

광시야각 홀로그램 합성을 위한 촬영 시스템

*김영록, *성현식, **홍기훈, **최기홍, *민성욱

*경희대학교 정보디스플레이학과

*디지털 홀로그래피연구실, 한국전자통신연구원

*mins@khu.ac.kr

Capturing system for wide viewing hologram generation

*Youngrok Kim, *Hyunsik Sung, **Keehoon Hong, **kihong Choi and *Sung-Wook Min

*Department of Information Display, Kyung Hee University

**Digital Holography Research Section, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

기하학적 위상렌즈를 활용한 광시야각 홀로그램 합성을 위한 시스템을 제안하고 설계하여 제작하였다. 광시야각 홀로그램은 실시간 홀로그램 영상을 녹화하는 과정에서 동시에 물체의 다른 파면을 기록할 수 있기 때문에 물체의 3 차원 정보를 일련의 알고리즘을 통해 데이터화 시키는 과정을 가능하게 한다. 본 논문에서는 기하학적 위상 렌즈와 편광 이미지 센서를 결합해 비간섭성 광원의 홀로그램을 기록할 수 있는 자가 간섭 디지털 홀로그래피 시스템을 이용하여 관찰하고자 하는 물체의 파면을 다각도에서 기록하는 광시야각 홀로그램 촬영 시스템을 개발하였다.

1. 서론

홀로그래피는 빛의 간섭을 이용해 물체에서 반사된 빛의 위상과 진폭을 기록하고 재생하는 기술을 말한다. 아날로그 홀로그래피는 간섭 패턴을 실버 할라이드 (silver halide) 필름을 비롯한 광 반응성 필름에 직접 기록하는 홀로그래피 기술을 의미하며, 디지털 홀로그래피는 빛의 간섭패턴을 디지털 센서 어레이 등을 활용하여 기록하거나 컴퓨터 계산으로 합성하고, 이를 디스플레이 패널을 활용하여 재생하는 점에서 아날로그 홀로그램과 차이가 있다. 디지털 홀로그래피는 이미지 센서의 픽셀 구조에 따라 획득할 수 있는 정보가 제한되며, 샘플링 환경에 따라 정보 손실이 발생하지만, 아날로그 홀로그래피에 사용되는 홀로그램 필름과는 달리 디지털 이미지 센서를 통해 짧은 노출 시간에도 효과적으로 이미지를 얻을 수 있으며, 입력 광파에 따른 출력 전류의 선형성을 띠는 장점이 있다[1]. 디지털 홀로그래피는 이러한 장점을 통해 실시간 홀로그램 비디오를 가능하게 하며, 현재 컴퓨터 과학의 발전으로 CGH(Computer generated hologram)를 이용한 홀로그램 생성[2], 딥 러닝을 이용한 홀로그램 복원[3], 디지털 홀로그램 취득 등에 관한 연구가 진행되고 있다.

홀로그래피를 기록하는 간섭계는 사용되는 광원의 간섭성과 광경로를 분리하는 방법을 통해 분류할 수 있다. 일반적인 마이켈슨 간섭계를 사용하여 홀로그램을 취득하는 경우,

공간적으로 기준광과 물체광의 광경로 차이를 만들고, 이를 가간섭 거리 이내로 유지하기 위해서 가간섭광인 레이저를 사용해 홀로그램을 취득한다. 하지만 두 개의 광경로를 사용하여 간섭계를 만드는 경우, 시스템의 부피를 줄일 수 없고, 외부 진동에 취약하며, 가간섭 광원을 사용해야 하기 때문에 실제 일반적인 조명 환경에서는 사용할 수 없게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제시된 방법 중 하나가 FINCH(Fresnel incoherent correlation holography)[4]이다. FINCH 는 GRIN(Gradient index) 렌즈, phase-only SLM 과 같은 여러 가지 SLM(Spatial light modulator)을 이용하여 단일 광경로의 편광을 변조함으로써 비간섭성 광원을 통한 빛의 간섭 패턴을 만들어낼 수 있어 일반적인 광원을 사용하여 홀로그램 데이터를 취득할 수 있고, 광학계의 설계가 간단하기 때문에 기존 광 분리기를 사용하는 간섭계와 비교했을 때 외부 진동에 큰 영향을 받지 않는 장점이 있다.

본 논문에서는 기하학적 위상 렌즈와 편광 이미지 센서를 사용하여 자가간섭 홀로그램을 취득하는 광학계를 만들고, 자가간섭 홀로그램 시스템을 응용하여 광시야각 홀로그램을 만드는 방안을 제시한다. 구체적으로 X 축과 Y 축으로 회전 가능한 기계적 시스템을 구성하였고, 홀로그램을 촬영하고자 하는 물체에 대해 다각도로 홀로그램을 촬영하는 시스템을 구성했다.

2. 연구 내용

기하학적 위상 렌즈는 입사광의 편광에 따라 다른 굴절율을 가지는 렌즈로, 주로 이방성을 가진 액정과 같은 물질의 배열을 달리하여 굴절률 차이를 이용해 기하학적 위상의 변조를 만든다. 기하학적 위상 렌즈를 사용하여 간섭계를 만드는 경우, 편광판과 기하학적 위상 렌즈의 상대적인 각도 차이에 따라 수렴하는 광경로와 발산하는 광경로의 간섭 패턴을 만들 수 있어 자가간섭 홀로그램 시스템을 구성할 수 있다. 기하학적 위상 렌즈를 사용해 만든 자가간섭 디지털 홀로그래피(GP SIDH)의 경우, 기존의 홀로그램 기록장치에 비해 작은 광경로와 비간섭성 광원을 사용할 수 있다는 장점이 있다. 실험에 사용된 GPSIDH의 경우, 기존 시스템에 있었던 평행광을 만들기 위한 렌즈를 제거하고, 특정 파장의 빛을 통과시키는 대역 필터와 선편광판, 기하학적 위상 렌즈만으로 광학계를 구성하였으며, 광학계를 통해 만들어진 간섭 패턴을 편광 이미지 센서를 통해 홀로그램 데이터를 취득했다.

GPSIDH를 통해 디지털 홀로그램을 취득할 경우, 비교적 간단한 연산으로도 복소 홀로그램 데이터를 얻을 수 있다. 이를 응용한 광시야각 홀로그램은 다각도에서 물체의 파면 정보를 얻음으로써 획득한 복소 홀로그램 이미지의 합성을 통해 더 큰 구경을 가진 렌즈를 사용한 효과를 나타낼 수 있다. 또한 파면 정합을 통한 물체의 3차원 데이터를 효과적으로 스캔할 수 있어 기존 CGH로만 형성할 수 있었던 홀로그램 데이터를 실제 물체의 3차원 공간 정보로 나타낼 수 있다.

그림 1은 제작한 광시야각 홀로그램 획득을 위한 각도 조정 시스템이다. 시스템은 X축으로 90도, Y축으로 45도 범위의 각도를 조절할 수 있으며, 스텝 모터를 활용해 최대 1/5000도까지 조절할 수 있다. 시스템은 시리얼 통신을 활용하여 조작할 수 있으며, 편광 이미지 센서의 소프트웨어와의 연동을 통해 보다 효율적인 데이터 취득이 가능하다.

그림 2는 제작된 광시야각 홀로그램 촬영 시스템으로 얻은 홀로그램을 복원한 이미지들이다. 홀로그램의 복원에는 ASM(Angular spectrum method)이 사용되었다. 광원으로는 백색 LED면광원을 사용하였으며, 회전축을 중심으로 이동 거리에 따른 시차의 발생을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 광시야각 디지털 홀로그래피 획득 방법으로 기하학적 위상 렌즈를 활용한 카메라와 촬영을 위한 각도 조정 시스템을 제작하였다. 조명조건을 동일하게 하고 회전에 따른 물체의 반사광의 파면정보를 측정하는 과정을 통해 광시야각 홀로그램을 획득할 수 있다.

다각도로 파면을 기록할 수 있는 본 시스템을 활용하는 경우, 파면 정렬을 통한 홀로그램 제작과 더불어 홀로그램 비디오 촬영과 홀로그램을 활용한 깊이 추출 알고리즘의 개발 등의 다양한 응용이 가능하다.



그림 1. 광시야각 홀로그램 획득 시스템



그림 2. 홀로그램 획득 시스템으로 복원한 홀로그램

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019-0-00001, 홀로그램 영상 서비스를 위한 HoloTV 핵심 기술 개발)

참고문헌

- [1] Poon, Liu, and Liu, Jung-Ping. Introduction to Modern Digital Holography: With MATLAB / Ting-Chung Poon, Jung-Ping Liu. (2014). Print.
- [2] 최현준, 서영호, 유지상, 김동욱. (2011). 디지털 홀로그램의 고속생성 기술 동향. 방송과 미디어, 16(2), 109-117.
- [3] Ren, Zhenbo, Zhimin Xu, and Edmund Y Lam. "End-to-end Deep Learning Framework for Digital Holographic Reconstruction." Advanced Photonics 1.1 (2019): 016004. Web.
- [4] J.RosenandG.Brooker, "Digital spatially incoherent Fresnel holography," Opt. Lett., vol.32, no.8, pp.912-914, 2007.
- [5] 최기홍. Study on Incoherent Digital Hologram Recording System Operating with Geometric Phase / 최기홍 (2019). Print.