

Integral Photography를 이용한 입체 영상 표시 장치의 두 가지 동작 모드에 따른 깊이 분해능 Depth resolution of 3D display system with two display modes based on Integral Photography

박재형, 민성욱, 정성용, 이병호

국가지정 홀로그래피 기술 연구실, 서울대학교 전기공학부

byounggho@plaza.snu.ac.kr

3차원 디스플레이 시스템에 대한 연구는 입체 영상이 높은 해상도와 넓은 시야각을 갖도록 하기 위하여 다양한 방식으로 활발히 진행되고 있다. 1908년 Lippmann에 의하여 제안된 Integral photography(IP)는⁽¹⁾ 특별한 안경이 필요하지 않고 연속적인 시점을 제공한다는 장점을 갖고 있다. 제안된 당시에는 기록 및 재생 매체로 사진 건판을 사용하여 동영상의 재생이 불가능하였지만, 최근 사진 건판 대신 CCD 카메라와 LCD 패널을 기록 및 재생 매체로 사용함으로써 동영상이 가능한 IP 시스템이 제안되었다.⁽²⁾

IP 시스템에서 입체영상을 표시하는 방법에는 입체영상을 렌즈 어레이의 앞쪽에 생성시키는 positive IP 방법과 입체영상을 렌즈 어레이 뒤쪽에 표시하는 negative IP 방법이 있다. 이것은 그림 1에서와 같이 영상의 z 방향 위치 값이 렌즈식에서 양수인지 음수인지에 따라 나눈 것으로, 물리적으로는 각각의 입체 영상이 렌즈 어레이의 앞쪽과 뒤쪽에 표현된다. z 방향의 단위 길이에 대해 표현 가능한 image plane 의 개수를 깊이 분해능(depth resolution)이라고 정의하면, positive IP 와 negative IP는 렌즈 어레이와 디스플레이 패널사이의 간격이 서로 다르기 때문에 깊이 분해능의 차이가 있다. 깊이 분해능은 디스플레이 패널의 픽셀의 크기, 렌즈 어레이를 이루는 기초 렌즈의 크기, 디스플레이 패널과 렌즈 어레이 사이의 간격과 재생된 입체영상이 렌즈 어레이로부터 떨어져 있는 거리에 의하여 결정된다. 그림 2는 positive IP의 경우의 깊이 분해능을 보여준다. 입체영상의 z 방향 위치는 기초 렌즈의 크기에 따른 기초 영상간의 거리에 의해 결정되는데, 이 기초 영상간의 거리는 디스플레이 패널의 픽셀 크기 단위로 변화하기 때문에, 깊이 분해능은 디스플레이 패널의 픽셀 크기에 의해 제한된다. 기초 영상간의 거리가 픽셀의 크기, p 만큼 커졌을 때, 재생된 입체영상과 렌즈 어레이 사이의 거리가 $\Delta depth$ 만큼 바뀐다고 하면, $\Delta depth$ 의 역수가 깊이 분해능이다. Negative IP의 경우도 positive IP 의 경우와 같은 방식으로 깊이 분해능을 계산할 수 있다. 이것을 수식으로 나타내면 식 (1)과 같다.

$$Depth\ resolution = \begin{cases} \frac{1}{\left| \frac{f \cdot l_c \cdot \phi}{f \cdot \phi + p(l_c - f)} - l_c \right|} & \dots\dots for\ positive\ IP \\ \frac{1}{\left| \frac{f \cdot l_c \cdot \phi}{f \cdot \phi + p(l_c + f)} - l_c \right|} & \dots\dots for\ negative\ IP \end{cases} \quad (1)$$

여기서, l_c 는 재생된 입체영상과 렌즈 어레이 사이의 거리, f 는 렌즈 어레이의 기초 렌즈의 초점거리, p

는 디스플레이 패널의 픽셀크기, ϕ 는 기초 렌즈의 크기를 나타낸다.

그림 3은 입체영상과 렌즈 어레이 사이의 거리에 따른 positive IP와 negative IP의 깊이 분해능을 비교한 것이다. 같은 거리에 대해, positive IP의 깊이 분해능 값이 negative IP의 깊이 분해능 보다 크다. 이것은 z 방향 단위 길이 안에서 positive IP가 negative IP보다 많은 수의 이미지 평면을 표시할 수 있다는 것을 보여준다.

Positive IP와 negative IP는 깊이 분해능 외에도 시야각, 렌즈 어레이와 디스플레이 패널과의 간격의 재생된 입체영상의 위치 및 해상도에 대한 민감도 등에서 여러 가지 차이가 있다. 이러한 차이점에 대한 연구를 통해 각각의 응용분야에 적절한 IP 입체 영상 표시장치를 구현할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

1. G. Lippmann, "La Photographie Integrale," *Comptes-Rendus* 146, 446-451 (1908).
2. E. Okano, H. Hoshino, J. Arai, and I. Yuyama, "Real-time pickup method for a three-dimensional image based on integral photography," *Appl. Opt.* 36(7), 1598-1603 (1997).

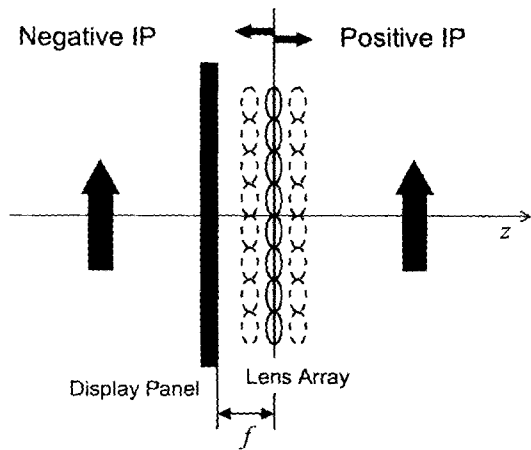


그림 1. Positive IP vs. negative IP.

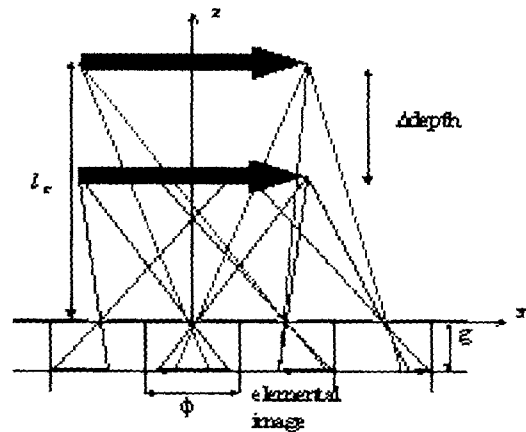


그림 2. Geometry of depth resolution.

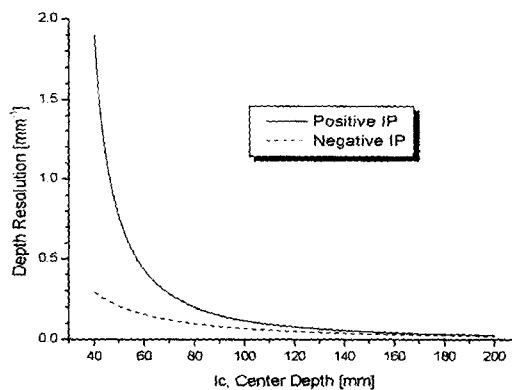


그림 3. Depth resolution.