

역 변환과 뎁스 기반의 포인트 클라우드 렌더링 품질 향상 방법

이희제, 윤준영, 박종일†

한양대학교

jk01086@hanyang.ac.kr, jyyun@hanyang.ac.kr, jipark@hanyang.ac.kr

Rendering Quality Improvement Method based on Inverse Warping and Depth

Heejea Lee Junyoung Yun Jong-Il Park†

Hanyang University

요 약

포인트 클라우드 콘텐츠는 실제 환경 및 물체를 3 차원 위치정보를 갖는 점들과 그에 대응하는 색상 등을 획득하여 기록한 실감 콘텐츠이다. 위치와 색상 정보로만 이뤄진 3 차원 점으로 이뤄진 포인트 클라우드 콘텐츠는 확대하여 렌더링 할 경우 점과 점 사이의 간격이 벌어지면서 발생하는 구멍에 의해 콘텐츠 품질이 저하될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 포인트 클라우드 확대 시 점들 간 간격이 벌어져 생기는 구멍에 대해 깊이정보를 활용한 역변환 기반 보간 방법을 통해 포인트 클라우드 콘텐츠 품질을 개선하는 방법을 제안한다. 벌어진 간격들 사이에서 빈 공간을 찾을 때 그 사이로 뒷면의 점들이 그려지게 되어 보간 방법을 적용하는데 방해요소로 작용한다. 이를 해결하기 위해 구멍이 발생하지 않은 시점에서 렌더링 된 영상을 사용하여 포인트 클라우드의 뒷면에 해당되는 점들을 제거한다. 다음으로 깊이 맵(depth map)을 추출한 후 추출된 깊이 값을 사용하여 뎁스 에지(depth edge)를 구하고 에지를 사용하여 깊이 불연속 부분에 대해 처리한다. 마지막으로 뎁스 값을 활용하여 이전에 찾은 구멍들의 역변환을 하여 원본의 데이터에서 픽셀을 추출한다. 제안하는 방법으로 콘텐츠를 렌더링 한 결과, 기존의 크기를 늘려 빈 영역을 채우는 방법에 비해 렌더링 품질이 평균 PSNR 측면에서 2.9 dB 향상된 결과를 보였다.

1. 서론

3 차원 영상 데이터의 처리 기술의 향상으로 이를 활용한 대용량 고품질의 실감형 콘텐츠의 제작과 활용 범위가 확대되었다. 이와 더불어 무선 네트워크 기술의 발달로 실감형 콘텐츠의 실시간 스트리밍 서비스를 상용화하기 위한 시도들이 이루어지고 있다[4]. 대표적으로 3 차원 영상 정보를 비교적 처리의 복잡도가 낮은 포인트 클라우드로 변환하여 전송하는 방법이 제안되었다. 포인트 클라우드는 기존 널리 쓰이던 폴리곤

메쉬에 비해 데이터의 크기가 작고 처리가 간편한 점이 콘텐츠를 실시간으로 전송 및 수신하는 상황에서 장점으로 작용한다. 그러나 사용자가 경험할 수 있는 영상의 형태로 콘텐츠를 변환 또는 복원하는 과정에서 문제가 발생한다. 포인트 클라우드는 점들 간의 연결 정보를 잃어버려 렌더링 과정에서 점과 점의 사이에 발생하는 빈 공간을 채우는데 기존의 폴리곤 메쉬에서 사용하는 삼각형 기반 보간 방법을 사용할 수 없다. 이 문제를 해결하기 위해 하나의 점을 특정 크기를 갖는 원이나 사각형 등의 도형으로 표현하여 해당 영역의 화소 값을 보간 하는 방법이 있으나, 도형의 크기가 커짐에 따라 깊이 불연속 영역에서는

품질의 저하가 발생하는 문제가 있다. 본 논문에서는 깊이 맵과 역변환에 기반한 보간 방법으로 영상 품질을 개선하는 방법을 제안한다.

빈공간에 대한 영역 처리를 할 때 중요한 2 가지 문제가 발생한다. 첫번째 문제는 품질의 저하로 인해 발생한 공간인지 원래 비어 있는 공간인지에 대한 판단이다[1]. 두번째 문제는 빈영역을 발견했을 때 어떠한 방법으로 채워줄지에 대한 문제이다. 제안하는 방법은 빈공간의 좌표를 역으로 추정하여 원본의 좌표로 값을 찾음으로써 두가지 문제를 해결하였고, 보간 시 발생할 수 있는 품질 저하 없이 영상의 품질을 향상시킨 결과를 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 제시하는 방법을 설명하고 3 절은 이전 연구 결과와 비교한 실험결과를 나타내며 마지막으로 4 절에서 결론을 맺는다.

2. 실험 방법

본 논문에서의 제안하는 방법은 3 가지 단계로 구성된다. 첫번째 단계는 back face point cloud removal 단계로, 점들 간의 간격이 벌어져서 생기는 구멍에 대한 처리를 하며, point indicator map을 생성한다. 두번째 단계는 뎁스를 사용하여 깊이 불연속에 대한 처리와 뎁스 맵을 보간하여 역변환에 필요한 깊이 값을 저장한다. 마지막 단계에서는 point indicator map 과 보간된 뎁스 맵을 사용하여 빈 영역에 대해 역변환하여 적절한 값으로 채워주게 된다.

2.1 뒷면 제거 (back face point cloud removal)

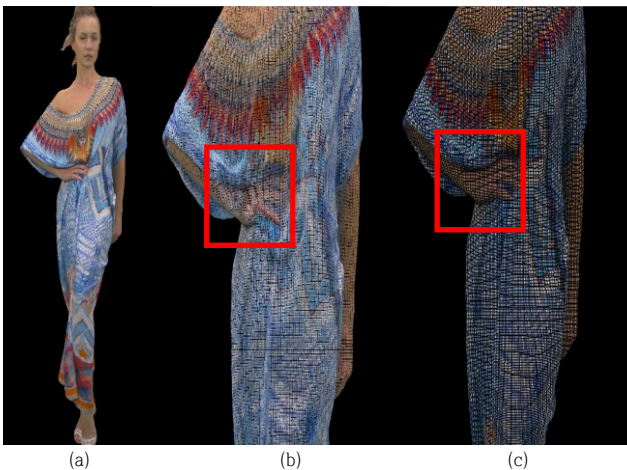


그림 1. hole 사이로 뒷면의 점이 투영되는 모습 비교.

(a) 원본 영상 (b) 뒷면이 투영된 렌더링 결과 (c) 앞면만 렌더링 된 결과

첫번째 단계는 점들 사이의 간격이 벌어짐으로 인해서 발생한 영역에 대한 구분이다. 폴리곤 메시는 face(면)에 대해 수직인 노말 벡터를 사용하여 앞면과 뒷면을 구분할 수 있다. 그러나 포인트 클라우드는 단순히 3차원 좌표와 색정보를 가지고 있는 점이므로, 앞면과 뒷면에 대한 구분이 없다. 이러한 특징으로 인해 투영되는 시점의 앞면에서 점의 간격이 벌어져 생기는 영역에 빈 구멍이 생겨야 하지만 뒷면의 포인트 클라우드들이 사이사이에 투영되어 뒷면이 비치는 문제가 발생한다. 실제 채워줘야 할 구멍을 뒷면의 점들이 채워 구멍이어야 할 영역이 구멍이 아닌 상황이 발생한다 된다. 본 논문에서는 전처리과정에서 point indicator map 을 사용하여 점의 앞면과 뒷면을 구분한다. point indicator map 은 점의 3 차원 위치와 RGB 정보를 저장한 맵으로 포인트 클라우드 콘텐츠를 구멍이 발생하지 않는 상태의 변환 행렬(Rt')을 곱한다. 이후 뎁스를 비교하여 앞면의 점들만 프로젝션 하고 렌더링 된 점들을 앞면의 점으로 분류하여 3 차원 좌표와 RGB 정보를 저장한다. 위 그림 1 의 (a)는 원본의 포인트 클라우드 콘텐츠이고 (b)는 포인트 클라우드 콘텐츠를 확대할 때 뒷면의 점들이 빈 구멍사이로 비춰 품질의 저하가 일어난 결과이며 (c)는 point indicator map 을 사용하여 뒷면의 점을 제거한 후 앞면의 점만을 렌더링한 결과이다.

2.2 깊이 맵 보간 (Depth map Interpolation)

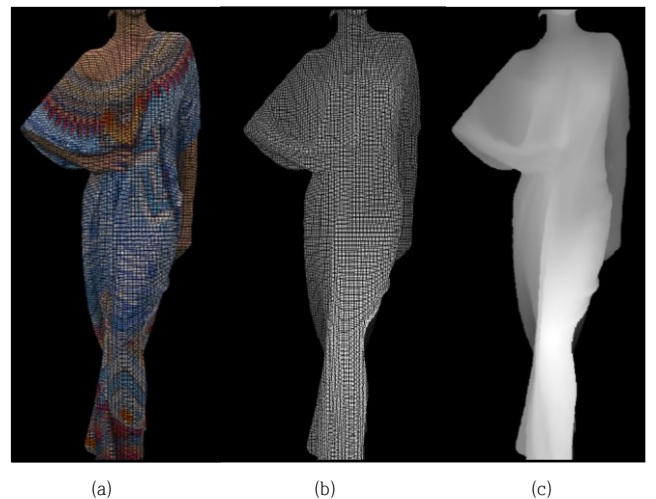


그림 2. depth map interpolation 영상 비교.

(a) hole 이 생긴 RGB (b) hole 이 생긴 뎁스 맵 (c) 보간된 뎁스 맵

두번째 단계는 깊이 불연속 영역에 대한 처리 와 뎁스 맵에 대한 보간을 한다. 점들 사이가 벌어져 채워야 할 영역인지 채우면 안되는 원래의 빈영역인지에 대해 구분하는 것이

중요하다. 예를 들어 손을 렌더링 할 경우 손을 구성하는 부분에 빈공간이 발생했을 경우 채워 줘야 한다. 그러나 손가락 마디 사이사이는 채워지면 안되는 영역이다. 이러한 처리를 깊이 불연속 영역에 대한 처리라고 한다. 첫번째 단계에서 구한 point indicator map 에서 뎁스 정보를 사용하여 뎁스 맵을 만들어 준다. 이 뎁스 맵의 에지를 사용하여 지의 내부의 빈 영역만 채우는 깊이 불연속 영역에 대한 처리를 한다. 다음으로 오브젝트에 빈 영역이 생기면 뎁스 맵에도 빈 영역이 생기게 된다. 뎁스의 특성상 주변의 값들은 유사한 값을 가지기 때문에 뎁스 맵의 빈 영역은 주변의 값을 활용하여 빈 영역을 보간 해준다. 위의 그림 2 (a)는 확대로 점들간 사이가 벌어진 결과이고 (b)는 (a)의 뎁스 맵을 나타내며 (c)는 (b)의 뎁스 맵을 보간 한 결과이다.

2.3 포인트 역변환 (Point Inverse Warping)

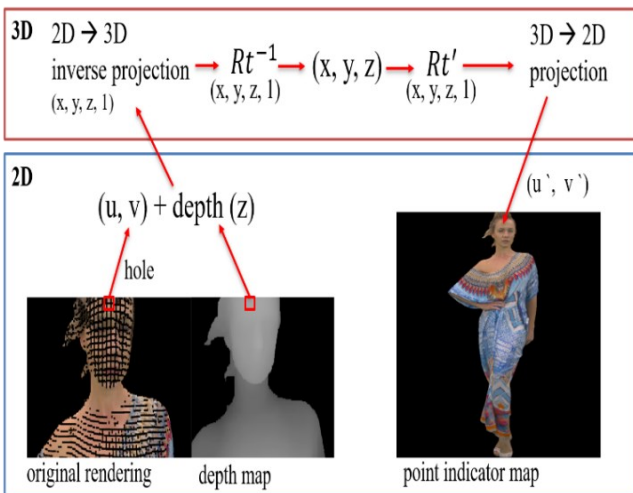


그림 3. 포인트 역 변환 프로세스.

세 번째 단계는 빈영역에 대한 처리를 한다. 점들 간격이 벌어짐으로 인해 생긴 빈영역의 2 차원 좌표 (u, v) 를 구한다. 그 다음 두번째 단계에서 구한 뎁스 맵을 사용하여 inverse projection 을 진행하게 되면 3차원으로의 복원이 가능하게 된다. 복원한 3 차원 점은 확대 동작을 하는 어떠한 변환 행렬(Rt)이 곱해진 결과이다. 따라서 3차원 점에 Rt 의 역행렬을 곱하게 되면 원본의 3 차원 점의 위치를 알 수 있다. 이 3 차원의 점에 point indicator map 에서의 시점을 구하기 위해 사용하였던 변환 행렬(Rt')을 곱하고 projection 하면 point indicator map 에서의 2D 좌표 (u', v') 을 구할 수 있게 된다. 이 좌표 값 안에 있는 RGB 값을 빈 영역인 (u, v) 에 채워주게 된다. 위의 그림 3 는 세 번째 단계의 프로세스를 도식화 하였다. 위의 빨간 부분은 3D 공간에서의 점의 처리이고 아래 파란 부분은 2D 공간에서의 점에 대한 처리이다.

3. 실험 결과 및 평가 방법

그림 4 의 위는 기존 렌더링의 원본이고 아래는 본 논문에서 제안한 방법으로 빈 영역을 채워 렌더링한 결과이다. 위 그림의 오른쪽으로 갈수록 포인트 클라우드 데이터를 확대해서 점들 간의 간격이 벌어져 빈 공간이 생겨 품질이 저하되는 결과를 볼 수 있다. 반면 아래의 그림에서는 빈 공간을 제안한 방법으로 처리를 하여 위의 원본 영상에 비해 품질이 향상된 선명한 렌더링 결과를 볼 수 있다.

평가 방법으로는 이전 연구의 점의 크기를 키워 빈 영역을 덮어주는 방법의 결과와 본 논문에서 제안하는 방법의 PSNR 수치[6]를 비교하여 품질이 향상된 정도를 정량적으로 비교하였다.



그림 4. 제안한 방법에 의한 실험 결과 비교. (위: 원본, 아래: 제안하는 방법)

비교 기준은 원본의 영상을 다운 샘플링 하고 확대 한 영상으로 하였다. 아래 그림 5 의 (a)는 기준 영상이고 (b)는 제안한 방법을 사용한 결과 영상이고 (c)는 이전 연구에서 사용하였던 점의 크기를 키우는 방법이다. (c)의 빨간 사각형 부분을 보면 깊이 불연속 영역에 대한 처리를 하지 않아 품질의 저하가 발생한 모습을 볼 수 있다. 게다가 옷 부분의 문양들도 비교적 경계가 뚜렷하지 않은 모습을 볼 수 있다. 아래 표 1 은 여러 콘텐츠들의 이전연구결과와 제안한 방법의 결과를 PSNR 수치로 비교하였다. 유사도가 높을수록 PSNR 수치가 높으며 제안한 방법이 평균적으로 2.9 dB 정도 높게 나온 것을 확인할 수 있다.

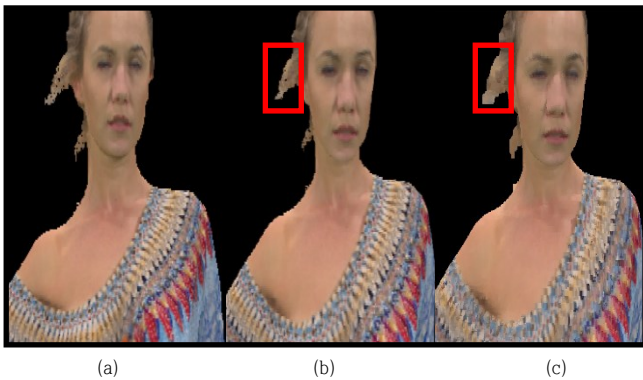


그림 5. 이전 연구 방법과 품질 비교

(a) - 기준 영상 (b) - 제안한 방법 (c) - 점 크기 키우는 방법

표 1. 콘텐츠 별 제안한 방법과 이전연구의 PSNR 수치 비교

콘텐츠	제안한 방법	이전 연구
	PSNR[dB]	PSNR[dB]
Soldier	24.5	22.4
Long dress	23.9	19.6
Red and black	19.3	16.7
Loot	21.1	18.3

4. 결론

본 논문에서는 포인트 클라우드 데이터를 확대했을 때 생기는 품질 저하의 문제를 뎀스 정보와 역변환을 통해 해결했다. 콘텐츠를 확대 하게 되면 점들 사이에 빈 공간이 발생하고 빈 공간 사이에 뒷면의 점이 비취 나오는 문제를 해결하였다. 그 후 빈 공간의 좌표를 역으로 추적하여 실제 RGB 값을 point indicator map 에서 가져오게 된다. 점의 크기를 키워 빈 공간을 채우는 방법과의 성능비교를 통해 품질이 향상된 결과를 확인

하였다. 단순히 점의 크기만 키우기 때문에 깊이 불연속 영역에 대한 처리가 불가능하여 품질 저하가 발생하는 문제에 대해 깊이 불연속부분에 대한 처리를 함으로써 높은 품질의 결과와 향상된 PSNR 수치를 확인할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00452, 적응형 뷰어 중심 포인트 클라우드 AR/VR 스트리밍 플랫폼 기술 개발)

참고문헌

- [1] Jing Zhou, Xiuqing Fu, Shuiqin Zhou, Jianfeng Zhou, Heng Ye, Henry T. Nguyen, Automated segmentation of soybean plants from 3D point cloud using machine learning, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 162, P. 143-153, 2019.
- [2] Marcato, Robert William. *Optimizing an inverse warper*. Diss. Massachusetts Institute of Technology, 1998.
- [3] SCHAUFLENER, Gernot; PRIGLINGER, Markus. Efficient displacement mapping by image warping. In: *Eurographics Workshop on Rendering Techniques*. Springer, Vienna, 1999. p. 175-186.
- [4] Call for Proposals for Point Cloud Compression v2, Standard ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 MPEG2017/N16763, Hobart, AU, Apr. 2017
- [5] Paul J.Besl and Neil D. McKay, "Method for registration of 3D shapes." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 14, no. 2, 1992, pp. 239-256.
- [6] HUYNH-THU, Quan; GHANBARI, Mohammed. Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment. *Electronics letters*, 2008, 44.13: 800-801.