

# 作业 3: Pipeline and Shading

## GAMES101, 2020 年春季

教授: 闫令琪

计算机图形学与混合现实研讨会

GAMES: Graphics And Mixed Environment Seminar

发布日期为北京时间 2020 年 3 月 10 日 (星期二) 晚**23:59**

截止日期为北京时间 2020 年 3 月 17 日 (星期二) 晚**23:59**

---

### 注意:

- 任何更新或更正都将发布在论坛上, 因此请偶尔检查一下。
  - 论坛链接: <http://games-cn.org/forums/forum/graphics-intro/>。
  - 你必须独立完成自己的作业。
  - 你可以在论坛上发布帖子求助, 但是发布问题之前, 请仔细阅读本文档。
  - 在截止时间之前将你的作业提交到 SmartChair 上。
-

## 1 总览

在这次编程任务中，我们会进一步模拟现代图形技术。我们在代码中添加了 Object Loader(用于加载三维模型), Vertex Shader 与 Fragment Shader, 并且支持了纹理映射。

**而在本次实验中，你需要完成的任务是：**

1. 修改函数 `rasterize_triangle(const Triangle& t)` in `rasterizer.cpp`: 在此处实现与作业 2 类似的插值算法，实现法向量、颜色、纹理颜色的插值。
2. 修改函数 `get_projection_matrix()` in `main.cpp`: 将你自己之前的实验中实现的投影矩阵填到此处,此时你可以运行 `./Rasterizer output.png normal` 来观察法向量实现结果。
3. 修改函数 `phong_fragment_shader()` in `main.cpp`: 实现 Blinn-Phong 模型计算 Fragment Color.
4. 修改函数 `texture_fragment_shader()` in `main.cpp`: 在实现 Blinn-Phong 的基础上，将纹理颜色视为公式中的  $kd$ ，实现 Texture Shading Fragment Shader.
5. 修改函数 `bump_fragment_shader()` in `main.cpp`: 在实现 Blinn-Phong 的基础上，仔细阅读该函数中的注释，实现 Bump mapping.
6. 修改函数 `displacement_fragment_shader()` in `main.cpp`: 在实现 Bump mapping 的基础上，实现 displacement mapping.

## 2 开始编写

### 2.1 编译与使用

在课程提供的虚拟机上，下载本次实验的基础代码之后，请在 `SoftwareRasterizer` 目录下按照如下方式构建程序：

```
1 $ mkdir build
2 $ cd ./build
3 $ cmake ..
4 $ make
```

这将会生成命名为 `Rasterizer` 的可执行文件。使用该可执行文件时，你传入的第二个参数将会是生成的图片文件名，而第三个参数可以是如下内容：

- `texture`: 使用代码中的 `texture` shader.  
使用举例: `./Rasterizer output.png texture`
- `normal`: 使用代码中的 `normal` shader.  
使用举例: `./Rasterizer output.png normal`
- `phong`: 使用代码中的 `blinn-phong` shader.  
使用举例: `./Rasterizer output.png phong`
- `bump`: 使用代码中的 `bump` shader.  
使用举例: `./Rasterizer output.png bump`
- `displacement`: 使用代码中的 `displacement` shader.  
使用举例: `./Rasterizer output.png displacement`

当你修改代码之后，你需要重新 `make` 才能看到新的结果。

## 2.2 框架代码说明

相比上次实验，我们对框架进行了如下修改：

1. 我们引入了一个第三方.obj 文件加载库来读取更加复杂的模型文件，这部分库文件在 `OBJ_Loader.h file`. 你无需详细理解它的工作原理，只需知道这个库将会传递给我们一个被命名被 `TriangleList` 的 `Vector`，其中每个三角形都有对应的点法向量与纹理坐标。此外，与模型相关的纹理也将被一同加载。  
**注意：如果你想尝试加载其他模型，你目前只能手动修改模型路径。**

2. 我们引入了一个新的 `Texture` 类以从图片生成纹理，并且提供了查找纹理颜色的接口：`Vector3f getColor(float u, float v)`
3. 我们创建了 `Shader.hpp` 头文件并定义了 `fragment_shader_payload`，其中包括了 Fragment Shader 可能用到的参数。目前 `main.cpp` 中有三个 Fragment Shader，其中 `fragment_shader` 是按照法向量上色的样例 Shader，其余两个将由你来实现。
4. 主渲染流水线开始于 `rasterizer::draw(std::vector<Triangle> &TriangleList)`。我们再次进行一系列变换，这些变换一般由 Vertex Shader 完成。在此之后，我们调用函数 `rasterize_triangle`。
5. `rasterize_triangle` 函数与你在作业 2 中实现的内容相似。不同之处在于被设定的数值将不再是常数，而是按照 Barycentric Coordinates 对法向量、颜色、纹理颜色与底纹颜色 (Shading Colors) 进行插值。回忆我们上次为了计算 `z value` 而提供的 `[alpha, beta, gamma]`，这次你将需要将其应用在其他参数的插值上。你需要做的是计算插值后的颜色，并将 Fragment Shader 计算得到的颜色写入 `framebuffer`，这要求你首先使用插值得到的结果设置 `fragment shader payload`，并调用 `fragment shader` 得到计算结果。

### 2.3 运行与结果

在你按照上述说明将上次作业的代码复制到对应位置，并作出相应修改之后 (请务必认真阅读说明)，你就可以运行默认的 `normal shader` 并观察到如下结果：



实现 Blinn-Phong 反射模型之后的结果应该是：



实现纹理之后的结果应该是：



实现 Bump Mapping 后，你将看到可视化的凹凸向量：



实现 Displacement Mapping 后，你将看到如下结果：



### 3 评分与提交

#### 评分:

- [5 分] 提交格式正确，包括所有需要的文件。代码可以正常编译、执行。
- [10 分] 参数插值：正确插值颜色、法向量、纹理坐标、位置 (Shading Position) 并将它们传递给 `fragment_shader_payload`.
- [20 分] Blinn-phong 反射模型：正确实现 `phong_fragment_shader` 对应的反射模型。
- [5 分] Texture mapping：将 `phong_fragment_shader` 的代码拷贝到 `texture_fragment_shader`，在此基础上正确实现 Texture Mapping.
- [10 分] Bump mapping 与 Displacement mapping：正确实现 Bump mapping 与 Displacement mapping.

- [Bonus 3 分] 尝试更多模型：找到其他可用的.obj 文件，提交渲染结果并把模型保存在 /models 目录下。这些模型也应该包含 **Vertex Normal** 信息。
- [Bonus 5 分] 双线性纹理插值：使用双线性插值进行纹理采样，在 Texture 类中实现一个新方法 `Vector3f getColorBilinear(float u, float v)` 并通过 `fragment shader` 调用它。为了使双线性插值的效果更加明显，你应该考虑选择更小的纹理图。请同时提交纹理插值与双线性纹理插值的结果，并进行比较。

### 提交:

1. 当你完成作业后，**请清理你的项目**，记得在你的文件夹中包含 CMakeLists.txt 和所有的程序文件 (无论是否修改)；
2. 同时，请新建一个 /images 目录，将所有实验结果图片保存在该目录下；
3. 再添加一个 README.md 文件写清楚自己完成了以上七个得分点中的哪几点 (如果完成了，也请同时提交一份结果图片)，并简要描述你在各个函数中实现的功能；
4. 最后，将上述内容打包，并用“姓名\_Homework3.zip”的命名方式提交到 SmartChair 平台。
5. 未清理 /build, /.vscode 或是未按格式建立 /images、未提交 README.md 将会受到 -2 分的处罚。

平台链接：<http://smartchair.org/GAMES2020Course-YLQ>。