

포인트 클라우드 콘텐츠의 원형 Splat 기반 시각화 기법

윤준영 김종욱 박종일¹⁾

한양대학교

jyyun@hanyang.ac.kr glowingbell@hanyang.ac.kr jipark@hanyang.ac.kr

Circular Splats Based Visualization for Point Cloud Contents

Junyoung Yun Jongwook Kim Jong-Il Park
Hanyang University

요 약

포인트 클라우드 콘텐츠는 실제 사물을 수천만 개의 점으로 표현하는 미디어 콘텐츠이다. 각 점들은 색상 값과 3 차원 공간상의 위치로 구성 되어있다. 이러한 콘텐츠를 영상 미디어로 활용하기 위해서는 실시간으로 네트워크를 통해 전달되는 포인트 클라우드 콘텐츠를 고품질의 영상으로 시각화 할 필요성이 있다. 본 연구에서는 포인트 클라우드 콘텐츠를 구성하는 점들이 임의의 순서로 입력될 때, 각 점이 투영된 형상을 원형으로 나타내어 블렌딩 하는 원형 splat 기반의 실시간 시각화 기법을 제안한다.

1. 서론

영상의 획득 및 처리기술이 발달함에 따라 실시간으로 물체의 3 차원 형상을 얻어내어 영상 미디어로 활용할 수 있는 방법들이 보편화되고 있다. 이러한 흐름에 따라 다양한 품질의 3 차원 영상이 쉽게 취득되고, 증강 및 가상현실 등의 서비스에 응용될 수 있다. 포인트 클라우드는 이러한 3 차원 영상을 처리 및 전송을 하기 위한 형식으로 최근 활발히 연구되고 있다. 기존 정적인 포인트 클라우드 데이터는 영상으로 시각화 하기 위해 전처리를 통해 폴리곤 메시로 변환되어 렌더링하는 방법이 널리 사용되었다. 하지만 시간에 따라 점들의 구성이 변하는 동적인 포인트 클라우드 데이터에 대해서는 이러한 과정이 연산 시간 측면에서 부담이 되며, 특히 실시간으로 정보가 전달되어 콘텐츠가 시각화 되어야하는 스트리밍 환경에서는 사용이 어려워진다. 이것과는 다르게 포인트 클라우드 데이터의 구조에 어떠한 처리도 하지 않고 바로 시각화 하는 splat 기반 기법이 있다. Splat 기반 방법에서는 포인트 클라우드의 각 점이 2 차원 영상으로 투영되었을 때의 형상을 특정 도형인 splat 으로 가정하고, 최종 영상은 이러한 splat 들이 블렌딩 되어 결정된다.

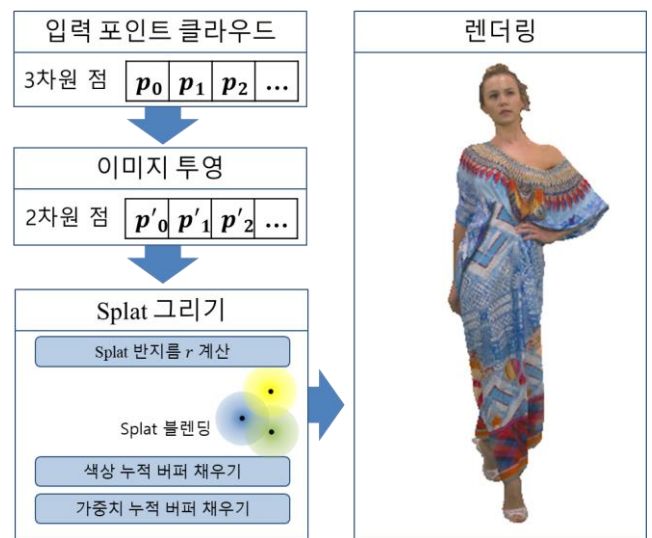


그림 1 제안하는 방법의 흐름도

본 논문에서는 포인트 클라우드를 구성하는 점들에 대한 splat 을 원으로 정의하고 이러한 원형 splat 간의 블렌딩 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서 splat 이 서로 겹치는 영역에 대해 색상을 결정하기 위한 가중치는 splat 간의 위치 관계에 의해 결정되며, splat 의 처리 순서에 관계없이 동일한 블렌딩 결과를 내게 된다. 이와 같이 포인트 클라우드를 구성하는 점들의 처리 순서에 상관없이 동일한 결과를 갖는 특성은 제안하는 방법이

1) 교신저자

전처리 과정 없이 사용될 수 있으며, 처리과정이 쉽게 병렬화 되어 실시간 시각화 및 그 응용에 사용이 기대된다.

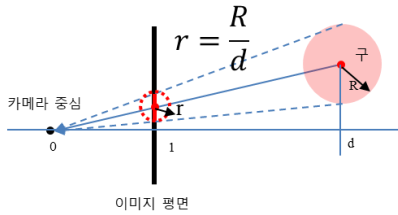


그림 2 원형 Splat 반지름의 계산

2. 개요

제안하는 방법에서는 포인트 클라우드 동영상 콘텐츠의 현재 프레임을 구성하는 n 개의 점들에 대해, 그 위치인 $P = \{p_i = (x_i, y_i, z_i) \mid i = 1 \dots n\}$ 와 색상 값 $C = \{c_i = (r_i, g_i, b_i) \mid i = 1 \dots n\}$ 그리고 포인트 클라우드 좌표계의 점들을 뷰포트의 좌표계의 점들로 변환하는 변환행렬 M 과 카메라 내부 파라미터 행렬 K 를 입력으로 받는다. 전체적인 방법의 흐름은 그림 1 과 같다. 첫째로, 입력되는 포인트 클라우드의 점들 p_i 는 이미지 평면으로 투영되어 2 차원의 점 $p'_i \sim K M p_i$ 가 된다. 그리고 투영된 위치를 중심으로 하는 splat 을 정의하여 이미지 버퍼에 기록하고 최종적으로 렌더링 된 영상을 얻어낸다.

포인트 클라우드를 구성하는 점들 사이의 최소거리가 R 이라고 할 때, 그림 2 와 같이 포인트 클라우드를 구성하는 각각의 점들은 3 차원 상에서 반지름의 길이가 R 인 구라고 가정한다. 해당 구가 이미지 평면에 투영된 모양은 원으로 근사 될 수 있으며, 그 반지름은 구가 카메라로부터 떨어진 거리 d 에 반비례한다. 이때 splat 은 해당 구가 이미지 평면으로 투영된 모양인 원으로 가정할 수 있다. 따라서 각각의 splat 은 p'_i 을 중심으로 하고, $r_{p_i} = f \frac{R}{p_i(z)}$ 을 반지름으로 하는 원으로 정의한다. 이때, f 는 영상을 렌더링하는 가상 카메라의 초점거리이다.

3. Splat 의 블렌딩 방법

이번 절에서는 포인트 클라우드의 점들에 대해 정의된 splat 의 블렌딩을 수행하는 방법에 대해 설명한다. 3 차원에서 정의된 포인트 클라우드 점들 p_i 가 이미지 평면으로 투영되면서 생긴 점 p'_i 사이의 거리가 splat 의 반지름 r 보다 작아지는 경우가 발생한다. 이러한 경우에 그려지는 splat 의 영역들이 서로 겹쳐지게 되어 여러 splat 의 색상을 적절히 블렌딩하는 과정이 필요하다. 제안하는 방법에서는 점 p_i 에 대응되는 splat 의 중심

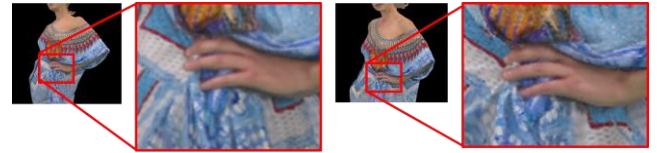


그림 3 제안한 방법에 의한 렌더링 결과(왼쪽)와 직교 투영에 의한 렌더링 결과(오른쪽)의 비교



그림 4 포인트 클라우드 콘텐츠에 따른 렌더링 결과. (위) 정점만 그린 결과 (아래) 제안한 방법의 결과

p'_i 로부터 떨어진 거리 x 에 의해 정의되는 가중치 $w_{p_i}(x) = e^{-\frac{x^2}{2r^2}}$ 와 p 의 깊이 값에 의해 결정되는 가중치 $d_{p_i}(t) = e^{-s(p_i(z)-t)}$ 에 의해 블렌딩이 수행된다. 이때 t 는 해당 영상좌표에 걸쳐 있는 가장 깊이 값이 작은 splat 의 깊이 값이며, s 는 깊이 값이 커질수록 가중치가 작아지는 속도를 나타내는 상수이다. 블렌딩 된 영상을 생성하기 위해 색상을 가중치의 비율대로 합하여 누적한 값을 저장하는 색상누적 버퍼와, 가중치의 누적합을 저장하는 가중치누적 버퍼를 할당한다. 색상누적 버퍼와 가중치 누적 버퍼에 각각의 splat 에 해당되는 색상 및 가중치 값을 반영한다. 점 p_n 의 splat 에 대해 p_n 의 깊이 값이 누적된 점들 p_i 의 깊이 값들보다 작을 경우 색상누적 버퍼와 가중치누적 버퍼는 각각 (1)과 (2)의 식에 의해 값이 결정되며, 이외의 경우에는 각각 (3)과 (4)의 식에 의해 값이 결정된다.

$$w_{p_n} c_n + e^{p_n(z)} \sum_i d_{p_i} w_{p_i} c_i \quad (1)$$

$$w_{p_n} + e^{p_n(z)} \sum_i d_{p_i} w_{p_i} \quad (2)$$

$$d_{p_n} w_{p_n} c_n + \sum_i d_{p_i} w_{p_i} c_i \quad (3)$$

$$d_{p_n} w_{p_n} + \sum_i d_{p_i} w_{p_i} \quad (4)$$

최종 영상의 색상은 색상누적 버퍼의 각 값을 대응되는 가중치누적 버퍼의 값으로 나눈 값이 된다. 이 과정은 개별 splat 마다 병렬적으로 처리가 가능하여 병렬구현이 가능하다.

4. 렌더링 결과 및 결론

그림 3 은 제안하는 방법에 의해 생성한 영상과 포인트 클라우드를 샘플링 된 밀도와 영상 픽셀의 밀도를 일치시켜 직교 투영하여 얻은 영상을 비교한 결과이다. 제안하는 방법의 영상이 비교적 흐릿하지만 전반적으로 영상 세부 특성이 효과적으로 표현되는 것을 확인할 수 있다. 그림 4 는 여러 포인트 클라우드 콘텐츠[3]에 대해 렌더링한 결과이며, 제안하는 방법이 점들 사이의 빈 공간을 효과적으로 채움을 볼 수 있다. 렌더링 과정은 CPU 에서 처리되었으며, Intel i7-4790K CPU 4.00GHz 를 사용했을 때 평균적으로 하나의 프레임을 렌더링하는데 103 ms 의 시간이 소요되었다. 제안한 방법의 고속화를 위해 병렬화에 대한 추가적 구현이 필요하며, 렌더링 품질의 정량적인 평가를 위한 방법이 마련되어야 한다.

감사의 글

이 논문은 2020 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] Schuetz, Markus, and Michael Wimmer. "Progressive real-time rendering of unprocessed point clouds." ACM SIGGRAPH 2018 Posters. 2018. 1-2.
- [2] Zwicker, Matthias, et al. "EWA splatting." IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 8.3 (2002): 223-238.
- [3] Eugene d'Eon, Bob Harrison, Taos Myers, and Philip A. Chou, "8i Voxelized Full Bodies, version 2 – A Voxelized Point Cloud Dataset," ISO/IEC JTC1/SC29 Joint WG11/WG1 (MPEG/JPEG) input document m40059/M74006, Geneva, January 2017.