

Разработка моделей ландшафта с высоким уровнем детализации на значительных площадях

Development of landscape models with a high level of detail for large areas

Ключевые слова: моделирование ландшафта – terrain modeling; моделирование рельефа – relief modeling; моделирование земной поверхности – modeling of the earth's surface; полигональная сетка – polygonal net; уровни детализации – levels of detail.

Рассматривается метод моделирования ландшафта с использованием полигональной сетки. Данный метод обеспечивает высокий уровень детализации на огромных площадях поверхности, а также необходимый уровень оптимальной дифференциации графического разрешения и детализации объектов в зависимости от дальности, повторяющих с фотографической точностью заданную область ландшафта.

Terrain modeling method, using a polygonal mesh is considered. This method provides a high level of detail on the huge surface areas, as well as the required level of differentiation best graphics resolution and detail of objects, depending on the distance, echoing a photographic landscape of a given region.

Данная работа проводилась в рамках проекта по созданию авиационного тренажера-симулятора. Предлагалось разработать модель ландшафта, которая могла бы обеспечивать высокий уровень детализации на огромных площадях земной поверхности, а также необходимый уровень оптимальной дифференциации графического разрешения и детализации объектов в зависимости от дальности, повторяющих с фотографической точностью заданную область ландшафта.

Исходными требованиями для проектирования алгоритма визуализации ландшафта были следующие:

1. Максимальное соответствие визуализации карте высот, заданной двухмерным массивом, с постоянным шагом 200 м.

2. Ландшафт не должен меняться при изменении положения наблюдателя в области, в которой визуализируются объекты, стоящие на

ГАБДРАХМАНОВ / GABDRAHMANOV R.

Руслан Магданович

(grm@uriit.ru)

аспирант, научный сотрудник
лаборатории информационно-космических технологий
Югорского НИИ информационных технологий,
Ханты-Мансийск

земле (чтобы не нужно было усложнять алгоритм визуализации объектов, заботясь о том, что объект повис в воздухе или «провалился» под ландшафт). Даже если сделать визуальную коррекцию, дополнительно будет нужно заботиться о коррекции физических расчетов, например – при выстреле в объект с корректируемой высотой.

3. Ориентация на графическую подсистему класса DirectX8 – DirectX9, с хорошей производительностью вершинного конвейера и слабой производительностью пиксельного: 2–4 текстуры за такт. Для такой системы требуется максимальный перенос нагрузки с пиксельных вычислений на уровень вершинного конвейера.

4. Визуализация растительности.

5. Объем динамически загружаемых геометрических данных в видеокарту должен быть минимальным.

6. Размер карт – до 400 x 400 км, кривизна Земли не модулируется.

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛИГОНАЛЬНОЙ СЕТКИ

Существует множество способов визуализации местности в компьютерных программах. В основном все методы направлены на снижение числа выводимых полигонов при умеренном снижении качества. На этапе проектирования было опробовано несколько классов алгоритмов. Если брать алгоритмы статической триангуляции (генерируется ландшафтный меш еще на этапе препроцессинга данных высотной карты) – они дают хорошую эффективность по числу полигонов и минимальную загрузку данных, но осложняют текстурирование [1]. Алгоритмы мгновенной генерации геометрии на основе визуальной ошибки были отклонены, так как осложняют привязку объектов к геометрии [2], требуют обработки большого объема геоме-

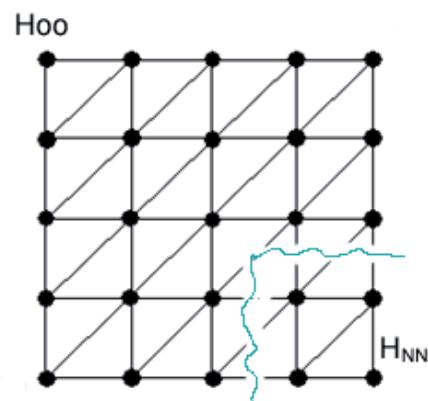


Рис. 1. Полигональная сетка с постоянным шагом

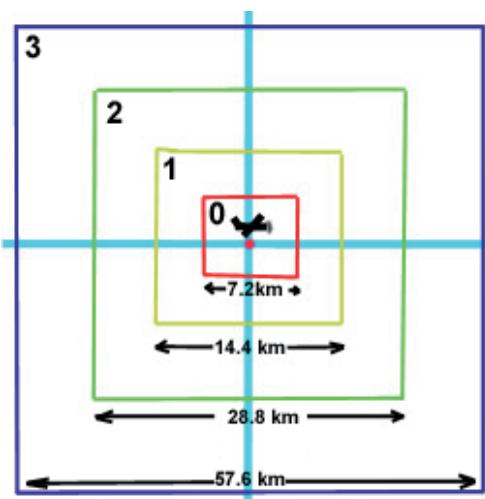


Рис. 2. Расположение зон детализации

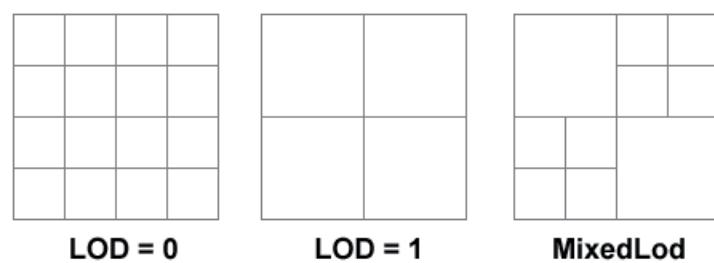


Рис. 3. Варианты разбиения подблоков

ГЕОИНФОРМАТИКА

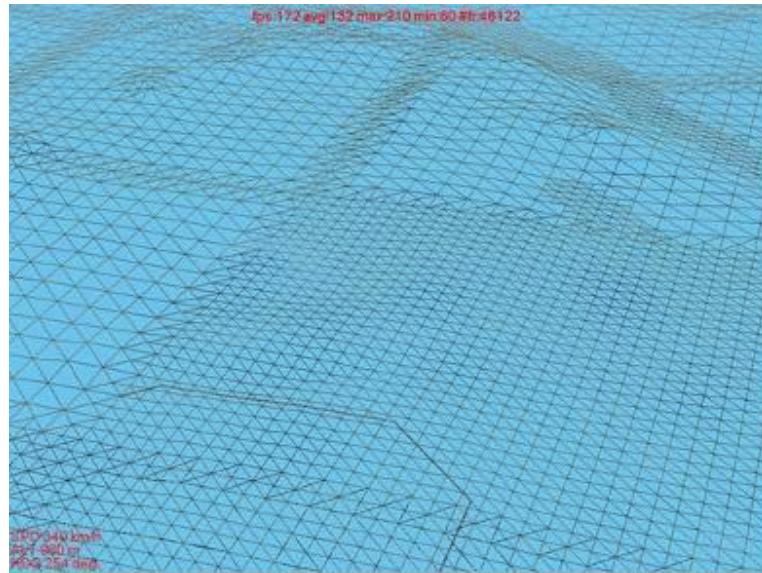


Рис. 4. Фрагмент сетки ландшафта с разными типами блоков

трических данных на каждом кадре отрисовки при изменении параметра наблюдателя (камеры).

В силу вышеперечисленных ограничений наиболее подходит метод, у которого ближняя зона детализации представлена регулярной геометрической (полигональной) сеткой с шагом 200 м, соответствующей шагу исходной высотной карты (рис. 1). Размер данной зоны должен покрывать область видимости статических объектов. Назовем ее зоной с детализацией 0 ($N \times N$ – число клеток сетки). За данным участком следуют зоны более низкой детализации (мип-уровни). На рисунке 2 показано расположение зон детализации.

Мип-уровни для геометрии вводятся, чтобы далеко стоящие части ландшафта при перспективном проецировании на экран не давали избыточной плотности полигональной сетки, по сравнению с близко расположенными. Кроме того, необходимо, чтобы уровни детализации состыковывались без т-стыков (t-junctions). Т-стыки образуются при примыкании более детальной геометрии к менее детальной, если примыкающие ребра формируются из различных вершин. Даже если эти вершины принадлежат одному уравнению прямой, ошибки растеризации приводят к появлению нежелательных зазоров между полигонами соседних уровней детализации. Поэтому в представленном алгоритме много внимания уделяется их «склейке» путем добавления дополнительных вершин к граничным ребрам сетки более низкой детальности и разбиения примыкающей геометрии на новые треугольники.

МЕТОД ПОБЛОЧНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ УРОВНЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ

Суть метода заключается в разделении ландшафта на квадратные блоки размером 6 x 6 км, это 32 x 32 массив высотных текселей.

Структура данных блока содержит:

- полигональную сетку для его рисования (основная сетка и дополнительные сетки для воды, лесов, текстур, дорог);
- текстурные данные (рассчитанные текстуры освещения, распакованная карта воды, комбинированная текстурная карта);
- вспомогательную информацию (координата центра блока, граничные объемы для отсечения (сфера, параллелепипед), наличие леса, воды, время последнего обновления данных).

Обновление данных происходит по мере движения точки наблюдения на следующий блок или при наступлении события (например, пересчет освещенности на блоке по изменению угла на солнце). Блоки сгруппированы в два массива по 12 x 12 блоков для ближней и дальней зоны. Фактически эти массивы – своеобразные окна на отображаемые данные ландшафта. При увеличении числа блоков до 24 x 24 обеспечивается дальность обзора до 72 км.

Геометрия блоков классифицируется на 3 типа (рис. 3):

- блок с детализацией уровня «0» используется в ближней зоне с радиусом менее 13 км;
- блок с детализацией уровня «1» используется для дальней зоны с радиусом более 13 км, для равнинных участков и в открытом море;

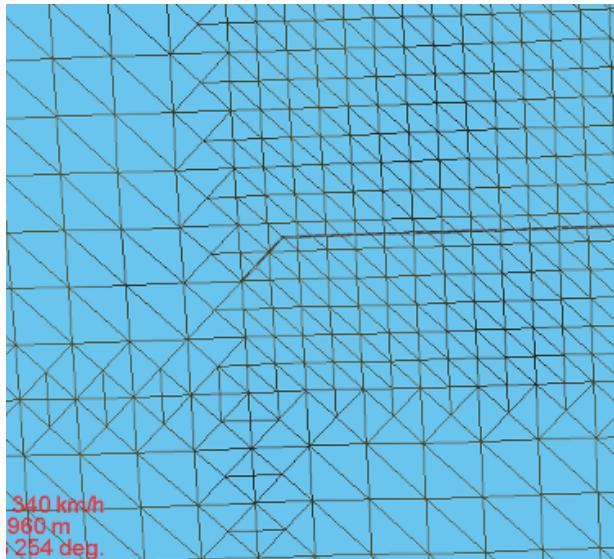


Рис. 5. Переходная зона без t-стыков

– блок с комбинированной детализацией строится для дальней зоны с радиусом более 13 км для тех областей рельефа, где требуется более точно отображать рельеф (детализация внутри блока переключается на уровень «0», в остальных – на уровень «1»).

Заранее рассчитанные первые два типа блоков позволяют делать быстрый вывод геометрии. Для смешанного блока генерация геометрии происходит мгновенно. Блок разбивается на подблоки 2 x 2, в которых анализируется уровень ошибки между реальными высотами ландшафта и геометрией уровня «1». Если уровень ошибки превышает предельный (выбранный на основе тестов таким образом, чтобы переключение уровня детализации было малозаметно для гористой местности), данный подблок замещается более детальным с уровнем «0». На основе подблоков формируется финальная геометрия. Геометрия внутри блоков и по границам строится таким образом, чтобы избежать артефактов – t-стыков. Для простоты стыковки блоков разной детализации все вершины, лежащие на границе, сводятся к уровню детализации «0» (рис. 5).

Построенная таким образом геометрия рельефа дает увеличенную дальность визуализации, мало-заметность переключения уровней детализации, более четкое отображение рельефа вдали от наблюдателя при весьма незначительном снижении быстродействия.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования и науки в рамках реализации государственного контракта № 07.524.12.4014.

Литература

1. *Policarpo F., Oliveira M., Joao L., Comba D.* Real-time relief mapping on arbitrary polygonal surfaces. – ACM SIGGRAPH – 2005.
2. *Duchaineau M., Wolinsky M., Sigeti D., Miller M., Aldrich Ch., Mineev-Weinstein M.* Roaming terrain: real-time optimally adapting meshes. – UCRL-JC-127870. – 19 October 1997.