

딥 러닝 기반 홀로그램의 공간적 확장 기법

*강지원 *김진겸 *김동욱 *서영호

광운대학교

*jwkang@kw.ac.kr *jkkim@kw.ac.kr *dwkim@kw.ac.kr *yhseo@kw.ac.kr

Deep learning based spatial expansion method of hologram

*Kang, Ji-Won *Kim, Jin-Kyum *Kim, Dong-Wook *Seo, Young-Ho

Kwangwoon University

요약

본 논문에서는 딥 러닝 기반의 홀로그램생성기를 통하여 얻은 홀로그램의 공간 확장 기법을 제안한다. 방대한 계산 양을 줄이기 위하여 딥 러닝 기반의 홀로그램생성기를 만들었다. 하지만 이 홀로그램생성기는 객체가 놓일 공간에 제한이 있다. 홀로그램생성기의 공간 확대는 학습시간이나 네트워크의 확장 등 비용적 부담이 크다. 따라서, 생성기로부터의 홀로그램을 서브 홀로그램으로 이용하여 넓은 공간의 객체를 홀로그램으로 만들고 복원할 수 있음을 보인다.

1. 서론

홀로그램은 물체광과 참조광 두 광파의 간섭 현상으로 생성되는 프린트 패턴을 기록한 것이다. 이를 제약 조건이 많은 광학 촬영이 아닌 간섭현상을 수학적으로 모델링하여 홀로그램을 얻는 방법이 사용되고 있다. 이렇게 얻어진 홀로그램을 CGH (Computer - Generated - Holography)라고 한다. CGH의 모든 픽셀은 모든 객체 정보를 이용하여 계산되므로 객체나 홀로그램이 커질수록 계산의 양이 기하급수적으로 증가한다. 따라서 이전 연구에서 방대한 계산 양을 줄이고자 딥 러닝 기반의 홀로그램생성기를 만들었다. 이를 통하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 40dB의 복원 결과물을 가질 수 있음을 보였다. 하지만 홀로그램생성기는 한정된 공간 안의 포인트에 대한 홀로그램을 생성하는 생성기이므로 물체의 크기에 제한이 있다. 딥 러닝 기반의 홀로그램생성기 이므로 생성기의 입력으로 들어가는 공간 안의 좌표 성분은 곧 딥 러닝에서의 condition으로 작용한다. 이를 늘리기 위해서는 긴 학습 시간, 네트워크 등의 비용적 향상이 요구된다. 따라서 이와 같은 비용의 변화 없이 기존의 딥 러닝 기반 홀로그램생성기로 공간의 제약이 없는 홀로그램의 생성이 가능함을 보인다. 이러한 방식은 LUT(Look-Up-Table)방식의 홀로그램 생성 방법에도 이용될 수 있을 것이다[1].

2. 홀로그램의 제한된 공간 확장 방법

딥 러닝 기반의 홀로그램생성기는 객체가 존재할 공간에서 샘플링된 모든 정수 점들에 대하여 간섭현상 모델링 식에 대한 프린트 패턴을 생성하는 생성 모델이다. 따라서 객체 공간의 제약이 있고 이는 홀로그

램 화 할 객체의 크기에 제약이 생기는 것이다. 따라서 제한된 공간의 객체에 대한 홀로그램들을 서브 홀로그램으로 이용함으로써 객체 공간의 제약을 벗어날 수 있는 방법을 그림 1과 같이 제안한다.

그림1의 (a)와 (c)에서 왼쪽의 객체가 있는 부분이 객체 공간, 오른쪽이 홀로그램 평면이다. 각각의 그림은 홀로그램의 생성 과정을 나타내는 그림이며, (b)는 (a)의, (d)는 (c)로부터의 홀로그램의 복원을 나타내는 그림이다. (a)에서 객체가 있는 공간의 색으로 구분된 부분은 한정된 객체 공간을 나타낸 것이다. 본 방법을 이용하면 제한된 공간이 객체를 모두 포함하지 못할 때 객체를 나누어 홀로그램을 만들고 배치하여 복원을 할 수 있다. 각각의 홀로그램 배치는 객체 공간의 위치에 대응하여 배치되며, 대응되는 객체 공간과 홀로그램은 같은 색으로 표시하였다. 객체의 크기와 홀로그램의 크기에 따라서 홀로그램은 겹쳐서 생성될 수도 혹은 겹치지 않을 수도 있다. (c)는 공간의 제약이 없는 홀로그램의 생성 방법이다. 객체 공간의 한 픽셀이 홀로그램 평면에서 어떻게 기록되는지를 점선으로써 표시하였다.

이러한 과정을 거치고 나면 기존의 홀로그램에서 계산되는 값이 모두 홀로그램 평면으로 기록되지 않는다. 따라서 품질 저하는 필연적으로 일어난다. 하지만 홀로그램은 일부분이 지워져도 복원이 가능하다. 또한 남겨진 홀로그램의 크기가 클수록 복원 성능이 우수하다. 이 방법을 사용하면 제한된 공간 당 일정 크기 이상의 홀로그램이 생성되므로 가시적으로 유사성이 높은 복원 이미지가 생성 된다.

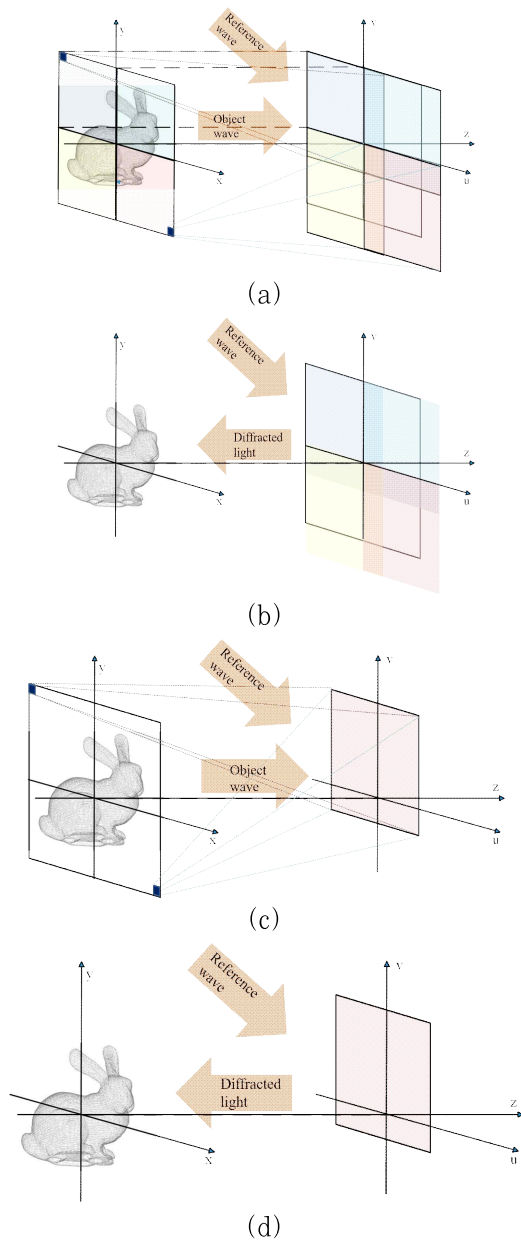


그림 1. 홀로그램 생성 및 복원 (a)객체 공간 확장 기법의 홀로그램생성, (b) 객체 공간 확장 기법의 홀로그램 복원, (c) 수치적 홀로그램 생성 (d) 수치적 홀로그램 복원

3. 실험결과

그림 1에 대한 결과를 그림 2에 나타내었다. 제한된 객체 공간은 $16 \times 16 \times 16$ 공간에서 딥 러닝 기반의 홀로그램생성기를 통하여 128×128 크기의 홀로그램을 획득하여 사용하였다. 생성하고자 하는 객체의 크기는 $48 \times 48 \times 16$ 이며 이를 생성하기 위하여 공간적 확장 기법을 사용했다.

제한하는 방법을 사용하면 홀로그램생성기에서 나온 홀로그램의 크기보다 홀로그램 평면이 커지는 결과가 생긴다. 따라서 비교를 위하여 수치적으로 생성한 공간 제약이 없는 홀로그램을 커진 홀로그램 평면의

크기만큼 생성한 (a),(b) 홀로그램과 이를 복원한 복원결과 (c), 그리고 동일하게 수치적 생성을 통한 홀로그램이지만, 홀로그램생성기로부터 나온 홀로그램의 사이즈로 생성한 홀로그램 (d),(e)와 이에 대한 복원결과 (f)를 보였다. 그리고 제안한 알고리즘을 통한 결과가 (g)(h)(i)이다.

이를 통하여 제한된 공간의 홀로그램생성기로 공간의 제약 없이 홀로그램을 생성하고 복원함을 보였다.

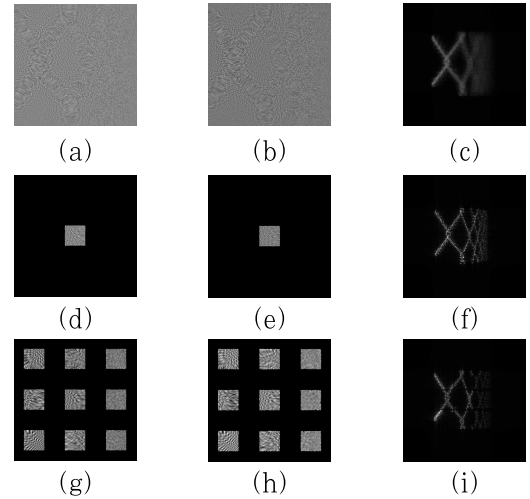


그림 2. 공간적 확장 기법에서 사용한 홀로그램 공간의 크기와 같은 홀로그램의 수치적 계산과 복원결과 (a) 실수부 (b)허수부 (c)복원 진폭, 공간제약이 없는 홀로그램 (d) 실수부(e)허수부 (f)복원 진폭, 공간적 확장 기법 (g)실수부 (h)허수부 (i) 복원 진폭

4. 결론

본 논문에서는 제안하는 방법에 따라 제한된 공간에 대한 홀로그램의 공간 확장성을 시각적으로 확인할 수 있었다. 수치적으로 생성한 홀로그램과 비교하여 정보의 손실이 있어 고품질의 결과는 얻지 못하지만, 제안하는 알고리즘을 이용하면 LUT방식이나 홀로그램생성기와 같이 공간의 제약을 받는 시스템의 제약사항을 극복할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2018R1D1A1B0704322013)

참고문헌

[1] S.C.Kim, E.S.Kim, "Efficient Generation of Computer-generated Hologram patterns Using Spatially Redundant Data on 3D Object and the Novel Look-up Table Method", Journal of Information Display, Vol.10, No.1, March, 2009.