Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Институт №8 «Информационные технологии и прикладная математика»

Кафедра 806 «Вычислительная математика и программирование»

Лабораторные работы №4-5 по курсу «Компьютерная графика»

Студент: М. А. Инютин
Преподаватель: А. В. Морозов
Группа: М8О-307Б-19
Дата:
Оценка:
Подпись:

Москва, 2021

Ознакомление с технологией OpenGL

Задача: Создать графическое приложение с использованием OpenGL. Используя результаты предыдущей лабораторной работы, изобразить заданное тело с использованием средств OpenGL 2.1. Использовать буфер вершин. Точность аппроксимации тела задается пользователем. Обеспечить возможность вращения и масштабирования многогранника и удаление невидимых линий и поверхностей. Реализовать простую модель освещения на GLSL.

Параметры освещения и отражающие свойства материала задаются пользователем в диалоговом режиме.

Вариант задания: Шаровой сектор.

1 Описание

OpenGL (Open Graphics Library) — спецификация, определяющая платформонезависимый программный интерфейс для написания приложений, использующих двумерную и трёхмерную компьютерную графику.

Для отображения на экран необходимо использовать Vertex Buffer. Этот метод хранит инфморацию об объекте непосредственно в видеопамяти. Напрямую обратиться к ней нельзя, OpenGL предосталвяет возможность создания буферов вершин и индексов, куда следует скопировать данные об объекте.

Шейдер (Shader) — программа для процессора графической карты (GPU), управляющая поведением шейдерной стадии графического конвейера и занимающаяся обработкой соответствующих входных данных.

В работе используются вершинный и фрагментный шейдеры. Первый трансформирует вершины из локального пространства в пространство камеры. Второй отвечает за закрасу геометрического объекта, интерполирует параметры и расчитывает цвет отдельно взятого пикселя.

Шейдеры можно писать на GLSL (Graphics Library Shader Language) — высокоуровневом языке используемом для шейдеров OpenGL. Синтаксис языка очень похож на синтаксис C.

2 Исходный код

Файл *Figure.cs* содержит код для генерации фигуры. После генерации точек, образующих поверхность, задаются полигоны, вычисляются вектора нормали к вершинам.

```
1  public Figure(int paramPhi, int paramTheta, double paramR, double maxTheta, Misc.
       Colour col)
2  {
3      ParamPhi = paramPhi;
4      ParamTheta = paramTheta - 1;
5      R = paramR;
6      MaxTheta = Misc.ToRadians(maxTheta);
7      DeltaPhi = Misc.ToRadians(Misc.MAX_DEG / (double)(ParamPhi));
8      DeltaTheta = MaxTheta / (double)(ParamTheta);
9      FigureColour = col;
10     GenVertices();
11     GenFigure();
12     GenVertexNormals();
13 }
14
15 private void GenVertices()
16 {
17     CenterLow = new Vertex(0, 0, R * Math.Cos(MaxTheta), FigureColour);
18     CenterHigh = new Vertex(0, 0, R, FigureColour);
19     Vertices = new List<Vertex>();
20     Vertices.Add(CenterLow);
21     Vertices.Add(CenterHigh);
22     LayerVertices = new List< List<Vertex> >();
23     double stepTheta = DeltaTheta;
24     for (int i = 0; i < ParamTheta; ++i)
25     {
26         double curZ = R * Math.Cos(stepTheta);
27         double curXY = R * Math.Sin(stepTheta);
28         double stepPhi = 0;
29         List<Vertex> curLayerVertices = new List<Vertex>();
30         for (int j = 0; j < ParamPhi; ++j)
31         {
32             Vertex curVertex = new Vertex(curXY * Math.Cos(stepPhi), curXY * Math.Sin(
                   stepPhi), curZ, FigureColour);
33             curLayerVertices.Add(curVertex);
34             Vertices.Add(curVertex);
35             stepPhi = stepPhi + DeltaPhi;
36         }
37         LayerVertices.Add(curLayerVertices);
38         stepTheta = stepTheta + DeltaTheta;
39     }
40     for (int i = 0; i < Vertices.Count; ++i)
41     {
42         Vertices[i].Id = i;
```

```
43      }
44  }
45
46  private void GenFigure()
47  {
48      Polygons = new List<Polygon>();
49      GenLow();
50      GenHigh();
51      GenSphere();
52  }
53
54  private void GenLow()
55  {
56      int lastLayerInd = LayerVertices.Count - 1;
57      for (int j = 0; j < ParamPhi; ++j)
58      {
59          Vertex a = LayerVertices[lastLayerInd][j];
60          Vertex b = LayerVertices[lastLayerInd][(j + 1) % ParamPhi];
61          Polygons.Add(new Polygon(CenterLow, b, a));
62      }
63  }
64
65  private void GenSphere()
66  {
67      for (int i = 0; i < ParamTheta - 1; ++i)
68      {
69          for (int j = 0; j < ParamPhi; ++j)
70          {
71              Vertex a = LayerVertices[i][j];
72              Vertex b = LayerVertices[i][(j + 1) % ParamPhi];
73              Vertex c = LayerVertices[i + 1][(j + 1) % ParamPhi];
74              Vertex d = LayerVertices[i + 1][j];
75              Polygons.Add(new Polygon(a, c, b));
76              Polygons.Add(new Polygon(c, a, d));
77          }
78      }
79  }
80
81  private void GenHigh()
82  {
83      for (int j = 0; j < ParamPhi; ++j)
84      {
85          Vertex a = LayerVertices[0][j];
86          Vertex b = LayerVertices[0][(j + 1) % ParamPhi];
87          Polygons.Add(new Polygon(CenterHigh, a, b));
88      }
89  }
90
91  public void GenVertexNormals()
```

```
92  {
93      foreach (Vertex vert in Vertices)
94      {
95          vert.Normal = new Vector4D();
96          vert.Normal.W = 0;
97      }
98      foreach (Polygon poly in Polygons)
99      {
100         Vector4D polyN = poly.NormalVector();
101         polyN.Normalize();
102         foreach (Vertex vert in poly.Data)
103         {
104             vert.Normal = vert.Normal + polyN;
105             vert.Normal.W += 1;
106         }
107     }
108     foreach (Vertex vert in Vertices)
109     {
110         vert.Normal.X = vert.Normal.X / vert.Normal.W;
111         vert.Normal.Y = vert.Normal.Y / vert.Normal.W;
112         vert.Normal.Z = vert.Normal.Z / vert.Normal.W;
113         vert.Normal.W = 0;
114         vert.Normal.Normalize();
115     }
116 }
```

Geometry.cs содержит классы векторов и матрицы, методы для работы с ними. В *Misc.cs* заданы константы, используемые во всей программе.

Вся работа с интерфейсом, компиляция шейдеров, создание буфера вершин описаны в *MainWindow.cs*. Компиляция шейдеров:

```
117 private void CompileShaders()
118 {
119     int[] success = new int[1];
120     System.Text.StringBuilder txt = new System.Text.StringBuilder(512);
121 
122     vertexShader = gl.CreateShader(OpenGL.GL_VERTEX_SHADER);
123     gl.ShaderSource(vertexShader, HelpUtils.ReadFromRes("Phong.vert"));
124     gl.CompileShader(vertexShader);
125 
126     gl.GetShader(vertexShader, OpenGL.GL_COMPILE_STATUS, success);
127     if (success[0] == 0)
128     {
129         gl.GetShaderInfoLog(vertexShader, 512, (IntPtr)0, txt);
130         Console.WriteLine("Vertex shader compilation failed!\n" + txt);
131     }
132 
133     fragmentShader = gl.CreateShader(OpenGL.GL_FRAGMENT_SHADER);
134     gl.ShaderSource(fragmentShader, HelpUtils.ReadFromRes("Phong.frag"));
135     gl.CompileShader(fragmentShader);
136 
137     gl.GetShader(fragmentShader, OpenGL.GL_COMPILE_STATUS, success);
138     if (success[0] == 0)
139     {
140         gl.GetShaderInfoLog(fragmentShader, 512, (IntPtr)0, txt);
141         Console.WriteLine("Fragment shader compilation failed!\n" + txt);
142     }
143 
144     shaderProgram = gl.CreateProgram();
145     gl.AttachShader(shaderProgram, vertexShader);
146     gl.AttachShader(shaderProgram, fragmentShader);
147     gl.LinkProgram(shaderProgram);
148 
149     gl.GetProgram(vertexShader, OpenGL.GL_LINK_STATUS, success);
150     if (success[0] == 0)
151     {
152         gl.GetProgramInfoLog(vertexShader, 512, (IntPtr)0, txt);
153         Console.WriteLine("Shader program linking failed!\n" + txt);
154     }
155 }
```

Вершинный шейдер *Phong.vert* преобразует локальные координаты в видовые, затем передаёт их фрагментному шейдеру.

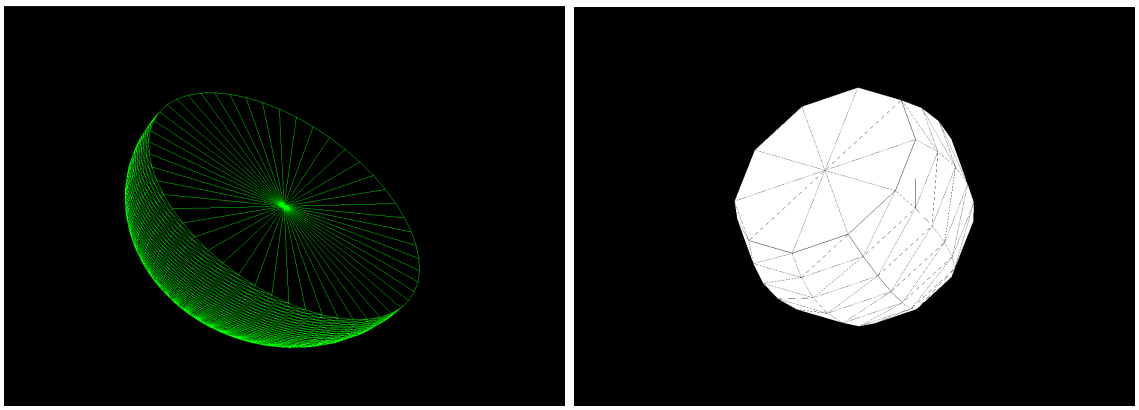
```
#version 150 core

in vec3 cord3f;
in vec3 col3f;
in vec3 norm3f;
out vec3 position;
out vec3 normal;

uniform mat4 proj4f;
uniform mat4 view4f;
uniform mat4 model4f;
uniform bool useSingleColor;
uniform vec3 singleColor3f;

void main(void) {
    vec4 vertexPos = vec4(cord3f, 1.0f);
    vertexPos = (proj4f * view4f * model4f) * vertexPos;
    vec4 vertexNormal = vec4(norm3f, 0.0f);
    vertexNormal = (view4f * model4f) * vertexNormal;
    position = vertexPos.xyz;
    normal = normalize(vertexNormal.xyz);
    gl_Position = vertexPos;
}
```

Фрагментный шейдер *Phong.frag* реализует затенение Фонга, интерполирующее нормаль к точке.

```
24 #version 150 core
25
26 in vec3 position;
27 in vec3 normal;
28 out vec4 color;
29
30 uniform bool useSingleColor;
31 uniform vec3 singleColor3f;
32 uniform vec3 ka3f;
33 uniform vec3 kd3f;
34 uniform vec3 ks3f;
35 uniform vec3 light3f;
36 uniform vec3 ia3f;
37 uniform vec3 il3f;
38 uniform float p;
39 uniform vec3 camera = vec3(0, 0, -1e9f);
40 uniform float k = 0.5;
41
42 void main(void) {
43     if (useSingleColor) {
44         color = vec4(singleColor3f, 1.0f);
45         return;
46     }
47     vec3 res = singleColor3f;
48     vec3 l = light3f - position;
49     float d = length(l);
50     l = normalize(l);
51     vec3 s = normalize(camera - position);
52     vec3 r = normalize(2 * normal * dot(normal, l) - l);
53     float diffusal = dot(l, normal);
54     float specular = dot(r, s);
55     if (diffusal < 1e-3) {
56         diffusal = 0;
57         specular = 0;
58     }
59     if (specular < 1e-3) {
60         specular = 0;
61     }
62     for (int i = 0; i < 3; ++i) {
63         res[i] = res[i] * (ia3f[i] * ka3f[i] + il3f[i] * (kd3f[i] * diffusal + ks3f[i]
               * pow(specular, p)) / (d + k));
64     }
65     color = vec4(res, 1.0f);
66 }
```

3 Демонстрация работы программы

Каркасная визуализация шарового сектора



Освещение Фонга для одного источника