

РЕНДЕРИНГ РЕАЛИСТИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ

Рак Т. А., Гриневич Я. Г.

Кафедра вычислительных методов и программирования,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: { tatianarak, ja.grinevich }@bsuir.by

Рассматривается базовая механика метода трассировки лучей – технологии построения реалистичных изображений, достоинства и недостатки.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из методов рендеринга в компьютерной графике является метод «бросания лучей» (ray casting), при котором растровое изображение строится на основе замеров пересечения лучей с визуализируемой поверхностью в пространстве. Этот термин впервые использовался в компьютерной графике в 1982 году в работе Скотта Рота [1], который применил его для описания метода рендеринга CSG-моделей.

Первый алгоритм рейкастинга, используемый для рендеринга, был представлен Артуром Апелем в 1968 году [2]. В основе рейкастинга лежит идея генерировать лучи из точки наблюдения сцены, один луч на пиксель, и находить самый близкий объект, который блокирует путь распространения этого луча. Используя свойства материала и эффект света в сцене, алгоритм рейкастинга может определить затенение данного объекта..

I. ПРИНЦИП МЕТОДА ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ

В основе метода трассировки лучей лежит идея генерировать лучи из точки наблюдения сцены, один луч на пиксель, и находить самый близкий объект, который блокирует путь распространения этого луча. Используя свойства материала и эффект света в сцене, алгоритм рейкастинга может определить затенение данного объекта.

В реальной природе источник света испускает луч света, который, проходя через пространство, пересекает какую-либо преграду, которая прерывает распространение этого светового луча.

Алгоритм трассировки лучей (ray tracing) применяет рейкастинг для расчета первичных пересечений луча с объектами сцены и дополняет его генерацией дополнительных лучей для формирования световых бликов, теней, отражений, тем самым повышая уровень фотореалистичности изображения.

Для построения первичного луча и определения первых пересечений с объектами сцены вводятся понятия источника лучей и плоской области обзора. В основе модели лучевого эмиттера лежит механизм упрощенной камеры –

обскуры (рис. 1) с бесконечно малым отверстием, через которое свет проникает на область обзора.



Рис. 1 – Принцип построения изображения

II. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АЛГОРИТМА ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ

Определим плоскую область обзора как массив пикселей $\{pxm\}$, где n и m – количество пикселей в ширину и высоту соответственно, используя предварительно подготовленные структуры данных.

Установим начало координат в точку $O(x_0, y_0, z_0)$, центр камеры в точку $C(x_c, y_c, z_c)$. Зададим фокусный центр камеры точкой $F(x_f, y_f, z_f)$. Вектор $\vec{w} = \overrightarrow{FC}$ определяет направление камеры.

Для корректного определения направления распространения луча от позиции камеры к центру каждого пикселя плоской области обзора понадобится сформировать ортогональный базис $\{\vec{u}, \vec{v}, \vec{w}\}$ при помощи операций векторного произведения:

$$\vec{u} = \vec{w} \cdot \vec{y}_{0,1,0} \quad (1)$$

$$\vec{v} = \vec{u} \cdot \vec{w} \quad (2)$$

Направление первичного луча \vec{R} (рис. 2) определяется по следующим формулам:

$$\alpha = \tan\left(\frac{fov_x}{2}\right) \cdot \left(\frac{i - \left(\frac{n}{2}\right)}{\frac{n}{2}}\right) \quad (3)$$

$$\beta = \tan\left(\frac{fov_y}{2}\right) \cdot \left(\frac{\left(\frac{m}{2}\right) - j}{\frac{m}{2}}\right) \quad (4)$$

$$\vec{R} = \overrightarrow{OC} + \frac{\vec{w} + \alpha\vec{u} + \beta\vec{v}}{|\vec{w} + \alpha\vec{u} + \beta\vec{v}|} \quad (5)$$

где α, β – величины смещения луча по осям X, Y области обзора; i, j – целочисленные координаты пикселя, для которого генерируется луч;

fov_x, fov_y – горизонтальный и вертикальный углы обзора камеры.

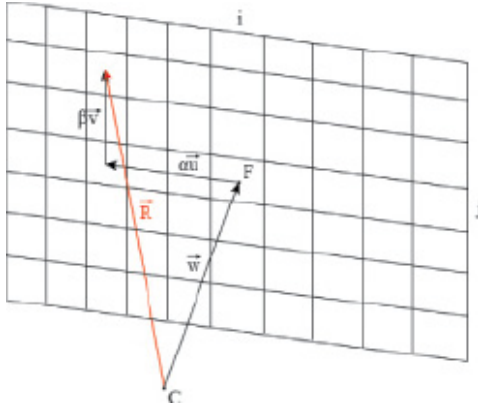


Рис. 2 – Вычисление направления распространения луча от позиции камеры к центру каждого пикселя координатной плоскости

Пусть $\vec{d} = \frac{\vec{w} + \alpha \vec{u} + \beta \vec{v}}{|\vec{w} + \alpha \vec{u} + \beta \vec{v}|}$.

Таким образом, можно записать векторное уравнение пучка лучей, исходящих из точки O с направляющими векторами \vec{d} :

$$\vec{R}_{i,j} = \vec{OC} + t\vec{d}, t \geq 0 \quad (6)$$

где t – расстояние от начала луча до любой точки на нем; \vec{d} – вектор направления распространения луча.

Рассмотрим алгоритмы определения пересечений с простейшим объектом – плоскостью.

Векторное уравнение плоскости, проходящей через фиксированную точку Q перпендикулярно вектору нормали \vec{n} :

$$\vec{n} \cdot \vec{QP} = 0, \quad (7)$$

где $P(x_p, y_p, z_p)$ – произвольная точка плоскости.

Решение системы уравнений (6) и (7):

$$\begin{cases} \vec{OC} + t\vec{d} \\ \vec{n} \cdot \vec{QP} = 0 \end{cases}$$

определяет значение параметра t , соответствующего точке пересечения луча с плоскостью:

$$t = \frac{\vec{n} \cdot \vec{OQ}}{\vec{n} \cdot \vec{d}}. \quad (8)$$

Если $t < 0$, то плоскость располагается позади камеры и луч ее не пересекает. Если $t \geq 0$, то точка пересечения находится на расстоянии $|\vec{OC} + t\vec{n}|$ от центра расположения лучевого эмиттера. Если $\vec{n} \cdot \vec{d} = 0$, то луч проходит параллельно плоскости и не пересекает ее.

III. ВЫВОД

К достоинствам метода трассировки лучей можно отнести следующие положения:

- возможность рендеринга гладких объектов без аппроксимации их полигональными поверхностями;
- вычислительная сложность метода слабо зависит от сложности сцены;
- отсечение невидимых поверхностей, перспектива и корректные изменения поля зрения являются логическим следствием алгоритма.

Серьезным недостатком метода является производительность. Метод растеризации и сканирования строк использует когерентность данных, чтобы распределить вычисления между пикселями. В то время как метод трассирования лучей каждый раз начинает процесс определения цвета пикселя заново, рассматривая каждый луч наблюдения в отдельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Roth, S. D. Ray casting for modeling solids // Computer Graphics and Image Processing. – 1982. – №18. – P. 109-144.
2. Appel, A. Some techniques for shading machine renderings of solids // AFIPS spring joint computer conference. IBM Research Center, Yorktown Heights, N.Y. – 1968. – P. 37-45.
3. Рак, Т. А., Реалистичный рендеринг на основе метода трассировки лучей / Т. А. Рак // 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» – 2020. – С. 147-148.