

Модуль 1 «Математические модели геометрических объектов»

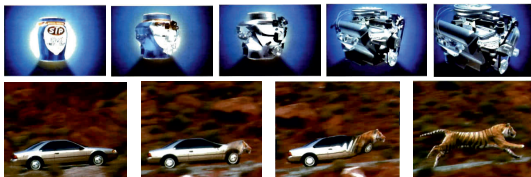
Лекция 13 «Компьютерная анимация»

к.ф.-м.н., доц. каф. ФН-11, Захаров Андрей Алексеевич,
ауд.: 930а(УЛК)
моб.: 8-910-461-70-04,
email: azaharov@bmstu.ru



МГТУ им. Н.Э. Баумана

20 мая 2018 г.



В настоящее время методы компьютерной графики широко используются для анимации в различных сферах, включая индустрию развлечений (кино и мультфильмы), рекламу, научные и инженерные исследования, обучение. Под анимацией подразумевается не только движение объектов, термином *компьютерная анимация* обычно называют любую последовательность видимых изменений изображения. Помимо изменения положения объекта путём трансляции или вращения, компьютерная анимация может отображать изменение во времени размера объекта, его цвета, степени прозрачности и текстуры поверхности. В анимации в рекламе часто используется преобразование одного объекта в другой. Кроме того, компьютерную анимацию можно получать, меняя такие параметры камеры, как положение, ориентация или фокусное расстояние. Для получения компьютерной анимации можно также менять эффекты освещения или другие параметры, связанные с освещением и визуализацией.

Компьютерная анимация берет свое начало из мультипликации и анимационных фильмов. Тогда они состояли из серии неподвижных изображений или кадров (*frames*), которые, при быстром показе воспроизводили иллюзию непрерывно движущегося изображения. Этот метод представления последовательности дискретных кадров, привязанных к определённой частоте, известен как покадровая анимация (*frame-based animation*).

Исторически фильм снимали и воспроизводили со скоростью 24 кадра в секунду (24 FPS — frames per second). Эта скорость была достаточной для больших проекционных экранов в условиях низкой освещённости. Однако наши органы чувств фактически способны воспринимать и оценивать изменения, которые происходят при более высоких частотах: от 30 и до 60 или даже более FPS.

Ранние компьютерные анимационные программы эмулировали этот метод, представляя на дисплее чередование неподвижных изображений, сгенерированные программой для каждого кадра. Например, в Adobe Flash была изначально принята конвенция 24 FPS. Медленные компьютеры с трудом отрисовывали изображения с большой частотой.

В наши дни в мире компьютерной анимации и 3D-игр частота кадров изменилась, например, Flash поддерживает 60 FPS.

Покадровая анимация имеет один серьезный недостаток: она привязывается к определённой частоте кадров, из-за чего её невозможно воспроизвести на более высокой частоте, даже если система может её поддерживать. Типичный пример — недостаточная дискретизация периодического движения колеса при которой кажется, что колесо вращается в обратную сторону. Поскольку колесо совершает $3/4$ оборота каждую $1/24$ секунды, то кажется, что колесо, вращается в противоположном направлении (против часовой стрелки).

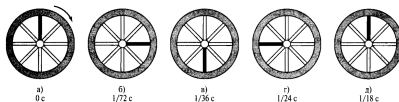


Рис.: Пять положений спицы за один оборот колеса, вращающегося с частотой 18 оборотов в секунду по часовой стрелке

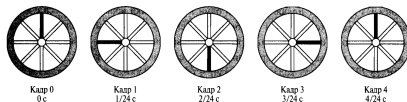


Рис.: Первые пять кадров фильма с изображением вращающегося колеса, сгенерированные с частотой 24 кадра в секунду

Анимация по времени (*time-based animation*), решает эту проблему. В этом методе, используется непрерывная зависимость положений и атрибутов графических объектов от времени, а не дискретная. Таким образом, компьютер может получить изображение в любой момент времени и обеспечить наилучшее воспроизведение анимации и плавные переходы.

Интерполяция и построение промежуточных отображений

Анимация по времени требует задания непрерывных от времени функций. Часто их расчёт или получение значений для каждого момента времени может представлять собой достаточно сложную задачу. Поэтому часто используют метод генерации промежуточных кадров (*tweening*), которые лежат между парой других кадров, называемых ключевыми (*key frames*). Например, ключевые кадры можно рассчитывать каждые полсекунды или когда персонаж находится в каких-то в определённых позициях, а компьютер генерирует промежуточные значения, используя более простые формулы интерполяции.



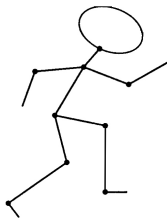


Рис.: Простая шарнирная фигура

Стандартной техникой анимации людей, животных, насекомых и других существ является их моделирование в форме *шарнирных фигур* (*articulated figures*) — иерархических структур, составленных из набора жёстких соединений, соединённых шарнирами. Т.е. анимируемые объекты моделируются как движущиеся фигуры из брусков, или как упрощённые скелеты, на которые позднее можно натянуть поверхности, представляющие кожу, волосы, мех, перья, одежду или другие внешние оболочки.

Анимация шарнирной фигуры

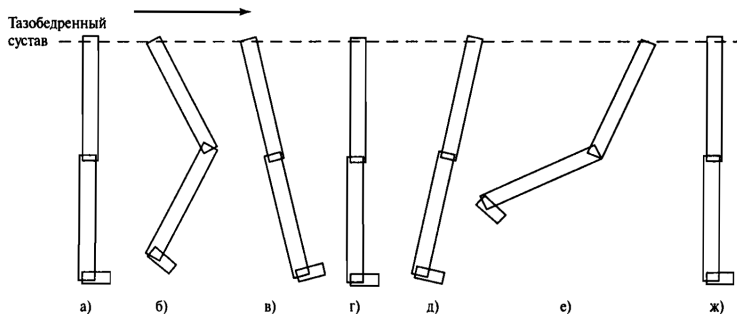


Рис.: Ряд базовых движений ноги при ходьбе.

При движении фигуры другие шарниры также совершают различные движения. Синусоидальное движение, часто с меняющейся амплитудой, можно применить к бедрам, чтобы они двигались относительно торса. Подобным образом поперечное или качательное движение можно сообщить плечам, кроме того, при ходьбе может раскачиваться голова.

Анимация внешних покровов

Внешний покров объектов, представляющий кожу, волосы, мех, перья, одежду и т.п. часто также требуется анимировать. Его анимация (*skinned animation*, *skeletal animation*, *single mesh animation*) включает изменения положения вершин сетки полигонов, описывающих покров, с течением времени. Данная анимация применяется вместе с анимацией шарнирной фигуры (скелета). Дополнительные данные определяют как изменение скелета влияет на изменения внешних покровов в различных частях сетки.

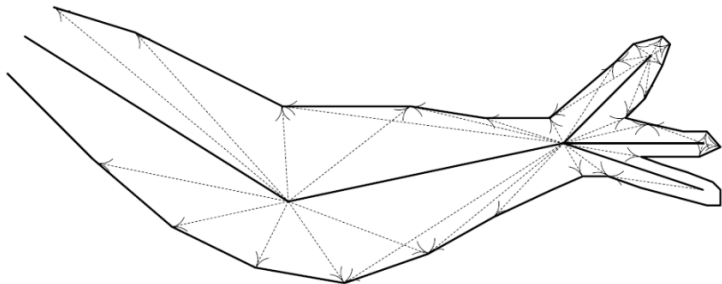


Анимация внешних покровов

Для каждой вершины треугольной сетки имеется некоторые известные части скелета (кости), от которых она зависит, и весовые коэффициенты (*blend weight* или *vertex weight*), определяющие степень этой зависимости. Эти зависимости не изменяются в ходе анимации, поэтому для каждого модели они указаны только один раз.

Каждая кость определяет некоторое преобразование (например, вращение или перемещение) и для каждой вершины используется взвешенная сумма этих преобразований, которая определяет положения вершины во время анимации.

Т.о. анимация определяется только для скелета — она описывает, как кости скелета движутся во время анимации.



Анимация отдельных деталей покрова

Для анимации отдельных деталей покрова можно использовать интерполяцию для вычисления положения вершин сетки полигонов. Такой способ анимации называется морфингом (*morphing* или *morph target animation*). В этом случае выбираются некоторые вершины сетки, которые выполняют роль контрольных узлов интерполяции. Затем анимация использует интерполированные значения для получения промежуточных значений вершин в сетке. Этот способ отлично подходит для выражений лица и других мелких деталей, для которых в этом случае не нужно специально детализировать скелетное представление.

