

流域虚拟仿真模拟

张尚弘 易雨君 王兴奎 著



科学出版社

流域虚拟仿真模拟

张尚弘 易雨君 王兴奎 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书总结了虚拟现实技术应用于流域的关键技术与应用方法,分上、下两篇。上篇是对流域虚拟仿真实理论与技术的研究与总结,内容包括虚拟现实技术应用于流域仿真的切入点及其作用与意义、流域三维建模技术、流域三维虚拟环境的建立、水流仿真模拟技术、流域虚拟仿真框架与算法、流域实时交互仿真等。下篇是流域虚拟仿真技术在工程实践中应用实例的总结与讨论,内容包括虚拟仿真技术在都江堰工程、长江流域、汶川地震、哈尔滨市城市防洪等方面的应用。

本书可供数字流域、水信息学、防洪减灾、计算机图形学等专业技术人员及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

流域虚拟仿真模拟/张尚弘,易雨君,王兴奎著. —北京:科学出版社,2011
ISBN 978-7-03-030423-0

I. ①流… II. ①张… ②易… ③王… III. ①水利工程-虚拟-计算机仿真-研究 IV. ①TV5 ②TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 033267 号

责任编辑:沈 建 / 责任校对:纪振红
责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

天 时 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 3 月第 一 版 开本:B5(720×1000)
2011 年 3 月第一次印刷 印张:14 1/2
印数:1—1 500 字数:275 000

定价:120.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

数字流域研究是一门系统且非常复杂的学科,是气象学、水文学、水力学、泥沙运动力学、计算机技术等学科的交叉融合。数字流域研究的核心问题之一是海量数据的管理、模拟与表现。应用现代计算机技术实现海量数据的动态模拟、直观显示,从庞杂的数据背后发现自然规律,是数字流域研究的重要方向。

基于虚拟现实、3S 技术等现代高新技术构建流域综合信息平台,通过虚拟仿真实现综合决策,是现代流域研究的重要手段。该书将虚拟现实技术引入数字流域研究中,充分发挥该技术虚拟性、直观性、交互性的优势,将数字流域研究平台由平面扩展到三维,可以将大量抽象的数据信息加以集成并生动表现,交互式地模拟各种流域事件与工况,全方位反映流域综合信息并辅助决策。该方面的研究在学科交叉方面具有重要的意义,将拓宽和促进数字流域研究体系的发展。

作者在其多年数字流域研究工作的基础上,针对流域虚拟仿真中的关键技术问题开展了富有开拓性的研究工作,该书是其研究成果的总结。该书面向流域模拟与管理,阐述了虚拟现实技术应用于数字流域中的最新进展,融合河流动力学、水信息学、流域综合管理、防洪工程及计算机科学等多学科,实现了虚拟仿真技术在流域防洪、水利工程运行管理、航运、灾害应急、河流生态环境保护等方面的应用。该书将理论与实际应用紧密结合,对数字流域虚拟仿真方面的研究具有较高的参考价值。

相信该书的出版将为流域综合模拟与信息化建设指引一个好的方向,并为广大水利工作者提供有益的借鉴和参考。

中国科学院院士 王光谦

2011 年 2 月 17 日

前 言

虚拟现实(virtual reality)是 20 世纪 60 年代提出并发展起来的一个新的研究领域,主要研究交互式实时三维图形在计算机环境模拟方面的应用。虚拟现实技术的兴起,为人机交互界面的发展开创了新的研究领域,也为各类工程大规模的数据可视化提供了新的描述方法。随着计算机技术的飞速发展,虚拟现实的应用领域不断扩展,从最初的航空、军事领域逐步向教育、娱乐、工业制作、地球科学等诸多领域发展。随着“数字地球”、“数字流域”等概念的提出,虚拟现实技术逐步应用于流域模拟研究中,成为流域模拟研究的新型工具。

虚拟现实技术应用于流域仿真模拟具有多方面的重要意义。第一是信息表述直观性的需要。随着信息技术的不断发展,流域模拟中需要处理的信息量不断膨胀,流域模拟的精度越来越高,广度越来越大,对流域信息的高度集成、综合分析 with 生动表现提出了很高的要求。虚拟现实技术能构建出非常逼真的三维空间场景,并对其中的自然现象进行惟妙惟肖地模拟,这种与真实环境一样的信息表述方式,是人们获取信息最直接有效的方式。第二是工程设计与论证方面的需要。水利工程建设往往投资巨大,而且对流域环境和河流系统的影响具有长期性和不可逆转性,虚拟现实技术能够构建出具有高度沉浸感的虚拟工程场景,为工程建设提供前期环境视觉模拟,实现工程方案的规划设计与比较,减少设计成本,降低建设风险。第三是流域科学计算可视化的需要。科学可视化是流域研究中不可或缺的技术,虚拟现实技术的引入将提高流域模拟的综合性,革新传统的可视化分析方式,实现具有沉浸感和交互性的海量数据动态模拟,使人们更容易从庞杂的计算结果中发现规律。第四是流域方案定制实时性与应急管理需要。由于当前流域数学模型的计算速度和模型结构的限制,常导致方案模拟组合情况少,一些重要的结果被遗漏,对突发事件的模拟则存在更大的弊端。采用虚拟现实物理引擎的构建方法,提高方案模拟显示的实时性和方案情况改变的交互性,对方案模拟特别是应急指挥意义重大。第五是方案决策支持信息综合的需要。虚拟现实技术所构建的三维虚拟环境本身就综合了大量的信息资源,如流域地形地貌、水系分布、工程建设状态等,如果与科学可视化、数据库、GIS、RS、GPS、网络等技术相结合,将会更加综合地为流域研究与决策支持服务。

虚拟现实本身涉及的技术领域极广,本书仅讨论虚拟现实技术在流域仿真模拟中的应用,这方面的研究属于“数字流域”研究的热点之一。作者所在的研究组在流域虚拟仿真模拟方面开展了多年的研究工作,承担了国家自然科学基金项目、

国家“十一五”科技重大专项、用户委托应用项目等多项课题的研究工作,本书是对研究成果的总结。

本书分上、下两篇,上篇是流域虚拟仿真总体框架与关键技术,包括第1~6章,是对流域虚拟仿真实理论与技术的研究与总结。第1章是流域虚拟仿真概述,介绍了虚拟现实的发展与组成,讨论了虚拟现实技术应用于流域仿真的切入点、作用与意义,阐述了流域虚拟仿真的研究方向与进展。第2章是流域三维建模技术,对实时交互仿真的建模方法进行了讨论,重点阐述了基于 Terra Vista 和 VPB 的自动建模方法。第3章是流域三维虚拟环境的建立,对流域模拟中重要的海量地形数据可视化方法进行了讨论,阐述了基于 OpenGVS 和 OSG 的流域虚拟环境建立方法。第4章是水流仿真模拟技术,阐述了数字流域中水流模拟的常用方法,重点讨论了基于科学计算可视化的粒子系统方法和基于纹理的流场可视化方法。第5章是流域虚拟仿真框架与算法,分析了流域虚拟仿真的功能层次,对流域演变过程、工程方案仿真、洪水过程仿真、应急方案仿真等方面进行了重点阐述,展示了虚拟现实在流域模拟中的专业应用方法。第6章是流域实时交互仿真,对流域仿真模拟的实时交互性进行了研究,分析了流域数学模型的结构特点,提出了多计算核心情况下虚拟仿真系统的开发模式,实现了基于进程级并行的仿真模拟过程的控制与交互。

下篇是流域虚拟仿真在工程实践中的应用,包括第7~10章,是虚拟仿真技术在流域模拟中切入点与应用实例的总结与讨论。第7章讨论了虚拟仿真技术在都江堰工程数字化与工程改造方面的应用,是虚拟现实视觉论证的应用实例。第8章讨论了虚拟仿真技术在长江流域的应用,包括工程运行管理、航运管理、水质监测与模拟等方面。第9章讨论了虚拟仿真平台 World Wind 在汶川地震应急中的应用。第10章讨论了虚拟仿真技术在哈尔滨市城市防洪中的应用。书中所列举应用实例均由作者研究组开发,并应用于流域工程实践中。

本书研究成果得到了国家自然科学基金(51009064、50909006)、中央高校基本科研业务费专项资金(10MG31)、国家科技重大专项(2009ZX07209-001)以及多个工程应用项目的资助支持,在此一并表示感谢。同时感谢清华大学水利系河流所的各位老师和同学、华北电力大学可再生能源学院的同仁给予我的帮助。

由于作者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请读者批评指正。

张尚弘

2010年11月

目 录

序 前言

上篇 流域虚拟仿真总体框架与关键技术

第 1 章 流域虚拟仿真概述	3
1.1 虚拟现实技术概述	3
1.1.1 虚拟现实技术的发展历程	3
1.1.2 虚拟现实技术的特点	4
1.1.3 虚拟现实系统组成	5
1.1.4 虚拟现实技术的应用	6
1.2 虚拟现实技术在流域模拟中的作用和意义	7
1.2.1 信息表述的直观性	7
1.2.2 工程设计的预见性	8
1.2.3 科学计算的可视性	9
1.2.4 方案模拟的交互性	9
1.2.5 决策支持的综合性	10
1.3 流域虚拟仿真研究方向与进展	10
1.3.1 地形地物三维建模技术	10
1.3.2 三维可视化技术	12
1.3.3 虚拟现实与 GIS 相结合的研究	14
1.3.4 虚拟现实与数值模拟相结合的研究	15
1.3.5 三维虚拟仿真应用系统开发	18
第 2 章 流域三维建模技术	19
2.1 流域三维建模的类别与工具	19
2.1.1 流域三维建模分类	19
2.1.2 实时绘制系统建模方法与特点	21
2.1.3 面向实时绘制的建模工具	24
2.2 流域三维建模的方法与关键技术	25
2.2.1 OpenFlight 模型数据结构	25
2.2.2 流域实体模型的建模方法	27

2.2.3 三维建模的关键技术	31
2.3 流域自动化建模方法	33
2.3.1 基于 Terra Vista 的自动建模	34
2.3.2 基于 VPB 的流域地形建模	39
2.3.3 基于 Creator API 的建模工具开发	40
2.4 流域模型的集成与存储	41
2.4.1 模型层次结构的调整	41
2.4.2 场景模型的集成存储	42
第3章 流域三维虚拟环境的建立	44
3.1 流域三维可视化实现框架	44
3.2 流域三维可视化关键技术	45
3.2.1 层次细节方法	46
3.2.2 多分辨率层次模型的建立	46
3.2.3 基于外存的数据组织	47
3.2.4 基于图像的绘制	48
3.2.5 三维动态场景绘制	48
3.3 基于 OpenGVS 的三维虚拟环境开发框架	49
3.3.1 程序开发框架	49
3.3.2 虚拟场景控制	52
3.3.3 复杂场景调度方法	54
3.4 基于 OSG 的三维虚拟环境开发框架	56
3.4.1 OSG 的场景体系结构	56
3.4.2 OSG 的帧循环与程序框架	57
3.4.3 OSG 下复杂场景的调度	59
3.5 立体显示效果的实现	61
3.6 流域矢量加载与文字标注	62
3.7 流域实体选取与信息查询	65
3.7.1 空间数据与属性数据存储结构	65
3.7.2 基于三维场景的探测查询	65
第4章 水流仿真模拟技术	67
4.1 水流仿真模拟方法概述	67
4.2 静态纹理模拟水流	69
4.2.1 高精度影像模拟河道水流	69
4.2.2 重复纹理模拟河道水流	70
4.2.3 透明纹理和河道分层设色模拟河道水流	70

4.3	河道水流动态模拟	71
4.3.1	纹理变换模拟动态水流	71
4.3.2	水面波动模拟动态水流	72
4.3.3	水位与纹理动态变化模拟水流	74
4.3.4	粒子系统模拟水流	76
4.4	基于粒子系统的流场模拟	77
4.4.1	粒子的存储结构	78
4.4.2	粒子的运动与更新	79
4.4.3	粒子的出生与消亡	81
4.5	基于纹理映射的流场模拟	83
4.5.1	基于纹理图像的流场可视化原理	83
4.5.2	流场动态可视化平台开发	85
4.5.3	工程应用与比较	89
4.6	各种模拟方法比较	89
第5章	流域虚拟仿真框架与算法	91
5.1	流域仿真模拟的功能层次与总体框架	91
5.1.1	流域仿真模拟的功能层次	91
5.1.2	流域仿真平台的总体框架	92
5.2	流域演变过程模拟	93
5.2.1	流域演变模拟的快照格网模型	94
5.2.2	快照格网的基态修正模型	94
5.3	工程方案动态仿真	95
5.4	洪水淹没过程模拟	97
5.4.1	洪水淹没分析方法	97
5.4.2	河道洪水淹没实现方法	98
5.4.3	多级堤防淹没情况分析	100
5.4.4	虚拟环境下洪水淹没仿真	101
5.5	溃堤洪水过程模拟	102
5.5.1	溃堤洪水淹没区域计算分析	102
5.5.2	虚拟环境下洪水淹没过程仿真	105
5.6	防洪应急方案的制定与显示	106
第6章	流域实时交互仿真	109
6.1	流域交互仿真的需求与问题	109
6.1.1	流域实时交互仿真的需求	109
6.1.2	流域交互仿真的现状与问题	109

6.2 现代计算机技术对实时交互仿真的影响	111
6.2.1 并行计算机体系的发展	112
6.2.2 多核心对软件开发模式的影响	113
6.3 流域仿真模拟的交互控制方法研究	114
6.3.1 数学模型的概化与控制接口	114
6.3.2 实时交互仿真系统开发模式	115
6.3.3 实时交互仿真控制流程	117
6.3.4 虚拟现实与数值模拟间的协调同步	119
6.3.5 虚拟现实与数值模拟间的数据传输方法	121
6.4 流域实时交互仿真应用实例	123

下篇 流域虚拟仿真在工程实践中的应用

第7章 都江堰工程虚拟仿真模拟	129
7.1 都江堰工程概述	129
7.2 都江堰工程虚拟仿真系统开发	131
7.2.1 系统总体框架与开发工具	131
7.2.2 三维场景模型的建立	133
7.2.3 数据库系统的建立	139
7.2.4 都江堰枢纽区数学模型的建立	141
7.2.5 三维虚拟仿真平台开发	143
7.3 都江堰工程虚拟仿真系统功能	146
7.4 基于虚拟仿真系统的工程方案论证	151
7.4.1 方案论证的意义	151
7.4.2 坝址选择	151
7.4.3 方案争论	152
7.4.4 推荐方案及其视觉论证	153
第8章 长江流域虚拟仿真模拟	157
8.1 长江流域虚拟仿真应用概述	157
8.1.1 长江流域概述	157
8.1.2 长江流域虚拟仿真系统建设需求	158
8.2 长江流域虚拟仿真基础平台开发	158
8.2.1 流域三维空间建模	158
8.2.2 虚拟仿真基础平台开发	163
8.2.3 数学模型接口设计	169
8.3 虚拟仿真系统在航运调度中的应用	171

8.3.1	长江航运调度需求	171
8.3.2	应用平台结构设计	171
8.3.3	平台功能及其应用	173
8.4	虚拟仿真系统在三峡库区监测中的应用	178
8.4.1	三峡库区三维可视化与漫游	178
8.4.2	监测数据查询与管理	180
8.4.3	香溪河监测结果显示	180
第9章	汶川地震应急系统开发	183
9.1	基于 World Wind 的地震灾区三维显示	183
9.1.1	World Wind 数据来源	183
9.1.2	基于四叉树的数据组织与调度	184
9.1.3	程序的启动与实时渲染	186
9.2	地名标注与救灾路径的加载	187
9.3	唐家山堰塞湖模拟	189
9.4	World Wind 在灾害应急中的应用展望	192
第10章	哈尔滨城市防洪虚拟仿真系统	194
10.1	防洪数字仿真平台总体框架	194
10.1.1	研究范围介绍	194
10.1.2	洪水预报流程	195
10.1.3	防洪仿真平台框架	196
10.2	哈尔滨城市防洪虚拟仿真系统开发	197
10.2.1	基础资料与开发工具	197
10.2.2	防洪区域建模	197
10.2.3	场景浏览与标注	202
10.3	哈尔滨城市防洪虚拟仿真系统工程应用	205
10.3.1	洪水综合信息查询	205
10.3.2	洪水淹没过程显示	208
10.3.3	流场模拟	209
10.3.4	溃堤洪水过程模拟	211
10.3.5	雨量等值面信息显示	212
参考文献		214

上篇 流域虚拟仿真总体 框架与关键技术

第 1 章 流域虚拟仿真概述

虚拟现实技术主要研究交互式实时三维图形在计算机环境模拟方面的应用。它是一种有效地模拟人在自然环境中视觉、听觉、触觉等行为的高级人机交互技术。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“沉浸”于等同真实环境的感受和体验。它的兴起,为人机交互界面的发展开创了新的研究领域,也为各类工程大规模的数据可视化提供了新的描述方法,是人类在探索自然、认识自然过程中创造产生,逐步形成的一种用于认识自然、模拟自然,进而更好地适应和利用自然的科学方法和科学技术。在流域仿真应用系统中,三维虚拟仿真技术的研究主要包括仿真建模和三维可视化模拟两个大的方面,而以此为基础形成的应用平台,则涉及计算机图形学、数据库、3S 技术、数学模型接口、软件工程等多个研究领域。在流域相关的应用中,虚拟现实技术的研究重点主要包括三维建模技术、三维可视化、与专业模型的结合、实时交互性研究、与 GIS、RS、GPS 系统的结合、网络化、决策支持体系的建设等方面。

1.1 虚拟现实技术概述

1.1.1 虚拟现实技术的发展历程

1965 年,计算机图形学的重要奠基人 Sutherland (1965)博士发表了论文 *The ultimate display*,以其敏锐的洞察力和丰富的想象力描绘了一种新的显示技术。首次提出了具有交互图形显示、力反馈设备以及声音提示的虚拟现实系统的基本思想,他设想在这种显示技术支持下,观察者可以直接沉浸在计算机控制的虚拟环境之中,就如同日常生活真实世界一样,观察者可以以自然的方式与虚拟环境中的对象进行交互,如触摸感知和控制虚拟对象等。文章从计算机显示和人机交互的角度提出了模拟现实世界的思想。

1966 年美国 MIT 的林肯实验室开始了头盔式显示器(helmet mounted display, HMD)的研制工作。在第一个 HMD 的样机完成不久,研制者又把能模拟力量和触觉的力反馈装置加入到这个系统中。1970 年,第一个功能较齐全的 HMD 系统诞生。1973 年,Krueger 提出了“Artificial Reality”一词,这是早期出现的 VR 词语。

20 世纪 80 年代,美国宇航局(NASA)及美国国防部组织了一系列有关虚拟

现实技术的研究,取得了令人瞩目的研究成果,引起了人们对虚拟现实技术的广泛关注。1983年美国陆军和美国国防部高级项目研究计划局共同制定并实施 SIM-NET(SIMulation NETworking)计划,开创了分布交互仿真技术的研究和应用。SIMNET的一些成功技术和经验对分布式技术的发展有重要影响。NASA的Ames研究中心利用Radio Shack公司的袖珍式液晶显示屏研制成头戴式虚拟现实眼镜,并研制成第一台商用虚拟现实软硬件:美国空军的Super Cockpit飞行模拟器。1989年,美国VPL公司的创立者Lanier提出Virtual Reality一词,很快这一词语被研究人员普遍接受,成为这一科学技术领域的专用名称。

20世纪90年代以后,随着计算机技术与高性能计算、人机交互技术与设备、计算机网络与通信等科学技术领域的突破和高速发展,以及军事演练、航空航天、复杂设备研制等重要应用领域的巨大需求,VR技术进入了快速发展时期。一些著名大学和研究所的研究人员相继开展了对分布式虚拟现实(DVR)系统的研究工作,并陆续推出了多个实验性DVR系统或开发环境。一批用于VR系统开发的软件平台和建模语言开始出现。1989年Quantum 3D公司开发了OpenGVS、1992年Sense8公司推出WTK,1994年3月在日内瓦召开的第一届WWW大会上,首次提出了VRML,开始了相关国际标准的制定。

我国在计算机建模与仿真方面大体于20世纪70年代初开展研究,主要集中在航空航天领域。多年来,我国高等院校、科研院所及其他许多应用部门和单位的科研人员进行了各具背景、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不少成果。国家“863”计划在1996年将“分布式虚拟环境”确定为重点项目,实施了DVNET计划,2006年国务院颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》将VR技术列为信息领域优先发展的前沿技术之一。

1.1.2 虚拟现实技术的特点

1994年,Burdea等出版了*Virtual Reality Technology*一书,提出了著名的“虚拟现实三角形”,简洁地说明了虚拟现实系统的基本特征,即三个“I”,它们是immersion-interaction-imagination(沉浸-交互-构想)。

沉浸感是指观察者对虚拟世界的情感反映。虚拟现实通过计算机生成一个非常逼真的虚拟世界,用户利用视觉、听觉、触觉来感受这个虚拟世界中所发生的一切。这种真实的感觉使用户能全方位地投入这个虚拟世界,似乎自己是其中的一员。沉浸感是虚拟现实的首要特征。

虚拟现实不是一个静态的世界,应当是一个开放的环境,它必须能对用户的输入做出响应,可以通过监控装置来影响用户和被用户影响。这就是虚拟现实的第二个特征,即交互性。

虚拟现实不仅仅是一个媒体、一个高级用户界面,它更是为解决工程、医学、军

事等方面的问题而设计出来的应用软件,它以生动、形象甚至夸大的形式反映了设计者的思想,所以虚拟现实又被称为人工现实。这就是虚拟现实所具有的第三个特征,即构想性。

1.1.3 虚拟现实系统组成

虚拟现实系统的实现,要求一定的支撑技术,包括各类传感器、三维显示和音响器、虚拟环境产生器、程序设计工具集、高性能计算机平台等。具体来说,硬件方面,应有以下几类设备的支持:

高性能计算机系统:它是硬件的核心,要完成虚拟世界中物体的模拟计算、虚拟世界中图像、声音等的完成以及各种输入设备、跟踪设备的数据处理和控制。为了达到逼真的效果,要求系统具有实时响应的性能。因此,用于虚拟现实系统的计算机应具有高处理速度、大存储容量和强大的联网能力。

显示设备:显示设备用以产生视觉效果,大多 VR 系统要求提供大视野显示,支持双眼立体显示效果,而且要求高刷新速度、高分辨率。

头部和手部跟踪设备:头部跟踪设备用于跟踪操作者头部的方向和位置,以动态地产生虚拟世界中人所“看到”的图像,模拟人在虚拟世界中的运动,它是虚拟现实系统中独有的设备。手部跟踪设备和头部跟踪类似,用以得到手掌的位置和方向。

手操作数字化设备:用手作为和计算机交互的主要手段来代替键盘、鼠标是 VR 的一项重大突破,它的作用是将手操作的结果进行数字量化。目前比较成熟的数字化设备有数据手套、外管架设备、控制手套、摇杆、三维鼠标、空间球、指挥棒等设备。

其他感官设备:除视觉设备外,虚拟现实系统还包括听觉(声音和语言)、触觉、力觉设备等。图 1-1 所示为几种常见的虚拟现实设备。



图 1-1 虚拟现实设备

在软件方面,目前用于虚拟现实系统开发的软件开发包很多,常用的基础三维图形绘制库有 OpenGL、Direct3D、Java 3D,常见的三维图形引擎有 OpenGL Performer、OpenGVS、Vega、VegaPrime、WTK、VTK、VTree、Virtools、OpenScene-Graph 等。虚拟仿真系统开发中,三维图形引擎除提供一般所需的软件支持外,主要提供产生虚拟环境的核心算法,这些核心部分主要包括:

(1) 三维图形的实时显示:为了在虚拟现实达到良好的视觉效果,要求系统实时响应操作者动作,而响应动作的体现是动态图形的刷新,包括图形刷新的速度、视角的影响,物体表面受视角变化时间感光度和灰度、景色纹理渐变的形成,在追求快速刷新的同时要求有真实感。

(2) 科学计算的交互与显示:虚拟显示的目的是为了反映设计者的构思,它要求系统随着操作者的参与,随时进行各种复杂的科学计算,将计算结果所产生的数据转换成可视的图形或图像信息,并可进行交互式分析。这种方式,将成为信息爆炸年代人类分析和驾驭信息的有力的新途径。

(3) 分布式仿真:由于系统要支持各种外设,每个设备都有数据的实时传输。如果要求系统具有真实的仿真动作效果,就必须能迅速处理传递过来的信息。因而对操作系统和数据传输网络都提出了极高的要求,而且这种传输信息量通常都很大,如声音、图像等,必须要有高档次的机器和高效的算法支持。

1.1.4 虚拟现实技术的应用

应用是虚拟现实技术发展的主要推动力,VR 的本质作用就是“以虚代实”、“以科学计算代实际实验”。VR 通过沉浸、交互和构想的 3I 特性能够高精度地对现实世界或假想世界的对象进行模拟与表现,辅助用户进行各种分析,从而为解决面临的复杂问题提供一种新的有效手段。VR 的应用领域非常广阔,可应用于建模与仿真、科学计算可视化、设计与规划、教育与训练、遥现与遥操作、医学、艺术与娱乐等多个技术领域。典型实例如虚拟军事演习、航空训练、虚拟设计与制造、医学三维重建、科学可视化中的虚拟风洞以及一系列高科技娱乐设施等。以下是虚拟现实系统应用的 5 个比较典型的实例(周思跃等,2006)。

实例 1: 1986 年美国空军 Armstrong 医疗研究室的 T. Furness 小组开发了著名的 VCAS 系统(visually coupled airborne systems),即战斗机飞行仿真器(flight simulators),它为高风险高成本的职业培训提供了一种工具,能够模拟飞行员在天空中驾驶飞机的感觉,使得飞行员在早期培训时可以在地面上进行,减小了飞行员培训的风险和成本。

实例 2: 1984 年,NASA Ames 研究中心虚拟行星探测实验室的 McGreevy 和 Humphries 博士组织开发了用于火星探测的虚拟环境视觉显示器(VIVED),使地面操作人员对火星探测器进行遥控更加便利。现在 NASA 已经建立了航空、卫星