1. 概述

我们团队的项目是“骨骼动画引擎”。总的来说，就是从Collada文件中读取动画数据，并显示出来。本文就是针对其中骨骼蒙皮动画的概念和技术以及我们的实现方式做一些简要的描述。

1. 骨骼蒙皮动画简介

骨骼蒙皮动画中，人物的身体（肉、皮肤）是一个网格(Mesh)模型，网格的内部是一个骨架结构。当人物的骨架运动时，身体就会跟着骨架一起运动。骨架是由一定数目的骨骼组成的层次结构，每一个骨骼的排列和连接关系对整个骨架的运动有很重要的影响。每一个骨骼数据都包含其自身的动画数据。和每个骨架相关联的是一个“蒙皮”(Skin)模型，它提供动画绘制所需要的几何模型(Vertex, Normal, etc.)和纹理材质信息。每个顶点都有相应的权值 (Weight)，这些权值定义了骨骼的运动对有关顶点的影响因子。当把动画人物的姿势和全局运动信息作用到骨架上时，这个“蒙皮”模型就会跟随骨架一起运动。

骨骼蒙皮动画一般存储关键帧帧动画，播放时通过各种插值算法生成中间帧。

关键帧的指定有2种基本的方法：前向动力学(FK)和逆向动力学(IK)。前向动力学用一组节点的角度来找到末端受动器的位置；而逆向动力学则是找到将末端受动器置于所要位置所需的一组节点角度。前向动力学的优点是：计算简单，运算速度快，缺点是：需指定每个关节的角度和位置，而由于骨架的各个节点之间有内在的关联性，直接指定各关节的值很容易产生不自然协调的动作；逆向动力学的优点是：只需指定主要关节点的位置，负担轻，缺点是：计算模型比较复杂，开发者需要机械运动和动力学、几何学以及向量数学等方面的相关知识。

中间帧的插值分2步：(1) 根据当前时间，通过插值计算出每个骨骼的旋转、平移等值，形成中间帧的骨架。插值算法一般采用四元数(Quaternion)的球面线性插值 (Spherical linear interpolation)SLERP (2) 根据骨架的变化情况，插值计算出骨架的“蒙皮”模型的各个顶点的位置变化。对于某个特定骨骼，“蒙皮”模型的顶点变换矩阵＝初始姿势的变换矩阵的逆×姿势变换后的矩阵。另外还要考虑顶点可能受多个骨骼运动的影响。

由于骨骼蒙皮动画，只存储骨骼的位置和角度等信息，而不需要存储每个顶点的位置，从而大大节省存储空间。当然，与之对应的，计算量就大大增加，然而随着GPU性能不断提升这一点也可以接受吧。

1. 我们的骨骼动画设计



图1. 骨骼动画核心类图



图2. 人物类图

在查找很多相关资料以及公司的讲解后，我们形成了自己的设计。骨架ChSkeleton存储骨头ChBone，ChBone以树形方式存储bone之间的继承关系。骨骼动画相关的类是ChAnimation，ChTrack和ChKeyFrame。ChAnimation对于一个连续的动画，比如走、跑等，它与应用的骨架ChSkeleton关联。ChTrack存储一根bone的所有关键帧变换，包括平移和旋转变换。ChKeyFrame就是关键帧数据，包括变换数据和帧的时间。ChSkin是骨骼的蒙皮，ChVertex存储顶点信息，如位置，法矢量，材质等。每个ChVertex都与若干ChBone关联，受这些bone的变换影响。

由于动画数据记录的是相对初始位置的变换，而且并不一定所有的骨骼都要移动，因此初始位置也需要单独保留。基于这一点，我们为ChSkeleton、ChBone、ChSkin、ChVertex都建立了对应的instance类，来存储变化后的数据，而在ChSkeleton、ChBone、ChSkin、ChVertex则存储初始位置。也就是instance是动态的数据，每个人物有一套instance，而非instance是初始数据，相同骨骼模型的人物共享这些数据。初始变换的逆矩阵，存放在ChBone中。

具体的计算过程是：

1. 根据动画名称获取对应的动画数据；
2. 根据时间计算中间帧的变换数据（我们采用的是FK）；
3. 动画混合；
4. 根据骨骼层次关系计算世界坐标系的变换。
5. 根据公式bindPoseInverse(变换逆矩阵，即初始变换矩阵的逆)\*变换矩阵得到每个bone的变换矩阵；
6. 根据Vertex的权重信息，计算顶点的变换；
7. 根据顶点变换得到顶点新的数据。
8. 总结与探讨

总的来说骨骼蒙皮动画的概念很简单，也很直观，就是实现起来比较繁琐，类多，关系也比较复杂。目前，我们尚未实现物理模拟功能，这需要建立物理模型以及边界检测等。除了VetexBuffer的使用，在骨骼蒙皮动画部分我们未针对GPU进行优化。但通过骨骼蒙皮动画的项目，我们了解了这种动画处理的过程，也学到很多其他关于动画引擎的知识，增强了自己的编程能力和团队合作能力。

1. 参考资料
2. CSDN近期在研究Skeletal Animation（骨骼动画）

<http://dev.csdn.net/article/85098.shtm>

1. Skeletal animation From Wikipedia

<http://en.wikipedia.org/wiki/Skeletal_animation>

1. Cal3D 骨骼动画引擎

<http://home.gna.org/cal3d/>

1. Automatic Rigging and Animation of 3D Characters

<http://www.mit.edu/~ibaran/autorig/>