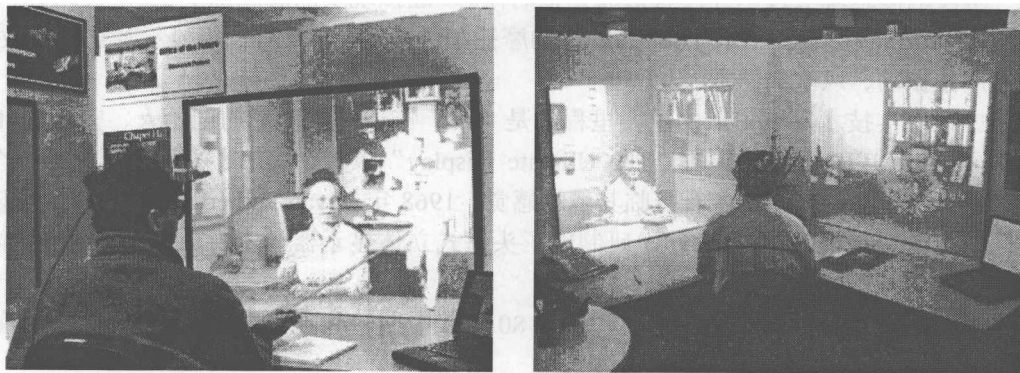


图 1-6 分布式 VR 系统

近年来，随着虚拟现实技术、虚拟环境以及增强方法应用的不断充实、进步和完善，著名学者 Paul Milgram 提出了一种分类学方法——虚实统一体 (Virtual Continuum, VC) 的概念，可用图 1-7 加以表述并定义如下：

- 现实环境 (Real Environment, RE)：指真实存在的现实世界；
- 虚拟环境 (Virtual Environment, VE)：指由计算机生成的虚拟世界；
- 增强现实 (Augmented Reality, AR)：指在现实世界中叠加上虚拟对象；
- 增强虚拟 (Augmented Virtuality, AV)：指在虚拟世界中叠加上现实对象；
- 混合现实 (Mixed Reality, MR)：由 AR 和 AV 组成；
- 虚实统一体 (Virtual Continuum, VC)：由 RE、AR、AV 和 VE 组成。

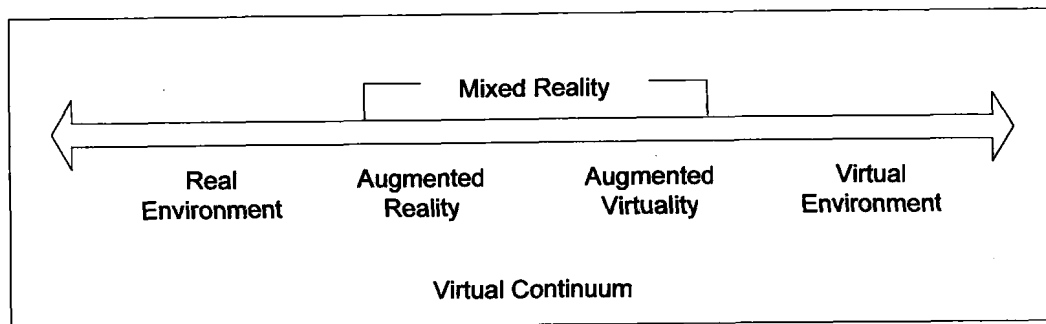


图 1-7 虚实统一体

1.4 虚拟现实的研究进展

1.4.1 虚拟现实的发展历程

虚拟现实技术的发展基本上分为三个阶段：从 20 世纪 50 年代到 70 年代为第一阶段。这一阶段的虚拟现实技术并没有形成完整的概念。虚拟现实的思想源于 50 年代。1956 年，美国人 Morton Heileg 开发了 Sensorama 的摩托车仿真器，它具有三维显示及立体声效果，并能产生振动、风吹的感觉。

虚拟现实技术发展史上的重要里程碑是 1965 年计算机图形的创始人、美国的 Ivan Sutherland 在 IFIP 会议上作的“*The Uitimate Display*”报告，提出了把显示屏当作一个窗口观察一个世界，使观察者有身临其境的感觉。1968 年，Ivan Sutherland 使用两个可以戴在眼睛上的阴极射线管 (CRT)，研制出了头盔式立体显示器 (HMD)，成为三维立体显示技术的奠基性成果。

第二阶段是从 20 世纪 80 年代初期到 80 年代中期。此阶段形成了虚拟现实技术的基本概念。

1981 年，Michael McGreevey 开始进行“空间理解和高级显示”的项目研究，后来他和美国航空航天管理局 (NASA) 的 Scott Fisher 建立了基于液晶显示技术的虚拟可视环境

头盔系统 VIVED (Virtual Interactive Environment Workstation) HMD。

1986年,美国航空航天管理局 NASA Ames 实验中心研制了 VIEW 系统,这是世界上第一个较为完整的多用途、多感知的 VR 系统,它使用了头盔式显示器、数据手套、语言识别与跟踪等技术,应用于空间技术、科学数据可视化、远程操作等领域,被公认为当前 VR 技术的发源地。稍后,部分技术人员从 NASA Ames 研究中心分离出来,独立成立专业生产 HMD 和数据手套的公司,称为 VPL, VPL 产品对推动虚拟现实技术的普及起到了重要的作用。

1989年, VPL 公司的创始人之一 Jaron Lanier 提出了“Virtual Reality”这个名词,根据他提出的这个名词的含义,虚拟现实的一种定义是:让用户在人工合成的环境里获得“进入角色”的体验。从此,“Data Glove”(数据手套)、“Virtual Reality”引起了新闻媒介极大的关注和丰富的想象。

第三阶段是 20 世纪 80 年代后期至今。80 年代后期,液晶显示(LCD)技术的发展使得生产廉价的头盔式显示器成为可能,所以 VR 技术得以加速发展。

1990年,在美国达拉斯召开的 Siggraph 会议上,对 VR 技术进行了讨论,明确提出了 VR 技术的主要内容是:实时三维图形生成技术、多传感器交互技术,以及高分辨率显示技术,这为 VR 技术的发展确定了研究方向。

1992年,在法国召开了 VR 的第一次国际会议,会议的名称为“真实世界和虚拟世界的接口”。该会议为虚拟现实(环境)作为独立的研究方向的地位,起到了重要的推动作用。

1.4.2 虚拟现实领域的主要研究成果

虚拟现实成为信息领域里研究、开发和应用的一个热点,世界上许多工业发达国家先后投入大量人力和物力进行虚拟现实技术的研究,主要的研究成果有:

美国航空航天管理局(NASA)完成了对哈勃太空望远镜的仿真,并致力于“虚拟行星探索”的试验计划,建立了卫星维护 VR 训练系统,空间站 VR 训练系统和可供全国使用的 VR 教育系统。

北卡罗来纳大学(UNC)的计算机系是进行 VR 研究最早最著名的单位,主要研究分子建模、航空驾驶、外科手术仿真、建筑仿真等。在显示技术上,开发了帮助用户在复杂视景中建立实时动态显示的并行处理系统 Pixel Planes。

麻省理工学院(MIT)是一直走在最新技术前沿的科学研究机构。他们的媒体实验室建立了 BOLIO 测试环境,用于进行不同图形仿真技术的实验。利用这一环境,建立了一个虚拟环境下的对象运动跟踪动态系统。

伊利诺斯州立大学研制出在车辆设计中支持远程协作的分布式虚拟现实系统,不同国家和地区的工程师们可以通过计算机网络实时协作进行设计。在设计车辆的过程中,各种部件可以共享一个虚拟环境,并且可以查看对方任何一个位置的视频传递和相应的定位方向。这样,产品在生产之前可以估算和测试,大大提高了产品质量。

德国国家数学与计算机研究中心的 VR 技术研究课题包括科学计算与 VR 技术,以及对声音和人机工程学作用的研究。他们的一个项目是利用二维卫星云图,对地球环境进行多维演示模型的虚拟重构。