

부분 간섭성 포컬 스택 이미지 생성을 위한 홀로그래픽 디스플레이의 카메라 인 더 루프 보정

Camera-in-the-loop calibration of holographic display for generating partial coherent focal stack images

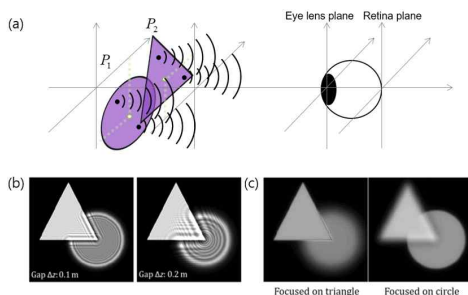
김세운, 전영진, 나세환, 김휘*
고려대학교 세종캠퍼스 전자정보공학과
*hwikim@korea.ac.kr

Abstract— 본 논문에서는 부분 간섭성(partial coherence) 포컬 스택 (focal stack) 이미지 생성을 위한 컴퓨터 생성 홀로그램(Computer generated hologram, CGH) 최적화 방법을 소개한다. 제안 방법은 다중 깊이 홀로그램 이미지의 잡음과 회절로 인한 아티팩트(artifact)를 줄일 수 있다.

I. 서론 및 배경

컴퓨터 생성 홀로그램(Computer generated hologram, CGH)은 수학적 광파 모델을 이용하여 디지털 방식으로 홀로그램을 생성하는 기술이다. 고품질 홀로그램을 생성하기 위해 CGH는 여러 가지 방법으로 최적화될 수 있다. 카메라 피드백(Camera-in-the-loop, CITL) 기술은 실시간으로 촬영한 홀로그램 이미지를 기반으로 반복적 경사하강(Gradient descent) 알고리즘을 통해 CGH를 최적화하는 방법이다⁽¹⁾. 해당 기술은 기존의 알고리즘보다 효율이 높지만, 포컬 스택 이미지를 최적화하는 방법은 아직 제안된 바가 없다. 포컬 스택 이미지를 엄밀하게 해석하기 위해서는 실제 물리적 모델과 함께 부분 간섭성 특성을 고려하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 포컬 스택 이미지 생성을 위해 부분 간섭성 특성을 고려한 CGH 최적화 방법을 제안하고 수치 해석 시뮬레이션과 실험을 통해 제안 방법의 타당성을 검증한다.

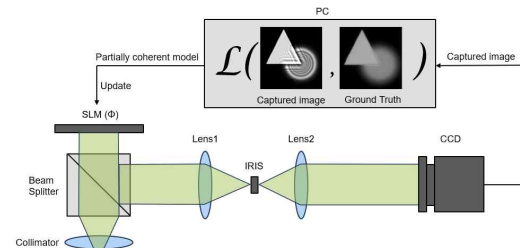
II. 연구 내용 및 결과



[그림 1] (a) 부분적 간섭성 기반의 파동 광학 시뮬레이션 도식 (b) 포컬 스택 홀로그램 복원 결과 (c) 실측 이미지 (Ground truth, GT)

[그림 1] (a)는 부분 간섭성 다중 깊이 홀로

그램 생성 및 복원에 대한 시뮬레이션 도식을 나타낸다. P_1 과 P_2 는 서로 다른 깊이 정보를 가지는 포컬 스택 이미지이다. [그림 1] (b)는 실측(Ground Truth) 이미지 생성을 위해 다중 깊이를 갖는 홀로그램을 복원한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 본 연구에서는 안구 관측의 수학적 모델인 계단식 프레넬(Fresnel) 변환을 통해 계산하였다. 초점에 따라 복원된 이미지는 가장자리의 회절로 인한 아티팩트가 발생함을 확인할 수 있다. [그림 1] (c)와 같이, 부분 간섭성을 갖는 광원 특성을 고려하면 아티팩트가 감소한 실측 이미지를 생성할 수 있다.



[그림 2] CITL 실험 셋업 도식

[그림 2]는 포컬 스택 이미지를 최적화하기 위한 CITL 실험 도식을 나타낸다. 카메라에 의해 촬영된 이미지와 계산된 실측 이미지 간의 손실 함수를 통해 CGH를 업데이트할 수 있다.

본 연구는 부분적 간섭성 특성을 고려하여 포컬 스택 이미지의 품질을 개선하는 방법을 제안하였다. 본 연구를 통해 다중 깊이 홀로그램의 품질 향상이 가능할 것으로 기대된다.

사사

This work was supported by Alchemist Project grant funded by Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) & the Korea Government (MOTIE) (Project Number: 1415185027, 20019169).

참고문헌

- [1] Peng, Y., et al., "Neural holography with .camera-in-the-loop training", ACM Transactions on Graphics (TOG) 39(6), 1-14 (2020).