

# 基于 OpenGL Performer的视景仿真碰撞检测技术研究

许小飞<sup>1</sup> 张玉平<sup>1,2</sup> 朱金陵<sup>1</sup>

(1 西南交通大学 四川 成都 610031)

(2 成都电子机械高等专科学校 四川 成都 610031)

**摘要:** 视景仿真是虚拟现实系统的重要组成部分。OpenGL Performer是一个创建实时 3D模型的可扩展的软件开发包。在这个易用的 3D开发包中, OpenGL Performer提供了一个软件接口(ANSI C和 C++通用)用以产生实时的图形应用和高逼真性以及多通道渲染。本文以虚拟人处理突发事件为例, 由此可以看到该开发工具在视景仿真方面有很广泛的应用前景。

**关键词:** OpenGLPerformer 视景仿真 虚拟人

**Abstract** Scene stimulation is an important part of virtualizing reality system. OpenGL Performer is a software development kit which can creat simultaneous 3D model and be extendible. In this kit software, OpenGL Performer provides a software access(available to ANSI and C++) to simultaneous application of graph and high fidelity and multi-channel. This paper takes virtual human dealing with an unexpectational accident as an example, which shows the promising prospect of development kit in scene stimulation.

**Key Word** OpenGLPerformer Scene stimulation Virtual human

中图分类号: TP391

场景仿真技术由仿真建模技术和仿真驱动技术构成。仿真建模技术是指对所有需要在场景仿真环境中展示的模型进行建模。场景仿真驱动技术是指可以驱动场景、转换、布置、分配和交替模型, 并且可以处理很大的地形。

## 1 OpenGL Performer技术简述

### 1.1 OpenGL Performer的组成

OpenGL Performer工具包主要由 4个动态共享对象 DSO (Dynamic Shared Objects)形式的图形库、相应的支持文件和例程源代码构成。除这 4个核心库外, OpenGL Performer还以 DSO 的形式提供了一组数据载入器, 可读入相应的以一定格式组织的数据文件或数据流, 并将其转化为一个 OpenGL Performer视景图形。当前绝大多数的三

维数据文件格式如 3ds, flt和 obj等,都能在 OpenGL Performer中找到相应载入器的库文件,只需通过 `pfLoadFile()`函数就可以调入视景中,该函数根据被载入文件的扩展名,使用特殊的 DSO 来定位相应的载入器,甚至还允许用户使用自己定义的文件格式。这样就可以用其他的建模软件进行建模,然后导入到 OpenGL Performer中,转换成 OpenGL Performer统一的数据格式,并且无需更改纹理和材质的相关属性,减少了建模及指定纹理材质的工作量,缩短了开发周期。

Windows系统下,OpenGL Performer开发包主要由几个功能库组成,分别是 `libpf`, `libpfdl`, `libpfutil`, `libpfui`, `libpfv`, `libpfmpk`, `libpfdh`, OpenGL Performer的所有功能都是作为操作系统和图形库上面的一个层而存在的,但是 OpenGL Performer应用程序和操作系统以及图形库之间并不孤立,而是紧密联系在一起。一旦 3D 文件完成载入之后,OpenGL Performer将 3D 物体抽象成为带有层级的数据库格式以便于遍历运算。这样,空间中的一个虚拟物体就表示为一个数据库。空间中多个虚拟物体的集成称为“图景 (SceneGraph)”,将对图景的观察描绘为“通道 (pfChannel)”,将观测的渲染路径描绘为“软件管线 (Pipeline)”,最终在某个特定显示器的“窗体” (pfRenderWindow) 中形成显示。

### 1.2 节点分类

OpenGL Performer的视景是通过节点组成的图像表示的。从功能上说,OpenGL Performer定义了 16种节点,这些节点可归属为三个基本的类:根节点、分支节点和叶节点。这里仅描述部分重要的节点。

a pfScene是整个场景的根节点,场景中所有其他的节点都在它下面。当对 pfScene进行操作时就是对整个场景(包括灯光、纹理、物体等)进行操作。

b pGroup可以将零个或几个节点编成一个组进行访问和操作,被包含的节点可以是除 pfScene以外的任何节点类型。比如把汽车和驾驶员编为一组,当汽车运动时驾驶员也会一起运动。

c pDCS是代表静态坐标系统的节点,一旦它被建立,它所包含的转换矩阵不能更改。也就

是说,如果一个在静态坐标系统下的物体,在空间的坐标是绝对坐标。

d pDCS是代表动态坐标系统的节点,在它建立后,可以更改其所包含的转换矩阵。一般可以用来描述物体的运动和相对位移等。

## 2 碰撞检测技术

视景仿真中突发事件的处理最重要的是进行碰撞检测,本文采用 AABBs检测算法来进行碰撞检测。

在 AABBs检测算法中,任何物体都各自处于一个包围盒中,如图 2所示,根据物体的形状和状态,取在世界坐标系中  $x, y, z$  的最大值和最小值,可以求得最高和最低的边界点,从而建立按轴排列的包围盒 (AABBs)。包围盒的边界总与  $x, y, z$  轴平行,且其面与相应的坐标平面相平行,如图 1所示。

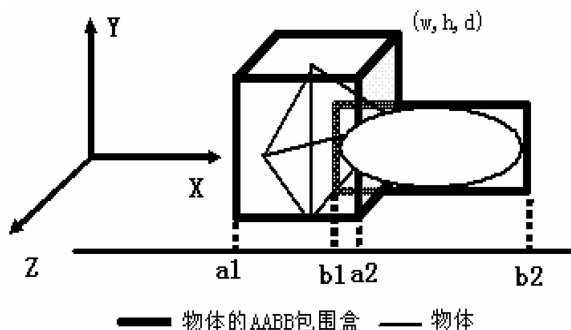


图 1 包围盒示意图

给每一个物体建立对应的包围盒后,根据两物体相应的中心点间的距离和它们包围盒的三维尺寸宽、高、长,就可以容易地测试出两包围盒间的碰撞情况。例如考虑两物体 A 和 B,它们各自的包围盒的三维尺寸分别为  $w_a, h_a, d_a$  和  $w_b, h_b, d_b$ ,当下述条件同时成立时发生碰撞:

$$\begin{aligned} k &\leq \frac{w_a + w_b}{2}; & l_y &\leq \frac{h_a + h_b}{2}; \\ l_z &\leq \frac{d_a + d_b}{2}; \end{aligned}$$

其中  $k, l_y, l_z$  分别为两中心点间距离的  $x, y, z$  分量。

对某些物体也可以采用包围球, 物体的包围球即物体的外接球。设两包围球的半径分别为  $ra, rb$ , 两物体间的距离为  $L$ 。则当  $L < ra + rb$  时, 发生碰撞。

由包围盒建立的原理可知, 当物体状态 (包括大小、俯仰、偏转等) 发生变化时, 在碰撞检测之前都必须重新计算  $w, h, d$  的值。当任意两个包围盒的中心点距离的  $x, y$  分量满足:

$$k \leq \frac{W_a + W_b}{2}$$

$$\text{且 } l_y \leq \frac{h_a + h_b}{2} \text{ 时, 发生碰撞。}$$

### 3 实例

在虚拟突发事件处理中, 可以通过建立真实的场景和行为人模型, 进而培训相关人员处理突发事件的能力。本文以火车司机处理非正常行车突发事件为例, 介绍视景仿真全过程。

#### 3.1 建模

运用 MultiGen Creator 建模工具, 生成逼真的场景和三位模型。并贴上纹理, 设置颜色、透明度等属性。行为人模型通过 3D MAX 建好后, 导入 MilkShape 生成 MS3D 关键帧模型。

#### 3.2 编程导入 OpenGL Performer 中

通过设置路径将周围的场景以 flt 文件格式导入。

```
pFilePath( "...disk/performer/. flt");
pNode* root= pflLoadFile( ". flt");
...
pConfig(); //初始化
```

然后, 通过 LoadPeople() 等函数可以将行为人的 MS3D 模型导入场景。通过在程序中设置虚拟人的帧数, 可以实现不同的动作序列, 也即是虚拟人要采取的动作。

虚拟人间的碰撞检测: 把虚拟人想象成圆柱体, 碰撞检测的条件是两虚拟人间的距离 (即虚拟人平面投影所成圆的圆心之间的距离) 是小于某一设定值。由于本实例不涉及人的碰撞, 所以暂不介绍。虚拟人与静态环境的碰撞检测, 将赋予每个人三个虚拟触角, 而触角由起点、方向、长

度三者确定。以此触角去判断是否将与静态环境除人以外的物体 (如墙壁、玻璃、柱子等) 相碰撞, 若碰撞, 则采取避碰措施 (如等待或绕行等)。通过 Performer 的相交矢量法进行碰壁检测处理。本实例实现了虚拟人处理火灾爆炸事件, 图 2 图 3 和图 4 为处理火灾现场过程。

```
pVec3 pnt_xpnt / 定义矢量
pMatrix xmat
(* hits[ 0 ]) - > query( PFQH IT _POINT,
pnt vec);
(* hits[ 0 ]) - > query( PFQH IT _XFORM,
(float*) xmat mat);
xpnt xfomPt(pnt xmat); / 矢量计算
if ( (Man[ i]. TestPosition_x - xpnt[ PF_X ]) *
Man[ i]. Direction > 0)
Man[ i]. Direction - = 0.5; //根据碰撞结果
改变方向
Else Man[ i]. Direction + = 0.5;
Man[ i]. velocity + = 0.01; / 微调速度
Man[ i]. TestPosition_x = Man[ i]. PersonPo-
sition_x + Man[ i]. velocity * cos(Man[ i]. Dire-
ction);
Man[ i]. TestPosition_y = Man[ i]. PersonPo-
sition_y + Man[ i]. velocity * sin(Man[ i]. Dire-
ction); //改变行为人的位置
```

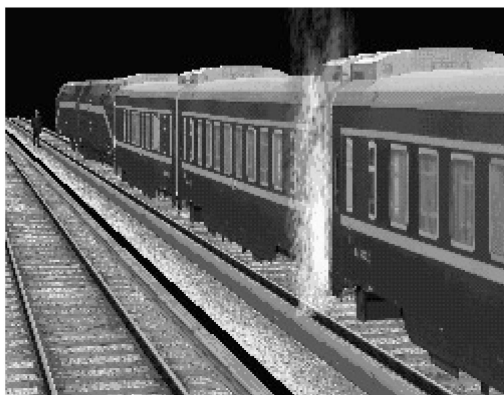


图 2 司机发现火灾事故, 立即打电话报告车站并做好防护

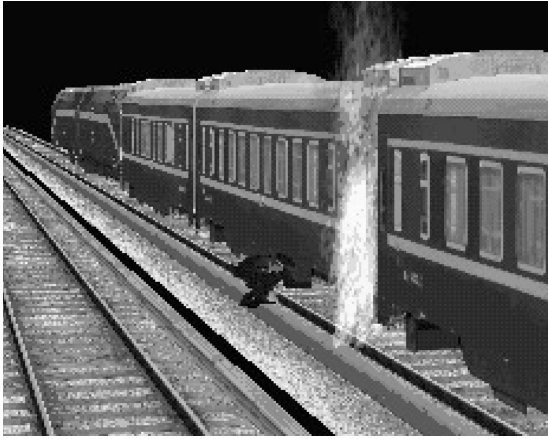


图3 司机赶赴现场处理火灾



图4 处理完毕

## 4 小结

上述仿真系统的实现需要如下平台支撑, 硬件平台: P4 3.0GHz CPU, 1GB RAM, 图形卡为 GeForce6600 软件平台: Windows XP, Visual C++ 6.0 OpenGL Performer 3.2。本文研究了基于非正常行车突发事件的视景仿真, 介绍了 OpenGL Performer在视景仿真中的应用。该视景系统强调使用者与仿真环境之间“浸入式”的交互, 完全可以作为司机培训平台独立执行, 并实现对这些动态场景的精确控制, 丰富视景仿真子系统这将是下一步工作的重点和难点。

## 参考文献

[1] 吴家铸, 党岗, 刘华峰等. 视景仿真技术及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001

[2] Eckel G, Jones K, Domeier T. OpenGL Per-former getting started guide[M]. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 2000

[3] Silicon Graphics Inc. OpenGL Performer Getting Started Guide[M]. US: SGI Inc, 2002

本文作者许小飞为智能控制与仿真工程研究中心在读研究生

张玉平为通信工程系讲师, 在读研究生

朱金陵为控制与仿真工程研究中心主任, 副教授