

Редактор для создания реалистичных физически корректных моделей эффектов для ландшафта

Александр Сергеевич Иванюк*, Алексей Игоревич Потапов, Алексей Александрович Щекин

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

{tride.a, waaarh, izgoj}@gmail.com

Аннотация

В работе обсуждается создание программной среды для моделирования физических эффектов виртуальной реальности на ландшафте с широким использованием графических процессоров (GPU) для обеспечения реального времени моделирования. Показан редактор для расчета динамики атмосферы в приповерхностном слое на основе уравнений Навье-Стокса.

Ключевые слова: GPGPU, виртуальная реальность, проектирование ландшафтов, моделирование газодинамики

1. ВВЕДЕНИЕ

Для компьютерных игр создаются целые миры, в которых виртуальные герои побеждают виртуальных драконов. Необходимость рассмотрения сцен проекта с различных точек наблюдения, оценки проекта в динамике, при перемещении наблюдателя в пространстве разрабатываемой архитектурной среды, возникает и на этапе согласования, и сдачи проекта заказчику, когда наличие возможности «пройтись» по будущему парку или скверу, оценить, каким он будет в то или иное время года или суток, как он будет выглядеть через несколько лет, позволяет более взвешенно подойти к оценке качества проекта [1]. Необходимо моделировать физику явлений подобную реальной (гравитация, свойства воды, столкновение с предметами и т. п.). Для создания убедительного комплекса ощущений реальности компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности должен производиться в реальном времени. Часто физика явлений очень сложна и рассчитывать её в реальном времени не получается, поэтому есть смысл использовать предварительные расчеты.

2. СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ

При большом разнообразии 3D-пакетов, лишь очень немногие из них имеют эффективные средства для работы с ландшафтами. Можно выделить пять основных генераторов ландшафта Bryce 3D, Terragen, MojoWorld, Vue d'Esprit, Vista Pro. Редакторы с разной степенью успешности справляются с генерацией фотореалистичного ландшафта. Слабым местом практически всех редакторов является анимация природных эффектов, таких как рябь на воде, колыбание травы и т. д. Например, в Bryce 3D есть анимация воды, дыма, погодных эффектов, но они недостаточно реалистичны. В Terragen [5] даже нельзя создать растения. В MojoWorld есть возможность

воздействовать на воду и деревья, но качество графики низкое.

В Vue d'Esprit [4] есть волны и анимация растительности, но очень примитивные. Vista Pro [3] анимацию растительности и воды не поддерживает. Таким образом, можно видеть, что есть потребность сделать редактор для физически корректных моделей явлений природы, таких как волны, ветер, дымка и тому подобное

3. ОПИСАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НОВОМУ РЕДАКТОРУ

Итак, идея этой работы состоит в том, чтобы сделать редактор, конструирующий физически-корректные модели различных атмосферных явлений. Редактор должен позволять следующее:

1. редактировать ландшафт: детали рельефа, растительность, задавать физические условия для моделирования
2. в реальном времени просматривать результаты такового моделирования
3. позволять сохранять результаты в некотором виде, который сможет быть использован для воспроизведения в дальнейшем, не тратя вычислительные мощности на моделирование.

Таким образом, будут получены визуальные и физические эффекты, согласованные друг с другом.

4. ДЕТАЛИ РЕАЛИЗАЦИИ

Представление ландшафта

Ландшафт представляется картой высот. В геометрическом смысле рельеф представлен трехсторонними полигонами, соединяющими точки, являющиеся уровнями высот карты рельефа. Для оптимизации рельефа, производится разбиение карты на отдельные блоки. Число клеток блока должно быть равно $n=2m$, где $m \in \mathbb{O}[1, \dots]$, число вершин блока $k=2m+1$. Данные блоки растеризуются с отдельной текстурой и осуществляются при рендеринге отбрасывание, не входящих в видовой объем с использованием техники Quadrees.

Моделирование текущих сред

Одной и важных частей редактора является моделирование и визуальное представление текущих сред — воздуха (как движение ветра) и воды. Моделирование данных сред в редакторе производится на основе уравнения Навье-Стокса,

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -(u \cdot \nabla)u + \nu \nabla^2 u + f \quad \text{представленного в следующей форме:}$$
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -(u \cdot \nabla)\rho + k \nabla^2 \rho + S \quad (1)$$

где введены следующие обозначения: u – поле скоростей среды, ν - кинематическая вязкость, f – поле внешних сил, ρ – плотность среды. Следуя [8] уравнения (1), в частных производных, заменяются на системы разностных уравнений. При этом каждый раз для моделирования изменения поля при переходе от момента времени t_0 к моменту времени $t_0 + dt$ мы проходим через следующую последовательность шагов в соответствии со смыслом компонентов уравнения Навье-Стокса:

1. Изменяем поле скоростей текучей среды как результат диффузии, решая системы линейных уравнений вида

$$\bar{u}_{i,j} = u_{i,j} - a * (u_{i-1,j} + u_{i+1,j} + u_{i,j-1} + u_{i,j+1} - 4 * u_{i,j}) \quad (2)$$

где u – значение поля скоростей в момент времени t_0 , а \bar{u} – в момент времени t_0+dt

2. подвергаем поле скоростей изменению под действием компоненты, отвечающей за конвекцию среды;
3. производим специальную корректировку для того, чтобы в моделировании соблюдался закон сохранения массы.

Данный метод был выбран потому, что

1. он ориентирован на создание именно визуальных эффектов, а значит характеризуется устойчивостью;
2. при любом разумном шаге интегрирования и размере сетки результаты моделирования будут похожи на физически достоверные.

Именно поэтому на визуализируемой сцене может быть смоделировано огромное число эффектов, включая как те, которые были заранее просчитаны, так и те, которые требуют взаимодействия с подвижными объектами и потому должны моделироваться в реальном времени. Все эффекты будут выглядеть корректно, а для регулирования уровня загрузки CPU размер сетки для моделирования может динамически изменяться в зависимости от расстояния до камеры.

Была выполнена реализация алгоритма на CPU и OpenCL с распараллеливанием вычислений. Учитывая, что в процессе вычислений применяется неявный метод, распараллеливанию были подвергнуты лишь некоторые части численной модели. Результаты сравнения на компьютере с AMD Athlon x64 QL-65, видеокартой Radeon 4570, 2 GB Ram, Windows 7 x64 приведены в таблице.

| Размер сетки \ тип реализации модели | CPU, fps | OpenCL, fps |
|--------------------------------------|----------|-------------|
| 10x10 | 290 | 285 |
| 30x30 | 220 | 200 |
| 70x70 | 60-63 | 75-80 |

Ниже приведены изображение, полученные в результате моделирования воздействия ветра на дым.

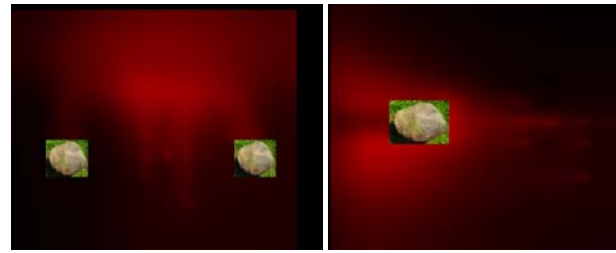


Рис.1. Огибание препятствий облаком дыма (красный). Ветер - снизу вверх (слева) и справа налево (справа).

Растительность и вода

В редактор планируется ввести возможность моделирования воздействия ветра на травянистую поверхность и модель движения воды.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для редактора произведен поиск, оценка и реализация метода моделирования текучих сред, выполнена начальная реализация ландшафта.

Планируется добавить возможность редактирования ландшафта, водных поверхностей и растительности, а также проводить моделирование воздействия воздушных потоков на них.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Черников С.С. Среда для создания виртуальной реальности при разработке ландшафтного дизайна и малых архитектурных форм /Материалы конференции «Технологии Microsoft в теории и практике программирования», Нижний Новгород, 19–20 марта 2008 г.
- [2] Animatek World Builder 3.0 Pro Review, - (electronic resource: <http://www.creative-3d.net/productFeatureDisplay.cfm>)
- [3] Vistapro 4.1.1 Review, - (electronic resource: <http://www.creative-3d.net/vistapro.cfm>)
- [4] Генераторы ландшафтов в графическом дизайне: обзор и области применения, - (electronic resource: <http://www.tugoff.ru/index.php>)
- [5] “ Краткий обзор программы Terragen” ; “Галерея компьютерной графики”, - [electronic resource] : <http://a4u.tomsk.ru/texts/files/pasha.0012/>
- [6] Визуализация лесных массивов и рельефа местности в реальном времени, - [electronic resource] : <http://www.gamedev.ru/code/articles/?id=4211>
- [7] Willem H. de Boer; Fast Terrain Rendering Using Geometrical MipMapping; E-mersion Project; October 2000
- [8] Jos Stam. Real-time fluid dynamics for games; GDC 2003 proceedings.