

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТЫ ГЛУБИНЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ВИДИМОСТИ

С.В. Гиль

Кафедра информатики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: sergehill@gmail.com

Данный материал описывает технику использования буфера глубины для построения каркаса зоны видимости используя программную или аппаратную тесселяцию.

ВВЕДЕНИЕ

Карты теней зарекомендовали себя отличным методом отрисовки затенённых объектов вне зависимости от природы объектов в отрисовываемой сцене. Несмотря на ограниченную точность они позволяют достигать реалистичной картинки без лишних затрат на подготовку сцены и избегая различных техник рендеринга теней для различных типов объектов, как это требовалось для такого метода, как Shadow Volume. Карты теней являются простым и интуитивно понятным способом наложения света на сцену, отчего вытеснили все остальные методы. Однако буфер глубины можно использовать также для генерации более сложных объектов и эффектов. В данной статье речь идёт о построении трёхмерного динамического объёма зон видимости из точечного источника. При помощи описанной ниже техники мы можем визуализировать объём, каждая точка которого достижима из точечного источника без пересечения других объектов сцены. Данный метод предоставляет возможность рендера рассеянного в непрозрачной среде света без использования метода трассировки лучей.

I. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ГЛУБИНЫ

Для решения описанной задачи требуется построить карту теней выбранного источника. Построение карты глубины является типичной задачей, не требующей детализации. Отдельно стоит заметить, что вместо преобразования Z/W для достижения планируемой точности лучше использовать чистую глубину (Z - или W -буфер в зависимости от типа проекции) для простоты дальнейшего преобразования сетки. Использование линейного значения буфера глубины позволит более точно отображать объём вдали от источника, теряя в точности на близких к источнику расстояниях. Однако стоит учитывать что сама по себе точность буфера глубины нелинейна и уменьшается при приближении к дальней отсекающей плоскости.

Важно помнить о необходимости тщательно подобрать расстояние до ближней плоскости отсечения – при слишком низких значениях значительно теряется точность буфера глубины на дальних расстояниях (особенно работая с 16-ти битным буфером глубины); слишком боль-

шое расстояние будет вызывать потерю геометрии ближайших к точке объектов и как следствие – пропуск фрагментов в алгоритме. Если необходимо построить всенаправленную сетку, можно использовать нелинейные преобразования для карты теней (в таком можно сократить количество проходов до двух используя наложение на полусферу) или же просто использовать несколько линейных карт и собрать из них куб (6 карт глубины – по одной на грань). Последний метод предпочтительнее с точки зрения точности и отсутствия нелинейных проекций.

Построенная карта теней может быть использована для построения объёма на основе процедурно-генерируемой плоскости. Использование формата SINGLE позволяет получить численное значение глубины в формате с плавающей запятой с достаточной степенью точности для дальнейшего экструдирования поверхности.

II. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНОГО КАРКАСА

Экструдирование плоскости может происходить различными способами.

Одним из самых простых – использование центрального процессора для генерации плоскости и использование данных из буфера глубины в качестве параметра для умножения векторов положений вершин плоскости. Преимуществом данного подхода является возможность построить сетку единожды для данного положения источника и других объектов, от которых может зависеть результат работы алгоритма. Недостатком можно считать необходимость выгрузки данных из видеопамати для построения каркаса области, и невысокая скорость обработки со стороны центрального процессора. В случае статических сцен можно увеличить частоту кадров для счёт использования одной и той же сетки, однако в случае наличия динамических объектов в сцене это приведёт к существенному падению производительности.

Другим подходом является экструдирование вершин используя вершинный шейдер. При этом нет необходимости перемещать данные текстуры, что положительно сказывается на производительности динамических сцен, операции выборки из карты теней могут сказываться на производительности системы, однако это экви-

валентно тесту глубины для наложения карт теней, что является типичной операцией, выполняющейся в реальном времени.

На современных видеоускорителях также доступна возможность использования аппаратной тесселяции[2] используя геометрический шейдер. Таким образом можно уменьшить количество передаваемых данных по системной шине между центральным процессором и видеочипом, однако в свою очередь тесселяция увеличивает нагрузку на графический чип, уменьшая частоту кадров. Несомненным плюсом данной возможности является возможность тонко настраивать уровень разбиения полигонов на основе градиента значений карты глубины, увеличивая плотность на высокой разнице глубины и экономя на равномерных участках.

Таким образом, используя один из 3х методов экструдирования поверхности можно построить каркас, достаточно точно повторяющий освещенные области, чтобы вызывать z-конфликт при некоторых конфигурациях отсекающих плоскостей. При помощи замыкания поверхностей с нескольких карт мы можем получить полную сетку, окружающую зону покрытия точечного источника излучения.

Для отображения модели можно воспользоваться простой заливкой или же воспользоваться стенсильным буфером и визуализировать зону в виде заполненной полупрозрачной области. Также можно использовать K-буфер для создания эффекта объёмной полупрозрачной поверхности. Данная технология доступна на большинстве современных графических ускорителей.

III. Качество и производительность

Основными параметрами, влияющими на качество зоны, являются размер карты глубины, формат структуры буфера глубины, а также правильная настройка ближней и дальней плоскости отсечения проекции, используемой для карты теней. Так же необходимо учитывать, что генерирование сетки на основе разрешения текстуры глубины может привести к большому количеству полигонов, что также может снизить общую производительность решения. Важно отметить что не имеет смысла использовать сетку большей плотности чем карта глубины, для достижения оптимальной точности достаточно соответствия один-к-одному или меньше при условии оптимизации тесселяции. При использовании карты глубины размером 1024x1024 и соответствующей сетки типичной частотой кадров является 100-120FPS, что является достаточным для использования в рендеринге реального времени.

IV. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНИКИ

Для достижения данного эффекта часто используются 2 техники Ray-Matching[1] и Shadow Volume. Первая представляет собой реализация сэмпинга некоторого набора точек на луче к растеризируемой точке и проверку на видимость из источника света, что также может быть реализовано с помощью карт теней и глубины. Данный эффект является серьёзной нагрузкой на пиксельный шейдер и при тонкой настройке может быть использован в рендеринге реального времени, однако позволяет использовать текстурированные источники света[3], чего нельзя достигнуть описанной техникой. Shadow Volume является старейшей техникой отображения теней и использует алгоритмы поиска силуэтов, экструдирования вершин и стенсильный буфер для непосредственно рендеринга. недостатком метода является невозможность инвертирования сетки для отображения объёма видимости вместо объёма затененной области.

V. ПРИМЕНЕНИЕ

Данный метод был использован для построения трехмерной визуализации зон видимости радиолокационных средств в рамках магистерской работы на данную тему. В качестве точечного источника выступает сама установка РЛС, при этом ограничения по дальности распространения сигнала в различных направлениях обрабатывались центральным процессором.

Еще одним возможным применением данной техники является создание реалистичного эффекта объёмного света в непрозрачной среде для использования в трёхмерной визуализации и компьютерных играх. Данный эффект является довольно легковесным на фоне часто используемого сэмпинга на уровне пиксельного шейдера. Однако существуют существенные ограничения: невозможно использовать текстурированные источники света, требуется значительное количество видеопамати.

1. MITCHELL K. Volumetric light scattering as a post process. GPU Gems 3 / K. Mitchell // Addison-Wesley, 2007. – С. 275–285.
2. Billeter M. Real Time Volumetric Shadows using Polygonal Light Volumes / M. Billeter // Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. – 2010. – Vol. 7 – P. 6–7.
3. Engelhardt T., Dachbacher C. Epipolar sampling for shadows and crepuscular rays in participating media with single scattering. In I3D '10: Proceedings of the 2010 ACM SIGGRAPH symposium on Interactive 3D Graphics and Games (New York, NY, USA, 2010) / T. Engelhardt, C.Dachbacher // ACM. – 2010. – С. 119–125.