

투과형 공간 광 변조기를 이용한 2채널 이진 CGH의 구현

Realization of the two-channel binary CGH using a translative SLM

정종래, 지철구, 백운식
 경희대학교 전자공학과
 jrchung@iwlee.com

본 연구에서는 직접 양자화 방법과 에러 확산 알고리즘을 적용하여 2채널 이진 computer generated hologram을 제작하였으며, 제작된 CGH 패턴을 먼저 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 확인한 후 투과형 SLM을 이용한 광학적인 실험 장치를 구성하여 실제로 상을 재생하여 보았다

Computer-generated holograms은 파면의 수학적인 묘사에 의해 배열되는 개체가 주어짐으로써 컴퓨터에 의해 계산된 진폭 투과도를 기록하는 방법으로 만들어진다. 컴퓨터가 홀로그램의 투과함수를 계산하는데 사용되는 물체 파면은 단지 컴퓨터 안의 하나의 수학적인 묘사일 뿐 실제로 그것은 광학적 부품으로 실현될 필요는 없다. 따라서 컴퓨터로 우리는 기존의 재래적 방법으로 제작할 수 없는 광학부품을 제작할 수 있으며 많은 영역에서 광학적 정보처리를 가능하게 한다.

CGH에 관한 연구는 크게 (1) Coding techniques, (2) Applications, (3) 화질 개선 기술 등으로 나눌 수 있으며, 여기서 (3)은 양자화 잡음의 문제와 관련된다. 본 논문에서는 직접 양자화방법과 에러 확산 알고리즘을 이용하여 pixel oriented two-channel CGH를 제작 및 복원하였다. Cell oriented CGH가 cell 내에 개구를 가지는데 대하여 pixel oriented CGH는 cell 전체가 열리거나 닫힌 상태로서 CGH의 투과도 함수를 표현한다. Pixel oriented two-channel CGH의 제작 순서는 (1) 복소 함수의 계산, (2) 공간 캐리어 변조, (3) Two channel의 합성, (4) 바이어스 함수의 추가, (5) 이진화 처리의 5단계로 나눌 수 있다.

복소 물체의 파면 $a'(x, y)$ 를 만들기 위해 실수 값의 물체 분포 $a(x, y)$ 에 임의의 위상 분포 $\phi(x, y)$ 를 곱한다.

$$a'_{1,2}(x, y) = |a'_{1,2}(x, y)| \exp[-j\phi(x, y)]$$

위 복소 물체의 파면을 샘플링하여 Fourier 변환한 값 $A_{1,2}(\mu, \nu)$ 에 다시 캐리어 함수를 곱하여 진폭과 위상을 변조하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$A'_{1,2}(\mu, \nu) = |A_{1,2}(\mu, \nu)| \cos[2\pi(x_{1,2}\mu + y_{1,2}\nu) + \phi(\mu, \nu)]$$

이렇게 하여 얻어진 두 개의 복소함수 $A'_1(\mu, \nu)$ 와 $A'_2(\mu, \nu)$ 를 더하여 하나의 복소함수 $B(\mu, \nu)$ 를 만든다. 다시 $B(\mu, \nu)$ 에 바이어스 함수를 추가한 후 이진화하여 CGH를 제작한다. 이때 CGH 패턴의 투과도를 결정하는 방법에는 진폭형과 위상형 두 가지로 나눌 수 있는데, 위상형 CGH의 경우 위 식에서 $\phi(\nu, \mu)$ 의 값에 따라 CGH 각 pixel 값이 결정된다. 본 연구에서는 진폭형 CGH를 사용하여 $B(\mu, \nu)$ 의 진폭 $|B(\mu, \nu)|$ 의 크기에 따라 CGH 각 pixel의 값을 결정하였다. 이와 같이 두 개의 복소 물체 파면을 하나의 CGH 패턴에 동시에 인코딩 함으로써 하나의 홀로그램에 두 배의 정보를 실을 수 있다.

이렇게 제작된 홀로그램에 평면파를 조사하여 물체의 파면을 재생하게 되면 렌즈의 Fourier 평면에서 입력에 사용했던 영상 2개가 각각 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) 인 비축 상에 나타나며, 이와 대칭인 위치에 허상

이 나타날 것이다.

위의 순서에 의해 직접 양자화 방법과 에러 확산 알고리즘을 사용하여 CGH 패턴을 계산하였다. 구해진 CGH 패턴을 먼저 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 확인한 후 SLM을 이용한 광학적인 실험 장치를 구성하여 실제로 상을 재생시켜 보았다.

그림 1은 복소 물체 파면에 사용될 두 개의 입력 영상이다. 그림 2는 각각 직접양자화 방법과 에러 확산 알고리즘을 적용하여 구해진 CGH 패턴을 보이고 있다. 그림 3은 그림 2.(a), (b)의 CGH 패턴을 컴퓨터 시뮬레이션 한 결과를 보이며, 그림 4는 투과형 SLM에 CGH 패턴을 표시하여 광학적으로 재생한 영상이다.



그림 1. 입력영상(128x128, 2 color)

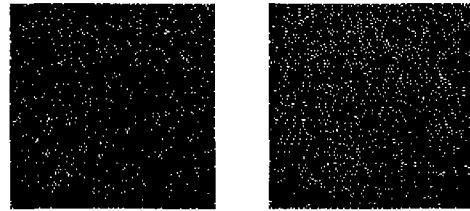


그림 2. 컴퓨터에 의해 구해진 CGH 패턴
(a) 직접양자화 방법 (b) 에러확산 알고리즘

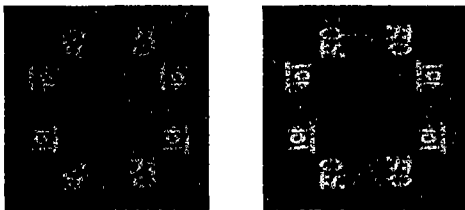


그림 3. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 영상
(a) 직접양자화 방법 (b) 에러확산 알고리즘



그림 4. SLM을 이용하여 재생한 영상
(a) 직접양자화 방법 (b) 에러확산 알고리즘

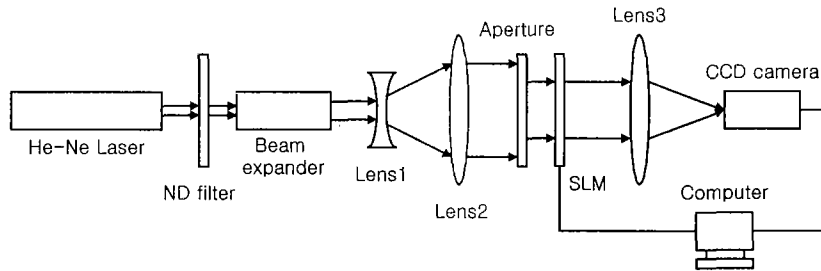


그림 5. 투과형 SLM을 이용하여 2채널 이진 CGH를 구현하기 위한 실험 장치도

[참고문헌]

[1] B. R. Brown and A. W. Lohmann, "Complex spatial filtering with binary masks", Appl. Opt. 5, pp.967-969 (1966).
 [2] W. H. Lee, "computer generated holograms: techniques and applications", in Progress in Optics, E. Wolf ed.(Elsevier, New York, 1978), Chap. 3, pp.119-223.
 [3] D. Mendlovic, "Double multiplexed computer generated holograms", Appl. Opt., 35, pp.3887-3890 (1996)
 [4] B. E. Bayer, Proc. IEEE Int. Conf. Commun. Conference Record, 26 (1973).
 [5] Etienne Barnard, J.O.S.A. A, 5(11), 1803(1988)