

Визуализация без компромиссов

Алекс Мастер

Введение, общие сведения о визуализации

В последние 30 лет наблюдалось бурное развитие вычислительной техники, что повлекло за собой рождение и становление такой математической дисциплины, как компьютерная графика. И начиная с робких, неуверенных шагов – фильмов «Трон» (Walt Disney, 1982) и «Приключения Андре и пчелки Уолли» (Lucasfilm, позднее Pixar, 1984), с каждым годом компьютерная графика все глубже проникала в телевидение и кинематографию. Сегодня уже невозможно представить себе ни одно массовое зрелище, при создании которого обошлись бы без высокопроизводительных компьютеров, будь то спортивное или музыкальное шоу, съемки исторического или фантастического кинофильма. Есть и еще области человеческой деятельности, где уже невозможно обойтись без компьютерных технологий, например: получение изображения срезов внутренних органов на основе данных МРТ, радиолокационного и сейсмического зондирования, обработка данных, полученных с борта метеоспутников или из «недр» электронного микроскопа, и другие.

Rendering (визуализация) – один из основополагающих разделов компьютерной графики, который также неразрывно связан с остальными – моделированием, захватом движения, текстурированием, анимацией, и т.д. Визуализация – это процесс получения 2D-изображения (а в последнее время – и 3D) на основе физических и/или абстрактных моделей с помощью специального программного приложения. В данном случае под мо-

делями подразумеваются структурированные формализованные описания любых объектов или явлений, выраженные в наборе элементарных функций специального языка. Такие описания могут содержать геометрические данные, координаты положения в пространстве виртуальной камеры (точки наблюдателя), информацию об освещении, физических, качественных и количественных свойствах объектов и характеристик полей, и т.д.

Ключом к пониманию большинства реализованных на сегодняшний день алгоритмов визуализации служит так называемое «Уравнение визуализации» – интегральное уравнение, которое определяет количество светового излучения в определенном направлении как сумму собственного и отраженного излучений. Физической основой этого уравнения является закон сохранения энергии, и оно имеет две особенности:

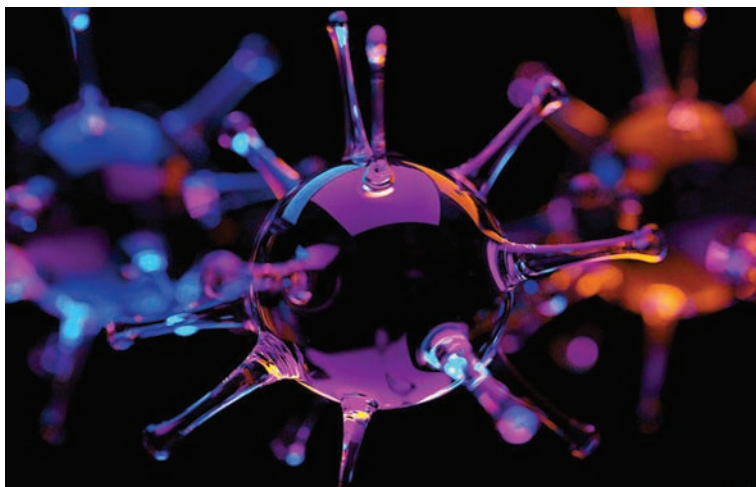
- ♦ оно линейно, так как задано только с помощью операций сложения и умножения;
- ♦ оно изотропно – то есть одинаково для всех направлений и точек пространства.

Идеальный случай визуализации – моделирование всех лучей света, освещающих сцену, причем, чем большее количество лучей будет просчитано, тем более точным окажется результат. Но моделирование бесконечного количества лучей света в сцене занимает бесконечно долгое время. Даже моделирование малого количества лучей, достаточного, чтобы получить изображение, занимает чрезмерно много времени, если не применяется аппроксимация (дискретизация). Поэтому были разработаны

четыре группы методов, более эффективных, чем моделирование всех лучей света, освещающих сцену:

- ♦ растеризация – метод проецирования объектов сцены на плоскость виртуального экрана без учета эффекта перспективы относительно наблюдателя;
- ♦ Ray casting (падение лучей) – вся сцена рассматривается из точки наблюдения, из которой на объекты сцены направляются лучи, с помощью которых определяется цвет пиксела на двумерном экране. Эффект перспективы получается естественным образом, если падающие лучи направлены под углом, зависящим от положения пиксела на экране и максимального угла обзора камеры;
- ♦ Ray tracing (трассировка лучей) – родственен предыдущему методу, но при достижении какого-либо объекта сцены луч не прекращает свое дальнейшее распространение, а разделяется на три компонента, каждый из которых вносит свой вклад в цвет пиксела на двумерном экране: отраженный, теневой и преломленный. Метод позволяет получить очень фотореалистичные изображения, но при этом он очень ресурсоемкий;
- ♦ Path tracing (трассировка пути) – содержит похожий алгоритм трассировки распространения лучей, однако является самым приближенным к физическим законам распространения света методом и, конечно, самым ресурсоемким.

Обычно программные пакеты 3D-моделирования и анимации уже включают в себя



Примеры визуализированных изображений

функции визуализации, но существуют и самостоятельные приложения для выполнения данного процесса. При этом конкретное приложение визуализации задействует, как правило, комбинацию нескольких методов, позволяющих получить достаточно качественное и фотореалистичное изображение в рамках приемлемых затрат времени и вычислительных ресурсов. Поэтому приложения для визуализации еще условно разделяются на два больших «отряда»:

- ◆ Biased – с допущениями предположений и погрешностей при описании моделей объектов, а также систематических ошибок, обязательно накапливающихся при многократных итерациях, но зато оптимизированные по затратам времени и ресурсов;
- ◆ Unbiased – соответственно, без допущения всякого рода ошибок и погрешностей, оперирующие максимально точными описаниями моделей объектов и явлений. При этом итоговые изображения получаются такими, какими должны выглядеть в природе – натуральными, фотореалистичными, а приложение визуализации принципиально не имеет настроек качества поверхностей и источников света – так как оно должно быть максимально возможным.

Unbiased-приложения

Первые программные приложения, реализующие визуализацию без допущений, были плохо оптимизированы, да и «компьютерное железо» в то время (примерно 10 лет назад) не отличалось «крепкими мышцами» – дизайнерам приходилось слишком долго ждать завершения просчета, пока шум на картинке уменьшался до приемлемого уровня. Гораздо проще было использовать какой-нибудь biased-визуализатор – настроить, например, в V-Ray глобальное освещение, выполнить последующую обработку в Photoshop и получить результат за какие-то 2...3 часа, чем нажать кнопку Render в приложении Maxwell и терпеливо ждать приемлемого качества изображения эдак часов 8...10, а то и дольше. А иногда шум от какого-нибудь преломления мог не исчезать сутками!

И все-таки, какие преимущества дает использование визуализатора без допущений? В основе всех unbiased-приложений лежит метод трассировки пути, в разной степени оптимизированный, что обеспечивает физически точное моделирование многих оптических эффектов:

- ◆ глобального освещения, (в том числе и каустики);
- ◆ глубины резкости (DOF) и эффекта тянущихся продолжений (Motion Blur);
- ◆ подповерхностного рассеивания;
- ◆ дисперсии (в некоторых визуализаторах);

◆ мягких теней, реалистичных отражений – в общем, все как в жизни.

Результаты применения всех этих эффектов можно видеть сразу же, с первых секунд процесса просчета. Время визуализации мало зависит от степени проработанности поверхностей объектов (количества полигонов), и это дает возможность не экономить ресурсы в ущерб качеству объектов. В пользу расширения использования unbiased-приложений говорит и то, что вычислительные мощности компьютеров постоянно растут, а с появлением технологий параллельных вычислений на процессорах видеокарт начали появляться визуализаторы, просчитывающие на shader-ядрах, что дало прибавление в скорости в десятки раз.

На сегодняшний день наиболее известными unbiased-приложениями являются:

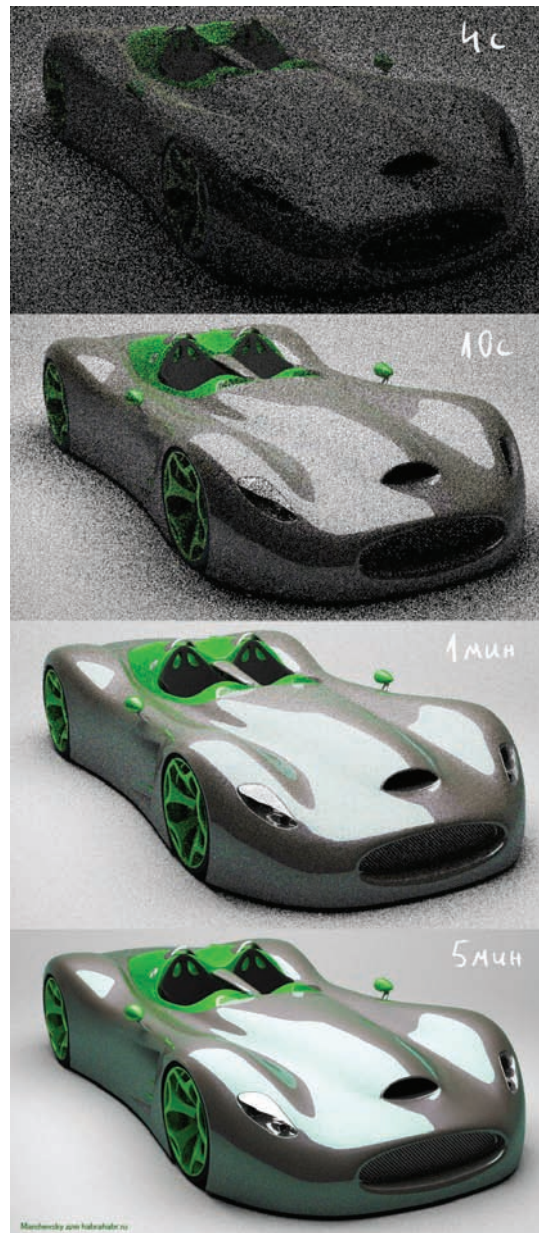
- ◆ Indigo, а также IndigoRT – аналог с просчетом только на ядрах GPU;
- ◆ Fry Render, а также Arion Render – аналог с просчетом только на ядрах GPU;
- ◆ LuxRender – Open Source, имеет поддержку GPU-ускорения;
- ◆ Small Lux GPU – Open Source, аналог с просчетом только на ядрах GPU;
- ◆ Octane Render – полностью GPU-визуализатор;
- ◆ iRay – в комплекте с 3ds Max 2012, задействует CUDA и процессор;
- ◆ Cycles Render – интегрирован в Open Source 3D-редактор Blender, поддерживает как CUDA, так и OpenCL.

Иногда к «отряду» unbiased-визуализаторов ошибочно относят и V-Ray RT. На самом деле, это визуализатор на основе трассировки лучей с реализацией адаптивного сглаживания, дискретизации и просчета теней, что обеспечивает результат, сопоставимый по качеству с просчетом по методу трассировки пути. Но настройки глобального освещения и каустики зависят от общих настроек V-Ray, и в каждом конкретном случае требуется заново проводить их подбор. То же относится и к приложениям Bunkspeed Hypershoot и Luxeop Keyshot (ранних версий, до перехода 3ds Max на iRay).

Maxwell Render

Я несколько не погрешу против истины, если заявлю, что Maxwell Render – самый популярный на сегодняшний день unbiased-визуализатор.

Некоторое время назад передо мной была поставлена задача получения серии компьютерных изображений фотографического качества. В моем распоряжении оказалась довольно мощная рабочая станция, на которой уже работало приложение 3D Studio



Итерации уменьшения шума на изображении

MAX, а временные рамки обозначены были достаточно условно. Посвятив полдня поискам в сети, остановил свой выбор на Maxwell Render, а через пару часов у меня на руках была пробная, но все-таки полнофункциональная версия 2.6.10 (ноябрь 2011 года) приложения.

В состав моего пакета входили:

- ◆ 32- и 64-разрядные версии инсталляторов для MS Windows XP/Vista/7;
- ◆ 26 подключаемых модулей для взаимодействия с 18 популярными приложениями компьютерной графики;
- ◆ Adobe AfterEffects CS и Photoshop CS;
- ◆ Autodesk 3D Studio MAX, Bonzai3d, Maya и Softimage XSI;
- ◆ MAXON CINEMA 4D;
- ◆ The Foundry Nuke;
- ◆ NewTek LightWave 3D;
- ◆ Side Effects Software Houdini;

- ◆ Luxology 3D Modo;
- ◆ еще несколько приложений 3D-моделирования и САПР.

Визуализатор Maxwell Render состоит из трех тесно интегрированных друг с другом модулей:

- ◆ Maxwell Studio – располагает достаточным набором возможностей для компоновки сцен вне приложения 3D-графики. Модуль содержит полный набор инструментов для редактирования свойств объектов, источников света, камер, параметров окружающей

среды. Для сохранения сцен используется собственный формат .mxs, в котором также могут быть сохранены сцены в других 3D-редакторах;

- ◆ Material Editor – редактор материалов, имеет возможность интеграции в большинство внешних приложений 3D-графики, предоставляя свой инструментарий непосредственно в их среде создания сцены. Позволяет редактировать свойства поверхности объектов, выполнять предварительный просмотр результата (демонстрация свойств на так называемых объектах-болванках) и сохранять результат в формате .mhm;

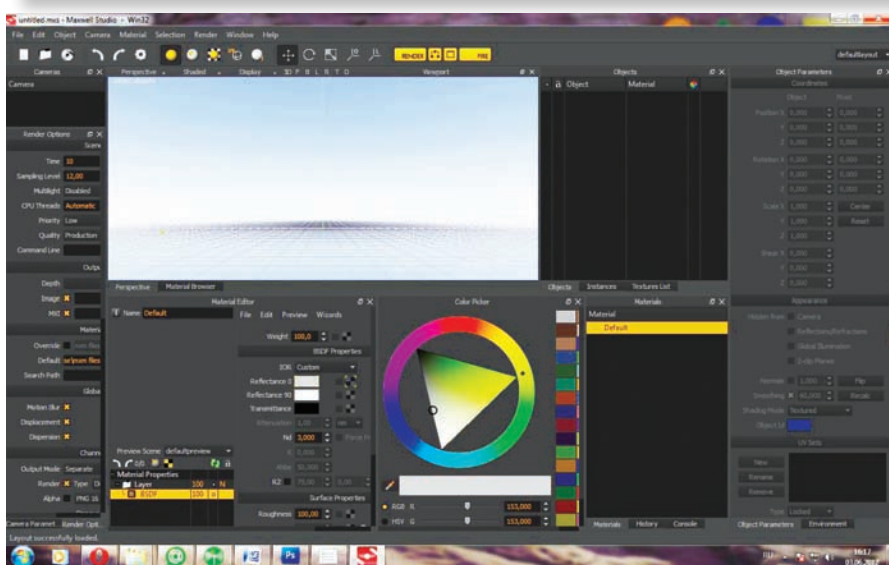
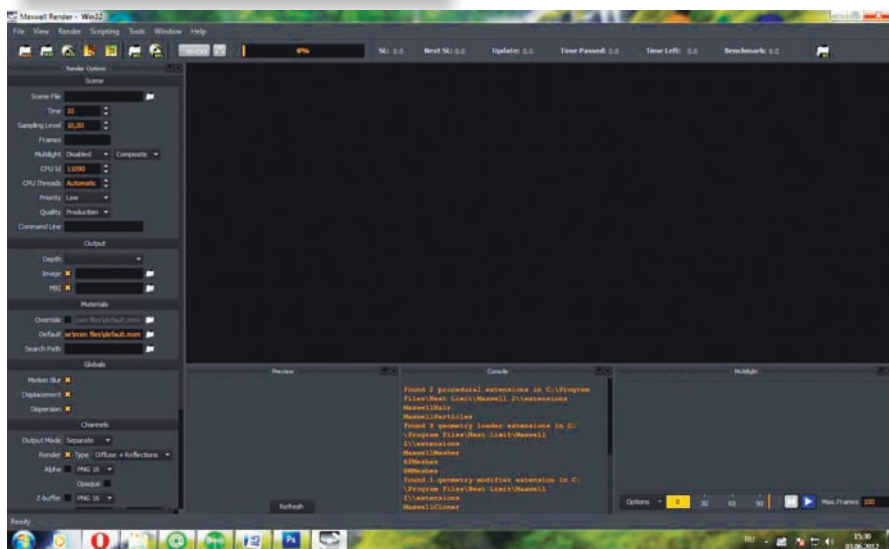
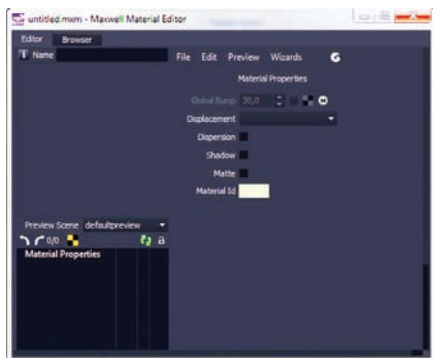
- ◆ Maxwell Render – собственно, сама среда визуализации, которая дает возможность пользователю в реальном масштабе времени наблюдать процесс визуализации. Система просчитывает сцены, подготовленные в формате .mxs, и может быть запущена из внешнего приложения. В процессе визуализации происходит пос-

тоянное фоновое сохранение промежуточных результатов просчитываемой сцены, также в формате .mxs. Результат визуализации может быть сохранен как HDR-изображение.

В комплекте с основными модулями системы поставляются инструменты для организации и мониторинга сетевого просчета. Еще раз подчеркнем, что Maxwell Render является самостоятельным пакетом, то есть каждый его модуль и инструмент – это отдельное приложение, которое может быть связано, к примеру, с 3D Studio MAX через специальный подключаемый модуль-интерфейс.

Благодаря тому, что процессы визуализации в этом приложении основаны на реальных физических законах, удается избежать длительного и тонкого процесса настройки параметров просчета. Вместо этого есть целый набор различных готовых физических моделей. Например, свет в программе рассматривается как волна с определенным, присущим ей поведением, и это позволяет избежать многочисленных проблем, имеющих в других визуализаторах, в которых используется фотонная, корпускулярная модель. В идеальном мире световая волна, упав на поверхность, отражается от нее согласно известному всем закону отражения. Но в реальном мире не существует ни абсолютно отражающих, ни абсолютно черных (поглощающих) поверхностей, поэтому даже при отражении от зеркальной поверхности какая-то часть света обязательно поглощается. В процессе взаимодействия с реальной поверхностью реальная волна света теряет интенсивность и постепенно затухает. В ассортименте моделей освещения – только физически корректные источники света, цвет которых может быть задан не только (и не столько) значением каналов RGB, а преимущественно длиной волны и цветовой температурой. Ближайший аналог такого подхода – фотометрические источники света в 3D Studio MAX. Вот примерно так реализованы и другие физические модели в Maxwell Render.

Благодаря реализации в визуализаторе реалистичной, физически корректной модели окружающей среды (Environment), несложно получить в проекте освещение, адекватное реальному освещению солнечного неба. В модели учтены все характерные для небосвода климатические и периодические изменения – например, ближе к закату преобладающими в спектре Солнца становятся красно-оранжевые лучи. Реализованная модель освещения позволяет избежать при просчете артефактов и так называемых «фотонных ловушек», которые свойственны biased-визуализаторам.



Пользовательские интерфейсы визуализатора Maxwell (сверху вниз): Material Editor, Maxwell Render и Maxwell Studio



Изображения автомобиля и природы, просчитанные в Maxwell Render

Для поверхностей всех объектов определяется только характер их взаимодействия с потоками света: цвет при угле зрения 90° и 0° («в лоб»).

А вот такие характеристики как масса или магнитные свойства для визуализатора бесполезны. Например, цвет поверхности объекта определяется только спектром отраженного от нее света. Любые дополнительные характеристики внешнего вида объекта – гляцевитость, прозрачность, мутность, степень отражения, определяются только свойствами материала. С одной стороны, выбор из стандартного набора материалов избавляет пользователя от необходимости тонкой настройки множества параметров. Но с другой стороны – заставляет применять иные, пока непривычные для компьютерного дизайнера способы создания новых материалов.

Важным преимуществом приложения является выражение всех количественных параметров в единицах СИ. Никаких относительных величин, например Opacity или Transparency, которые используются в других визуализаторах для задания степени прозрачности, здесь нет, а та же степень прозрачности, например, задается глубиной проникновения света внутрь поверхности. Поэтому объект, толщина которого оказывается больше этого значения, будет непрозрачным или прозрачным частично. Благодаря использованию физически корректных моделей поверхностей удается получить фотореалистичное воспроизведе-

ние эффекта внутриверхностного рассеивания (SubSurface Scattering).

Еще одной полезной особенностью Maxwell Render является возможность создавать источник света из любого геометрического объекта на основе физической модели его поверхности. В отличие от других приложений визуализации, от пользователя не потребуется настраивать не всегда однозначные параметры подобных источников. В данном приложении достаточно лишь отрегулировать температуру поверхности источника света и степень светоотдачи. В некоторых случаях будет удобнее задать мощность источника света в ваттах.

В реальном мире мы пользуемся реальной же съемочной техникой (видеокамерами, фото- и кинокамерами), имеющей свои реальные физические параметры – фокусное расстояние и состояние диафрагмы, чувствительность электронных светочувствительных матриц, кино- или фотопленки, глубину резкости и время экспозиции. Следуя принципам строгого физического моделирования, в Maxwell Render реализована также и физически корректная модель виртуальной камеры, имеющей параметры настройки, адекватные реальным. Благодаря этому работа с виртуальной камерой мало чем отличается от манипуляций с реальной камерой. Более того, все параметры камеры можно регулировать не только до, но и во время процесса визуализации.

Также Maxwell Render обеспечивает следующие возможности:

- ◆ карты замещения (Displacement), которые рассчитываются очень аккуратно;
- ◆ карты рельефа (Bump);
- ◆ внутриверхностное рассеивание в тонких слоях (Thin SSS), таких как листья, бумага, тонкие пленки и т. д.;
- ◆ назначение источнику света параметров распределения на основе файлов IES и EULUMDAT.

В качестве типа и формы диафрагмы могут быть также назначены растровые карты. Поддерживается поканальная визуализация со следующими каналами:

- ◆ альфа-канал;
- ◆ канал идентификатора материала;
- ◆ канал глубины (Z-Depth);
- ◆ канал тени;
- ◆ канал непрозрачности;
- ◆ канал идентификатора объекта.

При использовании Maxwell Render необходимо внимательно следить за соблюдением масштаба объектов, так как при просчете используется физически корректная виртуальная камера, полный аналог реальной камеры. Соблюдение размеров поможет избежать проблем с глубиной резкости или яркостью источников света. Например, если источник света светит очень тускло даже при высоких показателях мощности, стоит еще раз убедиться, что эмиттер не находится в помещении, сильно превышающем по размерам обычное. Аналогичная ситуация может быть с глубиной резкости – если кажется, что она размывает все подряд, стоит проверить, не является ли объект слишком миниатюрным. 



Vrec – Доступное решение для многоканальной записи с внешних линий и VTR

4 канала записи - 36400 ₹

Vplay – многофункциональное программное обеспечение для организации многоканального круглосуточного вещания/врезки в форматах SD/HD.

4 канала вещания - 99660 ₹

www.streamlabs.ru
www.vsoft.ru