V-PCC 기반 플렌옵틱 포인트 클라우드의 색상 속성 정보 부호화 방법

이하현, 강정원
한국전자통신연구원
{hanilee, jungwon}@etri.re.kr

V-PCC based Color Attributes Compression for Plenoptic Point Clouds

Hahyun Lee, Jungwon Kang
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

일반적인 포인트 클라우드(Point Clouds)는 3 차원 공간상의 포인트가 한 개의 색상 정보만을 포함하고 있는 반면에 플렌옵틱 포인트 클라우드(Plenoptic Point Clouds)는 사실감을 향상시키기 위해 한 개의 포인트가 여러 시점에서 촬영된 색상 정보들을 모두 포함하고 있는 새로운 방식의 볼륨 메트릭 데이터 표현 방식이다. 하지만, 일반적인 포인트 클라우드에 비해 더 많은 색상 정보를 필요로 하기 때문에 효율적인 압축이 필수적이다. 따라서, 본 논문에서는 비디오 기반 포인트 클라우드 압축 표준 기술인 V-PCC 를 기반으로 플렌옵틱 포인트 클라우드의 색상 속성간 중복성 제거를 통해 효율적으로 색상 정보를 압축할 수 있는 방법을 제안한다. 실험 결과 제안 방법은 다중 플렌옵틱 색상 속성 정보를 독립적으로 부호화 경우에 비해 상당한 성능 향상이 있음을 보여준다.

1. 서론

비디오 기반 포인트 클라우드 압축 표준 기술인 V-PCC[1]에서는 3 차원 포인트 클라우드를 2 차원 평면상에 투영하여 occupancy, depth 및 attribute 등의 2 차원 아틀라스 영상으로 변환한다. Occupancy 와 depth 아틀라스 영상은 기하 (geometry) 정보를 나타내며 attribute 아틀라스 영상은 색상(color), 법선(normal), 반사도(reflectance) 등의 정보를 나타낸다. 변환된 아틀라스 영상들은 HEVC/VVC 등의 비디오 코덱을 활용하여 압축하게 된다. 본 논문에서 다루고자 하는 플렌옵틱 포인트 클라우드는 3 차원 공간상의 포인트가 시청 방향(viewing direction)에 따라 서로 다른 색상들을 표현할 수 있도록 여러 시점에서 촬영된 색상 정보들을 모두 포함하고 있는 데이터 표현 방식이다[2]. 예를 들어, 8i Voxelized Surface Light Field Dataset (8iVSLF)[3]의 경우, N_c (12 또는 13) 개의 카메라로부터 촬영된 서로 다른 시점의 플렌옵틱 색상 정보를 기하 정보 및 메인 색상 정보와 함께 포함하고 있다. 메인 색상 정보는 N_c 개 중 임의 시점의 색상 정보로 표현되거나, 평균 색상 정보로 표현될 수 있다. 따라서, 플렌옵틱 포인트 클라우드는 $N_c + 1$ 개의 색상 속성 정보를 포함하게 되어 색상 속성 정보에 대한 효율적인 압축이 필요하다.

2. 차분 플렌옵틱 포인트 클라우드 부호화

본 논문에서는 V-PCC 표준 기술을 기반으로 메인 색상 정보와 N_c 개의 플렌옵틱 색상 정보들을 포함하고 있는 플렌옵틱 포인트 클라우드의 색상 속성 정보를 효율적으로 압축하는 방법을 제안한다. 제안 방법에서는 3 차원 공간상에서 포인트 단위로 메인 색상(RGB_{main}) 정보와 카메라 시점에 따라 서로 다른 플렌옵틱 색상(RGB_{Nc}) 정보들간의 차분 색상 (RGB_{main}-RGB_{Nc}) 정보를 생성하고 차분 색상에 대한 N_c 개의 아틀라스 영상을 생성하게 된다. 8 비트 RGB 색상에 대한 -255(D_{min})에서 255(D_{max}) 범위의 차분 값은 수식(1)에 의해 N 비트 범위의 값으로 스케일링 된다. 스케일링된 차분 속성에 대한 아틀라스 영상 생성은 V-PCC 에서의 메인 색상 아틀라스 영상 생성과 동일하게 YUV 변환 및 푸시-풀 기반의 배경

채우기(Push-pull based background filling) 방법[1] 등을 이용하여 생성된다.

$$\text{DifferentialRGB} = \text{round}\left(\frac{D_{max}+(RGB_{main}-RGB_{Nc})}{D_{max}-D_{min}} \times \left(2^{\text{Bitdepth}}-1\right)\right) \quad (1)$$

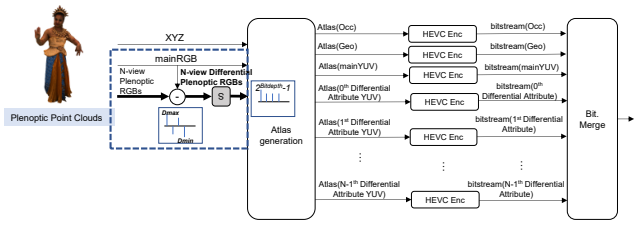
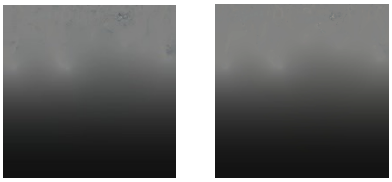


그림 1. V-PCC 기반 차분 플렌옵틱 포인트 클라우드 부호화기 구조도



(좌) 메인 색상과 1 번째 시점 색상간 차분(RGB_{main}-RGB_1)
(우) 메인 색상과 13 번째 시점 색상간 차분(RGB_{main}-RGB_{13})

그림 2. Thaidancer 플렌옵틱 포인트 클라우드의 차분 속성 아틀라스 영상

그림 1 은 V-PCC 를 기반으로 플렌옵틱 포인트 클라우드의 N_c+1 개의 색상 속성 정보를 압축하기 위한 부호화기를 간략하게 도식화한 블록 다이어그램이다. 그림에서와 같이 기하(occupancy, geometry) 정보와 메인 색상(RGB_{main}) 정보는 기존 V-PCC 와 동일하게 부호화를 수행하게 되며, 추가적인 N_c 개의 플렌옵틱 색상 정보(RGB_{Nc})들에 대해서는 차분 속성값으로 변환한 후 아틀라스 영상을 생성하여 부호화를 수행한다. 그림 2 는 13 개의 카메라 시점의 플렌옵틱 색상 정보를 포함하고 있는 8iVSLF Thaidancer 의 메인 색상과 1 번째 및 13 번째 시점의 색상 간의 차분 색상 정보로부터 생성된 차분 아틀라스 영상의 특성을 보여주고 있다.

그림 3 에서와 같이 복호화 과정에서의 복호화된 N 비트 차분 색상 정보(diff′)에 대해 수식(2)로부터 각 카메라 시점의 차분 색상 정보를 복원한 후 복호화된 메인 색상 정보(mainRGB′)를 더해 카메라 시점에 따라 서로 다른 플렌옵틱 색상(RGB'_{Nc}) 정보들을 복원하게 된다.

$$\text{Decoded DifferentialRGB} = \text{round}\left(\frac{\text{diff}' \times (D_{max}-D_{min})}{(2^{\text{Bitdepth}}-1)} - D_{max}\right) (2)$$

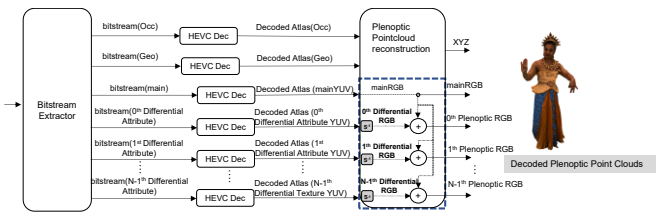


그림 3. V-PCC 기반 차분 플렌옵틱 포인트 클라우드 복호화기 구조도

3. 실험결과

본 논문에서 제안하는 차분 플렌옵틱 포인트 클라우드 부호화 방법은 V-PCC 참조 소프트웨어인 TMC2(Test Model Category2) 11.0 버전을 기반으로 N_c 개의 플렌옵틱 색상 속성에 대한 독립적인 부호화(independent encoding)가 가능하도록 구현된 소프트웨어[4]에 구현하였으며, 8i Voxelized Surface Light Field Dataset(8iVSLF)를 사용하여 V-PCC CTC(Common Test Conditions) 의 "Intra" 조건에 따른 실험을 수행하였다[5]. 제안 방법에서 차분 속성값은 10 비트로 스케일링 되어, 10 비트 차분 아틀라스 영상에 대한 부호화를 수행하였다. 표 1 은 V-PCC 를 단순 확장하여 N_c 개의 다중 플렌옵틱 색상 속성에 대한 독립 부호화를 수행한 경우 대비 본 논문에서 제안하는 차분 플렌옵틱 포인트 클라우드 부호화 방법의 압축 성능(BD-rate)을 보여주고 있다. 그림 4 는 Thaidancer 에 대한 두 가지 방법의 RD(rate-distortion) 성능을 보여주고 있다. 실험 결과 제안 방법을 사용한 경우, 다중 플렌옵틱 색상 속성을 독립적으로 압축한 경우에 비해 상당한 성능 향상이 있음을 보여주고 있다.

표 1. 제안 방법의 부호화 성능

DataSet	BD-rate (%)	
	Y-PSNR	YUV-PSNR
Boxer	-72.00%	-70.90%
Longdress	-86.30%	-86.50%
Loot	-69.90%	-69.30%
Redandblack	-76.90%	-77.00%
Solider	-75.80%	-75.40%
Thaidancer	-79.90%	-80.30%
Average	-76.80%	-76.57%

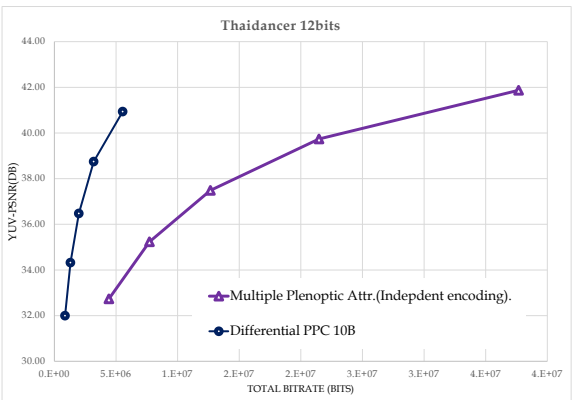


그림 4. Thaidancer 플렌옵틱 포인트 클라우드에 대한 RD 비교

4. 결론

플렌옵틱 포인트 클라우드는 사실감 향상을 위해 시점에 따른 서로 다른 색상을 표현할 수 있는 장점이 있지만, 포인트

클라우드 대비 더 많은 색상 정보를 필요로 하기 때문에 효율적인 부호화 방법이 필요하다. 본 논문에서는 V-PCC 표준 기술을 기반으로 메인 색상 정보와 플렌옵틱 색상 정보들간의 중복성 제거를 통해 플렌옵틱 포인트 클라우드의 다중 색상 속성 정보를 효율적으로 부호화하는 방법을 제안하였으며 실험을 통해 상당한 부호화 성능 향상이 있음을 보였다.

* 이 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017-0-00072, 초실감 테라미디어를 위한 AV 부호화 및 LF 미디어 원천 기술 개발)

참고 문헌

[1] 장의선, “MPEG Video-based Point Cloud Compression 표준 소개”, 방송과 미디어 제 26 권 2 호

[2] 백무현, 문지원, 이진규, 이하현, 강정원, “플렌옵틱 포인트 클라우드를 활용한 다시점 영상 부호화 방안”, 전자공학회 논문지, 2020, vol.57, no.6, pp.66-77

[3] M. Krivokuća, P. A. Chou, and P. Savill, “8i Voxelized Surface Light Field (8iVSLF) Dataset, ISO/IEC JTC1/SC29 Joint WG11, m42914, Ljubljana, Slovenia, Jul. 2018.

[4] http://mpegx.int-evry.fr/software/MPEG/PCC /TM/ mpeg-pcc-tmc2 SLF_EE_DCT branches

[5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. N19518, “Common test conditions for V3C and V-PCC”, July 2020