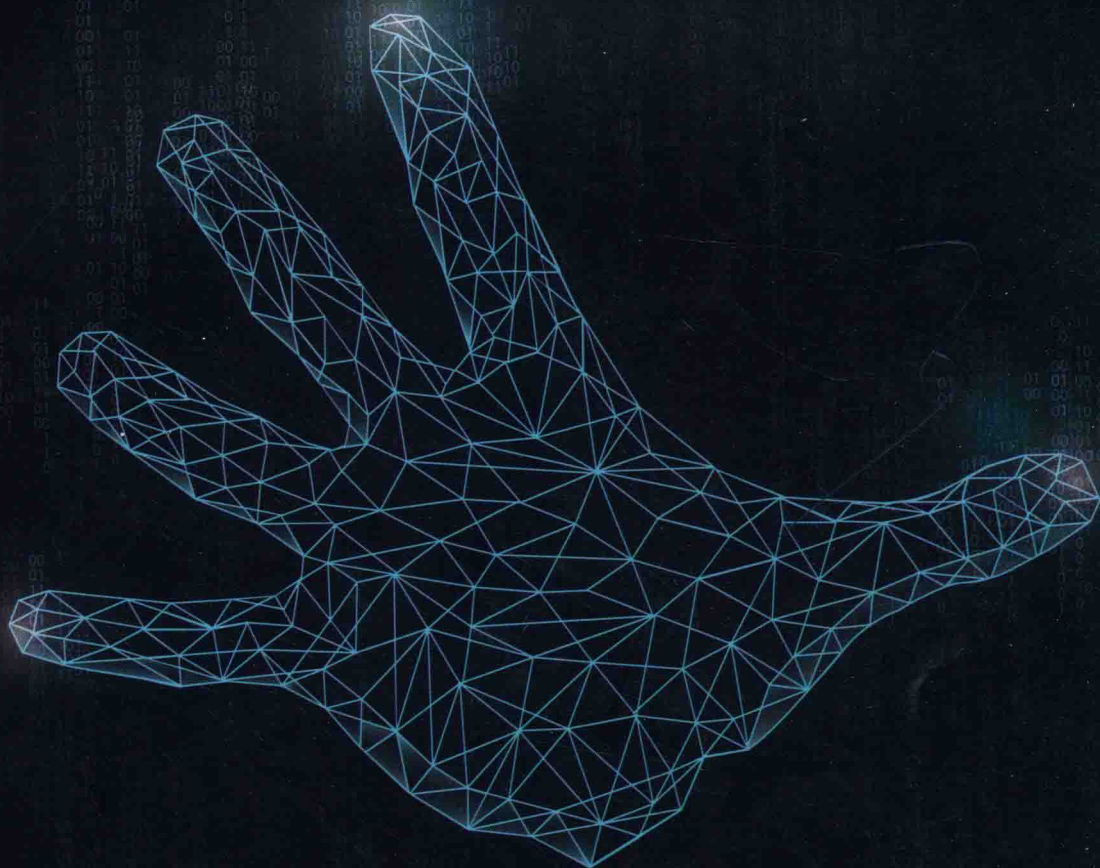




普通高等教育“十三五”规划教材

虚拟现实与 增强现实技术导论

娄岩 主编



科学出版社

普通高等教育“十三

虚拟现实与增强现实技术导论

娄岩 主编

科学出版社

北京

5012110252 10-84030252 010-84030252 13501121303

内 容 简 介

本书紧随科技前沿,介绍虚拟现实技术的最新进展,着重介绍最具有代表性的虚拟现实相关软件的使用方法。本书侧重于普及与应用,大量的典型实例贯穿其中,使读者能够在较短的时间内由浅入深地认识虚拟现实技术。为了便于读者学习,本书对涉及的专业词汇进行了详细的注释。全书分为9章,分别介绍虚拟现实技术概论、虚拟现实的计算体系结构、虚拟现实系统的核心技术、虚拟现实系统的输入设备、虚拟现实系统的输出设备、三维全景技术、3ds Max 三维建模、三维开发工具 Unity 3D 和增强现实技术。

本书可作为普通高等院校计算机公共基础课程的教学用书,也可作为计算机及电子信息类专业、数字媒体技术和教育技术专业的专用教材,还可作为从事虚拟现实技术的工程技术人员及虚拟现实技术爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实与增强现实技术导论/娄岩主编. —北京:科学出版社,2017.8
(普通高等教育“十三五”规划教材)

ISBN 978-7-03-053736-2

I. ①虚… II. ①娄… III. ①虚拟现实-高等学校-教材 IV. ①TP391.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 140376 号

责任编辑:宋丽 袁星星 / 责任校对:马英菊
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市良远印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2017年8月第一次印刷 印张:17 1/2

字数:415 000

定价:42.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈良远印务〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135397-2047

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

智能手机开创了近十多年来移动通信领域的技术革命，那么，下一个十年人机交互技术的革命在哪里？方向是什么？编者认为，当今世界唯有虚拟现实（VR）技术和增强现实（AR）技术有可能打造下一代人机交互平台，并形成一個堪与移动互联网相提并论的产业。虚拟现实和增强现实技术将彻底改变人类生活的各个方面，包括娱乐、社交、设计、工作等，如同计算机、互联网和移动互联网对人类生活产生的巨大影响一样。

虚拟现实技术是一种综合多种学科的计算机领域新技术，涉及众多研究和应用领域，被认为是21世纪重要的发展学科，是影响人们生活的重要技术之一。正因如此，虚拟现实技术将对探索发展现代教育思想、提高教育技术水平、改善实验环境、优化教学过程、培养具有创新意识和创新能力的人才产生深远的影响。于是继《虚拟现实与增强现实技术概论》后，编者组织编写了《虚拟现实与增强现实技术导论》一书。

本书紧随科技前沿，主要介绍虚拟现实和增强现实的相关技术和最新进展。本书融入了编者多年的教学和编写经验，力求将概念描述、原理讲解、实例分析三者结合，尽可能让读者在理解原理的基础上，掌握一定的虚拟现实开发技术。

本书内容深入浅出、循序渐进，案例丰富、图文并茂，概念讲解清晰，原理通俗易懂，实例操作性强，易于读者构架完整的虚拟现实知识体系，并且每个章节都对专有名词进行详细的注释，易于读者理解。

本书还介绍了三维建模和三维开发工具的应用案例，不仅使读者学习理论知识，而且使读者参与其中，既增加了实用性，又增加了可读性和趣味性。本书还提供了开放式的课程网站（<http://www.cmu.edu.cn/computer>）和相应的课件供读者学习参考。

本书由娄岩担任主编，具体的编写分工如下：第1章由娄岩编写，第2章由刘佳编写，第3章由丁林编写，第4章由郑琳琳编写，第5章由庞东兴编写，第6章由徐东雨编写，第7章由郑璐编写，第8章由曹鹏编写，第9章由郭婷婷编写。

编者在编写本书的理论依据部分时，参考了大量的文献，在此对相关作者做出的成绩和贡献表示崇高的敬意和深深的感谢！

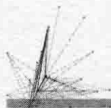
由于虚拟现实和增强现实技术的不断发展及编者掌握技术的有限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2017年6月

目 录

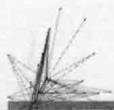
第 1 章 虚拟现实技术概论	1
1.1 虚拟现实技术的基本概念	2
1.1.1 虚拟现实技术的定义	2
1.1.2 虚拟现实技术的特性	3
1.1.3 虚拟现实系统的组成	4
1.2 虚拟现实系统的分类	6
1.2.1 沉浸式虚拟现实系统	6
1.2.2 增强式虚拟现实系统	8
1.2.3 桌面式虚拟现实系统	9
1.2.4 分布式虚拟现实系统	10
1.3 虚拟现实技术的主要研究对象	12
1.4 虚拟现实技术的应用	13
1.5 虚拟现实技术的发展和现状	15
1.5.1 虚拟现实技术的发展历程	15
1.5.2 虚拟现实技术的研究现状	17
1.5.3 虚拟现实技术的发展趋势	17
本章小结	20
第 2 章 虚拟现实的计算体系结构	22
2.1 绘制流水线	23
2.1.1 图形绘制流水线	24
2.1.2 触觉绘制流水线	30
2.2 体系结构	32
2.2.1 基于 PC 的体系结构	32
2.2.2 基于工作站的体系结构	35
2.2.3 基于移动平台的体系结构	36
2.3 分布式虚拟现实体系结构	38
2.3.1 多流水线同步	38
2.3.2 联合定位绘制流水线	40
2.3.3 分布式虚拟环境	43
本章小结	47



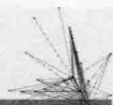
第3章 虚拟现实系统的核心技术	51
3.1 三维建模技术	51
3.1.1 几何建模技术	52
3.1.2 物理建模技术	54
3.1.3 行为建模技术	55
3.2 立体显示技术	55
3.2.1 基于双目视差显示技术	56
3.2.2 全息投影技术	59
3.3 真实感实时绘制技术	60
3.3.1 真实感绘制技术	61
3.3.2 实时绘制技术	62
3.4 三维虚拟声音技术	63
3.5 人机交互技术	65
3.5.1 手势识别技术	65
3.5.2 面部表情识别技术	66
3.5.3 眼动跟踪技术	67
3.5.4 语音识别技术	68
3.6 碰撞检测技术	69
本章小结	70
第4章 虚拟现实系统的输入设备	72
4.1 三维位置跟踪器	73
4.1.1 跟踪器的性能参数	74
4.1.2 机械跟踪器	76
4.1.3 电磁跟踪器	77
4.1.4 超声波跟踪器	78
4.1.5 光学跟踪器	79
4.1.6 惯性跟踪器	81
4.1.7 GPS跟踪器	82
4.1.8 混合跟踪器	83
4.2 导航输入设备	85
4.2.1 三维鼠标	85
4.2.2 手柄	86
4.3 手势输入设备	88
4.3.1 手势接口	88



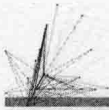
4.3.2	数据手套	89
4.3.3	运动捕捉设备	91
4.4	体感输入设备	92
4.4.1	手势运动感应设备	92
4.4.2	无线体感设备	94
	本章小结	95
第 5 章	虚拟现实系统的输出设备	97
5.1	图形显示设备	98
5.1.1	人类的视觉系统	98
5.1.2	头盔显示器	99
5.1.3	沉浸式立体投影系统	104
5.1.4	立体眼镜	108
5.2	声音显示设备	109
5.2.1	人类的听觉系统	109
5.2.2	基于 HRTF 的三维声音	112
5.2.3	基于扬声器的三维声音	113
5.3	触觉反馈	115
5.3.1	人类的触觉系统	115
5.3.2	接触反馈	116
5.3.3	力反馈	119
	本章小结	121
第 6 章	三维全景技术	124
6.1	三维全景概述	125
6.1.1	三维全景的分类	125
6.1.2	三维全景的特点	128
6.1.3	三维全景的应用领域	129
6.2	全景照片的拍摄硬件	133
6.2.1	硬件设备	133
6.2.2	硬件配置方案	136
6.3	全景照片的拍摄方法	137
6.4	三维全景的软件实现	139
6.4.1	常见的三维全景软件	139
6.4.2	三维全景图的实现流程	141
	本章小结	142



第7章 3ds Max 三维建模	144
7.1 常见的三维建模软件	145
7.1.1 3ds Max	145
7.1.2 Maya	145
7.1.3 Rhino	145
7.2 3ds Max 的基本操作	146
7.2.1 软件的启动与退出	146
7.2.2 模型的打开、保存与导出	147
7.2.3 工作界面布局	147
7.2.4 视图区基本操作	151
7.2.5 常用工具	153
7.3 基础建模	157
7.3.1 内置几何体建模	157
7.3.2 二维图形建模	161
7.3.3 常用复合对象建模	164
7.4 材质与贴图	167
7.4.1 精简材质编辑器	167
7.4.2 贴图类型	169
7.4.3 贴图坐标	171
7.5 摄影机与灯光	172
7.5.1 摄影机	172
7.5.2 灯光	173
7.6 基础动画	174
7.6.1 时间配置	174
7.6.2 “自动关键点”动画制作模式	176
7.6.3 “设置关键点”动画制作模式	177
7.6.4 动画生成的基本流程	181
本章小结	183
第8章 三维开发工具 Unity 3D	184
8.1 三维开发工具概述	184
8.1.1 Unity 3D	184
8.1.2 虚幻游戏引擎 4	186
8.2 Unity 3D 入门及其功能概述	187



8.3	Unity 3D 的对象与脚本	189
8.3.1	Unity 3D 的对象	189
8.3.2	Unity 3D 的脚本	192
8.4	调试程序	197
8.4.1	显示 Log	197
8.4.2	设置断点	198
8.5	光影	198
8.5.1	光源类型	198
8.5.2	环境光与雾	200
8.6	地形	200
8.7	天空盒	204
8.8	物理引擎	206
8.9	动画系统	210
8.10	外部资源应用	213
8.10.1	贴图的导入	214
8.10.2	3ds Max 静态模型的导入	215
8.10.3	3ds Max 动画的导入	216
8.10.4	资源商店中模型的导入	217
	本章小结	219
第 9 章	增强现实技术	221
9.1	增强现实技术概述	222
9.1.1	增强现实技术的特征	222
9.1.2	增强现实技术的国内外发展状况	224
9.1.3	增强现实系统的基本结构	225
9.1.4	增强现实与虚拟现实的联系与区别	226
9.2	增强现实的核心技术	228
9.2.1	显示技术	228
9.2.2	三维注册技术	231
9.2.3	标定技术	235
9.2.4	人机交互技术	236
9.3	移动增强现实技术	238
9.3.1	移动增强现实	238
9.3.2	移动增强现实的发展现状	239
9.3.3	移动增强现实系统的构成	240



9.3.4	移动增强现实的核心技术	241
9.3.5	移动增强现实技术的应用	242
9.4	增强现实技术在 Unity 3D 中的实现	243
9.4.1	基于 Vuforia SDK 的增强现实实现	243
9.4.2	基于 Wikitude SDK 的增强现实实现	250
9.4.3	增强现实的其他开发工具	255
9.5	增强现实的主要应用领域	256
9.5.1	娱乐领域	256
9.5.2	教育领域	256
9.5.3	产品装配、检验与维修领域	258
9.5.4	军事领域	259
9.5.5	医疗诊断领域	260
9.5.6	其他领域	260
9.6	增强现实技术发展的阻碍因素及趋势	261
9.6.1	增强现实技术发展的阻碍因素	261
9.6.2	增强现实技术发展的趋势	262
	本章小结	267
	参考文献	268

第1章 虚拟现实技术概论

导学

内容与要求

本章主要介绍虚拟现实技术的基本概念，虚拟现实系统的分类，虚拟现实技术的主要研究对象，虚拟现实技术的应用、发展和现状。本章的基本要求如下：

- 1) 掌握虚拟现实的定义、虚拟现实技术的特性、虚拟现实系统的组成及虚拟现实的关键技术。
- 2) 掌握虚拟现实系统的4种不同类型。
- 3) 了解虚拟现实的5个基本问题。
- 4) 了解虚拟现实的应用及其发展的状况。

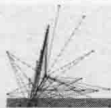
重点与难点

本章的重点是虚拟现实的定义、特性。

本章的难点是虚拟现实系统的组成。

虚拟现实（Virtual Reality, VR）技术产生于20世纪60年代，VR一词创始于20世纪80年代，该技术涉及计算机图形学、传感器技术、动力学、光学、人工智能及社会心理学等研究领域，是多媒体和三维技术发展的更高境界。虚拟现实技术是一种基于可计算信息的沉浸式交互环境，是一种新的人机交互接口。具体地说就是，虚拟现实技术采用以计算机技术为核心的现代高科技生成逼真的视觉、听觉、触觉一体化的特定范围的虚拟环境（Virtual Environment, VE），用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟环境中的对象进行交互作用、相互影响，从而产生身临其境的感受和体验。

虚拟现实技术一经问世，人们就对它产生了浓厚的兴趣。虚拟现实技术不但在医学、军事、房地产、设计、考古、艺术、娱乐等诸多领域得到了越来越广泛的应用，而且给



社会带来了巨大的经济效益。因此，业内人士认为，20世纪80年代是个人计算机的时代，90年代是网络、多媒体的时代，而21世纪则是虚拟现实技术的时代。

1.1 虚拟现实技术的基本概念

首先提出为什么要研究虚拟现实的问题，因为如果这个问题不清楚，我们就很难深入地学习这门新兴的科学。

传统的人机交互方式，即人与计算机之间的交互是通过键盘、鼠标、显示器等工具实现的。而虚拟现实是将计算科学处理对象统一看作一个计算机生成的空间（虚拟空间或虚拟环境），并将操作它的人看作这个空间的一个组成部分（man-in-the-loop）。

人与计算机空间的对象之间的交互是通过各种先进的感知技术与显示技术（即虚拟现实技术）完成的。人可以感受到虚拟环境中的对象，虚拟环境也可以感受到人对它的各种操作（类似于人与真实世界的交互方式）。

虚拟现实的概念最早是由美国人 Jaron Lanier 提出来的。虚拟（Virtual）说明这个世界和环境是虚拟的，是人工制造出来的，是存在于计算机内部的。用户可以“进入”这个虚拟环境中，可以以自然的方式和这个环境进行交互。所谓交互是指在感知环境和干预环境中，用户产生置身于相应的真实环境中的虚幻感、沉浸感，即身临其境的感觉。

虚拟环境系统包括操作者（用户）、人机交互接口和计算机3部分。虚拟现实意义下的人机交互接口至少可以给出3种区别于以往人机交互接口的地方：

1) 人机交互接口的内容。计算机提供“环境”，而不是数据和信息，这改变了人机交互接口的内容。

2) 人机交互接口的形式。用户由视觉、力觉感知环境，由自然的动作操作环境，而不是由显示器、键盘、鼠标和计算机交互，这改变了人机交互接口的形式。

3) 人机交互接口的效果。逼真的感知和自然力的动作，使用户产生身临其境的感觉。虚拟现实的主要目的是实现自然人机交互，即实现一种逼真的视、听、触觉一体化的计算机生成环境，这改变了人机交互接口的效果。

虚拟现实的主要实现方法是借助必要的装备，实现人与虚拟环境之间的信息转换，最终实现人与环境之间的自然交互与作用。在阐述了虚拟现实技术的基础上，我们进一步给出它的定义。

1.1.1 虚拟现实技术的定义

1. 狭义的定义

虚拟现实就是一种高端人机交互接口，包括通过视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉等



多种通道的实时模拟和实时交互。虚拟现实技术利用计算机图形学构造出酷似真实世界的场景。这个合成世界并非静态，它可根据用户输入做出响应。由此定义了虚拟现实的关键特征，即实时交互性。交互性有助于产生沉浸感，即让用户感觉仿佛置身于虚拟世界中一样。

2. 广义的定义

从广义来讲，虚拟现实可看成对虚拟想象（三维可视化）或真实三维世界的模拟。即对某个特定环境真实再现后，用户通过接收和响应模拟环境的各种感官刺激，与其中虚拟的人及事物进行交互，从而产生身临其境的感觉。

如果不限定真实三维世界（如视觉、听觉等都是三维的），那些没有三维图形的世界，若模拟了真实世界的某些特征，如网络上的聊天室、MUD等，也可称作虚拟世界、虚拟现实。

1.1.2 虚拟现实技术的特性

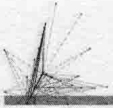
从上述表述看，虚拟现实是可交互和沉浸的。但是，虚拟现实不仅是一种媒体或计算机高端接口，而且包含了解决实际问题的应用。这些应用是由虚拟现实的开发者们设计的计算机程序实现的，特定的应用程序解决特定的问题，而这种应用模拟或执行后的结果是否更逼真，很大程度上取决于人的想象力。因此，虚拟现实系统具有3个重要特征：沉浸感（Immersion）、交互性（Interaction）和想象力（Imagination），任何虚拟现实系统都可以用3个I来描述其特征。其中沉浸感与交互性是决定一个系统是否属于虚拟现实系统的关键特征。虚拟现实技术的3I特性三角形如图1.1所示。



图 1.1 虚拟现实技术的3I特性三角形

1. 沉浸感

沉浸感又称临场感。虚拟现实技术是根据人类的视觉、听觉的生理、心理特点，由计算机产生逼真的三维立体图像，用户通过头盔显示器（Head Mounted Display, HMD）、数据手套（Data Glove）或数据衣（Data Suit）等交互设备，便可将自己置身于虚拟环



境中，成为虚拟环境中的一员。用户与虚拟环境中各种对象的相互作用，就如同在现实世界中的一样。当用户移动头部时，虚拟环境中的图像也实时跟随变化，物体可以随着手势移动而运动，还可听到三维仿真声音。用户在虚拟环境中，一切感觉都非常逼真。由图 1.1 可以看出，沉浸感是虚拟现实技术最终实现的目标，其他两者是实现这一目标的基础，三者之间是过程和结果的关系。

2. 交互性

虚拟现实系统中的人机交互是一种近乎自然的交互，用户不仅可以利用计算机键盘、鼠标进行交互，而且能够通过特殊头盔、数据手套等传感设备进行交互。计算机能根据用户的头、手、眼、语言及身体的运动，来调整系统呈现的图像及声音。用户通过自身的语言、身体运动或动作等自然技能，对虚拟环境中的任何对象进行观察或操作。

3. 想象力

由于虚拟现实系统中装有视觉、听觉、触觉、动觉的传感及反应装置，因此，使用者在虚拟环境中可获得视觉、听觉、触觉、动觉等多种感知，从而获得身临其境的感受。

虚拟现实是一种高端人机交互接口，包括通过视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉等多感觉通道的实时模拟和交互。虚拟现实的四要素为虚拟世界、沉浸（身体和精神沉浸）、感觉反馈和交互性。

1.1.3 虚拟现实系统的组成

具有 3I 特性的虚拟现实系统的基本组成主要包括用户、效果产生器及实景仿真器等，如图 1.2 所示。

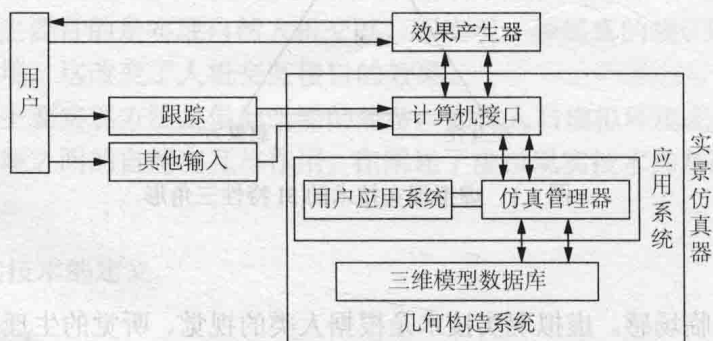


图 1.2 虚拟现实系统的基本组成



1. 效果产生器

效果产生器 (Effects Generator) 是完成人与虚拟世界硬件交互的接口装置, 包括能产生沉浸感的各类输出装置, 以及能测定视线方向和手指动作的输入装置。输入设备是虚拟现实系统的输入接口, 其功能是检测用户输入信号, 并通过传感器输入计算机。基于不同的功能和目的, 输入设备的类型也有所不同, 以解决多个感觉通道的交互。输出设备是虚拟现实系统的输出接口, 是对输入的反馈, 其功能是由计算机生产信息通过传感器发送给输出设备。

2. 实景仿真器

实景仿真器 (Visual Emulator) 是虚拟现实系统的核心部分, 是虚拟现实的引擎, 由计算机软件系统、硬件系统、软件配套硬件 (如图形加速卡和声卡等) 组成, 接收 (发出) 效果产生器所发出 (接收) 的信号。

实景仿真器的工作原理是负责从输入设备中读取数据、访问与任务相关的数据库、执行任务要求的实时计算, 从而更新虚拟世界的状态, 并把结果反馈给输出显示设备。其软件系统是实现技术应用的关键, 提供工具包和场景图, 主要完成虚拟世界中对象的几何模型、物理模型、行为模型的建立和管理, 三维立体声的生成, 三维场景的实时渲染, 以及数据库的建立和管理等。数据库用来存放整个虚拟世界中所有对象模型的相关信息。在虚拟世界中, 场景需要实时绘制, 大量的虚拟对象需要保存、调用和更新, 所以需要数据库对对象模型进行分类管理。

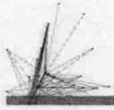
3. 应用系统

应用系统 (Application System) 是面向具体问题的软件部分, 用以描述仿真的具体内容, 包括仿真的动态逻辑、结构及仿真对象之间和仿真对象与用户之间的交互关系。

4. 几何构造系统

几何构造系统 (Geometrical Structural System) 提供了描述仿真对象的物理特性 (外形、颜色、位置) 的信息。虚拟现实系统中的应用系统在生成虚拟境界时, 要使用和处理这些信息。

值得注意的是, 不同类型的虚拟现实系统采用的设备是不一样的。例如, 沉浸式虚拟现实系统, 其主要设备包括个人计算机 (Personal Computer, PC)、头盔显示器、数据手套、头部跟踪器、屏幕、三维立体声音设备。



1.2 虚拟现实系统的分类

虚拟现实已经成为未来科技发展的趋势，也将是未来发展的一个新领域。虚拟现实将为用户带来全新的视觉感受和体感认知，通过沉浸式交互让用户分不清哪是现实世界，哪是虚拟世界。虚拟现实系统按其功能分为沉浸式虚拟现实系统、增强式虚拟现实系统、桌面式虚拟现实系统和分布式虚拟现实系统 4 种类型。

1.2.1 沉浸式虚拟现实系统

沉浸式虚拟现实（Immersive Virtual Reality）系统是一套比较复杂的系统。沉浸式虚拟现实系统的体系结构如图 1.3 所示，它提供完全沉浸的体验，使用户有一种完全置身于虚拟世界之中的感觉。它通常采用头盔显示器、洞穴式立体显示等设备，把用户的视觉、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，利用空间位置跟踪定位设备、数据手套、其他手控输入设备、声音设备等，使用户产生一种完全投入并沉浸于其中的感觉，是一种较理想的虚拟现实系统。

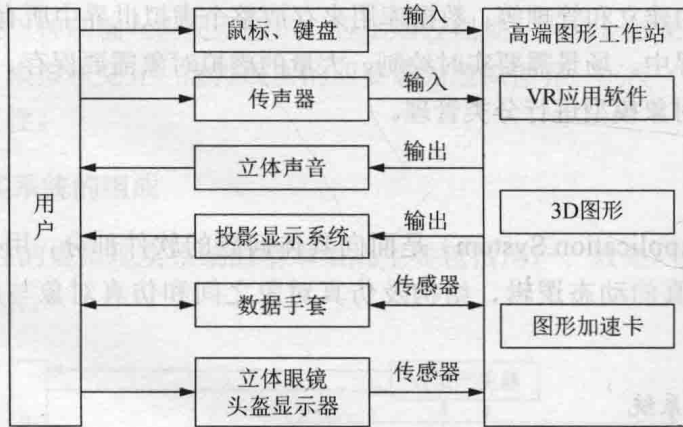
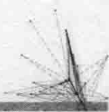


图 1.3 沉浸式虚拟现实系统的体系结构

沉浸式虚拟现实系统采用多种输入/输出设备来营造一个虚拟的世界，并使用户沉浸于其中，同时还可以使用户与真实世界完全隔离，不受外面真实世界的影响。在虚拟世界中要达到与真实世界相同的感受，如当人运动时，空间位置跟踪定位设备需及时检测到，并且经过计算机运算，输出相应的场景变化，并且这个变化必须是及时的，延迟时间要很小。这种系统的优点是用户可以完全沉浸到虚拟世界中去，缺点是系统设备价格昂贵，难以普及推广。



1. 沉浸式虚拟现实系统的特点

1) 高度的实时性。用户改变头部位置时,跟踪器即时监测,送入计算机处理,快速生成相应场景。为使场景能平滑地连续显示,系统必须具备较小延迟的特点,包括传感器延迟和计算延迟等。

2) 高度的沉浸感。该系统必须使用户和真实世界完全隔离,依据输入/输出设备,完全沉浸在虚拟环境里。

3) 强大的软硬件支持。

4) 具备并行处理能力。用户的每一个行为都和多个设备综合有关,如手指指向一个方向,会同时激活3个设备:头部跟踪器、数据手套及语音识别器,产生3个事件。

5) 良好的系统整合性。在虚拟环境中,硬件设备相互兼容,与软件协调一致地工作,互相作用,构成一个虚拟现实系统。

2. 沉浸式虚拟现实系统的类型

常见的沉浸式虚拟现实系统有基于头盔显示器或投影式的虚拟现实系统和遥在系统。基于头盔显示器或投影式的虚拟现实系统是采用头盔显示器或投影式显示系统来实现完全投入。该系统将现实世界与之隔离,使用户从听觉到视觉都能投入虚拟环境中去。遥在系统是一种远程控制形式,常用于虚拟现实系统与机器人技术相结合的系统。在网络中,当在某处的操作人员操作一个虚拟现实系统时,其结果却在很远的另一个地方发生,这种系统需要一个立体显示器和两台摄像机以生成三维图像,这种环境使操作人员有一种深度沉浸的感觉,因而在观看虚拟世界时更清晰。操作人员也可以戴一个头盔显示器,它与远程网络平台上的摄像机相连接,输入设备中的空间位置跟踪定位设备可以控制摄像机的方向和运动,甚至可以控制自动操纵臂或机械手,自动操纵臂可以将远程状态反馈给操作人员,使其可以精确地定位和操纵该自动操纵臂。沉浸式虚拟现实系统一般可细分成5类。

1) 头盔式虚拟现实系统。该系统采用头盔显示器实现单用户的立体视觉、听觉输出,使其完全沉浸在场景中。

2) 洞穴式虚拟现实系统。该系统是基于多通道视景同步技术和立体显示技术的可视协同环境,可供多人参与,且所有用户均沉浸在一个被立体投影画面包围的虚拟仿真环境中,借助相应的虚拟现实交互设备,获得身临其境和6个自由度的交互感受。

3) 座舱式虚拟现实系统。该系统是一个安装在运动平台上的飞机模拟座舱,用户坐在座舱内,通过操纵和显示仪表完成飞行、驾驶等操作。用户置身于一个能产生真实