

СОЗДАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ТУМАНА

Гончарук Александр¹, Бабий Игорь²

Винницкий национальный технический университет

Хмельницкое шоссе, 95, Винница, 21021, Украина,

¹ тел.: (097) 473-51-73, E-Mail: honcharuk@gmail.com,

² тел.: (093) 853-11-59, E-Mail: ibabiy2007@hotmail.com,

Аннотация

В данной статье описано один из способов моделирования графического эффекта тумана. В ней будет уделено внимание качеству изображения которое надо получить. Кроме того в статье показано от чего зависит цвет и прозрачность тумана. Также будет сконцентрировано отдельное внимание производительности устройства аппаратного обеспечения.

Вступление

При моделировании графических изображений очень часто надо генерировать изображение объемного тумана. Очень часто при генерации изображения тумана надо жертвовать качеством картинки ради скорости ее вывода, или наоборот. В компьютерных играх на первом месте стоит скорость обработки информации, качество изображения не так важно.

Модель объемного тумана

Использование слова "объемный" для описания тумана излишне: визуально туман выглядит так из-за взвешенных в воздухе частиц, занимающих в пространстве некоторый объем. Прозрачность тумана зависит от плотности расположения частиц в пространстве. Взвешенные частицы блокируют лучи света. Цвет частиц задает цвет тумана. Если частицы красного цвета, то видно красный туман. При уменьшении объема туманного участка, ухудшается прозрачность и видимость сквозь него. Значит, визуальный эффект яркости тумана или количество частиц - это функция глубины объема тумана. Есть три хорошо известных функции для моделирования тумана: линейный туман, экспоненциальный туман и экспоненциальный квадратный туман. Будем использовать только линейный туман. Функция линейного тумана указывает, что яркость тумана прямо пропорциональна глубине объема тумана:

$$I = D * (Z_{max} - Z_{min}),$$

где I - яркость тумана в точке, D - плотность тумана, а Zmin, Zmax определяют глубину объема тумана. Определим функцию смешивания цвета тумана в многоугольнике

$$C = I * F + (1 - I) * P,$$

где C - конечный цвет, I - яркость цвета, F - цвет тумана и P - цвет многоугольника.

Это уравнение можно изменять, используя alpha-смешанные многоугольники с затенением Gouraud [1] (alpha blended Gouraud shaded polygons). Просто заменим I на alpha в предыдущем уравнении и используем цвет тумана как цвет для затененного многоугольника. При Gouraud затенении многоугольника имеется в виду, что именно alpha интерполируется линейно, а не цвет, который остается постоянным.

Туман в клетках

Каждая клетка имеет плотность тумана и цвет тумана. Если тумана в клетке нет, то его плотность равна 0. При рендеринге объема тумана, нужно вычислять яркость I по каждой вертикали, а для этого необходимо найти Zmin и Zmax.

При рендеринге через видимое пространство, нужно вычислять плоскостное уравнение этого пространства, прежде чем войти в затуманенную клетку. Это плоскостное уравнение совпадает с началом объема тумана (оболочка клетки и есть объем тумана).

Данное плоскостное уравнение для видимого пространства имеет вид

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

Отсюда получим,

$$Z_{min} = Z = -(Ax + By + D)/C$$

Подобным образом, для каждого многоугольника берется его плоскостное уравнение в видимом пространстве, чтобы получить

$$Z_{max} = Z = -(Ax + By + D)/C$$

Для рендеринга каждого многоугольника необходимо вычислить

$$\alpha = D \cdot (Z_{max} - Z_{min})$$

для каждой вертикали. Затем надо сгенерировать многоугольник тумана с использованием значений α . Если устройства аппаратного обеспечения обеспечивают прямую поддержку линейного тумана, то нет необходимости проводить рендеринг над многоугольниками тумана во втором проходе. При отсутствии поддержки линейного тумана, надо использовать α -смещение во втором проходе.

Возьмем одну клетку с туманом поверх другой клетки с туманом. В обеих клетках использован туман одного цвета и одинаковой плотности. Обе клетки находятся в плоскости, которая включает пространство между ними. Так как $(Z_{\max} - Z_{\min})$, скорее всего, будет различен, яркость тумана также будет различаться. Используя линейный туман, можно продемонстрировать, что линейность будет разорвана, если отображать каждый объем тумана по отдельности

$$T = I_a \cdot F + (1 - I_a) \cdot P(1)$$

$$C = I_b \cdot F + (1 - I_b) \cdot T(2)$$

Заменяем (1) на (2) и получим

$$C = I_b \cdot F + (1 - I_b) \cdot (I_a \cdot F + (1 - I_a) \cdot P)$$

Поменяв местами, получаем

$$C = (I_a + I_b - I_a \cdot I_b) \cdot F + (1 - (I_a + I_b - I_a \cdot I_b)) \cdot P$$

Если использовать $I = (I_a + I_b - I_a \cdot I_b)$, получим

$$C = I \cdot F + (1 - I) \cdot P$$

При нелинейном I , решение будет не точным.

Если запишем I_a и I_b как

$$I_a = D \cdot (Z_3 - Z_2)$$

$$I_b = D \cdot (Z_2 - Z_1)$$

Тогда можно записать I как

$$I = D \cdot (Z_3 - Z_2) + D \cdot (Z_2 - Z_1) - D \cdot (Z_3 - Z_2) \cdot D \cdot (Z_2 - Z_1)$$

Поменяв местами получим

$$I = D \cdot (Z_3 - Z_1) - D \cdot D \cdot (Z_3 - Z_2) \cdot (Z_2 - Z_1)$$

Это не линейное уравнение. Точное решение для линейного тумана выглядит следующим образом:

$$I = D \cdot (Z_3 - Z_1)$$

Качество результата можно увидеть только после проверки работы алгоритма. Чем больше количество реализованных нескольких объемов тумана одновременно, тем лучшим будет результат.

При одинаковом цвете и плотности тумана во всем соединенном его объеме, можно сгруппировать объемы этих туманов. При комбинировании различных цветов тумана этого делать нельзя.

Эти способы решения задачи позволяют добиться хорошей производительности при незначительной потере качества. Соединение объемов тумана – не самое быстрое занятие. Если это надо сделать в трехмерной экшн-игре (3D action game), а скорость в ней более важна, то это один из более оптимальных способов добиться хорошего результата.

Литература:

- [1] P. Lindstrom, D. Koller, W. Ribarsky, L. F. Hodges, N. Faust and G. A. Turner, Real-time, continuous level of detail rendering of height fields, In Proc. SIGGRAPH '96, pages 109-118, Aug. 1996.
- [2] Зуев В. Е., Кабанов М. В. Оптика атмосферного аэрозоля (Сер. "Современные проблемы атмосферной оптики", т. 4). Л.: Гидрометеиздат, 1987, 254 с.