

# ICV Assignment #3 – Image Stitching

2018-22635 임형석

## 1. Problem Definition

이번 과제에서는 image warping과 homography를 이용하여 여러 개의 이미지를 하나의 panoramic image에 붙여 넣을 수 있는 image stitching algorithm을 구현하여, 직접 찍은 5개의 사진들을 panoramic image로 만들어보고, 각각의 homography의 total symmetric transfer error를 구하는 것이 목표이다.

여기서 사용한 Image stitching algorithm은 총 4단계로 이루어져 있는데,

1. Feature Extraction
2. Feature Matching
3. Homography Estimation using RANSAC
4. Warping Images로 나누어져있다.

Feature Extraction에서는 SIFT를 사용하여 이미지에서 feature matching, Homography에서 사용할 key points, descriptors feature들을 추출하고 feature matching에서는 key point와 descriptor를 이용하여  $i$ 와  $i+1$ 의 match point를 찾는다. Homography Estimation에서는 DLT에서 4개의 좌표 쌍을 random sampling한 다음 SVD를 이용하여  $H$ 를 결정해 주고,  $H$ 와  $x, x'$ 을 이용해 distance를 구해준 후 distance가 threshold보다 작은 것들을 inlier라고 하고 inlier의 개수를 최대로 만들어주어, matching 된 점들끼리 가장 가까운 distance를 가질 때의  $H$ 를 return해주는게 Homography estimation에서 해주는 역할이다. 그 후로  $H_{i,i+1}$ 과  $Image_{i,i+1}$ 를 이용하여 warping해주면 두 이미지를 stitching 해줄 수 있고,  $image_{center}$ 를 정하고,  $H_{i,i+1}^{-1}, H_{i,i+1}$ 을 이용한다면 multiple image를 panorama image로 mosaic 해줄 수 있다.

## 2. Dependencies

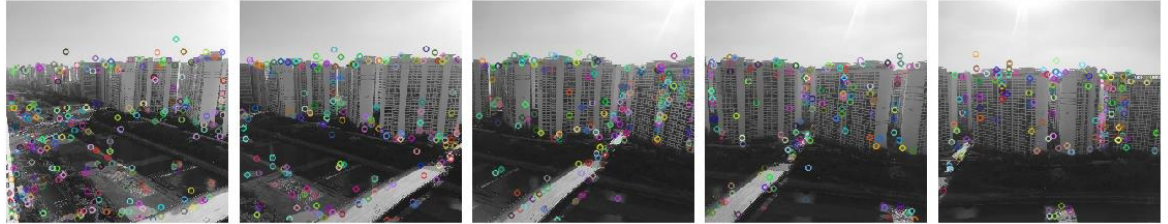
- A. Ubuntu 18.04
- B. Python 3.6.8
- C. Numpy==1.16.2
- D. Matplotlib==3.0.3
- E. Opencv-python==3.4.6
- F. Scipy==1.2.1
- G. Tqdm=4.31.1
- H. Skimage.transform

### 3. Results

#### A. Feature Extraction

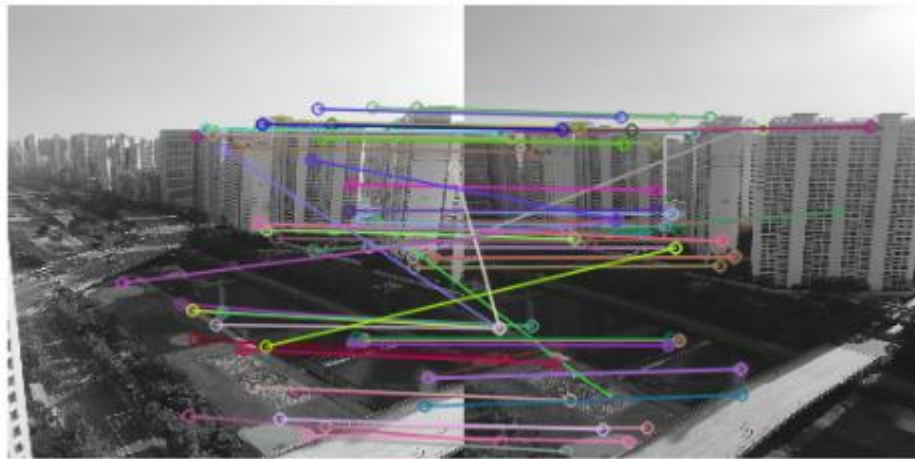
- i. 최대 feature개수를 250개로 제한했으며 하늘을 제외한 다른 부분은 고르게 feature가 잡힌 것을 알 수 있다.

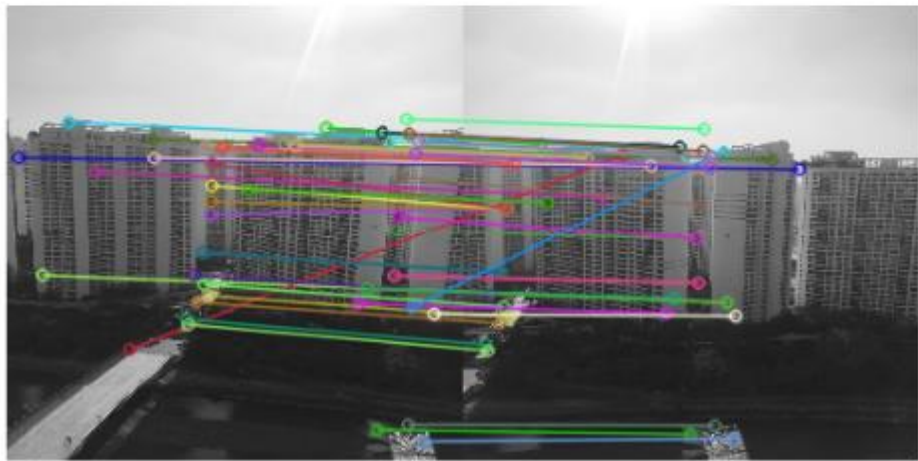
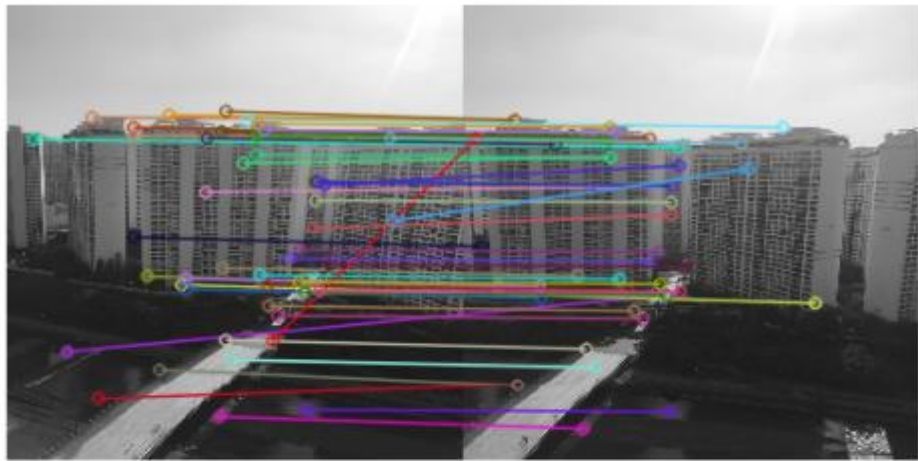
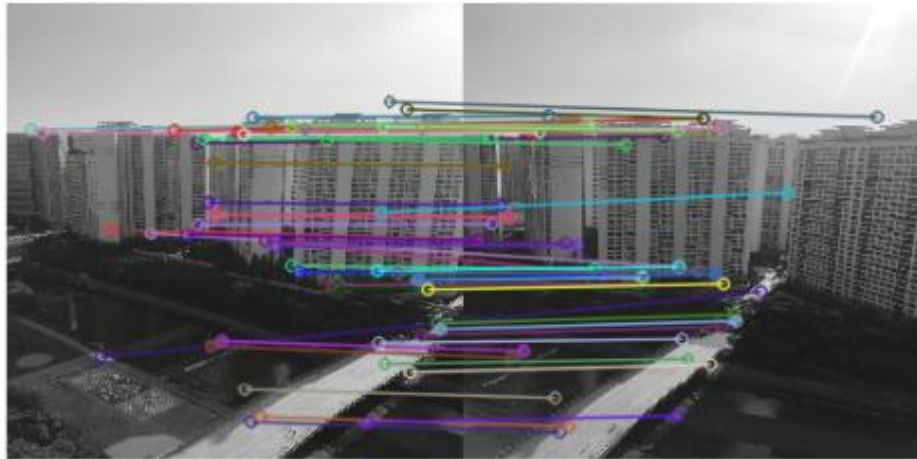
```
Find 250 features  
Find 189 features  
Find 200 features  
Find 173 features  
Find 177 features
```



#### B. Feature Matching

- i. 각 이미지마다의 feature matching한 그림이다.
- ii. 대부분 feature matching 잘 되었지만, 아파트 특성상 창문 때문에 matching이 이상하게 잡힌 부분도 어느정도 보인다.





### C. Stitching Two images

- i. 두 gray scale 이미지들을 stitching 한 그림이다.
- ii. 첫번 째 이미지(stitching Image1,2)를 제외한다면 나머지 stitching image들은 자연스러운 결과를 보인다.

Stitching Image1 & Image2



Stitching Image2 & Image3



Stitching Image3 & Image4



Stitching Image4 & Image5



#### D. Mosaic Image – grayscale

- i. 모자이크가 잘 된 것처럼 보이지만 Image 2,3,4는 잘 모자이크 되었고, Image 1과 5는 상대적으로 잘려서 잘 나타나지 않았다.



#### E. Mosaic Image - RGB

- i. Grayscale과 같은 결과이다. 모자이크가 잘 된 것처럼 보이지만 Image 2,3,4는 잘 모자이크 되었고, Image 1과 5는 상대적으로 잘려서 잘 나타나지 않았다.



#### F. Total Symmetric transfer error

```
Total symmetric transfer error for H12 : 97084
Total symmetric transfer error for H23 : 2261
Total symmetric transfer error for H34 : 66869
Total symmetric transfer error for H45 : 210631
```

### 4. Math

- A. Q) Show that the approximate solution  $\mathbf{h}^*$  of  $\mathbf{A}\mathbf{h} = \mathbf{0}$ ,  $\mathbf{h}^* = \min_{\mathbf{h}} \|\mathbf{A}\mathbf{h}\|$  (the null space of  $\mathbf{A}_{n \times 8}$ ,  $n > 8$ ) is the eigenvector of  $\mathbf{V}$  (where  $\mathbf{A} = \mathbf{U}\mathbf{D}\mathbf{V}^T$ ) that corresponds to the smallest eigenvalue.

A) Homogeneous equations :  $A_{n \times 9} \cdot h_{9 \times 1} = 0_{n \times 1}$

$$\Rightarrow A_{9 \times n}^T \cdot A_{n \times 9} \cdot h_{9 \times 1} = A_{9 \times n}^T \cdot 0_{n \times 1}$$

$$\Rightarrow (A_{9 \times n}^T \cdot A_{n \times 9})_{9 \times 9} \cdot h_{9 \times 1} = 0_{9 \times 1}$$

$$\Rightarrow \text{SVD of } A^T A = U \cdot D \cdot V^T$$

Let  $h$  be the column of  $U$  (unit eigenvector) associated with the smallest eigenvalue in  $D$ .