

ПОВЫШЕНИЕ РЕАЛИЗМА В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ С ПОМОЩЬЮ ОТРАЖАЮЩИХ КАРТ ТЕНЕЙ

О.С. Хорольский¹, В.И. Анциферова¹, А.А. Соловьев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье представлено подробное исследование Reflective Shadow Mapping (RSM), инновационного алгоритма, предназначенного для повышения реалистичности компьютерных изображений за счет включения эффектов непрямого освещения. RSM расширяет традиционные методы отображения теней (SM) для имитации не только прямых, но и не прямых взаимодействий освещения в сцене. Целью этого обзора является предоставление углубленного анализа RSM, обсуждение его основополагающих принципов, стратегий реализации и последствий для области компьютерной графики.

Ключевые слова: метод, симуляция, алгоритм, интерактивный, процедурная вода.

ADVANCING REALISM IN COMPUTER GRAPHICS WITH REFLECTIVE SHADOW MAPS

O.S. Khorolsky¹, V.I. Antsiferova¹, A.A. Soloviev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article presents an in-depth study of Reflective Shadow Mapping (RSM), an innovative algorithm designed to enhance the realism of computer images by incorporating indirect lighting effects. RSM extends traditional shadow mapping (SM) techniques to simulate not only direct but also indirect lighting interactions in a scene. The purpose of this review is to provide an in-depth analysis of RSM, discussing its fundamental changes, implementation strategies, and implications for the field of computer graphics.

Keywords: method, simulation, algorithm, interactive, procedural water.

"Отражающие карты теней" – относительно новый алгоритм, направленный на интерактивную визуализацию правдоподобного непрямого освещения. В этой статье мы рассмотрим его реализацию. Ключевая идея - отражающие карты

теней отличается от концепции стандартных карт теней, и заключается в том, что рассматривает каждый пиксель как потенциальный источник непрямого света. Даже сложных сцен можно добиться приемлемой скоростью рендеринга благодаря оценке непрямого освещения "на лету", с помощью адаптивной выборки в фрагментном шейдере. Сложность сцены не сильно влияет на конечный результат за счет работы преимущественно в пространстве экрана, такой подход минимизирует дополнительные вычислительные накладные расходы. Этот тип освещения подходит для динамических сцен и дает правдоподобные результаты. Хотя и получаемый не прямой свет является приближенным.

Работа основывается на расширении концепции BRDF, прожекторов и карт теней Фонга. Используя случайные выборки из сгенерированных текстур, чтобы служить "виртуальными точечными светильниками" для отражений во время расчета непрямого освещения. Получается такая адаптация карт отраженных теней, вдохновленная традиционными методами генерации карт. Ценой увеличения вычислительной сложности, затраченной на каждый кадр, можно расширить до нескольких отражений, изначально техника направлена на моделирование одного отражения непрямого освещения.

Освещение является фундаментальной основой в постоянно развивающемся царстве компьютерной графики. Алгоритмы, на которых основаны визуальные эффекты, меняются по мере развития технологий. Reflective Shadow Maps (RSM) является относительно новым и заслуживающим внимания, этот алгоритм расширяет традиционную технику Shadow Mapping (SM).

Понимание стандартного Shadow Mapping критически важно для начала работы с Reflective Shadow Maps. Shadow Mapping имитирует закрытие источников света объектами в сцене. В общем виде процесс должен хранить информацию о глубине с точки зрения источника света в текстуре карты глубины. Затем можно определить, находится ли объект в тени или освещен, сравнивая расстояния, сохраненные в этой карте, с реальными расстояниями между объектами и источником света. Эта бинарная оценка лежит в основе реалистичного освещения в компьютерных изображениях.

В формировании конечного освещения сцены каждая часть хранимых данных используется и необходима при изучении анатомии карт отраженных теней.

1. Координаты мирового пространства:

в RSM алгоритм получает возможность вычислять расстояние между пикселями, сохраняя координаты мирового пространства, что является решающим

фактором при определении ослабления света. Постепенно уменьшая интенсивность в пространстве, Затухание, на основе расстояния обеспечивает реалистичное поведение освещения.

2. Нормали:

RSM более точно моделирует взаимодействие света с геометрией поверхности при включении нормалей мирового пространства. А также, это облегчает оценку достоверности вклада пикселей в освещенность соседних пикселей. Повысить достоверность эффектов непрямого освещения можно - Сравнивая нормали, это означает, что RSM может определить степень отражения света от поверхностей.

3. Поток:

Одной из основополагающих в RSM является концепция потока, представляющего интенсивность света источника освещения. RSM передает нюансы взаимодействия между светом и свойствами поверхности, сохраняя значения потока для каждого пикселя во время создания карты теней. Этот тонкий подход позволяет моделировать различные условия освещения, от равномерного направленного освещения до сложного падения лучей прожекторов.

Использование возможностей: реализация RSM. Последний этап применения данных для освещения сцены, когда данные собраны и сохранены. В том числе нужно провести оценку освещенности каждого пикселя с учетом прямых источников освещения и вклада RSM.

Повышение производительности с помощью выборки, в связи с значительным размером карт теней и RSM необходима оптимизация для замены проверки каждого пикселя в RSM, используется метод выборки. Количество выборок динамическое и зависит от аппаратных возможностей. Плотность выборки уменьшается с увеличением квадрата расстояния от оцениваемого пикселя, для достижения максимальной точности при минимизации вычислительных затрат. Чтобы получить визуально привлекательные результаты без ущерба для производительности, используется такая настройка, для обеспечения приоритета наиболее значимого вклада в освещение.

Балансировка: выборка важности. Концепция выборки важности является центральным элементом эффективности Reflective Shadow Mapping, в соответствии с ним интенсивность выборочного вклада регулируется в зависимости от расстояния. Баланс между точностью и вычислительной эффективностью достигается, масштабируя интенсивность образцов обратно пропорционально их рас-

стоянию до оцениваемого пикселя. Такой подход гарантирует, что удаленные источники света оказывают пропорциональное влияние на освещенность, сохраняя реалистичность и оптимизируя производительность.

Вычисление непрямого освещения. Есть способ расширить возможности шейдера фрагмента тени и включить в него не прямое освещение для повышения реалистичности освещения. Вычисление косвенного излучения для каждого затененного участка, требует более глубокого погружения в нюансы взаимодействия света в сцене. Так мы сможем передать взаимодействие света и поверхностей, используя положение фрагмента в световом пространстве, нормаль и индекс освещенности. Теоретически, все пиксели карты теней вносят свой вклад в цвет пикселя, но пока вторичный источник света находится относительно близко, этого будет достаточно. Нужно использовать алгоритм выборки, чтобы уменьшить количество точек выборки. Поскольку интенсивность света обратно пропорциональна квадрату расстояния, расстояние оказывает большое влияние на освещение. Однако трудно найти расстояние между двумя точками в мировых координатах, поэтому точка затенения проецируется непосредственно на карте теней. Нужно найти точки вокруг него (точки, которые находятся ближе на карте теней или имеют меньшую глубину, считаются более близкими в мировой системе координат). Несмотря на это, для перемещения требуется большой диапазон, поэтому, чтобы увеличить скорость, можно выбрать несколько точек на карте теней.

Расчёт освещенности каждой точки x поверхности происходит по следующему уравнению:

$$E_p(x, n) = \Phi_p \frac{\max\{0, n_p \cdot (x - x_p)\} \max\{0, n \cdot (x_p - x)\}}{\|x - x_p\|^4},$$

где x - положение в мировом пространстве пикселя, для которого мы хотим рассчитать общее освещение,

x_p - положение в мировом пространстве соседнего пикселя, из которого мы взяли пробу,

n - нормаль пикселя,

n_p - нормаль пикселя, из которого взята проба, а Φ_p – поток освещения для выбранного пикселя.

Происходит ослабление потока в зависимости от расстояния между точкой выборки и текущим фрагментом поверхности.

В заключение отметим, что Reflective Shadow Mapping является свидетельством неустанного стремления к реализму в компьютерной графике. Расширяя рамки традиционных техник отображения теней и принимая во внимание сложности непрямого освещения, RSM продвигает цифровое освещение в новые сферы визуальной достоверности. По мере развития технологий технология Reflective Shadow Mapping способна пересмотреть границы цифрового освещения, открывая эру, в которой реализм не знает границ.

Список литературы

1. Woo A, Poulin P, Fournier A. A survey of shadow algorithms. IEEE Computer Graphics and Applications, 1990.
2. Hasenfratz J. M., Lapierre M. , Holzschuch N. , et al. A survey of realtime soft shadows algorithms. Computer Graphics Forum, 2003.
3. Liu N., Pang M., A survey of Shadow Rendering Algorithms : Projection Shadows and Shadow Volumes. Computer Science and Engineering, 2009. WCSE '09.
4. Cutler B., NordHauser R. , CSCI 4530/6530 Advanced Computer Graphics. Rensselaer Polytechnic Institute, Spring 2014
5. Lecocq P., Marvie J., Sourimant G. , Gautron P. . SubPixel Shadow Mapping. i3D 2014
6. Ollson O., Sintorn E., Kampe V., Billeter M., Arssarsson U., Efficient Virtual Shadow Maps for Many Lights i3D 2014
7. Дегтярев, В.М. Инженерная и компьютерная графика / В.М. Дегтярев,
8. В.П. Затыльникова. - М.: Academia, 2016. - 236 с.
9. Боресков, А.В. Компьютерная графика: Учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А.В. Боресков, Е.В. Шикин. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 219 с.
10. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Woo A, Poulin P, Fournier A. A survey of shadow algorithms. IEEE Computer Graphics and Applications, 1990.
2. Hasenfratz J. M., Lapierre M. , Holzschuch N. , et al. A survey of realtime soft shadows algorithms. Computer Graphics Forum, 2003.

3. Liu N., Pang M. , A survey of Shadow Rendering Algorithms : Projection Shadows and Shadow Volumes. Computer Science and Engineering, 2009. WCSE '09.
4. Cutler B., NordHauser R. , CSCI 4530/6530 Advanced Computer Graphics. Rensselaer Polytechnic Institute, Spring 2014
5. Lecocq P. , Marvie J. , Sourimant G. , Gautron P. . SubPixel Shadow Mapping. i3D 2014
6. Ollson O., Sintorn E., Kampe V., Billeter M., Arssarsson U,. Efficient Virtual Shadow Maps for Many Lights i3D 2014
7. Degtyarev, V.M. Engineering and computer graphics / V.M. Degtyarev,
8. V.P. Zatylnikova. - M.: Academia, 2016. - 236 p.
9. Boreskov, A.V. Computer graphics: Textbook and workshop for applied bachelor's degree / A.V. Boreskov, E.V. Shikin. - Lyubertsy: Yurayt, 2016. - 219p.
10. Poluektov A.V., Makarenko F.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling of systems and processes. - 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.