

가변 개수의 이웃 요소영상을 이용한 집적영상 깊이 추출 정확성 향상

Integral imaging depth extraction improvement using variable number of neighbor elemental images

강진모*, 박재형**, 이병호*

*서울대학교 전기공학부, **충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

E-mail: byoungho@snu.ac.kr

3차원 디스플레이 기술이 발달함에 따라, 실제 물체의 깊이 정보를 획득하는 것이 중요한 이슈가 되고 있다. 최근에 집적영상 방법에 기초하여 사각형 렌즈 어레이로부터 깊이 추출을 하는 방법들이 제안되었다.^(1,2) 이 방법들은 픽업단계에서 얻은 요소영상을 이용하여 공간상에 위치하는 물체의 각 점의 깊이를 복원한다. 깊이를 추출은 이웃 요소영상과의 비교를 통해 시차를 계산함으로써 이루어지는데, 비교하는 이웃 요소영상의 수가 많아질수록 깊이 추출의 정확성이 향상되는 특징을 가지고 있다. 또한 이웃 요소영상을 이용할 수 있는 깊이 범위는 이웃 요소영상과의 거리에 따라 달라진다. 본 논문에서는 이러한 특성을 이용하여 깊이에 따라 사용하는 이웃 요소영상의 개수를 변화시켜 깊이 추출의 정확성을 높이는 방법을 제안한다.

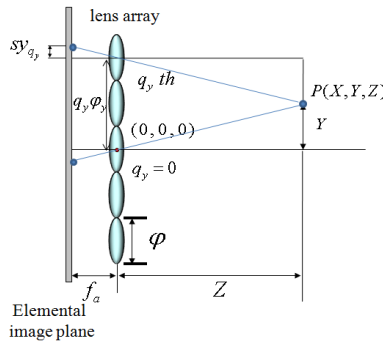


그림 1. 깊이 추출 시스템

그림 1은 $N_x \times N_y$ 렌즈 어레이와 CCD로 구성된 깊이 추출 시스템을 보여주고 있다. 편의상 Y축만 나타내었다. f_a 는 렌즈의 초점 길이, s 는 CCD의 픽셀 크기, ϕ 는 기초 렌즈의 크기이다. 그림 1과 같이 렌즈 어레이의 중심을 원점으로 하는 좌표계에서 (X, Y, Z) 에 위치하는 물체의 한 점 P 는 렌즈 어레이 각각을 통과하여 픽업 장치에 렌즈 어레이 수만큼의 상을 맺게 된다. q_y 번째 렌즈를 통과해서 생긴 점 P 의 상은 요소영상 각각의 중심을 원점으로 두면 좌표를 구할 수 있고, 이 좌표를 이용하면 요소영상에서 점 P 의 수평 및 수직 시차를 구할 수 있다. 그림 1에서 요소영상의 수직 시차를 구하면 $d_{e,y} = \frac{\phi_y f_a}{sZ} (q_{y1} - q_{y2})$ 이고 계산가능한 시차가 요소영상 크기의 절반 이하이고 0.5보다 크거나 같다고 가정하면, 각 이웃 요소영상과의 거리 $q_{y1} - q_{y2} = k$ 에 따른 계산 가능 깊이는 식 (1)과 같다.

$$2kf_a \leq Z \leq \frac{2k\phi_y f_a}{s} \tag{1}$$

식 (1)에서 이웃 요소영상과의 거리인 k 에 따라서 계산 가능 깊이가 달라지고, k 가 커질수록 계산 가능 최소 깊이가 커짐을 알 수 있다. 특정 k 에 대해 시차를 구한 후, 깊이를 구할 경우 카메라 CCD 픽셀 구조에 의해 양자화 오류가 발생하고, 이 오류 값의 크기는 깊이의 제곱에 비례하는 특징을 가지고 있다.⁽³⁾ 하지만 깊이가 커질수록 비교할 수 있는 이웃 요소영상의 수가 많아져 각 이웃 요소영상의 시차를 모두 만족하는 깊이가 한정되는 특징을 이용한다면 양자화 오류를 줄이고 보다 정확한 깊이 추출을 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 특정 Z 에 대해서 $k \leq \frac{Z}{2f}$ 를 만족하는 이웃 요소영상과의 시차들을 이용하여 깊이 추출의 정확성을 높이는 방법을 제안한다. 시차는 SSD(Sum of Squared Difference) 기법을 이용하여 구하였으며, 이웃 요소영상의 SSD 값을 모두 합하는 S-SSD(Sum of the Sum of Squared Difference) 기법을 이용하여 깊이 값을 구하였다. 구해진 깊이에서 잘못 추출된 깊이를 제거하기 위하여 Median 필터와 Gaussian 필터를 사용해 깊이 추출의 정확성을 향상시켰다.

제안된 방법을 실제 실험을 통해 검증해 보았다. 우선 초점거리 3.3 mm인 33×32 개의 기초 렌즈로 이루어진 렌즈어레이로부터 20 mm 떨어진 그림 2의 인형을 카메라로 촬영해 그림 3과 같은 요소영상을 얻었다. 각 요소영상의 크기는 33×32 픽셀이고, 전체 요소영상의 크기는 864×891 픽셀이다. k 를 1로 고정시킨 후 깊이를 추출한 결과는 그림 4와 같고, 제안된 방법을 이용해 깊이에 따라 k 를 1에서 4까지로 변화시키면서 깊이 추출한 결과는 그림 5와 같다.



그림 2. 실험 인형

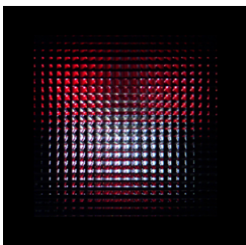


그림 3. 요소영상

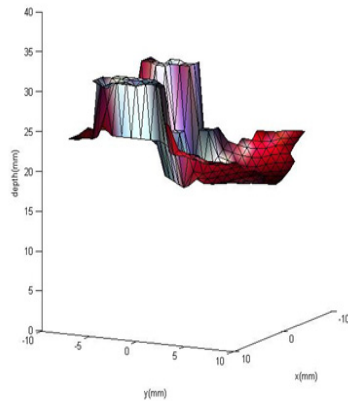


그림 4. $k=1$ 이웃 요소영상을 이용한 깊이추출 결과

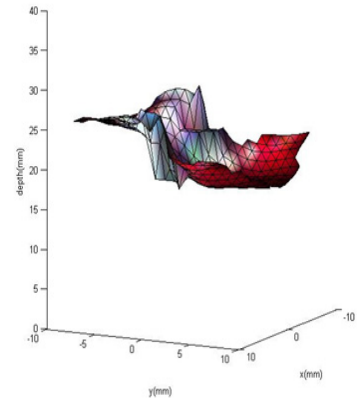


그림 5. $k=1,2,\dots,4$ 이웃 요소영상을 이용한 깊이추출 결과

위 결과에서 제안된 방법을 이용했을 경우, 기존의 방법보다 더 정확하게 깊이 추출을 할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

1. J.-H. Park, S.-W. Min, S. Jung, and B. Lee, "A new stereovision scheme using a camera and a lens array," Algorithms and Systems for Optical Information Processing V, Proc. SPIE, vol. 4471, pp. 73-80, 2001.
2. G. Passalis, N. Sgouros, S. Athineos, and T. Theoharis, "Enhanced reconstruction of three-dimensional shape and texture from integral photography images," Appl. Opt. 46, 5311-5320, 2007.
3. J.-H. Park, S. Jung, H. Choi, Y. Kim, and B. Lee, "Depth extraction by use of a rectangular lens array and one-dimensional elemental image modification," Applied Optics, vol. 43, no. 25, pp. 4882-4895, 2004.