

## 요소영상과 방향별 영상을 이용한 집적영상 깊이 추출 정확성 향상

### Integral imaging depth extraction improvement using elemental image and sub-image

강진모\*, 정재현\*, 박길배\*, 김주환\*, 박재형\*\*, 이병호\*  
 \*서울대학교 전기 컴퓨터 공학부, \*\*충북대학교 전기전자컴퓨터공학부  
 E-mail: byoungcho@snu.ac.kr

3차원 디스플레이 기술이 발달함에 따라, 실제 물체의 깊이 정보를 획득하는 것이 중요한 이슈가 되고 있다. 최근에 집적 영상 방법에 기초하여 사각형 렌즈 어레이로부터 깊이 추출을 하는 방법이 제안되었다. 깊이 추출 방법은 요소영상을 이용하는 방법<sup>(1)</sup>과 방향별 영상을 이용하는 방법<sup>(2)</sup> 두 가지가 있다. 두 방법은 계산 가능한 깊이 범위와 양자화 오류가 서로 다른 특성을 갖는다. 이런 특징을 이용해 수평 방향만 방향별 영상으로 변환시키는 방법<sup>(3)</sup>이 제안되었지만, 이 방법은 렌즈 어레이의 수평 수직 방향 길이가 비대칭적이어야 하는 단점을 갖는다. 따라서 본 논문에서는 일반적인 사각형 렌즈 어레이에서 깊이 별로 위의 두 방법을 따로 적용해 깊이 추출의 해상도 및 정확도를 향상시키는 방법을 제안한다.

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,  $\phi$ 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 요소영상 이미지의 수평 및 수직 시차를 구할 수 있다. 요소영상을 방향별 영상으로 변환하여 좌표를 구하면, 방향별 영상의 수평 및 수직 시차 역시 구할 수 있다. 각 값은 표 1과 같다.

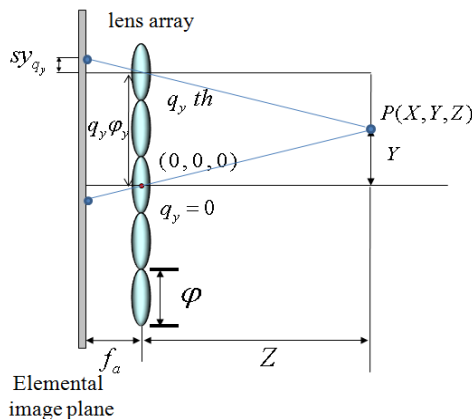


그림 1. 렌즈 어레이 깊이 추출 시스템

표 1. 요소영상과 방향별 영상의 시차 관련 제반 특성

	요소영상	방향별 영상
이미지 좌표	$y_{e,q_y} = \frac{f_a}{sZ}(q_y \phi_y - Y)$	$y_{s,q_y} = \frac{1}{\phi_y} \left( \frac{sZq_y}{f_a} + Y \right)$
시차	$d_{e,y} = \frac{\phi_y f_a}{sZ}(q_{y1} - q_{y2})$	$d_{s,y} = \frac{sZ}{\phi_y f_a}(q_{y1} - q_{y2})$
계산가능깊이	$2(q_{y1} - q_{y2})f_a \leq Z \leq \frac{2(q_{y1} - q_{y2})\phi_y f_a}{s}$	$\frac{\phi_y f_a}{2s(q_{y1} - q_{y2})} \leq Z \leq \frac{N_y \phi_y f_a}{2s(q_{y1} - q_{y2})}$
양자화 오류	$E( \partial Z ) = \frac{sZ^2}{3(q_{y1} - q_{y2})\phi_y f_a}$	$E( \partial Z ) = \frac{\phi_y f_a}{3(q_{y1} - q_{y2})s}$

계산 가능한 시차가 요소영상 및 방향별 영상 크기의 절반 이하라고 가정하면, 각 영상을 이용하여 계산 가능한 깊이 범위를 구할 수 있다. 표 1에서 계산 가능 깊이를 살펴보면 요소영상을 이용한 깊이 추출의 최대 가능 깊이와 방향별 영상을 이용한 깊이 추출의 최소 가능 깊이가 scale 차이를 제외하고 같음을 알 수 있다.

요소영상과 방향별 영상의 깊이 추출 기준점을 구하기 위해서 양자화 오류 값을 이용한다. 양자화 오류는 CCD의 픽셀 구조에 의해 발생한다<sup>(3)</sup>. 요소영상을 이용할 경우 양자화 오류가 깊이의 제곱에 비례하기 때문에 깊이가 큰 물체에 대해서는 오차가 큰 단점을 지니고 있다. 반면에 방향별 영상은 양자화 오류가 깊이에 관계없이 일정하지만, 깊이가 작을 경우 요소영상을 이용하는 방법에 비해 양자화 오류가 커지게 된다. 따라서 두 양자화 오류 값이 같아지는 깊이를 깊이 추출 기준점으로 두고 가까운 거리에서는 요소영상을, 먼 거리에서는 방향별 영상을 이용하면 양자화 오류가 적은 보다 정확한 깊이 값을 얻을 수 있다. 표 1에서 양자화 오류가 같아지는 깊이를 구하면  $Z^* = \frac{f_a \phi}{s}$  이고, 이 값은 렌즈 어레이와 CCD 특성에 의해 결정되는 것을 알 수 있다.

제안된 방법을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 검증해 보았다. 우선 요소영상을 얻기 위하여 가상의 물체를 CGII(Computer Generated Integral Imaging)기법을 이용하여 픽업하였다. 얻어진 요소영상은 크기 4 mm, 초점 거리 5 mm인 50×50 개의 기초 렌즈로 이루어진 렌즈 어레이로부터 바나나가 200 mm 사과가 600 mm 떨어진 곳에 존재한다고 가정하고 만들어졌다. 깊이 추출을 위한 대응점을 찾는 방법은 S-SSD(Sum of the Sum of Squared Difference)기법을 이용하였고, 상하좌우 8개의 주변 영상을 이용하였다.

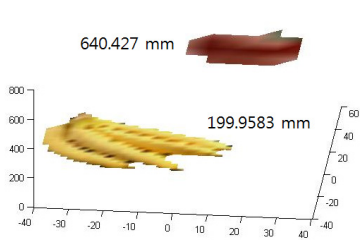


그림 2. 요소영상을 이용한 깊이 추출 결과

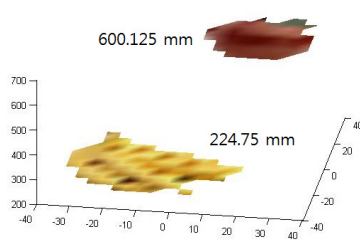


그림 3. 방향별 영상을 이용한 깊이 추출 결과

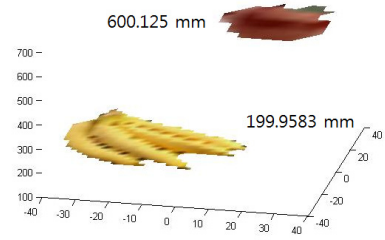


그림 4. 요소영상과 방향별 영상을 모두 이용한 깊이 추출 결과

위 결과에서 제안된 방법을 이용했을 경우, 기존의 방법보다 가까운 거리와 먼 거리 모두 높은 해상도로 정확한 깊이를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

\* 본 연구는 차세대 정보 디스플레이기술개발사업단을 통한 프린티어 사업의 지원에 의한 것입니다.

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. C. Wu, A. Aggoun, M. McCormick, and S. Y. Kung, "Depth extraction from unidirectional image using a modified multi-baseline technique," Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems IX, Proc. SPIE, vol. 4660, pp. 135-145, 2002.
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.