

Параллельный рендеринг воксельной графики

И.О. Михайлов

Институт математики и механики УрО РАН, УрФУ

В работе описывается проводимая в ИММ УрО РАН разработка программы параллельного рендеринга воксельной графики на многоядерном персональном компьютере и кластере, с разбиением данных на несколько частей.

В общем случае воксельная графика предусматривает хранение объекта в виде набора (облака) точек. Обычно данных представляются в виде набора узлов 3-х мерной сетки. Одним из основных преимуществ воксельной графики по сравнению с полигональной является возможность продемонстрировать внутреннюю структуру объекта. А основным недостатком - высокие требования по памяти и малое распространение специализированных аппаратных средств для расчёта графики.

Базовым алгоритмом рендеринга использованным в работе является трассировка лучей (точнее Ray casting). При этом из каждой точки изображения строится луч. Затем вычисляется ближайшая точка пересечения этого луча с областью данных (куб). Затем алгоритм движется по трёхмерному массиву данных с шагом в одну ячейку, до попадания в непустую ячейку. Основным преимуществом данного метода является большие возможности распараллеливания (вплоть до каждой точки изображения), а основным недостатком большая вычислительная сложность.

Для повышения производительности часто используются плотные октодеревья в виде набора 3х-мерных массивов. Первый из них в 8 раз меньше массива исходных данных. Каждый последующий в 8 раз меньше предыдущего. В каждом элементе массива хранится количество непустых ячеек в соответствующей области основного массива (с данными). Это даёт возможность быстро пропускать пустые участки при трассировке лучей. Этот подход даёт те же преимущества что и разреженные октодеревья, кроме экономии памяти, однако значительно упрощает доступ к отдельным вокселям и их модификацию.

Для корректного отображения данных с полупрозрачными ячейками, применяется буфер, суммирующий цвета точек с учётом их прозрачности.

Область данных представляет собой 3-х мерный массив из 4-байтовых целых чисел, в котором ненулевые ячейки задают объект, а нулевые считаются пустыми. Ненулевые ячейки содержат информацию о цвете и прозрачности точек объекта (RGBA). Возможно расширения до 8-байтовых целых чисел, для хранения вспомогательной информации. В текущей реализации используются кубические массивы со стороной равной степени двойки (от 128 до 512). Для ускорения работы строится набор вспомогательных массивов, хранящих информацию о группах пустых ячеек для быстрого их пропуска.

Первые результаты были получены на многоядерном персональном компьютере. При этом использовалась технология OpenMP, для параллельного рендеринга точек изображения. Область данных была общая для всех потоков. При этом было получено ускорение близкое к линейному.

Затем эксперименты были перенесены на суперкомпьютер Уран ИММ УрО РАН, где для реализации использовалась библиотека MPI. При этом узлы были разделены на несколько групп. Области данных внутри одной группы дублировались. Сперва производился независимый рендеринг изображений в каждой группе, а затем полученные изображения совмещались в одно с учётом буфера глубины. В данной серии экспериментов основной задачей была проверка принципиальной возможности рендеринга больших объёмов данных (куб со стороной 4096).

Благодаря тому, что окончательное изображение получает сложением нескольких вспомогательных изображений с учётом буфера глубины, есть возможность использовать алгоритмы отличные от трассировки лучей. Например, некоторые данные возможно эффективней хранить в виде облака точек, с последующим проецированием на плоскость экрана. Описанный выше алгоритм можно использовать в средах виртуальной реальности.

Работа выполнена в рамках программы Президиума РАН № 18 "Алгоритмы и математическое обеспечение для вычислительных систем сверхвысокой производительности" при поддержке УрО РАН (проект 12-П-1-1034).