

VFX Project #1 Report

台科 a10409007 劉健彬

編譯環境

Matlab R2016b + Image Processing Toolbox

實作內容

1. Taking Photos

使用設備：Cannon EOS M3 / 腳架 / EOS Remote App

在同一個場景拍攝一系列曝光時間不同的照片，拍攝了四組照片（每組約 12 張，4320x2880，每次快門時間縮短 1/2）。

2. Making HDR Image

1) 讀取照片

首先讀取一組 12 張不同曝光值的同一場景照片。

2) 獲取每張照片的曝光時間

相機拍完照片之後會在檔案中留有 Exposure Time 欄位，所以可以藉由 Matlab 中的 `DigitalCamera.ExposureTime` 獲取每張照片的曝光時間。

3) 找出 sample pixels

隨機選取了 200 個 pixel 作為 sample pixels。

4) 設置 weight function

根據 Paul E. Debevec[1] 論文提到的公式使 weight function 能夠予不同的比重給不同的感光值。因為越接近平均感光值，這個值就越有參考價值。

$$w(z) = \begin{cases} z - Z_{min} & \text{for } z \leq \frac{1}{2}(Z_{min} + Z_{max}) \\ Z_{max} - z & \text{for } z > \frac{1}{2}(Z_{min} + Z_{max}) \end{cases}$$

5) 算出 Camera Response Curve 及建構 HDR 圖像

這部分的演算法主要使用了 Paul E. Debevec[1] 論文提到的演算法。將參數傳入 gslove.m 用 SVD 求解矩陣，得到 g function。

再帶入 weight function 和曝光時間 $\ln \Delta t$ 計算這一組照片不同曝光時間的同像素的點，算出算數平均值建構 HDR 的圖像。

$$\ln E_i = \frac{\sum_{j=1}^P w(Z_{ij})(g(Z_{ij}) - \ln \Delta t_j)}{\sum_{j=1}^P w(Z_{ij})}$$

6) 將 HDR 存成 .hdr 檔

這部分是使用了 Francesco Banterle[2]的 write_rgbe.m 檔。

3. Tone Mapping (Bonus)

Tone mapping 的部分是參考了 Erik Reinhard[3]論文所實作出來的。

經過幾次測試最後將亮度值設為 $0.2 * R + 0.7 * G + 0.1 * B$

先將圖像中每一點的亮度值取 log，取平均值，再做 exp()，得到 L_w 。

$$\bar{L}_w = \frac{1}{N} \exp \left(\sum_{x,y} \log (\delta + L_w(x, y)) \right)$$

再設定 a 值為 0.36，代入平均亮度值 L_w ，根據下面方程式的到 L_m 。

$$L(x, y) = \frac{a}{\bar{L}_w} L_w(x, y)$$

1) Global operators

直接設置最大亮度 weight 值等於 2，根據下面方程式求得 L_d ，並重新計算每個 channel 的亮度值，最後 imwrite 成檔案。

$$L_d(x, y) = \frac{L(x, y) \left(1 + \frac{L(x, y)}{L_{\text{white}}^2}\right)}{1 + L(x, y)}$$

2) Local operators

基於 dodging and burning 的方法，找出對比度較大的邊緣包圍的區域，對其進行處理。根據作者提出的利用 Gaussian 做摺積的方法找到這些區域。

$$V_i(x, y, s) = L(x, y) \otimes R_i(x, y, s)$$

作者定義了下面一個誤差的函數，用來計算圖片局部 pixel 的亮度分佈。

$$V(x, y, s) = \frac{V_1(x, y, s) - V_2(x, y, s)}{2\phi a/s^2 + V_1(x, y, s)}$$

通過對不同的 scale 參數進行計算，找到符合下面方程式的參數。

$$|V(x, y, s_m)| < \epsilon$$

因為拍的圖片有少數高亮的 pixel 比平均值高太多，所以很容易產生過度曝光的現象，如路燈和高光光源的反射等。所以要根據下面方程式對每一個 pixel 進行不同的縮放計算。

$$L_d(x, y) = \frac{L(x, y)}{1 + V_1(x, y, s_m(x, y))}$$

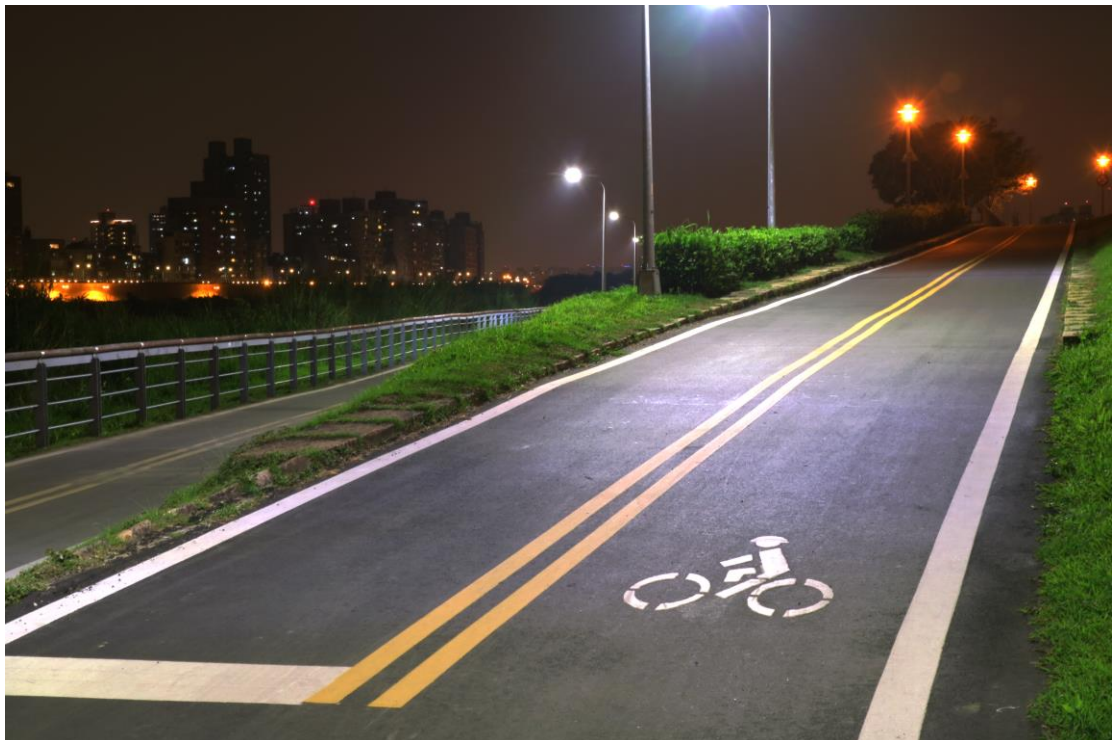
求得 L_d ，並重新計算每個 channel 的亮度值，最後 imwrite 成檔案。

處理過程及效果討論

在 tone mapping 的時候發現場景最大亮度 white 值和 HDR 時候的 Lambda 值很重要，因為我拍的照片是夜景，所以測試了幾次之後發現最大亮度值設置到 2 以及 lambda 值設置到 50 會比較好。

在 local operators 中，每個 pixel 的 scale 參數如果設置得太小則沒有辦法提取到圖片的細節，太大又會造成黑色的奇怪現象。

Global:



Local:



可以明顯看出 Local operators 的路面細節比 global 的更豐富，但是至於說哪張比較好看就要看各人喜好的風格了。

References

- [1] Paul E. Debevec, Jitendra Malik, Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs, SIGGRAPH 1997
- [2] F Banterle, A Artusi, K Debattista, A Chalmers, Advanced high dynamic range imaging: theory and practice
- [3] Erik Reinhard, Michael Stark, Peter Shirley, Jim Ferwerda, Photographics Tone Reproduction for Digital Images, SIGGRAPH 2002.