

오목-볼록 렌즈 어레이 결합을 이용한 orthoscopic 집적결상

Orthoscopic integral imaging by use of concave-convex lens array coupling

서장일, 차성도, 신승호
 강원대학교 물리학과
 iamonlyinworld@hanmail.net

집적결상(integral imaging)에서 렌즈어레이(lens array)를 이용하여 3차원적인 물체를 기본영상(elemental image)들로 결상한 후, 다시 그 기본 이미지들로부터 3차원 이미지를 재생하는 과정에서 기본 이미지들을 변환시키지 않으면, 3차원 이미지가 재생될 때, 렌즈어레이와 수직한 축에 대해 렌즈어레이에 가까운 쪽과 먼 쪽이 서로 바뀌는 슈도스코픽(pseudoscopic) 현상이 일어난다. 그래서 기본이미지들을 변환시키기 위해 렌즈어레이를 한번 더 사용한 이단 집적결상계를 이용하거나⁽¹⁾ 영상처리 방법을 이용하는데, 이와 같은 방법은 광학적 손실을 크게 하거나 처리 속도를 느리게 한다. 최근에 이 문제를 gradient index lens array를 이용하여 해결한 바 있다⁽²⁾. 그러나 이 방법은 렌즈어레이 제작이 까다롭다는 등의 단점이 있다. 이에 대해 본 논문에서 제안하는 오목-볼록 렌즈어레이 결합 방식은, 직접 픽업(direct pick-up) 방식에 한하여, 위의 문제를 완전히 해결할 수 있다. 본 논문에서는 그 방법을 제안하고 간단한 실험을 통하여 집적결상이 되는 것을 보였으며, 직접 픽업에 의한 집적결상 시 오목-볼록 렌즈어레이 결합에 의한 집적상과 볼록-볼록 렌즈어레이 결합에 의한 직접상에서 나타날 수 있는 왜곡을 최소화할 수 있는 조건을 계산하였다.

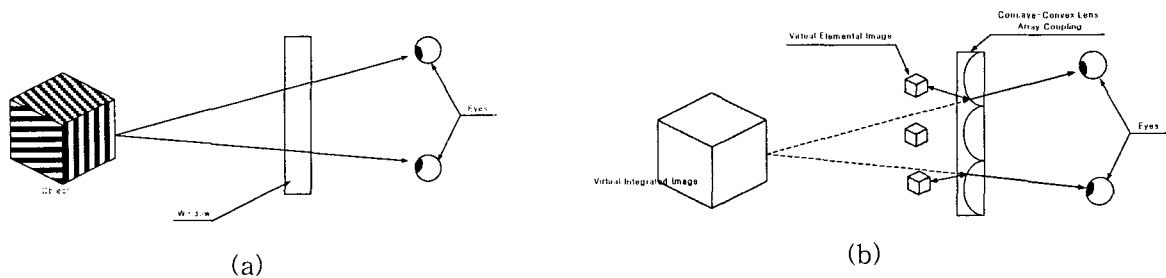


그림 1. 오목-볼록 렌즈어레이 결합에 의한 집적결상의 기본 원리

기본 원리는 그림 1과 같은데, 임의의 창을 통하여 3차원 물체를 본다면, 그때의 창은 오목렌즈와 볼록렌즈가 결합된 것으로 생각할 수 있다. 이때 우리가 보는 물체는 오목렌즈에 의해 허상으로 결상된 이미지를 볼록렌즈로 재 결상하여 보는 것과 같다. 이때, 오목렌즈에 의해 결상될 이미지를 오목렌즈에 의한 허상이 놓여야 할 위치에 다시 놓는다면, 오목렌즈에 의한 허상은 원래의 물체와 같은 상으로 재생된다. 여기서 오목렌즈에 의한 허상을 픽업(pick-up)하는 방법은 직접 픽업이 가장 접근하기 쉬운 것인데, 이것은 2차원적인 픽업이므로 하나의 오목렌즈에 의한 것만 생각한다면 재생될 때, 평면이 될 수 밖에 없으므로 여러 개의 오목렌즈와 볼록렌즈의 결합, 즉 오목-볼록 렌즈어레이 결합에 의한 집적결상법이 된다. 그림 2는 오목-볼록 렌즈어레이 결합에 의한 집적결상 실험 장치이다. 기본 원리로부터도 알

수 있는바와 같이 그림 2에서 오목렌즈에 의한 기본 이미지는 정립상이므로 변환이 필요 없다. 집적결상에 대한 실험은 적은 개수의 렌즈를 붙여 사용한 관계로 기본 렌즈에 의한 수차를 최소화해야만 했기 때문에 기본이미지의 크기를 줄여 집적 이미지의 깊이 감에 대한 왜곡을 주는 대신, 기본렌즈의 수차에 의한 효과를 줄여 재생하였다. 그림 3은 집적된 3차원 영상이다. 그리고 직접 픽업 방식을 사용할 경우, 그림 4와 같이 픽업 시 기본상과 재생 시 기본상의 거리 δ 에 의한 집적 상의 왜곡을 생각해 볼 수 있다. 렌즈어레이로부터 집적결상 점의 위치를 계산해 보면, 블록-블록 렌즈어레이 결합계에서는

$$S_r = -\left(1 + \frac{S_{r0}}{f}\right)S_i \quad (1)$$

이므로, 오목-블록 렌즈어레이 결합계에서는

$$S_r = \left(1 - \frac{S_{r0}}{f}\right)S_i \quad (2)$$

과 같다. 여기서 $S_r(<0)$ 는 집적 점과 렌즈어레이 사이의 거리이며, $S_{r0}(<0)$ 는 점 물체와 렌즈어레이 사이의 거리, $f(>0)$ 는 픽업 시 기본 렌즈의 초점거리이고, $S_i(<0)$ 는 재생 시 기본 이미지와 렌즈어레이 사이의 거리이다. 식 (1), (2)에서 보면 알 수 있듯이 필름(film) 픽업 방식에서와는 달리 $S_i=f$ 일 때 집적영상의 깊이감에 대한 왜곡이 최소가 됨을 알 수 있다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초 연구(R01-2000-000-00017-0)의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] J. S. Jang and B. Javidi, Proc. SPIE 4864, 60-71(2002).
- [2] J. Arai, F Okano, H. Hoshino, I. Yuyama, Appl. Opt. 37, 2034-2045(1998).

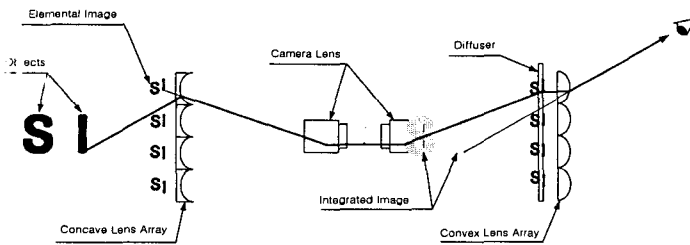
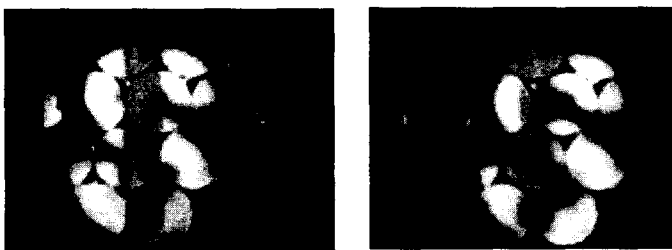


그림 2. 실험 장치도



(a) (b)

그림 3. (a) 정면에서 찍은 사진, (b) 15°오른쪽에서 찍은 사진

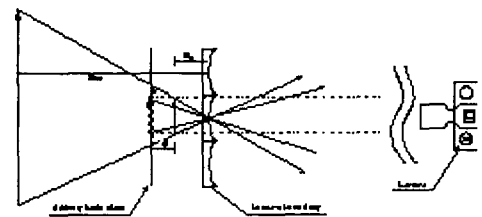
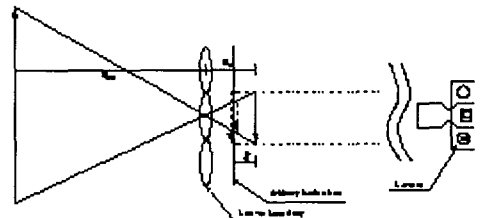


그림 4. 블록렌즈 어레이를 이용할 경우 (a)와 오목렌즈 어레이를 이용할 경우 (b), 직접픽업 시 나타날 수 있는 왜곡의 요인