

УДК 004.932.2

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ

Иванов А.В.¹, Албасрави Сейф², Мальчева Р.В.¹

¹ Донецкий национальный технический университет,
кафедра компьютерной инженерии, Украина

² Ирак, KIA-11mag
tahyku@list.ru

Рассматриваются существующие алгоритмы упрощения триангулированных сеток. Приведен алгоритм упрощения трехмерной модели, организованный на основе анализа треугольника. Приведены практические результаты упрощения трехмерной модели.

Упрощение полигональных моделей

В промышленности, науке, образовании, в сфере развлечений расширяется применение компьютерных изображения реальных и воображаемых объектов. Эти объекты движутся, реагируют на действия пользователя в реальном времени. При создании интерактивной трехмерной графики необходимо стремиться к максимальной реалистичности компьютерных моделей при сохранении достаточной скорости работы системы.

Часто излишняя сложность таких моделей не позволяет достаточно эффективно использовать их в интерактивных приложениях. При необходимости переноса приложения на мобильную платформу задача упрощения трехмерных объектов, которые в нем используются, становится еще более значимой. Разработано множество методов упрощения или оптимизации трехмерных моделей, позволяющих значительно уменьшить их сложность при минимальном изменении внешнего вида.

В статье описан алгоритм упрощения трехмерной модели, который основывается на анализе треугольника и его преобразовании в менее сложный элемент сетки. Также предложены критерии определения необходимости преобразования треугольника.

Методы упрощения

При анализе существующих методов упрощения полигональных сеток, необходимо выделить методы, которые работают с триангулированными сетками. Это связано с тем, что графика в мобильных платформах реализована при помощи библиотеки OpenGL ES, которая реализует отображение исключительно треугольников. Среди методов упрощения триангулированных сеток можно выделить методы построения новой триангуляции и методы итеративного удаления. Построение новой триангуляции – это замена исходной сетки на новую с построением новых вершин и треугольников, по возможности приближающих исходную поверхность.

Наиболее популярны методы итеративного удаления, позволяющие в интерактивном режиме упрощать практически любые триангулированные сетки. Эти методы анализируют локальные особенности сетки и производят в ней локальные изменения; каждое такое изменение можно назвать элементарной операцией над сеткой. По характеру элементарной операции алгоритмы можно разделить на три класса:

- удаление точки и треугольников вокруг нее с последующей триангуляцией образовавшегося отверстия (рис. 1, а) [1, 2].
- стягивание ребра в точку, не являющуюся ни одним из концов ребра (рис. 1, б) [3];
- стягивание ребра в один из его концов (рис. 1, в) [4];

Алгоритмы, которые относятся к этим трем классам, не анализируют необходимость треугольника, т.е. возможность увидеть этот треугольник.

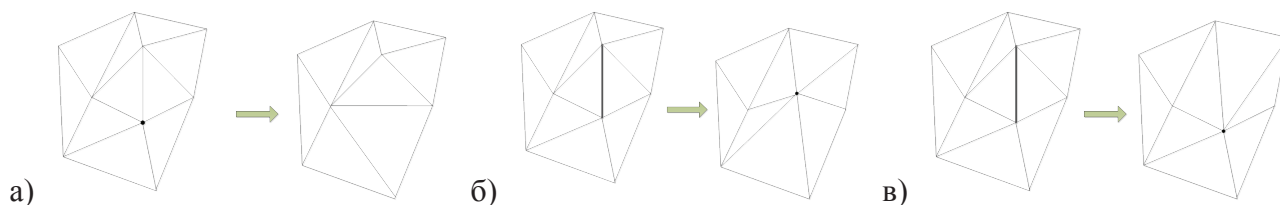


Рисунок 1. Элементарная операция в различных методах упрощения: а) удаление точки и триангуляция; б) стягивание в третью точку; в) стягивание в один из концов

Работа алгоритма упрощения

В основу предлагаемого алгоритма упрощения положен принцип анализа треугольника. До начала перебора треугольников сетки, выполняется подготовка условий упрощения. Условиями являются расстояние трехмерного объекта от наблюдателя и допустимый угол между векторами нормалей анализируемого и соседнего треугольников.

Первое условие продиктовано отсутствием необходимости сохранения мелких деталей на большом расстоянии. Так, например, при использовании модели двери детали замочной скважины важны на расстоянии в 1 м, но теряют свою важность на расстоянии в 10 м. При использовании OpenGL ES, координаты имеют формат Float, а начало системы координат располагается в центре экрана (Рис 2).

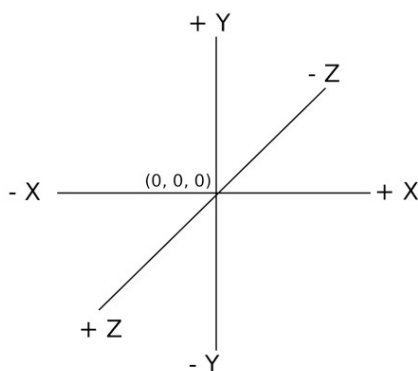


Рисунок 2. Организация координатной системы OpenGL ES

Площадь треугольника с вершинами (заданными в декартовых координатах) равна половине модуля векторного произведения (1).

$$S = \frac{|AB * AC|}{2} \quad (1)$$

Выразив вектора через координаты, получим (2).

$$S = \frac{|(x_B - x_A)(y_C - y_A) - (x_C - x_A)(y_B - y_A)|}{2} \quad (2)$$

Формула (2) позволяет получить площадь треугольника, который находится в точке 0 по оси Z. Для получения площади треугольника, который находится от наблюдателя на некотором расстоянии необходимо учесть коэффициент, который определяется удаленностью от наблюдателя и минимальным допустимым размером площади треугольника. Треугольник, имеющий площадь меньшую допустимой величины, сворачивается в точку. При отдалении от наблюдателя, размер треугольника, который подлежит свертке, увеличивается, что является следствием подобия треугольников. Корректировка минимальной допустимой площади выражается формулой (3).

$$S' = k^2 S \quad (3)$$

Следует отметить, что такое свертывание позволяет избавиться сразу от четырех треугольников, как показано на рис. 3.

После свертки мелких треугольников, которое было описано выше, необходимо преобразовать

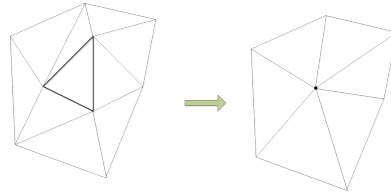


Рисунок 3. Свертка треугольника в вершину

треугольники с низким качеством к ребрам. Качество треугольника с площадью S и длинами сторон a , b и c можно определить по формуле, предложенной Guezies [5] (4):

$$C = \frac{4\sqrt{3}S}{a^2 + b^2 + c^2} \quad (4)$$

Используя выражение (4), можно сделать вывод, что качество вырожденного треугольника близко к нулю, а равностороннего треугольника стремится к единице. Таким образом, треугольники имеющие малую площадь, но большой периметр будут преобразованы в ребра путем свертки наименьшего ребра, как показано на рис. 4.

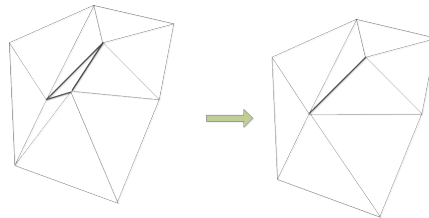


Рисунок 4. Преобразование треугольника, имеющего низкое качество

После свертки мелких, имеющих низкое качество треугольников, которое было описано выше, необходимо упростить плоские или условно плоские части триангулированной сетки. При наличии у треугольника трех соседних по ребрам треугольников, векторы нормалей которых образуют с вектором нормали анализируемого треугольника углы, которые не превышают допустимые значения, треугольник также будет свернут в вершину.

Нормали граней измененной поверхности приводятся к единому значению, которое определяется, как среднее арифметическое векторов нормалей граней окрестности. Для расчета принимаются как грани анализируемого треугольника, так и соседние по ребрам и вершинам треугольники. В случае если вектор нормали одной из соседних граней образует с вектором нормали анализируемого треугольника угол, превышающий допустимый, а углы с векторами нормалей двух других граней удовлетворяют условию, то треугольник преобразуется в ребро. Сворачиваться в вершину будет то ребро треугольника, которое является общим с гранью, угол с вектором нормали которой не удовлетворяет условию.

Такой метод упрощения обладает двумя явными преимуществами:

- за одну элементарную операцию можно удалить до 4 треугольников, что ускоряет процесс упрощения;
- анализ окрестности анализируемого треугольника не допускает возникновения артефактов (дефектов сетки), а результирующая модель обладает высокой степенью схожести с исходной.

Реализация алгоритма упрощения

Алгоритм, который был описан выше, был реализован для мобильной платформы компании Apple. Тестирование проводилось на базе симулятора iPhone/iPad. В качестве объекта упрощения была выбрана модель самолета и АК-47 (модификация АКМС). На рисунках 5, 6 представлены исходные модели и модели, которые были получены после упрощения.

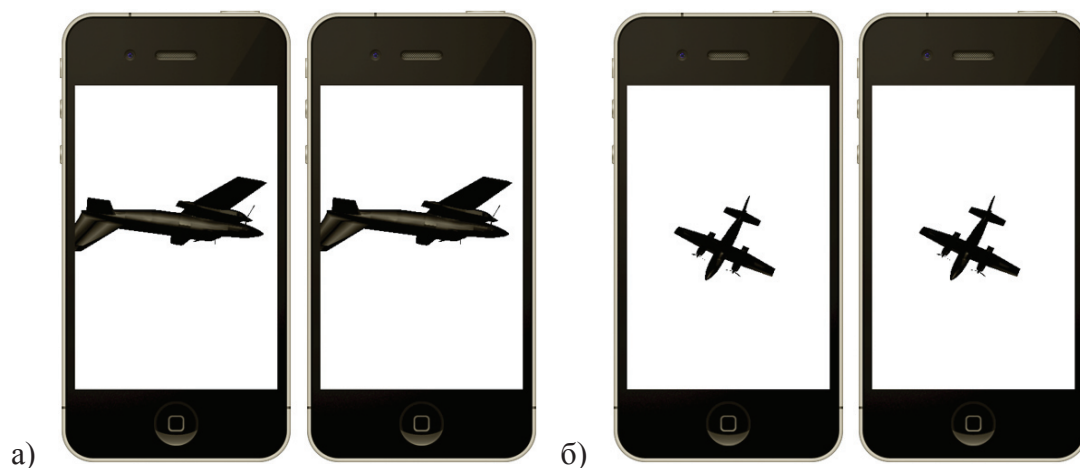


Рисунок 5. Модель самолета на расстоянии от наблюдателя, равном: а) 5 единицам; б) 10 единицам.

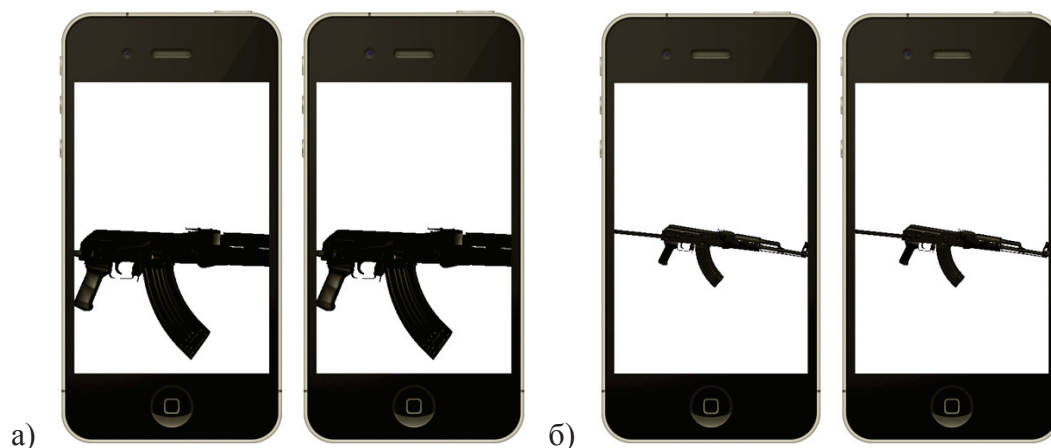


Рисунок 6. Модель автомата Калашникова на расстоянии от наблюдателя, равном: а) 5 единицам; б) 10 единицам.

Выводы

В статье были рассмотрены причины возникновения необходимости упрощения трехмерных объектов. Была дана краткая классификация уже существующих методов. Предложен и экспериментально показан собственный метод упрощения, который основан на анализе треугольников.

Литература

- [1] Klein R., Liebich G., Straber W. Mesh Reduction with Error Control//IEEE Visualization'96 Proceedings. 1996. P. 311–318.
- [2] Cohen J., Varshney A., Manocha D., Turk G., Weber H., Agarwal P., Brooks F., Wright W. Simplification Envelopes// SIGGRAPH'96 Proceedings. 1996. P. 119–128.
- [3] Jong B. S., Tseng J. L., Yang W. H. An efficient and low-error mesh simplification method based on torsion detection//The Visual Computer. 2006. V. 22(1). P. 56–67.
- [4] Roy M., Foufou S., Truchetet F. Multiresolution analysis for irregular meshes with appearance attributes// Proceedings of International Conference on Computer Vision and Graphics. Warsaw, Poland. 2004. P. 80–86.
- [5] Surface simplification with variable tolerance / Guézic. // Proc. of the Sec. Int. Symp. on Medical Robotics and Computer Assisted Surgery - MRCAS'95, 1995.
- [6] Шикин, А.В. Компьютерная графика. Полигональные модели./ А.В. Шикин, А.В. Боресков/. -М.: Диалог-МИФИ, 2001.