

양안 홀로그래픽 3D 디스플레이의 파동광학 모델 및 이에 기반한 광학 특성 분석

Wave optic model for binocular holographic 3D display and its optical characteristics analysis

김 휘, 한준구*

고려대학교 세종캠퍼스 전자및정보공학과, *경북대학교 전자공학부

hwikim@korea.ac.kr

최근 양눈형 (binocular) 홀로그래픽 3D 디스플레이에 대한 연구 개발이 활발히 이루어지고 있다. 그림 1은 홀로그래픽 3D 디스플레이에서 공간광변조기 (SLM; spatial light modulator)의 상대적 위치에 따른 홀로그래픽 3D 디스플레이의 종류를 구분한 도표를 보여준다. 3D 물체의 light field를 프로젝션 광학계를 통해 재현하는 형태인 프로젝션 방식, 대화면 SLM을 직접 사용하는 대화면 패널 방식, 손에 짚 수 있는 크기의 SLM을 사용하는 모바일 방식, 및 HMD 방식을 나타내었다. 각각의 패널에서 재생하는 light field는 3D 물체의 light field의 각각의 SLM 지점에서의 light field cross-section 분포이다. SLM의 낮은 bandwidth 문제를 보완하기 위해, 관찰자의 안구로 수렴하는 backlight를 사용하는 것이 일반적이다.

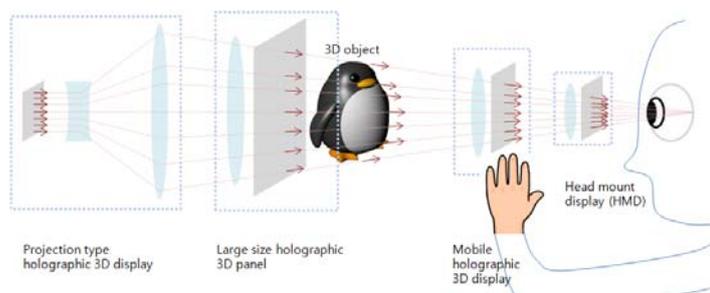


그림1 홀로그래픽 3D 디스플레이; (i) 프로젝션, (ii) 대화면 패널, (iii) 모바일 패널, (iv) 두부장착형 (HMD)

본 논문에서는 프로젝션 타입, 대화면 패널 타입, 및 HMD 형의 홀로그래픽 디스플레이 시스템을 일반화된 파동광학 이론 틀을 개발하여, 이를 통해 그림 1에서 보인 다양한 홀로그래픽 3D 디스플레이를 통일적으로 기술할 수 있음을 보이고자 한다. 이를 이용하여, 각각의 디스플레이 타입에 맞는 CGH의 합성 및 이의 관측특성을 분석한다. 그림 2에서는 진폭 변조 SLM을 사용하여, 복소 홀로그램을 구현하는 시스템과 시뮬레이션 결과를 보였다. 필터를 최적화하지 않으면, 올바른 복소 홀로그램이 나오지 않음을 보여주는 결과이다. 그림 3은 프로젝션형 홀로그래픽 3D 디스플레이의 구조와 관측 시뮬레이션 결과를 보여준다. 본 시뮬레이션에서 1023X1023의 샘플링 격자를 사용하였는데, 프로젝션 시스템의 경우 광파의 전달길이 길고 광학계의 렌즈의 초점거리가 크기 때문에, 이 정도의 샘플링 스킴에서도 올바른 파동광학 시뮬레이션 됨을 알 수 있다. 그러나 그림 4에서 보인 HMD 구조에서는 파동광학모델 구현에서 광파분포의 샘플링격자의 크기가 1023X1023보다는 훨씬 큰 샘플링

격자 구조가 필요함을 보이고 있다. 1023X1023의 샘플링 격자 위에서 모델링하였을 때, aliasing 및 색분산의 오류가 나타남을 확인할 수 있다. 파동광학 모델의 샘플링 구조를 보다 최적화할 필요가 있는 시뮬레이션 결과이다. HMD의 기하광학적으로 설계를 도출한 후, 이의 파동광학모델을 확립 할때는 각각의 소자의 표면 위치에서의 광과표현에 대한 샘플링 격자의 크기 및 샘플링 간격에 대한 세심한 주의가 요구된다. 광과 분포는 Fresnel transform을 반복적으로 직렬 연결함으로써 얻을 수 있었고, 변환의 interface에서 광과의 quadratic phase를 해석적으로 처리하였다. 그림 3과 4의 시스템 구조도를 비교하면, 기본적인 광학계 구성은 동일하되, SLM의 2차원 결상 이미지가 놓이는 평면의 위치가 다를 수 있다. 프로젝션형의 경우, SLM 결상면이 스크린 볼록 렌즈면(도립 실상)과 일치하도록 설정한 반면, HMD의 경우, SLM 결상면을 관측자로부터 멀리 떨어뜨려 (정립 허상) 놓아, 실제적으로 프로젝션형의 SLM 결상면과 비슷하게 보이도록 하였다. 이를 기반으로, 양 눈형 디스플레이의 파동광학 모델을 확립하고자 한다.

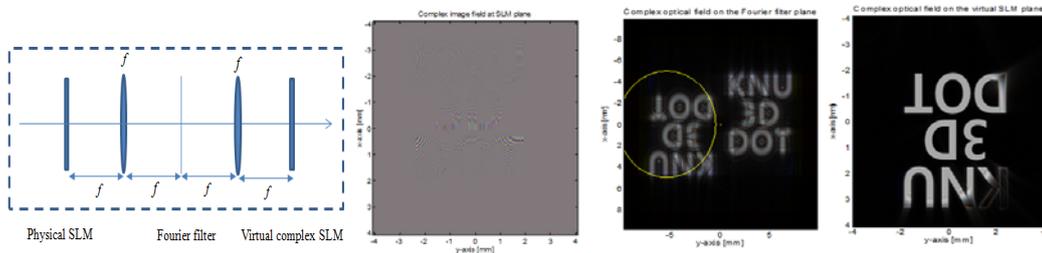


그림2 진폭 변조 SLM을 사용한 off-axis 복소 SLM의 구현

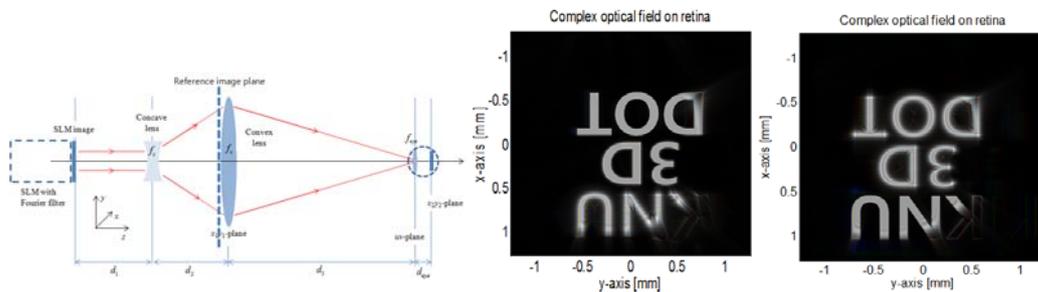


그림3 진폭변조 복소 SLM을 장착한 프로젝션형 홀로그래픽 3D 디스플레이 및 이미징 특성

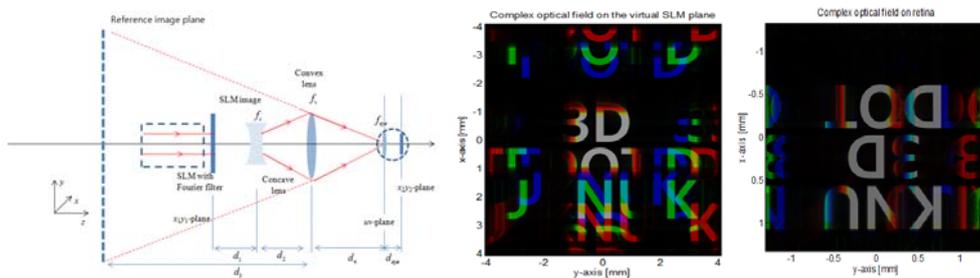


그림4 진폭변조 복소 SLM을 장착한 HMD형 홀로그래픽 3D 디스플레이 및 이미징 특성

Acknowledgement

This research was supported by Ministry of Culture, Sports and Tourism (MCST) and Korea Creative Content Agency (KOCCA) under the Culture Technology (CT) Research & Development Program 2012.