

# Homework 3 – Environment Lights

Digital Image Synthesis

R05944045 陳卓晗

Date submitted: 12/15/2016

## 1. Implementation

PBRT2 使用採樣的方式來計算環境光的反射。本次實作中要求用 Median Cut Algorithm 將環境光轉化為多個點光源，然後用這些點光源來近似環境光的效果。實作過程主要可以分為兩步，首先是在類的 construct 過程中將環境光分解成多個點光源，然後在 Sample\_L 中隨機選取一個點光源并返回其方向、強度以及 PDF 等信息。

實作中比較重要的幾個步驟是：

### 1) Light energy

環境光貼圖中的存儲的是像素的 RGB 顏色值，我們將其轉換成灰度值來表示一個像素的光線強度，論文中提到的方法是使用  $Y = 0.2125R + 0.7154G + 0.0721B$  這種類型的轉換。

另外，由於環境光的貼圖使用的是 latitude-longitude mapping，在除了 height/2 的地方像素都有被拉伸。所以我們需要對此進行補償處理，根據像素的高度將它的能量乘以  $\sin \theta$ 。同時，為了避免環境光貼圖

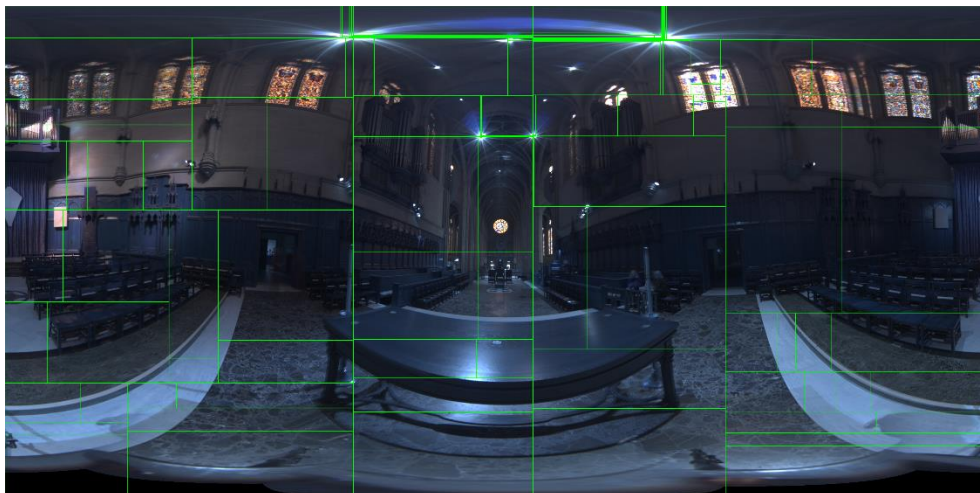
的大小影響到結果圖像的亮度，像素的亮度和顏色都要做歸一化處理，即乘上 $(2 * \pi) * \pi / (\text{height} * \text{width})$ 。

## 2) Median cut

Median Cut 的原則是，沿著當前的方形區域中較長的那一個軸進行裁剪，并使裁剪后的兩個區域的能量基本一致（不太可能達到完全相同）。分割時，採用二分法對較長邊進行分割，並且不斷對區域進行分割直到達到預設的區域數量。在選取較長邊的時候我也有對區域的長度進行 longitude-latitude mapping 的補償處理。

由於計算區域亮度時要計算整個區域的能量。為了加速這個計算過程，預先計算一個表格用來存儲左上角 $(0,0)$ 到 $(i,j)$ 的亮度能量的總和。這樣計算每個區域的能量都可以在 $O(1)$ 的時間內完成。

分割的結果會如下圖所示：



### 3) Light source position & color

論文提到了兩種方法來決定一個區域中光源所處的位置。一個方法是取區域的中心點。另一個方法則是根據區域像素的光強度計算出重心，重心的計算採用和像素光能量的二次方成正比的方式：

$$X_c = \frac{\sum_{(x,y) \in region} L_{(x,y)}^2 x}{\sum_{(x,y) \in region} L_{(x,y)}^2}$$
$$Y_c = \frac{\sum_{(x,y) \in region} L_{(x,y)}^2 y}{\sum_{(x,y) \in region} L_{(x,y)}^2}$$

下圖採用了預設區域為 64 的中心點和重心點的結果圖，從下圖的對比中可以看到，採用取中點的方法計算出來的光源會有大概率偏移區域中比較亮的部分。在預設的劃分區域較少的時候，會明顯造成零散的影子。而採用重心的方式計算出來的光源更靠近亮的區域，劃分的區域較少的時候就能得到比較好的結果。同時這種計算方式也比較符合直覺。



Central point envlight-64-my



Centroid point envlight-64-my

由於光源代表的是整個區域環境光的亮度，所以光源的顏色就是區域中所有像素顏色的總和。

#### 4) Sample

由於我們在分割時盡量是讓所有的光源都有相同的能量，所以在 sample 中選取光源時，只需要從所有光源中隨機選擇一個光源返回對應的參數（位置、顏色、pdf）即可。並且，需要計算的 pdf 就是  $1/n$ ， $n$  表示光源的數量。

## 2. Performance

Environment	CPU	Memory	Cores	GPU
Windows 10	Core i7 2.70GHz	8GB	8	GTX 970m

	pbrt	My Implement
Envlight-4	33.0s	15.7s
Envlight-16	100.5s	34.7s
Envlight-64	397.2s	115.0s
Envlight-256	1595.8s	452.3s
Envlight-new-4	36.5s	20.3s
Envlight-new-16	115.0s	46.5s
Envlight-new-64	435.4	174.9
Envlight-new-256	1770.3	629.8

### 3. Results

Pbrt



My w/ central point



My w/ centroid point





採用 median cut 的優勢在於極大地加快了運算的速度，並且切少量的區域就可以得到和原圖較為接近的效果，但依然還有細微的差別。以 64 個預設區域的 envlight 結果圖為例，可以看到車頂明顯有變亮。而經過 tone mapping 之後也能觀察到車底的陰影依然比較散亂。



Tone mapped envlight-64



Tone mapped envlight-64-my