

基于 OpenGL 的三维人体运动模型实现

陈 忠¹, 赵学辉², 孙秋瑞¹

(1. 北京师范大学 信息科学与技术学院, 北京 100875; 2. 北京师范大学 教育技术学院, 北京 100875)

(coocoochen@163.com)

摘 要:虚拟人物造型及人体骨骼动画是虚拟现实技术中一大难点。OpenGL 是目前广泛流行的一种三维图形编程接口,在传统方法中,利用 OpenGL 对人体动画进行模拟时,由于 OpenGL 是基于顶点坐标和面片的操作,需要保存动画中每一个关键帧的顶点及面片信息,所以通常要进行大量的计算。而 BVH 格式的文件提供了关于人体关节的运动信息,这将大大减少动画的计算量。提出了一种基于 BVH 文件格式的模型实现人体动画的技术,并给出了实验结果。

关键词:骨骼动画; OpenGL; 关键帧; BVH

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Implementation of human animation based on OpenGL

CHEN Zhong¹, ZHAO Xue-hui², SUN Qiu-rui¹

(1. College of Computer Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. College of Educational Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: As the development of computer graphics, virtual reality has become one of the most popular research fields, and it is a difficult task to create a human animation model. OpenGL is widely used 3D graphical interface for programming. Traditionally, people use OpenGL to simulate human animation. But OpenGL is based on vertices and faces, so every key frame needs to save the information of all these vertices and faces. Thus, large amount of calculation is necessary. The BVH file supports a simple skeletal model to complete such work, and it needs much less information to store and calculate. In this article, an algorithm to implement human animation by BVH model was proposed, and the result of the application was given.

Key words: skeletal animation; OpenGL; key frame; BVH

0 引言

OpenGL 是一个强大的三维图形开发接口,它可以利用几种基本的图形元素构建任何三维模型^[1],但在进行复杂的三维建模时,直接使用 OpenGL 中的图元绘制函数或曲面绘制命令是不太现实的,尤其涉及到复杂的动画模型时,而人体运动模型则是一种复杂的三维动画模型。因此,一般情况下可以利用目前较为流行的三维建模工具,如 3DMAX, MAYA 等软件建模,再在 OpenGL 中读取模型,这样就可以减少编程的工作量,为日后修改模型提供了方便。在传统的三维动画构建中,通常采用基于关键帧动画的技术来实现,而关键帧动画涉及大量的顶点及面片信息,存储和计算量庞大。而骨骼动画不需要像关键帧动画那样存储每一个顶点数据,它只需存储每一帧的骨骼信息,因此大大减少了动画模拟的计算量。因此,针对传统方法的各种缺陷,本文提出一种基于骨骼模型的人物运动模型的算法,通过读取 BVH 格式文件的动画模型,实现对人体动画的模拟。

1 BVH 文件介绍

BVH 是 Biovision Hierarchy 的缩写,它是由 Biovision 公司开发的一种描述动作捕获的数据文件格式^[2]。这种文件描述的人体动画十分逼真,因为它可以通过真实的人体模特穿上带有传感器的特殊衣服捕获动画^[3],这就比用软件制作出

来的动画更为形象逼真;BVH 文件来源也相当广泛,且易于制作,它可以利用 3DMAX、POSER 等软件制作;此外,这种文件是以文本形式存储的,因此操作简单,容易开发。

1.1 BVH 文件的结构

BVH 文件由两个部分组成:骨架信息和关键帧数据块。

骨架信息按树型结构组织,定义了从根“ROOT”节点到终端节点“END SITE”的数据描述,包括各节点的偏移信息和旋转度。对于根节点,还包含 X、Y、Z 坐标,即模型在三维场景中的坐标值;对于非根节点,则只含有偏移量和旋转度,偏移量是指该节点针对它的父节点的偏移位置。骨架信息以关键字“HIERARCHY”开头,然后定义根节点,再定义根节点下的每一个子节点。根节点无父节点,每一个非根节点只有一个父节点,可以有 0 个或多个子节点。“OFFSET”关键字用来定义本节点针对父节点的偏移量,根节点的 X、Y、Z 三个坐标的偏移量均为 0。接下来是关键字“CHANNELS”,它给出了关于 channel 的个数和名称,对于根节点,它由 6 个 channel 组成,分别为: Xposition、Yposition、Zposition 以及 Zrotation、Xrotation 和 Yrotation。它们分别表示根节点在三维场景中的 XYZ 坐标位置以及在 Z 轴、X 轴和 Y 轴上的旋转分量。对于非根节点,只有 3 个 channel 值,非根节点只需要记录旋转分量而无需记录节点在三维场景中的坐标位置,因为非根节点的坐标位置可以通过计算父节点的位置以及本节点对于父节点的偏移位置和旋转分量来获得。当定义完一个节点后,

收稿日期:2008-04-03。

作者简介:陈忠(1983-),男,湖南长沙人,工程师,硕士研究生,主要研究方向:虚拟现实; 赵学辉(1983-),男,山东泰安人,硕士研究生,主要研究方向:数字化学习环境与资源; 孙秋瑞(1983-),男,山东菏泽人,硕士研究生,主要研究方向:信息管理与安全。

可以用关键字“JOINT”定义子节点。而对于没有子节点的终节点,其标识关键字为“END SITE”。理论上,一个节点可以拥有无穷个子节点^[2]。

数据块则用来存放运动帧信息。数据块以关键字“MOTION”开始,关键字“FRAMES”定义了帧数,“Frame Time”定义每一帧的播放时间,如 0.03333 则表示采用每帧播放 0.03333 s,即每秒播放 30 帧。接下来就是每帧的实际数据,它对应了骨架信息提供的每一个节点。对于根节点来说,平移量为 OFFSET 与 MOTION 定义的平移量之和;对于子节点,平移信息来自骨架信息中的 OFFSET,而旋转信息则来自 MOTION 定义的数据部分,叶子节点没有旋转分量。图 1 给出了一个 BVH 文件例子。

```

HIERARCHY
ROOT Nips
{
  OFFSET 0.00 0.00 0.00
  CHANNELS 3 Xposition Yposition Zposition Xrotation Yrotation Zrotation
  JOINT LeftHip
  {
    OFFSET 3.0 0.000000 0.000000
    CHANNELS 3 Xrotation Yrotation Zrotation
    JOINT LeftKnee
    {
      OFFSET 0.000000 -10.0 0.000000
      CHANNELS 3 Xrotation Yrotation Zrotation
      JOINT LeftAnkle
      {
        OFFSET 0.000000 -17.0 0.000000
        CHANNELS 3 Xrotation Yrotation Zrotation
        End Site
      }
    }
  }
  JOINT RightHip
  {
    OFFSET -3.0 0.000000 0.000000
    CHANNELS 3 Xrotation Yrotation Zrotation
    .....
  }
}
MOTION
Frames: 1254
Frame Time: 0.033333
0.00 39.08 -35.01 -1.79 -10.43 -1.74 5.02 -0.34 0.03 6.61
0.19 7.67 -3.87 -7.61 1.40 3.65 15.11 -0.95 2.33 11.06
15.20 -7.25 -10.00 1.61 4.89 10.33 11.12 -17.08 0.00 0.00
40.90 9.99 22.36 0.00 -30.82 11.92 0.00 0.00 0.00 10.97
0.00 12.96 -37.45 -2.92 9.36 -100.00 -80.59 157.44 0.00 0.00
0.00 -35.59 .....

```

图 1 BVH 文件样例

1.2 BVH 文件定义的骨架结构

一个完整的 BVH 文件所描述的人体骨架结构如图 2 所示。

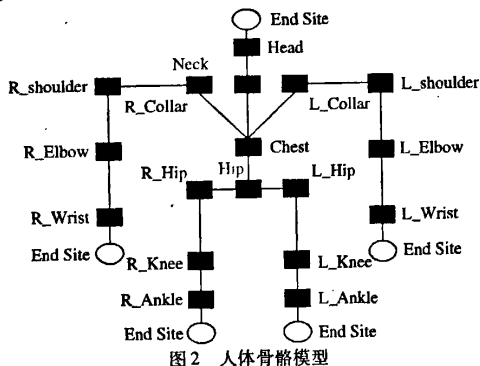


图 2 人体骨骼模型

其中,根节点为 Hip,它控制整个模型在三维场景中的坐标位置,其他节点的位置可以通过计算与该节点的偏移量和旋转度计算获得。

2 骨骼模型的计算

要正确计算当前节点在场景中的位置,需要使用变换矩阵模型^[4]。一个顶点的当前位置 v 通过与变换矩阵 M 相乘后得到目标位置 v' ,可以用式(1)来表示:

$$v' = M \times v \quad (1)$$

模型中的每一个骨骼都包含平移以及旋转信息(BVH 文件不包含缩放信息,因此在这里不讨论缩放的处理),将它们组合就可以形成最终的变换矩阵 M ,变换矩阵 M 的计算公式如下:

$$M = T \times R \quad (2)$$

式(2)中, T 表示平移矩阵, R 为旋转矩阵。

因此,节点 v 的目标位置计算可以通过式(3)表示:

$$v' = T \times R \times v \quad (3)$$

由 BVH 文件所描述的骨骼模型是一种树型结构,除根节点外,它并没有给出每一个关键帧数据中节点在三维场景中的绝对位置,所有非根节点在三维场景中的位置都是通过计算其相对于父节点的旋转度及偏移量,再乘以父节点当前的模型矩阵获得的,而父节点的位置则又是通过父节点的 OFFSET 和 ROTATION 及父节点的父节点模型矩阵计算出来的……如此回溯,直至找到根节点。那么,模型中所有节点在场景中的目标位置 v' 计算如下:

$$v' = M \times M_{\text{parent}} \times M_{\text{grandparent}} \times \dots \times M_{\text{root}} \times v \quad (4)$$

3 骨骼模型的算法实现

针对 BVH 文件给定的骨骼模型,可以建立如下数据结构进行描述:

```

struct Node //定义节点信息
{
  float offX, offY, offZ; //存储三个偏移分量
  float xRot, yRot, zRot; //存储三个旋转分量
  Node * Parent; //存储所在节点的父节点
  Vector <Node * > Children; //存储当前节点的所有子节点
  String nodeName; //节点名称
};

class Bvh //定义 BVH 骨架模型类
{ public:
  Node * Root; //存储根节点
  int FrameLocation, curFrame; //存储运动帧信息(帧信息所在位置、当前所在帧)
  int FrameNumber, FrameLength; //帧数、每帧长度
  float FrameTime; //每帧显示的时间
  bool LoadFile( String & ); //导入 BVH 文件
  Bvh(); //构造函数
  ~Bvh(); //析构函数
  void ReadSkeleton(); //读取骨骼信息
  void ReadFrame(); //读取运动帧信息
  void Draw(); //绘制骨骼模型
};

```

定义好骨架模型的数据结构后,便可以通过调用 ReadSkeleton() 函数读取 BVH 文件,生成模型的静态结构,最后调用 Draw() 函数绘制骨骼模型,在 Draw() 函数中调用递归函数 DrawRecursive() 完成对整个骨架树模型的绘制。在绘制骨骼模型时,可以通过调用 OpenGL 的 glTranslatef() 函数以及 glRotatef() 函数来完成模型矩阵的变换运算。另外,在绘制每个骨架节点时需要注意将当前的模型视图矩阵进行压栈操作,以免影响后续不受当前节点影响的节点在场景中的位置,完成所有子节点绘制后,再将视图矩阵还原。OpenGL 中对当前模型矩阵压栈和出栈的函数分别是 glPushMatrix() 和 glPopMatrix()。完成模型绘制的算法采用递归的方式实现:

```

Void DrawRecursive( Node * n)
{ glPushMatrix(); //将当前模型视图矩阵压栈

```

```
glTranslatef(n->offX, n->offY, n->offZ);
//对视图矩阵进行平移变换
glRotatef(n->xRot, 1.0f, 0.0f, 0.0f); // x 轴上的旋转变换
glRotatef(n->yRot, 0.0f, 1.0f, 0.0f); // y 轴上的旋转变换
glRotatef(n->zRot, 0.0f, 0.0f, 1.0f); // z 轴上的旋转变换
glutSolidSphere(1.0, 20, 16); //绘制当前节点(这里用点阵模型)
for(int i=0; i<n->Children. Len; i++)
//遍历当前节点的所有子节点
{ DrawRecursive(n->Children[i]); }
//对所有子节点递归调用绘制函数
```



(a)



(b)



(c)



(d)

图3 点阵模型中截取的四个关键帧



(a)



(b)



(c)



(d)

图4 火柴棒模型中截取的四个关键帧

5 结语

由于三维骨骼动画具有存储和计算量小、易于制作、生成动画逼真等优势,使其在 3D 游戏、影视动画、虚拟现实等方面的应用十分普遍,这也是目前动画技术的一个重要分支。

本文对骨骼动画以及基于 BVH 文件格式的骨架模型进行了深入探讨和研究,提出了一种基于该模型格式的算法,并给出了实验结果。在此基础上,可以对该模型加以改进,对骨架模型进行蒙皮,并作纹理贴图处理,就可以形成真实感较强的人物模型。这也将是作者今后进一步研究的内容。

参考文献:

- [1] SHREINER D, WOO M, NEIDER J, *et al.* OpenGL 编程指南[M]. 徐波, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] MEREDITH M, MADDOCK S. Motion Capture File Formats Explained [Z]. University of Sheffield, Department of Computer Science, 2001.
- [3] 朱强, 张越挺, 潘云鹤. 基于紧身衣的人体动画研究[J]. 软件学报, 2002, 13(4): 133 - 139.
- [4] FOLEY J D, van DAM A, FEINER S K, *et al.* Computer Graphics: Principles and Practice[M]. Reading, Mass: Addison - Wesley, 1990.
- [5] 徐明亮, 卢红星, 王珣. OpenGL 游戏编程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.

《计算机应用》2009 年征订启事

《计算机应用》1981 年创刊,由中国科学院成都计算机应用研究所主办,是国内较早公开发行的计算机技术刊物之一,现已成为计算机领域较有影响的学术技术刊物。《计算机应用》多次荣获全国优秀科技期刊奖、国家期刊奖提名奖,被评为中国期刊方阵双奖期刊,受到国内外多家文献收录机构重视,被列为中文核心期刊、中国科技核心期刊。被《中国科学引文数据库》、《中国科技论文统计源数据库》等国家重点检索机构列为引文期刊,并被英国《科学文摘》(SA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、日本《科学技术文献速报》(JST)、美国《剑桥科学文摘:材料信息》(CSA:MI)、波兰《哥白尼索引》、美国《乌利希国际期刊指南》(UIPD)六大国际重要检索系统列为来源期刊。

邮发代号:62-110, 单价:28 元/册, 订全年期刊价:336 元(可到当地邮局订阅,或汇款到编辑部订阅,编辑部随时为您提供优质服务)。

邮局汇款地址: 610041 四川成都(武侯区)成都 237 信箱《计算机应用》编辑部

联系人: 雍 平

联系电话: (028) 85224283 - 803 传真: (028) 85222239

E-mail: bjb@computerapplications.com.cn

基于OpenGL的三维人体运动模型实现

作者: 陈忠, 赵学辉, 孙秋瑞, CHEN Zhong, ZHAO Xue-hui, SUN Qiu-rui
作者单位: 陈忠, 孙秋瑞, CHEN Zhong, SUN Qiu-rui (北京师范大学信息科学与技术学院, 北京, 100875)
, 赵学辉, ZHAO Xue-hui (北京师范大学教育技术学院, 北京, 100875)
刊名: 计算机应用 ISTIC PKU
英文刊名: JOURNAL OF COMPUTER APPLICATIONS
年, 卷(期): 2008, 28 (z2)
被引用次数: 2次

参考文献(5条)

1. SHREINEB D;WOO M;NEIDER J;徐波 [OpenGL编程指南](#) 2006
2. MEREDITH M;MADDOCK S [Motion Capture File Formats Explained](#) 2001
3. 朱强;张越挺;潘云鹤 [基于紧身衣的人体动画研究](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2002(04)
4. FOLEY J D;van DAM A;FEINER S K [Computer Graphics:Principles and Practice](#) 1990
5. 徐明亮;卢红星;王琬 [OpenGL游戏编程](#) 2008

本文读者也读过(3条)

1. 刘凯, 柴毅, 冯文武, LIU Kai, CHAI Yi, FEN Wen-wu [基于OPENGL的人体姿态数据仿真](#)[期刊论文]-[计算机仿真](#) 2009, 26(4)
2. 郭力, 何明耘, 陈雷霆, GUO Li, HE Ming-yun, CHEN Lei-ting [基于BVH驱动的OGRE骨骼动画](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2009, 26(9)
3. 朱强, 庄越挺, 潘云鹤 [基于紧身衣的人体动画研究](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2002, 13(4)

引证文献(2条)

1. 赵正旭, 戴欢, 赵文彬, 袁洁 [基于惯性动作捕捉的人体运动姿态模拟](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2012(5)
2. 董槐林, 徐天茂, 吴清锋 [OGRE引擎中基于BVH的角色动画的实现研究](#)[期刊论文]-[计算机与现代化](#) 2011(10)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjyy2008z2104.aspx