

周忠 吴威 著

分布式虚拟环境

分布式虚拟环境

周 忠 吴 威 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书分基础篇、开发篇、应用篇。基础篇主要介绍 DVE 的基本理论和技术,包括 2-4 章,读者可以了解如何建立一个 DVE 系统,是否有相关标准需要遵循。开发篇主要介绍系统设计与扩展性技术,包括 5-10 章,读者可以了解如何建立一个可重用的 DVE 系统框架及其可视化开发方法。应用篇则对 DVE 系统与平台工具进行介绍,包括 11-12 章,可供读者开展相近的研究或应用时参考。

本书可作为高等院校计算机科学与技术、虚拟现实、分布式仿真等专业的高年级本科生或研究生的教学参考书和技术资料,对从事虚拟现实、视景仿真等研究和应用开发的科技人员也有很大的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

分布式虚拟环境/周忠,吴威著. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-024919-7

I. 分… II. ①周… ②吴… III. 虚拟技术 IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 111139 号

责任编辑:张 扬 杨 阳 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

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>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 9 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2009 年 9 月第一次印刷 印张: 29 1/4

印数: 1—2 500 字数: 570 000

定价: 86.00 元

如有印装质量问题,我社负责调换

序

分布式虚拟环境是研究支持分散在不同地点上的多个用户，基于网络在共享的、统一的虚拟环境中，通过分布式交互和协作完成特定任务的技术领域。20世纪80年代初，在计算机网络、分布计算与仿真、以及虚拟现实等技术发展驱动下，在军事作战模拟和网络游戏的应用需求牵引下，分布式虚拟环境开始产生和迅速发展。时至今日，分布式虚拟环境技术应用领域日益广阔，在经济建设、国防安全和文化教育等领域正在发挥越来越大的作用。

分布式虚拟环境拓展了虚拟现实研究与应用的范围，已成为虚拟现实的重要研究方向。十多年来，北京航空航天大学虚拟现实技术与系统国家重点实验室的赵沁平教授带领分布式虚拟环境研究团队，对分布式虚拟环境技术进行了长期、持续、深入的研究，做了许多奠基性的工作，取得了多项高水平的研究成果，先后在2000年出版了专著《DVNET 分布式虚拟环境》，2005年出版了专著《DVNET 分布式虚拟现实应用系统运行平台与开发工具》，为推动我国分布式虚拟环境研究与应用技术发展做出了重要贡献。

我与虚拟现实技术与系统国家重点实验室(北京航空航天大学)有着密切的合作研究关系，先后合作完成了国家863计划、973计划在分布式虚拟环境领域的第一个重点课题研究工作，对他们的研究团队和研究工作有较深入的了解。使我感到十分高兴的是，虚拟现实技术与系统国家重点实验室两位年轻的学术技术骨干吴威教授和周忠副教授，进一步总结了他们研究团队在分布式虚拟环境技术领域的最新研究成果，撰写了系统介绍分布式虚拟环境的基础理论和实现技术的新专著《分布式虚拟环境》。二位作者年富力强，长期从事分布式虚拟环境技术研究工作，近年来具体负责了重点实验室网络与分布式虚拟环境方向的主要研究工作，他们科研工作经验丰富，学术技术水平高，工作成绩显著。这次完成本书，相信对从事分布式虚拟环境技术研究或应用的同行很有参考价值。

《分布式虚拟环境》一书系统地介绍了分布式虚拟环境技术。全书分三篇，从分布式虚拟环境通信模型和状态共享等基本理论开始，讨论了国际标准进展情况，进而详细介绍了分布式虚拟环境的系统设计、实现、扩展等关键技术，最后还通过平台系统实例进行详细阐述。全书层次清晰，既有深入具体的理论，也有浅显易懂的分析说明，还有具体实现的技术难点解析，从不同的技术层面上综合解析了分布式虚拟环境技术，具有学习、研究和应用的参考价值。从全书的组织中，读者也能够体会到虚拟现实技术与系统国家重点实验室(北京航空航天大学)在分布式虚

拟环境方向上的研究思路和发展过程。

虚拟现实技术已经成为我国信息科学技术发展的国家目标之一，我国在这一科技领域也进入了发展的新阶段。虚拟现实的重要研究方向——分布式虚拟环境技术已经在多个行业得到了高度重视和推广，随着网络带宽的持续升级，分布式虚拟环境还将不断发展，这是一个充满活力和挑战的科学技术领域，希望越来越多的年轻人加入这个方向的研究开发，提高我国在这个领域的科技水平，并用以解决我国在迅速发展中所面临的大量应用需求问题。

李思昆
2009年8月

前 言

近十年来,虚拟现实技术正逐渐从载人航天、核试验、军事仿真等高端应用走向普及,深入到人们的工作与生活中.与此同时,网络基础设施也在发生着巨大的变化.分布式虚拟环境正是虚拟现实与网络基础设施相结合的重要产物,它利用网络将不同地点的节点加以连结,构造一致共享的分布式虚拟现实环境,拓展了虚拟现实研究与应用的范围.时至今日,高等院校、科研院所纷纷成立虚拟现实实验室或仿真室,分布式虚拟环境技术在从各种类型的虚拟现实仿真应用到娱乐行业的网络游戏等领域都发挥着越来越大的作用.本书通过我们的经验体会和理解,结合课题组近年来在分布式虚拟环境领域的研究工作,力图较为系统地介绍分布式虚拟环境的基础理论和实现技术,以供相关领域的研究或应用人员参考.

本书按照基础篇、开发篇、应用篇三部分展开相关的内容,基础篇主要介绍分布式虚拟环境的基本理论和技术,读者可以了解分布式虚拟环境抽象后是什么,基本的通信模型有哪些,分布式虚拟环境最基础的技术以及相关的国际标准进展等.通信模型和状态共享是分布式虚拟环境技术的基础,也是理解分析分布式虚拟环境系统的基本要素.这其中,虽然我们假定读者已具有计算机网络和三维图形学的基础知识,从完整性考虑,在上下文中仍然简要列出涉及到的知识.这一部分对理解分布式虚拟环境会有直接的参考价值.

开发篇主要介绍分布式虚拟环境系统设计与扩展相关的技术.简单分布式虚拟环境系统的程序结构有着基本的范式,常规的系统采用这些范式就可以达到目标.当系统结构较为复杂难于维护,或者涉及到多单位的协作开发,就需要考虑可重用问题,这部分讨论了可重用可配置的程序开发框架技术,同时还简介了分布式虚拟环境开发中可能用到的一些工具.本部分还探讨了具有挑战性的分布式虚拟环境扩展技术,包括兴趣过滤与拥塞控制技术、分布式虚拟环境的体系结构增强技术、分布式虚拟环境中的时间一致性与可靠性技术等,对大部分研究或应用来说,这些扩展内容在很多情况下并非必要,研究人员需要根据特定的需求进行选择.

应用篇则对分布式虚拟环境系统与平台工具的设计实现进行介绍,以供读者开展相近的研究或应用时参考.该部分通过具体实例将前面章节介绍的一些技术方法表现在系统设计中,读者可以从中借鉴技术方法在系统中的实现.具体实例包括我们课题组自主设计开发的两个系统,一为可支持分布式虚拟环境与分布交互仿真应用的运行平台 BH RTI,另一是基于多服务器技术的大规模多人在线网络游戏 Attention,这两个系统从不同的技术方向上综合体现了分布式虚拟环境技术.

本书的内容是集体智慧的结晶, 汇集了虚拟现实技术与系统国家重点实验室(北京航空航天大学)(以下简称 VR 国家重点实验室)网络与分布式课题组 5 年多来的最新研究工作, 其中许多段落直接来自同学的论文, 他们是陈国军、黄海、段作义、唐少刚、刘钟书、刘鹞、王少峰、张国峰、魏晟、霍海涛、蔡楠、吕芳、侯文、唐昕、刘琳、于庆、刘寒冰、刘冬梅、张佳斌、李鹏等。署名作者的主要工作是从个人的理解和经验出发系统梳理了分布式虚拟环境中的技术, 并结合已有成果介绍了其中问题的常规处理技术和课题组的相应工作, 以供读者参考和借鉴。我们特别感谢 VR 国家重点实验室主任赵沁平教授, 他在分布式虚拟环境方面做出了很多奠基性的工作, 并一直对课题组的工作给予了大量指导, 共同解决了多个关键难点问题, 本书也是在他的支持和鼓励下完成的, 部分内容源于他的综述与论文。

感谢著名科学家、国防科学技术大学李思昆将军在百忙之中认真审查书稿并作序。本书的工作得到了国家 973 计划项目(2009CB320805)、国家 863 计划项目(2006AA01Z331)、国家自然科学基金项目(60603084)和北京航空航天大学“985”工程的支持, 在此表示感谢。

限于作者水平, 我们的工作还不够完善, 全书也有疏漏之处, 恳请读者批评指正。分布式虚拟环境是虚拟现实的重要研究与应用领域, 已经在一些行业得到了推广应用, 随着工业级相机和网络带宽成本的平民化, 分布式虚拟环境又迎来了新的契机。本书抛砖引玉, 希望有更多的同行一起对分布式虚拟环境技术开展研究, 使它能够发挥更大的作用。

作者

2009年6月

目 录

序 前言

第 1 章 概述	1
1.1 概念	1
1.2 分布式虚拟环境的发展历程	2
1.3 分布式虚拟环境是什么	6
1.4 主要技术与挑战	8
1.5 章节组织	12

基础篇：基本理论和技术

第 2 章 分布式虚拟环境通信模型	17
2.1 网络基础	17
2.1.1 基本的网络指标	17
2.1.2 网络协议分析	18
2.2 分布式虚拟环境的通信模型	20
2.2.1 模型的选择	20
2.2.2 点对点模型	21
2.2.3 集中式模型	22
2.2.4 分布式对等模型	23
2.2.5 服务器集群模型	24
2.2.6 P2P 模型	25
2.2.7 混合型	26
2.3 通信模型比较总结	27
第 3 章 虚拟环境的状态共享	29
3.1 虚拟环境系统的状态	29
3.2 分布式的实时状态共享	30
3.3 状态的发布/订购	32
3.4 从键盘鼠标操作特点到 DR 推算状态	34
3.4.1 基本思想	34
3.4.2 EPADR 算法流程	35
3.4.3 推算错误预测	36
3.4.4 分级收敛	39

3.4.5	推算策略	40
3.4.6	实验与结果分析	41
3.5	动态地形的状态共享	44
3.5.1	系统结构	45
3.5.2	动态地形时序模型	46
3.5.3	变化数据的一致性	48
3.5.4	实验与结果分析	50
第 4 章	分布式虚拟环境国际标准	53
4.1	Web 上的 3D 标准	53
4.2	分布交互仿真标准	54
4.2.1	DIS 标准	55
4.2.2	HLA 标准	56
4.2.3	IEEE P1516 与 HLA 1.3 的比较分析	61
4.3	基于网格的标准	75
4.3.1	网格支持的分布式仿真	76
4.3.2	网格服务化的分布式仿真	78

开发篇：系统设计与扩展

第 5 章	分布式虚拟环境系统设计	83
5.1	简单 DVE 系统的程序结构	83
5.2	分布交互仿真系统的框架设计	85
5.2.1	HLA 系统中的一些共性特征	86
5.2.2	分布交互仿真系统结构	86
5.3	可组装的仿真应用程序体系结构	90
5.4	设备无关的人机交互原语	91
5.4.1	人机交互输入原语系统	91
5.4.2	人机交互输出原语系统	94
5.5	RTI 无关的网络输入/输出原语	96
5.5.1	网络输入原语	97
5.5.2	网络输出原语	98
5.6	仿真应用程序的通用管理模型	98
5.6.1	可扩展的仿真引擎	99
5.6.2	仿真世界模型	100
5.6.3	值与数据	103
5.6.4	事件系统	108
5.6.5	参数化机制	111
5.6.6	异常机制	112

5.6.7	心跳机制	114
5.6.8	线程模型	115
5.7	分布交互仿真应用程序开发框架 BH HLA FM	116
5.7.1	BH HLA FM 的逻辑层次	116
5.7.2	组成结构	116
5.7.3	基于 BH HLA FM 的仿真应用程序开发步骤	119
第 6 章	分布式虚拟环境系统实现技术	121
6.1	虚拟环境开发工具简介	121
6.1.1	建模工具	121
6.1.2	绘制工具	122
6.1.3	分布式开发平台	125
6.1.4	其他专业化工具	125
6.2	报文压缩与合并	126
6.3	基于构件的仿真应用程序集成开发环境	127
6.3.1	组成结构	128
6.3.2	应用程序代码生成方法	134
6.4	基于 BH HLA 的仿真应用程序开发方法	137
6.4.1	开发步骤	137
6.4.2	应用实例	141
6.4.3	对比分析	146
第 7 章	兴趣过滤与拥塞控制技术	149
7.1	兴趣过滤	149
7.1.1	兴趣技术的分类	150
7.1.2	HLA 标准规定的兴趣技术	152
7.1.3	HLA DDM 的实现机制	154
7.2	兴趣的探究与兴趣层次 LoI	158
7.2.1	相关性评价问题	159
7.2.2	兴趣技术的仿真特性探究	160
7.2.3	虚拟环境中兴趣的特点及定义	163
7.2.4	兴趣层次	165
7.2.5	面向 HLA 的 LoI 定义	168
7.2.6	HLA 的 LoI 扩展方法	172
7.3	基于 LoI 的自适应发布-订购机制	174
7.3.1	基本符号定义	175
7.3.2	发布者的 LoI	176
7.3.3	属性更新/反射报文的 LoI	177
7.3.4	订购者的 LoI	177
7.3.5	基于发布-订购 LoI 的更新/反射定理	180

7.3.6	算法分析	183
7.3.7	LoI的实现	185
7.4	基于 LoI 的 DVE 拥塞控制模型	187
7.5	基于兴趣约束的组播地址分配	193
7.5.1	组播地址分配方法研究现状	194
7.5.2	组播地址分配中的兴趣约束	195
7.5.3	布种模型	197
7.5.4	仿真推进中布种模型的推演	199
7.5.5	算法分析	204
7.5.6	性能实验	205
7.5.7	方法在 BH RTI 中的实现	208
第 8 章	增强 DVE 系统体系结构的技术	210
8.1	基于桥接盟员的异类 RTI 和多联盟互连	210
8.1.1	问题的提出与研究现状	210
8.1.2	RTIBridge 体系结构	212
8.1.3	异构 FOM 的映射	216
8.1.4	HLA 服务的互操作	218
8.1.5	异类 RTI 和多联盟互连的开发和执行过程	220
8.1.6	实验与结果分析	220
8.2	多服务器增强的 DVE 系统结构	223
8.2.1	基于多服务器的 DVE 系统研究现状	224
8.2.2	基于虚拟环境划分的多服务器结构	225
8.2.3	划分后虚拟环境中对象的维护	226
8.2.4	对象属性的关系设置和计算	229
8.2.5	基于 Cell 的 AOI 消息过滤	232
8.3	多服务器 DVE 系统中的用户迁移	234
8.3.1	DVE 服务器间的用户迁移研究现状	234
8.3.2	基于缓冲 Cell 的用户迁移方法	235
8.3.3	实验与结果分析	241
8.4	多服务器 DVE 系统的负载平衡	245
8.4.1	DVE 服务器间的负载平衡算法研究现状	246
8.4.2	分层迭代的动态负载平衡算法	247
8.4.3	实验与结果分析	253
8.5	OpenMP 并行优化的兴趣过滤	257
8.5.1	面向游戏的 AOI 兴趣过滤流程	257
8.5.2	AOI 兴趣过滤的数学模型	259
8.5.3	算法的串行实现	260
8.5.4	基于 OpenMP 的并行优化	261

8.5.5 实验与结果分析	264
第 9 章 虚拟环境中的事件一致性与时间同步	268
9.1 事件一致性与时间同步	268
9.1.1 事件一致性的产生	268
9.1.2 时间同步	269
9.2 分布式仿真中的时间同步算法	273
9.2.1 保守时间同步算法	273
9.2.2 乐观时间同步算法	275
9.2.3 标准中规定的时间同步算法	276
9.3 HLA 时间管理	276
9.3.1 时间管理相关定义	276
9.3.2 时间管理策略	279
9.3.3 时间同步机制	280
9.3.4 时间管理服务接口	282
9.4 大规模分布节点的仿真时间同步	283
9.4.1 分组管理的 LBTS 计算模型	283
9.4.2 控制报文可靠性定理	286
9.4.3 MCTS 算法模型设计	291
9.4.4 实验与结果分析	294
第 10 章 分布式虚拟环境中组播的可靠性	300
10.1 可靠传输协议分析	300
10.1.1 TCP 协议	300
10.1.2 可靠组播协议概述	302
10.1.3 可靠组播中的拥塞控制	308
10.2 分布交互仿真中的可靠组播技术	310
10.2.1 基于 TCP 的可靠组通信(TCP Exploder)	311
10.2.2 基于 IP 组播的可靠传输	313
10.2.3 分布交互仿真中的组通信特点	314
10.3 基于 Sender-Group 的多对多组播丢包恢复方法	317
10.3.1 面向多对多组播的报文编号方法	318
10.3.2 组播报文备份及其缓存管理	319
10.3.3 BH_RMER 算法	321
10.4 基于趋势分析的拥塞控制算法	326
10.4.1 仿真节点发送速率初始化	326
10.4.2 基于丢包率变化趋势的速率抑制	327
10.4.3 基于缓冲区容量变化趋势的速率抑制	329
10.4.4 随机推迟的拥塞反馈抑制	331

10.5	可靠组播服务的实现及其应用	333
10.5.1	可靠组播软件 RMSP	333
10.5.2	BH RTI 中的可靠组传输机制	335
10.5.3	实验与结果分析	337

应用篇：平台开发与系统实例

第 11 章	分布式虚拟环境运行平台	345
11.1	BH RTI 体系结构	345
11.1.1	BH RTI 2.3 软件结构	349
11.1.2	本地 RTI 部件——LRC	349
11.1.3	核心 RTI——rtiexec 主程序	351
11.1.4	中心服务器——CentralServer	353
11.1.5	层次式组织管理	354
11.2	消息传递机制设计	355
11.2.1	多协议通信	355
11.2.2	PDU 消息定义	356
11.2.3	消息处理方式	357
11.2.4	跨平台设计	358
11.2.5	RTI 进程模型	359
11.3	分级协同管理的联盟服务	361
11.3.1	HLA 标准中的联盟管理服务	361
11.3.2	分级组织的基本联盟管理	365
11.3.3	逻辑同步点的全局和局部管理	369
11.3.4	分级报告的联盟保存和恢复机制	372
11.4	实现对异类标准的兼容	377
11.4.1	问题的产生	377
11.4.2	互操作问题研究	378
11.4.3	BH RTI 中的标准兼容性设计	379
11.5	BH RTI 及其工具	381
11.6	BH RTI 测试技术	386
11.6.1	相关工作	387
11.6.2	面向 HLA 的交叉检验测试方法	388
11.6.3	HLA 标准自动化测试的实现	391
11.6.4	实验与结果分析	394
第 12 章	基于多服务器的 FPS 网络游戏实例	397
12.1	Attention 的服务器设计	398
12.1.1	服务器总体结构	398

12.1.2	服务器结构与流程设计	400
12.1.3	多服务器算法在 Attention Server 中的实现	406
12.2	Attention 的客户端设计	408
12.2.1	分离游戏引擎与游戏逻辑	409
12.2.2	组织结构	410
12.2.3	程序框架	411
12.3	Attention 游戏逻辑	412
12.3.1	游戏计算	412
12.3.2	游戏协议	413
12.3.3	游戏设定	413
12.4	系统实验与结果分析	414
12.4.1	测试工具设计	414
12.4.2	测试环境	416
12.4.3	功能测试	417
12.4.4	规模测试	418
12.4.5	负载均衡测试	420
	分布式虚拟环境展望	424
	参考文献	432

第 1 章 概 述

本章首先简述分布式虚拟环境的概念，然后介绍分布式虚拟环境的分类以及在其发展过程中的一些重要系统，接着从作者的观点回答分布式虚拟环境是什么，简述主要的关键技术和挑战，最后介绍本书的章节组织。

1.1 概 念

虚拟现实(virtual reality, VR), 也称为虚拟环境(virtual environment, VE), 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, 用户可以以自然的方式与虚拟环境中的客体进行交互作用、相互影响。虚拟现实的萌芽最早可追溯到 1929 年 E. A. Link 发明的飞行模拟器, 并从 60 年代开始兴起。1989 年, 美国 VPL 公司的创建者 J. Lanier 提出的“虚拟现实”一词成为这一领域最常用的术语。

虚拟现实是多学科交叉融合的产物, 综合了控制学、电子学、机械学、计算机图形学、人机交互和多媒体技术、计算机网络等领域的理论和技术。从它一开始兴起, 其本质内涵就受到了广泛关注。1993 年, M. Heim 在《虚拟现实的基本原则》(*The Metaphysics of Virtual Reality*)一书中定义了虚拟现实的 7 个特征: 仿真性(simulation)、交互性(interactivity)、人工现实(artificial reality)、沉浸感(immersion)、遥存在(telepresence)、全身沉浸(total immersion)和网络通信(network communication)。

由于 Heim 定义的虚拟现实特征中包含的内涵较多, 1994 年, G.C.Burdea 和 P.Coiffet 出版了《虚拟现实技术》(*Virtual Reality Technology*)一书, 进一步对虚拟现实的本质特征加以限制, 用沉浸感、交互性和想象性(immersion, interaction, imagination, 3I)来概括虚拟现实的基本特征。虚拟现实的 3I 特征抽象了虚拟现实与其他技术相区别的本质特征, 并且易于理解, 得到了更普遍接受, 一直沿用至今。而 Heim 对虚拟现实 7 个特征的定义体现了虚拟现实的学科交叉性和综合性, 虚拟现实的网络通信是虚拟现实领域的重要研究方向。

分布式虚拟环境(distributed virtual environment, DVE), 也称为分布式虚拟现实(distributed virtual reality, DVR)、网络化虚拟环境(networked virtual environment, NVE)、多用户虚拟环境(multiuser virtual environment, MVE)、协同虚拟环境(collaborative virtual environment, CVE)、共享虚拟环境(shared virtual environment, SVE)等, 是随着计算机网络技术的快速发展和普及而发展起来的, 它利用网络将不同

地方的节点加以联结,构造一致共享的分布式虚拟现实环境,进一步拓展了虚拟现实研究与应用的范围,在经济建设、国防安全和文化教育等领域有着重大的应用前景.各种类型的网络游戏或虚拟社区层出不穷,吸引着用户参与到分布式虚拟游戏环境中.虚拟现实技术在登月计划、火星探险、神舟系列飞船等重要工程中均有所应用,尤其是在设计、训练等阶段更是不可或缺.军事仿真训练已成为大部分国家军事训练的必备科目,实弹演练或军事行动前往往都需要在分布式虚拟仿真环境中反复演练.

1.2 分布式虚拟环境的发展历程

分布式虚拟环境有基于互联网和基于专用网两大类.基于互联网的分布式虚拟环境可以追溯到 20 世纪 70 年代末出现的多用户游戏(multiuser dungeon, MUD),也称为基于文本的网络化虚拟环境.1994 年 3 月,在日内瓦召开的第一届 WWW 大会上,首次提出了虚拟现实建模语言(virtual reality modeling language, VRML),开始了相关国际标准的制定.VRML 第一次将互联网带入了三维的世界.它的三维模型用 VRML 描述,通过插件(如 CosmoPlayer, Cortona)在浏览器上显示虚拟场景,替身及其他共享对象的控制与交互通过应用程序与插件的接口 EAI (external authoring interface)实现.在 VRML 的基础上,ISO 又发布了 X3D 标准,同时工业界也形成了 U3D 等标准.2000 年左右,大型多人在线游戏(massively multiplayer online game, MMPOG)等网络游戏迅速崛起,得到了大范围的应用,当时国内游戏市场非常火爆的“石器时代”、“传奇”、“千年”、“命运”都属于这一类中的大型在线角色扮演类游戏(massively multiplayer online role playing game, MMORPG).2003 年,中国正式运营的网络游戏超过 100 款,游戏用户数接近 1500 万,无论何时,都有超过 100 万的玩家同时在线.网络游戏作为一种新的娱乐方式,将动人的故事情节、丰富的视听效果、高度的可参与性,以及冒险、悬念、神秘、刺激等诸多娱乐元素融合在一起,为玩家提供了一个虚拟而又近乎真实的世界.

基于专用网的分布式虚拟环境应用最早、最广泛的领域是仿真领域,又称为分布交互仿真(distributed interactive simulation)或分布式仿真(distributed simulation).分布交互仿真是指采用协调一致的结构、标准、协议和数据库,通过局域网或广域网,将分散在各地的仿真设备互联,形成可参与的综合性仿真环境.根据这些仿真器是否被人所实时操纵,又常分为人在回路(human-in-the-loop)的仿真和尽可能快的仿真(也称仿真推演).为了区分这两类,本书将人在回路的仿真称为分布交互仿真,而将尽可能快的仿真称为分布式仿真,以区分两种类型的交互性不同.

1983 年,美国国防部高级项目研究计划局(DARPA)和美国陆军共同制定了 SIMNET 计划,到 1989 年形成了世界上第一个分布式虚拟战场环境.在开发

SIMNET 的过程中, 美国政府、军方和工业界共同倡导发展了异构网络互联的 DIS(distributed interactive simulation)技术, 1993 年形成了分布交互仿真的第一个标准——IEEE 1278 标准集. 在 DIS 的基础上, 美国国防部建模与仿真办公室(defense modeling and simulation office, DMSO)主持开发了新一代的分布交互仿真技术标准高层体系结构 HLA(high level architecture), HLA 旨在建立一个通用的高层仿真体系, 达到各种模型和仿真的互操作性和可重用性, 最新版本的标准包括规则、接口规范、对象模型模板、联盟开发与运行过程、校验验证和确认过程模型等五部分, HLA 系统包括底层运行时支撑软件(run-time infrastructure, RTI)和 RTI 之上的仿真应用, RTI 提供了 HLA 接口规范定义的 6 类服务, 包括联盟管理、声明管理、对象管理、时间管理、所有权管理和数据分发管理. HLA 的研究始于 1995 年, 在 1996 年 9 月, 被美国国防部批准成为建模与仿真的通用技术体系结构标准. 1998 年 10 月, 被对象管理组织(object management group, OMG)采纳成为国际标准. 2000 年 9 月, HLA 被采纳为 IEEE 标准 IEEE P1516. 由于 HLA 标准思想和技术的先进性, 它已经成为分布式仿真领域官方和事实上的标准, 是研究应用的重点和热点. HLA 仍然在发展中, 2007 年, IEEE 发布了标准新的补充.

随着网络基础设施的发展, 基于互联网和基于专用网这两大类的技术出现融合的趋势, 主流技术的差异在应用领域上有所体现. 图 1-1 从仿真应用、Web 应用、网络游戏这三个应用方面, 按照技术出现的时间, 简要给出了分布式虚拟环境的发展历程.

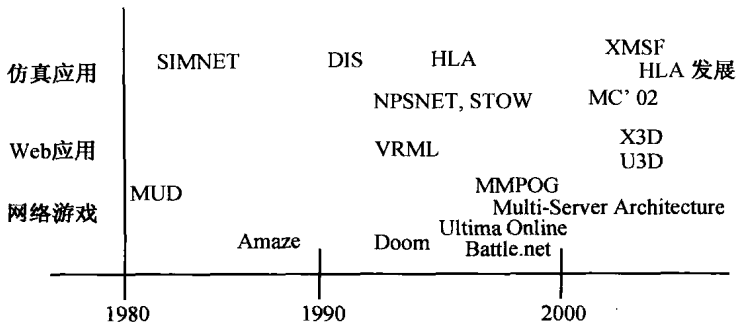


图 1-1 分布式虚拟环境的发展历程

国际上, 美国从 20 世纪 80 年代初就开始对分布式虚拟环境进行系统研究, 已有大量标志性的应用, 在航空、航天、军事等领域开展了推广建设, 处于领先地位. 欧洲以及日本、新加坡、韩国等东亚部分国家从 90 年代初开始了切实积极的研究, 也取得了许多富有成效的成果.

1985 年, SGI 公司成功地开发了网络 VR 游戏 DogFlight. 到了 90 年代, 一些著名大学和研究所的研究人员陆续推出了多个实验性分布式虚拟环境系统或开发环