

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ АНИМАЦИИ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОСПРИЯТИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Недзьведь А. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: e-mail: nedzveda@tut.by*

Анимация используется для отображения динамических процессов, происходящих в реальном мире. Структура анимированных объектов как правило имеет сложную структуру, каждый элемент которой необходимо обработать для представления движения на видео. Одним из простейших примеров является волнообразная анимация, в которой положение объекта меняется по гармоническому закону. В простейшем случае движение может быть описано уравнением движения $y = \sin(x)$. Таким образом, для представления анимации необходимы объект, фон и уравнения движения объекта. Существует еще ряд дополнительных объектов анимации, определяющих технологию отрисовки, например, процент перерисовки объекта, характеристики смещения. Кроме того, в анимации присутствуют примеры, где динамически меняется фон и форма самого объекта. Таким образом необходимо определить объект анимации, как элемент, который меняет свое положение в пространстве [1].

В настоящее время используются следующие методы анимации:

1. Спрайтовая анимация – анимация, реализуемая при помощи выделения объекта анимации как отдельного объекта, реализованного отдельно либо аппаратным, либо программным способом.

2. Морфинг – преобразование одного графического образа в другой за счет генерации заданного числа промежуточных кадров для обеспечения плавного перехода начального образа в конечный.

3. Анимация цветом – положение объектов не изменяется, меняется лишь цвет, в результате может возникать иллюзия геометрического смещения объекта.

4. 3D-анимация, отражающая проекцию трехмерной сцены на изображение.

5. Метод ключевых или опорных кадров (keyframing) – является наиболее распространённым способом создания анимации. Ключевым событием может являться не только изменение параметров одного из возможных преобразований объекта (положения, поворота или масштаба), но также изменение любого из допускающих анимацию параметров (свойства источников света, материалов и др.). После определения всех ключевых кадров система компьютерной анимации выполняет автоматический расчёт событий анимации для всех остальных кадров, занимающих промежуточное положение между ключевыми – промежуточных кадров.

6. Процедурная анимация – используется для моделирования движений, или эффектов, которые трудно воспроизвести с помощью ключевых кадров. В процедурной анимации рассчитывают текущие значения параметров анимации, основываясь на начальных значениях, заданных пользователем, и на математических выражениях, описывающих изменение параметров во времени.

7. Инверсная (обратная) и прямая кинематика. Инверсная кинематика – движение задаётся перемещением самого младшего объекта-потомка, что заставляет всю остальную цепочку перемещаться в соответствии с ограничениями на работу

сочленений объектов. В отличие от метода прямой кинематики, метод обратной кинематики допускает получение нескольких решений при наличии множества сочленений объектов.

Все эти методы предполагают наличие сложных структур, где сам анимированный объект может состоять из группы других анимированных объектов, например, динамически меняющийся фон может быть представлен в виде элементарных кубиков, которые взаимодействуют через уравнение Навье-Стокса [2]:

$$\frac{\partial \bar{\mathbf{u}}}{\partial t} = -(\bar{\mathbf{u}} \cdot \nabla) \bar{\mathbf{u}} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vartheta \nabla^2 \bar{\mathbf{u}} + F_{ext} \quad (1)$$

где $\bar{\mathbf{u}}$ – это традиционное обозначение поля скорости (состоит из компонент по \mathbf{x} и \mathbf{y} направлениям – обозначаются они соответственно, как \mathbf{u} и \mathbf{v}), p – это давление, t – время, ρ – плотность среды, ϑ – кинематический коэффициент вязкости, F_{ext} – какие-либо внешние силы действующие на объект, ∇ – операция вычисления градиента.

В уравнении Навье-Стокса можно выделить пять частей:

$\frac{\partial \bar{\mathbf{u}}}{\partial t}$ – изменение скорости объекта, $(\bar{\mathbf{u}} \cdot \nabla) \bar{\mathbf{u}}$ – перемещение объекта, $\frac{1}{\rho} \nabla p$ – давление, оказываемое на объект, $\vartheta \nabla^2 \bar{\mathbf{u}}$ – вязкость среды, F_{ext} – внешние силы, воздействующие на объект [3]. Следует отметить, что последние три части формируются окружающими объектами анимации, давление и вязкость описывают воздействие схожих соседних объектов то внешние силы формируются принципиально отличным объектом. Например, при анимации движения лодки по воде, вода образует фон. Она формируется из мелких однородных объектов, таких как шар или квадрат. Для этих мелких объектов справедливо определение давления и вязкости. Лодка является крупным однородным объектом и в данном случае ее движение формирует внешнее воздействие. Таким образом формируется система уравнений, в которой все объекты анимации связаны и эта система должна решаться в реальном времени. Достичь подобного результата можно посредством использования потенциала современных видеокарт [4]. Уравнения можно представить в виде математических функций, выходы которых зависят только от входных данных и констант, таким образом перенеся часть вычислений в шейдеры, или определить вычисления в пиксельных конвейерах, что позволяет получить значительное ускорение при вычислении анимации.

Кроме того, все анимированные объекты можно представить в виде системы непересекающихся множеств (disjoint-set-union или DSU) [5] в качестве расстояния учитывая положение, размеры и форму объекта анимации как на рис. 1.

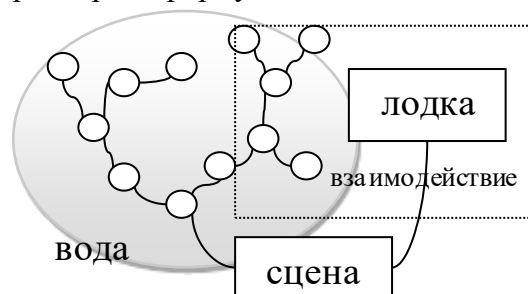


Рис. 1. Пример лодки и воды в виде системы непересекающихся множеств

Хранить структуру данных объектов анимации удобно в виде леса, то есть DSU становится системой непересекающихся деревьев. Все элементы одного множества объектов анимации лежат в одном соответствующем дереве, представитель дерева – его корень, слияние множеств суть просто объединение двух деревьев в одно. Такая идея с двумя эвристиками принадлежности объекта и положения ведет к высокому быстродействию получившейся структуры.

Таким образом сгруппировать вычисления используя структуру дерева графа, исключив повторяющиеся вычисления просто используя сдвиг, определяемый ветвями графа. По двум элементам в системе можно: 1) узнать, находятся ли они в одном множестве; 2) объединить множества, содержащие общую оценку.

Подобный подход к анимации позволяет рассматривать сцену как полноценный анимированный объект, который лежит в корне вычислений и содержит в своей структуре другие объекты. Этот подход особенно важен для формирования общего настроения при просмотре, так как эффекты изменения фона около основного объекта анимации влияют на когнитивное восприятие анимации пользователем.

Литература

1. Ларин, С. В. Методика обучения математике: компьютерная анимация в среде Geogebra : учебное пособие для вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 233 с
2. Темам Р. Уравнения Навье — Стокса. Теория и численный анализ. — 2-е изд. — М.: Мир, 1981. — 408 с.
3. Хохлова Ю. Симуляция динамики жидкости и ее взаимодействие с твердой поверхностью средствами графических ускорителей //Ю. Хохлова, Д. Гладкий, и др./ ГрафиКон'2012: 22-я Международная конференция по компьютерной графике и зрению: Москва, МГУ имени Ломоносова, 01-05 октября 2012 г.: Труды конференции. – М.: МАКС Пресс, 2012, С. 180-183
4. Боресков А. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: Учеб. пособие // А. Боресков и др. / М.: Изд-во МГУ, 2012. – 336 с.
5. Т. Кормен. Алгоритмы. Построение и анализ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн / Издательство «Вильямс», 2013. – 1324с.