

基于 Web 的化工协同虚拟现实系统的研究

刘丹丹, 邓文生

(北京理工大学, 北京 100081)

摘 要:在介绍虚拟现实概念的基础上, 报告了目前国内外高校的研究现状。通过对不同特点仿真系统的比较、分析, 提出建立基于 Web 化工设备数据库的协同虚拟现实系统的必要性和可行性, 简要论述了实现系统架构的关键技术。最后, 指出带宽仍是系统发展的主要瓶颈。化工协同虚拟现实系统的建立对其他领域的协同仿真具有重要的参考价值和理论意义。

关键词:虚拟现实; 仿真实验; 协同仿真; 设备数据库

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2006)12-0220-04

Research on Chemical Collaborative Virtual Reality System Based on Web

LIU Dan-dan, DENG Wen-sheng

(Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: On the basis of introducing the concept of virtual reality, reports the status quo researched by domestic and foreign institutes. Through comparing and analyzing these simulation systems with different characteristic, it proposes the necessary and the feasibility about establishing a collaborative virtual reality system based on Web chemical equipment database, and simply describes the key technologies to achieve this system structure. At last, points out the wideband is still a main bottleneck in system development. With regard to the collaborative simulation of other fields, the establishment of chemical collaborative virtual reality system has great reference interest and theoretical significance.

Key words: virtual reality; simulation experiment; collaborative simulation; equipment database

0 引言

虚拟现实 VR (Virtual Reality) 是由高速计算机系统构建的一种令人感到身临其境、可以获得与环境交互体验的虚拟世界。它综合了计算机图形学、智能技术、传感技术、语音处理与音响技术、网络技术等多门学科, 将计算机处理的数字化信息转变为具有各种表现形式的多维信息, 使人进入一种沉浸、交互、构想 (即著名的三 “I”: Immersion, Interaction, Imagination) 的信息环境。因为其图像场景生动、人机交互自然、成本相对较低, 被广泛应用于各种研究领域。

在实际生活中, 由于种种原因, 人们无法对真实系统进行操作: a. 系统可能还处于设计研发阶段; b. 系统运行可能引发故障或对人员操作潜伏危险; c. 试验时间太长或费用过于昂贵。鉴于以上原因, 如果想更准确地了解系统的性能, 更深入地探寻系统的可行性, 只能先构造模型,

通过对模型的试验来代替或部分代替对真实系统的操作。国内外许多高校都利用虚拟现实技术进行了这方面的探讨和研究。利用虚拟现实技术建立的仿真系统为用户提供了一个完全沉浸的交互界面, 它把实际空间转化为虚拟空间, 通过提高用户的感知性和交互性, 来达到仿真试验的目的。

1 研究现状

利用虚拟现实技术开发的仿真系统经历了由简单感知到复杂交互、由单一设备到整体流程、由单用户操作到多用户协同的发展过程。按照发展阶段的不同特点, 可分为模型仿真、流程仿真、协同仿真三类。模型是流程仿真的基础, 协同仿真是流程仿真未来的发展趋势。

(1) 模型仿真。

GB Multimedia Productions 公司利用 OpenGL, VC 成功地建立了 C/S 模式的化工虚拟设备数据库。该模型库种类繁多、类型多样, 如, 离心泵单元包括密封式离心泵 (Canned Centrifugal Pump)、单级泵 (Single Stage Pump)、磁力泵 (Magnetic Drive Pump) 等。

图 1 为密封式离心泵。

(2) 基于模型的流程仿真。

收稿日期: 2006-03-30

基金项目: 北京理工大学第八批教育改革项目 (教字 [2005] 45 号)

作者简介: 刘丹丹 (1980-), 女, 黑龙江大庆人, 硕士研究生, 研究方向为化工网络虚拟仿真实验; 邓文生, 博士, 副教授, 研究方向为化工流程分析与模拟。

英国 Institution of Chemical Engineers(ICHEME)研制了化学工程的培训软件 SAFE-VR,它实现了场景漫游等操作。

图 2 是构建虚拟场景的流程图^[1];图 3 是 SAFE-VR 场景图。

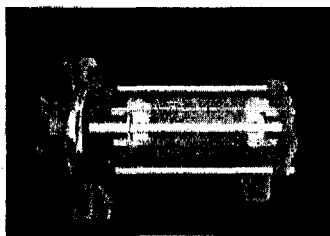


图 1 密封式离心泵

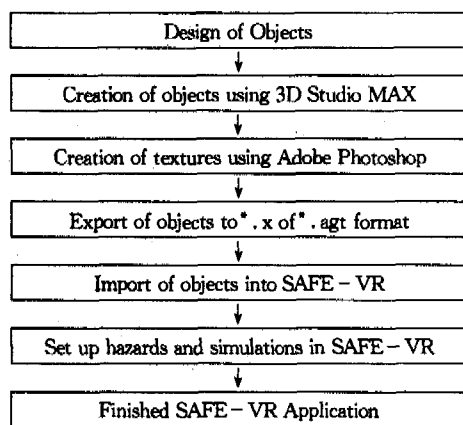


图 2 SAFE-VR 场景构建流程图

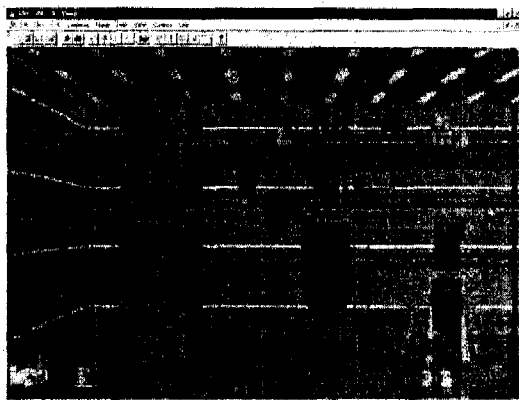


图 3 SAFE-VR 场景图

(3) 基于流程的协同仿真。

随着虚拟现实技术特别是分布式虚拟现实技术的发展,人们自然地联想到能否用虚拟现实技术构造一个 CSCW(Computer Supported Cooperative Work,计算机支持的协同工作)环境,使得参与协同的人能够更加融洽地工作在一起,这样的系统被称为 CVR(Collaborative Virtual Reality System,协同虚拟现实系统)。建构 CVR 的目的是:利用多媒体计算机和通信技术建立一个协同的虚拟环境,在虚拟空间中人们相互合作,共同工作于一个产品、一个研究领域、一个项目或求解一道学术上的难题。

* 美国 Alibre 公司开发了 3D CAD 设计软件 Alibre Design。它是一个互动式的设计应用程序,专为网际网络

制造,提供 3D 立体机械的设计、合作和资料的分享管理。Alibre Design 用户可以离线建立模型,通过 Email 与其他协作者交流。在设计评测阶段,任何人都允许添加或者修改机械的特征、尺寸及标注,允许在互联网上传送声音文件,并加以聊天短信。如图 4 所示。

* 德国卡尔斯鲁厄大学(University of Karlsruhe)利用 VRML,Java,JavaScript 及 TCP/IP 技术研制了虚拟平台(VIRTUS),用户可通过视频进行交流,对建筑工程进行协同设计^[2]。如图 5 所示。



图 4 Alibre Design 操作界面

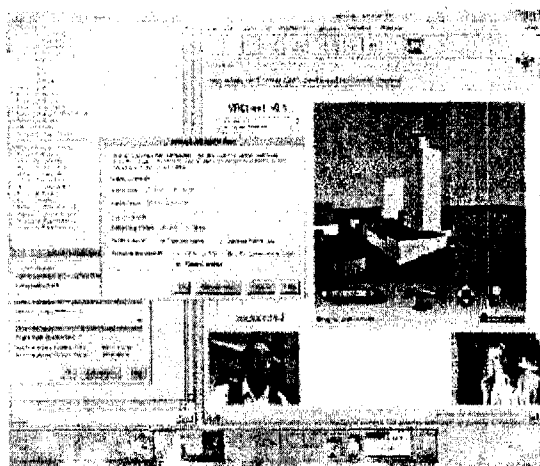


图 5 VIRTUS 操作界面

模型仿真:用户可从多视角浏览设备的内、外部结构,通过观察、操作、比较,辨析同一种类不同样式之间的异同之处,其缺点是无法让用户了解单一设备在整体流程中的作用。基于模型的流程仿真:可选择的流程种类多样,但流程形式固定、操作方式单一,虽然满足了用户详细观察的需求,却无法达到启发思维、锻炼创造性实验的目的。随着科技的发展,如今,在电子电路实验、机械设计与制造、建筑环境与设备工程等领域,由于搭建工程浩大、操作设备复杂、注意事项繁多、产品规格不断提高等原因,使得凭借一个人的力量已经无法顺利地进行仿真,必须汇集多人的智慧共同操作才能完成试验,这就需要构建一个协同虚拟现实系统。其目的是让分散在异地的协同者通过文字、语音、视频的交流、协商将技术资源、设计思想、创新理

念、分工信息等进行汇集,从而更好地完成仿真。在协同仿真、搭建流程的过程中,涉及到许多结构复杂的设备模型,如果在每次使用时都重新构建,既耗费物力、财力、降低工作效率,也将一次流畅贯通的实验操作或构造过程变得支离破碎,因此,建构一个设备模型数据库就显得尤为重要。通过研究发现:仿真系统分为 C/S、B/S 两种模式, C/S 模式需要安装客户端程序,对于一些地域分布较广的协同者来说,程序的升级和维护比较繁琐。而 B/S 模式独立于操作系统,用户使用标准 IE 浏览器即可访问,并且它也是 CVR 最易于被大众所接受的实现方式。从“瘦客户端”的角度出发,将设备数据库建于服务器端,删减、添加、修改任一设备模型都在服务器端,有利于系统的升级、管理和维护,从而提高了效率。

就化学工程这门学科而言,利用复杂的设备模型搭建实验流程,多用户协同在流程仿真的过程中凸显出其重要的作用^[3]。文中提出建构基于 Web 化工设备数据库的协同虚拟现实系统。强大的 Internet 可以轻而易举地实现分布式多用户对化工虚拟设备的远程共享,通过协同者的交流,共同完成化工流程的模拟,它满足了科研、教学对分布式实验的要求,提供了一个跨地域、跨系统的多用户协同平台。

2 关键技术的实现

基于 Web 化工设备数据库的协同虚拟现实系统使用 BSDA(Browser/Server/Database & Application)结构,即客户端/服务器/数据库/应用程序结构。系统架构如图 6 所示。

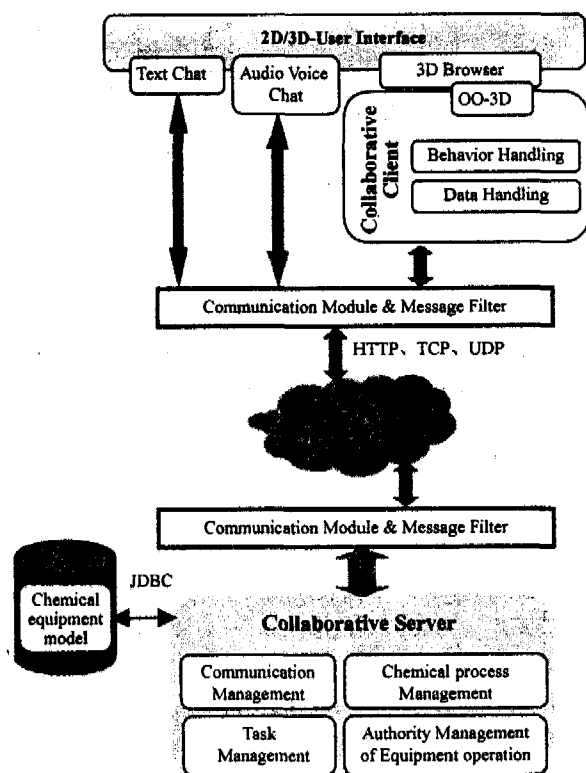


图 6 系统架构图

建构这样一个系统,除了需要专业的化工原理实验内容、实验设计、化工物性数据以外,其关键技术是软件工程方面的技术。

2.1 虚拟现实技术

化工设备数据库的建立利用虚拟现实技术,目前,广泛应用的虚拟现实技术主要有 VRML 技术、OpenGL 技术、Java3D 技术。

OpenGL、Java3D 具有良好的跨平台性能,可运行在 Unix、WindowsNT、WindowsXP 以及 Macintosh 等平台之上。无论是 OpenGL 还是 Java3D 都提供了绘制基本几何形体的函数,如正方体、球体、圆柱体等,调用这些函数即可构造并显示场景。但是,构建形体复杂的化工设备单元,这样做过于繁琐且浪费大量时间和计算机资源。随着三维图形软件的不断发展与完善,现阶段广泛采用的方法是:利用 AutoCAD、3D Max 等三维软件绘制图形模块,通过转换工具转换成编程语言支持的格式。这些三维软件无论是在渲染速度、图像质量、造型技术,还是交互性、数据压缩与优化上,与 OpenGL、Java3D 本身提供的函数相比都有胜过之处。三维的化工设备模型会在视觉上对用户产生一种强烈的冲击,它摒弃了二维画面单一、死板的特点,以形象、生动、逼真的姿态呈现在用户的操作平台之上,极大地提高了用户的操作兴趣。

2.2 数据库技术

化工协同虚拟现实系统需要管理大量的信息:用户信息、文本交流信息、多媒体信息、设备数据库信息等,其中以化工设备的管理最为重要。化工设备是进行流程模拟的基础及前提,设备的多样性为实验设计带来了便利,也提出了管理的新问题。化工设备可分为干燥设备、换热设备、填料设备、分离设备、管道设备等,而每种设备单元按照加工工艺、生产材质的不同又分为多种类型。以管道设备为例,从性质上可分为耐热管件、耐磨管件;从材质上可分为稀土管件、搪瓷管件、钢橡胶复合管件等,这决定了管道绝对粗糙度、耐磨性、耐温性等性质的不同。这个复杂的管理系统,不仅包括文本文件,还包括大量的图形、图像、音频、视频等多媒体数据,为了能更好地管理数据,提高用户对资源的共享能力,数据层采用 SQL Server 关系型数据库管理系统。当用户通过 Web 与某一设备进行交互操作时,服务器会从数据库中读取设备的文本、图形、表格等相关资料,并把这些资料显示出来,以便与用户进行及时的交流与反馈,协同者根据这些信息进行思考、推理和判断,筛选设备模型,从而更好地完成流程的仿真。

2.3 通信技术

2.3.1 多用户协同

对于面向 Internet 的协同虚拟现实系统,若要让异地的多个用户工作在一个虚拟空间,产生相同的沉浸感,达到各用户 WYIWYS(即“你见即我见”)的目的,必须保持用户协同感知的一致性。协同感知的基本要求是:a.能感知到一个协同虚拟环境中有哪些用户参与协同;b.能通过

文本、声音、视频等工具进行文字或语音交流;c.能感知到其他用户在关注什么(操作目标),正在做什么(操作对象、操作类型和操作结果),能做什么(操作权限)^[4]。

在基于化工设备数据库的协同虚拟系统中,参与协同的用户完成一项实验,他们可以利用白板、声音等进行文字或语音上的交流,通过相互观摩、协商来传递彼此的设计思想,探讨流程仿真的可行性。当一个用户对某一设备模型进行修改,系统会将修改结果提交给服务器,而后广播,其他用户收到这个广播后,对各自相应的数据进行修改。为了避免多个用户同时(在两次广播的间隔内)对同一设备进行修改,从而引发冲突,服务器必须有冲突机制^[5]。解决冲突机制的关键就是并发控制,常用到的并发控制方法有:封锁法、集中控制法、事务机制和依赖检测机制等。并发控制方法的有效程度直接影响系统对用户的协调,进而影响整个协同系统的效率。

2.3.2 网络协议

协同的核心是实现同步。系统的同步要考虑到各种感知媒体的独立性、共存性、集成性和交互性等等,因此需要研究适当的通信协议来控制和管理这些复杂的多媒体数据流。通信过程中的信息交换与共享涉及到三类协议的实现:交互协议、通信语言协议、传输层协议。传输协议是协议栈的中间层,定义了实际使用的通信机制,如 TCP,HTTP,UDP 等。鉴于 TCP/IP 协议在全世界范围的广泛使用,系统也将它作为协同通信的基础协议。TCP/IP 协议规范了网络上的通信设备,尤其是一台主机与另一台主机之间的数据往来格式以及传送方式。它保证了进行化工流程仿真的协同者即使使用不同的操作平台也可以在 Internet 上准确无误地传送数据。

2.3.3 数据传输

在协同仿真的过程中,无论是选择设备进行试验还是点取设备进行操作,客户端都需要不断地从服务器端下载虚拟模型,这样,图形的大小就成为传输速率的关键。对于结构复杂、体积庞大的化工设备,其对应的图形文件也较大,较长的网络传输时间会影响系统的整体性能。为了保证图形的真实性和可观性,可以在服务器端对图形进行无损压缩,再在客户端进行解压。无损压缩可完全恢复原始数据而不引入任何失真,压缩率一般为 2:1 或 5:1。其方法也十分成熟,经常用到的有 Shannon - Fano 编码法、Huffman 编码法、游程(Run-length)编码法、LZW(Lempel - Ziv - Welch)编码法和算术编码法等。图形信息传输得越快,系统结构工作得就越流畅,这为多用户协同的实时性提供了前提条件。

2.4 客户端实现技术

协同系统的 Web 服务器采用的是 HTTP 协议,它是一种离散的、无状态的协议。只有在用户主动发出请求时,浏览器才会与服务器建立连接,否则,服务器不会主动向浏览器发送信息。这种工作方式无法满足化工流程仿真过程中协同通信的需要,加上 B/S 模式客户端和服务

器端地域界限的广阔性,实现 B/S 模式下不同用户之间的数据同步就有了一定的难度。

为解决这个问题,在客户端可以有两种实现技术:

① Active X 控件技术。Active X 可以在客户端实现一些复杂的功能,如协同技术所需的 TCP 通信连接。这种控件可以主动向服务器端请求建立连接,服务器接受到它的请求后与之建立连接,二者就可以进行通信^[6]。

② Java Applet 技术。Applet 是能嵌入 HTML 页面的有安全防护的 Java 应用程序,在运行时由服务器自动下载到客户端并在支持 Java 的浏览器中运行。通过这两项技术,用户就可以不分时间、地域的限制,登陆服务器进行协同仿真。

3 结束语

目前,三维协同交互技术的研究已经在国际图形学界引起广泛关注,它是虚拟现实未来发展的趋势,也是适应了多学科分布式协同的需要。当用户登陆化工协同虚拟现实系统,使用“沉浸式”的交互界面进行网络化的化工仿真实验时,化工设备数据库的丰富为仿真的可行性提供了便利,效率自然不言而喻。

虽然在 Web 上实现三维场景的协同有着良好的发展前景,但也面临着一定的难题。网络带宽仍是其发展的主要瓶颈;当前处理器的速度与网络的带宽只能初步满足 Web 三维图形联机操作的要求,随着 Cable modems 和 DSL 连接的应用,网络带宽将会有更大的改进,当一个 10MB 左右的三维模型文件只需要几秒钟下载时,Web 三维图形的质量将会有很大的改善。此外,三维图形的绘制有着多种可供选择的技术方案,多种文件格式和渲染引擎的存在使三维图形在互联网上的应用遇到了巨大的障碍,而这种局面在今后若干年还将继续存在。

参考文献:

- [1] Nasios K. Improving chemical plant safety training using Virtual Reality[D]. Nottingham, UK: University of Nottingham, 2001.
- [2] Saar K. VIRTUS: A Collaborative Multi - User Platform[C] // In: Proceedings of the fourth symposium on Virtual reality modeling language. Paderborn, Germany: [s. n.], 1999: 141 - 152.
- [3] 李民丽,邓文生,梁昭峰,等. Web 型协作仿真实验系统的设计[J]. 计算机工程,2004,30(10):35 - 37.
- [4] 陈 屹,陈泽琳,温 武,等. 基于 VRML 的虚拟现实协同系统的研究[J]. 计算机应用研究,2003(4):49 - 51.
- [5] Cera CD, Reqli W C, Braude I, et al. A Collaborative 3D environment for authoring design semantics[J]. Computer Graphics and Applications, IEEE, 2002,22(3):43 - 45.
- [6] 张小波,成良玉,钟国禄. 基于 B/S 模式的异地同步协同技术的实现[J]. 计算机工程,2005,31(6):114 - 116.