

虚拟现实 与系统仿真

XUNIXIANSI YU XITONG FANGZHEN

韦有双 杨湘龙 王飞 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press <http://www.ndip.cn>

虚拟现实与系统仿真

韦有双 杨湘龙 王飞 编著



国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实与系统仿真/韦有双等编著. —北京:国防
工业出版社, 2004. 1

ISBN 7-118-03308-1

I. 虚... II. 韦... III. 系统仿真 IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 098018 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 397 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 27.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

内 容 简 介

本书较为系统地讲述了虚拟现实和系统仿真之间的关系,并给出了大量的实例来说明如何在有限的条件下实现基本的虚拟现实仿真系统,最后一章还给出了很多实际的应用案例。讨论的主题主要包括:虚拟现实的基本理论框架、研究范围、VRML 语言、虚拟现实的造型工具、系统仿真的基本原理、仿真与虚拟现实的结合以及具体的实现方法等。

本书是系统仿真研究人员、研究生、虚拟现实技术爱好者的参考读物。书中内容从实际应用出发,辅助以必要的理论知识,结合大量的实现方法、例程,让读者能够边看边实践,使读者能够真正地体会到什么是虚拟现实,什么是系统仿真,为深入研究虚拟现实和系统仿真打下基础。

前 言

虚拟现实(Virtual Reality,简称 VR)是一项综合集成技术,涉及计算机图形学、人机交互技术、传感技术、人工智能等领域,借助它您可以把自己完全置身于由计算机创造的神奇的虚拟世界,可以和虚拟世界中的物体进行交互,也可以静静地观察这个虚幻的世界。

系统仿真是一种实验技术,它为一些复杂系统创造了一种计算机实验环境,使系统的未来性能测度和长期动态特性,能在相对极短的时间内在计算机上得到实现。从实施过程来看,它是通过对所研究系统的认识和了解,抽取其中的基本要素的关键参数,建立与现实系统相对应的仿真模型,经过模型的确认和仿真程序的验证,在仿真试验设计的基础上,对该模型进行仿真试验,以模拟系统的运行过程,观察系统状态变量随时间变化的动态规律性,并通过数据采集和统计分析,得到被仿真系统参数的统计特性,据此推断和估计系统的真实参数和性能测度,为决策提供辅助依据。

虚拟现实侧重在表现形式,它可以是和现实背道而驰的;而系统仿真则侧重于真实复杂世界的科学抽象,真正反映出现实世界的运动形式。利用虚拟现实技术可以更好地帮助系统仿真验证模型的有效性,并可更直观、有效地表现仿真结果。

本书的重点是如何利用虚拟现实技术实现系统仿真,而非研究如何实现虚拟现实技术。本书的目的是为读者深入研究虚拟现实和系统仿真提供基础,以及如何在有限的条件下实现虚拟现实仿真。本书的读者对象为系统仿真工作者、学生等。

参加本书编著工作的有冯允成教授、韦有双博士、王飞博士、杨湘龙博士。全书由冯允成教授统稿,并撰写了第1章;韦有双博士撰写了第4、6、8章;王飞博士撰写了第2、3、9章;杨湘龙博士撰写了第5、7、10章。邢锦江博士生开发了部分程序。由于作者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

注:本书研究课题受到国家自然科学基金重点课题(79930900)及博士点基金(20020006004)资助。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 虚拟现实系统的特点	1
1.2 虚拟现实和系统仿真	2
1.3 虚拟现实仿真的发展	3
1.4 撰写本书的目的	4
第 2 章 虚拟现实系统构筑的感官基础	5
2.1 生成沉浸感的生理基础和技术要求	6
2.1.1 沉浸感生成的生理感知基础	6
2.1.2 沉浸感生成的技术基础	7
2.1.3 虚拟现实系统的感知设备	9
2.2 虚拟现实系统的主要感知设备.....	10
2.2.1 视觉.....	11
2.2.2 听觉.....	15
2.2.3 触觉和力反馈.....	18
2.2.4 虚拟环境对人类感知的影响.....	21
2.3 沉浸式虚拟现实系统.....	22
2.3.1 沉浸式虚拟现实系统的技术要求.....	22
2.3.2 桌面式的虚拟现实系统.....	22
2.3.3 基本的桌面虚拟现实系统配置.....	23
第 3 章 虚拟现实环境中的人机交互和控制	25
3.1 人机交互的感官机理.....	25
3.1.1 感知系统.....	26
3.1.2 行为系统.....	27
3.2 三维交互的概念模型.....	27
3.3 人机交互的位置及动作跟踪和传感器技术.....	28
3.3.1 人机交互设备.....	28
3.3.2 用户跟踪系统.....	31
3.3.3 用户跟踪技术.....	33
3.4 虚拟现实交互系统的运行控制.....	38
3.4.1 对交互式仿真实验控制的要求.....	38
3.4.2 交互式仿真实验控制的实现机制.....	39
第 4 章 虚拟现实建模语言 VRML	41

4.1 VRML 简介	41
4.2 VRML 入门	44
4.2.1 如何编写 VRML 文件	44
4.2.2 如何调试 VRML 文件	46
4.3 VRML 世界的控制与接口	46
4.3.1 Script 节点	47
4.3.2 ROUTE 语句	48
4.3.3 事件循环	49
4.3.4 扇入扇出	50
4.3.5 Script 节点的例子	51
4.3.6 VRML 的浏览器接口	54
4.4 VRML 传感器节点介绍	59
4.4.1 时间传感器节点(TimeSensor)	59
4.4.2 触摸传感器节点(TouchSensor)	65
4.4.3 可见性传感器节点(VisibilitySensor)	67
4.4.4 拖动传感器	68
4.4.5 近似传感器(ProximitySensor)节点	77
4.4.6 声音节点(Sound)	82
4.4.7 声音片段节点(AudioClip)	87
4.4.8 视点节点(ViewPoint)	89
4.5 其他的虚拟现实实现方法简介	94
4.5.1 JAVA 3D API	94
4.5.2 OpenGL	96
4.5.3 anfy3dAPI	96
4.5.4 3D 全景技术	97
第 5 章 虚拟现实环境的造型工具	98
5.1 面向 PC 机的虚拟现实建模平台	98
5.2 WTK 工具包	99
5.2.1 WTK 的特点	99
5.2.2 WTK 的虚拟环境合成及仿真管理	99
5.2.3 WTK 的宇宙对象	100
5.3 MultiGen 虚拟现实建模环境简介	104
5.4 3DStudio MAX	107
5.4.1 3DStudio MAX 简介	107
5.4.2 3DS MAX 4 要求的系统配置	108
5.4.3 3DS MAX 4 的安装	108
5.4.4 实例操作	112
5.4.5 使用心得	126
5.5 AC3D 建模软件介绍	126

5.5.1	AC3D 简介	127
5.5.2	AC3D 的运行环境及用户界面	127
5.5.3	菜单栏介绍	128
5.5.4	编辑和作图工具栏	133
5.5.5	三维对象制作	134
5.5.6	使用心得	139
第 6 章	系统仿真基本原理	141
6.1	投针实验	141
6.2	系统仿真	145
6.3	系统仿真的建模和类别	147
6.4	系统仿真的基本步骤	148
6.4.1	阐明问题和目标设定	148
6.4.2	仿真建模	149
6.4.3	数据采集	149
6.4.4	仿真模型的确认	149
6.4.5	仿真程序的编制和验证	150
6.4.6	仿真模型的运行	151
6.4.7	仿真输出结果的统计分析	151
6.5	系统仿真的发展	152
6.5.1	历史进程和发展方向	152
6.5.2	离散系统仿真的研究热点	152
6.6	离散系统仿真基本原理	154
6.6.1	随机离散事件	155
6.6.2	仿真时钟及其推进方式	156
6.6.3	未来事件表	159
6.6.4	随机数发生器在仿真中的地位	162
6.6.5	采集和输出统计数据	162
6.6.6	事件安排、时间推进的仿真机制	162
第 7 章	系统仿真与虚拟现实的结合机制	164
7.1	虚拟现实技术在主动控制上的不足	164
7.2	基于 Java /VRML Script 的虚拟现实仿真机制	164
7.3	面向排队网络的 Java Script/VRML 虚拟现实仿真机制	165
7.4	基于 MultiGen Creator/Vega 和 C++ 的虚拟现实仿真机制	166
7.4.1	Vega 简介	167
7.4.2	Vega 的编辑环境	169
7.4.3	Vega 与 C++ 相结合的虚拟现实仿真建模机制	170
7.5	基于 OpenGL/C++ 仿真器的虚拟现实仿真机制	170
7.5.1	OpenGL 简介	171
7.5.2	OpenGL 的主要功能	171

7.5.3	OpenGL 的处理结构	172
7.5.4	OpenGL 程序设计简介	173
7.5.5	OpenGL 与 Vega 的比较	174
7.6	虚拟现实运动中运动与场景控制	174
7.6.1	装配生产车间的虚拟现实场景实现	175
7.6.2	飞船发射与回收的虚拟现实演示	177
7.7	提高 VRML 文件运行性能	180
第 8 章	多媒体及虚拟现实仿真技术研究及实现	185
8.1	多媒体仿真技术的研究	185
8.1.1	什么是多媒体	185
8.1.2	多媒体计算机系统	186
8.1.3	对多媒体的划分	187
8.1.4	仿真与多媒体、虚拟现实的关系	188
8.1.5	多媒体在仿真中的应用	189
8.2	虚拟现实与系统仿真	189
8.2.1	虚拟现实(Virtual Reality——VR)	190
8.2.2	虚拟现实在仿真中的应用分析	191
8.2.3	虚拟现实及系统仿真的一些结论	192
8.3	虚拟现实仿真系统的实现	192
8.3.1	虚拟现实与仿真	193
8.3.2	基于 PC 及 Web 的虚拟现实仿真	193
8.3.3	M/M/1/k 排队系统的虚拟现实仿真	194
8.3.4	虚拟现实仿真的一些结论	210
第 9 章	虚拟现实环境下的管理决策仿真	212
9.1	序贯性管理决策研究	212
9.1.1	序贯管理决策的概念	213
9.1.2	马尔可夫决策问题的数学描述	214
9.1.3	管理决策问题中的 3W+N 研究	215
9.2	动态决策理论和贝尔曼原理	216
9.2.1	动态决策理论	216
9.2.2	动态规划和贝尔曼原理	217
9.2.3	马尔可夫决策研究	218
9.2.4	马尔可夫问题与排队系统	220
9.3	虚拟现实序贯管理决策仿真	224
9.3.1	管理决策的虚拟现实仿真机制	225
9.3.2	马尔可夫决策在虚拟现实环境下的研究(3W+N)	225
9.3.3	在虚拟现实环境下的随机性马尔可夫决策	226
9.4	交互式虚拟现实序贯管理决策仿真	227
9.4.1	面向对象的进程式管理仿真系统	227

9.4.2 人机交互式的虚拟现实仿真	232
9.4.3 人机交互实现的核心——传感器	233
9.5 得州星总装的虚拟现实决策仿真系统	234
9.5.1 得州星总装仿真程序组	234
9.5.2 仿真决策系统的构建	237
9.5.3 得州星仿真决策实验设置	240
第 10 章 虚拟现实仿真应用实例	243
10.1 新建住宅的虚拟现实浏览与仿真	243
10.2 载人飞船发射及回收过程的虚拟现实演示	247
10.3 机场运行过程的虚拟现实仿真	253
10.4 道路路口的虚拟现实仿真	263
参考文献	267

第1章 概 述

从字面上来看,虚拟现实(Virtual Reality)和系统仿真(System Simulation)是两个不同的概念。有时人们又把虚拟现实认为就是系统仿真或虚拟现实具有系统仿真的全部功能。实际上它们之间既具有区别又有着内在的联系,或者说二者之间是既互相包容又互相区别的,存在二者之间的交集。而本书的侧重点则在于研究这个交集的内涵和外延,恰恰是这个交集所构成的“虚拟现实仿真系统”在内容、理论和方法上都有新的特点和亮点,它综合了虚拟现实和系统仿真各自的优点和长处,并且具有广阔的应用潜力和发展前景。将两个不同而又相互联系的事物集成成一个新的概念和方法时,其关键在于找到二者的结合点,形成有机的结合机制并构成虚拟现实仿真集成系统。因此本书将对虚拟现实和系统仿真(本书所提及的系统仿真主要是指离散系统仿真,并不过多地涉及连续系统仿真)各自的理论和方法进行必要的论述,并对二者的结合机制和实现方法作重点阐述,同时也对其应用潜力,特别是在管理、决策中的应用作必要的介绍。

本书的目的在于为读者提供一种简便易行,能在普通微机上实现和运行虚拟现实系统和进行仿真实验的方法和手段,以便读者能在多种力所能及的条件下研究和开发自己的虚拟现实仿真模型,并能用于解决实际问题,从而向高一级的虚拟现实仿真建模和应用前进。

1.1 虚拟现实系统的特点

近十余年来,计算机技术的发展进入了虚拟世界的领域,虚拟现实又是发展最快的一项多学科综合技术,“虚拟现实是在计算机技术支持下的一种人工环境,是人类与计算机和极其复杂的数据进行交互的一种技术”。利用计算机系统可以人为创建一种虚拟空间,虚拟现实系统具有向用户提供视觉、听觉和触觉、味觉和嗅觉等感知功能的能力,人们能够在这个虚拟环境中观察、聆听、触摸、漫游、闻赏,并与虚拟环境中的实体进行交互,从而使用户亲身体验沉浸在虚拟空间中的感受。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%左右,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。在视觉获取的信息中当然包含文字和文本信息,它们也是信息获取中不可或缺的重要部分,但仍要由其他信息来源给予更为直观和精彩的图形、声音、手感、气味等方面的补充。使人们获取和交互信息流的渠道豁然开朗,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。

虚拟现实系统一般应使用户在虚拟空间中对所研究的系统进行看、听、触、闻、嗅等感知活动,并将所得到的感受反馈给系统,以达到控制系统运行的效果。根据 G.Burden

提出的虚拟现实技术三角形(3I)概念,虚拟现实系统通常具有以下特征:

(1) 沉浸性(Immersion)——使用户感觉到已融合到虚拟现实环境中去,能在真三维图像的虚拟空间中有目的地漫游、观看、触摸、听取和闻嗅各种虚拟对象的特征,而且似乎离开了自身所处的外部环境,沉浸在所研究的虚拟世界之中,成为系统的组成部分。

(2) 交互性(Interaction)——用户在虚拟世界中所感受到的信息,经过大脑的思考和分折,形成自己想要实施的动作或策略,通过输入界面反馈给系统,实现与系统的交互和独立自主地控制系统运行的功能。

(3) 想象(Imagination)——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,通过联想、推理和逻辑判断等思维过程,随着系统的运行状态变化对系统运动的未来进展进行想象,以获取更多的知识、认识复杂系统深层次的运动机理和规律性。

鉴于人类通过视觉和听觉获取的信息占全部获得的信息的绝大部分,人们理所当然地首先把重点放在视觉和听觉信息的获取上。从目前虚拟现实技术的发展情况来看,信息的触觉、嗅觉和味觉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。如果仅对虚拟现实信息的视觉和听觉进行研究和处理时,这已可覆盖大部分虚拟现实所包含的信息量,并可在一般用户力所能及的经济条件下,在PC机或其网络上进行虚拟现实仿真的建模和应用,这无疑是一种可行的选择。

1.2 虚拟现实和系统仿真

人类为了研究和解决问题,需要对现实系统做一些必要的实验和数据采集工作,然而,在现实生活中这些系统可能并不存在或现有系统与所研究系统之间有较大的差异,有些现实系统虽然具有较好的代表性,但在这些系统上进行实验可能需要花费大量的人力、资源和代价,或需要冒较大的风险或危险等原因;在这种情况下,可以利用系统仿真、建模的方法,建立能充分代表对象系统的仿真模型,通过计算机仿真手段对该系统模型进行充分的仿真运行和仿真实验,模仿实际系统的运行过程,对仿真过程进行观察和输出数据的统计分析,提取最重要的性能测度,用以推断所研究系统或所设计系统的真实参数与性能。因此,可以说系统仿真是一种对系统进行动态实验的理论和建模方法。

但是,人们并不满足于通过运行仿真模型获取必要的数据和对系统动态性能的认识,而是期望在获取代表性数据之外,还能看到真实系统运行过程的场景。在多媒体技术的支持下,出现了与仿真模型对应的可视化仿真系统,在仿真运行过程中建模人员和决策人员不仅能得到各种重要的仿真数据,而且可以看到相应的二维或三维仿真动画,从而显著提高了对系统运行的直观性和逼真性。有助于他们理解和认识所研究系统的本质和动态规律。

随着计算机技术的飞速发展,进入了虚拟现实领域,可以利用现代科技手段构造出能被人们观察、交互、控制并可沉浸其中的三维图形虚拟空间,具有模仿人的视觉、听觉、触觉等感知功能,用户或决策者能够在这个虚拟空间中实现观看、聆听和自由活动,体现“人在系统中”的沉浸感。因此,建立一个在时间和空间中动态可变的虚拟世界,

可以提高人们的认识能力,辅助人们与环境的交流,发挥人的想象力,扩大人们对未知领域的认识。

然而,虚拟现实系统与系统仿真或可视化仿真在某些实际功能上存在既相互补充又相互区别的地方。仿真系统特别是离散仿真系统的核心是基于离散事件的仿真引擎,这种仿真引擎通过对随机离散事件的排序和调度,演绎出系统的动态模拟过程,并由相应的决策机制实现对仿真过程的控制,而系统的实时数据采集和分析功能则可为用户提供说明系统动态性能测度的仿真数据,为决策者进行决策提供依据。单纯的虚拟现实系统在听觉、视觉和触觉方面比一般可视化仿真具有不可比拟的沉浸感,但在处理随机过程仿真和辅助实时决策方面却难以满足人们的需要。把虚拟现实与系统仿真有机结合起来,使之形成一种虚拟现实仿真系统,将两类系统的特点结合成为一个有机体,使用户可以在一个虚拟空间中将个人的偏好和独立行为,融合到虚拟现实仿真过程中去,实现“人在回路中的仿真”。虚拟现实仿真系统是对一般可视化仿真的发展,实现了质的飞跃,具有广阔的应用前景。

1.3 虚拟现实仿真的发展

虚拟现实仿真是一门以系统科学、计算机科学和概率论与数理统计学为基础,结合各应用领域的技术特点和应用中的需要,逐渐发展起来的边缘性技术,同时它也是一门实验性科学,随着各门学科的发展,虚拟现实仿真也得到日新月异的发展,已成为近年来十分活跃的新兴技术。

虚拟现实概念从1984年被William Gibson提出以来,在系统仿真领域造成了巨大的影响。20世纪90年代初,F. Robert探讨了可视化仿真的发展前景,此后C. James提出用三维图形渲染二维动画仿真环境的机制。M. Barnes论述了虚拟现实和系统仿真结合所需要的方法和硬件设备。1996年,Arnold H. Buss在离散系统仿真机制的基础上,研究开发了一种基于Java语言的离散事件仿真系统JavaSim,可用于在一般民用企事业单位的Internet网上仿真建模。Macredie在1996年阐述了虚拟现实仿真环境对模拟训练的应用,并提出相应的面向对象的建模机制;顺应计算机发展的潮流,Wolfgang Kreutzer在1997年按java语言的多线程特点开发了一种开放式仿真语言SimJava,并通过互联网提供源代码,它是一种基于事件推进的仿真系统,将仿真实体按独立的线程运行,通过实体接口发送或接受事件消息,为仿真实时控制创造了条件。另一个知名的Java仿真系统是由Thread Tec公司研究开发的Silk仿真系统,基于当时网络技术和仿真界“免编程”思想的重新认识,利用Java本身的平台无关性提出了一种通用性网上仿真系统。通过面向过程的机制,构成一个可在任何Java开发环境中应用的仿真支持系统,为用户提供建模的方便性。这些仿真系统研究开发的思路和方法,为进一步研究和开发虚拟现实仿真系统铺平了道路。

20世纪90年代末期,在虚拟现实仿真理论与开发方面,国内研究与国外研究工作几乎处于同步阶段。在同一时期分别提出了基于虚拟现实建模的仿真实验系统。北方交通大学在1999年设计了基于OpenGL的三维交通模拟系统;北京航空航天大学管理系统

仿真实验室在 1999 年利用虚拟现实建模语言(VRML)提出了可在 PC 机上运行虚拟现实仿真系统的构想,并实现单服务台排队系统的虚拟现实仿真。接着,2000 年北京航空航天大学管理系统仿真实验室又提出并实现了在虚拟现实仿真环境下进行序贯决策的实验系统,可以在虚拟环境中进行飞机装配过程的序贯决策,并在互联网上进行了虚拟现实仿真实验,与此同时,美国乔治亚理工学院在 2000 年也提出基于 VRML 的虚拟现实仿真系统并实现了在制造系统中的应用。2001 年北京航空航天大学管理系统仿真实验室在已有研究成果的基础上,进一步研究和实现了虚拟现实环境下的序贯决策仿真优化,进行了相应的实证研究。近年来,我国在虚拟现实和仿真方面的研究工作也有迅速发展,特别是国防院校、科研单位,在虚拟现实研究和虚拟现实系统开发与应用等方面都有重要进展。如虚拟样机开发、虚拟装备和虚拟训练系统、虚拟装备维修系统、虚拟战场模拟系统、基于 HLA 或 RTI(Run-Time Infrastructure)的虚拟建模系统等。随着虚拟现实技术的发展,基于更新的虚拟现实系统 MultiGen(Open Creator Vega)、WTK(World Tool Kit)、STK(Satellite Tool Kit)的虚拟现实仿真系统正在研究和开发中,预期在不久的将来,这些新的系统将会面世。

虚拟现实仿真系统在航空航天、军事、科学研究、工业生产、交通运输、环境保护、生态平衡、卫生医疗、经济规划、商业经营、金融流通等领域已经得到成功的应用,并取得显著的经济效益。虚拟现实仿真系统的发展和完善,将使工程技术人员、管理人员、领导决策人员有可能在虚拟环境中对所设计的系统、所管理的系统、所领导范围内的系统进行观察、设计、修改、决策、调度或重组等,使这些系统更加完善。虚拟现实仿真系统具有广泛的应用前景。此外,虚拟现实仿真系统还是一种理想的训练和实践系统,操作人员在实际使用新型装备之前,可在虚拟环境中进行操作训练,以便熟练掌握装备的操作技术。作战指挥人员可在虚拟战场或虚拟战斗中,培养作战指挥能力,或对所制定的作战策略和战术进行仿真评估。企业领导和决策人员则可在虚拟生产环境或虚拟市场仿真环境中,培养实时决策能力,以提高其领导和决策素质。

1.4 撰写本书的目的

近年来,虚拟现实系统在我国学术界和各个应用领域正处于迅速发展的阶段,然而,虚拟现实仿真系统的研究和应用仍然停留在实验研究和初级开发的阶段,亟需加强研究和发展。特别是对虚拟现实仿真概念的认识,还需进一步普及和推广,研究开发具有内置仿真器的虚拟现实仿真系统,仍然是一项极具挑战性的工作。

本书的主要目的在于提供一本普及性的科技书籍,使广大具有一定计算机应用基础的科技工作者、生产和科技管理人员、管理决策人员和领导人员能认识和使用现有的虚拟现实仿真系统,通过阅读本书的有关章节,能够应用本书所推荐的软件和建模方法,自主地研究和开发本职工作所需要的虚拟环境,并在该虚拟环境中进行实际系统的仿真运行,实现对实际系统的仿真和控制,进行系统性能和经济效益的仿真评估,实施实时仿真决策或调度,进一步实现管理现代化。

第2章 虚拟现实系统构筑的感官基础

虚拟现实技术的出现和蓬勃发展与现代社会急速向信息化社会发展有着密切的关系。长期以来,信息媒体的交互方式局限于文字和文本,计算机的出现实现了文字和文本计算机化,给人们提供了不少方便,大大减轻了人的劳动,提高了效率。但是,仅文字和文本方式的交互与人的自然交互还是相距很远。因为在人的感知系统中,视觉所获取的信息占 60%以上,听觉获取的信息占 20%左右,另外还有触觉、嗅觉、味觉、脸部表情、手势等占其余部分。虽然只靠文字、文本传输来获取信息也能表达信息内容,但直观性差,不能听其声、见其人。因此,虚拟现实技术的出现,首先是实现了语音和图像的实时获取、传输和存储,使人们获取和交互信息的渠道豁然开朗,既能听其声、又能见其人,千里之外,近在咫尺,改变了人们的交互方式、生活方式和工作方式。图 2.1 是一种虚拟现实战斗空间。

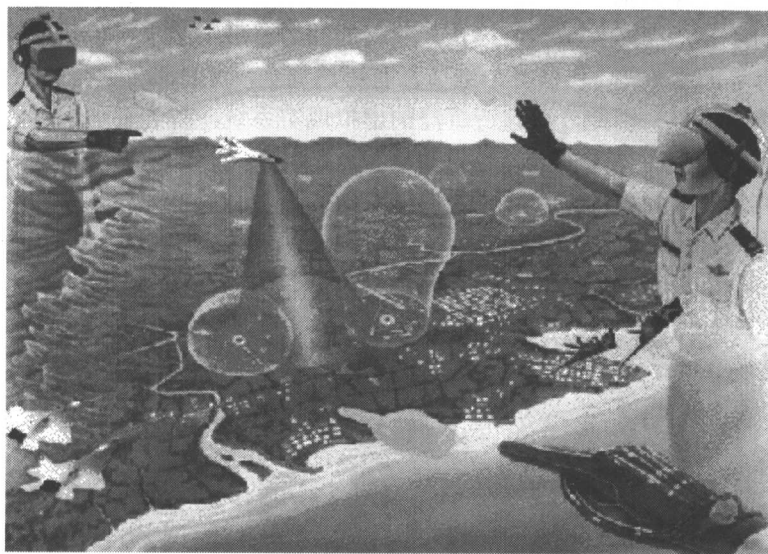


图 2.1 虚拟战斗空间

从科学研究的角度讲,虚拟现实技术进一步促进了各种学科的发展和融合,开拓了计算机在国民经济各个领域中的广泛应用。从技术角度上说,虚拟现实技术,是计算机技术、通信技术、仿真技术、图像技术等综合,为我们提供了观察世界和分析世界的有利工具。因此,建立一个时间域和空间域可变的虚拟现实世界的目的和意义在于提高人类的认识能力,促进人与环境的交流,发挥人的想象能力,开发新的未知领域。这说明虚拟现实是利用现代科技手段人为制造的一个虚拟空间,在这个环境中虚实结合得非常自然,使人们能

够在这个空间中实现看、听、移动等交互活动，与真实情况一样。因此，这里所需要刻画和模拟的“真实”，就是虚拟现实系统有别于其他计算机系统的最根本特征，正是这种“模拟真实”的环境，能够提供给各种用户用来研究和开发的平台，可以说，越“真实”，效果就越好，用专业术语解释，这种提供“模拟真实”的感觉，就叫做“沉浸”。

2.1 生成沉浸感的生理基础和技术要求

2.1.1 沉浸感生成的生理感知基础

从生理学的角度来看，人类对于所熟悉的自然环境具有极为敏锐的感觉，对于环境的变化具备极为复杂的反馈机制。人类的视觉、听觉、触觉、前庭感觉(运动和重力觉)、整体位置及躯体感觉(皮肤压力)等等构成了人体的整个感知系统，它们在反馈机制的作用下互相制约，互相协调，从而使人类可以在日常生活中感知和适应环境的变化。举一个简单的例子，我们在计算机前录入文档的这个简单行为，就是依靠视觉、听觉、触觉和运动觉的联合作用才使我们主动地或下意识地完成这一系列工作的。如果在一个虚拟环境中模拟在计算机上录入文档，我们就要首先设计一个计算机显示器和键盘的场景，接着我们还要考虑产生敲击的声音、手指的回力、敲击某个键位后应该在显示器上显示相应字母等因素，只要任何一个细节没有考虑周全，我们都会觉得别扭或者不自然，从而使我们感觉虚假。因此，要建造沉浸的虚拟现实系统，首先要做的并不是钻研复杂的计算机编程知识，而是先去学习更为抽象和复杂的人类感知特性，然后以此为起点，开发符合人类生理感知属性的计算机虚拟环境。

可以引用 G-Burden 所提出的虚拟现实技术三角形来说明虚拟现实系统的基本特征：用“3I”表示，Immersion——沉浸，Interaction——交互，Imagination——想象，参见图 2.2。它们的具体含意是：

(1) 沉浸感(Immersion)是指用户作为主角存在于虚拟环境中的真实程度。理想的虚

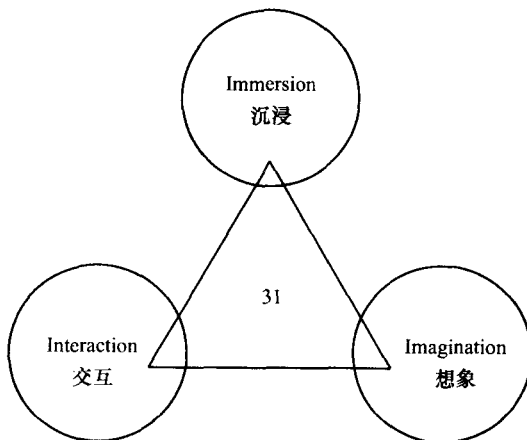


图 2.2 虚拟现实的基本特征

拟环境应该达到使用户难以分辨真假的程度(例如可视场景应随着视点的变化而变化),甚至超越真实,如生成比现实更逼真的照明和音响效果等。

(2) 交互性(Interaction)是指用户对虚拟环境内的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,用户可以用手直接抓取虚拟环境中的物体,这时手应该有触摸感,并可以感觉物体的重量,场景中被抓的物体也立刻能够随着手的移动而移动。

(3) 想象力(Imagination)是指用户沉浸在多维信息空间中,依靠自己的感知和认知能力全方位地获取知识,发挥主观能动性,寻求解答,形成新的概念。

用一句话来概括“3I”,就是人们能够沉浸到计算机系统所描述的环境中,利用多种传感器和多维化的信息环境进行交互作用,从定性和定量结合集成的环境中得到感性和理性的认识。

普通意义上的虚拟现实,需要大型计算机、头盔式显示器、数据手套、洞穴式投影、密封仓等昂贵设备,通过一系列传感辅助设施来实现三维现实,人们利用这些设施以自然的方式(如头的转动、手的运动等)向计算机送入各种动作信息,并且通过视觉、听觉以及触觉设备使人们得到三维的视觉、听觉及触觉等来感知外界环境,随着人们不同的动作,这些感觉也随之改变。目前,虚拟现实内涵已经大大扩展,像“人工现实(Artificial Reality)”、“虚拟环境(Virtual Environment)”、“赛伯空间(Cyberspace)”等,都可以认为是虚拟现实的不同术语或形式。事实上,虚拟现实技术不仅仅是指那些戴着头盔和手套的技术,而且还应该包括一切与之有关的具有自然模拟、逼真体验的技术与方法,它的根本目标就是达到真实体验和基于自然技能的人机交互,也就是说使用户真正可以沉浸其中,做出与实际系统一致的决策,从而达到考察和模拟现实情况的目的。因此,划分和区别虚拟现实系统的最重要指标,就是它可以提供给用户的感官参与程度——沉浸度。根据用户参与虚拟现实的不同形式以及沉浸程度的不同,我们可以把虚拟现实技术划分为桌面虚拟现实系统、沉浸的虚拟现实系统、分布式虚拟现实系统和遥感系统等类型。

2.1.2 沉浸感生成的技术基础

虚拟现实是一种逼真地模拟人在自然环境中的视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉以及动感等行为的高级人机界面,具有“沉浸”和“交互”等基本特征。对于正常的使用者而言,虚拟现实系统中视觉、听觉等感官的模拟和再现,可以增强使用者在虚拟环境中的沉浸感,并方便于进一步交互。这里要涉及到实物虚化、虚物实化和高性能的计算处理技术这3个主要方面。实物虚化是现实世界空间向多维信息化空间的一种映射,主要包括基本模型构建、空间跟踪、声音定位、视觉跟踪和视点感应等关键技术,这些技术使得虚拟世界的生成、虚拟环境对用户操作的检测及操作数据的获取成为可能。因此,我们可以将虚拟现实系统的硬件分为以下4大部分:跟踪设备(检测人在虚拟世界中的位置及方向的设备)、感知设备(生成多通道刺激信号的设备)、虚拟世界生成设备和基于自然方式的交互设备。具体而言,它们基于以下几种技术:

(1) 空间跟踪技术:主要是通过头盔显示器、数据手套、数据衣等常用的交互设备上的空间传感器,确定用户的躯体、头、手或其他操作物在三维虚拟环境中的位置和方向。