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

Предметная область

3-х мерная компьютерная анимация - вид мультипликации, создаваемый при помощи компьютера.

В отличии от 2-х мерной анимаци, художник не рисует каждый кадр, а работает с моделью для которой последовательно задает различные позы.

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

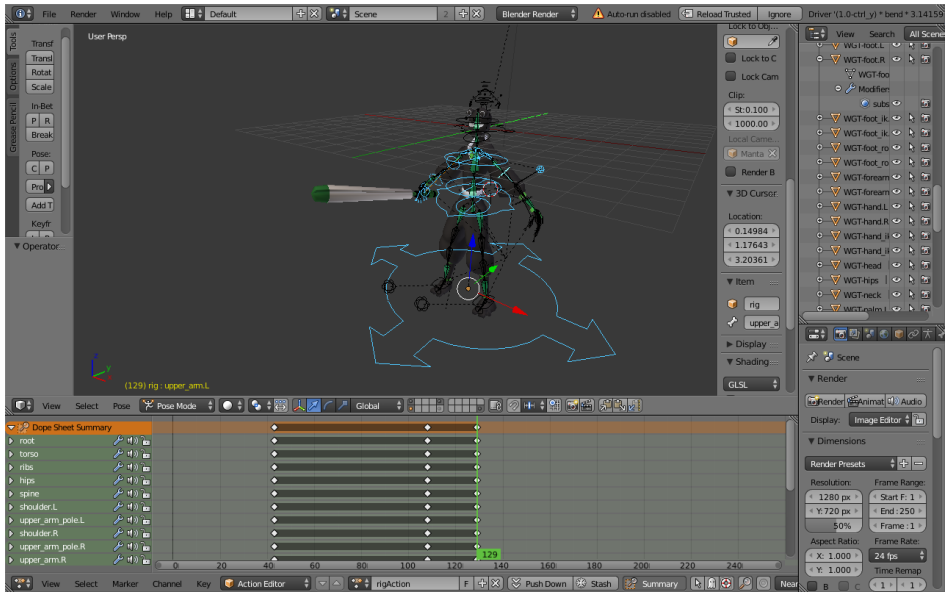


Рис.: Создание анимации в программе Blender

Основные определения

Обоснование актуальности работы

???

Цели и задачи работы

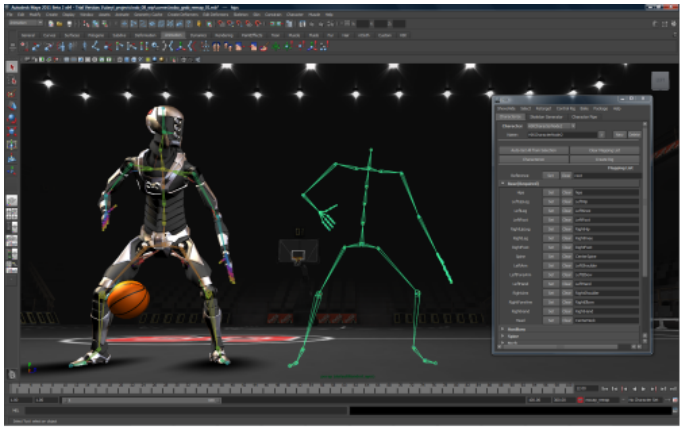
Цель работы - реализовать программу, обеспечивающую просмотр анимации из файла предназначенного для неявных систем скелетной анимации.

Задачи работы

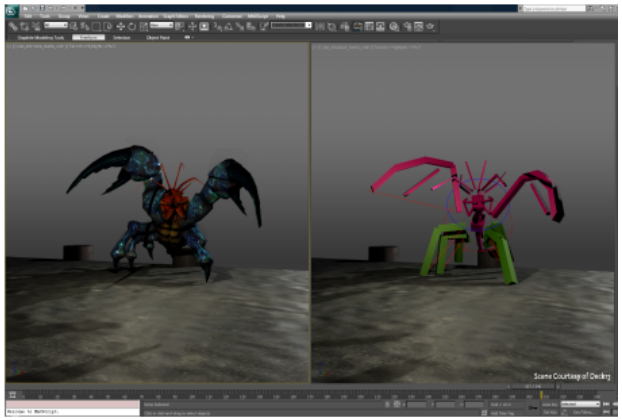
1. Загрузка анимации из файла (содержание описанно в Т.3).
2. Рассчет кадров анимации.
3. Воспроизведение анимации на экране средствами OpenGL.

Аналоги программы

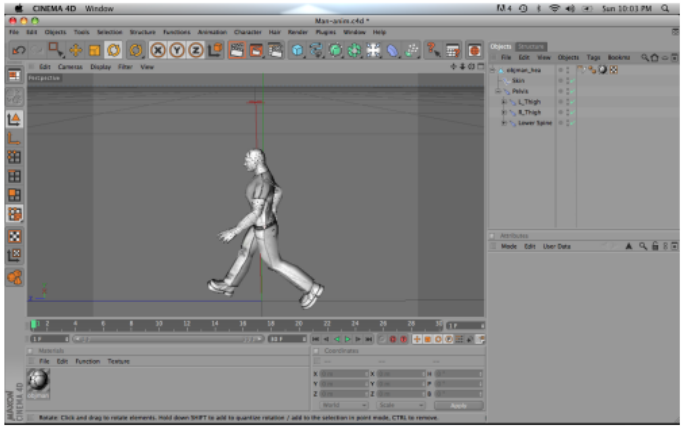
Пакеты 3-х мерного моделлирования. Maya, 3ds MAX, Blender, Cinema4D.



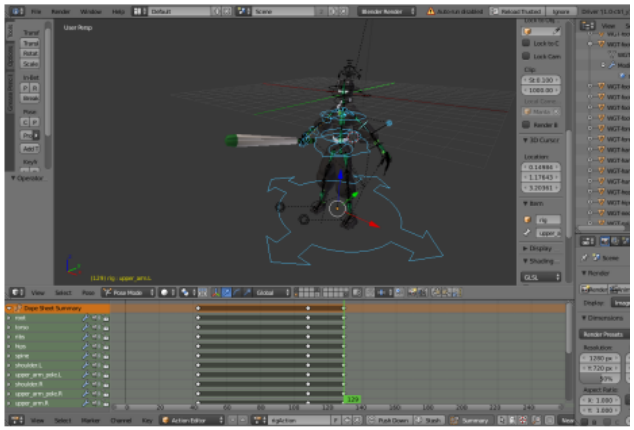
Maya



3ds MAX



Cinema4D



Blender

Различные подходы

Для 3-х мерной анимации не существует оптимального подхода. Все системы балансируют между методами с большим количеством вычислений, и методами требующими большого объема памяти.

Неявные системы используются когда действия персонажа связанны с другими предметами и нельзя предугадать все возможные варианты анимации. Например, для того чтобы ставить ступню параллельно поверхности при движении по неровной земле.

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

Рис.: Шкала подходов к анимации, и отображающая позицию метода скелетной анимации

Явные системы анимации

Явная система - хранение отдельной модели для каждого кадра.
После записи, 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).

Рис.: Каждому кадру соответствует своя модель

Неявные системы анимации

Неявная система - хранение не моделей, а более высокоуровневого описания движения.
В частности 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 рассчета следующего кадра анимации. Эти рассчеты обычно требуют сложной математики с матрицами и тригонометрией. А следовательно и много CPU времени.

Для реализации требуются 3 вещи: скелет, модель и трэк анимации.
Скелет определяет иерархию частей тела персонажа, в трэке содержатся описания поворотов в ключевые моменты времени.

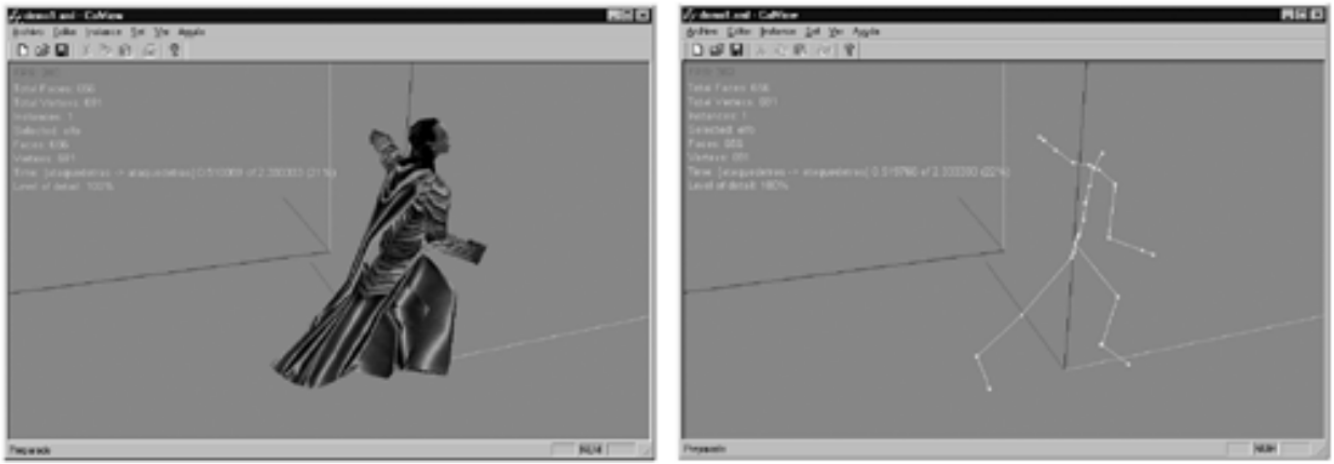


Рис.: Слева: анимированный персонаж; справа: скелет для данного кадра

Применение описания из трэка к скелету

Для начала мы проходим по скелету и рассчитываем матрицу для каждой кости. Для этого мы начинаем с корневой кости и применяем к ней описанную в трэке анимации матрицу поворота. Затем, мы двигаемся вглубь скелета применяя матрицу родителя и деформацию описанную в трэке (то есть считаем глобальную матрицу поворота для данной кости).

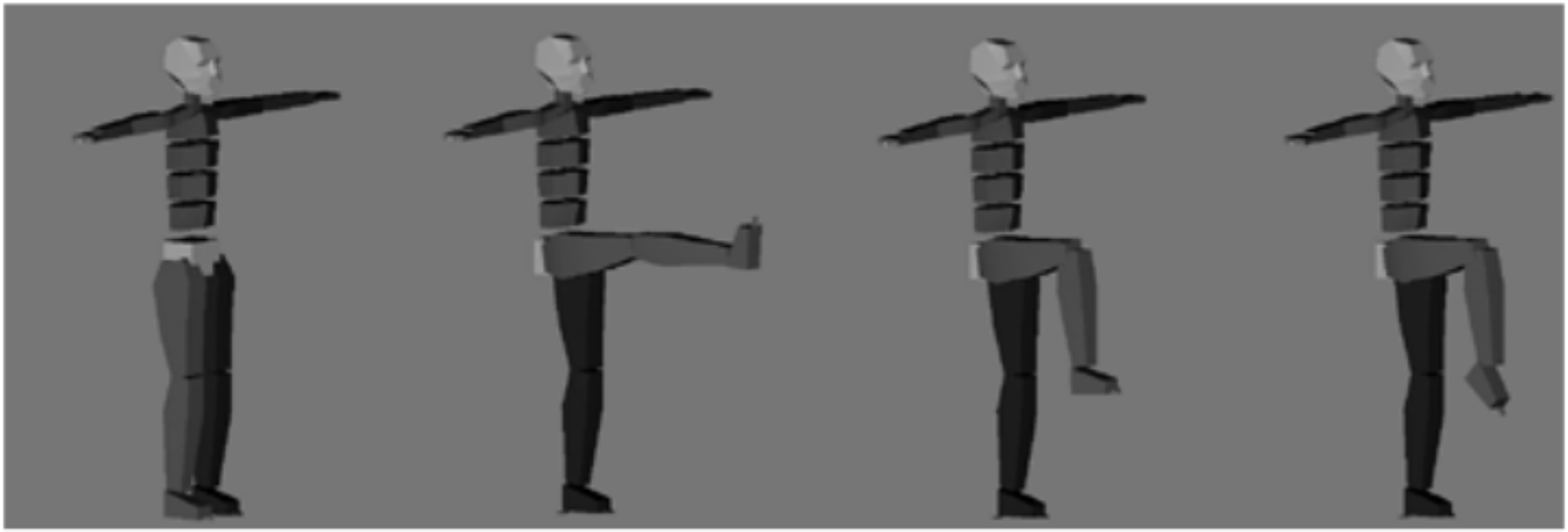


Рис.: Применение преобразований, начиная от копчика (корневой кости), также называют последовательной кинематикой

Применение деформации скелета к модели

После того как рассчитанны матрицы поворотов для скелета, их необходимо применить на вершины модели. Для этого используется рекурсивный алгоритм очень похожий на предыдущий.

```
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
```

Технологии и инструменты реализации

- 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 классов, например: Matrix4, Vector3.

Описание системы, общие блоки

Вручную упрощенная диаграмма классов и кто за что отвечает.
Entity.cs, Animator.cs, SceneWrapper.cs, Entity.cs

Описание системы, блок чтения файла

Заполнение структур данными из файла.

С помощью библиотеки Assimp производим чтение из файла. Для оптимальной работы мы переводим данные в свои структуры. Другие функции этой библиотеки не используются.

```
public void LoadScene(byte[] filedata)
{
    using (MemoryStream fs = new MemoryStream(filedata))
    {
        _cur_scene = new SceneWrapper(ReadAssimpScene(fs, "dae"));
        _action = new Animator(_cur_scene.Animations[0]);
        BoneNode bones = _cur_scene.BuildBoneNodes("Armature");
        Node mesh = _cur_scene.FindNode("Mesh");
        ActionState state = new ActionState();
        _enttity = new Entity(_cur_scene, mesh, bones, state);
    }
}
```

Описание системы, блок ActionState

Хранит состояние анимации. Наиболее важные поля:

- Название трэка анимации.
- Настоящий момент времени в секундах.
- Индексы всех ключевых кадров и время каждого ключевого кадра.

Есть функция SetTime(…) для перехода к определенному моменту времени. Она находит интервал между ключевыми кадрами, подсчитывает величину интерполяции.

Описание системы, блок SceneWrapper

Работает со скелетом и моделью. Реализует функции поиска костей в скелете или подмоделей в модели.

Функция BuildBones строит скелет по данным из модели (скелет как отдельный класс не существует, он определяеться корневой костью).

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

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

Рис.: Класс описывающий кость скелета

Описание системы, блок Animator

Применяет данные описывающие (в матрицах поворота) новую позицию для каждой кости к костям из скелета. То есть деформирует скелет в соответствии с моментом времени в анимации.

На вход блока подается класс ActionState содержащий информацию о времени и корневая кость скелета.

Описание системы, блоки DrawMesh

Загружает данные о модели в OpenGL.

Запрашивает OpenGL об отводе буферов памяти под вершины, нормали, цвета вершин и массив индексов.

Применяет свойства материала, например: цвет, коэффициент рассеивания света, коэффициент свечения и т.д.

Позволяет запросить у OpenGL указатель на созданные буфера памяти, для их модификации.

Описание системы, блок Entity

Объединяет компоненты необходимые для анимации одного персонажа. Хранит ссылки на скелет (корневую кость), состояние анимации (ActionState), на саму модель и на класс отрисовки модели (MeshDraw)

В частности блок Entity применяет трансформации из скелета к вершинам модели (взвешивая действие каждой кости на вершину) и модифицирует данные в буфере данных OpenGL, что и создает эффект анимации.

Результаты работы

Демонстрация

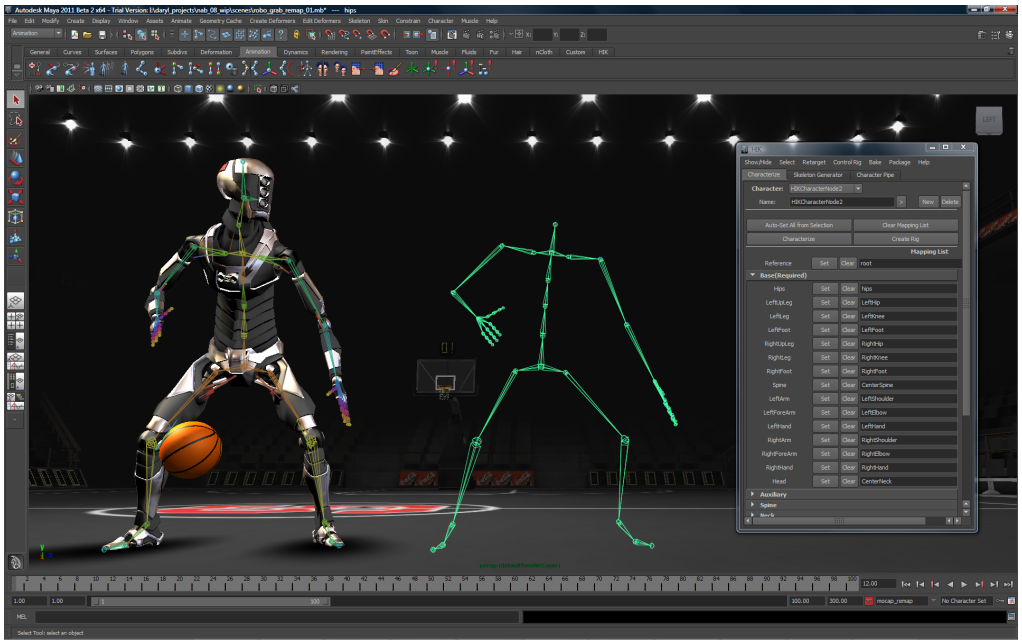
Апробация работы

???

Выводы по работе

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



Список использованных источников

- Порев В.Н. Компьютерная графика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 432 с.: ил.
- Daniel S.C.D. Core Techniques and Algorithms in Game Programming : Анг. : NRG : 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 анг. - М.: Мир, 1989 - 512 с.

Спасибо за внимание!

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