

LED 광원과 공간 광변조기를 사용한 홀로그래픽 3차원 이미지의 깊이감 효과 분석

Analysis of accommodation effect in the optical reconstruction of holographic three-dimensional images with spatial light modulator and LED light source

전영진, 노진영, 권재범, 김휘*
고려대학교 세종캠퍼스 전자및정보공학과
*hwikim@korea.ac.kr

홀로그래픽 3D 디스플레이의 개발에서 일반적으로 간섭성(coherence)광원인 레이저를 사용하는 경우, 자연계에서 볼 수 있는 자연스러운 3D 이미지의 깊이감 효과를 재현하지 못한다(그림1(a)). 자연계에서 보게 되는 3D 이미지의 자연스러움은 비간섭성(incoherence) 광원에 의해 보여지기 때문인데, 레이저와 같은 간섭성 조명에 의해서는 얻어지는 스펙클(speckleous) 3D 이미지는 자연계의 자연스럽고 부드러운 3D 이미지와는 확연히 다르다(그림 1(b)~1(d)). 또, 레이저에 의해 재현된 홀로그래픽 3D 이미지의 단안 깊이감(accommodation effect)도 자연계의 이미지에서 느낄 수 있는 정도의 효과를 주지 못하는 경우가 있다 (그림1(c)). 레이저를 사용한 홀로그래픽 3D 이미지 재현에서는 깊이감의 효과를 크게 할 수 록 이미지의 스펙클 패턴도 많아지게 된다 (그림1(d)). 그림1(c)의 홀로그래픽 이미지와 같이 물체 표면에 constant phase를 입힌 경우 초점을 I와 S에 두었을 때 accommodation effect를 구별하기 힘들다. 그림(d)는 물체 표면에 pseudo-random phase를 입힌 경우 I와 S에 초점을 두었을 때 accommodation effect가 나타나는 것을 볼 수 있다.

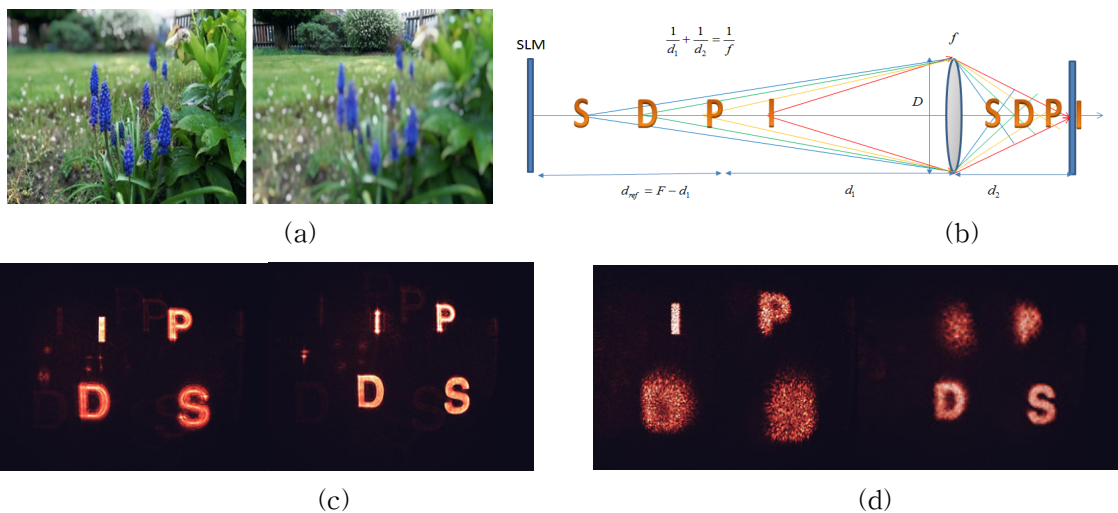


그림1. (a) 자연계 3D 이미지의 accommodation effect (b)~(c) 레이저 광원 홀로그래픽 3D 이미지에서의 Accommodation effect

본 논문에서는 LED광원을 이용하여 부분 코히어런트 광원을 구현하고, 이를 통해 홀로그래픽 3D 이미지를 디스플레이 함으로써 스펙클이 저감되고 보다 자연스러운 깊이감 효과를 나타내는 최적의 홀로

그래픽 3D 이미지 복원 조건을 연구한다. 레이저 광원과 LED(light emitting diode) 광원 및 SLM(spatial light modulator) 사용하여 광학 복원을 한 결과를 비교 분석한다. Pseud-random phase 패턴의 grain size를 조절하여 accommodation effect의 정도를 조절할 수 있음을 실험적으로 보이고, LED 광원을 부분 코히어런트 광원으로 사용한 경우의 스펙클 저감 효과를 관찰한다.

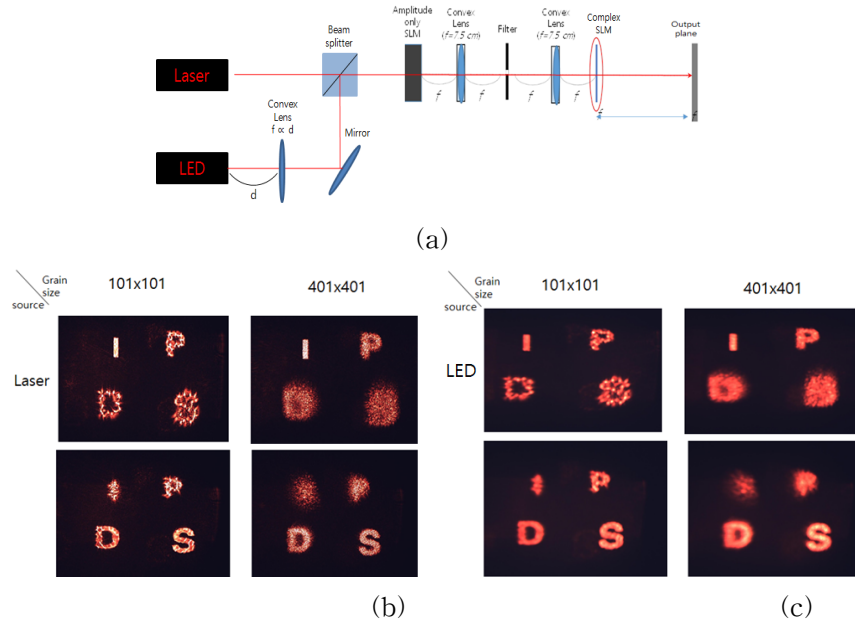


그림2 레이저 광원과 LED 광원의 홀로그램 복원 특성 비교

그림2(a)는 본 논문에 대한 시스템 셋업에 대한 개념도이며 laser, LED, 진폭 변조 SLM(L3C07U-8x LCD module), 4f single-side band filter로 구성되어 있다. 이를 통해 진폭변조 SLM을 complex modulation system으로 구성하였다.^[1,2] 'I','P','D','S' 이미지는 각각 다른 거리(깊이)의 공간에 결상된다. (그림2(b)-2(c)). 본 실험에서는 LED광원으로부터 convex lens까지의 거리를 변화시키고 변화에 따른 convex lens의 초점거리를 바꾸어 부분 코히어런트 (partial coherent, 부분 간섭성) 광파를 만들어, 이를 SLM에 비추어 홀로그램 3D 영상을 관측하였다. pseudo-random phase의 크기를 변화 시켰을 때의 accommodation effect를 레이저 광원과 LED 광원을 사용했을 경우의 관측 이미지와 accommodation 효과를 비교해 보이고 있다. 그림 2(b)와 그림 2(c)를 비교하면, 레이저 광원과 LED 광원의 홀로그래픽 이미지 복원특성을 확연히 구별할 수 있다. 본 연구를 통해, pseudo-random phase pattern을 grain size를 통해 accommodation effect의 정도를 제어하고, LED의 부분 간섭성을 통해 스펙클 패턴을 저감할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 방법으로 비 간섭성을 갖는 LED 광원에서 부분 간섭성 성질을 갖는 광원으로 변화도록 만들어 자연스러운 홀로그래픽 이미지를 관측할 수 있는 최적의 시스템(optimal point)을 갖추는 것이 본 연구의 목표이다.

This work was supported by GigaKOREA project, [GK13D0100, Development of Telecommunications Terminal with Digital Holographic Table-top Display].

- [1]. 김 휘, 한준구, "홀로그래픽 이미지 광파의 간섭성과 깊이감 효과의 관계", 2014년 한국광학회 동계학술발표회, paper F1C-III4. pp.410-411(2014).
- [2] H. Kim, C.-Y. Hwang, K.-S. Kim, J. Roh, W. Moon, S. Kim, B.-R. Lee, S. Oh, and J. Hahn, "Anamorphic optical transformation of an amplitude spatial light modulator to a complex spatial light modulator with square pixels," Appl. Opt. 53, G139-G146 (2014).