

Рациональное описание движения анимированного персонажа в системах 3D-графики

Тютин Владимир

Нижегородский государственный университет им. Лобачевского,

Нижний Новгород, Россия

vtutin@telma.kis.ru

Abstract

In this paper there will be reviewed general systems and animated character motion methods. There will also be indicated modern systems flaws in motion description method and inapplicability of that method in animation for the Internet. The article suggests the methods to reduce the movement of the animated character data stored and transmitted over network. The article also provides the practical results of the method in use.

Keywords: Animation, 3D graphics systems, animated character, motion.

1. ВВЕДЕНИЕ

Сегодня анимация персонажа входит в число лидеров программной индустрии. Она занимает не последнее место в создании современных фильмов, позволяя воплотить всю полноту фантазии сценаристов добавлением в фильм фантастических героев и наделением их сверхчеловеческими способностями. Самое широкое применение компьютерная анимация персонажа находит в производстве мультфильмов. Кроме этого анимация персонажа применяется в компьютерных симуляторах сложных и дорогостоящих систем: авиатренажерах; тренажерах управления космическими кораблями и станциями. В таких программах необходима наивысшая детализация внешней среды и объектов управления, но главное, необходимо реалистично отображать самих участников тренинга (пилотов, космонавтов) и их действия. Вот, далеко не полный, список направлений в программной индустрии, где используется компьютерная анимация персонажа.

В условиях актуальности и популярности компьютерной анимации персонажа растет спрос на инструментальные системы и развитие их возможностей. Созданием и развитием таких сложных систем занимаются крупные корпорации. Наиболее популярными системами на сегодняшний день являются: 3D Studio Max и плагин CharacterStudio для него; Maya; Poser.

2. МЕТОДЫ АНИМАЦИИ

Рассмотрим методы анимации персонажа, которые наиболее распространены и используются в названных выше системах 3D-графики. Сам процесс создания анимированного персонажа можно условно разделить на следующие основные этапы:

- этап проектирования модели персонажа;
- этап проектирования и описания атомарного движения персонажа;
- этап генерации сложных движений на основе последовательности атомарных движений;
- этап сохранения информации о движении и последующее воспроизведение этой информации.

Проектирование модели персонажа

Наиболее простая и широко применяемая схема представления персонажа – это представление модели персонажа в виде дерева. Такой подход используется во всех названных выше системах. Суть его в следующем: скелет персонажа представляется деревом $S = D(V, E)$, где V – множество звеньев скелета (вершин дерева), E – множество соединений (ребер дерева). Такое дерево также называют кинематической схемой. За корень, как правило, принимается узел, совпадающий с центром масс персонажа, а от него отходят ветки рук, ног и т.д. [1]. С каждым звеном связываются локальная система координат и матрица перехода от предыдущего звена к текущему звену [2], [4]. Матрицы перехода зависят от значения обобщенных координат, определяющих связи между звеньями, входящими в данную кинематическую пару. Для корневого узла скелета матрица перехода определяет переход из глобальной системы отсчета в систему отсчета персонажа [3].

Такой подход очень удобен для описания движения персонажа и используется в названных системах и в методах анимации, которые будут рассмотрены ниже.

Проектирование движения

Рассмотрим наиболее известные методы проектирования движения, используемые в современных системах 3D-графики. Сам процесс движения может быть представлен семейством функций $m_1(t), m_2(t), \dots, m_n(t)$, – изменений значений обобщенных координат во времени t , где n – число обобщенных координат кинематической цепи скелета [1]. Кроме этого процесс

движения персонажа может быть описан на основе методов моделирования физики и биомеханики [5], [6]. Тогда движения персонажа могут быть представлены семейством функций $f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)$ – изменения значений напряжений в мышцах. Но такой подход требует большого количества параметров, описывающих динамическую схему персонажа. К преимуществам такого подхода можно отнести уменьшение количества информации о движении и использование физических свойств персонажа в процессе движения.

Наиболее распространенными методами проектирования движения персонажа являются:

- метод обратной кинематики;
- метод анимации по ключевым кадрам;
- процедурная анимация;
- пошаговая анимация;
- метод захвата движения.

Синтез движений

Метод синтеза движений призван упростить процесс анимации персонажа его задача – генерация движения на основе высокоуровневой модели описания движения [7]. Такой подход не требует от пользователя глубокого понимания динамики естественных движений моделируемых персонажей, все низкоуровневые детали, такие как движения каждой части тела, доработает компьютер. Синтез движений включает в себя две основные задачи:

- комбинирование движений – когда несколько движений могут быть скомбинированы в одно. комбинируемые движения могут выполняться последовательно или параллельно.
- заимствование движений – когда движения, спроектированные для одного персонажа, могут быть перенесены на другой, схожий по структуре.

3. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНИМАЦИИ ПЕРСОНАЖА В INTERNET

Описанные выше системы имеют схожую схему хранения спроектированного движения. Способ представления движений в этих системах прост: для каждого кадра хранится информация о значениях обобщенных координат кинематической цепи скелета. Такой способ представления довольно прост, универсален и обладает следующими преимуществами: не требуются какие-либо дополнительные вычисления для определения промежуточных значений обобщенных координат (поскольку движение уже сформировано); процесс движения может начаться с произвольного кадра (поскольку значения определены для каждого кадра).

Описанный подход обладает одним существенным недостатком: объем описания движения довольно велик. Это затрудняет использование анимации персонажа в сети Internet, поскольку время на передачу

информации, в данном случае, критично. Следовательно, целесообразна разработка метода описания движения ориентированного на уменьшение объема описания при сохранении его точности.

Такой метод позволит сократить временные затраты на передачу информации о движении в сети Internet и уменьшить затраты памяти на ее хранение. Это интересно не только для передачи анимации в Internet, но и при создании трехмерных сетевых игр и виртуальных симуляторов с множественным доступом, и, в целом, позволит расширить границы использования компьютерной анимации виртуального персонажа.

4. МЕТОД ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ АНИМИРОВАННОГО ПЕРСОНАЖА

Предлагается метод проектирования движения персонажа, который для задания движения использует комбинацию методов анимации по ключевым кадрам и методов интерполяции. Метод применяется для каждой конкретной обобщенной координаты скелетной модели персонажа. Для проектирования движения всей фигуры необходимо применить метод последовательно для всех обобщенных координат кинематической схемы скелета.

Содержание метода состоит в следующем:

- 1) Определяется последовательность ключевых кадров движения
- 2) Для каждого ключевого кадра задаются значение и скорость изменения обобщенной координаты
- 3) Значения в промежуточных кадрах строятся методом интерполяции кубическим сплайном (предлагается использовать метод интерполяции сплайном Эрмита). Условия, налагаемые на кривые изменения значений обобщенных координат следующие:

$$c(0) = h_0; c(1) = h_1; c'(0) = h_2; c'(1) = h_3,$$

где $c(t)$ – искомая кривая, которая изменяется на отрезке времени от 0 до 1, h_0 и h_1 – значения обобщенной координаты в ключевых кадрах, h_2 и h_3 – значения скоростей в ключевых кадрах. Кривая $c(t)$ ищется в виде кубического полинома $c(t) = at^3 + bt^2 + dt + e$. Применив описанные выше условия, получим систему из 4 линейных уравнений. Решение данной системы даст нам выражение коэффициентов a , b , d и e через значения h_0 , h_1 , h_2 и h_3 .

Для описания движения на отрезках между ключевыми кадрами можно использовать коэффициенты сплайна Эрмита, но это потребует задания 4 значений для каждого отрезка. Конечно, экономия памяти уже велика, поскольку количество хранимых значений снижается с N (количество кадров) до 4. Но возможно и еще более уменьшить объем описания.

Поскольку для задания движения использовалась интерполяция кубическими сплайнами, кривые движения на отрезках между ключевыми кадрами будут представлены кубическими полиномами $P_3(t)$. Дважды продифференцировав полиномы движения, мы получим прямые, которые описывают изменения значений обобщенных ускорений. Данные прямые могут быть определены двумя значениями (начальным положением и углом наклона). Следовательно, использование обобщенных ускорений для описания функций изменения значений обобщенных координат позволяет сократить количество хранимых значений до 2 значений на каждый отрезок.

Наряду с предложенным методом, для дальнейшего уменьшения объема описания используется метод обратной кинематики. Для описания движения персонажа используются не все обобщенные координаты скелетной модели, а только некоторые “ключевые”. Значения остальных рассчитывается в процессе движения на основе информации о “ключевых”. Например, из описания могут быть исключены обобщенные координаты, связанные с локтями и коленями персонажа (т.е. информация о движении сокращается на $8 \cdot N$, где N – количество кадров движения).

Методы обратной кинематики используются в описанных выше системах при проектировании движения персонажа. Но после создания движения информация о значениях в промежуточных звеньях также сохраняется в файл. В данном случае предлагается не хранить информацию о значениях обобщенных координатах в промежуточных звеньях, а вычислять их в процессе движения.

Конечно, такой подход требует дополнительных вычислений в процессе воспроизведения движений, но при вычислительной мощности современных компьютеров, временные затраты на вычисление значений промежуточных обобщенных координат несоизмеримо малы по сравнению со временем их передачи через сеть.

5. МЕТОД СЖАТИЯ ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

Если движение уже задано, т.е. создано основными методами проектирования движения (описанными в главе “Проектирование движения”) или импортировано из систем компьютерной анимации, то мы имеем набор значений обобщенных координат для кинематической схемы персонажа. Метод сжатия описания движения может быть представлен следующими шагами:

- 1) Получение кривых обобщенных ускорений. Обобщенные ускорения в каждом кадре могут быть вычислены следующим образом: $a(n) = vl(n) + vl(n-2) - 2vl(n-1)$, где $a(n)$ – обобщенное

ускорение для кадра n ($2 \leq n \leq N$), $vl(n)$ – значение обобщенной координаты в кадре n .

- 2) Линеаризация полученных кривых. Предлагается два условия линеаризации:
 - a) $|a(n) - a(n)| \leq \epsilon$ т.е. разница исходного и линеаризованного значений ускорений не превосходит константу ϵ .
 - b) $|vl1(n) - vl(n)| \leq \delta$, т.е. разница исходного и полученного после линеаризации значений обобщенной координаты не превосходит константу δ .
- 3) Для описания полученных обобщенных ускорений вычисляются начальные значения и угол наклона. Данные переписываются в новый формат.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе демонстрируется пример применения описанных методов. Реализация алгоритмов выполнена на языке Java, а графическое отображение на языке VRML97. Пример демонстрирует движение “ходьба” для человекоподобного робота. В движении используется 160 кадров. Для сравнения такое же движение было реализовано в системе Poser 4. Результаты были получены следующие:

- размер файла Poser = 6700 байт

- размер файла с применением описанного метода = 380 байт

То есть размер файла, созданного с применением данного метода, составляет всего 5,67% от размера файла системы Poser.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемые методы описания движения и его сжатия решают проблему уменьшения объема хранимых и передаваемых по сети данных. Применение этих методов позволит более широко использовать анимацию персонажа в сети Internet и компьютерных сетевых играх, виртуальных тренажерах с множественным доступом и в, развивающемся сейчас направлении, 3D-графике для мобильных телефонов.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Vieira da Silva, A New Interface Paradigm for Motion Capture Based Animation Systems // Eurographics Workshop on Animation and Simulation, pp. 18, 1997.
- [2] В. Тютин. “Метод кинематических цепей в моделировании сценариев трехмерного движения человека” // 7-ая всероссийская с участием стран СНГ конференция “Методы средства обработки сложной графической информации”, Н. Новгород, 15-18 сентября 2003. стр. 3.

[3] F. Sebastian Grassia. Practical Parameterization of Rotations Using the Exponential Map // The Journal of Graphics Tools, volume 3.3, pp. 13, 1998.

[4] Валерий Ли. Моделирование операций, выполняемых виртуальной моделью космонавта // Международная конференция по компьютерной графике GraphiCon 2003. стр. 5.

[5] Ильиных. Подход к параметризации движений в компьютерной анимации персонажа // Международная конференция по компьютерной графике GraphiCon 2003. стр. 4

[6] Alexander Savenko. A Biomechanics-Based Model for the Animation of Human Locomotion // The 9-th International Conference on Computer Graphics & Vision GraphiCon 1999, pp. 6.

[7] Семакин М. М. Метод синтеза движений в задачах трехмерной компьютерной анимации // Международная конференция по компьютерной графике GraphiCon 2003. стр. 8.

Об авторе

Тютин Владимир Владимирович – аспирант факультета ВМК Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, тел. (8312)64-20-50

e-mail: vtutin@telma.kis.ru e-mail: vtyutin@yandex.ru