



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ _____ Информатика и системы управления
КАФЕДРА _____ Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии

ОТЧЕТ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ

Студент _____ Недолужко Денис Вадимович
Группа _____ ИУ7-43Б
Тип практики _____ стационарная
Название предприятия _____ МГТУ им. Н. Э. Баумана, каф. ИУ7

Студент _____
(Подпись, дата) _____ Д.В. Недолужко
(И.О. Фамилия)

Руководитель курсовой работы _____
(Подпись, дата) _____ А.В. Куров
(И.О. Фамилия)

Оценка _____

Москва
2021 г.

Индивидуальное задание

Разработать программное обеспечение с пользовательским интерфейсом для визуализации трехмерных объектов и наблюдения дисперсии света на прозрачных поверхностях. Предусмотреть задание пользователем объектов сцены и источников освещения.

Оглавление

Введение	2
1 Аналитический раздел	3
1.1 Формализация объектов синтезируемой сцены	3
1.2 Анализ алгоритмов удаление невидимых линий и поверхностей .	3
1.2.1 Алгоритм, использующий z-буфер	3
1.2.2 Алгоритм Робертса	4
1.2.3 Алгоритм Варнока	5
1.2.4 Алгоритм обратной трассировки лучей	5
1.2.5 Вывод	6
1.3 Анализ методов закрашивания	7
1.3.1 Простая закрашка	7
1.3.2 Закраска по Гуро	7
1.3.3 Закраска по Фонгу	8
1.3.4 Вывод	8
1.4 Анализ цветовых моделей	8
1.4.1 Цветовая модель RGB	8
1.4.2 Цветовая модель CMY	9
1.4.3 HSI	9
1.4.4 Вывод	9
2 Конструкторский раздел	10
2.1 Разработка алгоритма	10
2.1.1 Обоснование необходимости разработки алгоритма	10
2.1.2 Основные физические соотношения для дисперсии	10
2.1.3 Описание алгоритма	11
2.1.4 Описание структур данных	12
3 Заключение	13

Введение

Дисперсия - это явление разбиения белого пучка света на его цветные составляющие при прохождении через прозрачные поверхности. Наиболее известным экспериментом, показывающим это явление, является пропускание белого пучка света через призму и наблюдение светового спектра на экране. Явление дисперсии также иллюстрируют радуга и блеск драгоценных камней.

Явление дисперсии занимало умы людей столетиями. Инженеры, проектирующие оптические приборы, стремились минимизировать ее проявление в своих приборах. В то время как ювелиры находились в постоянном стремлении умножить блеск своих драгоценных камней.

Дисперсия повсюду встречается в нашей жизни, это явление полно изучено с физической точки зрения. Поэтому при построении изображений, претендующих на фотореалистичность, нельзя обойти стороной учение этого явления.

Целью моего проекта является разработка программного обеспечения для визуализации трехмерных объектов и наблюдения дисперсии света на прозрачных поверхностях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучение явления дисперсии с физической точки зрения;
- определение зависимостей влияющей на преломление лучей света при прохождении через прозрачную поверхность;
- анализ и выбор алгоритмов построения реалистичного трехмерного изображения;
- проектирование архитектуры и графического интерфейса программы;
- реализация структур данных и алгоритмов;
- исследование производительности программы.

1 Аналитический раздел

1.1 Формализация объектов синтезируемой сцены

Сцена состоит из следующих объектов

- Источник света - объект, испускающий электромагнитное излучение в видимом спектре. Рассмотрим 2 типа источника света
 - Точечный источник света - материальная точка, испускающая лучи света во всех стороны
 - Окружающее освещение - безусловные источник освещения. Тривиализация рассеянного света, отражающегося от других объектов
- Поверхность - ограничивающая плоскость, под которое не располагаются видимые объекты
- Прозрачные объекты - трехмерная модель, пропускающая свет сквозь себя и преломляющая его. Например, призма, алмаз.
- Непрозрачные объекты - трехмерная модель, не пропускающая свет сквозь себя, а отражающая его.

1.2 Анализ алгоритмов удаление невидимых линий и поверхностей

1.2.1 Алгоритм, использующий z-буфер

Данный алгоритм работает в пространстве изображений.

Идея

Суть алгоритма заключается в построении матрицы глубины каждого видимого пикселя изображения. Заводятся 2 двумерных массива: буфер кадра для запоминания цвета каждого пикселя и буфер глубины для запоминания глубины каждого пикселя (z-depth буфер). При работе алгоритма глубина каждого нового рисуемого пикселя сравнивается со значением в буфере глубины. Если новое значение глубины меньше значения в ячейки матрицы, значит новый пиксель находится ближе к картинной плоскости и перекрывает пиксель, находящийся в z буфере. В таком случае необходимо обновить значение цвета пикселя в буфере кадра и значение глубины пикселя в буфере глубины.

Преимущества

- алгоритм прост в реализации
- алгоритм имеет сложность $O(n)$, где n - количество рисуемых объектов сцены

Недостатки

- большой объем используемой памяти
- отсутствие возможности работы с прозрачными объектами
- отсутствие возможности учитывать преломление лучей света объектов сцены

1.2.2 Алгоритм Робертса

Данный алгоритм работает в объектном пространстве.

Идея

Алгоритм Робертса работает в 2 этапа. На первом этапе удаляются невидимые ребра рассматриваемого объекта. На втором этапе каждое из видимых ребер сравнивается с каждым из оставшихся объектом сцены для определения, какая часть или части, если таковые имеются, экранируются этими объектами.

Преимущества

- алгоритм использует математически простые и точные методы

Недостатки

- алгоритм имеет сложность $O(n^2)$, где n - число объектов
- отсутствие возможности работы с прозрачными объектами
- отсутствие возможности учитывать преломление лучей света

1.2.3 Алгоритм Варнока

Данный алгоритм работает в пространстве изображений.

Идея

Суть алгоритма Варнока заключается в разбиении картинной плоскости на части, для каждой из которых задача построения изображения может быть решена достаточно просто. Рассматривается окно и решается вопрос: является ли окно достаточно простым для построения. Если окно не является достаточно простым, то оно разбивается на части, для каждой из которых решается исходная задача.

Преимущества

- алгоритм эффективен для простых сцен в силу малого количества делений картинной плоскости

Недостатки

- алгоритм неэффективен при большом количестве пересечений объектов в силу большого количества делений картинной плоскости
- отсутствие возможности работы с прозрачными объектами
- отсутствие возможности учитывать преломление лучей света

1.2.4 Алгоритм обратной трассировки лучей

Данный алгоритм работает в пространстве изображений

Идея

Данный алгоритм имеет физическую природу. При прямой трассировке лучей испускаются лучи от источников света и отображаются только те лучи, которые попадают в камеру, большая часть вычислений не используется. При обратной же трассировке лучи испускаются из картинной плоскости до первого пересечения с ближайшей поверхностью. Используется закон обратимости светового луча. Согласно ему, луч света, распространившийся по определённой траектории в одном направлении, повторит свой ход в точности при распространении и в обратном направлении.

Данный алгоритм в силу физической природы позволяет также учитывать отражения и преломления лучей

Преимущества

- алгоритм является чрезвычайно параллелизуемым
- возможность работы с прозрачными объектами
- возможность учета преломления света

Недостатки

1.2.5 Вывод

Алгоритмы z-буфера, Робертса, Варконока в их классическом представлении не позволяют учитывать преломления лучей, их отражения, также они слабо приспособлены для работы с прозрачными объектами.

Алгоритм обратной трассировки, благодаря физической природе, прекрасно приспособлен для работы с прозрачными объектами. Также возможно изменять направления луча при прохождении через прозрачную границу, что позволяет учитывать преломления лучей.

Главным недостатком алгоритма обратной трассировки является его вычислительная сложность, так как для каждого луча необходимо выполнять все вычисления снова. Но этот его недостаток компенсируется возможностью его распараллеливания, как для частей изображения, так и для каждого пикселя отдельно.

В силу описанных выше преимуществ и недостатков основой для алгоритма решения поставленной задачи стоит выбрать алгоритм обратной трассировки лучей.

1.3 Анализ методов закрашивания

Тело, грани которого имеют одинаковый цвет и интенсивность, воспринимается человеком как плоская фигура. Поэтому для создания ощущения видимости объемного изображения необходимо использовать алгоритмы закрашивания

1.3.1 Простая закрашка

Идея

Вся грань закрашивается одним уровнем интенсивности, который вычисляется по закону Ламберта:

$$I = I_0 \times k \times \cos(\alpha) \quad (1.1)$$

где I – интенсивность света в точке,
 I_0 – интенсивность источника света,
 k – коэффициент диффузного отражения,
 α – угол падения луча.

Преимущества

- простота реализации
- низкие требования к вычислительным мощностям
- хорошо подходит для граней многоугольника

Недостатки

- плохо подходит для фигур вращения, так как видны ребра

1.3.2 Закраска по Гуро

Идея

Суть метода заключается в последовательном вычислении интенсивности у каждой из граней трехмерной модели и дальнейшем определении интенсивности путем усреднения.

Преимущества

- хорошо подходит для фигур вращения, аппроксимированных полигонами

Недостатки

- ребра многогранником могут стать незаметными

1.3.3 Закраска по Фонгу

Идея

Алгоритм похож на алгоритм закрашки по Гуро, однако аппроксимируется не интенсивность света, а вектор нормали.

Преимущества

- наиболее реалистическое изображение

Недостатки

- наиболее ресурсозатратный алгоритм

1.3.4 Вывод

Алгоритм простой закрашки дает неудовлетворительный результат. Алгоритмы закрашки по Гуро и Фонду дают похожие результаты, однако алгоритм закрашки по Гуро является менее ресурсозатратным. Поэтому выбор пал на алгоритм закрашки по Гуро.

1.4 Анализ цветовых моделей

1.4.1 Цветовая модель RGB

Закон Грассмана гласит, что восприятие хроматической составляющей цвета описывается примерно линейным законом. Впервые подобная модель была предложена Джеймсом Максвеллом в 1861 году. В модели RGB все цвета получаются путем смешивания базовых цветов (красного, зеленого, синего) в разных пропорциях. То есть цвет задается как координата в трехмерном пространстве. Поэтому часто данную модель называют цветовым кубом. Цветные изображения строятся из трех каналов, после чего они совмещаются и получается цветное изображение. Так же подобную модель имеют и глаза человека, так как колбочки, рецепторы для считывания цветов, у человека только трех типов.

1.4.2 Цветовая модель CMY

Данная цветовая модель используется для печати изображений. Состоит из трех цветов: cyan - голубой, magenta - пурпурный, yellow - желтый. Так, желтая бумага не отражает синий цвет. Можно сказать, что желтая бумага вычитает из белого цвета синий, именно поэтому данную модель и называют субтрактивной.

1.4.3 HSI

Цветовая модель HSI используется в профессиональных графических решениях для художников. Человек обычно для описания цвета использует критерии отличные от цветных составляющих: цветовой фон, насыщенность, светлота. Именно этими понятиями и оперируют в данной цветовой модели для задания цветов.

1.4.4 Вывод

Цветовая модель CMY используется для печати, а HSI - избыточна для решения поставленной задачи. Поэтому следует использовать цветовую модель RGB.

2 Конструкторский раздел

2.1 Разработка алгоритма

2.1.1 Обоснование необходимости разработки алгоритма

Рассмотренные в аналитической части алгоритмы не поддерживают отображение дисперсионной картины на поверхностях прозрачных объектов, поэтому необходимо провести модификацию алгоритма для решения поставленной задачи. Для модификации был выбран алгоритм обратной трассировки лучей, так как он имеет физическую природу и поддерживает преломление лучей.

Рассмотрим дисперсию с физической точки зрения.

2.1.2 Основные физические соотношения для дисперсии

Дисперсия света обусловлена зависимостью показателей преломления света от длины волны. Закон Снеллиуса (также Снелля или Снелла) описывает преломление света на границе двух прозрачных сред.

Угол падения света на поверхность связан с углом преломления соотношением:

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2) \quad (2.1)$$

где n_1 — показатель преломления среды, из которой свет падает на границу раздела;

θ_1 — угол падения света — угол между падающим на поверхность лучом и нормалью к поверхности;

n_2 — показатель преломления среды, в которую свет попадает, пройдя границу раздела;

θ_2 — угол преломления света — угол между прошедшим через поверхность лучом и нормалью к поверхности.

2.1.3 Описание алгоритма

Картина с дисперсией света может быть представлена на основании той же идеи что лежит в основе алгоритма обратной трассировки лучей: отслеживание луча света от глаз наблюдателя (камеры) и определение цвета пикселя на основании последовательных отражений от непрозрачных поверхностей и прохождений света сквозь прозрачные объекты. Новым фактором, который следует учитывать в алгоритме, является разложение света на монохроматические лучи при преломлении.

Проведем в алгоритме обратной трассировки следующие модификации:

- прозрачные объекты сцены должны также содержать коэффициент преломления света.
- в алгоритме стандартном трассировки лучей луч содержит геометрическую информацию, такую как начальную точку и направление. Добавим в алгоритм также флаг, определяющий является ли луч монохроматическим. Будет устанавливаться этот флаг преломлении луча и разложении его на монохроматические лучи.
- Луч света раскладывается на 3 монохроматических луча: красный, зеленый, синий. После получения информации по каждому из них - цвета смешиваются.
- При пересечении прозрачной поверхности монохроматическим лучом, разложения луча происходить не должно.

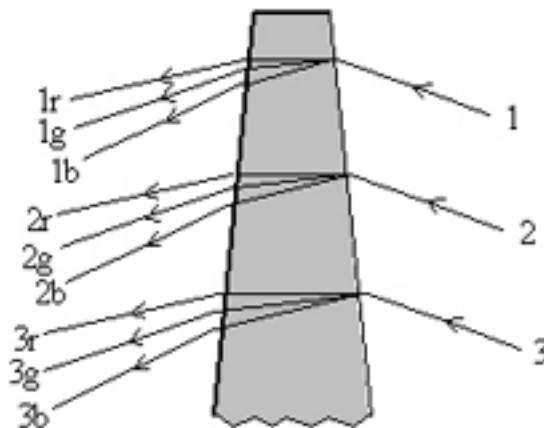


Рис. 2.1: Разложение света на лучи при прохождении через прозрачный объект

2.1.4 Описание структур данных

Листинг 2.1: Структура луча

```
struct ray {  
    point point_start ,  
    vector ray_dir ,  
    bool is_monochrom ,  
    color  
};
```

3 Заключение

В ходе практики было произведено исследование поиска решений поставленной задачи. Были проанализированы алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей, методы закрашивания, рассмотрены цветовые модели. По результатам данного анализа были рассмотрены преимущества и недостатки рассматриваемых методов, а также выбраны наиболее подходящие для решения поставленной задачи.

Список литературы

- [1] F. David Fracchia Yinlong Sun и Mark S. Drew. *Rendering light dispersion with a composite spectral model* [Текст].
- [2] Дж. Адамас Д. Роджерс. *Математические основы машинной графики* [Текст]. 2001.
- [3] Горелик В.С. Литвинов О.С. *Электромагнитные волны и оптика. Учебное пособие*. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана [Текст], 2006, с. 448.
- [4] Е. А. Снижко. *Компьютерная геометрия и графика* [Текст]. 2005.