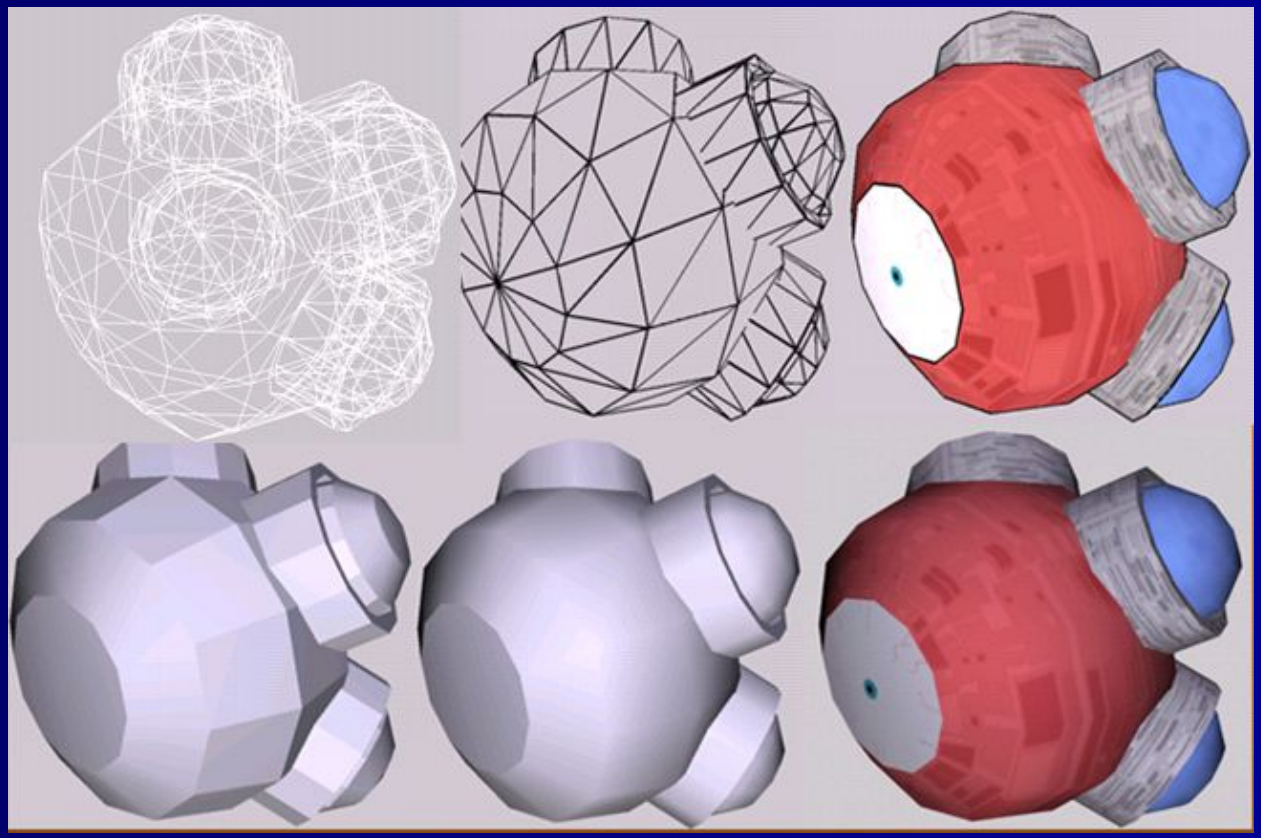
Локальные и глобальные модели освещения.

Фролов Владимир.

25 сентября 2006г.

Что такое освещение и зачем оно нужно?



Свойства поверхностей

- Отражающие (преломляющие) характеристики поверхности определяются отражающими (преломляющими) способностями по отношению к волнам различной длины
- BRDF – Bidirectional Reflectance Distribution Function, определяется как функция вероятности отражения поверхностью под углом *j* луча, падающего под углом *i*.
- BTDF - Bidirectional Transmitted Distribution Function
- BSSRDF - bidirectional surface scattering reflectance distribution function Функция Поверхностного Рассеивания, Отражения и Распределения).

С металлом все нормально, а вот с кожей и листьями?

BRDF

BSSRDF

(BRDF + BTDF + BSSRDF) && color

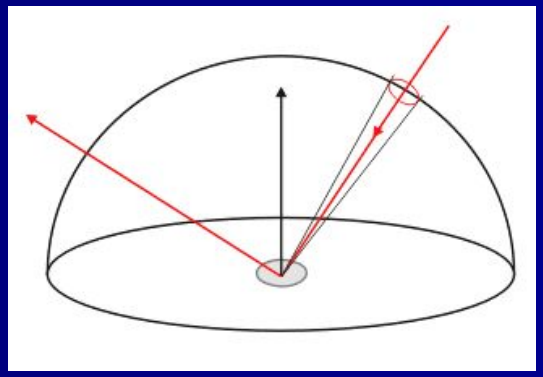
Что есть расчет освещения?

- Интеграл освещенности.

$$I(\phi_r, \theta_r) = \int_{\phi_i} \int_{\theta_i} L(\phi_i, \theta_i)\, R(\phi_i, \theta_i, \phi_r, \theta_r)\, d\phi_i\, d\theta_i$$

$L(\varphi_i,\theta_i)$ – это функция, описывающая общее освещение, падающее в точку x под всеми возможными углами в пределах полусферы.

$R(\varphi_i,\theta_i, \varphi_r,\theta_r)$ – BRDF.



$I(\varphi_r,\theta_r)$ – это функция, которая дает значения интенсивности света, отражаемой поверхностью под разными углами.

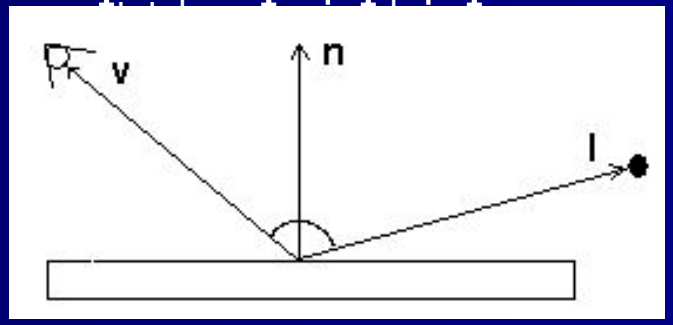
В чем разница между локальными и глобальными моделями освещения?

- Локальная модель не рассматривает процессы светового взаимодействия объектов сцены между собой, а только расчет освещенности самих объектов
- Глобальные модели стараются учитывать законы физики: вторичные переотражения, преломления, корректное распределение световой энергии (диффузное рассеяние)

Локальная модель освещения (модель Фонга)

Взаимодействие света с поверхностью:

- Ambient $I_a = Rs_{ambient} * I_{ambient}$
- Diffuse $I_d = Rs_{diffuse} * I_{diffuse} * (n,l)$
- Specular $I_s = Rs_{specular} * I_{specular} * (r,v)^{sp}$
- Total $I_{...} = I_{.} + I_{.} + I_{.}$



Локальная модель освещения (модель Фонга)

Виды источников света:

- Направленное освещение $I = I_0$
- Точечные источники $I = I_0/(k_c + k_l*d + k_q*d^2)$
- Световые пятна

  1) За пределами светового конуса $I = 0$;

  2) Во внутреннем конусе $I = I_0/(k_c + k_l*d + k_q*d^2)$

  3) Во внешнем конусе

  $I = (I_0/(k_c + k_l*d + k_q*d^2)) * ((\cos\theta - \cos\varphi^*)^{pf}/(\cos\alpha^* - \cos\varphi^*))$

φ – угол внешнего конуса ($\alpha^* = \alpha/2$; $\varphi^* = \varphi/2$;)

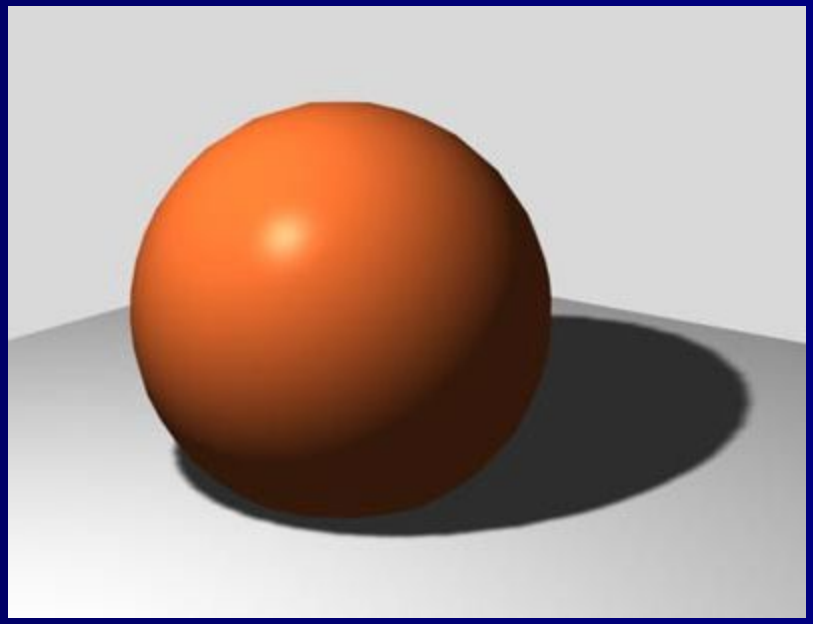
α – угол внутреннего конуса

θ – угол между осью конуса и направлением на освещаемую точку

Локальная модель освещения

- Существуют разновидности модели затенения по Фонгу: Blinn, Cook-Torrance и Ward (anisotropic).
- Blinn изменяет размер зеркальной подсветки в зависимости от направления на наблюдателя.
- Cook-Torrance является логичным развитием модели Blinn, делая подсветку зависящей еще и от длины волны.
- *Ward* (anisotropic shading) позволяет определять преимущественное направление шероховатостей поверхности и изменять форму подсветки в зависимости от такого направления.

Локальная модель освещения



Модель Фонга +

Закраска по Фонгу

Анизотропная модель затенения

Глобальные модели освещения

- Radiosity
- Ray Tracing (прямая трассировка)
- Ray Casting (обратная трассировка)
- Distributed Ray Tracing (DRT), он же Stochastic Ray Tracing
- Photon Mapping

Radiosity

- Поверхности всех объектов трехмерной сцены разбиваются на плоские небольшие участки – патчи (patch)
- Плотность потока энергии(radiosity), приходящей в данный патч, является суммой потоков от всех остальных патчей.
- Необходимо учесть взаимную ориентацию и расстояние патчей. Для этого вводится форм-фактор.

$$\mathbf{B}_i = \mathbf{E}_i + \rho_i \sum_{j=1}^{n} \mathbf{B}_j \mathbf{F}_{ij}$$

где $\mathbf{B}_i$ *- radiosity i-го патча,*

$\mathbf{E}_i$ *- диффузное отражение света от прямого источника;*

ρ_i *- коэффициент, характеризующий свойства диффузного отражения поверхности, которой принадлежит патч;*

$\mathbf{B}_j$ *- radiosity j- го патча;*

$\mathbf{F}_{ij}$ *- форм-фактор, определяющий, какая часть радиосити j-го патча достигнет i-го патча;*

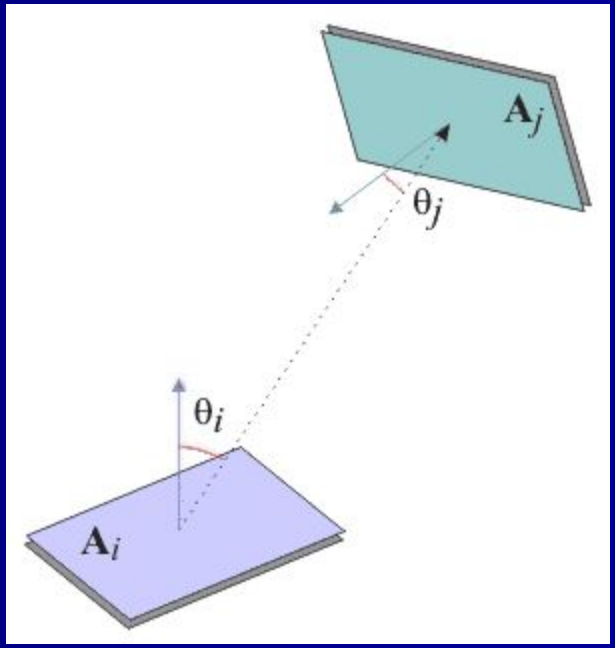
n *- количество всех патчей трехмерной сцены.*

Radiosity

Расчет форм-фактора

$$F_{ij} = \frac{1}{A_i}\int_{A_i}\int_{A_j}\frac{\cos\theta_i \cos\theta_j}{\pi r^2} HID_{ij}\, dA_j\, dA_i$$

F_{ij} - *форм-фактор i-го патча;*
A_i , A_j - *площади i- го и j-го патчей;*
HID_{ij} - *функция видимости патчей;*
r - *расстояние между патчами*
θi, θj - *углы между нормалями патчей и линией, их соединяющей*



Radiosity

Адаптивное разбиение патчей на более мелкие по площади в областях с тоновым градиентом – например, на границах теней

Radiosity

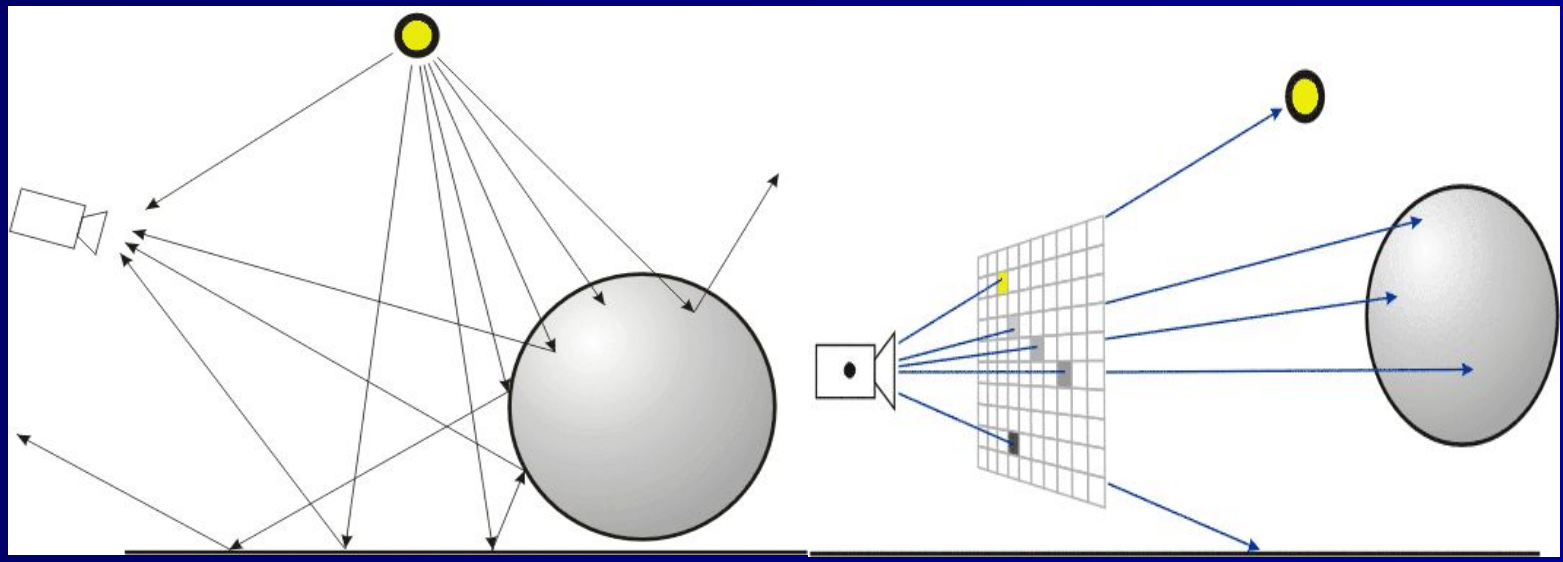
Преимущества:

- позволяет точно находить диффузную освещенность сцен.
- Не самая низкая скорость (при соответствующей оптимизации)

Недостатки:

- Только диффузное освещение, нет caustics, трудности в расчете больших открытых сцен

Ray Tracing и Ray Casting

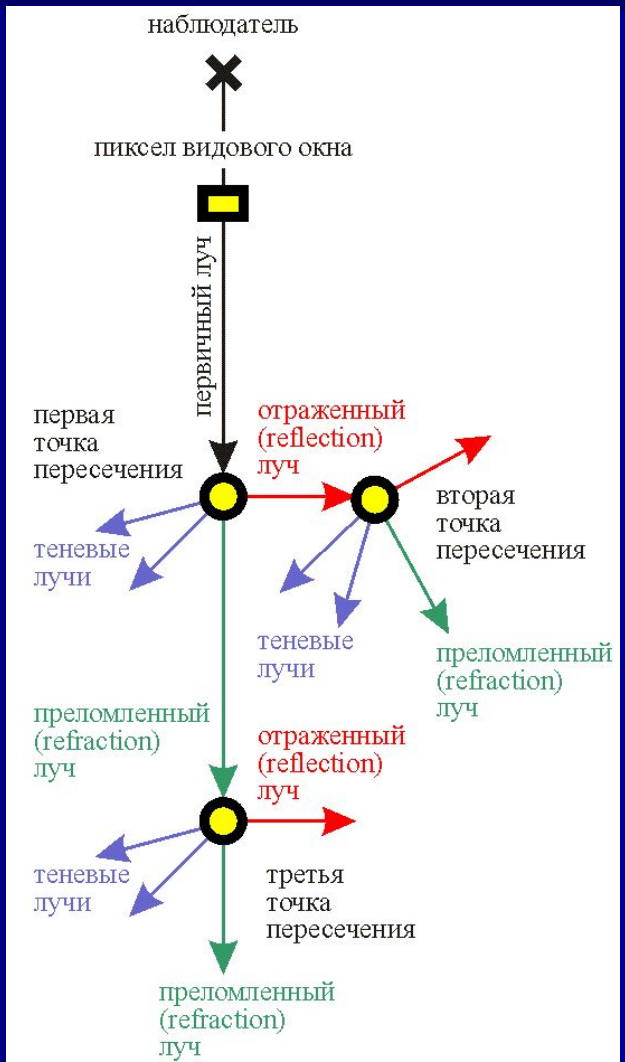


Ray Tracing (прямая трассировка)

Ray Casting (обратная трассировка)

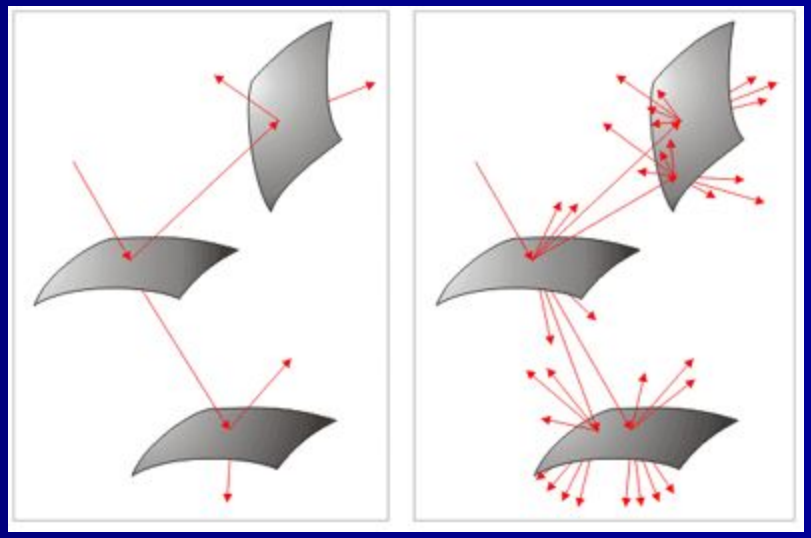
Ray Tracing и Ray Casting

- Основные достоинства рекурсивного метода обратной трассировки лучей – расчет теней, многократных отражений и преломлений.
- Основные недостатки: неучет вторичного освещения от диффузно отраженного объектами света, нет caustics



Distributed Ray Tracing (DRT)

- Лучи должны "расщепляться" на несколько дополнительных лучей, распространяющихся в направлении "родительского" луча.



Основа DRT – сэмплирование (усреднение цвета).

Distributed Ray Tracing (DRT)

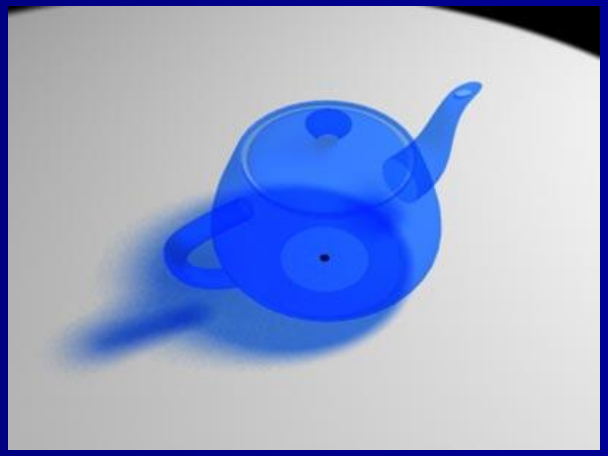
стандартные возможности DRT:

- сэмплирование пиксела подавляет aliasing;
- сэмплирование линз камеры создает depth of field;
- сэмплирование во времени приводит к motion blur;
- сэмплирование отражений (reflection) размывает отражения;
- сэмплирование преломлений (transmission) размывает прозрачность;
- сэмплирование источников света дает мягкие тени с размытыми краями (penumbras);
- сэмплирование длин волн света (wavelength) позволяет рассчитывать дисперсию.

Distributed Ray Tracing (DRT)

- DRT очень качественный и очень "дорогой" метод расчетов

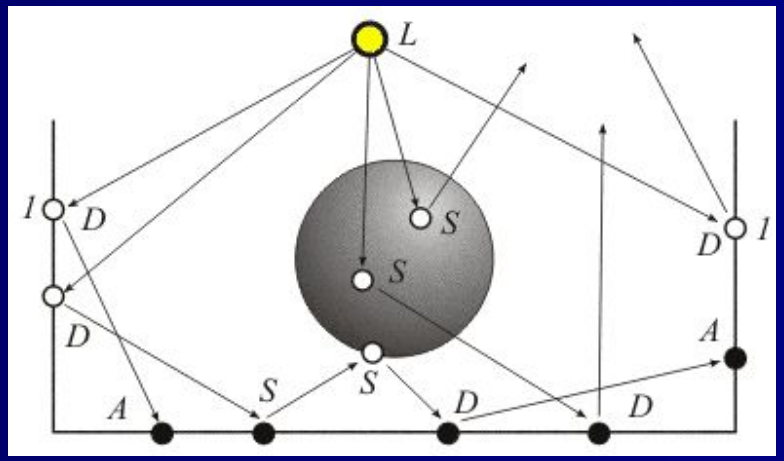
Дисперсия



Размытые тени

Фотонные карты

- Первый проход – трассировка фотонов. Запоминаем информацию об ударах фотонов о поверхности в фотонных картах



- Второй проход - модифицированный стохастический рейтресинг. (или можно просто отрендерить сцену)

Фотонные карты

- Охватывает все эффекты геометрической оптики.

Вопросы???