

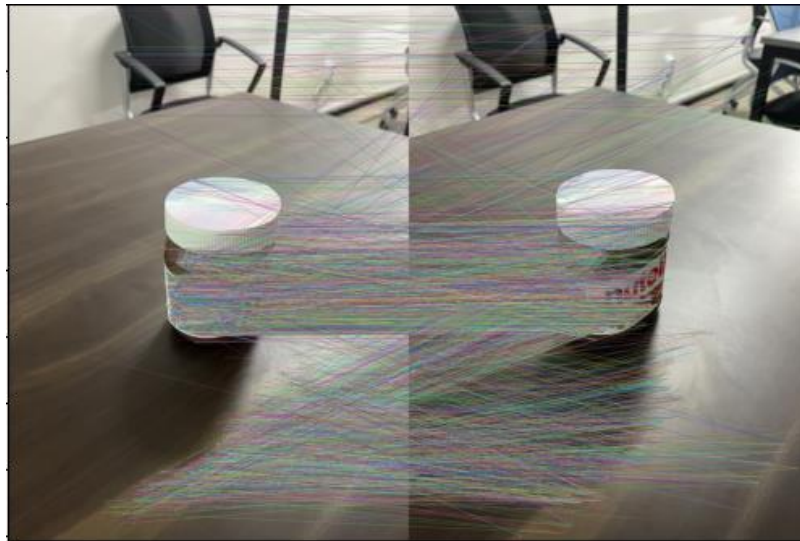
Programming Assignment2

Structure-from-Motion

Jun-Seo Ha

Step I. Feature extraction & matching in general

이미지 불러오기 ('sfm03.jpg', 'sfm04.jpg')



Feature Extraction

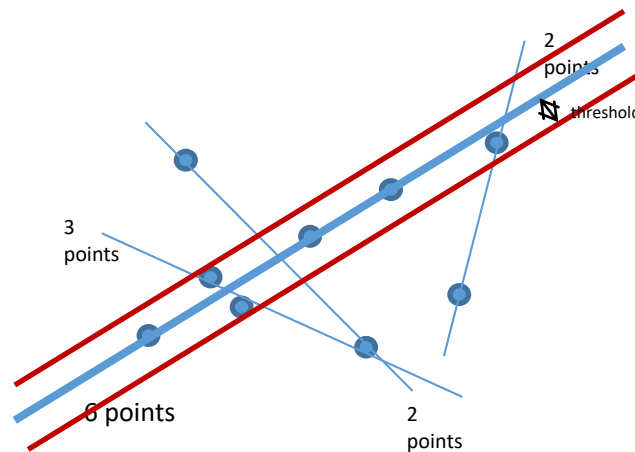
Step II. Essential matrix estimation

[5] Nistér, David. "An efficient solution to the five-point relative pose problem." *TPAMI* 2004

Estimate Essential matrix 'E' given a set of match points $\{x, x'\}$

- Normalized image coordinate에서 5개 쌍의 매칭된 점들을 랜덤 샘플링한다.
- `calibrated_fivepoint.m` 이 용해 Essential matrix의 후보 행렬들을 계산한다.
- RANSAC 알고리즘으로, 랜덤 샘플링 된 매칭 쌍들에 대해 $x'Ex < \text{threshold}$ 를 만족하는 개수가 가장 많은 Essential matrix를 채택한다.

5-pts algorithms with RANSAC

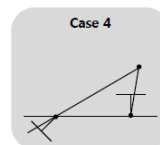
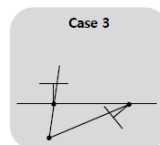
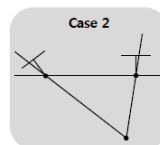
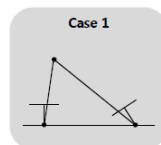


Step III. Essential matrix decomposition

- Essential matrix는 5pt 알고리즘에서 얻을 수 있었던 두 매칭된 두 포인트들의 관계이다. 한 점에서 다른 점으로 매칭될 때 translation과 rotation을 통해 변환이 일어난다. 이에 대해 Essential matrix를 분해(SVD)하면 translation, rotation 정보를 알 수 있다.
- SVD를 통해 얻은 U, S, V^T 와 orthogonal matrix W 를 이용하여 4가지 변환 행렬 P 를 얻는다.
- 포인트가 카메라 뒤에 있으면 포인트의 depth가 negative value를 갖는다. Depth가 +로의 변환이 알맞은 변환이다.

- $SVD(E) = Udiag(1,1,0)V^T$

- $W = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$



- $u_3 = U(0,0,1)^T$: The last column vector of U

$$P' = [UWV^T | +u_3]$$

$$P' = [UWV^T | -u_3]$$

$$P' = [UW^TV^T | +u_3]$$

$$P' = [UW^TV^T | -u_3]$$

Step IV. Triangulation

- Triangulation

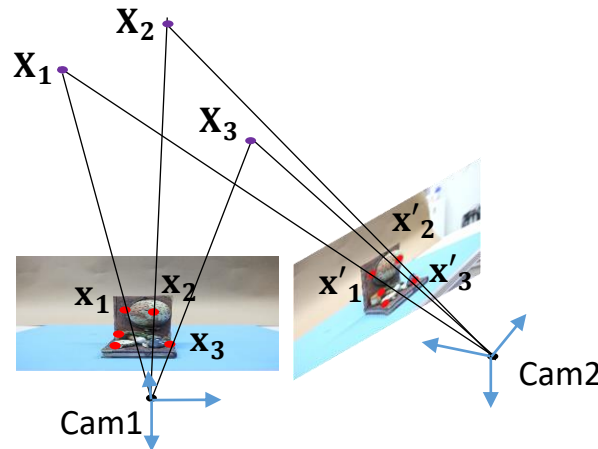
- 2번째 카메라의 위치는 1번째 카메라와 상대적인 위치로 나타낸다.
- Essential Matrix decomposition을 통해 알아낸 카메라의 위치를 p' 이라 한다.
- $AX = 0$ 의 해는 SVD통해 최소 singular value에 해당하는 right singular vector(마지막 열벡터)가 최종적인 3차원 포인트이다.

$$x_{ci} = PX_i$$
$$[x_{ci}]_{\times} P X_i = 0$$

$$x(p^{3T}X) - (p^{1T}X) = 0$$
$$y(p^{3T}X) - (p^{2T}X) = 0$$
$$x(p^{3T}X) - y(p^{1T}X) = 0$$

$$AX = 0$$

$$A = \begin{bmatrix} xp^{3T} - p^{1T} \\ yp^{3T} - p^{2T} \\ x'p'^{3T} - p'^{1T} \\ y'p'^{3T} - p'^{2T} \end{bmatrix}$$



X : 3D point
 x : Point on image coordinate
 K : Intrinsic matrix
 $P (K[R|t])$: Extrinsic matrix

Result

