

## SHVC 기반 V-PCC 3 차원 포인트 밀도 확장성 지원 방안

황용해, 김준식, 김규현

경희대학교

hyh717@khu.ac.kr, junsik@khu.ac.kr, kyuheonkim@khu.ac.kr

A method of density scalability using SHVC codec in  
Video based Point Cloud Compression

Yonghae Hwang Junsik Kim Kyuheon Kim

Kyung Hee University

## 요 약

포인트 클라우드 콘텐츠는 3 차원 공간에 수십만 개가 넘는 점들의 집합으로 이루어진 3D 데이터로 각 점들은 3 차원 공간의 좌표 데이터를 필요로 하고 추가적으로 색 (color), 반사율 (reflectance), 법선 벡터 (normal vector) 등과 같은 속성으로 구성되어 있다. 기존 2D 영상보다 한단계 높은 차원을 가진 3D 포인트 클라우드를 사용자에게 효율적으로 제공하기 위해서 고효율의 압축 기술 연구가 진행되고 있는데, 다양한 장치에서 발생하는 성능 차이에 구애 받지 않고 사용자에게 알맞은 서비스를 제공하기 위해서는 다양한 확장성에 대한 연구가 필요하다. 이에 본 논문에서는 포인트 클라우드 압축에 사용되는 Video-based Point Cloud Compression (V-PCC) 구조에 SHVC 코덱을 적용하여, 밀도 확장성을 갖는 포인트 클라우드 압축 비트스트림을 생성하는 방안을 제안하였다.

## 1. 서론

포인트 클라우드는 3 차원 공간에 펼쳐진 수많은 점들로 이루어져 있다. 각 점들을 기본적으로 3 차원 공간의 좌표를 가지고 있으며 추가적으로 색, 반사율, 법선 벡터 등과 같은 정보를 가질 수 있다. 이러한 점들의 집합을 사용해서 특정한 객체를 표현할 수 있는데 사람을 촬영할 경우 수십만에서 백만 정도의 점을 사용하여 표현하는 것이 가능하다.

움직이는 사람을 초당 30 프레임의 빈도로 촬영하게 될 경우 10 초동안 300 프레임의 촬영만으로 약 5GB 이상의 데이터가 생성된다. 대상을 구성하는 점의 개수를 늘리거나 촬영 빈도를 높이는 것으로 3D 객체의 품질을 높이는 것은 가능하지만 품질이 높아질수록 용량이 크게 증가하고 3D 객체를 출력하는 장치에 큰 부담을 주게 된다.

현실에 있는 대상을 촬영하는 것으로 3 차원의 객체를 생성할 수 있기 때문에 포인트 클라우드는 VR/AR 분야에서 다양한 응용이 가능 할 것으로 기대되지만 데이터의 크기와 빠른 처리

속도를 요구하기 때문에 효율이 높은 압축 기술을 필요로 하게 된다.

AR 기술의 경우 스마트폰 환경에서 가장 많이 사용 되고 있는데, 보급형 제품부터 플래그십 제품까지 다양한 성능을 가지는 스마트폰의 특징 때문에, 높은 성능의 환경에서는 높은 화질의 서비스를 제공하고, 낮은 성능의 환경에서는 속도를 우선하는 서비스를 제공할 수 있는 능력이 필요로 하게 된다.

국제 표준 기구인 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 산하 Moving Picture Expert Group-Immersive (MPEG-I) 그룹에서는 Point Cloud Compression (PCC) 파트를 신설하고, 움직임은 가지는 3D 객체의 포인트 클라우드 데이터 압축을 위해 Video-based PCC (V-PCC) 기술의 표준화를 진행 하고 있다. V-PCC 기술은 기존에 사용되고 있는 영상 압축 기술인 High Efficiency Video Coding (HEVC) 기술을 사용한 압축 방식으로 3 차원의 포인트 클라우드를 2 차원의 데이터로 변환하여 비디오 압축 기술을 사용한다. 기존에 사용되고 있는 비디오 코덱을 사용하는 것으로 인하여 빠른 상용화가 가능하고 비디오 양자화 계수를 사용하여

비디오 압축 품질을 변경하는 등의 특징을 사용할 수 있다는 장점을 가지게 된다. 그러나 다양한 성능을 갖는 장치의 요구 조건을 만족하기 위해서는 각각의 장치들의 성능에 맞추어 다양한 품질의 압축 파일을 각각 생성해야하는 한계가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 HEVC 코덱을 기반으로 제작된 Scalable HEVC (SHVC) 코덱을 사용하여 하나의 압축 파일만으로 다양한 성능을 가지는 장치들이 각각의 성능에 최선의 품질의 데이터를 출력하는 것이 가능하도록 포인트 클라우드의 압축 데이터에 확장성을 추가하는 방법을 제안하고자 한다.

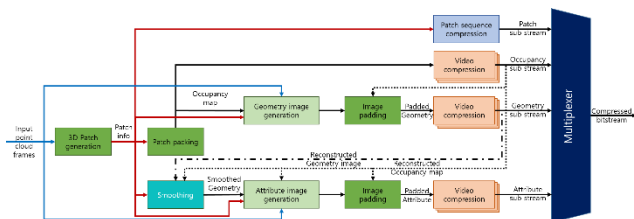
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 본 논문에서 사용되는 기반 기술인 V-PCC 와 SHVC 에 대해서 간단하게 설명한다. 3 장에서는 V-PCC 기술에서 SHVC 코덱을 사용하는 방법과 SHVC 기술을 기반을 밀도 확장성을 구현하는 방법에 대해서 설명한다. 4 장에서는 3 장에서 기술한 방식을 사용하여 V-PCC 기술에서 비디오 압축과 관련된 실험 결과를 확인한다. 그리고 5 장에서 결론을 맺는다.

## 2. 배경기술

2 장에서는 본 논문에서 다루는 V-PCC 기술의 구조와 SHVC 기술의 구조에 대해서 간단하게 설명한다.

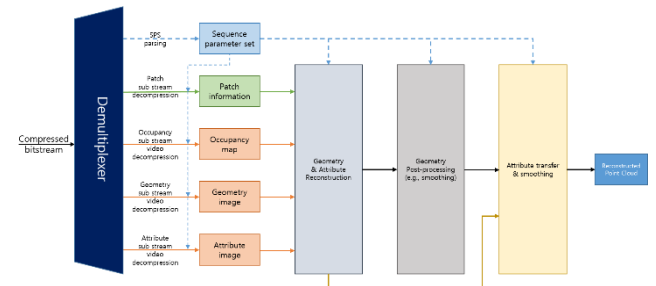
### 2.1 MPEG V-PCC

MPEG-I PCC 그룹에서 제안한 V-PCC 인코더의 구조는 <그림 1>과 같다. V-PCC 인코더는 입력되는 3 차원 포인트 클라우드를 6 개의 기준 평면을 사용하여 여러 개의 2 차원 패치(Patch)를 생성하는 것으로 시작되며, 생성된 패치들을 2 차원 그리드에 배치하기 위해서 패킹(Packing)작업을 진행한다. 2 차원 그리드에 패킹된 패치들의 정보는 occupancy map 을 생성하여 저장되고 이 정보를 사용하여 패치들의 공간정보를 가지는 geometry image 와 패치들의 색 정보를 가지는 attribute image 를 생성한다. 이러한 과정에 의해서 생성된 연속된 occupancy map, geometry image, attribute image 를 HEVC 비디오 코덱을 사용하여 각 종류별로 비디오 압축 과정을 진행한 후 생성된 각각의 압축 파일과 나머지 정보를 통합하여 하나의 파일로 저장한다.



<그림 1> V-PCC 인코더 구조도

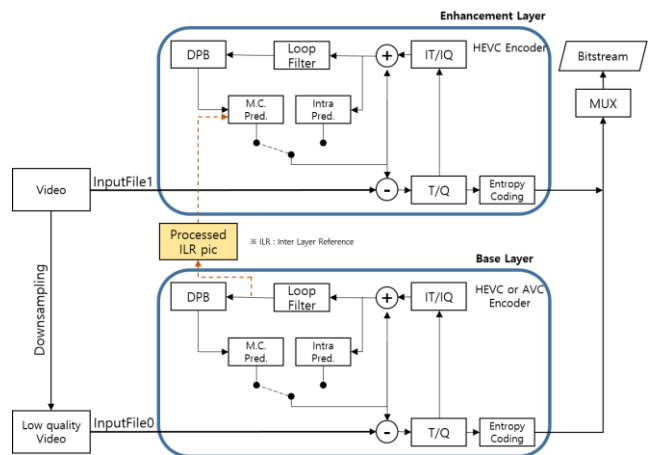
V-PCC 디코딩 과정은 <그림 2>와 같으며 압축된 정보로부터 우선 디코딩 과정에 필요한 파라미터와 occupancy map, 패치 정보, geometry image, attribute image 를 분리한 후 비디오 디코딩을 한다. Occupancy map 과 패치 정보를 사용하여 6 개의 기준평면에서 포인트들이 존재하는 평면의 위치를 알아내고 geometry image 의 정보를 사용하여 포인트들의 깊이 정보를 알아내는 것으로 객체의 형태를 만들어 낼 수 있다. 그리고 attribute image 로부터 색 정보를 가져와서 3 차원 객체의 색을 입히는 것으로 압축된 3 차원 객체를 복원할 수 있다.



<그림 2> V-PCC 디코더 구조도

### 2.2 MPEG SHVC

MPEG SHVC 기술은 기존 비디오 압축 기술인 HEVC 기술에서 확장된 표준 기술로 인코딩 과정은 <그림 3>과 같다. Base Layer (BL)와 Enhanced Layer (EL)로 레이어를 나누어 계층적 인코딩을 지원한다. BL 은 비교적 낮은 품질 혹은 낮은 해상도를 가진 영상의 정보를 가지고 있으며 BL 의 정보만을 가지고 디코딩이 가능하지만 EL 은 BL 보다 높은 품질 혹은 높은 해상도를 가진 영상의 정보와 BL 에서 가진 영상의 차이 값을 가지고 있다. 높은 해상도의 영상을 디코딩 하기 위해서는 BL 의 영상을 디코딩 한 다음 EL 에 저장된 정보를 사용하여 향상시켜야 영상의 정보를 복원할 수 있다.



<그림 3> SHVC 인코더 구조도

디코딩 과정에서 BL 을 선택할 경우 낮은 용량을 가진 영상을 짧은 시간에 복원을 하고 EL 을 선택할 경우 원본 영상을 복원하며 시간이 비교적 오래 걸린다. 이러한 특징을 이용하여 처리속도가 다른 여러 종류의 장비에서 하나의 압축된 데이터를 이용하여 장비의 연산능력이나 해상도에 알맞은 영상을 선택하여 디코딩하는 것이 가능해진다.

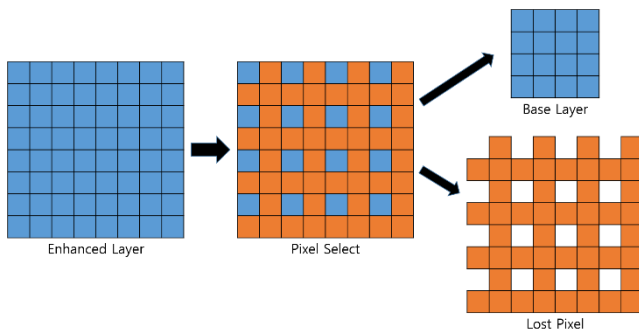
### 3. 본론

3 장에서는 V-PCC 기술에서 SHVC 를 사용하여 밀도 확장성을 구현하는 방법에 대하여 설명한다.

V-PCC 는 포인트 클라우드 데이터를 받아서 2D 영상을 만들어내고 HEVC 비디오 코덱을 사용하여 압축을 진행한다. 압축을 진행 할 때 HEVC 대신 SHVC 비디오 코덱을 사용하게 되면 하나의 압축 데이터에 2 개 이상의 영상을 포함 하도록 압축이 가능하다. V-PCC 에서 만들어진 영상의 해상도를 변경하여 다양한 해상도를 가지는 영상을 하나의 압축 데이터에 저장하게 되면 디코딩 과정에서 필요한 해상도의 이미지를 선택하여 포인트 클라우드 복원에 사용하는 것이 가능하다.

본 논문에서 제안하는 방법은 occupancy map 과 패치 정보는 변경하지 않고 geometry image 와 attribute image 인코딩 과정에서만 SHVC 비디오 코덱의 EL 에 원본 해상도의 이미지를 저장하고, BL 해상도를 낮춘 영상을 저장하는 것으로 진행된다.

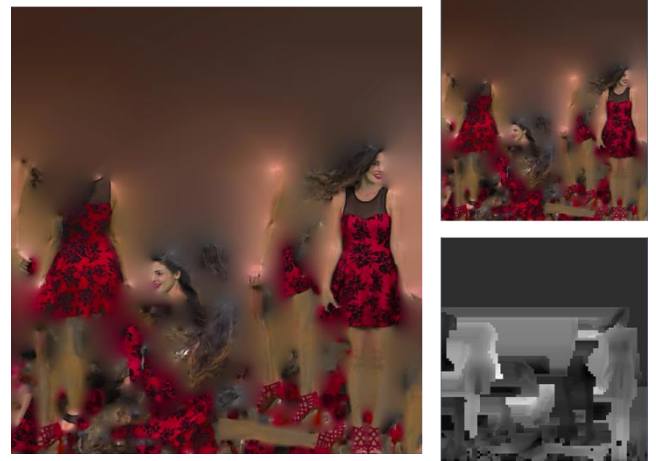
실험에서 사용하는 BL 에 저장된 영상은 원본 영상보다 가로, 세로 크기가 1/2 해상도인 영상을 사용했으며, 해상도를 줄이는 과정에서 2x2 공간의 픽셀에서 하나의 픽셀만 선택하여 해상도를 변경하였다.



<그림 4> 해상도 조절에 의한 데이터 소실

<그림 4>는 이러한 방식으로 해상도를 변경하는 과정과 EL, BL 에 들어가는 영상 데이터에 대해서 보여준다. 원본 영상의

3/4 에 해당하는 정보가 사라지고, 1/4 크기의 낮은 해상도의 영상이 만들어진다.



<그림 5> EL 에 저장된 attribute image(좌), BL 에 저장된 attribute, geometry image(우)

<그림 5>는 EL 에 저장되어 있는 attribute image 와 BL 에 저장되는 attribute image 와 geometry image 의 예시이다. EL 의 데이터를 사용해서 포인트 클라우드를 생성할 경우에는 V-PCC 에서 사용되는 방법과 동일한 과정으로 진행이 가능하지만 BL 을 사용하여 포인트 클라우드를 생성할 경우 n 번째 포인트  $p_n$  의 좌표를 구하기 위해서 아래의 <식 1>과 같이 계산을 해야한다.

$$\begin{aligned}
 p_n &= [x, y, z, r, g, b] \\
 x_{p_n} &= s_0 + u - u_0 \\
 y_{p_n} &= r_0 + v - v_0 \\
 z_{p_n} &= d_0 + Y_{Geometry} \left( \frac{u}{2}, \frac{v}{2} \right)
 \end{aligned}$$

<식 1> BL 포인트 클라우드 생성 좌표 공식

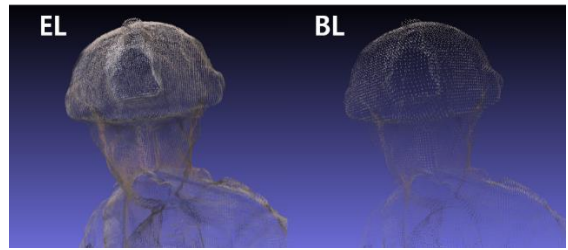
<식 1>에서  $s_0, r_0, d_0$ 는 패치에서 3 차원 좌표의 최솟값을 의미하고,  $u_0, v_0$ 는 2 차원 그리드에서 패치의 최솟값을 의미한다.  $Y_{Geometry}$ 는 geometry image 에서 해당하는 좌표의 밝기 값을 가져와서 깊이 정보로 사용한다.

BL 에서 가로와 세로 크기를 각각 1/2 한 영상을 사용하기 때문에, BL 을 사용한 포인트 클라우드 생성 과정에서는 geometry image 와 attribute image 에서 값을 가져올 때 기존에 접근하는 위치보다 가로, 세로 좌표가 1/2 위치의 값을 확인해야 occupancy map 과 패치 정보에서 확인한 위치의 깊이 정보와 색 정보를 정확하게 가져올 수 있다.

### 4. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 SHVC 비디오 코덱을 사용한 V-PCC 의 밀도 확장성을 지원하는 방법은 MPEG-I PCC 그룹에서 제공하는 V-PCC Test Model Category 2 v9.1 (TMC2v9.1)에 SHM v11.0 (HM-16.7) 비디오 코덱을 사용하여 구현하고, CTC (Common Test Condition)에서 실험하였다.

4 장에서는 EL 와 BL 을 사용하여 생성된 포인트 클라우드의 결과물을 확인하고, V-PCC 과정에 SHVC 인코더를 사용해서 같은 환경설정을 사용하여 단일레이어를 사용한 압축 파일과 출력 파일, 2 개 레이어를 사용한 압축 파일과 EL 출력파일, 2 개 레이어를 사용한 압축 파일과 BL 출력파일 3 가지 경우의 용량 대비 원본 포인트 클라우드와 PSNR 비교를 통하여 압축 성능을 확인한다.



<그림 7>EL 와 BL 의 밀도 변화

<그림 8>은 redandblack 포인트 클라우드를 사용한 포인트당 필요한 용량대비 원본과의 PSNR 을 그래프로 나타낸것이다. r1, r2, r3, r4, r5 의 5 가지 방식으로 비디오 압축에서 양자화 계수를 다르게 사용했으며, 순서대로 geometry 에서는 32, 28, 24, 20, 16 이 사용되었고, attribute 에서는 42, 37, 32, 27, 22 를 사용했다. r5 의 결과가 원본에 가장 가까운 데이터이다.

그래프에서 순서대로 단일레이어를 사용한 포인트 클라우드가 압축효율과 PSNR 이 좋게 나왔다. geometry 에서는 r5 에서는 70dB 로 가장 높았고, r1 에서는 63dB 까지 낮아졌다. 색정보의 경우 밝기 정보인 Luma 는 최대 38dB 에서 최소 29dB 까지 낮아지고, Cb 는 최대 42dB 에서 37dB, Cr 은 36dB 에서 28dB 정도의 값을 보인다.

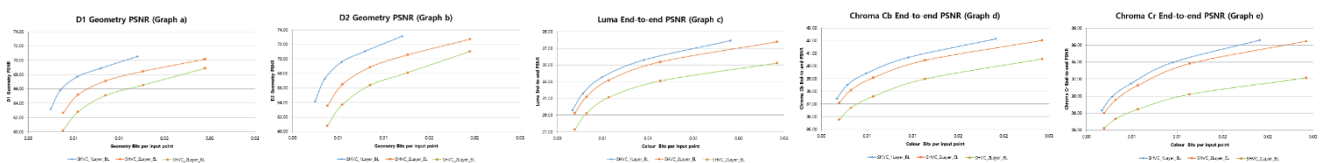
2 개의 레이어를 사용한 경우 EL 에서 만들어낸 포인트 클라우드의 경우 geometry, Luma, Cb, Cr 의 PSNR 이 최대 1dB 정도로 낮아지고 낮은 양자화 계수를 사용한 높은 품질의 비디오 압축일수록 포인트당 표현하는 비트의 크기가 크게 늘어난다. BL 에서 만들어낸 포인트 클라우드의 경우 EL 과 비교하여 geometry 는 PSNR 이 3dB 정도 낮아지고, Luma, Cb 는 1~2dB 정도 낮아지고, Cr 의 경우 2dB 에서 4dB 의 PSNR 감소가 발생한다.

상기 실험의 결과로 SHVC 를 사용하여 밀도 확장성을 지원하는 것으로 낮은 밀도를 가지는 포인트 클라우드를 생성할 수 있도록 하였고, 그로인해 발생하는 PSNR 과 포인트를 표현하기 위한 용량 변화를 확인했다.



< 그림 6>EL 와 BL 포인트 클라우드

<그림 6>는 본 논문에서 제안하는 밀도 확장성을 사용해 생성한 포인트 클라우드이다. BL 을 사용한 포인트 클라우드 데이터에서는 EL 보다 적은 개수의 포인트로 이루어져 밀도가 낮아진 모습을 확인하는 것이 가능하다. 아래의 <그림 7>에서는 포인트 밀도 변화를 더욱 뚜렷하게 확인할 수 있다.



<그림 8> 압축 용량 대비 PSNR 비교

## 5. 결론

기존에 사용되고 있는 HEVC 비디오 코덱을 사용하는 V-PCC 의 특징을 활용하여 SHVC 코덱을 사용해 밀도 확장성을 가지는 압축 파일을 제공하는 방식을 제시하였다.

본 논문의 제안 기술을 활용 시, 기존 V-PCC 에서 압축 과정에 다양한 밀도를 지원할 수 있는 방식으로 압축 데이터를 생성할 수 있으며, 하나의 압축 데이터만으로 사용자 장치의 성능에 알맞은 품질의 포인트 클라우드 데이터를 생성하는 것이 가능하다.

본 논문의 실험에서는 V-PCC 에서 사용하는 HEVC 보다 낮은 버전의 HEVC 가 적용된 SHVC 코덱을 사용하였기 때문에, MPEG V-PCC 에서 제공하는 데이터와 직접적으로 비교하기 힘들며, BL 가 절반의 해상도를 지원하는 2 개의 레이어만 동작하고 여러 개의 이미지를 참조한 방식인것에 비하여 압축 성능이 충분히 나오지 않는다는 한계점이 존재한다. 따라서 V-PCC 에서 사용되는 HEVC 코덱과 맞추어 높은 버전의 SHVC 코덱을 사용하고 환경설정을 변경하거나 이미지에 추가적인 수정 과정을 진행하는 방식으로 압축 성능을 높이고, 3 개 이상의 레이어를 사용하여 다양한 해상도 변화에 적합한 밀도 변화를 가능케 하는 등의 후속 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, Brussels, March, 2020.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2015/N15778, Scalable HEVC (SHVC) Test Model 11 (SHM11), Geneva, October, 2015
- [3] J. Kim, J. Im, S. Rhyu and K. Kim, "3D Motion Estimation and Compensation Method for Video-Based Point Cloud Compression", *IEEE Access*. Vol. 8, pp. 83538-83547, April 2020.
- [4] J. Kim, J. Im, S. Rhyu and K. Kim, "A method of level of details control table for 3D point density scalability in video based point cloud compression", *Proc. SPIE*, vol. 11137, September, 2019
- [5] G. Bjontegaarf "Calculation of average PSNR differences between RD-curves"