

DVENET

分布式虚拟现实应用系统 运行平台与开发工具

赵沁平 著



科学出版社
www.sciencep.com

DVENET

分布式虚拟现实应用系统 运行平台与开发工具

赵沁平 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

DVENET 是在国家 863 计划计算机软硬件主题资助下研究开发的一个分布式虚拟现实应用系统开发与运行支撑环境,可以全过程、全周期支持虚拟现实应用系统的开发,并稳定、可靠地支持较大规模跨路由分布交互仿真和分布式虚拟现实应用系统的运行。本书从系统功能、系统设计和系统实现等几个方面详细介绍了 DVENET 的分布交互仿真平台、虚拟环境运行平台、虚拟实体建模平台,以及有关的开发工具;论述了 DVENET 开发过程中所取得的一批理论、方法和技术创新成果;给出了基于 DVENET 开发的若干虚拟现实应用系统实例,是 DVENET 最新研究进展的总结。

本书以分布式虚拟现实应用系统运行平台与开发工具为主,同时介绍了所涉及的理论、技术和应用,具有一定的系统性。对虚拟现实技术研究与应用开发人员具有参考价值,亦可作为高等院校计算机、自动控制、仿真、电子等有关专业高年级本科生和研究生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

DVENET 分布式虚拟现实应用系统运行平台与开发工具/赵沁平著.
—北京:科学出版社,2005
ISBN 7-03-015068-6

I. D… II. 赵… III. 虚拟技术 IV. TP391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 014099 号

责任编辑:巴建芬 王日臣/责任校对:朱光光

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

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>

科学出版社编务公司排版制作

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005 年 1 月第一次印刷 印张:26 3/4

印数:1—2 000 字数:514 000

定价:55.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

2002 年,科学出版社出版了关于分布式虚拟环境 DVENET 的第一本专著——《DVENET 分布式虚拟环境》。

三年来,国际上关于虚拟现实技术的研究又有了新的突破和进展。各发达国家对虚拟现实技术更加重视,各行业对虚拟现实技术的需求更加旺盛,虚拟现实技术的应用也更加广泛。与此同时,我国虚拟现实技术的研究、开发也有了新的发展,一些领域应用虚拟现实系统的愿望越来越迫切,开发虚拟现实应用系统的单位也越来越多。因此,为虚拟现实应用系统的开发提供全过程、全周期的支持,并为分布式、大规模虚拟现实应用系统提供高效的运行平台就已成为虚拟现实研究中的一个重要需求。

2000 年以后,我们为了适应虚拟现实技术研究的新发展,满足虚拟现实应用领域的新需求,调整了 DVENET 计划早期制定的研究开发重点,主要是:

(1) 将 HLA 作为分布交互仿真所遵循的规范,开发可支持大规模应用的 HLA/RTI,实现从 DIS 向 HLA/RTI 的转移,同时开展基于网格技术的分布交互仿真研究。

(2) 在图形工具和工业标准的基础上研制综合性的高层虚拟环境开发平台,实现虚拟环境开发的一体化。

(3) 在进一步开发新种类虚拟实体,特别是自主类、聚合类实体和虚拟人的同时,更加注重虚拟实体建模(包括几何建模和物理建模)工具的研制开发。

(4) 应用系统的开发强调可靠性、实用性、逼真性和大规模。

三年来,在国家 863 计划、国家 973 计划、总装备部预研计划以及北京航空航天大学 211 工程和 985 工程的支持下,我们这个科研团队在虚拟现实研究领域又取得一批新的创新成果,突破一批新的关键技术,开发了若干新的开发平台和工具。本书从平台、工具的设计实现和理论、技术的研究创新角度对 DVENET 在上述几方面的进展做了全面介绍。

需要特别强调的是,本书虽然由我署名,但成果属于大家,项目组成员吴威、梁晓辉、沈旭昆、郝爱民、陈小武、何兵、齐越、王焱、张景骞、周忠、王莉莉、吕良权、李 新、隋爱娜、段作义、胡晓雁、李肖坚、陈国军、王旭昌、王京、万丽莉、车英慧、于雅娴、王璐、李鹏、何跃鹰、霍海涛、孔少楠、刘承罡、纪玉春、刘嵘、钱雪平、刘思源、魏记、李峥宇、王辉、方萌、袁艺、崔鹏、张驰、王平、

陈云飞、吕伟伟、王菁、于卓、蔡苏、王璞锐、王大江、刘志宇等在各自的研究方向上做出了有创造性或有特色的工作，为项目的完成和取得的成果做出了贡献，他们同是本书的作者。吴威、梁晓辉、沈旭昆、郝爱民、陈小武、何兵、李新、吕良权、段作义、周忠、王莉莉、胡晓雁等先后参与了项目总体或具体的管理、组织、协调工作。梁晓辉还为本书的编排和整理做了大量工作。

虚拟现实技术有巨大的发展潜力和广阔的应用前景，同时也存在大量有待解决的问题和难题。我们希望越来越多的计算机科学工作者加入虚拟现实研究开发队伍，为我国在这一重要的科学技术领域达到国际领先水平做出贡献。

赵心平

2004年9月

目 录

前言

第 1 章	分布式虚拟环境的发展	1
1.1	分布式虚拟环境的新发展	1
1.1.1	分布交互仿真的标准化与兼容性	1
1.1.2	合成自然环境的综合性	3
1.1.3	增强型虚拟现实技术	4
1.1.4	分布式虚拟环境的实用化	6
1.1.5	适应信息化战争的分布式虚拟环境	8
1.2	DVENET 研究进展	9
1.2.1	DVENET 的组成	9
1.2.2	分布交互仿真平台	10
1.2.3	虚拟环境开发平台	12
1.2.4	虚拟实体建模平台	13
1.2.5	其他相关系统和技术	15
第 2 章	分布交互仿真平台及网络安全技术	18
2.1	概述	18
2.1.1	DIS 标准	18
2.1.2	HLA 规范及 RTI 服务	19
2.1.3	DVENET 从 DIS 向 HLA 的过渡	23
2.2	基于组播技术的 DVE_RTI	23
2.2.1	DVE_RTI 的设计原理	23
2.2.2	DVE_RTI 的核心数据管理	29
2.2.3	可靠组播研究及 DVERMP 算法	31
2.2.4	基于兴趣层次的 RTI 拥塞控制	34
2.2.5	DVE_RTI 中的数据分发管理	48
2.2.6	基于多盟员机制的时间管理	56
2.2.7	RTI 之间互操作研究	65
2.3	HLA 应用程序开发中间件 DVE_FM	68
2.3.1	分布式交互仿真应用程序模型及分析	68

2.3.2	DVE_FM 的设计与实现	70
2.4	数据记录与回放器 DVE_RR	75
2.4.1	DVENET 中交互数据的记录模式	75
2.4.2	记录器分组及实现方式	77
2.4.3	数据记录的工作机制与实现	78
2.4.4	DVENET 中交互数据的处理	81
2.4.5	DVE_RR 的数据回放方式与实现	90
2.5	基于组播网络安全	92
第 3 章	虚拟环境运行平台与逼真显示技术	99
3.1	概述	99
3.2	虚拟环境绘制引擎 DVESG	99
3.2.1	DVESG 的整体结构和运行库的设计	99
3.2.2	DVESG 中的核心数据结构	105
3.2.3	DVESG 中的绘制算法	112
3.3	粒子系统研究	128
3.3.1	粒子系统概述	128
3.3.2	粒子系统开发工具包的设计与实现	129
3.3.3	基于粒子系统的雨景特殊效果	136
3.4	柔性物体仿真研究	146
3.4.1	基于物理特性的柔性物体仿真模型概述	147
3.4.2	粒子弹簧模型的研究	154
3.4.3	织物视觉仿真的研究与实现	165
3.5	纹理合成技术	174
3.5.1	纹理合成技术概述	174
3.5.2	多样图纹理合成与转换算法	176
3.5.3	基于纹元分析的纹理合成系统的研究与实现	188
3.5.4	曲面纹理裂纹修复算法	204
3.6	植物建模及运动方法研究	213
3.6.1	基于 L 系统规则分析器的植物几何建模方法	213
3.6.2	虚拟场景中半动态对象的层次运动模型	221
第 4 章	虚拟实体建模平台与建模技术	227
4.1	概述	227
4.1.1	实体及其分类	227
4.1.2	动态实体及其建模概述	228

4.1.3 实体的形式化定义	229
4.2 人在回路控制的实体开发工具	232
4.2.1 设计思想	232
4.2.2 面向 DVENET 的实体建模规范及实体描述模板	234
4.2.3 可视化实体编辑器	237
4.2.4 实体管理器	239
4.3 自治实体研究	244
4.3.1 分布式虚拟环境中自治实体研究概述	244
4.3.2 情景演算和基本动作理论	246
4.3.3 个体 AE 的体系结构	256
4.3.4 陆地行进 AE 和地形服务组件	260
4.3.5 团队 AE 的协同方法	266
4.4 聚合与解聚	270
4.4.1 聚合/解聚机制与分布式虚拟环境	270
4.4.2 聚合/解聚的实现方法	271
4.4.3 不同解析度模型交互中的聚合/解聚问题	273
4.5 虚拟人研究	275
4.5.1 概述	275
4.5.2 基于运动图的运动重用技术	276
4.5.3 基于图像绘制技术的虚拟人在大规模场景中的应用	287
4.5.4 虚拟人参数化建模研究	295
4.6 基于物理特性的实体建模研究	302
4.6.1 坦克机动性能仿真	302
4.6.2 坦克火力性能仿真	317
4.6.3 坦克防护性能仿真	333
第 5 章 其他关键技术和进一步研究的方向	337
5.1 基于 Internet 的多用户共享虚拟环境	337
5.1.1 基于 Internet 的多用户共享虚拟环境软件体系结构	337
5.1.2 基于 Internet 的多用户共享虚拟环境的通信及交互协议	343
5.1.3 多用户共享虚拟环境中的感知机制	348
5.1.4 多用户共享虚拟环境中一致性与并发控制机制	352
5.1.5 替身的表示及运动控制机制	358
5.2 虚拟现实综合信息平台	366
5.2.1 虚拟现实综合信息平台研究的意义	366

5.2.2	基于 XML 的可视化信息集成	368
5.2.3	可视化综合信息平台的构件化设计与实现	371
5.3	基于 X3D 的虚拟场景构建与动态模型融合技术	374
5.3.1	基于 XML 的 X3D/VRML 的三维图形发布框架	375
5.3.2	基于 X3D 进行虚拟场景的构建	384
5.3.3	基于 X3D 的动态模型融合	392
5.3.4	几项关键技术	394
5.4	多视口显示和声音仿真	397
5.4.1	坦克视景仿真	397
5.4.2	坦克的声音仿真	398
5.5	其他相关系统与技术进展	402
5.5.1	演练管理器	402
5.5.2	基于 DVE_FM 和 DVE_RTI 框架的分布式虚拟装配系统	402
5.5.3	应用实例演示系统	403
5.6	进一步研究的方向	404
参考文献		406

第 1 章 分布式虚拟环境的发展

虚拟现实(virtual reality, VR)是以计算机技术为核心的现代高新技术,可以生成逼真的视觉、听觉、触觉一体化的特定范围内的虚拟环境(virtual environment, VE),用户可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,从而产生亲临等同真实环境的感受和体验。分布式虚拟现实(distributed virtual reality, DVR)又称为分布式虚拟环境、网络化虚拟现实、多用户虚拟环境等,它将分散在不同地域的虚拟现实系统通过网络联结起来,多个用户在共享的分布式虚拟环境中进行交互和协作,共同完成特定的任务。

随着网络通信、图形图像、人机交互、仿真建模、人工智能、体系结构、信息安全、人机功效、模式识别、软件工程、数据库等技术的不断发展和在某些方面的突破,应用于国防、经济、教育、娱乐和体育等方面的分布式虚拟现实也有了新的变化。本章首先从分布交互仿真的标准化与兼容性、合成自然环境的综合性、增强型虚拟现实技术、分布式虚拟环境的实用化、适应信息化战争的分布式虚拟环境等几个方面,讨论近年来分布式虚拟环境研究的发展,然后概要介绍在国家 863 计划等多方面支持下,“分布式虚拟环境 DVENET (distributed virtual environment networking)”的新的研究进展。

1.1 分布式虚拟环境的新发展

1.1.1 分布交互仿真的标准化与兼容性

分布交互仿真标准是军事仿真训练领域中分布式虚拟现实的重要基础。目前主要有 1993 年颁布的 IEEE DIS 标准(IEEE Std 1278, IEEE standard for distributed interactive simulation)和 2000 年颁布的 IEEE HLA 标准(IEEE Std 1516, IEEE standard for modeling and simulation high level architecture)。同时,为了既遵循 IEEE HLA 标准,又兼容 IEEE DIS 标准,还支持非 DIS 和非 HLA 标准下的半实物系统,人们正在研究和开发分布式虚拟环境支撑与应用平台的新型体系构架。

制定和推广 IEEE DIS 标准的基础是美国 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)和美军成功实施 SIMNET(simulation networking)研究计划的结果。SIMNET 基于美国和德国的 11 个基地,示范了包括约 260 个地面车辆仿真器、数据处理和指挥中心的综合仿真环境。此后,基于 IEEE DIS 标准的分布式虚拟环境应用

系统主要有：美国海军的战术训练系统 BFTT(Battle Force Tactical Training System)，可以训练多种级别海军士兵和指挥员的实际操作与作战能力，也可以为设备评价、系统配置和损毁模拟等提供有效的仿真环境；美国 Wright Patterson 空军基地的联合建模与仿真系统 JMASS(Joint Modeling And Simulation System)，为电子战的研究与开发、测试与评估等提供了建模与分析平台；美军 TMA 和 STRICOM 的多兵种战术训练系统 CATT(The Combined Arms Tactical Trainer)，应用逼真虚拟战场环境进行对抗演练，训练各兵种营以下级别的指挥人员，主要包括小型战术、综合飞行、综合防空、火力支援、综合工程等方面的仿真和训练；美国海军的分布式虚拟环境支撑平台 NPSNET，从网络化虚拟环境、计算机生成兵力、人机交互技术、几何建模与可视化等方面为多个仿真训练系统提供技术支撑。

由于分布式虚拟环境的节点规模不断扩大，在总结和分析各种基于 DIS 标准的应用系统后，人们又提出和制定了 IEEE HLA 标准。基于该标准的典型的分布式虚拟环境应用系统有：美国 DARPA 和美军大西洋司令部 USACOM 的战争综合演练场 STOW(Synthetic Theater of War)，在高层体系结构 HLA 标准下，支持一定规模的多兵种联合作战综合演练、大规模高解析度(武器仿真平台级)仿真、指挥与参谋人员联合训练、各种军事任务的预演等；美国国防部基于 STOW 的联合仿真系统 JSIMS(Joint Simulation System)，采用高层体系结构 HLA 标准进行建模和仿真，建立一个包括各种软件和工具、支持有机集成的分布式共享虚拟环境和联合综合演练环境，支持美军各兵种(海、陆、空等)的训练与教育，并提供各个阶段和各种任务的逼真联合仿真训练，包括从国家战略到具体战术的仿真(如战争动员、战役、战术部署、补给与重新部署等)；美国仿真、训练和装备司令部面向 21 世纪的下一代战争模拟系统 WARSIM2000(Warfighter Simulation 2000)，可以提供包括军团战争模拟训练、战术智能模拟、战争综合演练的逼真联合战争空间环境。

目前，许多分布式虚拟环境支撑与应用平台既需要支持遵循 IEEE HLA 标准的应用系统，又需要兼容 IEEE DIS 标准的应用系统，甚至还要集成非 DIS 且非 HLA 标准下的半实物系统。这就使得分布式虚拟环境在遵循分布交互仿真标准的同时，还要具有良好的兼容性，如采用协议转换器、协议封装方式或协议接口单元(PIU)实现 DIS 与 HLA 的互联。

最近，由美军多个研究机构联合构建的 RDE 1st Application 系统就是一个典型示例，该计划于 2002 年底启动，依托美国 DREN 网络环境，研究和实验基于分布式虚拟环境的建模和仿真技术。其中重点探索了面向未来战争系统的联合虚拟战场的综合(DIS/HLA)体系构架，该构架在遵循 IEEE HLA 标准的同时也兼容 IEEE DIS 标准。通过多次联合演练实验，RDE 1st Application 系统成功地验证了该联合虚拟战场的综合体系构架的兼容性和先进性。随着分布式虚拟环境在军事仿真演练领域

应用的国际化,分布交互仿真的标准化和兼容性是需要不断探索和研究的重要问题,例如,2002年韩国军方地面战仿真系统 CJ21 和美国军方 UFL 系统的联合军事仿真演练和系统测试实验、2002年末美国空军针对中东沙漠地带进行的(空中打击类型)联合演练系统 JDPE(Joint Synthetic Battlespace Experiment)等。这些系统都重点探索和研究了这一问题。

1.1.2 合成自然环境的综合性

合成自然环境(synthetic natural environment, SNE)是分布式虚拟环境的重要组成部分,其逼真程度能够直接影响分布式虚拟现实系统的“沉浸”感和系统仿真的真实性,所以合成自然环境的建立和管理是分布式虚拟现实的基础研究内容。近年,随着应用需求和相关技术的不断发展,分布式虚拟环境合成自然环境的研究也有了新的进展和发展趋势。

综合程度越来越强的合成自然环境,不但涉及地形地貌模型、气象模型、水文模型(包括海洋模型),还涉及声音模型。美国早期的 SIMNET 和 CCTT(Close Combat Tactical Training)系统都建立了一定规模的合成自然环境,通过网络连接起来的各种仿真实体在同一个合成自然环境中进行各种复杂任务的训练和演练。由于侧重于地面仿真,早期的合成自然环境主要由地形地貌组成,较少涉及自然环境中存在的气象和水系等因素。美国 STOW 计划的合成自然环境具有区域广、精度较高、特征丰富的特点,并且在地形地貌的基础上增加了气象、烟尘等环境因素。其中,美国 AFRL 的 EOTDA(Electro-Optical Tactical Decision Aid) Server 和 Weather Server 可以基于某一时段和区域的气象数据,生成合成自然环境的气象模块 TAOS(total atmospheric ocean services)。美国的 JETS(JSIMS Environment Tailor System)是 JSIMS 系统的环境动态管理模块,它能够每隔 15min 从分布在全世界的 15 000 个采样地点收集并处理各种最新环境因素数据,并用它们建立或更新合成自然环境的有关模型。其中的 METOC(meteorological and oceanographical)数据,已经应用于 UE-98-1、JWARS 等系统中。最近,美国军方的 JWARS 系统建立了一个虚拟海洋声音环境(ocean acoustic environment),主要包括反潜环境模型、地理环境变化模型、探测和可视模型、声音影响处理等方面的内容,而且集成在美国海军战场演练系统的实时合成自然环境中,并已应用于包括海军潜艇在内的军事仿真训练和演练中。

合成自然环境的综合性还体现在对分布式虚拟现实系统及其各种实体对象的影响。在环境信息来源广泛、数据类型繁杂的情况下,分布式虚拟环境的数据库研究主要包括:数据库在分布式虚拟环境体系架构中的组织模式、合成自然环境的数据表示和动态修改、环境数据一致性及其区域管理、数据库对仿真数据存储和网络通信数据的影响、与 HLA 或 DIS 的接口、数据副本和数据安全等。另一方面,研究

合成自然环境的各种环境因素对现场实体、虚拟实体、计算机生成实体的影响作用。美国 AFRL 的 EOTDA Server 和 Weather Server 重点研究了合成自然环境中的气象因素和作用, 基于某一时段和区域的气象数据, 生成了合成自然环境的气象模块 TAOS。同时通过 DVW(dynamic virtual worlds)来实现 TAOS 气象因素对环境能见度和仿真实体的影响。例如, 虚拟战场中某一型号的 CGF(computer generated force)导弹在不考虑气象影响的情况下, 能够检测到 60km 以内的 T-72 型虚拟坦克; 如果计算气象的影响效果, 在 EOTDA 的作用下 CGF 导弹只能发现 54km 以内的 T-72 坦克。最近, 美国军方对合成自然环境的天空层的各种因素进行了细化, 如图 1-1 所示, 在此基础上, 研究了各个层次对分布式虚拟环境的各种实体可能产生的影响。

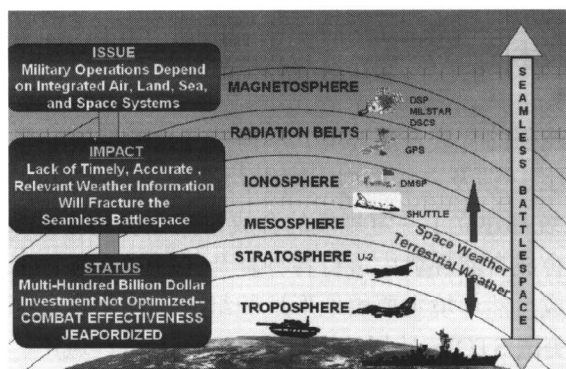


图 1-1 综合性更强的合成自然环境的天空层

1.1.3 增强型虚拟现实技术

分布式虚拟环境利用各种虚拟现实技术, 在网络环境下将真实世界的多维信息映射到计算机的数字空间生成相应的虚拟世界, 使用户可以操作虚拟环境中的各种对象, 突破物理空间、时间的限制, 获得基于现实世界的虚拟性。也可以在网络环境下将计算机生成的虚拟世界中的事物和作用反馈到真实世界中, 使用户能够感知产生于虚拟世界的各种逼真刺激, 产生亲临等同真实环境的“沉浸”感。但是传统的虚拟环境强调的是虚拟对象建模和虚拟场景构建, 很少将客观存在的真实世界直接融入到虚拟环境中, 这在一定程度上影响了虚拟现实技术的发展和推广。目前, 人们正在研究关于虚拟环境与真实环境的互联互通、有机结合的问题, 增强现实就是其中的典型代表。增强现实(augmented reality, AR)又称增强型虚拟现实(augmented virtual reality), 是虚拟现实技术的进一步拓展。它借助必要的设备使计算机生成的虚拟环境与客观存在的真实环境(real environment, RE)共存于同一个增强现实系统中, 从感官和体验效果上给用户呈现出虚拟对象(virtual object)与真实环境融为一体

的增强现实环境。增强现实技术具有虚实结合、实时交互、三维注册的新特点。

由于分布式虚拟环境应用系统的需求和增强现实技术的迅速发展,分布式(协同式)增强现实技术也越来越成为新的研究热点。分布式增强现实技术利用虚拟对象与真实环境的无缝融合,加强了协同式应用系统的人机交互和协同工作能力,提高了分布式虚拟环境的虚实综合性、感知真实性、人机环境的协调性、军事应用的效益性,如图 1-2 所示。国内外许多著名的大学和研究机构正在广泛关注,开始研究其中的基础问题。

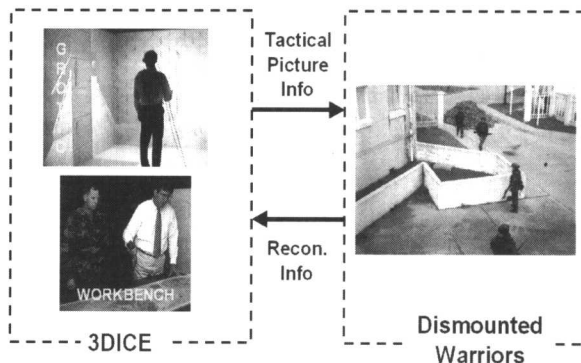


图 1-2 协同式增强现实系统的指挥中心与演练现场

美国海军研究实验室(Naval Research Laboratory, NRL)虚拟现实小组 Julier 等在研究分布式实时虚拟战场环境中,提出一种基于虚实结合的多源数据整合方法,将目击报告、航空和卫星图片、声呐、雷达、地震、红外线等提供的各种信息合成在一个虚拟对象与真实环境共存的环境中,并服务于分布式实时虚拟战场环境的各种用户。最近,美国海军实验室正在研究开发一个虚拟战场环境的协同式增强现实系统(面向指挥中心、士兵、坦克、装甲车、直升机等),包括:穿戴式增强现实系统(wearable augmented reality system, WARS)、三维交互指挥环境(3D interactive command environment, 3DICE)、数据分发系统(wireless LAN)等。

美国哥伦比亚大学是较早开展增强现实研究的机构之一,结合增强现实技术与协同计算技术,研究开发了一个协同增强现实系统——Touring machine,其成果应用于美国海军实验室武器装备与军事演练系统中。其协同增强现实原型系统包括:用户背负着移动式计算设备和定位设备,头戴穿透式显示器,手持一个掌上显示器和一支探笔等。在美国 DARPA 的支持下,美国北卡罗来纳大学和南加利福尼亚州立大学致力于研究广域户外环境下增强现实应用中的跟踪定位技术,该研究成果将应用于军事领域的分布式增强现实系统。Bajura 和 Neumann 研究基于视频图像序列的增强现实系统,提出了一种动态三维注册的修正方法,并通过实验展示了动态测

量和图像注册修正的重要性和可行性,这对协同式增强现实的研究有十分重要的参考价值。动态修正不同视频图像序列的三维注册,能尽可能地保持共享环境的一致性,使用户从中感觉场景的景深,并用参照坐标确定虚拟对象的空间位置。

加拿大多伦多大学的 Milgram 是早期从事增强现实研究的学者之一,他根据人机环境中计算机生成信息与客观真实世界的比例关系,提出了一个虚拟环境与真实环境的关系图谱。现在,他领导的增强现实实验室正在研究一个基于增强现实的多用户遥控操作项目 SMART(Sensori-Motor Augmented Reality for Telerobotics)。

南澳大利亚大学与澳大利亚国防科技机构合作,将支持户外行为的增强现实系统应用于军事仿真演练。南澳大利亚大学高级计算研究中心的 Piekarski 等,正在研究一个分布式军事训练和演练仿真系统,其演练环境包括真实训练场景、虚拟车辆、虚拟仿真实体等,通过头盔显示、全球定位系统(GPS)和数字罗盘(compass)等先进设备,将士兵的位置、特点、行为等增强现实信息发送到虚拟司令部和指挥中心(也可以包括仿真敌方的增强信息、整个战场的全局信息等),以达到用低成本完成野外训练的目的。

1.1.4 分布式虚拟环境的实用化

由于分布式虚拟环境的应用领域在不断扩大,各种应用系统对分布式虚拟现实技术的要求也日益提高,人们越来越期望各种类型的分布式虚拟环境应用系统能够更加实用,这使得分布式虚拟环境的实用化成为一个重要的研究领域。

近年来,为了使指挥自动化 C4ISR(command, control, communication, computer, intelligence, surveillance and reconnaissance)系统与基于分布式虚拟环境的建模和仿真(M&S)系统能够协同工作、资源互用,美国军方和研究机构加强了对 C4ISR 系统与 M&S 系统之间接口问题的研究,主要包括信息类型、体系结构以及相关资源的互通性,如图 1-3 所示。在北大西洋组织和美国国防部的资助下,2002 年美国 Old Dominion 大学提交的 C4ISR 与 M&S 技术参照模型报告,给出了系统结构的差异、通用数据对象模型、通用标准、基于组件可重用界面、差异处理机制等方面的互通建议。同时,Old Dominion 大学在开展 C4ISR 与 S&M 间接口问题研究中,基于 Web Service、XML 和 SOAP(simple object access protocol)给出了一个支持两种系统数据交换的接口构架。图 1-3 为一个初步的 C4ISR 与 M&S 技术参照模型。

在 USJFCOM(U.S. Joint Forces Command)的资助下,美国于 2002 年 7 月 24 日至 8 月 15 日,进行了一个名为“千年挑战-2002”(Millennium Challenge 2002, MC02)的联合综合演练实验。这是一个基于 C4ISR 现场指挥系统与计算机仿真的分布式虚拟战场系统的联合军事演练,共涉及 3 万个实体、17 个不同地域的 44 个子系统,包括了现场实体、虚拟实体、计算机生成兵力等不同类型的演练实体。演练进行了

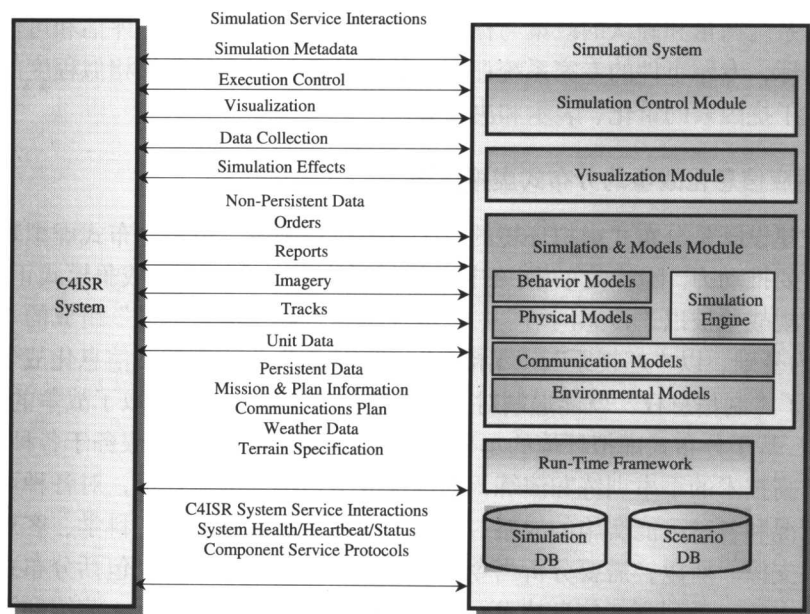


图 1-3 C4ISR 与 M&S 的技术参照模型

3 个星期, 每天 24 小时不间断。在 DARPA 资助的 CoABS(Control of Agent-Based Systems, CoABS)项目中, 美国华盛顿海军研究实验室(Naval Research Lab.)研究了一个基于 Agent 的 C4ISR 与 M&S 的接口 Agent-Mediated Interface;同时美国 DMSO (Defense Modeling and Simulation Organization)也开发了一个基于 HLA/RTI 的 C4ISR 与 M&S 的接口系统 CMDR (Critical Mission Data Over Run-time Infrastructure), 这两个系统都已经集成到 CoABS 系统中。美国卡内基-梅隆大学(CMU)正在研究面向 C3I 与 M&S 系统的基于组件的共同体系统构架, 主要包括: 元数据与模型规范、可扩展的分布式虚拟环境架构、以网络为中心的服务模式、对 NATO C3I 的支持、基本对象模型(BOM)、灵活的可组合性、统一的对象描述、战场管理语言等。最近, 高层体系结构 HLA 环境下 C4I 与 M&S 的接口技术是美国国防部的联合仿真系统 JSIMS 的研究重点之一, 涉及 C4I 与 M&S 的接口构架、适配器机制、时间管理等方面的内容。JSIMS 系统希望通过这一类关键技术的研究和突破, 实现指挥自动化 C4I 系统与基于分布式虚拟环境的 M&S 系统的互联互通, 使这些分布式虚拟环境的应用系统能够在真正的战争动员、战略、战役、战术、补给等方面起到更为有效的作用。

另一方面, 分布式虚拟环境的实用化, 使得分布式虚拟环境应用系统的测试、评估与确认等问题的研究越来越迫切。2002 年美国国防建模与仿真办公室就虚拟战场仿真系统的衡量尺度和可信指标组织了讨论, 并计划拟订仿真系统的可接受标准。美国军方、政府、研究机构、工业界的相关人员在马里兰参与了讨论, 内容涉及:

制定仿真系统衡量和确认的政策与标准,虚拟战场环境的测试、评估和可信度的具体参数指标,专题事件的专家系统评定,仿真对象与真实对象间相似程度的表示与计算,人干扰因素的量化、表示和决策等。

1.1.5 适应信息化战争的分布式虚拟环境

国防建设既是分布式虚拟环境的一个重要应用领域,也是分布式虚拟环境不断发展的重要推动力。随着美军“网络中心战”概念的提出和开发。战争模式正在改变,有形的常规战争被以“传感网络”、“战斗网络”和“信息网络”组成的“全球信息网格”为基础,以“超视距”、“零接触”、“零伤亡”为特征的“信息化战争”所主导。夺取了“制信息权”就能遏制对方的作战指挥系统,也就夺取了战争的主动权。另一方面,基于分布式虚拟环境的军事仿真训练与演练系统一直服务于各种大规模、综合性、高技术的军事训练和演练,为确保战争目标和降低代价,对各种可能出现的复杂情况和各种可能实施的战略、战役、战术想定进行反复、科学、客观的论证评估提供支撑。所以,需要分析当今信息化战争的新变化,研究包括分布式虚拟现实技术在内的一系列高新信息技术,为信息战争时代的军事训练、演练和军事决策提供新的途径,推动武器装备和作战方法的不断创新,带动军事技术的新发展和作战手段的新突破。

美国政府实施数字地球计划定位在集成和应用,美国现已有的大量和多种来源的空间数据,并开发了 1m 分辨率的世界数字地图。这标志着美国 NII 的发展重点正在由数据共享向数据应用转移。例如,美国空军的“空军 2025”系列研究报告提出了“世界范围的信息控制系统”新思路;“美国航天司令部 2020 构想”报告提出了基于“控制空间、全面交战、全面力量集成和全球合作”建立“全球防御信息网”的设想。1999 年美国提出把全球指挥控制系统、传感器系统和作战系统优化集成在一起,构成全球信息网格(GIG)系统,并于 2000 年正式启动,将于 2020 年完成。作为该计划的一部分,美国海军和海军陆战队已启动了一个耗资 160 亿美元历时 8 年的项目,包括系统的研制、建设、维护和升级。GIG 是全球最庞大的网格计划,将用于美军新世纪的作战支撑。GIG 能为未来以网络为中心的战争提供全面支持,以期获得信息制优权和决策制优权,从而夺取战争的胜利。

GIG 将是未来美国作战战略的基础,也将是美国在未来战争中取得优势的重要手段。与此同时,美国国防部从 1997 年起十年内用于作战建模与仿真的总投资将达近千亿美元。为了全方位、多视角、逼真有效地模拟战争,美国先后建立了一系列能够进行战略、战役、战术作战模拟的模型,用这些模型进行“全球战略模拟演练”、“联合作战演练”和“虚拟战术演练”,在不久前还进行了代号为“千年挑战”的战争模拟。在研究大规模分布式虚拟战场环境的关键技术的基础上,美国正在研制分