

人机交互技术的发展离不开交互设备的支持,人机交互技术是围绕着输入、输出这两个前端与后端环节发展的。传统的输入设备如键盘、鼠标、摄像头等将文字与图像信息转换为计算机可处理的数字信息,而显示器、投影仪、打印机等传统输出设备又将数字信息转换为人类可阅读、可理解的图像与文字信息,实现了最基本的人机交互功能。而随着三维扫描、动作捕捉、体感输入、语音识别等技术的发展,计算机系统的输入方式变得更加丰富与自然,三维打印、立体显示、全息显示等技术的出现又使得输出效果更加实用与逼真,可以说交互设备的发展推动着交互技术的前进。本章将交互设备分为输入设备、输出设备及虚拟现实交互设备三类,对传统技术和最新发展进行叙述和讨论。

实现沉浸式的自然交互体验是人机交互研究中的一个核心问题,为实现此目标,就需要使交互手段变得更加自然、丰富。人机交互的研究势必要结合到、落实到交互设备的研发和应用上。有志于从事人机交互研究的读者,在学习和掌握计算机科学理论知识的同时,也必须广泛地学习和涉猎最新的电子、光学及物理技术,这是人机交互的交叉学科本质所决定的。

3.1 输入设备

3.1.1 文本输入设备

文本输入是人与计算机传递信息的重要方式,同时也是一项繁重的工作。目前,键盘输入依然是大量文本输入的主要方式。随着识别准确率的提高,手写输入等一些更自然的交互方式也逐渐普及。

1. 键盘

键盘是计算机最传统、最普遍的输入设备。它一般由按键、导电塑胶、编码器以及接口电路等组成。键盘的每个按键对应一个编码,当用户按下一个按键时,导电塑胶将线路板上的这个按键的排线接通,键盘中的编码器能够

迅速将此按键所对应的编码通过接口电路输送到计算机的键盘缓冲器中,由计算机识别处理。

键盘布局的好坏是影响键盘输入速度和准确性的一个重要因素。然而,目前最为常见的却是 19 世纪 70 年代为机械打字机设计的 QWERTY 键盘布局。QWERTY 来源于该布局方式的字母键最上面一行的前 6 个英文字母(见图 3-1)。QWERTY 布局方式的最初设计目的是最大限度地延缓用户的按键速度以缓解机械打字机的卡键问题,虽然现在的计算机键盘早已不存在此问题,但 QWERTY 键盘布局作为一种习惯仍被保留下来。



图 3-1 QWERTY 键盘布局

在键盘布局短期内不会出现革命性改变的情况下,融合人体工程学概念的人性化键盘设计也已经屡见不鲜。有的设计在键盘的下部增加护手托板,给悬空的手腕提供支持点来减少疲劳。有的键盘设计将左手键区和右手键区这两大板块左右分开,并形成一定角度,使操作者不必有意识地夹紧双臂,可以保持一种比较自然的姿态,图 3-2 是 Infogrip 公司生产的两种人体工程学键盘。还有一些键盘针对游戏、上网浏览等常用娱乐需求进行了特殊设计,例如,在键盘两端增加了手柄来模拟方向盘;添加游戏摇杆,以使用户在玩赛车、飞行射击类游戏时控制方向;添加快捷键,支持一键完成“访问 IE 主页”、“打开文件夹”以及“进入信箱”等多个操作。



图 3-2 Infogrip 公司的两类人体工程学键盘:固定于椅子上以及桌面上的键盘

2. 手写输入设备

从社会科学、认知科学的角度来看,手写输入更符合人的认知习惯,是一种自然高效的交互方式。手写板(见图 3-3)是一种常见的支持手写输入的交互设备。



图 3-3 手写板

手写板支持使用专用的笔或者手指在特定的区域内书写文字。手写板能够记录笔或者手指走过的轨迹,然后识别为文字。此外,手写板还具有压力感应功能,即除了能检测出用户是否划过了某点外,还能检测出用户划过该点时的压力有多大,以及倾斜角度是多少。这样,用户还可以把手写笔当作画笔进行书法书写、绘画或签名等。目前,手写板主要有三类:电阻式压力手写板、电磁式感应手写板和电容式触控手写板。

电阻式手写板由一层可变形的电阻薄膜和一层固定的电阻薄膜构成,中间由空气相隔离。当用笔或手指接触手写板时,上层电阻受压变形并与下层电阻接触,下层电阻薄膜就能感应出笔或手指的位置。电阻式手写板的实现原理简单,但存在如下缺点:①由于通过感应材料的变形判断位置,感应材料易疲劳,使用寿命较短;②感应不是很灵敏,使用时压力不够则没有感应,压力太大时又易损伤感应板。

电磁式手写板是通过在手写板下方的布线电路通电后,在一定空间范围内形成电磁场,来感应带有线圈的笔尖的位置进行工作。这种技术目前被广泛使用,使用者可以用它进行流畅的书写、绘图。电磁式感应板的缺点是:①对电压要求高,如果使用电压达不到要求,就会出现工作不稳定或不能使用的情况;②抗电磁干扰较差,易与其他电磁设备发生干扰;③手写笔笔尖是活动部件,使用寿命短;④必须用手写笔才能工作,不能用手指直接操作。

电容式手写板通过人体的电容来感知手指的位置,即当使用者的手指接触到触控板的瞬间,就在板的表面产生了一个电容。在触控板表面附着有一种传感矩阵,这种传感矩阵与一块特殊芯片一起,持续不断地跟踪着使用者手指电容的“轨迹”,经过内部一系列的处理,从而能够每时每刻精确定位手指的位置,其X、Y坐标的精度可高达每毫米40点。同时,根据压力引起的电容值的变化测量手指与板间距离,确定Z坐标,目前主流的电容式手写板可达512级压感。因为电容式触控板所用的手写笔无需电源供给,特别适合于便携式产品。

除了压感级数,精度和手写面积也是手写板的通用评测指标。精度指单位长度上所分布的感应点数,精度越高对手写的反映越灵敏,对手写板的要求也越高。书写面积则是手写板的一个很直观的指标,手写板区域越大,书写的回旋余地就越大,运笔也就更加灵活方便,输入速度往往会更快。

3.1.2 图像输入设备

1. 二维扫描仪

二维扫描仪已成为计算机不可缺少的图文输入工具之一,由光学系统和步进电机组成。光学系统将光线照射到稿件上,产生的反射光或透射光经反光镜组反射到图像传感器(Charge Coupled Device, CCD)中,CCD将光电信号转换成数字图像信号。步进电机控制光学系统在传动导轨上平行移动,对待扫稿件逐行扫描,最终完成全部稿件的扫描。对于彩色图像扫描,通常使用RGB三色滤镜,分别生成对应于红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色的三幅单色图像,然后将这三幅图像合成。图3-4给出了二维扫描仪的工作原理示意图。

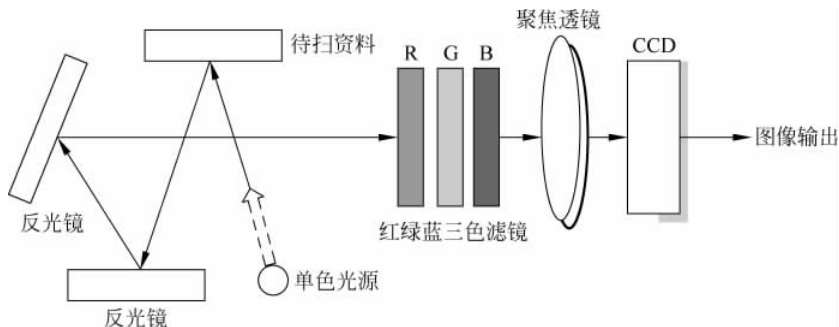


图 3-4 扫描仪工作原理

扫描仪的性能指标主要包括扫描速度、分辨率等。扫描速度决定了扫描仪的工作效率,分辨率决定了最高扫描精度。扫描仪分辨率受光学部分、硬件部分和软件部分三方面因素的共同影响。例如,分辨率为1200DPI的扫描仪其光学分辨率可能只占400~600DPI,通过计算机对图像的插值处理,可以进一步提升其分辨率。其中,DPI是指每英寸上得到的像素点个数。在扫描图像时,扫描分辨率越高,生成的图像效果越精细,图像文件也越大。

目前大部分的二维扫描仪都属于平板式扫描仪,如图3-5所示。除了平板式扫描仪,常见的还有手持式扫描仪和滚筒式扫描仪两大类。手持式扫描仪与平板扫描仪都是把需要扫描的材料静止放置,通过光学系统的移动来完成扫描。滚筒式扫描仪在扫描的过程中保持光学系统静止不动,通过卷动待扫描材料完成扫描。此外,基于手机拍摄的“扫一扫”可以看作一类更简化的扫描应用。

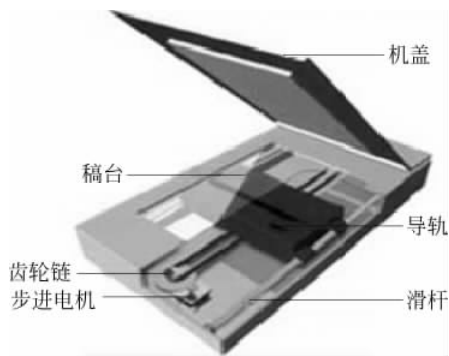


图 3-5 平板式扫描仪结构

2. 数字摄像头

摄像头作为一种视频输入设备,被广泛应用在视频聊天、实时监控等方面。

数字摄像头可以直接捕捉影像,然后通过计算机的串口、并口或者USB接口传送到计算机。同数码相机或数码摄像机相比,数字摄像头没有存储装置和其他附加控制装置,只有一个感光部件、简单的镜头和数据传输线路。其中,感光元器件的类型、像素数、解析度、视频速度以及镜头的好坏是衡量数字摄像头的关键因素。

摄像头使用的镜头主要包括CCD和CMOS(附加金属氧化物半导体组件)两种。在相同像素下,CCD的成像往往通透性、明锐度都很好,色彩还原、曝光可以保证基本准确,而CMOS的特点是制造成本和功耗低。目前,CCD应用在摄像、图像扫描等对于图像质量要求较高的应用中,而CMOS则大多应用在一些低端视频应用中。

解析度是数字摄像头比较重要的技术指标,又有照相解析度和视频解析度之分。在实际应用中,一般是照相解析度高于视频解析度。数字摄像头通常支持多种视频解析度,如 640×480 、 352×288 、 320×240 、 176×144 、 160×120 等。

在Windows平台上,可以通过TWAIN接口或WIA接口由扫描仪、摄像机或数码相机等图像输入设备中提取图像。TWAIN是由TWAIN Working Group主持制订的一个接口。作为开放协议,大部分扫描仪、数码相机厂商都提供了TWAIN驱动程序,Windows操作系统也支持该接口。WIA(Windows Image Acquisition)是Windows Me或者更高版本Windows操作系统的图像获取接口,提供数字图像获取服务,同时也能用于管理数字图像设备。

3.1.3 三维信息输入设备

随着信息和通信技术的发展,人们在生活和工作中接触到越来越多的三维几何信息。在逆向工程、虚拟现实、影视动漫等诸多领域,物体的三维几何建模是必不可少的。三维扫描仪通过对实物扫描的方式支持三维几何建模,动作捕捉设备支持捕捉用户的肢体、表情动

作,辅助建立运动模型,体感输入设备支持通过简易的方式识别自然状态下的用户的运动。

1. 三维扫描仪

根据传感方式的不同,三维扫描仪主要分为接触式和非接触式两种。

接触式的三维扫描仪采用探测头直接接触物体表面,把探测头反馈回来的光电信号转换为描述物体表面形状的数字信息。该类设备主要以三维坐标测量机为代表。其优点是具有较高的准确性和可靠性,但也存在测量速度慢、费用较高、探头易磨损等缺点。

非接触式的三维扫描仪主要有三维激光扫描仪与结构光式三维扫描仪等(见图 3-6)。这类设备的优点是扫描速度快,易于操作,对物体表面损伤少。一般地,三维激光扫描仪可达 5000~10000 点/秒的速度,而结构光式三维扫描仪一般在几秒内便可以获取数百万左右的测量点。

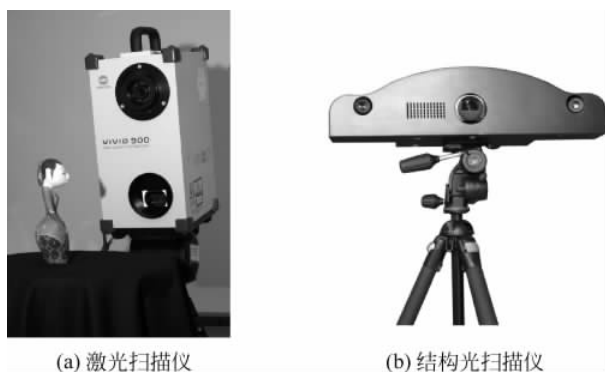


图 3-6 三维扫描仪

三维激光扫描仪通过高速激光扫描测量技术,获取被测对象表面的空间坐标数据。常采用 TOF(Time-of-Flight, 飞行时间)测量法或三角测量法进行深度数据获取。

(1) TOF 测量法

通过激光二极管向物体发射近红外波长的激光束,通过测量激光在仪器和目标物体表面的往返时间,计算仪器和点间的距离,从而计算出目标点的深度(见图 3-7)。TOF 设备已被高度集成化为专业集成电路芯片,用于生产商用深度照相机(Range Camera),后文中描述的微软公司第二代体感深度照相机 Kinect II 就采用了 TOF 测量法。

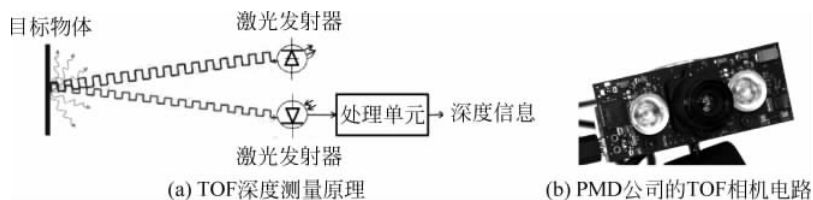


图 3-7 TOF 深度测量

(2) 三角测量法

三角测量法是一种线扫描技术,通过线激光器向被测物体投射一条激光亮线,激光线受到物体表面形状的调制,形成反应物体表面轮廓的曲线(见图 3-8(a)),利用扫描仪内置的摄像头拍摄曲线图像,根据线激光器与摄像机之间的三角关系,根据双目视觉方法,反求出激

光亮线处物体的深度信息。通过利用机械装置或手执扫描方式对被测物体进行完整扫描,就可以形成物体的三维深度模型(见图 3-8(b))。

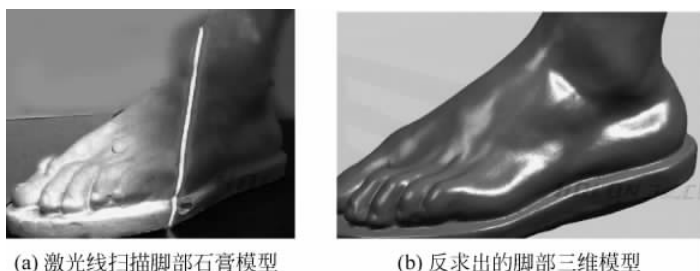


图 3-8 三角测量法实例

另一类非接触式三维扫描仪是结构光三维扫描仪,这是一种面扫描技术,通过投影仪向被测物体投射光栅模板图像,如正弦条纹光栅图像(见图 3-9(a)),正弦光栅在物体表面发生调制变形,其周期与相位的变化反映了物体表面的三维信息(见图 3-9(b))。通过相机拍摄物体表面的正弦光栅图像,检测出相位变化值,再利用双目视觉方法计算出三维数据(见图 3-9(c))。

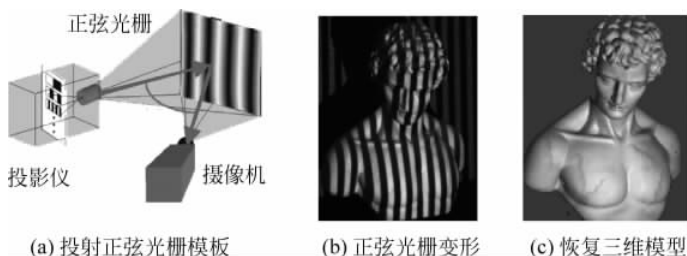


图 3-9 结构光三维扫描

三维扫描仪的性能指标主要包括扫描的速度、精度以及范围等。目前主流的三维扫描仪可以在几秒内完成一次扫描,扫描精度可以达到 0.03mm,扫描范围可以达到半米左右的宽度,支持 300~500mm 景深。

在实际的应用中,需要使用三维扫描仪进行多方向多次的扫描,从而获取尽可能全面的表面数据,然后使用建模软件对多次扫描得到的面片进行拼接合成,利用数码相机拍摄的图像信息贴到三维模型表面,从而得到高清晰的彩色三维模型数据。

通常,扫描大小在 5 米以内的物体(如机械零部件)时,由于精度的要求,采用近程三维扫描仪。对大小在 5 米以上的物体(如文化遗址)进行数字化时,则需要远程三维扫描仪。

全方位三维扫描仪(见图 3-10)使用多个三维扫描仪构成三维扫描系统,配合软件,实现全方位的快速扫描。例如,通过安置三个双视野(近程扫描+远程扫描)扫描仪构建的全方位扫描仪可以快速、准确地获取人体整体模型以及面部表情等局部细节模型等,满足动漫、游戏等创作需求。其中,双视野扫描仪支持同时获取精细的小视野和较粗糙的大视野,分



图 3-10 全方位三维扫描

别用于头部和半身建模。全方位三维扫描仪支持一次捕获建立模型所需的信息,不需要额外的数据校正,因而可以大大提升制作效率。

2. 动作捕捉设备

始于《指环王》、《阿凡达》等电影制作(见图 3-11),动作捕捉设备及相关技术已广泛应用于影视动漫、三维游戏创作。同时,动作捕捉系统在模拟训练、机器人遥控等新领域也有着重要应用。



图 3-11 动作捕捉设备在电影《指环王》中的应用

动作捕捉设备在运动物体的关键部位设置跟踪点,由系统捕捉跟踪点在三维空间中运动的轨迹,再经过计算机处理后,得到物体的运动数据。目前,动作捕捉设备可以分为机械式、电磁式、光学式等三类(见图 3-12)。其中,光学式捕捉设备的应用较为普及。光学式运动捕捉利用了计算机视觉原理,通过对目标上特定光点的监视和跟踪来完成运动捕捉的任务。对于空间中的一个点,只要它能同时为两部摄像机所见,则根据同一时刻两部摄像机所拍摄的图像和对应参数,可以计算该点该时刻的空间位置。

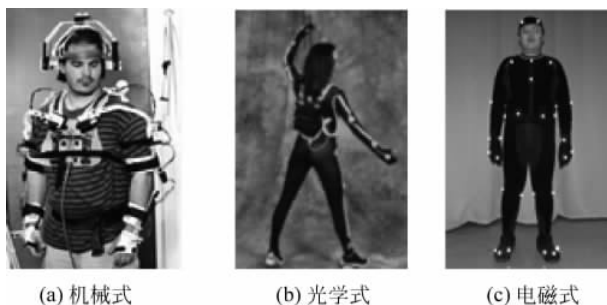


图 3-12 动作捕捉设备

光学式动作捕捉系统除了包含动作捕捉镜头外,还包括数据采集网络、用于数据处理的高性能工作站以及相关处理软件等,如图 3-13 所示。动作捕捉系统一般使用 8 个或更多的特殊摄像机环绕表演场地排列,这些摄像机的视野重叠区域就是表演者的动作范围。为了便于处理,要求表演者穿单色的服装,在身体的关键部位(如关节、腕部、肘、腕等位置)贴上一些标志(Marker),视觉系统将识别和处理这些标志。系统定标后,摄像机连续拍摄表演者的动作,并将图像序列保存下来,然后再进行分析和处理,识别其中的标志点,并计算其在每一瞬间的空间位置,进而得到其运动轨迹。如果在表演者的脸部表情关键点贴上标志,则可以实现表情捕捉。在表演者手部关节贴上标志,则可以捕捉手部运动的细节特征。为了得到准确的运动轨迹,拍摄速率一般要达到每秒 60 帧以上。



图 3-13 动作捕捉系统

通常情况下,由于采集和跟踪识别过程中的各种干扰和误差,得到的物体三维运动轨迹不是非常光滑。另外,在一些难度较高的动作采集中,诸如道具、翻滚、多人等,会导致大量数据很长时间被遮挡未能采集或者 Marker 识别错误的问题,这时需要大量的后处理操作,还需要大量的软件工具辅助完成跟踪识别过程。

3. 体感输入设备

体感输入设备与光学式动作捕捉设备的基本原理与应用类似,而体感输入设备牺牲了一定的捕捉精度,但可以更简易、快捷地实现动作捕捉,支持用户通过肢体动作控制计算机应用,例如体感游戏。体感输入设备的典型代表包括 Leap 公司的 Leap Motion、微软公司的 Kinect 等。

Leap Motion(见图 3-14)通过两个摄像头捕捉经红外线 LED 照亮的手部影像,采用立体视觉原理,计算手部在空间中的相对位置,从而支持用户用手势操作电脑。其理论上在捕捉空间中可以追踪小到 0.01 毫米的动作,并且可同时跟踪一个人的 10 根手指,最大频率是每秒钟 290 帧。

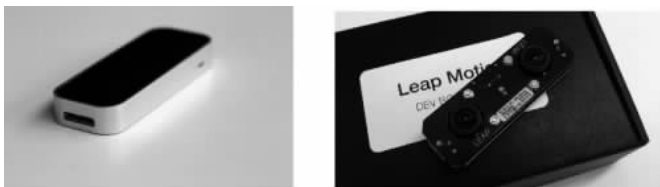


图 3-14 Leap Motion 的外形和内部结构

Kinect 是微软公司在 2009 年 6 月的 E3 大展上公布的 XBOX360 的体感设备,应用于体感游戏中肢体动作的识别,如图 3-15 所示。

Kinect 由红外发射器、红外深度传感器、彩色摄像头、麦克风阵列等硬件组成,可以通过设备驱动程序进行管理和访问。通过 USB 线连接到电脑上,其核心 NUI API 用来处理彩色图像流、深度图像流、骨骼跟踪和控制/管理 Kinect 设备。Kinect 的构成(见图 3-15 右图)主要包括: RGB 摄像头(Color Sensor),用来拍摄视角范围内的彩色视频图像;红外深度传感器(IR Depth Sensor),用于分析红外光谱,创建可视范围内的人体、物体的深度图

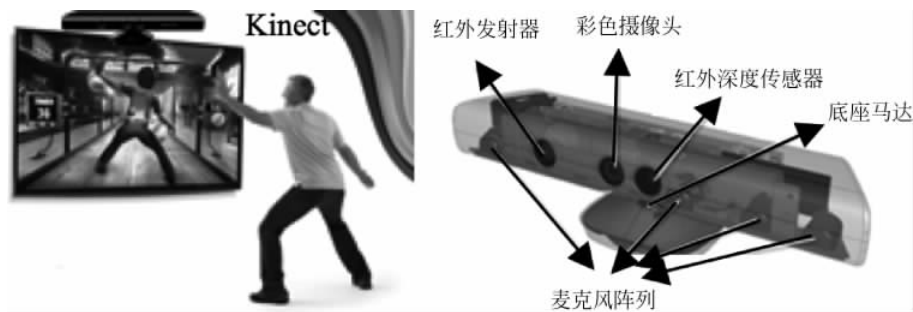


图 3-15 Kinect 设备及其结构

像；红外发射器(IR Emitter)，主动投射红外光谱，照射到粗糙物体或者穿透毛玻璃后，光谱发生扭曲，会形成随机的反射斑点，进而被红外摄像头读取；麦克风阵列，Kinect 内置四个麦克风采集声音，比对后消除杂音，可进行语音识别和声源定位；Kinect 搭配了追焦技术，底座马达会随着对焦物体移动而转动。

Kinect 体感交互的工作原理主要包括传感、寻找移动部位、判断关节点和模型匹配四个方面。Kinect 可以主动追踪最多两个玩家的全身骨架，或者被动追踪最多四名玩家的形体和位置。在这一阶段将为每个被追踪的玩家在景深图像中创建分割遮罩，这是一种将背景物体(比如椅子和宠物等)剔除后的景深图像，如图 3-16 所示。

Kinect 处理流程的最后一步是使用之前阶段输出的结果，根据追踪到的 20 个关节点、基于模型匹配来生成一幅骨架系统，评估人体实际所处位置，如图 3-17 所示。



图 3-16 人体分割

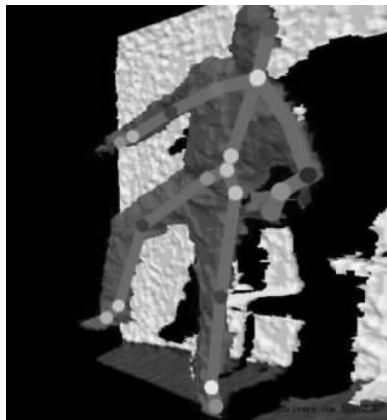


图 3-17 人体骨架提取

3.1.4 指点输入设备

指点设备常用于完成一些定位和选择物体的交互任务。对于台式电脑而言，鼠标依然是目前最常用的指点设备，但随着便携式电脑及移动智能终端的普及，鼠标的地位正面临着触控指点输入设备的挑战。

1. 鼠标及控制杆

鼠标的使用使得计算机的操作更加简便，有效代替了键盘的繁琐指令。按其工作原理

的不同,鼠标可以分为机械鼠标和光电鼠标。机械鼠标主要由滚球、辊柱和光栅信号传感器组成。当拖动鼠标时,带动滚球转动,滚球又带动辊柱转动,装在辊柱端部的光栅信号传感器产生的光电脉冲信号反映出鼠标器在垂直和水平方向的位移变化。光电鼠标用光电传感器代替了滚球,通过检测鼠标器的位移,将位移信号转换为电脉冲信号,再通过程序的处理和转换来控制屏幕上的鼠标箭头的移动。

无线鼠标和 3D 鼠标是比较新颖的鼠标,如图 3-18 所示。无线鼠标最初是为了适应大屏幕显示器而生产的,其采用红外线信号或蓝牙信号来与电脑传递信息。3D 鼠标一般由一个扇形的底座和一个能够活动的轨迹球构成,不仅可以当作普通的鼠标器使用,还具有全方位立体控制能力,通过轨迹球可以实现沿 X/Y/Z 坐标轴平移及绕 X/Y/Z 坐标轴旋转等六自由度的控制(见图 3-19),适合三维内容创作或三维空间导航应用。

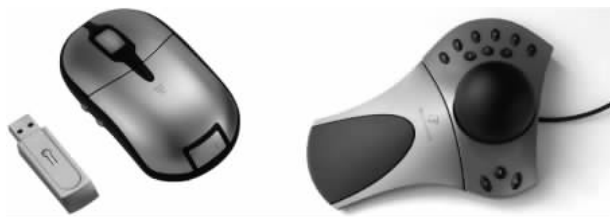


图 3-18 无线鼠标和 3D 鼠标



图 3-19 3D 鼠标的轨迹球控制方式

控制杆的历史很长,始于汽车和飞行器的控制装置。目前,计算机使用的控制杆有几十种样式,主要区别在于其不同的杆长及厚度、不同的位移力和距离、不同的按钮或挡板、不同的底座固定方案,以及相对于键盘和显示器的不同位置。

控制杆的移动导致屏幕上光标的移动。根据两者移动的关系,可以将其分为两大类:位移定位和压力定位。对于位移定位的控制杆,屏幕上的光标依据控制杆的位移而移动,因而位移是非常重要的定位特征。而对于压力定位的控制杆,其受到的压力被转化为屏幕上光标的运动速度。游戏杆是一类较为常见的控制杆,在三维游戏中提供比传统键盘鼠标更自然的交互方式。另外,有些笔记本电脑的键盘中央也有一个灵活小巧的控制杆,被形象地称为 Keyboard Nipple,也属于压力定位的控制杆。

2. 触摸屏

触摸屏作为一种特殊的计算机外设,提供了用户“所见即所得”的自然交互方式,广泛应用于手机、平板电脑等移动式终端设备,可以说触摸屏技术的出现改变了手机产品的面貌。触摸屏由触摸检测部件和触摸屏控制器组成。触摸检测部件安装在显示器屏幕前面,用于检测用户触摸位置,然后传送给触摸屏控制器。而触摸屏控制器的主要作用是处理从触摸检测部件接收到的触摸信息,并将它转换成触点坐标,再传送给 CPU,同时能接收 CPU 发来的命令并加以执行。触摸屏包括电阻式触摸屏,电容式触摸屏和基于光学的触摸屏三种。

(1) 电阻式触摸屏是一种最常见的触摸屏,具有原理简单、工艺要求低、价格低廉的优势。电阻式触摸屏是一种传感器,通过转换触摸点的物理位置坐标(X,Y),得到代表X坐标和Y坐标的电压。电阻式触摸屏的屏体部分是薄膜加上玻璃的结构,玻璃与薄膜相邻的一面涂有透明的导电层(ITO),如图3-20所示。当手指触摸屏幕时,两层ITO发生接触,导致电阻发生变化,经感应器传出相应的电信号,再经过转换电路送到运算器,通过运算转化为屏幕上的X、Y值,从而完成点选的动作,并最终在屏幕上呈现。

传统的电阻式触摸屏只能定位一个触摸点,当出现多个触摸点时,会对屏幕系统的分压网络造成影响,使得触摸屏不能正常工作。为了解决这个问题,研究人员开发了一种能支持多点触摸的电阻式触摸屏(见图3-21),该触摸屏实质为一般的电阻式触摸屏阵列。基本原理如下:第一时刻,给X1电极上加上电压,Y1、Y2、Y3分别读出A、B、C三块触摸区域所探测到的X坐标;同理,分别给X2、X3电极加上电压,读取剩余触摸单元的X坐标。在计算X坐标之后,依次给Y1、Y2和Y3电极加上电压,计算出各个触摸单元的Y坐标。由于各个触摸单元需要同时工作,任何一个触摸单元的损坏都可能最终导致触摸屏不能正常工作,因此多点触摸屏的可靠性大大低于单点触摸屏。

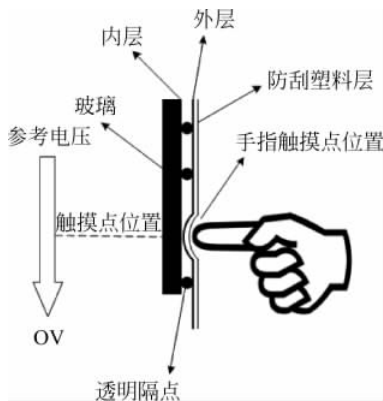


图 3-20 电阻式触摸屏的工作原理

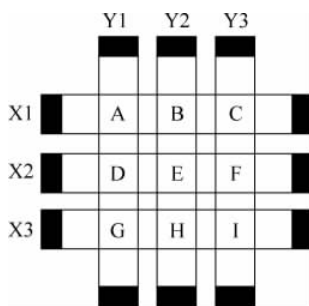


图 3-21 电阻式多点触摸屏

(2) 电容式触摸屏由四层复合玻璃屏组成,利用人体的电流感应进行工作。玻璃屏的内表面和夹层各涂有一层ITO,最外层是一薄层砂土玻璃保护层,夹层ITO涂层作为工作面,四个角上引出四个电极,并接上电压,在导电体层内形成一个低电压交流电场。当手指触摸在金属层上时,由于人体电场、用户和触摸屏表面形成一个耦合电容,对于高频电流来说,电容是直接导体,于是手指从接触点吸走一个很小的电流。这个电流分别从触摸屏的四角上的电极中流出,并且流经这四个电极的电流与手指到四角的距离成正比,控制器通过对这四个电流比例的精确计算,得出触摸点的位置,如图3-22所示。

电容屏在原理上把人体当作一个电容器元件的一个电极使用,因此,当较大面积的手掌或手持的导体物靠近电容屏而未触摸时就能引起电容屏的误动作,在潮湿的天气,这种情况尤为严重。电容屏的另一个缺点是用戴手套的手或手持不导电的物体触摸时没有反应,这是因为引入了更为绝缘的介质。

(3) 基于光学原理的多点触摸屏具有高扩展性、低成本和易搭建等优点,现已成为最受欢迎的多点触摸平台技术之一。到目前为止,已经有多种基于光学原理的多点触摸屏技术,

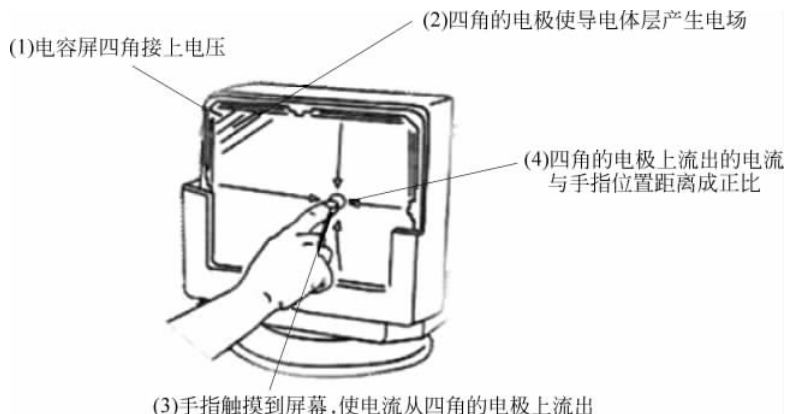


图 3-22 电容式触摸屏工作原理图

这里我们介绍两种代表性的技术。

① 受抑全内反射多点触摸技术(Frustrated Total Internal Reflection, FTIR)是多点触摸屏的典型实现技术,如图 3-23 所示。用作交互的界面是一块亚克力板,红外灯发射的红外线进入亚克力板,当亚克力面板的厚度大于 8mm 时,光线在亚克力板内不停反射,而不会发生折射,这就叫做全内反射。当手指碰到亚克力板表面时,板内的全内反射被破坏,手指将红外光线反射出来,此时位于亚克力板下方的红外摄像头将会捕捉到触摸的亮点,从而通过软件检测对应的触摸点。Struk Design Studio 所推出的多点触控屏幕 Struktable 采用的就是这一技术。

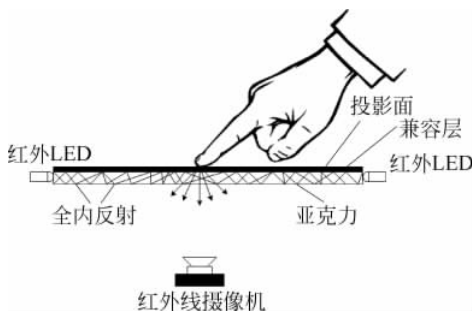


图 3-23 受抑全内反射多点触摸技术(FTIR)

② 散射光照明多点触摸技术(Diffused Illumination, DI)有两种形式:正面散射光照明多点触摸技术(Front-DI)和背面散射光照明多点触摸技术(Rear-DI)。这两种方式基于同一个原理,即画面与触摸在屏幕上的手指形成对比。

Front-DI 技术原理(见图 3-24 (a)):可见光(通常指来自周围环境的光)照射在触摸屏幕的正面上,将漫反射幕(漫射材料)放在触摸屏幕的上方或者底部,当物体触摸屏幕时便会

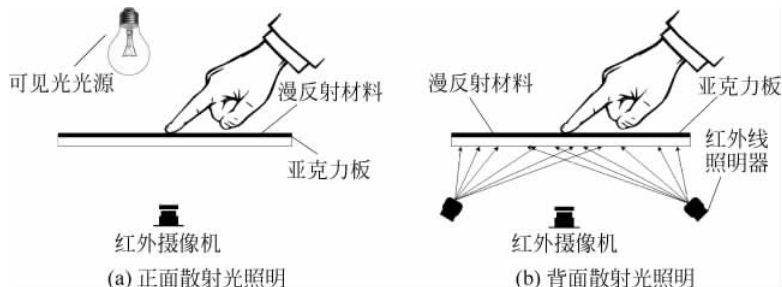


图 3-24 散射光照明多点触摸技术

产生阴影,摄像头根据产生的阴影来读取触摸信息点。

Rear-DI 技术原理(见图 3-24 (b)): 红外光从底部照射在触摸屏幕上,将漫反射幕(漫射材料)放在触摸屏幕的上面或下面,当物体触摸屏幕的时候,在漫反射幕的作用下,会反射更多的红外光,以便摄像头捕捉。漫反射幕也可以用来检测悬停在触摸屏幕上的物体。与 FTIR 相比,背面散射照明技术更适合多点触摸系统,甚至可以使用一般的玻璃板,不需要亚克力板。然而其缺点也比较明显,如检测出错率较高、图像对比度偏低、光线不均匀等。微软公司推出的 PixelSense(曾用名 Surface)采用的正是 Rear-DI 技术。

3.2 输出设备

3.2.1 光栅显示器

光栅显示器是计算机的重要输出设备,是人机对话的重要工具。它的主要功能是接收主机发出的信息,经过一系列的变换,最后以点阵的形式将文字和图形显示出来。

1. 光栅显示器工作原理

常见的光栅显示器包括阴极射线管显示器(CRT)、等离子显示器和液晶(LCD)显示器。

CRT 显示器主要由阴极、电平控制器、聚焦系统、加速系统、偏转系统和阳极荧光粉涂层组成,这六部分都在真空管内,如图 3-25 所示。其中,阴极、电平控制器、聚焦系统、加速系统等统称为电子枪。

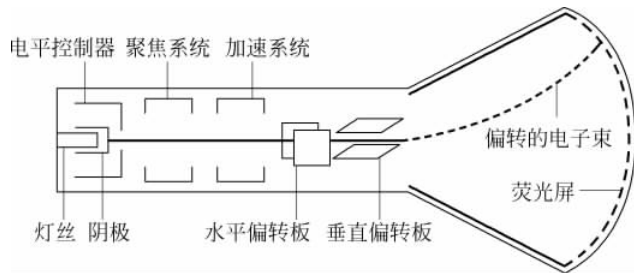


图 3-25 CRT 显示器原理图

CRT 显示器的工作原理是将显像管内部的电子枪阴极发出的电子束,经强度控制、聚焦和加速后变成细小的电子流,再经过偏转线圈的作用向正确目标偏离,穿越荫罩的小孔或栅栏,轰击到荧光屏上的荧光粉发出光。彩色 CRT 光栅扫描显示器有三个电子枪,它的荧光屏上涂有三种荧光物质,分别能发红、绿、蓝三种颜色的光。

等离子显示器采用了近几年来高速发展的等离子平面屏幕技术。等离子显示器是由密封在玻璃膜夹层中的晶格矩阵(光栅)组成的,每个晶格充有低压气体(低于大气压,通常是氖或氖氙混合气体)。在高电压的作用下,气体会电离解,即电子从原子中游离出来。由于电离解后的气体被称为等离子体,所以将这种显示器称为等离子显示器。当电子又重新与原子结合在一起时,能量就会以光子的形式释放出来,这时气体就会释放出具有特征的辉光。

等离子显示器的主要特点是图像清晰逼真,在室外及普通居室光线下均可视,显示的图像不会出现扭曲变形的情况,显示面积可以达到 60 英寸,用于家庭影院和高清晰度电视。等离子显示器的缺点是制造工艺复杂导致价格较高。

液晶显示器的主要原理是液晶分子受到电压的影响,会改变其分子的排列状态,并且可以让射入的光线产生偏转的现象。实现过程中,由背光层荧光物质发射光线照射液晶层,液晶层中的液晶分子包含在细小的单元格结构中,一个或多个单元格构成屏幕上的一个像素,当 LCD 中的电极产生电场时,液晶分子就会产生扭曲,从而将穿越其中的光线进行有规则的折射,经过过滤在屏幕上显示出来。当电场移除消失时,液晶分子借着其本身的弹性及黏性,会还原到未加电场前的状态。

液晶显示器的优点是图像清晰、画面稳定及功率低。液晶材质粘滞性比较大,图像更新需要较长响应时间,但这种缺点目前得到了较好的解决。在日常应用中,液晶显示器已经开始逐步占据主流地位。

2. 光栅显示器的主要技术指标

光栅显示器的主要技术指标包括扫描方式、刷新频率、点距、分辨率、亮度和对比度、尺寸等。

显示器的扫描方式分为“逐行扫描”和“隔行扫描”两种。隔行扫描显示器价格低,但人眼会明显地感到闪烁,用户长时间使用,眼睛容易疲劳,目前已被淘汰。逐行显示器则克服了上述缺点;逐行扫描使视觉闪烁感降到最低,长时间观察屏幕也不会感到疲劳。

刷新频率即屏幕刷新的速度。刷新频率越低,图像闪烁和抖动得就越厉害,眼睛疲劳得就越快。而当采用 75Hz 以上的刷新频率时可基本消除闪烁。因此,75Hz 的刷新频率应是显示器稳定工作的最低要求。此外还有一个常见的显示器性能参数是行频,即水平扫描频率,是指电子枪每秒在屏幕上扫描过的水平点数,以 kHz 为单位,它的值也是越大越好,至少要达到 50kHz。

点距是同一像素中两个颜色相近的磷光体间的距离。点距越小,显示出来的图像越细腻,当然其成本也越高。

分辨率的概念简单说就是指屏幕上水平方向和垂直方向所显示的点数,分辨率越高,图像也就越清晰,且能增加屏幕上的信息容量。

最大亮度的含义即屏幕显示白色图形时白块的最大亮度,产品制造时往往将亮度指标放有较大余量,当然,并不是越亮越好。对比度的含义是显示画面或字符(测试时用白块)与屏幕背景底色的亮度之比。对比度越大,则显示的字符或画面越清晰。

显示器的屏幕尺寸指的实际上是显像管的尺寸,依据用户需求选择。

3. 显卡

显示器必须依靠显卡提供的显示信号才能显示出各种字符和图像,显卡是连接显示器和个人计算机主板的重要设备。

显卡的主要作用是根据 CPU 提供的指令和有关数据进行相应的处理,并把处理结果转换成显示器能够接受的文字和图形显示信号,通过屏幕显示出来。常见显卡由显卡 BIOS 芯片、图形处理芯片、显存、数模转换器(Random Access Memory Digital-to-Analog Converter, RAMDAC)芯片、接口等组成。显卡的工作原理如图 3-26 所示。

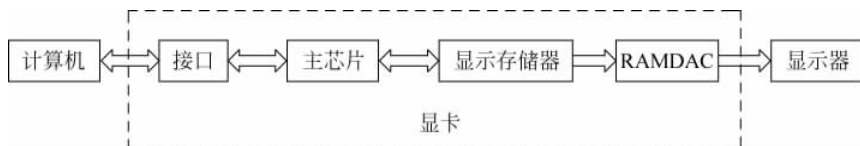


图 3-26 显卡工作原理图

其中,图形处理芯片(GPU)是显卡的核心,显卡的性能基本上取决于图形处理芯片的技术类型和性能。GPU使显卡减少了对CPU的依赖,并进行部分原本CPU的工作,尤其是在处理3D图形时。

显示存储器(简称显存)的用途主要是用来保存由图形芯片处理好的各帧图形显示数据,然后由数模转换器读取并逐帧转换为模拟视频信号再提供给显示器显示,所以显存也被称为“帧缓存”,它的大小直接影响到显卡可以显示的颜色多少和可以支持的最高分辨率。图形核心的性能愈强,需要的显存也就越多。

目前显卡的软件接口主要有OpenGL(Open Graphics Lib)和DirectX。OpenGL是一套三维图形处理库,其主要目的是把二维和三维的图形图像绘制到帧缓存中。这些图形图像被描述为一系列的点或像素,OpenGL通过对这些数据的操作,将它们转换为帧缓存中的像素。DirectX并不是一个单纯的图形API,它是由微软公司开发的用途广泛的API,它提供了一整套的多媒体接口方案。随着显卡的发展,GPU的计算能力越来越强大,除了图形处理,GPU也开始应用于通用计算。例如,NVIDIA公司推出的CUDA(Compute Unified Device Architecture)开发包适用于通用并行计算架构,使GPU能够解决复杂的计算问题。

3.2.2 投影仪

投影仪又称投影机,是一种可以将数字图像或视频投射到幕布上的设备。通过投影仪,可以将磁盘、VCD、DVD等存储介质中的数字图像转化为光学图像,是一种从数字信号到光信号的转换设备。我们在教室、商场、影院中经常接触到投影仪及投影显示,本节就对投影仪的技术原理进行简要介绍。

首先介绍投影仪的基本原理:一幅数字彩色图像可以分解为R/G/B三个位面,即三原色,每个位面都相当于一幅灰度数字图像。改变R/G/B位面的亮度(灰度)值之后再将它们叠加合成,就生成了一幅新的彩色图像。而投影仪的基本原理与此类似,分为以下几个步骤:①光学分色过程,将高亮度的白光光源分解为R/G/B三束光线,用于生成R/G/B三个位面的光学图像;②调制过程,即通过光阀器件,使R/G/B三束光线分别接受原始数字图像中R/G/B三个位面的调制,从而形成R/G/B三个位面的光学图像;③合成显示,将R/G/B三个位面的光学图像进行合成并投射出去,完成数字图像到光学图像的转换。根据投影仪的工作方式不同,主要分为CRT型、LCD型及DLP型三种不同类型的投影仪,其中LCD投影仪与DLP投影仪又是目前商用投影仪中的主流。

1. CRT 三枪投影仪

CRT投影仪(见图3-27)可把输入信号源分解成R(红)、G(绿)、B(蓝)三个CRT管的荧光屏上,荧光粉在高压作用下发光系统放大、会聚,在大屏幕上显示出彩色图像。通常所说的三枪投影仪就是由三个投影管组成的投影仪,由于使用内光源,也称主动式投影方式。

CRT 技术成熟,显示的图像色彩丰富,还原性好,具有丰富的几何失真调整能力;但其重要技术指标图像分辨率与亮度相互制约,直接影响 CRT 投影仪的亮度值,到目前为止,其亮度值始终徘徊在 300 流明以下。另外,CRT 投影仪操作复杂,特别是会聚调整繁琐,机身体积大,只适合安装于环境光较弱、相对固定的场所,不宜搬动。

2. LCD 投影仪

LCD 投影仪可以分成液晶板投影仪和液晶光阀投影仪,前者是投影仪市场上的主要产品。LCD 投影仪利用液晶的光电效应,其基本原理与 LCD 显示器相同。由于 LCD 投影仪色彩还原较好、体积小、重量轻、携带方便,已成为投影仪市场上的主流产品。



图 3-27 CRT 三枪投影仪

目前主流的 LCD 投影仪中配有 3 块高温多晶硅液晶板(HTPS),分别作为生成红、绿、蓝三个位面光学图像的光阀器件,故称为 3LCD 投影仪。液晶板由按照行列排列着的液晶单元所组成,每个液晶单元都对应着数字图像中的一个像素。液晶分子在受到电压影响时,会改变其排列顺序,从无序排列变为按电场方向有序排列,从而改变其透光率。当液晶板中每个液晶单元上施加的电压与数字图像中对应像素的对应位面亮度成正比时,液晶单元的透光率也就与对应像素值成正比,入射光线按比例透过液晶单元,即受到调制,生成了光学图像,所以 LCD 投影仪是一种透射式调制的投影仪。

3LCD 投影仪的基本工作原理如图 3-28 所示。利用超高压水银灯作为投影光源,发出明亮的白光;经过光路系统中的分光镜,将白光分解为 R/G/B 三束光线;3 块液晶板上分别显示出数字图像 R/G/B 三个位面的图像,液晶板每个单元的透光率与数字图像中对应像素的对应位面的亮度成正比。R/G/B 三束光线在精确的位置上穿过对应的液晶单元,这时候每一个液晶单元的作用类似于光阀门,控制每一个液晶单元中光线的透射率。通过这一光阀调制过程,R/G/B 三束光线分别透过对应液晶面板,形成了 R/G/B 三个位面的光学图像。最后 R/G/B 三个位面的光学图像通过合成棱镜合成为完整的彩色图像,投射到荧幕上。

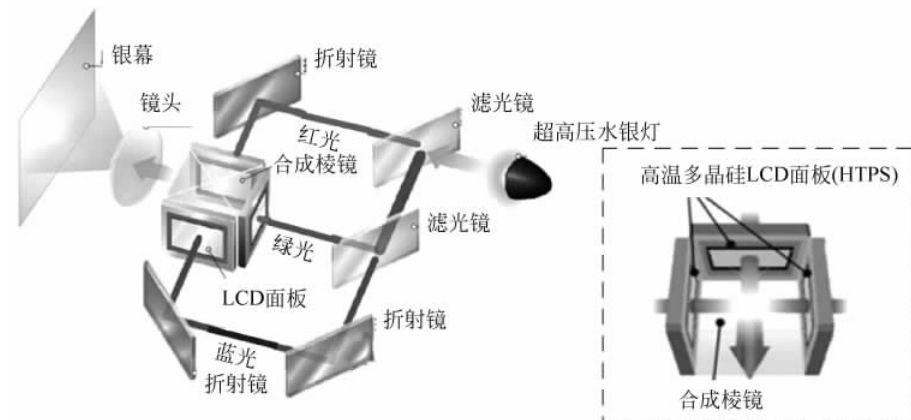


图 3-28 3LCD 投影仪的光路原理



科技轶闻：美日之间的“液晶之战”

液晶显示器、液晶投影仪是我们今天日常生活中常用的显示设备,某种意义上可以说,没有液晶显示技术,就没有数字化信息时代的到来。虽然液晶显示技术发端于美国,但最终开花结果的却是日本厂商,这里就谈一下美日之间的“液晶之战”。

1964年,在美国无线电公司(RCA)实习的28岁博士生梅尔耶尔发现了液晶的光电效应,改变液晶分子的电压可以改变其透光性,梅尔耶尔当时就设想到了平板液晶电视的未来,并在随后五年中在RCA公司的资助下取得了一系列LCD的技术专利。但作为当时显像管电视产业的龙头老大,RCA公司却雪藏了液晶显示技术,以免与其如日中天的显像管电视产品形成竞争。

而与此同时,嗅觉灵敏的日本厂商却紧紧盯上了液晶显示技术,出高价将RCA的液晶研究团队挖到了日本继续研发。1973年,精工株式会社推出了世界上第一款液晶电子手表,以其高科技感的功能与外观风靡一时,就连电影中的詹姆斯·邦德也摘掉了标志性的劳力士与欧米伽,戴上了精工液晶电子表。随后的20年中,日本厂商牢牢掌握了液晶显示技术,获取了近3千亿美元的效益,当年默默无闻的精工株式会社也随之发展成为日本电器巨头精工-爱普生集团。今天,LCD投影仪仍是爱普生公司的重要支柱产品。

3. DLP 投影仪

虽然美国人失去了LCD技术优势,但通过DLP(Digital Light Processor)技术在投影仪市场上扳回一局。DLP即数字光处理器,是美国德克萨斯仪器公司(TI,业界惯称为德仪公司)研发的一种高速光电转换器件,利用其生产的DLP投影仪是目前投影仪技术的另一大主流。

DLP以DMD(Digital Micromirror Device,数字微反射器)芯片作为光阀成像器件。一片DMD芯片是由许多个微小的正方形反射镜片(以下简称微镜)构成的,微镜按行、列紧密地排列在一起,由支架和铰链连接固定在底座上(见图3-29(a)),并由底部的电机控制其反射角度(见图3-29(b))。每一片微镜都对应着数字图像中的一个像素。因此,DMD芯片的微镜数目决定了一台DLP投影仪的物理分辨率,例如一台投影仪的分辨率为1080P,所指的就是DMD芯片上的微镜数目有 $1920 \times 1080 = 2\,073\,600$ 个,足见DMD芯片的精密程度。

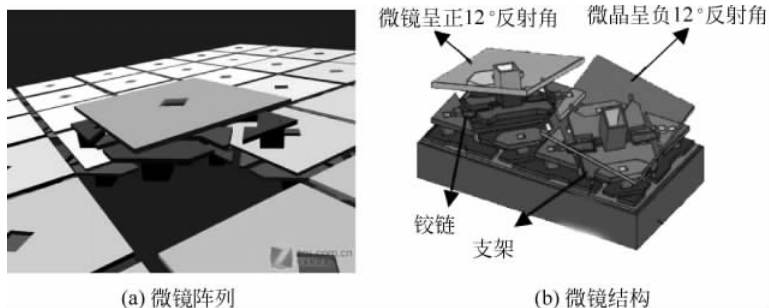


图 3-29 DMD 芯片中的微镜阵列

每一片微镜在底部电机的带动下,可呈现出 $\pm 12^\circ$ 两种反射角度,将入射光分别反射到出射光路或吸收光路,从而使出射光强呈现1(开)和0(闭)两种状态,即二进制状态。DLP

中的数字电路对数字图像中的每个像素都进行二进制编码,用于控制对应微镜的开/闭状态的持续时间,从而将二进制数字信号转换为二进制的反射光强信号,所以 DLP 投影仪是一种反射式调制投影仪,数字微镜的工作原理如图 3-30 所示。

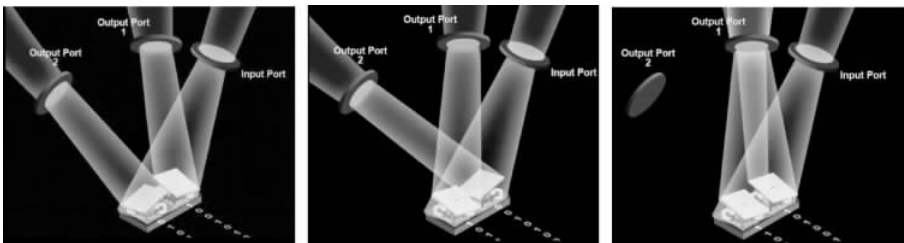


图 3-30 数字微镜的二进制编码处理

如图 3-31 所示,我们以目前民用投影仪市场中常见的单片 DLP 投影仪为例,介绍 DLP 投影仪的基本工作原理。①光源分色: 在高亮度的白色光源前面安装了一个圆形的色轮,三段式的色轮被均分为 R/G/B 三段,分别是 R/G/B 的滤色镜,色轮在电机控制下快速旋转。当 R 段转至光源前时,红光通过,绿光与蓝光依次类推,使白色光源顺序地分解为 R/G/B 三种单色光束,依次照射 DMD 芯片。②编码调制: 当红光照射 DMD 芯片时,DLP 中的处理电路对数字图像的红位面进行二进制编码,控制每个微镜的开/闭时间,使微镜成正比地将适当的红光反射到出射光路中,从而将红色位面数值转换为红色的光强信号,绿位面与蓝位面也依次进行同样的编码和反射过程。③彩色图像合成: 一幅彩色图像的红、绿、蓝三个位面被依次投射到幕布上,通过视觉暂留效应,在人的视觉系统中合成完整的彩色图像。

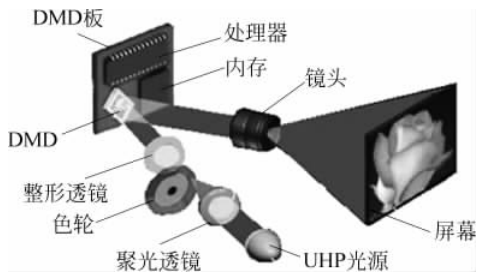


图 3-31 单片 DLP 投影仪的光路原理

高端的 DLP 投影仪中含有 3 片 DMD 芯片,分别用于反射图像中红、绿、蓝三个位面的光线,故称为 3DLP 投影仪。与 3LCD 投影仪类似,白色光源通过分光镜被分为 R、G、B 三束光线,分别照射对应的 DMD 芯片;每个 DMD 芯片根据对应位面光强的二进制编码,控制每个微镜的反射角度及开/闭时间,形成 R、G、B 三个位面的光学图像,最终通过合成棱镜合成为完整的彩色图像,投射到银幕上。

与 3LCD 投影仪相比,DLP 投影仪亮度更高、体积更小,缺点是单 DLP 投影仪的色彩表现不如 3LCD 投影仪,但随着 3DLP 投影仪的成本降低,这一缺点得到了有效弥补。同时,DLP 器件作为一种廉价而实用的高速光电转换器件,也广泛应用于 3D 打印、精密激光加工等技术领域。

3.2.3 打印机

打印机是一种通用的输出设备,其组成可分为机械装置和控制电路两部分。常见的有针式、喷墨、激光打印机三类。

针式打印机与喷墨打印机的工作原理基本相同: 计算机送来的代码经过打印机输入接

口电路的处理后送至打印机的主控电路,在可控电路控制下,产生字符或图形的编码,驱动打印头逐列进行打印;一行打印完毕后,启动走纸机构进纸,产生行距,同时打印头回车换行,打印下一行;上述过程反复进行,直到打印完毕。

针式打印机与喷墨打印机的主要区别在于打印头的结构。针式打印机的打印头通过电路控制打印针击打色带,在纸上打出一个点的图形。喷墨打印机的打印头由几千个直径约几微米的墨水通道组成,通过电路控制将墨水喷出通道,在纸上产生图形。

激光打印机主要由感光鼓、滚筒、打底电晕丝和转移电晕丝等组成,如图 3-32(a)所示。激光打印机开始工作时,感光鼓旋转通过打底电晕丝,使整个感光鼓的表面带上电荷,如图 3-32(b)所示。打印数据从计算机传至打印机,打印机先将接收到的数据暂时存放在缓存中,当接收到一段完整的数据后再发送到打印机处理器。处理器将这些数据转换成可以驱动打印引擎动作的、类似数据表的信号组(对于激光打印机来说,这些信号组就是驱动激光头工作的一组脉冲信号),然后将其送至激光发射器。发射器发射的激光照射在多棱反射镜上,反射镜的旋转和激光的发射同时进行,依照打印数据来决定激光的发射或停止。每个光点打在反射镜上,随着反射镜的转动,不断变换角度,将激光点反射到感光鼓上,如图 3-32(c)所示。感光鼓上被激光照到的点将失去电荷,从而在感光鼓表面形成一幅肉眼看不到的磁化现象。感光鼓旋转到上粉盒,其表面被磁化的点将吸附碳粉,从而在感光鼓上形成将要打印的碳粉图像,如图 3-32(d)所示。打印纸从感光鼓和转移电晕丝之间通过,转移电晕丝将产生比感光鼓上更强的磁场,碳粉受吸引而从感光鼓上脱离,向转移电晕丝方向移动,结果是在不断向前运动的打印纸上形成碳粉图像。打印纸继续向前运动,通过高温

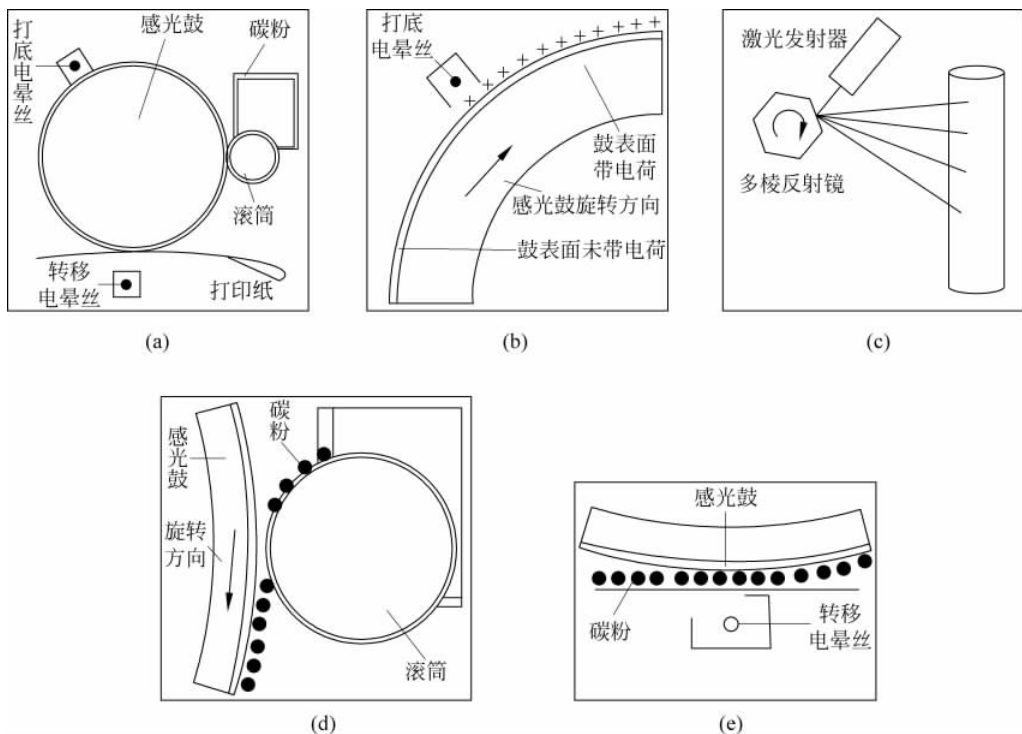


图 3-32 激光打印机的工作原理图

的溶凝部件,定型在打印纸上,产生永久图像,如图 3-32(e)所示。同时,感光鼓旋转至清洁器,将所有剩余在感光鼓上的碳粉清除干净,开始新一轮的工作。

打印分辨率、速度、幅面、最大打印能力等是衡量打印机性能的重要指标。打印机分辨率又称为输出分辨率,是指在打印输出时横向和纵向两个方向上每英寸最多能够打印的点数。目前一般激光打印机的分辨率均在 $600 \times 600 \text{DPI}$ 以上。打印速度指的是在使用 A4 幅面打印纸打印各色碳粉覆盖率为 5% 的情况下,打印机每分钟打印输出的纸张页数,目前激光打印机的打印速度可以达到 35 页/分钟。打印幅面指打印机可打印输出的面积,常用的幅面包括 A3、A4、B4、B5 等。最大打印能力指的是打印机所能负担的最高打印限度,一般设定为每月最多打印多少页,如果超过最大打印数量,会缩短打印机的使用寿命。

3.2.4 3D 打印机

3D 打印机又称三维打印机,它以数字模型文件为输入,运用特殊蜡材、粉末状金属或塑料等可黏合材料,通过打印一层层的黏合材料来制造三维的物体,如图 3-33 所示。

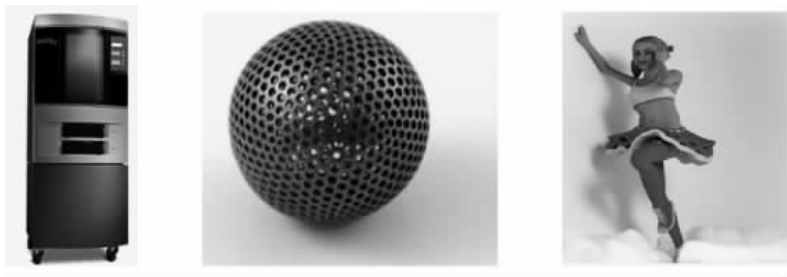


图 3-33 3D 打印机以及打印出的不同材料的物体

3D 打印机读取三维模型文件中的横截面信息,用液体状、粉状或片状的材料将这些截面逐层地打印出来,再将各层截面粘合起来,制造出一个实体。打印机打出的截面的厚度以及截面的分辨率以 DPI 或者微米计算。一般的层厚度为 100 微米即 0.1 毫米,Objet Connex 系列及 Systems' ProJet 系列三维打印机可以打印出 16 微米的层厚度,而截面方向则可以打印出与激光打印机相近的分辨率。

3D 打印机与传统打印机最大的区别在于它使用的“墨水”是实实在在的原材料,可用于打印的介质种类多样,从种类繁多的塑料到金属、陶瓷以及橡胶类物质。有些打印机还能结合不同介质,令打印出来的物体一头坚硬而另一头柔软。目前主要的 3D 打印机类型包括以下几种。

(1) “喷墨”式 3D 打印机:使用打印机喷头将一层极薄的液态塑料物质喷涂在铸模托盘上,然后被置于紫外线下处理。然后铸模托盘下降极小的距离,进行下一层的堆叠打印。

(2) “熔积成型”3D 打印机:整个流程是在喷头内熔化塑料,然后通过沉积塑料纤维的方式形成薄层。

(3) “激光烧结”3D 打印机:以粉末微粒作为打印介质。粉末微粒被喷洒在铸模托盘上形成一层极薄的粉末层,熔铸成指定形状,然后由喷出的液态黏合剂进行固化。

传统的制造技术如注塑法可以以较低的成本大量制造聚合物产品,而三维打印技术则

可以定制生产数量相对较少的产品。一个桌面尺寸的三维打印机就可以满足设计者或概念开发小组制造模型的需要。

3.2.5 语音交互设备

语音作为一种重要的交互手段,日益受到人们的重视。耳机、麦克风以及声卡是最基本的语音交互设备。

1. 耳麦

常见的耳机技术指标有耳机结构、频响范围、灵敏度、阻抗、谐波失真等。

耳机结构可以分为封闭式、开放式、半开放式三种。封闭式通过其自带的软音垫来包裹耳朵,使其被完全覆盖起来。因为有大的音垫,所以体积也较大,但可以在噪音较大的环境下使用而不受影响;开放式耳机是目前比较流行的耳机样式,利用海绵状的微孔发泡塑料制作透声耳垫,特点是体积小巧,佩带舒适,也没有与外界的隔绝感,但它的低频损失较大。半开放式耳机是综合了封闭式和开放式两种耳机优点的新型耳机,采用了多振膜结构,除了一个主动有源振膜之外,还有多个从动无源振膜同时较好地保留声音的低频和高频部分。

频响范围指耳机能够放送出的频带的宽度,国际电工委员会 IEC581-10 标准中,高保真耳机的频响范围应当能够包括 50Hz 到 12500Hz 之间的范围,顶端耳机的频响范围可达 5Hz 到 40000Hz,而人耳的听觉范围仅为 20Hz 到 20000Hz。

灵敏度又称声压级。耳机的灵敏度就是指在同样响度的情况下需要输入功率的大小。灵敏度越高,所需要的输入功率越小,同样的音源输出功率下声音越大。对于耳机等便携设备来说,灵敏度是一个很值得重视的指标。

耳机阻抗是耳机交流阻抗的简称,不同阻抗的耳机主要用于不同的场合。在台式机或功放、VCD、DVD、电视等设备上,常用到的是高阻抗耳机,有些专业耳机阻抗甚至会在 200 欧姆以上,可以更好地控制声音;而对于各种便携式随身听,如 CD、MD 或 MP3,一般会使用低阻抗耳机,因为这些低阻抗耳机比较容易驱动。

谐波失真是一种波形失真,在耳机指标中有标示。失真越小,音质也就越好。一般的耳机应当小于或略等于 0.5%。

很多情况下,耳机佩戴有麦克风。为了过滤背景杂音,达到更好的识别效果,许多麦克风采用了 NCAT(Noise Canceling Amplification Technology)专利技术。NCAT 技术结合特殊机构及电子回路设计以达到消除背景噪音、强化单一方向声音(只从佩戴者嘴部方向)的收录效果,是专为各种语音识别和语音交互软件设计的、提供精确音频输入的技术,采用 NCAT/NCAT2 技术的麦克风会着重采集处于正常语音频段(介于 350~7000Hz)的音频信号,从而降低环境噪音的干扰。使用 NCAT/NCAT2 技术的麦克风相比普通麦克风在语音识别性能上有了大的改进,因而被广泛用于语音录入、互联网语音交互及计算机多媒体领域。

根据应用的不同,可以对传统的麦克风进行功能上的扩展。例如,为了满足多人连线网络游戏的需要,微软公司设计的 Game Voice 可以方便地实现同时与多个人对话、与不同的人对话,以及通过语音命令控制游戏等功能,如图 3-34 所示。



图 3-34 微软公司的 Game Voice 设备

2. 声音合成设备

声卡是最基本的声音合成设备,是实现声波/数字信号相互转换的硬件,可把来自话筒、磁带、光盘的原始声音信号加以转换,输出到耳机、扬声器、扩音机、录音机等声响设备。从结构上分,声卡可分为模数、数模转换电路两部分,模数转换电路负责将麦克风等声音输入设备采集到的模拟声音信号转换为计算机能处理的数字信号;而数模转换电路负责将计算机使用的数字声音信号转换为耳机、音箱等设备能使用的模拟信号。

一般声卡拥有 4 个接口: LINE OUT(或者 SPK OUT)、MIC IN、LINE IN 和游戏杆(外部 MIDI 设备接口)。其中 LINE OUT 用于连接音箱耳机等外部扬声设备,实现声音回放; MIC IN 用于连接麦克风,实现录音功能;而 LINE IN 则是把外部设备的声音输入到声卡中。

声卡的主要指标包括声音的采样、声道数及波表合成等。

声卡的主要作用之一是对声音信息进行录制与回放,在这个过程中采样的位数和频率决定了声音采集的质量。采样位数可以理解为声卡处理声音的解析度,这个数值越大,解析度就越高,录制和回放的声音也越真实。例如,在将模拟声音信号转换成数字信号的过程中,16 位声卡能将声音分为 64K 个精度单位进行处理,而 8 位声卡只能处理 256 个精度单位,造成较大的信号损失。采样频率是指录音设备在一秒钟内对声音信号的采样次数,采样频率越高则声音的还原就越真实、越自然。在当今的主流声卡上,采样频率一般分为 22.05kHz、44.1kHz、48kHz 三个等级。22.05kHz 只能达到广播的声音品质,44.1kHz 则是理论上的 CD 音质界限,48kHz 则更加精确一些,对于高于 48kHz 的采样频率,人耳已无法辨别出来。

声卡所支持的声道数从最初的单声道发展到目前的多声道环绕立体声。对于一般的立体声,又称为双声道,声音在录制过程中被分配到两个独立的声道,从而达到了很好的声音定位效果,用户可以清晰地分辨出各种乐器来自的方向,从而使音乐更富想象力,更加接近于临场感受。为了进一步增强身临其境的感觉,创建一个虚拟的声音环境,通过特殊的音效定位技术创造一个趋于真实的声场,从而获得更好的听觉效果和声场定位。

四声道环绕音频技术较好地实现了三维音效,四声道环绕规定了 4 个发音点:前左、前右、后左、后右,听众则被包围在这中间。通常,在四声道的基础上再增加一个低音发生点,以加强对低频信号的回放处理,这种系统被称为 4.1 声道系统,类似地,还有 5.1、7.1 声道系统。就整体效果而言,多声道系统可以为听众带来来自多个不同方向的声音环绕,可以获得身临其境的听觉感受,给用户以全新的体验。如今多声道技术已经广泛融入于各类中高档声卡的设计中,成为未来发展的主流趋势。

在游戏软件和娱乐软件中经常可以发现很多以 MID 为扩展名的音乐文件,这些就是在计算机上最为常用的 MIDI 格式。MIDI 是 Musical Instrument Digital Interface 的简称,意为音乐设备数字接口。MIDI 文件是一种描述性的“音乐语言”,非常小巧,它将所要演奏的乐曲信息用字节描述,例如“在某一时刻,使用什么乐器,以什么音符开始,以什么音调结束,加以什么伴奏”等。

MIDI 文件只是一种对乐曲的描述,本身不包含任何可供回放的声音信息。波表(WAVE TABLE)将各种真实乐器所能发出的所有声音(包括各个音域、声调)录制下来,存储为一个波表文件。播放时,根据 MIDI 文件记录的乐曲信息向波表发出指令,从“表格”中逐一找出对应的声音信息,经过合成、加工后回放出来。由于它采用的是真实乐器的采样,所以效果较好。一般波表的乐器声音信息都以 44.1kHz、16Bit 的精度录制,以达到最真实回放效果。理论上,波表容量越大,合成效果越好。

3.3 虚拟现实交互设备

虚拟现实应用要求计算机可以实时显示一个三维场景,用户可以在其中自由地漫游,并能操纵虚拟世界中一些虚拟物体,具有身临其境的感觉。因此,除了一些传统的控制和显示设备,虚拟现实系统还需要一些特殊的设备和交互手段,来满足虚拟系统中的显示、漫游以及物体操纵等任务。

3.3.1 三维空间定位设备

1. 空间跟踪定位器

空间跟踪定位器也称为三维空间传感器(见图 3-35),是一种能实时地检测物体空间运动的装置,可以得到物体在六个自由度上相对于某个固定物体的位移,包括 X、Y、Z 坐标上的位置值以及围绕 X、Y、Z 轴的旋转值(转动、俯仰、摇摆)。这种三维空间传感器对被检测的物体必须是无干扰的,也就是说,不论这种传感器是基于何种原理或使用何种技术,它都不应当影响被测物体的运动,因而称为“非接触式传感器”。



图 3-35 空间跟踪定位器

在虚拟现实应用中,空间跟踪定位器的主要性能指标包括定位精度、位置修改速率和延时。其中定位精度和分辨率不能混淆,前者是指传感器所测出的位置与实际位置的差异,后者是指传感器所能测出的最小位置变化;位置修改速率是指传感器在一秒钟内所能完成的测量次数;延时是指被检测物体的某个动作与传感器测出该动作的时间间隔。如何减少颤抖、漂移、噪音是空间跟踪定位器需要解决的关键问题。在虚拟现实

技术中广泛使用的是低频磁场式和超声式传感器。

低频磁场式传感器的低频磁场是由传感器的磁场发射器产生的,该发射器由三个正交的天线组成,在接收器内也安装有一个正交天线,它被定位在远处的运动物体上,根据接收器所接收到的磁场,可以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

传送给计算机。因此,计算机能间接地跟踪运动物体相对于发射器的位置和方向。在虚拟现实环境中,这种传感器常被用来安装在数据手套和头盔显示器上。

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,接收器由三个相距较近的话筒构成。周期性地刺激每个超声扩音器,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发出的超声波,就可以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。

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磁性性的物体时,低频磁场式传感器的精度明显降低。

2. 数据手套(Data Glove)

数据手套为人与环境的虚实结合提供了一种重要的手段。在虚拟环境中,操作者通过数据手套可以用手去抓或推动虚拟物体,以及做出各种手势命令。数据手套可以捕捉手指和手腕的相对运动,可以提供各种手势信号;也可以配合一个六自由度的跟踪器,跟踪手的实际位置和方向。

目前,数据手套(见图 3-36)一般由很轻的弹性材料构成,紧贴在手上。整个系统包括位置、方向传感器和沿每个手指背部安装的一组有保护套的光纤导线,它们检测手指和手的运动。数据手套将人手的各种姿势、动作通过手套上所带的光导纤维传感器,输入计算机中进行分析处理。这种手势可以是一些符号表示或命令,也可以是动作。手势所表示的含义可由用户加以定义。如 Cyber Glove 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的传感器和一个手掌弧度的传感器,传感器的分辨率为 0.5 度。



图 3-36 数据手套

数据手套一般都有配套的 SDK,利用这些 SDK,可以非常方便地在应用程序中读取和解释传感器所获取的数据。

3. 触觉和力反馈器

在虚拟现实系统中,能否让用户产生“沉浸”效果的关键因素之一是用用户能否用手或身体的其他部分去操作虚拟物体,并在操作的同时能够感觉到虚拟物体的反作用力,感觉就像在现实生活中一样。为了提供更真实的感觉,虚拟现实系统必须提供触觉反馈,以便使用户感觉到仿佛真的摸到了物体。但是由于人的触觉非常敏感,一般精度的装置根本无法满足要求。另外,对于触觉和力反馈器,还要考虑到模拟力的真实性、施加到人手上是否安全以及装置是否便于携带并让用户感到舒适等问题。目前已经有一些关于力学反馈手套、力学反馈操纵杆、力学反馈笔、力学反馈表面等装置的研究。

目前,手指触觉反馈器的实现主要通过视觉、气压感、振动触觉、电子触觉和神经肌肉模拟等方法。其中,电子触觉反馈器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,较安全的方法是气压式和振动触感式反馈器。前者如美国 Advanced Robotics Research 公司于 1992 年推出的 TeleTac Glove,每个手套

上装有二十个力量敏感电阻和二十个小气袋；后者是利用压针和压垫构成的。

图 3-37 所示的是一种振动触感式反馈器。

3.3.2 三维显示设备

1. 立体视觉

由于人类从客观世界获得的信息主要来自视觉,因而视觉沟通就成为多感知虚拟现实系统中最重要的环节,立体视觉技术也就成为虚拟现实一种重要的支撑技术。早在虚拟现实技术研究的初期,计算机图形学的先驱 Ivan Sutherland 就在其 SWORD OF DAMOCLES 系统中实现了三维立体显示。

(1) 立体视觉原理

人的左、右眼之间有一定的间距(大约 6.5cm),所以在看同一物体时左眼和右眼所成的像会有细微差异(见图 3-38),称为“视差”(Disparity)。正是“视差”的存在,使人类能够产生有空间感的立体视觉效果。现代 3D 电影的制作原理便基于此,即通过立体摄像机获取具有细微差别的左、右两组图像,然后通过相应的 3D 显示技术分别播放给人的左、右眼以模拟人在现实中观察物体情形,从而在人脑中呈现虚拟的立体场景。由于人的视觉系统具有局限性,人眼能够良好处理的视差范围是有限的,这个有限的范围称作视觉的“舒适区”(comfortable zone),如图 3-39 所示。在现代 3D 电影的制作过程中,通过实时调整立体摄像机基线(两个摄像头的间距)或在后期制作中处理左右两幅图像,以使影像内容的视差满足“舒适区”,从而产生更好的立体效果。

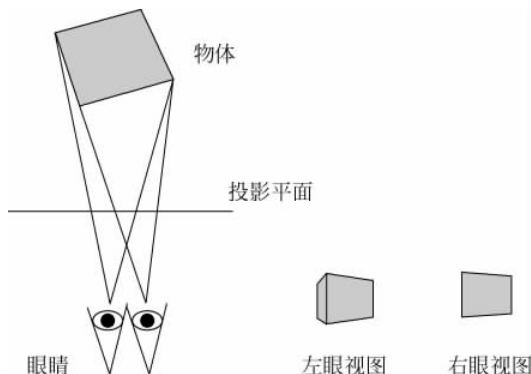


图 3-38 立体视觉原理

(2) 立体影像显示技术

立体影像显示技术主要有两种:主动式立体模式和被动式立体模式。主动模式主要应用于立体电视及立体投影仪设备,在主动模式下,立体视频中的左、右眼影像按照顺序交替播放,用户佩戴的液晶快门立体眼镜的左/右眼液晶镜片也交替开闭,与立体影像的播放时序保持同步,从而产生高质量的立体效果,如图 3-40 所示。为实现播放时序与镜片的开闭时序实现同步,需要在播放设备(立体投影仪或立体电视)中产生并发射出一组无线同步脉



图 3-37 Virtual Technology 公司的
触觉反馈手套

冲信号,液晶快门立体眼镜接收这一同步信号,并由此控制左/右眼液晶镜片的交替开闭。在立体电视及 LCD 立体投影仪中,同步脉冲主要采用红外信号的形式,而 DLP 立体投影仪则通过投射瞬时高亮度白光脉冲的形式实现光电同步,称为 DLP-Link 技术。选购 DLP 投影仪时,如果贴有 DLP 3D Ready 标签,就表明该投影仪内置了 DLP-Link 技术,可以播放立体视频。

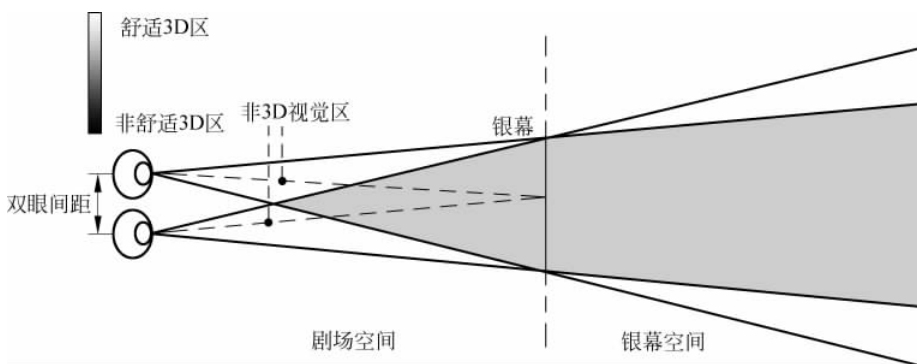


图 3-39 立体视觉的舒适区

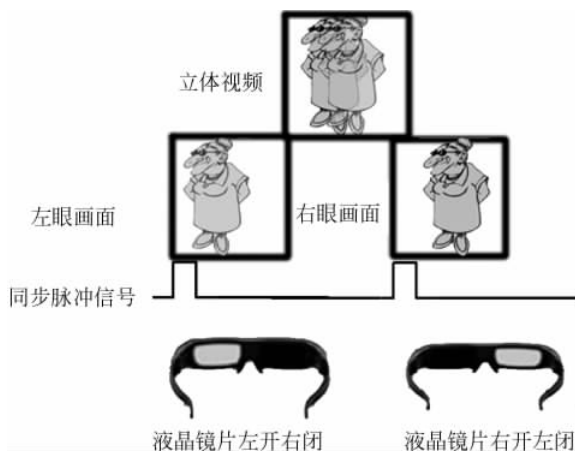


图 3-40 主动式立体显示

被动式立体显示系统主要用于影院环境,我们在影院中观看立体电影,一般都采用被动式立体显示。被动式立体显示主要是利用光的偏振现象(Polarization)来区分左、右眼图像。我们结合图 3-41,利用线性偏振光来简单地解释一下光的偏振现象:光是一种横波,即光波的振动方向与其传播方向垂直;在垂直于传播方向的平面上,自然光在各个方向上都存在幅度振动,是非偏振光(Unpolarized Light);如果通过光学器件(偏振片)使光波变得仅在该平面的水平或垂直方向上振动,就变成了线性偏振光,分别称为水平偏振光与垂直偏振光;水平偏振光与垂直偏振光是相互正交的,即水平偏振光能够完全穿过水平偏振片,却无法穿过垂直偏振片,反之亦然;利用这一正交特性就可以区分左、右眼图像。我们在影院中佩戴的立体眼镜的镜片大多是线性偏振镜片,把两片偏振镜片叠加在一起,当两片镜片平行时,镜片透明,旋转其中一片令其垂直时镜片就变得不透明了,这就可以验证线性偏振光的正交性。

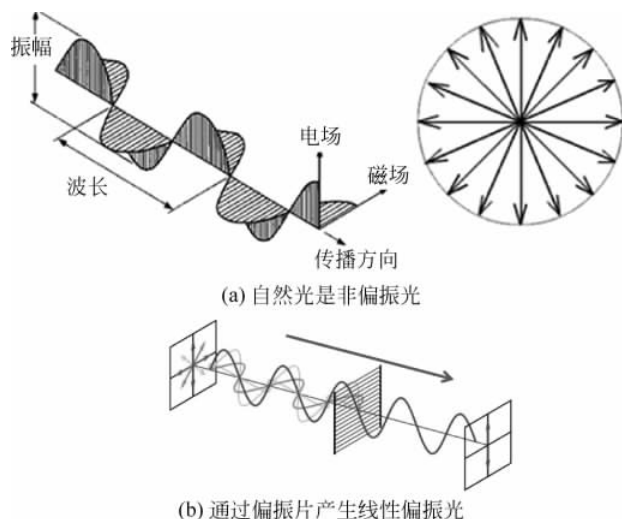


图 3-41 偏振光与偏振片

被动式立体显示系统需要使用两套投影设备,分别播放左、右眼影像,两台投影仪分别使用相互正交的偏振片进行调制,使左眼图像变成水平偏振光,右眼图像变成垂直偏振光,区别出左、右眼影像,用户佩戴偏振光眼镜,左眼只能看到左图像,右眼只能看到右图像,从而产生了立体视觉效果。

主动式立体显示的效果较好,但液晶快门眼镜造价较高,不适于在影院场合应用;而偏振立体眼镜造价低廉,可以作为易耗品使用,因此电影院中主要采用被动的偏振式立体显示。

(3) 头盔式显示器

头盔式显示器(Head Mounted Display,HMD,如图 3-42 所示)是一种立体图形显示设备,可单独与主机相连以接收来自主机的三维虚拟现实场景信息,分单通道和双通道两种。单通道的头盔显示器上装有一个液晶显示器,分时实现左、右眼图像;双通道的头盔装有两个液晶显示器,左边的液晶屏显示来自主控计算机生成的左眼图像,右边的液晶显示屏显示来自主控计算机生成的右眼图像。每一幅图像的显示刷新速度都在 60Hz 以上,两幅图像在两个液晶屏之间快速切换显示,根据立体成像原理,观察者就可以看到立体图像。由于两个显示屏幕处于用户佩戴的头盔中,分别覆盖用户双眼的视野,使得用户只能够感知来自计算机所生成的图像,沉浸感极强。头盔式显示器辅以空间跟踪定位器,支持观察者空间上的

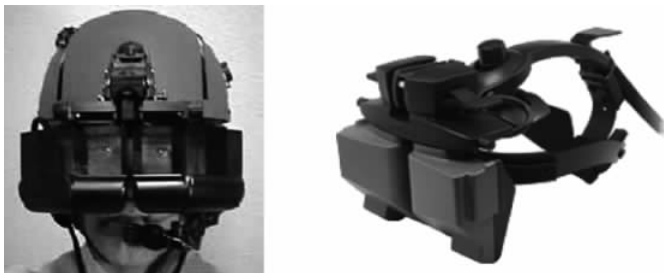


图 3-42 头盔式显示器

移动,如自由行走、旋转等,同时进行虚拟场景漫游。随着技术的不断进步,头盔显示器也得到了不断的改进,特别是在它的显示分辨率方面已经得到了很大的改善,目前分辨率已经达到了 1024×768 。

头盔显示系统也存在若干缺点,如单用户的局限性、显示屏幕分辨率不高、头部跟踪延迟、头盔过重以及屏幕距离眼睛过近等。

增强现实(Augmented Reality, AR)技术将虚拟的物体合并到现实场景中,在虚拟环境与真实世界之间架起了一座桥梁。典型的增强现实系统使用透视式头盔显示器(see-through HMD)在用户的视野里合成真实环境和虚拟物体,如图 3-42 右图所示。为了成功应用增强现实技术,需要有观察仪器的准确投影信息,这就要求对所使用的透视式头盔显示器进行标定(Calibration)。显示器标定指的是显示在 HMD 中的虚拟图像和真实环境的图像进行对准,其目的是预测虚拟物体显示在 HMD 上的投影变换,从而使虚拟物体能显示在 HMD 的正确位置上。

增强现实有两种最重要的透视式头盔显示器:光学透视式 HMD 和视频透视式 HMD。使用光学透视式 HMD,用户可直接看到周围的真实环境,同时还可看到计算机产生的增强图像或信息。光学 HMD 的标定需要依赖于用户的在线标定,成为阻碍其实际应用的难点。而视频式 HMD 通过内置的摄像机观察真实环境,由于只需要标定摄像机,视频式 HMD 的增强现实系统相对容易标定。

值得注意的是,近期欧美大公司开始对头盔式显示器表现出浓厚的兴趣。2014 年 3 月,Facebook 公司斥资 20 亿美元收购了开发头盔式显示三维游戏的 Oculus 公司,该公司基于自主开发的 Oculus Rift 头盔显示器(见图 3-43),开发和移植了一系列广受欢迎的三维游戏。而微软公司在 2015 年 1 月发布了一款头戴视频方式显示器 HoloLens,如图 3-44 所示。这款设备通过 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping,即时定位与地图构建)技术对周围场景进行实时三维重建,并根据重建的三维场景对用户眼睛的空间位置及姿态进行实时计算,然后据此渲染出相应视角的虚拟图像,叠加在真实环境上。



图 3-43 Oculus Rift 头盔显示器



图 3-44 HoloLens 头戴显示器及显示效果

2. 投影拼接融合的沉浸式显示环境

投影拼接融合是指将多台投影仪所投射出的画面进行边缘融合,显示出无缝、大幅面、高亮度、高分辨率的整幅画面,为观众提供全沉浸式的观看体验及多用户参与的交互体验。目前,投影拼接融合技术已经广泛应用于虚拟现实、数字娱乐和展览展示等领域,如图 3-45 所示。

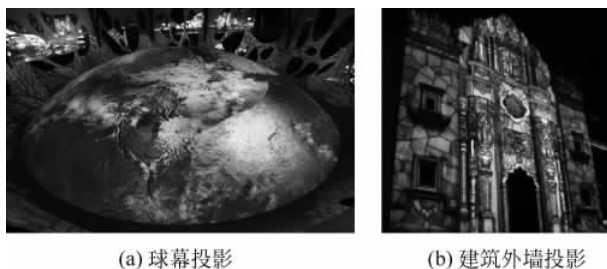


图 3-45 上海世博会的球幕投影和建筑外墙投影

1992 年,Defanti 等人提出了洞穴式显示环境(Cave Automatic Virtual Environment, CAVE),这是一种四面沉浸式的虚拟现实环境。系统在支持多用户的同时,给用户提供了前所未有的沉浸感效果,如图 3-46 所示。对于处在系统内的用户来说,投影屏幕将分别覆盖用户的正面、左右以及底面视野,构成一个边长为 10 英尺的立方体。可以允许许多人走进 CAVE 中,用户戴上立体眼镜便能从空间中任何方向看到立体的图像。CAVE 实现了大视角、全景、立体且支持 5~10 人共享的一个虚拟环境。

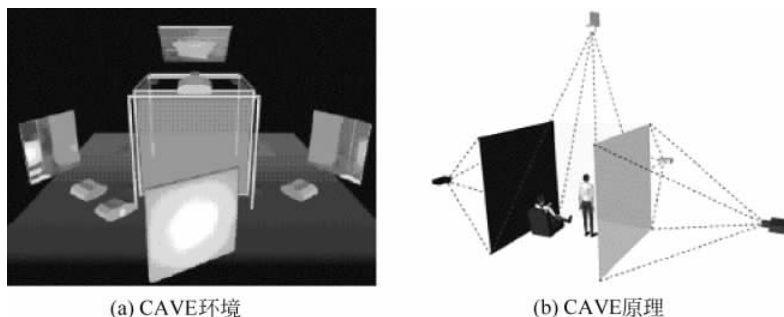


图 3-46 CAVE 显示环境及显示原理

投影拼接融合技术主要由两部分组成,几何校正和亮度/色彩校正。

几何校正是对投影图像变形失真和重叠区域画面纹理不齐进行的误差校正方法。采用环幕或者球幕时,当投影仪把图像投射到这些弧形的屏幕上,图像就会变形失真,这种现象称为非线性失真。而且投影拼接融合要求多个投影画面精准对齐,如图 3-47 所示。投影自带的校正功能往往不能满足要求,这时需要几何校正技术对投影画面做出调整,以完美地投影出画面。常见的几何校正技术有线性校正、弧形校正、球面校正、任意曲面校正等。

亮度/色彩校正对于投影的画面拼接中有投影光线和画面的重叠部分的融合处理。以消除光线重合部分的多余亮度,减小不同投影机之间的颜色差异,从而确保画面亮度和色彩均匀一致,如图 3-48 所示。亮度/色彩校正的基本原理为对重叠的投影画面的亮度和颜

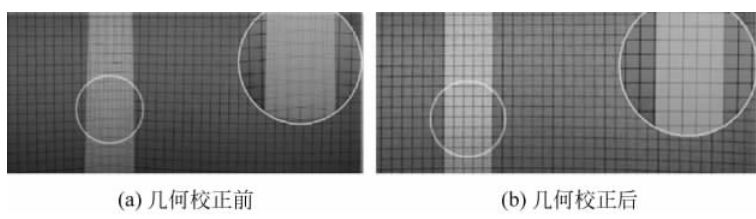


图 3-47 几何校正

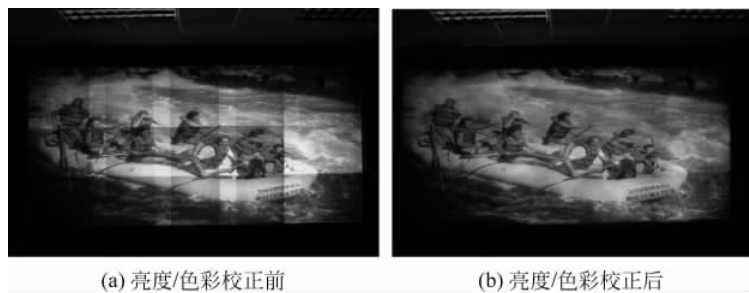


图 3-48 亮度/色彩校正

色进行线性或非线性的衰减处理。

根据拼接融合方式,投影拼接融合可分为手动拼接融合和自动拼接融合。
手动拼接融合通常使用所见即所得的交互系统,通过拖动网格、曲线等方式实现几何校正和边缘融合(亮度融合和颜色融合),大致步骤如下所述。

- 几何校正: 为每个投影仪的实际投影区域添加控制网格,通过调整控制网格实现投影区域的拼接。细化并调整控制网格,以使得投影画面的重叠区域实现精准对齐。
- 亮度融合: 手动拖动调整每台投影仪实际投影区域的重合区域亮度衰减曲线,以消除重合区域的过暗与过亮现象。
- 颜色融合: 分别调整每台投影仪白色、红色、绿色、蓝色值阈值,使得两台投影仪投影颜色基本相同。

手动拼接融合实现比较简单,拼接效果可控。但手动拼接系统需要专业人员操作,拼接耗时,且拼接效果取决于操作人员的主观判断。

自动拼接融合使用摄像机作为辅助设备,获取各投影仪与屏幕的位置关系,自动实现拼接校正。对于非平面屏幕的几何校正,还需要对屏幕的形状信息进行参数化。主要步骤包括屏幕形状参数化,摄像机标定,投影仪位置估计,投影图像几何校正,边缘融合。目前自动拼接融合的几何校正方法分为两种:基于三维重建的几何校正方法和非重建的几何校正方法。

基于三维重建的几何校正方法要求使用多台摄像机、投影仪,通过结构光或者特征标志物等三维重建方法,实现对投影场景的几何外形恢复,同时获取投影仪在场景中的位置。优点是可以获得全部场景信息,因此能够方便地生成对应位置的投影仪图像,特别适用于用户视点不固定的沉浸投影环境。缺点是设备成本高、重建技术复杂且难以达到很高精度。

非重建的几何校正方法使用单纯的二维图像变换方法实现在非平面上投影图像的几何纹理对齐。常使用单应或者贝塞尔变形等方法对图像进行调整,利用摄像机作为纹理对齐

判断的依据,优点是技术成熟、使用方便,缺点是由于没有场景的三维信息,因此在非平面投影时,需要使用辅助标志点或者其他手段获取投影仪与屏幕的对应关系,标定过程人工参与量大。

3. 裸眼立体显示设备

近年来出现了不需要佩戴立体眼镜的裸眼立体显示器,在机场等场合用于广告与宣传。裸眼显示器与需要佩戴立体眼镜的显示设备都利用了立体视觉原理,使用户通过左、右眼观察到物体的细微差异感知深度。两者不同之处在于裸眼立体显示器通过显示技术替代了之前通过眼镜偏振片实现的偏振滤光成像环节,其将画面分割成给左、右眼观看的两个不同角度的影像,再利用视觉暂留原理在人脑形成立体画面。

目前的裸眼立体显示器实现技术可以划分为两类:视差障壁方法和柱状透镜方法。

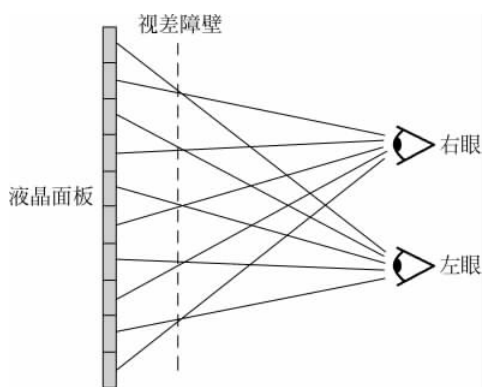


图 3-49 视差障壁方式的立体显示

(1) 视差障壁(Parallax Barrier)技术

图 3-49 所示是基于多通道的自动立体显示技术,视差障壁位于显示器 LCD 面板之前,可以准确控制每一个像素透过的光线,将左眼及右眼可视的画面分开。由于左眼或右眼观看屏幕的角度不同,利用这一角度差遮住光线,就可将图像分配给左眼或右眼,经过用户大脑将这两幅有差别的图像合成为一幅具有空间深度信息的立体图像。美国的 DTI 公司开发了基于视差栅的 Real-Depth 3DTM 立体显示器。液晶屏的像素被按列分成两组,显示层和反光板之间加了一层狭缝照明光栅,利用狭缝控制

左右眼视差图出射方向。国内的宝龙公司在 2007 年推出了当时世界上最大的一款自由立体显示器(103 寸)。该技术的缺点是因背光遭视差障壁阻挡,降低了图像的亮度和图像分辨率。

(2) 柱状透镜(Lenticular Lens)技术

在 LCD 面板的最表层添加了数组形成影像的柱状透镜,其中每个透镜与液晶像素成一个小的角度摆放,并对应了若干液晶单元,确保让观看者在左眼和右眼上形成不同的图像,如图 3-50 所示。柱状透镜技术的优点是出于不会阻挡背光模块,因此显示器亮度不受影

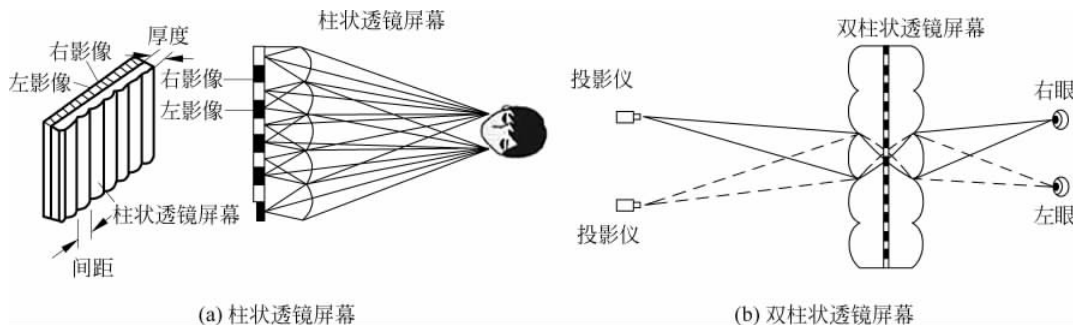


图 3-50 柱状透镜屏幕的三维显示系统

响,但如果用户观看液晶的角度不同,则可能无法看到三维效果,而且多焦点影像极易造成眼睛疲劳。

(3) 体三维显示技术

体三维显示技术通过二维图像在空间中不同位置的叠加,产生三维空间发光点的分布,从而实现三维显示。该技术可分为空间扫描式体三维显示(Swept-Volume Display)和固态多层体三维显示(Solid-Volume Display)两大类,前者如 Perspecta 设备,后者如 DepthCube 设备,如图 3-51 所示。

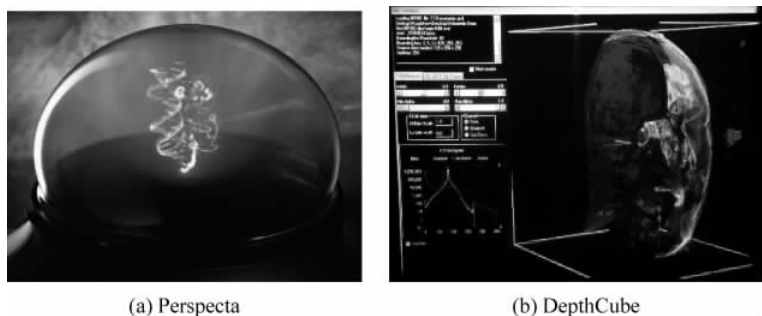


图 3-51 两类典型的体三维显示设备

扫描体三维显示利用人类的视觉暂留原理,将一定时序范围内的基本三维面域融合成一副独立的三维影像。目前已经出现了多种扫描体显示方法,主要包括旋转体扫描技术和平移体扫描技术。旋转体扫描过程中,三维场景首先被分解成一系列的“片”(slice),这些片可以是矩形、圆盘状或者是螺旋交叉的。然后,这些分解得到的“片”被投影到一个旋转的显示平面上,形成一幅二维图像,并且二维图像随着显示平面的旋转而改变。由于人类对光束感知的视觉暂留特性,如果旋转速度足够快,这些图像便可以形成一个空间连续的三维场景。平移体扫描技术是利用平移运动造成成像空间,分解得到的“片”被投影到的显示平面沿垂直于它的轴做往复运动,投影生成的二维图像随显示平面位置的不同而改变,而运动的幅度决定了三维成像空间的景深。当显示平面的运动达到一定的速度,利用人眼的视觉暂留特性便可以形成空间连续的三维场景。

固态体三维显示是指产生图像时不需要显示设备进行机械运动。以最简单的情况为例,存在一个可寻址的空间体,对于空间体中每个体素(voxel)存在两种状态:关闭(off)状态和激活(on)状态。体素在关闭状态下透明,在激活状态下不透明或者发光。这样,当体素被激活时,它们便会在显示空间中呈现出实体的样式。另一种固态体显示技术使用激光在固体、液体或气体中激发可见光。例如,一些研究人员通过使用掺杂稀土元素的玻璃质材料,与适当频率的红外光束相交时,利用二级升频转换使其发光。还有一种显示技术使用聚焦的红外激光脉冲,通过在焦点上产生等离子发光球,在空气中绘制物体。焦点由两面移动的反光镜和一面滑动的透镜控制。目前这种技术已经可以在每立方米的任意位置上产生点。如果将来这种设备可以被放大到任意尺寸,则可以在天空中产生三维图像。

(4) 光场三维显示

任何一个物体不论其是自行发光,还是漫射周围其他光源照在其上的光,都在该物体的周围形成自己独特的光强分布,在物体周边的观看者可以通过观看物体各个空间点发出的

光场来感知此物体的三维信息。准全息显示就是重构物体周围的光场,使处于光场中的观察者在任意位置都能接收到对应的物体光场信息,从而实现三维显示。

光场三维显示既可以通过高速投影仪以及屏幕的 360 度扫描实现,也可以利用投影阵列通过三维光场的空间拼接实现。前者的原理如图 3-52(a)所示。图中高速投影仪投影出不同方向的光线,通过屏幕的旋转,构造出任意方向的光线分布。后者的原理如图 3-52(b)所示。图中投影机投射不同方向的光线,发光点 A 或 B 的光线由不同投影仪提供,当投影仪足够密时,就可以构造出空间的三维图像。

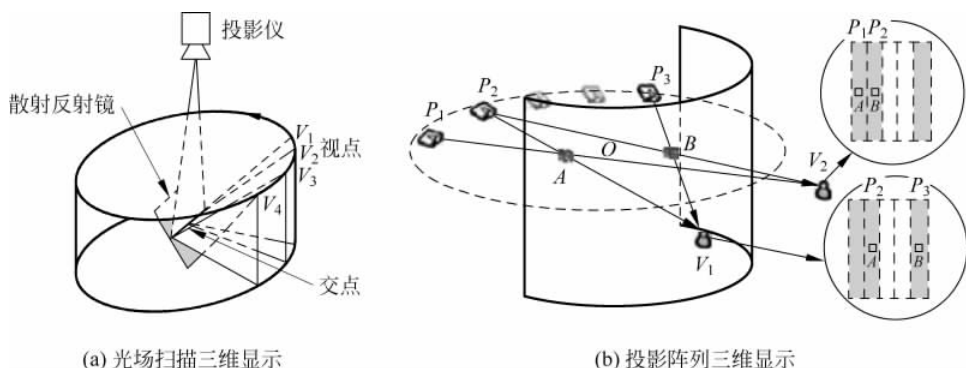


图 3-52 光场三维显示原理

2013 年,浙江大学研发了基于光场扫描的 360 度可探入悬浮三维显示系统,该系统通过特殊的反射屏幕,把光场反射到屏幕的上方,通过高帧频投影仪和屏幕的扫描构建出悬浮于屏幕上方的三维显示,装置如图 3-53(a)所示。图中高速投影仪置于系统上方,扫描屏是一个圆形的反射式定向散射屏,如图 3-53(b)所示。散射屏上的微结构可以使入射光向观察者所在区域偏折,并且在竖直方向上以较大的角度散射,而在水平方向上保持光线方向不变。高速投影仪将事先处理过的光场图像同步地投射到高速旋转的光场扫描屏上,经过屏幕转折和散射,重建出 360 度可视的三维光场,并在屏幕上方呈现出 360 度可视的悬浮三维物体,如图 3-54 所示。

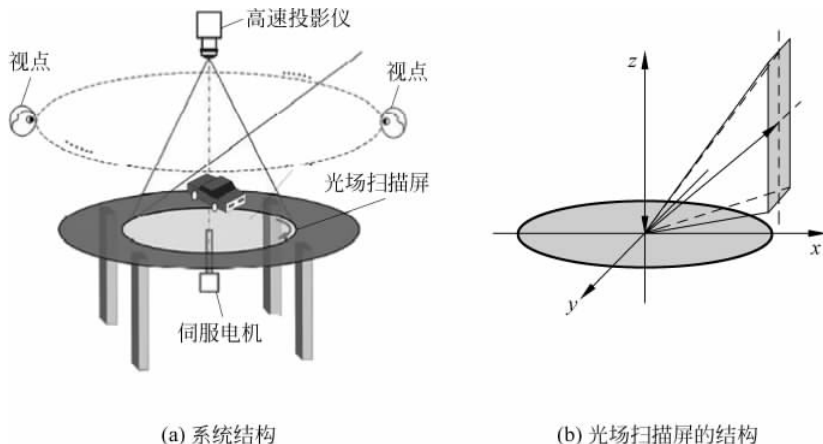


图 3-53 基于光场重构的 360 度可探入悬浮三维显示系统



图 3-54 可深入光场三维显示(图中的福娃为显示的三维影像,其他为真实物体)

习题

- 3.1 对虚拟现实交互设备进行分类归纳总结,并进行优缺点比较。
- 3.2 设计一个手写板绘图程序,获取用户在手写板上的输入位置和压力信息,并获取基本笔划。
- 3.3 利用 WIA 设计一个图像采集与管理程序,支持从摄像头、扫描仪和数码相机获取图像。
- 3.4 设计网络聊天模拟器,支持键盘、鼠标、耳麦和摄像头等设备,模拟信息输入和发送功能以及语音、视频聊天功能等。
- 3.5 给出一个实际应用中交互设备整合应用的实例。