

Отчет
о летней практике

Студента группы 4057/2
Руцкого Владимира

Постановка задачи

На летней практике я занимался частным случаем оптимизации триангуляции ландшафта.

Популярной задачей создания трёхмерной реалистичной сцены является построение ландшафта с нанесёнными на него контурами, заполненными текстурами дороги, песка, травы и т. п.

Ландшафт, как и другие объекты трёхмерной сцены, должен быть представлен набором треугольников. Особенностью ландшафта как объекта сцены в данном случае является то, что он является *∂3D* — это планарный трёхмерный объект. По сути это плоскость земли с выступами вверх в виде неровностей рельефа.

Ландшафт представляет собой триангулированную карту высот.

Для внесения контура в триангуляцию ландшафта (для последующего наложения на него текстуры), в триангуляцию добавляют дополнительные рёбра ограничений¹ по форме контура.

Часто возникают ситуации, когда различные контуры граничат друг с другом. Например: контур границы района города, по которому обрезаются контуры дорог и травы, смежен своими рёбрами с рёбрами контуров, которые он обрезает. В таком случае в триангуляции может найтись отрезок ограничения, содержащий в себе несколько других отрезков ограничений. Таким образом в триангуляции появляется набор перекрывающихся друг-друга рёбер не имеющих общих вершин.

Здесь возникает проблема: из-за погрешности вещественных типов данных в компьютере часто возникает такая ситуация, что, хотя перекрывающиеся друг-друга рёбра были получены как пересечение каких-то контуров с одним ребром секущего контура, точки перекрывающихся друг-друга рёбер не будут строго принадлежать одной прямой (или секущему ребру).

Система сцен рассчитана на возможность одновременного использования кусков сцен из разных частей Земного шара. Поэтому используется двухуровневая система позиционирования объектов: позиция *базы* в широте–долготе и позиция *XU* в локальной системе координат базы. Для перехода между системами координат баз используются различные проекции², в некоторой степени учитывающие форму Земли.

В результате использования дополнительных преобразований систем координат при построении сцен теряется точность, и при различных проекциях точек плоскости в систему координат, наложенную на геоид и обратно, точки, лежащие на одной прямой в плоскости, довольно грубо перестают лежать на одной прямой.

Здесь можно определить такое понятие как *T-вершина*³ — это вершина ребра, касающаяся внутренней части другого ребра.

Выше была показана возможная причина возникновения T-вершин. Существенным минусом T-вершин является то, что в триангуляции из-за них возникают длинные вытянутые треугольники — “дырки” триангуляции математически точно полученных рёбер. Такие треугольники являются как визуально ненужными, так и могут вносить артефакты в сцену (т. к. внутри таких треугольников, вообще говоря, не должно быть никакой текстуры).

Также из-за T-вершин может нарушаться инвариант принадлежности точки сцены контуру, что несёт дополнительные артефакты в работе различных алгоритмов.

Моей задачей было выявление причин возникновения таких треугольников и их элиминация.

Выбранный метод решения

Для уничтожения T-вершин было решено подразбивать перекрывающиеся друг-друга рёбра так, чтобы T-вершина входила во все проходящие через неё рёбра (и поэтому не являлась T-вершиной в конечной сцене).

Для этого в алгоритмы базовых операций с контурами была внесена возможность “обратной связи” в подразбиении: при добавлении новой вершины в результат операции (пересечения контуров, например) вершина также вносилась и в оригинальные контуры.

Необходимо было отследить все места в процессе построения сцены, где могли образоваться T-вершины, и внести их в лежащие на сцене контуры.

В алгоритме генерации сцены были выявлены основные места, где происходит сечение какими-либо контурами. Все подразбитые секущие контуры сохранялись в специальном хранилище.

¹англ. constraint

²например, проекция Меркатора, проекция Гаусса–Крюгера

³англ. T-vertex

Далее необходимо было найти контуры, смежные с секущими контурами, чтобы внести в них Т-вершины. Для этого строилась двухуровневая сетка по всем контурам сцены — сетка, клетками которой являются сетки, построенная так, что в каждой маленькой клетке двухуровневой сетки в среднем было одинаковое число элементов (отрезков контуров). Чтобы получить контуры, смежные к секущим контурам, достаточно было растеризовать секущие контура (с их ϵ -окрестностью) по построенной сетке и проверить на смежность найденные в клетках отрезки.

Теперь, имея информацию о контурах, смежных с секущими контурами, необходимо было внести Т-вершины в контура.

Элементарной подзадачей полученной задачи было подразбиение контура вершинами другого контура. Для этого по контуру, в который требовалось внести вершины, строилась одноуровневая сетка, и по ней производилась растеризация каждой точки второго контура. Если растеризированная вершина оказывалась в ϵ -окрестности от ребра подразбиваемого контура, она вносилась в контур.

Результаты

На сцене из порядка 70 тысяч контуров с около 6000 секущими контурами было внесено порядка 5000 дополнительных вершин.

В результате был элиминирован класс артефактов и незначительно уменьшено число полигонов в сцене.

Литература

- [1] Ф. Препарата, М. Шеймос *Вычислительная геометрия: Введение*. Мир, 1989.
- [2] Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон *Алгоритмы: построение и анализ*. Вильямс, 2-е издание, 2008.