

网络虚拟环境

——设计与实现

Networked Virtual Environments
Design and Implementation



**Networked
Virtual
Environments**
Design and Implementation

SANDEEP SINGHAL
MICHAEL ZYDA

*"An excellent resource,
including important concepts
and a useful level of detail."*
—Andreas van Dam

[美] Sandeep Singhal 著
Michael Zyda

潘金贵 等译 潘志庚 审校



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

<http://www.phei.com.cn>

国外计算机科学教材系列

网络虚拟环境

——设计与实现

Networked Virtual Environments

Design and Implementation

[美] Sandeep Singhal 著
Michael Zyda

潘金贵 等译

潘志庚 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

结合了虚拟现实与网络通信技术的网络虚拟环境(net-VE)是一种可以创建和体验网络虚拟世界的计算机系统。在这个系统中,位于不同物理位置的多个用户或多个虚拟环境通过网络进行实时交互、共享信息。近年来,网络虚拟环境系统正处于快速发展中,是信息技术研究领域的热点之一。本书探讨了实现net-VE的技术及其他相关主题,包括net-VE的起源和面临的挑战、实现net-VE的网络技术、通信技术、动态共享状态的管理、net-VE系统设计、可扩展性、性能优化等,书中还包括大量的实例,它们是理解这些技术的基础。

本书结构合理,内容全面,适合作为计算机及相关专业高年级本科生及研究生的教材和参考书,也可作为相关领域从业人员的参考资料。

Authorized translation from the English language edition, entitled *Networked Virtual Environments: Design and Implementation*, 1st edition, 0201325578 by SINGHAL, SANDEEP; ZYDA, MICHAEL, published by Pearson Education, Inc, publishing as Addison Wesley Professional, Copyright©1999 by the ACM Press, a division of the Association for Computing Machinery, Inc. All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc. CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY, Copyright ©2006.

本书简体中文版由电子工业出版社和Pearson Education 培生教育出版亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书简体中文版贴有Pearson Education 培生教育出版集团激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2005-6590

图书在版编目(CIP)数据

网络虚拟环境:设计与实现/(美)辛格豪(Singha, I. S.)等著;潘金贵等译.

北京:电子工业出版社,2006.6

(国外计算机科学教材系列)

书名原文:Networked Virtual Environments: Design and Implementation

ISBN 7-121-02562-0

I. 网... II. ①辛... ②潘... III. 虚拟网络-教材 IV.TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第043138号

责任编辑:许菊芳

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

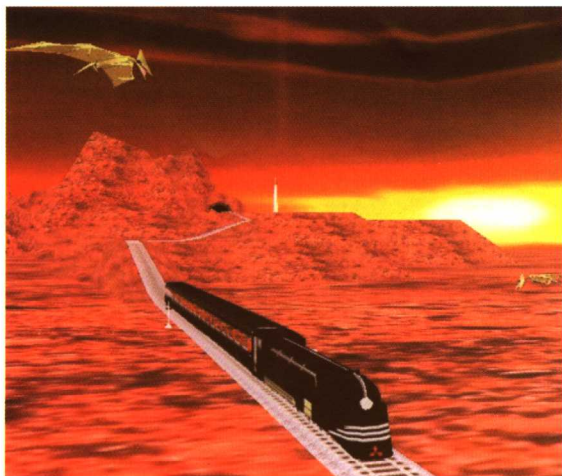
经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:17 彩插:4页 字数:395千字

印 次:2006年6月第1次印刷

定 价:38.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。



- Schmoozzer 中包含有一个构建子系统的铁路模拟环境。其中布局背景和火车可用标准组件在不同的场景中构建，而包含火车布局背景的场景可通过网络连接起来。场景中的翼龙可用一种简单的脚本语言栩栩如生地描绘出来，这种脚本语言实现了 Open Community 的“Remote Actions”，它是为了使用户能够观看本地的动画场景而在本地执行的类agent的小程序。火车也以同样的方式被描绘出来，但它是一个可编程的模拟器来跟踪铁路轨迹对象的。

来源：Bill Lambert, Mitsubishi Electric ITA 和 David Anderson, Mitsubishi Electric Research Laboratories, <http://www.metica.com/opencom/schmoozzer>。

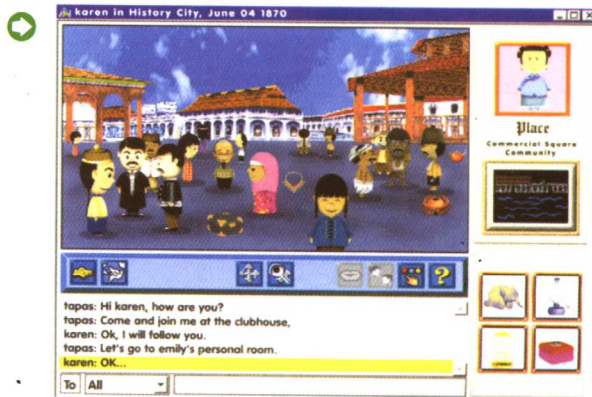


- 这是在NPSNET-IV网络虚拟环境的Herrmann Hall模型里的一个内部场景，称为Tower Room。Herrmann Hall是用所有可用公共空间精确模拟的一个蓝图。这个模型利用MultiGen建模工具花费400小时构建而成。

来源：Michael Zyda 和 John Locke, 海军研究生院, <http://www.npsnet.nps.navy.mil>。

这是History City系统——建立在NetEffect之上的应用。自1997年到作者写作本书时为止，该系统共有5000份副本分发给了新加坡的小孩们使用。更多有关History City的信息可从 <http://www.historycity.org.sg> 上获得。该图描绘了21个History City社区中的一个，图中的人物是一些在社区里进行探索的小孩的虚拟人替身。

来源：Dr.Gurminder Singh, Director, Learning Lab, Kent Ridge Digital Labs, <http://www.krdl.org.sg/RND/learning>。





- ◀ Narrative Immersive Constructionist and Collaborative Environment (NICE) 是一个协作学习环境，用于教授幼儿如何设计和培育一个虚拟花园。这个项目更广泛的研究目标是为了开发协作交互和学习的技能。

来源: Jason Leigh, Andrew E. Johnson, Maria Roussos, Christina Vasilakis, Thomas G. Moher, Craig Barnes. Electronic Visualization Laboratory and the Interactive Computing Environment Laboratory, University of Illinois at Chicago, 1996, <http://www.evl.uic.edu/cavern>。



- ◀ 这幅图展示了用于在虚拟世界里导航的Community Place 浏览器。这里的虚拟人替身表示的是其他的玩家。右边的窗口是多用户窗口，在这里玩家可以发送或者接收文本信息或者触发一些动作（比如挥手）。

来源: Hubert Le Van Gong 和索尼公司。

美国军队中使用的“精确战斗战术训练系统 (CCTT)”是大规模网络虚拟环境中的一个。CCTT 是“联合军队战术训练系统 (CATT)”项目的核心部分。根据训练计划书中的团队训练任务，CCTT 可以通过完成军队任务来达到训练装甲兵、骑兵和机械化步兵排的目的。CCTT 包括下面的组件：人控网络仿真器模块，半自动武装，操作中心工作站，战后评估系统，计算机网络和协议。CCTT 提供了一个可靠的虚拟环境，这样的虚拟环境能用于其他的仿真器，从而使这些仿真器可以和 CCTT 互操作。

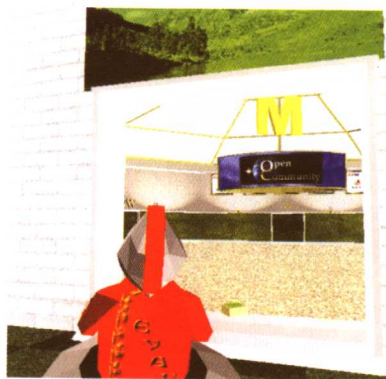
来源: U.S. Army Simulation, Training and Instrumentation Command (STRICOM), Donnie Martello 和 Mike Macedonia, <http://www.stricom.army.mil>。





在 CyberCafe 大厅里，在进入这个基于 VRML 的虚拟环境之前，用户可以选择虚拟人替身并附加一些行为动作和个性。

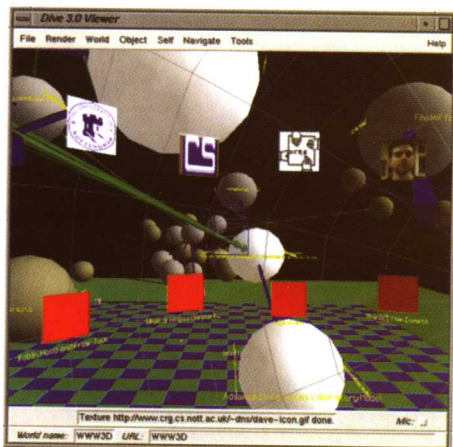
来源：David Lection, IBM 公司。



这是关于一个 Schmoozer 虚拟人替身将要穿越现场边界的场景。这个 Schmoozer 的环境包括“端口”对象，这些端口对象是刚好位于门槛之上的小金钻。与这些端口相关

联的导航对象用于获得连接，使用两个钻石端口对象的原因是为了指定两个本地场景之间的空间关系——当前虚拟人所在的白墙长廊和位于正前方的大房间。

来源：Bill Lambert, Mitsubishi Electric ITA 和 david Anderson, Mitsubishi Electric Research Laboratories, <http://www.meitca.com/opencom>, <http://www.meitca.com/opencom/schmoozer>。



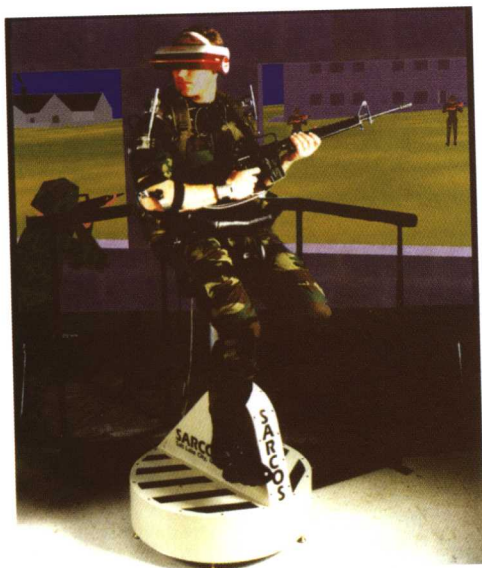
WWW3D——用 DIVE 3.0 系统构建的一个 3D 协同 Web 浏览器。

来源：Dave Snowdon, Nottingham University, UK. "A 3D Collaborative Virtual Environment for Web Browsing," Dave Snowdon, Steve Bendord, Chris Greenhalgh, Rob Ingram, Chirs Brown, Dave Lloyd, Lennart Fahlen 和 Marten Stenius, 发表于 Virtual Reality Universe '97, April 2-5 (Westin Santa Clara Hotel, California, USA)。



Fraunhofer 协作虚拟环境 (CVE)。参与者是带有实时视频纹理的虚拟人替身。除了共享模型外，应用共享和空间化会议音频的虚拟环境还使用了很多种其他类型的数据。这些虚拟人替身装备了远距视讯指针，这样就可以在环境中进行简单的数据交互和引用。

来源：这项工作是由德国达姆施塔特图形学院研究计算机图形学的 Fraunhofer 研究中心与美国罗德岛普罗维登斯 Fraunhofer CRCG 的 Bob Barton 和 Lars Kar 共同研究开发的成果，<http://www.crcg.edu>。



NPSNET-IV 网络虚拟环境和 Boston Dynamics BDI-Guy 虚拟人。

来源: Michael Zyda, 海军研究生院, <http://www.npsnet.nps.navy.mil>。



这是 Sarcos I-port 输入设备 (NPDNET-IV 网络虚拟环境) 以及宾夕法尼亚大学的 Jack ML 虚拟人。

来源: Michael Zyda, 海军研究生院, <http://www.npsnet.nps.navy.mil>。



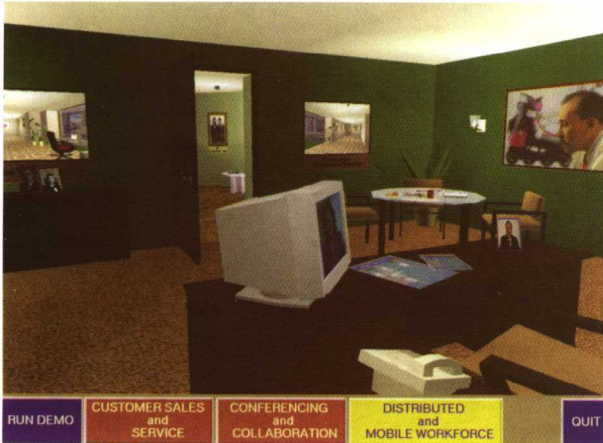
Sarcos Treadport 输入设备 (NPSNET-IV 网络虚拟环境) 和宾夕法尼亚大学的 Jack ML 虚拟人。Treadport 是一个医用踏板, 它的机器人手臂可将虚拟人带回到背投虚拟环境的中心位置。

来源: 这个演示出现在华盛顿的 AUSA'95 会议上。Michael Zyda, 海军研究生院, <http://www.npsnet.nps.navy.mil>。



虚拟空间设备 Omni Directional Treadmill (NPSNET-IV 网络虚拟环境) 和 Boston Dynamics BDI-Guy 参与者。

来源: Michael Zyda, 海军研究生院, <http://www.npsnet.nps.navy.mil>。



获取商业信息的虚拟环境。

来源：图片来自 Thomas A. Funkhouser, Ingrid Carlbom, Gary Elko, Gopal Pingali, Mohan Sondhi 和 Jim West, "A Beam Tracing Approach to Acoustic Modeling for Interactive Virtual Environments". Computer Graphics (SIGGRAPH'98), 21-32, Orlando, July 1998。这项工作由朗讯科技公司贝尔实验室赞助。

在伯克利交互预演节目中看到的 Soda Hall 第七层内部全景图。



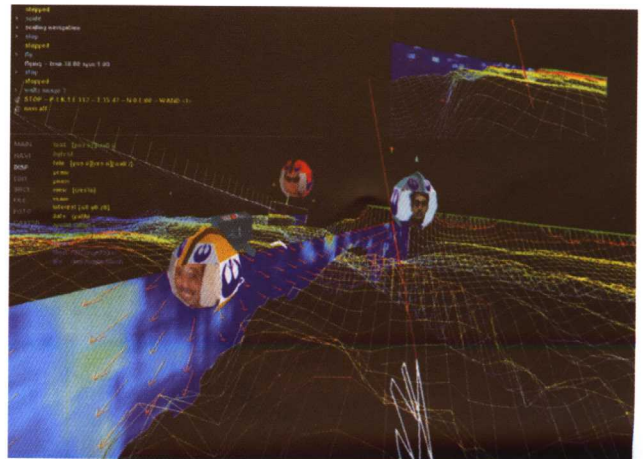
来源：加州大学伯克利分校计算机科学系 Richard Bukowski 和 Carlo Sequin 授权。



四个节点上的五个协作者（使用了三个 ImmersaDesks 和两个桌面工作站）在一个虚拟的切萨皮克海湾上漫游。CAVE5D 2.0 显示了海湾探测的情况，其中用到了时间维和速度表示的数据流维。该虚拟控制器架构提供了在时间和空间、虚拟照相控制以及参与者之间进行交互的导航。

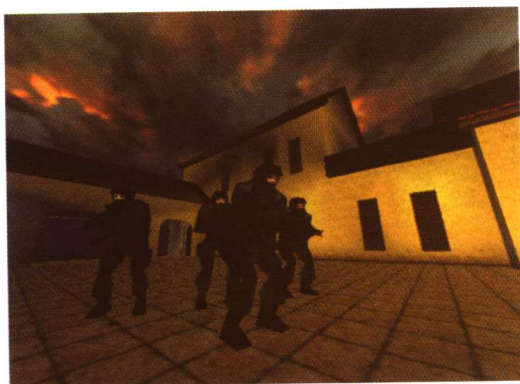
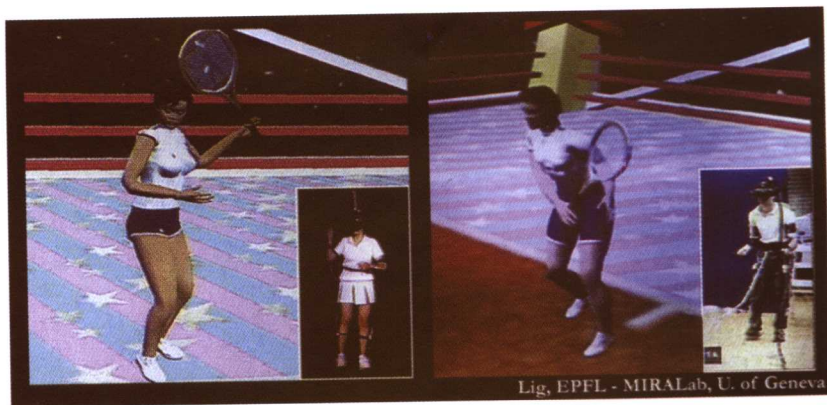


来源：Glen Wheless, Cathy Lascara (CCPO, Old Dominion 大学); 虚拟操作指挥者: Donna Cox, Robert Patterson, Stuart Levy (NCSA, UIUC), Marcus Thiebaut (EVL, UIC); Supercomputing 1998 的参与者: Russell Burgett (ODU), Satheesh Subramanian (EVL), Umesh Thakkar (NCSA) 以及其他一些人员。



日内瓦大学洛桑联邦理工学院的虚拟网球系统。

来源：日内瓦大学的 Nadia Magnenat Thalmann 和洛桑联邦理工学院的 Daniel Thalmann。



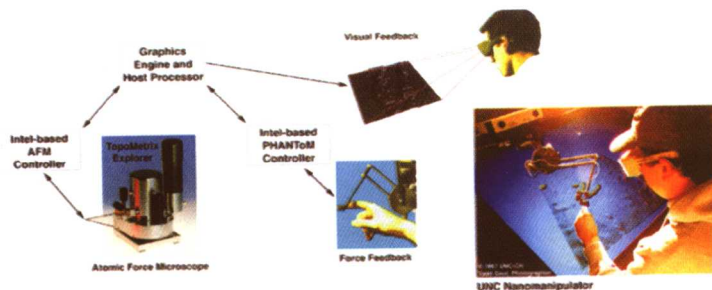
Eainbow Six 游戏中的截屏画面。

来源：Red Storm Entertainment, Morrisville, NC, <http://www.redstorm.com>。



虚拟环境里不仅有士兵还有车辆。仿真实体可以有人的物体和自然的结构，比如楼房和树木。

来源：Warren Katz 和 Fred Wersan, MAK Technologies, <http://www.mak.com>。



UNC nanoManipulator (nM) 系统。其中网络组件包括图形、触觉和显微镜系统。

来源：nM 项目是 UNC 的计算机科学系、物理和天文系、化学系以及图书馆学院和教育学院的合作项目。其目的是为扫描隧道显微镜开发一个改进的、自然的接口，包括扫描隧道显微镜和原子能显微镜。nM 项目把显微镜集成到虚拟环境接口中以提供一个远程现场系统，该系统能够运行在规模差别为大约百万分之一的场合。Russell Taylor, UNC 授权。

出版说明

21世纪初的5至10年是我国国民经济和社会发展的关键时期,也是信息产业快速发展的关键时期。在我国加入WTO后的今天,培养一支适应国际化竞争的一流IT人才队伍是我国高等教育的重要任务之一。信息科学和技术方面人才的优劣与多寡,是我国面对国际竞争时成败的关键因素。

当前,正值我国高等教育特别是信息科学领域的教育调整、变革的重大时期,为使我国教育体制与国际化接轨,有条件的高等院校正在为某些信息学科和技术课程使用国外优秀教材和优秀原版教材,以使我国在计算机教学上尽快赶上国际先进水平。

电子工业出版社秉承多年来引进国外优秀图书的经验,翻译出版了“国外计算机科学教材系列”丛书,这套教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多,既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。这些教材涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。同时,我们也适当引进了一些优秀英文原版教材,本着翻译版本和英文原版并重的原则,对重点图书既提供英文原版又提供相应的翻译版本。

在图书选题上,我们大都选择国外著名出版公司出版的高校教材,如Pearson Education培生教育出版集团、麦格劳-希尔教育出版集团、麻省理工学院出版社、剑桥大学出版社等。撰写教材的许多作者都是蜚声世界的教授、学者,如道格拉斯·科默(Douglas E. Comer)、威廉·斯托林斯(William Stallings)、哈维·戴特尔(Harvey M. Deitel)、尤利斯·布莱克(Uyless Black)等。

为确保教材的选题质量和翻译质量,我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本系列教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师、博士,也有积累了几十年教学经验的老教授和博士生导师。

在该系列教材的选题、翻译和编辑加工过程中,为提高教材质量,我们做了大量细致的工作,包括对所选教材进行全面论证;选择编辑时力求达到专业对口;对排版、印制质量进行严格把关。对于英文教材中出现的错误,我们通过与作者联络和网下载勘误表等方式,逐一进行了修订。

此外,我们还将与国外著名出版公司合作,提供一些教材的教学支持资料,希望能为授课老师提供帮助。今后,我们将继续加强与各高校教师的密切联系,为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书,为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

电子工业出版社

教材出版委员会

主 任	杨芙清	北京大学教授 中国科学院院士 北京大学信息与工程学部主任 北京大学软件工程研究所所长
委 员	王 珊	中国人民大学信息学院院长、教授
	胡道元	清华大学计算机科学与技术系教授 国际信息处理联合会通信系统中国代表
	钟玉琢	清华大学计算机科学与技术系教授、博士生导师 清华大学深圳研究生院信息学部主任
	谢希仁	中国人民解放军理工大学教授 全军网络技术研究中心主任、博士生导师
	尤晋元	上海交通大学计算机科学与工程系教授 上海分布计算技术中心主任
	施伯乐	上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授 中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长
	邹 鹏	国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师 教育部计算机基础课程教学指导委员会副主任委员
	张昆藏	青岛大学信息工程学院教授

译 者 序

虚拟现实(VR)是近来计算机网络世界的热点之一,在众多领域有着良好的发展前景。它不仅仅是一种人机界面,更是对虚拟想像或真实三维世界的模拟。虚拟现实以沉浸感、交互性和构想为基本特征,综合利用计算机图形学、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、触觉等感官功能,使人能够沉浸在计算机生成的虚拟境界中,并通过语言、手势等自然的方式与之进行实时交互,创建一种适人化的多维信息空间。如今,虚拟现实技术已广泛应用于娱乐教育、军事航空、医学、商业等众多领域。

结合虚拟现实与网络通信构成的网络虚拟环境(net-VE)是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机系统。在这个系统中,位于不同物理位置的多个用户或多个虚拟环境通过网络进行实时交互,共享信息。网络虚拟环境具有以下特征:共享的虚拟空间,伪实体的行为真实感,支持实时交互与共享时钟,多用户以多方式(如文字、图形、手势、声音)通信,资源共享并允许用户自然操纵环境中的对象。事实上,早已出现了许多成熟的虚拟环境系统,如美国国防部支持研究的 SIMNET、SGI 公司研发的 Flight/DogFlight、美国海军研究生院开发的 NPS-NET 以及瑞典计算机科学研究所的 DIVE 等。

近几年,网络虚拟环境已经逐渐改变了人们传统的思维方式,改变了人们对世界、空间及时间的认识。许多出现在科幻小说中或出自梦想家之口的遐想,原本遥不可及,而如今已有一部分雏形成为现实:足不出户就能购买商品,坐在家中就能参与公司讨论会,与远在他乡的好友组队玩游戏……目前,网络虚拟环境系统还处于快速发展中,具有深远的潜在应用性。

《网络虚拟环境》这本书结合了理论和实践,在虚拟现实方面具有较高的参考价值。本书的章节安排循序渐进,因此可适合不同程度的读者使用。书中给出了许多图表和代码以及大量的参考文献,具有重要的资料价值。

本书是由南京大学计算机科学与技术系多媒体研究所潘金贵教授主持和组织其课题组的相关师生共同翻译的。卢威负责翻译前言、第 1 章、第 9 章及附录,崔业怡翻译第 4 章和第 6 章,曾定浩负责翻译第 5 章,郑详毅与徐丹共同翻译了第 3 章和第 7 章,江曼负责翻译第 2 章和第 8 章。浙江大学潘志庚教授和南京大学潘金贵教授负责审校了全书。徐晓和苏绍勇协助两位老师进行了许多校正工作。

本书不仅可作为大学高年级学生和研究生的教学参考书,而且可作为虚拟环境技术研究和开发的参考资料。

前 言

网络虚拟环境(net-VE)可使位于世界各地的多个用户进行实时交流,这些虚拟环境结合逼真的三维图形和立体声,为用户提供真实感和沉浸感。如今,在军事及工业团队的培训、协同设计与工程以及支持多玩家的游戏系统中,网络虚拟环境得到了越来越广泛的应用。可以想像,将来网络虚拟环境也必定会广泛地应用于商业领域,包括虚拟购物中心与样品陈列室、在线贸易展览与会议、远程客户支持以及远程教育等。在许多领域,网络虚拟环境都已成为新一代标准应用的基础。

近几年来,网络虚拟环境的设计和实现受到越来越多的关注:不少公司都在娱乐系统中实现了交互性的虚拟环境;一些商用网络虚拟环境系统的原型正处于开发之中;军事训练系统的规模、范围也在不断扩大,其复杂度也在不断增加。由于一些大学和商业实验室加大了研究力度,一些网络虚拟环境的新领域也得到了快速发展。与此同时,网络虚拟环境在因特网上进行传输的公开标准也已经开始出现。

网络虚拟环境的开发人员必须具备许多领域的专业知识,包括网络协议的设计与实现、并行与分布式系统、图形表示与渲染、异步多线程系统的设计与实现、数据库开发以及用户界面设计。此外,网络虚拟环境本身还包含一些特有的技术:管理分布式信息的一致性,保证实时交互性,合理分配有限的网络带宽,处理资源和渲染资源的分配等。越来越多的计算机科学家开始研究如何构建合理的网络虚拟环境基础架构,在这些架构上开发虚拟环境应用系统,并将其应用到日常工作中。在开发过程中,开发人员和用户并不需要重新研究一套新的设计方案,而可以直接将已有系统中经过实验证明的可靠技术应用到新的开发项目中,当然也可以利用一些科研实验室的创新技术,这将大大提高开发效率。

本书将详细介绍网络虚拟环境的设计与实现。考虑到有些读者可能并不熟悉分布式应用系统的开发过程,因此本书采用由浅入深的方式对网络虚拟环境系统进行说明。内容大致分为三个部分。

第一部分引入网络虚拟环境的基本概念,介绍网络虚拟环境开发人员所面临的主要挑战,并基于网络虚拟环境在军事、工业和科研领域的开发与应用描述它的历史发展进程。然后回顾网络系统的设计原则,并着重介绍因特网上的通信协议。

第二部分对网络虚拟环境各个组成部分进行详细的讨论。这个部分叙述如何构造基本的通信设施,如何管理分布式状态信息,如何设计多用户交互系统,如何显示高质量的图形图像,如何保证实时响应等问题。

第三部分针对网络虚拟环境最近几年的发展过程进行说明。最后的几章将详细描述系统如何有效地管理有限的带宽及计算资源,并介绍如何支持大量用户进行同步操作的技术。由于网络虚拟环境应用于因特网上的标准正在逐渐形成,因此本部分也对此进行了介绍。另外,我们还将分析一些其他的因特网配置需求的考虑事项。在本书的最后,将分析网络虚拟环境技术领域一些重要的发展趋势以及未来可能出现的服务需求。

本书主要面向以下几种读者。

商业网络虚拟环境基础架构和应用程序的开发人员

本书为需要创建新的网络虚拟环境系统的开发人员提供现有的理论知识基础。读者可以将本书作为指导手册从头至尾通读一遍,也可以作为参考文献用于查阅某些特定主题。

高等院校的学生

本书可以作为网络虚拟环境课程的基础教材,适用于高年级本科生和研究生。对于传统图形学、网络系统和分布式系统等课程来说,本书也是很好的辅助教材。在这些课程中,本书会向学生们展示一个利用这些课程中的核心技术实现仿真应用的实例,并能使学生深入理解在一个环境中如何对多个不同的计算机科学领域的技术进行综合应用。

研究人员

本书介绍当前网络虚拟环境领域中的最新技术,并对其进行深入探讨,这为定义和开发新技术给出了一个起始点。其中每一章的参考资料也涵盖了网络虚拟环境领域中许多重要的著作和文献。

致 谢

没有许多朋友和同事的无私帮助,这本书就不可能完成。他们不仅提供了很多技术及其早期发展状况的信息,还对文章的内容提出了建议,甚至还帮助翻译了部分非英文资料。他们是:

Howard Abrams, David Anderson, Guru Banavar, Bob Barton, Steve Benford, Brian Blau, Fred Brooks, Gary Brown, Abbott Brush, Don Brutzman;

Michael Capps, Christer Carlsson, Al Casarez, David Cheriton, Stuart Cheshire, Bob Clover, William R. Cockayne, Danny Cohen, Donna Cox, Tom Cunningham, Jerry Cuomo, Judith Dahmann;

Rudy Darken, Mark Day, Ken Duda, Nat Durlach, Jose Encarnacao, John Falby, Jim Foley, Michael Fraenkel, Tom Funkhouser, Randy Garrett, Ajei Gopal, Carmine Greco, Mark Green, Michael Greenwald;

Olof Hagsand, Eric Halpern, Pat Hanrahan, John Hines, Hugh Holbrook, Kai-Mikael Jää-Aro, Charles Hughes, Marty Johnson, Rosalie Johnson, Lars Karle, Warren Katz, Yoshifumi Kitamura;

Bill Lambert, Jaron Lanier, Dave Lektion, Jason Leigh, Hubert Le Van Gong, Marc Levoy, Ted Lewis, Jimmy Liberato, Stewart Liles, Curt Lisle, Ming Lin, John Locke;

Nadia Magnenat-Thalmann, Dinesh Manocha, Dennis McBride, Bob McGhee, Don McGregor, Mike Macedonia, Dinesh Manocha, Duncan Miller, Kevan Miller, Stu Milner, Katherine Morse, Michael Moshell, Michael Myjak, Paul Mlyniec;

Nobutatsu Nakamura, Binh Nguyen, Jimmy Nguyen, Craig Partridge, John Patterson, Mark Pullen, Dave Pratt, Richard Redpath;

Dan Schab, Steve Seidensticker, Carlo Sequin, Chris Shaw, Jerry Sheehan, James Shiflett, Gurminder Singh, Jonathan Stone, Steve Stone, Gary Tarolli, Daniel Thalmann, Jack Thorpe, Anthony Tomasic, Greg Troxell;

Brian Upton, Andries van Dam, Dan Van Hook, Mike Ward, Kent Watsen, Adam Whitlock, Gio Wiederhold, Al Weis, Scott Williams, Don Wood, Kazy Yokota, and Matt Zelesko.

特别感谢那些审校过手稿和对它的改进作出过慷慨贡献的人。

同时还要感谢 Helen Goldstein 和 Addison Wesley Longman 出版社的朋友,他们对本书的写作一如既往地给予鼓励、建议和支持。

最后,两年的写作使得我们没有尽到父亲、儿子、丈夫和朋友的责任。对我们各自的家庭和朋友——特别是 Tyerin Dennis, Ram 和 Sushma Singhal, Fred 和 Greta Zyda——真心地感谢你们的耐心、理解和鼓励。

作者简介

Sandeep Singhal 是 IBM 普适计算部门的一名资深架构师。该部门位于北卡罗莱纳州三角研究园 (Research Triangle Park)。同时, Singhal 也是北卡罗莱纳州立大学研究生部的助理教授。Singhal 的研究兴趣包括大规模协作实时系统的网络协议设计、面向对象的软件工程, 以及针对小型设备的网络计算等。他作为美国国防部高级研究计划署 (DARPA) 顾问委员会的一员, 拟定了一份长期的网络虚拟环境研究议程, 并且在美国国家研究委员会的帮助下将模拟技术与军事及娱乐应用结合在一起。Singhal 在斯坦福大学获得了计算机科学硕士及博士学位, 并在约翰霍普金斯大学获得了计算机科学和数学科学学士学位、数学学士学位。

Michael Zyda 是加利福尼亚州蒙特里海军研究生院计算机科学系的一名教授, 他的研究兴趣包括: 计算机图形学、大规模的三维虚拟环境、计算机符号生成、视频产品、建模和模拟等。Zyda 不仅是美国国家研究委员会虚拟现实研究和发展领域的研究人员, 同时也是国家研究委员会计算机科学和电信委员会“建模与虚拟: 与娱乐和国防的结合”项目的主席。他曾是白宫科学和技术政策办公室、派拉蒙数字娱乐公司及其他一些公司部门的咨询顾问。Zyda 毕业于位于圣地亚哥的加利福尼亚大学的生物工程系并获得学士学位, 之后在阿姆斯特特的马萨诸塞大学获得硕士学位, 并在密苏里州圣路易斯的华盛顿大学获得计算机科学博士学位。

目 录

第 1 章 网络虚拟环境的前景和挑战	1
1.1 什么是网络虚拟环境	2
1.1.1 图形引擎和显示器	3
1.1.2 控制和通信设备	4
1.1.3 处理系统	4
1.1.4 数据网络	5
1.2 网络虚拟环境的设计和开发所面临的挑战	6
1.2.1 网络带宽	6
1.2.2 异构性	7
1.2.3 分布式交互	8
1.2.4 实时系统设计和资源管理	9
1.2.5 故障处理	9
1.2.6 规模可扩展性	10
1.2.7 部署和配置	11
1.3 小结	12
第 2 章 网络虚拟环境的起源	14
2.1 美国国防部与网络虚拟环境	14
2.1.1 SIMNET	14
2.1.2 分布式交互仿真	18
2.2 网络游戏和演示	24
2.2.1 SGI 公司的 Flight 和 Dogfight	24
2.2.2 Doom	25
2.2.3 其他游戏	25
2.3 学术研究中的网络虚拟环境系统	26
2.3.1 NPSNET	26
2.3.2 PARADISE	30
2.3.3 DIVE	31
2.3.4 BrickNet	32