

XUNIXIANSHI **VRML**
CHENGXUSHEJIJYUSHILI

虚拟现实VRML 程序设计 with 实例

薛庆文 辛允东 编著

清华大学出版社

虚拟现实 VRML 程序设计与实例

薛庆文 辛允东 编 著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书全面介绍 VRML 的基础知识和各节点详细的使用方法,以及将 VRML 与 Java 相结合创建虚拟世界的技术与实例。全书共 8 章,其中第 1 章至第 6 章介绍虚拟现实 VRML 的基础知识和各节点的语法定义,以及 VRML 与 Java 相结合的方法;第 7 章和第 8 章主要介绍 VRML 与 Java 交互编程技术,并结合编者开发的虚拟视频展台综合实例,详细介绍使用 Java Applet 对图像处理的方法,通过综合实例的学习,使读者的 VRML 与 Java 编程开发水平在实践中得到提高。

本书的特色是将 VRML 与 Java 相结合创建虚拟世界,并配有大量的 VRML 编程实例,内容丰富,实用性强,叙述由浅入深,思路清晰,结构合理。本书既可作为大学本专科计算机类专业学生学习虚拟现实技术的教材,同时也可以作为计算机软件开发人员和工程技术人员的实用工具书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实 VRML 程序设计与实例/薛庆文,辛允东编著. --北京:清华大学出版社,2012
ISBN 978-7-302-30233-9

I. ①虚… II. ①薛… ②辛… III. ①VRML 语言—程序设计 IV. ①TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 228964 号

责任编辑:曹 坤

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15

字 数:365 千字

版 次:2012 年 10 月第 1 版

印 次:2012 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00 元

产品编号:049257-01

前 言

虚拟现实建模语言(VRML)作为第二代网络程序设计语言,是宽带网络、多媒体与人工智能相融合的高新技术,是把握未来网络、多媒体及人工智能的关键技术。

随着国际互联网络的普及,网络技术和硬件设施的飞速发展,虚拟现实技术将成为今后网络多媒体发展方向的主流,VRML 将创造一种融多媒体、三维图形、网络通信、虚拟现实为一体的新型媒体。

VRML 的基本特征包括三维性、交互式、分布式集成性和逼真性等。它用于在网络上创建逼真的三维立体场景,开发与设计立体网络程序。VRML 改变了网络上 2D 画面的状况,并能实现 3D 动画效果,特别是改变了当前网络与用户交互的局限性,使得人机交互更加方便,这样虚拟世界的真实性、交互性、动态性得到了更充分的体现。

本书全面介绍了 VRML 的基础知识和各节点详细的使用方法,以及将 VRML 与 Java 相结合创建虚拟世界的技术与实例。本书的网络资源内容有虚拟现实系统相关工具软件、相关的制作素材、浏览插件、教材实例的源程序和教学用多媒体课件等。而且教材实例的源程序全部在计算机上经过严格的调试并运行通过,供读者学习时参考。

全书共 8 章,其中第 1 章~第 6 章介绍了虚拟现实 VRML 的基础知识和各节点的语法定义,以及 VRML 与 Java 相结合的方法;第 7 章~第 8 章主要介绍了 VRML 与 Java 交互编程技术,并结合编者开发的虚拟视频展台综合实例,详细介绍了使用 Java Applet 对图像处理的方法,如变焦、亮度调节、正负片互换、黑白与彩色互换等功能的实现,希望通过综合实例的学习,使读者的 VRML 与 Java 编程开发水平在实践中得到不断提高。

全书由薛庆文拟定教材编写提纲和网络资源的结构及具体内容,并作最后统稿。本书的具体编写分工如下:第 1 章~第 6 章由薛庆文编写,第 7 章~第 8 章由辛允东编写。

本书将虚拟现实技术的理论基础与 Java 相结合,并配有大量的 VRML 编程实例,叙述由浅入深,思路清晰,结构合理,实用性强,既可作为大学本专科学生学习虚拟现实技术的教材,同时也可作为计算机软件开发人员和工程技术人员的实用工具书。

在本书的编写过程中,参考并引用了大量的专家学者的著作、论文和网上资源,得到了部分专家的悉心指导,也得到了本单位领导和老师的大力帮助和支持,作者在此对各位专家、学者表示衷心的感谢。

本书在内容和体例结构上是一种新的尝试,由于作者水平有限,加之时间仓促,存在缺点和错误在所难免。敬请广大读者把使用过程中的意见和建议反馈给我们(E-mail: xueqw88@163.com),以便再版时进行修改。

编 者

目 录

第 1 章 虚拟现实技术概论	1
1.1 虚拟现实技术概述	1
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	2
1.1.3 虚拟现实系统的结构与类型	4
1.2 虚拟现实技术及其软件技术的发展	7
1.2.1 虚拟现实技术的发展	7
1.2.2 虚拟现实软件技术的发展	9
1.3 虚拟现实软件技术	11
1.3.1 VRML 的语法与结构	11
1.3.2 VRML 文件编辑器	15
1.3.3 VRML 文件浏览器	15
本章小结	18
思考与练习	19
第 2 章 空间造型及外观属性	21
2.1 几何造型节点	21
2.1.1 造型节点的语法定义	21
2.1.2 简单几何造型节点	22
2.1.3 复杂几何造型节点	24
2.2 文本造型节点及文本外观节点	34
2.2.1 文本造型节点	34
2.2.2 文本外观节点	36
2.3 造型外观属性	39
2.3.1 材质节点	40
2.3.2 纹理节点	42
2.3.3 造型的着色设计	48
2.3.4 面的明暗控制	53
本章小结	55
思考与练习	56
第 3 章 坐标变换及编组	57
3.1 坐标变换节点	57
3.1.1 坐标变换节点的语法定义	57
3.1.2 坐标的平移	58
3.1.3 坐标的旋转	59
3.1.4 坐标的缩放	60
3.2 造型群节点	64
3.2.1 编组节点	64
3.2.2 节点定义及其引用	67
3.2.3 内联节点	69
3.2.4 锚链接节点	70
3.3 原型定义和调用	72
3.3.1 原型的基本概念	73
3.3.2 原型节点的定义和调用	74
3.3.3 外部原型节点的定义和调用	76
3.3.4 IS 语句	77
3.4 其他编组节点	78
3.4.1 布告牌节点	78
3.4.2 选择开关节点	80
3.4.3 细节层次节点	82
本章小结	83
思考与练习	84
第 4 章 添加场景信息	85
4.1 添加空间背景	85
4.1.1 空间背景节点	85
4.1.2 雾节点	88
4.2 添加场景信息	91
4.2.1 视点节点	92
4.2.2 导航节点	95
4.2.3 空间信息节点	97
4.3 添加声音效果	98
4.3.1 声音节点	99
4.3.2 音频剪辑节点	100
4.4 添加光照效果	104
4.4.1 点光源节点	105



4.4.2 平行光源节点	107	6.3.2 外部创作接口简介	166
4.4.3 锥光源节点	108	6.3.3 两种接口的区别	167
本章小结	114	6.4 基于网页脚本的交互	169
思考与练习	114	6.4.1 基于网页脚本交互的 基本思想	169
第 5 章 动画效果与交互功能	116	6.4.2 基于网页脚本交互的 主要步骤及关键代码	170
5.1 动画流程	116	本章小结	175
5.1.1 事件和路由的互访	117	思考与练习	176
5.1.2 VRML 动画流程	117	第 7 章 VRML 交互编程技术	177
5.1.3 动画实现	118	7.1 自动感应门	177
5.2 动画效果	119	7.2 菜单显示技术	180
5.2.1 时间传感器	119	7.2.1 菜单的显示与隐藏	181
5.2.2 插补器节点	121	7.2.2 菜单在最前面显示	183
5.3 交互功能	131	7.3 旋转调节技术	184
5.3.1 触动传感器	132	7.4 图形实时绘制技术	190
5.3.2 感知传感器	139	7.4.1 屏幕图形的实时绘制	191
本章小结	145	7.4.2 读取本地硬盘中的图像	195
思考与练习	146	本章小结	198
第 6 章 脚本节点及编程	147	思考与练习	199
6.1 脚本节点	147	第 8 章 VRML 交互编程实例	200
6.1.1 脚本节点的语法定义	147	8.1 亮度调节	200
6.1.2 脚本节点的工作原理	148	8.2 变焦	207
6.1.3 专用函数	149	8.3 正负片转换	214
6.1.4 浏览器脚本接口	149	8.4 黑白彩色转换	218
6.2 常用脚本语言简介	152	8.5 连续操作	223
6.2.1 VRMLScript 脚本语言简介	152	本章小结	232
6.2.2 JavaScript 脚本语言简介	157	思考与练习	232
6.2.3 Java 语言简介	161	参考文献	233
6.3 用 Java 控制 VRML 场景	165		
6.3.1 Java 脚本创作接口简介	165		

第1章 虚拟现实技术概论

1.1 虚拟现实技术概述

教学目标

1. 了解虚拟现实技术的定义。
2. 了解虚拟现实技术的特性。
3. 了解虚拟现实技术的分类。

学习引导

虚拟现实是一个在当今国际上备受关注的课题。如果真正实现了虚拟现实，那么整个人类的生活与发展将会发生很大的变革。我们可以设想这样一个情景：当你戴上特制的头盔与手套后，你就发现自己已置身于一家博物馆中，当你看见一件精美的展品时，你甚至可以从上而下、由里至外仔细地观摩……这就是虚拟现实技术给你带来的一切——近乎完美的真实感觉。

长期以来，人们对真实地再现现实场景有各种想法，然而许多人对虚拟现实这一概念十分模糊，认为只要能够提供三维立体感觉的系统就叫做虚拟现实系统。其实这是不确切的，按照当今国际上流行的定义，一个真正实现虚拟现实的系统应当具有以下三个基本要素。

- (1) 能够给用户以三维立体的虚拟环境。
- (2) 应当给使用者第一人称的感觉，并有实时任意活动的自由。
- (3) 用户能够通过一些控制装置实时地操纵和改变用户所进入的虚拟环境。

在现实生活中，我们观察到的都是有景深、有立体感的三维世界，因此要做到完全模拟现实，仅仅靠简单的二维平面图形是不够的，只有用三维系统才能真正模拟三维世界，给用户一种身临其境的感觉。

在实现三维场景后，用户在虚拟场景中要有第一人称的感觉，即能体会到一种与现实世界一样的感觉，能够把视点移到所构造的三维场景中的任何一点，就像在真实世界中可以随意前进、后退、转弯、蹲下、跳起以得到不同的视角，能够实现在现实中做到的一切动作，并能实时操纵虚拟场景的物体和改变虚拟境界。

比如，打印一封信的操作流程为：首先，打开计算机的电源，进入所需要的编辑环境；然后从键盘输入信的内容；最后用打印机将它打印出来。在这个过程中，我们一直在对不同物体——开关、键盘、显示器、打印机等进行操作，并使它们不断地改变动作。这是我们在实际生活中的典型事例。同样的，在一个真正的虚拟现实系统中，我们也必须具备相同的能力。



可以说,任何系统只要满足以上三个要素,就可以称其为虚拟现实系统。目前,能够实现前两个要素的系统已经为数不少,但是允许用户直接对虚拟境界中的物体进行操作的系统就不多了。

1.1.1 虚拟现实技术的定义

虚拟现实技术多媒体技术和网络技术是 21 世纪三大最具发展前景的计算机技术。虚拟现实(virtual reality, VR)是由美国 VPL 公司的 Jaron Lanier 在 1989 年创造的一个新词。它通常是指头盔显示器、数据手套等一系列新型交互设备构造出的用以体验或感知虚拟境界的一种计算机软硬件环境,用户使用这些高级设备以自然的技能向计算机发送各种指令,并得到环境对用户视觉、听觉、触觉等多种感官信息的实时反馈。

虚拟现实技术(简称 VR)是以沉浸性、交互性和想象性为基本特征的计算机高级人机界面。它综合利用了计算机图形学、仿真技术、多媒体技术、人工智能技术、计算机网络技术、并行处理技术和多传感器技术,模拟人的视觉、听觉、触觉等感觉器官功能,使人能够沉浸在计算机生成的虚拟境界中,并能通过语言、手势等自然的方式与之进行实时交互,创建了一种适人化的多维信息空间。虚拟现实的概念包括以下含义。

(1) “模拟环境”就是由计算机生成的具有双视点的、实时动态的三维立体逼真图像。逼真就是要达到三维视觉,甚至包括三维听觉、触觉及嗅觉等的逼真。模拟环境可以是某一特定现实世界的真实实现,也可以是虚拟构想的世界。

(2) “感知”是指理想的虚拟现实技术应该具有人所具有的感知,除了计算机图形技术所生成的视觉感知以外,还应有听觉、触觉、力觉、运动等感知,甚至还包括嗅觉和味觉等,也称为多感知(multi-sensory)。由于相关技术受到传感器的限制,目前所具有的感知功能仅限于视觉、听觉、触觉、力觉、运动等,嗅觉方面也已有了新的进展。

(3) “自然技能”是指人的头部转动、眼睛转动、打手势或其他人体的行为动作。由计算机来处理与参与者的动作相匹配的数据,并对用户的输入(手势、口头命令等)作出实时响应,分别反馈到用户的五官,使用户有身临其境的感觉,并成为该模拟环境中的一内部参与者,还可与该环境中的其他参与者打交道。

(4) “传感设备”是指三维交互设备,常用的有立体头盔、数据手套、三维鼠标、数据衣等穿戴于用户身上的装置和设置于现实环境中的传感装置(不直接戴在身上),如摄像机、地板压力传感器等。

1.1.2 虚拟现实技术的特性

关于虚拟现实技术的基本特征,美国科学家 Burdea G.和 Philippe Coiffet 曾在 1993 年世界电子年会上发表的“Virtual Reality Systems and Applications”一文中提出一个“虚拟现实技术的三角形”,简明地表示了虚拟现实的 3 个最突出的特征:交互性(interactivity)、沉浸性(immersion)和想象性(imagination),即虚拟现实的“3I”特性,如图 1-1 所示。

1. 交互性

传统的人机交互指的是通过鼠标和键盘与计算机进行交互,进而得到反馈。虚拟现实

技术中的交互性指的是参与者与虚拟环境之间以自然的方式进行交互。这种交互是一种近乎自然的交互,使用者不仅可以利用键盘、鼠标,还可以借助专用的三维交互设备(如立体眼镜、数据手套、三维空间交互球、位置跟踪器等传感设备)进行交互。立体眼镜、数据手套和头盔显示器的外观分别如图 1-2~图 1-4 所示。

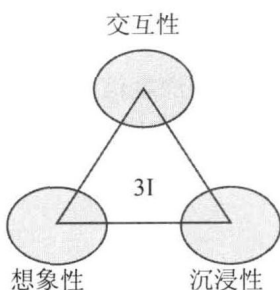


图 1-1 虚拟现实的“3I”特性



图 1-2 立体眼镜

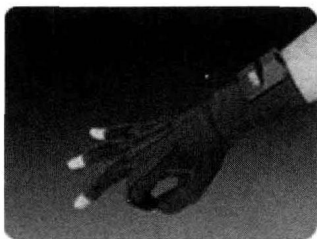


图 1-3 数据手套



图 1-4 头盔显示器

立体眼镜是用于观察 3D 模拟场景 VR 效果的装置,它利用液晶光阀高速切换左右眼图像原理,是目前最为经济适用的 VR 观察设备。

数据手套是虚拟现实应用的主要交互设备,它作为一只虚拟的手或控件用于 3D VR 场景的模拟交互,可对物体进行抓取、移动、装配、操纵、控制,有有线和无线、左手和右手之分,可用于 WTK、Vega 等 3D VR 或视景仿真软件环境中。

头盔显示器又称数据头盔或数字头盔,是虚拟现实应用中的 3D VR 图形显示与观察设备,可单独与主机相连以接收来自主机的 3D VR 图形信号。使用方式为头戴式,辅以空间跟踪定位器可进行 VR 输出效果观察,同时观察者可做空间上的自由移动,如自由行走、旋转等,VR 效果非常好,沉浸性极强。在 VR 效果的观察设备中,头盔显示器的沉浸性优于立体眼镜。

2. 沉浸性

沉浸性又称临场感,指用户感受到作为主角存在于虚拟环境中的真实程度,被认为是 VR 系统的性能尺度。虚拟现实技术根据人类的视觉、听觉的生理或心理特点,由计算机产生逼真的三维立体图像;用户戴上头盔显示器和数据手套等交互设备,便可将自己置身于虚拟环境中,使自己由观察者变为身心参与者,成为虚拟环境中的一员。

一般来说,导致“沉浸性”产生的原因主要有以下两方面。



(1) 多感知性(multi-sensory), 指除了一般计算机所具有的视觉感知外, 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。理想的虚拟现实应该具有人所具有的多种感知功能。

(2) 自主性(autonomy), 虚拟物体在独立活动、相互作用或与用户交互作用中, 其动态都要有一定的表现, 这些表现应服从于自然规律或设计者的规定。自主性就是指虚拟环境中物体依据物理定律做出动作的程度。

另外, 影响沉浸性的因素还有图像的深度信息(是否与用户的生活经验一致), 画面的视野(是否足够大), 实现跟踪的时间或空间响应(是否滞后或不准确), 以及交互设备的约束程度(能否为用户所适应)等。

3. 想象性

想象性是指在虚拟环境中, 用户可以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。

VR 技术出现以前, 人们只能从定量计算的结果中得到启发而加深对事物的认识。借助于 VR 技术, 人们则有可能从定性和定量集成的虚拟环境中得到感性和理性认识, 进而深化概念、产生新意和构想, 主动地寻求、探索信息, 而不是被动地接受。这就更体现了虚拟现实的创意和构想性。

虚拟现实技术具有的交互性、沉浸性、想象性, 使得参与者能在虚拟环境中沉浸其中、超越其上、进退自如并自由交互。它强调人在虚拟系统中的主导作用, 即人的感受在整个系统中最重要。因此, “交互性”和“沉浸性”这两个特征, 是虚拟现实与其他相关技术(如三维动画、科学可视化以及传统的多媒体图形图像技术等)最本质的区别。

1.1.3 虚拟现实系统的结构与类型

1. 虚拟现实系统的结构

一个典型的虚拟现实系统主要包括五大组成部分: 虚拟世界、计算机、虚拟现实软件、输入设备和输出设备。

其运行过程大致为: 参与者首先激活头盔、手套和话筒等输入设备为计算机提供输入信号, 虚拟现实软件收到由跟踪器和传感器送来的输入信号后加以解释, 然后对虚拟环境数据库作必要的更新, 调整当前的虚拟环境场景, 并将这一新视点下的三维视觉图像及其他(如声音、触觉、力反馈等)信息立即传送给相应的输出设备(头盔显示器、耳机、数据手套等), 以便参与者及时获得多种感官上的虚拟效果。典型虚拟现实系统的结构框图如图 1-5 所示。

2. 虚拟现实系统的类型

在实际应用中, 根据虚拟现实技术对沉浸程度的高低和用户交互程度的不同, 把虚拟现实系统划分为 4 种典型类型: 桌面式虚拟现实系统(Desktop VR)、沉浸式虚拟现实系统

(Immersive VR)、增强现实虚拟现实系统(Augmented Reality VR)、分布式虚拟现实系统(Distributed VR)。

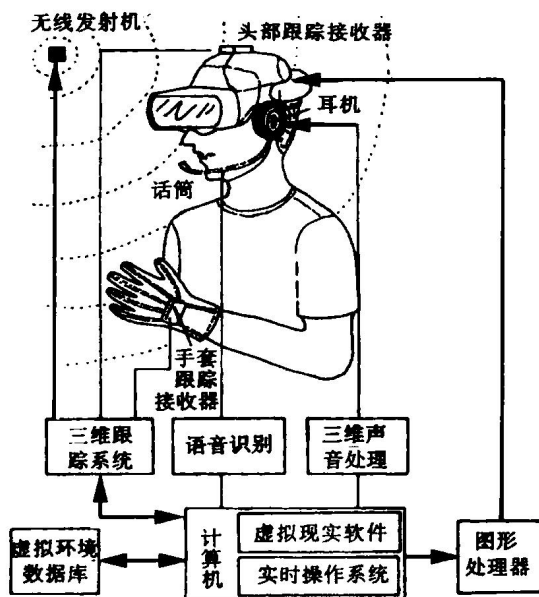


图 1-5 典型虚拟现实系统的结构框图

1) 桌面式虚拟现实系统

桌面式虚拟现实系统仅使用个人计算机和低级工作站，把计算机屏幕作为参与者观察虚拟环境的窗口，使用简单的外部设备(如鼠标、力矩球、立体眼镜等)来驾驭虚拟环境和操纵虚拟物体。使用者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。

常见的桌面式虚拟现实系统主要有基于静态图像的虚拟现实 Quick Time VR、虚拟现实建模语言 VRML、桌面 CAD 系统等几种形式。

桌面式虚拟现实系统主要有以下 3 个特点。

(1) 用户处于不完全沉浸的环境，缺乏完全沉浸、身临其境的感觉，即使戴上立体眼镜，参与者仍会受到周围现实环境的干扰。

(2) 对硬件设备的要求极低，有的简单到甚至只需要计算机，或是增加数据手套、空间跟踪设备等。

(3) 通过相对简单的技术和低成本装备产生较真实的效果，其应用面广，易于普及，而且也具备了沉浸式虚拟现实系统的一些技术要求。

2) 沉浸式虚拟现实系统

沉浸式虚拟现实系统是一种高级的、较理想的虚拟现实系统。它提供了一个完全沉浸的体验，使用户有一种仿佛置身于真实世界之中的感觉。它主要利用头盔式显示器 HMD 等设备，把参与者的视觉、听觉和其他感觉封闭在设计好的虚拟现实空间中，利用声音、位置跟踪器、数据手套和其他手控输入设备使参与者产生一种身临其境、全心投入的感觉。

常见的沉浸式系统有基于头盔式显示器系统、投影式虚拟现实系统、远程存在系统等。

沉浸式虚拟现实系统主要有以下 5 个特点。



(1) 具有高度实时性能。沉浸式虚拟现实系统中, 要达到与真实世界相同的感受, 必须要有高度实时性能。如用户头部转动改变观察视点时, 跟踪设备必须及时检测到, 由计算机计算并输出相应的场景, 同时要求必须有足够小的延迟, 且变化要连续平滑。

(2) 具有高度的沉浸感。沉浸式虚拟现实系统采用多种输入与输出设备来营造一个虚拟的世界, 使用户沉浸于其中, 产生一个看起来、听起来、摸起来都是真实的虚拟世界, 同时要求具有高度的沉浸感, 使用户与真实世界完全隔离, 不受外面真实世界的影响。

(3) 具有良好的系统集成度与整合性能。为了实现用户产生全方位的沉浸感, 就必须要有多种设备与多种相关软件技术相互作用, 且相互之间不能有影响, 所以系统必须有良好的系统集成度与整合性能。

(4) 具有良好的开放性。在沉浸式虚拟现实系统中, 要尽可能利用最新的硬件设备、软件技术及软件, 这就要求虚拟现实系统能方便地改进硬件设备、软件技术, 因此必须使用比以往更灵活的方式构造系统的软硬件结构体系。

(5) 能支持多种输入与输出设备并行工作。为了实现用户产生全方位的沉浸感, 可能需要多种设备综合应用, 并保持同步工作, 所以支持多种输入与输出设备并行处理是虚拟现实系统的一项必备技术。

3) 增强现实虚拟现实系统

增强现实虚拟现实系统是将用户看到的真实环境和计算机所产生的虚拟现实景象融合起来的一种技术, 具有虚实结合、实时交互的特点。与传统的虚拟现实系统不同, 增强现实虚拟现实系统主要是在已有的真实世界的基础上, 为用户提供一种复合的视觉效果。当用户在真实场景中移动时, 虚拟物体也随之变化, 使虚拟物体与真实环境完美结合, 既可以减少生成复杂实验环境的开销, 又便于对虚拟试验环境中的物体进行操作, 真正达到亦真亦幻的境界。增强现实虚拟现实系统是今后的技术发展方向之一。

常见的增强现实虚拟现实系统有基于台式图形显示器的系统、基于单眼显示器的系统(一只眼看显示屏上的虚拟世界, 另一只眼看真实世界)、基于光学透视式头盔显示器的系统、基于视频透视式头盔显示器的系统等。

增强现实虚拟现实系统主要有以下 3 个特点。

- (1) 真实世界和虚拟世界融为一体。
- (2) 具有实时人机交互功能。
- (3) 真实世界和虚拟世界在三维空间中整合。
- 4) 分布式虚拟现实系统

分布式虚拟现实系统是一个基于网络的可供地理上相互独立的多个用户同时参与的分布式虚拟环境。在这个系统中, 位于不同地理环境位置的多个用户或多个虚拟环境通过网络相连接, 或多个用户同时参加一个虚拟现实环境, 通过计算机与其他用户进行交互, 共同分享一个虚拟空间, 一起体验虚拟经历。

在分布式虚拟现实系统中, 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。它有 4 个基本组成部分: 图形显示器、通信和控制设备、处理系统和数据网络。根据分布式虚拟现实系统运行的共享应用系统的个数, 可分为集中式结构和复式结构两种。

分布式虚拟现实系统主要有以下 5 个特点。

- (1) 各用户具有共享的虚拟工作空间。
- (2) 伪实体的行为真实感。
- (3) 支持实时交互, 共享时钟。
- (4) 多个用户可以各自不同的方式相互通信。
- (5) 资源信息共享以及允许用户自然操纵虚拟世界中的对象。

1.2 虚拟现实技术及其软件技术的发展

教学目标

1. 了解虚拟现实技术的发展历程。
2. 了解虚拟现实软件技术的发展历程。

学习引导

1965年, 美国科学家 Sutherland 在他发表的《终极的显示》论文中首次提出了对于虚拟现实发展极有意义的交互图形显示及力反馈设备的基本概念, 这些概念现在已经实现并在不断发展。可以说, 从那时起, 人们便开始了对虚拟现实有目的地进行研究和探索, 而不再仅仅是幻想。此后不久, 美国麻省理工学院的林肯实验室正式开始了头盔显示器的研制工作。可以说这是虚拟现实技术在硬件上的探索和发展, 此后, 人们不断地完善和改进虚拟现实的实现设备。至今, 形形色色的数据手套、头盔显示器等已经在许多场合有了具体的应用。

正是由于许多人卓越的努力和相关技术的飞速发展, 虚拟现实领域的研究取得了很大的进展。1989年“Virtual Reality”这个名词被正式提出, 并使用至今。20世纪90年代, 虚拟现实技术不断地向许多领域拓展。由于计算机技术、网络技术、三维图像技术的飞速发展, 虚拟现实在 Internet 上的应用也取得了进展。

1994年5月, 在瑞士日内瓦召开的万维网(WWW)会议上, Mark Pence 和 Tony Parisi 介绍了可在万维网上浏览三维物体的界面, 并决定开发一种场景描述语言, 使之可以连通 Web 网。当代 Web 的奠基人 Tim Berners-Lee 提出需要制定一个 3D Web 标准, 并创建了虚拟现实标记语言 VRML(Virtual Reality Markup Language)这一名字。

VRML 被称为继 HTML 之后的第二代 Web 语言, VRML 本质上是一种面向 Web、面向对象的三维造型语言, 而且是一种解释性语言。VRML 的基本目标是建立因特网上的交互式三维多媒体, 其基本特征包括分布式、三维、交互性、多媒体集成、境界逼真性等。

1.2.1 虚拟现实技术的发展

计算机技术的发展促进了多种技术的发展, 虚拟现实技术跟其他技术一样, 由于技术和市场的需求也随即发展起来。在这个漫长的发展过程中, 主要经历了以下3个阶段。



1. 20 世纪 50 年代至 70 年代，虚拟现实技术的探索阶段

VR 技术的渊源可以追溯到 20 世纪 50 年代开始产生的立体电影以及各种宽银幕、环幕、球幕电影。具有深度感、大视野、环境感的电影图像加上声响的配合，使观众沉浸于屏幕上变幻的情节场景之中。一般认为，研究目标明确的 VR 技术是从 20 世纪 60 年代开始形成的。但由于技术复杂、投资太大，除了少数军工方面的研究之外，几乎很少被大家注意。

20 世纪 60 年代初，电影摄影师 Morton Heilig 构造了第一个多感知仿真环境的原型 Sensorama Simulator，这是第一个 VR 视频系统。人坐于拱顶装置下，用手操纵摩托车把，仿佛穿行于纽约闹市，能看到立体、彩色、变化的街画面，听到立体声响，感到行车的颠簸、扑面的风，甚至能闻到相应的芳香，创建了一个能向观众提供完全真实感受的剧院。在 Heilig 的发明时代，美国没有一个人意识到这项技术的革新所代表的技术进步，更不用说对此发明进行投资。

1955 年在 IFIP 会议上，有 VR“先锋”之称的计算机图形学的创始人 Ivan Sutherland 提出了一项富有挑战性的计算机图形学研究课题。他指出，人们可以把显示屏当做一个窗口，观察一个虚拟世界，使观察者有身临其境的感觉，这一思想就是虚拟现实概念的雏形。1968 年，他使用两个戴在眼睛上的阴极射线管(CRT)，研制了第一台头盔式显示器 HM，并对头盔式三维显示装置的设计要求、构造原理进行了深入的讨论，绘出了这种装置的设计原型，成为三维立体显示技术的奠基性成果。

1971 年，Frederick Brooks 研制了具有力反馈的原型系统 Grope-II，用户通过操纵一个实际的机械手来控制屏幕中的图形机械手去“抓取”一个立体图像表示的物体，而且人手能感觉到它的重量。

1975 年，Myron Krueger 提出“人工现实”(Artificial Reality)的思想，展示了称之为 Videoplace 的“并非存在的一种概念化环境”。实验者面对投影屏幕，摄像机摄取他的身影轮廓图像，与计算机产生的图形合成，由投影机投射在屏幕上，室内的传感器识别实验者的动作，屏幕上可显示诸如实验者在游泳、爬山等情景。

2. 20 世纪 80 年代初期至中期，虚拟现实技术系统化，从实验室走向实用阶段

VR 研究的进展从 20 世纪 60 年代到 80 年代中期是十分缓慢的，直到 20 世纪 80 年代后期，VR 技术才得以加速发展。这是因为图形显示技术已能满足视觉耦合系统的性能要求，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。

1985 年，美国航空航天管理局 NASA 的 Scott Fisher 等研制了著名的 VIEW——一种“数据手套”(Data glove)，这种柔性、轻质的手套装置可以量测手指关节动作、手掌的弯曲以及手指间的分合，从而可编程实现各种“手语”。与“数据手套”原理类似的还有“数据衣”(Data Suit)。

1986 年底，Scott Fisher 成功研制出第一套基于 HMD 及数据手套的 VR 系统 VIEW(Virtual Interactive Environment Workstation)。这是世界上第一个较为完整的多用途、多感知的 VR 系统，使用了头盔显示器、数据手套、语言识别与跟踪技术等，并应用于空间技术、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。

1989 年，VPL 公司的创始人之一 Jaron Lanier，创造了“Virtual Reality”(虚拟现实)这

一名词。从此, Data Glove 和 Virtual Reality 便引起新闻媒体极大的关注和人们丰富的想象。

3. 20 世纪 80 年代末期至今, 虚拟现实技术的高速发展阶段

VR 第一次展出是在 1990 年第 17 届国际图形学会议上, 图形学专家们报道了近年来输入输出设备技术以及声、像等多媒体技术的进展, 使得交互技术从二维输入向三维甚至多维的方向过渡, 使三维交互取得了突破性进展。随着新的输入设备的研制成功和微型视频设备的投入使用, 再加上工作站提供了更强有力的图形处理能力, 从而为构成“虚拟现实”的交互环境提供了条件。

1992 年, Caro lina Cruz-Neira 等建立的大型 VR 系统 CAVE, 在国际图形学会议上以独特的风貌展现在人们面前, 标志着这一技术已经登上了高新技术的舞台。用户置身于一个边长为 3m 的立方体房间, 有 4 面为投影屏幕、各由 1 台 SCI 工作站 VGX 控制的投影机向屏幕交替显示计算机生成的左、右眼观察图形, 用户佩戴一种左、右镜片交替“开”(透光)、“闭”(遮光)的液晶光闸眼镜, 就可看到环绕自身的立体景物, 同时无妨于看见室内的起初物体。图形景物随用户在室内走动时的视线变化而变化。在这次会议上, SGI 和 Sun 等公司也展出了类似的环境和系统。

1996 年 10 月 31 日, 世界上第一个虚拟现实技术博览会在伦敦开幕, 全世界的人们可以通过因特网在家中参观这个没有场地、没有工作人员、没有真实展品的虚拟博览会。

1996 年 12 月, 世界上第一个虚拟现实环球网在英国投入运行。这样, 用户可以在一个由立体虚拟现实世界组成的网络中遨游, 身临其境般地欣赏各地风光、参观博览会和在大学课堂听讲座等。

进入 20 世纪 90 年代以后, 迅速发展的计算机硬件技术与不断发展的计算机软件系统, 极大地推动了虚拟现实技术的发展, 使基于大型数据集合的声音和图像的实时动画制作成为可能, 人机交互系统的设计不断创新, 很多新颖、实用的输入/输出设备不断出现在市场上, 为虚拟现实系统的发展打下了良好的基础。

1.2.2 虚拟现实软件技术的发展

1993 年 12 月, Mark Pesce 和 Tony Parisi 在旧金山认识, 并于 1994 年 2 月共同设计了 Web 的 3D 接口, 这是三维浏览器的原型, 叫做 Labyrinth。1994 年 5 月, 在瑞士日内瓦召开的万维网(WWW)会议上, Mark Pesce 和 Tony Parisi 介绍了这个可在万维网上浏览三维物体的界面。这时, 一个志趣相投者联谊会(BOF)马上产生强烈的反响, 决定开发一种场景描述语言, 以连通 Web 网。当代 Web 的奠基人 Tim Berners-Lee 提出需要制定一个 3D Web 标准, 并创建了虚拟现实标记语言 VRML 这一名字。VRML 在其发展过程中主要经历了以下 3 个阶段。

1. VRML 1.0

1994 年, Mark Pesce 和 Tony Parisi 创建了被称为 Labyrinth(迷宫)的浏览器, 这是 WWW 上 3D 浏览器的早期原型。同年, Mark 和 Brian Behlendorf 发出为 WWW 上的 3D 应用建立正式规范的倡议。SGI 的 Gavin Bell 注意到 Open Inventor 很适合作为这样的规范, 并很



快组织了一份提案。经过一场激烈的辩论之后, Inventor 提案被选定为未来规范的工作文档。随后, Gavin 在很多 Inventor 工程师的帮助下, 修订并最终制定了 VRML 1.0 规范的草案。此规范于 1994 年 10 月在第二届 WWW 国际会议上公布。

2. VRML 2.0(VRML 97)

VRML 协会于 1996 年创建, 成员包括 3DLabs、Apple、Boeing、CosmoSoftware、Fujitsu、IBM、Intel、Intervista、Microsoft、Mitsubishi、Oracle、Platinum、Philips、Sony、Superscape 等 35 家 Internet 厂商。VRML 协会支持的 17 个技术工作组是推动 VRML 标准发展的主要技术力量。

1996 年 8 月在新奥尔良召开的优秀 3D 图形技术会议——Siggraph'96 上公布并通过了 VRML 2.0 标准规范。它是在 VRML 1.0 的基础上进行了很大的补充和完善, 比 VRML 1.0 增加了近 30 个节点, 增强了静态世界, 使 3D 场景更加逼真, 并增加了交互性、动画功能、编程功能、原型定义功能。

1997 年 12 月 VRML 作为国际标准正式发布, 1998 年 1 月正式获得国际标准化组织 ISO 批准(国际标准号 ISO/IEC14772—1:1997), 简称 VRML 97。VRML 97 虽然只是在 VRML 2.0 的基础上进行了少量的修正, 但它却意味着 VRML 已经成为虚拟现实行业的国际标准。作为 ISO/IEC 国际标准, VRML 的稳定性得到了保证, 它推动了 Internet 上交互式三维应用的迅速扩展。

Netscape Navigator 4.x 和 Internet Explorer 4.x 都已内置了 VRML 浏览器, VRML 也是 Windows 98 的标准部分。这从一个侧面表明 VRML 已成为 Internet 上发布 3D 内容的具有普遍性的开放标准。

3. X3D

VRML 的下一个标准是 X3D。X3D 是 Web3D 协会制定的下一代 VRML 97 标准, X3D 的含义是 Extensible 3D。它是下一代的、可扩展的、互联网上的 3D 图形规范。X3D 的命名也意味着与 XML 的集成, 它与 VRML 97 向后兼容, 即 X3D 能提供标准 VRML 97 Browser 的全部功能, 能用 X3D 技术浏览 VRML 的内容。X3D 的主要任务之一就是建立一个更加简化的核心, 实现 VRML 97 的全部功能, 它把 VRML 的功能封装到一个轻型的、可扩展的核心之中。

X3D 标准的发布, 为 Web3D 图形的发展提供了广阔的前景。X3D 发布后, 由两家小公司 Blaxxun 和 Shout Interactive 最先在它们的产品中实现了核心的 X3D 技术。它们推出的 Blaxxun3D 和 Shout3D 软件令人瞩目。

VRML 具有以下几个方面的特点。

(1) 平台独立性。VRML 的运行机制是基于文件的。用该语言编制的程序不必经过任何的编译、链接等处理, 当要显示虚拟场景时, 文件从网络实时传输过来, 由浏览器对该文件进行分析和显示。所以只要机器配备了 VRML 浏览器, 即可显示虚拟场景, 与操作系统类型无关。

(2) 可扩展性。除了 VRML 本身提供的节点外, VRML 还支持自定义的节点, 从而使 VRML 描述世界的能力得到了很大的增强。

(3) 低带宽要求。VRML 充分考虑到网络的优化问题。首先, VRML 是 ASCII 码格式的文本文件, 只占很小的存储空间; 其次, 一个大的场景可被分解为许多文件, 因此一般来说文件较小, 并且可以只在使用时实时读取, 以减少访问时间。

(4) 实时的图形渲染。放置在三维空间中的对象, 需要由观察角度来确定对象的显示效果。从不同的角度进行观察, 需要将不同的显示效果呈现在屏幕上, 这就是所谓的“渲染”。VRML 的图形渲染是实时的, 这是其与动画制作软件的最大区别之一。

(5) 基于事件的交互。通过路由将节点连接为事件体系是 VRML 具有动态交互能力的基本机制。

VRML 虽然优点比较明显, 但实践表明, 作为一种新生的虚拟现实建模语言, VRML 还存在一些不尽如人意之处, 如建模比较粗糙, 对大型场景的管理能力较差, 可实现的交互性操作比较简单, 对多用户和共享场景的支持能力比较有限等。

1.3 虚拟现实软件技术

教学目标

1. 掌握 VRML 文件的编辑与浏览方法。
2. 掌握 VRML 语言的基本概念和基本知识。

学习引导

VRML 用文本信息描述三维场景, 在 Internet 网上传输, 在本地机上由 VRML 的浏览器解释生成三维场景, 解释生成的标准规范即 VRML 规范。

VRML 创造的是一个可进入、可参与的世界, 它改变了 WWW 上单调、交互性差的弱点, 将人的行为作为浏览的主题, 所有的表现都随操作者行为的改变而改变。也就是说, 它是用来描述三维物体及其行为的, 构建的虚拟境界(virtual world)中可以集成文本、图像、声音、MPEG 影像等多种媒体类型, 还可以内嵌用 Java、ECMAScript 等语言编写的程序代码。

VRML 1.0 只能创建静态的 3D 景物, 因此虽然能用 VRML 1.0 来建立用户的虚拟代表, 但它却不能做任何其他事情。VRML 2.0 增加了行为, 如可以让物体旋转、行走、滚动、改变颜色和大小等。比较起来, VRML 2.0 比 VRML 1.0 有了巨大的改变, 正如当年 Microsoft 公司的 Windows 95 相比于 Windows 3.0 的进步。

1.3.1 VRML 的语法与结构

1. VRML 文件格式

VRML 文件采用的是文本文件格式, 扩展名为.wrl 或.wrz。可用文本文件编辑器编写, 推荐使用专用的编辑器编写, 如 VrmIpad 编辑器。在运行.wrl 文件时, 首先要加载 VRML 浏览器, 然后进入浏览器观察运行结果。Windows XP 从 SP2 版本开始对 VRML 文件进行