

ПРИМЕНЕНИЕ ХЭШИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА В ЗАДАЧАХ РЕАЛИСТИЧНОГО РЕНДЕРИНГА

Лемешев А.Ф. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н, Жданов Д.Д. (Университет ИТМО)

Методы с использованием фотонных карт – это один из самых распространённых методов физически корректного рендеринга. Построение фотонных карт для миллионов фотонов и получение данных из них – это серьезная вычислительная задача для любой структуры данных пространственного разбиения. В этой работе автор покажет, как значительно ускорить фотонные карты при помощи пространственного хэширования.

Реалистичная визуализация моделей трехмерных сцен – это рендеринг, основанный на физически корректных законах распространения и накопления светового излучения в модели трехмерной сцены, позволяющий вычислить корректное значение яркости за ограниченное время. Под вычислительной эффективностью реалистичного рендеринга понимается скорость сходимости алгоритма к заданной точности. Необходимым условием повышения вычислительной эффективности является сохранение или уменьшение объема оперативной памяти, используемой алгоритмом реалистичного рендеринга.

Методы обратной и двунаправленной трассировки лучей хотя и являются несмещенными, но не дают возможность расчета яркости каустического освещения. Методы прогрессивных фотонных карт лишены этого недостатка и позволяют единообразным образом накапливать яркость вторичного и каустического освещений. Однако эффективная реализация этого метода достаточно проблематична, поскольку требует быстрого построения фотонных карт и доступа к данным фотонных карт.

Алгоритм рендеринга с использованием фотонных карт состоит из следующих трех основных шагов: на первом шаге из источников света испускаются лучи, распространяющиеся по сцене и формирующие распределение фотонов на поверхностях сцены; на втором шаге из распределения фотонов формируются фотонные карты; на последнем шаге наблюдатель считывает распределение яркости с фотонов, наблюдаемых из камеры. Таким ускоряющая структура должна решить две задачи: быстрое построение и быстрый доступ к данным структуры в заданной точке пространства. Одно из свойств сцен в задачах реалистичного рендеринга заключается в том, что большая часть сцены состоит из пустого пространства, которое не содержит фотонов. Использование статических структур данных, таких как октодеревья, будет неэффективным с точки зрения размеров требуемой памяти. Использование бинарных деревьев может оказаться неэффективным неэффективного доступа к данным.

С учетом вышеозначенных проблем стохастическое пространственное хэширование представляет собой наиболее эффективный метод разбиения пространства. Хэширование пространства позволяет работать только с теми ячейками пространства, которые содержат фотоны. Информация о количестве фотонов доступна для каждого этапа построения фотонной карты, таким образом есть возможность сократить время на перераспределение и на переадресацию карты. Оптимальный дизайн хэш таблицы позволяет хранить данные в одном массиве и проверять по 16 ячеек за одну пробу. Так как фотоны малы относительно размеров сцены, размер ячейки при хэшировании берется по максимальному радиусу. Время

поиска фотонов, находящихся в радиусе захвата, линейно зависит от количества захватываемых ячеек. При этом количество обращений к памяти гораздо меньше, чем при использовании бинарных деревьев. Даже если дерево идеально сбалансировано, 256К фотонов приведут как минимум к 18 пробам данных, тогда как для хэш таблиц требуется ровно одна выборка данных независимо от количества фотонов. На практике извлечение данных из несбалансированного дерева приводит к довольно нерегулярному распределению работ и плохому использованию вычислительных блоков GPU.

Хэширование пространства — это эффективный инструмент для построения и использования фотонных карт. По сравнению с бинарными деревьями применение хэширования в несколько раз ускорить такие операции с картами, как построение структуры и поиск ближайших фотонов. Кроме того, данный подход позволяет уменьшить объем памяти, используемый фотонными картами.

Лемешев А.Ф. (автор)

Жданов Д.Д. (научный руководитель)