

УДК 681.3

МЕТОДЫ СИНТЕЗА РЕАЛИСТИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
РЕЛЬЕФОВ И ЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ТРЕХМЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ
ГРАФИКИ

Зори С.А., Лисеенко В.В.

Донецкий национальный технический университет
liseenkovitaliy.vladimirovich@gmail.com

Рассматриваются основные современные методы построения изображений рельефов и ландшафтов для исследования эффективности их реализации на параллельных вычислительных архитектурах систем компьютерной графики.

Введение

В сложных высокореалистичных системах виртуальной и расширенной реальности, гео-информационных системах, тренажерах и симуляторах, при проектировании ландшафтного дизайна и строительства, компьютерных видеоигр и пр. одной из главных задач синтеза визуальной обстановки является генерация изображений рельефов местности.

Сегодня существует большое количество методов синтеза изображений рельефов и ландшафтов, эффективность использования и реализации которых существенно повышается в связи с наличием высокопроизводительных GPU и новейших технологий вычислений общего назначения на них (CUDA (NVidia), FireStream (ATI) и пр.).

Постановка задачи

Наиболее естественным векторным форматом представления информации о рельефах и ландшафтах являются иррегулярные сети треугольников, кусочно-линейно аппроксимирующие моделируемый рельеф ρ сетью треугольников. Растровые форматы, являющиеся двумерными сеточными функциями с регулярным шагом, типично представлены картами высот (цифровые модели местности – ЦММ) $h: R^2 \rightarrow R$, такой что $\rho(x, z) = [x, h(x, z), z]; x, z \in [0, W], y \in [0, H]$, где W и H – ширина и высота карты высот соответственно и де-факто есть основным входным форматом.

Для выполнения задач визуализации в реальном времени необходима скорость смены кадров в пределах 25-50 FPS. Современные графические системы на базе ПК могут обеспечить производительность синтеза на уровне 10^8 треугольников в секунду, что является недостаточным для моделирования реальных ЦММ большого объема. Следовательно, для увеличения производительности методов визуализации необходимо максимально эффективно применять распараллеливание большинства вычислений.

Таким образом, задачу синтеза реалистичных изображений рельефов и ландшафтов можно свести к построению точной полигональной аппроксимации по карте высот и ее визуализации в реальном времени с учетом эффектов освещения и затенения, что невозможно без применения высокопроизводительных параллельных вычислений.

Анализ алгоритмов визуализации рельефов

Целевая полигональная сеть может быть построена из композиции как отдельных треугольников, так и связанных семейств треугольников, называемых заплатками или патчами, что является более эффективным подходом. Типичные структуры данных, с использованием которых может быть реализовано построение LOD:

- сеть треугольников со вспомогательной информацией в виде дерева либо другой структуры данных;
- множество одномерных заплаток, размещенных мозаичным способом;
- дерево, типично бинарное дерево треугольников или квадродерево квадратов, содержащее в узлах треугольники или заплатки (патчи);
- множество концентрических симметричных тесселированных фигур, типично окружностей или квадратов с вырезанным центром.

Техника геометрического мипмаппинга (GeoMipmaps) [1] - для каждого квадратного блока предварительно создается цепочка уровней детализации (блоки), геометрические данные которых перераспределяются для эффективной RT-визуализации. Выбор визуализируемого уровня детализации делается на основе расстояния до наблюдателя и предварительно рассчитанной оценки экранной ошибки. Разрывы на границах блоков устраняются динамической коррекцией индексирования вершин, расположенных на границе блока с большей детализацией, обеспечивающей исключение вершин, вызывающих разрывы.

Геометрические карты отсечения (Geometry Clipmaps) [2] – позволяет перенести существенную часть процесса построения LOD на аппаратные блоки видеоадаптера. VD-аппроксимация визуализируемого ландшафта кешируется в LVM как мипмап-пирамида, каждый следующий уровень которой представляет участок карты высот, охватывающий в 2 раза большую площадь. В процессе передвижения камеры, уровни пирамиды сдвигаются, а недостающие данные инкрементно загружаются в LVM.

Иерархическая триангуляция на основе квадродеревьев и бинарных деревьев треугольников. Основная идея описываемых алгоритмов в создании иерархии полурегулярных сеток LOD посредством итеративных детализации или огрубления базовых геометрических моделей. Детализация заключается в итеративной бисекции основания равнобедренного прямоугольного треугольника, порождающей два подобных треугольника меньших размеров [3]. При огрублении используется обратный процесс – пары прямоугольных треугольников итеративно объединяются.

Классическим алгоритмом, использующим иерархическую триангуляцию на основе бинарных деревьев треугольников, является ROAM [4]. Он основан на бинарном дереве треугольников, которое является специальным случаем итеративной бисекции основания треугольника по базовой вершине. В процессе операции детализации, пара треугольников разбивается по общей базовой вершине, находящейся на смежных основаниях (рис. 1).

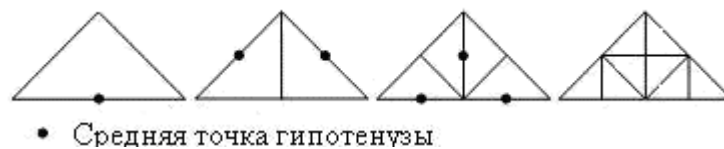


Рисунок 1 – Итеративная бисекция основания

Алгоритм триангуляции ROAM основан на поддержании двух очередей с приоритетами – очереди разбиений и очереди объединений. В момент визуализации из этих очередей производится выборка и поддерживаемое бинарное дерево обновляется соответствующе, что позволяет эффективно использовать межкадровую когерентность обрабатываемых данных и обновлять конечные полосы треугольников инкрементально. Приоритеты разбиений и объединений основаны на оценке ошибки, определенной на множестве треугольников.

Экспериментальное исследование характеристик алгоритма ROAM

Программная реализация алгоритма ROAM позволяет экспериментально определить качественные и количественные характеристики с целью определения эффективности его реализации на параллельной архитектуре графического процессора: время загрузки карты высот с файла (табл. 1), количество кадров в секунду – FPS (табл. 2), количество выводимых треугольников, а также их зависимость от факторов освещения (рис.2), текстурирования и т.д.

Экспериментальные характеристики получены с использованием ПК с процессором Intel Pentium P6100 2 ГГц, ОЗУ - 3 Гб, интегрированной видеокартой – Intel HD.

Таблица 1 – Время загрузки карт высот

Размер карты высот, пикселей	Время загрузки, мс
2048x2048	5-6
1024x1024	1-2
512x512	1
256x256	1

Таблица 2 – Временная зависимость построения кадра

Кол-во сценарных полигонов, шт	Время вывода, мс (карта 2048x2048)	Время вывода, мс (карта 1024x1024)	Время вывода, мс (карта 512x512)
50000	71	71	-
40000	58	55	-
30000	45	40	41
20000	31	28	28
10000	18	15	16

Зависимость количества выводимых треугольников и количества кадров от размера карты высот приведено на рис. 2.

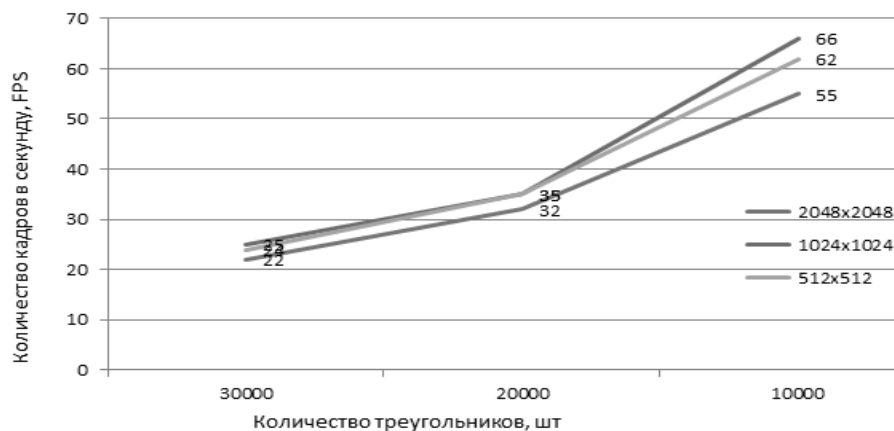


Рисунок 2 - Зависимость количества выводимых треугольников и количества кадров от размера карты высот

Полученные экспериментальные характеристики показывают, что с увеличением размера карт и использованием различных визуальных эффектов таких, как освещение, текстурирование, производительность алгоритма падает экспоненциально. Таким образом, увеличение производительности возможно за счет разбиения карты высот на патчи и дальнейшей их параллельной обработки на архитектурах GPU, выполняющих параллельные вычисления.

Выводы

В ходе проведения исследования проблемы были проанализированы существующие решения задачи реализации синтеза реалистичных изображений рельефов и ландшафтов. С точки зрения поставленной задачи, наибольшее соотношение скорость/качество при визуализации статического рельефа показывают алгоритмы, использующие иерархическую триангуляцию на основе квадродеревьев и бинарных деревьев треугольников, которые можно распараллелить и реализовать с использованием современных высокопроизводительных параллельных вычислительных систем.

В дальнейшем исследования будут вестись в направлениях исследования возможности реализации алгоритмов, дающих наиболее реалистичные изображения, на параллельных архитектурах вычислительных систем, включая архитектуры GPU современных видеокарт ПК, и оценка ее эффективности, а также создания прототипа программной системы синтеза с использованием параллельных архитектур GPU, и анализа характеристик процесса синтеза в сравнении с «классическим» решением задачи.

Список литературы

1. Willem H. de Boer: Fast Terrain Rendering Using Geometrical MipMapping, E mersion Project, October 2000.
2. Losasso F. and Hoppe H. Geometry clipmaps: terrain rendering using nested regular grids. ACM Trans. Graph., 23(3):769–776, 2004.
3. Lindstrom, P., Koller, D., Hodges, L.F., Ribarsky, W., Faust, N., Turner, G.: Level-of-detail management for real-time rendering of phototextured terrain. Tech. rep., Graphics, Visualization, and Usability Center, Georgia Tech (1995). TR 95-06
4. Duchaineau, M., Wolinsky, M., Sigeti, D.E., Miller, M.C., Aldrich, C., Mineev-Weinstein, M.B.: ROAMing terrain: Realtime optimally adapting meshes. In: Proceedings IEEE Visualization, pp. 81–88 (1997).

Получено 08.09.2011