

DCGAN을 이용한 홀로그램 생성 방법

*이윤혁 김동욱 서영호

광운대학교 전자재료공학과

*winner9100@kw.ac.kr

Hologram Generation Method using DCGAN

*Lee, Yoon-Hyuk Kim, Dong-Wook Seo, Young-Ho

Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon University

요약

본 논문에서는 머신 러닝 분야 중 하나인 딥 러닝에서 DCGAN 모델을 이용하여 홀로그램을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 홀로그램을 모델링 하는 식에서 객체의 깊이 정보에 따른 코사인 항을 DCGAN을 이용하여 하나의 객체정보에 대한 중간 홀로그램을 생성하였고, 나머지 객체 정보를 이용하여 홀로그램을 이동 및 증폭한 뒤 누적하여 최종 홀로그램을 획득한다.

1. 서론

홀로그램은 광학계를 이용하여 획득하는 방법도 있지만 여러 제약조건 때문에 수학적으로 모델링하여 획득한다. 다양한 홀로그램 모델링 방법이 존재하지만 일반적으로 홀로그램의 모든 화소는 모든 객체정보에 대하여 계산한다. 이러한 계산 방식은 입력 또는 출력의 크기가 커질수록 계산 양은 기하급수적으로 증가한다. 즉, 홀로그램을 생성하기 위해서는 많은 양의 계산량이 필요하기 때문에 고속으로 처리하기 위한 방법이 연구되어왔다. 크게 두 가지 방식으로 나눌 수 있는데 계산식의 중복 성을 이용하여 계산 양을 줄이는 방식과 계산 자체를 고속으로 처리하기 위해 병렬프로그래밍 또는 전용 하드웨어를 이용하는 방식이 있다. 계산 양을 줄이는 방식으로 LUT(Look-up Table)을 이용한 방법이 제안되기도 하였다[1]. [1]의 방식은 특정 변수에 대하여 미리 모두 계산을 하여 저장하고, 홀로그램을 계산할 때 미리 계산된 정보를 이용하는 방법이다. 이 방식은 계산 양은 줄어들지만 미리 계산하고 저장하는 데이터의 양이 매우 많은 문제가 있다. 본 논문은 미리 계산하여 저장하는 LUT를 딥러닝 분야에 DCGAN[2](Deep Convolutional Generative Adversarial Network)모델로 대체하는 방식을 제안한다.

2. 홀로그램 생성 방법

식 (1)은 홀로그램을 모델링한 수식[3]으로 N 은 객체점에 개수이고, x, y, z, a_j 는 객체 점의 실제 좌표와 밝기이고, u, v, I 는 홀로그램의 좌표와 밝기이다. λ 는 참조파의 파장이다. 식 (1)은 객체의 좌표와 홀로그램의 좌표정보를 이용하여 코사인함수의 각도를 계산하고 밝기만큼 증폭하여 누적하는 것과 같다.

$$I(u, v) = \sum_{j=0}^{N-1} a_j(x, y, z) \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{(u-x)^2 + (v-y)^2 + z^2} \right] \quad (1)$$

만약 식(1)에서 객체 점의 개수가 1개이고 x, y 좌표가 0이고 밝기 a_j 가 1이라고 가정하면 식(2)와 같이 나타낼 수 있고, 그림 1에서 P점에 해당한다.

$$I(u, v) = \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{u^2 + v^2 + z^2} \right] \quad (2)$$

그림 1에 P점이 Q점으로 d 만큼 이동할 경우 P점에 의해 계산된 홀로그램 A의 모든 화소는 d 만큼 이동한 것과 같다. 만약 Q점의 객체 점의 밝기가 α 일 경우 Q점에 의한 홀로그램 B에 α 배 만큼 증폭시키면 된다. 따라서 x, y 좌표가 0이고 밝기 a_j 가 1인 객체 점에 대한 기본 홀로그램 평면을 만들면 한 번의 이동과 증폭 및 누적을 통하여 홀로그램을 생성할 수 있다.

3. DCGAN 구조

그림 2는 앞장에서 설명한 x, y 좌표가 0이고 밝기 a_j 가 1인 객체 점에 대한 홀로그램 화소를 생성하기 위한 DCGAN[2] 모델의 구조를 나타냈다. 그림 2의 B.N.(Batch Normalization)이고 F.C.(Full-Connected Layer)는 전결합층이고, Conv.(Convolution Layer)는 컨볼루션층, DeConv.(De-Convolution Layer)는 역 컨볼루션층이다. 활성화 함수로 Sigmoid와 ReLU(Rectified Linear Unit)를 사용하였다. 컨볼루션층에서 사용한 커널의 크기는 13×13 이고, 스트라이드는 2,2로 수행하였다.

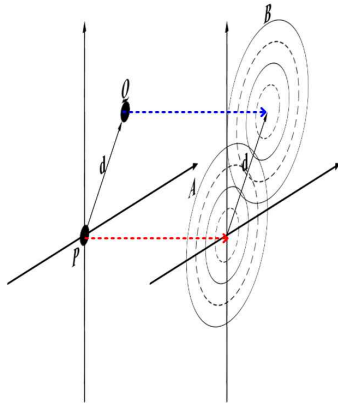


그림 1. 하나의 객체 점에 의한 홀로그램 평면.
Figure 1. Hologram plane by one object point.

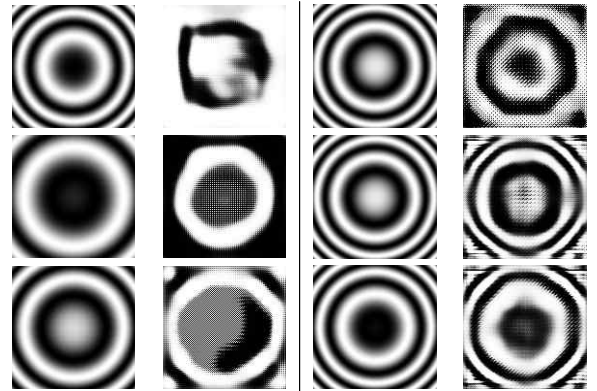


그림 3. 에폭에 따른 DCGAN의 학습결과.
Figure 3. Training results of DCGAN according to epoch.

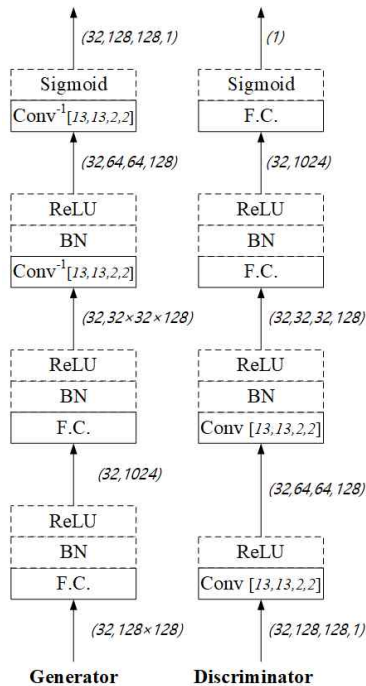


그림 2. 기본 홀로그램 평면을 만들기 위한 DCGAN의 구조
Figure 2. DCGAN architecture for generating basic hologram

4. 구현결과

DCGAN모델을 학습하기 위한 데이터는 65,536개의 객체 점의 좌표 z 변수에 대한 기본 홀로그램의 데이터를 이용하였고, 기본 홀로그램은 128×128 의 크기로 하였다. z 변수에 대한 레이블은 생성기 입력 (Z)를 생성하기 위한 시드로 하였다. 그림 3은 에폭에 따른 학습된 결과를 나타낸 것으로 1열과 3열은 입력인 기본홀로그램이고, 2열과 4열은 DCGAN을 이용하여 생성한 홀로그램이다. 왼쪽 위쪽부터 오른쪽 아래쪽으로 에폭이 진행되면서 학습된 결과를 나타냈다. 에폭이 진행됨에 따라 코사인 형태로 변화하는 것을 확인 할 수 있다.

5. 결론

본 논문은 홀로그램 생성을 위해 x, y 좌표가 0이고 밝기 a_j 가 1인 객체 점에 대한 기본 홀로그램 평면을 DCGAN을 이용하여 생성했다. 아직 기본 홀로그램의 크기가 작아 만족할 만한 최종 홀로그램을 생성하지 못하지만 에폭이 증가함에 따라 기본 홀로그램을 생성결과는 좋아지기 때문에 추후에 큰 기본 홀로그램을 이용할 경우 좋은 최종 홀로그램을 생성 할 것이라 사료된다.

감사의 글

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

참고문헌

- [1] S. C. Kim, E. S. Kim, "Efficient Generation of Computer-generated Hologram patterns Using Spatially Redundant Data on a 3D Object and the Novel Look-up Table Method", Journal of Information Display, Vol.10, No.1, March. 2009.
- [2] A. Radford, L. Metz, S. Chintala, "Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks", International Conference on Learning Representations 2016, Jan. 2016.