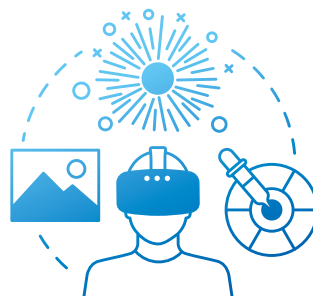


# MPEG 포인트 클라우드 압축 기술 동향

**장익선** \_ SC29 전문위원회 전문위원, 한양대학교 컴퓨터소프트웨어학부 교수

**장은영** \_ ETRI 자율무인이동체연구단 자율비행연구실 책임연구원

**차지훈** \_ ETRI 자율무인이동체연구단 자율비행연구실 실장



## 1. 머리말

점 구름 또는 포인트 클라우드라 불리는 미디어의 압축이 최근 MPEG을 비롯한 국제 표준화 단체들에서 주요 이슈로 떠오르고 있다. MPEG에서는 Video-based Point Cloud Compression(V-PCC) 표준과 Geometry-based Point Cloud Compression(G-PCC) 표준으로 각각 2019년과 2020년에 국제 표준으로 승인받을 것으로 예상된다. 본고에서는 MPEG에서 진행하고 있는 포인트 클라우드 압축 표준의 기술 및 표준 동향에 대해 소개하고자 한다.

포인트 클라우드는 3차원 공간 상에 표현된 점들의 모임을 지칭하는 말로, 원래는 3D 스캐너 등으로 획득된 삼차원 데이터를 Surface 모델인 다각형 메시, NURBS, 또는 CAD 모델 등으로 변환하기 위해 사용된 중간 데이터로 사용되었다. 최근에는 멀티코어의 등장, GPU의 혁신 등으로 포인트 클라우드를 그대로 사용한 응용이 다양하게 시도되고 있다. 특히, 최근 포인트 클라우드의 획득 기술의 발전과 다양화가 이루어지고, Head-mount display(HMD) 등

의 3D 복원 기술의 대중화와 결합하면서 전통적인 정지영상, 동영상 등의 시각 미디어를 뛰어넘는 새로운 몰입형 미디어의 핵심으로 포인트 클라우드가 주목받고 있다. 여기에, LIDAR 등 레이저 펄스를 이용한 포인트 클라우드 획득 기술이 드론 및 자율주행 자동차 분야에서 상용화되면서 포인트 클라우드 미디어의 사용범위는 기존의 엔터테인먼트 영역을 벗어나 문화유산, 기상관측, GIS, 자율주행 등 다양한 범위로 확대되고 있다.

포인트 클라우드는 작게는 수 십 ~ 수 백만 개에서 많게는 수 십억 개에 이르기까지 그 크기가 다양하다. 비디오 데이터와 마찬가지로 점의 개수가 증가할수록 그대로 사용하기 보다는 압축이 필수적인 요소가 된다. 비디오의 경우 색 정보만 압축하면 되지만, 포인트 클라우드의 경우는 색 정보는 물론이고, 3차원 공간 좌표 정보도 압축해야 하므로 그만큼 압축 기술의 필요성과 복잡도가 더 크다고 할 수 있다.

MPEG은 2013년부터 포인트 클라우드 압축의 논의를 시작했다. 하지만, 본격적인 시작은 2017년 Call for Proposals부터라고 할 수 있다. 삼성전자, 애플, 화웨이, LG전자 등 주요 모바일 기업들이 참여

하고 있는 가운데, 2년 이상의 표준화 절차를 거쳐 V-PCC와 G-PCC 두 개의 표준이 만들어지고 있다.

## 2. 포인트 클라우드 데이터와 응용

### 2.1 포인트 클라우드 데이터의 획득

포인트 클라우드는 앞에서 설명한 바와 같이 공간 상의 점들의 집합이다. 한 점은 공간 상의 3차원 좌표, 색, 법선, 반사도 등 필요 정보를 포함할 수 있다. 한 점에 필요한 모든 정보를 벡터의 형태로 포함할 수 있다는 점에서 포인트 클라우드가 다양한 미디어를 표현할 수 있다.

포인트 클라우드 획득은 [그림 1]과 같이 다양한 3차원 형상 획득 방법을 통하여 가능하다[1]. 획득 장치로 보면 [그림 2]와 같이 다양한 형태의 획득 장치를 통하여 포인트 클라우드를 획득할 수 있다[2]. 하지만 크게 보면 [그림 1]에서 구분한 바대로 센서의 종류에 따라 능동적 또는 수동적 형태의 두 가지로 분류해 볼 수 있다. 먼저 수동적인 형태의 대표적인 경우는 카메라로, 최신 휴대폰의 경우에도 3개 이상의 렌즈를 사용하여 3차원 포인트 클라우드의 획득이 가능하다. 능동적인 형태의 대표적인 경우로 자동차 등에 사용되는 LIDAR를 들 수 있다([그림 3] 참조).

### 2.2 포인트 클라우드 응용과 요구사항

MPEG에서 생각하는 응용분야는 다음과 같다[4].

- 실시간 3차원 몰입형 원격현실(Real-Time 3D immersive telepresence)
- 대화형 시차를 가진 가상현실 콘텐츠(Content VR viewing with Interactive Parallax)

- 3차원 자유시점 스포츠 중계(3D Free viewpoint Sport Replays Broadcasting)
- 지리 정보 시스템(Geographic Information Systems)
- 문화 유산(Cultural heritage)
- 대형 3차원 지도를 이용한 자동 주행(Autonomous Navigation Based on Large-Scale 3D Dynamic Maps)

이러한 예상 응용 분야를 바탕으로 MPEG에서는 포인트 클라우드 압축 기술에 대한 요구사항을 정리하였고, 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

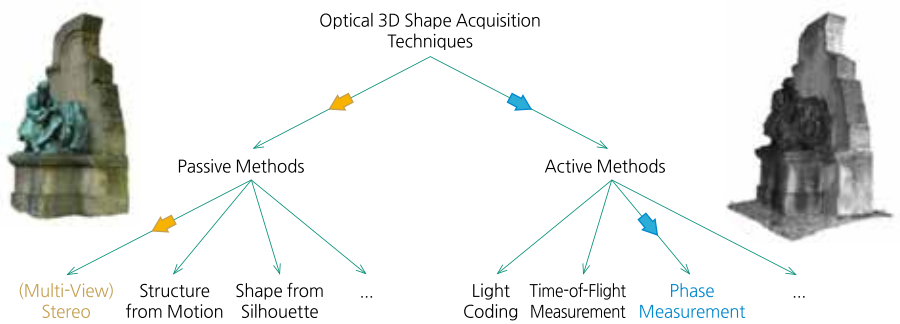
- **무손실 압축:** 기하 정보, 색 정보 등의 데이터에 대한 무손실 압축
- **근접 무손실 압축:** 기하 정보, 색 정보 등의 데이터에 대한 일정 오차를 보장하는 손실 압축
- **손실 압축:** 기하 정보, 색 정보 등의 데이터 복원 화질을 최대로 보장하는 손실 압축

### 2.3 테스트 데이터

MPEG은 포인트 클라우드 응용에 쓰일 데이터를 정지 객체(Static Object), 역동적인 객체(Dynamic Object), 역동적 획득(Dynamic Object) 등 세 개의 범주로 구분하였다. 정지 객체와 역동적 객체는 영상에서 정지영상과 동영상의 구분과 유사하다. 역동적 획득은 LIDAR 등의 능동적 센서를 사용하여 획득되는 데이터를 지칭한다([그림 4] 참조).

## 3. 포인트 클라우드 압축 표준

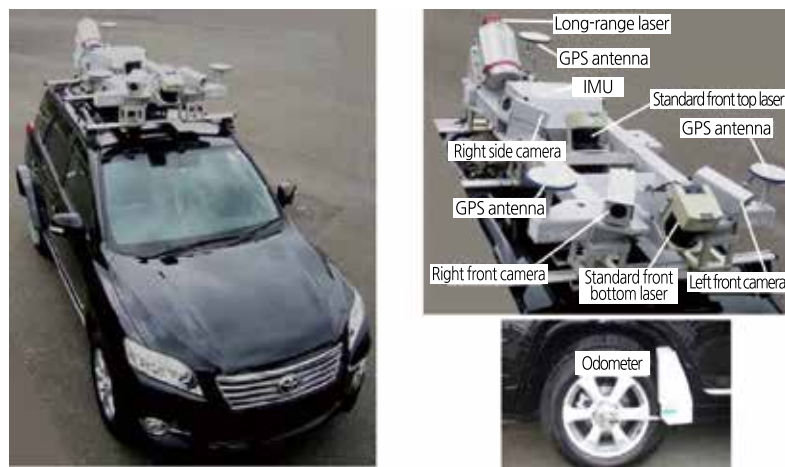
MPEG에서는 앞서 소개한 세 가지 데이터 범주에 대하여 V-PCC와 G-PCC의 두 개의 표준을 개발하고 있다. V-PCC는 세 가지 범주 중에서 역동적 포인



[그림 1] 포인트 클라우드 획득을 위한 방법의 분류[1]



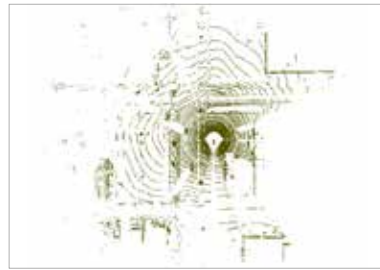
[그림 2] 다양한 3차원 포인트 클라우드 획득 장치[2]



[그림 3] 미쯔비시에서 3차원 포인트 클라우드 획득을 위해 사용한 장비의 예[3]

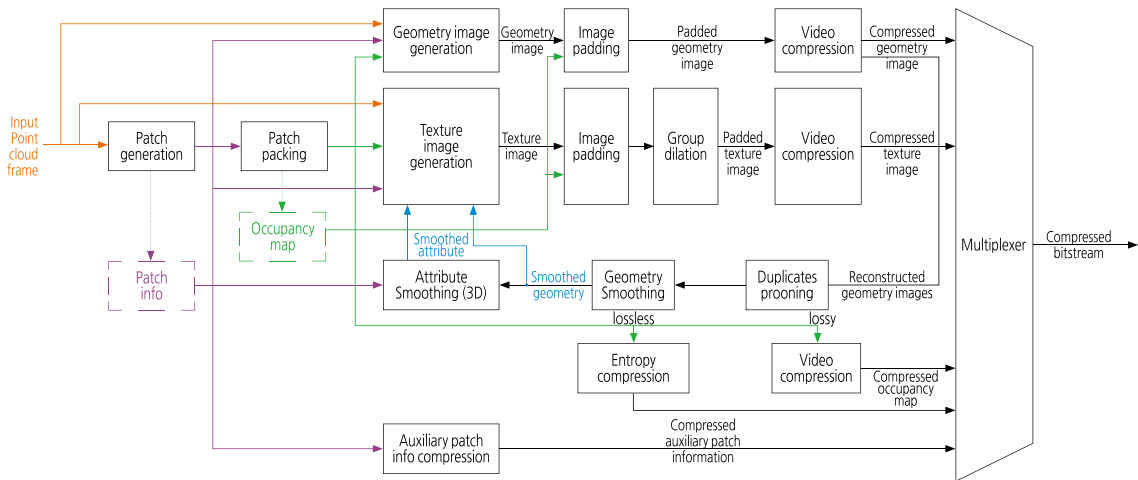


(a) 정지 객체  
(Façade\_00009.ply, 포인트수: 1,602,990)



(b) 역동적 획득  
(Ford\_campus, 프레임 0000, 프레임 내 포인트 수: 99,904)

[그림 4] 테스트 데이터의 예



[그림 5] V-PCC 표준의 압축 절차

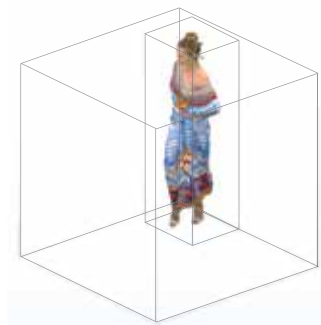
트 클라우드 객체를 압축하는 표준이고, 나머지 두 범주의 포인트 클라우드는 G-PCC를 사용하여 압축한다.

### 3.1 V-PCC 표준

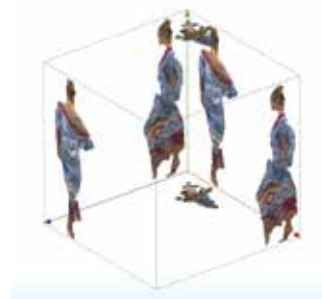
V-PCC 표준은 역동적 포인트 클라우드를 압축하기 위해 개발되었고, 가장 뚜렷한 특징은 비디오 코덱을 기반 코덱으로 재사용한다는 점이다. [그림 5]에서와 같이, V-PCC 부호화 과정은 크게 3차원 포인트 클라우드 정보를 2차원 패치로 분해하여 영상 정보로 모으는 패치 생성(Patch Generation) 과정과

이 영상을 프레임별로 압축하는 비디오 압축(Video Compression) 과정으로 설명할 수 있다.

패치 생성 과정은 [그림 6]과 같이 매 프레임별 포인트 클라우드의 바운딩박스를 결정하고 바운딩박스 6면체 표면에 가장 가까운 포인트들을 정사영의 형태로 투사하여 패치를 만들어 내는 것으로 시작된다. 이 패치들은 투영된 면의 종류, 패치의 크기, 패치의 상대적 위치 등을 별도의 메타 데이터로 기록한 후, 하나의 영상에 모으게 된다. [그림 7]과 같이 포인트들의 3차원 좌표 값에 해당하는 기하정보 영상과 색 정보 영상 그리고 각 영상의 영역에서 패치

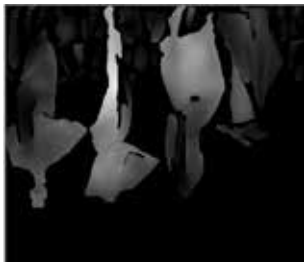


(a) 3차원 역동적 포인트 클라우드의 바운딩 박스화

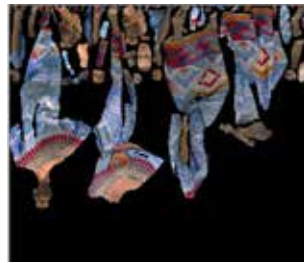


(b) 바운딩 박스의 표면에 포인트 클라우드의 정사영 투사 후 패치 획득

[그림 6] 패치 제너레이션 과정



(a) 기하 영상



(b) 색 영상



(c) 점유 정보 영상

[그림 7] 세가지 패치 영상

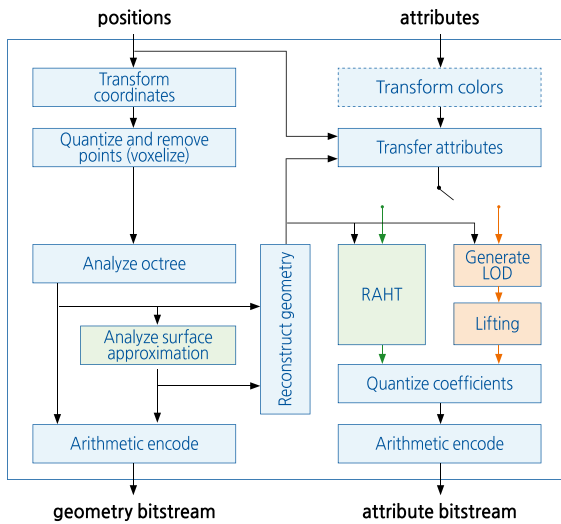
에 해당되는 화소와 그렇지 않은 화소를 구분짓는 점유 영역 정보 등 모두 세 가지의 비디오 프레임이 만들어지게 된다.

비디오 압축 과정은 이렇게 생성된 세 개의 비디오 프레임을 비디오 코덱을 사용하여 압축하는 과정이다. 패치 영상이 비디오 영상으로 표현되기 때문에 비디오 코덱은 어떤 종류이든 상관 없다. 그러나 MPEG에서는 HEVC 표준이 공식적인 비디오 코덱 표준으로 사용되었다. 올 초에 있었던 126차 MPEG 회의에서 비공식적으로 발표된 내용에 따르면 V-PCC는 원본 대비 대략 175:1 정도의 손실 압축이 가능하다.

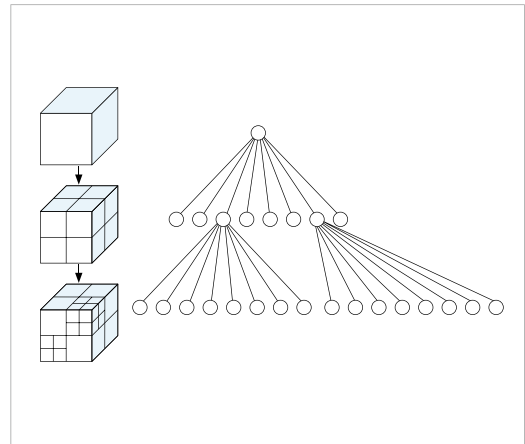
### 3.2 G-PCC 표준

[그림 8]에서와 같이, G-PCC는 정지 객체 범주와 역동적 획득 범주 등 두 가지 포인트 클라우드 데이터를 압축하기 위한 코덱이다. 원래는 두 가지 별개의 방식이었지만, 그림에서 보는 것처럼 몇 가지 압축 모드를 제외하고는 하나의 방식으로 통합되었다. G-PCC 부호화 절차는 크게 기하 정보 압축과 색 등 부가정보 압축의 두 과정으로 나뉜다.

기하 정보 압축 과정은 8진트리 구조화 과정을 거쳐 3차원 공간 좌표를 8진트리로 표현하는 과정과 8진트리의 최종 노드 정보를 엔트로피 압축하는 과정으로 구성된다. 입력 비트의 깊이만큼 8진트리를 구성하면 기하정보의 무손실 압축이 가능하다. 그렇지



(a) 부호화기 구조



(b) 8진트리 구조화의 예

[그림 8] G-PCC 부호화기 절차

않은 경우, 손실 압축으로 이어지고 이때 손실되어 새롭게 구성되는 기하정보에 근거하여 색 등 부가정보의 압축 과정이 결정된다.

색 정보 압축과정은 두 가지 손실 압축 과정이 있는데, 하나는 기하정보를 이용하여 계층적인 압축을 진행하는 RAHT(Region adaptive hierarchical transform) 방식과 거리에 근거한 LOD를 구성하여 계층적으로 부가 정보를 표현하고 그 예측 오차를 리프팅 방식으로 압축하는 방식 등이 있다.

#### 4. 맺음말

본고에서는 최근 MPEG에서 표준화가 진행되고 있는 V-PCC와 G-PCC 압축 표준을 소개하였다. 이 두 개의 표준이 올해와 내년에 완성되어 국제표준이 될 것으로 예측되고 여기에 참여한 기업들의 활발한 사업화가 기대된다. **TTA**

※ 이 논문은 2017년도 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017-0-00067, 안전한 무인 이동체를 위한 ICT 기반기술 개발).

#### [참고문헌]

- [1] Weinmann, Martin. Reconstruction and Analysis of 3D Scenes: From Irregularly Distributed 3D Points to Object Classes. Springer, 2016.
- [2] Rico Richter, 'Capturing Reality with Point Clouds: Applications, Challenges and Solutions', in Oracle Spatial and Graph Summit at BIWA Summit 2017, January 2017.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/M40495, 'Mobile Mapping System Point Cloud Data from Mitsubishi Electric', Hobart, AU, April, 2017.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2016/N16331, 'Use Cases for Point Cloud Compression (PCC)', Geneva, June 2016.