

# Line Fitting 을 이용한 삼차원 형상복원

심성오, 아미르, 최태선  
광주과학기술원

e-mail : *seongo@gist.ac.kr*, *aamir@gist.ac.kr*, *tschoi@gist.ac.kr*

## 3D Shape Recovery using Line Fitting

Seong-O Shim, Aamir Saeed Malik, Tae-Sun Choi  
Gwangju Institute of Science and Technology

### Abstract

This paper presents a method where the best focus points are calculated using line fitting. Two datasets are selected for each pixel based on the maximum value which is calculated using Laplacian operator. Then linear regression model is used to find lines that approximate these datasets. The best fit lines are found using least squares method. After approximating the two lines, their intersection point is calculated and weights are assigned to calculate the new value for the depth map.

### I. 서론

Shape From Focus (SFF) 의 목적은 카메라로부터 얻은 피사 물체 이미지의 모든 픽셀의 깊이를 찾는 것이다. SFF 에서는 카메라의 초점을 바꿔가면서 획득한 여러장의 영상 시퀀스를 얻은 후 그 영상 시퀀스 내의 각 픽셀 위치에 해당하는 점에 포커스 연산자를 적용하여 최대 값을 나타내는 영상 프레임을 영상의 깊이로 결정한다 [1, 2].

본 논문에서는 Line Fitting 에 근거한 SFF 방법을 제안하였다. 우선, 각각의 픽셀에 대하여 라플라시안 포커스 연산자를 이용하여 획득된 최대값에 근거하여 두 개의 데이터 군을 만든다. 이 두 데이터 군을 근사화하기 위한 방법으로 linear regression 모델을 사용하여 least squares 방법으로 최적의 line 을 찾는다. 최종적으로 이 두 line 의 교차점을 구한 후 가중치를 부여하여 깊이 정보를 얻어낸다.

### II. 알고리즘

라플라시안 포커스 연산자를 이용하여 근사적인 최초의 depth map 을 얻는다. 모든 픽셀에 대하여 전체 영상 시퀀스로부터 그 위치에 대응하는 픽셀에서의 값들을 최대값이 가장 뒤에 위치하도록 ascending order 로 저장한다. 다음으로, linear regression 을 이용하여 이 저장된 데이터 군을 근사화하는 line 을 찾는다. 또 다시 최대값이 가장 앞에 위치하도록 descending order 로 값들을 저장한다. linear regression 을 적용하여 이 데이터 군을 근사화 하는 line 을 찾는다. 이렇게 두 개의 line 을 얻은 후, 그 두 line 의 교점을 찾는다.

$I(x,y,k)$  를 획득된 영상 시퀀스라고 가정하자. 여기서  $k$ 는 영상 시퀀스 내에서  $k$  번째에 위치하고 있는

영상 프레임을 나타낸다. 이  $I(x,y,k)$  의 모든 점에 대해 라플라시안 포커스 연산자를 적용하여  $I_m(x,y,k)$  을 얻는다. 픽셀(x, y)에 대응하는 점을 P라고 하면  $P_{max}$  는 다음과 같이 계산된다.

$$P_{max}(x,y) = \max[I_m(x,y,k)], k = 1, \dots, n \quad (1)$$

$P_{max}$  값을 갖는  $k$  를  $k_{max}$  로 나타낸다.  $P_{max}$  를 가장 처음 또는 가장 뒤에 위치시키는 방식으로 두 개의 dataset ( $DS_1$  과  $DS_2$ ) 을 얻는다.

$$DS_1(t) = P(x,y,k_{max} - t); t = 0, 1, \dots, j \ \& \ j < k_{max} \quad (2)$$

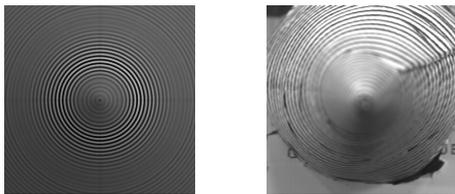
$$DS_2(t) = P(x,y,k_{max} * t); t = 0, 1, \dots, j \ \& \ j < k_{max} \quad (3)$$

두 dataset 을 얻은 후, 그 두 dataset 을 근사화하는 line 을 찾기 위해 least square linear regression 을 적용한다. 두 dataset ( $DS_1$  과  $DS_2$ ) 에 대한 최적의 fitting line 을 계산한 후, 이 두 line 의 교점을 찾는다. 이 교점과 최대값 사이의 거리, 그리고 이 교점과 두 dataset 내의 가장 가까운 값과의 거리에 근거하여 가중치를 부여한 후 새로운 depth map 을 얻는다. 이 과정에서 발생할 수 있는 잡음을 제거하기 위하여 averaging filter를 적용하며, 최적 window size 5x5 [4] 를 적용하였다.

### III. 실험 및 분석

#### 3.1 테스트 샘플

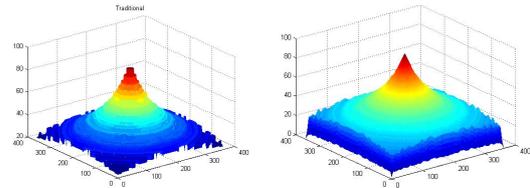
제안된 알고리즘은 컴퓨터 시뮬레이션으로 얻어진 97 개의 영상 시퀀스와 97 개의 실제 원뿔 영상을 이용하였다. 영상의 해상도는 360x360 픽셀이며 그림 1 에 두 영상 시퀀스 내의 한 영상을 나타내었다.



시뮬레이션 원뿔                      실제 원뿔  
그림 1. 테스트 샘플

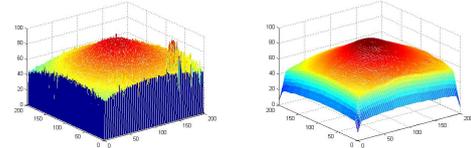
#### 3.2 결과

그림 2와 그림 3에 시뮬레이션 원뿔과 실제 원뿔의 depth map 을 각각 보였다. 그림으로부터, 제안된 Intersection Point Method (IPM) 로부터 얻은 depth map 의 표면이 Traditional (TR) 방법으로부터 얻은 depth map 의 표면보다 훨씬 부드러움을 알 수 있다.



(가) TR                      (나) 제안된 IPM

그림 2. 시뮬레이션 원뿔의 depth map



(가) TR                      (나) 제안된 IPM

그림 3. 실제 원뿔의 depth map

## IV. 분석 및 결론

본 논문에서는 linear regression 모델에 근거하여 영상 초점을 이용한 depth 계산 방법을 제안하였다. least squares linear regression 을 이용하여 얻은 두 개의 line 의 교점을 찾았으며, 영상 내 각 점들을 두 line 의 교점과의 거리에 근거하여 가중치를 부여한 후 새로운 depth map 을 얻었다.

### 참고문헌

[1] Shree K. Nayar and Yasuo Nakagawa, "Shape from focus", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 16, No. 8, pp 824-831, August 1994.

[2] Aamir S. Malik and Tae-Sun Choi, "Depth map estimation using a robust focus measure", *IEEE ICIP*, pp 564-567, Sep 2007.

[3] Aamir S. Malik and Tae-Sun Choi, "Consideration of illumination effects and optimization of window size for accurate calculation of depth map for 3D shape recovery", *Pattern Recognition*, Vol. 40, No. 1, pp 154-170, Jan 2007.