

МЕТОД БЫСТРОГО ОТСЕЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В ОТЛОЖЕННОМ ЗАТЕНЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БУФЕРА ВИДИМОСТИ

Сагун И. Ю., Красковский П. Н.

Кафедра информатики, кафедра программного обеспечения информационных технологий,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: vanysakun@gmail.com

В данной работе рассматривается метод трёхмерного отсечения треугольников, позволяющий минимизировать выделение памяти на хранение результатов отсечения, а также ускорить визуализацию трёхмерных сцен за счёт снижения времени работы с оперативной памятью.

ВВЕДЕНИЕ

Отсечение – это метод в компьютерной графике, при котором визуализируется только та часть сцены, которая попала в поле зрения камеры. Объём трёхмерного пространства, который видит камера, имеет форму усечённой пирамиды (см. рис. 1). Всё, что находится вне видимого объёма, не рисуется. Если объект не полностью попадает в поле зрения камеры, то та его часть, которая расположена вне усечённой пирамиды, отсекается и не отображается.

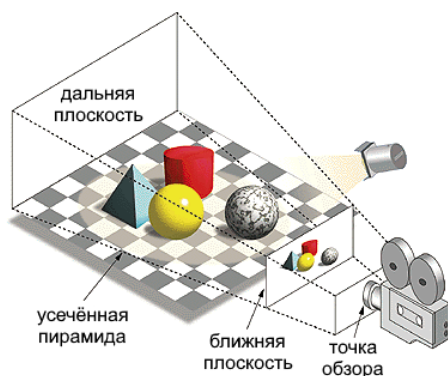


Рис. 1 – Поле зрения камеры

Несмотря на то, что усечённая пирамида имеет всего шесть плоскостей, целесообразно выполнять трёхмерное отсечение только ближней плоскостью пирамиды, т. к. операция отсечения достаточно ресурсоёмкая. Отсечение остальными плоскостями можно выполнить в двумерном пространстве экрана во время растеризации.

Отсечение ближней плоскостью является критически важной операцией, поскольку попытка спроецировать и отобразить объекты, расположенные позади камеры, может привести к ошибкам и некорректному результату.

I. АЛГОРИТМ ОТСЕЧЕНИЯ

В качестве алгоритма отсечения треугольников был выбран алгоритм Сазерленда-Ходжмана. Отсечение производится в однородных координатах в пространстве отсечения (clip space).

Алгоритм начинается с обхода всех рёбер треугольника, в ходе которого определяется поло-

жение вершин ребра относительно секущей плоскости. В пространстве отсечения ближняя плоскость имеет координату $Z = 0$, поэтому у каждой вершины необходимо проверить её координату Z . Если $Z \geq 0$ – вершина находится перед ближней плоскостью, если $Z < 0$ – позади неё. Существует четыре варианта расположения ребра относительно ближней плоскости:

1. У обеих вершин $Z \geq 0$. В результат записывается только первая вершина.
2. Первая вершина имеет $Z \geq 0$, а вторая – $Z < 0$. В результат записывается первая вершина и точка пересечения ребра с секущей плоскостью.
3. Первая вершина имеет $Z < 0$, а вторая – $Z \geq 0$. В результат записывается только точка пересечения ребра с секущей плоскостью.
4. У обеих вершин $Z < 0$. В результат ничего не записывается.

Чтобы найти точку пересечения, необходимо выполнить линейную интерполяцию между двумя вершинами ребра. Поскольку вершина, лежащая на ближней плоскости, имеет координату $Z = 0$, коэффициент интерполяции вычисляется по формуле: $(0 - Z_1)/(Z_2 - Z_1)$.

II. ПРОБЛЕМА ОТСЕЧЕНИЯ

Результатом отсечения становится появление в сцене новых треугольников, которых не было изначально. Например, если перед ближней плоскостью находилась только одна из вершин треугольника, то на сцене появляется два новых треугольника (см. рис. 2).

Одним из вариантов является сохранение новых полученных треугольников в новый буфер, что приводит к дополнительным расходам памяти. Кроме того, необходимо вычислить и сохранить атрибуты вершин новых треугольников, что приводит не только к дополнительному расходу памяти, но и к снижению производительности.

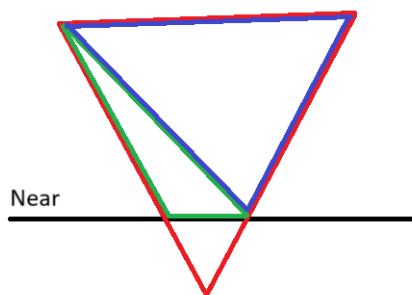


Рис. 2 – Результат отсечения: красным цветом обозначен изначальный треугольник, синим и зеленым – новые треугольники, полученные в результате отсечения

Вторым вариантом является локальное сохранение результатов отсечения, а затем немедленная растеризация новых полученных треугольников, при этом в буфер видимости [1] записывается индекс изначального треугольника. Такой подход позволяет экономить память, однако возникает проблема интерполяции атрибутов вершин в экранных координатах, поскольку экранные координаты вершин новых треугольников будут недоступны на этапе вычисления освещения и вычислить барицентрические координаты будет невозможно.

III. ИНТЕРПОЛЯЦИЯ АТТРИБУТОВ ВЕРШИН

Для решения проблемы интерполяции атрибутов вершин можно воспользоваться алгоритмом Моллера-Трумбора, который используется при реализации трассировки лучей.

Вычисление атрибутов выполняется по следующему алгоритму:

1. Координаты фрагмента изображения преобразуются из экранных координат в мировые.
2. Из камеры в сторону видимого в данном фрагменте треугольника выпускается луч, проходящий через мировую точку данного фрагмента.
3. По алгоритму Моллера-Трумбора вычисляются барицентрические координаты точки пересечения луча с необходимым треугольником.
4. С помощью полученных барицентрических координат выполняется интерполяция атрибутов вершин исходного треугольника.

Так же по описанному выше алгоритму вычисляются барицентрические координаты соседних фрагментов. Данный шаг необходим для вычисления текстурных координат соседних фрагментов, используемых в алгоритмах фильтрации текстур.

Стоит отметить, что поскольку вычисление барицентрических координат было выполнено в

мировом пространстве, то к интерполированным значениям атрибутов не нужно применять перспективную коррекцию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы был разработан алгоритм быстрого отсечения ближней плоскостью (см. рис. 3).

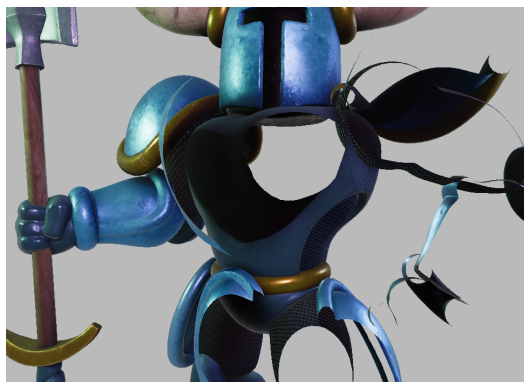


Рис. 3 – Результат работы алгоритма

Полученный алгоритм имеет следующие преимущества:

1. Нет необходимости сохранять полученные в процессе отсечения новые треугольники, а также не требуется вычисление и сохранение их атрибутов вершин, что позволяет экономить память.
2. В качестве оптимизации локального сохранения результатов отсечения на этапе растеризации используется массив из пула массивов.
3. Поскольку заранее известно, какой треугольник виден в текущем фрагменте, вычисление барицентрических координат требует всего три векторных и девять скалярных произведений, поэтому визуализация сцены происходит достаточно быстро.

Результат тестирования производительности алгоритма показал, что скорость полученного алгоритма сравнима со скоростью визуализации, выполненной без отсечения ближней плоскостью и с вычислением барицентрических координат в экранных координатах.

1. Красковский, П. Н. Метод отложенного затенения трехмерных сцен, использующий буфер видимости / Красковский П. Н., Серебряная Л. В. // Информационные технологии и системы 2021 (ИТС 2021) = Information Technologies and Systems 2021 (ITS 2021) : материалы международной научной конференции, Минск, 24 ноября 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2021. – С. 148–149.