

# DVENET 一个分布式虚拟环境

赵沁平 沈旭昆 夏春和 王兆其

(北京航空航天大学计算机科学与工程系 北京 100083)

**摘 要** DV EN ET(distributed virtual environment network)是在国家“八六三”计划支持下开发的一个分布式虚拟环境基础信息平台,为我国研究分布式虚拟环境提供了必要的网络平台和软硬件基础环境.它主要包含了一个专用计算机网络,以及支持分布式虚拟环境研究与应用开发的各种标准、开发工具和基础数据(如三维逼真地形).应用 DV EN ET开发的一个分布式虚拟战场环境,将分布在不同地域的若干仿真器联合在一起,并应用虚拟现实技术研制了一些虚拟仿真平台,构成了一个进行异地协同与对抗战术仿真演练的分布式虚拟环境.文中介绍了 DV EN ET的研究目标、组成、功能及目前的主要进展.

**关键词** DIS,虚拟现实,虚拟环境, DV EN ET

**中图法分类号** TP39

## DVENET: A DISTRIBUTED VIRTUAL ENVIRONMENT

Zhao Qinping, Shen Xukun, Xia Chunhe, and Wang Zhaoqi

(Department of Computer Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

**Abstract** DV EN ET(distributed virtual environment network) is a distributed virtual environment sponsored by National High Technology (863) Project. It includes a wide-area network, a set of standards and toolkits, and some other resources (such as 3D terrain), all of which can be used to run and/or develop distributed virtual environments in a wide range of fields. In fact, based on DV EN ET, a distributed virtual battlefield environment has been developed, which involves many existing man-in-the-loop simulators and some virtual simulators developed by using virtual reality technology. In an exercise, hundreds of entities controlled by different nodes, which are distributed from different locations, can take part in and interact in a  $110 \text{ km} \times 150 \text{ km}$  synthetic environment to support joint-exercise among varieties of forces. The objectives, components, and features of DV EN ET are introduced in the paper.

**Key words** DIS, virtual reality, virtual environment, DV EN ET

**Class number** TP39

原稿收到日期: 1998-08-26;修改稿收到日期: 1998-09-15.本课题得到国家“八六三”计划、国家科委“九五”攻关项目和国防科工委预研项目资金资助.赵沁平,教授,博士生导师,目前主要从事计算机软件、人工智能和虚拟现实等方面的研究工作.沈旭昆,副教授,目前主要从事类比推理与虚拟现实方面的研究.夏春和,副教授,目前主要从事虚拟现实与计算机网络方面的研究工作.王兆其,博士研究生,目前主要从事虚拟现实技术方面的研究工作.

# 1 引言

虚拟现实 (virtual reality, VR) 技术是采用以计算机技术为核心的现代高技术生成逼真的视、听、触觉一体化的特定范围的虚拟环境, 用户借助必要的装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。分布式虚拟环境则是在先进的网络平台上, 将孤立的或小范围的虚拟现实系统连接起来, 使处于不同地域的多个用户可以在同一个虚拟的世界中进行实时交互, 协同完成各种任务<sup>[1-3]</sup>。

分布式虚拟环境综合应用了计算机网络、图形图象处理、多模式人机交互等多项高新技术, 可以广泛应用于模拟战争演习、灾难救援仿真、飞行员驾驶训练、异地协同设计、遥操作系统 (如远程会诊和远程手术)、城市建设规划及管理等方面, 在应用和商品化方面有着巨大的发展潜力, 并将对信息技术产业产生深远的影响。所以开展大范围分布式虚拟环境研究一直是虚拟现实研究中的一个重要方向, 一些国家从 80 年代中期开始就投入大量资金及人员支持该方面的研究, 并已构建了一些实际系统。

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一项合作研究计划, 即 SIMNET (simulation networking) 研究计划<sup>[4]</sup>。到 1989 年, 已将分布在美国和德国的 11 个军事基地的 260 多个地面车辆仿真器互联, 形成了世界上第一个分布式虚拟战场环境, 用于进行复杂战场任务的训练。

根据使用 SIMNET 过程中积累的经验, 美国军方和工业界在 SIMNET 基础上, 共同倡导并着手建立异构型网络互联的分布交互仿真 (distributed interactive simulation, DIS) 系统, 把它做为美国面向 21 世纪的一种信息基础设施。

在美国, DIS 的研究和发展很快。1992 年 3 月, 在第六届国防 DIS 研讨会上, 美国陆军的仿真、训练及装备司令部 STRICOM (simulation, training and instrumentation command) 提出了 DIS 结构, 并从第一届研讨会开始着手制订 DIS 的协议标准。1993 年, DIS Version 1.0 PDU 协议规范正式成为 IEEE 标准 (IEEE 1278)。DIS 是规模更大、功能更丰富的分布式虚拟环境, VR 技术是其中重要的应用技术之一。在 1992 年的 I/ITSEC 会议上展示了一个 DIS 演示系统, 30 多台全任务模拟器、计算机生成兵力和指挥控制系统采用 DIS PDU 标准通过以太网相联, 环境背景模拟太平洋附近的军事基地及邻近海域。1993 年的展示规模则进一步扩大, 包括来自 30 余家组织者的 50 多台模拟器, 其中还有一些真实实体和位于远地的模拟器参与了演练。

从 1994 年开始, 美国 DARPA 与 USACOM 联合开展了战争综合演练场 (synthetic theater of war, STOW) 研究<sup>[5]</sup>, 主要研究更大规模的高精度仿真对军事仿真训练与战场任务演练的支持, 形成了一个包括海陆空多兵种、有 3700 个仿真实体参与、地域范围覆盖 500×750 km<sup>2</sup> 的军事演练环境。

DVENET 是在国家“八六三”计划支持下, 由北京航空航天大学、杭州大学、中国科学院计算所、中国科学院软件所和装甲兵工程学院等单位共同开发的一个分布式虚拟环境基础信息平台, 为我国研究分布式虚拟环境提供了必要的网络平台和软硬件基础环境。它主要包含了一个专用计算机网络, 以及支持分布式虚拟环境研究与应用开发的各种标准、开发工具和基础数据 (如三维逼真地形)。目前, 我们应用 DV EN ET 开发了一个分布式虚拟战场环境, 将分布在不同地域的若干仿真器联合在一起, 并应用虚拟现实技术研制了一些虚拟的武器仿真平台, 构成了一个可进行异地协同与对抗战术仿真演练的分布式虚拟环境。本文介绍了 DV EN ET 的研究目标、组成、功能及目前的主要进展。

## 2 DVENET 概述

目前, DVENET 是一个基于 DIS<sup>[6]</sup> 协议的分布式虚拟战场环境演练系统。其目标是: 将分布全国的已有的不同武器仿真器用网络联接起来; 研制足够数量的基于 VR 技术的虚拟武器平台; 开发有针对性的具有真实地形地貌和逼真地表特征物与自然景象的虚拟战场环境, 建设一个可进行异地协同与对抗战术仿真演练的信息基础设施。DVENET 主要包含了以下内容:

(1) 一个用于分布式虚拟环境研究的包含远程节点的专用网络: 在北京航空航天大学校内建成了一个 100Mbps 快速交换以太网主干网, 通过 64Kbps DDN 专线与远程的杭州大学、通过 PSTN 与装甲兵工程学院、中国科学院计算所、中国科学院软件所等单位连接。

(2) 一块  $110 \times 150$  平方公里地形数据, 初步具有逼真地表文化特征和自然景象的虚拟战场环境。

(3) 具有真实交互设备的歼击机和坦克仿真应用程序, 5 种可参与分布式虚拟战场环境训练的虚拟的武器仿真平台, 3 种网络监控与管理器。

应用 DV EN ET, 可以实现包含远程节点的数十个武器平台在同一块逼真地形下进行协同作业或对抗演练。参演人员(用户)可以用交互方式控制虚拟仿真平台在虚拟场景中漫游, 感受云、雾等特殊效果及昼夜的变化。用户通过虚拟仿真平台的视景可以观察到其它仿真实体, 并可以使用炮火攻击对方。当炮弹击中目标, 如其它仿真实体、建筑物、树木时, 可以将目标摧毁, 并伴有一定的爆炸效果。另外, 系统还可以检测出仿真实体之间发生的碰撞、仿真实体与建筑物、CGF 或树木之间发生的碰撞, 并进行碰撞响应。例如: 坦克碰撞到建筑物时会弹回, 碰撞到树木时会将树压倒, 飞机起飞后碰撞到地面将会坠毁等。

### 3 网络结构

“分布”是 DV EN ET 的主要特点之一。由于传输速率、专用、安全和保密等方面的要求, 我们建立了一个开放式的具有一定规模的专用网络系统: 在北京航空航天大学用光纤互联了校内的有关单位, 建成了一个 100Mbps 的快速交换以太网, 并选用 DDN 专线与杭州大学互联, 选用 PSTN 与装甲兵工程学院、中国科学院计算所和中国科学院软件所等单位

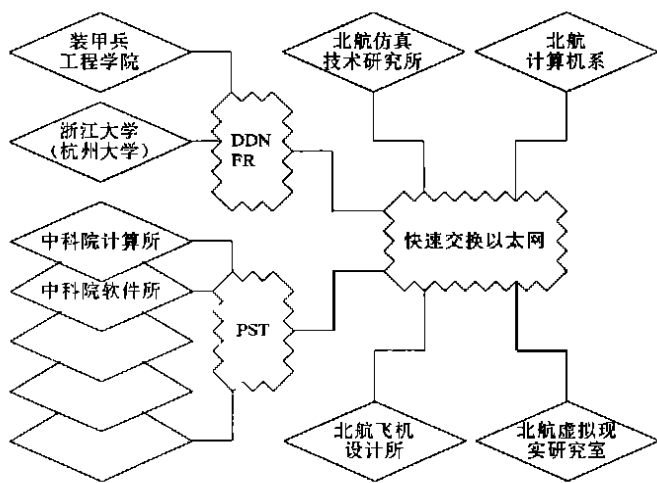


图 1 DV EN ET 网络连接图

互联而成, 且为多种互联方式 (FDDI, DDN, PSTN, ATM, FR) 保留了接口。③ 自治性。除了子网互联由北航计算机系负责管理外, 其它各子网由各单位自行设计、实现、管理与维护, 或是各单位已有的局域网。④ 兼容性。DV EN ET 支持 TCP/IP 协议, 可以与国际互联网互联。

### 4 真实三维地形与逼真的自然效果

视景数据库是虚拟环境数据库的重要组成部分, 主要描述环境中的地形地貌、静态文化特征、运动目标及相对位置关系等, 最终通过图形发生器给环境中的参与者提供视觉反馈。DV EN ET 已经初步建立了一个  $110 \text{ km} \times 150 \text{ km}$  的虚拟战场地景数据库, 其中包括:

- (1) 地形: 将真实地形的 DEM(digital elevation model)数据进行处理后生成逼真的视景。
- (2) 地表特征物: 例如公路、铁路、桥梁、湖泊、河流、树木、楼房等。
- (3) 活动目标: 例如歼击机、直升机、坦克等。
- (4) 特殊效果: 如爆炸时产生的声音、火光纹理等。

整个地景数据库是基于我国某区域的真实地形数据生成的,具有真实的地形高度与文化特征,并具有逼真的纹理数据。

## 5 仿真实体

DV EN ET中主要有 3种武器仿真平台:坦克、歼击机、直升机。

坦克仿真器有两种:虚拟坦克仿真器和具有真实交互设备的坦克仿真器。其中虚拟坦克仿真器可以由用户通过操纵杆控制,具有真实交互设备的坦克仿真器由驾驶员仿真器与炮手仿真器两部分组成,每部分都具有与真实坦克非常类似的操作设备与环境。驾驶员与炮手可以像操作真实坦克一样协同控制坦克的运动及对敌攻击。驾驶员通过视景框还可以看到三维立体的逼真场景。坦克仿真实体运动过程中会随地形高低不平而起伏,当与建筑物或其它实体碰撞时会被弹回,它还可以对其它实体实施火力打击。

歼击机仿真器也有两种:虚拟歼击机仿真器和具有真实交互设备的歼击机仿真器。歼击机的运动姿态根据用户输入按真实动力学方程实时求解刷新,具有很强的逼真效果与使用价值。

直升机仿真器使用操纵杆控制。用户在操纵直升机时,可以看到一个逼真的三维虚拟座舱,并能透过座舱看到窗外的地形、建筑等视景。

DV EN ET中具有一定数量的计算机生成兵力(computer generated force, CGF)。CGF可以有一定的智能行为<sup>[8]</sup>,如:沿道路巡逻,或跟踪其它实体等。DV EN ET中的 CGF丰富了演练环境,扩大了仿真规模。

DV EN ET还有另外 3种应用程序:战场态势观察器,演练记录与事后回放器和演练监控器。

通过观察器,可以察看战场环境中任何地域的战场态势变化,还可以跟踪某一个仿真实体,观察该仿真实体的操作者所能看到的一切。演练记录与事后回放器可以记录演练过程中发生的事件,演练结束后进行演练回放与事后分析。演练监控器可以监控参与当前演练的节点,并显示各节点的仿真实体类型等。

## 6 碰撞检测与碰撞响应

在 DV EN ET中,基于一种面向对象的分布式碰撞检测<sup>[9]</sup>方法,实现了一个分布式碰撞检测引擎。该引擎可以实时检测出各仿真实体之间、仿真实体与静态实体之间及仿真实体与地面的碰撞,然后将碰撞消息发送给各实体,由实体根据自身的物理特性做出逼真的碰撞响应。例如:武器平台发射出的炮弹击中目标时,会发生爆炸;坦克碰撞到大型建筑物时会被弹回,碰到树时,则将树压倒;飞机起飞后,碰撞到地面将会坠毁。

使用面向对象的分布式碰撞检测方法,可以保证 DV EN ET中各仿真节点的自治性,而且将所有实体之间的碰撞检测任务合理地分布到各个仿真节点,大大减少了单个仿真节点所需碰撞检测次数,有利于实时碰撞检测与响应。

## 7 人与虚拟环境的交互

DV EN ET支持多种人与虚拟环境的自然交互方式。用户可以通过头盔或立体眼镜看到三维立体视景显示;可以通过头盔实现视景随用户头部运动而正确切换视角;可以使用真实的交互设备驾驶坦克、歼击机;也可以实现常规鼠标、六自由度鼠标、通用操纵杆或键盘控制仿真实体的运动。

为支持人与虚拟环境之间同时使用多种交互方式(多通道),我们在 DV EN ET中建立了一个多维交互界面模型<sup>[10]</sup>,如图 2所示,另外,为了简化多通道人机界面中多种交互设备的实现方法,我们定义了一组基

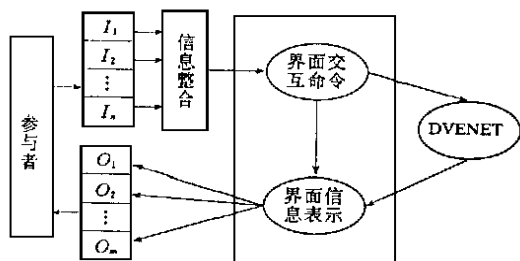


图 2 DVENET中的多维交互界面模型

本操作原语,各交互设备与虚拟环境之间的交互作用均可以由这组基本操作原语解释,这组操作原语可分为以下几类:

- (1) 视点控制类 (VIEW): 用于视点控制。
- (2) 单词类 (WORD): 用于文本、声音信息发送。
- (3) 触发类 (TOUCH): 用于控制触发事件,如发射炮弹。
- (4) 移动类 (MOVE): 用于控制物体的运动属性。

## 8 结束语

DVENET只是一个分布式虚拟环境的原型系统,其目的是研究分布交互计算与分布交互仿真的各种关键技术,并为此提供必要的软硬件平台与技术服务。

本文中,我们以基于 DVENET开发的一个分布式虚拟战场环境为应用实例,介绍了 DVENET的组成、目标、研究状况,我们将在已有的基础上,继续扩展现有网络结构,进一步提高 DVENET的“分布、交互、逼真”等特点,并拓展 DVENET的应用领域,如异地联合产品设计与组装、遥操作等。

## 参 考 文 献

- 1 Zhao Qingping *et al.* A survey of activities in virtual reality. *Computer Research and Development*(in Chinese), 1996, 33(7): 493\_500  
(赵沁平,怀进鹏,李波等. 虚拟现实研究概况. 计算机研究与发展, 1996, 33(7): 493-500)
- 2 Macedonia M R, Zyda M J. A Taxonomy for networked virtual environments. *IEEE Multimedia*, 1997, 4(1): 48\_56
- 3 Zyda M J. Networking large-scale virtual environments. In *Proc of Computer Animation '96*. Geneva, Switzerland, 1996. 1\_4
- 4 Arthur R P, Rechard L S. The SIMNET Network and Protocols, BBN Systems and Technologies Corporation, Report Na 7627, 1991
- 5 Budge L D, Strini R A, Dehncke W *et al.* Synthetic Theater of War (STOW) 97 Overview. <http://siso.sc.ist.ucf.edu/siw/98spring/docs/papers/98S-SIW-086.doc>, 1998
- 6 IEEE Std 1278-1995 IEEE Standard for Distributed Interactive Simulation. Los Alamitos IEEE Computer Society, 1996
- 7 Zhao Qingping, He Lei, Xia Chunhe *et al.* The design and implementation of distributed virtual environment network (DVENET). In: *The Progress of Intelligent Computer Interface and Application*——*Proc of the 3rd Conf on Chinese Intelligent Computer Interface and Intelligent Application*(in Chinese). Zhangjiajie, 1997. 17\_21  
(赵沁平,何磊,夏春和等. 分布式虚拟环境网络 (DVENET)设计与实现. 见: 智能计算机接口与应用进展——第三届中国计算机智能接口与智能应用学术会议论文集. 张家界, 1997. 17\_21)
- 8 Pang Guofeng, Chen Guojun. The primary implementation of computer generated forces in DVENET. *Computer Research and Development*(in Chinese), 1998, 35(12): 1084\_1088  
(庞国锋,陈国军. DVENET中计算机生成兵力的初步实现. 计算机研究与发展, 1998, 35(12): 1084\_1088)
- 9 Wang Zhaoqi, Zhao Qingping, Wang Chenwei. An object-oriented collision detection method and its application on distributed virtual environment. *Chinese Journal of Computers*(in Chinese), 1998, 21(11): 990\_994  
(王兆其,赵沁平,汪成为. 面向对象碰撞检测方法及其在分布式虚拟环境中的应用. 计算机学报, 1998, 21(11): 990\_994)
- 10 Chen Guojun, Hu Nanwei, Pang Guofeng. Design and implementation of an entity's interaction in the DVENET. *Computer Research and Development*(in Chinese), 1998, 35(12): 1089\_1093  
(陈国军,胡南伟,庞国锋. DVENET中交互控制的设计与实现. 计算机研究与发展, 1998, 35(12): 1089\_1093)
- 11 He Hongmei, Wang Zhaoqi, Chen Xiaowu. The design and implementation of DVENET framework. *Computer Research and Development*(in Chinese), 1998, 35(12): 1069\_1072  
(何红梅,王兆其,陈小武. DVENET应用程序框架的设计与实现. 计算机研究与发展, 1998, 35(12): 1069\_1072)