

图 象 图 形 科 学 丛 书

石教英 主编

虚拟现实基础及 实用算法

科学出版社

图象图形科学丛书

计算机动画技术

Open GL/NT编程指南

计算机仿真导论

图象分割

虚拟现实基础及实用算法

遥感图象获取与分析

遥感图象信息系统

机器视觉

面向智能体的视觉信息处理

视频数据库管理系统导论

图象处理与分析——数学形态学方法及应用

内容简介

本书讲述了虚拟现实技术的基础知识和建立虚拟现实系统的实用算法。全书共八章，包括虚拟现实技术概论、虚拟现实系统典型硬件装置、真实感图形的实时绘制技术、多细节层次模型生成和绘制、基于图象的建模和绘制、碰撞检测、三维真实感声音生成和面向实时漫游的虚拟现实造型语言VRML。

本书内容系统，概念叙述清楚，突出视觉与听觉建模与绘制的真实感和实时性，并附有相关的实用算法。

本书可作为大学计算机科学与工程系和仿真专业的教材，也可供从事虚拟现实技术应用的科技人员参考。

责任编辑：王淑兰 封面设计：王 浩

ISBN 7-03-010035-2



9 787030 100351 >

ISBN 7-03-010035-2/TP·1668

定价：32.00 元

图象图形科学丛书

虚拟现实基础及实用算法

石教英 主编

科学出版社

2002

内 容 简 介

本书讲述了虚拟现实技术的基础知识和建立虚拟现实系统的实用算法。全书共八章,包括虚拟现实技术概论、虚拟现实系统典型硬件装置、真实感图形的实时绘制技术、多细节层次模型生成和绘制、基于图象的建模和绘制、碰撞检测、三维真实感声音生成和面向实时漫游的虚拟现实造型语言 VRML。

本书内容系统,概念叙述清楚,突出视觉与听觉建模与绘制的真实感和实时性,并附有相关的实用算法。

本书可作为大学计算机科学与工程系和仿真专业的教材,也可供从事虚拟现实技术应用的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实基础及实用算法/石教英主编. —北京:科学出版社, 2002

(图象图形科学丛书)

ISBN 7-03-010035-2

I. 虚... II. 石... III. 计算机仿真
IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 004808 号

科学出版社

北京西城德胜门内大街16号

邮政编码 100717

http://www.sciencep.com

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2002年4月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2002年4月第一次印刷 印张: 19 1/4

印数: 1—4 000 字数: 436 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

图象图形科学丛书编委会名单

主任委员

潘云鹤

副主任委员

(按姓氏笔划为序)

王宝兴 王淑兰 罗志安 章毓晋

委 员

(按姓氏笔划为序)

王宝兴 王淑兰 刘健勤 朱述龙 江 早
石教英 何江华 鲍虎军 罗志安 张永生
章毓晋 崔 屹 潘云鹤 潘志庚

丛书序言

图象图形是人类相互交流和认识客观世界的主要媒体。科学研究和统计表明,视觉系统帮助人类从外界获得 3/4 以上的信息,而图象图形带给我们的正是视觉世界中的所有信息。视觉信息所起的客观作用是其他信息不能替代的,百闻不如一见就是一个非常形象的例子。图象图形是现代信息化社会的重要支柱。

图象图形科学是一门理论与现代高科技相结合来系统地研究各种视觉原理、技术和应用的综合性很强的交叉学科。图象图形技术在广义上是各种与视觉有关技术的总称。人类基于视觉的活动,是一个广阔、复杂、富有挑战性的研究领域。图象图形科学和技术是这个领域的有力工具。该学科包括利用计算机和其他电子设备观察世界而获得数据及对数据处理并且显示这些数据的理论和技术。

图象图形科学具有涉及面广,内容丰富,跨行业、跨学科的特点。从它的研究方法来看,它与数学、物理学、生理学、心理学、电子学、计算机科学等许多学科可以相互借鉴;从它的研究范围来看,它与人工智能、神经网络、遗传算法、模糊逻辑等理论和技术都有密切的联系;它的发展应用与医学、军事、遥感、通信、影视、文档处理和工业自动化等许多领域也是不可分割的。在科学史上,它代表了最活跃和令人振奋的边缘学科之一。

图象图形技术已经迅速渗透到人类生活和社会发展的各个方面,图象图形技术无论在科学研究、工业生产、文化娱乐、管理部门都得到越来越多的重视。图象图形技术在工业检测、高空侦察、制导、文件处理、动画、虚拟现实、生物医学、人体科学、艺术、远程教育、科学可视化、计算机辅助设计、遥感、航天等方面都得到越来越多的应用。进入 21 世纪后,其发展将更加迅速。

“图象图形科学丛书”正是在这种形势下组织出版的。中国图象图形学会和科学出版社为该套书的出版付出了很多的努力。这套丛书比较全面地覆盖了图象图形科学的各个分支,是广泛了解图象图形领域基本理论、技术应用和发展动态的最好读物;也是从事图象图形领域科学研究、技术开发和实际应用人员的必备工具书。

“图象图形科学丛书”由我国该领域的专家编写,这些专家既对图象图形领域的发展有全面的把握,又分别在其中的某一方向上有深入的研究和独到的见解,丛书充分反映了当前图象图形科技研究的前沿、进展和水平。希望该套书为发展图象图形科学技术,活跃学术气氛,交流研究成果,促进科技发展,为迎接信息技术的挑战,为我国图象图形事业做出应有贡献。

潘雪鹤

2000 年 2 月 1 日

前 言

自 20 世纪 90 年代初以来,虚拟现实(又称虚拟环境)技术一直是信息领域研究、开发和应用的热点方向之一。科技界和产业界为什么对这一新兴技术的热情持久不衰?究其原因不外乎两点:一是虚拟现实技术本身所拥有的一系列崭新的特点,以及由这些特点决定的应用魅力,深深地吸引了科技界的研究人员不断地探索其新的应用;二是虚拟现实当前的技术水平离人们心目中追求的目标尚有一定的差距,需进一步改进、完善。那么,虚拟现实技术究竟给我们带来了哪些与众不同的特点?首先,虚拟现实技术向人们提供的是一个由计算机生成的给人多种感官刺激(视觉、听觉、触觉,甚至包括嗅觉和味觉在内)的虚拟环境。其次,虚拟现实技术强调计算机生成的虚拟世界应给人一种身临其境的沉浸感。第三,强调人能以自然方式与虚拟世界中的对象进行交互操作。这三点都是虚拟现实技术第一次提出的技术特点。由此可见,虚拟现实技术是 20 世纪科学技术进步的结晶,在虚拟现实系统中集中体现了计算机软硬件技术、传感技术、人机交互感知理论等领域的最新成就。同时,虚拟现实技术也向科技界和产业界提出了新的挑战,例如迄今为止关于嗅觉和味觉的建模和传感技术离在虚拟现实中的应用仍有较大的距离。即使对于相对成熟的视觉、听觉和触觉的建模和再现技术,要达到高度真实感和实时性仍然有较大距离。

虚拟现实技术所拥有的独特魅力也决定了它的应用技术的鲜明特点。它提供的看起来象真的、听起来象真的、摸起来象真的,能给人身临其境感觉的虚拟环境,并且人机之间能以人所熟悉的自然方式进行交互操作,首先给人丰富的想象力和直觉,从而有利于启迪人的创造力,适用于未知的宏观和微观世界的探索。其次,虚拟现实技术特别适用于恶劣、危险环境的仿真。第三,虚拟现实技术可以替代制造业的实物样机,是虚拟设计和制造的核心技术,能大大缩短产品的开发周期,大量节约产品成本。第四,虚拟现实技术是远程协同工作、教育、培训的理想工具。迄今为止,虚拟现实技术在航空航天、汽车工业、重大工程论证、生物信息科学、虚拟手术仿真、科研、教育和文化娱乐业等获得广泛应用。

虚拟现实的研究内容大体上可分为虚拟现实技术和虚拟现实应用两大块。由于虚拟现实的应用面遍及自然科学、工程技术、医学、教育、军事、文化艺术与娱乐等范畴,我们无法涉及如此众多的应用领域。虚拟现实技术本身又可分为虚拟世界的创建和人与虚拟世界之间的自然交互操作两大部分。由于我们缺乏人机交互方面的技术积累,本书没有涉及人机交互操作方法学方面内容,但给出了虚拟现实系统使用的典型交互设备。对人机交互技术感兴趣读者可参阅有关专著。由此可见,本书以讲述虚拟现实技术的基础知识和构筑虚拟世界的相关技术,及其实用算法为重点。

全书共八章。第一章介绍了虚拟现实技术的概念和发展,虚拟现实系统的分类、硬件组成和软件结构,虚拟现实的研究内容和新兴的增强现实技术。第二章介绍虚拟现实系统的典型硬件装置,其中大部分装置都是随着虚拟现实技术的发展而专门研制的,如

各类虚拟现实立体显示器包括头盔式立体显示器、洞穴式立体显示装置 (CAVE)、响应式工作台立体显示装置, 各类位置跟踪器、各类触觉与力觉反馈装置和虚拟现实的交互设备——传感手套等等。第三、四、五三章介绍视觉建模技术, 其中第三、四两章介绍传统的基于几何建模技术, 第五章介绍 20 世纪 90 年代新兴的基于图象的建模和绘制技术。基于几何的传统建模技术内容十分丰富, 本书不可能做全面介绍。本书重点在于介绍为满足实时漫游需要而提出的一系列新技术, 如纹理映射技术、实时消隐技术和大规模复杂场景的实时漫游技术 (详见第三章), 以及模型的多分辨率表示和多细节层次 (LOD) 处理技术 (详见第四章)。基于图象的建模和绘制技术是解决视觉建模中模型复杂度与绘制的真实感和实时性三者之间矛盾的一种新的视觉建模技术。第五章系统地介绍了这一新兴技术。第六章介绍碰撞检测问题。这是虚拟现实系统视觉建模和人机交互操作的一项关键技术。在虚拟现实系统中物体间经常发生碰撞, 从而需要及时检测到这些碰撞, 并算出碰撞的后果, 否则物体之间会产生互相穿透现象。第七章介绍听觉建模技术, 即三维真实感声音生成技术。这一章较系统地介绍了空间听觉感知、室内声学仿真和真实感声音生成等方面内容。最后一章 (第八章) 介绍虚拟现实建模语言 (VRML) 的产生、组成和应用, 特别适合于初学者用它来构建虚拟场景。

浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室是我国最早从事虚拟现实技术研究的单位之一。在 1995 年春, 实验室主持召开了“虚拟现实与科学计算可视化国际研讨会”, 并同时举办了面向国内年轻学者的同名高级研讨班, 请参加国际研讨会的知名学者到高级研讨班上讲课。该次活动对我国开展虚拟现实技术的研究起到良好的普及与推动作用。1999 年春夏之交, 浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室又建立了我国第一套四面洞穴式立体显示装置 (CAVE)。

近年来, 虚拟现实技术的研究、开发和应用在我国已有长足进步, 在刚刚过去的 2001 年 5 月 23 日、24 日, 中国图象图形学会虚拟现实专业委员会在宁波大学成功地召开了国内第一次虚拟现实技术研讨会, 到会人数多, 稿件充足, 是我国从事虚拟现实研究、开发和应用科技人员的一次盛会。

参加本书编写工作的都是该实验室的研究人员, 或在该实验室工作过的博士, 因此本书部分内容反映了他们的研究成果。参加本书编写工作的有: 鲍虎军博士 (研究员, 第三章), 潘志庚博士 (研究员, 第四章), 徐丹博士 (云南大学教授, 第五章), 杨旭波博士 (德国 GMD 博士后, 第六章), 张琼博士 (美国威斯康辛大学博士后, 第七章), 林海博士 (副研究员, 第八章), 第一、二章由石教英完成, 其中 2.1 和 2.2 节由董峰博士 (英国特蒙塔大学高级讲师) 撰写。由于编著者学识所限, 本书难免存在错误, 恳请读者批评指正。

石教英

于浙江大学计算机辅助设计与图形学国家重点实验室

目 录

第一章 虚拟现实技术概论	1
1.1 虚拟现实技术的概念和发展	1
1.2 虚拟现实系统的分类	6
1.2.1 按数据流向进行分类	7
1.2.2 按时间和空间进行分类	8
1.2.3 按传感器与人的感觉器官进行分类	9
1.2.4 按隔离和融合进行分类	10
1.3 虚拟现实系统的硬件组成	10
1.3.1 虚拟世界生成设备	11
1.3.2 感知设备	11
1.3.3 跟踪设备	12
1.3.4 基于自然方式的人机交互设备	13
1.4 虚拟现实系统的体系结构	13
1.4.1 非分布式虚拟现实体系结构	13
1.4.2 分布式虚拟现实体系结构	14
1.5 虚拟现实的研究内容	20
1.6 增强现实技术与随身增强现实技术	24
1.6.1 增强现实的定义	24
1.6.2 增强现实系统的实现分类及其优缺点分析	25
1.6.3 增强现实与虚拟现实比较	28
1.6.4 增强现实的关键技术	29
1.6.5 随身增强现实系统	30
参考文献	31
第二章 虚拟现实系统典型硬件装置	33
2.1 简介	33
2.2 立体显示原理	34
2.2.1 人眼的结构与立体视觉机制	34
2.2.2 立体显示原理	35
2.3 虚拟现实立体显示器	41
2.3.1 台式立体显示器显示系统	41
2.3.2 头盔式立体显示器	42
2.3.3 洞穴式立体显示装置 (CAVE)	46
2.3.4 响应工作台立体显示装置	49
2.3.5 墙式立体显示装置	51
2.4 位置跟踪器	54

2.4.1 位置跟踪器的性能指标	55
2.4.2 位置跟踪技术分类及其典型技术	56
2.4.3 虚拟现实系统对位置跟踪器的性能要求	62
2.5 触觉与力觉反馈装置	64
2.5.1 触觉反馈装置	65
2.5.2 力觉反馈装置	68
2.6 虚拟现实的交互设备——传感手套	70
参考文献	74

第三章 真实感图形的实时绘制技术

3.1 图形学基础	76
3.1.1 虚拟场景表示	76
3.1.2 场景坐标系	79
3.1.3 取景变换	79
3.1.4 光栅化	85
3.2 消隐	85
3.2.1 景物空间消隐算法	86
3.2.2 图象空间消隐算法	88
3.3 光亮度计算	90
3.3.1 Phong 光照明模型	90
3.3.2 增量光亮度计算	91
3.4 纹理映射技术	95
3.4.1 纹理映射原理	95
3.4.2 投影纹理映射技术	96
3.4.3 两步法纹理映射技术	97
3.5 实时消隐技术	99
3.5.1 层次 Z 缓存算法	99
3.5.2 可见性预计算技术	103
3.6 大规模复杂场景的实时漫游系统	104
3.6.1 场景数据的管理	104
3.6.2 场景加载管理	106
3.6.3 场景层次结构的管理	107
3.6.4 纹理数据的管理	108
3.6.5 实时漫游系统的实例	109
3.7 小结	111
参考文献	111

第四章 多细节层次模型生成和绘制

4.1 简介	116
4.2 基本概念	119
4.2.1 重要性度量	119

4.2.2 简化元操作	120
4.2.3 网格简化算法的类型	121
4.3 网格简化算法	123
4.3.1 概述	123
4.3.2 基于顶点聚类的模型简化算法	126
4.3.3 基于删除操作的模型简化算法	130
4.3.4 基于折叠操作的模型简化算法	134
4.3.5 动态模型简化算法	137
4.4 多分辨率模型生成算法	141
4.4.1 简介	141
4.4.2 MRM 模型	142
4.4.3 MRM 模型自动生成算法	145
4.4.4 多分辨率 BSP 树	147
4.5 实时连续 LOD 模型绘制	153
4.5.1 与视点无关的网格简化预处理	153
4.5.2 与视点相关的实时网格简化算法	155
参考文献	159

第五章 基于图象的建模和绘制	162
5.1 简介	162
5.1.1 基于几何的建模和绘制	163
5.1.2 基于图象的建模和绘制	164
5.1.3 绘制流水线的比较	165
5.1.4 IBMR 的基本方法分类	166
5.2 图象变换	167
5.2.1 图象变换的前向映射和逆向映射技术	167
5.2.2 图象变形技术	170
5.3 相关的立体视觉理论	174
5.3.1 摄像机定标	175
5.3.2 对应点的寻找方法	184
5.4 基于图象的建模技术	187
5.4.1 全景图	187
5.4.2 光场 (light field) 和照明图 (lumigraph)	190
5.4.3 同心圆拼图 (concentric mosaics)	193
5.5 基于图象的绘制	196
5.5.1 视图变形技术	196
5.5.2 基于光场的绘制	200
5.5.3 基于同心拼图的绘制	202
5.6 实例系统	204
5.6.1 QuickTime VR Authoring Studio	204
5.6.2 LightPack 光场著作和绘制软件包	207
5.7 我们的相关工作	210

5.7.1 小波空间中基于图象的建模	211
5.7.2 小波空间中的视图合成	211
参考文献	212
第六章 碰撞检测	216
6.1 概述	216
6.1.1 概念	216
6.1.2 约束条件	216
6.1.3 基本算法和典型问题	218
6.2 时间步长问题的解决方法	219
6.3 多物体对测试问题的解决方法	220
6.4 两物体的碰撞检测方法	225
6.4.1 包围盒层次法	225
6.4.2 距离跟踪法	238
6.5 特殊应用的碰撞检测	247
6.5.1 触觉交互	247
6.5.2 可变形物体	248
6.5.3 基于体表示物体	250
6.6 公开算法软件包简介	251
6.7 小结	252
参考文献	252
第七章 三维真实感声音生成	254
7.1 简介	254
7.2 空间听觉感知	254
7.2.1 方向的感知	254
7.2.2 声源距离的感知	257
7.3 室内声学仿真	258
7.3.1 室内声学仿真方法概述	258
7.3.2 虚声源算法	259
7.3.3 声线跟踪算法	262
7.3.4 声线跟踪与虚声源混合算法	263
7.3.5 声音脉冲响应插值算法	263
7.3.6 基于有限元法的室内声学仿真方法	266
7.4 真实感声音的生成	267
7.4.1 真实感声音生成的一般过程	268
7.4.2 距离因素的实现	269
7.4.3 方位因素的实现	270
7.4.4 运动声源的模拟	270
7.4.5 开发环境和实例	271
参考文献	272

第八章 面向实时漫游的虚拟现实造型语言 VRML	274
8.1 简介	274
8.1.1 什么是 VRML	274
8.1.2 VRML 发展的历史	274
8.1.3 VRML 的设计目标和准则	275
8.1.4 VRML 应用框架	275
8.2 VRML 世界的构造	276
8.2.1 文件头	276
8.2.2 场景图结构	276
8.2.3 事件结构	277
8.2.4 感知器	277
8.2.5 脚本和插值器	277
8.2.6 原型：封装和重用	278
8.2.7 分布式场景	278
8.2.8 VRML 和 WWW	278
8.2.9 显示和交互	278
8.3 VRML 的组成元素	279
8.3.1 基本定义	279
8.3.2 域	281
8.3.3 节点及实例化	282
8.3.4 可扩展性	283
8.3.5 原型 PROTO 和重用 USE	283
8.3.6 细节层次 LOD	285
8.4 交互控制特征	286
8.4.1 事件和路由访问	286
8.4.2 动画事件路径	286
8.4.3 动画和时间	287
8.4.4 动作感知器	288
8.4.5 可见和接近感知器及碰撞检测	288
8.4.6 脚本	288
8.5 实例	288
8.5.1 实例 1	288
8.5.2 实例 2	290
8.5.3 实例 3	291
8.6 小结	294
参考文献	294

第一章 虚拟现实技术概论

1.1 虚拟现实技术的概念和发展

近年来虚拟现实 VR (Virtual Reality) 不仅是信息领域科技工作者和产业界的研究、开发和应用的热点, 而且也是多种媒体竞相报道的热点。与“虚拟现实”这一术语同义的还有“虚拟环境”(Virtual Environment)、“人工现实”(Artificial Reality)、“赛伯空间”(Cyber Space) 等名词, 后者常见于科学幻想作品和各种媒体报道。事实上, 虚拟现实并不是一项新技术, 更不是一门新兴学科。在回答什么是虚拟现实技术之前, 让我们简要回顾一下该项技术的由来。

第一个具有虚拟现实思想的装置是由 Morton Heilig 在 1962 年研制成功的称为 Sensorama 的具有多种感官刺激的立体电影设备。事实上, 这是一种只供一个人观看的立体电影设备, 具有立体声功能, 能产生不同气味。座椅根据剧情而摇摆和振动, 观看者还能感受到风的吹动。当时放映的是一部浏览纽约的风光片。由于 Sensorama 提供视觉、听觉、嗅觉、风动感(触觉)和振动感等多种刺激, 观看者可以体验到骑摩托车漫游纽约市区时, 看见高楼大厦, 听到鸟语, 闻到花香以及和风拂面的真实感觉。这是一项电子模拟技术与娱乐业相结合的全新技术。但观众只能看不能改变所看到的和所感受到的环境, 即无交互操作功能。

1965 年计算机图形学的奠基者 Ivan Sutherland 发表了“The Ultimate Display”论文^[1], 提出了一种全新的图形显示技术。我们知道, 计算机图形学的任务是生成看起来象真的、动起来象真的图象, 并将其显示在监视器的屏幕上。我们观看屏幕上的图象时, 犹如透过窗户观看一个虚拟世界(即计算机生成的图象构成的虚拟世界)。Sutherland 博士在论文中提出能否不透过窗户来观看计算机生成的虚拟世界, 而是使观察者直接沉浸在计算机生成的虚拟世界之中, 犹如我们日常生活在真实世界中一样: 观察者自然地转动头部和身体(即改变视点), 他看到的场景(即计算机生成的虚拟世界)就会实时地发生改变; 观察者还能够以自然的方式直接与虚拟世界中的对象进行交互操作, 触摸它们, 感觉它们, 并能听到虚拟世界的三维空间声。

事实上, Sutherland 博士给出了我们今天称为虚拟现实概念的经典描述。虽然这一术语不是由他提出的。这个描述包括以下几个要点。

(1) 计算机生成看起来象真的、听起来象真的、触摸起来象真的虚拟世界(又称模型世界), 也就是说计算机生成的模型世界将向介入者——人, 提供视觉、听觉、触觉等多种感官刺激。

(2) 计算机生成的虚拟世界应给人一种身临其境的沉浸感。

(3) 人能以自然方式与虚拟世界中的对象进行交互操作, 即不使用键盘鼠标等常规

输入设备,而强调使用手势(数据手套)、体势(数据衣服)和自然语言等自然方式的交互操作。

我们称这样一个系统为虚拟现实系统,或虚拟环境系统。构建这样一个系统的硬软件技术就是虚拟现实技术。

自 Sutherland 博士提出 Ultimate Display 概念至今,技术的进步和应用面的拓宽,进一步发展和充实了虚拟现实的内涵。关于计算机生成的虚拟世界应提供的感官刺激的种类,除了上述视觉、听觉、触觉(力觉)以外,理论上还应包括嗅觉和味觉。事实上,直至今日真正能投入实际应用的技术还是局限于视、听和力三种感官刺激。Sutherland 博士提出的能给人以身临其境感的显示器,即他所指的 Ultimate Display,称为头盔式显示器 HMD (Head-Mounted Display)^[2]。顾名思义,这是一种安置在观察者头部,显示屏直接将观察者的双眼罩住的显示器,使观察者只能看到屏幕上计算机生成的图象,而看不到所处的实际环境,从而给人一种身临其境感。目前除 HMD 能提供沉浸感之外,一种新的称为 CAVE (Computer Automatic Virtual Environment) 显示设备也能产生很好的沉浸感。我们将在第二章中进一步介绍有关 HMD 和 CAVE 等适用于虚拟现实的立体显示设备。为了实现人与虚拟世界能以自然方式进行交互操作,已经发明了一系列适用于虚拟现实技术的专用交互设备,如数据手套、跟踪器(空间定位器)以及触觉和力反馈装置等等。这些设备的基本原理也将在第二章介绍。

沉浸感并非如上所述那样仅仅采用头盔式显示器就可获得的,虚拟现实系统介入者(人)只能看到计算机生成的场景,看不到其所处环境的显示技术,但更重要的是要使介入者看到的、听到的和触摸到的虚拟对象都是可信的,即与介入者长期生活所积累的体验和理解相一致的。这是一个非常高的要求,即要求计算机生成的各种刺激模型都是真实的,它们的行为也是真实的。虽然从 20 世纪 60 年代到现在,无论计算机图形学技术、三维空间声技术、力反馈与触觉反馈装置等硬软件技术以及计算机的运算能力都有长足的进步,但是离开所要求的“Reality”还有相当大的距离。对“Reality”要求的挑战还有信号延时造成的交互操作的非实时性,以及三维空间定位困难有悖于人的经验。由此可见虚拟现实技术强调身临其境感或沉浸感,其实质在于强调虚拟现实系统对介入者的刺激应在物理上和认知上符合人的已有经验。

既然今天的虚拟现实技术离开真正的“Reality”仍有较大的距离,那么应该如何对待这一问题呢?一种看法是:不必追求生成高度真实感的图象,也不必追求交互的实时性,总之不必追求所谓的“Reality”,也可以实现虚拟现实系统。这一看法与早期计算机图形学所经历的过程相类似。在图形学的创始阶段,由于图形硬件和计算机性能的限制,只能显示黑白的静态的矢量图形。当时就有人认为:我们不需要颜色,也不要动态图形也能解决问题。事实上,能实时生成彩色图象的今天,人们还是更欣赏彩色的真实感图形。我们相信随着技术的不断进步,虚拟现实技术将向“Reality”目标靠拢。

另一种看法是:虚拟现实技术的现状与人们对它的期望之间的距离是由于“虚拟现实”这一术语选择不当造成的。今天计算机生成的虚拟世界离达到“现实”水平仍有较大距离,而科技界还要称它为虚拟的现实,误导我们的认识。类似的例子是人们把计算机称为“电脑”,实际上即使今天运算速度达到每秒万亿次的超级计算机,其智能水平仍无法与人脑相比拟,但是“电脑”这一术语已获普遍认同。我们相信虚拟现实这一术

语也一定会被人们接受。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^[3]建议使用“虚拟环境”代替“虚拟现实”,避免宣传上的误导。虽然这一建议有较高的权威性,但是,时至今日学术界(包括美国)仍普遍使用“虚拟现实”这一术语。

还有一种看法是直接对虚拟现实的“沉浸感”要求提出质疑,认为只需要计算机生成的虚拟世界看起来象真的、听起来象真的、触摸起来象真的就可以了。同时,在交互性方面只强调其实时性,而不强调“自然方式”的交互操作。显而易见,对于无沉浸感的系统,当然可以使用包括常规输入设备在内的更广泛的交互操作手段。另一方面,如果一个虚拟现实系统可以不强调沉浸感,也可以不强调“自然方式”的人机交互操作,从而对计算机生成的虚拟世界的真实性的要求也随之降低。根据这一思想,发展了台式虚拟现实系统(Desktop PC based VR System),以及利用响应式工作台 RWB (Responsive Work Bench) 的虚拟现实系统。我们将在第二章介绍 RWB 的基本原理。

抛弃了“沉浸感”虽然拓宽了虚拟现实的领域,但同时也给如何科学定义虚拟现实带来了困难。事实上,要对一种仍处于蓬勃发展阶段的技术作一全面定义是困难的。纵览各种文献对虚拟现实的定义基本上都包含了本节介绍虚拟现实概念时指出的三个要点,即计算机生成一个具有多种感官刺激的虚拟世界,并给人一种沉浸感,以及人能以自然方式与虚拟世界进行交互操作。为了适应虚拟现实的发展,我们提出以下简明定义:

虚拟现实是计算机生成的给人多种感官刺激的虚拟世界(环境),是一种高级的人机交互系统。

在我们定义中强调了两点:

(1) 计算机生成的虚拟世界(环境)必须是一个能给人提供视觉、听觉、触觉、嗅觉,以及味觉等多种感官刺激的世界。这里强调的是:虚拟现实不能只由一种感官刺激构成。根据今天技术水平,虚拟现实通常由视觉、听觉和触觉三种刺激构成。我们在定义中不强调沉浸感,说明虚拟现实可以有沉浸式和非沉浸式两种。

(2) 虚拟现实系统实质上是一种人机交互系统,而且是一种高级的人机交互系统,因为这里的交互操作是对多通道信息进行的,并且对沉浸式系统要求采用自然方式的交互操作,对于非沉浸式系统也可使用常规交互设备进行交互操作。这里强调介入者(人)在所创建的虚拟世界(环境)中的体验(通过人机之间的相互操作获得)。因此人机交互是虚拟现实的核心。

根据上述定义,虚拟现实由两部分组成:一部分为创建的虚拟世界(环境),另一部分为介入者(人)。虚拟现实的核心是强调两者之间的交互操作,即反映出人在虚拟世界(环境)的体验。这样,我们可以得到虚拟现实的概念模型,如图 1.1 所示^[4]。

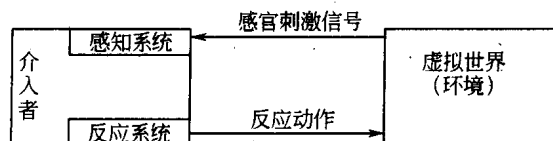


图 1.1 虚拟现实的概念模型