

# 액정을 이용한 가변초점렌즈어레이 제작 및 Integral Photography 방식에 적용 Fabrication of Variable Focusing Lens using Liquid Crystal for Integral Photography

황용석\*, 한관영, 윤태훈, 김재창  
광전자연구실, 부산대학교 전자공학과  
thestone@pusan.ac.kr

3차원 디스플레이 시스템의 구현을 위해 다양한 방법으로 연구가 진행되고 있는데 Stereoscopic 방법에 비해 IP(Integral Photography)방식은 비안경식이고 시야각과 시점 이동 면에 있어서 좀더 나은 특성을 가지고 있다. IP에 대한 연구는 입체 영상의 해상도를 넓히고, 시야각을 넓히며, 또한 동영상 구현하기 위한 방향으로 진행되고 있다. 여기서는 IP에서 동영상 구현에 대한 새로운 방법을 제시하고자 한다.

IP 방식에서의 집적영상은 실상과 허상으로 표현될 수 있는데 실상은 렌즈 앞에 표시되고 허상은 렌즈 뒤에 표시되기 때문에 서로 다른 깊이를 표현하게 된다. 일반적으로 렌즈를 통해 물체와 상과의 거리는 다음식과 같이 표현된다.<sup>(1)</sup>

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

이 식을 IP 영상을 재생할 때 적용하면  $g$  는 렌즈어레이와 디스플레이와의 간격,  $d$  는 집적영상과 렌즈어레이와의 거리,  $f$  는 렌즈의 초점거리이다.

최근 동영상을 구현하는 방법 중에서 영상의 깊이 값인  $d$ 의 변화에 따라  $g$  값이 동기화되어 변화되는 것이 발표된바가 있다.<sup>(1)</sup> 본 논문에서는 초점거리의 변화를 이용한 방법을 제시하고자 한다. 전압에 따라 유효굴절율이 바뀌는 액정과 polymer로 제작된 렌즈를 초점 거리 변화에 이용했다.

System의 대략적인 구조는 그림1과 같다. 액정의 굴절율과 초점 거리의 변화와 관련된 식은 다음과 같이 표현된다.<sup>(2)</sup>

$$f = \frac{1}{(n_l - n_p)C} \quad (2)$$

여기서  $n_l$  는 액정의 유효 굴절율,  $n_p$  는 polymer의 굴절율  $C$  는 곡률반경이다. 인가전압에 따라  $n_l$ 이 바뀌므로 초점거리가 가변된다. 집적 영상이 실상과 허상의 거리  $+d, -d$  사이에서 변할 때  $g$  와  $f$  가 고정되어 있으면 focusing error 가 증가한다. 이 때  $g$  나  $f$  값을 상 거리  $d$ 의 변화에 동기화시켜 바꾸어줌으로 focusing error를 제거할 수 있다. 이 논문에서는 가변 초점렌즈 어레이에 전압을 인가하여 원하는 초점거리에서 영상이 맺힐 수 있음을 보여 준다.

렌즈는 4×4(5×5 mm pixel)lens array로 제작하였으며 렌즈 높이는 약 250 μm, cell 두께는 약 450 μm이었다. 사용한 polymer 는 NOA 65 (굴절율  $n : 1.524$ ), 액정은 ZLI-2395를 사용하였으며 러빙은 antiparallel로 하여 homogeneous 배열로 하였다. 액정의 배열이 균일하게 되었는지 확인하기위해 아르곤 레이저의 편광 상태를 러빙 방향으로 맞추어 입사시켜 보았다. 전계를 가하지 않았을 경우 1300mm의 초점거리를 나타내었고, 러빙 방향의 수직방향으로 입사시 200 mm 의 초점거리를 나타내었다. 구동 전압

은 약 70V이고 초점거리는 200 mm 이었다. 그림 2 (a) 는 기초 영상이고 (b)는 집적영상인데, 편광된 기초영상이 전압을 인가하지 않았을 때 러빙 방향으로 수직방향으로 입사된 경우와 전압을 인가했을 때 러빙 방향으로 입사된 경우에 확인되었다. 집적영상은 CCD 카메라로 촬영했고 이러한 가변초점렌즈를 제작하여 3차원 동영상구현이 집적영상의 거리 변화에 따라 초점거리를 인가전압에 의해 바뀌게 함으로써 그 가능성을 확인하였다. 간격 대신 렌즈의 초점을 변화시켜주면 액정과 polymer의 선택에 따라 초점거리 변화폭을 설계할 수 있기 때문에 보다 넓은 범위의 깊이감을 표현할 수 있다. 3차원 동영상을 구현할 때 간격  $g$  를 모터로 조절하면 전체적인 구조의 복잡성, 기계적인 안정성 문제, 제작상 어려움이 있을 수 있다. 가변초점렌즈는 구동의 단순화, 경량화, 액정 디스플레이와의 제작과정의 유사성 때문에 제작이 용이하고 대량생산이 가능할 것이다. 제작된 셀은 구동전압이 높고 응답속도가 느려서 셀 두께를 더 얇게 설계해야 하는데, 앞으로의 연구방향은 이런 조건을 만족하는 가변 초점 렌즈 어레이를 구현하고자 한다.

참고 문헌

[1] B. Lee, S. Jung, S.-W. Min, and J.-H. Park, "Three-dimensional display using integral photography with dynamically variable image planes", Optics Letters, vol. 26, no. 19, pp. 1481-1482, 2001.  
 [2] L.G. Commander, S.E. Day and D.R. Selviah, "Electrode designs for tunable microlenses", EOS Fourth Microlens Arrays Conference, Topical meeting digest series: Vol 13., pp. 48-53, NPL, 15-16 May 1997.

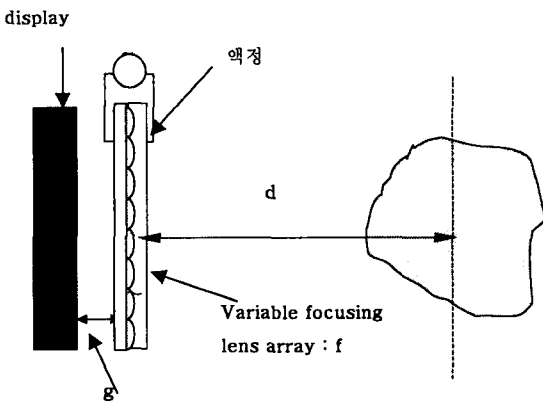


그림 1. 가변 초점 렌즈 IP 구조

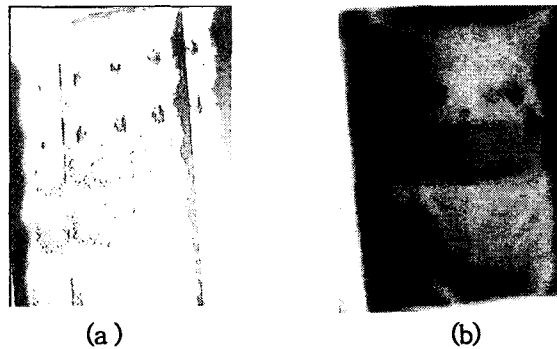


그림 2. 가변 초점렌즈에 의한 기초영상과 집적영상 (f: 200mm)

T  
B