

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ГЛОБАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ (PATH TRACING, PHOTON MAPPING, V-RAY)

В статье рассматриваются три модели глобального освещения - Path Tracing, Photon Mapping и V-Ray с использованием Brute Force и Light Cache. Проводиться сравнительный анализ их математических основ.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное освещение — ключ к физически корректному рендерингу. Важно выбрать подходящую модель.

I. ГЛОБАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Оно описывает полное световое взаимодействие (отражение, преломление, каустика) между поверхностями и основано на интегральном уравнении рендеринга:

$$L_o(x, \omega_o) = L_e(x, \omega_o) + \int_{\Omega} f_r(x, \omega_i, \omega_o) \cdot L_i(x, \omega_i) \cdot (\omega_i \cdot \mathbf{n}) d\omega_i$$

которое описывает вклад входящего света L_i .

II. PATH TRACING

Path Tracing реализует численное интегрирование уравнения рендеринга методом Монте-Карло, где считает только интеграл, а L_e в отдельном коде, когда путь попал в светящийся объект. Случайно выбираются направления к источникам отражения, формула итерации:

$$L_o(x, \omega_o) \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{L_i f_r \cos \theta}{p(\omega_i)}$$

Используется *importance sampling*: энергия зависит от угла падения света ($\cos \theta$). При выборе направлений пропорционально $\cos \theta$, формула упрощается:

$$\frac{f_r L_i \cos \theta}{\cos \theta / \pi} = \pi f_r L_i$$

что позволяет ускорить вычисления при сохранении физической корректности.

III. PHOTON MAPPING

Photon Mapping — двухфазный biased-алгоритм. Сначала поток фотонов трассируется и

сохраняются в карту. При попадании поток сохраняется и обновляется. Чтобы избежать рекурсии, применяется метод Russian Roulette. Затем энергия собирается в точке обзора по ближайшим фотонам в заданном радиусе, и поток вычисляется по формуле:

$$\Phi_e(x_0, \omega_0) = \frac{L_e(x_0, \omega_0) \cdot |\cos \theta|}{p(x_0, \omega_0) \cdot p_l \cdot N},$$

где $p(x_0, \omega_0)$ — плотность направления, p_l — плотность источника, а N — число фотонов.

IV. V-RAY

V-Ray — коммерческий рендер, использующий трассировку лучей и численное интегрирование. Здесь рассматриваются Brute Force и Light Cache. Первый использует метод Монте-Карло, как и path tracing. Второй — фотоподобный метод (без трассировки фотонов). Приближённая формула:

$$L_o(x) \approx \sum_{j=1}^N \frac{1}{N} f_r(x, \omega_j, \omega_0) L_i(x, \omega_j) (\omega_j \cdot \mathbf{n}),$$

позволяет оценить выходное излучение на основе суммы вкладов от выборки направлений.

V. ВЫВОДЫ

V-Ray - универсальный метод за счет использования разных алгоритмов получается быстро и качественно. Path Tracing наиболее точен, но самый медленный за счет численного интегрирования уравнения рендеринга методом Монте-Карло. Photon mapping трассирует лучи и лучше справляется с отражающими поверхностями.

1. Фapp, М. Physically Based Rendering: From Theory to Implementation / М. Фapp, В. Якоб, Г. Хамфрис. — Morgan Kaufmann, 2016. — 1200 с.

Бондарук Алина Андреевна, студент 3 курса факультета информационных технологий и управления БГУИР, maiko.taya@gmail.com.

Харланчук Диана Сергеевна, студент 3 курса факультета информационных технологий и управления БГУИР, Diana-harl@mail.ru.

Научный руководитель: Шатилова Ольга Олеговна, старший преподаватель кафедры вычислительных методов и программирования БГУИР, o.shatilova@bsuir.by