

## 1. Taking photos:

為了做成360 panorama照片，我們使用實驗室提供的Nikon D5300相機並使用腳架在台大進行拍攝，每旋轉30度拍一張，並照老師所說用直立方式拍攝照片，總共拍攝12張照片。快門時間固定為1/125 sec，ISO為400，照片大小為400 x 600 pixels，focal length使用autostitch軟體來取得。



## 2. Feature detection:

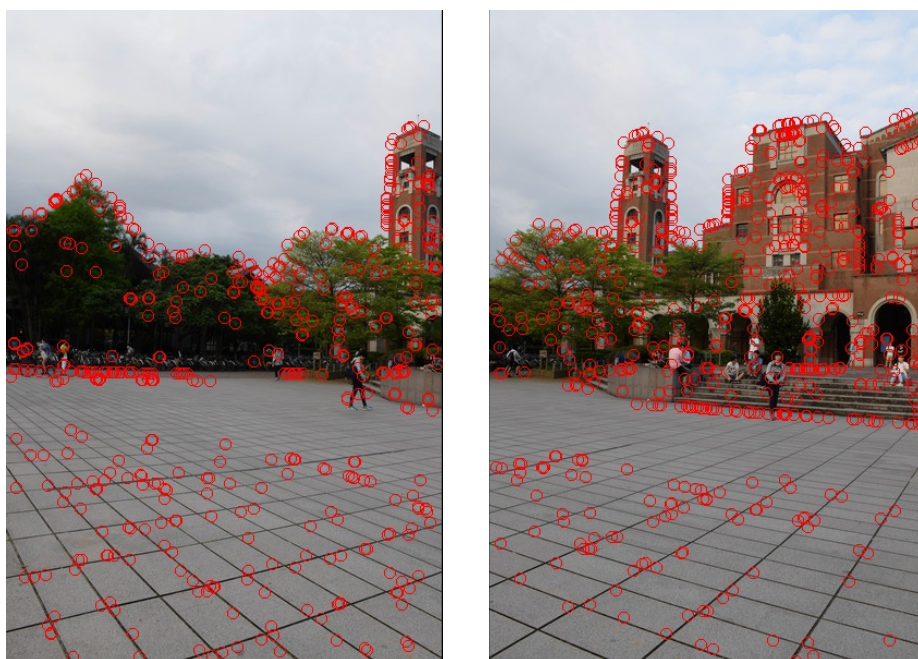
### (i) Feature detector:

這部分要找出 feature point，我們使用 SIFT algorithm，基本上跟投影片上的內容來實作。但還是有些許改變的地方：

1. 參數上跟投影片的數字大致相同，但有些許不同，例如  $r = 5$ ，以及 low contrast 為10，目的是為了讓取到的 feature point 不要太密集。

2. 在 Difference of gaussian filter 計算時，我們只有取到  $k = 3$ (共四層)去計算而已，結果為三層，再從中間那層找到 local minimum 為特徵點。

之後再去除掉小於 low contrast 以及 edge 的特徵點。得到的特徵點如下圖所示：



### (ii) Feature descriptor:

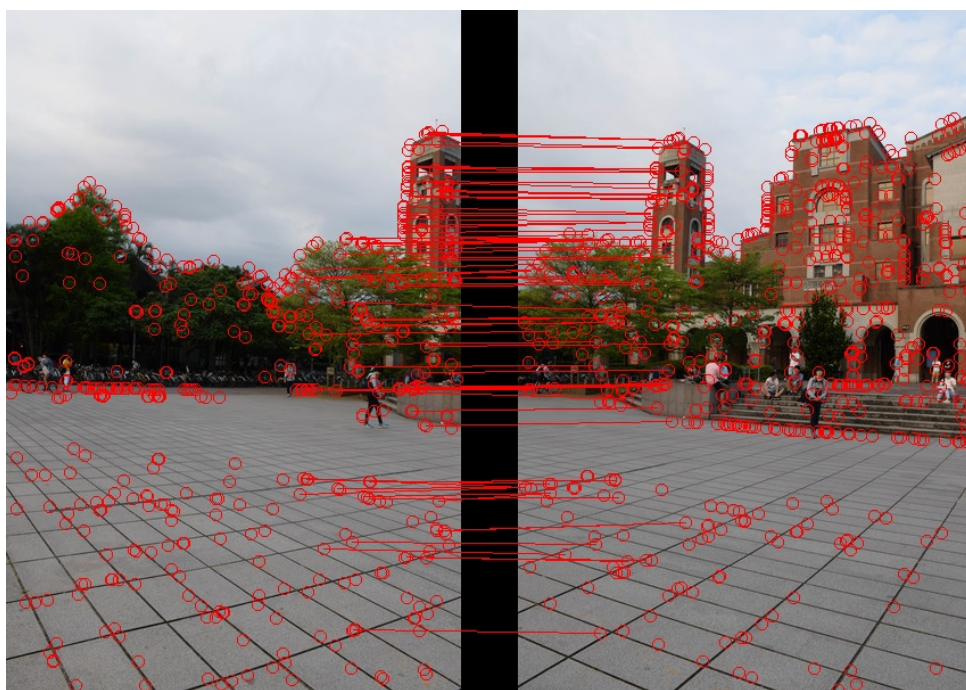
這一部分是要找到 part 1 找到的特徵點的描述，利用這個 descriptor 來判斷兩個不同照片的 feature 是不是對應的，幫助後面的 feature matching。

我們依據以下公式先算出每個 pixel 的 orientation，再以每個 feature point 為中心取 16\*16 的 window，再區分成每一塊 4\*4 大小，每一塊投票以多數決定其方向，得到 8 orientation \* 4\*4 histogram array = 128 dimensions 的 feature vector，也就是 feature descriptor。

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2}$$
$$\theta(x, y) = \tan^{-1}((L(x, y+1) - L(x, y-1)) / (L(x+1, y) - L(x-1, y)))$$

### 3. Feature matching:

我們用暴力法將所有兩兩相鄰圖的 feature point vector 一一比對，其 error 比較小的就為他的對應點，為了讓運算時間較小，我們只考慮左圖右半邊的點與右圖左半邊的點去配對。



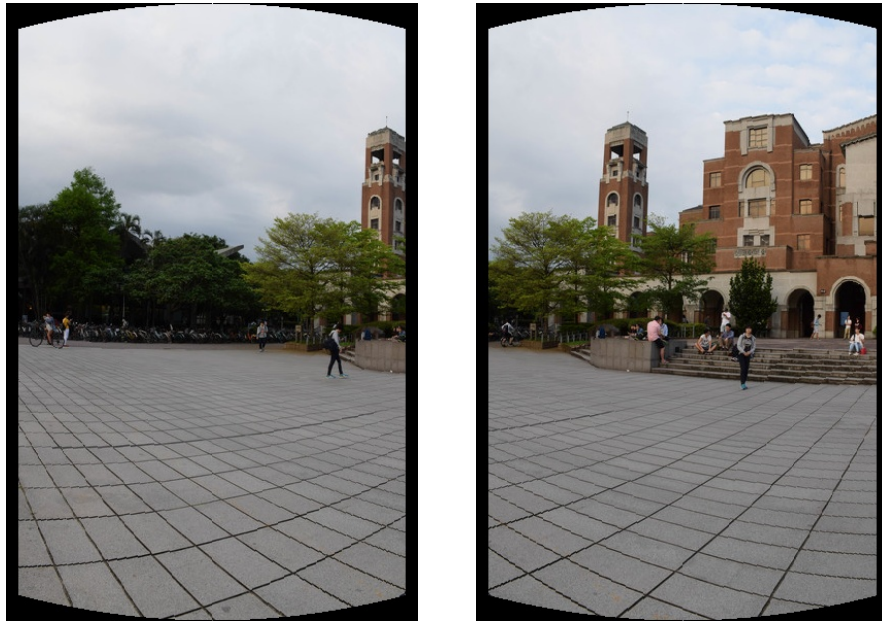
### 4. Warping

將照片投影到圓柱座標上，首先我們使用 AutoStitch 這個軟體幫我們找到每張輸入照片的焦距，再來我們帶入課程投影片上面所寫的公式（圖一）得到變成圓柱座標的輸入照片，特徵點也必須在圓柱座標上，所以我們將平面的輸入照片依照前述方法取得特徵點和其對應的特徵點，再將這兩者的座標 warping 到圓柱座標上。

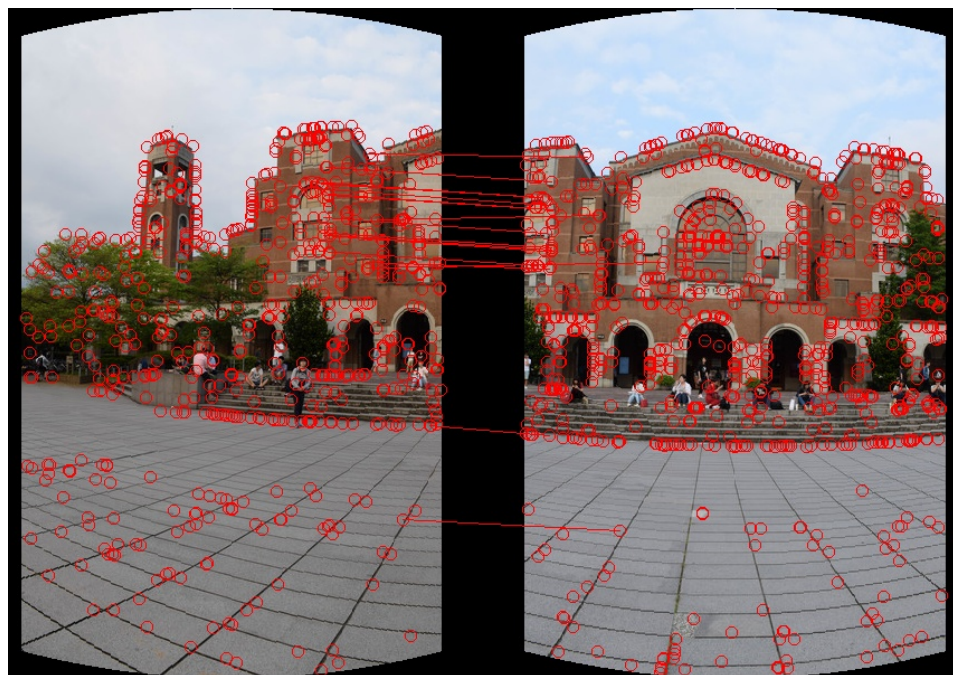
$$x' = s\theta = s \tan^{-1} \frac{x}{f}$$
$$y' = sh = s \frac{y}{\sqrt{x^2 + f^2}}$$



warp後的圖片：



warp後的feature matching:



## 5. Determine pairwise alignment

將warp過後的特徵點和其對應點，利用RANSAC演算法算出inlier和排除outlier，並利用投票最多inlier的model當做各別照片中最好的translation matrix，便可將兩兩照片做image stitching。因為我們拍攝的照片是使用腳架並遠端的做拍攝，我們假設照片是沒有旋轉僅做位移，所以我們每張照片會做5000次iteration，每次取得1組feature和其對應點來算得translation matrix，並套用在其他特徵點上算出predict出來的對應點，並與真實的對應點座標相減得到誤差，並設定threshold看是否

誤差有符合在threshold裡面，如果有就設定這個點是inlier；而inlier個數也不能太多，我們設定符合該model的inlier個數不超過50個時才能算！最後選取inlier個數最多的model做為該照片的translation matrix。我們的translation matrix公式如下：

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \Delta x \\ 0 & 1 & \Delta y \end{pmatrix}$$

## 6. Blending

得到各個照片間的translation matrix後，便可將照片位移做連結。我們將要stitch的照片1和照片2重複的地方先切下來，並將重複的地方做linear blending，之後將照片1、照片2和blending後重複的區塊做連接，便能得到兩張照片stitching的結果。經過iteration便能將全部照片一一的做連接。

## 7. Result

經過上面所說的步驟，最終結果如下：



因為stitch出來的照片已經相當整齊，所以我們便沒有再做drift。對於圖中有出現鬼影的部分，我們猜測是ransac算出來的translation matrix不是很好，有一些outlier可能沒剔除掉，而導致feature沒有完全精準對應到。