

# Direct3D 在开发汽车驾驶训练模拟器视景系统中的应用

朱忠祥 宋正河 毛恩荣

(中国农业大学车辆工程学院)

**摘要** 介绍了Direct3D 在三维动画编程中的强大功能。结合系统结构,对如何利用Direct3D 所提供的先进功能来完成模拟器视景的表示和生成进行了探讨。为了保证动画质量,采用了多缓存、页面翻转和区域显示技术。基于Direct3D 开发的汽车驾驶训练模拟器视景系统能比较逼真的仿真车外场景,效果令人满意。

**关键词** Direct3D; 模拟器; 场景; 视景系统; 动画

**中图分类号** TP 273.5; U 471.1

## Application of Direct3D for Developing View Scene System of Driving Training Simulator

Zhu Zhongxiang Song Zhenghe Mao Enrong

(College of Vehicle Engineering, CAU)

**Abstract** The application of Direct3D to developing view scene system of driver training simulator is introduced. Firstly, great function of Direct3D in making 3D animation program is presented. Then the methods of using the good property of Direct3D to present and generate view scene of simulator are discussed. In order to guarantee the quality of animation, multi-buffering, flip-surface and area display technique are applied. The results showed that the view scene system of driver training simulator developed with Direct3D can satisfactorily simulate the scene out of car.

**Key words** Direct3D; simulator; scene; view scene system; animation

早期的汽车驾驶训练模拟器视景系统大多以电影或录像形式重现道路交通环境<sup>[1]</sup>,学员只能被动地操纵汽车,因而教学效果不尽理想。虽然有些产品已是主动式的,但由于早期选用的开发工具和开发环境落后,难以真正采用三维图形技术,存在速度慢、真实感差、系统升级困难等致命弱点,所以难以吸引用户的兴趣。

近年来由于微机性能的迅速提高,尤其是Microsoft 公司将DirectX 7 SDK 的完整功能合并于Windows NT 4.0 和Windows 98/2000 后,使在PC 平台上开发高性能的、与硬件无关的实时动画仿真系统成为可能。笔者运用DirectX 7 SDK 和VC++ 6.0,成功地开发了汽车驾驶训练模拟器视景系统。

### 1 开发工具

Direct3D<sup>[2]</sup>是Microsoft 公司推出的DirectX API(Application Programming Interface)的

收稿日期: 2001-05-14

朱忠祥,北京清华东路17号 中国农业大学(东校区)47信箱,100083

重要组成部分,是三维图形编程的主流软件。它为开发人员提供了一种不依赖于特定硬件的3D图形API。低层的抽象层(Hardware Abstraction Layer, HAL)面向硬件和设备驱动程序,其上面的API层被赋予硬件独立的存取特性。

Direct3D的核心是3D渲染引擎。它由3个单独的模块组成,即变换模块、照明模块和光栅化模块。Direct3D传送管线利用3个软件模块生成图像,这3个软件模块可以在软件控制下交换位置,或对图形加速硬件传送数据和命令。变换模块对由4个可修改的状态注册器组成,即视口、视图矩阵、世界矩阵和投影矩阵,变换矩阵可对目标作几何变换。照明模块计算照明和颜色信息,它支持环境光源、直射光源、点光源和聚光灯光源,并且支持光照模型(单色和RGB)。光栅化使用前2个模块的输出来渲染场景,生成二维视图。

Direct3D支持立即模式和保留模式。在保留模式下,系统开发人员可以充分利用Direct3D的几何引擎,其中包含了高级3D功能,不必创建对象数据库或关注内部数据结构。应用程序使用一个调用就可以加载预先定义的3D对象,该对象一般存储在\*.x格式的文件中。已加载的对象可在场景内被操纵,并实时渲染。

立即模式是一层低级别的3D API,它允许访问3D芯片中的硬件特性,并在硬件中的功能不可用时提供软件渲染。与保留模式相比,立即模式不包含图形引擎,使用立即模式的代码必须提供自己的例程来实现对象和场景管理。立即模式适合开发人员灵活的运用自己的绘制方法。

DirectDraw是Direct3D的基础,它提供了对显存硬件进行加速和直接访问的功能,因而增强了性能并允许图形程序员有更高程度的控制权。例如,如果显卡支持硬件位块传送(bitblt),DirectDraw就会使用这个特性。DirectDraw还提供了一个硬件模拟层(Hardware Emulation Layer, HEL),以模拟硬件不支持的特性。在全屏独占模式应用程序中,DirectDraw支持带多个后备缓冲区的页面翻转。这个特性在动画技术中尤其有用,因为它们相当大的程度上提高了图形显示性能。

Direct3D还提供了针对帧级别的三维几何变换函数,如实现平移、旋转、缩放和帧取向的函数。另外,Direct3D还提供了矩阵变换和视口变换的函数。利用这些函数可轻松地定义三维对象的位置,改变视点位置和方向,还可实现世界坐标与屏幕坐标之间的转换。

## 2 视景系统结构

视景系统是汽车驾驶训练模拟器的重要组成部分,它给驾驶学员实时提供一个连续的、逼真的道路场景。在整个驾驶训练过程中,视景系统将提供各种道路、行驶的车辆、路边的建筑物、山川、绿地等景象和对汽车进行控制的各种基本操作。视景系统能提供白昼、夜间、雾天等工作模式;还能使场景具有深度感和速度感等视觉特性。

视景系统由视景建模、视景数据库、场景调度模块、3D渲染模块、显示模块及光栅设备组成(图1)。场景调度模块根据模拟器中当前汽车的位置,对视景数据库进行检索,得到驾驶员视野范围内的场景数据,并传送给3D渲染模块。3D渲染模块把当前可见的场景影射到二维视图,送光栅设备进行显示。

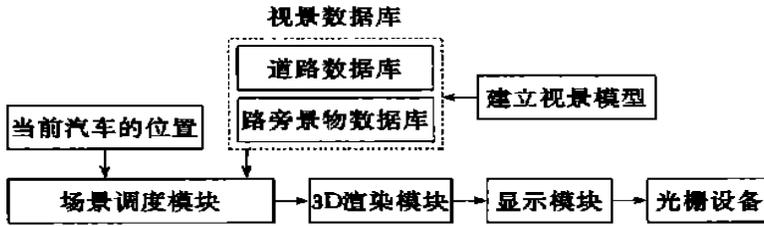


图 1 视景系统结构图

### 3 视景的表示与生成

在 VC++ 6.0 环境下基于 Direct3D 标准开发视景系统, 首先应解决 Direct3D 与 VC++ 6.0 窗口系统的接口问题<sup>[3]</sup>, 之后, 初始化 Direct3DRM 和 DirectDraw 组件, 创建帧、网格、灯光、材质、摄影机、视口等对象, 从而建立视景系统的主场景。在模拟器视景系统中, 各种操作动作都是靠帧的变换来实现的, 为此需建立系统所需的各种帧, 它们之间的层次关系如图 2 所示。

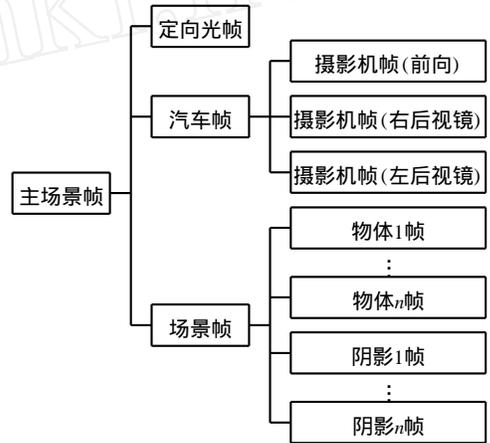


图 2 视景系统中帧层次关系

当需要在场景中显示某物体时, 编程人员只需往场景帧或其子帧中加入可视对象即可。为了保证场景显示的实时性, 可以单独开辟一个线程来专门负责整个动画的渲染和显示。

Direct3D 保留模式提供了硬编码和程序成像 2 种建模方法。通过硬编码实现网格的每个组件(面、顶点和法线)来建立网格是个耗时且费力的任务, 通常只对极简单的对象应用此方法, 如汽车驾驶训练模拟器视景中的水平路面; 而绝大部分的三维模型是用程序成像建立的。首先, 利用 3D 建模软件建立物体的几何模型, 并存储成 \*. 3ds 格式; 然后利用 DirectX 自带的名为 Conv3ds 的程序将 \*. 3ds 格式转化为 \*. X 格式; 最后调用 Direct3DRM Frame3 或 Direct3DRM MeshBuilder3 接口的 Load() 函数将 \*. X 文件加载到应用程序中; 之后, 程序员就可操纵网格并把网格加入到帧中, 在帧中可进一步利用代码对几何模型进行修改, 并可在场景中进行渲染。此外, Direct3D 还可以加载动画或动画集。

### 4 计算机图像生成

计算机图像生成<sup>[4]</sup>(CIG)是利用计算机以视频速率模拟产生光学画面的一种方法, 广泛用于各种实时视景仿真系统, 主要用于获取具有真实感的背景图像。

计算机图像生成的途径主要有 2 类。

第 1 类方法是图像序列法。在大容量外存(光盘或磁盘)上存储空间连续的大量图像(可达  $1.0 \times 10^5$  帧), 可记录相当范围的实际景物, 随后根据操纵者的运动选取所需场景予以动态显示。这类方法达到实时要求的关键是高速大容量外存, 其特点是算法运算量固定, 不随景物复杂度和逼真度的改变而改变, 并且用户可以根据需要更换仿真内容, 但不利于表达运动物体。

第2类方法是用计算机图形学的三角形面片为基元,配以纹理填充和光照模型,最后以透视方式投影到视见区产生可见画面。利用Direct3D中的纹理影射技术、融合技术及深度测试功能,可以实现具有真实感的自然景物背景,其缺点是速度受硬件限制。

在笔者开发的汽车驾驶模拟器视景系统中,要实现三维场景的动画显示,因此采用了第2类方法。同时配备了具有3D功能的三维图形加速卡来加速图像渲染和显示。

## 5 场景调度和动画实现

在模拟器视景系统中,由于整个场景区域比较大,在实时显示时往往难以满足需求。为此,采用了进一步细分的办法,将整个场景划分为多个区域。本系统中,所有道路被统一编号,在场景显示时,根据需要只显示位于视野范围内的那部分区域。场景调度流程见图3。

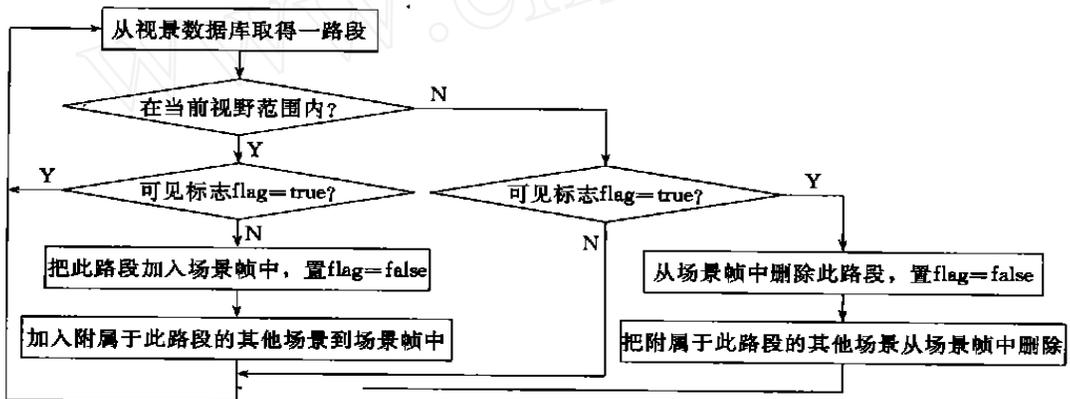


图3 场景调度流程图

实时动画原理是基于人类眼睛的生理学特性<sup>[2]</sup>的。在人类的视觉系统中,一个对象的图像在脑中持续很短的一段时间,然后不再存在。这个现象称为视觉暂留。平滑的动画是以比视觉暂留周期更快的速率连续显示图像而实现的,正是这种迅速显示的图像序列在人脑中产生了对对象平滑移动的错觉。实验得出平滑动画的临界图像更新速率(帧速率)为22~30幅·s<sup>-1</sup>之间,阈值速率通常为18幅·s<sup>-1</sup>。

多缓冲和页面翻转是DirectDraw提供的功能最强大的动画工具之一。模拟器视景系统中充分利用了这一技术,从而实现了平滑的动画显示。但是多缓冲和页面翻转只能应用于DirectDraw独占模式,因为翻转需要直接操纵显存。在DirectDraw的翻转操作中,交换的正是分别指向主表面和后备缓冲区的表面内存的指针,换句话说,翻转实际上是个交换指针的操作,而不是数据复制操作。当进行基于翻转的动画编程时,代码只需要访问后备缓冲区表面来实施图像更新。每次调用DirectDraw的Flip()函数时,主表面变成后备缓冲区,反之亦然。指向后备缓冲区的表面指针总是指向没有显示着的显存区,指向主表面(或称前端缓冲区)的表面指针总是指向正在显示着的显存。本系统中建立的翻转链中包含3个缓冲区,表面是以环行方式旋转的。

图4示出视景系统中汽车位于某十字路口时的场景。

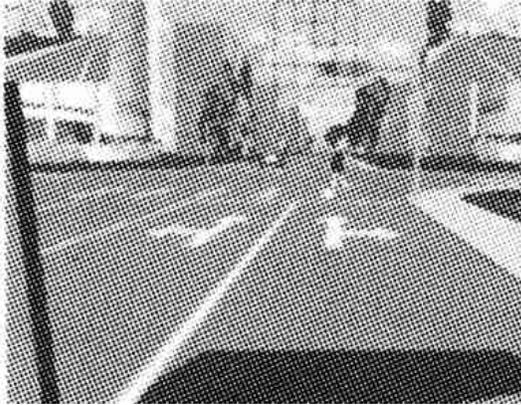


图 4 视景系统中某十字路口的场景

## 6 结束语

基于 Direct3D 开发的汽车驾驶训练模拟器视景系统, 在 PC 平台上实现了具有真实光照的三维实时动画, 能比较逼真的仿真驾驶室外场景, 效果令人满意。

## 参 考 文 献

- 1 杨昌明, 张志刚, 王新华 汽车驾驶训练模式研究 公路交通科技, 1997, 14(3): 74~ 79
- 2 Sanchez J, Canton M 著. DirectX 3D 图形编程宝典 韩传钊, 尹岩青译 北京: 电子工业出版社, 2000 640
- 3 李建汉 DirectX 实用技巧 北京: 中国铁道出版社, 2000 312
- 4 汪成为, 高文, 王行仁 灵境(虚拟现实)技术的理论、实现及应用 北京: 清华大学出版社, 1996 570