

# 집적 영상 기술에 기초한 부유형 디스플레이 시스템의 관찰 특성 변수의 분석

## Analysis on the viewing parameters of the floating display system based on integral imaging

김주환<sup>1</sup>, 민성욱<sup>2</sup>, 이병호<sup>1</sup>

<sup>1</sup>광공학 및 양자전자 연구실, 서울대학교 전기컴퓨터공학부

byoungcho@snu.ac.kr

<sup>2</sup>정보통신대학교 디지털 미디어 랩

현재 정보 통신 기술과 영상 표시 기술의 비약적인 발전과 더불어 3차원 디스플레이에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 여러 가지의 3차원 영상 표시 기술 중에서도 렌즈 어레이를 이용하는 집적 영상 기술은 특수한 안경을 필요로 하지 않으면서도 수평 수직의 시차를 제공하고 시야각 내에서 시점이 연속적이며 종래의 2차원 영상 표시 장치를 이용하여 손쉽게 구성될 수 있으므로 3차원 동영상 재생에도 적합하다. 그러나 이 방식은 시야각과 깊이감에 제한이 있어 이를 개선시키는 연구들이 활발히 진행 중이다. 한편, 부유형 디스플레이 시스템은 이미 박물관이나 마술쇼 등에서 흔히 쓰이고 있는 방식으로, 하나의 커다란 볼록 렌즈나 오목 거울을 사용하며 깊이감을 생생하게 전달할 수 있으나 3차원 동영상 재생이 힘들다는 단점이 있다. 최근, 두 방식의 장점을 모두 취하기 위해 집적 영상 기술에 기초한 부유형 디스플레이 시스템이 제안된 바 있다<sup>1</sup>. 본 논문에서는 집적 영상 기술에 기초한 부유형 디스플레이 시스템의 관찰 특성 변수를 분석한다.

집적 영상 기술에 기초한 부유형 디스플레이 시스템의 개략도는 그림 1과 같다. 본 논문에서는 볼록 렌즈를 이용한 부유형 디스플레이에 한해서 서술하며, 오목 거울을 이용한 경우에도 똑같은 원리에 의해 분석이 가능하다. 볼록 렌즈의 원편인 물체 공간에 집적 영상 기술에 의해 재생된 3차원 영상이 위치하며 이것이 볼록 렌즈를 통해 관찰자에게 가까운 영상 공간에 3차원 상을 맺게 된다. 집적 영상 기술에 의해 재생된 3차원 영상은 시야각과 깊이감에 있어서 제한을 가지므로 집적 영상 기술에 기초한 부유형 디스플레이 시스템에 의해 재생된 영상 또한 시야각과 깊이감에 있어서 제한을 갖게 된다<sup>2,3</sup>. 또한, 볼록 렌즈의 특성과 집적 영상 기술의 시야각 제한의 특성이 혼합되어 올바른 3차원 영상을 관찰할 수 있는 영역인 원도우가 나타난다. 따라서 시야각과 표현 가능 깊이 구간, 원도우가 집적 영상에 기초한 부유형 디스플레이 시스템의 중요한 관찰 특성 변수가 되며 이에 대하여 분석한다.

먼저 시야각과 표현 가능 깊이 구간을 분석하기 위해서 그림 2와 같이 원점이 볼록 렌즈의 중심에 위치하는 데카르트 좌표를 생각한다. 또한, 이미 집적 영상 기술에 의해 제공된 3차원 영상의 시야각과 표현 가능 깊이 구간을 알고 있다고 가정하며 이를 각각  $\theta_0$ 와  $\Delta_0$ 라고 한다. 시야각의 분석을 위해서는  $z < 0$  인 물체 공간에 위치한 한 광선의 기울기  $a$ 가 볼록 렌즈를 지나면  $z > 0$  인 영상 공간에서 어떻게 바뀌는지를 계산하는 것이 필요하며, 표현 가능 깊이 구간의 분석을 위해서는 물체 공간  $z$ 축 방향으로 거리가  $\Delta$ 인 두 점의 영상 공간에서의 상의  $z$ 축 방향 거리를 계산하는 것이 필요하다. 이를 계산하면 각각 식 (1)과 식 (2)와 같다.

$$a_i = \frac{y_{i1} - y_{i2}}{z_{i1} - z_{i2}} = a_o \left( 1 + \frac{z_d}{f} \right) - \frac{y_d}{f} \quad (1)$$

$$\Delta_i = \frac{z_{i2} - z_{i1}}{2} = \frac{f^2 \Delta_o}{2(z - \Delta_o - f)(z + \Delta_o + f)} \quad (2)$$

여기서 아래 첨자  $i$ 와  $o$ 는 각각 영상 공간과 물체 공간을 나타내며  $a_o$ 는  $\tan(\theta_o)$ 로 두고 집적 영상에 의해 만들어진 3차원 영상의 크기를 고려함으로써 최종 영상의 시야각을 구할 수 있으며 집적 영상에 의한 3차원 영상의 표현 가능 깊이 구간  $\Delta_o$ 를 고려함으로써 최종 영상의 표현 가능 깊이 구간을 구할 수 있다.

마지막으로 평행광이 볼록 렌즈를 지나면 볼록 렌즈의 초점 거리에서 한 점으로 모이는 성질이 있으므로 집적 영상에 의한 3차원 영상의 시야각보다 작은 각도를 갖는 물체 공간의 광선들이 영상 공간의 초점거리에 한 점으로 맺히는 영역을 찾음으로써 윈도우의 영역을 계산할 수 있고 윈도우의 위치는 볼록 렌즈의 초점거리가 된다.

자세한 분석 과정과 실험 결과는 발표시에 제시될 것이다.

참고문헌

- [1] S.-W. Min, J. Kim, and B. Lee, "Three-dimensional electro-floating display system based on integral imaging technique," Stereoscopic Displays and Applications XVI, Electronic Imaging, Proc. SPIE, vol. 5664A, Paper 5664A-37, San Jose, CA, USA, Jan. 2005.
- [2] J.-H. Park, S.-W. Min, S. Jung, and B. Lee, "Analysis of viewing parameters for two display methods based on integral photography," Applied Optics, vol. 40, no. 29, pp. 5217-5232, 2001.
- [3] J. Hong, J.-H. Park, J. Kim, and B. Lee, "Analysis of image depth in integral imaging and its enhancement by correction to elemental images," Novel Optical Systems Design and Optimization VII, SPIE Annual Meeting, Proc. SPIE, vol. 5524, Denver, Colorado, USA, pp. 387-395, Aug. 2004.

※ 본 연구는 정보통신부 대학IT연구센터 육성지원사업의 연구 결과로 수행되었습니다.



그림 1. 집적 영상 기술에 기초한 부유형 디스플레이

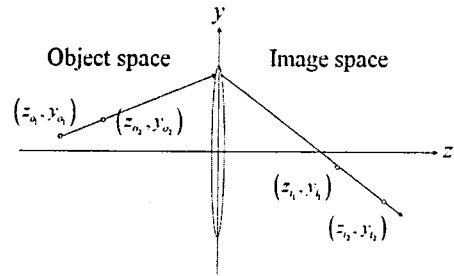


그림 2. 시야각과 표현 가능 깊이 구간의 분석을 위한 기하학적 구조

T  
E