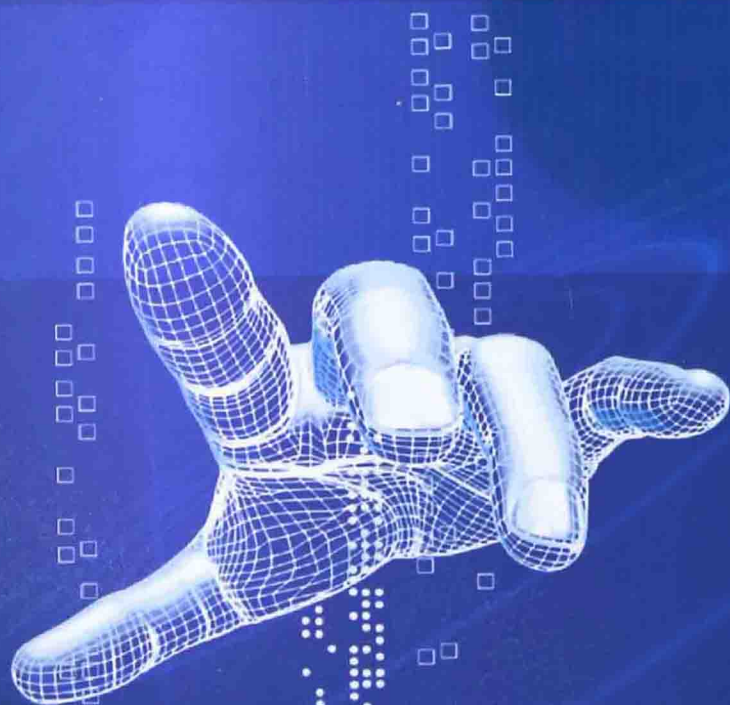


XUNI XIANSI SHIJING FANGZHEN JISHU

虚拟现实视景仿真技术

高颖 郭淑霞◎编著



西北工业大学出版社

虚拟现实视景仿真技术

高颖 郭淑霞 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书针对虚拟现实视景仿真系统中的关键技术,理论结合实际,从构建虚拟视景仿真系统的实用性角度,全面、系统地介绍了虚拟现实视景仿真技术的建模与绘制,粒子系统应用程序接口,三维数字地形的动态调度及修改,碰撞检测,仿真几何建模以及可视化等关键技术,最后介绍了一个基于底层的三维图形技术的免编程的虚拟现实视景仿真系统图形化设计平台——VSSP。

本书介绍的研究成果可用于视景仿真系统的研究与开发中,可较好地提高视景仿真系统的真实感及实时性,方便用户快速搭建视景仿真应用系统,对从事虚拟现实视景仿真技术的研究人员和科技工作者具有积极的、重要的理论意义与应用参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟现实视景仿真技术/高颖,郭淑霞编著. —西安:西北工业大学出版社,2014.1
ISBN 978-7-5612-3921-6

I. ①虚… II. ①高… ②郭… III. ①视景模拟—可视化仿真 IV. ①TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 019226 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.875

字 数:459 千字

版 次:2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

定 价:49.00 元

前言

虚拟现实(Virtual Reality, VR)是新兴的交叉科学技术。近十多年来,我国一批高等院校、科研院所,以及其他许多应用部门和单位的科研人员进行着各具背景、各有特色的研究工作,在VR理论研究、技术创新、系统开发和应用推广方面都取得明显成绩,我国在这一科技领域进入了发展的新阶段。由于虚拟现实技术的不可替代性,以及经济、社会、军事领域越来越大的应用需求,人们对虚拟现实技术的研究日益重视,虚拟现实技术也取得了巨大进展。

随着计算机技术与人类生活的日益密切,人们越来越希望能够以更方便、更直观的方式或者说以人与人交流的方式与计算机进行交互。虚拟现实技术就是基于上述思想而产生的,它将用户和计算机视为一个整体,用户可直接进入到信息环境中去与计算机进行直观、自然的交互。虚拟现实技术主要涉及三个研究领域:通过计算机图形方式建立实时的三维视觉效果;建立对虚拟世界的观察界面;使用虚拟现实技术加强在科学计算技术可视化等方面的应用。虚拟现实视景仿真技术就是计算机生成的随时间变化的三维图形技术,它是虚拟现实技术的基础支撑技术,其核心是三维图形引擎技术。视景仿真技术使得人机交互方式发生了质的变化。计算机图形学技术的发展,使得科学、准确、直观地描述信息化世界成为可能,开展虚拟现实视景仿真技术的研究会越来越成为人们关注的焦点。

本书是在笔者长期从事虚拟现实视景仿真技术教学和研究的基礎上完成的。其特点是针对虚拟现实视景仿真系统中的关键技术,内容选择新颖丰富,理论结合实际;章节安排合理,从计算机图形学入手,分章节从浅到深,系统论述了开发虚拟现实视景仿真技术的各个关键及集成技术,其中包括概念内涵、国内外现状、著名厂商及产品简介、三维实时图形生成、仿真建模、虚拟人体、粒子系统、三维地形、碰撞检测、立体显示、特殊效果、编程规范、实例系统等。本书内容翔实,笔者利用在科研及教学过程中的大量实例,展示了虚拟现实仿真技术的应用及大量的实际例子的截屏图片,帮助读者加深对作品的理解。本书整体构思新颖,不同于同类作品的两个方面:①通过大量的开发实例论述了开展虚拟视景仿真的各项关键技术;②给出了一个封装了硬件操作和图形算法、简单易用、功能丰富的虚拟现实视景仿真系统开发环境,使得应用开发人员不用关心底层技术的实现细节,就能开发出高水平的虚拟仿真应用。本书介绍的研究成果可用于虚拟视景仿真系统的开发应用中,对提高虚拟视景仿真系统的可视化仿真效果具有重要的参考价值与意义。

本书所涉及的研究成果是在导师黄建国教授悉心指导下完成的,在此表示衷心的感谢。黄建国教授以他渊博的知识、敏锐的洞察力和丰富的科研经验,培养笔者掌握了许多分析问题、解决问题的方法,他对待工作严肃认真的态度、求实创新的精神深深地激励着笔者,他更是以忘我的工作作风为笔者树立了榜样,使笔者获得了许多宝贵的人生与科学的哲理启迪。导师的鞭策与关怀,使笔者的研究工作得以如期完成,达到了预期的目的。感谢本书合作者郭淑霞老师以及她的科研团队的鼎力支持与配合,书中介绍的大部分研究内容是在和郭淑霞老师的项目合作中共同完成的,郭淑霞老师参与了书中的大部分章节的编写工作。在这里,还要感谢教研室及虚拟现实与可视化课题组的研究生们,他们是刘兴光、胡方、连明、金岩通、黄罗军、

许志国、郑涛、邵亚楠、钟啸、费益、张普照、彭宇馨、闫锐兵、王修亮、雷磊、陆旭青、尹允锋、周奇、刘渭媛、马晓辉、姜涛、张金汇、姬维君、袁捷、王凤华、王阿敏、张政、支朋飞、葛飞、刘瑞兵等。感谢他们在本书的完成中所做的科研探索,这一研究成果与他们的努力工作和积极支持是分不开的。同时,也感谢单位各级领导、院系以及实验室的同事和同学们在科研和工作上给予的无私支持和帮助,与他们共同度过的时光与结下的友谊使笔者一生难忘。

最后特别要感谢家人,忙碌的工作使笔者很少有机会陪伴在他们的身旁,感谢他们对笔者的爱与鼓励,感谢他们对笔者工作毫无怨言的支持,他们的期待是笔者坚强的后盾和前进的动力,使得笔者能够安心工作,完成书稿。

由于水平有限,书中的疏漏之处在所难免,恳请同行批评指正,多提宝贵意见。

高 颖

2013年9月

于西北工业大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 虚拟现实视景仿真技术研究的目的及意义	1
1.2 虚拟现实视景仿真技术的现状及趋势	3
1.3 本书的主要内容	9
1.4 本章小结	11
第 2 章 计算机三维图形学技术	12
2.1 三维空间中的矩阵及四元数	12
2.2 着色流水线	14
2.3 纹理映射	17
2.4 隐面消除	22
2.5 明暗处理与阴影	25
2.6 计算机图形学中的常用模型	27
2.7 本章小结	30
第 3 章 虚拟现实视景仿真技术	31
3.1 虚拟视景仿真系统的一般组成	31
3.2 实时视景的生成和显示	32
3.3 虚拟战场的建模与绘制技术	35
3.4 虚拟现实视景仿真技术的应用	39
3.5 国内外著名虚拟视景仿真引擎介绍	41
3.6 分布交互式仿真技术的产生及发展	76
3.7 HLA 高层次体系结构	78
3.8 视域网(VAN)及网格计算可视化	83
3.9 本章小结	86
第 4 章 虚拟视景系统中仿真建模技术	87
4.1 仿真建模中的常见技术	87
4.2 自然场景常用建模方法	102
4.3 基于 GL Studio 的仿真建模技术	107
4.4 虚拟人物的仿真技术	115
4.5 基于 OpenGL 的电磁信号可视化技术	121
4.6 交互式电子手册技术	127

4.7 本章小结	130
第5章 虚拟自然景物仿真技术	132
5.1 虚拟自然景物仿真发展现状	132
5.2 虚拟场景中自然景物仿真实现方法	134
5.3 常见特殊效果的仿真实现方法	137
5.4 Vega 中常见的特殊视觉效果	143
5.5 本章小结	149
第6章 粒子系统 API 及参数化编辑系统设计	150
6.1 粒子系统的描述和实现	150
6.2 粒子系统应用程序接口的设计	157
6.3 参数化粒子编辑系统的设计与实现	164
6.4 本章小结	170
第7章 三维数字地形动态生成及修改技术	171
7.1 三维地形浏览系统设计与实现	171
7.2 三维数字地形的动态修改技术	178
7.3 本章小结	183
第8章 虚拟视景仿真系统中的碰撞检测技术	184
8.1 碰撞检测理论	184
8.2 导弹与地形及目标的碰撞检测技术	190
8.3 某航空发动机虚拟装配中的碰撞检测技术	194
8.4 本章小结	201
第9章 虚拟视景系统中的立体显示技术	202
9.1 立体显示技术的发展及应用	202
9.2 立体显示技术的原理	204
9.3 立体显示的硬件实现	212
9.4 立体视觉的软件实现	214
9.5 单通道投影系统	222
9.6 多通道投影系统的关键技术	224
9.7 本章小结	236
第10章 虚拟视景仿真系统平台的设计与实现	237
10.1 虚拟现实视景仿真系统平台的功能与特点	237
10.2 三维图形 API 的选择	240
10.3 基于 OpenGL 及 OSG 的虚拟视景平台开发	243

10.4	VSSP 基本功能的设计	252
10.5	VSSP 其他功能的实现	259
10.6	VSSP 使用范例及关键技术应用	263
10.7	关键技术研究及 VSSP 在视景系统开发中的应用	271
10.8	本章小结	275
第 11 章	软件编程规范	277
11.1	软件规范编程	277
11.2	系统软件测试	279
11.3	系统可靠性、安全性设计	281
11.4	本章小结	281
第 12 章	总结与展望	282
12.1	全书总结	282
12.2	进一步研究展望	284
附录	英文缩写符号对照表	286
参考文献		288

第 1 章 绪 论

1.1 虚拟现实视景仿真技术研究的目的及意义

虚拟现实(Virtual Reality, VR),又称为“灵境技术”,是一种可以创建和体验虚拟世界(Virtual World, VW)的计算机系统。虚拟世界是全体虚拟环境(Virtual Environment, VE)或给定仿真对象的全体。虚拟环境是由计算机生成的,通过视、听、触觉等作用于用户,使之产生身临其境的感觉的交互式视景仿真。虚拟现实技术被认为是 21 世纪可能使社会发生巨大改变的关键技术之一。虚拟现实技术的三个最基本特征,即 Immersion, Interaction, Imagination(沉浸、交互、构思)。虚拟现实视景仿真技术(Scene Simulation Technology, SST)是计算机生成的随时间变化的三维图形生成技术,它是 VR 技术的基础支撑技术,其核心是三维图形引擎技术。虚拟现实视景仿真技术正是虚拟现实技术中最为前沿的应用领域,随着各项技术的发展和计算机图形处理功能的增强,视景仿真技术突破了纯数字化的交互方式,实现了以图文并茂、生动形象的,并使人有身临其境之感的和谐的人机交互环境。

众所周知,数字仿真技术出现伊始,仿真结果仅仅只能以字符方式输出,这是一种最基本的输出形式。随着计算机图形、图像技术的发展,随后就出现了可视化仿真技术并已得到了比较广泛的应用。

可视化仿真技术的目标是把由数值计算或实验获得的大量数据按照其自身的物理背景进行有机的结合,用图像的方式来展示数据所表现的内容和相互关系,便于把握过程的整体演进,发现其内在规律,丰富科学研究的途径,缩短研究周期。可视化仿真就是将数据结果转换为图形或动画形式,使仿真结果可视化并具有直观性。

多媒体仿真通过将仿真所产生的信息和数据转换成为可被感受的场景、图示和过程,它充分利用文本、图形、二维/三维动画、影像和声音等多媒体手段,将可视化、临场感、交互、激发想象结合到一起产生一种沉浸感,使仿真中的人机交互方式向自然更靠近了一步。多媒体仿真技术是指计算机综合处理各种媒体信息,包括文字、图形、动画、图像、声音、视频等,在各种信息间建立逻辑连接,并集成一个有交互功能的多媒体系统。多媒体的本质不仅是信息的集成,而且也是设备和软件的集成,并通过逻辑连接形成一个有机整体,又可实现交互控制,所以说数字化、集成性和交互性是多媒体的核心。

虚拟现实视景仿真技术是计算机仿真技术的重要分支,是计算机技术、图形图像处理与生成技术、多媒体技术、信息合成技术、显示技术等诸多高新技术的综合运用,其组成部分主要包括仿真建模技术、动画仿真技术及实时视景生成技术等。虚拟现实系统提供了一种崭新的人机界面,而界面的自然程度是由视景系统的浸入程度与交互程度所决定的。视景仿真是仿真动向的高级阶段,也是虚拟现实技术的最重要的表现形式,它是使用户产生身临其境感觉的交

互式仿真环境,实现了用户与该环境直接进行自然交互。

虚拟现实技术则是在综合计算机图形技术、计算机仿真技术、传感技术、显示技术等多种学科技术的基础上发展起来的,是 20 世纪 90 年代计算机领域的最新技术之一。虚拟现实技术是指计算机产生的三维交互环境,在使用中用户“投入”到这个环境中去,并在人工合成的环境里获得“进入角色”的体验。虚拟现实技术的主要内容是,实时三维图形生成技术、多传感器交互技术,以及高分辨显示技术。它以仿真的形式给用户创造一个反映实体对象变化与相互作用的三维图形环境,通过头盔显示器、数据手套等辅助传感设备,使人可以“进入”这种虚拟的环境直接观察事物的内在变化,并与事物发生相互作用,给人一种身临其境的真实感。虚拟现实技术始终要解决的两个关键问题就是真实感和实时性的问题。随着计算机技术和计算机图形技术的发展,要更好地建立一个完善的虚拟世界及环境,真实感和实时性问题也是一个永恒的话题。

虚拟现实的主要研究内容如下:

(1)动态环境建模技术:虚拟环境的建立是 VR 技术的核心内容,动态环境建模技术的目的是获取实际环境的三维数据,并根据应用的需要,利用获取的三维数据建立相应的虚拟环境模型。三维数据的获取可以采用 CAD 技术(有规则的环境),而更多的情况则需要采用非接触式的视觉建模技术,两者的有机结合可以有效地提高数据获取的效率。

(2)实时三维图形生成技术:三维图形生成技术的核心是计算机三维图形技术,而这里的关键是如何实现“实时”生成。

(3)立体显示和传感器技术:VR 的交互功能依赖于立体显示和传感技术的发展。常用的立体显示和传感器设备有头盔式三维显示器、数据手套、数据衣及力觉、触觉传感装置等。

(4)应用系统开发工具:VR 应用的关键是寻找合适的场合和对象,即如何发挥想象力和创造性。选择适当的应用开发工具以大幅度地提高生产率,减轻劳动强度,提高产品质量。VR 的开发工具,如 VR 系统开发平台、分布式 VR 系统等。

(5)系统集成技术:由于 VR 中包括大量的感知信息和模型,因此系统的集成技术起着至关重要的作用。集成技术包括信息的同步技术、模型的标定技术、数据转换技术、数据管理模型、识别与合成技术等。

在 VR 系统的研究中只有各种交互设备还不够,必须提供基本的软件支撑环境,使用户能方便地构造虚拟环境并与虚拟环境进行高级交互,软件支撑环境必须提供足够强的灵活性及可扩充性。虚拟现实视景仿真技术是虚拟现实技术中最重要的部分,它与虚拟现实技术唯一的区别就是交互方式。虚拟现实视景仿真系统是虚拟现实系统的软件支撑环境,虚拟现实视景仿真系统通过计算机图形界面人机交互方式建立实时的三维视觉效果,建立对虚拟世界的观察和控制界面,提供各种仿真效果。虚拟现实技术是通过头盔显示器、数据手套等多传感器辅助设备交互,而虚拟现实视景仿真技术主要通过显示器、键盘和鼠标完成交互。虚拟视景仿真系统模拟人的视觉和听觉将所能观察到或希望观察到的事物(景物)进行抽象,并建立基于场景空间下的坐标系,对事物用多边形面元加以描述,从而形成三维场景数据库;依此为基础,根据观察点所在的位置与姿态,通过坐标变换和投影变换将计算机生成的景象显示在某种二维介质(如 CRT 显示器)上。

目前对虚拟现实视景仿真系统平台的研究主要集中在两个方面。一是建立一种通用的虚拟现实视景仿真系统平台。该平台提供一个庞大的函数库,有效地集成目前开发虚拟现实视

景仿真系统应用的各种技术,包括虚拟环境的生成和渲染、人机交互的实现机制、各种设备的使用等,可以让不懂虚拟视景仿真的非专业人士也能够开发高水平的虚拟仿真应用。另一方面的研究集中在虚拟视景仿真中的某些技术细节部分,如场景的高效管理、虚拟实体的物理建模、虚拟角色、立体显示的实现等,使仿真效果更加逼真,是虚拟现实视景仿真系统平台的有力补充。只有将两方面的研究成果结合起来,才能构造出强大的虚拟仿真引擎。

另外,由于在开发虚拟现实视景仿真系统应用中要涉及许多算法和专业知识,欲快速开发虚拟现实视景仿真系统是有一定困难的,因此一个封装了硬件操作和图形算法、简单易用、功能丰富的虚拟现实视景仿真系统开发环境,对于应用程序开发人员是必需的,这个环境就是虚拟现实视景仿真系统平台。虚拟现实视景仿真系统平台也可以称之为“支持应用的底层函数库”或者说是针对特定应用的一种抽象,在虚拟仿真系统中占有核心地位。它集成了三维图形实时渲染、三维声音合成、立体显示、动态环境建模、物理引擎等等,通过整理和封装,形成一个面向虚拟仿真应用系统开发的函数集,使得应用开发人员不用关心底层技术的实现细节,就能开发出高水平的虚拟仿真应用。总之虚拟现实视景仿真系统平台需要解决场景构造、对象处理、场景渲染、事件处理、碰撞检测等各种关键问题,这些问题解决的好坏及系统集成的好坏都将直接决定所开发出的虚拟仿真系统的性能。

笔者在××试验仿真及评估系统、飞行模拟用动态三维数字地图技术研究、虚拟现实视景仿真系统关键技术及应用等项目积累了大量图形学算法的基础上,针对虚拟现实视景仿真系统中的一些关键技术进行了深入研究,通过封装三维底层图形库算法的方法,设计并实现了一个简单易用、功能丰富的实时交互式虚拟现实视景仿真系统平台——VSSP。VSSP的建立对于那些即使没有编程基础的用户也可在此平台上方便地搭建适合于自己专业所需的视景系统应用,该平台在图形化平台的基础上同时还提供给应用开发人员一套三维图形 API。VSSP平台的设计和开发有利于加速虚拟现实视景仿真系统的开发进程,对促进虚拟现实系统的应用有积极的意义。

1.2 虚拟现实视景仿真技术的现状及趋势

1.2.1 虚拟视景技术国内外现状

早在1965年,计算机图形学的奠基人 Ivna SutherLand 在其博士论文“终极显示”中为计算机图形学提出了一个研究计划。他认为,“人们必须面对一种显示屏幕,通过这个窗口可以看到一个虚拟世界”。他在其论文中对计算机世界提出的挑战是“必须使窗口中的景象看起来真实,听起来真实,而且物体的行动真实。”这篇文章被称为是研究虚拟现实系统的开端。但是,由于受限于当时软硬件技术的水平,这项技术直到20世纪80年代中期才逐步兴起,并在90年代初得到了长足发展。“Virtual Reality”一词始于1989年,由VPL Research公司的奠基人 Jaron Lanier 在有关杂志上使用,从此引起了公众和媒介的重视,这对VR的发展具有重大意义。时至今日,VR技术已经在远程操作、设计与规划、数据和模型可视化、娱乐与艺术创作、教育和培训等众多领域得到广泛应用。

1. 国外研究现状

国外对虚拟仿真引擎的研究已经比较成熟,但大都偏重于虚拟现实或者视景仿真方面,即

主要集中于三维图形引擎和三维声音引擎,而对物理引擎等的研究在国际上也刚刚开始,因此还不足以构成完整的虚拟仿真引擎。下面介绍几种国外使用频率较高的虚拟现实引擎或者叫作视景仿真引擎。

(1)OpenGL Performer。OpenGL Performer 是 SGI 公司开发的一个可扩展的高性能实时三维视景开发软件包。它基于 OpenGL 为开发实时图形应用程序提供了一组与标准 C 或 C++ 绑定的应用程序接口(API),可以运行于所有 SGI 图形工作站上,并通过一个使用灵活的三维图形工具集来提高渲染性能。OpenGL Performer 主要应用于仿真可视化、娱乐、虚拟现实、视频点播以及计算机辅助设计等领域。

OpenGL Performer 分为内层和外层,内层功能有采集、控制多个不同的显示通道及利用数据库快速完成交互任务;而外层是一个执行模块。内、外层紧密结合,并行工作。尤其重要的是,OpenGL Performer 可以将图形任务并行安排,提交给处理系统,这对于配置有多 CPU 的系统非常重要。

OpenGL Performer 软件包主要包括:仿真可视化应用开发库(libpf),可提供全面的视觉仿真能力,控制多进程的数据库遍历和渲染;高性能渲染库(libpr),可提供最佳的运行环境实现优化后的渲染、状态控制和其他面向实时图形的基本功能。此外,该软件包还包括几何图形与视景构建工具库(libpfdu)、应用函数库(libpfutil)和用户接口库(libpfui)。

OpenGL Performer 从出现到现在,因为其突出的视景生成能力,深受计算机行业相关程序员的欢迎。但是 OpenGL Performer 是用编程来实现的,没有良好的用户可视化编程界面。因此,采用 OpenGL Performer 开发交互仿真程序,对用户编程能力要求很高,开发周期也相应较长。目前 SGI 已经推出了免费的 Linux 版本的 OpenGL Performer,相信这将使其应用得到进一步的推广。

(2)Vega。Vega 是 MultiGen-Paradigm 公司用于实时视景仿真、声音仿真以及其他可视化领域的世界领先级应用软件工具。它支持快速复杂视觉仿真程序,能为用户提供一种处理复杂仿真事件的便捷手段。

Vega 是在 SGI Performer 软件基础上发展起来的,为 Performer 增加了许多重要特点。它将易用的工具和高级仿真功能巧妙地结合起来,使用户以简单的操作迅速地创建、编辑和运行复杂的仿真应用程序。Vega 大幅度地减少了源代码的编程,使软件的维护和实时性能的进一步优化变得更加容易,从而大大提高了工作效率。Vega 包括友好的图形环境界面(Lynx)、完整的 C 语言应用程序接口、丰富的实用库函数和一批可选的功能模块,能够满足多种特殊的仿真要求。

Vega 和它的可选模块均支持 SGI IRIS 平台和 Windows NT 平台,跨平台应用的兼容性达 99%。为适应图形工作站的不同配置,Vega 备有多处理器版本 Vega-MP 和单处理器版本 Vega-SP。另外 Vega 提供了丰富的扩展模块,包括特效模块、大地形管理模块、雷达模块、模拟人物模块(DI-GUY)、DIS-HLA 模块、沉浸显示模块、海洋模块、非线性校正模块等。正是其丰富的模块,使得 Vega 成为目前使用最广泛的视景仿真引擎之一。

(3)VR JUGGLER。VR JUGGLER 是由美国爱荷华州立大学虚拟现实应用中心开发的开放式软件,致力于提供通用的虚拟现实程序开发框架。用户可根据自己的使用习惯使用不同图形库的版本,如 OpenGL, Performer 或者 OSG。

由 VR JUGGLER 开发的程序独立于设备、计算机平台和不同的虚拟现实系统,具有很好

的柔性。它可运行于许多操作系统,如 IRIX, Linux, FreeBSD, Win32, HP-UX、Solaris 等;支持众多的 I/O 设备,并支持设备的升级和更新;可透明地运行于多种显示系统,从 PC 显示器到沉浸式大型显示环境;有完全的模块化结构,模块之间相互独立。

VR JUGGLER 是该软件的核心 API 库,另外还有 JCCL(Juggler Configuration and Control Library,配置和控制库)、Gadgeteer(I/O 设备管理系统)、VPR(VR Juggler Portable Runtime Layer,操作系统抽象层)、Sonix(音响系统)、Tweek(用户界面系统)。

(4) VESS。VESS 的全称是 Virtual Environment Software Sandbox,是由佛罗里达大学模拟训练学院开发的开放式软件。

VESS 提供一个能够表现复杂虚拟实体的高层函数库,称之为 avatars。它提供简单的代码让用户创建虚拟角色并为其赋予运动模型,让用户处于更高的层次来操纵虚拟角色,而不必关心角色的运动和行为细节。

VESS 目前只能运行于 IRIX 和 Linux 系统,使用 IRIS Performer 函数库,其他平台以及函数库的支持还处于开发阶段。

除以上介绍的四种虚拟仿真引擎外,美国的其他几款商业虚拟视景产品也被较多地采用。这些产品如美国 MPI 公司的 Vega 和 Vega Prime,还有 Quantum 3D 公司的 OpenGVS、美国 CG2 公司的 Vtree 及新版的 Mantis 等。

另外,国外还有一些主要用于游戏开发的引擎,对三维游戏引擎的研究主要集中在几个大公司,如 3D-Realms, ID software, Valve 等。它们研究开发了一批优秀的三维图形引擎,如 Quake 系列、Half-Life 和 Unreal 等。这些引擎虽然不是用于虚拟仿真,但是它们的性能在某些方面不亚于上述图形引擎。

为构造出真实可信的虚拟仿真环境,物理引擎是必不可少的。目前国外开发的较为常用的物理引擎主要有 Vortex, NovodeX, Takamak physics 等。Vortex 是一个跨平台、不依赖于任何图形库的多体动力学和碰撞检测实时仿真引擎,它能够很好地处理刚体动力学、碰撞检测问题,产生比较精确的接触和动力学响应。Vortex 将仿真环境中的模型分为几何模型、碰撞模型和动力学模型,仿真对象不仅具有几何信息,还具有质量、速度、惯性和摩擦等物理属性,使其能够根据自身的内在属性产生响应,从而实现很好的实时仿真效果。NovodeX 是一个用于游戏开发的物理引擎,目前已被超过 60 个游戏工作室和研究单位使用。其最新版本提供一个开放式动力学框架(open dynamics farmework),是一个更高层的环境,使用户的开发过程更加简单。Takamak physics 也主要用于游戏的开发,它允许预先分配处理器和内存的使用量,使用户能够寻求速度和精度间的最佳平衡,从而提高系统的效率。

2. 国内研究现状

与发达国家相比,我国 VR 技术还有一定的差距。特别是 VR 的实际应用还不多,市场上的 VR 商品也很少。国内目前对虚拟现实技术的研究主要集中于推广和研发一些 VR 应用系统,对虚拟现实底层的支撑技术(实时图形生成、动态场景简化等)研究不多。这些早已引起政府有关部门和科学家们的高度重视,抓住机遇,发展我国的 VR 技术是非常必要的。国家五年规划、国家自然科学基金会、国家高技术研究发展计划等都已把 VR 列入了研究项目。目前已经实现或正在研制的虚拟现实系统也有不少。

国防科技大学研制了多媒体仿真环境 Sim Studio 1.0,该仿真环境运行在 SGI Indy 工作站上,它采用 MSP/Auto Studio 建模仿真方法和对象 Euler 网建模方法,以图形化的建模工具

支持用户建立多媒体仿真对象模型,并且支持将多媒体仿真表现脚本嵌入对象模型中,可以进行连续、离散事件混合系统的多媒体仿真。

北京大学设计了基于 PC 的虚拟现实系统 PCVRS,它采用 OpenGL 进行场景描绘,然后用 VRML 1.0 造型,但 VRML 1.0 几乎不具有交互性,因此扩充了新的节点类使系统具有交互性。它有四个功能模块:三维场景建模、VR 造型数据接口、多通道整合以及 VR 设备接口。

北京航空航天大学计算机系曾着重研究了虚拟环境中物体物理特性的表示与处理。虚拟现实与可视化新技术研究室还开发了虚拟北航校园项目,设计实现了虚拟环境漫游引擎,并将漫游引擎先后用于房地产项目虚拟恒昌花园及虚拟珠峰漫游等项目中,取得了较好的效果。

北方工业大学计算机系使用 OpenGL 三维图形库与 VC++ 开发环境,开发了一个三维游戏引擎,系统实现了三维模型文件的载入,建立了三维地形、地面建筑物和人物;使用光照明模型实现三维场景的照明效果;使用环境纹理映射技术实现天空环境的渲染;使用 MIP Mapping 即纹理映射技术实现三维地形的表面纹理,得到比较理想的渲染效果,实现了对三维场景的漫游。

浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室开发出了一套桌面型虚拟建筑环境实时漫游系统。该系统采用了层面叠加的绘制技术和预消隐技术,实现了立体视觉,同时还提供了方便的交互工具,使整个系统的实时性和画面的真实感都达到了较高的水平。该系统曾用于开发虚拟紫禁城漫游系统。

四川大学计算机学院开发了一套基于 OpenGL 的三维图形引擎 Object-3D。该系统在微机上使用 VC++ 5.0 语言实现,其采用面向对象机制与建模工具(如 3DMAX, MultiGen)相结合,对用户屏蔽一些底层图形操作,支持常用三维图形显示技术如 LOD 等,支持动态剪裁技术。

武汉理工大学提出了视景联邦综合开发方法(Visual Federation Synthetic Development Method, VF-SDM)。VF-SDM 是一种“螺旋、渐进、独立、同步”开发方法,这种方法实现了视景仿真系统的对象模型、仿真模型、视景联邦模型、运动体控制模型、视景显示同步模型的分解与协调。在 VF-SDM 指导下,研究、设计了视景联邦文本文法及其存储转换图灵控制机,以及视景联邦概念组成图形语言,并且结合 HLA 思想,建立了视景联邦运行基础支撑结构 VFRTI(Visual Federation Run Time Infrastructure)。VFRTI 能有效支持多领域视景仿真系统开发,目前已经成功地用于国家“九五”攻关项目“疏浚作业视景仿真”。

中国地质大学分析了基于微机的三维应用程序的结构特点,提出了一个基于 OpenGL 和 Direct3D 的三维图形引擎结构框架。该框架已经成功应用到其开发的系统“三维城市景浏览器 Map3D Viewer”中,收到了较好的效果。

1.2.2 虚拟视景技术的发展趋势

在“需求牵引”和“技术推动”下,近年来虚拟现实已经取得了一些技术成果,但随着科学技术的发展,对虚拟现实技术提出了更高的更细致的技术要求。例如,我国从 2006 年以来以每年 6000 多万元的投资发布 863 虚拟现实专题基金,围绕虚拟现实新方法和新技术、虚拟现实学科交叉与融合以及相关应用领域中的关键技术和系统集成技术等开展研究。2006 年度重点支持虚拟现实建模与表现技术,数字媒体内容制作技术,数字媒体处理与服务技术,支持人机交互的显示技术,分布式虚拟现实与数字媒体技术,虚拟现实应用系统集成开发环境,支持

数字媒体内容创作的集成环境,支持大型公共设施安全问题研究的系统原型,支持大规模综合训练的集成环境,支持城市环境规划设计的集成环境和支持先进装备模拟训练的系统原型等方向。2007年度重点支持光学立体成像技术及显示装置,跟踪定位技术与装置,新型视、听、触觉交互技术与装置,虚拟环境与对象的高效建模和绘制技术,虚拟环境中的行为建模与表现技术,虚拟与真实环境无缝融合的增强现实技术,面向互动媒体的三维获取技术与装置,三维数字动漫制作与表现技术,三维模型几何处理与检索系统,虚拟现实的绘制内核和物理引擎系统,真三维高清晰度显示技术与装置,智能化高效影视动漫创作关键技术和虚实结合的互动普适数字娱乐技术等方向。2008年度重点支持高效逼真的高精度三维物体输入技术,交互式新型立体显示技术,力触觉交互技术及装置,高精度跟踪新方法和新技术,多通道人机交互技术与装置,高性能微型投影设备关键技术,3DTV内容制作、编码和重构技术,复杂运动对象的全景动态光场采集与处理技术,基于视频素材的虚拟场景生成技术,高真实感全景虚拟场景生成关键技术与系统,半自动化快速动画生成技术和大幅面多用户交互桌面技术等方向。

虚拟现实视景仿真技术的实时三维空间表现能力、人机交互式的操作环境及给人带来的身临其境的感受,将一改人与计算机之间枯燥、生硬和被动的现状。它不但为人机交互界面开创了新的研究领域,为智能工程的应用提供了新的界面工具,为各类工程的大规模的数据可视化提供了新的描述方法,同时它还为人们探索宏观世界和微观世界以及观察由于种种原因不便于直接观察的事物的运动变化规律提供了极大的便利。复杂(真实感)图像是通过景物表面的颜色和明暗色调来表现景物的几何形状、空间位置及表面材料的。生成有真实感的物体涉及如何由给定顶点生成物体的表面,如何在表面上着色和加上高光与阴影,以及物体发生形变时表面的变化等问题。为了计算屏幕像素上相应景物可见点的颜色,还需要建立一个能计算物体表面在空间给定方向上光亮度的光照模型等。因此使用计算机在图形设备上生成连续色调的真实感对象图形须完成四个基本任务:

(1)用三维立体造型或曲面造型方法建立所需三维场景的几何描述,并将它们输入至计算机。场景的几何描述直接影响图像的复杂性和图像绘制的计算耗费,选择合理有效的数据表示和输入手段是极其重要的。

(2)将三维几何描述转换为二维视图,常通过对场景的透视变换来完成。

(3)确定场景中的所有可见面,这需要使用隐藏面消除算法将视域之外或被其他物体遮挡的不可见面消去。

(4)计算场景中可见面的颜色,根据基于光学原理的光照模型计算可见面投射到观察者眼中的光亮度大小和色彩,并将它转换成适合图形设备的颜色值,从而确定投影画面上每一像素的颜色,最终生成图像。

在虚拟视景仿真系统中一般是通过空间数据结构来对视景系统的场景进行组织的,从而达到对场景的优化管理。空间数据结构主要包括包围体、BSP树、八叉树和场景图。场景图是一种有向、无环图,各节点之间有着确定的方向性,即自顶向下、从左到右。由于它能够简化编程操作、方便可见性剔除,并对被渲染的物体通过状态的相似性进行排序,相对于其他结构更便于场景的组织管理,因此被广泛用作视景系统的数据结构形式。

著名的视景仿真管理平台Vega,在Windows NT以上的版本中实现了场景图系统Jolt。SGI公司开发的IRIS Inventor和IRIS Performer开源三维图形引擎(Open Scene Graph, OSG)等也都采用场景图的数据结构形式。这些现成的三维图形引擎系统使程序员不必将时

间花费在场景图的具体实现上,而将精力集中于提高视景系统的浸入程度上。但是对于非专业图形程序员来说,这些图形引擎不易使用,也就是不能提供一个所见即所得的基于场景图的视景系统搭建平台。当今国外主流的商业图形引擎系统开发均采用基于场景图(Scene Graph)的场景组织管理模式。从底层实现来看,Vega 和 Vega Prime 图形引擎都是基于场景图开发的,而场景图管理系统本身又是建立在 OpenGL 这样的标准图形库之上的。

在 SGI 平台上,Vega 所依附的场景图管理系统就是 Performer,而在 Windows 平台上,Vega 所依附的是一套被称为“Jolt”的场景图管理系统(Jolt 实际上就是 PC 上的 Performer 实现)。Vega Prime 则是基于 VSG(Vega Scene Graph)场景图开发的,如图 1-1 所示。与 VSG 相同量级的 Scene Graph 比较常见的有 OpenGL Performer, OpenGVS, Open Scene Graph 等。

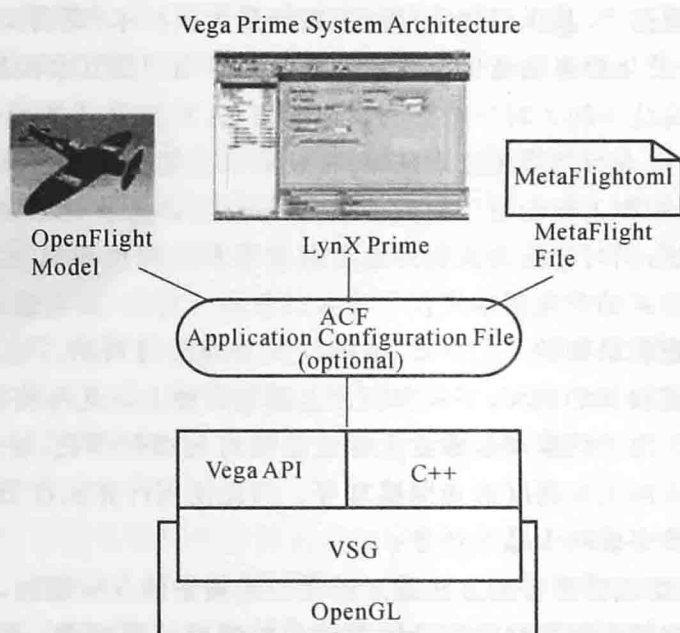


图 1-1 采用 VSP 场景图作为底层场景管理平台的 Vega Prime

场景图是在高层图形工具中被广泛应用的虚拟场景构建技术,它由早期的显示列表演化而来,场景图从结构上看是一个层次化的有向、无环图,它实际上是一种数据结构,它保存着场景汇总的物体及相互关系。场景图是一种将场景中的各种数据按图的形式组织在一起的场景数据管理方式,它是一个 k -树状结构,根节点是场景,树中每个节点可以有任意多的子节点,每个节点存储有场景的数据结构,包括场景的三维物体、光源、相机、变换和其他属性等。

如美国 MPI 公司的 Vega 和 Vega Prime,它们都是基于场景图技术开发的。Vega 系统是基于 Performer 场景图开发的,而 Vega Prime 系统是基于 VSG 的。MPI 公司先进的跨平台场景图形 API,底层为 OpenGL 场景图。在国内,中国科学院计算技术研究所虚拟现实实验室也基于 OSG 场景图开发了一套用于进行群体行为模拟仿真的群体仿真系统平台。

采用场景图开发的视景系统平台具有很大的优势,首先场景图形采用分层的树状数据结构来组织三维空间的数据,不仅更加接近于直觉上的空间三维结构,而且便于场景的高效渲染。其次场景图形树结构的顶部是一个根节点。从根节点向下延伸,各个组节点中均包含了几何信息和用于控制其外观的渲染状态信息。根节点和各个组节点都可以有零个或多个子成

员。在场景图形的最底部,各个叶节点包含了构成场景中物体的实际几何信息。再次场景图形可高效地读/写磁盘上的3D数据,应用程序可以方便地通过内部的场景图形数据结构操控动态的3D数据。所以鉴于使用场景图开发视景系统的优点,本课题的虚拟现实视景仿真系统平台的设计与实现也采用这种场景组织管理方式,因此如何在设计中具体应用场景图是本课题的一个重要内容。当今国外主流的商业图形三维视景系统平台开发均采用基于场景图的场景组织管理模式。

1.3 本书的主要内容

本书针对虚拟现实视景仿真系统中的一些关键技术进行了深入研究,例如,虚拟视景的动态生成与显示,分布式交互仿真技术,仿真建模技术,粒子系统应用程序接口技术及参数化编辑系统设计,三维数字地形的动态调度及修改技术,虚拟现实视景仿真系统中的碰撞检测技术,立体显示技术以及软件编程规范等。特别是本书的第9章是通过封装场景图的数据结构,设计并实现了一个便于二次开发的虚拟现实视景仿真系统平台,对于那些即使没有编程基础的用户也可在此平台上方便地搭建视景仿真应用系统,该平台同时还提供给程序开发人员一套三维图形API。全书内容分为12章,重点针对虚拟视景动态生成与显示,分布式交互仿真技术,仿真建模技术,虚拟现实视景仿真系统中的粒子系统、三维数字地形动态修改、碰撞检测及立体显示等几个关键技术问题展开介绍。具体来说,本书各章节的内容安排如下:

第1章,从仿真技术经过数字仿真、可视化仿真、多媒体仿真、视景仿真一直到虚拟现实技术的发展论述虚拟现实视景仿真技术研究的目的和意义;论述虚拟视景技术重点需要解决的场景构造、对象处理、场景渲染、事件处理、碰撞检测等各种关键技术的必要性;论述构建基于底层的、免编程的虚拟现实视景仿真系统图形化设计平台——VSSP——的重要性;阐述虚拟现实视景仿真技术的国内外研究现状和三维视景系统平台开发均采用基于场景图的场景组织管理模式的发展趋势。

第2章,介绍本书中所用到的三维空间中的向量、矩阵、四元数等计算机图形学中的数学基础,对本书中虚拟现实视景仿真技术及虚拟现实视景仿真系统平台研制中常用的着色流水线、纹理影射、隐面消除及明暗处理与阴影计算等计算机三维图形编程技术中的相关理论知识进行归纳性介绍,最后介绍计算机图形学中的6个常见模型。

第3章,首先介绍虚拟现实视景仿真的核心就是三维实时图形引擎技术。随后重点介绍三维实时视景的生成和显示技术,包括可见性判定和消隐、细节层次模型、纹理映射、实例化以及单元分割等技术。另外介绍国内外20多个著名的虚拟视景引擎系统平台,这些平台是目前开发虚拟现实视景仿真系统的主要开发工具。接下来介绍分布交互式仿真技术,包括DIS以及HLA。最后介绍视域网(VAN)及网格计算可视化,为下一步实现云可视化服务技术打下基础。

第4章,对虚拟现实视景仿真系统中对象模型的几何模型建模技术进行介绍,如实例化、DOF自由度、模型的细节层次、实时动态绘制等技术,这些技术能圆满地解决在现有的硬件条件下虚拟现实视景仿真系统中调度复杂模型时的逼真性和实时性的矛盾。随后介绍自然场景常用的建模方法,如分形、基于文法的模型、粒子系统、基于物理的建模等。介绍虚拟人物的仿真技术,重点介绍DI-GUY虚拟人物仿真方法以及基于DI-GUY的虚拟人物仿真建模技术。