

명세서

발명의 명칭: 포인트 클라우드 데이터 전송 장치, 전송 방법, 처리 장치 및 처리 방법

기술분야

- [1] 실시예들은 사용자에게 VR (Virtual Reality, 가상현실), AR (Augmented Reality, 증강현실), MR (Mixed Reality, 혼합현실), 및 자율 주행 서비스 등의 다양한 서비스를 제공하기 위하여 포인트 클라우드 콘텐츠(Point Cloud Content)를 제공하는 방안을 제공한다.

배경기술

- [2] 포인트 클라우드 콘텐츠는 3차원 공간을 표현하는 좌표계에 속한 점(포인트)들의 집합인 포인트 클라우드로 표현되는 콘텐츠이다. 포인트 클라우드 콘텐츠는 3차원으로 이루어진 미디어를 표현할 수 있으며, VR (Virtual Reality, 가상현실), AR (Augmented Reality, 증강현실), MR (Mixed Reality, 혼합현실), 및 자율 주행 서비스 등의 다양한 서비스를 제공하기 위해 사용된다. 하지만 포인트 클라우드 콘텐츠를 표현하기 위해서는 수만개에서 수십만개의 포인트 데이터가 필요하다. 따라서 방대한 양의 포인트 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 방법이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [3] 실시예들은 포인트 클라우드 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 장치 및 방법을 제공한다. 실시예들은 지연시간(latency) 및 인코딩/디코딩 복잡도를 해결하기 위한 포인트 클라우드 데이터 처리 방법 및 장치를 제공한다.
- [4] 다만, 상술한 기술적 과제만으로 제한되는 것은 아니고, 기재된 전체 내용에 기초하여 당업자가 유추할 수 있는 다른 기술적 과제로 실시예들의 권리범위가 확장될 수 있다.

기술적 해결방법

- [5] 따라서 효율적으로 포인트 클라우드 데이터를 처리하기 위하여 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 전송 방법은 지오메트리 및 어트리뷰트를 포함하는 포인트 클라우드 데이터를 인코딩하는 단계 및 인코딩된 포인트 클라우드 데이터를 포함하는 비트스트림을 전송하는 단계를 포함한다. 실시예들에 따른 지오메트리는 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 포지션들을 나타내는 정보이고, 실시예들에 따른 어트리뷰트는 포인트들의 색상 및 반사율 중 적어도 하나 이상을 포함한다. 포인트 클라우드 데이터를 인코딩하는 단계는 지오메트리를 인코딩하는 단계 및 인코딩된 지오메트리의 전체 또는 일부(파셜, partial) 옥트리 구조를 기반으로 어트리뷰트를 인코딩하는 단계를 포함한다.

- [6] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 전송 장치는 지오메트리 및 어트리뷰트를 포함하는 포인트 클라우드 데이터를 인코딩하는 인코더 및 인코딩된 포인트 클라우드 데이터를 포함하는 비트스트림을 전송하는 전송부를 포함한다. 실시예들에 따른 지오메트리는 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 위치선들을 나타내는 정보이고, 실시예들에 따른 어트리뷰트는 포인트들의 색상 및 반사율 중 적어도 하나 이상을 포함한다. 실시예들에 따른 인코더는 지오메트리를 인코딩하는 지오메트리 인코더 및 인코딩된 지오메트리의 전체 또는 일부(파셜, *partial*) 옥트리 구조를 기반으로 어트리뷰트를 인코딩하는 어트리뷰트 인코더를 포함한다.
- [7] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 처리 방법은 포인트 클라우드 데이터를 포함하는 비트스트림을 수신하는 단계 및 비트스트림에 포함된 시그널링 정보를 기반으로 포인트 클라우드 데이터를 디코딩하는 단계를 포함한다. 포인트 클라우드 데이터를 디코딩하는 단계는 포인트 클라우드 데이터에 포함된 지오메트리를 디코딩하는 단계 및 디코딩된 지오메트리의 전체 또는 일부(파셜, *partial*) 옥트리 구조를 기반으로 포인트들의 색상 및 반사율 중 적어도 하나 이상을 포함하는 어트리뷰트를 디코딩하는 단계를 포함한다. 실시예들에 따른 지오메트리는 상기 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 위치선들을 나타내는 정보이다.
- [8] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 처리 장치는 포인트 클라우드 데이터를 포함하는 비트스트림을 수신하는 수신부 및 비트스트림에 포함된 시그널링 정보를 기반으로 포인트 클라우드 데이터를 디코딩하는 디코더를 포함한다. 디코더는 포인트 클라우드 데이터에 포함된 지오메트리를 디코딩하는 지오메트리 디코더 및 디코딩된 지오메트리의 전체 또는 일부(파셜, *partial*) 옥트리 구조를 기반으로 포인트들의 색상 및 반사율 중 적어도 하나 이상을 포함하는 어트리뷰트를 디코딩하는 어트리뷰트 디코더를 포함한다. 실시예들에 따른 지오메트리는 상기 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 위치선들을 나타내는 정보이다.

발명의 효과

- [9] 실시예들에 따른 장치 및 방법은 높은 효율로 포인트 클라우드 데이터를 처리할 수 있다.
- [10] 실시예들에 따른 장치 및 방법은 높은 퀄리티의 포인트 클라우드 서비스를 제공할 수 있다.
- [11] 실시예들에 따른 장치 및 방법은 VR 서비스, 자율주행 서비스 등 범용적인 서비스를 제공하기 위한 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [12] 도면은 실시예들을 더욱 이해하기 위해서 포함되며, 도면은 실시예들에 관련된 설명과 함께 실시예들을 나타낸다. 이하에서 설명하는 다양한 실시예들의 보다

나은 이해를 위하여, 하기 도면들에 걸쳐 유사한 참조 번호들이 대응하는 부분들을 포함하는 다음의 도면들과 관련하여 이하의 실시예들의 설명을 받드시 참조해야 한다.

- [13] 도 1은 실시예들에 따른 포인트 클라우드콘텐츠 제공 시스템의 예시를 나타낸다.
- [14] 도 2는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 동작을 나타내는 블록도이다.
- [15] 도 3은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 캡처 과정의 예시를 나타낸다.
- [16] 도 4는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(Point Cloud Encoder)의 예시를 나타낸다.
- [17] 도 5는 실시예들에 따른 복셀의 예시를 나타낸다.
- [18] 도 6은 실시예들에 따른 옥트리 및 오큐판시 코드 (occupancy code)의 예시를 나타낸다.
- [19] 도 7은 실시예들에 따른 이웃 노드 패턴의 예시를 나타낸다.
- [20] 도 8은 실시예들에 따른 LOD 별 포인트 구성의 예시를 나타낸다.
- [21] 도 9는 실시예들에 따른 LOD 별 포인트 구성의 예시를 나타낸다.
- [22] 도 10은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 디코더(Point Cloud Decoder)의 예시를 나타낸다.
- [23] 도 11은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 디코더(Point Cloud Decoder)의 예시를 나타낸다.
- [24] 도 12는 실시예들에 따른 전송 장치의 예시이다.
- [25] 도 13은 실시예들에 따른 수신 장치의 예시이다.
- [26] 도 14는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송수신 방법/장치와 연동 가능한 구조의 예시를 나타낸다.
- [27] 도 15는 포인트 클라우드 인코딩의 예시를 나타내는 플로우 다이어그램이다.
- [28] 도 16은 포인트와 이웃 포인트들의 예시이다.
- [29] 도 17은 비트스트림 구조도의 예시를 나타낸다.
- [30] 도 18은 실시예들에 따른 시그널링 정보의 예시이다.
- [31] 도 19는 실시예들에 따른 시그널링 정보의 예시이다.
- [32] 도 20은 실시예들에 따른 상관 가중 값을 코드화 할 수 있는 방법에 대한 예시이다.
- [33] 도 21은 공간적 확장성 디코딩의 예시를 나타낸다.
- [34] 도 22는 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스의 예시를 나타낸다.
- [35] 도 23는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코딩을 나타내는 플로우 다이어그램이다.
- [36] 도 24는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 전송 방법을 나타내는 플로우 다이어그램이다.
- [37] 도 25는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 처리 방법의 플로우

다이어그램이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [38] 실시예들의 바람직한 실시예에 대해 구체적으로 설명하며, 그 예는 첨부된 도면에 나타낸다. 첨부된 도면을 참조한 아래의 상세한 설명은 실시예들의 실시예에 따라 구현될 수 있는 실시예만을 나타내기보다는 실시예들의 바람직한 실시예를 설명하기 위한 것이다. 다음의 상세한 설명은 실시예들에 대한 철저한 이해를 제공하기 위해 세부 사항을 포함한다. 그러나 실시예들이 이러한 세부 사항 없이 실행될 수 있다는 것은 당업자에게 자명하다.
- [39] 실시예들에서 사용되는 대부분의 용어는 해당 분야에서 널리 사용되는 일반적인 것들에서 선택되지만, 일부 용어는 출원인에 의해 임의로 선택되며 그 의미는 필요에 따라 다음 설명에서 자세히 서술한다. 따라서 실시예들은 용어의 단순한 명칭이나 의미가 아닌 용어의 의도된 의미에 근거하여 이해되어야 한다.
- [40] 도1은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템의 예시를 나타낸다.
- [41] 도 1에 도시된 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 전송 장치(transmission device)(10000) 및 수신 장치(reception device)(10004)를 포함할 수 있다. 전송 장치(10000) 및 수신 장치(10004)는 포인트 클라우드 데이터를 송수신하기 위해 유무선 통신 가능하다.
- [42] . 실시예들에 따른 전송 장치(10000)는 포인트 클라우드 비디오(또는 포인트 클라우드 콘텐츠를) 확보하고 처리하여 전송할 수 있다. 실시예들에 따라, 전송 장치(10000)는 고정국(fixed station), BTS(base transceiver system), 네트워크, AI(Artificial Intelligence) 기기 및/또는 시스템, 로봇, AR/VR/XR 기기 및/또는 서버 등을 포함할 수 있다. 또한 실시예들에 따라 전송 장치(10000)는 무선 접속 기술(예, 5G NR(New RAT), LTE(Long Term Evolution))을 이용하여, 기지국 및/또는 다른 무선 기기와 통신을 수행하는 기기, 로봇, 차량, AR/VR/XR 기기, 휴대기기, 가전, IoT(Internet of Thing)기기, AI 기기/서버 등을 포함할 수 있다.
- [43] 실시예들에 따른 전송 장치(10000)는 포인트 클라우드 비디오 획득부(Point Cloud Video Acquisition, 10001), 포인트 클라우드 비디오 인코더(Point Cloud Video Encoder, 10002) 및/또는 트랜스미터(Transmitter (or Communication module), 10003)를 포함한다
- [44] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 획득부(10001)는 캡처, 합성 또는 생성 등의 처리 과정을 통해 포인트 클라우드 비디오를 획득한다. 포인트 클라우드 비디오는 3차원 공간에 위치한 포인트들의 집합인 포인트 클라우드로 표현되는 포인트 클라우드 콘텐츠로서, 포인트 클라우드 비디오 데이터 등으로 호칭될 수 있다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오는 하나 또는 그 이상의 프레임들을 포함할 수 있다. 하나의 프레임은 정지 영상/픽처를 나타낸다. 따라서 포인트 클라우드 비디오는 포인트 클라우드

영상/프레임/픽처를 포함할 수 있으며, 포인트 클라우드 영상, 프레임 및 픽처 중 어느 하나로 호칭될 수 있다.

- [45] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002)는 확보된 포인트 클라우드 비디오 데이터를 인코딩한다. 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002)는 포인트 클라우드 컴프레션(Point Cloud Compression) 코딩을 기반으로 포인트 클라우드 비디오 데이터를 인코딩할 수 있다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 컴프레션 코딩은 G-PCC(Geometry-based Point Cloud Compression) 코딩 및/또는 V-PCC(Video based Point Cloud Compression) 코딩 또는 차세대 코딩을 포함할 수 있다. 또한 실시예들에 따른 포인트 클라우드 컴프레션 코딩은 상술한 실시예에 국한되는 것은 아니다. 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002)는 인코딩된 포인트 클라우드 비디오 데이터를 포함하는 비트스트림을 출력할 수 있다. 비트스트림은 인코딩된 포인트 클라우드 비디오 데이터뿐만 아니라, 포인트 클라우드 비디오 데이터의 인코딩과 관련된 시그널링 정보를 포함할 수 있다.
- [46] 실시예들에 따른 트랜스미터(10003)는 인코딩된 포인트 클라우드 비디오 데이터를 포함하는 비트스트림을 전송한다. 실시예들에 따른 비트스트림은 파일 또는 세그먼트(예를 들면 스트리밍 세그먼트) 등으로 인캡슐레이션되어 방송망 및/또는 브로드밴드 망등의 다양한 네트워크를 통해 전송된다. 도면에 도시되지 않았으나, 전송 장치(10000)는 인캡슐레이션 동작을 수행하는 인캡슐레이션부(또는 인캡슐레이션 모듈)을 포함할 수 있다. 또한 실시예들에 따라 인캡슐레이션부는 트랜스미터(10003)에 포함될 수 있다. 실시예들에 따라 파일 또는 세그먼트는 네트워크를 통해 수신 장치(10004)로 전송되거나, 디지털 저장매체(예를 들면 USB, SD, CD, DVD, 블루레이, HDD, SSD 등)에 저장될 수 있다. 실시예들에 따른 트랜스미터(10003)는 수신 장치(10004) (또는 리시버(Receiver, 10005))와 4G, 5G, 6G 등의 네트워크를 통해 유/무선 통신 가능하다. 또한 트랜스미터(10003)는 네트워크 시스템(예를 들면 4G, 5G, 6G 등의 통신 네트워크 시스템)에 따라 필요한 데이터 처리 동작을 수행할 수 있다. 또한 전송 장치(10000)는 온 디맨드(On Demand) 방식에 따라 인캡슐레이션된 데이터를 전송할 수도 있다.
- [47] 실시예들에 따른 수신 장치(10004)는 리시버(Receiver, 10005), 포인트 클라우드 비디오 디코더(Point Cloud Decoder, 10006) 및/또는 렌더러(Renderer, 10007)를 포함한다. 실시예들에 따라 수신 장치(10004)는 무선 접속 기술(예, 5G NR(New RAT), LTE(Long Term Evolution))를 이용하여, 기지국 및/또는 다른 무선 기기와 통신을 수행하는 기기, 로봇, 차량, AR/VR/XR 기기, 휴대기기, 가전, IoT(Internet of Thing)기기, AI 기기/서버 등을 포함할 수 있다.
- [48] 실시예들에 따른 리시버(10005)는 포인트 클라우드 비디오 데이터를 포함하는 비트스트림 또는 비트스트림이 인캡슐레이션된 파일/세그먼트 등을 네트워크 또는 저장매체로부터 수신한다. 리시버(10005)는 네트워크 시스템(예를 들면

4G, 5G, 6G 등의 통신 네트워크 시스템)에 따라 필요한 데이터 처리 동작을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 리시버(10005)는 수신한 파일/세그먼트를 디캡슐레이션하여 비트스트림을 출력할 수 있다. 또한 실시예들에 따라 리시버(10005)는 디캡슐레이션 동작을 수행하기 위한 디캡슐레이션부(또는 디캡슐레이션 모듈)을 포함할 수 있다. 또한 디캡슐레이션부는 리시버(10005)와 별개의 엘리먼트(또는 컴포넌트)로 구현될 수 있다.

- [49] 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006)는 포인트 클라우드 비디오 데이터를 포함하는 비트스트림을 디코딩한다. 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006)는 포인트 클라우드 비디오 데이터가 인코딩된 방식에 따라 디코딩할 수 있다(예를 들면 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002)의 동작의 역과정). 따라서 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006)는 포인트 클라우드 컴프레션의 역과정인 포인트 클라우드 디컴프레션 코딩을 수행하여 포인트 클라우드 비디오 데이터를 디코딩할 수 있다. 포인트 클라우드 디컴프레션 코딩은 G-PCC 코딩을 포함한다.
- [50] 렌더러(10007)는 디코딩된 포인트 클라우드 비디오 데이터를 렌더링한다. 렌더러(10007)는 포인트 클라우드 비디오 데이터 뿐만 아니라 오디오 데이터도 렌더링하여 포인트 클라우드 콘텐츠를 출력할 수 있다. 실시예들에 따라 렌더러(10007)는 포인트 클라우드 콘텐츠를 디스플레이하기 위한 디스플레이를 포함할 수 있다. 실시예들에 따라 디스플레이는 렌더러(10007)에 포함되지 않고 별도의 디바이스 또는 컴포넌트로 구현될 수 있다.
- [51] 도면에 점선으로 표시된 화살표는 수신 장치(10004)에서 획득한 피드백 정보(feedback information)의 전송 경로를 나타낸다. 피드백 정보는 포인트 클라우드 콘텐츠를 소비하는 사용자와의 인터랙티브를 반영하기 위한 정보로서, 사용자의 정보(예를 들면 헤드 오리엔테이션 정보), 뷰포트(Viewport) 정보 등)을 포함한다. 특히 포인트 클라우드 콘텐츠가 사용자와의 상호작용이 필요한 서비스(예를 들면 자율주행 서비스 등)를 위한 콘텐츠인 경우, 피드백 정보는 콘텐츠 송신측(예를 들면 전송 장치(10000)) 및/또는 서비스 프로바이더에게 전달될 수 있다. 실시예들에 따라 피드백 정보는 전송 장치(10000) 뿐만 아니라 수신 장치(10004)에서도 사용될 수 있으며, 제공되지 않을 수도 있다.
- [52] 실시예들에 따른 헤드 오리엔테이션 정보는 사용자의 머리 위치, 방향, 각도, 움직임 등에 대한 정보이다. 실시예들에 따른 수신 장치(10004)는 헤드 오리엔테이션 정보를 기반으로 뷰포트 정보를 계산할 수 있다. 뷰포트 정보는 사용자가 바라보고 있는 포인트 클라우드 비디오의 영역에 대한 정보이다. 시점(viewpoint)은 사용자가 포인트 클라우드 비디오를 보고 있는 점으로 뷰포트 영역의 정중앙 지점을 의미할 수 있다. 즉, 뷰포트는 시점을 중심으로 한 영역으로서, 영역의 크기, 형태 등은 FOV(Field Of View)에 의해 결정될 수 있다. 따라서 수신 장치(10004)는 헤드 오리엔테이션 정보 외에 장치가 지원하는 수직(vertical) 혹은 수평(horizontal) FOV 등을 기반으로 뷰포트 정보를 추출할 수

있다. 또한 수신 장치(10004)는 게이즈 분석 (Gaze Analysis) 등을 수행하여 사용자의 포인트 클라우드 소비 방식, 사용자가 응시하는 포인트 클라우드 영역, 응시 시간 등을 확인한다. 실시예들에 따라 수신 장치(10004)는 게이즈 분석 결과를 포함하는 피드백 정보를 송신 장치(10000)로 전송할 수 있다. 실시예들에 따른 피드백 정보는 렌더링 및/또는 디스플레이 과정에서 획득될 수 있다. 실시예들에 따른 피드백 정보는 수신 장치(10004)에 포함된 하나 또는 그 이상의 센서들에 의해 확보될 수 있다. 또한 실시예들에 따라 피드백 정보는 렌더러(10007) 또는 별도의 외부 요소(또는 디바이스, 컴포넌트 등)에 의해 확보될 수 있다. 도1의 점선은 렌더러(10007)에서 확보한 피드백 정보의 전달 과정을 나타낸다. 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 피드백 정보를 기반으로 포인트 클라우드 데이터를 처리(인코딩/디코딩)할 수 있다. 따라서 포인트 클라우드 비디오 데이터 디코더(10006)는 피드백 정보를 기반으로 디코딩 동작을 수행할 수 있다. 또한 수신 장치(10004)는 피드백 정보를 전송 장치(10000)로 전송할 수 있다. 전송 장치(10000)(또는 포인트 클라우드 비디오 데이터 인코더(10002))는 피드백 정보를 기반으로 인코딩 동작을 수행할 수 있다. 따라서 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 모든 포인트 클라우드 데이터를 처리(인코딩/디코딩)하지 않고, 피드백 정보를 기반으로 필요한 데이터(예를 들면 사용자의 헤드 위치에 대응하는 포인트 클라우드 데이터)를 효율적으로 처리하고, 사용자에게 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있다.

- [53] 실시예들에 따라, 전송 장치(10000)는 인코더, 전송 디바이스, 전송기 등으로 호칭될 수 있으며, 수신 장치(10004)는 디코더, 수신 디바이스, 수신기 등으로 호칭될 수 있다.
- [54] 실시예들에 따른 도 1의 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템에서 처리되는 (획득/인코딩/전송/디코딩/렌더링의 일련의 과정으로 처리되는) 포인트 클라우드 데이터는 포인트 클라우드 콘텐츠 데이터 또는 포인트 클라우드 비디오 데이터라고 호칭할 수 있다. 실시예들에 따라 포인트 클라우드 콘텐츠 데이터는 포인트 클라우드 데이터와 관련된 메타데이터 내지 시그널링 정보를 포함하는 개념으로 사용될 수 있다.
- [55] 도 1에 도시된 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템의 엘리먼트들은 하드웨어, 소프트웨어, 프로세서 및/또는 그것들의 결합등으로 구현될 수 있다.
- [56] 도 2는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 동작을 나타내는 블록도이다.
- [57] 도 2의 블록도는 도 1에서 설명한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템의 동작을 나타낸다. 상술한 바와 같이 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 포인트 클라우드 컴프레션 코딩(예를 들면 G-PCC)을 기반으로 포인트 클라우드 데이터를 처리할 수 있다.
- [58] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 포인트 클라우드 전송 장치(10000) 또는 포인트 클라우드 비디오 획득부(10001))은

포인트 클라우드 비디오를 획득할 수 있다(20000). 포인트 클라우드 비디오는 3차원 공간을 표현하는 좌표계에 속한 포인트 클라우드로 표현된다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오는 Ply (Polygon File format or the Stanford Triangle format) 파일을 포함할 수 있다. 포인트 클라우드 비디오가 하나 또는 그 이상의 프레임들을 갖는 경우, 획득한 포인트 클라우드 비디오는 하나 또는 그 이상의 Ply 파일들을 포함할 수 있다. Ply 파일은 포인트의 지오메트리(Geometry) 및/또는 어트리뷰트(Attribute)와 같은 포인트 클라우드 데이터를 포함한다. 지오메트리는 포인트들의 위치선들을 포함한다. 각 포인트의 위치선은 3차원 좌표계(예를 들면 XYZ축들로 이루어진 좌표계 등)를 나타내는 파라미터들(예를 들면 X축, Y축, Z축 각각의 값)로 표현될 수 있다. 어트리뷰트는 포인트들의 어트리뷰트들(예를 들면, 각 포인트의 텍스처 정보, 색상(YCbCr 또는 RGB), 반사율(r), 투명도 등)을 포함한다. 하나의 포인트는 하나 또는 그 이상의 어트리뷰트들(또는 속성들)을 가진다. 예를 들어 하나의 포인트는 하나의 색상인 어트리뷰트를 가질 수도 있고, 색상 및 반사율인 두 개의 어트리뷰트들을 가질 수도 있다. 실시예들에 따라, 지오메트리는 위치선들, 지오메트리 정보, 지오메트리 데이터 등으로 호칭 가능하며, 어트리뷰트는 어트리뷰트들, 어트리뷰트 정보, 어트리뷰트 데이터 등으로 호칭할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 포인트 클라우드 전송 장치(10000) 또는 포인트 클라우드 비디오 획득부(10001))은 포인트 클라우드 비디오의 획득 과정과 관련된 정보(예를 들면 깊이 정보, 색상 정보 등)으로부터 포인트 클라우드 데이터를 확보할 수 있다.

[59] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 전송 장치(10000) 또는 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002))은 포인트 클라우드 데이터를 인코딩할 수 있다(20001). 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 포인트 클라우드 컴프레션 코딩을 기반으로 포인트 클라우드 데이터를 인코딩할 수 있다. 상술한 바와 같이 포인트 클라우드 데이터는 포인트의 지오메트리 및 어트리뷰트를 포함할 수 있다. 따라서 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 지오메트리를 인코딩하는 지오메트리 인코딩을 수행하여 지오메트리 비트스트림을 출력할 수 있다. 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 어트리뷰트를 인코딩하는 어트리뷰트 인코딩을 수행하여 어트리뷰트 비트스트림을 출력할 수 있다. 실시예들에 따라 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 지오메트리 인코딩에 기초하여 어트리뷰트 인코딩을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 지오메트리 비트스트림 및 어트리뷰트 비트스트림은 멀티플렉싱되어 하나의 비트스트림으로 출력될 수 있다. 실시예들에 따른 비트스트림은 지오메트리 인코딩 및 어트리뷰트 인코딩과 관련된 시그널링 정보를 더 포함할 수 있다.

[60] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 전송 장치(10000) 또는 트랜스미터(10003))는 인코딩된 포인트 클라우드 데이터를

전송할 수 있다(20002). 도1에서 설명한 바와 같이 인코딩된 포인트 클라우드 데이터는 지오메트리 비트스트림, 어트리뷰트 비트스트림으로 표현될 수 있다. 또한 인코딩된 포인트 클라우드 데이터는 포인트 클라우드 데이터의 인코딩과 관련된 시그널링 정보(예를 들면 지오메트리 인코딩 및 어트리뷰트 인코딩과 관련된 시그널링 정보)과 함께 비트스트림의 형태로 전송될 수 있다. 또한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 인코딩된 포인트 클라우드 데이터를 전송하는 비트스트림을 인캡슐레이션 하여 파일 또는 세그먼트의 형태로 전송할 수 있다.

- [61] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 리시버(10005))은 인코딩된 포인트 클라우드 데이터를 포함하는 비트스트림을 수신할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 리시버(10005))은 비트스트림을 디멀티플렉싱할 수 있다.
- [62] 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 포인트 클라우드 비디오 디코더(10005))은 비트스트림으로 전송되는 인코딩된 포인트 클라우드 데이터(예를 들면 지오메트리 비트스트림, 어트리뷰트 비트스트림)을 디코딩할 수 있다. 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 포인트 클라우드 비디오 디코더(10005))은 비트스트림에 포함된 포인트 클라우드 비디오 데이터의 인코딩과 관련된 시그널링 정보를 기반으로 포인트 클라우드 비디오 데이터를 디코딩할 수 있다. 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 포인트 클라우드 비디오 디코더(10005))은 지오메트리 비트스트림을 디코딩하여 포인트들의 포지션들(지오메트리)을 복원할 수 있다. 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 복원한 지오메트리를 기반으로 어트리뷰트 비트스트림을 디코딩하여 포인트들의 어트리뷰트들을 복원할 수 있다. 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 포인트 클라우드 비디오 디코더(10005))은 복원된 지오메트리에 따른 포지션들 및 디코딩된 어트리뷰트를 기반으로 포인트 클라우드 비디오를 복원할 수 있다.
- [63] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 렌더러(10007))은 디코딩된 포인트 클라우드 데이터를 렌더링할 수 있다(20004). 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 렌더러(10007))은 디코딩 과정을 통해 디코딩된 지오메트리 및 어트리뷰트들을 다양한 렌더링 방식에 따라 렌더링 방식에 따라 렌더링 할 수 있다. 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트들은 일정 두께를 갖는 정점, 해당 정점 위치를 중앙으로 하는 특정 최소 크기를 갖는 정육면체, 또는 정점 위치를 중앙으로 하는 원 등으로 렌더링 될 수도 있다. 렌더링된 포인트 클라우드 콘텐츠의 전부 또는 일부 영역은 디스플레이 (예를 들면 VR/AR 디스플레이, 일반 디스플레이 등)을 통해 사용자에게 제공된다.

- [64] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(예를 들면 수신 장치(10004))는 피드백 정보를 확보할 수 있다(20005). 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 피드백 정보를 기반으로 포인트 클라우드 데이터를 인코딩 및/또는 디코딩할 수 있다. 실시예들에 따른 피드백 정보 및 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템의 동작은 도 1에서 설명한 피드백 정보 및 동작과 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [65] 도 3은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 캡처 과정의 예시를 나타낸다.
- [66] 도 3은 도 1 내지 도 2에서 설명한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템의 포인트 클라우드 비디오 캡처 과정의 예시를 나타낸다.
- [67] 포인트 클라우드 콘텐츠는 다양한 3차원 공간(예를 들면 현실 환경을 나타내는 3차원 공간, 가상 환경을 나타내는 3차원 공간 등)에 위치한 오브젝트(object) 및/또는 환경을 나타내는 포인트 클라우드 비디오(이미지들 및/또는 영상들)를 포함한다. 따라서 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 포인트 클라우드 콘텐츠를 생성하기 위하여 하나 또는 그 이상의 카메라(camera)들(예를 들면, 깊이 정보를 확보할 수 있는 적외선 카메라, 깊이 정보에 대응되는 색상 정보를 추출할 수 있는 RGB 카메라 등), 프로젝터(예를 들면 깊이 정보를 확보하기 위한 적외선 패턴 프로젝터 등), 라이더(LiDAR)등을 사용하여 포인트 클라우드 비디오를 캡처할 수 있다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 깊이 정보로부터 3차원 공간상의 포인트들로 구성된 지오메트리의 형태를 추출하고, 색상정보로부터 각 포인트의 어트리뷰트를 추출하여 포인트 클라우드 데이터를 확보할 수 있다. 실시예들에 따른 이미지 및/또는 영상은 인워드-페이싱(inward-facing) 방식 및 아웃워드-페이싱(outward-facing) 방식 중 적어도 어느 하나 이상을 기반으로 캡처될 수 있다.
- [68] 도3의 왼쪽은 인워드-페이싱 방식을 나타낸다. 인워드-페이싱 방식은 중심 오브젝트를 둘러싸고 위치한 하나 또는 그 이상의 카메라들(또는 카메라 센서들)이 중심 오브젝트를 캡처하는 방식을 의미한다. 인워드-페이싱 방식은 핵심 객체에 대한 360도 이미지를 사용자에게 제공하는 포인트 클라우드 콘텐츠(예를 들면 사용자에게 객체(예-캐릭터, 선수, 물건, 배우 등 핵심이 되는 객체)의 360도 이미지를 제공하는 VR/AR 콘텐츠)를 생성하기 위해 사용될 수 있다.
- [69] 도3의 오른쪽은 아웃워드-페이싱 방식을 나타낸다. 아웃워드-페이싱 방식은 중심 오브젝트를 둘러싸고 위치한 하나 또는 그 이상의 카메라들(또는 카메라 센서들)이 중심 오브젝트가 아닌 중심 오브젝트의 환경을 캡처하는 방식을 의미한다. 아웃워드-페이싱 방식은 사용자의 시점에서 나타나는 주변 환경을 제공하기 위한 포인트 클라우드 콘텐츠(예를 들면 자율 주행 차량의 사용자에게 제공될 수 있는 외부 환경을 나타내는 콘텐츠)를 생성하기 위해 사용될 수 있다.
- [70] 도면에 도시된 바와 같이, 포인트 클라우드 콘텐츠는 하나 또는 그 이상의

카메라들의 캡처 동작을 기반으로 생성될 수 있다. 이 경우 각 카메라의 좌표계가 다를 수 있으므로 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 캡처 동작 이전에 글로벌 공간 좌표계(global coordinate system)을 설정하기 위하여 하나 또는 그 이상의 카메라들의 캘리브레이션을 수행할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 상술한 캡처 방식으로 캡처된 이미지 및/또는 영상과 임의의 이미지 및/또는 영상을 합성하여 포인트 클라우드 콘텐츠를 생성할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 가상 공간을 나타내는 포인트 클라우드 콘텐츠를 생성하는 경우 도3에서 설명한 캡처 동작을 수행하지 않을 수 있다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 캡처한 이미지 및/또는 영상에 대해 후처리를 수행할 수 있다. 즉, 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 원하지 않는 영역(예를 들면 배경)을 제거하거나, 캡처한 이미지들 및/또는 영상들이 연결된 공간을 인식하고, 구멍(spatial hole)이 있는 경우 이를 메우는 동작을 수행할 수 있다.

[71] 또한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 각 카메라로부터 확보한 포인트 클라우드 비디오의 포인트들에 대하여 좌표계 변환을 수행하여 하나의 포인트 클라우드 콘텐츠를 생성할 수 있다. 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 각 카메라의 위치 좌표를 기준으로 포인트들의 좌표계 변환을 수행할 수 있다. 이에 따라, 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 하나의 넓은 범위를 나타내는 콘텐츠를 생성할 수도 있고, 포인트들의 밀도가 높은 포인트 클라우드 콘텐츠를 생성할 수 있다.

[72] 도 4는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(Point Cloud Encoder)의 예시를 나타낸다.

[73] 도 4는 도 1의 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002)의 예시를 나타낸다. 포인트 클라우드 인코더는 네트워크의 상황 혹은 애플리케이션 등에 따라 포인트 클라우드 콘텐츠의 질(예를 들어 무손실-lossless, 손실-lossy, near-lossless)을 조절하기 위하여 포인트 클라우드 데이터(예를 들면 포인트들의 포지션들 및/또는 어트리뷰트들)을 재구성하고 인코딩 동작을 수행한다. 포인트 클라우드 콘텐츠의 전체 사이즈가 큰 경우(예를 들어 30 fps의 경우 60 Gbps인 포인트 클라우드 콘텐츠) 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 해당 콘텐츠를 리얼 타임 스트리밍하지 못할 수 있다. 따라서 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 네트워크 환경등에 맞춰 제공하기 위하여 최대 타겟 비트율(bitrate)을 기반으로 포인트 클라우드 콘텐츠를 재구성할 수 있다.

[74] 도 1 내지 도2 에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 인코더는 지오메트리 인코딩 및 어트리뷰트 인코딩을 수행할 수 있다. 지오메트리 인코딩은 어트리뷰트 인코딩보다 먼저 수행된다.

[75] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 좌표계 변환부(Transformation Coordinates, 40000), 양자화부(Quantize and Remove Points (Voxelize), 40001), 옥트리 분석부(Analyze Octree, 40002), 서페이스 어프록시메이션 분석부(Analyze

Surface Approximation, 40003), 아리스메틱 인코더(Arithmetic Encode, 40004), 지오메트리 리컨스트럭션부(Reconstruct Geometry, 40005), 컬러 변환부(Transform Colors, 40006), 어트리뷰트 변환부(Transfer Attributes, 40007), RAHT 변환부(40008), LOD생성부(Generated LOD, 40009), 리프팅 변환부(Lifting)(40010), 계수 양자화부(Quantize Coefficients, 40011) 및/또는 아리스메틱 인코더(Arithmetic Encode, 40012)를 포함한다.

- [76] 좌표계 변환부(40000), 양자화부(40001), 옥트리 분석부(40002), 서페이스 어프록시메이션 분석부(40003), 아리스메틱 인코더(40004), 및 지오메트리 리컨스트럭션부(40005)는 지오메트리 인코딩을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 지오메트리 인코딩은 옥트리 지오메트리 코딩, 다이렉트 코딩(direct coding), 트라이슈프 지오메트리 인코딩(trisoup geometry encoding) 및 엔트로피 인코딩을 포함할 수 있다. 다이렉트 코딩 및 트라이슈프 지오메트리 인코딩은 선택적으로 또는 조합으로 적용된다. 또한 지오메트리 인코딩은 위의 예시에 국한되지 않는다.
- [77] 도면에 도시된 바와 같이, 실시예들에 따른 좌표계 변환부(40000)는 포지션들을 수신하여 좌표계(coordinate)로 변환한다. 예를 들어, 포지션들은 3차원 공간(예를 들면 XYZ 좌표계로 표현되는 3차원 공간 등)의 위치 정보로 변환될 수 있다. 실시예들에 따른 3차원 공간의 위치 정보는 지오메트리 정보로 지칭될 수 있다.
- [78] 실시예들에 따른 양자화부(40001)는 지오메트리를 양자화한다. 예를 들어, 양자화부(40001)는 전체 포인트들의 최소 위치 값(예를 들면 X축, Y축, Z축에 대하여 각축상의 최소 값)을 기반으로 포인트들을 양자화 할 수 있다. 양자화부(40001)는 최소 위치 값과 각 포인트의 위치 값의 차이에 기 설정된 양자 스케일(quantization scale) 값을 곱한 뒤, 내림 또는 올림을 수행하여 가장 가까운 정수 값을 찾는 양자화 동작을 수행한다. 따라서 하나 또는 그 이상의 포인트들은 동일한 양자화된 포지션(또는 포지션 값)을 가질 수 있다. 실시예들에 따른 양자화부(40001)는 양자화된 포인트들을 재구성하기 위해 양자화된 포지션들을 기반으로 복셀화(voxelization)를 수행한다. 2차원 이미지/비디오 정보를 포함하는 최소 단위는 픽셀(pixel)과 같이, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠(또는 3차원 포인트 클라우드 비디오)의 포인트들은 하나 또는 그 이상의 복셀(voxel)들에 포함될 수 있다. 복셀은 볼륨(Volume)과 픽셀(Pixel)의 조합어로서, 3차원 공간을 표현하는 축들(예를 들면 X축, Y축, Z축)을 기반으로 3차원 공간을 유닛(unit=1.0) 단위로 나누었을 때 발생하는 3차원 큐빅 공간을 의미한다. 양자화부(40001)는 3차원 공간의 포인트들의 그룹들을 복셀들로 매칭할 수 있다. 실시예들에 따라 하나의 복셀은 하나의 포인트만 포함할 수 있다. 실시예들에 따라 하나의 복셀은 하나 또는 그 이상의 포인트들을 포함할 수 있다. 또한 하나의 복셀을 하나의 포인트로 표현하기 위하여, 하나의 복셀에 포함된 하나 또는 그 이상의 포인트들의

포지션들을 기반으로 해당 복셀의 중앙점(center)의 포지션을 설정할 수 있다. 이 경우 하나의 복셀에 포함된 모든 포지션들의 어트리뷰트들은 통합되어(combined) 해당 복셀에 할당될(assigned) 수 있다.

- [79] 실시예들에 따른 옥트리 분석부(40002)는 복셀을 옥트리(octree) 구조로 나타내기 위한 옥트리 지오메트리 코딩(또는 옥트리 코딩)을 수행한다. 옥트리 구조는 팔진 트리 구조에 기반하여 복셀에 매칭된 포인트들을 표현한다.
- [80] 실시예들에 따른 서페이스 어프록시메이션 분석부(40003)는 옥트리를 분석하고, 근사화할 수 있다. 실시예들에 따른 옥트리 분석 및 근사화는 효율적으로 옥트리 및 복셀화를 제공하기 위해서 다수의 포인트들을 포함하는 영역에 대해 복셀화하기 위해 분석하는 과정이다.
- [81] 실시예들에 따른 아리스메틱 인코더(40004)는 옥트리 및/또는 근사화된 옥트리를 엔트로피 인코딩한다. 예를 들어, 인코딩 방식은 아리스메틱(Arithmetic) 인코딩 방법을 포함한다. 인코딩의 결과로 지오메트리 비트스트림이 생성된다.
- [82] 컬러 변환부(40006), 어트리뷰트 변환부(40007), RAHT 변환부(40008), LOD생성부(40009), 리프팅 변환부(40010), 계수 양자화부(40011) 및/또는 아리스메틱 인코더(40012)는 어트리뷰트 인코딩을 수행한다. 상술한 바와 같이 하나의 포인트는 하나 또는 그 이상의 어트리뷰트들을 가질 수 있다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 인코딩은 하나의 포인트가 갖는 어트리뷰트들에 대해 동일하게 적용된다. 다만, 하나의 어트리뷰트(예를 들면 색상)이 하나 또는 그 이상의 요소들을 포함하는 경우, 각 요소마다 독립적인 어트리뷰트 인코딩이 적용된다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 인코딩은 컬러 변환 코딩, 어트리뷰트 변환 코딩, RAHT(Region Adaptive Hierarchical Transform) 코딩, 예측 변환(Interpolation-based hierarchical nearest-neighbour prediction-Prediction Transform) 코딩 및 리프팅 변환(interpolation-based hierarchical nearest-neighbour prediction with an update/lifting step (Lifting Transform)) 코딩을 포함할 수 있다. 포인트 클라우드 콘텐츠에 따라 상술한 RAHT 코딩, 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩은 선택적으로 사용되거나, 하나 또는 그 이상의 코딩들의 조합이 사용될 수 있다. 또한 실시예들에 따른 어트리뷰트 인코딩은 상술한 예시에 국한되는 것은 아니다.
- [83] 실시예들에 따른 컬러 변환부(40006)는 어트리뷰트들에 포함된 컬러 값(또는 텍스처)을 변환하는 컬러 변환 코딩을 수행한다. 예를 들어, 컬러 변환부(40006)는 색상 정보의 포맷을 변환(예를 들어 RGB에서 YCbCr로 변환)할 수 있다. 실시예들에 따른 컬러 변환부(40006)의 동작은 어트리뷰트들에 포함된 컬러값에 따라 옵션(optional)하게 적용될 수 있다.
- [84] 실시예들에 따른 지오메트리 리컨스트럭션부(40005)는 옥트리 및/또는 근사화된 옥트리를 재구성(디컴프레션)한다. 지오메트리 리컨스트럭션부(40005)는 포인트들의 분포를 분석한 결과에 기반하여

옥트리/복셀을 재구성한다. 재구성된 옥트리/복셀은 재구성된 지오메트리(또는 복원된 지오메트리)로 호칭될 수 있다.

- [85] 실시예들에 따른 어트리뷰트 변환부(40007)는 지오메트리 인코딩이 수행되지 않은 포지션들 및/또는 재구성된 지오메트리를 기반으로 어트리뷰트들을 변환하는 어트리뷰트 변환을 수행한다. 상술한 바와 같이 어트리뷰트들은 지오메트리에 종속되므로, 어트리뷰트 변환부(40007)는 재구성된 지오메트리 정보를 기반으로 어트리뷰트들을 변환할 수 있다. 예를 들어, 어트리뷰트 변환부(40007)는 복셀에 포함된 포인트의 포지션값을 기반으로 그 포지션의 포인트가 가지는 어트리뷰트를 변환할 수 있다. 상술한 바와 같이 하나의 복셀에 포함된 하나 또는 그 이상의 포인트들의 포지션들을 기반으로 해당 복셀의 중앙점의 포지션이 설정된 경우, 어트리뷰트 변환부(40007)는 하나 또는 그 이상의 포인트들의 어트리뷰트들을 변환한다. 트라이슈프 지오메트리 인코딩이 수행된 경우, 어트리뷰트 변환부(40007)는 트라이슈프 지오메트리 인코딩을 기반으로 어트리뷰트들을 변환할 수 있다.
- [86] 어트리뷰트 변환부(40007)는 각 복셀의 중앙점의 포지션(또는 포지션 값)으로부터 특정 위치/반경 내에 이웃하고 있는 포인트들의 어트리뷰트들 또는 어트리뷰트 값들(예를 들면 각 포인트의 색상, 또는 반사율 등)의 평균값을 계산하여 어트리뷰트 변환을 수행할 수 있다. 어트리뷰트 변환부(40007)는 평균값 계산시 중앙점으로부터 각 포인트까지의 거리에 따른 가중치를 적용할 수 있다. 따라서 각 복셀은 포지션과 계산된 어트리뷰트(또는 어트리뷰트 값)을 갖게 된다.
- [87] 어트리뷰트 변환부(40007)는 K-D 트리 또는 몰튼 코드를 기반으로 각 복셀의 중앙점의 포지션으로부터 특정 위치/반경 내에 존재하는 이웃 포인트들을 탐색할 수 있다. K-D 트리는 이진 탐색 트리(binary search tree)로 빠르게 최단 이웃점 탐색(Nearest Neighbor Search-NNS)이 가능하도록 point들을 위치 기반으로 관리할 수 있는 자료 구조를 지원한다. 몰튼 코드는 모든 포인트들의 3차원 포지션을 나타내는 좌표값(예를 들면 (x, y, z))을 비트값으로 나타내고, 비트들을 믹싱하여 생성된다. 예를 들어 포인트의 포지션을 나타내는 좌표값이 $(5, 9, 1)$ 일 경우 좌표값의 비트 값은 $(0101, 1001, 0001)$ 이다. 비트 값을 z, y, x 순서로 비트 인덱스에 맞춰 믹싱하면 010001000111이다. 이 값을 10진수로 나타내면 1095이 된다. 즉, 좌표값이 $(5, 9, 1)$ 인 포인트의 몰튼 코드 값은 1095이다. 어트리뷰트 변환부(40007)는 몰튼 코드 값을 기준으로 포인트들을 정렬하고 depth-first traversal 과정을 통해 최단 이웃점 탐색(NNS)을 할 수 있다. 어트리뷰트 변환 동작 이후, 어트리뷰트 코딩을 위한 다른 변환 과정에서도 최단 이웃점 탐색(NNS)이 필요한 경우, K-D 트리 또는 몰튼 코드가 활용된다.
- [88] 도면에 도시된 바와 같이 변환된 어트리뷰트들은 RAHT 변환부(40008) 및/또는 LOD 생성부(40009)로 입력된다.
- [89] 실시예들에 따른 RAHT 변환부(40008)는 재구성된 지오메트리 정보에

기반하여 어트리뷰트 정보를 예측하는 RAHT코딩을 수행한다. 예를 들어, RAHT 변환부(40008)는 옥트리의 하위 레벨에 있는 노드와 연관된 어트리뷰트 정보에 기반하여 옥트리의 상위 레벨에 있는 노드의 어트리뷰트 정보를 예측할 수 있다.

- [90] 실시예들에 따른 LOD생성부(40009)는 예측 변환 코딩을 수행하기 위하여 LOD(Level of Detail)를 생성한다. 실시예들에 따른 LOD는 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일을 나타내는 정도로서, LOD 값이 작을수록 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일이 떨어지고, LOD 값이 클수록 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일이 높음을 나타낸다. 포인트들을 LOD에 따라 분류될 수 있다.
- [91] 실시예들에 따른 리프팅 변환부(40010)는 포인트 클라우드의 어트리뷰트들을 가중치에 기반하여 변환하는 리프팅 변환 코딩을 수행한다. 상술한 바와 같이 리프팅 변환 코딩은 선택적으로 적용될 수 있다.
- [92] 실시예들에 따른 계수 양자화부(40011)은 어트리뷰트 코딩된 어트리뷰트들을 계수에 기반하여 양자화한다.
- [93] 실시예들에 따른 아리스메틱 인코더(40012)는 양자화된 어트리뷰트들을 아리스메틱 코딩에 기반하여 인코딩한다.
- [94] 도 4의 포인트 클라우드 인코더의 엘리먼트들은 도면에 도시되지 않았으나 포인트 클라우드 제공 장치에 포함된 하나 또는 그 이상의 메모리들과 통신가능하도록 설정된 하나 또는 그 이상의 프로세서들 또는 집적 회로들(integrated circuits)을 포함하는 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있다. 하나 또는 그 이상의 프로세서들은 상술한 도 4의 포인트 클라우드 인코더의 엘리먼트들의 동작들 및/또는 기능들 중 적어도 어느 하나 이상을 수행할 수 있다. 또한 하나 또는 그 이상의 프로세서들은 도 4의 포인트 클라우드 인코더의 엘리먼트들의 동작들 및/또는 기능들을 수행하기 위한 소프트웨어 프로그램들 및/또는 인스트럭션들의 세트를 동작하거나 실행할 수 있다. 실시예들에 따른 하나 또는 그 이상의 메모리들은 하이 스피드 랜덤 액세스 메모리를 포함할 수도 있고, 비휘발성 메모리(예를 들면 하나 또는 그 이상의 마그네틱 디스크 저장 디바이스들, 플래쉬 메모리 디바이스들, 또는 다른 비휘발성 솔리드 스테이트 메모리 디바이스들(Solid-state memory devices)등)을 포함할 수 있다.
- [95] 도 5는 실시예들에 따른 복셀의 예시를 나타낸다.
- [96] 도 5는 X축, Y축, Z축의 3가지 축으로 구성된 좌표계로 표현되는 3차원 공간상에 위치한 복셀을 나타낸다. 도 4에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 양자화부(40001) 등)은 복셀화를 수행할 수 있다. 복셀은 3차원 공간을 표현하는 축들(예를 들면 X축, Y축, Z축)을 기반으로 3차원 공간을 유닛(unit=1.0) 단위로 나누었을 때 발생하는 3차원 큐빅 공간을 의미한다. 도 5는 두 개의 극점들(0,0,0) 및 $(2^d, 2^d, 2^d)$ 으로 정의되는 바운딩 박스(cubical axis-aligned bounding box)를 재귀적으로 분할(recursive subdividing)하는 옥트리 구조를 통해 생성된 복셀의 예시를 나타낸다. 하나의 복셀은 적어도 하나 이상의

포인트를 포함한다. 복셀은 복셀군(voxel group)과의 포지션 관계로부터 공간 좌표를 추정 할 수 있다. 상술한 바와 같이 복셀은 2차원 이미지/영상의 픽셀과 마찬가지로 어트리뷰트(색상 또는 반사율 등)을 가진다. 복셀에 대한 구체적인 설명은 도 4에서 설명한 바와 동일하므로 생략한다.

- [97] 도 6은 실시예들에 따른 옥트리 및 오큐판시 코드 (occupancy code)의 예시를 나타낸다.
- [98] 도 1 내지 도 4에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(포인트 클라우드 비디오 인코더(10002)) 또는 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 옥트리 분석부(40002))는 복셀의 영역 및/또는 포지션을 효율적으로 관리하기 위하여 옥트리 구조 기반의 옥트리 지오메트리 코딩(또는 옥트리 코딩)을 수행한다.
- [99] 도 6의 상단은 옥트리 구조를 나타낸다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠의 3차원 공간은 좌표계의 축들(예를 들면 X축, Y축, Z축)로 표현된다. 옥트리 구조는 두 개의 극점들(0,0,0) 및 $(2^d, 2^d, 2^d)$ 으로 정의되는 바운딩 박스(cubical axis-aligned bounding box)를 재귀적으로 분할(recursive subdividing)하여 생성된다. 2^d 는 포인트 클라우드 콘텐츠(또는 포인트 클라우드 비디오)의 전체 포인트들을 감싸는 가장 작은 바운딩 박스를 구성하는 값으로 설정될 수 있다. d 는 옥트리의 깊이(depth)를 나타낸다. d 값은 다음의 식에 따라 결정된다. 하기 식에서 $(x^{int}_n, y^{int}_n, z^{int}_n)$ 는 양자화된 포인트들의 포지션들(또는 포지션 값들)을 나타낸다.
- [100]
$$d = \text{Ceil}(\text{Log}_2(\text{Max}(x_n^{int}, y_n^{int}, z_n^{int}, n=1, \dots, N)+1))$$
- [101] 도 6의 상단의 중간에 도시된 바와 같이, 분할에 따라 전체 3차원 공간은 8개의 공간들로 분할될 수 있다. 분할된 각 공간은 6개의 면들을 갖는 큐브로 표현된다. 도 6 상단의 오른쪽에 도시된 바와 같이 8개의 공간들 각각은 다시 좌표계의 축들(예를 들면 X축, Y축, Z축)을 기반으로 분할된다. 따라서 각 공간은 다시 8개의 작은 공간들로 분할된다. 분할된 작은 공간 역시 6개의 면들을 갖는 큐브로 표현된다. 이와 같은 분할 방식은 옥트리의 리프 노드(leaf node)가 복셀이 될 때까지 적용된다.
- [102] 도 6의 하단은 옥트리의 오큐판시 코드를 나타낸다. 옥트리의 오큐판시 코드는 하나의 공간이 분할되어 발생하는 8개의 분할된 공간들 각각이 적어도 하나의 포인트를 포함하는지 여부를 나타내기 위해 생성된다. 따라서 하나의 오큐판시 코드는 8개의 자식 노드(child node)들로 표현된다. 각 자식 노드는 분할된 공간의 오큐판시를 나타내며, 자식 노드는 1비트의 값을 갖는다. 따라서 오큐판시 코드는 8 비트 코드로 표현된다. 즉, 자식 노드에 대응하는 공간에 적어도 하나의 포인트가 포함되어 있으면 해당 노드는 1값을 갖는다. 자식 노드에 대응하는 공간에 포인트가 포함되어 있지 않으면(empty), 해당 노드는 0값을 갖는다. 도 6에 도시된 오큐판시 코드는 00100001이므로 8개의 자식 노드 중 3번째 자식 노드 및 8번째 자식 노드에 대응하는 공간들은 각각 적어도 하나의 포인트를

포함함을 나타낸다. 도면에 도시된 바와 같이 3번째 자식 노드 및 8번째 자식 노드는 각각 8개의 자식 노드를 가지며, 각 자식 노드는 8비트의 오큐판시 코드로 표현된다. 도면은 3번째 자식 노드의 오큐판시 코드가 10000111이고, 8번째 자식 노드의 오큐판시 코드가 01001111임을 나타낸다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 아리스메틱 인코더(40004))는 오큐판시 코드를 엔트로피 인코딩할 수 있다. 또한 압축 효율을 높이기 위해 포인트 클라우드 인코더는 오큐판시 코드를 인트라/인터 코딩할 수 있다. 실시예들에 따른 수신 장치(예를 들면 수신 장치(10004) 또는 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006))는 오큐판시 코드를 기반으로 옥트리를 재구성한다.

- [103] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 도 4의 포인트 클라우드 인코더, 또는 옥트리 분석부(40002))는 포인트들의 위치선들을 저장하기 위해 복셀화 및 옥트리 코딩을 수행할 수 있다. 하지만 3차원 공간 내 포인트들이 언제나 고르게 분포하는 것은 아니므로, 포인트들이 많이 존재하지 않는 특정 영역이 존재할 수 있다. 따라서 3차원 공간 전체에 대해 복셀화를 수행하는 것은 비효율적이다. 예를 들어 특정 영역에 포인트가 거의 존재하지 않는다면, 해당 영역까지 복셀화를 수행할 필요가 없다.
- [104] 따라서 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 상술한 특정 영역(또는 옥트리의 리프 노드를 제외한 노드)에 대해서는 복셀화를 수행하지 않고, 특정 영역에 포함된 포인트들의 위치선을 직접 코딩하는 다이렉트 코딩(Direct coding)을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 다이렉트 코딩 포인트의 좌표들은 다이렉트 코딩 모드(Direct Coding Mode, DCM)으로 호칭된다. 또한 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 표면 모델(surface model)을 기반으로 특정 영역(또는 노드)내의 포인트들의 위치선들을 복셀 기반으로 재구성하는 트라이슈프 지오메트리 인코딩(Trisoup geometry encoding)을 수행할 수 있다. 트라이슈프 지오메트리 인코딩은 오브젝트의 표현을 삼각형 메쉬(triangle mesh)의 시리즈로 표현하는 지오메트리 인코딩이다. 따라서 포인트 클라우드 디코더는 메쉬 표면으로부터 포인트 클라우드를 생성할 수 있다. 실시예들에 따른 다이렉트 코딩 및 트라이슈프 지오메트리 인코딩은 선택적으로 수행될 수 있다. 또한 실시예들에 따른 다이렉트 코딩 및 트라이슈프 지오메트리 인코딩은 옥트리 지오메트리 코딩(또는 옥트리 코딩)과 결합되어 수행될 수 있다.
- [105] 다이렉트 코딩(Direct coding)을 수행하기 위해서는 다이렉트 코딩을 적용하기 위한 직접 모드(direct mode) 사용 옵션이 활성화 되어 있어야 하며, 다이렉트 코딩을 적용할 노드는 리프 노드가 아니고, 특정 노드 내에 한계치(threshold) 이하의 포인트들이 존재해야 한다. 또한 다이렉트 코딩의 대상이 되는 전체 포인트들의 개수는 기설정된 한계값을 넘어서는 안된다. 위의 조건이 만족되면, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(또는 아리스메틱 인코더(40004))는 포인트들의 위치선들(또는 위치선 값들)을 엔트로피 코딩할 수 있다.
- [106] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 서페이스 어프로시메이션

분석부(40003))는 옥트리의 특정 레벨(레벨은 옥트리의 깊이 d보다는 작은 경우)을 정하고, 그 레벨부터는 표면 모델을 사용하여 노드 영역내의 포인트의 위치를 복셀 기반으로 재구성하는 트라이슈프 지오메트리 인코딩을 수행할 수 있다(트라이슈프 모드). 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 트라이슈프 지오메트리 인코딩을 적용할 레벨을 지정할 수 있다. 예를 들어, 지정된 레벨이 옥트리의 깊이와 같으면 포인트 클라우드 인코더는 트라이슈프 모드로 동작하지 않는다. 즉, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 지정된 레벨이 옥트리의 깊이값 보다 작은 경우에만 트라이슈프 모드로 동작할 수 있다. 실시예들에 따른 지정된 레벨의 노드들의 3차원 정육면체 영역을 블록(block)이라 호칭한다. 하나의 블록은 하나 또는 그 이상의 복셀들을 포함할 수 있다. 블록 또는 복셀은 브릭(brick)에 대응될 수도 있다. 각 블록 내에서 지오메트리는 표면(surface)으로 표현된다. 실시예들에 따른 표면은 최대 한번 블록의 각 엣지(edge, 모서리)와 교차할 수 있다.

- [107] 하나의 블록은 12개의 엣지들을 가지므로, 하나의 블록 내 적어도 12개의 교차점들이 존재한다. 각 교차점은 버텍스(vertex, 정점 또는 꼭지점)라 호칭된다. 엣지를 따라 존재하는 버텍스는 해당 엣지를 공유하는 모든 블록들 중 그 엣지에 인접한 적어도 하나의 오큐파이드 복셀(occupied voxel)이 있는 경우 감지된다. 실시예들에 따른 오큐파이드 복셀은 포인트를 포함하는 복셀을 의미한다. 엣지를 따라 검출된 버텍스의 위치는 해당 엣지를 공유하는 모든 블록들 중 해당 엣지에 인접한 모든 복셀들의 엣지에 따른 평균 위치(the average position along the edge of all voxels)이다.
- [108] 버텍스가 검출되면 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 엣지의 시작점(x, y, z), 엣지의 방향벡터($\Delta x, \Delta y, \Delta z$), 버텍스 위치 값(엣지 내의 상대적 위치 값)들을 엔트로피코딩할 수 있다. 트라이슈프 지오메트리 인코딩이 적용된 경우, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 지오메트리 리컨스트럭션부(40005))는 삼각형 재구성(triangle reconstruction), 업-샘플링(up-sampling), 복셀화 과정을 수행하여 복원된 지오메트리(재구성된 지오메트리)를 생성할 수 있다.
- [109] 블록의 엣지에 위치한 버텍스들은 블록을 통과하는 표면(surface)를 결정한다. 실시예들에 따른 표면은 비평면 다각형이다. 삼각형 재구성 과정은 엣지의 시작점, 엣지의 방향 벡터와 버텍스의 위치값을 기반으로 삼각형으로 나타내는 표면을 재구성한다. 삼각형 재구성 과정은 다음과 같다. ① 각 버텍스들의 중심(centroid)값을 계산하고, ② 각 버텍스값에서 중심 값을 뺀 값들에 ③ 자승을 수행하고 그 값을 모두 더한 값을 구한다.
- [110]
$$\textcircled{1} \begin{bmatrix} \mu_x \\ \mu_y \\ \mu_z \end{bmatrix} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} \quad \textcircled{2} \begin{bmatrix} \bar{x}_i \\ \bar{y}_i \\ \bar{z}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mu_x \\ \mu_y \\ \mu_z \end{bmatrix} \quad \textcircled{3} \begin{bmatrix} \sigma_x^2 \\ \sigma_y^2 \\ \sigma_z^2 \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} \bar{x}_i^2 \\ \bar{y}_i^2 \\ \bar{z}_i^2 \end{bmatrix}$$
- [111] 더해진 값의 최소값을 구하고, 최소값이 있는 축에 따라서 프로젝션 (Projection,

투영) 과정을 수행한다. 예를 들어 x 요소(element)가 최소인 경우, 각 버텍스를 블록의 중심을 기준으로 x 축으로 프로젝션 시키고, (y, z) 평면으로 프로젝션 시킨다. (y, z) 평면으로 프로젝션 시키면 나오는 값이 (a_i, b_i) 라면 $\text{atan2}(b_i, a_i)$ 를 통해 θ 값을 구하고, θ 값을 기준으로 버텍스들(vertices)을 정렬한다. 하기의 표는 버텍스들의 개수에 따라 삼각형을 생성하기 위한 버텍스들의 조합을 나타낸다. 버텍스들은 1부터 n 까지의 순서로 정렬된다. 하기 표는 4개의 버텍스들에 대하여, 버텍스들의 조합에 따라 두 개의 삼각형들이 구성될 수 있음을 나타낸다. 첫번째 삼각형은 정렬된 버텍스들 중 1, 2, 3번째 버텍스들로 구성되고, 두번째 삼각형은 정렬된 버텍스들 중 3, 4, 1번째 버텍스들로 구성될 수 있다..

- [112] 표2-1. Triangles formed from vertices ordered 1,...,n
- [113] n triangles
- [114] 3 (1,2,3)
- [115] 4 (1,2,3), (3,4,1)
- [116] 5 (1,2,3), (3,4,5), (5,1,3)
- [117] 6 (1,2,3), (3,4,5), (5,6,1), (1,3,5)
- [118] 7 (1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,1,3), (3,5,7)
- [119] 8 (1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,1), (1,3,5), (5,7,1)
- [120] 9 (1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9), (9,1,3), (3,5,7), (7,9,3)
- [121] 10 (1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9), (9,10,1), (1,3,5), (5,7,9), (9,1,5)
- [122] 11 (1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9), (9,10,11), (11,1,3), (3,5,7), (7,9,11), (11,3,7)
- [123] 12 (1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9), (9,10,11), (11,12,1), (1,3,5), (5,7,9), (9,11,1), (1,5,9)
- [124] 업샘플링 과정은 삼각형의 엣지를 따라서 중간에 점들을 추가하여 복셀화 하기 위해서 수행된다. 업샘플링 요소 값(upsampling factor)과 블록의 너비를 기준으로 추가 점들을 생성한다. 추가점은 리파인드 버텍스(refined vertice)라고 호칭된다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 리파인드 버텍스들을 복셀화할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 인코더는 복셀화 된 포지션(또는 포지션 값)을 기반으로 어트리뷰트 인코딩을 수행할 수 있다.
- [125] 도 7은 실시예들에 따른 이웃 노드 패턴의 예시를 나타낸다.
- [126] 포인트 클라우드 비디오의 압축 효율을 증가시키기 위하여 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 컨텍스트 어댑티브 아리스메틱 (context adaptive arithmetic) 코딩을 기반으로 엔트로피 코딩을 수행할 수 있다.
- [127] 도 1 내지 도 6에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템 또는 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002), 도 4의 포인트 클라우드 인코더 또는 아리스메틱 인코더(40004))는 오큐판시 코드를 곧바로 엔트로피 코딩할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템 또는 포인트 클라우드 인코더는 현재 노드의 오큐판시 코드와 이웃

노드들의 오쿠파시를 기반으로 엔트로피 인코딩(인트라 인코딩)을 수행하거나, 이전 프레임의 오쿠파시 코드를 기반으로 엔트로피 인코딩(인터 인코딩)을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 프레임은 동일한 시간에 생성된 포인트 클라우드 비디오의 집합을 의미한다. 실시예들에 따른 인트라 인코딩/인터 인코딩의 압축 효율은 참조하는 이웃 노드들의 개수에 따라 달라질 수 있다. 비트가 커지면 복잡해지지만 한쪽으로 치우치게 만들어서 압축 효율이 높아질 수 있다. 예를 들어 3-bit context를 가지면, 2의 3승인 = 8가지 방법으로 코딩 해야 한다. 나누어 코딩을 하는 부분은 구현의 복잡도에 영향을 준다. 따라서 압축의 효율과 복잡도의 적정 수준을 맞추는 필요가 있다.

[128] 도7은 이웃 노드들의 오쿠파시를 기반으로 오쿠파시 패턴을 구하는 과정을 나타낸다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 옥트리의 각 노드의 이웃 노드들의 오쿠파시(occupancy)를 판단하고 이웃 노드 패턴(neighbor pattern) 값을 구한다. 이웃 노드 패턴은 해당 노드의 오쿠파시 패턴을 추론하기 위해 사용된다. 도7의 왼쪽은 노드에 대응하는 큐브(가운데 위치한 큐브) 및 해당 큐브와 적어도 하나의 면을 공유하는 6개의 큐브들(이웃 노드들)을 나타낸다. 도면에 도시된 노드들은 같은 템스(깊이)의 노드들이다. 도면에 도시된 숫자는 6개의 노드들 각각과 연관된 가중치들(1, 2, 4, 8, 16, 32, 등)을 나타낸다. 각 가중치는 이웃 노드들의 위치에 따라 순차적으로 부여된다.

[129] 도 7의 오른쪽은 이웃 노드 패턴 값을 나타낸다. 이웃 노드 패턴 값은 오쿠파이드 이웃 노드(포인트를 갖는 이웃 노드)의 가중치가 곱해진 값들의 합이다. 따라서 이웃 노드 패턴 값은 0에서 63까지의 값을 갖는다. 이웃 노드 패턴 값이 0 인 경우, 해당 노드의 이웃 노드 중 포인트를 갖는 노드(오쿠파이드 노드)가 없음을 나타낸다. 이웃 노드 패턴 값이 63인 경우, 이웃 노드들이 전부 오쿠파이드 노드들임을 나타낸다. 도면에 도시된 바와 같이 가중치 1, 2, 4, 8가 부여된 이웃 노드들은 오쿠파이드 노드들이므로, 이웃 노드 패턴 값은 1, 2, 4, 8을 더한 값인 15이다. 포인트 클라우드 인코더는 이웃 노드 패턴 값에 따라 코딩을 수행할 수 있다(예를 들어 이웃 노드 패턴 값이 63인 경우, 64가지의 코딩을 수행). 실시예들에 따라 포인트 클라우드 인코더는 이웃 노드 패턴 값을 변경 (예를 들면 64를 10 또는 6으로 변경하는 테이블을 기반으로) 하여 코딩의 복잡도를 줄일 수 있다.

[130] 도 8은 실시예들에 따른 LOD 별 포인트 구성의 예시를 나타낸다.

[131] 도 1 내지 도 7에서 설명한 바와 같이, 어트리뷰트 인코딩이 수행되기 전 인코딩된 지오메트리는 재구성(디컴프레션)된다. 다이렉트 코딩이 적용된 경우, 지오메트리 재구성 동작은 다이렉트 코딩된 포인트들의 배치를 변경하는 것을 포함할 수 있다(예를 들면 다이렉트 코딩된 포인트들을 포인트 클라우드 데이터의 앞쪽에 배치). 트라이슈프 지오메트리 인코딩이 적용된 경우, 지오메트리 재구성 과정은 삼각형 재구성, 업샘플링, 복셀화 과정을 어트리뷰트는 지오메트리에 종속되므로, 어트리뷰트 인코딩은 재구성된 지오메트리를

기반으로 수행된다.

- [132] 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 LOD 생성부(40009))는 포인트들을 LOD별로 분류(reorganization)할 수 있다. 도면은 LOD에 대응하는 포인트 클라우드 콘텐츠를 나타낸다. 도면의 왼쪽은 오리지널 포인트 클라우드 콘텐츠를 나타낸다. 도면의 왼쪽에서 두번째 그림은 가장 낮은 LOD의 포인트들의 분포를 나타내며, 도면의 가장 오른쪽 그림은 가장 높은 LOD의 포인트들의 분포를 나타낸다. 즉, 가장 낮은 LOD의 포인트들은 드문드문(sparse) 분포하며, 가장 높은 LOD의 포인트들은 촘촘히 분포한다. 즉, 도면 하단에 표시된 화살표 방향에 따라 LOD가 증가할수록 포인트들 간의 간격(또는 거리)는 더 짧아진다.
- [133] 도 9는 실시예들에 따른 LOD 별 포인트 구성의 예시를 나타낸다.
- [134] 도 1 내지 도 8에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템, 또는 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002), 도 4의 포인트 클라우드 인코더, 또는 LOD 생성부(40009))는 LOD를 생성할 수 있다. LOD는 포인트들을 설정된 LOD 거리 값(또는 유클리디언 디스턴스(Euclidean Distance)의 세트)에 따라 리파인먼트 레벨들(refinement levels)의 세트로 재정렬(reorganize)하여 생성된다. LOD 생성 과정은 포인트 클라우드 인코더뿐만 아니라 포인트 클라우드 디코더에서도 수행된다.
- [135] 도 9의 상단은 3차원 공간에 분포된 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트들의 예시(P0내지 P9)를 나타낸다. 도 9의 오리지널 오더(Original order)는 LOD 생성전 포인트들 P0내지 P9의 순서를 나타낸다. 도 9의 LOD 기반 오더 (LOD based order)는 LOD 생성에 따른 포인트들의 순서를 나타낸다. 포인트들은 LOD별 재정렬된다. 또한 높은 LOD는 낮은 LOD에 속한 포인트들을 포함한다. 도 9에 도시된 바와 같이 LOD0는 P0, P5, P4 및 P2를 포함한다. LOD1은 LOD0의 포인트들과 P1, P6 및 P3를 포함한다. LOD2는 LOD0의 포인트들, LOD1의 포인트들 및 P9, P8 및 P7을 포함한다.
- [136] 도 4에서 설명한 바와 같이 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 예측 변환 코딩, 리프팅 변환 코딩 및 RAHT 변환 코딩을 선택적으로 또는 조합하여 수행할 수 있다.
- [137] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 포인트들에 대한 예측기(predictor)를 생성하여 각 포인트의 예측 어트리뷰트(또는 예측 어트리뷰트값)을 설정하기 위한 예측 변환 코딩을 수행할 수 있다. 즉, N개의 포인트들에 대하여 N개의 예측기들이 생성될 수 있다. 실시예들에 따른 예측기는 각 포인트의 LOD 값과 LOD별 설정된 거리 내에 존재하는 이웃 포인트들에 대한 인덱싱 정보 및 이웃 포인트들까지의 거리 값을 기반으로 가중치($=1/\text{거리}$) 값을 계산할 수 있다.
- [138] 실시예들에 따른 예측 어트리뷰트(또는 어트리뷰트값)은 각 포인트의 예측기에 설정된 이웃 포인트들의 어트리뷰트들(또는 어트리뷰트 값들, 예를

들면 색상, 반사율 등)에 각 이웃 포인트까지의 거리를 기반으로 계산된 가중치(또는 가중치값)을 곱한 값의 평균값으로 설정된다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 계수 양자화부(40011)는 각 포인트의 어트리뷰트(어트리뷰트 값)에서 예측 어트리뷰트(어트리뷰트값)을 뺀 잔여값들(residuals, 잔여 어트리뷰트, 잔여 어트리뷰트값, 어트리뷰트 예측 잔여값 등으로 호칭할 수 있다)을 양자화(quantization) 및 역양자화(inverse quantization)할 수 있다. 양자화 과정은 다음의 표에 나타난 바와 같다.

- [139] 표. Attribute prediction residuals quantization pseudo code
- [140] int PCCQuantization(int value, int quantStep) {
- [141] if(value >=0) {
- [142] return floor(value / quantStep + 1.0 / 3.0);
- [143] } else {
- [144] return -floor(-value / quantStep + 1.0 / 3.0);
- [145] }
- [146] }
- [147]
- [148] 표. Attribute prediction residuals inverse quantization pseudo code
- [149] int PCCInverseQuantization(int value, int quantStep) {
- [150] if(quantStep ==0) {
- [151] return value;
- [152] } else {
- [153] return value * quantStep;
- [154] }
- [155] }
- [156] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 아리스메틱 인코더(40012)는 각 포인트의 예측기에 이웃한 포인트들이 있는 경우, 상술한 바와 같이 양자화 및 역양자화된 잔여값을 엔트로피 코딩 할 수 있다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 아리스메틱 인코더(40012)는 각 포인트의 예측기에 이웃한 포인트들이 없으면 상술한 과정을 수행하지 않고 해당 포인트의 어트리뷰트들을 엔트로피 코딩할 수 있다.
- [157] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더 (예를 들면 리프팅 변환부(40010)는 각 포인트의 예측기를 생성하고, 예측기에 계산된 LOD를 설정 및 이웃 포인트들을 등록하고, 이웃 포인트들까지의 거리에 따른 가중치를 설정하여 리프팅 변환 코딩을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 리프팅 변환 코딩은 상술한 예측 변환 코딩과 유사하나, 어트리뷰트값에 가중치를 누적 적용한다는 점에서 차이가 있다. 실시예들에 따른 어트리뷰트값에 가중치를 누적 적용하는 과정은 다음과 같다.
- [158] 1) 각 포인트의 가중치 값을 저장하는 배열 QW(QuantizationWieght)를

- 생성한다. QW의 모든 요소들의 초기값은 1.0이다. 예측기에 등록된 이웃 노드의 예측기 인덱스의 QW 값에 현재 포인트의 예측기의 가중치를 곱한 값을 더한다.
- [159] 2) 리프트 예측 과정: 예측된 어트리뷰트 값을 계산하기 위하여 포인트의 어트리뷰트 값에 가중치를 곱한 값을 기존 어트리뷰트값에서 뺀다.
- [160] 3) 업데이트웨이트(updateweight) 및 업데이트(update)라는 임시 배열들을 생성하고 임시 배열들을 0으로 초기화한다.
- [161] 4) 모든 예측기에 대해서 계산된 가중치에 예측기 인덱스에 해당하는 QW에 저장된 가중치를 추가로 곱해서 산출된 가중치를 업데이트웨이트 배열에 이웃 노드의 인덱스로 누적으로 합산한다. 업데이트 배열에는 이웃 노드의 인덱스의 어트리뷰트 값에 산출된 가중치를 곱한 값을 누적 합산한다.
- [162] 5) 리프트 업데이트 과정: 모든 예측기에 대해서 업데이트 배열의 어트리뷰트 값을 예측기 인덱스의 업데이트웨이트 배열의 가중치 값으로 나누고, 나눈 값에 다시 기존 어트리뷰트 값을 더한다.
- [163] 6) 모든 예측기에 대해서, 리프트 업데이트 과정을 통해 업데이트된 어트리뷰트 값에 리프트 예측 과정을 통해 업데이트 된(QW에 저장된) 가중치를 추가로 곱하여 예측 어트리뷰트 값을 산출한다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 계수 양자화부(40011))는 예측 어트리뷰트 값을 양자화한다. 또한 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 아리스메틱 인코더(40012))는 양자화된 어트리뷰트 값을 엔트로피 코딩한다.
- [164] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 RAHT 변환부(40008))는 옥트리의 하위 레벨에 있는 노드와 연관된 어트리뷰트를 사용하여 상위 레벨의 노드들의 어트리뷰트를 예측하는 RAHT 변환 코딩을 수행할 수 있다. RAHT 변환 코딩은 옥트리 백워드 스캔을 통한 어트리뷰트 인트라 코딩의 예시이다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 복셀에서 전체 영역으로 스캔하고, 각 스텝에서 복셀을 더 큰 블록으로 합치면서 루트 노드까지의 병합 과정을 반복수행한다. 실시예들에 따른 병합 과정은 오큐파이드 노드에 대해서만 수행된다. 엠티 노드(empty node)에 대해서는 병합 과정이 수행되지 않으며, 엠티 노드의 바로 상위 노드에 대해 병합 과정이 수행된다.
- [165] 하기의 식은 RAHT 변환 행렬을 나타낸다. $g_{l\ x, y, z}$ 는 레벨 l에서의 복셀들의 평균 어트리뷰트 값을 나타낸다. $g_{l\ x, y, z}$ 는 $g_{l+1\ 2x, y, z}$ 와 $g_{l+1\ 2x+1, y, z}$ 로부터 계산될 수 있다. $g_{l\ 2x, y, z}$ 와 $g_{l\ 2x+1, y, z}$ 의 가중치를 $w1=w_{l\ 2x, y, z}$ 과 $w2=w_{l\ 2x+1, y, z}$ 이다.
- [166]
$$\begin{bmatrix} g_{l-1\ x, y, z} \\ h_{l-1\ x, y, z} \end{bmatrix} = T_{w1\ w2} \begin{bmatrix} g_{l\ 2x, y, z} \\ g_{l\ 2x+1, y, z} \end{bmatrix} \quad T_{w1\ w2} = \frac{1}{\sqrt{w1+w2}} \begin{bmatrix} \sqrt{w1} & \sqrt{w2} \\ -\sqrt{w2} & \sqrt{w1} \end{bmatrix}$$
- [167] $g_{l-1\ x, y, z}$ 는 로-패스(low-pass) 값으로, 다음 상위 레벨에서의 병합 과정에서 사용된다. $h_{l-1\ x, y, z}$ 은 하이패스 계수(high-pass coefficients)이며, 각 스텝에서의 하이패스 계수들은 양자화되어 엔트로피 코딩 된다(예를 들면 아리스메틱 인코더(40012)의 인코딩). 가중치는 $w_{l-1\ x, y, z} = w_{l\ 2x, y, z} + w_{l\ 2x+1, y, z}$ 로 계산된다. 루트 노드는 마지막 $g_{l\ 0, 0, 0}$ 과 $g_{l\ 0, 0, 1}$ 을 통해서 다음과 같이 생성된다.,

- [168]
$$\begin{bmatrix} gDC \\ h_{0,0,0} \end{bmatrix} = T_{w1000 \ w1001} \begin{bmatrix} g_{1,0,0,z} \\ g_{1,0,1} \end{bmatrix}$$
- [169] 도 10은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 디코더(Point Cloud Decoder)의 예시를 나타낸다.
- [170] 도 10에 도시된 포인트 클라우드 디코더는 도 1에서 설명한 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006) 예시로서, 도 1에서 설명한 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006)의 동작 등과 동일 또는 유사한 동작을 수행할 수 있다. 도면이 도시된 바와 같이 포인트 클라우드 디코더는 하나 또는 그 이상의 비트스트림(bitstream)들에 포함된 지오메트리 비트스트림(geometry bitstream) 및 어트리뷰트 비트스트림(attribute bitstream)을 수신할 수 있다. 포인트 클라우드 디코더는 지오메트리 디코더(geometry decoder) 및 어트리뷰트 디코더(attribute decoder)를 포함한다. 지오메트리 디코더는 지오메트리 비트스트림에 대해 지오메트리 디코딩을 수행하여 디코딩된 지오메트리(decoded geometry)를 출력한다. 어트리뷰트 디코더는 디코딩된 지오메트리 및 어트리뷰트 비트스트림을 기반으로 어트리뷰트 디코딩을 수행하여 디코딩된 어트리뷰트들(decoded attributes)을 출력한다. 디코딩된 지오메트리 및 디코딩된 어트리뷰트들은 포인트 클라우드 콘텐츠를 복원(decoded point cloud)하는데 사용된다.
- [171] 도 11은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 디코더(Point Cloud Decoder)의 예시를 나타낸다.
- [172] 도 11에 도시된 포인트 클라우드 디코더는 도 10에서 설명한 포인트 클라우드 디코더의 예시로서, 도 1 내지 도 9에서 설명한 포인트 클라우드 인코더의 인코딩 동작의 역과정인 디코딩 동작을 수행할 수 있다.
- [173] 도 1 및 도 10에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 디코더는 지오메트리 디코딩 및 어트리뷰트 디코딩을 수행할 수 있다. 지오메트리 디코딩은 어트리뷰트 디코딩보다 먼저 수행된다.
- [174] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 디코더는 아리스메틱 디코더(arithmetic decode, 11000), 옥트리 합성부(synthesize octree, 11001), 서페이스 오프록시메이션 합성부(synthesize surface approximation, 11002), 지오메트리 리컨스트럭션부(reconstruct geometry, 11003), 좌표계 역변환부(inverse transform coordinates, 11004), 아리스메틱 디코더(arithmetic decode, 11005), 역양자화부(inverse quantize, 11006), RAHT변환부(11007), LOD생성부(generate LOD, 11008), 인버스 리프팅부(Inverse lifting, 11009), 및/또는 컬러 역변환부(inverse transform colors, 11010)를 포함한다.
- [175] 아리스메틱 디코더(11000), 옥트리 합성부(11001), 서페이스 오프록시메이션 합성부(11002), 지오메트리 리컨스트럭션부(11003), 좌표계 역변환부(11004)는 지오메트리 디코딩을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 지오메트리 디코딩은 다이렉트 코딩(direct coding) 및 트라이슈프 지오메트리 디코딩(trisoup geometry

decoding)을 포함할 수 있다. 다이렉트 코딩 및 트라이슈프 지오메트리 디코딩은 선택적으로 적용된다. 또한 지오메트리 디코딩은 위의 예시에 국한되지 않으며, 도 1 내지 도 9에서 설명한 지오메트리 인코딩의 역과정으로 수행된다.

- [176] 실시예들에 따른 아리스메틱 디코더(11000)는 수신한 지오메트리 비트스트림을 아리스메틱 코딩을 기반으로 디코딩한다. 아리스메틱 디코더(11000)의 동작은 아리스메틱 인코더(40004)의 역과정에 대응한다.
- [177] 실시예들에 따른 옥트리 합성부(11001)는 디코딩된 지오메트리 비트스트림으로부터 (또는 디코딩 결과 확보된 지오메트리에 관한 정보)로부터 오큐판시 코드를 획득하여 옥트리를 생성할 수 있다. 오큐판시 코드에 대한 구체적인 설명은 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 같다.
- [178] 실시예들에 따른 서페이스 오프룩시메이션 합성부(11002)는 트라이슈프 지오메트리 인코딩이 적용된 경우, 디코딩된 지오메트리 및/또는 생성된 옥트리에 기반하여 서페이스를 합성할 수 있다.
- [179] 실시예들에 따른 지오메트리 리컨스트럭션부(11003)는 서페이스 및 또는 디코딩된 지오메트리에 기반하여 지오메트리를 재생성할 수 있다. 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 같이, 다이렉트 코딩 및 트라이슈프 지오메트리 인코딩은 선택적으로 적용된다. 따라서 지오메트리 리컨스트럭션부(11003)는 다이렉트 코딩이 적용된 포인트들의 포지션 정보들을 직접 가져와서 추가한다. 또한, 트라이슈프 지오메트리 인코딩이 적용된 경우, 지오메트리 리컨스트럭션부(11003)는 지오메트리 리컨스트럭션부(40005)의 재구성 동작, 예를 들면 삼각형 재구성, 업-샘플링, 복셀화 동작을 수행하여 지오메트리를 복원할 수 있다. 구체적인 내용은 도 6에서 설명한 바와 동일하므로 생략한다. 복원된 지오메트리는 어트리뷰트들을 포함하지 않는 포인트 클라우드 픽처 또는 프레임을 포함할 수 있다.
- [180] 실시예들에 따른 좌표계 역변환부(11004)는 복원된 지오메트리를 기반으로 좌표계를 변환하여 포인트들의 포지션들을 획득할 수 있다.
- [181] 아리스메틱 디코더(11005), 역양자화부(11006), RAHT 변환부(11007), LOD생성부(11008), 인버스 리프팅부(11009), 및/또는 컬러 역변환부(11010)는 도 10에서 설명한 어트리뷰트 디코딩을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 디코딩은 RAHT(Region Adaptive Hierarchical Transform) 디코딩, 예측 변환(Interpolation-based hierarchical nearest-neighbour prediction-Prediction Transform) 디코딩 및 리프팅 변환(interpolation-based hierarchical nearest-neighbour prediction with an update/lifting step (Lifting Transform)) 디코딩을 포함할 수 있다. 상술한 3가지의 디코딩들은 선택적으로 사용되거나, 하나 또는 그 이상의 디코딩들의 조합이 사용될 수 있다. 또한 실시예들에 따른 어트리뷰트 디코딩은 상술한 예시에 국한되는 것은 아니다.
- [182] 실시예들에 따른 아리스메틱 디코더(11005)는 어트리뷰트 비트스트림을 아리스메틱 코딩으로 디코딩한다.

- [183] 실시예들에 따른 역양자화부(11006)는 디코딩된 어트리뷰트 비트스트림 또는 디코딩 결과 확보한 어트리뷰트에 대한 정보를 역양자화(inverse quantization)하고 역양자화된 어트리뷰트들(또는 어트리뷰트 값들)을 출력한다. 역양자화는 포인트 클라우드 인코더의 어트리뷰트 인코딩에 기반하여 선택적으로 적용될 수 있다.
- [184] 실시예들에 따라 RAHT 변환부(11007), LOD생성부(11008) 및/또는 인버스 리프팅부(11009)는 재구성된 지오메트리 및 역양자화된 어트리뷰트들을 처리할 수 있다. 상술한 바와 같이 RAHT 변환부(11007), LOD생성부(11008) 및/또는 인버스 리프팅부(11009)는 포인트 클라우드 인코더의 인코딩에 따라 그에 대응하는 디코딩 동작을 선택적으로 수행할 수 있다.
- [185] 실시예들에 따른 컬러 역변환부(11010)는 디코딩된 어트리뷰트들에 포함된 컬러 값(또는 텍스처)을 역변환하기 위한 역변환 코딩을 수행한다. 컬러 역변환부(11010)의 동작은 포인트 클라우드 인코더의 컬러 변환부(40006)의 동작에 기반하여 선택적으로 수행될 수 있다.
- [186] 도 11의 포인트 클라우드 디코더의 엘리먼트들은 도면에 도시되지 않았으나 포인트 클라우드 제공 장치에 포함된 하나 또는 그 이상의 메모리들과 통신가능하도록 설정된 하나 또는 그 이상의 프로세서들 또는 집적 회로들(integrated circuits)을 포함하는 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있다. 하나 또는 그 이상의 프로세서들은 상술한 도 11의 포인트 클라우드 디코더의 엘리먼트들의 동작들 및/또는 기능들 중 적어도 어느 하나 이상을 수행할 수 있다. 또한 하나 또는 그 이상의 프로세서들은 도 11의 포인트 클라우드 디코더의 엘리먼트들의 동작들 및/또는 기능들을 수행하기 위한 소프트웨어 프로그램들 및/또는 인스트럭션들의 세트를 동작하거나 실행할 수 있다.
- [187] 도 12는 실시예들에 따른 전송 장치의 예시이다.
- [188] 도 12에 도시된 전송 장치는 도 1의 전송장치(10000) (또는 도 4의 포인트 클라우드 인코더)의 예시이다. 도 12에 도시된 전송 장치는 도 1 내지 도 9에서 설명한 포인트 클라우드 인코더의 동작들 및 인코딩 방법들과 동일 또는 유사한 동작들 및 방법들 중 적어도 어느 하나 이상을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 전송 장치는 데이터 입력부(12000), 양자화 처리부(12001), 복셀화 처리부(12002), 옥트리 점유판시 코드 (Occupancy code) 생성부(12003), 표면 모델 처리부(12004), 인트라/인터 코딩 처리부(12005), 아리스메틱 (Arithmetic) 코더(12006), 메타데이터 처리부(12007), 색상 변환 처리부(12008), 어트리뷰트 변환 처리부(또는 속성 변환 처리부)(12009), 예측/리프팅/RAHT 변환 처리부(12010), 아리스메틱 (Arithmetic) 코더(12011) 및/또는 전송 처리부(12012)를 포함할 수 있다.
- [189] 실시예들에 따른 데이터 입력부(12000)는 포인트 클라우드 데이터를 수신 또는 획득한다. 데이터 입력부(12000)는 포인트 클라우드 비디오 획득부(10001)의

동작 및/또는 획득 방법(또는 도2에서 설명한 획득과정(20000))과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 획득 방법을 수행할 수 있다.

- [190] 데이터 입력부(12000), 양자화 처리부(12001), 복셀화 처리부(12002), 옥트리 오쿠파시 코드 (Occupancy code) 생성부(12003), 표면 모델 처리부(12004), 인트라/인터 코딩 처리부(12005), Arithmetic 코더(12006)는 지오메트리 인코딩을 수행한다. 실시예들에 따른 지오메트리 인코딩은 도 1 내지 도 9에서 설명한 지오메트리 인코딩과 동일 또는 유사하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [191] 실시예들에 따른 양자화 처리부(12001)는 지오메트리(예를 들면 포인트들의 위치값, 또는 포지션값)을 양자화한다. 양자화 처리부(12001)의 동작 및/또는 양자화는 도 4에서 설명한 양자화부(40001)의 동작 및/또는 양자화와 동일 또는 유사하다. 구체적인 설명은 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 동일하다.
- [192] 실시예들에 따른 복셀화 처리부(12002)는 양자화된 포인트들의 포지션 값을 복셀화한다. 복셀화 처리부(12002)는 도 4에서 설명한 양자화부(40001)의 동작 및/또는 복셀화 과정과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 과정을 수행할 수 있다. 구체적인 설명은 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 동일하다.
- [193] 실시예들에 따른 옥트리 오쿠파시 코드 생성부(12003)는 복셀화된 포인트들의 포지션들을 옥트리 구조를 기반으로 옥트리 코딩을 수행한다. 옥트리 오쿠파시 코드 생성부(12003)는 오쿠파시 코드를 생성할 수 있다. 옥트리 오쿠파시 코드 생성부(12003)는 도 4 및 도 6에서 설명한 포인트 클라우드 인코더 (또는 옥트리 분석부(40002))의 동작 및/또는 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행할 수 있다. 구체적인 설명은 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 동일하다.
- [194] 실시예들에 따른 표면 모델 처리부(12004)는 표면 모델(surface model)을 기반으로 특정 영역(또는 노드)내의 포인트들의 포지션들을 복셀 기반으로 재구성하는 트라이쇼프 지오메트리 인코딩을 수행할 수 있다. 표면 모델 처리부(12004)는 도 4에서 설명한 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 서페이스 어프록시메이션 분석부(40003))의 동작 및/또는 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행할 수 있다. 구체적인 설명은 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 동일하다.
- [195] 실시예들에 따른 인트라/인터 코딩 처리부(12005)는 포인트 클라우드 데이터를 인트라/인터 코딩할 수 있다. 인트라/인터 코딩 처리부(12005)는 도 7에서 설명한 인트라/인터 코딩과 동일 또는 유사한 코딩을 수행할 수 있다. 구체적인 설명은 도 7에서 설명한 바와 동일하다. 실시예들에 따라 인트라/인터 코딩 처리부(12005)는 아리스메틱 코더(12006)에 포함될 수 있다.
- [196] 실시예들에 따른 아리스메틱 코더(12006)는 포인트 클라우드 데이터의 옥트리 및/또는 근사화된 옥트리를 엔트로피 인코딩한다. 예를 들어, 인코딩 방식은 아리스메틱(Arithmetic) 인코딩 방법을 포함한다. . 아리스메틱 코더(12006)는 아리스메틱 인코더(40004)의 동작 및/또는 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행한다.

- [197] 실시예들에 따른 메타데이터 처리부(12007)는 포인트 클라우드 데이터에 관한 메타데이터, 예를 들어 설정 값 등을 처리하여 지오메트리 인코딩 및/또는 어트리뷰트 인코딩 등 필요한 처리 과정에 제공한다. 또한 실시예들에 따른 메타데이터 처리부(12007)는 지오메트리 인코딩 및/또는 어트리뷰트 인코딩과 관련된 시그널링 정보를 생성 및/또는 처리할 수 있다. 실시예들에 따른 시그널링 정보는 지오메트리 인코딩 및/또는 어트리뷰트 인코딩과 별도로 인코딩처리될 수 있다. 또한 실시예들에 따른 시그널링 정보는 인터리빙 될 수도 있다.
- [198] 색상 변환 처리부(12008), 어트리뷰트 변환 처리부(12009), 예측/리프팅/RAHT 변환 처리부(12010), 아리스메틱 (Arithmetic) 코더(12011)는 어트리뷰트 인코딩을 수행한다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 인코딩은 도 1 내지 도 9에서 설명한 어트리뷰트 인코딩과 동일 또는 유사하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [199] 실시예들에 따른 색상 변환 처리부(12008)는 어트리뷰트들에 포함된 색상값을 변환하는 색상 변환 코딩을 수행한다. 색상 변환 처리부(12008)는 재구성된 지오메트리를 기반으로 색상 변환 코딩을 수행할 수 있다. 재구성된 지오메트리에 대한 설명은 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 동일하다. 또한 도 4에서 설명한 컬러 변환부(40006)의 동작 및/또는 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행한다. 구체적인 설명은 생략한다.
- [200] 실시예들에 따른 어트리뷰트 변환 처리부(12009)는 지오메트리 인코딩이 수행되지 않은 포지션들 및/또는 재구성된 지오메트리를 기반으로 어트리뷰트들을 변환하는 어트리뷰트 변환을 수행한다. 어트리뷰트 변환 처리부(12009)는 도 4에 설명한 어트리뷰트 변환부(40007)의 동작 및/또는 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행한다. 구체적인 설명은 생략한다. 실시예들에 따른 예측/리프팅/RAHT 변환 처리부(12010)는 변환된 어트리뷰트들을 RAHT 코딩, 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩 중 어느 하나 또는 조합하여 코딩할 수 있다. 예측/리프팅/RAHT 변환 처리부(12010)는 도 4에서 설명한 RAHT 변환부(40008), LOD 생성부(40009) 및 리프팅 변환부(40010)의 동작들과 동일 또는 유사한 동작들 중 적어도 하나 이상을 수행한다. 또한 예측 변환 코딩, 리프팅 변환 코딩 및 RAHT 변환 코딩에 대한 설명은 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [201] 실시예들에 따른 아리스메틱 코더(12011)는 코딩된 어트리뷰트들을 아리스메틱 코딩에 기반하여 인코딩할 수 있다. 아리스메틱 코더(12011)는 아리스메틱 인코더(400012)의 동작 및/또는 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행한다.
- [202] 실시예들에 따른 전송 처리부(12012)는 인코딩된 지오메트리 및/또는 인코딩된 어트리뷰트, 메타 데이터 정보를 포함하는 각 비트스트림을 전송하거나, 인코딩된 지오메트리 및/또는 인코딩된 어트리뷰트, 메타 데이터 정보를 하나의 비트스트림으로 구성하여 전송할 수 있다. 실시예들에 따른 인코딩된

지오메트리 및/또는 인코딩된 어트리뷰트, 메타 데이터 정보가 하나의 비트스트림으로 구성되는 경우, 비트스트림은 하나 또는 그 이상의 서브 비트스트림들을 포함할 수 있다. 실시예들에 따른 비트스트림은 시퀀스 레벨의 시그널링을 위한 SPS (Sequence Parameter Set), 지오메트리 정보 코딩의 시그널링을 위한 GPS(Geometry Parameter Set), 어트리뷰트 정보 코딩의 시그널링을 위한 APS(Attribute Parameter Set), 타일 레벨의 시그널링을 위한 TPS (Tile Parameter Set)를 포함하는 시그널링 정보 및 슬라이스 데이터를 포함할 수 있다. 슬라이스 데이터는 하나 또는 그 이상의 슬라이스들에 대한 정보를 포함할 수 있다. 실시예들에 따른 하나의 슬라이스는 하나의 지오메트리 비트스트림(Geom00) 및 하나 또는 그 이상의 어트리뷰트 비트스트림들(Attr00, Attr10)을 포함할 수 있다.

- [203] 슬라이스(slice)란, 코딩된 포인트 클라우드 프레임의 전체 또는 일부를 나타내는 섹스 엘리먼트의 시리즈를 말한다.
- [204] 실시예들에 따른 TPS는 하나 또는 그 이상의 타일들에 대하여 각 타일에 관한 정보(예를 들면 bounding box의 좌표값 정보 및 높이/크기 정보 등)을 포함할 수 있다. 지오메트리 비트스트림은 헤더와 페이로드를 포함할 수 있다. 실시예들에 따른 지오메트리 비트스트림의 헤더는 GPS에 포함된 파라미터 세트의 식별 정보(geom_parameter_set_id), 타일 식별자(geom_tile_id), 슬라이스 식별자(geom_slice_id) 및 페이로드에 포함된 데이터에 관한 정보 등을 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이 실시예들에 따른 메타데이터 처리부(12007)는 시그널링 정보를 생성 및/또는 처리하여 전송 처리부(12012)로 전송할 수 있다. 실시예들에 따라, 지오메트리 인코딩을 수행하는 엘리먼트들 및 어트리뷰트 인코딩을 수행하는 엘리먼트들은 점선 처리된 바와 같이 상호 데이터/정보를 공유할 수 있다. 실시예들에 따른 전송 처리부(12012)는 트랜스미터(10003)의 동작 및/또는 전송 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 전송 방법을 수행할 수 있다. 구체적인 설명은 도 1 내지 도 2에서 설명한 바와 동일하므로 생략한다.
- [205] 도 13은 실시예들에 따른 수신 장치의 예시이다.
- [206] 도 13에 도시된 수신 장치는 도 1의 수신장치(10004) (또는 도 10 및 도 11의 포인트 클라우드 디코더)의 예시이다. 도 13에 도시된 수신 장치는 도 1 내지 도 11에서 설명한 포인트 클라우드 디코더의 동작들 및 디코딩 방법들과 동일 또는 유사한 동작들 및 방법들 중 적어도 어느 하나 이상을 수행할 수 있다.
- [207] 실시예들에 따른 수신 장치는 수신부(13000), 수신 처리부(13001), 아리스메틱(arithmetic) 디코더(13002), 점유판시 코드 (Occupancy code) 기반 옥트리 재구성 처리부(13003), 표면 모델 처리부(삼각형 재구성, 업-샘플링, 복셀화)(13004), 인버스(inverse) 양자화 처리부(13005), 메타데이터 파서(13006), 아리스메틱(arithmetic) 디코더(13007), 인버스(inverse)양자화 처리부(13008), 예측/리프팅/RAHT 역변환 처리부(13009), 색상 역변환 처리부(13010) 및/또는 렌더러(13011)를 포함할 수 있다. 실시예들에 따른 디코딩의 각 구성요소는

실시예들에 따른 인코딩의 구성요소의 역과정을 수행할 수 있다.

- [208] 실시예들에 따른 수신부(13000)는 포인트 클라우드 데이터를 수신한다. 수신부(13000)는 도 1의 리시버(10005)의 동작 및/또는 수신 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 수신 방법을 수행할 수 있다. 구체적인 설명은 생략한다.
- [209] 실시예들에 따른 수신 처리부(13001)는 수신한 데이터로부터 지오메트리 비트스트림 및/또는 어트리뷰트 비트스트림을 획득할 수 있다. 수신 처리부(13001)는 수신부(13000)에 포함될 수 있다.
- [210] 아리스메틱 디코더(13002), 오큐판시 코드 기반 옥트리 재구성 처리부(13003), 표면 모델 처리부(13004) 및 인버스 양자화 처리부(13005)는 지오메트리 디코딩을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 지오메트리 디코딩은 도 1 내지 도 10에서 설명한 지오메트리 디코딩과 동일 또는 유사하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [211] 실시예들에 따른 아리스메틱 디코더(13002)는 지오메트리 비트스트림을 아리스메틱 코딩을 기반으로 디코딩할 수 있다. 아리스메틱 디코더(13002)는 아리스메틱 디코더(11000)의 동작 및/또는 코딩과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 코딩을 수행한다.
- [212] 실시예들에 따른 오큐판시 코드 기반 옥트리 재구성 처리부(13003)는 디코딩된 지오메트리 비트스트림으로부터 (또는 디코딩 결과 확보된 지오메트리에 관한 정보)로부터 오큐판시 코드를 획득하여 옥트리를 재구성할 수 있다. 오큐판시 코드 기반 옥트리 재구성 처리부(13003)는 옥트리 합성부(11001)의 동작 및/또는 옥트리 생성 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행한다. 실시예들에 따른 표면 모델 처리부(13004)는 트라이쇼프 지오메트리 인코딩이 적용된 경우, 표면 모델 방식에 기반하여 트라이쇼프 지오메트리 디코딩 및 이와 관련된 지오메트리 리컨스트럭션(예를 들면 삼각형 재구성, 업-샘플링, 복셀화)을 수행할 수 있다. 표면 모델 처리부(13004)는 서페이스 오프록시메이션 합성부(11002) 및/또는 지오메트리 리컨스트럭션부(11003)의 동작과 동일 또는 유사한 동작을 수행한다.
- [213] 실시예들에 따른 인버스 양자화 처리부(13005)는 디코딩된 지오메트리를 인버스 양자화할 수 있다.
- [214] 실시예들에 따른 메타데이터 파서(13006)는 수신한 포인트 클라우드 데이터에 포함된 메타데이터, 예를 들어 설정 값 등을 파싱할 수 있다. 메타데이터 파서(13006)는 메타데이터를 지오메트리 디코딩 및/또는 어트리뷰트 디코딩에 전달할 수 있다. 메타데이터에 대한 구체적인 설명은 도 12에서 설명한 바와 동일하므로 생략한다.
- [215] 아리스메틱 디코더(13007), 인버스 양자화 처리부(13008), 예측/리프팅/RAHT 역변환 처리부(13009) 및 색상 역변환 처리부(13010)는 어트리뷰트 디코딩을 수행한다. 어트리뷰트 디코딩은 도 1 내지 도 10에서 설명한 어트리뷰트 디코딩과 동일 또는 유사하므로 구체적인 설명은 생략한다.

- [216] 실시예들에 따른 아리스메틱 디코더(13007)는 어트리뷰트 비트스트림을 아리스메틱 코딩으로 디코딩할 수 있다. 아리스메틱 디코더(13007)는 재구성된 지오메트리를 기반으로 어트리뷰트 비트스트림의 디코딩을 수행할 수 있다. 아리스메틱 디코더(13007)는 아리스메틱 디코더(11005)의 동작 및/또는 코딩과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 코딩을 수행한다.
- [217] 실시예들에 따른 인버스 양자화 처리부(13008)는 디코딩된 어트리뷰트 비트스트림을 인버스 양자화할 수 있다. 인버스 양자화 처리부(13008)는 역양자화부(11006)의 동작 및/또는 역양자화 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행한다.
- [218] 실시예들에 따른 예측/리프팅/RAHT 역변환 처리부(13009)는 재구성된 지오메트리 및 역양자화된 어트리뷰트들을 처리할 수 있다. 예측/리프팅/RAHT 역변환 처리부(13009)는 RAHT 변환부(11007), LOD생성부(11008) 및/또는 인버스 리프팅부(11009)의 동작들 및/또는 디코딩들과 동일 또는 유사한 동작들 및/또는 디코딩들 중 적어도 어느 하나 이상을 수행한다. 실시예들에 따른 색상 역변환 처리부(13010)는 디코딩된 어트리뷰트들에 포함된 컬러 값(또는 텍스처)을 역변환하기 위한 역변환 코딩을 수행한다. 색상 역변환 처리부(13010)는 컬러 역변환부(11010)의 동작 및/또는 역변환 코딩과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 역변환 코딩을 수행한다. 실시예들에 따른 렌더러(13011)는 포인트 클라우드 데이터를 렌더링할 수 있다.
- [219] 도 14는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송수신 방법/장치와 연동 가능한 구조의 예시를 나타낸다.
- [220] 도 14의 구조는 서버(1460), 로봇(1410), 자율 주행 차량(1420), XR 장치(1430), 스마트폰(1440), 가전(1450) 및/또는 HMD(1470) 중에서 적어도 하나 이상이 클라우드 네트워크(1410)와 연결된 구성을 나타낸다. 로봇(1410), 자율 주행 차량(1420), XR 장치(1430), 스마트폰(1440) 또는 가전(1450) 등은 장치라 호칭된다. 또한, XR 장치(1430)는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 (PCC) 장치에 대응되거나 PCC장치와 연동될 수 있다.
- [221] 클라우드 네트워크(1400)는 클라우드 컴퓨팅 인프라의 일부를 구성하거나 클라우드 컴퓨팅 인프라 안에 존재하는 네트워크를 의미할 수 있다. 여기서, 클라우드 네트워크(1400)는 3G 네트워크, 4G 또는 LTE(Long Term Evolution) 네트워크 또는 5G 네트워크 등을 이용하여 구성될 수 있다.
- [222] 서버(1460)는 로봇(1410), 자율 주행 차량(1420), XR 장치(1430), 스마트폰(1440), 가전(1450) 및/또는 HMD(1470) 중에서 적어도 하나 이상과 클라우드 네트워크(1400)를 통하여 연결되고, 연결된 장치들(1410 내지 1470)의 프로세싱을 적어도 일부를 도울 수 있다.
- [223] HMD (Head-Mount Display)(1470)는 실시예들에 따른 XR 디바이스 및/또는 PCC 디바이스가 구현될 수 있는 타입 중 하나를 나타낸다. 실시예들에 따른 HMD 타입의 디바이스는, 커뮤니케이션 유닛, 컨트롤 유닛, 메모리 유닛, I/O

유닛, 센서 유닛, 그리고 파워 공급 유닛 등을 포함한다.

- [224] 이하에서는, 상술한 기술이 적용되는 장치(1410 내지 1450)의 다양한 실시예들을 설명한다. 여기서, 도 14에 도시된 장치(1410 내지 1450)는 상술한 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송수신 장치와 연동/결합될 수 있다.
- [225] <PCC+XR>
- [226] XR/PCC 장치(1430)는 PCC 및/또는 XR(AR+VR) 기술이 적용되어, HMD(Head-Mount Display), 차량에 구비된 HUD(Head-Up Display), 텔레비전, 휴대폰, 스마트 폰, 컴퓨터, 웨어러블 디바이스, 가전 기기, 디지털 사이니지, 차량, 고정형 로봇이나 이동형 로봇 등으로 구현될 수도 있다.
- [227] XR/PCC 장치(1430)는 다양한 센서들을 통해 또는 외부 장치로부터 획득한 3차원 포인트 클라우드 데이터 또는 이미지 데이터를 분석하여 3차원 포인트들에 대한 위치 데이터 및 어트리뷰트 데이터를 생성함으로써 주변 공간 또는 현실 객체에 대한 정보를 획득하고, 출력할 XR 객체를 렌더링하여 출력할 수 있다. 예컨대, XR/PCC 장치(1430)는 인식된 물체에 대한 추가 정보를 포함하는 XR 객체를 해당 인식된 물체에 대응시켜 출력할 수 있다.
- [228] <PCC+XR+모바일폰>
- [229] XR/PCC 장치(1430)는 PCC기술이 적용되어 모바일폰(1440) 등으로 구현될 수 있다.
- [230] 모바일폰(1440)은 PCC 기술에 기반하여 포인트 클라우드 콘텐츠를 디코딩하고, 디스플레이할 수 있다.
- [231] <PCC+자율주행+XR>
- [232] 자율 주행 차량(1420)은 PCC 기술 및 XR 기술이 적용되어, 이동형 로봇, 차량, 무인 비행체 등으로 구현될 수 있다.
- [233] XR/PCC 기술이 적용된 자율 주행 차량(1420)은 XR 영상을 제공하는 수단을 구비한 자율 주행 차량이나, XR 영상 내에서의 제어/상호작용의 대상이 되는 자율 주행 차량 등을 의미할 수 있다. 특히, XR 영상 내에서의 제어/상호작용의 대상이 되는 자율 주행 차량(1420)은 XR 장치(1430)와 구분되며 서로 연동될 수 있다.
- [234] XR/PCC영상을 제공하는 수단을 구비한 자율 주행 차량(1420)은 카메라를 포함하는 센서들로부터 센서 정보를 획득하고, 획득한 센서 정보에 기초하여 생성된 XR/PCC 영상을 출력할 수 있다. 예컨대, 자율 주행 차량(1420)은 HUD를 구비하여 XR/PCC 영상을 출력함으로써, 탑승자에게 현실 객체 또는 화면 속의 객체에 대응되는 XR/PCC 객체를 제공할 수 있다.
- [235] 이때, XR/PCC 객체가 HUD에 출력되는 경우에는 XR/PCC 객체의 적어도 일부가 탑승자의 시선이 향하는 실제 객체에 오버랩되도록 출력될 수 있다. 반면, XR/PCC 객체가 자율 주행 차량의 내부에 구비되는 디스플레이에 출력되는 경우에는 XR/PCC 객체의 적어도 일부가 화면 속의 객체에 오버랩되도록 출력될 수 있다. 예컨대, 자율 주행 차량(1220)은 차로, 타 차량,

신호등, 교통 표지판, 이륜차, 보행자, 건물 등과 같은 객체와 대응되는 XR/PCC 객체들을 출력할 수 있다.

- [236] 실시예들에 의한 VR (Virtual Reality) 기술, AR (Augmented Reality) 기술, MR (Mixed Reality) 기술 및/또는 PCC(Point Cloud Compression)기술은, 다양한 디바이스에 적용 가능하다.
- [237] 즉, VR 기술은, 현실 세계의 객체나 배경 등을 CG 영상으로만 제공하는 디스플레이 기술이다. 반면, AR 기술은, 실제 사물 영상 위에 가상으로 만들어진 CG 영상을 함께 보여 주는 기술을 의미한다. 나아가, MR 기술은, 현실세계에 가상 객체들을 섞고 결합시켜서 보여준다는 점에서 전술한 AR 기술과 유사하다. 그러나, AR 기술에서는 현실 객체와 CG 영상으로 만들어진 가상 객체의 구별이 뚜렷하고, 현실 객체를 보완하는 형태로 가상 객체를 사용하는 반면, MR 기술에서는 가상 객체가 현실 객체와 동등한 성격으로 간주된다는 점에서 AR 기술과는 구별이 된다. 보다 구체적으로 예를 들면, 전술한 MR 기술이 적용된 것이 홀로그램 서비스 이다.
- [238] 다만, 최근에는 VR, AR, MR 기술을 명확히 구별하기 보다는 XR (extended Reality) 기술로 부르기도 한다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 VR, AR, MR, XR 기술 모두에 적용 가능하다. 이러한 기술은 PCC, V-PCC, G-PCC 기술 기반 인코딩/디코딩이 적용될 수 있다.
- [239] 실시예들에 따른 PCC방법/장치는 자율 주행 서비스를 제공하는 차량에 적용될 수 있다.
- [240] 자율 주행 서비스를 제공하는 차량은 PCC 디바이스와 유/무선 통신이 가능하도록 연결된다.
- [241] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 (PCC) 송수신 장치는 차량과 유/무선 통신이 가능하도록 연결된 경우, 자율 주행 서비스와 함께 제공할 수 있는 AR/VR/PCC 서비스 관련 콘텐츠 데이터를 수신/처리하여 차량에 전송할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 데이터 송수신 장치 차량에 탑재된 경우, 포인트 클라우드 송수신 장치는 사용자 인터페이스 장치를 통해 입력된 사용자 입력 신호에 따라 AR/VR/PCC 서비스 관련 콘텐츠 데이터를 수신/처리하여 사용자에게 제공할 수 있다. 실시예들에 따른 차량 또는 사용자 인터페이스 장치는 사용자 입력 신호를 수신할 수 있다. 실시예들에 따른 사용자 입력 신호는 자율 주행 서비스를 지시하는 신호를 포함할 수 있다.
- [242] 도 1 내지 도 14에서 설명한 바와 같이 실시예들에 따른 포인트 클라우드 처리 장치(예를 들면 도 1, 도 12 및 도 14에서 설명한 전송 장치 또는 포인트 클라우드 인코더)는 포인트 클라우드 콘텐츠에 따라 RAHT 코딩, 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩을 선택적으로 사용하거나 하나 또는 그 이상의 코딩들의 조합을 사용하여 어트리뷰트 인코딩을 수행한다. 예를 들어 RAHT 코딩 및 리프팅 변환 코딩은 포인트 클라우드 콘텐츠 데이터를 상당한 크기로 압축을 하는 손실 코딩 (lossy coding)에 사용될 수 있다. 또한 예측 변환 코딩은 무손실

코딩 (lossless coding)에 사용될 수 있다.

- [243] 상술한 바와 같이 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 포인트의 예측기(predictor)를 생성하여 각 포인트의 예측 어트리뷰트(또는 예측 어트리뷰트값)을 설정하기 위한 예측 변환 코딩을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩은 포인트 클라우드의 이웃 범위 내에서 저장된 포인트(이하 대상 포인트라고 호칭한다)의 위치를 기반으로 각 이웃 포인트까지의 거리(또는 위치)를 계산한다. 계산된 거리는 대상 포인트의 어트리뷰트(예를 들면 색, 반사율 등)를 예측하거나, 이웃 포인트의 거리가 변경된 경우 대상 포인트의 어트리뷰트(또는 예측된 어트리뷰트)를 업데이트하기 위한 참조 또는 기준 가중 값으로 사용된다. 아래의 수학적식은 이웃 포인트들을 기반으로 예측된 대상 포인트의 어트리뷰트를 나타낸다.

- [244] [수식1]

$$P = \frac{[(d_2 d_3) \ll \text{shift}] C_1}{d_1 d_2 + d_2 d_3 + d_3 d_1} + \frac{[(d_3 d_1) \ll \text{shift}] C_2}{d_1 d_2 + d_2 d_3 + d_3 d_1} + \dots$$

- [245] 위 수학적식에서 P는 대상 포인트의 예측 어트리뷰트를 나타내며, d1, d2, d3는 대상 포인트의 3개의 이웃 포인트들 각각까지의 거리를 나타낸다. 각 거리는 결합되어 기준 가중 값으로 사용된다. C1, C2 및 C3(수학적식에 도시되지 않음)는 각 이웃 포인트의 어트리뷰트를 나타낸다. Shift는 포인트들의 평균 에너지 또는 파워의 크기를 조절하는데 사용되는 파라미터이다. Shift값은 인코더 또는 디코더의 하드웨어 전압 작동 범위에 의해 조절된다.

- [246] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 포인트들(예를 들면 이웃 포인트들)간의 상관도를 고려하여 상술한 기준 가중 값을 변경할 수 있다. 특히 포인트 클라우드 인코더는 대상 포인트의 이웃 포인트들까지의 거리에서 특성 값을 부각하기 위하여 상관 결합 방식에 따라 상술한 기준 가중 값을 변경하여 계산된 상관 가중 값을 사용한다. 따라서 포인트 클라우드 인코더는 포인트들간의 상관관계에 비례한 성능 이득을 확보할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 인코더는 도 1 내지 도 14에서 설명한 RAHT 코딩, 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩의 구조를 변경하지 않고, 상관도를 고려한 예측기를 생성할 수 있다.

- [247] 도 15는 포인트 클라우드 인코딩의 예시를 나타내는 플로우 다이어그램이다.

- [248] 도 1 내지 도 14에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 전송 장치 또는 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 도 4에서 설명한 포인트 클라우드 인코더)는 어트리뷰트를 수신한다(15100).

- [249] 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 LOD 생성부(4009))는 예측 변환을 수행하기 위하여 LOD를 생성한다(15200). 포인트 클라우드 인코더는 리파인먼트 레벨(refinement level)들로 포인트들을 재 배열하여 LOD를 생성한다. 따라서 LOD의 레벨 값이 클수록 포인트 클라우드 콘텐츠가 더

디테일함을 나타낸다. 실시예들에 따른 LOD는 포인트들 간의 거리에 기반하여 그룹화된 포인트들을 포함할 수 있다. 포인트 클라우드 인코더는 옥트리 구조를 기반으로 포인트들을 재배열한다. 그룹화된 포인트들에는 포인트의 위치 또는 포인트의 순서(예를 들면 Morton 코드 순서 등)에 따라 옥트리 디코딩에 적용될 수 있는 반복적인 생성 알고리즘(iteration generation algorithm)을 적용한다. 각 반복 순서에서 하나의 LOD(예를 들면 LOD_i)에 속하는 하나 또는 그 이상의 리파인먼트 레벨(refinement level)들, R₀, R₁, ..., R_i가 생성된다. 즉 LOD의 레벨은 리파인먼트 레벨들의 결합이다.

[250] 또한 도 1 내지 도 14에서 설명한 포인트 클라우드 인코더는 공간적 확장성 디코딩(spatial scalability decoding)을 지원한다. 실시예들에 따른 공간적 확장성 디코딩은 포인트 클라우드 수신 장치(예를 들면 도 1의 수신 장치(10004), 도 10 및 도 11의 포인트 클라우드 디코더, 도 13의 수신 장치)의 디코딩 성능에 따라 다양한 해상도(레졸루션, resolution)의 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있도록 지오메트리 및/또는 어트리뷰트 일부 또는 전체에 대해서 수행하는 디코딩이다. 공간적 확장성 디코딩은 지오메트리에 대한 스케일러블 지오메트리 디코딩, 어트리뷰트에 대한 스케일러블 어트리뷰트 디코딩 중 적어도 하나 이상을 포함한다. 스케일러블 어트리뷰트 디코딩은 상술한 RAHT 코딩, 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩 중 적어도 하나 이상을 포함한다. 따라서 포인트 클라우드 인코더는 포인트 클라우드 수신 장치(도 10 내지 도 11에서 설명한 포인트 클라우드 디코더, 도 13에서 설명한 수신 장치 등)에서 스케일러블 어트리뷰트 디코딩을 수행할 수 있도록 어트리뷰트 인코딩을 수행할 수 있다. 공간적 확장성 디코딩을 지원하기 위한 LOD는 옥트리 구조에서 가장 아래에 있는 포인트부터 최상단에 위치한 포인트의 방향으로, approximate nearest neighbor search 방법을 사용하여 주변 이웃 포인트들을 서치하여 생성될 수 있다. 현재 LOD 내의 해당 포인트의 가장 가까운 이웃 포인트들은 현재 LOD(예를 들면 LOD_i)의 레벨보다 낮은 레벨의 LOD(예를 들면 LOD_{i-1})로부터 서치된다. 또한 현재 LOD보다 낮은 레벨의 LOD는 R₀, R₁, ..., R_{i-1}의 리파인먼트 레벨들의 결합이다.

[251] 구체적인 LOD 생성 알고리즘은 다음과 같다. 실시예들에 따른

$$(P_i)_{i=1 \dots N}$$

는 포인트 클라우드 포인트들과 연관된 포지션들의 세트(the set of positions)로 호칭된다. 실시예들에 따른

$$(M_i)_{i=1 \dots N}$$

는 포지션들의 세트와 연관된 Morton 코드들(Morton codes)이다. 파라미터

$$D_0$$

및

$$\rho$$

는 초기 샘플링 디스턴스(initial sampling distance) 및 LOD들 간의 디스턴스 레이션(distanse ratio)로 각각 정의된다. 디스턴스 레이션

$$\rho$$

는 항상 1보다 크다 (

$$\rho > 1$$

).

- [252] 실시예들에 따른 포인트들은 포인트들의 몰톤 코드 값에 따라 오름차수 순으로 정렬된다. 실시예들에 따른 파라미터

$$I$$

는 상술한 프로세스에 따라 정렬된 포인트 인덱스들의 어레이(array)를 나타낸다. LOD 생성 알고리즘은 반복적으로 수행된다. 각 반복 순서 k에서, LOD k에 속한 포인트들이 추출되며, k의 값이 0부터 모든 포인트들이 LOD에 할당 될때까지, 추출된 포인트들의 예측기들이 생성된다. 보다 구체적인 과정은 다음과 같다.

- [253] 샘플링 디스턴스

$$D$$

는 초기 샘플링 디스턴스

$$D_0$$

로 초기화된다(

$$D = D_0$$

). 0부터 LOD들의 개수(number of LODs)에 대응하는 각 반복 순서 k에 대하여,

$$L(k)$$

는 k번째 LOD에 속한 포인트들의 인덱스 세트이고,

$$O(k)$$

는 k보다 큰 레벨에 해당하는 LOD들에 속한 포인트들의 세트이다.

$$L(k)$$

및

$$O(k)$$

는 초기화된 뒤, 포인트의 LOD 할당과 잔여를 반복적으로 계산하며

순차적으로 입력된다. 이러한 과정은 어레이

I

내의 모든 인덱스들을 통과할 때까지 반복된다. 여기서,

$L(k)$

및

$O(k)$

는 계산되고,

$L(k)$

의 포인트들과 연관된 예측기들을 생성하기 위한 과정에 사용될 수 있다. 실시예들에 따른

$R(k)$

는 $LOD(k)$ 를 확보하기 위해 $LOD(k-1)$ 에 추가되어야 하는 포인트들의 세트로서 다음과 같이 표현된다.

$$[254] \quad R(k) = L(k) \setminus L(k-1)$$

, 여기서

$\setminus$

는 차분 연산(difference operator)이다.

$$[255] \quad R(k)$$

내의 각 포인트 i 에 대하여

$O(k)$

내의 포인트 i 의 h 개 이웃 포인트들을 찾고, 포인트 i 와 연관된 노멀 디스턴스(normal distance) 및 상관된 직선 거리를 계산하기 위한 알고리즘은 다음과 같다. 실시예들에 따른 h 는 사용자가 정의한 파라미터로서, 포인트 i 의 예측을 위해 사용되는 최대 이웃 포인트들의 개수를 조절하기 위한 상수를 나타낸다.

[256] 카운터 j 는 0으로 초기화된다. (Initialize a counter

$j = 0$

)

$$[257] \quad R(k)$$

에서 각 포인트 i 에 대하여, M_i 는 포인트 i 와 연관된 물톤 코드를 나타낸다. M_j 는

$O(k)$

내의 j번째 엘레먼트와 연관된 몰톤 코드를 나타낸다.

[258] M_i 가 M_j 보다 크거나 같고, j가

 $O(k)$

의 사이즈보다 작은 경우

 $(M_i \geq M_j \text{ and } j < \text{SizeOf}(O(k)))$

, 카운터 j값을 1씩 증가시키면서

 $(j \leftarrow j + 1)$

, M_i 와

 $O(k)$

내의 인덱스와 연관된 포인트들까지의 거리를 측정한다. 해당 포인트들은 특정 서치 범위

 $[j\text{-SR2}, j\text{+SR2}]$

내에 존재하며, h개의 가장 가까운 이웃 포인트들

 $(n_1, n_2, \dots, n_h)$

과 각 이웃 포인트들과 포인트 i간의 노멀 디스턴스(normal distance)

[259]

 $(d_{n_1}^2(i), d_{n_2}^2(i) \dots, d_{n_h}^2(i))$

를 추적한다.

[260]

또한 노멀 디스턴스에 기반하여 두 개의 가장 가까운 직선 최단 거리들 (nearest squared distances) 간의 상관된 직선 거리들(correlated squared distances)을 계산한다. 상관된 직선 거리들은 다음과 같이 표현될 수 있다.

[261]

$$(d_{n_1}(i) + d_{n_2}(i))(d_{n_1}(i) + d_{n_2}(i)), (d_{n_1}(i) + d_{n_3}(i))(d_{n_2}(i) + d_{n_3}(i)) \dots, (d_{n_{h-1}}(i) + d_{n_h}(i))(d_{n_{h-1}}(i) + d_{n_h}(i)))$$

[262]

계산 방법은 상술한 예시에 국한되지 않는다.

[263]

대상 포인트와 가장 마지막에 처리된 포인트 사이의 상관된 직선 거리가 임계값(threshold)보다 낮으면, 마지막에 처리된 포인트의 이웃 포인트들을 초기 추측 및 서치를 위해 사용한다. 실시예들에 따른 임계값은 사용자에게 의해 정의될 수 있다. 실시예들에 따른 임계값보다 높은 상관된 직선 거리를 갖는 포인트들은 제외된다.

[264]

LOD 생성 알고리즘은 포인트 클라우드 수신 장치 (예를 들면 도 10-11 및 도 13에서 설명한 포인트 클라우드 디코더 및 수신 장치)에도 적용된다. 따라서

포인트 클라우드 수신 장치는 상술한 LOD 생성 알고리즘을 기반으로 LOD를 생성한다.

- [265] 포인트 클라우드 인코더는 변환 코딩을 수행한다(15300). 도 1 내지 도 14에서 설명한 바와 같이 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 포인트 클라우드 콘텐츠에 따라 RAHT 코딩, 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩을 선택적으로 사용하거나 하나 또는 그 이상의 코딩들의 조합을 사용한다.
- [266] 실시예들에 따른 예측 변환 코딩은 보간 기반 예측 변환 코딩(interpolation based prediction)을 포함한다. 포인트 클라우드와 연관된 어트리뷰트는 LOD 생성 과정에 따라 정의된 순서로 인코딩 및 디코딩된다. 각 단계에서 이미 인코딩되거나 디코딩된 포인트들만이 예측을 위해 고려된다. 포인트의 어트리뷰트는 해당 포인트의 이웃포인트들의 어트리뷰트 (또는 어트리뷰트 값)의 가중 평균값을 기반으로 예측된다. 하지만 이웃 포인트 그룹 내의 포인트들은 해당 포인트와 가깝게 분포하거나 멀리 분포할 수 있다. 따라서 밀집되어 분포한 포인트들에 더 많은 가중값을 부여하고 상대적으로 밀집하지 않거나 멀리 떨어진 포인트에 더 작은 가중값을 부여하면 실제 포인트들간의 상관관계를 반영할 수 있으므로 더 정확한 예측 어트리뷰트를 계산할 수 있다. 따라서 실시예들에 따른 포인트의 어트리뷰트(또는 어트리뷰트 값)은 해당 포인트의 가장 가까운 이웃 포인트들까지와의 거리 기반뿐만 아니라 가중 값을 추가한 보간 기반 예측 변환 코딩 (또는 보간 예측 변환 프로세스)를 사용하여 예측될 수 있다.
- [267] 실시예들에 따른

$$(a_i)_{i \in 0 \dots k-1}$$

는 어트리뷰트(또는 어트리뷰트 값)를 나타낸다.

$$\mathfrak{N}_i$$

는 해당 포인트의 k개의 가장 가까운 이웃포인트들의 집합을 나타낸다.

$$(\tilde{a}_j)_{j \in \mathfrak{N}_i}$$

는 j 번째 디코드 및 리컨스트럭션된 어트리뷰트이다. 이하의 수학식은 순환 상관된 시프트 매트릭스(circular correlated shift matrix)를 적용하여 상관된 거리들을 계산하는 과정을 나타낸다.

- [268] [수식2]

$$D = \begin{bmatrix} \mu_j \\ \mu_{j+1} \\ \mu_{j+2} \\ \mu_{j+3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_j \\ \delta_{j+1} \\ \delta_{j+2} \\ \delta_{j+3} \end{bmatrix}$$

- [269] 수학식에서

$$(\delta_j)_{j \in \aleph_i}$$

는 해당 포인트와 이웃 포인트들간의 거리들을 나타낸다.

$$(\mu_j)_{j \in \aleph_i}$$

는 매트릭스가 적용되어 계산된 상관된 거리(또는 상관 값이라 호칭한다)이다.
위 수식에서 계산된 상관된 거리

$$(\mu_j)_{j \in \aleph_i}$$

를 반영하여 계산한 가중 평균 예측 어트리뷰트(상관 가중 값)는 다음과 같이 표현된다.

[270] [수식3]

$$\hat{a}_i = Round \left(\frac{1}{k} \sum_{j \in \aleph_i} \frac{\frac{1}{\mu_j^2}}{\sum_{j \in \aleph_i} \frac{1}{\mu_j^2}} \tilde{a}_j \right)$$

[271] 실시예들에 따른 리프팅 변환 코딩은 각 포인트의 예측 어트리뷰트를 계산하기 위하여 업데이트 오퍼레이터를 사용한다. 리프팅 변환 코딩은 가장 높은 레벨의 LOD(예를 들면 LODn)에 속하는 포인트에 대하여 예측 값 및 레지듀얼 값을 계산한다. 리프팅 변환 코딩은 해당 포인트의 가중 값을 계산할 수 있다. 해당 포인트의 업데이트 오퍼레이터는 계산된 가중 값 및 레지듀얼 값을 기반으로 업데이트된 어트리뷰트 값을 계산할 수 있다. 계산된 업데이트 어트리뷰트 값은 다음의 LOD(예를 들면 상술한 LODn보다 하나 낮은 레벨 인 LOD n-1)의 포인트의 예측 어트리뷰트를 계산하는데 사용된다. 레벨이 낮은 LOD는 다른 레벨이 높은 LOD에도 포함되는 포인트들을 포함한다. 즉, 레벨이 낮은 LOD에 포함된 포인트들은 예측을 위해 더 많이 사용되므로, LOD 기반의 리프팅 변환 코딩은 레벨이 낮은 LOD에 속한 포인트들에 대해 더 많은 영향을 미친다. 따라서 업데이트 오퍼레이터는 해당 포인트의 가중 값에 해당 이웃 포인트들의 가중 값을 더하여 업데이트된 가중 값을 기반으로 업데이트를 수행할 수 있다.

[272] 실시예들에 따른 리프팅 변환 코딩은 이웃 포인트들간의 상관도를 반영하여 업데이트된 가중 값을 사용할 수 있다. 업데이트 오퍼레이터는 업데이트된 가중 값을 기반으로 업데이트 동작을 수행한다. 이하는 이웃 포인트들간의 상관도를 반영하여 가중 값을 업데이트하는 과정을 나타낸다. 이웃 포인트들간의 상관도를 반영하여 업데이트된 가중 값은 상관 가중 값이라 호칭될 수 있다.

[273]

 $w(P)$

는 포인트 p와 연관된 가중값이다.

 $w(P)$

는 다음의 재귀적 연산을 적용하여 계산된다.

[274]

 $w(P)$

의 값은 모든 포인트들에 대하여 1로 정의된다.

[275]

LOD 구조에서 정의된 순서의 역방향(inverse order)에 따라 포인트들을 점검(traverse)한다.

[276]

LOD(j)에 속한 각 포인트

 $Q(i, j)$

에 대하여, 해당 포인트의 이웃 포인트들($P \in \nabla(Q(i, j))$)의 가중 값들은 업데이트 된다. 다음은 업데이트 프로세스를 나타낸다.

 $P \in \nabla(Q(i, j))$

의 가중 값들은 업데이트 된다. 다음은 업데이트 프로세스를 나타낸다.

[277]

$$w(P) \leftarrow w(P) + w(C[Q(i, j), j]) \alpha(P, Q(i, j))$$

[278]

 $C[(Q(i, j), j)]$

은 j 번째 가장 가까운 이웃포인트들 집합 내의 포인트

 $Q(i, j)$

들간의 상관된 제곱 거리들을 나타낸다. 따라서 실시예들에 따른 상관 가중값

 $w(P)$

은 이웃 포인트들 간의 상관된 제곱 거리들을 고려하여 업데이트 된다.

업데이트 오퍼레이터는 상관 가중값 및 예측 레지듀얼들을 기반으로 어트리뷰트값을 업데이트 한다.

[279]

실시예들에 따른 업데이트 프로세스는 포인트 클라우드 전송 장치 및 수신 장치에 포함된 하나 또는 그 이상의 메모리들에 저장된 프로그램 인스트럭션에 의해 수행될 수 있다. 실시예들에 따른 프로그램 인스트럭션은 포인트 클라우드 인코더 및/또는 디코더 (또는 프로세서)에 의해 실행되고, 포인트 클라우드 인코더 및/또는 디코더가 어트리뷰트값을 업데이트 하도록 한다.

[280]

실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 양자화를 수행한다(15400). 양자화는 도 1 내지 도 14에서 설명한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다. 상술한 포인트들간의 상관관계에 따른 가중값은 양자화에서도

적용가능하다.

[281] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 아리스메틱 인코딩을 수행한다(15500). 아리스메틱 인코딩은 도 1 내지 도 14에서 설명한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다. 상술한 포인트들간의 상관관계에 따른 가중값은 아리스메틱 인코딩에서도 적용가능하다.

[282] 도 16은 포인트와 이웃 포인트들의 예시이다.

[283] 도 16은 도 15에서 설명한 예측 변환 코딩 대상인 포인트 P와 4개의 이웃 포인트들 C1, C2, C3, 및 C4를 나타낸다. 도 15에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 인코더는 예측 변환 코딩(예를 들면 보간 기반 예측 변환 코딩)을 수행한다. 포인트 p의 어트리뷰트(또는 어트리뷰트 값)은 포인트 p의 가장 가까운 이웃 포인트들인 C1, C2, C3, C4의 어트리뷰트의 가중 평균값이 될 수 있다. 도면에 도시된 바와 같이

$$\delta_j$$

는 포인트 p와 이웃 포인트 C1간의 거리를 나타내고,

$$\delta_{j+1}$$

는 포인트 p와 이웃 포인트 C2간의 거리를 나타낸다.

$$\delta_{j+2}$$

는 포인트 p와 이웃 포인트 C3간의 거리를 나타내고,

$$\delta_{j+3}$$

는 포인트 p와 이웃 포인트 C4간의 거리를 나타낸다. 도 16에 도시된 바와 점선과 같이, 이웃 포인트들 C2, C3, C4는 상대적으로 이웃 포인트 C1보다 밀집하여 위치한다.

[284] 따라서 실시예들에 따른 예측 변환 코딩은 도 15에서 설명한 수학식 2와 같이 순환 상관된 시프트 매트릭스를 포인트 p와 이웃 포인트들간의 거리에 곱하여 이웃 포인트들간의 상관도를 반영하여 상관된 거리들(예를 들면

$$(\mu_j)_{j \in \mathcal{N}_i}$$

)을 계산한다. 따라서 예측 변환 코딩은 이웃 포인트들간의 밀집도에 따른 상관관계를 고려한 가중 평균 어트리뷰트를 계산한다(수학식 3).

[285] 도 17은 비트스트림 구조도의 예시를 나타낸다.

[286] 포인트 클라우드 처리 장치(예를 들면 도 1, 도 12 및 도 14에서 설명한 전송 장치)는 부호화된 포인트 클라우드 데이터를 비트스트림의 형태로 전송할 수 있다. 비트스트림은 포인트 클라우드 데이터(또는 포인트 클라우드 프레임)의

표현을 형성하는 비트들의 시퀀스이다.

- [287] 포인트 클라우드 데이터(또는 포인트 클라우드 프레임)은 타일들 및 슬라이스들로 분할될 수 있다.
- [288] 포인트 클라우드 데이터는 멀티플 슬라이스들(multiple slices)로 분할(partition)될 수 있으며, 비트스트림 내에서 인코딩된다. 하나의 슬라이스는 포인트들의 집합으로, 인코딩된 포인트 클라우드 데이터의 전체 또는 부분을 나타내는 선택스 요소들의 시리즈들로 표현된다. 하나의 슬라이스들은 다른 슬라이스들에 대하여 의존성을 가질 수도 있고 가지지 않을 수도 있다. 또한 하나의 슬라이스는 하나의 지오메트리 데이터 유닛(geometry data unit)을 포함하며, 하나 이상의 어트리뷰트 데이터 유닛(attribute data unit)들을 가질 수도 있고, 가지지 않을 수도 있다(zero attribute data unit). 상술한 바와 같이 어트리뷰트 인코딩은 지오메트리 인코딩을 기반으로 수행되므로 어트리뷰트 데이터 유닛은 동일한 슬라이스 내의 지오메트리 데이터 유닛에 기반한다. 즉, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치(예를 들면 예를 들면 수신 장치(10004) 또는 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006))는 디코드된 지오메트리 데이터를 기반으로 어트리뷰트 데이터를 처리할 수 있다. 따라서 슬라이스 내에서 지오메트리 데이터 유닛은 반드시 연관된 어트리뷰트 데이터 유닛들보다 먼저 나타난다. 슬라이스 내의 데이터 유닛들은 반드시 연속적이며, 슬라이스들간의 순서는 특정되지 않는다.
- [289] 타일(tile)은 바운딩 박스(예를 들면 도 5에서 설명한 바운딩 박스)내의 직사각형 직육면체(3차원)이다. 바운딩 박스는 하나 또는 그 이상의 타일들을 포함할 수 있다. 하나의 타일은 다른 타일과 전부 또는 일부 오버랩될 수 있다. 하나의 타일은 하나 또는 그 이상의 슬라이스들을 포함할 수 있다.
- [290] 따라서 포인트 클라우드 데이터 송신 장치는 중요도에 따라 타일에 대응하는 데이터를 처리하여 고품질의 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있다. 즉, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 장치는 사용자에게 중요한 영역에 대응하는 데이터를 더 좋은 압축 효율과 적절한 레이턴시를 갖는 포인트 클라우드 컴프레션 코딩 처리할 수 있다.
- [291] 실시예들에 따른 비트스트림은 시그널링 정보 및 복수 개의 슬라이스들(slice 0,..., slice n)을 포함한다. 도면에 도시된 바와 같이 시그널링 정보는 비트스트림 내에서 슬라이스들보다 먼저 나타난다. 따라서 포인트 클라우드 데이터 수신 장치는 시그널링 정보를 먼저 확보하고, 시그널링 정보를 기반으로 복수개의 슬라이스들을 순차적으로 또는 선택적으로 처리할 수 있다. 도면에 도시된 바와 같이 슬라이스 0(slice0)는 하나의 지오메트리 데이터 유닛(Geom0) 및 두 개의 어트리뷰트 데이터 유닛들(Attr0, Attr1)을 포함한다. 또한 지오메트리 데이터 유닛은 동일한 슬라이스 내에서 어트리뷰트 데이터 유닛보다 먼저 나타난다. 따라서 포인트 클라우드 데이터 수신 장치는 지오메트리 데이터 유닛(또는 지오메트리 데이터)를 먼저 처리(디코드)하고, 처리된 지오메트리 데이터를

기반으로 어트리뷰트 데이터 유닛(또는 어트리뷰트 데이터)를 처리한다.
실시예들에 따른 시그널링 정보는 시그널링 데이터, 메타데이터 등으로 호칭 가능하며, 예시에 국한되지 않는다.

- [292] 실시예들에 따른 시그널링 정보는 SPS(Sequence Parameter Set), GPS (Geometry Parameter set) 및 하나 또는 그 이상의 APS(Attribute Parameter Set)들을 포함한다. SPS는 프로파일, 레벨 등 시퀀스 전체에 대한 인코딩 정보로서, 픽처 해상도, 비디오 포맷 등 시퀀스 전체에 대한 포괄적인 정보(시퀀스 레벨)를 포함할 수 있다. GPS는 시퀀스(비트스트림) 내에 포함된 지오메트리에 적용된 지오메트리 인코딩에 대한 정보이다. GPS는 옥트리 (예를 들면 도 6에서 설명한 옥트리)에 대한 정보, 옥트리 템스에 대한 정보 등을 포함할 수 있다. APS는 시퀀스(비트스트림)내 포함된 어트리뷰트 적용된 어트리뷰트 인코딩에 대한 정보이다. 도면에 도시된 바와 같이 비트스트림은 어트리뷰트를 식별하는 식별자에 따라 하나 또는 그 이상의 APS(예를 들면 도면에 도시된 APS0, APS1..)를 포함한다.
- [293] 실시예들에 따른 시그널링 정보는 TPS를 더 포함할 수 있다. TPS는 타일에 대한 정보로서, 타일 식별자, 타일 크기 등에 대한 정보를 포함할 수 있다. 실시예들에 따른 시그널링 정보는 시퀀스, 즉 비트스트림 레벨의 정보로서, 해당 비트스트림에 적용된다. 또한 시그널링 정보는 선택스 엘리먼트 (syntax element) 및 이를 설명하는 디스크립터(Descriptor)를 포함하는 선택스 구조를 갖는다. 선택스를 설명하기 위한 수도 코드 (pseudo code)가 사용될 수 있다. 또한 포인트 클라우드 수신 장치는 선택스 내에서 나타나는 선택스 엘리먼트를 순차적으로 파싱하여 처리할 수 있다.
- [294] 도면에 도시되지 않았으나 실시예들에 따른 지오메트리 데이터 유닛 및 어트리뷰트 데이터 유닛은 각각 지오메트리 헤더 및 어트리뷰트 헤더를 포함한다. 실시예들에 따른 지오메트리 헤더 및 어트리뷰트 헤더는 해당 슬라이스 레벨에서 적용되는 시그널링 정보로서 상술한 선택스 구조를 갖는다.
- [295] 실시예들에 따른 지오메트리 헤더는 해당 지오메트리 데이터 유닛을 처리하기 위한 정보(또는 시그널링 정보)를 포함한다. 따라서 지오메트리 헤더는 해당 지오메트리 데이터 유닛 내에서 가장 먼저 나타난다. 포인트 클라우드 수신 장치는 지오메트리 헤더를 먼저 파싱하여 지오메트리 데이터 유닛을 처리할 수 있다. 지오메트리 헤더는 전체 지오메트리에 대한 정보를 포함하는 GPS와 연관관계를 갖는다. 따라서 지오메트리 헤더는 GPS에 포함된 `gps_geom_parameter_set_id`를 특정하는 정보를 포함한다. 또한 지오메트리 헤더는 지오메트리 데이터 유닛이 속한 슬라이스와 관련된 타일 정보(예를 들면 `tile_id`), 슬라이스 식별자 등을 포함한다.
- [296] 실시예들에 따른 어트리뷰트 헤더는 해당 어트리뷰트 데이터 유닛을 처리하기 위한 정보(또는 시그널링 정보)를 포함한다. 따라서 어트리뷰트 헤더는 해당 어트리뷰트 데이터 유닛 내에서 가장 먼저 나타난다. 포인트 클라우드 수신

장치는 어트리뷰트 헤더를 먼저 파싱하여 어트리뷰트 데이터 유닛을 처리할 수 있다. 어트리뷰트 헤더는 전체 어트리뷰트에 대한 정보를 포함하는 APS와 연관관계를 갖는다. 따라서 어트리뷰트 헤더는 APS에 포함된 `aps_attr_parameter_set_id`를 특정하는 정보를 포함한다. 상술한 바와 같이 어트리뷰트 디코딩은 지오메트리 디코딩에 기반하므로, 어트리뷰트 헤더는 해당 어트리뷰트 데이터 유닛과 연관된 지오메트리 데이터 유닛을 확정하기 위하여, 지오메트리 헤더 내 포함된 슬라이스 식별자를 특정하는 정보 등을 포함한다.

- [297] 포인트 클라우드 데이터 처리 장치가 도 15 내지 도 16에서 설명한 상관 가중값에 기반하여 어트리뷰트 인코딩을 수행한 경우, 비트스트림 내 시그널링 정보는 상관 가중 값에 대한 정보를 포함할 수 있다. 실시예들에 따른 상관 가중 값에 대한 정보는 시퀀스 레벨의 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS 등)에 포함되거나, 슬라이스 레벨(예를 들면 어트리뷰트 헤더 등)에 포함될 수 있다.
- [298] 도 18은 실시예들에 따른 시그널링 정보의 예시이다.
- [299] 도 18은 도 17에서 설명한 SPS의 선택스 구조로서, 도 17에서 설명한 상관 가중 값에 대한 정보가 시퀀스 레벨의 SPS에 포함된 예시를 나타낸다.
- [300] 실시예들에 따른 SPS의 선택스는 다음의 선택스 요소들을 포함한다.
- [301] `profile_compatibility_flags`: 비트스트림이 디코딩을 위한 특정 프로파일(profile)에 따르는지, 다른 프로파일에도 따르는지를 여부를 나타낸다. 프로파일은 비트스트림을 디코딩하기 위한 캐퍼빌리티들(capabilities)를 특정하기 위해 비트스트림에 부여되는 제약 조건들을 특정한다. 각 프로파일은 알고리즘적인 특징들 및 제한사항들의 서브세트(subset)로서 해당 프로파일을 따르는 모든 디코더들에 의해 지지된다. 디코딩을 위한 것으로 표준 등에 따라 정의될 수 있다.
- [302] `level_idc`: 비트스트림에 적용되는 레벨을 나타낸다. 레벨은 모든 프로파일들 내에서 사용된다. 일반적으로 레벨은 특정 디코더 처리 부하 및 메모리 캐퍼빌리티에 대응한다.
- [303] `sps_bounding_box_present_flag`: sps 내 바운딩 박스에 대한 정보가 존재하는지 여부를 나타낸다. `sps_bounding_box_present_flag`의 값이 1이면 바운딩 박스에 대한 정보가 존재하고, `sps_bounding_box_present_flag`의 값이 0이면 바운딩 박스에 대한 정보는 정의되지 않았음을 나타낸다.
- [304] 이하는 `sps_bounding_box_present_flag`의 값이 1일 때 sps에 포함되는 바운딩 박스에 대한 정보이다.
- [305] `sps_bounding_box_offset_x`: x,y,z,축을 포함하는 카르테시안 좌표계 내의 소스 바운딩 박스(source bounding box)의 양자화된 x 축 오프셋을 나타낸다.
- [306] `sps_bounding_box_offset_y`: x,y,z,축을 포함하는 카르테시안 좌표계 내의 소스 바운딩 박스(source bounding box)의 양자화된 y 축 오프셋을 나타낸다.
- [307] `sps_bounding_box_offset_z`: x,y,z,축을 포함하는 카르테시안 좌표계 내의 소스

- 바운딩 박스(source bounding box)의 양자화된 z 축 오프셋을 나타낸다.
- [308] `sps_bounding_box_scale_factor`: 소스 바운딩 박스의 크기를 나타내기 위해 사용되는 스케일 팩터(scale factor)를 나타낸다.
- [309] `sps_bounding_box_size_width`: x,y,z,축을 포함하는 카르테시안 좌표계 내의 소스 바운딩 박스(source bounding box)의 넓이를 나타낸다.
- [310] `sps_bounding_box_size_height`: x,y,z,축을 포함하는 카르테시안 좌표계 내의 소스 바운딩 박스(source bounding box)의 높이를 나타낸다.
- [311] `sps_bounding_box_size_depth`: x,y,z,축을 포함하는 카르테시안 좌표계 내의 소스 바운딩 박스(source bounding box)의 깊이를 나타낸다.
- [312] 실시예들에 따른 SPS 신택스는 다음의 엘리먼트들을 더 포함한다.
- [313] `sps_source_scale_factor`: 소스 포인트 클라우드 데이터 (source point cloud data)의 스케일 팩터를 나타낸다.
- [314] `sps_seq_parameter_set_id`: 다른 신택스 엘리먼트들(예를 들면 GPS 내의 `seq_parameter_set_id` 등)에 의한 참조를 위한 SPS의 식별자이다.
- [315] `sps_num_attribute_sets`: 비트스트림 내에 인코딩된 어트리뷰트들의 개수를 나타낸다. `sps_num_attribute_sets`의 값은 0부터 63까지의 범위 내에 포함된다.
- [316] 이하는 for문은 `sps_num_attribute_sets`가 지시하는 개수만큼의 어트리뷰트들 각각에 대한 정보를 나타내는 엘리먼트들을 포함한다. 도면에 도시된 i는 각 어트리뷰트 (또는 어트리뷰트 세트)를 나타내며, i의 값은 0보다 크거나 같고 `sps_num_attribute_sets`가 지시하는 개수보다 작다.
- [317] `attribute_dimension_minus1[ i ]`: i번째 어트리뷰트의 컴포넌트들의 개수보다 1 작은 값을 나타낸다. 어트리뷰트가 색상(colour)인 경우, 어트리뷰트는 대상 포인트의 빛의 특성들을 나타내는 3차원 (3dimension)신호에 대응한다. 예를 들어 어트리뷰트는 RGB(Red, Green, Blue)의 세가지 컴포넌트들로 시그널링 될 수 있다. 또한 어트리뷰트는 루마(luma, 휘도) 및 두개의 크로마(chroma, 채도)인 YUV의 세가지 컴포넌트들로 시그널링 될 수 있다. 어트리뷰트가 반사율(reflectance)인 경우, 어트리뷰트는 대상 포인트의 빛 반사율의 강도의 비율을 나타내는 1차원 신호에 대응한다.
- [318] `attribute_instance_id[ i ]`: i번째 어트리뷰트의 인스턴트 id를 나타낸다. `attribute_instance_id`는 동일한 어트리뷰트 라벨들과 어트리뷰트들을 구별짓기 위해 사용된다.
- [319] `attribute_bitdepth_minus1[ i ]`: i번째 어트리뷰트 신호의 첫번째 컴포넌트의 비트맵스보다 1 작은 값이다. 이 값에 1을 더한 값은 첫번째 컴포넌트의 비트맵스를 특정한다.
- [320] `attribute_cicp_colour_primaries[ i ]`: i번째 어트리뷰트의 색상 어트리뷰트 소스 원색(primary)들의 색도좌표계(chromaticity coordinates)를 나타낸다.
- [321] `attribute_cicp_transfer_characteristics[ i ]`: 0에서 1인 공칭 실수 값 범위(nominal real-valued range)를 갖는 소스 입력 선형 광 강도(optical intensity) L_c 의 함수로서

색상 어트리뷰트의 기준 광전자 전달 특성 함수(opto-electronic transfer characteristic function)를 나타내거나 0에서 1인 공칭 실수 값 범위를 갖는 출력 선형 광 강도 L_o 의 함수로서 색상 어트리뷰트의 기준 전기 광학 전달 특성 함수의 역함수를 나타낸다.

- [322] `attribute_cicp_matrix_coeffs[ i ]`: RGB 또는 YXZ 원색들로부터 루마 및 크로마 시그널들을 유도하는데 사용되는 매트릭스 코이피션트들을 나타낸다.
- [323] `attribute_cicp_video_full_range_flag[ i ]`: E'E' 및 E'또는 E'E'' 실수값을 갖는 컴포넌트 시그널들로부터 파생되는 루마 및 크로마 신호들의 블랙 레벨 및 범위를 나타낸다.
- [324] 상술한 바와 같이 SPS 선택스는 상관 가중 값에 대한 정보를 포함한다. 다음의 엘리먼트들은 도 15 내지 도 16에서 설명한 상관 가중 값에 대한 정보를 나타낸다.
- [325] `attribute_correlated_weight_flag`: 계산된 거리값들이 반드시 상관되었는지 여부를 나타낸다. `attribute_correlated_weight_flag`의 값이 1이면 계산된 거리값들이 상관되었음을 나타내고 (즉, 상관 가중 값이 사용됨), `attribute_correlated_weight_flag`의 값이 0이면 그렇지 않음을 나타낸다. 디폴트 값은 0으로 추론된다.
- [326] `attribute_correlated_weight method`: `attribute_correlated_weight_flag`의 값이 1 인 경우, 상관 가중 값을 계산하는 방법을 나타낸다. 예를 들어, 상관 가중 값을 계산하는 방법은 도 15에서 설명한 수학적식 2 내지 4를 포함한다. 따라서 포인트 클라우드 수신 장치는 `attribute_correlated_weight method`에서 지시하는 방법에 따라 상관 가중 값을 계산하고 보간 기반 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩을 수행한다.
- [327] 실시예들에 따른 상관 가중 값에 대한 정보는 위 예시에 국한되지 않는다. 따라서 상관 가중 값에 대한 정보는 상관 가중 변수에 대한 정보, 상관된 포인트 세트 내의 이웃 노드들의 개수에 대한 정보 등을 더 포함할 수 있다.
- [328] 실시예들에 따른 SPS의 선택스는 다음의 선택스 엘리먼트들을 포함한다.
- [329] `known_attribute_label_flag[ i ]`, `known_attribute_label[ i ]`, and `attribute_label_fourbytes[ i ]`는 i번째 어트리뷰트내에서 전송되는 데이터의 타입을 식별하기 위해 함께 사용된다. `known_attribute_label_flag[ i ]`는 어트리뷰트가 `known_attribute_label[ i ]`의 값 또는 다른 오브젝트 식별자 `attribute_label_fourbytes[ i ]`로 식별되는지 여부를 나타낸다.
- [330] `sps_extension_flag`: `sps_extension_data_flag`가 SPS내에 나타나는지 여부를 나타낸다. `sps_extension_flag`의 값이 0 이면 SPS 선택스 구조 내에 `sps_extension_data_flag` 선택스 엘리먼트가 존재하지 않음을 나타낸다. `sps_extension_flag`의 값 1은 추후 사용을 위해 보존된다. 디코더는 1 값을 갖는 `sps_extension_flag`이후에 나타나는 모든 `sps_extension_data_flag` 선택스 엘리먼트들을 무시할 수 있다.

- [331] `sps_extension_data_flag`: 추후 사용을 위한 데이터의 존재 여부를 나타내며 어느 값이나 가질 수 있다.
- [332] 실시예들에 따른 SPS 선택스는 위 예시에 국한되지 않으며 추가적인 요소들을 더 포함하거나 시그널링의 효율성을 위해 도면에 도시된 일부 요소들을 포함하지 않을 수 있다. 일부 요소들은 SPS가 아닌 다른 시그널링 정보(예를 들면 APS, 어트리뷰트 헤더 등) 또는 어트리뷰트 데이터 유닛을 통해 시그널링될 수 있다. 또한 선택스의 요소들은 제 1 정보, 제 2 정보 등으로 호칭될 수 있다.
- [333] 도 19는 실시예들에 따른 시그널링 정보의 예시이다.
- [334] 도 19는 도 17에서 설명한 APS의 선택스 구조로서, 도 17에서 설명한 상관 가중 값에 대한 정보가 시퀀스 레벨의 APS에 포함된 예시를 나타낸다.
- [335] 실시예들에 따른 APS의 선택스는 다음의 선택스 요소들을 포함한다.
- [336] `aps_attr_parameter_set_id`: 다른 선택스 엘리먼트들에 의한 참조를 위한 APS의 식별자를 나타낸다. `aps_attr_parameter_set_id`는 0 내지 15 범위 내의 값을 가진다. 비트스트림(예를 들면 도 17에서 설명한 비트스트림) 내에는 하나 또는 그 이상의 어트리뷰트 데이터 유닛들이 포함되고, 각 어트리뷰트 데이터 유닛은 어트리뷰트 헤더를 포함한다. 어트리뷰트 헤더는 `aps_attr_parameter_set_id`와 동일한 값을 갖는 필드(예를 들면 `ash_attr_parameter_set_id`)를 포함한다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 수신 장치는 APS를 파싱하고 동일한 `aps_attr_parameter_set_id`를 참조하는 어트리뷰트 데이터 유닛을 파싱된 APS 및 어트리뷰트 헤더를 기반으로 처리한다.
- [337] `aps_seq_parameter_set_id`: 액티브 SPS(active SPS)를 위한 `sps_seq_parameter_set_id`의 값을 나타낸다. `aps_seq_parameter_set_id`는 0 내지 15의 범위 내의 값을 가진다.
- [338] `attr_coding_type`: `attr_coding_type`의 주어진 값에 대한 어트리뷰트 코딩 타입(coding type)을 나타낸다. 어트리뷰트 코딩은 어트리뷰트 인코딩을 의미한다. 상술한 바와 같이 어트리뷰트 코딩은 RAHT 코딩, 예측 변환 코딩 및 리프팅 변환 코딩 중 적어도 어느 하나를 사용하며, `attr_coding_type`은 상술한 3가지 코딩의 타입들 중 어느 하나를 나타낸다. 따라서 `attr_coding_type`의 값은 비트스트림들 내에서 0, 1 또는 2 중 어느 하나와 같다. 다른 `attr_coding_type`의 값들은 ISO/IEC에 의해 추후 사용될 수 있을 수 있다. 따라서 실시예들에 따른 포인트 클라우드 수신 장치는 0, 1 및 2가 아닌 나머지 값들을 갖는 `attr_coding_type`를 무시한다. 해당 값이 0이면, 어트리뷰트 코딩 타입은 예측 변환 코딩, 해당 값이 1이면 어트리뷰트 코딩 타입은 RAHT 코딩, 해당 값이 2이면 어트리뷰트 코딩 타입은 리프팅 변환 코딩이다. `attr_coding_type`의 값은 변경가능하며 본 예시에 국한되지 않는다. 예를 들면 해당 값이 0이면, 어트리뷰트 코딩 타입은 RAHT 코딩, 해당 값이 1이면 어트리뷰트 코딩 타입은 LOD 기반 예측 변환 (LOD with predicting transform) 코딩, 해당 값이 2이면

어트리뷰트 코딩 타입은 LOD 기반 리프팅 변환 (LOD with lifting transform) 코딩을 나타낸다.

- [339] aps_attr_initial_qp: 현재 APS를 참조하는 각 슬라이스를 위한 변수 SliceQP의 초기값을 나타낸다.
- [340] aps_attr_chroma_qp_offset: aps_attr_initial_qp에 의해 시그널되는 초기 양자화 파라미터에 적용되는 오프셋을 특정한다.
- [341] aps_slice_qp_delta_present_flag: 어트리뷰트 데이터 유닛의 헤더 내에 aps_attr_qp_offset에 의해 지시되는 컴포넌트 QP 오프셋들이 존재하는지 여부를 나타낸다.
- [342] 상술한 바와 같이 APS 선택스는 도 15 내지 도 16에서 설명한 상관 가중 값에 대한 정보를 포함한다. 도면에 도시된 바와 같이 APS 선택스는 attribute_correlated_weight_flag 및 attribute_correlated_weight method를 포함한다. 각 엘리먼트에 대한 설명은 도 18에서 설명한 바와 동일하므로 생략한다.
- [343] 실시예들에 따른 상관 가중 값에 대한 정보는 위 예시에 국한되지 않는다. 따라서 상관 가중 값에 대한 정보는 상관 가중 변수에 대한 정보, 상관된 포인트 세트 내의 이웃 노드들의 개수에 대한 정보 등을 더 포함할 수 있다.
- [344] 이하는 attr_coding_type의 값이 리프팅 변환 코딩을 나타내는 경우의 APS에 나타나는 선택스 엘리먼트들이다.
- [345] lifting_num_pred_nearest_neighbours: 프레딕션을 위해 사용되는 최대 가장 가까운 이웃 포인트들의 개수를 특정한다.
- [346] lifting_max_num_direct_predictors: 다이렉트 프레딕션을 위해 사용되는 예측기들의 최대 개수를 나타낸다.
- [347] lifting_search_range: 프레딕션을 위해 사용되는 가장 가까운 이웃 포인트들을 결정하고 거리 기반의 LOD 생성을 위해 사용되는 썬치 범위(search range)를 특정한다.
- [348] lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag: LOD를 생성하기 위해 사용된 샘플링 전략을 나타낸다. lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag의 값이 1이면 lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag는 레귤러 샘플링 전략(regular sampling strategy)을 사용하여 LOD가 생성되었음을 나타낸다. lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag의 값이 0이면 lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag는 거리기반 샘플링 전략(distance-based sampling strategy)을 사용하여 LOD가 생성되었음을 나타낸다.
- [349] lifting_num_detail_levels_minus1: 어트리뷰트 코딩을 위한 LOD의 개수를 나타낸다. lifting_num_detail_levels_minus1의 값은 0보다 크거나 같다.
- [350] 이하는 for문은 lifting_num_detail_levels_minus1이 지시하는 개수만큼의 LOD들 각각에 대한 정보를 나타내는 엘리먼트들을 포함한다. 도면에 도시된 idx는 각 LOD를 나타내며, idx의 값은 0보다 크거나 같고 lifting_num_detail_levels_minus1가 지시하는 개수보다 작다.

- [351] `lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag`의 값이 1이면
`lifting_sampling_period[ idx ]`가
포함된다. `lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag`의 값이
0이면 `lifting_sampling_distance_squared[ idx ]`가 포함된다.
- [352] `lifting_sampling_period[ idx ]`: LOD `idx`를 위한 샘플링 주기(sampling period)를
특정한다.
- [353] `lifting_sampling_distance_squared[ idx ]`: LOD `idx`를 위한 샘플링 거리의 제곱을
유도하기 위한 배율 인수(scaling factor)를 특정한다.
- [354] `attr_coding_type`가 어트리뷰트 코딩이 예측 변환 코딩임을 나타내면, APS는
다음의 신택스 엘리먼트들을 포함한다.
- [355] `lifting_adaptive_prediction_threshold`: 어댑티브 프레딕션(adaptive prediction)을
가능하도록 하는 임계값(threshold)를 나타낸다.
- [356] `lifting_intra_lod_prediction_num_layers`: 동일한 LOD 레이어에 포함된 디코드된
포인트들이 타겟 포인트의 예측값을 생성하도록 참조될 수 있는 LOD 레이어의
개수를 특정한다.
- [357] 실시예들에 따른 APS의 신택스는 다음의 신택스 엘리먼트들을 포함한다.
- [358] `aps_extension_flag`: `aps_extension_data_flag`가 APS내에 나타나는지 여부를
나타낸다. `aps_extension_flag`의 값이 0 이면 APS 신택스 구조 내에
`aps_extension_data_flag` 신택스 엘리먼트가 존재하지 않음을 나타낸다.
`aps_extension_flag`의 값 1은 추후 사용을 위해 보존된다. 디코더는 1 값을 갖는
`aps_extension_flag`이후에 나타나는 모든 `aps_extension_data_flag` 신택스
엘리먼트들을 무시할 수 있다.
- [359] `aps_extension_data_flag`: 추후 사용을 위한 데이터의 존재 여부를 나타내며 어느
값이나 가질 수 있다.
- [360] 실시예들에 따른 APS 신택스는 위 예시에 국한되지 않으며 추가적인
엘리먼트들을 더 포함하거나 시그널링의 효율성을 위해 도면에 도시된 일부
엘리먼트들을 포함하지 않을 수 있다. 일부 엘리먼트들은 APS가 아닌 다른
시그널링 정보(예를 들면 어트리뷰트 헤더 등) 또는 어트리뷰트 데이터 유닛을
통해 시그널될 수 있다. 또한 신택스의 엘리먼트들은 제 1 정보, 제 2 정보 등으로
호칭될 수 있다.
- [361] 도 15 내지 도 19에서 설명한 바와 같이 상관 가중 값은 두개 이상의 이웃
포인트들이 존재하는 경우 포인트들 간의 상관 관계를 기반으로 계산될 수 있다.
상관 가중 값을 계산하는 방법은 기존의 어트리뷰트 인코딩을 위한 알고리즘을
변화시키지 않고 계산될 수 있으므로 시스템 설계의 유연성을 확보할 수 있다.
또한 예측/리프팅 변환에서 사용되는 가중 상수 대신 상관 가중 값을 사용하면
인코딩 및 디코딩의 성능이 개선된다. 실시예들에 따른 상관 가중 값을 계산하는
방법 및 상관 가중 값은 양자화 등의 예측 알고리즘이 필요한 모든 함수에 적용
가능하다.

- [362] 상관도 값을 계산하는 방법(예를 들면 수학식 2)은 해당 포인트의 거리를 포함할 수도 있고 포함하지 않을 수도 있다. 또한 상관도 값을 계산하는 방법은 도 2에서 설명한 매트릭스를 이용한 덧셈, 곱셈, 나눗셈의 연산으로 구성될 수 있다. 뿐만 아니라 상관도 값을 계산하는 방법은 상관 값을 제거하거나 상관 값을 이용하여 각 상수를 할당하고 곱하는 연산을 포함할 수 있다. 각 상수는 정수뿐 만 아니라 복소수를 포함할 수 있으며, 고정값 또는 변동 값을 가질 수 있다.
- [363] 상관 가중 값은 상관도 값을 기반으로 가중 값이 합산된 것으로 평균 또는 분산 값에 대응한다(예를 들면 수학식 3). 상관도가 결합되지 않은 가중 값은 평균 또는 분산 값으로 이용된다.
- [364] 도 20은 실시예들에 따른 상관 가중 값을 코드화 할 수 있는 방법에 대한 예시이다.
- [365] 도 20은 3개의 포인트들이 존재하는 경우 다양한 방법으로 상관 가중 값을 계산하는 방법(예를 들면 수학식 2 및 수학식 3)을 나타내는 인스트럭션들이다.
- [366] 도면에 도시된 `weighted_sum`은 각각의 포인트와 상관도 값의 합을 나타내며 상관도의 계산 법은 실시예에 따라 변경가능하다. `w0`, `w1`, `w2`는 포인트 별로 계산된 상관도 값이 반영된 상관 가중 값을 나타낸다.
- [367] 첫번째 블록은 상관 값에 임의의 상수 `alpha`, `beta`, `gamma`를 곱하여 상관도 값을 계산하는 과정을 나타낸다. 두 번째 블록은 단순히 포인트의 거리를 기반으로 상관도 값을 계산하는 과정을 나타낸다. 세 번째 블록은 포인트 거리의 제곱 형태를 기반으로 상관도 값을 계산하는 과정을 나타낸다. 네 번째 블록은 포인트 거리의 합의 형태를 기반으로 상관도 값을 계산하는 과정을 나타낸다. 각 블록은 상관도를 계산하는 과정에 따라 계산된 상관도 값이 반영된 포인트 별 상관 가중 값(`w0`, `w1`, `w2`)을 나타낸다. 상관 가중 값은 상관도의 계산 방법 및 형태에 따라 변경될 수 있다. 또한 상관도 값을 계산하는 방법은 상술한 예시에 국한되지 않는다.
- [368] 도 1 내지 도 20에서 설명한 포인트 클라우드 처리 장치는 공간적 확장성 디코딩(`spatial scalability decoding`)을 지원한다. 실시예들에 따른 공간적 확장성 디코딩은 포인트 클라우드 수신 장치(예를 들면 도 1의 수신 장치(10004), 도 10 및 도 11의 포인트 클라우드 디코더, 도 13의 수신 장치)의 디코딩 성능에 따라 다양한 해상도(레졸루션, `resolution`)의 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있도록 지오메트리 및/또는 어트리뷰트 일부 또는 전체에 대해서 수행하는 디코딩이다. 실시예들에 따른 지오메트리 및 어트리뷰트 일부는 파셜 지오메트리 (`partial geometry`) 및 파셜 어트리뷰트(`partial attribute`)라 호칭된다. 실시예들에 따른 지오메트리에 적용되는 스케일러블 디코딩은 스케일러블 지오메트리 디코딩 또는 지오메트리 스케일러블 디코딩이라 호칭된다. 실시예들에 따른 어트리뷰트에 적용되는 스케일러블 디코딩은 스케일러블 어트리뷰트 디코딩 또는 어트리뷰트 스케일러블 디코딩이라 호칭된다. 도 1

내지 도 17에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트들은 3차원 공간에 분포되어 있으며 분포된 포인트들은 옥트리 구조(예를 들면 도 6에서 설명한 옥트리)로 표현된다. 옥트리 구조는 팔진트리 구조로서 상위 노드에서 하위 노드 방향으로 템스가 증가한다. 실시예들에 따른 템스는 레벨 및/또는 레이어로 호칭된다.

- [369] 포인트 클라우드 처리 장치(또는 지오메트리 인코더)는 옥트리 구조를 기반으로 지오메트리 인코딩을 수행한다. 또한 포인트 클라우드 처리 장치(또는 어트리뷰트 인코더)는 옥트리 구조를 기반으로 LOD를 생성하여 어트리뷰트 인코딩(예를 들면 RAHT변환, 예측 변환, 리프팅 변환 등)을 수행한다. LOD는 옥트리 구조를 기반으로 생성되므로, 옥트리 구조는 포인트들의 그룹핑을 분할하는 것으로 간주되며, 지오메트리 및 어트리뷰트에 대한 포인트들의 개수를 정렬한다. LOD의 레벨은 옥트리의 템스에 대응할 수 있다. LOD(또는 옥트리 템스)는 오리지널 품질을 나타낼 정도로 커야만 하므로, 공간적 확장성은 소스 포인트 클라우드가 로컬 영역에서도 밀집된 경우에 매우 유용하다. 공간적 확장성을 통해 포인트 클라우드 수신 장치(또는 디코더)는 적은 디코더의 복잡도 및/또는 적은 대역폭을 갖는 썸네일과 같은 저해상도의 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있다. 포인트 클라우드 처리 장치는 공간적 확장성 디코딩을 지원하는 경우, 도 17에서 설명한 비트스트림에 포함된 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)를 통해 공간적 확장성 디코딩을 위한 정보를 전송한다.
- [370] 포인트 클라우드 수신 장치는 비트스트림에 포함된 시그널링 정보를 통해 공간적 확장성 디코딩을 위한 정보를 확보한다. 포인트 클라우드 수신 장치는 옥트리 구조의 상위 노드에서 하위 노드 방향으로 특정 템스(또는 레벨)에 대응하는 전체 지오메트리 또는 파셜 지오메트리에 대한 지오메트리 디코딩을 수행한다. 상술한 바와 같이 어트리뷰트 디코딩은 지오메트리 디코딩에 기반하므로, 포인트 클라우드 수신 장치는 디코드된 지오메트리(또는 디코드된 옥트리 구조)를 기반으로 LOD를 생성하고 전체 어트리뷰트 및/또는 파셜 어트리뷰트에 대한 어트리뷰트 디코딩(예를 들면 RAHT변환, 예측 변환, 리프팅 변환 등)을 수행할 수 있다.
- [371] 도 21은 공간적 확장성 디코딩의 예시를 나타낸다.
- [372] 도면에 도시된 화살표(1800)는 LOD의 레벨이 증가하는 증가하는 방향을 나타낸다.
- [373] 도 1 내지 도 14에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 처리 장치는 옥트리 구조를 기반으로 LOD를 생성한다. LOD는 옥트리 구조 갖는 포인트들의 어트리뷰트들을 관리하기 위한 것으로, LOD의 값이 클수록 포인트 콘텐츠의 디테일이 증가함을 나타낸다. 하나의 LOD는 옥트리 구조의 하나 또는 그 이상의 템스들에 대응할 수 있다. 옥트리 구조의 최상위 노드는 최하위 템스 또는 처음 템스에 대응하고, 루트(Root)로 호칭되며, 옥트리 구조의 최하위 노드는 최상위

맵스 또는 마지막 맵스에 대응하고 리프(Leaf)로 호칭된다. 옥트리 구조의 맵스는 루트에서 리프 방향으로 증가하며, 이는 도면에 도시된 화살표 방향과 동일하다.

- [374] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 디코더는 성능에 따라 풀 레졸루션(full resolution) 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공하기 위한 디코딩(1811) 또는 낮은 레졸루션 (low resolution) 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공하기 위한 디코딩(1812)을 수행한다. 포인트 클라우드 디코더는 옥트리 구조 전체에 대응하는 지오메트리 비트스트림(1811-1) 및 어트리뷰트 비트스트림(1812-1)을 디코딩(1811)하여 풀 레졸루션 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공한다. 포인트 클라우드 디코더는 옥트리 구조의 특정 맵스에 대응하는 파셜 지오메트리 비트스트림 (1812-1) 및 파셜 어트리뷰트 비트스트림(1812-2)을 디코딩(1812)하여 낮은 레졸루션 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공한다. 도 21은 어트리뷰트 디코딩으로서 리프팅 변환을 나타내고 있으며, 본 예시에 국한되지 않는다.
- [375] 상술한 바와 같이 비트스트림(예를 들면 도 17의 비트스트림)의 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)는 시퀀스 레벨 또는 슬라이스 레벨에서 공간적 확장성 디코딩(또는 리프팅 변환)과 관련된 확장성 (scalability)정보(예를 들면 `scalable_lifting_enabled_flag`, 또는 `lifting_scalability_enabled_flag`)를 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이 어트리뷰트 디코딩은 디코드된 지오메트리 옥트리 구조를 기반으로 수행된다. 공간적 확장성 디코딩(또는 리프팅 변환)과 관련된 정보는 파셜 어트리뷰트를 디코딩하기 위하여 전체 옥트리 구조가 필요한지 또는 일부 옥트리 구조가 필요한지 여부를 나타낸다.
- [376] 포인트 클라우드 수신 장치는 비트스트림의 시그널링 정보를 확보하고, 공간적 확장성 디코딩과 관련된 정보에 따라 지오메트리의 디코딩 결과인 전체 옥트리 구조 또는 파셜 옥트리 구조를 기반으로 스케일러블 어트리뷰트 디코딩을 수행한다.
- [377] 상술한 바와 같이 LOD는 옥트리 구조에 기반하여 생성된다(예를 들면 도 15의 1520 단계). 따라서 LOD의 레벨은 옥트리의 맵스에 기반하여 생성되며, 옥트리 구조가 변경되면 LOD 구조도 변경된다. 포인트 클라우드 인코더(예를 들면 도 15에서 설명한 포인트 클라우드 인코더)는 LOD 기반의 리프팅 변환을 수행한다(예를 들면 도 15의 1530 단계). 상술한 바와 같이 포인트 클라우드 처리 장치는 가장 높은 레벨의 LOD부터 가장 낮은 레벨의 LOD 방향으로 리프팅 변환 코딩을 수행한다. 실시예들에 따른 리프팅 변환 코딩은 각 포인트의 예측 어트리뷰트를 계산하기 위하여 업데이트 오퍼레이터를 사용한다. 해당 포인트의 업데이트 오퍼레이터는 계산된 가중 값 및 레지듀얼 값을 기반으로 업데이트된 어트리뷰트 값을 계산할 수 있다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 처리 장치는 양자화 가중 값(quantization weight)을 양자화 가중 값

유도프로세스에 따라 결정(또는 계산, 유도)하고, 결정된 양자화 가중 값을 기반으로 양자화를 수행한다.

- [378] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 수신 장치(또는 포인트 클라우드 디코더)는 포인트 클라우드 처리 장치와 동일하게, 업데이트 오퍼레이터를 사용하여 어트리뷰트 값을 복원하고, 양자화 가중 값을 계산하여 역 양자화(inverse quantization)를 수행할 수 있다.
- [379] 각 레벨의 LOD에 속한 포인트들의 밀집도는 다르다. 예를 들어 더 높은 레벨의 LOD에 속한 포인트들의 밀집도는 더 낮은 레벨의 LOD에 속한 포인트들의 밀집도보다 작다. 따라서 실시예들에 따른 양자화 가중 값은 더 높은 레벨의 LOD내의 거리들의 합으로부터 유도된다. 그러나 공간적 확장성 디코딩을 수행하는 경우, 포인트 클라우드 수신 장치는 낮은 LOD 정보를 알 수 없기 때문에 정확한 양자화 가중 값을 계산할 수 없다. 따라서 실시예들에 따른 양자화 가중 값은 해당 LOD의 포인트들의 개수에 의해 고정된다. 이하는 파셜 옥트리 구조를 기반으로 수행되는 어트리뷰트 디코딩(예를 들면 리프팅 변환 코딩)을 지원하기 위하여 각 LOD 별 양자화 가중 값을 계산하는 프로세스를 나타낸다.
- [380]
- $$\text{for } i = 0 \text{ to } \text{LODCount}\{$$
- $$\text{QuantizationWeight}[i] = \frac{\text{pointCount} - \sum_{k=0}^{i-1} \text{predictorCount}[k]}{\text{predictorCount}[i]} = \left(\frac{\sum_{k=0}^{\text{LODCount}} \text{predictorCount}[k]}{\text{predictorCount}[i]} \right)$$
- $$\text{QuantizationWeight}[i] = (\text{int})(\text{QuantizationWeight}[i] \ll \text{kFixedPointWeightShift})$$
- $$\}$$
- [381] i 는 각 LOD의 레벨을 나타내는 파라미터로서, i 는 0보다 크거나 같고 LOD의 개수(LODcount)보다 작다. Point count는 해당 LOD에 속하는 포인트들의 개수이고, predictorCount는 LOD해당 LOD보다 작은 LOD에 속하는 포인트들의 예측기들의 개수를 나타낸다. predictorCount[i]는 해당 LOD에 속한 포인트들의 예측기의 개수를 나타낸다. 수학식에 도시된 바와 같이 가중 값은 어트리뷰트의 개수 및 고정된 상수(예를 들면 kFixedPointweightShift)를 기반으로 계산된다.
- [382] 상술한 수학식은 LOD 별 예측 값을 갖는 포인트가 아니라 포인트들이 밀집되어 있는 LOD에 대한 정보를 기반으로 양자화 가중 값을 계산한다. 따라서 하나 또는 그 이상의 LOD들에 포인트들이 골고루 분포되어 있거나, LOD 인덱스의 갭이 크고 포인트의 분포 형태가 불규칙한 경우에는 양자화 가중 값에 따라 디코더의 성능 열화가 발생할 수 있다.
- [383] 따라서 실시예들에 따른 포인트 클라우드 전송 장치 및 포인트 클라우드 수신 장치는 리프팅 변환 코딩(예를 들면 파셜 옥트리 구조를 기반으로 수행되는 리프팅 변환 코딩)을 수행함에 있어서, 수학적으로 최적화되도록 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스를 수행한다. 실시예들에 따른 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 고정 상수의 적용 없이 변경 가능한 개선된 양자화 가중 값을 계산할 수 있다. 따라서 개선된 양자화 값 유도 프로세스는 포인트 클라우드 시스템에 따른 양자화 가중 값의 변화를 최소화하고, 시스템마다 고정 상수를

변경시키지 않는다. 또한 양자화 가중 값은 수식적으로 최적 값에 해당하여 기존 양자화 가중 값 대비 더 높은 성능 이득을 확보한다. 뿐만 아니라 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 각 포인트별 연산을 요구하지 않으므로 포인트 클라우드 수신 장치의 복잡도를 낮출 수 있다.

[384] 실시예들에 따른 양자화 가중 값 유도 프로세스는 포인트 클라우드 전송 장치 및 수신 장치에 포함된 하나 또는 그 이상의 메모리들에 저장된 프로그램 인스트럭션에 의해 수행될 수 있다. 실시예들에 따른 프로그램 인스트럭션은 포인트 클라우드 인코더 및/또는 디코더 (또는 프로세서)에 의해 실행되고, 포인트 클라우드 인코더 및/또는 디코더가 양자화 가중 값을 계산/유도하도록 한다.

[385] 실시예들에 따른 리프팅 변환은 양자화 가중 값과 어트리뷰트 값의 합을 나타내는 선형 함수로 표현된다. 아래의 수학식은 리프팅 변환을 나타내는 선형함수로서, 총 자원의 할당된 값에 최대 이익을 만족하기 위해 결정된 함수이다. 실시예들에 따른 자원은 포인트들의 어트리뷰트 값(어트리뷰트 값을 표현하는 전압)과 가중 값의 곱의 합을 의미한다.

[386] [수식4]

$$SumAttribute = \sum_{j=0}^N w_j a_j$$

[387] 파라미터 j 는 각 포인트의 인덱스이며, 0보다 크거나 같고 N 과 같다. 파라미터 N 은 예상되는 포인트 클라우드의 포인트들의 전체 개수를 나타낸다. 즉, N 은 포인트 클라우드 전송 장치가 전송하고자 하는 포인트들의 전체 개수에 대응한다. 파라미터 w_j 는 양자화 가중 값(또는 개선된 양자화 가중 값)으로서 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스에 의해 결정(또는 계산 또는 유도)된다. 파라미터 a_j 는 각 포인트의 어트리뷰트 값을 나타낸다. $SumAttribute$ 는 양자화 가중 값과 어트리뷰트 값의 합을 나타내며, N 개의 선형함수들의 곱셈 및 덧셈 형태이다.

[388] 포인트 클라우드 수신 장치는 $SumAttribute$ 의 값을 통해 해당 포인트의 밝기 및 색상 값 등을 확보할 수 있다. 상술한 리프팅 변환을 나타내는 함수가 최적화되는 조건은 다음의 수학식으로 표현된다.

[389] [수식5]

$$\begin{aligned} & \underset{w_1, w_2, \dots, w_N}{MAX} \sum_{j=0}^N w_j a_j \\ & \text{Subject to } \sum_{j=0}^N w_j \leq TotalPredictedCount \\ & w_j \geq 1, \text{ for } j = 1, \dots, N \end{aligned}$$

- [390] 위 수학식에 도식된 바와 같이, 리프팅 변환을 나타내는 함수의 최적화는 파라미터 w_j 에 대해서 적용되는 제약 조건(Constraint)에 의해 획득될 수 있다. 실시예들에 따른 w_j 는 1보다 크거나 같은 값을 갖는다. 또한 N 개의 w_j 값(j 는 0보다 크거나 같고 N 과 같다)의 합(또는 전체 가중 값)은 전체 예측되는 포인트들의 개수(TotalPredictedCount)보다 작거나 같다. 이는 양자화 가중 값이 무한대로 증가하는 것을 방지하고, 연산에 필요한 메모리 오버 플로우 문제를 방지하기 위해서이다. 또한 리프팅 변환 유도 수학식은 선형 형태 및 정수 스페이스(integer space)로 구성되므로 함수의 볼록함(Convexity)을 유지한다.
- [391] 위 수학식을 구성하는 임의로 정의된 함수 f_j 는 정수 및 소수의 곱셈 및 덧셈으로 이루어진다. 따라서 함수 f_j 는 볼록 함수(Convex function)로 표현되며, 함수 $-f_j$ 역시 필요 충분 조건에 의해 오목 함수(Concave function)으로 이루어진다. 만약 $w_1, w_2, \dots, w_N$ 의 값이 1보다 크거나 같으면 w_1 의 함수 f_1 , w_2 의 함수 $f_2, \dots, f_N$ 역시 볼록 함수이므로 두개 이상의 볼록 함수들의 결합은 볼록 함수의 형태를 갖는다. 실시예들에 따른 가중 값 (또는 가중 상수) w_j 의 값은 수정 또는 변경될 수 있으며, 최적화된 값을 갖는다. 또한 f_j 라는 함수가 볼록 함수들의 결합 또는 군집 형태라면, f_i , 즉 군집 함수 안의 군집 함수인 g 역시 볼록 함수로 구성된다. 따라서 LOD 그룹화된 가중 값들의 군집의 최적화 값을 얻을 수 있다. 실시예들에 따른 함수 g 는 최대값 및 최소 값을 갖는다.
- [392] 상술한 바와 같이 양자화 가중 값은 전체 예측되는 포인트들의 개수(TotalPredictedCount)에 의해 결정(계산 또는 유도)된다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 전송 장치 및 포인트 클라우드 수신 장치는 총 포인트들의 개수(예를 들면 Total Count)에 대한 정보를 전송/수신하는 경우, 실시예들에 따른 양자화 가중 값은 총 포인트들의 개수를 기반으로 결정되는 글로벌 최적화 값을 갖는다. 만약 포인트 클라우드 수신 장치가 전체 예측되는 포인트들의 개수(TotalPredictedCount)를 예측하는 경우, 실시예들에 따른 양자화 가중 값은 전체 예측되는 포인트들의 개수(TotalPredictedCount)를 기반으로 결정되는 로컬 최적화 값을 갖는다. 상술한 수학식들은 Karush-Kuhn-Tucker (KKT) Condition, Geometry/Non-geometry 기법, 그룹 기반의 전력 제약 조건(power constraints) 등 다양한 방법을 이용한다. 실수 공간에 존재하는 Lagrangeian Multiplier
- $$\lambda \in R$$
- 와 부등식 제약 조건(Inequality constraint) 및 최적 값을 나타내는
- $$w^* \geq 0$$
- 이 존재한다고 정의되어 있으므로 실시예들에 따른 포인트 클라우드 전송 장치 및 수신 장치는 양자화 가중 값을 계산하기 위한 제약 조건(condition, 예를 들면 제약 조건의 변경 등)을 생성하여 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스를 수행할 수 있다.

- [393] 도 22는 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스의 예시를 나타낸다.
- [394] 도 22는 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스를 나타내는 플로우 다이어그램이다. 플로우 다이어그램은 설명의 편의를 위해 하나 또는 그 이상의 단계들을 포함하고 있으나, 각 단계들은 동시에 또는 순차적으로 수행될 수 있다.
- [395] 실시예들에 따른 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 초기 가중 값(또는 초기 양자화 가중 값)을 정의한다(22100). 실시예들에 따른 초기 가중 값은 평균 송수신기 전력(average transceiver power)를 기반으로 결정된다. 즉, 초기 가중 값은 데이터 메모리 사이즈, 계산 복잡도 등을 고려하여 32 비트 및 64비트 수준의 평균 에너지 값 또는 전체 에너지 값을 기반으로 결정될 수 있다. 또한 모든 포인트 클라우드 데이터가 정규화된 경우, 초기 가중 값은 1로 결정된다.
- [396] 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 LOD별로 예측되는 포인트들의 개수(예를 들면 상술한 전체 예측되는 포인트들의 개수(TotalPredictedCount))를 재분류 또는 카운트(resort/count)한다(22200). 포인트는 지오메트리 포인트 또는 어트리뷰트 포인트를 의미한다. LOD별로 예측되는 포인트들의 개수는 디코드된 지오메트리로부터 확보될 수 있다. LOD별로 예측되는 포인트들의 개수는 파라미터로서 저장된다. 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 예측되는 포인트들의 개수를 카운트하지 않고 실제 포인트들의 개수(예를 들면 상술한 TotalCount)를 파라미터로서 저장할 수 있다.
- [397] 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 전체 제약 조건들(Total Constraints)을 계산한다(22300). 실시예들에 따른 제약 조건들은 가중 값 또는 가중 값의 합(예를 들면 수학식 8에서 설명한 w_j 의 합)에 적용된다. 실시예들에 따른 제약 조건은 LOD 별 누적된 총 LOD들의 포인트들의 개수, 일부 LOD의 포인트들의 개수, 부분집합에 속하는 포인트들의 개수, LOD의 그룹화에 따른 포인트들의 개수들을 포함할 수 있으며, 예시에 국한되지 않는다.
- [398] 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 계산된 제약 조건들을 기반으로 결정되는 가중 값 할당을 계산한다(22400). 즉, 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 제약 조건을 기반으로 자원을 각 LoD레벨 및 LoD 내 포인트에 맞추어 할당한다. 상술한 바와 같이 자원은 포인트 별 가중값을 곱한 어트리뷰트의 합이므로, 그 자원은 LoD 레벨 및 LoD 내 포인트에 맞추어 비례 분배된다.
- [399] 즉, 제약 조건들을 기반으로 총 포인트들의 개수를 가중 값에 따라 각 LOD 레벨에 맞추어 할당한다.
- [400] 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 가중 값의 업데이트를 수행한다(22500). 업데이트된 가중 값(또는 업데이트된 양자화 가중 값)은 할당된 가중 값으로 정의되거나, 초기 가중 값에 할당된 가중 값을 누적하거나 기존 업데이트된 가중 값의 일부를 수정, 결합하여 생성될 수 있으며, 최종 업데이트된 가중 값은 최적화 값을 갖는다.

- [401] 이하에서는 도 22에서 설명한 계산된 제약 조건들을 기반으로 결정되는 가중 값 할당을 계산하는 프로세스를 설명한다.
- [402] 상술한 바와 같이 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 전체 예측되는 포인트들의 개수(예를 들면 상술한 TotalPredictedCount)에 기반한다. 전체 예측되는 포인트들의 개수는 제한적이므로, 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 동일 또는 유사한 최적 값을 유도할 수 있다. 실시예들에 따른 최적 값은 전체 자원(전체 포인트들의 개수)에서의 해당 자원(해당 LOD의 누적된 포인트들의 개수)의 비율을 기반으로 계산된다.
- [403] LOD별 누적된 포인트들의 개수를 계산하는 프로세스는 포인트 클라우드 전송 장치 및 수신 장치에 포함된 하나 또는 그 이상의 메모리들에 저장된 프로그램 인스트럭션에 의해 수행된다. 실시예들에 따른 프로그램 인스트럭션은 포인트 클라우드 인코더 및/또는 디코더 (또는 프로세서)에 의해 실행되고, 포인트 클라우드 인코더 및/또는 디코더가 LOD별 누적된 포인트들의 개수를 계산하도록 한다. i 번째 최적화 값(개선된 양자화 가중 값)을 계산하는 프로세스는 다음과 같이 표현된다.
- [404]
- ```

for i = 0 < LoDCount{
 OptimalWeight[i] = numberOfPointsPerLOD[LodCount - 1]/numberOfPointsPerLOD[i];
}

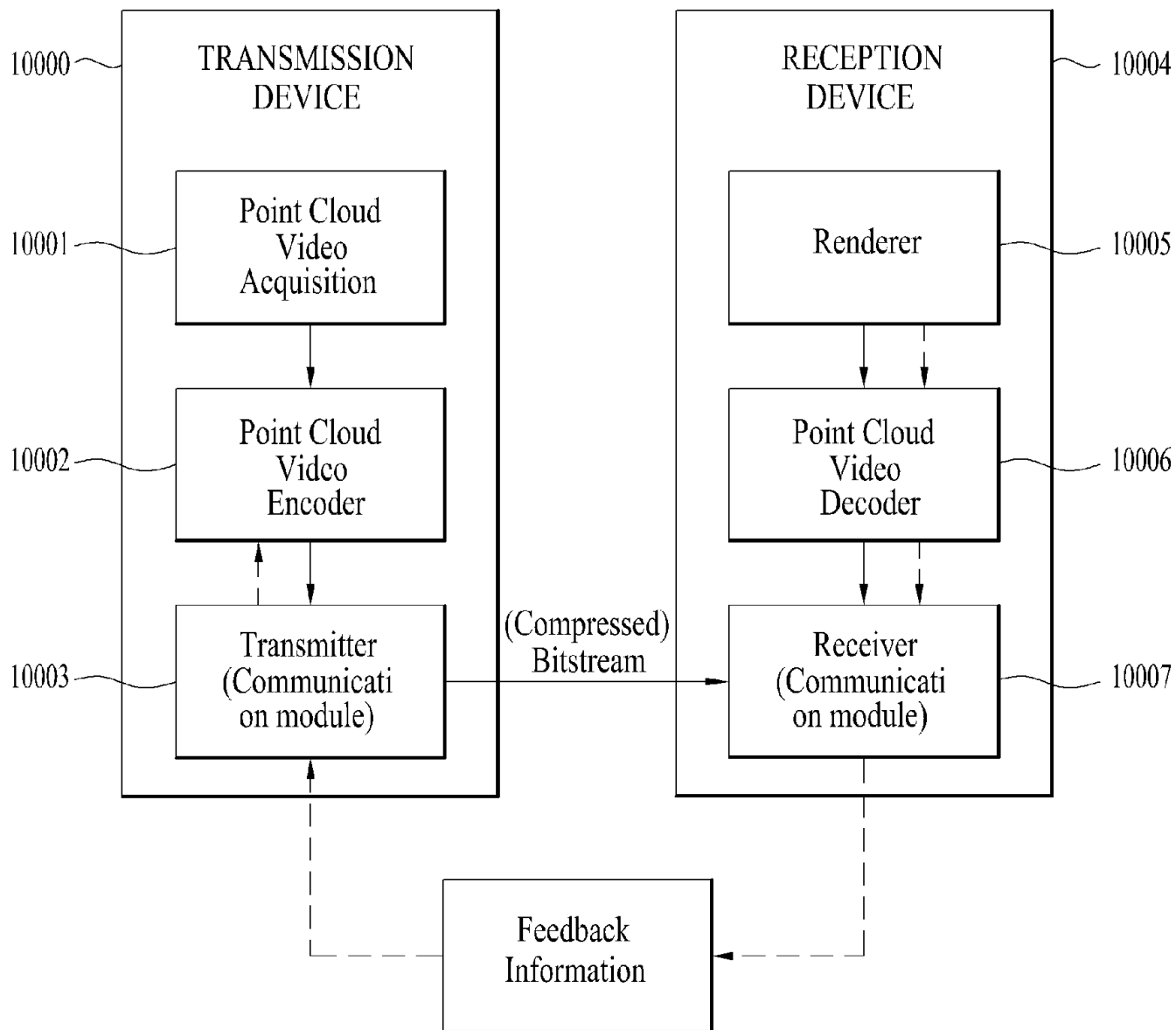
```
- [405] OptimalWeight[i]는  $i$ 번째 LOD의 최적화 값을 나타낸다. numberOfPointsPerLOD[LodCount-1]은 LoDCount가 나타내는 값보다 1 작은 값에 대응하는 LOD 레벨까지의 모든 포인트들의 개수이다. 즉, numberOfPointsPerLOD[LodCount-1]은  $i$ 값이 0인 레벨의 LOD부터  $i$  값이 LodCount-1인 레벨의 LOD까지, 각 LOD에 속한 포인트들의 개수의 총 합을 나타낸다(예를 들어 0번째 LOD의 포인트의 개수 1, 1번째 LOD의 포인트의 개수 7..LodCount-1번째 LOD의 포인트의 개수 XX까지의 총 합). 실시예들에 따른 numberOfPointsPerLOD[LodCount-1]은 인덱스 등의 형태로 저장될 수 있으며, 저장된 최대 인덱스의 값으로부터 확보될 수 있다.
- [406] 위와 같이  $i$ 번째 최적화 값은 제약 조건 및 Ratio[i]를 기반으로 생성된다. 실시예들에 따른 Ratio[i]는 포인트 클라우드 노이즈 에러와 같은 실제 환경에서 발생하는 총 에너지의 불규칙성에 따라 변경될 수 있다. 예를 numberOfpointsperLOD[i] 대신 numberOfpointsperLOD[i-1] 등이 사용되거나, numberOfpointsperLOD[i]의 일부를 그룹화 하여 변수값으로 처리할 수 있다. 실시예들에 따른 그룹화된 변수는  $i+1, i+2$ 와 같은 순차적인 변수 또는  $i, i+4, i+6$ 와 같이 비순차적 변수를 포함할 수 있다. 제약 조건인 numberOfPointsPerLOD[LodCount-1]은 numberOfPointsPerLOD[k]로 표현될 수 있으며,  $k$ 는  $i-1, i-2, \dots, 0$ , 또는  $i+1, i+2$ 의 값을 가진다. 또한 numberOfPointsPerLOD[k]의 일부는 그룹화되어 변수로서 처리될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에 따른 그룹화된 변수는  $k+1, k+2$ 와 같은 순차적 변수 또는  $k$ ,

$k+4$ ,  $k+6$ 과 같이 비순차적 값의 변수를 포함한다.  $i$ 변수와  $k$ 변수로 표현되는  $\text{numberOfPointsPerLOD}[i]$ 와  $\text{numberOfPointsPerLOD}[k]$ 는 특정 상수에 의하여 차감되거나 가감되거나 결합될 수 있다. 예를 들어  $i$ 와  $k$ 를 위한 임의의 두개의 상수  $\alpha$ ,  $\beta$ 에 의해  $\text{numberOfPointsPerLOD}[i](+ \text{ 또는 } -)\alpha$  또는  $\text{numberOfPointsPerLOD}[i](\times \text{ 또는 } /)\alpha$ 가 될 수 있으며  $\text{numberOfPointsPerLOD}[k](+ \text{ 또는 } -)\beta$  또는  $\text{numberOfPointsPerLOD}[k](\times \text{ 또는 } /)\beta$ 가 될 수 있다.

- [407] 동일한 어트리뷰트의 각 LOD 레벨의 포인트들에 대하여 서로 다른 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스가 적용될 수 있다. 예를 들어  $i=1$  인 경우, 최적화 값은  $\text{numberOfPointPerLOD}[\text{LoDCount}-1]/\text{numberOfPointsPerLoD}[i]$  을 통하여 유추되고  $i$ 가 1 보다 큰 경우 최적화 값은  $(\text{numberOfPointPerLOD}[\text{LoDCount}-1]-\text{numberOfPointsPerLoD}[i])/\text{numberOfPointsPerLoD}[i]$  을 통하여 유추될 수 있다.
- [408] 서로 다른 어트리뷰트의 LoD 레벨에 따른 포인트들에 대하여 서로 다른 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스가 적용될 수 있다. 따라서 어트리뷰트가 반사율인 경우의 LOD 레벨에 따른 양자화 가중 값과 어트리뷰트가 색상인 경우의 LOD 레벨에 따른 양자화 가중 값은 서로 다른 최적화 값을 갖는다.
- [409] 동일한 어트리뷰트 내의 각 서브 컴포넌트들(예를 들면 luma, chroma 등)의 LoD 레벨에 따른 포인트들에 대하여 서로 다른 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스가 적용될 수 있다. 따라서 어트리뷰트가 색상(YCbCr)인 경우, 서브 컴포넌트 Y(luma)의 양자화 가중 값과 서브 컴포넌트 Cb, Cr(chroma)의 양자화 가중 값은 서로 다른 최적화 값을 갖는다.
- [410] 도 23는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코딩을 나타내는 플로우 다이어그램이다.
- [411] 도 1 내지 도 22에서 설명한 포인트 클라우드 전송 장치 또는 포인트 클라우드 인코더는 도 21에서 설명한 공간적 확장성 디코딩을 지원하기 위한 어트리뷰트 인코딩을 수행할 수 있다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 인코딩은 RAHT 코딩, 예측 변환 코딩, 리프팅 변환 코딩 중 적어도 어느 하나 이상을 포함한다. 공간적 확장성 디코딩을 지원하기 위한 리프팅 변환 코딩은 도 21 내지 도 22에서 설명한 개선된 양자화 가중 값 계산 프로세스를 수행한다.
- [412] 도 23에 도시된 바와 같이 포인트 클라우드 인코더는 어트리뷰트를 입력 받는다(23100). 실시예들에 따른 어트리뷰트는 색상, 반사율 등을 포함한다.
- [413] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 어트리뷰트의 종류에 따라 어트리뷰트 인코딩을 수행한다(23200, 23210). 도면에 도시된 바와 같이 포인트 클라우드 인코더는 어트리뷰트가 색상인 경우와 어트리뷰트가 반사율인 경우, 각각 독립적으로 인코딩을 수행한다. 두 개의 어트리뷰트 인코딩 동작은 동시에 또는 순차적으로 수행될 수 있다. 어트리뷰트 인코딩은 LOD 기반의 리프팅 변환을 수행한다(예를 들면 도 15의 1530 단계). 상술한 바와 같이 포인트 클라우드 처리 장치는 가장 높은 레벨의 LOD부터 가장 낮은 레벨의 LOD

방향으로 리프팅 변환 코딩을 수행한다.

- [414] 상술한 바와 같이 포인트 클라우드 인코딩은 공간적 확장성 디코딩(spatial scalability decoding)을 지원할 수 있다(23300, 23310). 실시예들에 따른 공간적 확장성 디코딩은 포인트 클라우드 수신 장치(예를 들면 도 1의 수신 장치(10004), 도 10 및 도 11의 포인트 클라우드 디코더, 도 13의 수신 장치)의 디코딩 성능에 따라 다양한 해상도(레졸루션, resolution)의 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있도록 지오메트리 및/또는 어트리뷰트 일부 또는 전체에 대해서 수행하는 디코딩이다. 공간적 확장성을 통해 포인트 클라우드 수신 장치(또는 디코더)는 적은 디코더의 복잡도 및/또는 적은 대역폭을 갖는 썸네일과 같은 저해상도의 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있다. 포인트 클라우드 처리 장치는 공간적 확장성 디코딩을 지원하는 경우, 도 17에서 설명한 비트스트림에 포함된 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)를 통해 공간적 확장성 디코딩을 위한 정보를 전송한다. 상술한 바와 같이 비트스트림(예를 들면 도 17의 비트스트림)의 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)는 시퀀스 레벨 또는 슬라이스 레벨에서 공간적 확장성 디코딩(또는 리프팅 변환)과 관련된 확장성 (상기 일부 옥트리 구조를 기반으로 상기 어트리뷰트의 디코딩이 가능한지 여부를 나타내는 확장성 (scalability) 정보(예를 들면 scalable\_lifting\_enabled\_flag, 또는 lifting\_scalability\_enabled\_flag)를 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이 어트리뷰트 디코딩은 디코드된 지오메트리 옥트리 구조를 기반으로 수행된다. 공간적 확장성 디코딩(또는 리프팅 변환)과 관련된 정보는 파셜 어트리뷰트를 디코딩하기 위하여 전체 옥트리 구조가 필요한지 또는 일부 옥트리 구조가 필요한지 여부를 나타낸다. 따라서 포인트 클라우드 수신 장치는 비트스트림의 시그널링 정보를 확보하고, 공간적 확장성 디코딩과 관련된 정보에 따라 지오메트리의 디코딩 결과인 전체 옥트리 구조 또는 파셜 옥트리 구조를 기반으로 스케일러블 어트리뷰트 디코딩을 수행한다.
- [415] 만약 파셜 옥트리 구조를 기반으로 수행되는 공간적 확장성 디코딩(예를 들면 리프팅 변환 코딩)을 지원하는 경우, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 인코더는 도 21 내지 도 23에서 설명한 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스로 양자화 가중 값을 계산한다(23400, 23410). 개선된 양자화 가중 값 유도 프로세스는 도 21 내지 도 22의 설명한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 수신 장치(또는 포인트 클라우드 디코더)는 포인트 클라우드 처리 장치와 동일하게 양자화 가중 값을 계산하여 역양자화(inverse quantization)를 수행할 수 있다.
- [416] 포인트 클라우드 인코더는 색상 어트리뷰트 및 반사율 어트리뷰트를 압축한다(23500, 23520).
- [417] 도 23에 도시된 포인트 클라우드 인코딩은 포인트 클라우드 전송 장치 및 수신 장치에 포함된 하나 또는 그 이상의 메모리들에 저장된 프로그램 인스트럭션에 의해 수행될 수 있다. 실시예들에 따른 프로그램 인스트럭션은 포인트 클라우드



이상의 LOD들을 기반으로 어트리뷰트에 대해 리프팅 변환 코딩을 수행하고, 양자화 가중 값을 기반으로 리프팅 변환 코드된 어트리뷰트를 양자화 한다. 실시예들에 따른 양자화 가중 값은 지오메트리의 일부 옥트리 구조를 기반으로 인코드된 어트리뷰트를 디코드하기 위해 사용된다. 즉, 도 1 내지 도 23에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 전송 장치는 공간적 확장성 디코딩(spatial scalability decoding)을 지원한다. 실시예들에 따른 공간적 확장성 디코딩은 포인트 클라우드 수신 장치(예를 들면 도 1의 수신 장치(10004), 도 10 및 도 11의 포인트 클라우드 디코더, 도 13의 수신 장치)의 디코딩 성능에 따라 다양한 해상도(레졸루션, resolution)의 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있도록 지오메트리 및/또는 어트리뷰트 일부 또는 전체에 대해서 수행하는 디코딩이다.

- [424]   포인트 클라우드 데이터 전송 장치는 인코드된 포인트 클라우드 데이터를 포함하는 비트스트림(예를 들면 도 17에서 설명한 비트스트림)을 전송한다(2420).
- [425]   따라서 실시예들에 따른 비트스트림(예를 들면 도 17)은 일부 옥트리 구조를 기반으로 인코드된 어트리뷰트의 디코딩이 가능한지 여부를 나타내는 확장성 정보(예를 들면 `scalable_lifting_enabled_flag`, 또는 `lifting_scalability_enabled_flag`)를 포함한다. 도 20 내지 도 23에서 설명한 바와 같이 도 17에서 설명한 비트스트림에 포함된 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)를 통해 공간적 확장성 디코딩을 위한 정보를 전송한다. 상술한 바와 같이 비트스트림(예를 들면 도 17의 비트스트림)의 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)는 시퀀스 레벨 또는 슬라이스 레벨에서 일부 옥트리 구조를 기반으로 인코드된 어트리뷰트의 디코딩이 가능한지 여부를 나타내는 시그널링 정보를 포함할 수 있다. 수신기는 이러한 정보를 확보하고 공간적 확장성 디코딩을 수행할 수 있다. 포인트 클라우드 데이터 송신 장치의 동작은 도 1 내지 도 23에서 설명한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [426]   도 25는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 처리 방법의 플로우 다이어그램이다.
- [427]   도 25의 플로우 다이어그램(2500)은 도 1 내지 도 23에서 설명한 포인트 클라우드 데이터 수신 장치(예를 들면 예를 들면 수신 장치(10004) 또는 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006))의 포인트 클라우드 데이터 처리 방법을 나타낸다.
- [428]   포인트 클라우드 데이터 수신 장치(예를 들면 도 1의 receiver, 도 13의 수신부 등 수신기)는 포인트 클라우드 데이터를 포함하는 비트스트림을 수신한다(2510). 실시예들에 따른 비트스트림은 포인트 클라우드 데이터를 디코드하기 위해 필요한 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)를 포함한다. 도 20 내지 도 23에서 설명한 바와 같이 도 17에서 설명한 비트스트림에 포함된 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)를

통해 공간적 확장성 디코딩을 위한 정보를 전송한다. 상술한 바와 같이 비트스트림의 시그널링 정보(예를 들면 SPS, APS, 어트리뷰트 헤더 등)는 시퀀스 레벨 또는 슬라이스 레벨에서 공간적 확장성 디코딩(또는 리프팅 변환)과 관련된 정보를 포함할 수 있다.

- [429] 포인트 클라우드 데이터 수신 장치(예를 들면 도 10의 디코더)는 시그널링 정보를 기반으로 포인트 클라우드 데이터를 디코딩한다(2520). 포인트 클라우드 데이터 수신 장치(예를 들면 도 10의 지오메트리 디코더)는 포인트 클라우드 데이터에 포함된 지오메트리를 디코딩한다. 실시예들에 따른 지오메트리는 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 포지션들을 나타내는 정보이다. 포인트 클라우드 데이터 수신 장치(예를 들면 도 10의 어트리뷰트 디코더)는 디코드된 지오메트리의 전체 또는 일부(파셜, partial) 옥트리 구조를 기반으로 포인트들의 색상 및 반사율 중 적어도 하나 이상을 포함하는 어트리뷰트를 디코딩한다. 어트리뷰트는 하나 또는 그 이상의 LOD(Level Of Detail)들의 각 LOD에 포함되는 포인트에 대한 양자화 가중 값(또는 개선된 양자화 가중 값)을 기반으로 디코드된다. 양자화 가중 값은 포인트들의 개수와 해당 LOD가 나타내는 레벨(l)까지 속하는 포인트들의 개수를 기반으로 결정된다.
- [430] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터를 디코딩하기 위해 필요한 시그널링 정보는 일부 옥트리 구조를 기반으로 어트리뷰트의 디코딩이 가능한지 여부를 나타내는 확장성 정보(예를 들면 `scalable_lifting_enabled_flag`, 또는 `lifting_scalability_enabled_flag`)를 더 포함한다. 확장성 정보가 일부 옥트리 구조를 기반으로 어트리뷰트의 디코딩이 가능하다고 나타내면 양자화 가중 값은 0번째 LOD부터 마지막 LOD까지 각 LOD에 포함된 각 포인트마다 결정된다. 양자화 가중 값 계산 프로세스는 도 21 내지 도 23에서 설명한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [431] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 수신 장치는 포인트들을 재정렬하여 하나 또는 그 이상의 LOD들을 생성하고, 하나 또는 그 이상의 LOD들을 기반으로 어트리뷰트에 대해 리프팅 변환 디코딩하고, 양자화 가중 값을 기반으로 리프팅 변환 디코드된 어트리뷰트를 역양자화한다. 도 22에서 설명한 바와 같이 양자화 가중 값은 포인트 클라우드 수신 장치에 포함된 메모리에 저장된 양자화 가중 값을 계산하기 위한 프로그램 인스트럭션을 실행하여 결정된다. 포인트 클라우드 데이터 수신 장치의 포인트 클라우드 데이터 처리 동작은 도 1 내지 도 23에서 설명한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [432] 도 1 내지 도 25에서 설명한 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 처리 장치의 구성요소들은 메모리와 결합된 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 포함하는 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 결합으로 구현될 수 있다. 실시예들에 따른 디바이스의 구성요소들은 하나의 칩, 예를 들면 하나의 하드웨어 서킷으로 구현될 수 있다. 또한 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 처리 장치의 구성요소들은 각각 별도의 칩들로 구현될 수 있다. 또한

실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 처리 장치의 구성요소들은 중 적어도 하나 이상은 하나 또는 그 이상의 프로그램들을 실행 할 수 있는 하나 또는 그 이상의 프로세서들로 구성될 수 있으며, 하나 또는 그 이상의 프로그램들은 도 1 내지 도 25에서 설명한 포인트 클라우드 데이터 처리 장치의 동작/방법들 중 어느 하나 또는 그 이상의 동작들을 수행시키거나, 수행하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수 있다.

- [433] 설명의 편의를 위하여 각 도면을 나누어 설명하였으나, 각 도면에 서술되어 있는 실시예들을 병합하여 새로운 실시예를 구현하도록 설계하는 것도 가능하다. 그리고, 통상의 기술자의 필요에 따라, 이전에 설명된 실시예들을 실행하기 위한 프로그램이 기록되어 있는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체를 설계하는 것도 실시예들의 권리범위에 속한다. 실시예들에 따른 장치 및 방법은 상술한 바와 같이 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다. 실시예들의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 실시예들은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 실시예들의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 실시예들의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해해서는 안 될 것이다.
- [434] 실시예들에 따른 장치 및 방법에 대한 설명은 서로 보완하여 적용될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 전송 방법은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 전송 장치 또는 포인트 클라우드 데이터 전송 장치에 포함된 구성요소들에 의해 수행될 수 있다. 또한 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 수신 방법은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 또는 포인트 클라우드 데이터 수신 장치에 포함된 구성요소들에 의해 수행될 수 있다.
- [435] 실시예들에 따른 장치의 다양한 구성요소들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 그것들의 조합에 의해 구성될 수 있다. 실시예들의 다양한 구성요소들은 하나의 칩, 예를 들면 하나의 하드웨어 서킷으로 구현될 수 있다 실시예들에 따라, 실시예들에 따른 구성요소들은 각각 별도의 칩들로 구현될 수 있다. 실시예들에 따라, 실시예들에 따른 장치의 구성요소들 중 적어도 하나 이상은 하나 또는 그 이상의 프로그램들을 실행 할 수 있는 하나 또는 그 이상의 프로세서들로 구성될 수 있으며, 하나 또는 그 이상의 프로그램들은 실시예들에 따른 동작/방법들 중 어느 하나 또는 그 이상의 동작/방법들을 수행시키거나, 수행시키기 위한 인스트럭션들을 포함할 수 있다. 실시예들에 따른 장치의 방법/동작들을 수행하기 위한 실행 가능한 인스트럭션들은 하나 또는 그 이상의 프로세서들에 의해 실행되기 위해 구성된 일시적이지 않은 CRM 또는 다른 컴퓨터 프로그램 제품들에 저장될 수 있거나, 하나 또는 그 이상의 프로세서들에

의해 실행되기 위해 구성된 일시적인 CRM 또는 다른 컴퓨터 프로그램 제품들에 저장될 수 있다. 또한 실시예들에 따른 메모리는 휘발성 메모리(예를 들면 RAM 등)뿐 만 아니라 비휘발성 메모리, 플래쉬 메모리, PROM등을 전부 포함하는 개념으로 사용될 수 있다. 또한, 인터넷을 통한 전송 등과 같은 캐리어 웨이브의 형태로 구현되는 것도 포함될 수 있다. 또한, 프로세서가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 프로세서가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

- [436] 이 문서에서 “/”와 “,”는 “및/또는”으로 해석된다. 예를 들어, “A/B”는 “A 및/또는 B”로 해석되고, “A, B”는 “A 및/또는 B”로 해석된다. 추가적으로, “A/B/C”는 “A, B 및/또는 C 중 적어도 하나”를 의미한다. 또한, “A, B, C”도 “A, B 및/또는 C 중 적어도 하나”를 의미한다. 추가적으로, 이 문서에서 “또는”는 “및/또는”으로 해석된다. 예를 들어, “A 또는 B”은, 1) “A”만을 의미하거나, 2) “B”만을 의미하거나, 3) “A 및 B”를 의미할 수 있다. 달리 표현하면, 본 문서의 “또는”은 “추가적으로 또는 대체적으로( additionally or alternatively)”를 의미할 수 있다.
- [437] 제1, 제2 등과 같은 용어는 실시예들의 다양한 구성요소들을 설명하기 위해 사용될 수 있다. 하지만 실시예들에 따른 다양한 구성요소들은 위 용어들에 의해 해석이 제한되어서는 안된다. 이러한 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위해 사용되는 것에 불과하다. 것에 불과하다. 예를 들어, 제1 사용자 인풋 시그널은 제2사용자 인풋 시그널로 지칭될 수 있다. 이와 유사하게, 제2사용자 인풋 시그널은 제1사용자 인풋시그널로 지칭될 수 있다. 이러한 용어의 사용은 다양한 실시예들의 범위 내에서 벗어나지 않는 것으로 해석되어야만 한다. 제1사용자 인풋 시그널 및 제2사용자 인풋 시그널은 모두 사용자 인풋 시그널들이지만, 문맥 상 명확하게 나타내지 않는 한 동일한 사용자 인풋 시그널들을 의미하지 않는다.
- [438] 실시예들을 설명하기 위해 사용된 용어는 특정 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 사용되고, 실시예들을 제한하기 위해서 의도되지 않는다. 실시예들의 설명 및 청구항에서 사용된 바와 같이, 문맥 상 명확하게 지칭하지 않는 한 단수는 복수를 포함하는 것으로 의도된다. 및/또는 표현은 용어 간의 모든 가능한 결합을 포함하는 의미로 사용된다. 포함한다 표현은 특징들, 수들, 단계들, 엘리먼트들, 및/또는 컴포넌트들이 존재하는 것을 설명하고, 추가적인 특징들, 수들, 단계들, 엘리먼트들, 및/또는 컴포넌트들을 포함하지 않는 것을 의미하지 않는다. 실시예들을 설명하기 위해 사용되는, ~인 경우, ~때 등의 조건 표현은 선택적인 경우로만 제한 해석되지 않는다. 특정 조건을 만족하는 때, 특정 조건에 대응하여 관련 동작을 수행하거나, 관련 정의가 해석되도록 의도되었다.

**발명의 실시를 위한 형태**

[439] 발명의 실시를 위한 최선의 형태에서 구체적으로 설명되었다.

**산업상 이용가능성**

[440] 본 발명의 사상이나 범위를 벗어나지 않고 본 발명에서 다양한 변경 및 변형이 가능함은 당업자에게 자명하다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구항 및 그 동등 범위 내에서 제공되는 본 발명의 변경 및 변형을 포함하는 것으로 의도된다.