

灵境技术： 对逼真性和虚拟性的追求

汪成为

客观需求是促进高技术发展的动力，灵境技术也不例外。对灵境技术的需求，主要来自仿真建模、计算机辅助设计、可视化计算、遥控机器人、计算机艺术，以及最近出现的先期技术演示验证。它们对灵境技术当然各有各的要求，但有一点是共同的，即都要有一个比现有计算机系统更为直观的输入输出系统，能与各种传感器相联、更为友好的人机界面，以及人能沉浸其中、超越其上、进出自如、交互作用的多维化信息环境。近 20 年来，灵境技术正是在这种需求的推动下一步步发展起来的。本文将以前仿真建模为主线，回顾灵境技术的发展过程。

仿真和建模：追求逼真性和虚拟性

就本质而言，仿真和建模是对真实物理系统在某一层次上的抽象。与实际的物理系统相比，用户在这种抽象模型上，可以更为高效、节省、灵活、安全地对物理系统进行了解和设计。

数十年来，随着计算机、自动化和系统工程等技术的飞速发展，仿真和建模的水平也相应地不断提高。同时，在“身临其境”的逼真性和“超越现实”的虚拟性这

两个方面，用户也对仿真系统提出了越来越高的要求。

正是对于这两个方面的追求，促使人类逐步走上了发展灵境技术之路。

40 年代：早期飞行模拟器

40 年代初，为了减少训练飞行员的时间和经费，美国开始设计飞行模拟器。最初的飞行员座舱模拟装置，是利用自动钢琴演奏机上的林克 (Edwin Link) 气压随动装置原理设计的。后来，以 Edwin Link 命名的公司与 Admiral Luis DeFlorez 公司一起，开始研制飞行模拟器。这个早期的飞行模拟器，是一个复杂、笨重的机器装置，而且其飞行视觉感受很不直观。

随着计算机功能的增加和图形技术的发展，飞行模拟器的显示系统也逐步得到改善，可以让受训飞行员坐在计算机或电视机前，从屏幕上观察模拟的一系列仪表指示。不久，又发展为大屏幕显示器和全景式情景产生器，但观察到的景象仍不能随观察者位置的不同而改变。

60 年代：灵境研究的开端

1965 年，美国高等研究计划局 (ARPA, Advanced Research Projects Agency) 信息处理技术办公室 (IPTO) 主任萨瑟兰 (Ivan Sutherland)，在其论文“终极的显示”中，把计算机显示屏描述为“观看虚拟世界的窗口”，提出使计算机显示屏成为观察客观世界窗口的设想。今天，人们公认萨瑟兰这篇向计算机世界提

汪成为：研究员，科学技术委员会常任委员，国防科学技术工业委员会，北京 100034；中国工程院院士，国家 863 高技术研究发展计划智能计算机专家组组长。

Wang Chengwei, Research Professor, Standing Member of Science & Technology Committee, Commission of Science, Technology & Industry for National Defence, Beijing 100034; Member, Chinese Academy of Engineering; Chair, Expert Group of Intelligent Computer Systems for National High-Tech Program.

出挑战的论文,是研究灵境系统的开端。

要想在通过显示屏这个“窗口”观察景物时,能收到通过真实的窗口观看景物的效果,首先须做到:随着观察者头部、身躯的转动和视线的移动,所摄入的景象应该有相应的“视角”“景深”变化。为此,用户必须穿戴上一些特殊的设备,以便能将其物理方位输入计算机,再由计算机按此方位对“窗口”里的内容作相应调节。

60年代,正在美国威斯康星大学工作的克鲁格(Myron Kruger)对其构想的头盔式显示器和双目潜望镜式全景器(BOOM, binocular omni-oriented monitor)。作了原理性描述。戴在头上的头盔式显示器由三部分组成:类似眼镜的液晶显示器、类似耳机的立体声输出装置、能跟踪观察者头部位置的跟踪装置。悬挂起来的BOOM像一个有活动支臂的潜望镜(实为一个跟踪装置),观察者能透过观察孔观察到类似全景式的图象。两者显示的图象均来自于计算机或遥控闭路摄像机的输出。

美国于1966年,由麻省理工学院林肯实验室在高等研究计划局和海军科研办公室联合资助下,正式开始研制头盔式显示器。第一台样机使用机械式的注视跟踪系统,十分笨重,需悬挂在天花板上。这个能使用户看到一个“虚拟的世界”的头盔式显示器系统由六部分组成:一台通用计算机(TX-2)、一个限幅除法器、一个矩阵乘法器、一个向量生成器、一个头盔和一个头部位置传感器。后来,研制者又为它加上了能模拟力量和触觉的力反馈装置。

第一个力反馈操纵杆在60年代就由美国贝尔实验室的诺尔(Michael Noll)研制成功。当与一个由计算机创建的物体发生碰撞时,用户会感到某种程度的“振动感”,并能作出相应的反应。而第一个功能较齐全的头盔式显示器系统,直到1970年才研制出来。为了改进这个头盔式显示器的三维图形质量,特地为它设计了几个专用的硬件加速器。

70年代:集成的“媒体技术”

为了进一步提高仿真系统的逼真性,美国麻省理工学院的内格罗蓬特(Negroponte),在1970年提出一种集成“媒体技术”的设想,即把数字计算、声音、电视、广播和通信网络有机地融合起来,使电影院的演示功能和计算机的信息处理和控制系统相结合。

要让仿真系统在虚拟环境中给出一种真实感受,就要使之能提供高质量、实时、交互作用的三维图形。这需要具有很高处理速度、很大存储容量、很高图形分辨率和很强交互能力的计算机。在70年代,这曾是一个很难克服的困难,随着计算机芯片能力的增强,以

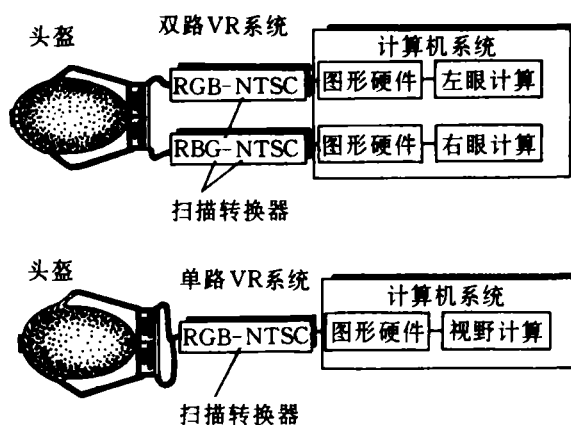


图1 基于液晶显示原理的头盔显示器。

及浮点处理器和图形加速器的引入,生成高质量的三维图形逐渐变得比较容易。

80年代:“灵境”一词的提出

80年代初,拉尼尔(Jaron Lanier,美国VPL公司创建人之一)基于60年代以来的一系列成就,正式提出“virtual reality”(简称VR,译作灵境,或临境,亦直译为虚拟现实)一词,并指出:研究灵境技术的目的是提供一种比传统的计算机模拟更好的方法。

自80年代后期起,陆续研制出较实用的头盔式三维显示器、六自由度数据手套、立体声耳机及相应的计算机软硬件系统。1986年末,美国航天局(NASA)的一个小组集成出一个虚拟环境,用户可用语音发布命令,可听到计算机合成产生的语音和三维的声音,还可用手抓住某个虚拟物体并操纵它们。这样,计算机前的用户不再只是单调地凝视屏幕和忙于敲击键盘,而是开始用说话和手势与系统进行初步的交流。

80年代初,为降低作战训练费用、确保安全和降低对环境的影响,美国高等研究计划局开始开发用于坦克编队作战训练的虚拟战场。最后形成一个称为SIMNET的网络,该系统由美国和德国的200个坦克训练器互联而成,并已正式投入使用。

在SIMNET系统中,每个独立的SIMNET模拟器都能单独模拟M1坦克的全部特性,包括导航、武器、传感和显示等性能。对坦克装置上的武器、传感器和发动机等的模拟是针对特定作战环境拟定的。

美国高等研究计划局拟进一步扩大仿真数据库,在2000年前,将对象从目前的1000个扩大到10万个。还拟逐步把各种不同的兵种汇集入SIMNET,而

科学(双月刊)

成为一个虚拟战场。进一步的工作是把空战仿真系统 (Air Warfare Simulation System, 简称 AWSIMS) 和海战仿真系统 (Naval Warfare Simulator System, 简称 NWSIMS) 与 SIMNET 相联。

90 年代: 近期的发展

美国航天局和欧洲空间局 (ESA) 都在扩大其空间活动, 零重力特殊运载器活动 (zero-gravity extravehicular activities) 是其中的一个重要项目。在空间进行复杂的零重力活动, 对航天员是一项重大挑战, 因此需要进行严格训练。

在中性浮力池 (neutral buoyancy pool) 中进行水下训练可以仿真零重力, 但水的磨擦力会影响对惯性的仿真。飞机的急速俯冲也能产生零重力, 但时间很短 (小于 1 分钟)。对于航天员的零重力活动训练, 这些手段都不合适。

为此, 美国航天局转而应用灵境技术, 在约翰逊空间中心的软件技术部, 开展了关于航天运载器外空间活动、空间站自由操纵和哈勃望远镜空间维修等项研究。这些研究工作取得了显著效果。例如, 参加哈勃望远镜首次空间维修的航天员, 经在约翰逊空间中心用灵境仿真和训练系统进行零重力下的个人特技训练后, 于 1993 年 12 月初乘航天飞机在舱外进行高难度的操作, 创造了舱外活动时间 35 小时又 28 分的纪录, 施行了一次最复杂的空间“眼科手术”, 顺利完成首次空间维修任务。

欧洲空间局的赫米斯 (Hermes) 航天飞机和哥伦布自由快车 (Columbus Free Flier) 计划, 也面临同样问题。因此, 欧洲空间技术中心 (ESTEC) 决定基于 Provision 200/dVS 环境, 研制一个灵境的单用户训练样机系统。这个虚拟世界包括哥伦布站、赫米斯航天飞机、背景宇宙空间和一个手控虚拟推冲器。训练员用三维鼠标器控制这个虚拟推冲器, 通过鼠标器和手控操纵把与虚拟空间进行交互作用。鼠标器的两个按钮分别用于前推推冲器和后拉推冲器, 按下按钮可产生相应的视觉、听觉反馈。当虚拟的推冲器达到某虚拟物体时, 可用手控操纵把去抓住该虚拟物体。

1991 年在巴黎国际航空展览会上, 展出了第一个较完善的用于训练飞行员的虚拟座舱。该系统是英国的研究成果, 由 SGI210 显示产生器、带有 Polhemus 跟踪器的低分辨率 VPL EyePhone 头盔显示器、以及一个负责计算和输入输出处理的 Sun380i 工作站。在展览会上, 对该虚拟座舱的批评意见是: 头盔显示器的分辨率太低、缺少文本匹配功能、对虚拟世界中的物体的表现能力不足等。

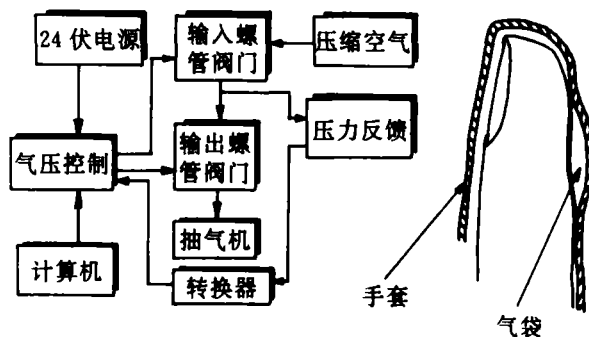


图2 气压式手指触觉反馈器。

1992 年, 法恩巴勒 (Farnborough) 航空展览会展出的虚拟座舱有了许多改进。诸如用高档的 SGI “Skywriter” 工作站和专门设计的头盔显示器提高分辨率, 用更高级的工作站改进帧更新率和减小系统时延, 以及增加实时正文显示等。实现左右眼通道同步, 以避免视网膜的不对称效应, 则是更重要的改进。这个新系统还能和其他虚拟座舱联网, 从而不单能模拟实际战斗飞行中的“单飞”, 还能模拟“编队飞行”。该系统仍有一些严重缺点, 如没有触觉反馈, 难以实现驾驶员对真实仪表操纵的仿真。而且, 该系统的头盔显示器一旦出现故障, 座舱的内部图象将消失, 驾驶员也就看不见自己的手和仪表了。

用灵境技术设计波音 777 飞机获得成功, 是科技界瞩目的一件工作。该设计所用的灵境系统, 是在原有的波音计算机辅助设计系统基础上建立的一个逼真的三维模型。设计师戴上头盔显示器后, 便可穿行于虚拟的“飞机”中, 审视“飞机”的各项设计。过去, 为设计一架新型飞机须先建造两个实体模型, 每个造价约 60 万美元。应用灵境技术后, 无须建造实体模型, 还缩短了数千小时的设计工作量, 既节省了经费, 又缩短了研制周期。这样作出的设计, 使得最终造出的飞机与设计方方案相比, 偏差小于千分之一英寸, 而且保障了机翼和机身的接合一次成功。利用该系统, 还能自动产生设计文件, 自动从图库取出部件模型并加以注释。

近几年来, 在已有的灵境技术成果基础上, 又集成了一些很有实用前景的应用系统。1993 年梅克勒 (Meckler) 第四届灵境技术年会会对参展者的颁奖, 便向人们展示了一批这样的仿真系统。

对 SRI International 颁奖, 是鉴于其传感科学技术中心 (Sensory Science and Technology Center) 为美国航天局埃姆斯研究中心 (Ames Research Center)

表1 信息支撑技术的提高与人机环境的改进

信息支撑技术	为仿真和建模提供的环境	人与工作环境的关系
基本的计算机硬件和软件	计算机辅助的模拟与仿真	在基本的计算机平台上做数字化的计算工作
加上丰富的实用程序	仿真与建模的软件环境	在仿真与建模的软件环境下工作
加上强大的网络处理软硬件	分布式的仿真建模环境	在分布式的仿真与建模的软硬件环境下工作
加上多媒体软硬件	初步的定性与定量交互环境	开始在声、图、文集成的仿真与建模的环境下工作
加上各种传感器及遥控操作技术	情景系统环境	在多维信息的仿真与建模环境中开始交互工作
加上灵境技术	多维信息空间	人沉浸于多维信息空间中模拟现实、获取知识和形成概念

开发了一台灵境模拟器。它可用于对飞行员的指挥和训练。

对 Sense8 颁奖,是鉴于其开发了一个很卓越的灵境软件。这个称为 WorldToolKit“world building”的软件,集成了模拟管理器、实时描绘器、目标管理器,以及动画插入、遥感器输入和图形显示装置。Sense8 的这一产品可以在多种平台上运行。

对 Polhemus 颁奖,是鉴于其开发了 Fastrak 遥感器。这是一个能对多个目标作实时跟踪的运动跟踪系统。在灵境系统中使用该装置,便可探知用户的头、手方位,在某些情况下还可探知用户的全身方位。

面向 21 世纪,制定我国的发展战略

近 20 年来,为了提高仿真系统的“逼真性”和“虚拟性”,人们开展了大量工作,取得了显著进步。进入 90 年代后,在“需求牵引、技术推动”的形势下,灵境技术在主要关键技术上取得切实进展,已向用户提供了不少可应用的成果。

以这些关键技术上的成果支撑的多维信息空间,可望为仿真和建模提供一个崭新的环境。与传统的仿真环境相比,在这种环境中进行仿真、建模具有更高的逼真度,从而也可望为人类认识世界和改造世界提供更强有力的武器。

随着支撑技术的发展,为仿真、建模提供的环境也

在不断地改进,人和工作环境的关系也日益和谐。现在,适人化的多维化信息空间已不只是概念上的探讨,而是正在逐步地付诸实现。

面对世界范围内灵境技术的发展,面对 21 世纪信息社会的挑战,我们中国也应遵循“需求牵引、技术推动”的原则,积极推动灵境技术的发展。首先,应切合国情地制定我国的灵境技术发展战略,并慎重选准初始切入点。

笔者以为,在考虑这一发展战略时,下述情况值得重视:教育培训、仿真建模和娱乐文化领域势将对灵境技术产生最迫切的需求,而人机接口技术和支撑软件则仍是灵境技术发展的瓶颈;在灵境技术的发展过程中,技术工作将会有超前于理论研究的较快发展;到本世纪末或下世纪初,将有人“买得起的”的合用接口和支撑软件产品可供采购。

因此看来,“紧密结合应用,发挥软件优势,狠抓系统集成,重视中间成果转化”,应成为我们开展灵境系统研制的原则。

[1] 关于哈勃望远镜的空间维修,见:郑玮. 科学,1994,46(4):16

关键词:灵境 仿真 建模 逼真性 虚拟性 □

· 服务信息 ·

《图说高新技术应用》

上海科学普及出版社编撰、出版,陈至立作序,16 开压膜封面,1995 年 10 月第 1 版,定价:18.00 元。

该书由张钟俊、殷之文、翁史烈、杨福家等各学科领域的专家分别按专题撰写,包括计算机技术、空间技术、生物工程技术、新材料技术、能源技术、海洋工程技术、核技术、激光技术、现代通信技术、机电一体化技术等十大类高新技术的特点、内涵和发展前景,列举了近千种发生在您周围的高新技术的应用实例。

该书侧重以应用角度介绍高新技术,贴近生活,容易理解;用活泼的图解画面,配以简明扼要的文字说明,深入浅出地介绍各类技术的基本原理,使人读来轻松易懂;各项技术介绍独立成篇,可随时随地阅读,令现代快节奏的人们倍感方便。该书确实是一本适合各个层次读者学习高新技术的难得的科普读物。

欲购此书,请与上海科学普及出版社邮购组联系。
联系地址:上海市南昌路 47 号 4311 室; 邮政编码:200020; 电话:021-63722040 转 4311 分机。邮购另加 10% 邮费。

SPECIAL

4 The Role of Science and Technology in Social Progress Zhou Guangzhao

This lecture is prepared for general audience. The importance of science is stressed and the recent development of information technology is presented.

9 Science and Science Communication; What is Communication? Guo Zhi

FRONTIER

11 Virtual Reality Technology: Its Need for Reality and Virtual Reality Wang Chengwei

The need for reality has always been the prime impelling force for the development of high technology. The need for virtual reality mainly comes from application areas, such as simulation, modeling, CAD, computing visualization, remote-controlled robots, and computer arts. The development history of simulation and modeling being used as a main thread, the history of the development of virtual reality technology is traced.

15 Virtual Environment for Building Design Tang Dechao

The development of integrated building simulation environment is now firmly rooted in both hardware and software technology of the current available computer. The infrastructure of the IES' virtual environment, an integrated simulation environment for building performance assessment using virtual reality technology, is described.

19 The Ramanujan Graphs Feng Keqin

Ramanujan graphs, as a model of ideal networks in communication engineering, have been bound and partly constructed in recent ten years by the mutual efforts of engineers, combinatorists and number theorists.

24 The Development of CIMS Integration Philosophy Dong Mingchui

The CIMS Wheel is a graphic description, which can be used for describing CIMS function integration, system architecture and key engineering processes. Since 1985, the CIMS Wheel has been twice modified by its creator. The development of CIMS integration philosophy can be outlined by comparing the three versions of CIMS Wheel.

28 Environment and Skin Cancer Wei Huachen, Tong Ying

Skin cancer has been alarmingly increasing in western countries in the past 20 years. Environmental exposure, particularly excessive sunlight exposure, has been closely associated with human skin cancer.

ORIGIN & DEVELOPMENT

32 Needham's Puzzle and the Origin of Modern Science from Greek Culture Xi Zezong

The Needham's puzzle should be named Ren Hongjun's puzzle and the latter was proposed 30 years earlier than the former. The birth of modern science in Europe has nothing to do with Greek culture.

35 Dreams of a Final Theory Zheng Zhipeng, Jiang Xiangdong

It seems at first paradoxical that the search for the final answer to our questions about why nature is the way it is. Physicists imagine any possibility in the final theory, and share with us the glimpses at foreshadowing the ultimate principles.

FORUM

38 Traditional Medicine and New Drug Development Bai Donglu

Plants were the first mankind's medicines. The recent study of the traditional medicinal plants has given us confidence that what was recorded in Chinese ancient medical and pharmaceutical literature through empirical observations is indeed still coincident with the concepts of modern chemistry, pharmacology, and medicine.

40 Biomolecule-Based Technology for Information Processing Zhang Yue

Biomolecule-based technology for information processing consists of biological material technology for information processing and biomolecule-based computation technology. The use of photochromic materials and non-linear optical materials has great potential for information storage and processing.

44 The Improvement of Standard and Information in New Drug Research Zhou Jianjun

Design and evaluation of a new drug, two key stages in any new drug research, should be perfectly completed by improving standard and information in the research.

46 Energy Crisis and Environment Pollution Ma Zhenguo

In order to increase the using rate of fossil fuel and to develop clean, cheap energy, plasma industry is rising to help human get rid of energy crisis and environment pollution.

BOOK REVIEW

56 From X-Ray to CT: PHYSICAL PRINCIPLES OF MEDICAL IMAGING Fan Ding

STORAGE & RETRIEVAL

60 Statistical Analyses to Key Subjects in Universities and Colleges of China Zhou Baozhu

SCIENCE

Bimonthly

(Since 1915)

Zhou Guangzhao

President of Editorial Board

Office:

450 Ruijin Er Road

Shanghai 200020

P. R. China

Tel: 86-21-64734651

Fax: 86-21-64730679

Publisher:

Shanghai Scientific and

Technical Publishers

Distributor:

China International Book

Trading Corporation

(P. O. Box 399, Beijing)

Code Number: BM1188

Date of Publication: 1996-07-25