

Part-based 포인트 클라우드 해상도 조절 기법을 통한 포인트 클라우드 콘텐츠 렌더링 최적화

*백한결, **김중헌

고려대학교,

*67back@korea.ac.kr, **joongheon@korea.ac.kr

요 약

본 논문에서는 증강현실(AR)과 가상현실(VR)에서 가상 3D 콘텐츠의 고화질 영상을 처리할 수 있는 콘텐츠의 자료 형인 포인트 클라우드(point cloud)에 대하여 알아보고, 포인트 클라우드 데이터의 특징에 대하여 논한다. 이후 증강현실과 가상현실에서 포인트 클라우드를 효율적으로 사용하기 위하여 포인트 클라우드의 재가공 (Pre-process)를 통하여 효율적으로 포인트 클라우드 3D 콘텐츠를 사용할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

최근 모바일 컴퓨팅 능력의 발전과 콘텐츠 산업의 부흥에 힘입어, 증강현실(augmented reality, AR)과 가상현실(virtual reality, VR) 산업에 대한 관심이 증폭되고 있다. 이에 더불어, 컴퓨팅 능력의 수준에 맞추어, 증강현실/가상현실을 위한 3D 콘텐츠의 화질 (quality) 역시 큰 폭으로 상승하고, 더욱 좋은 화질과 사실적인 표현을 사용자에게 전달할 수 있게 되었다. 이에 더하여, 라이다(lidar), RGB-D 카메라 등, 자율주행 자동차등에 적용할 수 있는 대표적인 3D 콘텐츠 표현 방식으로, 고화질의 콘텐츠 표현이 가능한 포인트 클라우드 (point cloud) 형식이 주목받고 있다.

포인트 클라우드는 3D 오브젝트를 각각의 3 차원 좌표에 대응하는 좌표계 Coordinate (x, y, z), 와 그 색을 표현하는 색 Coordinate (R, G, B)로 표현함으로써, 실제 현실을 사실적으로 묘사할 수 있다는 점에서 주목받고 있다. 더불어, 3D Object 를 표현하는 대표적인 형식 (i.e., Mesh 구조)과 달리, 점 좌표를 통하여 물체를 구성함으로써, 인공지능망을 통한 학습이 용이하고, Depth 정보를 표현할 수 있어 다양한 3D 센서를 통한 물체 인식 알고리즘 (i.e., 3D Object Detection, SLAM) 알고리즘 등을 위한 데이터 셋으로 연구되어지고 있다. 더불어 최근에는 모바일 디바이스의 연산능력이 향상됨에 따라, 증강현실과 가상현실 등의 어플리케이션에서도 포인트 클라우드 데이터 및 콘텐츠를 사용하여 사용자 경험을 극대화하는 연구가 진행되고 있다.

이렇게 높은 효용성에도 불구하고 모바일 증강현실

어플리케이션, 가상현실 어플리케이션에 포인트 클라우드를 사용하기에는 많은 제약이 따른다. 이는 3D 물체를 화면에 표현하기 위한 포인트 클라우드의 구조 때문이다. 포인트 클라우드는 각각의 점좌표를 사용하여 시각화를 진행하며, 각각의 점 좌표당 15 bytes (i.e., (x, y, z) 각각 3bytes, (R, G, B) 각각 1byte)의 용량을 사용하기 때문에 모바일 환경에서 포인트 클라우드 원본 데이터를 활용하기에는 많은 지연 시간이 발생하게 된다 (i.e., 렌더링 지연시간, 무선 전송 지연시간). 이에 이를 해결하기 위하여 대용량/고화질의 포인트 클라우드의 해상도를 조절 방법들이 최근 연구되어졌다 (i.e., random sampling, octree depth control). 이에 본 논문에서는, 컴퓨팅 자원이 한정적인 무선 모바일 AR/VR 디바이스에서 포인트 클라우드 콘텐츠를 활용하기 위해서, 포인트 클라우드 콘텐츠의 해상도를 결정하는 점 좌표(vertex)의 수와 지연시간 간의 상관관계에 대하여 알아본 후, 해상도를 조절할 수 있는 대표적인 방법에 대하여 알아볼 것이다. 이후, 이에 대한 관찰결과를 바탕으로, 모바일 증강현실/가상현실에서 포인트 클라우드를 효율적으로 시각화하기 위한 해상도 조절 알고리즘을 적절히 사용할 수 있는 방법에 대하여 논의한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 1 절에서 알아본 지연시간을 줄이기 위하여 사용되는 대표적인 해상도 조절방법에 대하여 살펴볼 것이다. 3 절에서는 본 논문에서 제안하는 기법을 설명하고, 4 절에서는 제안한 기법의 성능을 실험을 통해서 확인한다. 마지막으로 5 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. 포인트 클라우드 해상도 조절 기법

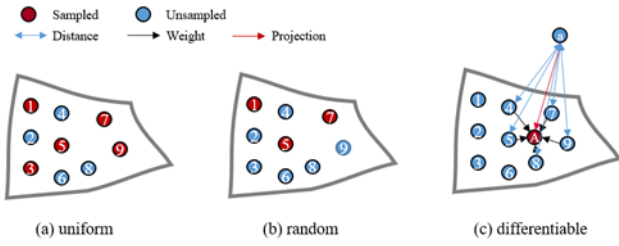


그림 1 포인트 클라우드 해상도 조절 기법

포인트 클라우드의 해상도를 조절할 수 있는 대표적인 방법으로 샘플링 조절 기법(point cloud sampling)이 널리 연구되어왔다. 샘플링 조절 기법은 점(vertex)으로 이루어진 포인트 클라우드 콘텐츠를 각각의 기준(i.e., random, uniform, differentiable)으로 샘플링하고, 시각화(visualization), 분류(classification), 재구성(reconstruction)등에 사용하는 기법이다. 그림 1 에서 볼 수 있듯이, 각각의 vertex 를 기점으로 하여, uniform 샘플링은 일정 순서 간격으로 vertex 를 샘플링하고, random 샘플링은 모든 vertex 에 대하여 주어진 비율에 따라 random 하게 샘플링을 수행한다. Differentiable sampling 기법의 경우, 타겟 vertex 를 주변 vertices 들이 이루는 면에 전사하여 얻은 가상 vertex 를 생성하여 이를 sampling 함으로써 주변 vertices 들의 정보를 포함할 수 있도록 해상도를 조절한다.

3. Part-based 포인트 클라우드 해상도 조절

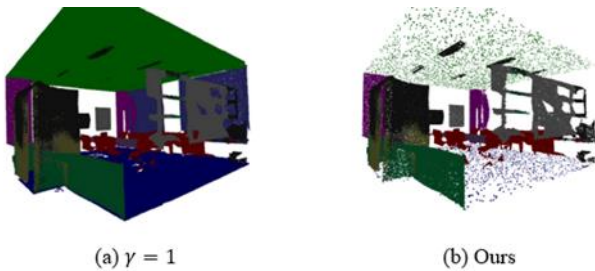


그림 2 Part-based 포인트 클라우드 콘텐츠 샘플링 ((a) : sampling ratio (r=1), (b) : part-based sampling ratio)

본 논문에서는 샘플링 비율에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠의 무선 전송 지연시간을 알아보기 위하여, S3DIS 포인트 클라우드 데이터 세트 [1]를 포인트 클라우드 콘텐츠를 DNN 을 이용하여 각 part 별로 나누었다. 이후 포인트 클라우드 콘텐츠에 각 part 별 다른 sampling ratio (r)를 적용하여 생성하였다. (b)의 각 파트 별 ratio 를 특정하기 위한 기준으로, 다음 식과 같이 도식화 되었다.

$$\gamma_n \leftarrow \underset{\gamma_n \in (0,1)}{\operatorname{argmax}} \alpha_n \cdot SSIM(\gamma_n) - L(\gamma_n)$$

위 식에서, γ_n 은 각 segmentation 된 파트 별 적용된 샘플링 비

율, $SSIM(\cdot)$ 은 [2]에서 정의된 포인트 클라우드 콘텐츠의 structural similarity index measure (SSIM) 식을 차용하였다. $L(\cdot)$ 은 무선 네트워크 환경에서 포인트 클라우드 콘텐츠를 전송하였을 때 걸린 지연시간을 의미한다. α_n 은 각 파트 별 사용자의 선호도를 반영하기 위한 상수 값으로 설정하였다.

4. 실험 결과

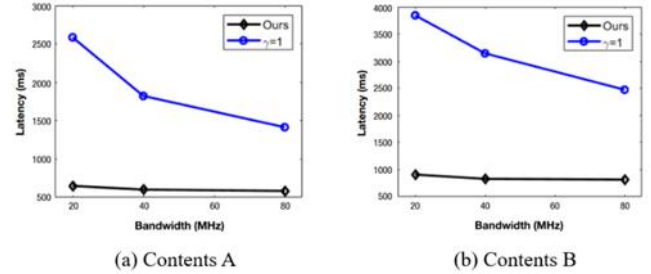


그림 3 Bandwidth 별 포인트 클라우드 콘텐츠 무선 전송 지연시간

그림 3은 제안된 part-based 포인트 클라우드 해상도 조절 방법을 통하여 모바일 증강현실 기기(i.e., LG-V50S)로 무선 전송을 하였을 때 발생한 지연시간을 나타낸다. Contents (A, B)는 S3DIS 데이터 세트의 각기 다른 포인트 클라우드 콘텐츠로 설정하였다. 모든 콘텐츠에서 샘플링 비율을 1 로 설정하였을 때보다 낮은 bandwidth (i.e., 20MHz)일 때 1/4 ~ 1/5 배, 높은 bandwidth (i.e., 80MHz)일 때 1/3 ~1/5 배 가량으로 낮은 지연시간을 얻을 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서 우리는 포인트 클라우드 콘텐츠가 증강현실, 가상현실 모바일 기기에서 효율적으로 작동하기 위하여 활발히 연구되고 있는 해상도 조절 기법에 대해서 알아보았고, 이에 더불어 사용자의 선호도를 반영할 수 있는 Part-based 포인트 클라우드 해상도 조절 기법을 제안하였다. 실험을 통하여 다양한 대역폭에서 제안하는 기법이 우수한 성능을 낸다는 것을 보였다.

6. 결론

본 연구는 한국연구재단 기초연구실지원사업 (2021R1A4A1030775)의 연구비 지원으로 수행됨. 본 논문의 교신저자는 김중현임.

참조논문

[1] I. Armeni, O. Sener, A. R. Zamir and H. Jiang, "3d semantic parsing of large-scale indoor spaces," in Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, Nevada, USA, June 2016, pp. 1534-1543

[2] E. Alexiou and T. Ebrahimi, "Towards a point cloud structural similarity metric," in Proc. of the IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW), Virtual, July 2020, pp. 1-6