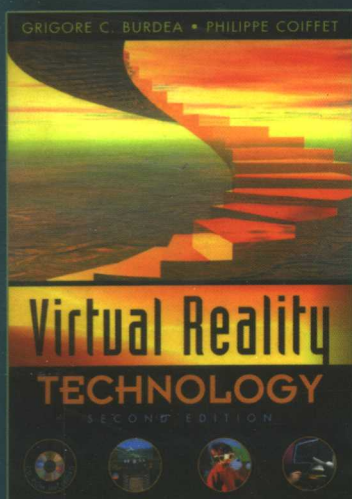




虚拟现实技术

(第二版)

Virtual Reality Technology
Second Edition



[美] Grigore C. Burdea 著
[法] Philippe Coiffet

魏迎梅 栾悉道 等译
吴玲达 审校



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

国外计算机科学教材系列

虚拟现实技术

(第二版)

Virtual Reality Technology

Second Edition

[美] Grigore C. Burdea 著

[法] Philippe Coiffet

魏迎梅 栾悉道 等译

吴玲达 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

自20世纪90年代以来,虚拟现实技术作为一种最为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。作为虚拟现实教材,本书立足于虚拟现实的“3I”特性,从技术和应用两个方向全面系统地讲述虚拟现实的基础理论和实践技能,包括对虚拟现实最新硬件设备和高级软件技术的论述,以及虚拟现实传统应用和最新应用的介绍。另外,本书的配套光盘还包括实验手册和视频剪辑。

本书内容系统完整,概念叙述清楚严谨,可作为计算机专业和其他相关专业本科生和研究生的教材,也符合程序员、应用开发者和其他人员的需求,具有很宽的适用面。

Grigore C. Burdea, Philippe Coiffet: **Virtual Reality Technology, Second Edition.**

ISBN 0-471-36089-9

Copyright © 2003, John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved. Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of John Wiley & Sons, Inc.

Simplified Chinese translation edition Copyright © 2005 by John Wiley & Sons, Inc. and Publishing House of Electronics Industry.

本书中文简体字翻译版由 John Wiley & Sons 授予电子工业出版社。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2003-3681

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实技术(第二版)/(美)伯迪(Burdea G. C.)著;魏迎梅等译.-北京:电子工业出版社,2005.7
(国外计算机科学教材系列)

书名原文: Virtual Reality Technology, Second Edition

ISBN 7-121-00777-0

I. 虚... II. ①伯... ②魏... III. 虚拟技术-教材 IV. TP391.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第068261号

责任编辑:马 岚 特约编辑:马爱文

印 刷:北京顺义兴华印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:21.75 字数:557千字

印 次:2005年7月第1次印刷

定 价:35.00元(附光盘1张)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

21世纪初的5至10年是我国国民经济和社会发展的关键时期,也是信息产业快速发展的关键时期。在我国加入WTO后的今天,培养一支适应国际化竞争的一流IT人才队伍是我国高等教育的重要任务之一。信息科学和技术方面人才的优劣与多寡,是我国面对国际竞争时成败的关键因素。

当前,正值我国高等教育特别是信息科学领域的教育调整、变革的重大时期,为使我国教育体制与国际化接轨,有条件的高等院校正在为某些信息学科和技术课程使用国外优秀教材和优秀原版教材,以使我国在计算机教学上尽快赶上国际先进水平。

电子工业出版社秉承多年来引进国外优秀图书的经验,翻译出版了“国外计算机科学教材系列”丛书,这套教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多,既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。这些教材涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。同时,我们也适当引进了一些优秀英文原版教材,本着翻译版本和英文原版并重的原则,对重点图书既提供英文原版又提供相应的翻译版本。

在图书选题上,我们大都选择国外著名出版公司出版的高校教材,如Pearson Education培生教育出版集团、麦格劳-希尔教育出版集团、麻省理工学院出版社、剑桥大学出版社等。撰写教材的许多作者都是蜚声世界的教授、学者,如道格拉斯·科默(Douglas E. Comer)、威廉·斯托林斯(William Stallings)、哈维·戴特尔(Harvey M. Deitel)、尤利斯·布莱克(Uyless Black)等。

为确保教材的选题质量和翻译质量,我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本系列教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师、博士,也有积累了几十年教学经验的老教授和博士生导师。

在该系列教材的选题、翻译和编辑加工过程中,为提高教材质量,我们做了大量细致的工作,包括对所选教材进行全面论证;选择编辑时力求达到专业对口;对排版、印制质量进行严格把关。对于英文教材中出现的错误,我们通过与作者联络和网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订。

此外,我们还将与国外著名出版公司合作,提供一些教材的教学支持资料,希望能为授课老师提供帮助。今后,我们将继续加强与各高校教师的密切联系,为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书,为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

电子工业出版社

教材出版委员会

- | | | |
|----|-----|---|
| 主任 | 杨芙清 | 北京大学教授
中国科学院院士
北京大学信息与工程学部主任
北京大学软件工程研究所所长 |
| 委员 | 王 珊 | 中国人民大学信息学院院长、教授 |
| | 胡道元 | 清华大学计算机科学与技术系教授
国际信息处理联合会通信系统中国代表 |
| | 钟玉琢 | 清华大学计算机科学与技术系教授
中国计算机学会多媒体专业委员会主任 |
| | 谢希仁 | 中国人民解放军理工大学教授
全军网络技术研究中心主任、博士生导师 |
| | 尤晋元 | 上海交通大学计算机科学与工程系教授
上海分布计算技术中心主任 |
| | 施伯乐 | 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授
中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长 |
| | 邹 鹏 | 国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师
教育部计算机基础课程教学指导委员会副主任委员 |
| | 张昆藏 | 青岛大学信息工程学院教授 |

译者序

随着计算机软硬件水平的迅猛发展,虚拟现实技术在经历了最初的高潮和随之而来的低谷后,再一次迎来了新的春天。新型交互设备的不断涌现和完善,PC 图形加速卡性能的大幅度提高,使得虚拟现实的应用领域不断地拓展。10 年前,Burdea 和 Coiffet 撰写的 *Virtual Reality Technology* 一书,曾经带领许多人走上虚拟现实的研究之路,书中所提出的虚拟现实的“3I”特性,也成为大家对虚拟现实的共识。我们曾经将该书作为博士研究生的教材,取得了很好的效果。

时至今日,电子工业出版社购买了 *Virtual Reality Technology* 第二版的版权,并委托我们翻译,我们很高兴地接受了这一任务。与第一版相比,新版的内容更加充实,不仅增加了对大量新型虚拟现实输入、输出设备的介绍,而且更系统、全面地介绍了 VR 的计算体系。在虚拟现实建模中,增加了对物理建模和行为建模的详细论述;在虚拟现实程序设计中,介绍了 4 种常用的工具包;第 7 章通过大量的案例全面展示虚拟现实中的因素、使用性能和感觉冲突;最后则用两章的篇幅全面介绍了虚拟现实的传统应用和新型应用。与第一版一样,本书条理清晰,深入浅出,紧密联系当前虚拟现实领域已取得的最新成果和未来发展方向,系统地讲述虚拟现实技术的基础理论和实践技能,并提供了大量的应用实例,这对于读者了解和掌握虚拟现实技术有很大的帮助,是学习虚拟现实技术的一本优秀教材。

本书的翻译工作由国防科技大学多媒体实验室组织。国防科技大学多媒体实验室是国内最早从事虚拟现实技术研究的单位之一,在基于图像的虚拟实现系统、虚拟空间会议系统、虚拟战场环境等方面取得了一定的成果,得到了国家 863 高技术计划、“十五”武器装备预先研究、国家自然科学基金等项目的支持。

本书的翻译工作由魏迎梅负责。栾悉道翻译了本书第 7 章到第 9 章,参加翻译的还有该实验室的研究人员和研究生杨冰、蒋杰、宋汉辰、邓宝松、高宇、曾鹏、陈鹏、李苏军、徐建军等。特别感谢吴玲达教授在百忙中抽出宝贵时间认真审校了全书的译稿,并提出了一些很有价值的修改意见。

虚拟现实是一门交叉性的学科,发展十分迅速。由于译者的水平和学识有限,译本中翻译不尽妥当之处在所难免,恳请读者批评指正。

序

人类的洞察力是相互之间能够进行交流的重要因素。然而,作者关心的是他写什么,而交流者关心的是读者能够得到什么。

William Bernbach

广告界的传奇人物(1911—1982)

Burdea 和 Coiffet 声称这部著作围绕着虚拟现实的“3I”特性:交互(interaction)、沉浸(immersion)和想像(imagination),但是正是第4个“I”——洞察力(insight),使得本书与众不同。尽管读者有不同的思想倾向,但本书具有多种功能,它不仅能抓住虚拟现实爱好者的兴趣所在,同时也具有严格的科学性,能满足学生和专业技术人员的要求。初学者可以从虚拟现实的基本组成入手,而经验丰富的专业人士可以直接关注一些具有挑战性的问题,例如确定跟踪器的性能需求,解决平铺显示中的光亮度问题,以及实现多流水线同步等。

虚拟现实(Virtual Reality,简称VR)能够提供丰富的感官体验。多年来,虚拟现实的倡导者一直宣称VR具有无穷的潜力,能够超越以往的任何一种交互技术。当人们在进行深层交流时,通常只能使用静态的文字,这样就把本来具有刺激性的多模态事物,变成了一维的东西,从而难以给他们留下深刻的印象。Burdea 和 Coiffet 所倡导的多媒体表现,连同诱人的视频、丰富的图示、VRML 和基于Java 3D的交互实验室活动,是一种表现大量技术信息的新方法。笔者自己在教学和VR研究中的经验表明,这种形式更适合于处理VR问题,因为VR通常在很大程度上依赖于视觉和听觉模态。由于创造性地使用了多种技术,目前VR应用的范围得到了很大扩展,已经超出了最初的想像。Burdea 和 Coiffet 也通过这种新形式,使人们能更好地理解与VR技术相关的错综复杂的问题。

VR应用已经深入扩展到了许多领域,包括教育、医学和迷人的娱乐世界等。每个领域都给开发者带来了许多问题,而这些问题可以在本书中找到答案。本书将指导开发者使用哪一种HMD和跟踪器以及I/O设备,选择哪一种集成体系结构,有哪些创作工具和技术,如何解决人的因素(即健康和安全问题),人们期望投入多少成本才能把虚拟世界变成真的。开发者还可以学习别人的宝贵经验,这些经验都在各种应用中得到了证明。

总而言之,本书系统、全面地介绍了VR技术的各个方面,从基本组成到管理事宜。正如Burdea 和 Coiffet 所期待的,读者通过交互学习,能够从第二版中得到最新的知识。这本书给从事VR研究的人、VR的爱好者和学生都会带来很大的好处。

KAY M. STANNEY, PH. D.

奥兰多,佛罗里达州

2003年2月

前 言

从我们撰写本书的第一版算起,已经过去了近 10 年,在此期间虚拟现实一直在快速地发展变化,但在技术领域之外经常被人们错误地理解,并且至今仍然有待进一步推广应用。

计算机技术,特别是个人计算机,已经得到了巨大的发展,从而为全球范围的 VR 开发奠定了基础。以培养能建立 VR 应用的专业人员为目标的学院和大学的正规教育,已经明显地落后于技术的发展,这是由于缺乏好的 VR 教材,并且缺乏具有该领域第一手资料的老师。

在撰写本书时,笔者一直在关注该技术领域的快速发展,并更新了第一版中列出的资料和素材,加入了许多硬件、软件和应用的新进展。这里特别值得一提的是触觉,由于它目前已经进入了 VR 的主流,因此在本书中也介绍了相关的应用。

编写本书第二版的主要动机是为数学、电子工程和计算机科学等相关领域的学生和研究人员提供一个严谨的、完整的、结构化的教材。因此书中包括了许多定义、数学公式和习题。本书还为读者提供了视频剪辑,因为我们感觉到,通过观看实际仿真的例子能够使学生更好地理解内容。这些视频剪辑在随书附带的光盘中,并且在书中用特殊的图标  表示。光盘中还给出了书中 6 章内容的实验指南,向读者展示了不同的实验和编程技巧。实验指南使用的是 VRML 和 Java 3D,院校教师可以通过网络免费得到这两种工具,而不需要支付额外的版权许可费。实验是为基于 PC 的 VR 工作站和传感手套、立体眼镜、三维跟踪器、触觉操纵杆设计的,其目的是给学生提供 VR 程序设计的真实体验。每章的实验手册都为本科生和研究生设有课后作业和编程练习。

本书可作为一个学期的 VR 课程教材,也可用于专业课教材。最初的四章是以硬件为主的工程类课程的核心内容,接下来的三章适合于人机交互类的高级课程,可供计算机专业和实验心理学专业的研究人员使用。最后两章分别讨论了传统的 VR 应用和新兴的 VR 应用,比较符合程序员、应用开发者和其他人员的需求,因而具有很宽的适用面。

在这里,首先感谢 ChanSu Lee 和我们一起编写了实验手册,还要感谢 Rutgers 大学工程学院在过去几年中学习虚拟现实和相关实验课程的数百名学生。他们对该课程的热情、及时的信息反馈和其他一些帮助,使得本书成为一本优秀的教材。感谢 Rutgers 大学 CAIP 中心和系统保障组提供的计算和打印资源。感谢很多公司、实验室和个人为本书提供的素材。特别感谢 Steve Feiner 教授和哥伦比亚大学计算机科学系,Grigore Burdea 的部分写作在那里完成。佛罗里达大学的 Kay Stanney 教授在百忙中抽出时间为第二版撰写了序,对此我们深表感谢。最后,感谢我们的家庭,是他们的支持、鼓励和心甘情愿的付出,才使得本书从“虚拟”变成了“现实”。

Grigore C. Burdea

Philippe Coiffet

皮斯卡塔韦,新泽西州

凡尔赛,法国

2003 年 3 月

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 虚拟现实的 3I 特性	2
1.2 虚拟现实的发展简史	3
1.3 早期商用的 VR 技术	6
1.4 VR 成为一种产业	8
1.5 构成 VR 系统的五个典型组成部分	9
1.6 习题	10
参考文献	10
第 2 章 输入设备:跟踪器、漫游和手势接口	12
2.1 三维位置跟踪器	12
2.1.1 跟踪器的性能参数	13
2.1.2 机械跟踪器	15
2.1.3 电磁跟踪器	17
2.1.4 超声波跟踪器	24
2.1.5 光学跟踪器	25
2.1.6 混合惯性跟踪器	29
2.2 漫游和操纵接口	32
2.2.1 基于跟踪器的漫游/操纵接口	32
2.2.2 跟踪球	33
2.2.3 三维探针	34
2.3 手势接口	35
2.3.1 Pinch Glove	36
2.3.2 5DT Data Glove	37
2.3.3 Didjiglove	39
2.3.4 CyberGlove	39
2.4 小结	41
2.5 习题	41
参考文献	42
第 3 章 输出设备:图形、三维声音和触觉显示设备	44
3.1 图形显示设备	44
3.1.1 人类视觉系统	45
3.1.2 个人图形显示设备	46
3.1.3 大型显示设备	55

3.2	声音显示设备	64
3.2.1	人类的听觉系统	65
3.2.2	convolutron	68
3.2.3	基于扬声器的三维声音	69
3.3	触觉反馈	71
3.3.1	人类的触觉系统	72
3.3.2	触觉反馈接口	74
3.3.3	力反馈接口	78
3.4	小结	84
3.5	习题	84
	参考文献	85
第4章	VR 的计算体系结构	89
4.1	绘制流水线	90
4.1.1	图形绘制流水线	90
4.1.2	触觉绘制流水线	96
4.2	基于 PC 的图形体系结构	97
4.2.1	PC 图形加速卡	100
4.2.2	图形基准测试	103
4.3	基于工作站的体系结构	105
4.3.1	Sun Blade 1000 的体系结构	105
4.3.2	SGI Infinite Reality 体系结构	107
4.4	分布式 VR 体系结构	108
4.4.1	多流水线同步	109
4.4.2	联合定位绘制流水线	112
4.4.3	分布式虚拟环境	117
4.5	小结	120
4.6	习题	121
	参考文献	121
第5章	建模	124
5.1	几何建模	125
5.1.1	虚拟对象的形状	125
5.1.2	对象的视觉外观	130
5.2	运动建模	136
5.2.1	齐次变换矩阵	136
5.2.2	对象位置	137
5.2.3	变换不变式	138
5.2.4	对象层次	140
5.2.5	观察三维世界	141

5.3	物理建模	143
5.3.1	碰撞检测	143
5.3.2	表面变形	145
5.3.3	受力计算	146
5.3.4	力的平滑与映射	150
5.3.5	触觉纹理映射	152
5.4	行为建模	154
5.5	模型管理	156
5.5.1	细节等级管理	157
5.5.2	单元分割	161
5.6	小结	164
5.7	习题	164
	参考文献	164
第6章	VR 编程	168
6.1	工具包和场景图	168
6.2	WorldToolKit	171
6.2.1	几何建模和外观	171
6.2.2	WTK 场景图	172
6.2.3	传感器和动作函数	174
6.2.4	WTK 网络开发	177
6.3	JAVA 3D	178
6.3.1	几何建模与外观	178
6.3.2	Java 3D 场景图	179
6.3.3	传感器和行为	181
6.3.4	Java 3D 网络开发	182
6.3.5	WTK 和 Java 3D 的性能比较	183
6.4	通用触觉开放软件工具包	186
6.4.1	GHOST 与图形流水线的集成	186
6.4.2	GHOST 触觉场景图	187
6.4.3	碰撞检测和碰撞响应	188
6.4.4	图形和 PHANToM 校正	189
6.5	PeopleShop	190
6.5.1	DI-Guy 几何和路径	190
6.5.2	传感器和行为	191
6.5.3	PeopleShop 的网络开发	192
6.6	小结	193
6.7	习题	193
	参考文献	194

第 7 章 VR 中的“人的因素”	196
7.1 研究方法和专业术语	197
7.1.1 数据收集和分析	198
7.1.2 可用性工程方法学	201
7.2 使用者表现研究	204
7.2.1 通用 VR 任务的试验台评估	204
7.2.2 系统响应度对用户工作表现的影响	206
7.2.3 多种形式的反馈所带来的影响	209
7.3 VR 健康和安全问题	215
7.3.1 VR 仿真对使用者的直接影响	215
7.3.2 电脑病	217
7.3.3 适应性和副作用	222
7.3.4 正确使用 VR 的指导方针	223
7.4 VR 与社会	224
7.4.1 对职业生活的影响	225
7.4.2 对私人生活的影响	225
7.4.3 对公共生活的影响	226
7.5 小结	227
7.6 习题	227
参考文献	228
第 8 章 传统的 VR 应用	231
8.1 VR 在医疗中的应用	232
8.1.1 虚拟解剖	233
8.1.2 伤员鉴别分类和诊断	235
8.1.3 外科手术	240
8.1.4 康复	247
8.2 教育、艺术以及娱乐	255
8.2.1 在教育中使用 VR 技术	255
8.2.2 VR 与艺术	259
8.2.3 VR 在娱乐行业中的应用	263
8.3 VR 的军事应用	266
8.3.1 陆军对 VR 的使用	267
8.3.2 VR 在海军中的应用	271
8.3.3 VR 在空军中的应用	275
8.4 小结	279
8.5 习题	279
参考文献	280

第 9 章 新型 VR 应用	285
9.1 VR 在制造业中的应用	285
9.1.1 虚拟原型	286
9.1.2 VR 在制造业中的其他应用	293
9.2 VR 在机器人领域中的应用	297
9.2.1 机器人编程	297
9.2.2 机器人遥操作	299
9.3 信息可视化	306
9.3.1 VR 在油气勘探和完善管理中的应用	306
9.3.2 体数据的可视化	307
9.4 小结	313
9.5 习题	314
参考文献	314
索引	318

第1章 引言

科学界对虚拟现实(virtual reality,简称VR)领域进行了多年的研究,认识到VR是一种非常强大的人机接口。但大量的出版物、电视节目、会议以及技术类文献都以各种各样的,有时甚至不一致的方式描述虚拟现实,这就带来了很多混乱。

在给出虚拟现实的定义之前,首先应该说明一些容易混淆的概念。一些研究人员把VR描述成遥在(telepresence),即用户沉浸在一个远程环境中。遥在对遥操作(telerobotics)[Sheridan,1992]非常有用。在遥操作中,人们试图控制远处的机器人,并且知道机器人周围将要发生什么。还有一些人使用增强现实(augmented reality,简称AR)[Müller,1999]这个名词,增强现实是指把计算机图形或文字覆盖在真实图像上。技术人员在进行设备维修时,通过在照片上叠加图形,可以清楚地看见内部的各个部件[Bejczy,1993]。遥在和增强现实都引入了真实的图像,因此从严格意义上讲它们都不是虚拟现实。

艺术家、新闻记者和技术专家们都试图给出具体的定义。在日本出版的*The World of Virtual Reality*[Hattori,1991]一书的封面插图是“艾丽丝梦游仙境”,如图1.1所示。这比科学的定义更能吸引人,也更有趣。还有一些人根据使用的设备来定义虚拟现实,而不是根据它的目标和功能。一般出版物常常把虚拟现实与头盔显示器(有时也称为眼镜)和传感手套联系在一起,这是因为它们是仿真过程中使用的首要设备。当然,这并不是一个好的定义。如今的虚拟现实系统几乎不使用头盔显示器,而是使用大型投影屏和台式PC[Robertson et al.,1993]。同样,传感手套也能用简单的跟踪球和操纵杆替代[Schmult and Jebens,1993]。另一方面,传感手套也可以用于VR以外的其他任务,例如遥操作[Clark et al.,1989]。因此,根据使用的设备描述虚拟现实不是一个恰当的定义。

那么,究竟什么是虚拟现实呢?我们首先根据功能给出描述。虚拟现实是用计算机图形学构造出酷似真实世界的一种仿真模拟。这个合成的世界并不是静态的,它可以对用户的输入(手势、动作命令等)做出响应。这样就定义了虚拟现实的关键特征——实时的交互性。这里,实时指计算机能探测到用户的输入并同时修改虚拟世界。人们也希望看到屏幕上的东西能根据他们的命令发生变化,从而被整个仿真模拟所吸引。对交互式图形学的能力有所怀疑的人,只要去看看孩子们玩视频游戏时的样子就会释然。曾经有报道说,英国有两个年轻人在房子着火时还在玩游戏!

交互性有助于产生沉浸感,即让用户感觉到好像置身于屏幕所显示的情节中。虚拟现实则更进一步,使用了人类的所有感官通道。用户不仅能看到和操纵屏幕上的图形对象,也能触摸和感觉到它们[Burdea,1996]。研究人员有时也会谈及嗅觉和味觉,尽管目前还很少用到这些感觉模态。综上所述,下面给出具体的定义。

定义 虚拟现实是一种高端人机接口,包括通过视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉等多种感觉通道的实时模拟和实时交互。

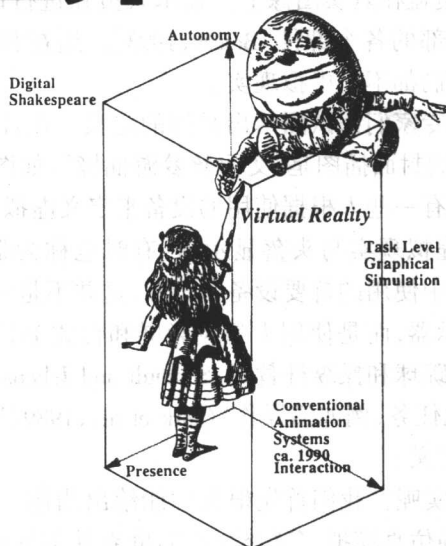
也可以从仿真模拟的内容的角度描述虚拟现实,从而把真实现实[Codella et al.,1993]与

人工现实统一起来。虚拟现实是一个合成的环境,它没有真实的对应物[Krueger,1991]。本书下面使用的“虚拟现实”术语包含了前面描述的所有其他术语。

人工 現実感の 世界

HATTORI KATSURA
服部 桂

What's Virtual Reality?



工業調査会

图 1.1 *The World of Virtual Reality*(《虚拟现实世界》)一书的封面,摘自 Hattori[1991],重印许可

1.1 虚拟现实的 3I 特性

从前面的描述来看,虚拟现实显然是可交互的和可沉浸的,这就是大多数人所熟悉的两个“I”特性。但是,很少有人会意识到虚拟现实的第三个特性。虚拟现实不仅仅是一种媒体或者一个高端用户接口,而且还包含了能解决实际工程、医疗和军事等问题的应用。这些应用程序由虚拟现实的开发者设计。哪个应用能够解决哪类特定问题,或者说哪种模拟能执行得更好,在很大程度上取决于人的想像力,这就是 VR 的第三个“I”,从而构成了虚拟现实的沉浸(Immersion)–交互(Interaction)–想像(Imagination)三角形,如图 1.2 所示。其中,想像还包括感知不存在信息的能力。例如,读者很容易看到图 1.2 中的三角形,但是它只存在于他们的想像中。



图 1.2 虚拟现实的“3I”特性:交互 - 沉浸 - 想像。摘自 Burdea[1993],重印许可

1.2 虚拟现实的发展简史

虚拟现实并不是新生事物,它可以追溯到 40 多年以前。1962 年,美国专利号 # 3 050 870 发布了 Morton Heilig 的一项名为“全传感仿真器”(Sensorama Simulator)的发明,它是第一个虚拟现实视频设备,如图 1.3 所示。这个早期虚拟现实工作站主要包括三维视频反馈(由一对并排的 35 mm 照相机拍摄)、运动、颜色、立体声音、香气、风效果(由放置在参与者头部附近的小风扇产生)和一个可以振动的座位。它可以模拟骑车穿越纽约市的过程,“骑车人”能感受到风,感受到路面的颠簸,当经过饭店时“骑车人”甚至能闻到食品的香味。

Heilig 也意识到了使用头戴式电视的可能性。他设计了一个仿真面罩,包括三维滑动和聚集控制,能产生光学图像、立体声和气味。1960 年 10 月 4 日,美国专利号 # 2 955 156 发布了他的另一项发明,如图 1.4 所示。Heilig 作为一个专业的电影摄影师,已经远远超出了他所在的时代。就像 Jules Verne 那样,他幻想有一种新机器能取代传统的电影技术;同时他又像 Thomas Edison 那样是一个发明家,不仅仅有梦想,而且能把它变成真的机器。但是,当时几乎没有人意识到他的发明是一种多么巨大的技术进步。

Ivan Sutherland 继承和发展了 Heilig 在头盔显示器(head-mounted displays,简称 HMD)方面所做的一些工作。1966 年,Sutherland 在用户眼睛前绑上了两个 CRT 显示器。现代的高端 HMD 在用户头部安装两个微型 CRT 或 LCD,从配置的角度来看与 Sutherland 并没有很大差别。由于那时的 CRT 显示器比今天的重得多,所以 Sutherland 不得不使用了一副机械臂来负担显示器的重量,同时机械臂还具备检测用户视线方向的功能。大多数今天的 HMD 使用非接触式位置跟踪器(如电磁跟踪器或超声波跟踪器),但这项技术在 20 世纪 60 年代还没有被发明。

在研究头盔显示器的过程中,Sutherland 意识到可以用计算机生成的场景代替照相机拍摄的模拟图像,并开始设计这样的“场景生成器”。这就是现代图形加速器的先驱。图形加速器已成为 VR 硬件的重要组成部分。计算机可以生成有细微差别的图像序列,并且在很短的时间里显示出来,从而产生动画效果,就像用于训练飞行员的飞行仿真动画那样。早期的图形场景生成器大约于 1973 年由 Evans 和 Sutherland 研制成功,但是只能显示 200 ~ 400 个简单多边形构成的场景。每幅场景大约需要 1/20 s 的计算和显示时间,因此每秒只能显示 20 帧。更复杂的场景包含更多的多边形,需要更长的时间才能显示出来,因此每秒只能显示更少的帧数,其结果是动画效果令人难以忍受,需要 16 fps(frame per second,帧/秒)以上的速度才能达到平滑。

Sutherland 对虚拟世界“终极显示”的想法不仅仅局限于图形。1965 年,他预言触觉和力反馈将加入进来,使用户能感觉到他们看见的虚拟对象[Sutherland, 1965]。北卡罗莱纳大学 Chapel

Hill 校区的 Frederick Brooks, Jr. 和他的同事们实现了这种想法。1971 年,这些科学家们证实了能够模拟分子对接时的二维连续力场[Batter and Brooks, 1971]。后来,他们又使用在核原料处理中经常用到的机械臂,以模拟三维碰撞时产生的力。现在的触觉技术大多数都基于微型机械臂。

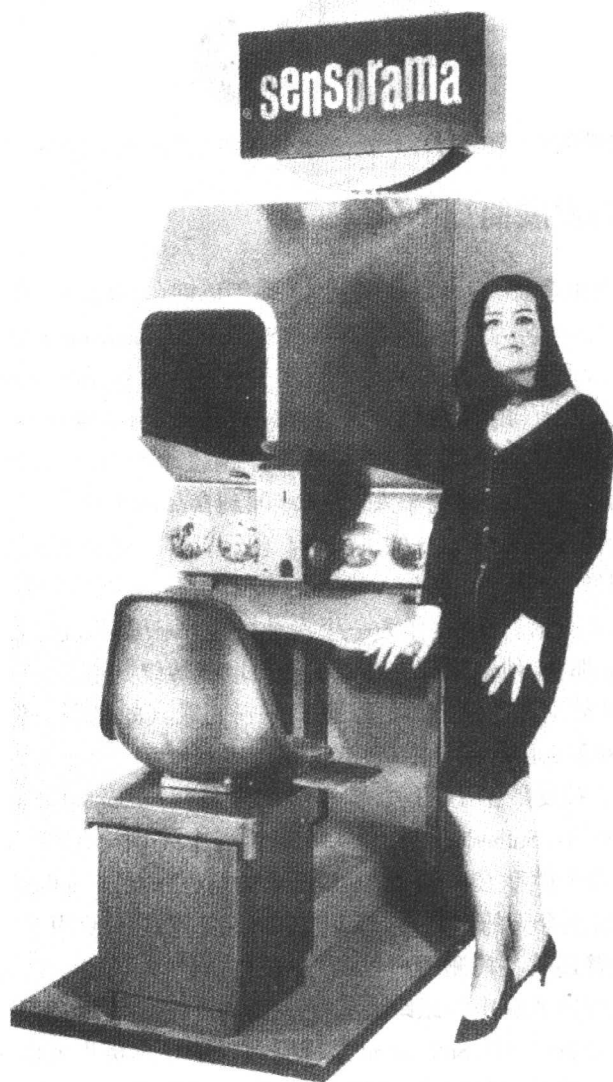


图 1.3 感觉仿真原型。由 M.Heilig 提供

军方也热衷于开发新型的数字仿真器,他们希望能取代昂贵的实物仿真器。一般的飞行仿真器是为特别型号的飞机设计的,一旦这种飞机过时了,它的仿真器也随之被淘汰,这就需要不断地投入大量经费。如果仿真器能够用软件方式做在通用平台上,飞机型号的改变可能只需要进行软件上的更新,其优点是显而易见的。20 世纪 70 年代和 80 年代早期,美国军方投资了大量经费开展了大量有关“飞行头盔”和军用现代仿真器的研究,但这方面的研究成果大部分被定为机密,未能正式出版。随着国防资金的削减,这方面的研究资助大为减少,一些研究开始由军用转为民用。

美国国家航空航天局(NASA)是对现代仿真器感兴趣的另一个美国政府部门。他们需要仿