

다층 디스플레이 소자를 사용하여 연속적 깊이를 향상시킨 3차원 집적 영상 시스템

Continuous-depth-enhanced three-dimensional integral imaging using multi-layered display devices

김윤희, 김주환, 조성우, 최희진, 이병호
 서울대학교 전기컴퓨터공학부, 광공학 및 양자전자 연구실
 e-mail: byoungho@snu.ac.kr

집적 영상 기술 (Integral imaging)은 1908년 Lippmann에 의해 처음 제안된 3차원 디스플레이 기술로⁽¹⁾ 최근 많은 각광을 받고 있다. 집적 영상 기술은 여러 개의 작은 렌즈들로 이루어진 렌즈 어레이와 디스플레이 소자를 이용하며, 픽업과 디스플레이의 두 가지 과정을 거쳐 물체를 3차원으로 표시한다. 집적 영상 기술은 다른 3차원 디스플레이 기술과는 달리 특수한 안경이 필요 없고, 물체를 관찰할 수 있는 시야각 내에서 상하 방향뿐 아니라 좌우 방향으로 연속적인 시점을 가진다. 또한, 최근 발전된 디스플레이 소자들을 이용하여 실시간 천연 색의 동영상을 재생할 수 있다는 등 여러 가지 장점들을 가지고 있다. 그러나 표현할 수 있는 3차원 영상의 깊이가 제한되는 것이 큰 단점이라 할 수 있겠다.

일반적으로 집적영상 기술에 사용하는 렌즈는 초점거리가 정해져 있고, 기초영상을 표시하는 디스플레이 소자와 일정한 간격을 가지고 평행하게 놓여져 3차원 영상을 디스플레이 한다. 그러므로 렌즈 법칙에 의해 간단히 초점이 맞는 평면의 위치가 정해지게 된다. 이와 같이 초점이 맞는 평면을 중심 깊이 평면이라고 하며, 중심 깊이 평면 근처에 3차원 영상을 위치하도록 하여 디스플레이 한다. 만약 표현하고자 하는 영상의 깊이, 두께가 커지거나 영상들의 깊이 차이가 크게 되면, 중심 깊이 평면에서 많이 벗어나게 되어 왜곡되며, 올바른 영상을 표현할 수 없게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 여러 방법들이 연구되었고 최근 두 개의 디스플레이 소자를 이용하여 깊이감을 향상시키는 방법과⁽²⁾ 디스플레이 소자를 다층으로 겹쳐 깊이감을 더욱 향상시킨 방법이⁽³⁾ 제안된 바 있다. 본 논문에서는 이러한 다층 디스플레이 소자를 가까이 위치시켜 연속적 깊이감을 향상시키는 방법을 제안한다. 그림 1에 제안된 시스템의 구성도를 도시하였다.

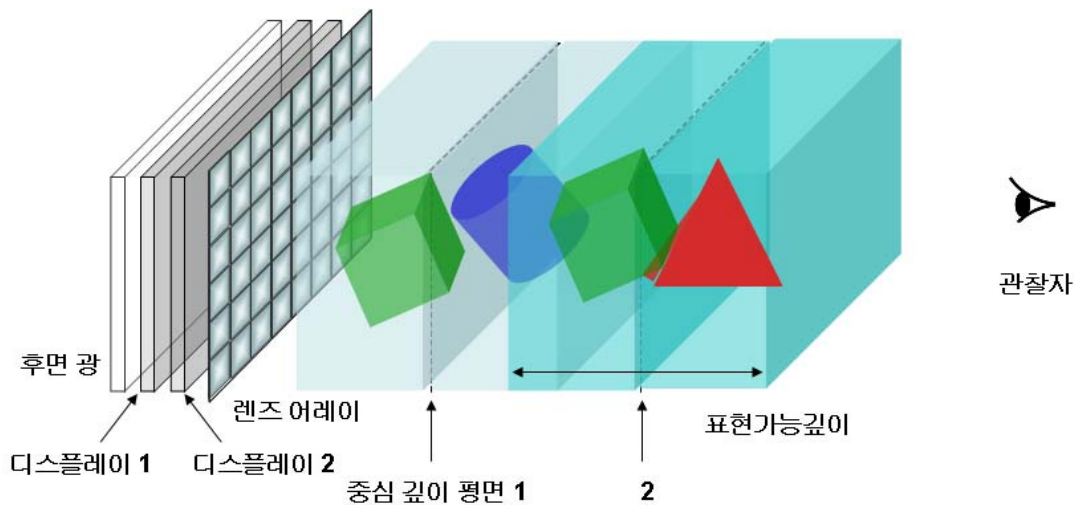


그림 1. 다층 디스플레이 소자를 이용한 시스템의 구성도

그림 1에 나타난 바와 같이 후면광과 렌즈 어레이 사이에 투명한 디스플레이 소자들을 다층으로 평행하게 위치시키면, 각 디스플레이 소자와 렌즈 사이의 간격이 다르게 되어 각 디스플레이에 해당하는 중심 깊이 평면이 하나씩 생성된다. 이 때 디스플레이1과 디스플레이2의 간격을 좁혀 각각에 의해 생성된 두 개의 중심 깊이 평면의 표현 가능한 깊이 공간이 겹쳐지도록 하면 두 개의 표현 가능한 깊이 영역이 이어지게 되어 연속적 깊이를 구현할 수 있다. 이러한 방법으로 중심 깊이 평면을 디스플레이 소자의 개수만큼 여러 개로 증가시켜 표현 가능한 깊이 영역을 연속적으로 이어간다면, 표현할 수 있는 깊이를 기존과 비교하여 크게 증가시킬 수 있으며, 궁극적으로 깊이 제한의 문제를 해결할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

디스플레이 소자로는 투명하면서 동시에 빛을 제어하는 SLM과 같은 역할을 할 수 있는 LC 패널을 사용하였다. LC 패널은 LCD에서 BLU(back light unit)를 제거하여 얻을 수 있는데, 얇고 투명하여, 제안된 다층구조 시스템을 구성하는데 효과적이다. 실험에서는 후면광과 두개의 디스플레이 소자를 이용하여 렌즈로부터 각각 -120 mm, -40 mm 에 위치한 두개의 중심 깊이 평면을 구현하였다. -120 mm 중심 깊이 평면을 중심으로 정육면체와 원통을 -150mm, -90 mm에 위치 시켰고, 다른 하나의 -40 mm 중심 깊이 평면에는 정육면체와 사각뿔을 -70 mm, -30 mm에 위치시켰다. 이 때 -90 mm에 위치한 원통과 -70 mm에 위치한 정육면체는 공간적으로 서로 일부 겹쳐 있으며 4개의 3차원 영상은 -160 mm부터 -20 mm까지의 깊이 공간에 연속적으로 위치하여 있다. 그림 2는 제안된 방법을 이용하여 집적된 3차원 영상의 결과를 보여준다. 다층구조를 이용하여 표현할 수 있는 연속적인 깊이감이 현저히 향상되었음을 확인할 수 있다.

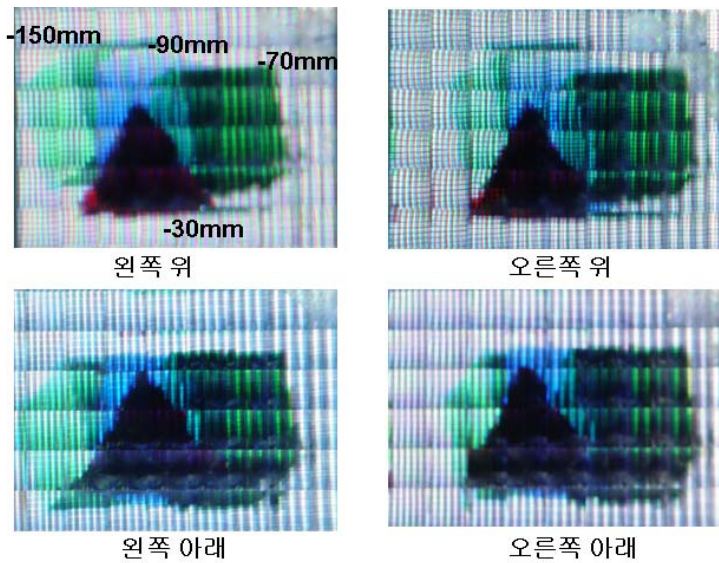


그림 2. 제안된 방법으로 집적된 3차원 영상을 여러 각도에서 찍은 사진

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

1. G. Lippmann, "La photographie integrale," Comptes-Rendus, Acad. Sci. 146, pp.446-451 (1908)
2. H. Choi, Y. Kim, J.-H. Park, J. Kim, S.-W. Cho, and B. Lee, "Layered-panel integral imaging without the translucent problem," Opt. Express, vol.13, no.15, pp. 5769-5776 (2005)
3. 김윤희, 최희진, 김주환, 조성우, 이병호, "디스플레이 소자를 다층으로 겹쳐 깊이감을 향상시킨 3차원 집적 영상 시스템," Photonics Conference 2005, pp. 281-282, 2005년 11월.