

## V-PCC 기반 동적 획득 포인트 클라우드 압축 방안

김준식, 임지현, 김규현  
경희대학교

[junsik@khu.ac.kr](mailto:junsik@khu.ac.kr), [dlawlgjs1780@khu.ac.kr](mailto:dlawlgjs1780@khu.ac.kr), [kyuheonkim@khu.ac.kr](mailto:kyuheonkim@khu.ac.kr)

## Dynamically Acquired Point Cloud Compression Method based on Video based Point Cloud Compression

Junsik Kim, Jiheon Im, Kyuheon Kim  
Kyunghee University

## 요 약

3D 영상 데이터 중 하나인, 포인트 클라우드는 3 차원 데이터를 정밀하게 획득 할 수 있다는 장점으로 인해 군사, 교육, 의료, 건축 등의 다양한 분야에서 사용되고 있다. 특히, 자율 주행 분야에서 사용되는 동적 획득 포인트 클라우드는 광범위한 영역을 표현하므로 방대한 양의 데이터를 갖고 있어, 효율적인 압축이 필수적이다. 비디오 코덱을 활용하여 3 차원 데이터 압축을 진행하는 V-PCC 의 경우, 신뢰성과 범용성이 높다는 장점이 있으나, 2D 비디오 영상을 활용하기 때문에 대용량 및 광범위한 데이터의 압축이 불가능하다는 한계를 지니고 있다. 따라서, 본 논문에서는 V-PCC 의 한계를 극복하고, 광범위한 영역의 정보를 표현하는 동적 획득 포인트를 압축하기 위해 포인트 클라우드를 분할 및 양자화하는 방안을 제시하였다.

## 1. 서론

3D 영상 데이터 중 하나인, 포인트 클라우드는 미디어 획득 및 처리 기술의 눈부신 발전으로 다양한 분야에서 각광받고 있다. 3D 영상 데이터는 3D 공간에서 속성 값(예시: 색상, 반사도, 투명도)을 갖는 점들로 획득되지만, 제한된 그래픽 데이터 처리 속도를 보완하기 위해서 획득된 점들을 다각형으로 근사화 하여 3D 데이터의 처리량을 줄이는 방법인 3D 메쉬 모델을 이용하였다.[1] 하지만, 급속도로 발전하는 하드웨어의 성능에 따라 3D 의 점들을 모두 처리할 수 있게 되었고, 이에 따라 획득한 점들의 군집인 포인트 클라우드 데이터를 그대로 사용하기 시작했다. 특히, 포인트 클라우드는 3 차원 데이터를 정밀하게 획득 할 수 있다는 장점으로 인해 군사, 교육, 의료, 건축 등의 다양한 분야에서 활용될 여지가 다분하다.[2] 그 중 자율 주행 분야에서는 포인트 클라우드를 기반으로 생성된 고정밀 대용량의 데이터인 HD Map 을 활용하여 자율 주행에 필요한 동적 교통상황 정보를 획득한다.[3] 위와 같은 HD Map 데이터는 Lidar 와 GPS, Camera 등의 센서를 활용하여 획득할 수 있으며, 이렇게 획득되는 포인트 클라우드를 동적 획득 포인트 클라우드라고 한다. 동적 획득 포인트 클라우드는 수십, 수백 만개의 포인트로 구성되어 표현 범위가 광범위하고 방대한 양의 데이터를 갖는다는 특징을 지니고 있어, 이를 송/수신 하기 위해서는 포인트 클라우드 데이터를 효율적으로 압축하는 방안이 필요하다.

본 논문에서는 동적 획득 포인트 클라우드의 효율적인 압축을 위해 ISO/IEC 산하의 Moving Picture Expert Group (MPEG)에서 진행하고 있는 Video based Point Cloud

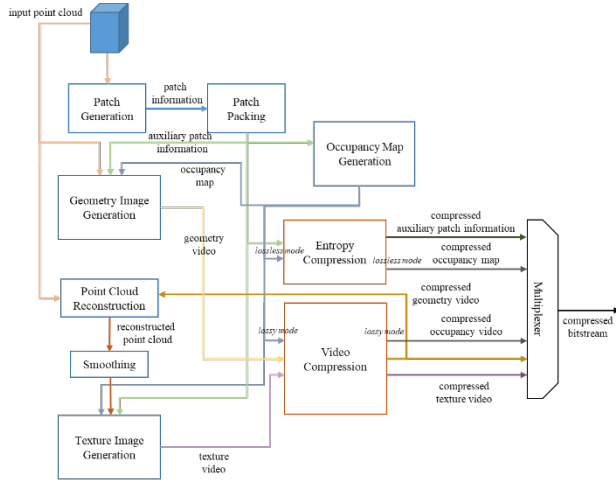
Compression (V-PCC)을 활용하는 방안을 제안한다. V-PCC 는 기존 2D 비디오 코덱을 활용하여 포인트 클라우드를 압축하는 방안으로, 기존의 압축 코덱을 활용하므로 신뢰성이 높고 보급 되어 있는 장비를 활용할 수 있어 범용성이 높다는 장점이 있다. 하지만, V-PCC 의 경우 비디오 코덱을 활용하므로, 압축 가능한 데이터의 양이 한정적이라는 단점이 존재한다. 이러한 한계를 극복하고 V-PCC 를 통해 동적 획득 포인트 클라우드를 압축하는 방안을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 V-PCC 에 대해 살펴본 후, 3 장에서는 V-PCC 에서 동적 획득 포인트 클라우드를 압축 하기 위한 분할 및 양자화 방안을 제안한다. 4 장에서는 제안한 기술을 이용한 동적 획득 포인트 클라우드의 압축 결과를 실험을 통해서 확인한다. 마지막으로 5 장에서는 본 논문에 대한 결론으로 끝을 맺는다.

## 2. Video based Point Cloud Compression (V-PCC)

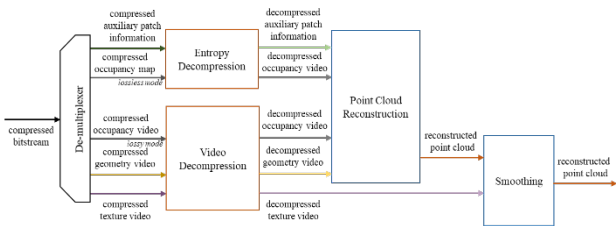
포인트 클라우드에 대한 수요가 증가하면서, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 산하 MPEG 에서는 포인트 클라우드 압축에 관한 표준화를 진행하고 있다. MPEG 에서의 포인트 클라우드 압축에 관한 표준화는 octree, trisoup 등을 기반으로 3 차원 데이터를 압축하는 Geometry based Point Cloud Compression (G-PCC)[4]과 3 차원 데이터를 2D 평면에 사영하여 기존 2D 비디오 코덱을 통해 압축하는 V-PCC 로 나뉜다. 그 중 V-PCC 는 점들이 촘촘하게 존재하여 특정 평면을 이루는 고정밀 포인트 클라우드와 시퀀스로 이루어진

포인트 클라우드 영상 압축에 특히 강점을 보이고 있다.



<그림 1> V-PCC 인코더 구조

V-PCC 의 인코더 구조는 <그림 1>과 같다. 포인트 클라우드를 2D 비디오 코덱으로 압축하기 위해서는 3D 를 2D 로 변환하는 방법이 필요하다. 이를 위해 V-PCC 에서는 입력 포인트 클라우드를 패치로 분할하여 2D 영상으로 변환한다. 패치는 포인트 클라우드의 법선 벡터를 기준으로 생성되며, 분할된 패치들을 2D 평면에 위치시켜 비디오 코덱으로 압축한다. 이때 geometry 영상에는 포인트 클라우드의 위치 정보를, texture 영상에는 색상 정보를 저장한다. 또한 occupancy map 을 통해 2D 평면 내 패치의 유무를 나타낸다. 각 영상은 2D 비디오 코덱을 통해 압축되며, 하나의 압축된 비트스트림으로 출력된다.



<그림 2> V-PCC 디코더 구조

압축된 비트스트림은 <그림 2>와 같은 디코더 구조를 통해 포인트 클라우드로 재구성 된다. geometry 영상과 occupancy map 그리고 패치의 패킹 위치, 법선 벡터 등의 정보를 갖는 auxiliary patch 정보를 활용하여 포인트 클라우드의 위치 정보를 재구성 한 뒤, 위치 정보만을 갖는 포인트 클라우드에 texture 영상으로 색상 정보를 입력 포인트 클라우드를 복원한다.[5]

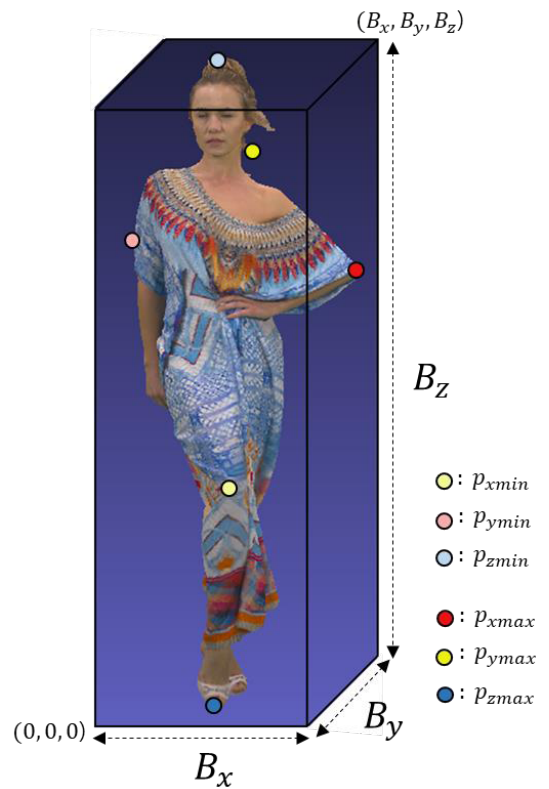
V-PCC 의 압축 방식은 기존 비디오 코덱을 그대로 활용할 수 있다는 점에서 큰 장점을 지니고 있지만, 3D 정보를 2D 영상으로 압축하는 과정에서 발생하는 여러가지 한계점을 지니고 있다. 첫째로 2D 비디오 코덱은 입력 영상의 크기를 HD(1080\*960) 에서 최대 8K(7680\* 4320) 정도로 상정하고 개발되었기 때문에, 광범위한 영역을 표현하고 있는 포인트 클라우드 압축이 불가능하다는 한계가 존재한다. 또한 2D 영상에 포인트 클라우드의 패치를 위치시켜야 하기 때문에, 포인트 클라우드 내 점들이 정수가 아닌 실수로 존재할 경우에 점의 손실을 피할 수 없다는 한계를 지니고 있다. 따라서 광범위한 영역을 실수로 표현하고 있는 동적 획득 포인트

클라우드의 경우 V-PCC 로 압축할 수 없다.

이에 본 논문은 위와 같은 한계를 극복하고자, 동적 획득 포인트 클라우드를 바운딩 박스를 사용하여 분할하고, 실수로 표현되어 있는 위치 정보들을 정수로 양자화하는 과정을 통해 V-PCC 를 활용하여 압축하는 방안을 제안한다.

### 3. 포인트 클라우드의 분할 및 양자화

동적 획득 포인트 클라우드의 경우 광범위한 영역의 데이터를 표현하고 있으므로, V-PCC 를 통한 압축을 위해서는 분할하는 방안이 필요하다. 동적 포인트 클라우드의 분할은 포인트 클라우드 데이터의 바운딩 박스(bounding box) 를 기반으로 수행된다.



<그림 3> 바운딩 박스의 예시

<그림 3>은 바운딩 박스의 예시를 나타내는 그림이다. 바운딩 박스는 포인트 클라우드의 점을 모두 담을 수 있는 육면체를 의미한다. 따라서, 포인트 클라우드 내 점의 최소값과 최대값의 차이가 바운딩 박스의 모서리 길이가 된다. <그림 3>의 Pxmin 와 Pymin, Pzmin 는 x, y, z 축 각각에서 가장 작은 값을 갖고 있는 점을 의미하며, Pxmax 와 Pymax, Pzmax 는 그와 반대로 가장 큰 값을 갖고있는 점을 의미한다. 이때 바운딩 박스 B의 크기는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$B_x = x_{P_{xmax}} - x_{P_{xmin}} \quad (1)$$

$$B_y = y_{P_{ymax}} - y_{P_{ymin}} \quad (2)$$

$$B_z = z_{P_{zmax}} - z_{P_{zmin}} \quad (3)$$

Bx와 By, Bz은 x, y, z 축에 대한 바운딩 박스의 모서리를 나타낸다. 이때 각 모서리의 길이는 수식(1), (2), (3) 과 같이

각 축의 최소값과 최대값의 차이로 나타낼 수 있다.

위와 같이 정의되는 바운딩 박스는 포인트 클라우드 일부분에 대해서도 적용할 수 있다. 이러한 성질을 활용하여 동적 획득 포인트 클라우드 내의 일부분을 바운딩 박스를 활용하여 묶어낸다. 이렇게 생성된 바운딩 박스를 본 논문에서는 서브 바운딩 박스라고 명명한다. 서브 바운딩 박스는 전체 포인트 클라우드의 일부분의 점들을 포함하고 있으므로, 모서리의 길이 또한 포함된 점들에 의해서 결정된다. 이때, 비디오 코덱에 입력 가능한 2D 영상 길이를 고려하여 서브 바운딩 박스의 크기를 결정하는 것으로 광범위한 영역을 일부분으로 분할하여 V-PCC 에 입력할 수 있다.

만일, 동적 획득 포인트 클라우드의 데이터가 정수로 구성되어 있다면, 위의 서브 바운딩 박스 생성 방안을 적용한 뒤 점들을 영점 기준으로 평행이동 하는 것만으로도 동적 할당 포인트 클라우드가 V-PCC 를 통해 압축 가능하도록 변환할 수 있다. 하지만, 동적 할당 포인트 클라우드는 대부분의 경우 실수 값을 갖기 때문에 이를 정수로 변환하는 과정이 필요하다. 따라서 다음과 같은 수식을 통해 서브 바운딩 박스 내의 점들의 위치를 변경한다.

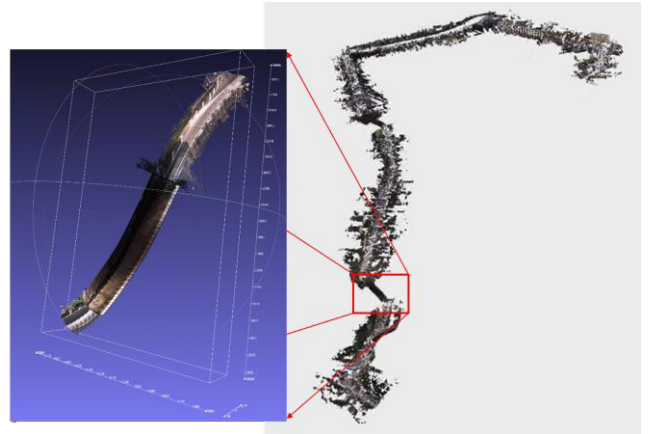
$$P \sim = \text{round}((P' - B'_{min}) \times \frac{W_{Codec}}{D_{max}}) \quad (4)$$

여기서,  $P'$  는 서브 바운딩 박스  $B'$  내의 점을 의미하며,  $P \sim$  는 수식 (4) 를 통해 양자화된 점을 나타낸다. 먼저, 서브 바운딩 박스 내 점의 위치를 영점으로 평행이동 시킨다. 이를 위해 서브 바운딩 박스 내 각 축의 최소값인  $B'_{min}$  만큼  $P'$  를 이동시킨다. 그 후 각 축에서 서브 바운딩 박스 내 점 사이의 거리 중 가장 큰 값인  $D_{max}$  을 계산하여 모든 점에 나누고, 비디오 코덱에 입력 가능한 2D 영상의 가로 최대 너비 값인  $W_{Codec}$  을 곱한다. 결국 점들 사이의 최대 길이가 비디오 코덱에 입력 가능한 최대 너비와 같아지며, 포인트 클라우드의 크기에 상관 없이 비디오 코덱을 통한 압축이 가능하게 된다. 또한 위의 계산 과정을 통해 얻은 값을 반올림하면 정수 값  $P \sim$  를 얻을 수 있다. 이렇게 얻은  $P \sim$  는 V-PCC 를 이용해 압축할 수 있게 된다. 수식 (4) 는 점들 사이의 최대 거리를 활용하므로, 점들이 산개 되어 있는 경우와 밀집 되어 있는 경우 모두에 적용할 수 있다.

양자화된 포인트 클라우드는 비디오 코덱이 압축 가능한 크기를 갖고 있고, 정수로 양자화 되어있기 때문에 V-PCC 인코더를 통해 압축 될 수 있다. 그 후 점을 복원할 경우에는  $D_{min}$  과  $B'_{min}$  을 auxiliary patch information 을 통해 V-PCC 디코더에 전달하면, 수식 (4) 를 역으로 계산하여 원본 바운딩 박스 내 점의 값을 실수 형태로 얻을 수 있다. 다음 장에서는 본 논문에서 제안하는 포인트 클라우드 분할 및 양자화 방안을 통해 동적 획득 포인트 클라우드를 V-PCC 에서 압축 및 복원한 결과를 보인다.

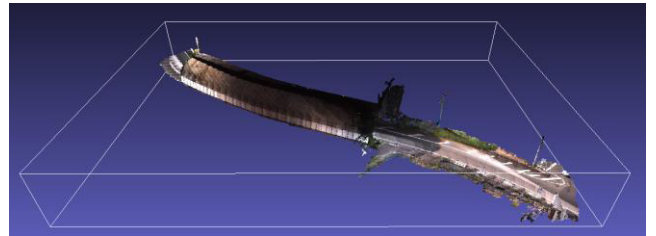
#### 4. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 포인트 클라우드 분할 및 양자화 방안은 MPEG-1 V-PCCv5.0 에서 CTC 를 기반으로 실험되었다.



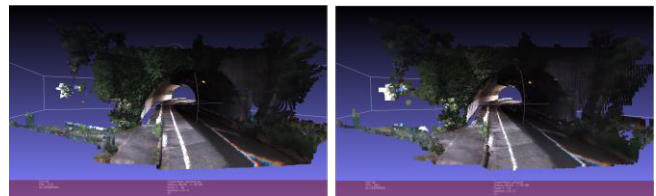
<그림 4> 분할 및 양자화된 포인트 클라우드와 동적 획득 포인트 클라우드

<그림 4>의 우측은 동적 획득 포인트 클라우드인 Mitsubishi 사의 'citytunnel' 데이터이며, 좌측은 실험에 사용한 분할 및 양자화된 포인트 클라우드 데이터이다. 위의 데이터를 V-PCC 를 통해 압축 및 복원한 결과는 <그림 5>이다.



<그림 5> V-PCC 를 통해 압축 및 복원한 결과

V-PCC 의 lossy 압축 환경을 사용하였으며, 비디오 코덱의 QP(양자화 계수)는 geometry 영상의 경우 16, texture 영상의 경우 22 가 사용되었다. <그림 5>의 결과는 V-PCC 를 통해 분할 및 양자화 된 데이터를 압축하고, 이를 복원한 뒤 실수 값으로 되돌린 결과이다. 결과에서 보여지듯이, 복원한 뒤에도 큰 오류 없이 원본과 유사한 결과가 나타났음을 확인할 수 있다. 이를 더 명확히 확인하기 위해, <그림 6>에서는 원본 포인트 클라우드와 제안 기술의 결과를 동일한 위치에서 비교한다.



<그림 6> 원본(좌) 포인트 클라우드와 제안 기술의 결과(우)

<그림 6>은 원본 포인트 클라우드와 제안 기술의 비교를 보이고 있다. 손실 압축임에도 불구하고 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다. 색상 정보의 경우 손실 압축의 특성으로 뭉개지는 현상이 보이지만, 위치 정보는 거의 동일한 결과가 나타나는 것을 알 수 있다. 점의 분포가 유사한 것과는 달리, 점의 개수는 유의미한 차이를 보였는데, 원본의 경우 632,814 개의 점을 갖고 있었으나, 제안 기술의 결과는 564,352 의 점만을 갖고 있어 약 10.82%가 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이는 V-PCC 의 특성으로 인해 발생한 것으로

판단할 수 있다. V-PCC 는 패치 생성시 발생하는 중복점 문제를 2 개의 계층만을 사용하여 극복한다. 따라서 2 개를 초과하는 중복점은 손실되고, 위와 같이 점의 개수가 손실되어 나타나게 되는 것이다. 하지만, 이는 육안으로는 판별이 불가능할 정도의 손실을 불러일으키며, 무손실 압축 시에는 모든 점을 손실 없이 압축할 수 있다.

## 5. 결론

V-PCC 는 기존의 비디오 코덱을 활용하여 3 차원 데이터를 압축할 수 있다는 점에서 큰 장점을 지니고 있지만, 비디오 코덱을 활용하면서 발생하는 한계점이 존재한다. 이러한 한계를 극복하고자 본 논문에서는 포인트 클라우드를 분할 및 양자화하여 V-PCC 구조의 한계를 극복하는 방안을 제시하였다. 동적 포인트 클라우드의 광범위한 영역을 분할하여 2D 비디오 코덱에서 허용 가능한 수준의 크기로 변환하는 방안을 제시하였으며, 생성된 패치를 2D 영상에 패킹하기 위해 실수 형태의 값을 정수로 변환하는 양자화 방안을 제시하였다. 마지막으로 제안한 기술을 분할 및 양자화 한 포인트 클라우드의 V-PCC 압축 결과를 통해 검증하였다.

본 논문의 제안 기술은 기존 V-PCC 의 한계를 극복하고, 광범위한 영역을 표현할 수 있는 동적 포인트 클라우드를 압축 가능케 했다는 데에 의의가 있다. 제안 기술을 사용하여 광범위한 영역의 포인트 클라우드를 압축할 경우, 다양한 3 차원 데이터를 사용자에게 효율적으로 송/수신할 수 있을 것이며, 이는 자율 주행 분야 뿐만 아니라 VR/AR, 실감 미디어 등 포인트 클라우드가 사용되는 많은 분야의 발전에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

\* 본 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 출연금 등으로 수행하고 있는 한국전자통신연구원의 360 영상 왜곡 최소화를 위한 프로젝션 포맷 연구의 위탁연구과제의 연구결과입니다.

### 참 고 문 헌 (References)

- [1] 김종오, 정지성, 김도형, 권순욱, 이재원, 주성연, 박진아, 권신애, 류관희, (2013). 3D 메시의 특징 추출을 위한 가이드라인 기반 기법. 한국HCI학회 학술대회, (), 834-836.
- [2] 박준규, 엄대용, (2018). 송전선 모니터링을 위한 포인트클라우드 데이터 활용. 한국산학기술학회 논문지, 19(11), 224-229.
- [3] 윤동진, 김재환, 김정하, (2012). 무인 자율주행 차량의 장애물 인식을 위한 LiDAR의 포인트 클라우드 데이터 집산화 및 분류. 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회, (), 1339-1343.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18174, G -PCC Test Model v5, Macao, January, 2019.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18176, V -PCC Test Model v5, Macao, January, 2019.