



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии
Курсовая работа

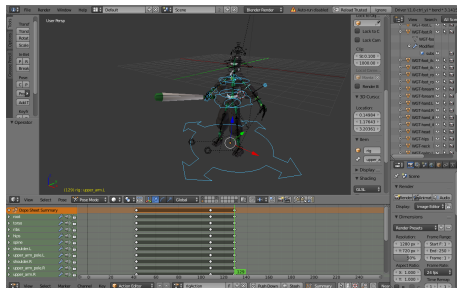
Программа скелетная анимация

Выполнил студент группы 151БПИ
Абрамов Артем Михайлович
Научный руководитель:
доцент департамента программной
инженерии, к.т.н
Ахметсафина Римма Закиевна

2016

Трехмерная компьютерная анимация - вид мультипликации, создаваемый при помощи компьютера.

В отличие от двухмерной анимаци, художник не рисует каждый кадр, а работает с моделью для которой последовательно задает различные позы.



Создание анимации в программе Blender

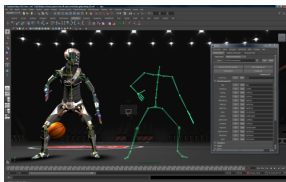
Корневая вершина дерева (англ. root node) Самый верхний узел дерева.

Интерполяция, интерполирование анимации Способ нахождения промежуточных значений состояния анимации по имеющемуся дискретному набору известных значений.

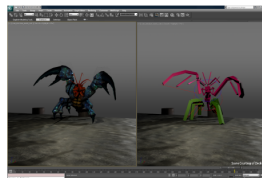
Матрица поворота (трансформации) Матрица 4×4 , описывающая поворот, растяжение и сдвиг точек в трехмерном пространстве.

OpenGL (Open Graphics Library) Спецификация, определяющая независимый от языка программирования платформонезависимый программный интерфейс для написания приложений, использующих двумерную и трёхмерную компьютерную графику. На платформе Windows конкурирует с Direct3D.

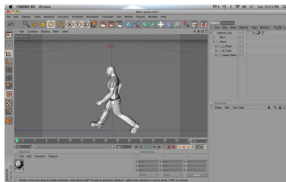
Отображение анимации - одна из наиболее актуальных задач в производственной, научной и деловой сферах, а также в области развлечений.



Maya



3ds MAX



Cinema4D



Blender

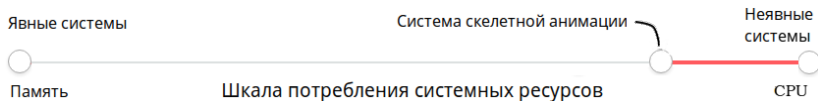
Цель работы - реализовать программу скелетной анимации.

Задачи работы

1. Рассмотреть различные подходы к анимации 3D моделей.
2. Разработать структуры данных для хранения анимационных данных.
3. Выбрать технологии для реализации.
4. Изучить алгоритм скелетной анимации.
5. Изучить технологию OpenGL.
6. Реализовать программу.
7. Разработать техническую документацию.

Неявные системы используются, когда персонаж может совершать несколько действий одновременно и невозможно предугадать все возможные варианты анимации.

Предпочтение **явным системам** отдается, когда необходимо анимировать большие группы людей или животных.



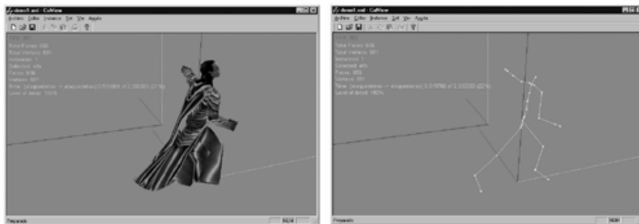
Явная система - хранение отдельной модели для каждого кадра.
После записи данных в файл, существует много методов для воспроизведения анимации. Такие методы требуют лишь элементарной математики.
Однако типичная запись одного трэка анимации для одного персонажа занимает около 10MB (в формате MD3).



Каждому кадру соответствует своя модель

Неявная система - хранение не моделей, а более высокоуровневого описания движения.

В частности неявные **системы скелетной анимации** содержат описание (через матрицу поворота) для каждой кости, как например локоть, плечо, шея. В реальном времени эти описания применяются к неанимированной модели для расчета следующего кадра анимации. Эти расчеты обычно требуют сложной математики с матрицами и тригонометрией. А следовательно и много CPU времени.



Слева: анимированный персонаж; справа: скелет для данного кадра



Кость содержит информацию о трех мерной трансформации (которая состоит из поворота, растяжения и смещения), а также информацию о кости-отце. Глобальная матрица для кости-потомка, - это произведение глобальной матрицы кости-родителя и матрицы кости-потомка.

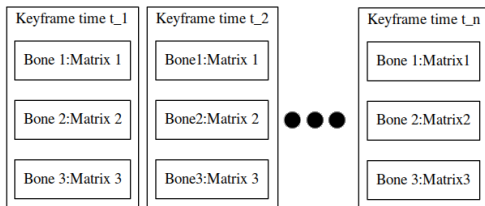
Скелетом называют иерархичную структуру сформированную костями. Скелет определяется с помощью корневой кости в иерархии.

```
class BoneNode
{
    public string Name;
    public Matrix4 GlobalTransform;
    public Matrix4 LocalTransform;

    public BoneNode Parent;
    public List<BoneNode> Children;
    public BoneNode(Node node_data) { ... }
}
```

В треке содержатся матрицы поворота скелета в ключевые моменты времени. В упрощенном виде трек можно представить в качестве массива пар:

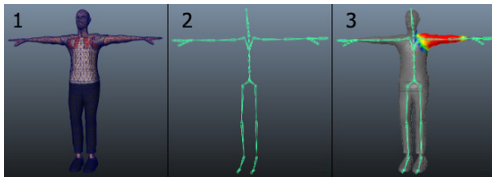
{ время ключевого кадра, массив из матриц поворота для костей }



В ключевые моменты времени (t_1 , t_2 , ... t_n), каждая кость ставится в соответствие с матрицей локальной трансформации.

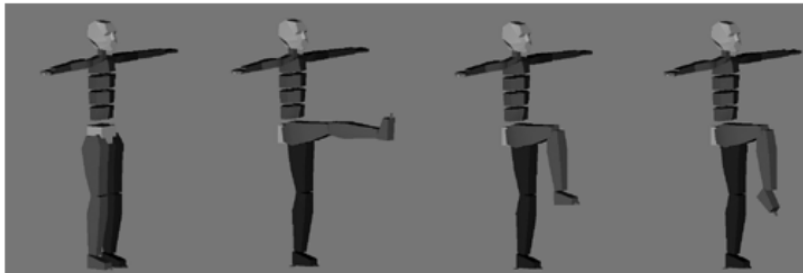
Модель состоит из набора вершин и весов вершин (коэффициент влияния кости на вершину). В пакете для трех мерной анимации каждая вершина модели «привязывается» к какой-либо кости скелета. Движение кости должно влиять на привязанные к ней вершины.

```
struct Vbo
{
    public int QuantityIds;
    public int VertexBufferId;
    public int NormalBufferId;
    public int ElementBufferId;
}
```



№1 - модель; №2 - скелет; №3 - вершины модели, которые были привязанны к кости правого предплечья, выделенны красным

В зависимости от времени из трека анимации извлекаются данные о ключевом кадре. Связь матриц с костями известна и можно применить извлеченные матрицы к скелету. Далее, так как известна связь костей с вершинами, можно применить трансформации костей к вершинам модели.



Применение преобразований, начиная от копчика (корневой кости) и заканчивая ступней.

В треке матрицы поворота записаны относительно матрицы поворота родителя. Поэтому для анимации необходимо применять матрицы последовательно. Начиная с корневой кости, применить к ней описанную в треке анимации матрицу поворота. Затем, двигаться вглубь скелета по иерархии и находить произведение матриц родителя и потомка (извлеченной из трека). В псевдокоде:

```
deform (bone, global matrix, track matrices)
  get matrix for bone from track matrices
  update global matrix
  store the result in bone as global transform
  if root has children
    deform (children of this node, global, track matrices)
  end if
end function
```

После того, как рассчитаны матрицы поворотов для скелета, их необходимо применить к вершинам модели.

```
deform (bone root, mesh original, mesh deformed)
  for each child_bone of root
    for each vertex in the original mesh
      if bone_weight > 0
        apply bone global transform to vertex
        scale the resulting point by the bone weight
        store the result in processeddata
      end if
    end for
    if child_bone has children
      deform (children of this node, mesh original, deformed)
    end if
  end for
```

- Язык программирования C#
- Библиотека Assimp v3.1 (<http://assimp.org/>) для чтения файлов в формате collada (.dae).
- Библиотека OpenTK v1.1.4 (<http://www.opentk.com/>) для вызова функций OpenGL из C# и предоставления базовых структур, например: Matrix4, Vector3.

Загрузка данных о модели в OpenGL. Запрос OpenGL об отводе буферов памяти под вершины, нормали и массив индексов.

```
private void NewOpenGLBuf(out int bufId, List<Vector3D> data)
{
    GL.GenBuffers(1, out bufId);
    GL.BindBuffer(BufferTarget.ArrayBuffer, bufId);
    var byteCount = dataBuffer.Count * 12;
    var temp = new float[byteCount];
    foreach(var v in dataBuffer)
    {
        WriteIntoArray(temp, v);
    }
    GL.BufferData(BufferTarget.ArrayBuffer, (IntPtr)byteCount,
        temp, BufferUsageHint.StreamDraw);
}

private void Upload(out Vbo vboToFill)
{
    vboToFill = new Vbo();
    NewOpenGLBuf(out vboToFill.VertexBufferId, _mesh.Vertices);
}
```

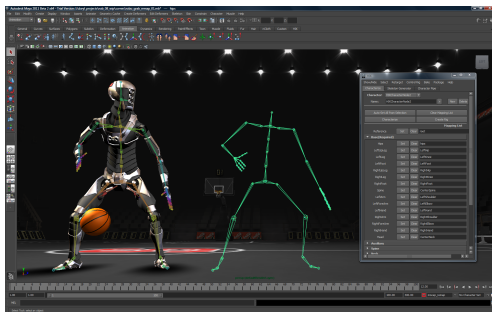

Загрузка данных о модели в OpenGL. Применение свойства материала, например: цвет, коэффициент рассеивания света, коэффициент свечения и т.д.

```
private void UseMaterial()  
{  
    color = Color2OpenTK(_material.ColorDiffuse);  
    GL.Material(MaterialFace.FrontAndBack, Material.Diffuse, color);  
    color = Color2OpenTK(_material.ColorAmbient);  
    GL.Material(MaterialFace.FrontAndBack, Material.Ambient, color);  
  
    color = new Color4(0, 0, 0, 1.0f);  
    if (_material.HasColorEmissive)  
    {  
        color = color2OpenTK(_material.ColorEmissive);  
    }  
    GL.Material(MaterialFace.FrontAndBack, Material.Emission, color);  
}
```

Демонстрация

Пути дальнейшей работы:

1. Загрузка нескольких моделей
2. Наложение матрицы трансформации на отдельные модели
3. Выбор из нескольких трэков анимации
4. Нанесение текстур
5. Анимация на GPU



- Порев В.Н. Компьютерная графика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 432 с.: ил.
- Daniel S.D. Core Techniques and Algorithms in Game Programming/S.D. Daniel. - Springer, 2008 - 727 с.
- Документация OpenGL 3.3 [Электронный ресурс] // <https://www.opengl.org/sdk/docs/man/> (Дата обращения: 21.10.2015, режим доступа: свободный)
- Рождерс Д. Алгоритмические основы машинной графики: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989 - 512 с.

Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии
Курсовая работа

Выполнил студент группы 151БПИ
Абрамов Артем Михайлович
Научный руководитель:
доцент департамента программной
инженерии, к.т.н
Ахметсафина Римма Закиевна

2016