

시간 다중화 방식의 홀로그래픽 테이블탑 디스플레이

허대락, 임성진, 전호성, 한준구*

경북대학교

jhahn@knu.ac.kr

Holographic tabletop display using time multiplexing

Daerak Heo, Sungjin Lim, Hosung Jeon, Joonku Hahn*

Kyungpook National University

요 약

본 논문에서는 홀로그래픽 영상을 시간 다중화 방식으로 구현한 360 도 홀로그래픽 테이블탑 디스플레이에 대해서 설명한다. 공간 다중화 방식의 경우 필요한 광학 소자의 수와 정렬 난이도를 시간 다중화 방식을 이용하여 해결하고, 홀로그래픽 영상을 재생하기 위하여 푸리에 변환 광학 소자를 추가하여 부드러운 운동 시차를 갖는 형태로 구현한다. 설계된 홀로그래픽 테이블탑 디스플레이는 풀-컬러 영상을 재생하기 위해서 총 3 개의 고속 구동이 가능한 DMD(Digital micromirror device)를 정렬하는 라이트 엔진 구조를 갖고 있다.

1. 서론

보다 몰입감이 넘치는 영상을 제공하기 위해 다양한 방면에서 3차원 디스플레이에 대한 연구가 진행되고 있다. 3차원 디스플레이 중에서 테이블탑 형태의 디스플레이는 다수의 시청자가 동시에 관찰할 수 있다는 장점이 있어 여러 연구가 진행되고 있으며, 360 도의 시야각을 제공하기 위한 여러 기술들이 요구되고 있다[1].

공간 다중화 방식은 공간 차원에서 복수의 소자를 사용하여 단일 소자에서 설계되는 것의 한계를 극복하는 방식으로 알려져 있다. 이러한 공간 다중화 방식은 복수의 촬영 및 영상 재생 소자를 이용하여 제한된 시야각의 문제를 해결하므로, 360 도 카메라 또는 3 차원 디스플레이의 시야각을 향상시키기 위한 방식으로 사용되고 있다[2]. 하지만 복수의 공간광변조기 및 광학계의 사용으로 인하여 전반적인 시스템의 체적이 증대되고, 광학 정렬 요소가 많아진다는 문제점이 있다.

시간 다중화 방식은 시간을 분할하여 다수의 가상 소자를

구현하는 방식으로 주사 장치와 광학 소자를 같이 활용하여 시야각을 확장하는 구조를 갖고 있다[3]. 상대적으로 복수의 소자를 이용하는 공간 다중화와 비교하여 작은 체적으로 설계할 수 있고, 광학 정렬 요소가 적어진다는 장점이 있다.

앞서 언급한 두 가지 방법을 이용한 테이블탑 형태의 3 차원 디스플레이는 다시점 디스플레이로 설계된다. 하지만 다시점 설계를 하기 때문에 자연스러운 운동 시차를 형성하기 위해서는 시점의 수가 가장 중요한 역할을 한다. 따라서 공간 다중화 방식은 광학계의 수가 기하급수적으로 증가하고, 시간 다중화 방식은 공간광변조기와 주사 장치의 요구 속도가 높아진다.

다시점 디스플레이에서 관찰자가 시청하는 영상은 2 차원 평면으로 구성되어 있으며, 이로 인하여 특정 시점을 시청할 수 있는 시야창 내에서의 운동 시차는 형성되지 않는다. 반면, 홀로그래픽 영상은 진폭 변조 또는 위상 변조 혹은 두 가지 변조를 동시에 이용하여 영상을 제공하며, 운동 시차 및 초점 수렴 효과를 제공할 수 있다.

본 논문에서는 3 차원 테이블탑 디스플레이를 홀로그래픽

영상과 시간 다중화 방식을 이용하여 설계한 디스플레이를 제안한다. 홀로그래픽 영상을 재생하기 위해 필요한 푸리에 변환 광학계를 공간 다중화 방식으로 구현하기에는 비용이 증가하고, 시스템 체적의 비대해지는 문제가 발생한다. 따라서 시간 다중화 방식의 설계를 통하여 자연스러운 운동 시차를 형성하는 테이블탑 디스플레이 구조를 제안한다.

2. 홀로그래픽 테이블탑 디스플레이 구성도

시간 다중화 방식으로 360 도 홀로그램 영상을 재생하는 테이블탑 디스플레이를 설계하기 위해, 노이즈를 필터링하기 위한 푸리에 변환 광학계, 고속으로 구동이 가능한 공간광변조기, 시야장을 확장을 위한 주사 장치가 필요하다.

제안하는 구조에서는 고속 구동 공간광변조기로 DMD(Digital micromirror device)를 사용한다. DMD 는 영상을 표현하기 위한 그레이 레벨을 조정함에 따라 10,000Hz 또는 20,000Hz 이상의 구동 속도 변환이 가능하다. 하지만 단일 DMD 를 이용하여 풀-컬러 영상을 재생하기 위해서는 구동 속도가 1/3 로 감소한다. 시간 다중화로 시야장을 확장하는 방식에서는 공간광변조기의 구동 속도가 플리커링(Flickering)과 관련이 있으므로, 3 개의 DMD 를 사용한 라이트 엔진 구조를 제안하여 사용하였다.

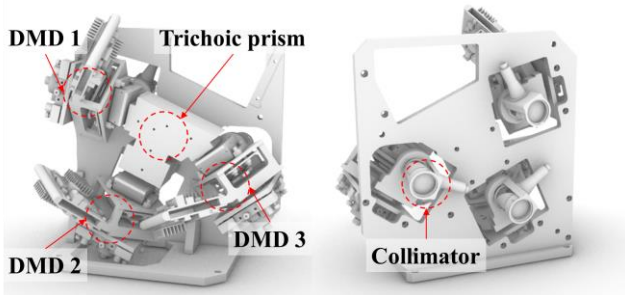


그림 1. 풀-컬러 라이트 엔진 구조

시간 다중화 방식을 사용한 시스템의 설계의 경우 공간 다중화 설계와 대비하여 시점의 개수만큼의 광학계의 수를 저감할 수 있다. 특히 일반적으로 홀로그래픽 영상을 사용하는 방식으로 인하여 필터링을 위한 푸리에 변환 광학계 한 쌍이 필요하다. 본 설계는 푸리에 변환 렌즈 하나를 스캐닝 미러와 이중 포물경의 상판을 이용한 설계를 통해 광학계의 수를 저감하여 설계하였다. 시야장은 앞서 푸리에 변환 광학계의 일부인 상부 포물경과 하부 포물경의 이중 구조를 통해 시야장을 형성한다.

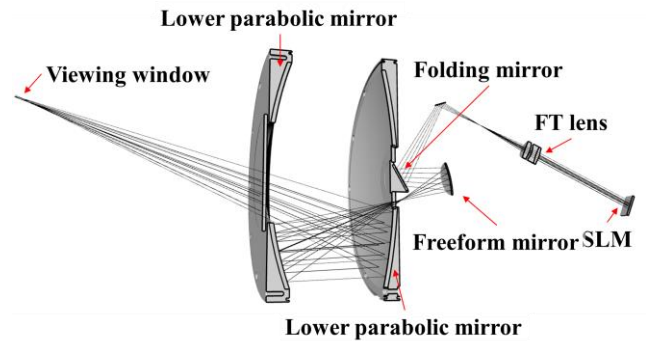


그림 2. 푸리에 변환 광학계, 이중 포물경 구조

3. 결론

본 논문에서는 일반적으로 시야장의 한계를 시간 다중화 방식으로 극복하고, 홀로그래픽으로 영상을 구현하였다. 홀로그래픽 영상을 사용함으로써 인하여 운동 시차가 저감된 360 도 시야각의 테이블탑 디스플레이를 구성할 수 있었으며, 각 광학 소자의 구역을 구분한 설계를 통하여 광학계와 같은 부속품의 교체를 용이하게 설계하였다.

감사의 글

이 논문은 2020 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 ‘범부처 Giga Korea 사업’의 지원받아 수행된 연구임 [No. GK20D0100, 디지털 홀로그래픽 테이블탑형 단말 기술 개발].

참고문헌

- [1] Y. Lim, et. al., “360-degree tabletop electronic holographic display,” Optics Express Vol. 24, No. 22 pp. 24999-25009, (2016).
- [2] S. Yoshida, “fVisiOn: 360-degree viewable glasses-free tabletop 3D display composed of conical screen and modular projector arrays,” Opt. Express Vol. 24, No. 12, pp. 13194-13203 (2016).
- [3] A. Jones, et. Al., “Rendering for an interactive 360° light field display,” in SIGGRAPH 2007 Papers (2007), paper 40.