

## Versatile Video Coding을 활용한 Video based Point Cloud Compression 방법

\*권대혁 \*\*한희지 \*\*\*최해철

한밭대학교

\*skyeye0530@naver.com, \*\*sarhakor@naver.com, \*\*\*choihc@hanbat.ac.kr

## Video based Point Cloud Compression with Versatile Video Coding

\*Gwon, Daeheyok \*\*Han, Heeji \*\*\*Choi, Haechul

Hanbat national university

## 요약

포인트 클라우드는 다수의 3D 포인트를 사용한 3D 데이터의 표현 방식 중 하나이며, 멀티미디어 획득 및 처리 기술의 발전에 따라 다양한 분야에서 주목하고 있는 기술이다. 특히 포인트 클라우드는 3D 데이터를 정밀하게 수집하고 표현할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 포인트 클라우드는 방대한 양의 데이터를 가지고 있어 효율적인 압축이 필수적이다. 이에 따라 국제 표준화 단체인 Moving Picture Experts Group에서는 포인트 클라우드 데이터의 효율적인 압축을 위하여 Video based Point Cloud Compression(V-PCC)와 Geometry based Point Cloud Coding에 대한 표준을 제정하고 있다. 이 중 V-PCC는 기존 High Efficiency Video Coding(HEVC) 표준을 활용하여 포인트 클라우드를 압축하여 활용성이 높다는 장점이 있다. 본 논문에서는 V-PCC에 사용하는 HEVC 코덱을 2020년 7월 표준화 완료될 예정인 Versatile Video Coding으로 대체하여 V-PCC의 압축 성능을 더 개선할 수 있음을 보인다.

## 1. 서론

포인트 클라우드는 다수의 3D 포인트를 사용한 3D 데이터의 표현 방식 중 하나로 멀티미디어 획득 및 처리 기술의 발전에 따라 다양한 분야에서 주목하고 있는 기술이다. 포인트 클라우드를 사용하면 3D 객체 및 장면과 같은 3D 데이터를 정밀하게 수집하고 재구성할 수 있다. 현재 포인트 클라우드는 카메라와 깊이 센서를 사용하여 프레임을 구성하며 캡처된 포인트 수에 따라 포인트 클라우드 콘텐츠의 해상도가 달라지게 된다.

포인트 클라우드를 통해 표현하는 장면이나 객체는 방대한 양의 데이터를 가지고 있어 효율적인 압축이 필수적이다. 이에 따라 국제 표준화 기구인 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 산하의 Moving Picture Experts Group - Immersive(MPEG-I)에서는 포인트 클라우드 데이터의 효율적인 압축을 위하여 Geometry based Point Cloud Coding(G-PCC)와 Video based Point Cloud Compression(V-PCC)에 대한 표준화를 진행하고 있다.

G-PCC는 3D 공간에서 기존 2D 콘텐츠의 압축방법과는 다른 새로운 방식으로 압축을 진행하며 주로 정적 포인트 클라우드 콘텐츠를 대상으로 적용한다. 그러나 G-PCC의 경우 객체의 움직임을 고려하는 움직임 추정 및 보상을 적용하지 않기 때문에 연속되는 프레임에 대해서는 압축 성능에 한계가 있다.

V-PCC는 기존의 비디오 코덱을 활용하여 3차원 데이터 압축을 진행하는 방법으로, 입력된 포인트 클라우드를 2D 공간으로 투영하고 이를 H.264/AVC, HEVC와 같은 전통적인 2D 비디오 코덱을 활용하여 압축한다. 복호화 과정에서는 압축된 2D 공간 데이터를 복호화하고 이를

3D 공간으로 투영하여 복원하는 과정을 거친다. 즉, V-PCC는 전통적인 비디오 코덱을 활용하여 상용화가 빠르게 이루어질 수 있다는 장점이 있다.

V-PCC의 표준화 과정은 High Efficiency Video Coding(HEVC)의 참조 소프트웨어인 HEVC test Model(HM)을 사용하고 있다. HEVC는 2013년 제정된 표준으로 ITU-T VCEG 및 ISO/IEC MPEG의 협력체인 JCT-VC에서 제정한 표준이다. HEVC 이후 ITU-T VCEG 및 ISO/IEC MPEG은 JVET이라는 협력팀을 다시 구축하여 Versatile Video Coding(VVC)의 표준화를 진행하고 있으며, 2020년 7월에 표준이 제정될 예정으로 VVC는 HEVC 대비 약 30~40%의 성능향상을 보인다. 따라서 본 논문에서는 V-PCC의 전통적인 2D 비디오 코덱으로 VVC를 사용하는 것으로 보다 높은 부호화 효율로 포인트 클라우드 콘텐츠를 부호화할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 방법이 적용되는 V-PCC의 구조에 대하여 알아보고 VVC를 활용한 V-PCC 방법을 설명한다. 3장에서는 제안 방법의 실험결과를 보이고 이를 분석한다. 4장에서는 제안방법에 대한 결론을 도출한다.

## 2. V-PCC의 구조 및 VVC를 사용한 V-PCC 방법

## 1) V-PCC의 부호화기 및 복호화기 구조

본 절에서는 V-PCC의 부호화기 구조 및 복호화기의 기본적인 구조에 대하여 설명한다. 그림 1은 V-PCC의 부호화기 구조를 나타낸 것이다. V-PCC의 부호화 과정은 먼저 입력되는 포인트 클라우드를 2D 공간으로 투영하고 패치를 생성한다. 생성된 패치들은 2차원 평면에 정리하

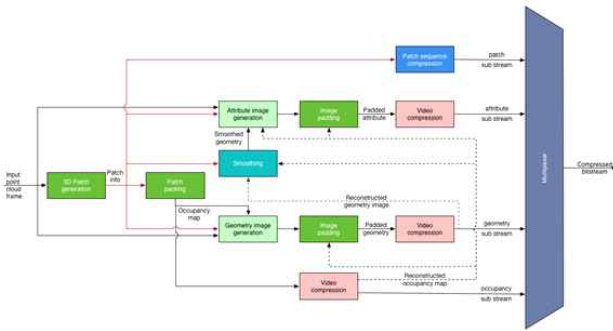


그림 1 V-PCC 인코더의 구조[1]

는 과정이 진행되며 이 결과로 포인트 클라우드에 포인트가 존재하는 픽셀에 대하여 포인트의 존재 유무를 나타내는 occupancy map, 픽셀의 기하 정보를 저장하는 geometry map, 그리고 픽셀의 색상 정보를 저장하는 texture image가 생성되게 된다. 이 과정에서 각 패치의 크기, 각 패치의 투영 정보와 같은 부호화 및 복호화에 필요한 정보들을 모아 전송하고 3종류의 2D 영상의 부호화기에 전달할 수 있다. 생성된 occupancy map, geometry map, texture image는 각각 전통적인 비디오 코덱을 사용하여 부호화된다. 단, occupancy map은 일반적으로 손실이 없는 부호화 과정을 사용하여 부호화된다.

그림 2는 V-PCC의 복호화기 구조를 나타낸 것이다. 복호화기는 부호화기의 역구조로 이루어져 있다. 먼저 부호화된 3종류의 2D 영상을 복호화하여 복원된 2D 영상을 획득한다. 그 후 복원된 영상과 패치 정보를 토대로 3D 포인트 클라우드를 재구성하게 된다. 구체적으로는 occupancy map을 사용하여 각 2D 영상에 실제 포인트 부분과 그렇지 않은 부분을 구분하고 geometry map을 통해 3D 포인트 위치를 구하며 마지막으로 texture image를 통해 해당 포인트의 색상 값을 복원할 수 있다.

2) VVC를 사용한 V-PCC 방법

본 절에서는 MPEG-I의 참조 소프트웨어인 Test Model Category 2(TMC2)[2]에서 VVC를 사용하기 위한 방법을 설명한다. TMC2의 부호화기 및 복호화기의 기본적인 구조는 상기 언급한 V-PCC의 기본구조와 같다. 단, 현재 표준화 과정에서 전통적인 비디오 코덱은 H.264/AVC, HEVC와 같은 다양한 비디오 코덱을 사용할 수 있으며 이에 따라 TMC2는 다양한 비디오 코덱을 사용할 수 있도록 설계되어 있다. 다만 부호화기 및 복호화기 옵션의 경우 사용하고자 하는 비디오 코덱에 맞도록 수정이 필요하다. 특히, TMC2의 복호화 과정은 별도의 수정작업이 없다면 HEVC 이외의 코덱을 사용할 수 없다. 이는 복호화 과정에서 각 영상(occupancy map, geometry map, texture image)의 크기를 알기 위하여 해당 비디오의 Sequence Parameter Set(SPS)을 분석해야 하며 TMC2에서는 HEVC의 SPS만을 분석할 수 있도록 설계되어 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 TMC2 소프트웨어에서 HEVC의 SPS를 분석하는 부분을 제거하고 VVC의 SPS를 분석하는 방법을 삽입하여 TMC2 상에서 VVC를 사용한 V-PCC 방법이 가능하도록 하였다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 VVC를 활용한 V-PCC 방법은 MPEG-I PCC

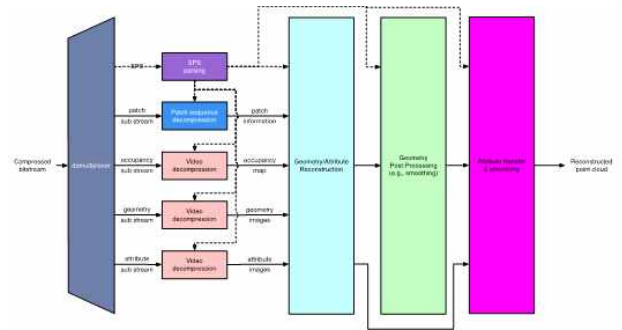


그림 2 V-PCC 디코더의 구조[1]

그룹에서 제공하는 TMC2의 9.1버전에 구현하고, Common Test Condition[3]을 기준으로 실험하였다. 단, occupancy map의 경우 하나의 픽셀에 8비트를 사용하도록 precision 옵션을 1로 고정하여 실험하였다. 또한 현재 VVC는 3D 정보에 기반한 움직임 추정 및 보상 방법이 구현되어 있지 않은 상태이기 때문에, 해당 기능을 끄고 실험하였다.

표 1 HEVC 대비 VVC를 사용한 V-PCC 부호화 성능

Class	D1(%)	D2(%)	Y(%)	U(%)	V(%)
loot	-18.9	-21.3	-20.8	-44.4	-33.6
redandblack	-15.3	-18.3	-29.1	-41.1	-25.0
soldier	-21.7	-25.1	-23.5	-51.0	-50.5
longdress	-18.0	-21.3	-24.7	-42.6	-31.7
Average	-18.5	-21.5	-24.5	-44.8	-35.2

표 1은 본 논문에서 제안하는 VVC를 활용한 V-PCC 방법의 성능을 BD-rate(Bjontegaard Delta bitrate)로 나타낸 것이다. 실험 결과, 제안 방법은 HEVC를 활용한 V-PCC 방법과 비교하여 전체적으로 부호화 효율이 향상됨을 확인할 수 있다. 단, 전체적인 성능이 전통적인 2D 자연영상에 대한 HEVC와 VVC의 성능차이가 30~35%정도인 것과 비교하여 낮은 수치인 것을 확인할 수 있다. 이는 V-PCC 구조 상에서 VVC 코덱에서 처리하는 2D 영상이 자연영상과는 다른 특성을 가진 영상이기 때문에 성능에 차이가 있는 것으로 보인다.

4. 결론

본 논문에서는 전통적인 비디오 코덱을 활용하여 3D 데이터를 압축할 수 있는 V-PCC 기술에 대해 분석하였다. V-PCC는 기존의 비디오 코덱을 활용하여 데이터를 압축할 수 있다는 점에서 큰 장점을 지니고 있다. 하지만 현재 MPEG-I에서 제공하는 V-PCC의 참조 소프트웨어인 TMC2에서는 HEVC만을 사용할 수 있다는 한계가 존재한다. 본 논문에서는 TMC2에서 VVC를 활용할 수 있도록 하는 방법을 제안하고 실험을 통해 실제로 3D 데이터를 압축할 수 있음을 보였다. 실험 결과, VVC를 활용한 V-PCC 방법은 HEVC를 활용한 V-PCC 방법에 비해 더 높은 압축 효율을 보일 수 있음을 보였다. 추후에는 occupancy map의 precision 옵션을 다양하게 설정할 수 있도록 하고, VVC에 3D 정보에 기반한 움직임 추정 및 보상 방법을 구현하여 보다 높은 부호화 효율을 얻을 수 있도록 하는 연구가 필요하다.

\*This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.2020-0-00452, Development of Adaptive Viewer-centric Point cloud AR/VR(AVPA) Streaming Platform)

#### 참 고 문 헌 (References)

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2020/N19092, "V-PCC Codec Description," Alpbach, April, 2020.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2020/W19085, "[V-PCC] V-PCC Test Model v9, Bruxelles," January, 2020.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2020/N19084, "Common test conditions for point cloud compression," Bruxelles, January, 2020.
- [4] Euee S. Jang et al., "Video-Based Point-Cloud-Compression Standard in MPEG:From Evidence Collection to Committee Draft," IEEE Signal Processing Magazine, Vol.36, Issue:3, May, 2019.
- [5] 임지현, 김준식, 김규현, "V-PCC 기반 3차원 포인트 밀도 확장성을 위한 LoD 제어 테이블 방법," 한국방송·미디어공학회 2019 학술발표대회, pp.192-185, 6월, 2019.
- [6] Gary J. sullivan, Jens-Rainer Ohm, Woo-Jin Han and Thomas Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding(HEVC) Standard," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.22, Issue:12, December, 2012.
- [7] Joint Video Experts Team(JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, "Versatile Video Coding(Draft9)," JVET-R2001, April, 2020.
- [8] Joint Video Experts Team(JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, "JVET common test conditions and software reference configurations for SDR video," JVET-N1010, April, 2020.
- [9] Joint Video Experts Team(JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, "Algorithm description for Versatile Video Coding and Test Model 9 (VTM 9)," JVET-R2002, April, 2020.