

ФИЗИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЙ РЕНДЕРИНГ В 3D-МОДЕЛИРОВАНИИ

Савчик А.В.

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Гомель, Беларусь, inkvisitoras@mail.ru

С увеличением производительности современных персональных компьютеров и улучшением качества изображения в сфере 3D-моделирования происходит увеличение объема работ. Постоянно возрастающие требования к итоговому результату зачастую приводят к повышению количества участвующих в разработке специалистов, из чего следует увеличение затрат. В последние годы стала хорошо заметна тенденция не просто стремления к улучшению качества изображения, но поиска путей оптимизации затрачиваемого времени и ресурсов на разработку 3D-моделей и приложений.

Одним из главных нынешних трендов в 3D-моделировании является Physically-Based Rendering, (сокращено PBR). Перевести этот термин на русский язык можно по-разному, далее по тексту я буду использовать вариант «Физически обоснованный рендеринг» либо аббревиатуру PBR. В своем докладе я попытаюсь разяснить, что представляет собой данный метод и в чем его отличие от других способов 3D-визуализации.

Монументальное отличие физически обоснованного рендеринга от аналогов состоит в том, что этот метод, как следует из его названия, основывается на четком обосновании законов оптики. Самым популярным методом рендеринга до сих пор является отдельное моделирование самих моделей и освещения пространства, в котором эти модели будут размещены. Таким образом, художникам для достижения реалистичной картинки приходится дополнительно работать над тем, чтобы модель правильно выглядела под воздействием определенных источников света, учитывая особенности моделируемых поверхностей. Например, разные металлы и деревянные поверхности имеют во многом разные свойства и отражают свет по-разному. Метод PBR подходит к рендерингу с другой стороны – вместо того, чтобы подстраивать модели под нужное освещение, изначально задаются физические верные параметры материалов, из которых эта модель «сделана». Таким образом, нет нужды постоянно модифицировать сцену при изменении источников света, потому что при физически обоснованном рендеринге 3D-модели будут хорошо выглядеть при любом освещении, при условии правильно заданных свойств материалов. Это исключает возможность возникновения ситуаций, когда текстуры объекта становятся неожиданно черными и пересвеченными, как это часто бывало раньше, при нефизичных материалах.

Такой подход не просто улучшает качество изображения, но позволяет систематизировать работу специалистов. Наличие единой базы материалов, в которых указываются их физические свойства, снимает с художника необходимость угадывать верные настройки при создании модели. Более того, это база универсальна, так как она основывается на физических законах «реального» мира, и поэтому может она может быть использована в разных редакторах и движках.

Впрочем, это не означает, что само по себе использование PBR делает модель физически верной. Симуляция внешних особенностей моделируемых объектов не означает, что эти объекты будут взаимодействовать друг с другом и пространством правильно. Это следует помнить разработчикам интерактивных 3D-приложений.

Теперь перейдем к теоретической основе физически обоснованного рендеринга. Прежде чем приступить к работе с PBR, важно сначала понять физику процесса. Что происходит, когда свет отражается от поверхности? В реальной жизни, в отличие от компьютерной графики, все поверхности состоят из множества мельчайших неровностей, а идеально гладких поверхностей вне лабораторных условий не существует. Несмотря на свою незаметность для невооруженного глаза, эти микроскопические особенности все же влияют

на диффузию и отражение света. Чем грубее поверхность, тем больше будет отклоняться лучей и тем более размытым будет блик. Так как рассчитывать каждую деталь микроповерхности в 3D-моделировании недопустимо, выходом из этой ситуации может стать отказ от описания деталей поверхности объекта напрямую, вместо этого обозначив общее значение шероховатости (Roughness). Оно также известно под названиями Gloss или Smoothness. Это значение можно задать текстурой либо константой для заданного материала [1-2].

При взаимодействии света с поверхностью часть его отражается, создавая эффект «зеркальности». Другая часть лучей проникает внутрь освещаемого объекта, где свет либо впитывается материалом, превращаясь в тепловую энергию, либо рассеивается внутри. В зависимости от материала, имеет место быть эффект диффузии или рассеивания света. Диффузия определяет, какой цвет увидит человеческий глаз – например, если объект поглощает почти все цвета, но рассеивает желтый, то внешне объект будет выглядеть желтым. Шейдер, использующий аппроксимацию в таких вычислениях, требует только один входной параметр - цвет, описывающий, частицы какого вида будут рассеиваться обратно от объекта наружу. Этот параметр называется Albedo и его карта задает цвет диффузного света.

Иногда диффузия происходит более сложным образом – в материалах с большим коэффициентом рассеяния, например, вроде кожи или воска. В таких случаях обычное указание цвета не совсем корректно. Система рендеринга должна учесть форму и толщину освещенного предмета. Если он достаточно тонкий, можно увидеть, как свет с обратной стороны рассеивается внутри и затем выходит наружу спереди. Такие объекты называют просвечиваемыми (Translucent). Если диффузия и того ниже, как например в стекле, то рассеивания света практически не происходит, и изображение может пройти с одной стороны на другую нетронутым. Подобное поведение сильно отличается от обычной «поверхностной» диффузии и требует уникальных шейдеров для имитации.

Отражательная способность – это процент света, который поверхность отражает. Существует две основные группы материалов, диэлектрики и проводники. Чем меньше угол падения света, тем меньше процент отраженного света. Проводники, значительную часть которых составляют металлы, отражают 60-90% всего света. Диэлектрики же, в массе своей, отражают гораздо меньше световых лучей – от 0 до 20% от общего количества. Кроме того различается цвет отражений у металлов он цветной, а у диэлектриков обычно нейтральный/белый.

Учесть все эти параметры в разрабатываемой модели можно как на программном уровне, добавив в исходный код требуемые функции расчета. Если же в основе используется программное обеспечение стороннего разработчика, а не собственная разработка, за последние два года на рынке появились 3D-редакторы, заточенные в первую очередь на создание PBR моделей. Одной из таких программ является Marmoset Toolbag, поддерживающий рендеринг в реальном времени прямо в редакторе и поддерживающий интеграцию со многим актуальными средами 3D-разработки.

Некоторые из современных программных комплексов, предназначенных для создания интерактивных 3D-приложений, также имеют средства для работы с физически обоснованным рендерингом. В качестве примера я приведу Unreal Engine 4, который был мной использован при разработке интерактивной 3D-модели факультета автоматизированных и информационных систем ГГТУ имени П.О. Сухого.

В Unreal Engine 4 используется система материалов, которые представляют скомпилированные ассеты (ресурсы), которые можно в дальнейшем добавлять на объекты. Материалы можно применять одновременно к нескольким 3D-моделям, кроме того при изменении параметров заданного материала обновление будет автоматически применено ко всем объектам. В редакторе материалов есть 4 параметра, позволяют работать с PBR методом:

- Base Color;
- Roughness;

- Metallic;
- Specular [3].

Параметр Base Color просто определяет общий цвет материала. Про значение Roughness упоминалось выше по тексту этого доклада. Параметр Metallic определяет отражательную способность поверхности, значение 0 соответствует диэлектрикам, 1 – проводникам. Specular отражения световых лучей по формуле Френеля, можно брать заранее рассчитанные значения показателя преломления, подходящие для симулируемого материала.

В рабочей области редактора материалов Unreal Engine 4 (рисунок 1) располагаются все параметры и ресурсы, требуемые для симуляции нужной поверхности, как цифровые, так и графические данные (текстуры, карты нормалей).



Рисунок 1 – Редактор материалов Unreal Engine 4

Все данные связываются и интерполируются в рабочей области, и после этого передаются в таблицу итоговых выходных значений материала (рисунок 2).

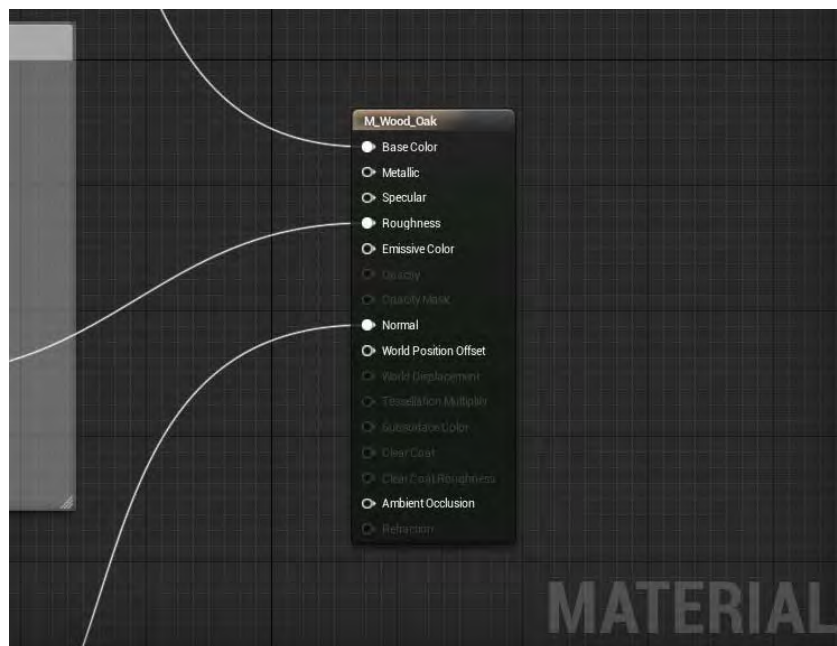


Рисунок 2 – Таблица выходных значений материала

Все требуемые для реализации физически обоснованного рендеринга параметры могут быть заданы и скорректированы в Unreal Engine 4, позволяя при возникновении необходимости с легкостью изменить вид 3D-объект без доработки в сторонних графических редакторах. Создав объект и применив к нему материал, можно заняться размещением в 3D-пространстве световых источников, не думая о том, что сцена будет неправильно выглядеть при разном освещении. Все расчеты по физическому рендерингу Unreal Engine 4 производятся автоматически в реальном времени (рисунок 3).

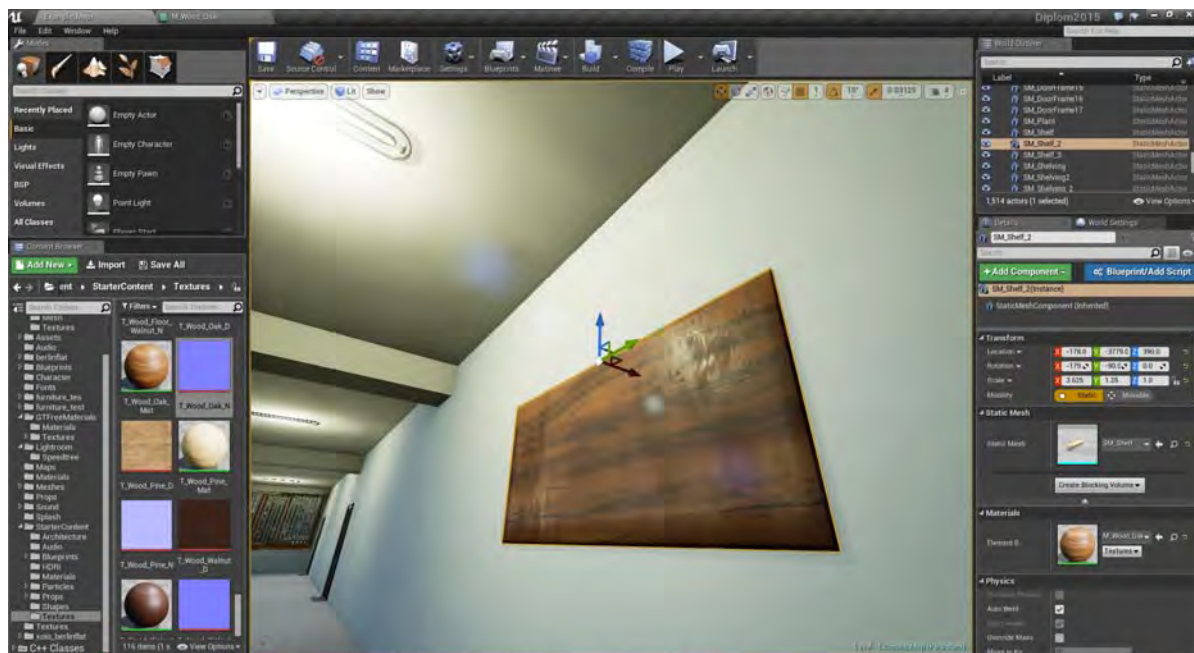


Рисунок 3 – Вид объекта в редакторе Unreal Engine 4 с примененным материалом под лучами рассеянного источника света

Таким образом, физически обоснованный рендеринг, несмотря на новизну метода, уже активно внедряется в популярные пакеты по работе с 3D графикой, и может использоваться при разработке коммерческих либо образовательных приложений. Единственная серьезная проблема, мешающая стать PBR всеобщим стандартом – все еще довольно высокие требования к мощности графических и вычислительных компонентов устройств, на которых будут запускаться приложения с подобным рендерингом. Однако с учетом нынешней скорости увеличения мощностей графических карт и процессоров, это уже в ближайшие годы перестанет быть серьезной проблемой. Физически обоснованный рендеринг, с небольшими вариациями в реализации, постепенно внедряется во все современные пакеты по 3D-моделированию, а также используется компаниям в собственных разработках. Не изменяя основ, PBR позволяет художникам опираться в своей работе на физические величины и оптимизировать компаниям процесс создания 3D контента.

Список литературы

1. Basic Theory of Physically-Based Rendering [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marmoset.co/toolbag/learn/pbr-theory/> – Дата доступа: 14.11.2015.
2. Tutorial: Physically Based Rendering, And You Can Too! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marmoset.co/toolbag/learn/pbr-practice/> – Дата доступа: 14.11.2015.
3. Physically Based Materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Rendering/Materials/PhysicallyBased/index.html/> – Дата доступа: 15.11.2015.