

MPEG Video-based Point Cloud Compression 표준 소개

□ 장의선 / 한양대학교

요약

본 고에서는 최근 국제표준으로 완성된 MPEG Video-based Point Cloud Compression(V-PCC) 표준 기술에 대해 소개하고자 한다. AR/VR 등 새로운 미디어 응용의 출현과 함께 그 관심이 3D 그래픽 데이터에 더 많이 모아지는 가운데, 지금까지는 효율적인 압축에 관심이 높지 않았던 포인트 클라우드 데이터의 표준 압축 기술로 만들어진 V-PCC 표준의 표준화 현황과 주요 응용분야, 그리고 주요 압축 기술에 대하여 살펴보고자 한다.

I. 서론

포인트 클라우드는 원래는 3D 모델의 획득 과정에서 추출된 샘플들의 모임을 의미하는 말이다. 전통적으로 포인트 클라우드는 모델의 획득 과정에서 주로 사용되었다. 저장, 전송, 렌더링 과정에 직접 사용하기에는 포인트의 수가 많아 빠른 처리에 부담이 되었기 때문이다.

지난 수십 년간 끊임없이 진화하고 있는 컴퓨팅 성능은 그래픽 데이터 처리 부문에서도 많은 변화를 가져왔다. 최근 포인트 클라우드 서비스가 전통적인 그래픽, 게임, AR/VR 등의 영역을 넘어서서 자동차나 드론 등에 탑재된 LIDAR 등과 같은 레이저 센서를 이용한 위치 기반 서비스의 영역으로 확대되면서 공간상의 점 기반 서비스의 중요성이 더욱 확대되어가고 있다.

포인트 클라우드 데이터의 압축이 처음 MPEG에 제안된 것은 2013년부터이다. 이를 바탕으로 2014년부터 탐색 실험(Exploration experiment)을 시작하였다. 초기에는 대학과 연구소의 순수 탐색 실험으로 시작하였으나, AR/VR 등의 관심이 고조되면서 미디어 관련 주요 기업들이 포인트 클라우드에 기반한 몰입형 3차원 미디어 서비스를 제공하려는 목적으로 더 많이 참가하게 되었다. 탐색 실험의 결과와 참여 기업들의 적극적인 표준화 활동으로 MPEG은 2017년에 포인트 클라우드 압축을 위한 CfP(Call for Proposals)를 2017년에 개시

하고 적극적인 표준화를 시작하였다. CFP의 결과로 삼성전자, 애플 등이 포함된 모두 13개의 기술 제안이 이루어졌고 3가지 데이터 유형에 따른 성능 평가를 거쳐 3개의 테스트 모델(Test model)이 선정되었다. 테스트 모델의 선정 기준은 다양한 요구사항 중에서도 압축 성능을 우선하였다.

3가지 유형의 테스트 모델은 TMC-X(Test Model Category X, X = 1, 2, 또는 3)으로 구분하여 표기하였다. 테스트 모델 가운데 TMC1과 TMC3는 주어진 포인트 클라우드의 기하 정보를 8진트리 형태로 표현하고 이를 압축하는 방식을 공통적인 기반으로 하고 있다는 점이 특징이다. 반면에 TMC2는 3차원 좌표를 먼저 2차원 맵(map)에 투영하고 해당 투영 정보와 2차원 맵으로 표현된 기하 정보와 칼라 정보를 압축하는 방식이다. TMC2가 다른 테스트 모델과 구별되는 가장 큰 특징은 기하 정보와 칼라 정보를 압축하기 위해 비디오 코덱을 사용한다는 점이다. 더 정확히는 코덱 애그노스틱(Codec-agnostic) 방식으로, 2차원 맵을 압축하는 방식이라면 어떤 형태의 코덱도 적용이 가능하다. 현재 TMC2에는 MPEG의 최근 코덱인 High Efficiency Video Coding(HEVC) 코덱이 채용되어 있다.

2018년에 TMC2와 TMC13에 정식 명칭이 결정되었다. TMC2에는 비디오 기반 포인트 클라우드 압축(Video-based Point Cloud Compression, V-PCC)라는 명칭이, 그리고 TMC13에는 기하정보 기반 포인트 클라우드 압축(Geometry-based Point Cloud Compression, G-PCC)라는 명칭이 각각 결정되었다. V-PCC 표준은 2018년에 위원회안(Committee Draft, CD) 표준이 시작되었고, 2019년에 국제표준안(Draft International Standard, DIS) 단계에 진입하였다. 2020년에는 최종 국제표준안(Final Draft International Standard, FDIS) 단계에 들어섰고, 2021년 4월에 국제표준(International Standard, IS)로

제정 공표되었다[1].

II. 포인트 클라우드 응용 및 요구사항

1. 포인트 클라우드 응용

획득 장치의 다양성만큼이나 획득된 포인트 클라우드가 사용될 수 있는 응용분야 또한 다양하다. MPEG에서 정리한 문서에 따르면 다음과 같은 서비스로 정리할 수 있다.

- Real-Time 3D immersive telepresence
- Content VR viewing with Interactive Parallax
- 3D Free viewpoint Sport Replays Broadcasting
- Geographic Information Systems
- Cultural heritage
- Autonomous Navigation Based on Large-Scale 3DDynamic Maps

MPEG에서 정리한 서비스 시나리오는 크게 실시간 3차원 몰입형 Telepresence, 문화 유산을 위한 포인트 클라우드 서비스, Interactive/Immersive 포인트 클라우드 서비스, GIS/Navigation을 위한 포인트 클라우드 서비스의 세 분야로 나눌 수 있다.

2. 포인트 클라우드 압축 요구사항

포인트 클라우드를 이용한 서비스는 그 용도와 사용 범위가 다양하지만, 몇 가지 공통점을 추릴 수 있다. 첫 번째는 무손실 및 손실 압축의 필요성이다. 좋은 화질의 정지 영상 한 장의 해상도가 8백만 화소(4Kx2K)를 넘어간다. 8백만 개의 정지 영상 한 장에는 공간상의 위치

정보는 포함되어 있지 않다. 이미 정의된 2차원 평면 안에 스캔 오더를 따라 8백만 화소들이 정렬되어 있기 때문이다. 그런데 각 화소의 공간 정보가 추가적으로 압축되어야 하고, 화소와 화소 간의 연관성도 없어진 상태이므로 기존의 비디오 압축과는 달리 압축에 대한 더 많은 연구가 필요한 상황이다.

- 3D Point Cloud Representation:

- X, Y, Z: 3D 공간 좌표를 이룬다. 공간 좌표는 Voxel화할 경우, 최소 좌표 간격이 실제 공간의 해상도를 지칭과 피동적(passive)인 방법으로 구분된다. 그러나 현재의 표현 영역에서는 실제 공간상의 해상도를 표현하지 않고, 수치로 주어진 가상 공간의 영역 내에서 표현되는 값으로 표현되어 있다.
- Pre-defined attributes(예: colour, reflectance, normal vectors and transparency): 각각의 포인트에 연결되는 색, 반사도, 법선, 투명도 등의 정보가 공간 정보 외에 추가될 수 있다.
- View-dependent attributes: 대용량 포인트 클라우드가 경량의 디바이스에서 렌더링되어야 하는 상황에 필요한 기능으로, 관찰자의 시점, 터미널의 렌더링 능력 등을 고려하여 필요한 추가 기능을 제공할 수 있도록 하였다.
- Time-varying 포인트 클라우드: 움직임이 없는 정적인(static) 포인트 클라우드와 시간적으로 변하는(dynamic) 포인트 클라우드를 모두 포함하여 표현하도록 하였다.

- 3D Point Cloud Compression:

- 손실(Lossy) 압축: 원격 채팅, 게임 등의 약간의 손실이 주어지더라도 미디어의 화질에 크게 영향을 주지 않는다고 판단되는 경우에 위치 정보와 색 등 속

성값(Attribute)이 원본과 다르게 압축되거나 생략될 수 있다.

- 무손실(Lossless) 압축: 원본 데이터의 최대 품질의 재현을 가능하게 하고자, 원본의 데이터 정밀도(Precision)를 최대한 잃지 않고 유지하며, 포인트의 수도 원본과 같이 유지하는 것이 무손실 압축의 목표이다. 이 때, 부동소수점으로 입력된 값의 경우, 일정 범위의 임계치(Tolerance Value)를 설정하고 해당 임계치 이내의 오차만 가능하도록 하는 유사 무손실(Near Lossless) 압축도 무손실의 범위로 간주하고 있다.
- Progressive and/or scalable 압축: 전체 비트스트림이 다 전송되지 않거나, 일부만 전송되어도 포인트 클라우드의 복원이 가능하도록 점진적인(progressive) 복원 또는 가변 해상도를 적용한(scalable) 복원이 가능하도록 하는 기능이다.
- View-dependent coding: 데이터의 크기, 데이터 전송 속도, 단말기의 계산 용량 등의 제약에 따라, 단말기에서 한꺼번에 포인트 클라우드를 복원하기 어려운 경우, 비트스트림의 일부에 접근하여 부분적인 전송, 복호화, 복원이 가능하도록 하는 기능이다.
- 공간 내의 임의 접근(Random Access): 다이나믹 포인트 클라우드와 같이 시간에 따라 변화하는 포인트 클라우드의 경우 특정 시간의 포인트 클라우드에 비트스트림의 구조에 따른 순차적 접근이 아닌 임의의 접근이 가능하도록 하는 기능이다.
- 시간상의 임의 접근
- Error Resilience: 데이터 전송 시 오류를 최소화하는 기능이다.
- Temporal Variations: 시간위치에 따른 프레임들의 의존성이 지원된다.
- 저 지연성(Low Latency): 하나의 포인트 클라우드

프레임의 부호화 및 복호화에 걸리는 시간, 즉 낮은 지연성을 지원한다.

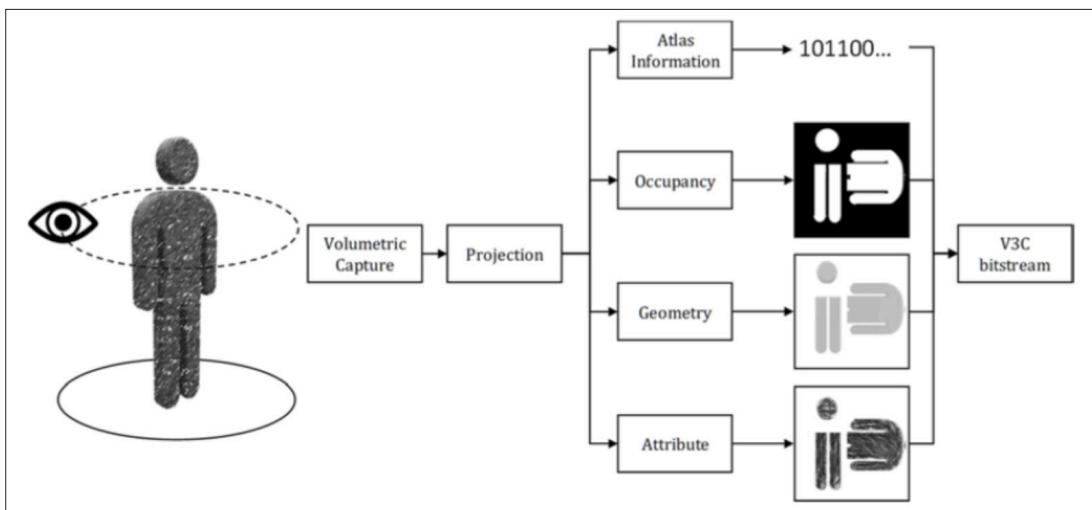
- 저 복잡도: 부호화기 및 복호화기의 구현이 사용될 기술의 제약사항의 범위 안에서 가능할 수 있게 표준이 설계되어야 한다.
- 병렬 부호화 및 복호화가 지원될 수 있다.

III. V-PCC 부호화 기술[2]

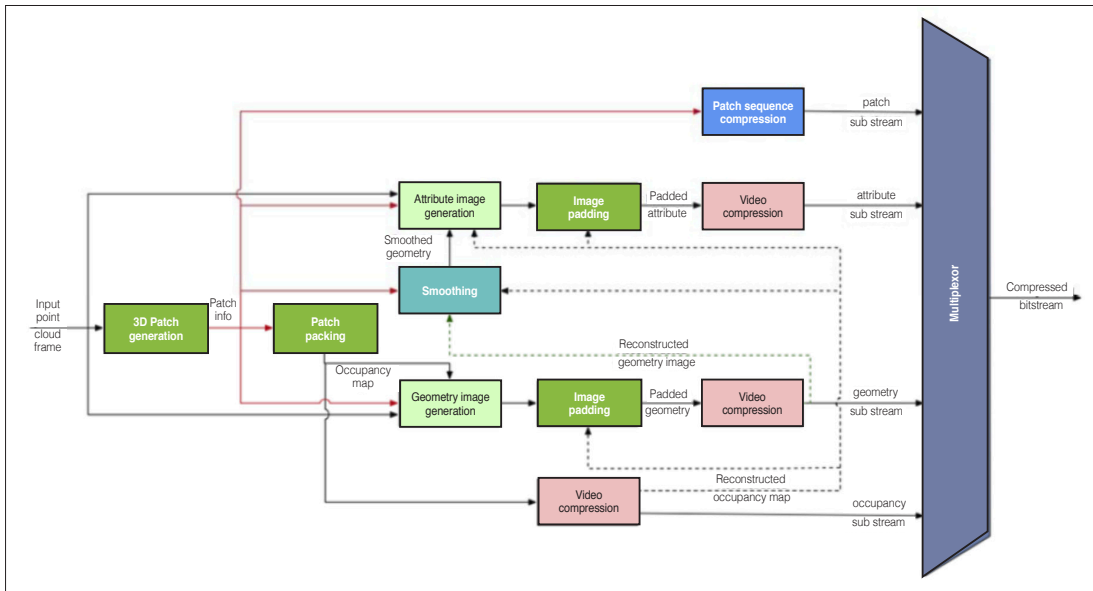
V-PCC 코덱을 잘 이해하기 위해 먼저 이해해야 할 것이 있다. 그것은 V-PCC 표준의 Visual Volumetric Video-based Coding(V3C) 표준이라는 큰 우산 속에 있다는 것이다. 당초에는 V-PCC 표준 단독으로 표준이 진행되었지만, 개발 과정동안 MPEG Immersive Video(MIV) 코덱 표준 역시 높은 레벨의 구문을 공유하기로 결정되면서 V3C 표준과 V-PCC 표준의 두 부분으로 나뉘게 되었다. 본 고에서는 이 두 개의 구분을 두지 않고 V-PCC라는 이름으로 소개하기로 한다.

〈그림 1〉에서와 같이 3차원 포인트 클라우드는 3차원 정보(기하 정보+칼라 정보)가 2차원 비디오 맵으로 변환되어 비디오 코덱으로 압축되는 과정을 거친다. 이때 지도(atlas), 점유 정보(occupancy), 기하 정보(geometry), 속성 정보(attributes 또는 colors) 등으로 분류되고 지도를 제외한 나머지 세 가지 정보는 비디오 맵으로 변환되며, 변환된 비디오 맵의 정보를 다시 원래의 포인트 클라우드로 변환할 수 있는 정보가 지도 정보에 포함되어 별도로 압축된다.

현재 MPEG V-PCC 표준 참조 소프트웨어에 구현된 V-PCC 압축 과정은 〈그림 2〉와 같다. 〈그림 1〉에서 언급한 네 가지 정보가 압축되어 하나의 비트스트림으로 통합되는 것을 볼 수 있다. 〈그림 2〉의 붉은색으로 표시된 Video compression 부분이 비디오 코덱을 의미하고, 그 외의 과정은 3D 포인트 클라우드의 2D 변환 과정(또는 조각 생성) 작업이다. 통상적으로 부호화 과정은 크게 2D 조각(patch) 생성 과정과 비디오 코덱 과정이 가장 복잡하고 시간을 많이 쓰는 과정이다.



〈그림 1〉 V3C/V-PCC 코덱의 부호화 과정의 큰 그림

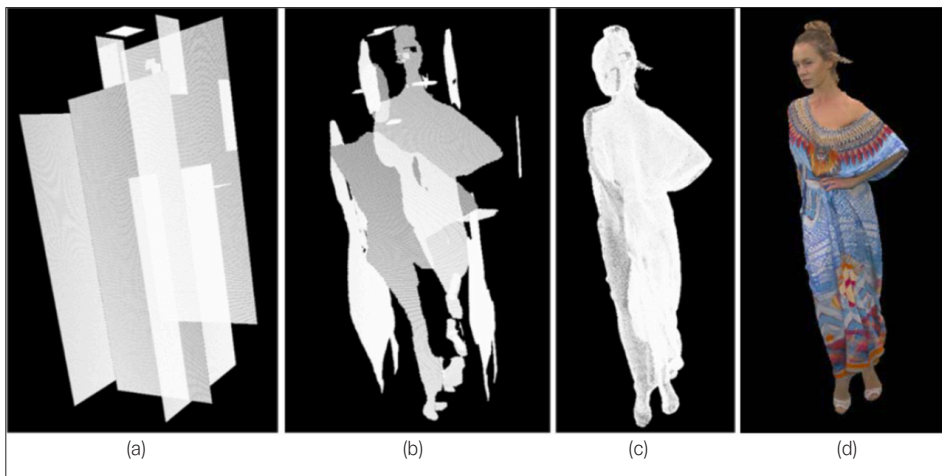


<그림 2> V-PCC 부호화기의 예

1. 조각 생성(Patch Generation) 과정

<그림 2>에서 언급한 조각 정보의 생성 과정을 이해하기 위해서는 먼저 조각이 어떻게 생기는지 이해하여

야 한다. <그림 3>에서처럼, 지도 정보는 조각 단위의 점유 정보, 기하 정보, 그리고 속성 정보를 표현하고, 이에 기반한 조각 정보는 조각 단위의 기하 정보, 기하 정보, 그리고 속성 정보 이미지로 변환된다. 지도 정보



<그림 3> 지도 정보, 점유 정보, 기하 정보, 그리고 속성 정보의 관계((a) 지도 정보, (b) 점유 정보, (c) 기하 정보, (d) 속성 정보를 포함한 모든 정보를 포함하여 완성된 3차원 포인트 클라우드)

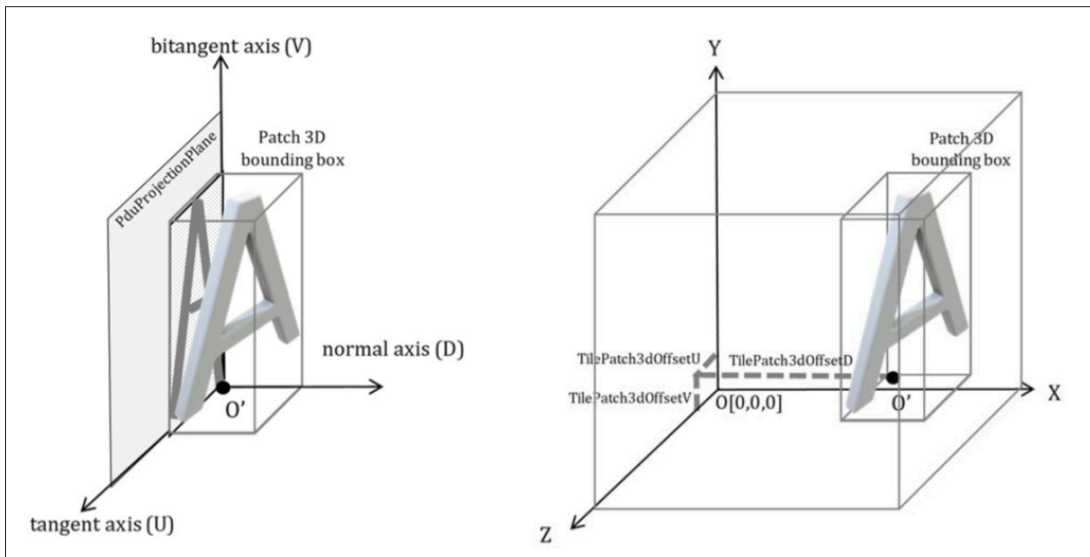
에 조각 정보가 표현되는 방식은 <그림 4>와 같이 직각 투영(orthographic projection)을 이용하는 방식이다. V-PCC에서 사용하는 조각 생성은 말 그대로 하나의 포인트 클라우드 객체를 여러 개의 3차원 조각으로 나누어 생성하게 된다. <그림 4>처럼 하나의 조각이 존재할 때, 해당 조각이 X-Y, Y-Z, Z-X 평면으로 직각 투영되는 정보를 사용하게 된다. 실제로는 정육면체 안에 표현된 객체가 모두 6면의 평면으로 투영될 수 있다. 물론 투영각은 45도 각도의 투영평면을 포함하여 10개까지 확장 가능하다. 공간상 한 점(x, y, z)의 위치에 존재하고, 이 점이 X-Y 평면상에 직각 투영되면 해당점은 X-Y 평면상의 점($x, y, 0$)에 투영된다. 이 때 없어지는 z 값은 별도의 깊이(depth) 정보로 기하 정보에 기록된다. 이 때 사용하는 깊이는 물론 3차원 조각의 한계 상자(bounding box)상에서의 상대 깊이가 되는데, 그 이유는 <그림 4>와 같이 3차원 조각의 한계 상자에 대한 정보를 지도 정보상에 포함하기 때문이다.

공간상의 점들로 이루어진 포인트 클라우드 객체에

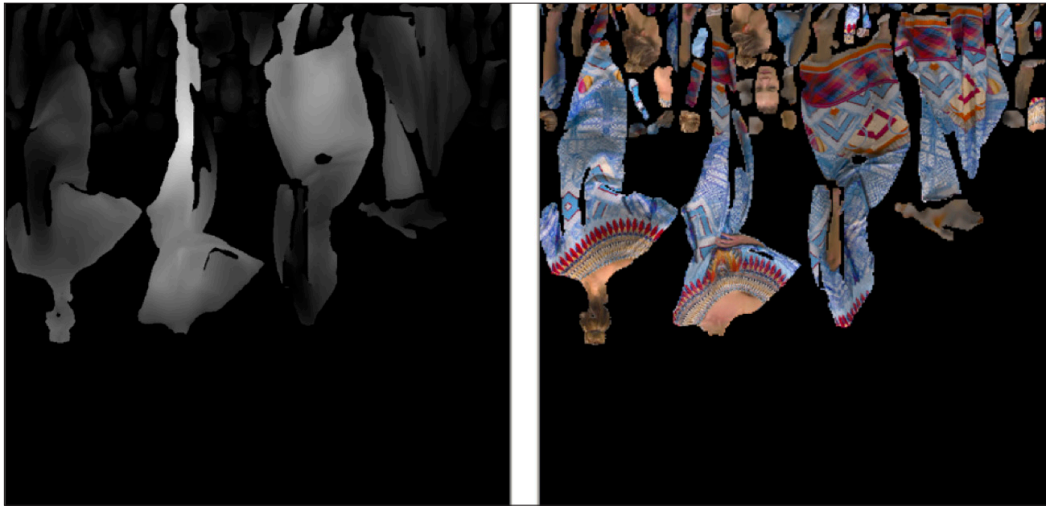
서 조각을 결정하는 방법은 점들이 하나의 표면을 대표하는 점들로 재분류 가능하기 때문이다. 해당 점과 주위의 점들로 이루어지는 평면의 법선 정보를 계산하고 이 법선 정보가 유사한 근거리의 점들을 하나의 조각으로 분류하게 된다. 이 과정은 점들의 법선을 계산하고 유사한 점들의 분류등이 다수의 반복계산을 통해 이루어지게 되어 계산 복잡도가 증가하게 된다. 계산 복잡도를 회피하기 위해 초기에 조각 분류를 중지할 경우, 조각의 개수가 많아지고, 특히 조각 내의 점의 수가 너무 작은 조각들이 많아져서 압축효율에 좋지 않기 때문에 이에 따른 압축효율과 계산 복잡도의 균형을 고려하여 생성 과정을 수행하여야 한다.

2. 조각 꾸리기(Patch Packing) 과정

조각 생성과정을 통해 조각들이 생성되면, 해당 조각들은 2차원 평면 정보(예, $(x, y, 0)$)와 그 해당 평면 화소에 저장되는 깊이 정보 그리고 칼라(속성) 정보로 나



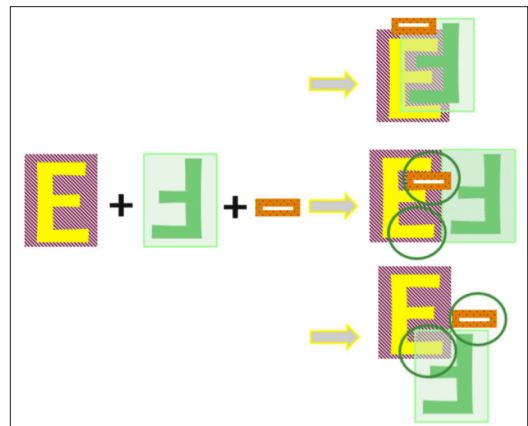
<그림 4> 직각 투영을 이용한 3차원 조각의 2차원 조각 표현



<그림 5> 기하 정보 조각 맵(왼쪽)과 칼라(속성) 정보 조각 맵

되어 표현되고 이 정보를 비디오 코덱으로 압축하기 위해, 2차원 조각 정보를 2차원 이미지에 차곡차곡 배열하는 일이 필요하다. 이 과정을 조각 꾸리기 과정이라고 한다. <그림 5>는 조각 꾸리기 과정이 끝나고 완성된 기하 정보 조각 맵과 칼라 정보 조각 맵으로 나뉘어 각각 그 시간 정보에 맞추어 비디오 정보로 완성되게 된다. 참고로, <그림 5>에 별도의 점유 정보 조각 맵은 표시하지 않았지만, 기하 정보 조각 맵에 표현된 깊이 정보 대신 화소에 0 또는 1로만 표시하고, 화소 값이 1인 경우에만 해당 화소가 3차원 점이 존재하는 점유된 점이라는 것을 표시하게 된다.

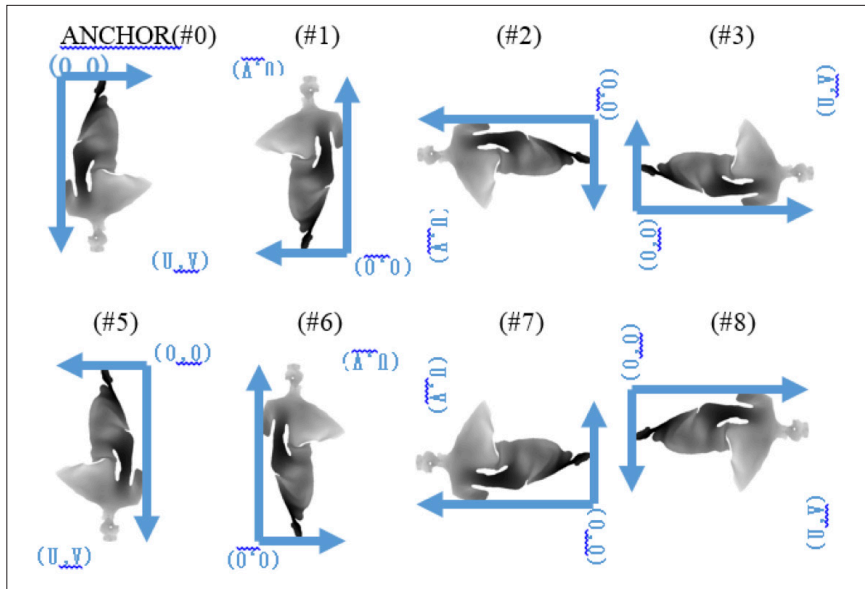
조각 꾸리기 과정의 목적은 최소한의 2차원 평면 안에 비디오 코덱의 압축효율을 최대화할 수 있도록 조각을 배열하는 것이다. 그런데 <그림 5>와 <그림 6>에서도 확인할 수 있는 것처럼, 2차원 조각들의 모습은 일정하지 않다. 그 크기와 모양이 다양하기 때문에, 이러한 특성을 활용하여 효율적으로 조각들을 배치하여야 한다. 그러나 조각 배치 자체로 그 효율을 측정하기 어렵고, 비디오 코덱을 돌려 그 결과로 효과를 측정



<그림 6> 조각 꾸리기 방법의 다양한 예

할 수 있는 만큼, 최적의 조각 꾸리기 방식을 특정하기는 어렵다. 더욱이 조각 생성, 조각 꾸리기 등의 과정은 V-PCC에서 비표준(non-normative) 기술로 분류하는 부호화 과정에 해당되므로, 다양한 방식이 존재할뿐만 아니라 향후 효율성이 증가된 방식도 계속 추가될 것으로 예상된다.

현재 V-PCC 참조 소프트웨어에 포함되어 있는 주요



<그림 7> 신축적 조각 방향 결정 방식의 예

조각 꾸리기 방식은 전역 탐색(Exhaustive search), 공간 일치 조각 순서 조정(Temporary consistent patch order adjustment), 신축적 조각 방향 결정(Flexible patch orientation), 기하 정보 및 칼라 정보의 독립적 조각 꾸리기(Independent patch packing for geometry and color), 조각 확장(Patch Expansion), 그리고 전역 조각 배정(Global patch allocation) 등이다. 이 방식들 가운데, 신축적 조각 방향 결정 방식은 <그림 7>과 같이, 조각을 마치 테트리스 게임의 블록을 회전하는 것처럼 회전하여 조각 꾸리기를 함으로써 2차원 영상 내의 조각 배열의 효율성을 극대화하고자 하는 방식이다. 물론 이 과정에 조각의 방향이 바뀐 정도는 지도 정보내에 포함되는 조각 정보에 포함된다.

3. 영상 생성 과정 - 점유 정보 영상

조각 꾸리기 과정이 완료되면 가장 먼저 생성되는 것

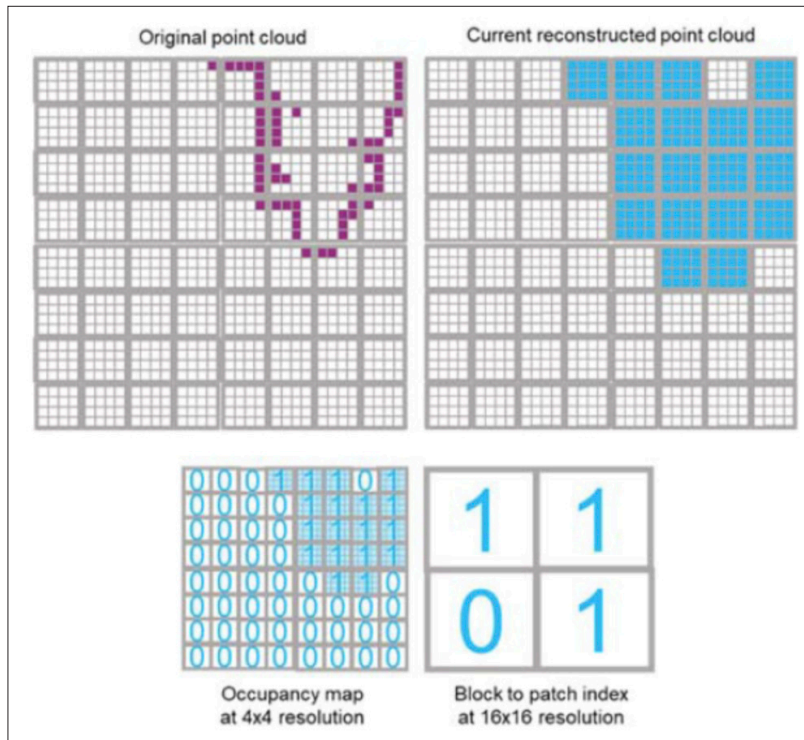
이 바로 점유(occupancy) 정보이다. 점유 정보는 이진화된 영상으로 표현 가능한데, 화소의 정보가 0이면 점유되지 않은 점이고 1이면 해당 화소에 연결되어 표현되는 3차원 공간상의 점이 존재하는 의미이기 때문이다. 이 점유 정보 영상을 점유 맵이라고도 하고, 이 영상은 별도로 표현되고 압축될 기하 정보 영상과 칼라 정보 영상에서 점유된 화소를 판별하는 기준으로 사용된다. 이진 정보로 표현되기는 하지만, 여전히 공간을 차지한다는 점에서 V-PCC에서는 점유 정보를 표현할 때 1x1, 2x2, 4x4 등의 다양한 해상도를 사용할 수 있다. 1x1 해상도는 점유 맵의 한 화소가 기하 정보 영상이나 칼라 정보 영상의 화소와 1:1 대응 관계임을 나타낸다. <그림 8>에서 표현된 것처럼, 4x4 해상도는 점유 맵의 한 화소가 기하 또는 칼라 정보 영상의 화소 4x4 블록에 해당한다. 따라서, 1x1은 무손실 또는 고화질 압축에 사용되고, 그렇지 않은 손실 압축의 경우는 2x2 또는 4x4를 사용하여 점유 맵을 표현하게 된다.

4. 영상 생성 과정 - 기하 정보 영상

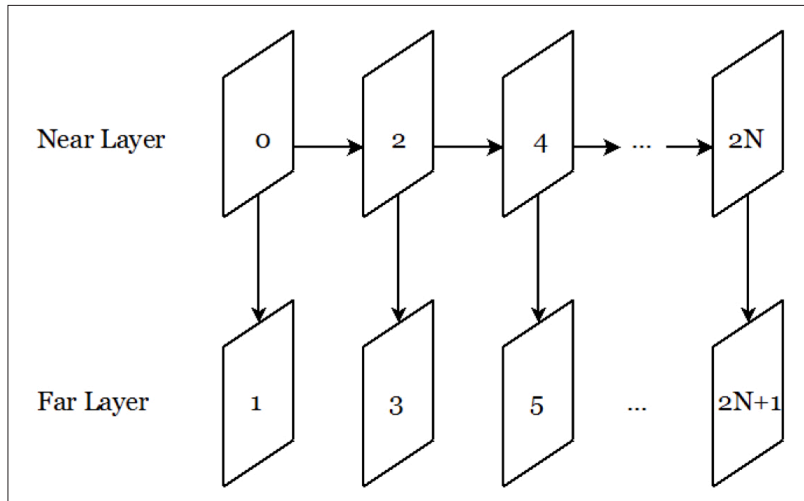
2차원 조각들을 모아서 하나의 영상으로 만들어내는 과정이 조각 꾸리기 과정이었다. 이 때, 하나의 조각은 두 개의 깊이 정보, 두 개의 속성(컬러) 정보를 포함한다. 조각 생성 시 직각 투영에 참여하는 점이 한 점이 아닌 두 점이 되는 것이다. 이때 가까운 점을 모아서 만든 영상을 근층(Near layer), 그리고 상대적으로 멀리 위치한 점들을 모은 영상을 원층(Far layer)으로 부르고 <그림 9>와 같이 표시할 수 있다. 이 영상은 비디오 코덱으로 압축되기 때문에 그 참조 순서가 중요하다. <그림 9>에서 도식화 한 것처럼, 원층 영상은 짝을 이루는 근층영상을 참조하고, 근층 영상은 시간순서상 바로 앞에 있는 근층 영상을 참조하는 식의 순서로 참조가 이루어진다.

조각 이루어진다.

근층과 원층의 이층 구조를 영상에 적용하는 가장 근본적인 이유는 한 개로 부족하기 때문이다. 실제 포인트 클라우드 데이터의 공간상 점들이 바로 이웃하고 있는 경우가 많고 특히 투영 평면과 수직 방향으로 이웃하거나 근거리에 놓인 두 개 이상의 점들이 있다면 이 점들은 한 개의 점 투영을 시행할 경우 나머지 점들은 사라지게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위해 가까운 점과 상대적으로 멀리 있는 점 두 점을 잡아내 두 개의 층 구조로 표현하게 된다. 이 때, 두 개의 점들이 뽑히는 거리는 조각의 한계 상자 크기에 따라 설정된다. 이 때 3차원 조각의 한계 상자의 두께를 표면 두께(Surface thickness)라고 표현하고 조각 생성과정에서 주어진 표면 두께 값에 따라 조각의 생성이 진행된다.



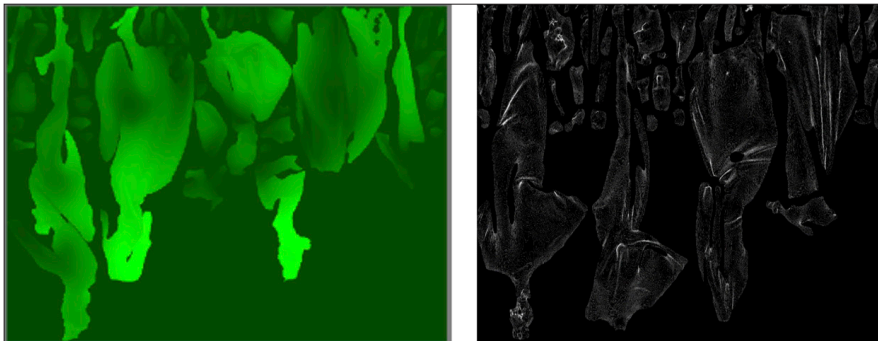
<그림 8> 점유 맵 (occupancy map)의 4x4 해상도 기반 표현



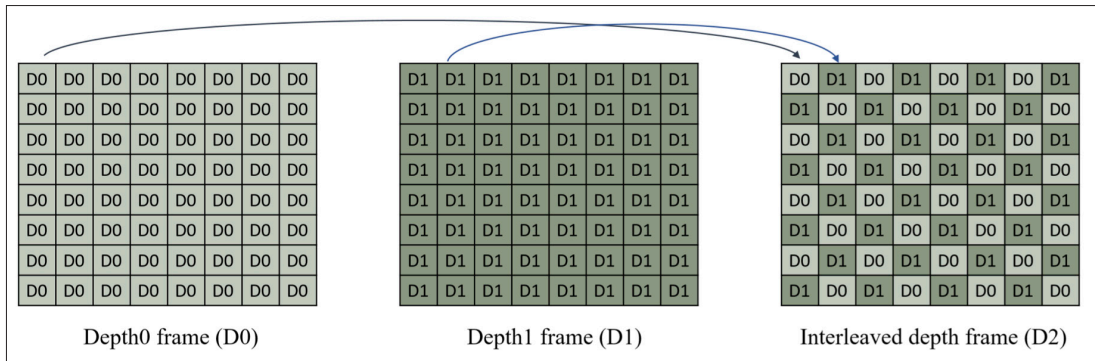
<그림 9> 근층과 원층으로 나뉜 영상 구조 및 그 참조 순서

조각 꾸리기를 통해 만들어지는 기하 정보 영상은 근층과 원층의 두 장이 한 쌍을 이루어 한 프레임을 형성한다. 이 때 기하 정보는 기본적으로 깊이를 표현하는 값이므로 <그림 10>과 같이 단색으로 표현된다. 근층 영상을 d0, 원층 영상을 d1으로 표현하기도 하는데, 이 두 장의 영상을 어떻게 표현하여 비디오 코덱의 입력으로 주느냐에 따라 다양한 표현방식이 존재한다. 현재 V-PCC 표준 참조 소프트웨어에서 지원하는 방식은 차분 방식(Differential method), 절대 D1 부

호화 방식(Absolute D1 coding method), 인터리브 절대 깊이 부호화 방식(Interleaved absolute depth coding method), 공간 적응적 기하 정보 보간(Spatially adaptive geometry interpolation), 조각당 투영 최적화(Per-patch projection optimization), 무손실 부호화를 위한 향상된 델타 깊이 부호화(Enhanced-delta-depth code for lossless coding), 손실점을 위한 사진트리 기반 부호화(Quadtree-based encoding for missed points) 등이 있다. 이 중에서 인터리브 절대



<그림 10> 기하 정보 영상 근층 영상(왼쪽)과 원층 영상의 예

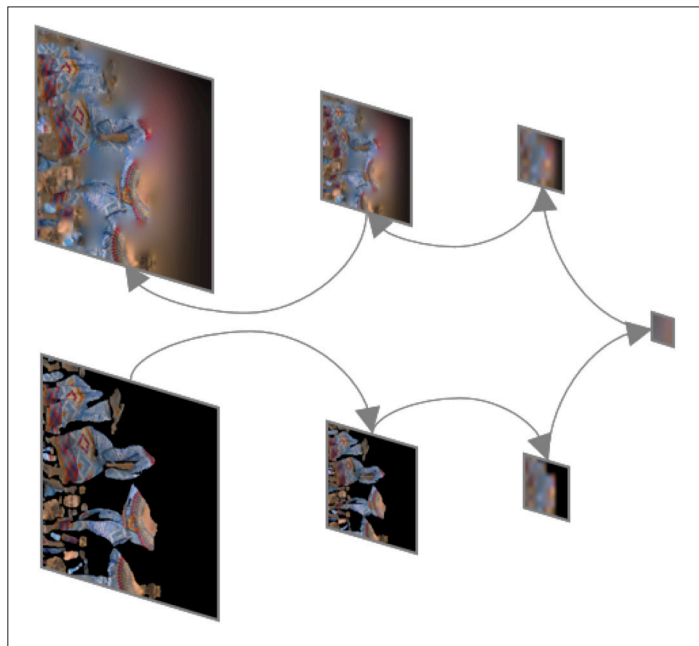


<그림 11> 인터리브 절대 깊이 부호화 방식

깊이 부호화 방식은 <그림 11>과 같이, 근층 및 원층 영상 두 장을 체크보드처럼 인터리브하게 합성하고 두 개의 계층 대신에 한 개의 계층만 전송하는 방식이다. 이 방식을 사용하면 복호화기는 인터리브된 영상에서 다시 근층과 원층 영상을 보간방식을 이용해 복원해내게 된다.

5. 영상 생성 과정 - 칼라 정보 영상

칼라 정보 영상은 앞 장에서 설명한 기하 정보 영상과 마찬가지로, 근층과 원층 영상으로 구성되어 처리된다. 그리고 기하 정보 영상 표현에 사용된 방식에 따라 칼라 정보 역시 같은 방식으로 처리될 수 있다. 예를 들면, 인



<그림 12> 푸시-풀 방식의 배경 채우기의 예

터리브 절대 값이 부호화 방식으로 기하 정보가 표현되는 것처럼, 칼라 정보 역시 같은 표현 방식을 공유할 수 있다. 손실된 점을 보상하는 기하 정보 표현 방식이 사용되는 경우 해당 점들의 칼라 정보 역시 추가적으로 표현되도록 지원하고 있다.

〈그림 5〉에 표시된 칼라 정보 영상은 영상 그대로 비디오 코덱 입력으로 사용하는 것은 가능하기는 하나 부호화 효율 측면에서는 비효율적이다. 그것은 조각의 경계 밖 부분이 검은색(또는 0)으로 표현되어 경계의 안과 밖 영역의 구분이 너무 확연하다는 점이다. 이 경우에 경계 부분의 경계(edge) 성분이 부호화 효율을 떨어뜨릴 수밖에 없다. 이러한 점을 개선하기 위해 배경의 검은색을 주위의 값으로 패딩(padding)하는 방식이 쓰인다. 이 경우 사용할 수 있는 방식은 푸시-풀 기반의 배경 채우기(Push-pull based background filling), 희박 선형 모델 기반 배경 채우기(Sparse Linear Model (SLM) based background filling), 조화 배경 채우기(Harmonic background filling) 등으로 현재 V-PCC 표준 참조 소프트웨어에서 지원하고 있다. 〈그림 12〉는 푸시-풀 기반의 배경 채우기 방식의 예로 칼라 정보 영상을 수차례 다운 샘플링하고 이를 다시 업 샘플링한 결과를 최종적으로 원래 영상의 배경에 적용하는 방식으로 경계 사이의 배경색의 압축률 저하를 최소화하는 방식이다.

6. 비디오 압축

이미지 생성이 완료된 점운 정보, 기하 정보, 칼라 정보 영상은 비디오 압축과정을 이용하여 압축하게 된다.

이 때 사용하는 코덱은 기본적으로 비디오를 압축할 수 있는 코덱은 무엇이든 가능하다. 필자의 경우, JPEG를 사용하여 압축을 실험해본 바도 있다[3]. 그러나, 몇 가지 고려하여야 할 사항이 있다. 첫째로는 화면의 해상도이다. 모델의 크기, 점의 수에 따라 조각들을 배열한 영상의 크기가 결정되는데, 경우에 따라서는 코덱에서 지원하는 크기를 벗어날 수 있고, 이 경우 그대로 사용하기는 어렵다. 둘째로는 지원하는 칼라 정보와 비트 깊이이다. RGB를 YUV로 변환하는 경우는 이미 V-PCC에서 HEVC를 사용하면서 적용되고 있고, 기하 정보에서 사용하는 깊이 정보가 보통 10비트 또는 그 이상도 사용 가능하므로, 비디오 코덱에서 일반적으로 사용하는 8비트 형식의 압축은 부적절할 수 있다. 현재 MPEG에서는 HEVC와 함께 가장 최근 완성된 VVC, EVC 그리고 AVC 등의 코덱을 이용하여 V-PCC에 사용한 결과들이 보고되고 있다.

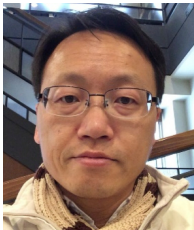
IV. 결론

V-PCC는 비디오 코덱으로 비디오가 아닌 3차원 데이터, 그것도 포인트 클라우드 데이터를 압축한다는 점으로 특징지을 수 있는 MPEG의 새로운 PCC 표준이다. HEVC를 기본 비디오 코덱으로 채용하여 그 압축 효율이 뛰어나고, 비공식적인 비교 실험을 통해 관련 코덱들에 비해 월등히 뛰어난 압축 성능을 갖고 있음이 확인되고 있다. 2021년 4월 정식 공표된 국제표준으로서 앞으로 그 활용도가 기대되는 표준이라고 하겠다.

참고 문헌

- [1] ISO/IEC 23090-5 (the web page), www.iso.org/standard/73025.html
- [2] V-PCC Codec Description, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 7 N00012
- [3] Tianyu, Dong, and Euee S. Jang, "Review on codec-agnostic approach for MPEG V-PCC," Proceedings of the Korean Society of Broadcast Engineers Conference, The Korean Institute of Broadcast and Media Engineers, 2020

필자 소개



장 의 선

- 1991년 : 전북대학교 전자계산기공학과 학사
- 1994년 : 뉴욕주립대학교 전기및컴퓨터공학과 석사
- 1996년 : 뉴욕주립대학교 전기및컴퓨터공학과 박사
- 1996년 ~ 2002년 : 삼성종합기술원 전문연구원
- 2002년 ~ 현재 : 한양대학교 컴퓨터소프트웨어학부 교수
- 주관심분야 : 그래픽, 영상처리, 미디어 압축