

1 概论

灵境(VR — virtual reality), 有时也称虚拟现实, 是一种可以创建和体验虚拟世界(virtual world)的计算机系统。虚拟世界是全体虚拟环境(virtual environment)或给定仿真对象的全体。虚拟环境是由计算机生成的, 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。因而, 为了研究如何设计和构成一个身临其境的灵境系统, 需要包括计算机图形学、图象处理与模式识别、智能接口技术、人工智能技术、多传感器技术、语音处理与音响技术、网络技术、并行处理技术和高性能计算机系统等等, 而所有这些技术都是信息技术的分支。

为了能够对灵境技术的发展前景有一个比较清楚的了解, 本章我们首先讨论信息技术的发展及面临的挑战, 然后讨论灵境系统的基本构成和特点, 使读者能够在一开始就对灵境系统的背景和总体结构有一个完整的认识。

1.1 信息技术的发展及面临的挑战

正如卡尔·马克思所说: “劳动生产力是随着科学和技术的不断进步而不断发展的”(《资本论》, 第一卷)。作为生产力要素之一的劳动资料已随着蒸气革命(1780—1840年)、电力革命(1860—1910年)和原子革命(1942—1970年)时代的演变而发生了巨大的变化。目前我们正处在信息革命(1980年以来)的初期, 人们已开始认识到信息将是比物资和能源更为重要的劳动资料。与物资和能源相比, 信息这一劳动资料有着如下一些突出的优点:

1. 信息与物资和能源不同, 物资和能源是消耗性的, 而信息是越用越多的, 是自增殖的积累。

2. 与物资和能源相比, 信息即是劳动者观念的输入物又是劳动者的输出物。因此, 信息既是物质生产力, 又是精神生产力。

3. 信息既可压缩, 又可扩散; 可以存储, 又可以光速传播; 当它被传授他人或渗透到其他各个学科和各种劳动资料中去时, 它使接受者得益而给予者未受任何损失; 它在时间和空间上创造了人类共享精神财富的客观条件, 它是使今天的世界变小了、科学变大了的主要原因。

4. 信息是促进传统产业从扩大外延到增加内涵的主要变革因素。所谓增加内涵, 主要指增加产品中的知识密集程度, 它直接反映在产品的价值和价格的差异上(钢材为1, 小轿车为5, 彩电为30, 计算机为1000, 集成电路为2000)。

由此可见, 信息属性的劳动资料是当代生产力发展中最活跃和最具有变革作用的。因此, 信息属性的劳动资料的发展程度, 将成为现代社会生产力发达程度的测量器。信息技术的发达程度, 将是衡量现代科学技术水平和信息社会成熟程度的重要标志。

我们可以形象地来描述支撑未来信息社会的关键技术, 即: 集成电路是信息社会的“肌肉”; 通信网络是信息社会的“神经”; 计算机系统是信息社会的“大脑”。

自1958年世界上研制出第一块硅集成电路以来,大规模集成电路已取得了惊人的发展。世界上有人把半导体工业总产值与国民经济总产值之比超过0.5%作为进入信息化社会的标志。今天,是集成电路支持着全世界(1993年总产值达7210亿美元,1996年预计达9400亿美元)的电子工业。

20多年来,集成电路芯片中的晶体管数量,每18个月就增加一倍,每隔三年就能以同样的价格买到性能比三年前高四倍的芯片。1994年全世界的集成电路的销售额已超过1000亿美元,估计1998年将达1600亿美元,2000年将达2250亿美元。

近30年来(尤其是近10年),计算机、通信技术的同步发展和相互促进成为全世界信息技术与产业飞速发展的主要特征。由于光纤技术的发展,促进了宽带ISDN的推广和应用,也使计算机广域网和声图文一体化的多维信息传输及应用成为现实;由于人工智能技术的发展,促进了智能化的ISDN的进程;由于高性能计算机的软硬件技术和卫星通信技术的发展,促进了个人化的ISDN,从而真正开始了计算机深入到每个企业、每个家庭、每个个人的历史时期。

当我们对目前已取得的信息技术的成就进行分析时,既要充分肯定历史上的各种计算机所发挥过的重要作用,又要客观地认识到现有计算机应用的局限性和不足之处。

人们为了使目前这种冯·诺依曼式的计算机能发挥它的应有作用,必须遵循“可计算”的三个前提条件,即:首先是可能用形式化的方法描述某个问题,然后是可能找到一个算法去解决这个已被形式化了的问题,最后是可能以一个合理的复杂度在当时的计算机上实现这个算法。这也就是说,人们为了使用计算机,就必须把我们头脑中大部分属于并发的、联想的、形象的和模糊的思维强行翻译成冯·诺依曼计算机所能接受的串行的、刻板的、明确的和严格遵守形式逻辑规则的机器指令。这种翻译过程不仅是十分繁琐和机械的,而且技巧性很强,同时还要因不同的机器而异。机器所能接受和处理的也仅仅是数字化的信息,未受过专业化训练的一般用户仍很难直接使用这种计算机。因此,在真正向计算机提出需求的用户(我们称他们为最终用户)和计算机系统之间就存在着一条鸿沟,被求解的问题越综合、越形象、越直觉、越模糊,则最终用户和计算机系统之间的鸿沟就越宽。人们从主观愿望出发,十分迫切地想与计算机建立一个和谐的人机环境,使我们认识客观问题时的认识空间与计算机处理问题时的处理空间尽可能地一致。但遗憾的是,实际上目前的计算机与人的隔阂是很深的,即人们在认识问题时的认识空间与计算机处理问题时的处理空间是很不一致的。

为了克服人和计算机之间的隔阂,数十年来曾研究和提出过许许多多有关计算机的新概念和新技术,为什么有些概念和技术具有极强的生命力,一直沿用至今,而有些则是昙花一现呢?当然每个概念和每项技术的兴衰都有它们各自的原因,但其中也蕴含着一个规律性的因素,那就是:凡有助于减小人和计算机之间的隔阂,凡有助于使人在认识问题时的认识空间与计算机处理问题时的处理空间趋向一致的技术就具有较强的生命力。例如两个M和两个O就属于此。

关于第一个M(massively parallel processing),即极大规模并行处理技术。

由于人在认识世界的过程中有相当一部分是按照极度并行的机理进行的,如人脑在识别图象时的感知过程就是如此。发展极大规模并行处理技术的目的就是使计算机能较自然地反映人们对真实世界的认识过程,其次也是为提高计算机的处理速度。目前的关键问题

是寻找一种通用的、能适应各种应用问题的极大规模并行算法，因为目前已有的任何一种极大规模并行的算法都是在“高速”和“易用”之间做出折衷。所谓“易用”是指用户对计算过程的可见、可控、可重复和可检查。用户是极不愿意把自己的应用问题交给一个不可见、不可控、很难重复和检查的“黑匣”去完成的。每当遇到这种情况时，用户宁可选择互连的处理器数目少一些、处理速度慢一些、但稍为感到“亲切”一些的方案。因此，在并行处理软件继续发展的前提下，极大规模并行处理技术必将更加受到重视和发展。

关于第二个M(multimedia)，即多媒体技术。

如果与未发明计算机前的信息处理方法相比，计算机的发明已使处理方法有了极大的改善，尤其突出地表现在数据类型的信息处理能力方面。例如：在人类尚未广泛使用计算机之前，写在纸上、印在书上的文字和数据是很难查询和修改的，因为它们是以静态形式固定下来的。是计算机提供了功能强大的有关数据的组织和构造的技术，即数据结构技术，常见的数据结构有向量、数组、文件、堆栈、队列、链、表、串、树、库等。是计算机提供了大量的动态加工和处理这些数据结构的能力，是计算机网络提供了极强的传输能力，因而大大加强了对于能用文字和数据所表示的概念处理能力和加速了它的传递过程。

人类并不是仅仅依靠文字（或数据）这种单一的形式来传递信息和接受概念的，而是通过多种感官来接受外界的信息。例如：在最近几年内，人们对基于视频信息的依赖性正在与日俱增。因为依靠视频可以较方便地把声音、颜色、图象组合在一起，视频的信息压缩能力又很强。因此，为了改善表达概念的能力，缩短传递概念的途径，加强加工概念的能力等，单靠提高传递和处理文字、数据这一单维信息的能力是不够的，而应按照人类的习惯，提供各个感官所能接受的多种属性的信息，如通过磁带、磁盘、光盘等信息存储体，通过电话、电传、电视等信息传输设备，通过高性能计算机等信息加工装置向人类提供声、图、文集成在一起的，并能与人类发生动态交互作用的信息，这就是近年来多媒体技术飞速发展的原因。

关于第一个O(object-oriented)，即面向对象技术。

有人估计，到21世纪初，计算机硬件的功能将比80年代末提高1000倍到100000倍。但计算机软件的生产率及性能的提高仍将大大落后于硬件发展的速度，人们估计到21世纪初，它也只比80年代末提高5倍到100倍。如果这一估计是大体上反映了未来10年内计算机软件、硬件发展的趋势的话，那么，计算机软件将更严重地成为计算机技术和应用发展的“瓶颈”了。人们预计，面向对象技术将能对克服这一“瓶颈”做出贡献。

面向对象方法学的出发点是尽可能自然地以接近人的思维方式去认识和处理问题。人在对客观世界的认识深化过程中，主要是采用由一般到特殊（演绎）及由特殊到一般（归纳）两种方法，这实际上是相应地对所认识和分析的对象进行属性继承和属性归类的过程。面向对象的方法就是遵照人的这种思维方式和认知过程而建立起来的。

面向对象的软件技术具有以下的特点，即信息隐蔽、数据抽象、属性继承、运行时的方法确定和建立统一的软件环境[汪 92]。面向对象的软件技术包括：基于面向对象方法学所建立起来的一套计算机软件技术，它包括面向对象的语言、面向对象开发的工具、面向对象的数据库、面向对象的操作环境和针对不同用户所建的对象类属库[汪 94]。

关于第二个O（open system），即开放系统。

开放系统计算机的出现是典型的“需求牵引”的产物。为了适应大规模地推广计算机的应用和计算机网络化的需求，尤其是要把多个异型的、分布的计算机集成为一个系统时，客观的需求提出了一系列需妥善解决的影响技术发展的“瓶颈”问题。

如何能方便、有效地把多个异型的计算机联在一起呢？

如何确保集成后的系统能协调、高效地工作呢？

如何维持原来各自的硬、软件资源在集成后的系统中能高度地共享呢？

因此，可移植性、互操作性、易集成性和人机和谐性就成为开放系统所追求的基本目标了。

一些标准化机构对开放系统所持的概念是基本相同的，但具体的定义并不完全一致。负责开发UNIX可移植操作系统接口标准（POSIX）的美国电气和电子工程师协会IEEE P1003工作组把开放系统定义为：“是按照开放的接口、服务和支持格式规范而实现的系统，基于开放体系结构的机器所开发的应用软件，应能以最少的修改，实现在不同系统中的移植，应能同本地的或远程系统中的应用系统实现互操作。”

按照开放系统（OS—open system）的目标所设计的计算机体系结构称为开放体系结构（OA—open system architecture），用开放系统的概念和开放体系结构的计算机所构成的应用系统称为开放应用系统（OAS—open application system）。

在开放应用系统中，各应用模块可在系统内和系统间进行移植，不论这些系统中的计算机是否是同种型号、同种机型，都能实现原来在低档机上运行的应用系统继续在高档机上运行，而在高档机上运行的应用系统经剪裁后也能在低档机上运行。如果计算机网络中的各结点机都具有开放体系结构的特性，则该网上各结点机间就可实现相互操作和资源共享。可移植性和互操作性是开放应用系统的关键，建立符合开放系统概念的开发平台（platform）是实现可移植性的技术基础，建立符合开放系统互连（OSI）有关标准的通信网络和开放系统互连环境（OSIE）是实现互操作性的必要条件。

应该承认，最近数十年来计算机技术的进展已大大地减小了人与计算机之间的隔阂，例如以上所说的两个M和两个O的技术的确为建立和谐的人机环境创造了一定的条件，但尚未从根本上解决现有的计算机的不合理性。人们已经认识到，为了适应未来信息社会的需要，必须提高人与信息社会的接口能力，提高人对信息的理解能力，因为这是发挥信息的共享性和增值性的首要前提条件。为此就驱使我们去探讨什么是表示、传送和处理信息的最佳技术途径？比较一致的认识是：能较完整地表示概念，能较迅捷地传递概念，能以符合人的感知和认知过程的方式对概念进行加工的方法就是较理想的信息表示和处理的途径，它就能使人完成某个智力任务的行为过程得到较大的改善，就能使人与计算机的关系变得更为和谐。人们普遍认为，21世纪的信息技术将会在建立和谐的人机环境方面有许多创新性的发展，从而促使信息应用系统在深度和广度上发生本质性的变化。到21世纪时，软件仍将是信息技术发展的“瓶颈”，但已不是20世纪曾出现过的那种表现在数字计算层次上的“软件危机”，而是如何加强人与信息社会的接口能力、如何建立和谐的人机环境的“软件危机”了。在21世纪，硬件仍将得到飞速的发展，但已不是单纯地提高处理速度，而是在提高处理速度的同时，更着重于提高人与信息社会的接口能力。总之，为了适应21世纪信息社会的需要，人不仅仅要求能通过打印输出或显示屏幕上的窗口，从外部去观察信息处理的结果，而且要求能通过人的视觉、听觉、触觉、嗅觉，以及形体、手势或

口令，参与到信息处理的环境中去，从而取得身临其境的体验。这种信息处理系统已不再是建立在一个单维的数字化的信息空间上，而是建立在一个多维化的信息空间之中，建立在一个定性和定量相结合，感性认识和理性认识相结合的综合集成环境中了。灵境技术将是支撑这个多维信息空间（cyberspace）的关键技术。

1.2 灵境系统的特征及基本构成

1.2.1 灵境系统的特征

自从计算机发明以来，在传统的信息处理环境中一直是以计算机为主体的，是“人围着机器（计算机）转”的。例如在传统的仿真和建模环境中，虽然主观上一直在强调要发挥人的主动作用，但由于在客观上计算机只能在处理数字化的信息时才发挥出强大的威力，人不得不去“凑合”当时的计算机所能提供的技术条件，人和机器的关系是不甚和谐的。

为了从“机器是主体”改变到“人是主体”，从“人围着机器转”改变到要让“机器围着人转”，首先必须克服一系列的技术“瓶颈”。以仿真和建模为例，这些“瓶颈”技术包括：如何实现参与仿真和建模的人的感知能力、认知能力和心理状况在仿真环境中的反应，如何表达和处理定性知识等。归根结底是如何把计算机只善于处理数字化的单维信息改变为计算机也善于处理人所能感受到的、在思维过程中所接触到的、除了数字化信息之外的其他各种表现形式的多维信息。

为了达到以上所说的目标，我们必须首先回答一个前提性的问题，即：“人的思维过程是可以认识的吗？”如果答案是否定的，又如何可能设计出这种多维信息的智能计算机和信息处理系统呢？

我国著名科学家钱学森同志曾写道：“我们认为人的思维过程是可以理解的。不但如此，而且具有具体的研究途径，即通过四门科学：人工智能、认识科学、神经生理学（神经解剖学）和心理学。这个研究范围要比逻辑学广得多，它包括了人的全部思维，包括逻辑思维和形象思维。”（原载《哲学研究》1980年第4期）为了使计算机不仅仅是人进行逻辑思维的有力工具，而且也是人进行形象思维的帮手，首先要求计算机应能适应于人所惯用的信息获取形式和思维过程。例如：人并不是仅仅靠听和读文字（或数字）材料获取信息的，而是通过他与所处环境的交互作用，利用人本身对所接触事物的感知和认知能力，以全方位的方式获取各式各样表现形式的信息。

怎样才能从技术的角度去说明上述这种适应于人的信息环境的特点呢？Burdea G.在Electro'93 International Conference上所发表的“Virtual Reality Systems and Applications”一文中，曾提出了一个“灵境技术的三角形”，它较简捷地说明了灵境系统的基本特征，即：三个“P”，它们是immersion - interaction - imagination（沉浸 - 交互 - 构想）（如图1.1所示）。

应该指出，这三个“**I**”是灵境系统的三个基本特征，也正是强调了在灵境中的人的主导作用。从过去人只能从计算机系统的外部去观测计算处理的结果，到人能够沉浸到计算机系统所创建的环境中；从过去人只能通过键盘、鼠标与计算环境中的单维数字化信息发生交互作用，到人能用多种传感器与多维化信息的环境发生交互作用；从过去的人只能从以定量计算为主的结果中得到启发从而加深对事物的认识，到人有可能从定性和定量综合集成的环境中得到感性和理性的认识从而深化概念和萌发新意。总之，在未来的灵境系统中，人们的目的是使这个由计算机及其他传感器所组成的信息处理系统去尽量“满足”人的需要，而不是强迫人去“凑合”那些不很亲切的计算机系统。

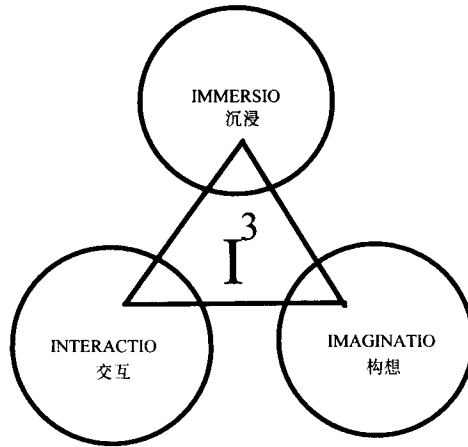


图 1.1 三 I 图

1.2.2 灵境系统的构成

构建一个灵境系统的基本手段和目标就是利用并集成高性能的计算机软硬件及各类先进的传感器，去创建一个使参与者处于一个具有身临其境的沉浸感、具有完善的交互作用能力、能帮助和启发构思的信息环境。

图1.2表示出构建这样一个灵境系统的根本目的、应克服的主要技术“瓶颈”和所需的基本计算机软硬件支撑技术。

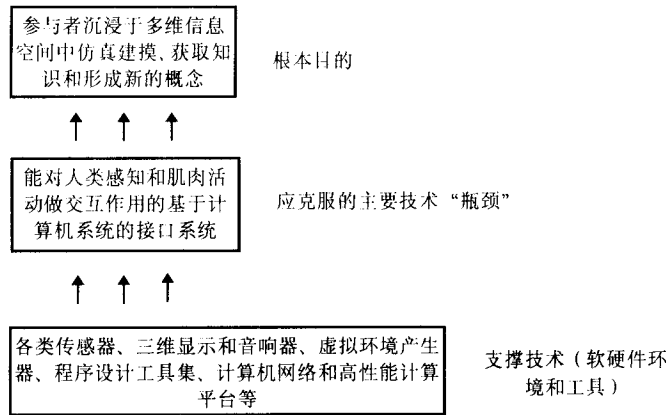


图 1.2 灵境系统的目的、技术“瓶颈”和基本软硬件支撑技术

为了构建这样一个灵境系统，在硬件方面需要有下列几类设备的支持：

1. 跟踪系统：以确定参与者的头、手和身躯的位置；
2. 触觉系统：提供力与压力的反馈；
3. 音频系统：提供立体声源和判定空间位置；

4. 图象生成和显示系统: 产生视觉图象和立体显示;
5. 高性能计算处理系统: 具有高处理速度、大存储容量、强联网特性。

在软件方面,除一般所需的软件支撑环境外,主要是提供一个产生虚拟环境的工具集或产生虚拟环境的“外壳”。它至少应具有以下的功能:

1. 能够接受各种高性能传感器的信息,如头盔的跟踪信息;
2. 能生成立体的显示图形;

3. 能把各种数据库(如地形地貌数据库、物体形象数据库等)、各种CAD软件进行调用和互联的集成环境。

1.2.3 构建灵境系统所需的部分软、硬件设备

我们认为,在读者阅读本书的以后各章前,如能对怎样构建一个灵境系统有一感性认识,对目前世界上用于构建灵境系统的软硬件设备的水平有一概括的了解,则对深入理解本书的以后各章将有极大的帮助。因此,本节将对构成灵境系统的部分支撑软硬件技术,特别是对人机接口所需的部分传感器、几种典型的虚拟环境产生器和最常用的程序设计工具集作一简要的介绍。由于估计读者对显示器、立体声音响器、计算机网络和高性能计算平台等技术已较熟悉,所以就不在此赘述了。

1.2.3.1 新型的人机接口所需的部分传感器

为克服传统的计算机只能处理单维的数字化信息这一“瓶颈”,现在已研制出一些实用的设备和传感器,由它们可以构成新的计算机人机接口以支持灵境系统。这类设备和传感器包括:

(1) 三维空间传感器

三维空间传感器应能实时地检测出一个活动的物体在六个自由度上相对于某个固定物体的数值,即在 X 、 Y 、 Z 坐标上的位置值,以及围绕 X 、 Y 、 Z 轴的旋转值。这种三维空间传感器对所检测的物体必须是无干扰的,也就是说,不论这种传感器基于何种原理和应用何种技术,它都不应影响被测物体的运动,即俗称为“非接触式传感器”。目前所用的非接触式传感器有低频磁场式、超声波式、雷达式、红外照相式和发光二极管式等。在灵境技术中用得较多的是低频磁场式和超声式传感器。

对三维空间传感器的性能要求是:定位精度、位置修改速率和时延。定位精度不能与分辨率混淆,前者是指该传感器所测出的位置与实际位置的差异,后者是指该传感器所能检测出的最小位置变化;位置修改速率是指该传感器在一秒钟内所能完成的测量次数;时延是指被测物体的某个动作与该传感器测出该动作的时间间隔。

低频磁场式传感器的低频磁场是由该种传感器的磁场发射器产生的,该发射器是由三个正交的天线组成的。在接收器内也装有一组正交天线,它安装在远处的运动物体上,根据接收器所接收到的磁场,可计算出接收器相对于发射器的位置和方向,并通过通信电缆把数据传送给主计算机。因此,该计算机就能间接地跟踪运动物体相对于发射器的位置和方向。在灵境中,常用这种传感器对用户的头、躯体和手的位置和方向进行跟踪。图1.3就是安装在头盔式显示器上和安装在数据手套上的三维空间传感器的原理图。

如何减少颤抖、漂移和噪音是这类传感器的技术关键，目前较有效的方法是采用高性能的DSP（数字信号处理）体系结构、低噪声的差分放大器、高性能的模/数转换器和在接收信道上采用比载频高很多的采样频率等。

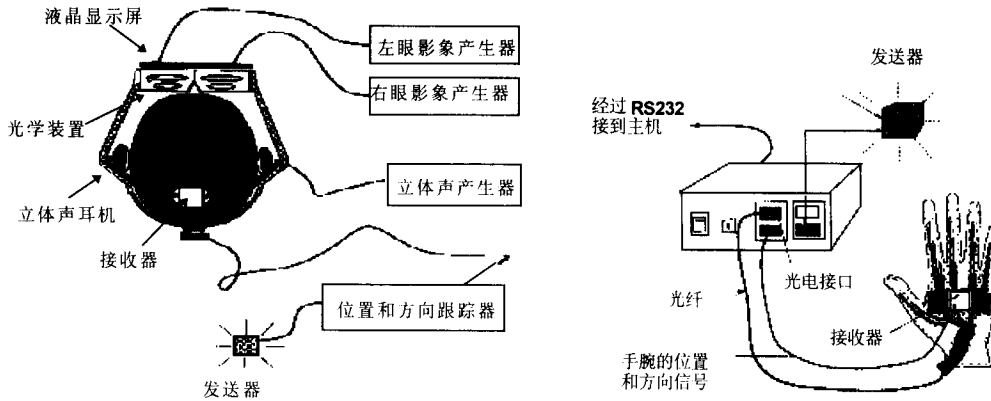


图 1.3 三维空间传感器

与低频磁场式传感器相似，超声波式传感器也由发射器、接收器和电子部件组成。发射器是由三个相距约30厘米的超声扩音器所构成的，接收器是由三个相距较近的话筒构成的，图1.4即是安装在头盔式显示器上的超声波式传感器的接收器。周期性地激活每个超声扩音器，由于在室温条件下的声波传送速度是已知的，根据三个超声话筒所接收到的三个超声扩音器周期性地发出的超声波，就可计算出安装超声话筒的平台相对于安装超声扩音器的平台的位置和方向。

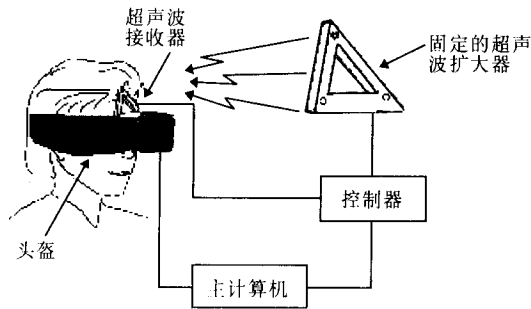


图 1.4 超声波式传感器

在作用范围较大的情况下，低频磁场式传感器比超声波式传感器有较明显的优点，但当在作用范围内存在铁磁性的物体时，低频磁场式的传感器的精度将明显降低。

(2) 跟踪球 (trackball)

上述的三维空间传感器是用来检测绝对位置和方向的，而在实际应用中还需要一种检测和控制相对位置和方向的传感器，它们是用增量位置控制的方法实现的。在每个仿真周期内，虚拟空间中的某个物体位置是通过六个带符号的值来改变的。

最常用的跟踪球就是按这种原理设计的。跟踪球的中心是固定的，并装有六个发光二极管(参见图1.5)，这个球有一个活动的外层，并装有相应的六个光传感器。当使用者用手对该球的外层施加力和力矩时，根据“弹簧变形”规则，就可通过六个光传感器测出三个力和三个力矩的信息，将信息传输给计算机后求出虚拟空间中某物体的位置和方向等。

跟踪球的最大缺点为它的“开回路”工作状态，用户可用跟踪球给处于虚拟空间的物体加“力”，使物体的位置和方向发生变化，但用户并不感到在“用力”，也并未从虚拟空间的物体处得到任何“反馈”。

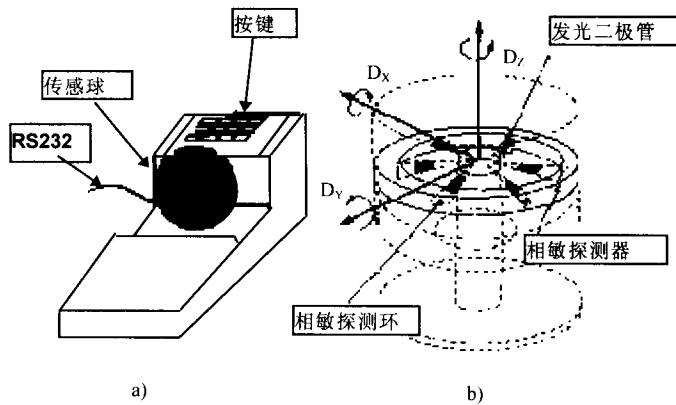


图 1.5 跟踪球

(3) 三维空间探针 (3-D probes)

用户还需要一种更直观、更便宜、既能仿真绝对的位置和方向、又能仿真相对的位置和方向的I/O工具，为此，又设计出一种称为“沉浸针”的三维空间针，如由美国的Immersion Corporation在1993年研制成功的空间探针已投入使用。这种三维空间探针是安装在基座上的、具有六个关节的机械臂（如图1.6中的第0号到第5号关节），在每个关节上装有传感器，计算机接收传感器的信息，并计算出在虚拟空间的物体的位置和方向。在最后一段连接臂上安装有一个二进制开关，用它控制虚拟物体的“控制/释放”或“启动/停止”。

(4) 数据手套 (dataglove)

在灵境技术中最常用的人机接口工具是数据手套，第一副数据手套是在1987年在NASA(美国国家航空与宇宙航行局)的支持下研制成功的，近年来已有了极大的改进。如: Cyber Glove(TM)的数据手套（如图1.7），在每个手指上有三个弯曲传感器和一个扭曲传感器，在手掌上有一个测量手掌弯度传感器和一个手掌弧度传感器，因此每只手套上共有22个传感器，传感器的分辨率为0.5度。数据手套配有Virtual Hand软件，该软件被用来接收传感器所获取的数据。

利用这些信息可产生控制虚拟空间中物体的位置和方向的信息，也能计算并生成由2600个多边形组成的手的立体图形。因此，数据手套为人与环境的虚实结合提供了一种手段。

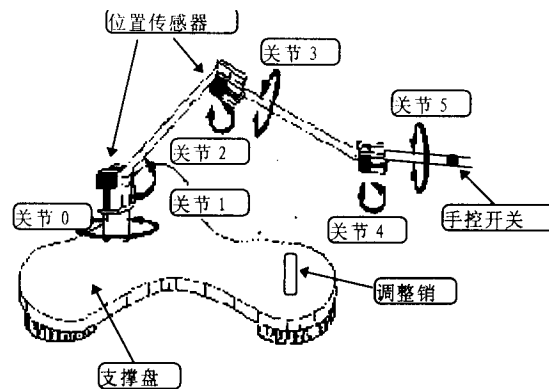


图 1.6 三维空间探针

(5) 头盔式显示器 (HMD—head mounted displays)

目前最常用的头盔式显示器是基于液晶显示原理的，如美国VPL公司在1992年所推出的EyePhone，它在头盔上装有一个分辨率为 360×240 象素的液晶显示器，其视野为水平100度，垂直60度，重2.4公斤。不久又研制出的Flight Helmet取代了EyePhone。1993年3月，美国VRontier Worlds公司推出一种只有680克的轻型HMD（称为Tier 1），其视野为112度，配有内置式的聚焦修正功能，与它相配合的开发系统软件称为VREAM。目前已投入应用的最轻的HMD是美国RPI Advanced Technology Group研制的HMSI（head-mounted sensory interface），它仅重0.23公斤，分辨率为 479×234 ，目前还在不断改进中。图1.8是立体和非立体图象头盔式显示器的原理图。

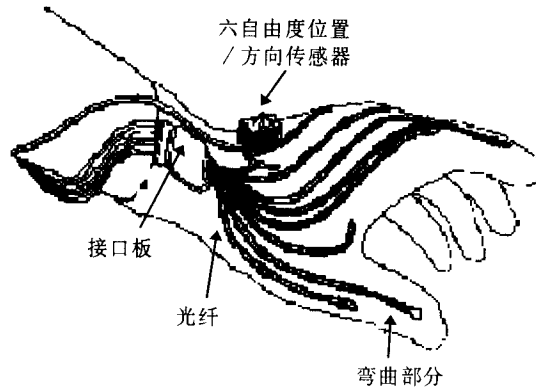


图 1.7 Cyber Glove(TM)数据手套

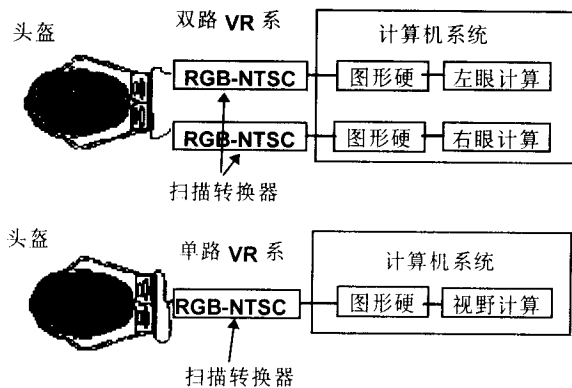


图 1.8 头盔式显示器

(6) 触觉和力度反馈器

迄今为止，手指触觉反馈器的实现主要是基于视觉、气压感、振动触感、电子触感和神经肌肉模拟等方法。其中电子触感反馈是向皮肤反馈宽度和频率可变的电脉冲，而神经肌肉模拟反馈是直接刺激皮层，这些方法都很不安全，较为安全的是气压式和振动触感式的反馈器。前者如Advanced Robotics Research公司1992年推出的Teletac Glove，每个手套上装有20个力量敏感电阻和20个小气袋（如图1.9），后者是利用压电或压针构成的。

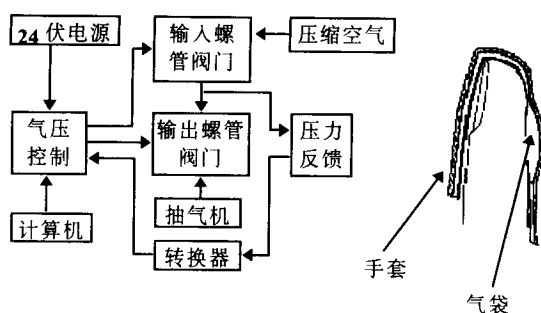


图 1.9 触觉力度反馈器

1.2.3.2 虚拟环境产生器

简言之，灵境系统是由新型的人机接口和虚拟环境产生器所组成的（如图1.10），而虚拟环境产生器的功能是根据任务的性质和用户的要求，在工具软件和数据库的支持下产生任务所需的、多维的、适应于用户（即适人化）的情景和实例，使用户具有亲临其境的沉浸感和交互作用能力。“逼真”是衡量虚拟环境产生器性能的首要指标，因此，实时性和图形处理能力成为虚拟环境产生器的关键技术，高性能的CPU和图形加速部件等成为虚拟环境产生器的基本硬件，三维图形制作、数据压缩、数据融合等成为虚拟环境产生器的基本软件。

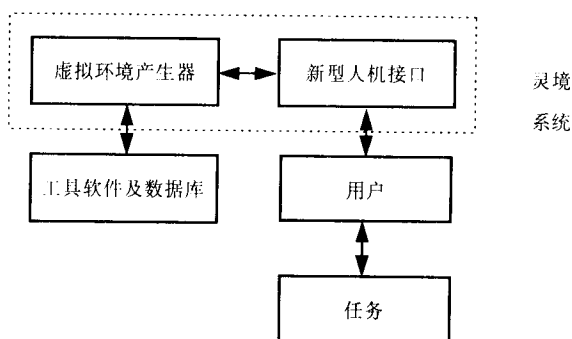


图 1.10 虚拟环境产生器

(1) PC级的虚拟环境产生器

图1.11是基于486PC的虚拟环境产生器，它配有两块Intel Action Media II的图形卡。CPU将以压缩形式表示的信息送到图形卡上，两块图形卡通过解压缩产生分别送给左右眼的显示图象(此过程称为“描绘生成”)，每块卡每秒可完成3000—5000个多边形的处理。在对双眼并行处理时约有20%的冲突，因此有效处理能力约为每秒4000个多边形。如每秒更新30帧，则对每只眼睛每秒所接受的图象的复杂度不能高于133个多边形。图形卡的输出是RGB信号，为了能够在商品化的显示器上显示，还必须由RGB信号转换成NTSC制（美国国家电视系统委员会标准）或PAL制信号，然后才被头盔上的液晶式显示器所接受。

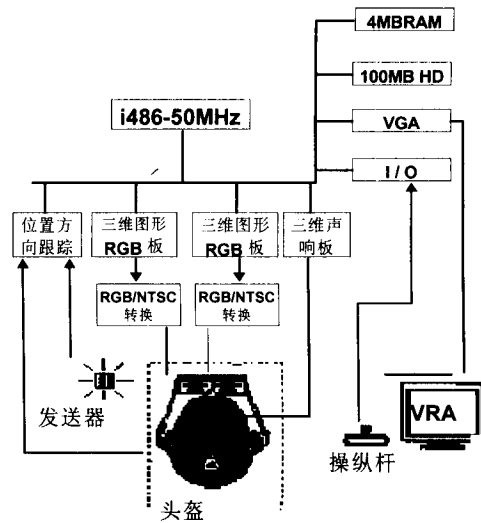


图 1.11 基于 PC 的虚拟环境产生器

(2) 工作站级的虚拟环境产生器

1992 年，SUN 公司推出了基于 SUN Sparcstation II、配有 GT 图形加速卡的虚拟环境产生器。GT 图形卡的能力为每秒处理 100000 个多边形。该系统在 1994 年已升级为 SUN Sparc10/51，配有每秒处理 125000 个多边形的图形卡、立体显示器、三维鼠标和用户的头部活动跟踪器（如图 1.12 所示）。当用户戴上专用眼镜后，该系统能使用户产生一定程度的沉浸感。

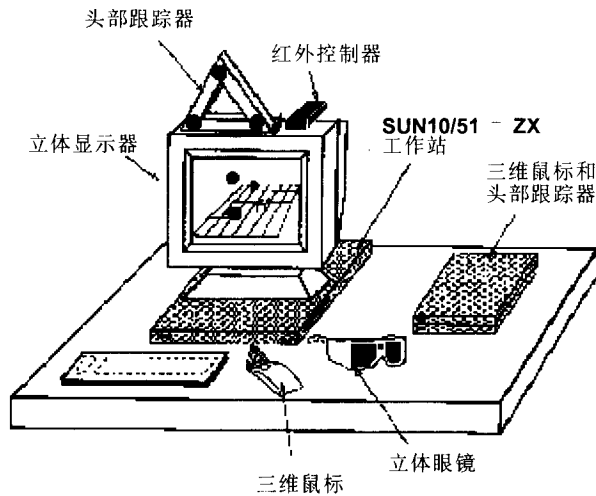


图 1.12 GT 图形加速卡的虚拟环境产生器(SUN 公司)

(3) 高度并行的虚拟环境产生器

1992年, Division公司推出了SuperVision虚拟环境产生器, 它采用了高性能并行处理的体系结构, 每秒可对每只眼睛处理(即描绘)280000个多边形。它所采用的是一种典型的多处理器群集(cluster)和前端处理的体系结构(如图1.13所示)。每一块图形处理卡是由一个40MHz的i860完成处理功能和一个T425DSP处理器(transputer)完成I/O, 并自备16MBytes的存储器。它的主要功能是对图形进行压缩(计算)和解压缩(即描绘生成), 这些图形处理卡是通过一条200MBytes/sec的高速通信联络相互联系的。在这个体系结构内还有一个帧缓冲器和立体电视的帧获取器(frame grabber), 以保证能在实时电视录象上叠加图象。为了能够实现多种信息的综合集成, SuperVision还允许在同一个高速通信联络中接上多路的图象产生器群集、处理器群集、I/O群集、声频处理器群集和其他各种可能用到的群集。不论何种类型的数据都能在这个高速通信环路内从一个处理器传到另一个处理器。

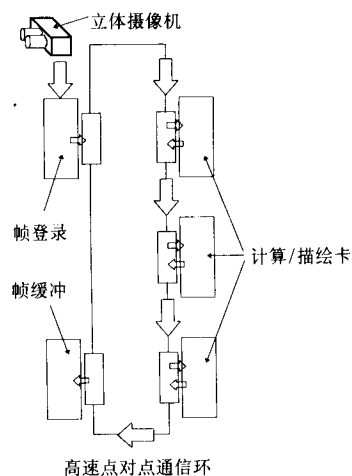


图 1.13 SuperVision 虚拟环境产生器

就每秒处理多边形的数目而言, 美国北卡罗来纳大学所研制的高度并行的虚拟环境产生器处于领先地位, 在 1990 年时已达每秒处理 100 万个以上了。它的原理是把 1024×1280 像素的屏幕分成若干个“虚拟像素”, 每个“虚拟像素”是由 128×128 个像素所组成的, 而每个“虚拟像素”可以并行地分配给描绘器进行处理。如美国北卡罗来纳大学所研制的高度并行的虚拟环境产生器 Pixel-Planes 5 就装有四个描绘器(renderer)、若干个图形处理器和一个帧缓冲器, 他们都是通过环联络进行连接的(参见图 1.14)。

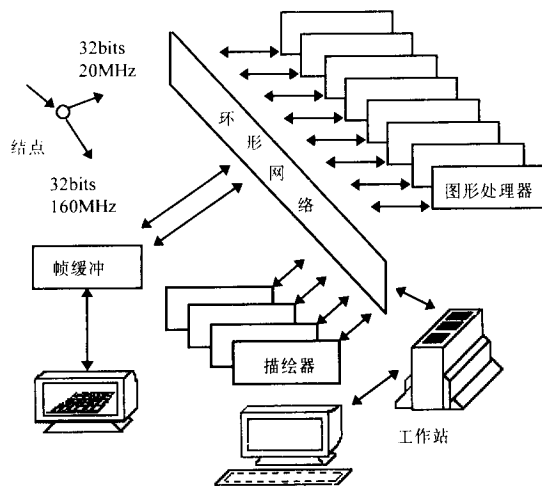


图 1.14 虚拟环境产生器 Pixel-Planes 5

(4) 基于Client-Server的分布式虚拟环境产生器

当用户处于分布式的应用环境时，就需要有一种分布式的虚拟环境产生器。如在多用户的分布式的仿真环境中，即使有某个虚拟环境产生器发生故障，但要求整个系统仍能继续工作，像美国军方的SIMNET系统就有200余个用户分布在全球各地。在这种系统中，Server是某种工作站，负责大部分仿真工作，而Client负责处理本地的工作和I/O工具的接口以及对图形的描绘生成工作。

1.2.3.3 程序设计工具集

灵境系统的程序设计和其它大型实时仿真系统的程序设计相比，它们共同的特点是：实时处理、网络计算、图象处理、物理建模和多任务处理等。但灵境技术的程序设计也有它的特殊性，为此各个研究机构和厂商设计出许多灵境系统的程序设计工具集，他们几乎无一例外地遵循和发展了面向对象的程序设计原理。

(1) 灵境系统编辑器

在灵境系统中被编辑的对象不仅是文字、表格和图形等，而且是虚拟空间中用多维信息所描述的对象，以及真实世界（包括参与者本人的手、身躯等在内）在虚拟空间中的映射。用户最终是通过头盔显示器或其它显示器来观察编辑的结果，并利用这些被编辑的“对象”和“映射”构成他/她所需的灵境系统。图1.15是一个最简单的灵境开发系统的示意图，其中表示出了编辑器的作用。

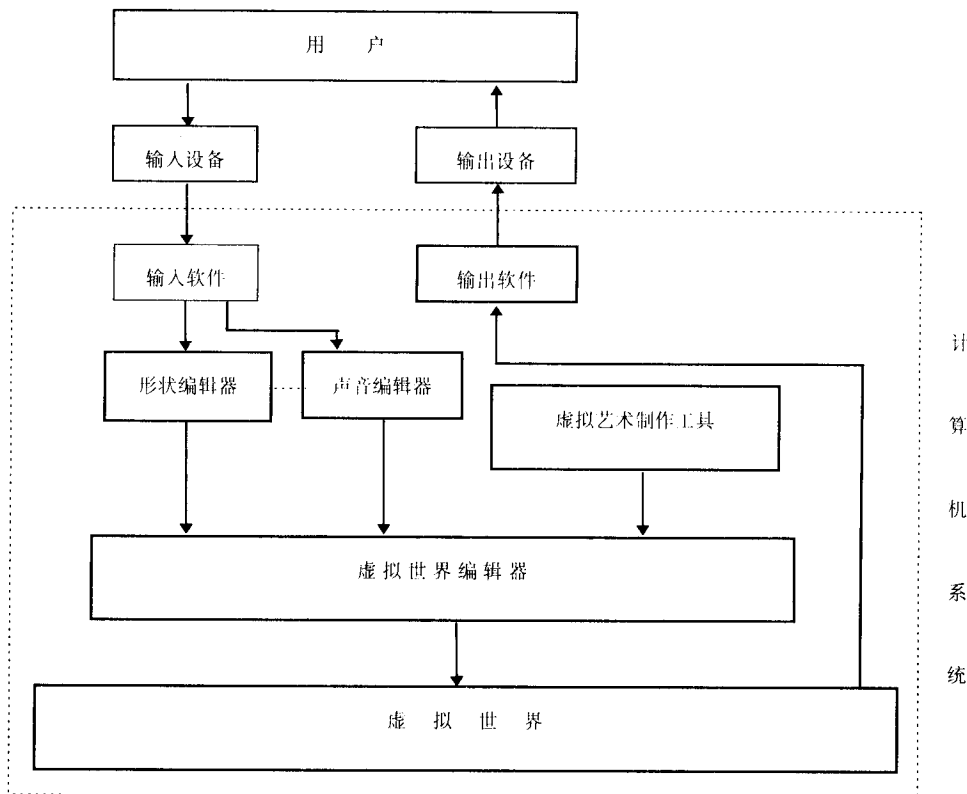


图 1.15 灵境开发系统

(a) 描绘件 (renderware)

为了使在虚拟空间中的物体具有立体感和质感，当处理系统接受到经压缩算法加工后和用多边形顶点所表示的物体后，必须经过一个解释和描绘的过程，包括多边形的平滑、单或多投光点的确定、观察点的确定、着色、阴影和纹理等。最简单的描绘方法称为平面阴影法（faceted or flat shading），较为复杂些的描绘方法是强化插入阴影法（intensity interpolation shading or “Gouraud” shading），它是基于每块多边形的顶点的法线去描述虚拟物体表面的。

从软件开发过程的观点看来，这种“描绘”相当于一个较复杂的“解释”或“编译”过程。所以在大部分灵境开发系统中都提供一个庞大的描绘功能库，它是独立于具体的硬件系统的，用户可在用C或C++的程序中调用这个描绘库中的各种功能，如生成各种几何形状、着光、着色、形状转换、聚合、分解、属性提取等，人们把这种可在各类计算机平台上运行的描绘软件统称为描绘件。例如在由 Canon Research Europe 所开发的描绘件的协助下，不使用图形处理加速卡，在1秒钟内，50MHz的PC可对35000个多边形，Sun Sparc-2 可对82000个多边形，Sun Sparc-10可对100000个多边形作强化插入阴影法的描绘。

(b) 3-D创作接口 “Amaze”

上述的描绘件主要用于对虚拟环境中的物体的描绘，使之具有一定的真实感，但并不使用户具有身临其境的沉浸感。而在由Division公司所开发的3-D创作接口“Amaze”支持下所创作的虚拟环境，能使用户具有初步的沉浸感。

在Amaze 3-D创作接口软件的支持下，用户在戴上数据手套（或一种比数据手套简单些的敏感手套）后，通过对3-D图符的选用，可用手势选取和控制对象，还能改变对象的大小、形状、颜色、光照、纹理以及对象间的相互关系，使用户具有初步的沉浸感。

Amaze 3-D创作接口软件也能支持2-D的Windows的接口，用鼠标和键盘选用各种造型图符、描绘图符。Amaze还能很方便地与其他一些CAD软件、绘图软件相联（如AutoCAD、3-D Studio等）。

Amaze 3-D创作接口软件也是完全建立在面向对象的方法原理上的，不论是用声、图或文所描述的对象，在Amaze中都是按统一的面向对象的机理和规范进行处理的。每个对象都有与之相应的一些方法method（或称为事件行动），如方法PICK的功能是调用某个对象，方法DROP的功能是释放某个对象，方法MOVE是移动某个对象等。为了使Amaze 3-D软件能在多种计算机硬件平台上运行，它把软件的结果写成一个以ASCII码的形式所表示的MAZ文件。图1.16为Amaze的文件转换和编辑框图，图1.17为一段MAZ文件的句法。

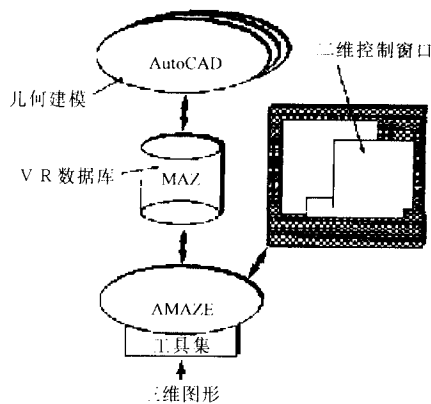


图 1.16 Amaze 文件转换与编辑

```

SCENE scene_name
{
  [OBJECT][LIGHT][PORTAL][EVENT]
}
  
```

```
OBJECT object_name
{
  [POSITION      (x, y, z)   ]
  [ORIENTATION  (rx, ry, rz) ]
  [SCALE        (sx, sy, sz) ]

  [VISUAL][AUDIO][PHYSICAL][COLLISION]
  [CHILDREN name, name, name] # each name may optionally be
  followed by # FIELDNAME value ...
  [EVENT]
  [CONSTRAINTS]
}

EVENT_NAMES
SCENE_ENABLE -called when scene entered
SCENE_DISABLE -called when scene exited
SCENE_ANIMATE -called every loop
PICK          -if hand touches object and pick button pressed
DROP          -hand drops object
TOUCH        -hand touches object
COLLIDE      -some other object touches object
MOVE         -object has been picked and is being moved
CHANGE       -somebody has told us about a change
```

图 1.17 MAZ 文件句法

2 适人化的多维信息空间

2.1 适人化的多维信息空间的基本概念及构成

近年来，人们由于使用了计算机而大大加速了认识世界和改造世界的进程，但同时也开始对现有的、用计算机来表示和模拟物理世界的方法表示疑义。例如：当需要对一个较复杂的物理情景进行实时的模拟、并且还希望得到大量直观的模拟结果时，我们立即发现其计算量将大增，即使使用最先进的超级计算机，也只能缩小被模拟的物理情景的规模或减低对直观性的要求。客观的需求迫使我们思考一个问题：“是否应当改变我们表示和模拟物理世界的方法？”“这种一切依靠单维的数字化的信息处理方法是合理的吗？”“怎样在人对物理世界已有的感知和认知的体验和经历上进行信息处理和加深认识？”

事实上，由于人类是依靠自己的感知和认知能力全方位地获取知识的，是在多维化的信息空间中认识问题的，而现有的信息处理工具（尤其是数字计算机）只具有在数字化的单维信息空间中处理问题的能力，这就产生了人类认识问题的认识空间与所用工具的处理问题的方法空间不一致的矛盾，就产生了人类较难直接理解信息处理工具的处理结果，更难以把自己已有的感知体验或认知经验与处理工具的处理结果发生直接联系。因此，人们迫切地希望突破现有数字计算机只能处理单维的、数字化信息的限制，而把它扩展成具有处理多维信息的能力。换言之，在未来的信息社会中，人类希望自己在一个适人化的多维信息空间中去处理问题和提高认识。我们把能在这种多维信息空间中进行信息处理的工具或环境称为灵境系统。人的感知系统、认知系统、人类以往的经验与知识以及灵境系统都是构成多维信息空间的组成部分。

为了说明多维信息空间的构成，不妨把它与传统的单维信息空间作一比较。在数字化的单维信息空间内，信息处理工具（或环境）是计算机，人与计算机是通过键盘、二维鼠标和显示屏幕等发生联系的，人类以往的经验是以数字化形式存储在数据库内的。在适人化的多维信息空间内，信息处理工具（或环境）是灵境系统，人与灵境系统是通过各种先进的传感器和作用器发生联系的，人类以往的经验与体验（全部的感性知识和理性知识）都是理解问题、寻求解答和提出新概念的基础。

图2.1是一个理想化的多维信息空间的构成模型以及人在多维信息空间中与灵境系统的关系图。人是通过传感器把自己的经验和体验传送给以计算机为核心的灵境系统，灵境系统通过作用器把处理结果输出给人。人基于过去已有的对该物理情景的经验、人在该物理环境中的现时体验以及灵境系统的现时输出，在灵境系统的帮助下，经过综合集成获得了对该客观世界的认识和提高，灵境系统对处理这类问题的能力也得到同步的增长。