

생성적 적대 신경망 기반 3차원 포인트 클라우드 향상 기법

3D Point Cloud Enhancement based on Generative Adversarial Network

HyungDo Moon¹ · Hoonjong Kang² · Dongsik Jo^{3*}

¹Researcher, Institute Of Applied Hologram, Wonkwang University, Iksan, 54538 Korea

²Associate Professor, Department of Electronic Engineering, Wonkwang University, Iksan, 54538 Korea

^{3*}Assistant Professor, School of IT Convergence, University of Ulsan, Ulsan, 44610 Korea

ABSTRACT

Recently, point clouds are generated by capturing real space in 3D, and it is actively applied and serviced for performances, exhibitions, education, and training. These point cloud data require post-correction work to be used in virtual environments due to errors caused by the capture environment with sensors and cameras. In this paper, we propose an enhancement technique for 3D point cloud data by applying generative adversarial network(GAN). Thus, we performed an approach to regenerate point clouds as an input of GAN. Through our method presented in this paper, point clouds with a lot of noise is configured in the same shape as the real object and environment, enabling precise interaction with the reconstructed content.

Keywords : Point cloud, Deep learning, Generative adversarial network, Reconstruction

I. 서 론

최근, 실제 공간을 3차원 복원 데이터로 구성하여 국방, 의료, 훈련, 문화, 관광 등 다양한 분야에 범용적으로

활용하고 있다. 3차원 복원 데이터로 활용되고 있는 포인트 클라우드(Point Cloud)는 3D 공간에 있는 물리적 물체의 이산 기하학적 포인트의 집합으로 공간에 존재하는 각 포인트의 XYZ의 좌표 값을 통해 3D 모양을 표현하는 것이 가능하다[1]. 또한, 센서의 기술이 발전함에 따라 최근에는 포인트 클라우드를 Depth Camera 기반으로 빠르게 획득하여 기존 컴퓨터 비전 기술의 한계를 극복하는 방법으로 사용되고 있다[2]. 그러나 3차원 복원을 위한 포인트 클라우드를 획득하는 과정에서 기존 방법으로 구성된 경우 노이즈가 많이 발생하여 실제 환경과 동일한 형태와 같이 정확하게 포인트 클라드를 표현하기 어려울 뿐 아니라 3D 복원 과정에서의 부정확한 기하학적 표현으로 인해 hole과 같은 위상간의 결함이 동반되고 있다[3-5]. 이를 극복하기 위해 기존의 연구에서는 오류가 있는 포인트 클라우드 데이터를 특징점 기반으로 개선하는 방법, 혹은 생성적 적대 신경망을 통해 새로운 포인트 클라우드 데이터를 생성하기 위한 방법이 제안된 바 있다[3,4]. 하지만, 기존의 연구에서는 이미 생성된 3D 포인트 클라우드에 대해 생성적 적대 신경망과 같은 인공지능 알고리즘을 통해 향상하는 방법에 대한 접근은 시도되지 않고 있는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 딥러닝 모델 중 이미지 생성에 주로 적용되는 생성적 적대 신경망(Generative Adversarial Network, GAN)을 사용하여 이미 복원된 3D 포인트 클라우드 데이터에 대한 향상 기법을 제안한다.

II. 시스템 개요

생성적 적대 신경망은 실제 데이터를 학습 후 Fake 데이터를 생성하며 실제에 가까운 Fake를 만드는 것을 목적으로 한다. 생성적 적대 신경망 판별기는 생성기가 만들어낸 Fake 데이터가 실제인지 거짓인지 판별하도록 학습되며 Fake 데이터로부터 속지 않는 것이 목적이다. 이를 위해 생성적 적대 신경망은 생성기(Generator)

Received 31 August 2021, Revised 6 September 2021, Accepted 15 September 2021

* Corresponding Author Dongsik Jo(E-mail:dongsikjo@ulsan.ac.kr, Tel:+82-52-259-1647)
Assistant Professor, School of IT Convergence, University of Ulsan, Ulsan, 44610 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.10.1452>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

와 판별기(Discriminator) 모델로 구성하는 것으로 두 신경망 모델의 경쟁을 통해 학습하고 결과물을 만들어내는 것으로 이 두 모델이 경쟁적으로 학습하여 진짜 같은 가짜를 만들어 내는 것이 목표인 뉴럴 네트워크 기술이다[6]. 본 논문에서는 이러한 특성을 가지고 있는 생성적 적대 신경망을 사용하여 3D 복원에서 사용하는 포인트 클라우드 결과에 대한 재구성 및 향상을 위한 방법론을 제시한다.

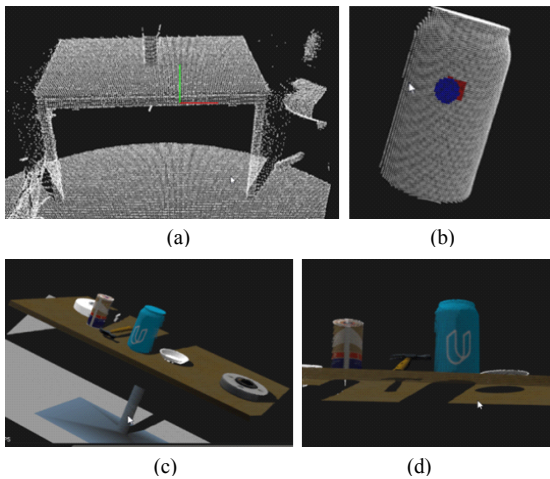


Fig. 1 Original and enhanced point cloud datasets based on Generative Adversarial Network(GAN): (a), captured point clouds, (b)reference data, (c and d) enhanced point clouds.

그림1은 본 논문에서 제시한 생성적 적대 신경망 기반 포인트 클라우드 향상 기법의 예시이다. 3D 스캐너 혹은 Depth camera로 획득한 Raw Point Cloud Data(원시 포인트 클라우드 데이터)는 정제되지 않은 데이터로 Outlier(잡음)와 중복된 포인트 발생하며 hole과 같은 다양한 위상간의 결함으로 이어진다. 이러한 결함은 정도에 따라 다르지만 미세한 정도의 결함부터 육안으로 구별할 수 있는 정도의 오류를 발생하기도 한다. 본 논문에서는 생성된 원시 데이터를 기반으로 참고가 될 수 있는 reference 3D 데이터 셋과 매칭관계 비교를 수행한 뒤 유사한 3D 포인트 클라우드가 없을 경우 fake를 생성할 수 있는 생성적 적대 신경망을 통한 데이터를 재구성하는 절차로 진행하였다. 원시 포인트 클라우드와 데이터베이스의 데이터 간에 비교를 수행하기 전에 획득된 포인트 클라우드에 대해 등 사전 필터링 및 샘플링 등

Pre-processing 과정을 수행하였다. 3장에서는 본 논문에서 적용한 알고리즘을 상세히 제시한다.

III. 생성적 적대 신경망 기반 포인트 클라우드 향상 알고리즘

그림2는 본 논문에서 제안하는 생성적 적대 신경망 기반 포인트 클라우드 향상 기법을 나타내고 있다. 2장에 이미 제시된 바와 같이 원시 포인트 클라우드 데이터는 Pre-Processing(전처리)을 통한 샘플링 및 노이즈 제거 등 필터링 과정을 수행한다. 또한 원시 포인트 클라우드 데이터는 미리 구축된 포인트 클라우드 데이터 베이스에 입력하여 저장한다. 전처리 작업을 완료한 포인트 클라우드 데이터는 포인트 클라우드 데이터베이스(DB)와 비교를 수행한다. 이를 위해 전처리 된 포인트 클라우드 데이터와 DB에 있는 기존 3D 모델과 ICP (Iterative closest point) 알고리즘을 통한 정합 과정을 수행하였다[7]. 여기에서 포인트 클라우드 정합이란(Point cloud registration)이란 하나 혹은 여러 물체를 중심으로 다중의 장소에서 획득한 포인트 클라우드 데이터를 하나의 공통 좌표계로 배치시키는 것이다[8]. 매칭을 위한 사용한 ICP 알고리즘은 Model Point Cloud와 Target Point Cloud 두 포인트 클라우드 간의 거리를 활용해 좌표계를 재배치하는 알고리즘으로 포인트 클라우드 정합에서 쓰이는 대표적인 알고리즘이다[9].

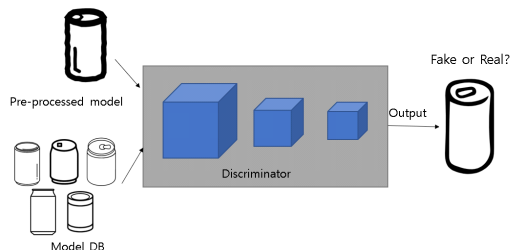


Fig. 2 GAN based method for enhancement of point clouds

그 이후 정합 과정에 있어서 발생하는 ICP Fitness Score를 통해 Matching Score로 환산하고, 결과로 제시된 Matching Score를 바탕으로 기준(threshold)에 충족하면 Pass 처리가 된 후 그 데이터를 출력하고, Matching Score가 충족되지 않으면 (threshold 보다 점수가 낮게

나오면 원시 포인트 클라우드 데이터가 저장된 Model DB 포인트 클라우드 데이터는 GAN 생성기의 입력 데이터로 사용하였다. 판별기에서 판단하는 Real 데이터는 Pre-Processed(전처리 된) 포인트 클라우드 데이터를 활용하였고, 생성된 Fake 데이터는 다시 Input Data source로 활용하여 전의 과정을 반복 후 얻어지는 점수를 바탕으로 Pass and Fail을 평가 수행하였다.

Table. 1 Algorithm: our enhancement method for 3D reconstruction datasets using GAN.

```

O : Original Raw point cloud data
R : Pre-processed point cloud data
DB : Point Cloud Database
ICP(src, dst) // get Matching score

Enhancement()
{
Acquisition(O)
O->DB
R = Pre-Processing(O)
S = ICP(R, DB)
//Get Matching Score from Compare(R, DB)

if (S>threshold){
    Output R
}
else {
    D = Discriminator(R)
    // input data source for discriminator
    R = GAN(D, DB)
    // Generate Data Using GAN
    // DB : input data source for generator
    Output R
}
}
    
```

표1은 본 논문에서 제안하는 방식의 알고리즘과 처리 흐름도이다. O는 원시 포인트 클라우드 데이터로 3D 스캔 후 획득하는 데이터이며 획득 후 포인트 클라우드 데이터 베이스에 입력한다. R은 전처리 된 포인트 클라우드 데이터이다. 표의 알고리즘에서 두 데이터를 ICP 알고리즘을 사용한 Matching(정합) 작업을 통해 얻은 점수가 threshold 이상이면 출력을 아니면 DB 포인트 클라우드 데이터는 생성기의 Input Data source로 입력하

고, 전처리된 포인트 클라우드 데이터는 판별기의 Input Data Source로 입력하였다. 입력받은 값을 바탕으로 생성기와 판별기로 생성한 새로운 포인트 클라우드 데이터를 R에 입력하여 다시 ICP 알고리즘을 사용하여 Matching을 Matching Score가 threshold에 충족될 때까지 반복적으로 수행하였다. 본 논문에서 제시된 방법을 요약하자면, DB에 가장 유사한 모델이 있을 경우 그 모델(포인트 클라우드 데이터)을 출력하도록 하였고, 유사 모델이 없을 경우 GAN을 통해 새로운 3D 포인트 클라우드를 생성하도록 알고리즘을 구성하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 생성적 적대 신경망을 활용한 포인트 클라우드 품질 개선 기법을 제시하였다. 이를 위해 포인트 클라우드 데이터를 ICP 알고리즘을 이용하여 데이터 베이스에 구축된 포인트 클라우드와의 정합을 통해 획득한 점수를 바탕으로 프로세스를 구성하였다. 또한, 결과 점수를 기반으로 GAN의 데이터 소스로 입력하여 데이터의 오류가 많은 포인트 클라우드를 개선시킬 수 있도록 업데이트하는 방법을 제시하였다.

추후 연구로는 오류를 개선한 포인트 클라우드에 대한 정량적인 평가를 수행할 예정이다. 이에 본 논문에서 제시한 방법의 효용성을 검증할 수 있을 것이다. 또한, 포인트 클라우드 캡처부터 후보정된 데이터로 생성하기 위한 절차적인 툴킷을 구성하여 범용적으로 활용될 수 있는 포인트 클라우드 데이터 획득에 대한 체계적인 접근을 제공하고자 한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP), grant funded by the Korean government(MSIT) (No. 2020-0-00226, Development of High-Definition, Unstructured Plenoptic video Acquisition Technology for Medium and Large Space).

REFERENCES

- [1] X. Zhang, G. Cheung, J. Pang, and D. Tian, "3D Point Cloud Enhancement Using Graph-Modelled multiview Depth Measurements," *IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 3314-3318, 2020.
- [2] K. S. Shin and S. Y. Shin "Real-time transmission of 3G point cloud data based on cGans," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, pp. 1482-1484, 2019.
- [3] M. Wang, M. Ju, Y. Fan, S. Guo, M. Liao, H. Yang, D. He, and T. Komura, "3D Incomplete Point Cloud Surfaces Reconstruction With Segmentation and Feature-Enhancement," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 15272-15281, 2019.
- [4] H. Li, Y. Zheng, X. Wu, and Q. Cai, "3D Model Generation and Reconstruction Using Conditional Generative Adversarial Network," *International Journal of Computational Intelligence Systems*, vol. 12, no. 2, pp. 697-705, 2019.
- [5] J. W. Kim, J. Y. Kim, H. S. Lim, and J. S. Kim, "Comparative Evaluation of 18F-FDG Brain PET/CT AI Images Obtained Using Generative Adversarial Network," *The Korean Journal of Nuclear Medicine Technology*, vol. 24, no. 1, pp. 15-19, 2020.
- [6] D. K. Chung and I. P. Lee, "Point Cloud Classification Base On Deep Learning," *Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, pp. 110-113, 2017.
- [7] H. J. Lee, J. Y. Yun, J. W. Kim, and J. I. Park, "ICP based Point Cloud Contents Quality Improvement Method," *The Korean Society Of Broad Engineer*, pp. 200-201, 2020.
- [8] J. G. Kim, J. H. Lee, S. M. Park, and K. H. Ko, "A Modified Method for Registration of 3D Point Clouds with a Low Overlap Ratio," *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, vol. 24, no. 5, pp. 11-19, 2018.
- [9] X. Shi, J. Peng, J. Li, P. Yan, and H. Gong, "The Iterative Closest Point Registration Algorithm Based on the Normal Distribution Transformation," *Computer Science*, vol. 147, pp. 181-190, 2019.