

CGH 조건에 따른 회절효율 측정 및 분석

서영호 · 이윤혁 · 김동욱

광운대학교

Diffraction Efficiency and Analysis for Conditions of CGH

Young-Ho Seo · Yoon-Hyuck Lee · Dong-Wook Kim

Kwangwoon University

E-mail : yhseo@kw.ac.ir

요 약

본 논문에서는 다양한 조건으로 생성된 컴퓨터생성홀로그램(Computer-generated Hologram, CGH)에 대한 회절효율을 측정하였다. 이를 통해 홀로그램 재생 시 고려해야되는 생성 조건에 대해 논의한다. 위상 방식의 복소 홀로그램을 대상으로 프레넬 조건 하에서 생성된 프린지의 1차 회절 패턴의 강도를 측정함으로써 각 조건들을 비교한다.

ABSTRACT

In this paper, diffraction efficiency for computer-generated hologram (CGH) generated under various conditions was measured. This paper discusses the generation conditions that should be considered in hologram reconstruction. We compared each condition by measuring the intensity of the 1st order diffraction pattern of the fringe generated under the Fresnel condition for the phase and complex hologram.

키워드

프레넬릿, 프린지 패턴, 컴퓨터생성홀로그램, 회절효율

I. 서 론

화소단위로 구성된 LC(liquid crystal) 타입의 SLM(spatial light modulator)는 파의 위상을 조절하기 위한 능동형 광학 시스템들에 사용되고 있다. 파의 위상을 조절할 수 있는 특성으로 인해 홀로그램을 재생하는데 SLM을 사용할 수 있다 [1]. 화소로 이루어진 위상 변조기로서 LCD를 사용한다는 것은 Barnes 및 Osten에 의해서 제안되었고, 이후로 많은 상용 SLM이 개발되어 광학 측정, 위상차 현미경, 진동계, 수차보정, 위상검색, 및 디지털 홀로그래피 등의 다양한 응용광학분야에서 이용되고 있다[1].

LCD에 재생된 홀로그램의 품질을 평가하기 위한 한가지 기준은 회절효율(η)을 측정하는 것이다. 회절효율은 입사된 총 빛의 강도에 대비해서 회절된 빛의 강도를 측정하여 계산된다. 이때 회절된 빛은 차수를 선택하여 측정하고, 얼마나 많은 차수를 포함시키느냐에 따라서 회절효율은 다소 달라질 수 있다. 본 논문에서는 1차항에 대한 측정을 통해서 회절효율에 대한 비교 실험을 수행한다.

II. 디지털 홀로그램

그림 1(a)에는 홀로그램을 획득하기 위한 시스템을 나타냈고, 그림 1(b)에는 복원(재생)하기 위한 시스템을 나타냈다. 홀로그램은 레이저광을 집광 렌즈로 평행광을 만들고, 빔분리기를 이용하여 기준파와 객체파로 분리한다. 객체파는 객체에 조사된 후에 반사된 후에 기준파와 간섭을 이루면서 촬영장치(혹은 필름)에 입사된다. 입사된 간섭

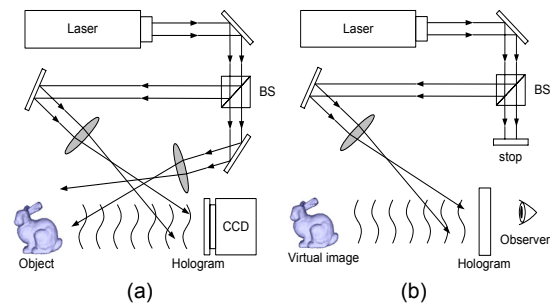


그림 1. 디지털 홀로그램 (a) 기록 (b) 복원

무늬를 프린지 패턴 혹은 홀로그램이라 한다. 획득된 무늬를 전자적으로 처리한 이후에 SLM에 출력하고 여기에 기준파와 동일한 특성의 평행광을 조사하면 회절광이 발생하여 3차원 객체를 재현할 수 있게 된다. 그림 1에는 획득을 위해서 디지털 장치인 CCD 카메라를 사용한 경우를 나타냈다.

앞서 설명한 간섭현상을 수학적으로 모델링하여 연산을 통해 디지털 홀로그램을 획득하는 방법을 사용할 수 있다. 이렇게 생성된 디지털 홀로그램을 컴퓨터-생성 홀로그램(CGH)라고 하며, 다양한 CGH 생성 수식이 있지만, 본 논문에서는 위상 홀로그램을 사용한다.

III. 회절효율의 측정

LCD에 재생된 홀로그램의 품질을 평가하기 위한 한가지 기준은 회절효율(η)을 측정하는 것이다. 회절효율은 입사된 총 빛의 강도에 대비해서 회절된 빛의 강도를 측정하여 계산된다. 일반적으로 측정에 의한 회절효율(η_{diff})은 편의상 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. I_{diff} 는 측정하고자 하는 차수의 회절파에 대한 강도이고, $I_{widthout}$ 는 SLM에 아무것도 출력하지 않은 상태에 측정한 반사된 빛의 강도이다.

$$\eta_{diff} = \frac{I_{diff}}{I_{widthout}} \quad (1)$$

IV. 실험결과

그림 2에는 회절효율 측정을 위한 시스템을 나타냈고, 그림 3에는 측정된 회절효율을 나타냈다. 회절효율 측정은 SLM을 이용하여 홀로그램을 복원하는 과정과 동일하다. 여기에서 원하는 차수의 회절패턴만 광량측정기(Power Meter)에 입사되도록 광경로를 조절하여 측정한다. 사용된 레이저는 660nm의 파장을 갖는 Red 레이저를 사용하였고, 1,000 μ W의 강도로 조사하였다. 표 1에는 실험에 사용된 SLM의 특성을 나타냈다.

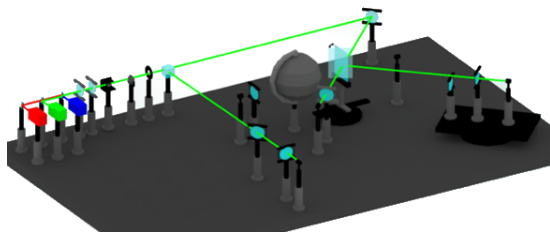


그림 2. 회절효율 획득 시스템

표 1. 실험에 사용된 SLM의 특성

Display Type	Reflective LCOS (Phase Only)
Resolution	1,920×1,080
Pixel Pitch	6.4 μ m
Fill Factor	93%
Active Area/Diagonal	12.5×7.1mm (0.55" Diagonal)
Addressing	8 Bit (256 Grey Levels)
Signal Formats	HDMI - HDTV Resolution
Input Frame Rate	60Hz / 180Hz

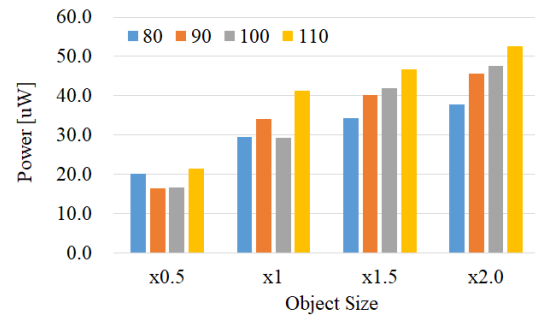


그림 3. 측정된 회절효율

V. 결론

본 논문에서는 다양한 B-스플라인 함수를 기반으로 하는 프레넬릿 변환을 구현하였고, 효율적으로 프린지 패턴을 분해함을 보였다.

감사의 글

이 논문은 0000년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2018R1D1A1B07043220)

참고문헌

- [1] C. Linge, T. Haist, and W. Osten, "Optimizing the diffraction efficiency of SLM-based holography with respect to the fringing field effect," *Applied Optics*, Vol. 52, No. 28, pp. 6877-6883, Oct. 2013.
- [2] J. K. Chung and M. H. Tsai, *Three-Dimensional Holographic Imaging* (Wiley, 2002).