

第 3 章 虚拟现实的相关技术及软件

实现 VR 系统除了需要功能强大的硬件支持,对相关的软件技术也提出了很高的要求。它必须能够充分地发挥硬件设备的潜能,有效地管理和使用系统的各种资源。VR 系统的关键技术主要包括三维建模技术、视觉实时动态绘制技术、三维虚拟声音技术、人机自然交互技术、物理仿真技术及三维全景技术等。本章将逐一讨论上述各类技术并介绍 VR 系统相关的开发软件工具集。

3.1 三维建模技术及软件

三维模型的建立是整个 VR 系统的基础。在 VR 系统中,不仅要求模型的几何外观逼真可信,部分对象还需要具有较为复杂的行为和良好的交互功能。此外,VR 系统对实时性的要求较高,而场景中的模型数量和类型又通常较多,因此对模型数据的简化和优化技术也极为重要。目前,存在多种较为成熟的建模技术,但由于各应用领域都有其特殊性,因此 VR 建模系统并无完全统一的规则可言。

通常,建模技术可分为两类:几何建模和行为建模。几何建模是基于物体的几何和形状等信息的表示,研究图形数据结构等问题;行为建模则处理对物体的运动和行为的描述,通常称之为动画。

3.1.1 几何建模技术

1. 技术指标

几何建模技术的研究对象是对物体几何信息的表示与处理。它涉及表示几何信息的数据结构及相关的构造与操纵该数据结构的算法。评价一个虚拟环境建模技术水平的 3 个常用指标是:交互式显示能力、交互式操纵能力和易于构造的能力。另外,模型是用于生成图像显示给用户的,而图像必须每秒更新 20 次以上才能使用户产生连续的视觉,因此模型的表示还必须便于快速构造和显示,这同时也是对行为建模技术的要求。

2. 建模方法

几何建模方法包括体素和结构两个方面。体素用来构造物体的原子单位,体素的选

取决定了建模系统所能构造的对象范围。结构用来决定体素如何组合以构成新的对象。

几何建模方法按其结构又可分为以下两种。

(1) 层次建模法

层次建模法利用树形结构来表示物体的各个组成部分。树形结构不仅提供了一种简便自然的分割复杂物体的方法,而且对模型的修改也十分有利。以人的手臂模型为例,基于层次建模法,手臂可以由上臂、下臂、手和手指等4个层次的节点从上至下加以描述。当上臂发生移动时,将带动整个手臂的所有子节点(下臂、手和手指)一起移动;而当手指有单独的移动时,只需要描述该节点相对于其父节点(手)的相对位置和方向即可。层次建模法采用的树形结构是对物体结构的自然描述,易于显示。

(2) 属主建模法

属主建模法的思想是让同一种对象拥有同一个属主,属主包含了该类对象的详细结构。当要建立某个属主的一个实例时,只要复制指向属主的指针即可。以汽车的车轮模型为例,一辆车的所有车轮应该具有相同的结构。因此,可以建立一个车轮的属主模型,以后每当需要制作车轮时,只要创建一个指向该属主的指针即可。属主建模法的优点在于简单高效(同一种物体的结构只需建立一次)、易于修改(修改一种对象时只需一次修改好它的属主)、一致性好(不可能出现一个属主的多个对象实例有不一致的结构)。

3.1.2 行为建模技术

几何建模是虚拟环境建模的基础,行为建模则体现了虚拟环境建模的特征。行为建模用于处理对物体的运动和行为的描述,通常分为运动学和动力学仿真两种建模方法。

1. 运动学法

运动学是通过几何变换如平移和旋转等来描述运动的。在运动控制中,无须知道物体的物理属性。在关键帧动画中,运动是通过显示指定几何变换来实施的,内插帧可用各种插值技术来完成,如线性插值、三次样条插值等。

2. 动力学仿真法

动力学仿真是运用物理定律而非几何变换来描述物体的运动,它属于物理仿真技术的一部分。在该方法中,运动是通过物体的质量和惯性、力和力矩以及其他物理作用计算出来的。该方法的优点是运动描述更精确,运动更自然。由于动力学比较注重物体间的交互作用,因而,它更适于物体间交互作用较多的虚拟环境建模。

3.1.3 虚拟现实的建模软件

用于VR系统中建模的工具软件有多种,较常用的包括3ds Max、Maya及Creator等。

1. 3ds Max

3ds Max是美国Autodesk公司推出的功能强大的三维设计软件包,也是当前世界上销量最大的一种用于三维动画和虚拟现实建模的工具软件。它集三维建模、材质制作、灯光设定、摄像机使用、动画设置及渲染输出于一身,提供了三维动画及静态效果图全面完

整的解决方案。与同类软件相比,3ds Max 以其强大的建模功能、简捷高效的制作流程以及丰富的插件等优势,一直是虚拟现实系统在三维建模时的首选工具。

2. Maya

Maya 也是由 Autodesk 公司出品的一款顶级建模、动画、特效和渲染软件,可制作引人入胜的数字图像、逼真的动画和非凡的视觉特效。相对于 3ds Max 来说,Maya 在电影、大型游戏、数字出版、广播电视节目制作等方面更胜一筹。

3. Creator

Creator 是一款 MultiGen-Paradigm 公司出品的交互式三维建模软件。Creator 拥有多边形建模、矢量建模和大面积地形精确生成等功能,不仅能够创建三维地形和模型,而且可以高效、最优化地生成实时三维数据库。Creator 生成的 OpenFlight 数据格式,能够被多个专业虚拟现实开发软件包(如 VEGA、OpenGVS 等)调用,因而被广泛应用于视景仿真、模拟训练、城市仿真及交互式游戏等多个领域中。

3.2 视觉实时动态绘制技术

3.2.1 实时动态绘制技术的基本原理

实时动态绘制技术是指利用计算机为用户提供一个能从任意视点及方向实时观察三维场景的手段,它要求当用户的视点改变时,图形显示速度必须跟得上视点的改变速度,否则就会产生迟滞现象。实时动态绘制技术所期望的是图像帧速高而等待时间短。

三维立体图形所含信息量比二维平面图形要大得多,特别是在进行消隐、浓淡、阴影及纹理等处理时,都必须通过大量、快速的计算来实现,而且虚拟环境越复杂,则每秒产生的帧数就越少。因此,当生成虚拟环境的视图时,必须要设计出好的数据空间和视频图像,使计算机系统尽快运行,每秒生成足够数量的新帧,从而保证系统刷新频率不低于 20~30 帧/秒。

此外,等待时间是实时动态绘制技术的另一个关键指标,它指用户动作的开始与在显示器上出现对这一动作的响应反馈之间的时长。除了与图像帧速有关外,等待时间还要再计入跟踪定位系统的过渡时间以及应用程序的运行时间。对于 VR 系统来说,如果等待时间过长,则新视点场景不能得以及时更新,会产生人动而景未动或人未动而景动的视觉交叉错位现象。这不但大大降低了用户的沉浸感,严重的还将产生在 VR 技术中常说的“仿真病”现象,即由于人脑对于视觉与体感上的差错无法协调而导致出现眩晕、呕吐等症状。

一般来说,实时动态绘制技术可分为基于图形和基于图像的两种绘制技术。

3.2.2 基于图形的实时动态绘制技术

在 VR 系统中,为保证三维几何图形的实时快速生成,至少要求图形的刷新频率不低于 20~30 帧/秒,它取决于画面的照明度、阴影、纹理和图形的复杂度等因素。因此,如何

选择合适的算法来降低场景的复杂度是关键问题。目前,用于降低场景的复杂度、提高实时动态绘制速度的常用方法有场景分块、可见消隐及细节选择等。

1. 场景分块

场景分块(World Subdivision)是指把一个复杂的场景划分为多个相互之间几乎或完全不可见的子场景。例如可以把一个大的建筑物按房间划分成多个子部分,当用户在某个房间浏览时,只能看到房内的场景及与之相连的房间,而与它相距较远的和其他楼层的房间场景则处于不可见的状态。这样系统就能大量地减少在某一时刻需要显示的多边形数目,从而有效降低可视场景的复杂度。但是,这种方法的缺点是仅对封闭空间有效,对开放空间则难以处理。

2. 可见消隐

在三维场景的绘制过程中,基于给定的视点和视线方向,决定场景中哪些物体的表面是可见的,哪些是被遮挡而不可见的,称之为场景的可见消隐(Visibility Culling)。使用此方法能使系统仅显示用户当前能“看见”的场景,它与场景分块有所不同的是,场景分块仅与用户所处的场景位置有关,而可见消隐则与用户的视点关系密切。当用户“看见”的场景占整个场景的比例很小时适用此法,而当用户“看见”的场景比较复杂时,这种方法就不起作用了。

3. 细节选择

即使采用了场景分块技术和可见消隐技术,有时用户能“看见”的场景仍会相当复杂,为此产生了细节选择(Level of Detail)方法。所谓细节选择,即为每个物体建立多个相似的模型,不同模型对物体的细节描述不同。对物体细节的选择越精确,模型也就越复杂。VR 系统将根据物体在屏幕上所占区域的大小及用户视点等因素自动为各物体选择不同的细节模型,从而减少所需显示的多边形数目。例如,当观察者离一棵树很远时,系统可以选择一个较为简单(比如只能显示出树型而分辨不出树叶)的模型来代表它;而随着观察者的逐步接近,系统就将采用分段更替的方法,选择越来越精确的模型对它加以描述。与前两种技术相比,细节选择是一种更有前途的方法,因为它不仅可以用于封闭空间模型,也可以用于开放空间模型。但是,这种方法也对场景模型的描述及其维护提出了较高的要求。

3.2.3 基于图像的实时动态绘制技术

基于几何图形的实时动态绘制技术有许多优点,特别是场景中的观察点和观察方向可以随意改变而不受限制。但其造型过程复杂、工作量大,且对每一个观察点或观察方向都需要进行成像计算。因此,近年来的新研究热点是基于图像的实时动态绘制技术。用图像合成代替几何建模来创建复杂的场景,不但真实感强,而且整个过程都可以在二维空间中进行,其绘制时间不取决于场景的复杂度,而只与显示分辨率有关。制作全景图就是这样一种方法,这种方法将在本章的 3.6 节中详细介绍。

3.3 三维虚拟声音技术

三维虚拟声音与人们熟悉的立体声音有所不同。立体声虽然有左右声道之分,但就整体效果而言,立体声来自听者面前的某个平面,而三维虚拟声音则是来自围绕听者双耳的一个球形中的任何地方,即声音出现在头的上方、后方或者前方。NASA 研究人员的研究进一步从感性上说明了这一区别:他们让实验者戴着立体声耳机,如果采用通用的立体声技术制作声源信息,实验者会感觉到声音在头内回响,而不是来自外界;但如果设法改变声源的混响时间差和混响压力差,实验者就会明显地感觉到声源位置在变化,并开始有了沉浸感,这就是三维虚拟声音。

3.3.1 三维虚拟声音的特征

三维虚拟声音的特征主要包括全向三维定位特性和三维实时跟踪特性。

(1) 全向三维定位特性(3D Steering)是指在三维虚拟环境中把实际声音信号定位到特定虚拟声源的能力。它能使用户准确地判断出声源的精确位置,从而符合人们在真实世界中的听觉方式。

(2) 三维实时跟踪特性(3D Real-Time Localization)是指在三维虚拟环境中实时跟踪虚拟声源位置变化或虚拟影像变化的能力。当用户转动头部时,这个虚拟声源的位置也应随之变动,使用户感到声源的位置并未发生变化。而当虚拟发声物体移动位置时,其声源位置也应有所改变。因为只有声音效果与实时变化的视觉相一致,才可能产生视觉与听觉的叠加和同步效应。

举例来说,设想在虚拟房间中有一台正在播放节目的电视。如果用户站在距离电视较远的地方,则听到的声音也将较弱,但只要他逐渐走近电视,就会感受到越来越大的声音效果;当用户面对电视时,会感到声源来自正前方,而如果此时向左转动头部或走到电视左侧的话,他就会立刻感到声源已处于自己的右侧。这就是虚拟声音的全向三维定位特性和三维实时跟踪特性。可以说,一套性能良好的三维声音系统将能使所有虚拟声音的体验与人们在现实生活中取得的经验相同。

3.3.2 头部相关传递函数

在虚拟环境中构建较完善的三维声音系统是一个极其复杂的过程。为了建立三维虚拟声音,一般可以先从一个最简单的单耳声源开始,然后让它通过一个专门的回旋硬件,生成分离的左右信号,便可以使一个戴耳机的实验者准确地确定声源在空间的位置了。

实际上,在听觉定位过程中,声波要经过头、躯干和外耳构成的复杂外形对其产生的散射、吸收等作用之后,才能传递到鼓膜。当相同入射声波的方向不同时,到达鼓膜的声频率成分就不同。此改变依赖于入射声波的方向以及人头部、外耳、躯干的形状与声学特性。为此,科研人员首先通过测量外界声音与鼓膜上声音的频谱差异,获得了声音在耳部附近发生的频谱成形,随后利用这些数据对声波与人耳的交互方式进行编码,得出相关

的一组传递函数,并确定出两耳的信号传播延迟特点,以此对声源进行定位。通常在VR系统中,当无回声的信号由这组传递函数处理后,再通过与声源缠绕在一起的滤波器驱动一组耳机,就可以在传统的耳机上形成有真实感的三维声音了。由于这组传递函数与头部有关,故被称为头部相关传递函数(Head-Related Transfer Function, HRTF)。由此看出, HRTF可看做是声源在人体周围位置与人体特征的函数。当获得的HRTF能够准确描述某个人的听觉定位过程时,利用它就能够虚拟再现真实的声音场景。

由于每个人的头、耳的大小和形状都各不相同, HRTF也因人而异。但目前已有研究开始寻找对各种类型都通用且能提供良好效果的HRTF。

3.3.3 语音合成技术

语音合成技术是从语音参数出发,先通过A/D转换将语音数字化,经过数字处理和运算,然后再通过D/A转换而输出语音的。在VR系统中,语音合成是向用户提供信息的另一种重要途径。例如,当用户戴上一个低分辨率的头盔显示器后,从显示中只能获取图像信息,而几乎不能获取文字信息。这时通过语音合成技术用声音读出必要的命令及文字信息,就可以弥补视觉信息的不足。

将语音合成与语音识别技术结合起来,还可以使用户与计算机所创建的虚拟环境进行简单的语音交流,这在VR环境中具有突出的应用价值,特别是当使用者的双手正忙于执行其他任务,双眼正注视图像时,这个语音交流的功能就显得尤为重要了。

3.4 人机自然交互技术

虚拟现实技术的研究目标是消除人所处的环境和计算机系统之间的界限,即在计算机系统提供的虚拟空间中,人可以使用眼睛、耳朵、皮肤、手势和语言等各种感觉器官直接与之发生交互,这就是虚拟环境下的自然交互技术。

3.4.1 手势识别技术

手势是一种较为简单、方便的交互方式,系统只需跟踪用户手的位置以及手指的夹角就有可能通过已接收的手势下达指令。目前,能识别手势的典型交互设备是数据手套,它能够实时捕捉手的运动,能对较为复杂的手的动作进行检测,包括手的位置、方向和手指弯曲度等,并可根据这些信息对手势进行分类,因而较为实用。但是,数据手套价格昂贵,而且相应的测量装置也限制了人的自由运动。与之相比,采用摄像机输入手势则是一种更为先进的方法。它由摄像机连续拍摄下手部的运动图像后,先采用轮廓提取的办法识别出手上的每一个手指,进而再用边界特征识别的方法区分出一个较小的、集中的手势。这种识别方式的最大优点就是不干扰用户。

人类的手势多种多样,而且不同的用户在做相同手势时其手指的移动也存在着一定的差别,所以使用未经优化的手势命令是很难被系统准确识别的。对此,人们通过研究、归纳,将虚拟世界中常用的指令定义出了一系列的手势集合,每个不同的手势都代表不同

的操作含义。利用这些手势,参与者可以执行诸如导航、拾取物体及释放物体等操作,因此该类集合实际上就是一种手势语言,范例如图 3.1 所示。

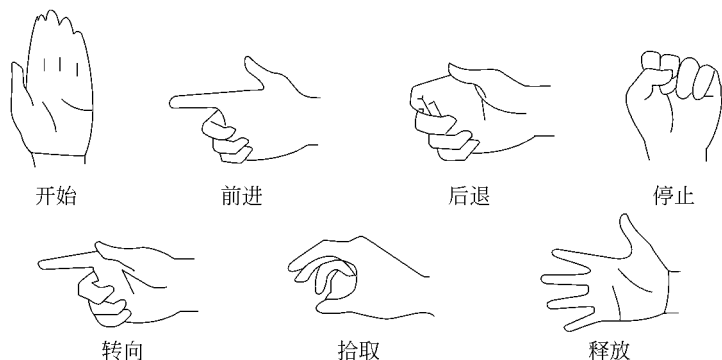


图 3.1 手势语言范例

在手势语言的帮助下,参与者可以用手势表示前进或后退,同时还可以指定行走的方向,这样就能方便地在虚拟世界中漫游。同样,用户还可以用“拾取”手势抓起一个物体,然后用“释放”手势释放被抓取的物体。对于导航、位置重置这些要求,手势语言使用起来也非常方便。另外,它还适用于一些快速但不要求很精确的三维物体操作。总之,手势语言使用户可以自始至终地采用同一种输入设备(通常是数据手套),而不必用诸如键盘、鼠标等多种设备与虚拟世界进行交互,从而将用户的注意力主要集中于虚拟世界,降低对输入设备的额外关注。

3.4.2 面部表情识别技术

对面部表情的识别是人与人在交流中传递信息的重要手段,然而要让机器能看懂人的表情却不是一件容易的事。迄今为止,计算机的表情识别能力还与人们的期望相差较远,但仍然能从它现阶段的研究成果中感受到这项技术的魅力所在。计算机面部表情的识别技术通常要分为 3 个步骤进行,即表情的跟踪、表情的编码和表情的识别。

1. 面部表情的跟踪

为了识别表情,首先要将表情信息从外界摄取回来。现阶段,跟踪面部表情的装置和方法不一。比较典型的例子是由 Sim-Graphics 开发的虚拟演员系统(VActor)。此系统要求用户戴上安有传感器的头盔,传感器触及脸的不同部位,使它们能够控制计算机生成的形象。VActor 系统还能够与一个由 Adaptive Optics Associates 生产的红外运动分析系统结合使用,但在这种情况下需要将红外反射头粘贴到用户的脸上,以跟踪记录用户的面部表情变化。此外,有的系统还能通过摄像机拍摄用户的面部表情,然后利用图像分析和识别技术进行表情识别,这样可以减少各种复杂仪器对用户的影响,使人机交互更加真实自然。

2. 面部表情的编码

要使计算机识别表情,就要将表情信息以计算机所能理解的形式表示出来,即对面部

表情进行编码。根据“面部运动确定表情”的思想,科研人员 Ekman 和 Friesen 提出了一个描述所有视觉上可区分的面部运动的系统,叫做面部动作编码系统(FACS),它是基于对所有引起面部动作的脸的“动作单元”的枚举编制而成的。在 FACS 中,一共有 46 个描述面部表情变化的动作单元(AU)和 12 个描述头的朝向和视线变化的 AU。FACS 系统由专人根据面部解剖活动(即肌肉如何单独或者配合着改变面部的样子)对面部活动进行分类并完成编码,即由 FACS 编码员“解剖”表情,把它分解成特定的一些产生该运动的 AU。例如,快乐的表情被视为“牵拉嘴角(AU12+13)和张嘴(AU25+27)并升高上唇(AU10)以及皱纹的略微加深(AU11)”的结合。

FACS 的计分单位是描述性的,并不涉及情绪因素。但是利用一套专门的规则,FACS 分数就能够被转换成情绪分数,从而生成一个 FACS 的情绪字典。

3. 面部表情的识别

表情之间存在着相互渗透和融合,很难明确地划分为不同种类。根据分析人的眉、眼、口等面部器官在不同表情时产生的变化,对表情的识别采用了图 3.2 的二叉树分类器方案,其中: neutral——中性, happy——快乐, fear——恐惧, sad——悲伤, angry——愤怒, disgust——厌恶, surprise——惊奇。



图 3.2 表情识别的分类判别树

在到达树的某一个叶结点后,还需要判断它是否具备该表情的其他特征。只有具备全部特征,才能宣告识别成功。表情识别的系统流程如图 3.3 所示。

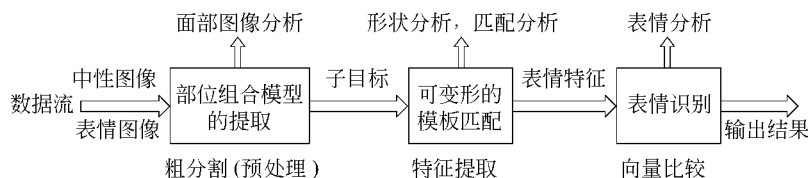


图 3.3 表情识别的系统流程图

面部表情的识别是通过对 FACS 中的各种预定义的面部运动的分类来进行,而不是独立地确定每一个点。例如,检测脸上 6 个预定义的和手工预置的矩形区域中的运动(量化为 8 个方向),然后利用 6 种表情的简化 FACS 规则进行识别。基于这个包含 105 个表

情的数据库的总识别正确率为 80%。提高识别率的主要困难是运用 FACS 来描述人类面部运动时的复杂性。

3.4.3 眼动跟踪技术

视觉的感知主要依赖于对人头部的跟踪,即当使用者的头部发生运动时,虚拟环境中的视景将会随之改变,从而实现实时的视觉显示。但在现实世界中,人们可能经常在不转动头部的情况下,仅通过移动视线来观察一定范围内的环境或物体。在这一点上,单纯依靠头部跟踪是不够科学的。弥补这一缺陷的方法就是在 VR 中引入眼动跟踪技术(Eye Movement-based Interaction),又称视线跟踪技术。

视线作为交互装置最直接的用处就是代替鼠标器作为一种指点装置。如果用户盯着感兴趣的目标,计算机便能“自动”将光标置于其上,从而使交互变得更为直接,视线跟踪技术的目标也正在于此。视线追踪的基本工作原理是利用图像处理技术,使用能锁定眼睛的特殊摄像机,通过摄入从人的眼角膜和瞳孔反射的红外线连续地记录视线变化,从而记录和分析视线追踪过程。表 3-1 中归纳了目前几种主要的视线追踪技术及特点。

表 3-1 几种主要的视线追踪技术及特点

视线追踪方法	技 术 特 点
眼电图(EOG)	高带宽,精度低,对人干扰大
虹膜—巩膜边缘	高带宽,垂直精度低,对人干扰大,误差大
角膜反射	高带宽,误差大
瞳孔—角膜反射	低带宽,精度高,对人无干扰,误差小
接触镜	高带宽,精度最高,对人干扰大,不舒适

视线跟踪技术可以弥补头部跟踪技术的不足之处,同时又可以简化传统交互过程中的步骤,使交互更为直接,因此,目前多被用于军事(如飞行员观察记录)、阅读以及帮助残疾人进行交互等领域。关于这项技术的进一步研究,旨在克服它现存的两大弊病。

从视线跟踪装置得到的原始数据必须经过进一步的处理才能用于人机交互。数据处理的目的就是从中提取出用于人机交互所必需的眼睛定位坐标。由于人眼存在固有的抖动,而眼睛眨动也将造成数据的中断,所以如何有效地滤除干扰信号,提取有意眼动的数据是仍需解决的问题之一。

将视线应用于人机交互必须克服的另一个困难是避免所谓的“米达斯接触(Midas Touch)”问题:如果虚拟场景总是随着用户的视线移动,可能会引起使用者的厌烦,因为用户可能希望能随便看着什么而不必非“意味着”什么,更不希望每次转移视线都可能启动一条计算机命令。因此,在理想情况下,系统应当在用户希望发出控制时,及时地处理其视线输入,而在相反的情况下则忽略其视线的移动。然而,这两种情况一般是不可能区分的。可行的解决方法是结合实际的应用场合采取特殊的措施进行配合(例如使用键盘或语音加以辅助)。

虚拟现实技术的发展,是要使人机交互系统从精确的、二维的交互向非精确的、三维的交互转变。因此,尽管手势语言、眼动跟踪及面部表情识别等这些自然交互技术在现阶段还很

不完善,但可以肯定地说,对于它们的认知将会在虚拟环境的研究中占有十分重要的地位。

3.5 物理仿真技术

在真实世界中,所有物体的运动都蕴涵着非常复杂的物理规律,涵盖了物体在时间和空间上的行为,例如物体的自由落体、液体的流动、气体的运动等人们在日常生活中逐渐形成的自身体验体系。成功的VR系统要想在视觉、听觉和触觉等方面给予用户最接近真实的感觉,就必须在虚拟层次上进行物理行为仿真。例如,对于自由落体的物体必须赋予质量属性,并考虑下降速度与空气阻力的关系等。

1. 设计数学模型

VR系统中的物理仿真通常利用某些数学模型来实现。数学模型即描述虚拟对象行为和运动的一组方程式,用来建立虚拟对象的视觉属性(如大小、形状、颜色等)、物理属性(如质量、硬度等)和物理规则(如引力、阻力等)。建立数学模型往往并不困难,但设计引入这些行为的接口程序,使物理属性和行为与几何数据库联系起来却比较复杂。此外,由于VR系统更强调实时交互效果,因此对计算机的运算能力要求较高。

2. 创建物理属性

为虚拟对象创建物理属性的方法是从基本几何建模出发,将时间、长度、质量和力等经过抽象处理后,与图形学中的元素,如帧、绝对坐标、节点和面等结合起来,搭建出一个表现基本物理量的三维场景。具体地说,首先确定物理过程,即作用在虚拟对象上的物理现象,如运动速度大小、方向或能量的改变等,接着利用软件仿真算法描述上述物理过程,最后通过计算机程序语言实现上述仿真算法,由此表达出模型质量、密度等物理属性和力的概念。

3. 实现碰撞检测

在虚拟世界中,必须对用户和虚拟对象的移动加以限制,否则就会出现两个对象自由穿透的奇异情景。因此,碰撞检测技术也是VR系统中不可缺少的、极其关键的技术之一。碰撞检测技术不仅要能检测是否有碰撞的发生、碰撞发生的位置,还要计算出碰撞发生后的反应。由于碰撞检测需要具有较高的实时性和精确性,如必须在很短的时间(如30~50ms)内完成,其技术难度很高。目前较成熟的碰撞检测算法有层次包围盒法和空间分解法等。

(1) 层次包围盒法利用体积略大而形状简单的包围盒把复杂的几何对象包裹起来,在进行碰撞检测时,首先进行包围盒之间的相交测试,若包围盒不相交,则排除碰撞可能性;若相交,则接着进行几何对象之间精确的碰撞检测。显然,包围盒法可快速排除不相交的对象,减少大量不必要的相交测试,从而提高碰撞检测的效率,这是目前应用最为广泛的一类碰撞检测方法。

(2) 空间分解法将虚拟空间分解为体积相等的小单元格,所有对象都被分配在一个或多个单元格之中,系统只对占据同一单元格或相邻单元格的对象进行相交测试。这样,对象间的碰撞检测问题就被转化为包含该对象的单元格之间的碰撞检测。当对象较少且均匀分布于空间时,这种方法效率较高;当对象较多且距离很近时,由于需要进行单元格