

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2021년 7월 15일 (15.07.2021)



(10) 국제공개번호
WO 2021/141352 A2

(51) 국제특허분류:
G06T 9/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2021/000071

(22) 국제출원일: 2021년 1월 5일 (05.01.2021)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
62/958,264 2020년 1월 7일 (07.01.2020) US
10-2020-0005544 2020년 1월 15일 (15.01.2020) KR

(71) 출원인: 엘지전자 주식회사 (**LG ELECTRONICS INC.**) [KR/KR]; 07336 서울시 영등포구 여의대로 128, Seoul (KR).

(72) 발명자: 허혜정 (**HURK, Hyejung**); 06772 서울시 서초구 양재대로 11길 19 LG전자 특허센터, Seoul (KR). 오세진 (**OH, Sejin**); 06772 서울시 서초구 양재대로 11길 19 LG전자 특허센터, Seoul (KR).

(74) 대리인: 특허법인(유한)케이비케이 (**KBK & ASSOCIATES**); 05556 서울시 송파구 올림픽로 82 (잠실현대빌딩 7층), Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,

KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

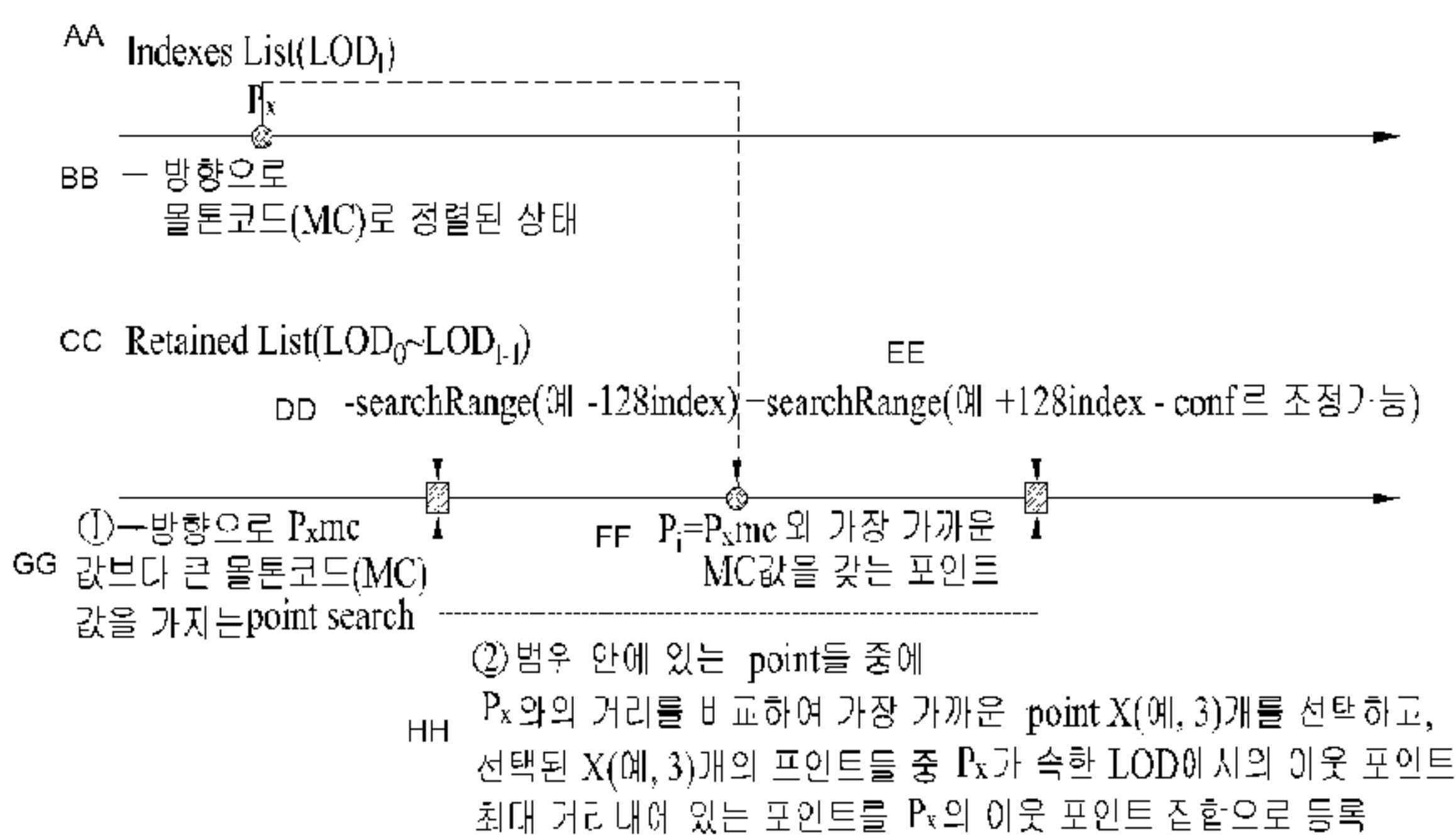
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: POINT CLOUD DATA TRANSMISSION DEVICE, POINT CLOUD DATA TRANSMISSION METHOD, POINT CLOUD DATA RECEPTION DEVICE AND POINT CLOUD DATA RECEPTION METHOD

(54) 발명의 명칭: 포인트 클라우드 데이터 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 및 포인트 클라우드 데이터 수신 방법



AA ... Indexes List
BB ... Aligned state using Morton code (MC) in → direction
CC ... Retained List
DD ... -searchRange (for example, -128index)
EE ... +searchRange (for example, adjustable to +128index - conf)
FF ... Point having MC value that is closest to P_i=P_{mc}
GG ... ①point search having Morton code (MC) value greater than P_{mc} value in → direction
HH ... ②Select X number (for example, three) of closest points, from among points within range, by comparing distance to P_x, and register, as neighboring point set of P_x, point within neighboring point maximum distance in LOD to which P_x belongs, from among selected X number (for example, three) of points

(57) Abstract: A point cloud data transmission method according to embodiments can comprise the steps of: acquiring point cloud data; encoding geometry information including positions of points of the point cloud data; generating one or more level of details (LODs) on the basis of the geometry information, and selecting one or more neighboring points of each point to be attribute-encoded on the basis of the one or more LODs; encoding attribute information about each point on the basis of the selected one or more neighboring points of each point; and transmitting the encoded geometry information, the encoded attribute information, and signaling information.

(57) 요약서: 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 전송 방법은, 포인트 클라우드 데이터를 획득하는 단계, 상기 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 위치들을 포함하는 지오메트리 정보를 인코딩하는 단계, 상기 지오메트리 정보를 기반으로 하나 이상의 레벨 오브 디테일(LOD)들을 생성하고, 상기 하나 이상의 LOD들을 기반으로 어트리뷰트 인코딩될 각 포인트의 하나 이상의 이웃 포인트들을 선택하는 단계, 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들을 기반으로 각 포인트의 어트리뷰트 정보를 인코딩하는 단계, 및 상기 인코딩된 지오메트리 정보, 상기 인코딩된 어트리뷰트 정보, 및 시그널링 정보를 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

WO 2021/141352 A2

명세서

발명의 명칭: 포인트 클라우드 데이터 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 및 포인트 클라우드 데이터 수신 방법

기술분야

- [1] 실시예들은 포인트 클라우드 콘텐츠(Point Cloud Content)를 처리하는 방법 및 장치에 대한 것이다.

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), XR (Extended Reality), 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] 실시예들에 따른 기술적 과제는, 전술한 문제점 등을 해결하기 위해서, 포인트 클라우드를 효율적으로 송수신하기 위한 포인트 클라우드 데이터 전송 장치, 전송 방법, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 및 수신 방법을 제공하는데 있다.
- [4] 실시예들에 따른 기술적 과제는, 지연시간(latency) 및 인코딩/디코딩 복잡도를 해결하기 위한 포인트 클라우드 데이터 전송 장치, 전송 방법, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 및 수신 방법을 제공하는데 있다.
- [5] 실시예들에 따른 기술적 과제는, 지오메트리 기반의 포인트 클라우드 압축(Geometry-based point cloud compression, G-PCC)의 어트리뷰트 정보(attribute)의 인코딩 기술을 개선하여 포인트 클라우드의 압축 성능 향상시키는 포인트 클라우드 데이터 전송 장치, 전송 방법, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 및 수신 방법을 제공하는데 있다.
- [6] 실시예들에 따른 기술적 과제는, G-PCC의 어트리뷰트 정보의 병렬 처리를 지원하면서 압축 효율을 높이기 위한 포인트 클라우드 데이터 전송 장치, 전송 방법, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 및 수신 방법을 제공하는데 있다.
- [7] 실시예들에 따른 기술적 과제는, G-PCC의 어트리뷰트 정보의 인코딩시 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들간의 어트리뷰트 연관성을 고려하여 어트리뷰트 예측에 사용되는 이웃 포인트들을 선택하도록 함으로써, 어트리뷰트

비트스트림의 사이즈를 줄이고 어트리뷰트 압축 효율을 높일 수 있도록 하는 포인트 클라우드 데이터 전송 장치, 전송 방법, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 및 수신 방법을 제공하는데 있다.

- [8] 실시예들에 따른 기술적 과제는, G-PCC의 어트리뷰트 정보의 인코딩시 이웃 포인트 최대 거리를 적용하여 어트리뷰트 예측에 사용되는 이웃 포인트들을 선택하도록 함으로써, 어트리뷰트 비트스트림의 사이즈를 줄이고 어트리뷰트 압축 효율을 높일 수 있도록 하는 포인트 클라우드 데이터 전송 장치, 전송 방법, 포인트 클라우드 데이터 수신 장치 및 수신 방법을 제공하는데 있다.

- [9] 다만, 전술한 기술적 과제만으로 제한되는 것은 아니고, 본 문서 전체 내용에 기초하여 당업자가 유추할 수 있는 다른 기술적 과제로 실시예들의 권리범위가 확장될 수 있다.

기술적 해결방법

- [10] 상술한 목적 및 다른 이점을 달성하기 위해서 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법은 포인트 클라우드 데이터를 획득하는 단계, 상기 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 위치선들을 포함하는 지오메트리 정보를 인코딩하는 단계, 상기 지오메트리 정보를 기반으로 하나 이상의 레벨 오브 디테일(LOD)들을 생성하고, 상기 하나 이상의 LOD들을 기반으로 어트리뷰트 인코딩될 각 포인트의 하나 이상의 이웃 포인트들을 선택하는 단계, 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들을 기반으로 각 포인트의 어트리뷰트 정보를 인코딩하는 단계, 및 상기 인코딩된 지오메트리 정보, 상기 인코딩된 어트리뷰트 정보, 및 시그널링 정보를 전송하는 단계를 포함할 수 있다.
- [11] 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들은 이웃 포인트 최대 거리 내에 위치하는 것을 일 실시예로 한다.
- [12] 상기 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트 기본 거리와 이웃 포인트 최대 범위를 기반으로 결정되는 것을 일 실시예로 한다.
- [13] 상기 하나 이상의 LOD들이 옥트리 기반으로 생성되면, 상기 이웃 포인트 기본 거리는 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리를 기반으로 결정되는 것을 일 실시예로 한다.
- [14] 상기 이웃 포인트 최대 범위는 각 포인트의 주변 노드들의 개수이며, 상기 시그널링 정보에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.
- [15] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 송신 장치는, 포인트 클라우드 데이터를 획득하는 획득부, 상기 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 위치선들을 포함하는 지오메트리 정보를 인코딩하는 지오메트리 인코더, 상기 지오메트리 정보를 기반으로 하나 이상의 레벨 오브 디테일(LOD)들을 생성하고, 상기 하나 이상의 LOD들을 기반으로 어트리뷰트 인코딩될 각 포인트의 하나 이상의 이웃 포인트들을 선택하며, 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들을 기반으로 각 포인트의 어트리뷰트 정보를 인코딩하는 어트리뷰트 인코더, 및

상기 인코드된 지오메트리 정보, 상기 인코드된 어트리뷰트 정보, 및 시그널링 정보를 전송하는 전송부를 포함할 수 있다.

- [16] 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들은 이웃 포인트 최대 거리 내에 위치하는 것을 일 실시예로 한다.
- [17] 상기 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트 기본 거리와 이웃 포인트 최대 범위를 기반으로 결정되는 것을 일 실시예로 한다.
- [18] 상기 하나 이상의 LOD들이 옥트리 기반으로 생성되면, 상기 이웃 포인트 기본 거리는 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리를 기반으로 결정되는 것을 일 실시예로 한다.
- [19] 상기 이웃 포인트 최대 범위는 각 포인트의 주변 노드들의 개수이며, 상기 시그널링 정보에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.
- [20] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 수신 장치는, 지오메트리 정보, 어트리뷰트 정보, 및 시그널링 정보를 수신하는 수신부, 상기 시그널링 정보를 기반으로 상기 지오메트리 정보를 디코딩하는 지오메트리 디코더, 상기 지오메트리 정보를 기반으로 하나 이상의 레벨 오브 디테일(LOD)들을 생성하고, 상기 하나 이상의 LOD들을 기반으로 어트리뷰트 디코드될 각 포인트의 하나 이상의 이웃 포인트들을 선택하며, 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들과 상기 시그널링 정보를 기반으로 각 포인트의 어트리뷰트 정보를 디코딩하는 어트리뷰트 디코더, 및 상기 디코드된 지오메트리 정보와 상기 디코드된 어트리뷰트 정보를 기반으로 복원된 포인트 클라우드 데이터를 렌더링하는 렌더러를 포함할 수 있다.
- [21] 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들은 이웃 포인트 최대 거리 내에 위치하는 것을 일 실시예로 한다.
- [22] 상기 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트 기본 거리와 이웃 포인트 최대 범위를 기반으로 결정되는 것을 일 실시예로 한다.
- [23] 상기 하나 이상의 LOD들이 옥트리 기반으로 생성되면, 상기 이웃 포인트 기본 거리는 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리를 기반으로 결정되는 것을 일 실시예로 한다.
- [24] 상기 이웃 포인트 최대 범위는 각 포인트의 주변 노드들의 개수이며, 상기 시그널링 정보에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.

발명의 효과

- [25] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 수신 방법, 수신 장치는 퀄리티 있는 포인트 클라우드 서비스를 제공할 수 있다.
- [26] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 수신 방법, 수신 장치는 다양한 비디오 코덱 방식을 달성할 수 있다.

- [27] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 수신 방법, 수신 장치는 자율주행 서비스 등 범용적인 포인트 클라우드 콘텐츠를 제공할 수 있다.
- [28] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 수신 방법, 수신 장치는 포인트 클라우드 데이터의 독립적 인코딩 및 디코딩을 위해 포인트 클라우드 데이터의 공간 적응적 분할을 수행함으로써, 병렬 처리의 향상 및 스케일러비티(scalability)를 제공할 수 있다.
- [29] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 수신 방법, 수신 장치는 포인트 클라우드 데이터를 타일 및/또는 슬라이스 단위로 공간 분할하여 인코딩 및 디코딩을 수행하고 이를 위해 필요한 데이터를 시그널링함으로써 포인트 클라우드의 인코딩 및 디코딩 성능을 향상시킬 수 있다.
- [30] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 수신 방법, 수신 장치는 G-PCC의 어트리뷰트 정보의 인코딩시 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들간의 어트리뷰트 연관성을 고려하여 어트리뷰트 예측에 사용되는 이웃 포인트들을 선택하도록 함으로써, 어트리뷰트 비트스트림의 크기를 줄이고 어트리뷰트 압축 효율을 높일 수 있다.
- [31] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법, 송신 장치, 포인트 클라우드 데이터 수신 방법, 수신 장치는 G-PCC의 어트리뷰트 정보의 인코딩시 이웃 포인트 최대 범위를 적용하여 어트리뷰트 예측에 사용되는 이웃 포인트들을 선택하도록 함으로써, 어트리뷰트 비트스트림의 크기를 줄이고 어트리뷰트 압축 효율을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [32] 도면은 실시예들을 더욱 이해하기 위해서 포함되며, 도면은 실시예들에 관련된 설명과 함께 실시예들을 나타낸다.
- [33] 도 1은 실시예들에 따른 포인트 클라우드(Point Cloud) 콘텐츠 제공을 위한 시스템을 나타낸다.
- [34] 도 2는 실시예들에 따른 Point Cloud 콘텐츠 제공을 위한 과정을 나타낸다.
- [35] 도 3은 실시예들에 따른 Point Cloud 캡처 장비 배열 구성을 나타낸다.
- [36] 도 4는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더(Point Cloud Video Encoder)를 나타낸다.
- [37] 도 5는 실시예들에 따른 3차원 공간상의 복셀을 나타낸다.
- [38] 도 6은 실시예들에 따른 옥트리와 occupancy 코드의 예시를 나타낸다.
- [39] 도 7은 실시예들에 따른 이웃 노드 패턴의 예시를 나타낸다.
- [40] 도 8은 실시예들에 따른 LOD별 Point Cloud 콘텐츠의 Point 구성의 예시를 나타낸다.
- [41] 도 9는 실시예들에 따른 LOD별 Point Cloud 콘텐츠의 Point 구성의 예시를

나타낸다.

[42] 도 10은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 디코더(Point Cloud Video Decoder)의 블록 다이어그램(block diagram) 예시를 나타낸다.

[43] 도 11은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 디코더(Point Cloud Video Decoder)의 예시를 나타낸다.

[44] 도 12는 실시예들에 따른 송신기의 Point Cloud 비디오 인코딩을 위한 구성요소를 나타낸다.

[45] 도 13은 실시예들에 따른 수신기의 Point Cloud 비디오 디코딩을 위한 구성요소를 나타낸다.

[46] 도 14는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 방법/장치와 연동 가능한 구조의 예시를 나타낸다.

[47] 도 15는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 송신 장치의 또 다른 예시를 보인 도면이다.

[48] 도 16의 (a) 내지 도 16의 (c)는 바운딩 박스를 하나 이상의 타일들로 분할하는 일 실시예를 보이고 있다.

[49] 도 17은 실시예들에 따른 지오메트리 인코더와 어트리뷰트 인코더의 또 다른 예시를 보인 상세 블록도이다.

[50] 도 18은 실시예들에 따른 옥트리 기반으로 LOD들을 생성하는 예시를 보인 도면이다.

[51] 도 19는 실시예들에 따른 포인트 클라우드의 포인트들을 몰톤 코드 순서로 정렬하는 예시를 보인 도면이다.

[52] 도 20은 실시예들에 따른 LOD 기반으로 이웃 포인트들을 서치하는 예시를 보인 도면이다.

[53] 도 21의 (a)와 도 21의 (b)는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠의 예시들을 보인 도면이다.

[54] 도 22의 (a)와 도 22의 (b)는 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합에 속한 포인트들 각각의 평균 거리, 최소 거리, 최대 거리의 예시들을 도면이다.

[55] 도 23의 (a)는 실시예들에 따라 LOD₀의 옥트리 노드의 대각선 거리를 구하는 예시를 보인 도면이다.

[56] 도 23의 (b)는 실시예들에 따라 LOD₁의 옥트리 노드의 대각선 거리를 구하는 예시를 보인 도면이다.

[57] 도 24의 (a)와 도 24의 (b)는 각 LOD에서 이웃 포인트로 선택될 수 있는 범위의 예시들을 보인 도면이다.

[58] 도 25는 실시예들에 따라 각 LOD에 속한 이웃 포인트 기본 거리의 예시들을 보인 도면이다.

[59] 도 26은 실시예들에 따른 LOD 기반으로 이웃 포인트들을 서치하는 다른 예시를 보인 도면이다.

[60] 도 27은 실시예들에 따른 LOD 기반으로 이웃 포인트들을 서치하는 또 다른

예시를 보인 도면이다.

- [61] 도 28은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 수신 장치의 또 다른 예시를 보인 도면이다.
- [62] 도 29는 실시예들에 따른 지오메트리 디코더와 어트리뷰트 디코더의 또 다른 예시를 보인 상세 블록도이다.
- [63] 도 30은 실시예들에 따른 송/수신을 위한 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림 구조의 예시를 보인 도면이다.
- [64] 도 31은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림 구조의 예시를 나타낸 도면이다.
- [65] 도 32는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림 내 구성 간의 연결 관계를 나타낸 도면이다.
- [66] 도 33은 본 명세서에 따른 시퀀스 파라미터 세트의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [67] 도 34는 본 명세서에 따른 지오메트리 파라미터 세트의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [68] 도 35는 본 명세서에 따른 어트리뷰트 파라미터 세트의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [69] 도 36은 본 명세서에 따른 어트리뷰트 파라미터 세트의 선택스 구조의 다른 실시예를 보인 도면이다.
- [70] 도 37은 본 명세서에 따른 타일 파라미터 세트의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [71] 도 38은 본 명세서에 따른 지오메트리 슬라이스 비트스트림()의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [72] 도 39는 본 명세서에 따른 지오메트리 슬라이스 헤더의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [73] 도 40은 본 명세서에 따른 지오메트리 슬라이스 데이터의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [74] 도 41은 본 명세서에 따른 어트리뷰트 슬라이스 비트스트림()의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [75] 도 42는 본 명세서에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [76] 도 43은 본 명세서에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더의 선택스 구조의 다른 실시예를 보인 도면이다.
- [77] 도 44는 본 명세서에 따른 어트리뷰트 슬라이스 데이터의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [78] 도 45는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법의 흐름도를 나타낸다.
- [79] 도 46은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 수신 방법의 흐름도를

나타낸다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [80] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 하기의 실시예들은 본 발명을 구체화하기 위한 것일 뿐 본 발명의 권리 범위를 제한하거나 한정하는 것이 아님은 물론이다. 본 발명의 상세한 설명 및 실시예들로부터 본 발명이 속하는 기술 분야의 전문가가 용이하게 유추할 수 있는 것은 본 발명의 권리 범위에 속하는 것으로 해석된다.
- [81] 본 명세서의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 안되며, 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.
- [82] 바람직한 실시예들에 대해 구체적으로 설명하되, 그 예는 첨부된 도면에 나타낸다. 첨부된 도면을 참조한 아래의 상세한 설명은 구현될 수 있는 실시예들만을 나타내기보다는 바람직한 실시예들을 설명하기 위한 것이다. 이하에서는 본 발명에 대한 철저한 이해를 제공하기 위해 세부 사항을 포함하여 설명한다. 그러나 본 발명이 이러한 세부 사항 없이 실행될 수 있다는 것은 당업자에게 자명하다. 본 명세서에서 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 본 발명은 용어의 단순한 명칭이나 의미가 아닌 용어의 의도된 의미에 근거하여 이해되어야 한다. 또한 이하의 도면들 및 상세한 설명은 구체적으로 기술된 실시예들에만 국한되어 해석되지 않고, 도면 및 상세한 설명에 기재된 실시예들과 균등하거나, 대체 가능한 것들까지 포함하는 것으로 해석되어야만 한다.
- [83] 도 1은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템의 예시를 나타낸다.
- [84] 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 통신이 가능하다.
- [85] 실시예들에 따른 전송 장치(10000)는 포인트 클라우드 비디오(또는 포인트 클라우드 콘텐츠)를 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.
- [86] 실시예들에 따른 전송 장치(10000)는 포인트 클라우드 비디오 획득부(Point Cloud Video Acquisition unit, 10001), 포인트 클라우드 비디오 인코더(Point Cloud Video Encoder, 10002) 및/또는 트랜스미터(Transmitter (or Communication module), 10003)를 포함한다
- [87] 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.
- [88] 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.
- [89] 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 통신이 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.

- [90] 실시예들에 따른 수신 장치(10004)는 리시버(Receiver, 10005), 포인트 클라우드 비디오 디코더(Point Cloud Video 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))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.
- [91] 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 요소(또는 컴포넌트 또는 모듈)로 구현될 수 있다.
- [92] 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.
- [93] 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.
- [94] 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 등을 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.

- [95] 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 비디오 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.
- [96] 도 1의 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 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 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.
- [97] 실시예들에 따라, 전송 장치(10000)는 인코더, 전송 디바이스, 전송기, 전송 시스템 등으로 호칭될 수 있으며, 수신 장치(10004)는 디코더, 수신 디바이스, 수신기, 수신 시스템 등으로 호칭될 수 있다.
- [98] 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.

- [99] 도 1에 도시된 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템의 엘리먼트들은 하드웨어, 소프트웨어, 프로세서 및/또는 그것들의 결합 등으로 구현될 수 있다.
- [100] 도 2는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 동작을 나타내는 블록도이다.
- [101] 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.
- [102] 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.
- [103] 실시예들에 따라, 지오메트리는 위치선들, 지오메트리 정보, 지오메트리 데이터 등으로 호칭 가능하며, 어트리뷰트는 어트리뷰트들, 어트리뷰트 정보, 어트리뷰트 데이터 등으로 호칭할 수 있다.
- [104] 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)로부터 포인트 클라우드 데이터를 확보할 수 있다.
- [105] 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 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템은 지오메트리를 인코딩하는 지오메트리 인코딩을 수행하여 지오메트리 비트스트림을 출력할 수 있다. 실시예들에 따른 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.

- [106] 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.
- [107] 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.
- [108] 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)를 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.

- [109] 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 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.
- [110] 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.
- [111] 도 3은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 캡처 과정의 예시를 나타낸다.
- [112] 도 3은 도 1과 도 2에서 설명한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템의 포인트 클라우드 비디오 캡처 과정의 예시를 나타낸다.
- [113] 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)을 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 추출 할 수 있는 RGB 카메라 등), 프로젝터(예를 들면 깊이 정보를 확보하기 위한 적외선 패턴 프로젝터 등), 라이다(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.

- [114] 도 3의 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.
- [115] 도 3의 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.
- [116] 도 3에 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)를 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, 도 3에서 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.
- [117] 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 수도 있다.
- [118] 도 4는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더(Point Cloud Video Encoder)의 예시를 나타낸다.

- [119] 도 4는 도 1의 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002)의 상세 예시를 나타낸다. 포인트 클라우드 비디오 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.
- [120] 도 1과 도2 에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 비디오 인코더는 지오메트리 인코딩 및 어트리뷰트 인코딩을 수행할 수 있다. 지오메트리 인코딩은 어트리뷰트 인코딩보다 먼저 수행된다.
- [121] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 좌표계 변환부(Transformation Coordinates unit, 40000), 양자화부(Quantization unit, 40001), 옥트리 분석부(Octree Analysis unit, 40002), 서페이스 어프록시메이션 분석부(Surface Approximation Analysis unit, 40003), 아리스메틱 인코더(Arithmetic Encode, 40004), 지오메트리 리컨스트럭션부(Geometry Reconstruction unit, 40005), 컬러 변환부(Color Transformation unit, 40006), 어트리뷰트 변환부(Attribute Transformation unit, 40007), RAHT(Region Adaptive Hierarchical Transform) 변환부(40008), LOD생성부(LOD Generation unit, 40009), 리프팅 변환부(Lifting Transformation unit)(40010), 계수 양자화부(Coefficient Quantization unit, 40011) 및/또는 아리스메틱 인코더(Arithmetic Encoder, 40012)를 포함한다.
- [122] 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.
- [123] 도면에 도시된 바와 같이, 실시예들에 따른 좌표계 변환부(40000)는 포지션들을 수신하여 좌표계(coordinate)로 변환한다. 예를 들어, 포지션들은 3차원 공간 (예를 들면XYZ 좌표계로 표현되는 3차원 공간 등)의 위치 정보로 변환될 수 있다. 실시예들에 따른 3차원 공간의 위치 정보는 지오메트리 정보로 지칭될 수 있다.
- [124] 실시예들에 따른 양자화부(40001)는 지오메트리 정보를 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. 복셀화는 3차원 공간 상의 위치정보를 표현하는 최소한의 유닛을 의미한다. 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 point)의 포지션을 설정할 수 있다. 이 경우 하나의 복셀에 포함된 모든 포지션들의 어트리뷰트들은 통합되어(combined) 해당 복셀에 할당될(assigned) 수 있다.

- [125] 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.
- [126] 실시예들에 따른 서페이스 어프로시메이션 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.
- [127] 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.
- [128] 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.

- [129] 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.
- [130] 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.
- [131] 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.
- [132] 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.

- [133] 어트리뷰트 변환부(40007)는 K-D 트리 또는 몰톤(morton) 코드를 기반으로 각 복셀의 중앙점의 포지션으로부터 특정 위치/반경 내에 존재하는 이웃 포인트들을 서치할 수 있다. K-D 트리는 이진 서치 트리(binary search tree)로 빠르게 최단 이웃점 서치(Nearest Neighbor Search-NNS)가 가능하도록 point들을 위치 기반으로 관리할 수 있는 자료 구조를 지원한다. 몰톤 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 몰톤 코드 값은 1095이다. 어트리뷰트 변환부(40007)는 몰톤 코드 값을 기준으로 포인트들을 정렬하고 depth-first traversal 과정을 통해 최단 이웃점 서치(NNS)를 할 수 있다. 어트리뷰트 변환 동작 이후, 어트리뷰트 코딩을 위한 다른 변환 과정에서도 최단 이웃점 서치(NNS)가 필요한 경우, K-D 트리 또는 몰톤 코드가 활용된다.
- [134] 도면에 도시된 바와 같이 변환된 어트리뷰트들은 RAHT 변환부(40008) 및/또는 LOD 생성부(40009)로 입력된다.
- [135] 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.
- [136] 실시예들에 따른 LOD 생성부(40009)는 LOD(Level of Detail)를 생성한다. 실시예들에 따른 LOD는 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일을 나타내는 정도로서, LOD 값이 작을 수록 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일이 떨어지고, LOD 값이 클 수록 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일이 높음을 나타낸다. 포인트들을 LOD에 따라 분류될 수 있다.
- [137] 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.
- [138] 실시예들에 따른 계수 양자화부(40011)은 어트리뷰트 코딩된 어트리뷰트들을 계수에 기반하여 양자화한다.
- [139] 실시예들에 따른 아리스메틱 인코더(40012)는 양자화된 어트리뷰트들을 아리스메틱 코딩에 기반하여 인코딩한다.
- [140] 도 4의 포인트 클라우드 비디오 인코더의 요소들은 도면에 도시되지 않았으나 포인트 클라우드 콘텐츠 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 비디오 인코더의 엘리먼트들의 동작들 및/또는 기능들 중 적어도 어느 하나 이상을 수행할 수 있다. 또한 하나 또는 그 이상의 프로세서들은 도 4의 포인트 클라우드 비디오 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)를 포함할 수 있다.

[141] 도 5는 실시예들에 따른 복셀의 예시를 나타낸다.

[142] 도 5는 X축, Y축, Z축의 3가지 축으로 구성된 좌표계로 표현되는 3차원 공간상에 위치한 복셀을 나타낸다. 도 4에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 비디오 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.

[143] 도 6은 실시예들에 따른 옥트리 및 오큐판시 코드 (occupancy code)의 예시를 나타낸다.

[144] 도 1 내지 도 4에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템(포인트 클라우드 비디오 인코더(10002)) 또는 포인트 클라우드 비디오 인코더의 옥트리 분석부(40002))는 복셀의 영역 및/또는 포지션을 효율적으로 관리하기 위하여 옥트리 구조 기반의 옥트리 지오메트리 코딩(또는 옥트리 코딩)을 수행한다.

[145] 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 수학적 식 1에 따라 결정된다. 하기 수학적 식 1에서 $(x^{int}_n, y^{int}_n, z^{int}_n)$ 는 양자화된 포인트들의 포지션들(또는 포지션 값들)을 나타낸다.

[146] [수학식 1]

$$[147] \quad d = \text{Ceil}(\text{Log2}(\text{Max}(x_n^{\text{int}}, y_n^{\text{int}}, z_n^{\text{int}}, n = 1, \dots, N) + 1))$$

[148] 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 6의 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.

[149] 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 비디오 인코더(예를 들면 아리스메틱 인코더(40004))는 오큐판시 코드를 엔트로피 인코딩할 수 있다. 또한 압축 효율을 높이기 위해 포인트 클라우드 비디오 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.

[150] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더(예를 들면 옥트리 분석부(40002))는 포인트들의 포지션들을 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. 이 경우, 3차원 공간 전체에 대해 복셀화를 수행하는 것은 비효율적이다. 예를 들어 특정 영역에 포인트가 거의 존재하지 않는다면, 해당 영역까지 복셀화를 수행할 필요가 없다.

[151] 따라서 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 상술한 특정 영역(또는 옥트리의 리프 노드를 제외한 노드)에 대해서는 복셀화를 수행하지

않고, 특정 영역에 포함된 포인트들의 위치션을 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 비디오 인코더는 표면 모델(surface model)을 기반으로 특정 영역(또는 노드)내의 포인트들의 위치션들을 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 비디오 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.

[152] 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 비디오 인코더(예를 들어, 아리스메틱 인코더(40004))는 포인트들의 위치션들(또는 위치션 값들)을 엔트로피 코딩할 수 있다.

[153] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더(예를 들면 서페이스 어프록시메이션 분석부(40003))는 옥트리의 특정 레벨(레벨은 옥트리의 깊이 d보다는 작은 경우)을 정하고, 그 레벨부터는 표면 모델을 사용하여 노드 영역내의 포인트의 위치션을 복셀 기반으로 재구성하는 트라이슈프 지오메트리 인코딩을 수행할 수 있다(트라이슈프 모드). 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 트라이슈프 지오메트리 인코딩을 적용할 레벨을 지정할 수 있다. 예를 들어, 지정된 레벨이 옥트리의 깊이와 같으면 포인트 클라우드 비디오 인코더는 트라이슈프 모드로 동작하지 않는다. 즉, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 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.

[154] 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.

[155] 버텍스가 검출되면 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 엣지의 시작점(x, y, z), 엣지의 방향벡터(Δx , Δy , Δz), 버텍스 위치 값(엣지 내의 상대적 위치 값)들을 엔트로피 코딩할 수 있다. 트라이슈프 지오메트리 인코딩이 적용된 경우, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 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.

[156] 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 다음의 수학적 식 2와 같다. ① 각 버텍스들의 중심(centroid)값을 계산하고, ② 각 버텍스값에서 중심 값을 뺀 값들에 ③자승을 수행하고 그 값을 모두 더한 값을 구한다.

[157] [수학적 식 2]

$$[158] \quad \textcircled{1} \begin{bmatrix} \mu_x \\ \mu_y \\ \mu_z \end{bmatrix} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} \quad \textcircled{2} \begin{bmatrix} \bar{x}_i \\ \bar{y}_i \\ \bar{z}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mu_x \\ \mu_y \\ \mu_z \end{bmatrix} \quad \textcircled{3} \begin{bmatrix} \sigma_x^2 \\ \sigma_y^2 \\ \sigma_z^2 \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} \bar{x}_i^2 \\ \bar{y}_i^2 \\ \bar{z}_i^2 \end{bmatrix}$$

[159] 그리고나서, 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 x축으로 프로젝션 시키고, (y, z) 평면으로 프로젝션 시킨다. (y, z)평면으로 프로젝션 시키면 나오는 값이 (ai, bi)라면 atan2(bi, ai)를 통해 θ 값을 구하고, θ 값을 기준으로 버텍스들(vertices)을 정렬한다. 하기의 표 1은 버텍스들의 개수에 따라 삼각형을 생성하기 위한 버텍스들의 조합을 나타낸다. 버텍스들은 1부터 n까지의 순서로 정렬된다. 하기 표 1은 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.

[160] 표 1. Triangles formed from vertices ordered 1, ..., n

[161]

[표 1]

n	Triangles
3	(1,2,3)
4	(1,2,3), (3,4,1)
5	(1,2,3), (3,4,5), (5,1,3)
6	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,1), (1,3,5)
7	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,1,3), (3,5,7)
8	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,1), (1,3,5), (5,7,1)
9	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9), (9,1,3), (3,5,7), (7,9,3)
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)
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)
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)

- [162] 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 비디오 인코더는 리파인드 버텍스들을 복셀화할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 비디오 인코더는 복셀화 된 포지션(또는 포지션 값)을 기반으로 어트리뷰트 인코딩을 수행할 수 있다.
- [163] 도 1 내지 도 6에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템 또는 도 2의 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002) 또는 도 4의 포인트 클라우드 비디오 인코더 또는 아리스메틱 인코더(40004)는 오큐판시 코드를 곧바로 엔트로피 코딩할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템 또는 포인트 클라우드 비디오 인코더는 현재 노드의 오큐판시 코드와 이웃 노드들의 오큐판시를 기반으로 엔트로피 인코딩(인트라 인코딩)을 수행하거나, 이전 프레임의 오큐판시 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 맞추어 필요가 있다.
- [164] 도 7은 이웃 노드들의 오큐판시를 기반으로 오큐판시 패턴을 구하는 과정을

나타낸다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 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. 도 7의 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.

[165] 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 0인 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 비디오 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 비디오 인코더는 이웃 노드 패턴 값을 변경(예를 들면 64를 10 또는 6으로 변경하는 테이블을 기반으로) 하여 코딩의 복잡도를 줄일 수 있다.

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

[167] 도 1 내지 도 7에서 설명한 바와 같이, 어트리뷰트 인코딩이 수행되기 전 인코딩된 지오메트리는 재구성(디컴프레션)된다. 디렉트 코딩이 적용된 경우, 지오메트리 재구성 동작은 디렉트 코딩된 포인트들의 배치를 변경하는 것을 포함할 수 있다(예를 들면 디렉트 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.

[168] 포인트 클라우드 비디오 인코더(예를 들면 LOD 생성부(40009))는 포인트들을 LOD별로 분류(reorganization) 또는 그룹핑(grouping)할 수 있다. 도 8은 LOD에 대응하는 포인트 클라우드 콘텐츠를 나타낸다. 도 8의 가장 왼쪽은 오리지널 포인트 클라우드 콘텐츠를 나타낸다. 도 8의 왼쪽에서 두번째 그림은 가장 낮은 LOD의 포인트들의 분포를 나타내며, 도 8의 가장 오른쪽 그림은 가장 높은 LOD의 포인트들의 분포를 나타낸다. 즉, 가장 낮은 LOD의 포인트들은 드문드문(sparse) 분포하며, 가장 높은 LOD의 포인트들은 촘촘히 분포한다. 즉, 도 8의 하단에 표시된 화살표 방향에 따라 LOD가 증가할수록 포인트들 간의 간격(또는 거리)는 더 짧아진다.

- [169] 도 9는 실시예들에 따른 LOD 별 포인트 구성의 예시를 나타낸다.
- [170] 도 1 내지 도 8에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템, 또는 포인트 클라우드 비디오 인코더(예를 들면 도 2의 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002), 도 4의 포인트 클라우드 비디오 인코더, 또는 LOD 생성부(40009))는 LOD를 생성할 수 있다. LOD는 포인트들을 설정된 LOD 거리 값(또는 유클리디안 디스턴스(Euclidean Distance)의 세트)에 따라 리파인먼트 레벨들(refinement levels)의 세트로 재정렬(reorganize)하여 생성된다. LOD 생성 과정은 포인트 클라우드 비디오 인코더뿐만 아니라 포인트 클라우드 비디오 디코더에서도 수행된다.
- [171] 도 9의 상단은 3차원 공간에 분포된 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트들의 예시(P0내지 P9)를 나타낸다. 도 9의 오리지널 오더(Original order)는 LOD 생성 전 포인트들 P0 내지 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.
- [172] 도 4에서 설명한 바와 같이 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 LOD 기반의 예측 변환 코딩, 리프팅 변환 코딩 및 RAHT 변환 코딩을 선택적으로 또는 조합하여 수행할 수 있다.
- [173] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 포인트들에 대한 예측기(predictor)를 생성하여 각 포인트의 예측 어트리뷰트(또는 예측 어트리뷰트값)을 설정하기 위한 LOD 기반의 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.
- [174] 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 비디오 인코더(예를 들면 계수 양자화부(40011))는 해당 포인트의 어트리뷰트(즉, 오리지널 어트리뷰트 값)에서 해당 예측 어트리뷰트(어트리뷰트값)을 뺀 해당 포인트의 잔여값(residual, 잔여 어트리뷰트, 잔여 어트리뷰트값, 어트리뷰트 예측 잔여값, 예측 에러 어트리뷰트 값 등으로 호칭할 수 있다)을 양자화(quantization) 및 역양자화(inverse quantization)할 수 있다. 잔여 어트리뷰트 값에 대해 수행되는 송신 디바이스의 양자화 과정은 표 2와 같다. 그리고 표 2와 같이 양자화가 이루어진 잔여

어트리뷰트 값에 대해 수행되는 수신 디바이스의 역 양자화 과정은 표 3과 같다.

[175] [표2]

int PCCQuantization(int value, int quantStep) {
if(value >=0) {
return floor(value / quantStep + 1.0 / 3.0);
} else {
return -floor(-value / quantStep + 1.0 / 3.0);
}
}

[176] [표3]

int PCCIInverseQuantization(int value, int quantStep) {
if(quantStep ==0) {
return value;
} else {
return value * quantStep;
}
}

[177] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더(예를 들면 아리스메틱 인코더(40012))는 각 포인트의 예측기에 이웃한 포인트들이 있는 경우, 상술한 바와 같이 양자화 및 역양자화된 잔여(residual) 어트리뷰트 값을 엔트로피 코딩할 수 있다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더(예를 들면 아리스메틱 인코더(40012))는 각 포인트의 예측기에 이웃한 포인트들이 없으면 상술한 과정을 수행하지 않고 해당 포인트의 어트리뷰트들을 엔트로피 코딩할 수 있다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 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 LOD 기반의 예측 변환 코딩과 유사하나, 어트리뷰트값에 가중치를 누적 적용한다는 점에서 차이가 있다. 실시예들에 따른 어트리뷰트값에 가중치를 누적 적용하는 과정은 다음과 같다.

[178] 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.

- [179] 2) 리프트 예측 과정: 예측된 어트리뷰트 값을 계산하기 위하여 포인트의 어트리뷰트 값에 가중치를 곱한 값을 기존 어트리뷰트값에서 뺀다.
- [180] 3) 업데이트웨이트(updateweight) 및 업데이트(update)라는 임시 배열들을 생성하고 임시 배열들을 0으로 초기화한다.
- [181] 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.
- [182] 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.
- [183] 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 비디오 인코더(예를 들면 계수 양자화부(40011))는 예측 어트리뷰트 값을 양자화한다. 또한 포인트 클라우드 비디오 인코더(예를 들면 아리스메틱 인코더(40012))는 양자화된 어트리뷰트 값을 엔트로피 코딩한다.
- [184] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 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 비디오 인코더는 복셀에서 전체 영역으로 스캔하고, 각 스텝에서 복셀을 더 큰 블록으로 합치면서 루트 노드까지의 병합 과정을 반복 수행한다. 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.
- [185] 하기의 수학적 식 3은 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.
- [186] [수학적 식 3]
- [187]
$$\begin{bmatrix} g_{l-1,x,y,z} \\ h_{l-1,x,y,z} \end{bmatrix} = T_{w1,w2} \begin{bmatrix} g_{l,2x,y,z} \\ g_{l,2x+1,y,z} \end{bmatrix} \quad T_{w1,w2} = \frac{1}{\sqrt{w1+w2}} \begin{bmatrix} \sqrt{w1} & \sqrt{w2} \\ -\sqrt{w2} & \sqrt{w1} \end{bmatrix}$$
- [188] $g_{l-1,x,y,z}$ 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 $g_{10,0,0}$ 과 $g_{10,0,1}$ 을 통해서 다음의 수학적 식 4와 같이 생성된다.

[189] [수학적 식 4]

$$[190] \quad \begin{bmatrix} gDC \\ h_{0,0,0} \end{bmatrix} = T_{w1000 \ w1001} \begin{bmatrix} g_{10,0,0z} \\ g_{10,0,1} \end{bmatrix}$$

[191] gDC값 또한 하이패스 계수와 같이 양자화되어 엔트로피 코딩된다.

[192] 도 10은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 디코더(Point Cloud Video Decoder)의 예시를 나타낸다.

[193] 도 10에 도시된 포인트 클라우드 비디오 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 비디오 디코더는 하나 또는 그 이상의 비트스트림(bitstream)들에 포함된 지오메트리 비트스트림(geometry bitstream) 및 어트리뷰트 비트스트림(attribute bitstream)을 수신할 수 있다. 포인트 클라우드 비디오 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 지오메트리를 기반으로 어트리뷰트 비트스트림에 대해 어트리뷰트 디코딩을 수행하여 디코딩된 어트리뷰트들(decoded attributes)을 출력한다. 디코딩된 지오메트리 및 디코딩된 어트리뷰트들은 포인트 클라우드 콘텐츠를 복원(decoded point cloud)하는데 사용된다.

[194] 도 11은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 디코더(Point Cloud Video Decoder)의 예시를 나타낸다.

[195] 도 11에 도시된 포인트 클라우드 비디오 디코더는 도 10에서 설명한 포인트 클라우드 비디오 디코더의 상세 예시로서, 도 1 내지 도 9에서 설명한 포인트 클라우드 비디오 인코더의 인코딩 동작의 역과정인 디코딩 동작을 수행할 수 있다.

[196] 도 1 및 도 10에서 설명한 바와 같이 포인트 클라우드 비디오 디코더는 지오메트리 디코딩 및 어트리뷰트 디코딩을 수행할 수 있다. 지오메트리 디코딩은 어트리뷰트 디코딩보다 먼저 수행된다.

[197] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 디코더는 아리스메틱 디코더(arithmetic decoder, 11000), 옥트리 합성부(octree synthesis unit, 11001), 서페이스 오프록시메이션 합성부(surface approximation synthesis unit, 11002), 지오메트리 리컨스트럭션부(geometry reconstruction unit, 11003), 좌표계 역변환부(coordinates inverse transformation unit, 11004), 아리스메틱 디코더(arithmetic decoder, 11005), 역양자화부(inverse quantization unit, 11006), RAHT변환부(11007), LOD생성부(LOD generation unit, 11008), 인버스

리프팅부(Inverse lifting unit, 11009), 및/또는 컬러 역변환부(color inverse transformation unit, 11010)를 포함한다.

- [198] 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 디코딩(direct decoding) 및 트라이슈프 지오메트리 디코딩(trisoup geometry decoding)을 포함할 수 있다. 다이렉트 디코딩 및 트라이슈프 지오메트리 디코딩은 선택적으로 적용된다. 또한 지오메트리 디코딩은 위의 예시에 국한되지 않으며, 도 1 내지 도 9에서 설명한 지오메트리 인코딩의 역과정으로 수행된다.
- [199] 실시예들에 따른 아리스메틱 디코더(11000)는 수신한 지오메트리 비트스트림을 아리스메틱 코딩을 기반으로 디코딩한다. 아리스메틱 디코더(11000)의 동작은 아리스메틱 인코더(40004)의 역과정에 대응한다.
- [200] 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.
- [201] 실시예들에 따른 서페이스 오프록시메이션 합성부(11002)는 트라이슈프 지오메트리 인코딩이 적용된 경우, 디코딩된 지오메트리 및/또는 생성된 옥트리에 기반하여 서페이스를 합성할 수 있다.
- [202] 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.
- [203] 실시예들에 따른 좌표계 역변환부(11004)는 복원된 지오메트리를 기반으로 좌표계를 변환하여 포인트들의 포지션들을 획득할 수 있다.
- [204] 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.

[205] 실시예들에 따른 아리스메틱 디코더(11005)는 어트리뷰트 비트스트림을 아리스메틱 코딩으로 디코딩한다.

[206] 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 비디오 인코더의 어트리뷰트 인코딩에 기반하여 선택적으로 적용될 수 있다.

[207] 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 비디오 인코더의 인코딩에 따라 그에 대응하는 디코딩 동작을 선택적으로 수행할 수 있다.

[208] 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 비디오 인코더의 컬러 변환부(40006)의 동작에 기반하여 선택적으로 수행될 수 있다.

[209] 도 11의 포인트 클라우드 비디오 디코더의 요소들은 도면에 도시되지 않았으나 포인트 클라우드 콘텐츠 제공 시스템에 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 비디오 디코더의 요소들의 동작들 및/또는 기능들 중 적어도 어느 하나 이상을 수행할 수 있다. 또한 하나 또는 그 이상의 프로세서들은 도 11의 포인트 클라우드 비디오 디코더의 요소들의 동작들 및/또는 기능들을 수행하기 위한 소프트웨어 프로그램들 및/또는 인스트럭션들의 세트를 동작하거나 실행할 수 있다.

[210] 도 12는 실시예들에 따른 전송 장치의 예시이다.

[211] 도 12에 도시된 전송 장치는 도 1의 전송장치(10000) (또는 도 4의 포인트 클라우드 비디오 인코더)의 예시이다. 도 12에 도시된 전송 장치는 도 1 내지 도 9에서 설명한 포인트 클라우드 비디오 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.

- [212] 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.
- [213] 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), 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.
- [214] 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.
- [215] 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.
- [216] 실시예들에 따른 옥트리 점유판시 코드 생성부(12003)는 복셀화된 포인트들의 포지션들을 옥트리 구조를 기반으로 옥트리 코딩을 수행한다. 옥트리 점유판시 코드 생성부(12003)는 점유판시 코드를 생성할 수 있다. 옥트리 점유판시 코드 생성부(12003)는 도 4 및 도 6에서 설명한 포인트 클라우드 비디오 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.
- [217] 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 비디오 인코더(예를 들면 서페이스 어프로시메이션 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.
- [218] 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.

[219] 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.

[220] 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.

[221] 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.

[222] 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.

[223] 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, LOD 기반의 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 LOD 기반의 예측 변환 코딩, 리프팅 변환 코딩 및 RAHT 변환 코딩에 대한 설명은 도 1 내지 도 9에서 설명한 바와 동일하므로 구체적인

설명은 생략한다.

- [224] 실시예들에 따른 아리스메틱 코더(12011)는 코딩된 어트리뷰트들을 아리스메틱 코딩에 기반하여 인코딩할 수 있다. 아리스메틱 코더(12011)는 아리스메틱 인코더(40012)의 동작 및/또는 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행한다.
- [225] 실시예들에 따른 전송 처리부(12012)는 인코딩된 지오메트리 및/또는 인코딩된 어트리뷰트 및/또는 메타데이터를 포함하는 각 비트스트림을 전송하거나, 인코딩된 지오메트리 및/또는 인코딩된 어트리뷰트 및/또는 메타데이터를 하나의 비트스트림으로 구성하여 전송할 수 있다. 실시예들에 따른 인코딩된 지오메트리 및/또는 인코딩된 어트리뷰트 및/또는 메타데이터가 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 또는 tile inventory라 함)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.
- [226] 슬라이스(slice)란, 코딩된 포인트 클라우드 프레임의 전체 또는 일부를 나타내는 신택스 엘리먼트의 시리즈를 말한다.
- [227] 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.
- [228] 도 13은 실시예들에 따른 수신 장치의 예시이다.
- [229] 도 13에 도시된 수신 장치는 도 1의 수신장치(10004) (또는 도 10 및 도 11의 포인트 클라우드 비디오 디코더)의 예시이다. 도 13에 도시된 수신 장치는 도 1

내지 도 11에서 설명한 포인트 클라우드 비디오 디코더의 동작들 및 디코딩 방법들과 동일 또는 유사한 동작들 및 방법들 중 적어도 어느 하나 이상을 수행할 수 있다.

[230] 실시예들에 따른 수신 장치는 수신부(13000), 수신 처리부(13001), 아리스메틱(arithmetic) 디코더(13002), 오큐판시 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.

[231] 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.

[232] 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.

[233] 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.

[234] 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.

[235] 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.

[236] 실시예들에 따른 인버스 양자화 처리부(13005)는 디코딩된 지오메트리를

인버스 양자화할 수 있다.

- [237] 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.
- [238] 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.
- [239] 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.
- [240] 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.
- [241] 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.
- [242] 도 14는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송수신 방법/장치와 연동 가능한 구조의 예시를 나타낸다.
- [243] 도 14의 구조는 서버(17600), 로봇(17100), 자율 주행 차량(17200), XR 장치(17300), 스마트폰(17400), 가전(17500) 및/또는 HMD(Head-Mount Display, 17700) 중에서 적어도 하나 이상이 클라우드 네트워크(17100)와 연결된 구성을 나타낸다. 로봇(17100), 자율 주행 차량(17200), XR 장치(17300), 스마트폰(17400) 또는 가전(17500) 등은 장치라 호칭된다. 또한, XR 장치(17300)는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 압축 데이터 (PCC) 장치에 대응되거나 PCC장치와 연동될 수 있다.

- [244] 클라우드 네트워크(17000)는 클라우드 컴퓨팅 인프라의 일부를 구성하거나 클라우드 컴퓨팅 인프라 안에 존재하는 네트워크를 의미할 수 있다. 여기서, 클라우드 네트워크(17000)는 3G 네트워크, 4G 또는 LTE(Long Term Evolution) 네트워크 또는 5G 네트워크 등을 이용하여 구성될 수 있다.
- [245] 서버(17600)는 로봇(17100), 자율 주행 차량(17200), XR 장치(17300), 스마트폰(17400), 가전(17500) 및/또는 HMD(17700) 중에서 적어도 하나 이상과 클라우드 네트워크(17000)를 통하여 연결되고, 연결된 장치들(17100 내지 17700)의 프로세싱을 적어도 일부를 도울 수 있다.
- [246] HMD (Head-Mount Display)(17700)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.
- [247] 이하에서는, 상술한 기술이 적용되는 장치(17100 내지 17500)의 다양한 실시예들을 설명한다. 여기서, 도 14에 도시된 장치(17100 내지 17500)는 상술한 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송수신 장치와 연동/결합될 수 있다.
- [248] <PCC+XR>
- [249] XR/PCC 장치(17300)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.
- [250] XR/PCC 장치(17300)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(17300)는 인식된 물체에 대한 추가 정보를 포함하는 XR 객체를 해당 인식된 물체에 대응시켜 출력할 수 있다.
- [251] <PCC+자율주행+XR>
- [252] 자율 주행 차량(17200)은 PCC 기술 및 XR 기술이 적용되어, 이동형 로봇, 차량, 무인 비행체 등으로 구현될 수 있다.
- [253] XR/PCC 기술이 적용된 자율 주행 차량(17200)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(17200)은 XR 장치(17300)와 구분되며 서로 연동될 수 있다.
- [254] XR/PCC영상을 제공하는 수단을 구비한 자율 주행 차량(17200)은 카메라를 포함하는 센서들로부터 센서 정보를 획득하고, 획득한 센서 정보에 기초하여 생성된 XR/PCC 영상을 출력할 수 있다. 예컨대, 자율 주행 차량(17200)은 HUD를 구비하여 XR/PCC 영상을 출력함으로써, 탑승자에게 현실 객체 또는 화면 속의

객체에 대응되는 XR/PCC 객체를 제공할 수 있다.

- [255] 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(17200)은 차로, 타 차량, 신호등, 교통 표지판, 이륜차, 보행자, 건물 등과 같은 객체와 대응되는 XR/PCC 객체들을 출력할 수 있다.
- [256] 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.
- [257] 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.
- [258] 다만, 최근에는 VR, AR, MR 기술을 명확히 구별하기 보다는 XR (extended Reality) 기술로 부르기도 한다. 따라서, 본 명세서의 실시예들은 VR, AR, MR, XR 기술 모두에 적용 가능하다. 이러한 기술은 PCC, V-PCC, G-PCC 기술 기반 인코딩/디코딩이 적용될 수 있다.
- [259] 실시예들에 따른 PCC 방법/장치는 자율 주행 서비스를 제공하는 차량에 적용될 수 있다.
- [260] 자율 주행 서비스를 제공하는 차량은 PCC 디바이스와 유/무선 통신이 가능하도록 연결된다.
- [261] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 압축 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.
- [262] 한편, 송신측의 포인트 클라우드 비디오 인코더는 포인트 클라우드 데이터를

인코딩하기 전에 포인트 클라우드 데이터를 하나 이상의 3차원 블록들로 공간 분할(division or partition)하는 공간 분할 과정을 더 수행할 수 있다. 즉, 송신 장치의 인코딩 및 전송 동작 그리고 수신 장치의 디코딩 및 렌더링 동작이 실시간으로 이루어짐과 동시에 저지연으로 처리되기 위하여, 송신 장치에서 포인트 클라우드 데이터를 복수 개의 영역들로 공간 분할할 수 있다. 그리고 송신 장치는 공간 분할된 영역들(또는 블록들)을 각각 독립적으로 또는 비독립적으로 인코딩함으로써, 포인트 클라우드 데이터가 점유하는 3차원 공간상의 랜덤 액세스(random access)와 병렬 인코딩을 가능하게 하는 효과를 제공한다. 또한 송신 장치 및 수신 장치는 공간 분할된 영역(또는 블록) 단위로 독립적으로 또는 비독립적으로 인코딩 및 디코딩을 수행함으로써, 인코딩 및 디코딩 과정에서 누적되는 오류를 방지할 수 있다.

- [263] 도 15는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 송신 장치의 또 다른 예시를 보인 도면으로서, 공간 분할부를 구비한 예이다.
- [264] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 송신 장치는 데이터 입력부(51001), 좌표계 변환부(51002), 양자화 처리부(51003), 공간 분할부(51004), 시그널링 처리부(51005), 지오메트리 인코더(51006), 어트리뷰트 인코더(51007), 및 전송 처리부(51008)를 포함할 수 있다. 실시예들에 따라 좌표계 변환부(51002), 양자화 처리부(51003), 공간 분할부(51004), 지오메트리 인코더(51006), 및 어트리뷰트 인코더(51007)를 포인트 클라우드 비디오 인코더라 칭할 수 있다.
- [265] 상기 데이터 입력부(51001)는 도 1의 포인트 클라우드 비디오 획득부(10001)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수도 있고 또는 도 12의 데이터 입력부(12000)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수도 있다. 그리고 상기 좌표계 변환부(51002)는 도 4의 좌표계 변환부(40000)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수 있다. 또한, 상기 양자화 처리부(51003)는 도 4의 양자화부(40001)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수도 있고, 또는 도 12의 양자화 처리부(12001)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수 있다.
- [266] 상기 공간 분할부(51004)는 양자화 처리부(51003)에서 양자화되어 출력되는 포인트 클라우드 데이터를 바운딩 박스(bounding box) 및/또는 서브 바운딩 박스 등에 기반하여 하나 이상의 3차원 블록들로 공간 분할할 수 있다. 이때 3차원 블록은 타일 그룹(Tile Group) 또는 타일(Tile) 또는 슬라이스(Slice) 또는 코딩 단위(Coding Unit, CU), 예측 단위(Prediction Unit, PU) 또는 변환 단위(TU)를 의미할 수 있다. 그리고 공간 분할을 위한 시그널링 정보는 시그널링 처리부(51005)에서 엔트로피 인코딩된 후 비트스트림 형태로 전송 처리부(51008)를 통해 전송되는 것을 일 실시예로 한다.
- [267] 도 16의 (a) 내지 도 16의 (c)는 바운딩 박스를 하나 이상의 타일들로 분할하는 일 실시예를 보이고 있다. 도 16의 (a)에서와 같이 포인트 클라우드 데이터에 해당하는 포인트 클라우드 오브젝트는 좌표계에 기반한 박스 형태로 나타낼 수 있는데, 이를 바운딩 박스라 한다. 즉, 바운딩 박스는 포인트 클라우드의

포인트들을 모두 담을 수 있는 육면체를 의미한다.

[268] 도 16의 (b)와 도 16의 (c)는 도 16의 (a)의 바운딩 박스가 타일1 (tile 1#)과 타일2 (tile 2#)로 분할되는 예를 보이며, 타일 2 (tile 2#)는 다시 슬라이스 1 (slice 1#)과 슬라이스 2(slice 2#)로 분할되는 예를 보이고 있다.

[269] 일 실시예로, 포인트 클라우드 콘텐츠는 액터(actor) 같은 한 사람이거나 여러 사람이거나, 한 사물이거나 여러 사물 일 수도 있지만, 더 큰 범위로 자율 주행을 위한 맵일 수도 있고, 로봇의 실내 네비게이션을 위한 맵일 수도 있다. 이러한 경우, 포인트 클라우드 콘텐츠는 지역적으로 연결된 방대한 양의 데이터 일 수 있다. 그러면, 포인트 클라우드 콘텐츠를 한번에 인코딩/디코딩 할 수 없기 때문에 포인트 클라우드 콘텐츠의 압축을 수행하기 전에 타일 파티셔닝(partitioning)을 수행할 수 있다. 예를 들어, 건물 내의 101호를 하나의 타일로, 다른 102호를 또 다른 타일로 분할 할 수 있다. 분할된 타일을 병렬화를 적용하여 빠른 인코딩/디코딩을 할 수 있도록 지원하기 위해 다시 슬라이스(slice)로 파티셔닝(또는 분할)할 수 있다. 이를 슬라이스 파티셔닝(또는 분할)이라고 칭할 수 있다.

[270] 즉, 타일(tile)이란, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터가 점유하는 3차원 공간의 일부 영역(예, 직사각형 입방체)을 의미할 수 있다. 실시예들에 따른 타일은 하나 또는 그 이상의 슬라이스(slice)들을 포함할 수 있다. 실시예들에 따른 타일(tile)은 하나 또는 그 이상의 슬라이스(slice)들로 분할(파티션)됨으로써 포인트 클라우드 비디오 인코더는 포인트 클라우드 데이터를 병렬적으로 인코딩할 수 있다.

[271] 슬라이스(slice)란, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더에서 독립적으로 인코딩을 수행할 수 있는 데이터(또는 비트스트림)의 단위 및/또는 포인트 클라우드 비디오 디코더에서 독립적으로 디코딩을 수행할 수 있는 데이터(또는 비트스트림)의 단위를 의미할 수 있다. 실시예들에 따른 슬라이스는, 포인트 클라우드 데이터가 점유하는 3차원 공간 상의 데이터의 집합을 의미할 수도 있고, 포인트 클라우드 데이터 중 일부 데이터의 집합을 의미할 수도 있다. 슬라이스는 실시예들에 따른 타일(tile) 내에 포함된 포인트들의 영역 또는 포인트들의 집합을 의미할 수 있다. 실시예들에 따른 타일(tile)은 하나의 타일 내에 포함된 포인트들의 개수에 기초하여 하나 또는 그 이상의 슬라이스(slice)들로 분할될 수 있다. 예를 들어, 하나의 타일(tile)은 포인트들의 개수 별로 분할된 포인트들의 집합을 의미할 수 있다. 실시예들에 따른 타일(tile)은 포인트들의 개수에 기초하여 하나 이상의 슬라이스들로 분할할 수 있고, 분할하는 과정에서 일부 데이터가 분리(split)되거나 병합(merge)될 수 있다. 즉, 슬라이스는 해당 타일 내에서 독립적으로 코딩이 될 수 있는 단위일 수 있다. 이와 같이 공간으로 분할된 타일은 빠르고 효율적인 처리를 위해 다시 하나 이상의 슬라이스들로 나눌 수 있다.

[272] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 슬라이스 단위 또는 하나

이상의 슬라이스들을 포함하는 타일 단위로 포인트 클라우드 데이터의 인코딩을 수행할 수 있다. 또한 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 타일별로 또는 슬라이스별로 양자화 및/또는 변환을 다르게 수행할 수 있다.

- [273] 상기 공간 분할부(51004)에서 공간 분할된 하나 이상의 3차원 블록들(예, 슬라이스들)의 위치선들은 지오메트리 인코더(51006)로 출력되고, 어트리뷰트 정보(또는 어트리뷰트들이라 함)는 어트리뷰트 인코더(51007)로 출력된다. 위치선들은 분할된 단위(박스 또는 블록 또는 타일 또는 타일 그룹 또는 슬라이스)에 포함된 포인트들의 위치 정보일 수 있으며, 지오메트리 정보라 칭한다.
- [274] 상기 지오메트리 인코더(51006)는 공간 분할부(51004)에서 출력되는 위치선들을 기반으로 옥트리를 구성하고 인코딩(즉, 압축)하여 지오메트리 비트스트림을 출력한다. 또한 상기 지오메트리 인코더(51006)는 옥트리 및/또는 근사화된 옥트리를 재구성하여 어트리뷰트 인코더(51007)로 출력할 수 있다. 재구성된 옥트리(reconstructed octree)는 재구성된 지오메트리(또는 복원된 지오메트리)로 호칭될 수 있다.
- [275] 상기 어트리뷰트 인코더(51007)는 상기 지오메트리 인코더(51006)에서 출력되는 재구성된 지오메트리를 기반으로 공간 분할부(51004)에서 출력되는 어트리뷰트들을 인코딩(즉, 압축)하여 어트리뷰트 비트스트림을 출력한다.
- [276] 도 17은 실시예들에 따른 지오메트리 인코더(51006)와 어트리뷰트 인코더(51007)의 다른 예시를 보인 상세 블록도이다.
- [277] 도 17의 지오메트리 인코더(51006)의 복셀화 처리부(53001), 옥트리 생성부(53002), 지오메트리 정보 예측부(53003), 및 아리스메틱 코더(53004)는 도 4의 옥트리 분석부(40002), 서페이스 어프록시메이션 분석부(40003), 아리스메틱 인코더(40004), 및 지오메트리 리컨스트럭션부(40005)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수도 있고, 또는 도 12의 복셀화 처리부(12002), 옥트리 오큐판시 코드 생성부(12003), 표면 모델 처리부(12004), 인트라/인터 코딩 처리부(12005), 및 아리스메틱 (Arithmetic) 코더(12006)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수 있다.
- [278] 도 17의 어트리뷰트 인코더(51007)는 색상 변환 처리부(53005), 어트리뷰트 변환 처리부(53006), LOD 구성부(53007), 이웃 포인트 집합 구성부(53008), 어트리뷰트 정보 예측부(53009), 잔여 어트리뷰트 정보 양자화 처리부(53010), 및 아리스메틱 코더(53011)를 포함할 수 있다.
- [279] 일 실시예로, 상기 공간 분할부(51004)와 상기 복셀화 처리부(53001) 사이에 양자화 처리부가 더 구비될 수 있다. 상기 양자화 처리부는 공간 분할부(51004)에서 공간 분할된 하나 이상의 3차원 블록들(예, 슬라이스들)의 위치선들을 양자화한다. 이 경우, 상기 양자화부는 도 4의 양자화부(40001)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수도 있고, 또는 도 12의 양자화

처리부(12001)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수 있다. 상기 상기 공간 분할부(51004)와 상기 복셀화 처리부(53001) 사이에 양자화 처리부가 더 구비되는 경우, 도 15의 양자화 처리부(51003)는 생략될 수도 생략되지 않을 수도 있다.

- [280] 실시예들에 따른 복셀화 처리부(53001)는 공간 분할된 하나 이상의 3차원 블록들(예, 슬라이스들)의 포지션들 또는 양자화된 포지션들을 기반으로 복셀화(voxelization)를 수행한다. 복셀화는 3차원 공간 상의 위치 정보를 표현하는 최소한의 유닛을 의미한다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠(또는 3차원 포인트 클라우드 비디오)의 포인트들은 하나 또는 그 이상의 복셀(voxel)들에 포함될 수 있다. 실시예들에 따라 하나의 복셀은 하나 또는 그 이상의 포인트들을 포함할 수 있다. 일 실시예로, 복셀화를 수행하기 전에 양자화가 수행되었다면, 복수개의 포인트들이 하나의 복셀에 속하는 경우가 발생할 수 있다.
- [281] 본 명세서는 2개 이상의 포인트들이 하나의 복셀에 포함될 경우, 이들 2개 이상의 포인트들을 중복 포인트들(또는 중첩 포인트들, duplicated points)이라 칭하기로 한다. 즉, 지오메트리 인코딩 과정에서 지오메트리 양자화와 복셀화를 통해 중복 포인트들이 생성될 수 있다.
- [282] 실시예들에 따른 복셀화 처리부(53001)는 하나의 복셀에 속한 중복 포인트들을 병합(merge)하지 않고 그대로 옥트리 생성부(53002)로 출력할 수도 있고, 또는 중복 포인트들을 하나의 포인트로 병합하여 옥트리 생성부(53002)로 출력할 수도 있다.
- [283] 실시예들에 따른 옥트리 생성부(53002)는 복셀화 처리부(53001)에서 출력되는 복셀을 기반으로 옥트리를 생성한다.
- [284] 실시예들에 따른 지오메트리 정보 예측부(53003)는 상기 옥트리 생성부(53002)에서 생성된 옥트리를 기반으로 지오메트리 정보의 예측 및 압축을 수행하여 아리스메틱 코딩부(53004)로 출력한다. 또한 상기 지오메트리 정보 예측부(53003)는 압축을 통해 변경된 포지션들을 기반으로 지오메트리를 재구성하고, 재구성된(또는 복호화된) 지오메트리를 어트리뷰트 인코더(51007)의 LOD 구성부(53007)로 출력한다. 상기 지오메트리 정보의 재구성은 지오메트리 정보 예측부(53003)와 별도의 디바이스 또는 컴포넌트에서 수행될 수도 있다. 다른 실시예로, 상기 재구성된 지오메트리는 어트리뷰트 인코더(51007)의 어트리뷰트 변환 처리부(53006)에도 제공될 수 있다.
- [285] 상기 어트리뷰트 인코더(51007)의 색상 변환 처리부(53005)는 도 4의 컬러 변환부(40006) 또는 도 12의 색상 변환 처리부(12008)에 대응한다. 실시예들에 따른 색상 변환 처리부(53005)는 상기 데이터 입력부(51001) 및/또는 공간 분할부(51004)에서 제공되는 어트리뷰트들에 포함된 색상 값(또는 텍스처)을 변환하는 색상 변환 코딩을 수행한다. 예를 들어, 색상 변환 처리부(53005)는 색상 정보의 포맷을 변환(예를 들어 RGB에서 YCbCr로 변환)할 수 있다.

실시예들에 따른 색상 변환 처리부(53005)의 동작은 어트리뷰트들에 포함된 색상 값에 따라 옵션(optional)하게 적용될 수 있다. 다른 실시예로, 상기 색상 변환 처리부(53005)는 재구성된 지오메트리를 기반으로 색상 변환 코딩을 수행할 수 있다. 지오메트리 재구성에 대한 상세 설명은 도 1 내지 도 9의 설명을 참조하기로 한다.

- [286] 실시예들에 따른 어트리뷰트 변환 처리부(53006)는 지오메트리 인코딩이 수행되지 않은 포지션들 및/또는 재구성된 지오메트리를 기반으로 어트리뷰트들을 변환하는 어트리뷰트 변환을 수행할 수 있다.
- [287] 상기 어트리뷰트 변환 처리부(53006)는 색상 재조정(recoloring)부로 호칭될 수 있다.
- [288] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트 변환 처리부(53006)의 동작은 중첩 포인트들(duplicated points)의 병합 여부에 따라 옵션(optional)하게 적용될 수 있다. 상기 중첩 포인트들의 병합 여부는 상기 지오메트리 인코더(51006)의 복셀화 처리부(53001) 또는 옥트리 생성부(53002)에서 수행되는 것을 일 실시예로 한다.
- [289] 본 명세서에서는, 상기 복셀화 처리부(53001) 또는 옥트리 생성부(53002)에서 하나의 복셀에 속한 포인트들이 하나의 포인트로 병합된 경우, 상기 어트리뷰트 변환 처리부(53006)에서 어트리뷰트 변환을 수행하는 것을 일 실시예로 한다.
- [290] 상기 어트리뷰트 변환 처리부(53006)는 도 4의 어트리뷰트 변환부(40007) 또는 도 12의 어트리뷰트 변환 처리부(12009)의 동작 및/또는 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 방법을 수행한다.
- [291] 실시예들에 따라 상기 지오메트리 정보 예측부(53003)에서 재구성된 지오메트리 정보와 상기 어트리뷰트 변환 처리부(53006)에서 출력되는 어트리뷰트 정보는 어트리뷰트 압축을 위해 LOD 구성부(53007)로 제공된다.
- [292] 실시예들에 따라 상기 어트리뷰트 변환 처리부(53006)에서 출력되는 어트리뷰트 정보는 재구성된 지오메트리 정보를 기반으로 RAHT 코딩 기법, LOD 기반의 예측 변환 코딩 기법 및 리프팅 변환 코딩 기법 중 어느 하나 또는 둘 이상을 조합하여 압축될 수 있다.
- [293] 이 후 본 명세서에서는 LOD 기반의 예측 변환 코딩 기법 및 리프팅 변환 코딩 기법 중 어느 하나 또는 둘을 조합하여 어트리뷰트 압축을 수행하는 것을 일 실시예로 한다. 그러므로, RAHT 코딩 기법에 대해서는 설명을 생략하기로 한다. RAHT 변환 코딩에 대한 설명은 도 1 내지 도 9의 설명을 참조하기로 한다.
- [294] 실시예들에 따른 LOD 구성부(53007)는 LOD(Level of Detail)를 생성한다.
- [295] 상기 LOD는 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일을 나타내는 정도로서, LOD 값이 작을수록 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일이 떨어지고, LOD 값이 클수록 포인트 클라우드 콘텐츠의 디테일이 높음을 나타낸다. 재구성된 지오메트리 즉, 재구성된 포지션들의 포인트들은 LOD에 따라 분류될 수 있다.
- [296] 일 실시예로, 예측 변환 코딩 기법과 리프팅 변환 코딩 기법에서는 LOD들로

포인트들을 나누어 그룹핑할 수 있다.

- [297] 이를 LOD 생성 과정이라고 칭하며, 서로 다른 LOD를 갖는 그룹을 LOD_1 집합으로 지칭할 수 있다. 여기서, 1은 LOD를 나타내며 0부터 시작하는 정수이다. LOD_0 는 포인트간의 거리가 가장 큰 포인트들로 구성된 집합이고, 1이 커질수록 LOD_1 에 속한 포인트간의 거리는 작아진다.
- [298] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 상기 LOD 구성부(53007)에서 LOD_1 집합이 생성되면, LOD_1 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 $X(>0)$ 개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾아 예측기(predictor)에 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. X 개는 이웃 포인트로 설정될 수 있는 최대 개수로 사용자 파라미터로 입력받을 수도 있고 또는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다(예, APS에 시그널링된 `lifting_num_pred_nearest_neighbours` 필드).
- [299] 도 9를 예로 들면, LOD_1 에 속하는 P3의 이웃 포인트를 LOD_0 과 LOD_1 에서 찾는다. 예를 들어, 이웃 포인트로 설정될 수 있는 최대 개수(X)가 3이라면, P3와 가장 가까운 3개의 이웃 노드는 P2 P4 P6가 될 수 있다. 이 3개의 노드가 P3의 예측기에 이웃 포인트 집합으로 등록된다. 이 중 이웃 노드 P4가 거리 기반으로 P3와 가장 가깝고 다음에 P6, 그 다음에 P2 인것을 일 실시예로 한다. 여기서, $X=3$ 인 것은 당업자의 이해를 돕기 위한 일 실시예이며, X 값은 달라질 수 있다.
- [300] 전술한 바와 같이, 포인트 클라우드 데이터의 모든 포인트들은 각각 예측기(predictor)를 가질 수 있다.
- [301] 실시예들에 따른 어트리뷰트 정보 예측부(53009)는 예측기에 등록된 이웃 포인트들로부터 어트리뷰트 값을 예측하고, 예측된 어트리뷰트 값을 기반으로 해당 포인트의 잔여 어트리뷰트 값을 구하여 잔여 어트리뷰트 정보 양자화 처리부(53010)로 출력한다.
- [302] 다음은 LOD 생성 및 이웃 포인트 서치(search)에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [303] 전술한 바와 같이, 어트리뷰트 인코더에서 어트리뷰트 압축을 위해, 재구성된 지오메트리의 포인트들을 기반으로 LOD들을 생성하고, 생성된 LOD들을 기반으로 인코드될 포인트의 가장 가까운 이웃 포인트들(nearest neighbor points)을 찾는 과정이 수행된다. 실시예들에 따르면, 수신 장치의 어트리뷰트 디코더에서도 LOD들을 생성하고, 생성된 LOD들을 기반으로 디코드될 포인트의 가장 가까운 이웃 포인트들을 찾는 과정이 수행된다.
- [304] 실시예들에 따르면, LOD 구성부(53007)는 하나 또는 그 이상의 LOD 생성 방법 (또는 LOD 구성 방법)을 이용하여 하나 또는 그 이상의 LOD들을 구성할 수 있다.
- [305] 실시예들에 따르면, LOD 구성부(53007)에서 이용된 LOD 생성 방법은 사용자 파라미터로 입력받을 수도 있고 또는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다. 예를 들어, LOD 생성 방법은 어트리뷰트

파라미터 세트(APS)에 시그널링될 수 있다.

- [306] 실시예들에 따르면, LOD 생성 방법은 옥트리 기반LOD 생성 방법, 거리 기반LOD 생성 방법, 샘플링 기반LOD 생성 방법으로 구분할 수 있다.
- [307] 도 18은 실시예들에 따른 옥트리 기반으로 LOD들을 생성하는 예시를 보인 도면이다.
- [308] 실시예들에 따르면, 옥트리 기반으로 LOD들을 생성하는 경우, 옥트리의 각 깊이(depth) 레벨은 도 18에서와 같이 각 LOD에 매칭될 수 있다. 즉, 옥트리 기반 LOD 생성 방법은 옥트리 구조에서 깊이 레벨이 증가할수록 (즉, 루트에서 리프로 진행되는 방향), 포인트 클라우드 데이터를 표현하는 디테일이 점점 증가하는 특징을 이용하여 LOD들을 생성하는 방법이다. 실시예들에 따라, 옥트리 기반에서 LOD 구성은 루트 노드에서 리프 노드 방향으로 진행할 수도 있고, 반대로 리프 노드에서 루트 노드 방향으로 진행할 수도 있다.
- [309] 실시예들에 따른 거리 기반 LOD 생성 방법은 포인트들을 몰톤(morton) 코드로 정렬하고, 포인트 간의 거리를 기준으로 LOD들을 생성하는 방법이다.
- [310] 실시예들에 따른 샘플링 기반 LOD 생성 방법은 포인트들을 몰톤(morton) 코드로 정렬하고, 매 k번째 해당하는 포인트를 이웃 집합의 후보가 될 수 있는 하위 LOD로 분류하는 방법이다. 즉, 샘플링 시, 매 k개 마다 하나의 포인트를 선택하여 $LOD_0 \sim LOD_{l-1}$ 에 속하는 하위 후보 집합으로 분리하고, 나머지 포인트들은 LOD_l 집합에 등록할 수 있다. 즉, 선택된 포인트들은 LOD_l 집합에 등록된 포인트들의 이웃 포인트 집합으로 선택될 수 있는 후보군이 된다. k는 포인트 클라우드 콘텐츠 마다 다를 수 있다. 여기서, 포인트들은 캡처된 포인트 클라우드의 포인트들일 수도 있고, 재구성된 지오메트리의 포인트들일 수도 있다.
- [311] 본 명세서는 LOD_l 집합을 기준으로 $LOD_0 \sim LOD_{l-1}$ 에 해당하는 하위 후보 집합을 retained 집합 또는 LOD retained 집합이라 칭하기로 한다. LOD_0 는 포인트간의 거리가 가장 큰 포인트로 구성된 집합이고, l이 커질수록 LOD_l 에 속한 포인트간의 거리는 작아진다.
- [312] 실시예들에 따르면, LOD_l 집합 내 포인트들도 Morton 코드 순서 기반으로 정렬되어 있다. 또한, $LOD_0 \sim LOD_{l-1}$ 집합 각각에 포함된 포인트들도 Morton 코드 순서 기반으로 정렬되어 있다.
- [313] 도 19는 실시예들에 따른 포인트 클라우드의 포인트들을 몰톤 코드 순서로 정렬하는 예시를 보인 도면이다.
- [314] 즉, 포인트 클라우드의 각 포인트의 x, y, z 위치 값을 기반으로 각 포인트의 몰톤 코드를 생성한다. 이러한 과정을 거쳐 포인트 클라우드의 포인트들의 몰톤 코드가 생성되면, 몰톤 코드 순서로 포인트 클라우드의 포인트들을 정렬할 수 있다. 실시예들에 따르면, 포인트 클라우드의 포인트들은 몰톤 코드의 오름차순으로 정렬할 수 있다. 몰톤 코드의 오름차순으로 정렬된 포인트들의 순서를 몰톤 순서(Morton order)라 호칭할 수 있다.

- [315] 실시예들에 따른 LOD 구성부(53007)는 물론 순서로 정렬된 포인트들에 대해 샘플링을 수행하여 LOD들을 생성할 수 있다.
- [316] 상기 LOD 구성부(53007)에서 옥트리 기반 LOD 생성 방법, 거리 기반 LOD 생성 방법, 샘플링 기반 LOD 생성 방법 중 적어도 하나의 LOD 생성 방법을 적용하여 LOD_1 집합이 생성되면, 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 LOD_1 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 $X(>0)$ 개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾아 예측기(predictor)에 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다.
- [317] 이때, 이웃 포인트 집합을 구성하기 위하여 모든 포인트들을 서치하려면 시간이 많이 소비되기 때문에, 일부 포인트들만 포함하는 이웃 포인트 서치 범위(search range) 내에서 이웃 포인트 찾기를 수행하는 것을 일 실시예로 한다. 서치 범위는 포인트들의 개수를 의미하며, 128이 될 수도 있고, 256이 될 수도 있고, 이 외 다른 값이 될 수도 있다. 실시예들에 따르면, 서치 범위에 관련된 정보는 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 설정될 수도 있고 또는 사용자 파라미터로 입력받을 수도 있고 또는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다(예, APS에 시그널링된 `lifting_search_range` 필드).
- [318] 도 20은 실시예들에 따른 LOD 기반으로 서치 범위에서 이웃 포인트들을 서치하는 예시를 보인 도면이다. 도면에 도시된 화살표는 실시예들에 따른 물론 순서를 나타낸다.
- [319] 도 20에서, `Indexes list`는 인코드될 포인트들이 속한 LOD 집합 (즉, LOD_1)을 포함하고, `Retained list`는 LOD_1 집합을 기준으로 적어도 하나의 하위 LOD 집합(예, $LOD_0 \sim LOD_{1-1}$)을 포함하는 것을 일 실시예로 한다.
- [320] 실시예들에 따르면, `Indexes list`의 포인트들은 물론 코드의 크기를 기반으로 오름차순으로 정렬되어 있고, `Retained list`의 포인트들도 물론 코드의 크기를 기반으로 오름차순으로 정렬되어 있다. 따라서, `Indexes list`와 `Retained list`에서 물론 순서로 정렬된 포인트들의 가장 앞에 위치한 포인트는 가장 작은 크기의 물론 코드를 갖는다.
- [321] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 LOD_1 집합에 속한 포인트 P_x (즉, 인코드될 포인트 또는 현재 포인트)의 이웃 포인트 집합을 생성하기 위하여 $LOD_0 \sim LOD_{1-1}$ 집합에 속한 포인트들 및/또는 LOD_1 집합에 속한 포인트들 중 물론 순서상 포인트 P_x 보다 앞에 위치한 포인트들 (즉, 물론 코드가 P_x 의 물론 코드보다 작거나 같은 포인트들) 중에서 포인트 P_x 의 물론 코드와 가장 가까운 물론 코드를 갖는 포인트를 서치할 수 있다. 본 명세서는 상기 서치된 포인트를 P_i 또는 중심 포인트라 칭하기로 한다.
- [322] 실시예들에 따르면, 중심 포인트(P_i)를 서치할 때, 포인트 P_x 보다 앞에 위치한 모든 포인트들 중에서 포인트 P_x 의 물론 코드와 가장 가까운 물론 코드를 갖는 포인트(P_i)를 서치할 수도 있고, 또는 서치 범위 내의 포인트들 중에서 포인트 P_x 의 물론 코드와 가장 가까운 물론 코드를 갖는 포인트(P_i)를 서치할 수도 있다.

본 명세서에서 서치 범위는 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 설정할 수도 있고 또는 사용자 파라미터로 입력받을 수도 있다. 또한 서치 범위에 관련된 정보는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다. 본 명세서는 LOD의 개수가 복수개이면 Retained list에서 중심 포인트(Pi)를 서치하고, LOD 개수가 1개이면 Indexes list에서 중심 포인트(Pi)를 서치하는 것을 일 실시예로 한다. 예를 들어, LOD의 개수가 1이면, 몰톤 코드로 정렬된 리스트에서 현재 포인트의 위치 기준으로 서치 범위를 정할 수도 있다.

- [323] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 상기 서치된(또는 선택된) 중심 포인트(Pi)를 기준(중심)으로 앞(즉, 도 20에서 중심 포인트의 왼쪽)과 뒤(즉, (도 20에서 중심 포인트의 오른쪽)로 이웃 포인트 서치 범위(search range)에 속한 포인트들과 포인트 Px와의 거리 값을 각각 비교한다. 그리고, 거리가 가장 가까운 X(예를 들어, 3)개의 포인트들을 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. 여기서 이웃 포인트 서치 범위는 포인트들의 개수인 것을 일 실시예로 한다. 실시예들에 따른 이웃 포인트 서치 범위는 몰톤 순서 상에서 중심 포인트(Pi)의 전 및/또는 후(앞, 뒤)에 위치한 하나 또는 그 이상의 포인트들을 포함할 수 있다. 그리고, X는 이웃 포인트로 등록될 수 있는 최대 개수이다.

- [324] 실시예들에 따른 이웃 포인트 서치 범위(search range)에 관련된 정보와 이웃 포인트로 등록될 수 있는 최대 개수(X)에 대한 정보는 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 설정될 수도 있고, 또는 사용자 파라미터로 입력받을 수도 있고 또는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다(예, APS에 시그널링된 lifting_search_range 필드와 lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드). 실시예들에 따르면, 실제 서치 범위는 lifting_search_range 필드의 값에 2를 곱한 후 중심 포인트를 더한 값(즉, (lifting_search_range 필드의 값*2)+중심 포인트)이 될 수도 있고, lifting_search_range 필드의 값에 중심 포인트를 더한 값(즉, lifting_search_range 필드의 값+중심 포인트)이 될 수도 있고, 또는 lifting_search_range 필드의 값이 될 수도 있다. 본 명세서는 LOD의 개수가 복수개이면 포인트 Px의 이웃 포인트들은 Retained list에서 서치하고, LOD 개수가 1이면 Px의 이웃 포인트들은 Indexes list에서 서치하는 것을 일 실시예로 한다.

- [325] 예를 들어, LOD의 개수가 2 이상이고 서치 범위에 관련된 정보(예, lifting_search_range 필드)가 128이라면, 몰톤 코드로 정렬된 retained 리스트에서 중심 포인트(Pi)를 기준으로 앞의 128개의 포인트들, 뒤의 128개의 포인트들, 그리고 중심 포인트(Pi)가 실제 서치 범위가 된다. 다른 예로, LOD의 개수가 1이고 서치 범위에 관련된 정보가 128이라면, 몰톤 코드로 정렬된 indexes 리스트에서 중심 포인트(Pi)를 기준으로 앞의 128개의 포인트들과 중심 포인트(Pi)가 실제 서치 범위가 된다. 또 다른 예로, LOD의 개수가 1이고 서치 범위에 관련된 정보가 128이라면, 몰톤 코드로 정렬된 indexes 리스트에서 현재 포인트 Px를 기준으로 앞의 128개의 포인트들이 실제 서치 범위가 된다.

- [326] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 실제 서치 범위 내의 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교하여 거리가 가장 가까운 X 개의 포인트들을 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다.
- [327] 한편, 콘텐츠가 캡처된 오브젝트, 캡처된 방식, 사용된 장비 등에 따라서 콘텐츠의 어트리뷰트 특성이 다르게 나타날 수 있다.
- [328] 도 21의 (a), 도 21의 (b)는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 콘텐츠의 예시들을 보인 도면이다.
- [329] 도 21의 (a)는 하나의 오브젝트를 3D 스캐너로 캡처한 고밀도(dense)의 포인트 클라우드 데이터의 예시로서, 오브젝트의 어트리뷰트 간에 연관성(correlation)을 많이 가지고 있을 수 있다. 도 21의 (b)는 LiDAR 장비로 넓은 영역을 캡처한 저밀도(sparse)의 포인트 클라우드 데이터의 예시로서, 포인트들간의 어트리뷰트 연관성은 낮을 수 있다. 고밀도 포인트 클라우드 데이터의 예시로서 정지 영상이 해당될 수 있고, 저밀도 포인트 클라우드 데이터의 예시로서 드론이나 자율 주행 자동차 등이 해당될 수 있다.
- [330] 이와 같이 콘텐츠가 캡처된 오브젝트, 캡처된 방식, 사용된 장비 등에 따라서 콘텐츠의 어트리뷰트 특성이 다르게 나타날 수 있는데, 이를 고려하지 않고 어트리뷰트 인코딩시 이웃 포인트 서치를 수행하여 이웃 포인트 집합을 구성하게 되면, 해당 포인트와 등록된 이웃 포인트들과의 거리가 모두 인접하지 않을 수도 있다. 예를 들어, 중심 포인트(P_i)를 기준(중심)으로 앞과 뒤로 이웃 포인트 서치 범위(search range)에 속한 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교하여, 거리가 가장 가까운 X (예를 들어, 3)개의 포인트들을 이웃 포인트 집합으로 등록하였을 때, X 개의 등록된 이웃 포인트들 중 적어도 하나는 포인트 P_x 로부터 멀리 떨어져 있을 수 있다. 다시 말해, X 개의 등록된 이웃 포인트들 중 적어도 하나는 포인트 P_x 의 실제 이웃 포인트가 아닐 수 있다.
- [331] 이러한 현상은 고밀도 포인트 클라우드 데이터보다는 저밀도 포인트 클라우드 데이터에서 발생 확률이 높다. 예를 들어, 도 21의 (a)에서와 같이 콘텐츠 내에 하나의 오브젝트가 있고, 그 하나의 오브젝트가 색상의 연속성/유사성을 가지고 있고, 고밀도로 캡처되었고, 캡처된 영역이 적은 영역이라면, 이웃 포인트와 거리가 다소 떨어져 있어도 포인트의 어트리뷰트의 연관성이 높은 콘텐츠도 존재할 수 있다. 반대로, 도 21의 (b)에서와 같이 LiDAR 장비로 상당히 넓은 영역을 저밀도로 캡처하였다면, 이웃 포인트의 거리가 특정 범위 내에 있어야만 색상의 연관성이 있는 콘텐츠도 존재할 수 있다. 그러므로, 도 21의 (b)와 같은 저밀도 포인트 클라우드 데이터의 어트리뷰트 인코딩시 이웃 포인트 서치를 통해 등록된 이웃 포인트들의 일부는 인코드될 해당 포인트의 실제 이웃 포인트가 아닐 수 있게 된다.
- [332] 또한, 이러한 현상은 LOD 생성시 포인트들을 물론 오더로 정렬하였을 때 발생 확률이 높다. 즉, 물론 오더는 빠르게 근처 포인트로 정렬하게 해주지만, 물론 코드가 가지고 있는 지그재그 스캔 특징으로 인해 점핑 구간(즉, 도 19의 중간

중간 긴 선)이 발생하여 위치가 크게 변경될 수 있고, 그럴 경우 서치 범위 내에서 이웃 포인트 서치를 통해 등록된 이웃 포인트들의 일부는 인코드될 해당 포인트의 실제 가장 가까운 이웃 포인트가 아닐 수 있게 된다.

[333] 도 22의 (a)와 도 22의 (b)는 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합에 속한 포인트들 각각의 평균 거리, 최소 거리, 최대 거리의 예시들을 도면이다.

[334] 도 22의 (a)는 FORD라는 콘텐츠의 100번째 프레임의 예시를 보이고 있고, 도 22의 (b)는 QNX라는 콘텐츠의 1번째 프레임의 예시를 보이고 있다.

[335] 도 22의 (a)와 도 22의 (b)는 당업자의 이해를 돕기 위한 일 실시예이며, 도 22의 (a)와 도 22의 (b)는 동일한 콘텐츠의 서로 다른 프레임일 수도 있고, 서로 다른 콘텐츠의 특정 프레임일 수도 있다.

[336] 설명의 편의를 위해, 도 22의 (a)는 제1 프레임이라 칭하고, 도 22의 (b)는 제2 프레임이라 칭하기로 한다.

[337] 도 22의 (a)의 제1 프레임은 전체(total) 포인트의 개수가 80265이며, 이 중 가장 가까운 이웃(NN) 포인트가 1개만 등록된 포인트들이 4, 2개가 등록된 포인트들이 60개, 3개가 등록된 포인트들이 80201인 예이다. 즉, 이웃 포인트로 등록될 수 있는 최대 포인트의 개수는 3이지만, 프레임 내 포인트 위치에 따라 1이나 2가 될 수도 있다.

[338] 도 22의 (b)의 제2 프레임은 전체(total) 포인트의 개수가 31279이며, 이 중 가장 가까운 이웃(NN) 포인트가 1개만 등록된 포인트들이 3496, 2개가 등록된 포인트들이 219개, 3개가 등록된 포인트들이 27564인 예이다.

[339] 도 22의 (a)의 제1 프레임과 도 22의 (b)의 제2 프레임에서, NN1이 가장 가까운 이웃 포인트, NN2가 다음으로 가까운 이웃 포인트, NN3이 그 다음으로 가까운 이웃 포인트이다. 도 22의 (a)의 제1 프레임에서 NN2의 최대 거리는 1407616이고, NN3의 최대 거리는 1892992인데 반해, 도 22의 (b)의 제2 프레임에서 NN2의 최대 거리는 116007040이고, NN3의 최대 거리는 310887696이다.

[340] 즉, 콘텐츠에 따라 또는 프레임에 따라 상당히 큰 거리 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서, 등록된 이웃 포인트들의 일부는 실제 이웃 포인트가 아닐 수 있게 된다.

[341] 이와 같이, 인코드될 포인트와 등록된 이웃 포인트 간에 거리 차이가 크게 나게 되면, 두 포인트 간의 어트리뷰트 차이도 클 가능성이 크다. 그리고, 이러한 이웃 포인트를 포함하는 이웃 포인트 집합을 기반으로 예측을 수행하고 잔여 어트리뷰트 값을 구하게 되면, 잔여 어트리뷰트 값이 커지게 되어 결국 비트스트림 사이즈가 커지는 문제가 발생할 수 있다.

[342] 다시 말해, 콘텐츠 또는 프레임이 갖고 있는 특징은 어트리뷰트 예측을 하기 위해 이웃 포인트 집합을 구성할 때 영향을 줄 수 있으며, 이는 어트리뷰트 압축 효율에 영향을 줄 수 있다.

[343] 따라서 본 명세서는 포인트 클라우드 콘텐츠의 어트리뷰트 인코딩을 위해 이웃

포인트 집합을 구성할 때, 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들 간의 어트리뷰트 연관성을 고려하여 이웃 포인트를 선택하도록 함으로써, 의미없는 포인트는 이웃 포인트 집합으로 선택되지 않도록 한다. 이렇게 함으로써, 잔여 어트리뷰트 값이 작아지고 이로 인해 비트스트림 사이즈도 작아지게 되므로, 어트리뷰트 압축 효율이 좋아지게 된다. 다시 말해, 본 명세서는 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들간의 어트리뷰트 연관성을 고려하여 이웃 포인트 집합으로 선택될 수 있는 포인트들을 제한하는 방법을 이용함으로써, 어트리뷰트 압축 효율을 높일 수 있다.

- [344] 본 명세서는 포인트 클라우드 콘텐츠의 어트리뷰트 인코딩 과정에서 이웃 포인트 집합을 구성할 때 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들간의 어트리뷰트 연관성을 고려하기 위하여, 이웃 포인트 최대 거리(or maximum nearest neighbor distance라 함)를 적용하는 것을 일 실시예로 한다.
- [345] 본 명세서는 포인트 클라우드 콘텐츠의 어트리뷰트 인코딩 시, 서치 범위 및/또는 이웃 포인트 최대 거리를 적용하여 이웃 포인트 집합을 구성하는 것을 일 실시예로 한다.
- [346] 예를 들어, 중심 포인트(P_i)를 기준(중심)으로 앞과 뒤로 이웃 포인트 서치 범위에 속한 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교하여, 거리가 가장 가까운 X (예를 들어, 3)개의 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리보다 멀리 있는 포인트는 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합에 등록시키지 않는다. 다시 말해, 중심 포인트(P_i)를 기준(중심)으로 앞과 뒤로 이웃 포인트 서치 범위에 속한 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교하여, 거리가 가장 가까운 X (예를 들어, 3)개의 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트만 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록시킨다. 예를 들어, 거리가 가장 가까운 3개의 포인트들 중 1개가 이웃 포인트 최대 거리보다 멀리 있으면, 멀리 있는 1개의 포인트는 제외시키고 나머지 2개의 포인트들만 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록시킬 수 있다.
- [347] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 콘텐츠의 어트리뷰트 특성에 관계없이 최적의 어트리뷰트 압축 효율을 만들기 위해 콘텐츠의 어트리뷰트 특성에 따라 이웃 포인트 최대 거리를 적용할 수 있다. 여기서 이웃 포인트 최대 거리는 LOD 생성 방식(옥트리 기반, 거리 기반, 샘플링 기반)에 따라 다르게 계산될 수 있다. 즉, 이웃 포인트 최대 거리는 각 LOD별로 다르게 적용할 수 있다.
- [348] 본 명세서에서 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트의 최대 거리 또는 최대 이웃 포인트 거리와 혼용하여 사용된다. 다시 말해, 본 명세서에서 이웃 포인트 최대 거리, 이웃 포인트의 최대 거리 또는 최대 이웃 포인트 거리는 동일한 의미로서 사용된다.
- [349] 본 명세서에서 이웃 포인트 최대 거리는 하기의 수학적식 5와 같이 이웃 포인트 기본 거리(base distance 또는 기준 거리라 함)에 NN_range 를 곱하여 획득할 수

있다.

[350] [수학식 5]

[351] 이웃 포인트 최대 거리 = 이웃 포인트 기본 거리 * NN_range

[352] 수학식 5에서 NN_range는 이웃 포인트로 선택될 수 있는 범위이며, 이웃 포인트 최대 범위 또는 이웃 포인트 범위 또는 가장 가까운 이웃 범위(nearest neighbor range)라 칭하기로 한다.

[353] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 콘텐츠의 특성에 따라 NN_range를 자동 또는 수동으로 설정할 수도 있고, 사용자 파라미터로 입력받아 NN_range를 설정할 수도 있다. 또한 NN_range에 관련된 정보는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다. 상기 NN_range에 관련된 정보를 포함하는 시그널링 정보는 SPS, APS, 타일 파라미터 세트, 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나가 될 수 있다. 수신 장치의 어트리뷰트 디코더에서는 상기 시그널링 정보를 기반으로 이웃 포인트 집합을 생성할 수 있으며, 이 경우 어트리뷰트 인코딩의 어트리뷰트 예측에서 사용했던 이웃 포인트들을 그대로 복원하여 어트리뷰트 디코딩에 적용할 수 있다.

[354] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 옥트리 기반, 거리 기반, 샘플링 기반, LOD별 물톤 코드 평균 차이 기반, 또는 LOD별 평균 거리 차이 기반 중 하나 또는 그 이상을 조합하여 이웃 포인트 기본 거리를 계산/설정할 수 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 기본 거리를 계산/설정하기 위해 사용된 방식은 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보(예, APS)에 시그널링될 수 있다.

[355] 다음은 옥트리 기반으로 LOD들을 생성한 경우, 이웃 포인트의 기본 거리와 이웃 포인트 최대 거리를 획득하는 실시예들을 설명한다.

[356] 도 18에서 보는 바와 같이, LOD 구성부(53007)에서 옥트리 기반으로 LOD들을 생성할 때, 옥트리의 각 깊이 레벨은 각 LOD에 매칭될 수 있다.

[357] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 옥트리 기반으로 생성된 LOD들을 기반으로 이웃 포인트의 최대 거리를 구할 수 있다.

[358] 실시예들에 따르면, LOD 구성부(53007)에서 옥트리 기반으로 LOD들을 생성하면, 공간 스케일러빌리티(spatial scalability)를 지원할 수 있다. 공간 스케일러빌리티(spatial scalability)는 소스 포인트 클라우드의 밀도가 높을 때(dense), 더 작은 디코더 복잡성(less decoder complexity) 및/또는 더 작은 대역폭(less bandwidth)를 갖는 썸네일처럼 보다 낮은 해상도의 포인트 클라우드를 액세스할 수 있게 한다(With the spatial scalability, one can access a lower resolution point cloud as a thumbnail with less decoder complexity and/or with less bandwidth when a source point cloud is dense). 예를 들어, 지오메트리 인코딩/디코딩시에 옥트리의 깊이 레벨을 조절하여 선택된 깊이 레벨까지만 오큐판시 비트들을 인코딩하거나 디코딩하는 과정을 통해 지오메트리의 공간 스케일러빌리티(spatial scalability) 기능을 제공할 수 있다. 또한, 어트리뷰트

인코딩/디코딩시에도 옥트리의 선택된 깊이 레벨부터 LOD들을 생성하고 어트리뷰트 인코딩/디코딩할 포인트들을 구성하는 과정을 통해 어트리뷰트의 공간 스케일러빌리티(spatial scalability) 기능을 제공할 수 있다.

[359] 실시예들에 따르면, 공간 스케일러빌리티를 위해 LOD 구성부(53007)는 옥트리 기반으로 LOD들을 생성하고, 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 옥트리 기반으로 생성된 LOD들을 기반으로 이웃 포인트 서치를 수행할 수 있다.

[360] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 옥트리 기반으로 생성된 현재 LOD에 속하는 포인트들이 이전 LOD들에서 이웃 포인트들을 서치할 때, 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트 기본 거리(base distance 또는 기준 거리라 함)에 NN_range를 곱하여 획득할 수 있다(=이웃 포인트 기본 거리 * NN_range).

[361] 실시예들에 따르면, 옥트리 기반으로 생성된 특정 LOD에서 한 노드(one node)의 최대 거리(즉, 대각선 거리)를 기본 거리(또는 이웃 포인트 기본 거리)로 정의할 수 있다.

[362] 실시예들에 따르면, 현재 LOD(예를 들어, indexes list에 속한 LOD₁ 집합)에 속하는 포인트들이 이전 LOD들(예를 들어, retained list에 속한 LOD₀~LOD₁₋₁ 집합)에서 이웃 포인트들을 서치할 때, 현재 LOD의 옥트리 노드의 상위 노드(부모 노드)의 대각선 거리가 이웃 포인트 최대 거리를 획득하기 위한 기본 거리가 될 수 있다.

[363] 일 실시예에 따른 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리(즉, 최대 거리)인 기본 거리는 다음의 수학식 6과 같이 구할 수 있다.

[364] [수학식 6]

$$[365] \quad \text{기본 거리} = \sqrt{2^{lod^2} \times 3}$$

[366] 다른 실시예에 따른 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리(즉, 최대 거리)인 기본 거리는 다음의 수학식 7과 같이 L2 기반으로 구할 수 있다.

[367] [수학식 7]

$$[368] \quad \text{L2 기반 기본 거리} = 2^{lod^2} \times 3$$

[369] 일반적으로 2점 사이의 거리를 계산할 때 맨하탄(Manhattan) 거리 계산법 또는 유클리드(Euclidean 또는 유클리디안이라 함) 거리 계산법이 사용되는데, 맨하탄 거리를 L1 거리라 칭하고, 유클리드 거리를 L2 거리라 칭한다. 그리고, 유클리드 거리를 사용하여 유클리드 공간을 정의할 수 있으며, 이 거리에 대응하는 노름(norm)을 유클리드 노름 또는 L2 노름이라 칭한다. 노름은 벡터의 길이 또는 크기를 측정하는 방법(함수)이다.

[370] 도 23의 (a)는 LOD₀의 옥트리 노드의 대각선 거리를 구하는 예시를 보인 것이다. 실시예들에 따라 도 23의 (a)를 수학식 6에 적용하면, 기본 거리는 $\sqrt{3}$ 이 되고, 수학식 7에 적용하면 기본 거리는 3이 된다.

[371] 도 23의 (b)는 LOD₁의 옥트리 노드의 대각선 거리를 구하는 예시를 보인 것이다. 실시예들에 따라 도 23의 (b)를 수학식 6에 적용하면, 기본 거리는 $\sqrt{12}$

이 되고, 수학식 7에 적용하면 기본 거리는 12가 된다.

- [372] 도 24의 (a)와 도 24의 (b)는 각 LOD에서 이웃 포인트로 선택될 수 있는 범위(NN_range)의 예시들을 보이고 있다. 더욱 상세하게는, 도 24의 (a)는 LOD₀에서 NN_range가 1일때의 예시이고, 도 24의 (b)는 LOD₀에서 NN_range가 3일때의 예시를 보이고 있다. 실시예들에 따르면, NN_range는 콘텐츠의 특성에 따라 자동 또는 수동으로 설정될 수도 있고, 사용자 파라미터로 입력받아 설정될 수도 있다. 또한 NN_range에 관련된 정보는 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다. 상기 NN_range에 관련된 정보를 포함하는 시그널링 정보는 SPS, APS, 타일 파라미터 세트, 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나가 될 수 있다. 실시예들에 따라 이웃 포인트로 설정될 수 있는 범위(NN_range)는 옥트리 노드 범위와 상관없이 임의의 값(예를 들어, 기본 거리의 배수)을 설정될 수도 있다.
- [373] 실시예들에 따라 도 24의 (a)를 수학식 5와 수학식 6에 적용하면, 이웃 포인트 최대 거리는 $\sqrt{3}(=\sqrt{3}*1)$ 이 되고, 도 24의 (b)를 수학식 5와 수학식 6에 적용하면, 이웃 포인트 최대 거리는 $\sqrt{3}*3$ 이 된다.
- [374] 실시예들에 따라 도 24의 (a)를 수학식 5와 수학식 7에 적용하면, 이웃 포인트 최대 거리는 $3(=3*1)$ 이 되고, 도 24의 (b)를 수학식 5와 수학식 7에 적용하면, 이웃 포인트 최대 거리는 $9(=3*3)$ 이 된다.
- [375] 다음은 거리 기반으로 LOD들을 생성한 경우, 이웃 포인트의 기본 거리와 이웃 포인트 최대 거리를 획득하는 실시예들을 설명한다.
- [376] 실시예들에 따르면, 거리 기반으로 LOD들을 구성할 때, 이웃 포인트 기본 거리는 현재 LOD (즉, LOD_L) 레벨에서 포인트들을 구성하기 위해 사용된 거리로 설정할 수 있다. 즉, LOD별 기본 거리는 LOD_L레벨에서 LOD 생성에 적용한 거리(dist2_L)로 설정할 수 있다.
- [377] 도 25는 실시예들에 따라 각 LOD에 속한 이웃 포인트 기본 거리의 예시들을 보이고 있다.
- [378] 따라서, 거리 기반으로 LOD들을 구성할 때, 이웃 포인트 최대 거리는 거리 기반의 이웃 포인트 기본 거리(dist2_L)에 NN_range를 곱하여 획득할 수 있다.
- [379] 실시예들에 따르면, NN_range는 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 콘텐츠의 특성에 따라 자동 또는 수동으로 설정될 수도 있고, 사용자 파라미터로 입력받아 설정될 수도 있다. 또한 NN_range에 관련된 정보는 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다. 상기 NN_range에 관련된 정보를 포함하는 시그널링 정보는 SPS, APS, 타일 파라미터 세트, 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나가 될 수 있다. 실시예들에 따라 이웃 포인트로 설정될 수 있는 범위(NN_range)는 임의의 값(예를 들어, 기본 거리의 배수)으로 설정될 수도 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트와의 거리를 계산하는 방법에 맞추어 NN_Range를 조정할 수 있다.
- [380] 다음은 샘플링 기반으로 LOD들을 생성한 경우, 이웃 포인트의 기본 거리와

이웃 포인트 최대 거리를 획득하는 실시예들을 설명한다.

- [381] 실시예들에 따르면, 샘플링(즉, 데시메이션, decimation) 기반으로 LOD들이 생성되었을 때, 기본 거리는 샘플링률(sampling rate)에 따라서 결정될 수 있다. 실시예들에 따르면, 샘플링 기반 LOD 구성 방식은 포인트들의 위치 값을 기준으로 몰톤 코드를 만들고, 몰톤 코드에 따라 포인트들을 정렬한 후, 정렬된 순서에 따라 k 번째에 해당하지 않는 포인트(즉, 노드)를 현재의 LOD에 등록한다. 따라서 각 LOD 별로 서로 다른 k 를 가질 수 있고 k_L 로 표시할 수 있다.
- [382] 일 실시예에 따르면, 몰톤 코드 기반으로 정렬된 포인트들에 샘플링 방식을 적용하여 LOD들을 생성하였을 때, 각 LOD 에서 연속된 k_L 번째 포인트들의 평균 거리를 각 LOD에서 이웃 포인트 기본 거리로 설정할 수 있다. 즉, 몰톤 코드 기반으로 정렬된 현재 LOD에서 연속된 k_L 번째 포인트들의 평균 거리를 현재 LOD의 이웃 포인트 기본 거리로 설정할 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 몰톤 코드 기반으로 정렬된 포인트들에 샘플링 방식을 적용하여 LOD들을 생성하였을 때, 현재 LOD 레벨로부터 옥트리의 깊이 레벨을 추정하고, 추정된 옥트리 깊이 레벨의 노드의 대각선 길이를 이웃 포인트 기본 거리로 설정할 수 있다. 즉, 전술한 수학식 6 또는 수학식 7을 적용하여 이웃 포인트 기본 거리를 획득할 수 있다.
- [383] 따라서, 샘플링 기반으로 LOD들을 구성할 때, 이웃 포인트 최대 거리는 샘플링 기반의 이웃 포인트 기본 거리에 NN_range 를 곱하여 획득할 수 있다.
- [384] 실시예들에 따르면, NN_range 는 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 콘텐츠의 특성에 따라 자동 또는 수동으로 설정될 수도 있고, 사용자 파라미터로 입력받아 설정될 수도 있다. 또한 NN_range 에 관련된 정보는 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다. 상기 NN_range 에 관련된 정보를 포함하는 시그널링 정보는 SPS, APS, 타일 파라미터 세트, 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나가 될 수 있다. 실시예들에 따라 이웃 포인트로 설정될 수 있는 범위(NN_range)는 임의의 값(예를 들어, 기본 거리의 배수)으로 설정될 수도 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트와의 거리를 계산하는 방법에 맞추어 NN_Range 를 조정할 수 있다.
- [385] 본 명세서는 위에서 설명한 이웃 포인트 기본 거리를 획득하는 방식 이외에 다른 방식을 이용하여 이웃 포인트 기본 거리를 획득할 수 있다.
- [386] 예를 들어, LOD 구성시 샘플링된 포인트들의 몰톤 코드 평균 차이를 계산하여 이웃 포인트 기본 거리로 설정할 수 있다. 그리고, 상기 설정된 이웃 포인트 기본 거리에 NN_range 를 곱하여 이웃 포인트 최대 거리를 획득할 수 있다.
- [387] 다른 예로, 거리 기반이나 샘플링 기반에 상관없이 현재 구성된 LOD별로 평균 거리 차이를 계산하여 이웃 포인트 기본 거리를 설정할 수 있다. 그리고, 상기 설정된 이웃 포인트 기본 거리에 NN_range 를 곱하여 이웃 포인트 최대 거리를 획득할 수 있다.
- [388] 또 다른 예로, 각 LOD별로 이웃 포인트 기본 거리를 사용자 파라미터로

입력받아 이웃 포인트 최대 거리의 획득에 적용한 후, 입력된 이웃 포인트 기본 거리에 대한 정보를 시그널링 정보에 시그널링할 수 있다.

- [389] 지금까지 설명한 것처럼, 이웃 포인트 기본 거리는 LOD 구성 방법에 따라 가장 좋은 이웃 포인트 기본 거리 계산 방식이 적용되어 구해질 수 있다. 다른 실시예로, 이웃 포인트 기본 거리를 계산하는 방식은 임의로 원하는 방식을 선택하여 적용하고 시그널링 정보에 시그널링함으로써, 수신 장치의 디코더에서 포인트 복원시 이용할 수도 있다. 실시예들에 따라 포인트 클라우드 콘텐츠의 어트리뷰트에 부합하고 압축 성능을 최대화할 수 있는 이웃 포인트 최대 거리 계산 방식이 사용될 수 있다.
- [390] 지금까지 설명한 LOD 구성 방법, 이웃 포인트 기본 거리 획득 방법, NN_range 획득 방법, 이웃 포인트 최대 거리 획득 방법은 수신 장치에서 예측 변환 또는 리프팅 변환을 위한 LOD 구성 및 이웃 포인트 집합을 구성할 때 동일 또는 유사하게 적용할 수 있다.
- [391] 일 실시예에 따르면, 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 전술한 바와 같이 LOD₁ 집합이 생성되고, 이웃 포인트 최대 거리가 결정되면, LOD₁ 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 서치 범위 내에 있는 포인트들 중 X(예, 3)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾는다. 그리고 나서, X(예, 3)개의 NN 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 NN 포인트들만 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. 따라서, 이웃 포인트 집합으로 등록되는 NN 포인트들의 개수는 X와 같거나 작다. 다시 말해, X개의 NN 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있지 않은 NN 포인트는 이웃 포인트 집합으로 등록되지 않고 제외된다. 예를 들어, 3개의 NN 포인트들 중 2개의 NN 포인트들이 이웃 포인트 최대 거리 내에 있지 않으면, 2개의 NN 포인트들은 제외되고, 나머지 하나의 NN 포인트만 이웃 포인트 집합으로 등록된다.
- [392] 다른 실시예에 따르면, 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 전술한 바와 같이 LOD₁ 집합이 생성되고, 이웃 포인트 최대 거리가 결정되면, LOD₁ 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 서치 범위 내에 있는 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 X(예, 3)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾아 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다.
- [393] 즉, 이웃 포인트 최대 거리를 적용하는 시기(또는 위치)에 따라 이웃 포인트 집합으로 등록될 수 있는 NN 포인트들의 개수가 달라질 수 있다. 다시 말해, 이웃 포인트 서치를 통해 X개의 NN 포인트들을 찾은 후 이웃 포인트 최대 거리를 적용하는지 또는 포인트들 간의 거리를 계산할 때 이웃 포인트 최대 거리를 적용하는지에 따라 이웃 포인트 집합으로 등록되는 NN 포인트들의 개수가 달라질 수 있다. X개는 이웃 포인트로 설정될 수 있는 최대 개수로 사용자 파라미터로 입력받을 수도 있고 또는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링

정보에 시그널링될 수도 있다(예, APS에 시그널링된 `lifting_num_pred_nearest_neighbours` 필드).

- [394] 도 26은 실시예들에 따른 서치 범위 및 이웃 포인트 최대 거리를 적용하여 이웃 포인트들을 서치하는 예시를 보인 도면이다. 도면에 도시된 화살표는 실시예들에 따른 물톤 순서를 나타낸다.
- [395] 도 26에서, `Indexes list`는 인코드될 포인트들이 속한 LOD 집합 (즉, LOD_0)을 포함하고, `Retained list`는 LOD_1 집합을 기준으로 적어도 하나의 하위 LOD 집합(예, $LOD_0 \sim LOD_{L-1}$)을 포함하는 것을 일 실시예로 한다.
- [396] 실시예들에 따르면, `Indexes list`의 포인트들과 `Retained list`의 포인트들은 각각 물톤 코드의 크기를 기반으로 오름차순으로 정렬되어 있다. 따라서, `Indexes list`와 `Retained list`에서 물톤 순서로 정렬된 포인트들의 가장 앞에 위치한 포인트는 가장 작은 크기의 물톤 코드를 갖는다.
- [397] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 LOD_1 집합에 속한 포인트 P_x (즉, 인코드될 포인트 또는 현재 포인트)의 이웃 포인트 집합을 등록하기 위하여 $LOD_0 \sim LOD_{L-1}$ 집합에 속한 포인트들 및/또는 LOD_1 집합에 속한 포인트들 중 물톤 순서상 포인트 P_x 보다 앞에 위치한 포인트들 (즉, 물톤 코드가 P_x 의 물톤 코드보다 작거나 같은 포인트들) 중에서 포인트 P_x 의 물톤 코드와 가장 가까운 물톤 코드를 갖는 중심 포인트(P_i)를 서치할 수 있다.
- [398] 실시예들에 따르면, 중심 포인트(P_i)를 서치할 때, 포인트 P_x 보다 앞에 위치한 모든 포인트들 중에서 포인트 P_x 의 물톤 코드와 가장 가까운 물톤 코드를 갖는 포인트(P_i)를 서치할 수도 있고, 또는 서치 범위 내의 포인트들 중에서 포인트 P_x 의 물톤 코드와 가장 가까운 물톤 코드를 갖는 포인트(P_i)를 서치할 수도 있다. 본 명세서에서 서치 범위는 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 설정할 수도 있고 또는 사용자 파라미터로 입력받을 수도 있다. 또한 서치 범위에 관련된 정보는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다. 본 명세서는 LOD의 개수가 복수개이면 `Retained list`에서 중심 포인트(P_i)를 서치하고, LOD 개수가 1개이면 `Indexex list`에서 중심 포인트(P_i)를 서치하는 것을 일 실시예로 한다. 예를 들어, LOD의 개수가 1이면, 물톤 코드로 정렬된 리스트에서 현재 포인트의 위치 기준으로 서치 범위를 정할 수도 있다.
- [399] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 상기 서치된(또는 선택된) 중심 포인트(P_i)를 기준(중심)으로 앞(즉, 도 26에서 왼쪽)과 뒤(즉, 도 26에서 오른쪽)로 이웃 포인트 서치 범위에 속한 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교한다. 그리고, 거리가 가장 가까운 X(예를 들어, 3)개의 포인트들을 선택하고, 선택된 X개의 포인트들 중 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트들만 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 여기서 이웃 포인트 서치 범위는 포인트들의 개수인 것을 일 실시예로 한다. 실시예들에 따른 이웃 포인트 서치 범위는 물톤 순서 상에서 중심 포인트(P_i)의 전 및/또는 후(앞, 뒤)에 위치한 하나 또는 그 이상의 포인트들을 포함할 수 있다.

그리고, X는 이웃 포인트로 등록될 수 있는 최대 개수이다.

- [400] 실시예들에 따른 이웃 포인트 서치 범위(search range)에 관련된 정보와 이웃 포인트로 등록될 수 있는 최대 개수(X)에 대한 정보는 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 설정될 수도 있고, 또는 사용자 파라미터로 입력받을 수도 있고 또는 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다(예, APS에 시그널링된 `lifting_search_range` 필드와 `lifting_num_pred_nearest_neighbours` 필드). 실시예들에 따르면, 실제 서치 범위는 `lifting_search_range` 필드의 값에 2를 곱한 후 중심 포인트를 더한 값(즉, $(\text{lifting_search_range 필드의 값} \times 2) + \text{중심 포인트}$)이 될 수도 있고, `lifting_search_range` 필드의 값에 중심 포인트를 더한 값(즉, $\text{lifting_search_range 필드의 값} + \text{중심 포인트}$)이 될 수도 있고, 또는 `lifting_search_range` 필드의 값이 될 수도 있다. 본 명세서에서 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 LOD의 개수가 복수개이면 포인트 P_x 의 이웃 포인트들은 Retained list에서 서치하고, LOD 개수가 1이면 P_x 의 이웃 포인트들은 Index list에서 서치하는 것을 일 실시예로 한다.
- [401] 예를 들어, LOD의 개수가 2 이상이고 서치 범위에 관련된 정보(예, `lifting_search_range` 필드)가 128이라면, 물론 코드로 정렬된 retained 리스트에서 중심 포인트(P_i)를 기준으로 앞의 128개의 포인트들, 뒤의 128개의 포인트들, 그리고 중심 포인트(P_i)가 실제 서치 범위가 된다. 다른 예로, LOD의 개수가 1이고 서치 범위에 관련된 정보가 128이라면, 물론 코드로 정렬된 indexes 리스트에서 중심 포인트(P_i)를 기준으로 앞의 128개의 포인트들과 중심 포인트(P_i)가 실제 서치 범위가 된다. 또 다른 예로, LOD의 개수가 1이고 서치 범위에 관련된 정보가 128이라면, 물론 코드로 정렬된 indexes 리스트에서 현재 포인트 P_x 를 기준으로 앞의 128개의 포인트들이 실제 서치 범위가 된다.
- [402] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 실제 서치 범위 내의 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교하여 거리가 가장 가까운 X개의 포인트들을 찾고, 이 X개의 포인트들 중 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트들만 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 즉, 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록되는 이웃 포인트는 상기 X개의 포인트들 중 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트로 제한된다.
- [403] 이와 같이 본 명세서는 포인트 클라우드 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들간의 어트리뷰트 특성(연관성)을 고려하여 이웃 포인트 집합으로 선택될 수 있는 포인트들을 제한함으로써, 어트리뷰트 압축 효율을 높일 수 있는 효과를 제공할 수 있다.
- [404] 도 27은 실시예들에 따른 서치 범위 및 이웃 포인트 최대 거리를 적용하여 이웃 포인트들을 서치하는 다른 예시를 보인 도면이다. 도면에 도시된 화살표는 실시예들에 따른 물론 순서를 나타낸다.

- [405] 도 27은 이웃 포인트 최대 거리를 적용하는 위치를 제외하고 도 26과 유사하므로, 도 26과 중복되는 대부분의 설명은 생략하기로 한다. 그러므로, 도 27에서 생략되거나 설명되지 않은 부분은 도 26의 설명을 참조하기로 한다.
- [406] 실시예들에 따르면, Indexes list의 포인트들과 Retained list의 포인트들은 각각 몰톤 코드의 크기를 기반으로 오름차순으로 정렬되어 있다.
- [407] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 LOD_1 집합에 속한 포인트 P_x (즉, 인코드될 포인트 또는 현재 포인트)의 이웃 포인트 집합을 등록하기 위하여 $LOD_0 \sim LOD_{L-1}$ 집합에 속한 포인트들 및/또는 LOD_1 집합에 속한 포인트들 중 몰톤 순서상 포인트 P_x 보다 앞에 위치한 포인트들 (즉, 몰톤 코드가 P_x 의 몰톤 코드보다 작거나 같은 포인트들) 중에서 포인트 P_x 의 몰톤 코드와 가장 가까운 몰톤 코드를 갖는 중심 포인트(P_i)를 서치할 수 있다.
- [408] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 상기 서치된(또는 선택된) 중심 포인트(P_i)를 기준(중심)으로 앞(즉, 도 27에서 왼쪽)과 뒤(즉, 도 27에서 오른쪽)로 이웃 포인트 서치 범위에 속한 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교한다. 그리고 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있으면서 거리가 가장 가까운 X(예를 들어, 3)개의 포인트들을 선택하여 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록한다.
- [409] 본 명세서는 LOD의 개수가 복수개이면 Retained list의 실제 서치 범위에서 포인트 P_x 의 이웃 포인트들을 서치하고, LOD 개수가 1이면 Indexes list의 실제 서치 범위에서 P_x 의 이웃 포인트들을 서치하는 것을 일 실시예로 한다.
- [410] 예를 들어, LOD의 개수가 2 이상이고 서치 범위에 관련된 정보(예, lifting_search_range 필드)가 128이라면, 몰톤 코드로 정렬된 retained 리스트에서 중심 포인트(P_i)를 기준으로 앞의 128개의 포인트들, 뒤의 128개의 포인트들, 그리고 중심 포인트(P_i)가 실제 서치 범위가 된다. 다른 예로, LOD의 개수가 1이고 서치 범위에 관련된 정보가 128이라면, 몰톤 코드로 정렬된 indexes 리스트에서 중심 포인트(P_i)를 기준으로 앞의 128개의 포인트들과 중심 포인트(P_i)가 실제 서치 범위가 된다. 또 다른 예로, LOD의 개수가 1이고 서치 범위에 관련된 정보가 128이라면, 몰톤 코드로 정렬된 indexes 리스트에서 현재 포인트 P_x 를 기준으로 앞의 128개의 포인트들이 실제 서치 범위가 된다.
- [411] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(53008)는 실제 서치 범위의 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교할 때, 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있으면서 거리가 가장 가까운 X(예를 들어, 3)개의 포인트들을 실제 서치 범위의 포인트들로부터 선택하여 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 즉, 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록되는 이웃 포인트는 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트로 제한된다.
- [412] 이와 같이 본 명세서는 포인트 클라우드 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들간의 어트리뷰트 특성(연관성)을 고려하여 이웃 포인트 집합을 선택함으로써,

어트리뷰트 압축 효율을 높일 수 있는 효과를 제공할 수 있다.

- [413] 지금까지 설명한 실시예들에 따라, 이웃 포인트 집합 구성부(53008)에서 인코드될 포인트들의 각 예측기에 이웃 포인트 집합이 등록되면, 어트리뷰트 정보 예측부(53009)는 예측기에 등록된 하나 이상의 이웃 포인트들로부터 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 예측한다. 전술한 바와 같이, 이웃 포인트 집합을 구성할 때, 이웃 포인트 최대 거리를 적용함으로써, 각 예측기에 등록된 이웃 포인트 집합에 포함되는 이웃 포인트들의 개수는 X (예, 3)개와 같거나 X 개보다 작다. 실시예들에 따르면, 해당 포인트의 예측기는 등록된 이웃 포인트 집합을 가지고 각 이웃 포인트와의 거리 값을 기반으로 $\frac{1}{2}$ 거리 = 가중치(weight)로 등록할 수 있다. 예를 들어, P3 노드의 예측기는 이웃 포인트 집합으로 (P2 P4 P6)를 가지고 각각의 이웃 포인트와의 거리값을 기반으로 가중치를 계산한다. 실시예들에 따라 각 이웃 포인트들의 가중치는(
 $(1/\sqrt{(P2 - P3)^2}, 1/\sqrt{(P4 - P3)^2}, 1/\sqrt{(P6 - P3)^2})$) 이 될 수 있다.
- [414] 실시예들에 따라 상기 이웃 포인트 집합 구성부(53008) 또는 상기 어트리뷰트 정보 예측부(53009)는 예측기에 이웃 포인트 집합이 등록되면, 이웃 포인트 집합에 포함된 이웃 포인트들의 가중치 전체 합으로 각 이웃 포인트들의 가중치를 정규화(normalize)할 수 있다.
- [415] 예를 들어, P3 노드의 이웃 포인트 집합 내의 모든 이웃 포인트들의 가중치를 더하고($total_weight = 1/\sqrt{(P2 - P3)^2} + 1/\sqrt{(P4 - P3)^2} + 1/\sqrt{(P6 - P3)^2}$)), 그 값을 각 이웃 포인트들의 가중치로 다시 나누어 줌으로써(
 $(1/\sqrt{(P2 - P3)^2} / total_weight, 1/\sqrt{(P4 - P3)^2} / total_weight, 1/\sqrt{(P6 - P3)^2} / total_weight)$), 각 이웃 포인트들의 가중치를 정규화한다.
- [416] 그리고 나서, 상기 어트리뷰트 정보 예측부(53009)는 예측기를 통해 어트리뷰트 값을 예측할 수 있다.
- [417] 실시예들에 따라 예측기에 등록된 이웃 포인트들의 어트리뷰트들(예를 들면, 색상, 반사율 등)에 가중치(또는 정규화된 가중치)를 곱한 값의 평균을 예측된 결과(즉, 예측 어트리뷰트 값)로 설정할 수도 있고, 또는 특정 포인트의 어트리뷰트를 예측된 결과(즉, 예측 어트리뷰트 값)로 설정할 수도 있다. 실시예들에 따르면, 예측 어트리뷰트 값은 예측 어트리뷰트 정보라 칭할 수도 있다. 그리고, 잔여(residual) 어트리뷰트 값(또는 잔여 어트리뷰트 정보 또는 잔차라 함)은 해당 포인트의 어트리뷰트 값(즉, 오리지널 어트리뷰트 값)에서 해당 포인트의 예측 어트리뷰트 값(이를 예측 어트리뷰트 값 또는 예측 어트리뷰트 정보라 함)을 뺀으로써 구할 수 있다.
- [418] 실시예들에 따르면, 다양한 예측 모드(또는 예측기 인덱스라 함)들을 적용하여 압축된 결과 값을 미리 계산한 후, 이 중 가장 작은 비트스트림을 생성하는 예측 모드(즉, 예측기 인덱스)를 선택할 수 있다.

- [419] 다음은 예측 모드를 선택하는 과정에 대해 상세히 설명한다.
- [420] 본 명세서에서 예측 모드(prediction mode)는 예측기 인덱스(predictor index, Preindex)와 동일 의미로 사용되며, 넓게는 예측 방법으로 호칭될 수 있다.
- [421] 본 명세서에서 각 포인트마다 가장 적합한 예측 모드를 찾고, 이렇게 찾은 예측 모드를 해당 포인트의 예측기에 설정하는 과정은 어트리뷰트 정보 예측부(53009)에서 수행하는 것을 일 실시예로 한다.
- [422] 실시예들에 따르면, 가중치 평균(즉, 각 포인트의 예측기에 설정된 이웃 포인트들의 어트리뷰트들에 각 이웃 포인트까지의 거리를 기반으로 계산된 가중치를 곱한 값의 평균값)을 통해서 예측 어트리뷰트 값을 계산하는 예측 모드를 예측 모드 0이라 칭하기로 한다. 그리고, 첫번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 예측 모드를 예측 모드 1, 두번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 예측 모드를 예측 모드 2, 세번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 예측 모드를 예측 모드 3이라 칭하기로 한다. 다시 말해, 예측 모드(또는 예측기 인덱스)의 값이 0이면 가중치 평균, 1이면 첫번째 이웃 노드(즉, 이웃 포인트), 2이면 두번째 이웃 노드, 3이면 세번째 이웃 노드를 통해 어트리뷰트 값을 예측했다는 것을 나타낼 수 있다.
- [423] 실시예들에 따르면, 예측 모드 0일 때의 잔여 어트리뷰트 값, 예측 모드 1일때의 잔여 어트리뷰트 값, 예측 모드 2일때의 잔여 어트리뷰트 값, 예측 모드 3일때의 잔여 어트리뷰트 값을 구하고, 각 잔여 어트리뷰트 값을 기반으로 각 점수(score or double score)를 계산할 수 있다. 그리고 계산된 점수가 가장 작은 값을 갖는 예측 모드를 선택하여 해당 포인트의 예측 모드로 설정할 수 있다.
- [424] 실시예들에 따르면, 복수개의 예측 모드들 중 가장 적합한 예측 모드를 찾아 해당 포인트의 예측 모드로 설정하는 과정은 기 설정된 조건을 만족하는 경우에 수행될 수 있다. 그러므로, 기 설정된 조건을 만족하지 않는 경우에는 가장 적합한 예측 모드를 찾는 과정을 수행하지 않고 기 정의된 예측 모드 예를 들어, 가중치 평균을 통해서 예측 어트리뷰트 값을 계산하는 예측 모드 0을 해당 포인트의 예측 모드로 설정할 수 있다. 이러한 과정은 각 포인트별로 수행하는 것을 일 실시예로 한다.
- [425] 실시예들에 따르면, 특정 포인트에 대해 기 설정된 조건을 만족하는 경우는, 해당 포인트의 예측기에 등록된 이웃 포인트들간의 어트리뷰트 요소들(예, R, G, B)의 차이 값이 기 설정된 임계값(예, lifting_adaptive_prediction_threshold)과 같거나 큰 경우일 수도 있고, 또는 해당 포인트의 예측기에 등록된 이웃 포인트들간의 어트리뷰트 요소들(예, R, G, B)의 차이 값을 구하고 가장 큰 요소값들의 합이 기 설정된 임계값과 같거나 큰 경우일 수도 있다. 예를 들어, P3 포인트가 해당 포인트이고, P3 포인트의 이웃 포인트들로 P2 P4 P6 포인트들이 등록되었다고 가정한다. 이에 더하여, P2 포인트와 P4 포인트 사이의 R, G, B 각각의 차이값을 구하고, P2 포인트와 P6 포인트 사이의 R, G, B 각각의 차이값을

구하고, P4 포인트와 P6 포인트 사이의 R, G, B 각각의 차이값을 구했을 때, R 차이값은 P2 포인트와 P4 포인트 사이가 가장 크고, G 차이값은 P4 포인트와 P6 포인트 사이가 가장 크고, B 차이값은 P2 포인트와 P6 포인트 사이가 가장 크다고 가정한다. 또한 가장 큰 R 차이값(즉, P2와 P4 사이)과 가장 큰 G 차이값(즉, P4와 P6 사이)과 가장 큰 B 차이값(즉, P2와 P6 사이) 중 P2 포인트와 P4 포인트 사이의 R 차이값이 가장 크다고 가정한다.

- [426] 이러한 가정에서, P2 포인트와 P4 포인트 사이의 R 차이값이 기 설정된 임계값과 같거나 큰 경우 또는 P2 포인트와 P4 포인트 사이의 R 차이값, P4 포인트와 P6 포인트 사이의 G 차이값 그리고 P2 포인트와 P6 포인트 사이의 B 차이값의 합이 기 설정된 임계값과 같거나 큰 경우, 복수개의 후보 예측 모드들 중 가장 적합한 예측 모드를 찾는 과정을 수행할 수 있다. 또한, P2 포인트와 P4 포인트 사이의 R 차이값이 기 설정된 임계값과 같거나 큰 경우 또는 P2 포인트와 P4 포인트 사이의 R 차이값, P4 포인트와 P6 포인트 사이의 G 차이값 그리고 P2 포인트와 P6 포인트 사이의 B 차이값의 합이 기 설정된 임계값과 같거나 큰 경우에만 예측 모드(예, predIndex)를 시그널링할 수 있다.
- [427] 특정 포인트에 대해 기 설정된 조건을 만족하는 다른 실시예에 따르면, 해당 포인트의 예측기에 등록된 이웃 포인트들의 어트리뷰트 값들(예, reflectance) 사이의 최대 차이값이 기 설정된 임계값(예, lifting_adaptive_prediction_threshold)과 같거나 큰 경우일 수도 있다. 예를 들어, P2 포인트와 P4 포인트 사이의 reflectance 차이값, P2 포인트와 P6 포인트 사이의 reflectance 차이값, P4 포인트와 P6 포인트 사이의 reflectance 차이값을 구했을 때, P2 포인트와 P4 포인트 사이의 reflectance 차이값이 가장 크다고 가정한다.
- [428] 이러한 가정에서, P2 포인트와 P4 포인트 사이의 reflectance 차이값이 기 설정된 임계값과 같거나 큰 경우 복수개의 후보 예측 모드들 중 가장 적합한 예측 모드를 찾는 과정을 수행할 수 있다. 또한, P2 포인트와 P4 포인트 사이의 reflectance 차이값이 기 설정된 임계값과 같거나 큰 경우에만 예측 모드(예, predIndex)를 시그널링할 수 있다.
- [429] 실시예들에 따르면, 해당 포인트의 선택된 예측 모드(예, predIndex)는 어트리뷰트 슬라이스 데이터에 시그널링할 수 있다. 이 경우, 선택된 예측 모드를 기반으로 획득된 잔여 어트리뷰트 값이 전송되고, 수신측에서는 시그널링된 예측 모드를 기반으로 해당 포인트의 예측 어트리뷰트 값을 구하고 수신된 잔여 어트리뷰트 값과 더하여 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 복원할 수 있다.
- [430] 다른 실시예로, 예측 모드가 시그널링되지 않으면, 송신측에서는 디폴트로 정한 예측 모드(예, 예측 모드 0)를 기반으로 예측 어트리뷰트 값을 구하고, 오리지널 어트리뷰트 값과 예측 어트리뷰트 값의 차이로 잔여 어트리뷰트 값을 구하여 전송하고, 수신측에서는 디폴트로 정한 예측 모드(예, 예측 모드 0)를 기반으로 예측 어트리뷰트 값을 구하고 수신된 잔여 어트리뷰트 값과 더하여

어트리뷰트 값을 복원할 수 있다.

- [431] 실시예들에 따르면, 임계값은 직접 입력될 수도 있고, 시그널링 처리부(51005)를 통해 시그널링 정보에 시그널링될 수도 있다(예, APS에 시그널링된 `lifting_adaptive_prediction_threshold` 필드).
- [432] 실시예들에 따르면, 전술한 바와 같이 특정 포인트에 대해 기 설정된 조건을 만족하는 경우, 예측기 후보들을 생성할 수 있다. 예측기 후보들은 예측 모드들 또는 예측기 인덱스들이라 칭한다.
- [433] 실시예들에 따르면, 예측기 후보들에 예측 모드 1 내지 예측 모드 3이 포함될 수 있다. 실시예들에 따르면, 예측기 후보들에 예측 모드 0은 포함될 수도 있고, 포함되지 않을 수도 있다. 실시예들에 따르면, 위에서 언급되지 않은 적어도 하나의 예측 모드가 예측기 후보들에 더 포함될 수도 있다.
- [434] 전술한 과정을 통해 어트리뷰트 정보 예측부(53009)에서 각 포인트별로 설정된 예측 모드와 설정된 예측 모드에서의 잔여 어트리뷰트 값은 잔여 어트리뷰트 정보 양자화 처리부(53010)로 출력된다.
- [435] 실시예들에 따르면, 잔여 어트리뷰트 정보 양자화 처리부(53010)는 입력되는 잔여 어트리뷰트 값들에 대해 제로 런-랭스 코딩을 적용할 수 있다.
- [436] 본 명세서는 잔여 어트리뷰트 값들에 대해서 양자화 및 제로 런-랭스 코딩을 수행하는 것을 일 실시예로 한다.
- [437] 실시예들에 따른 아리스메틱 코더(53011)는 상기 잔여 어트리뷰트 정보 양자화 처리부(53010)에서 출력되는 예측 모드들과 잔여 어트리뷰트 값들에 대해 아리스메틱 코딩을 적용하여 어트리뷰트 비트스트림으로 출력한다.
- [438] 상기 지오메트리 인코더(51006)에서 압축되어 출력되는 지오메트리 비트스트림과 상기 어트리뷰트 인코더(51007)에서 압축되어 출력되는 어트리뷰트 비트스트림은 전송 처리부(51008)로 출력된다.
- [439] 실시예들에 따른 전송 처리부(51008)는 도 12의 전송 처리부(12012)의 동작 및/또는 전송 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 전송 방법을 수행할 수도 있고, 도 1의 트랜스미터(10003)의 동작 및/또는 전송 방법과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 전송 방법을 수행할 수 있다. 구체적인 설명은 도 1 또는 도 12의 설명을 참조하기로 하고 여기서는 생략한다.
- [440] 실시예들에 따른 전송 처리부(51008)는 상기 지오메트리 인코더(51006)에서 출력되는 지오메트리 비트스트림, 상기 어트리뷰트 인코더(51007)에서 출력되는 어트리뷰트 비트스트림, 상기 시그널링 처리부(51005)에서 출력되는 시그널링 비트스트림을 각각 전송할 수도 있고, 하나의 비트스트림으로 다중화하여 전송할 수도 있다.
- [441] 실시예들에 따른 전송 처리부(51008)는 비트스트림을 파일 또는 세그먼트(예를 들면 스트리밍 세그먼트) 등으로 인캡슐레이션한 후 방송망 및/또는 브로드밴드 망등의 다양한 네트워크를 통해 전송할 수도 있다.
- [442] 실시예들에 따른 시그널링 처리부(51005)는 시그널링 정보를 생성 및/또는

처리하여 비트스트림 형태로 전송 처리부(51008)로 출력할 수 있다. 상기 시그널링 처리부(51005)에서 생성 및/또는 처리된 시그널링 정보는 지오메트리 인코딩, 어트리뷰트 인코딩, 및 전송 처리를 위해 지오메트리 인코더(51006), 어트리뷰트 인코더(51007), 및/또는 전송 처리부(51008)로 제공될 수도 있고, 또는 상기 시그널링 처리부(51005)가 지오메트리 인코더(51006), 어트리뷰트 인코더(51007), 및/또는 전송 처리부(51008)에서 생성된 시그널링 정보를 제공받을 수도 있다.

- [443] 본 명세서에서 시그널링 정보는 parameter set (SPS: sequence parameter set, GPS: geometry parameter set, APS: attribute parameter set, TPS: Tile Parameter Set 등) 단위로 시그널링되어 전송될 수 있다. 또한 슬라이스 또는 타일과 같이 각 영상의 코딩 유닛 단위로 시그널링되어 전송될 수도 있다. 본 명세서에서 시그널링 정보는 포인트 클라우드 데이터에 관한 메타데이터(예를 들어 설정 값 등)를 포함할 수 있으며, 지오메트리 인코딩, 어트리뷰트 인코딩, 및 전송 처리를 위해 지오메트리 인코더(51006)와 어트리뷰트 인코더(51007), 및/또는 전송 처리부(51008)로 제공될 수 있다. 어플리케이션에 따라 시그널링 정보는 파일 포맷, DASH(dynamic adaptive streaming over HTTP), MMT(MPEG media transport) 등의 시스템 단 또는 HDMI(High Definition Multimedia Interface), Display Port, VESA(Video Electronics Standards Association), CTA 등의 유선 인터페이스 단에서도 정의될 수 있다.
- [444] 실시예들에 따른 방법/장치가 실시예들의 동작을 추가/수행 하기 위해서 관련 정보를 시그널링 할 수 있다. 실시예들에 따른 시그널링 정보는 송신 장치 및/또는 수신 장치에서 사용될 수 있다.
- [445] 본 명세서에서 어트리뷰트 예측을 위해 사용될 예측기들의 최대 개수 정보 (lifting_max_num_direct_predictors), 어트리뷰트의 적응적 예측을 가능하게 하기 위한 임계값 정보 (lifting_adaptive_prediction_threshold), 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보 등은 시퀀스 파라미터 세트, 어트리뷰트 파라미터 세트, 타일 파라미터 세트, 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다. 또한, 복수개의 예측기 후보들 중에서 선택된 예측기 후보에 해당하는 예측 모드를 지시하는 예측기 인덱스 정보(predIndex)는 어트리뷰트 슬라이스 데이터에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.
- [446] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 NN_range에 관련된 정보(예, nearest_neighbor_max_range 필드)를 포함할 수 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 이웃 포인트로 설정될 수 있는 최대 개수에 대한 정보(예, lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드), 서치 범위에 관련된 정보(예, lifting_search_range 필드), LOD 구성 방법에 대한 정보 및/또는 이웃 포인트 기본 거리에 관련된 정보 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [447] 한편, 수신 장치의 포인트 클라우드 비디오 디코더에서도 전송한 송신 장치의 포인트 클라우드 비디오 인코더에서와 같이 LOD₁ 집합을 생성하고, LOD₁

집합을 기반으로 가장 가까운 이웃(nearest neighbor) 포인트들을 찾아 예측기에 이웃 포인트 집합으로 등록하며, 각각의 이웃 포인트와의 거리 값을 기반으로 가중치를 계산하여 정규화하는 과정을 동일 또는 유사하게 수행한다. 그리고, 수신된 예측 모드를 디코딩하고, 디코딩된 예측 모드에 따라 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 예측한다. 이에 더하여, 수신된 잔여 어트리뷰트 값을 디코딩한 후, 상기 예측된 어트리뷰트 값을 더하여 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 복원할 수 있다.

[448] 도 28은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 수신 장치의 또 다른 예시를 보인 도면이다.

[449] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 수신 장치는 수신 처리부(61001), 시그널링 처리부(61002), 지오메트리 디코더(61003), 어트리뷰트 디코더(61004), 및 후 처리부(post-processor)(61005)를 포함할 수 있다. 실시예들에 따라 지오메트리 디코더(61003)와 어트리뷰트 디코더(61004)를 포인트 클라우드 비디오 디코더라 칭할 수 있다. 실시예들에 따르면, 포인트 클라우드 비디오 디코더는 PCC 디코더, PCC 디코딩부, 포인트 클라우드 디코더, 포인트 클라우드 디코딩부 등으로 호칭될 수 있다.

[450] 실시예들에 따른 수신 처리부(61001)는 하나의 비트스트림을 수신할 수도 있고, 또는 지오메트리 비트스트림, 어트리뷰트 비트스트림, 시그널링 비트스트림을 각각 수신할 수도 있다. 실시예들에 따른 수신 처리부(61001)는 파일 및/또는 세그먼트가 수신되면, 수신된 파일 및/또는 세그먼트를 디캡슐레이션하여 비트스트림으로 출력할 수 있다.

[451] 실시예들에 따른 수신 처리부(61001)는 하나의 비트스트림이 수신(또는 디캡슐레이션)되면, 하나의 비트스트림으로부터 지오메트리 비트스트림, 어트리뷰트 비트스트림, 및/또는 시그널링 비트스트림을 디멀티플렉싱하고, 디멀티플렉스된 시그널링 비트스트림은 시그널링 처리부(61002)로, 지오메트리 비트스트림은 지오메트리 디코더(61003)로, 어트리뷰트 비트스트림은 어트리뷰트 디코더(61004)로 출력할 수 있다.

[452] 실시예들에 따른 수신 처리부(61001)는 지오메트리 비트스트림, 어트리뷰트 비트스트림, 및/또는 시그널링 비트스트림이 각각 수신(또는 디캡슐레이션)되면, 시그널링 비트스트림은 시그널링 처리부(61002)로, 지오메트리 비트스트림은 지오메트리 디코더(61003)로, 어트리뷰트 비트스트림은 어트리뷰트 디코더(61004)로 전달할 수 있다.

[453] 상기 시그널링 처리부(61002)는 입력된 시그널링 비트스트림으로부터 시그널링 정보 예를 들어, SPS, GPS, APS, TPS, 메타 데이터 등에 포함된 정보를 파싱 및 처리하여 지오메트리 디코더(61003), 어트리뷰트 디코더(61004), 후 처리부(61005)로 제공할 수 있다. 다른 실시예로, 지오메트리 슬라이스 헤더 및/또는 어트리뷰트 슬라이스 헤더에 포함된 시그널링 정보도 해당 슬라이스 데이터를 디코딩하기 전에 상기 시그널링 처리부(61002)에서 미리 파싱될 수도

있다. 즉, 송신측에서 포인트 클라우드 데이터가 도 16과 같이 타일들 및/또는 슬라이스들로 분할되었다면, TPS는 각각의 타일 내에 포함된 슬라이스들의 개수를 포함하므로, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 디코더는 슬라이스의 개수를 확인할 수 있고, 병렬적 디코딩을 위한 정보를 신속하게 파싱할 수 있다.

- [454] 따라서, 본 명세서에 따른 포인트 클라우드 비디오 디코더는 데이터 양이 줄은 SPS를 수신함으로써 포인트 클라우드 데이터를 포함하는 비트스트림을 빠르게 파싱(parsing)할 수 있다. 수신 장치는 타일들을 수신하는대로 해당 타일의 디코딩을 수행할 수 있고, 타일 별로 타일 내에 포함된 GPS와 APS에 기초하여 슬라이스 별로 디코딩을 수행함으로써 디코딩 효율을 극대화할 수 있다.
- [455] 즉 상기 지오메트리 디코더(61003)는 압축된 지오메트리 비트스트림에 대해 시그널링 정보(예, 지오메트리 관련된 파라미터들)를 기반으로 도 15의 지오메트리 인코더(51006)의 역과정을 수행하여 지오메트리를 복원할 수 있다. 상기 지오메트리 디코더(61003)에서 복원된(또는 재구성된(reconstructed)) 지오메트리는 어트리뷰트 디코더(61004)로 제공된다. 상기 어트리뷰트 디코더(61004)는 압축된 어트리뷰트 비트스트림에 대해 시그널링 정보(예, 어트리뷰트 관련된 파라미터들)와 재구성된 지오메트리를 기반으로 도 15의 어트리뷰트 인코더(51007)의 역과정을 수행하여 어트리뷰트를 복원할 수 있다. 실시예들에 따르면, 송신측에서 포인트 클라우드 데이터가 도 16과 같이 타일 및/또는 슬라이스 단위로 분할되었다면, 지오메트리 디코더(61003)와 어트리뷰트 디코더(61004)에서 타일 및/또는 슬라이스 단위로 지오메트리 디코딩과 어트리뷰트 디코딩을 수행할 수 있다.
- [456] 도 29는 실시예들에 따른 지오메트리 디코더(61003)와 어트리뷰트 디코더(61004)의 다른 예시를 보인 상세 블록도이다.
- [457] 도 29의 지오메트리 디코더(61003)에 포함된 아리스메틱 디코더(63001), 옥트리 재구성부(63002), 지오메트리 정보 예측부(63003), 역양자화 처리부(63004), 및 좌표계 역변환부(63005)는 도 11의 아리스메틱 디코더(11000), 옥트리 합성부(11001), 서페이스 오프로케이션 합성부(11002), 지오메트리 리컨스트럭션부(11003), 및 좌표계 역변환부(11004)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수도 있고, 또는 도 13의 아리스메틱 디코더(13002), occupancy 코드 기반 옥트리 재구성 처리부(13003), 표면 모델 처리부(13004), 및 인버스 양자화 처리부(13005)의 동작의 일부 또는 전부를 수행할 수도 있다. 상기 지오메트리 디코더(61003)에서 복원된 포지션들은 후 처리(post-process)부(61005)로 출력된다.
- [458] 실시예들에 따르면, 시퀀스 파라미터 세트(SPS), 어트리뷰트 파라미터 세트(APS), 타일 파라미터 세트(TPS), 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나에 어트리뷰트 예측을 위해 사용될 예측기들의 최대 개수 정보 (lifting_max_num_direct_predictors), 어트리뷰트의 적응적 예측을 가능하게 하기

위한 임계값 정보 (lifting_adaptive_prediction_threshold), 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보 등이 시그널링되어 있다면, 상기 시그널링 처리부(61002)에서 획득하여 어트리뷰트 디코더(61004)로 제공하거나, 상기 어트리뷰트 디코더(61004)에서 직접 획득할 수도 있다.

- [459] 실시예들에 따른 어트리뷰트 디코더(61004)는 아리스메틱 디코더(63006), LOD 구성부(63007), 이웃 포인트 집합 구성부(63008), 어트리뷰트 정보 예측부(63009), 잔여 어트리뷰트 정보 역양자화 처리부(63010), 및 색상 역변환 처리부(63011)를 포함할 수 있다.
- [460] 실시예들에 따른 아리스메틱 디코더(63006)는 입력되는 어트리뷰트 비트스트림을 아리스메틱 디코딩할 수 있다. 아리스메틱 디코더(63006)는 재구성된 지오메트리를 기반으로 어트리뷰트 비트스트림의 디코딩을 수행할 수 있다. 아리스메틱 디코더(63006)는 도 11의 아리스메틱 디코더(11005) 또는 도 13의 아리스메틱 디코더(13007)의 동작 및/또는 디코딩과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 디코딩을 수행한다.
- [461] 실시예들에 따라 아리스메틱 디코더(63006)에서 출력되는 어트리뷰트 비트스트림은 재구성된 지오메트리 정보를 기반으로 RAHT 디코딩, LOD 기반의 예측 변환 디코딩 기법 및 리프팅 변환 디코딩 기법 중 어느 하나 또는 둘 이상을 조합하여 디코딩될 수 있다.
- [462] 본 명세서는 송신 장치에서 LOD 기반의 예측 변환 코딩 기법과 리프팅 변환 코딩 기법 중 어느 하나 또는 둘을 조합하여 어트리뷰트 압축을 수행하는 것을 일 실시예로 설명하였기 때문에, 수신 장치에서도 LOD 기반의 예측 변환 디코딩 기법과 리프팅 변환 디코딩 기법 중 어느 하나 또는 둘을 조합하여 어트리뷰트 디코딩을 수행하는 것을 일 실시예로 설명하기로 한다. 그러므로, 수신 장치에서도 RAHT 디코딩 기법에 대해서는 설명을 생략하기로 한다.
- [463] 일 실시예에 따르면, 상기 아리스메틱 디코더(63006)에서 아리스메틱 디코딩된 어트리뷰트 비트스트림은 LOD 구성부(63007)로 제공된다. 실시예들에 따르면, 상기 아리스메틱 디코더(63006)에서 상기 LOD 구성부(63007)로 제공되는 어트리뷰트 비트스트림은 예측 모드들과 잔여 어트리뷰트 값들을 포함할 수 있다.
- [464] 실시예들에 따른 LOD 구성부(63007)는 송신 장치의 LOD 구성부(53007)와 동일 또는 유사한 방법으로 하나 이상의 LOD들을 생성하여 이웃 포인트 집합 구성부(63008)로 출력한다.
- [465] 실시예들에 따르면, LOD 구성부(63007)는 하나 또는 그 이상의 LOD 생성 방법 (또는 LOD 구성 방법)을 이용하여 하나 또는 그 이상의 LOD들을 구성할 수 있다. 실시예들에 따르면, LOD 구성부(63007)에서 이용된 LOD 생성 방법은 시그널링 처리부(61002)를 통해 제공받을 수 있다. 예를 들어, LOD 생성 방법은 시그널링 정보의 어트리뷰트 파라미터 세트(APS)에 시그널링될 수 있다. 실시예들에 따르면, LOD 생성 방법은 옥트리 기반 LOD 생성 방법, 거리

기반LOD 생성 방법, 샘플링 기반LOD 생성 방법으로 구분할 수 있다.

[466] 실시예들에 따르면, 서로 다른 LOD를 갖는 그룹을 LOD_1 집합으로 지칭한다. 여기서, 1은 LOD를 나타내며 0부터 시작하는 정수이다. LOD_0 는 포인트간의 거리가 가장 큰 포인트로 구성된 집합이고, 1이 커질수록 LOD_1 에 속한 포인트간의 거리는 작아진다.

[467] 실시예들에 따르면, 송신 장치에서 인코딩된 예측 모드들과 잔여 어트리뷰트 값들은 LOD별로 존재할 수도 있고, 리프 노드에 대해서만 존재할 수도 있다.

[468] 일 실시예로, 상기 LOD 구성부(63007)에서 LOD_1 집합이 생성되면, 상기 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 LOD_1 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 X(예, 3)개와 같거나 X개보다 작은 이웃 포인트(neighbor point)들을 찾아 예측기(predictor)에 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다.

[469] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 시그널링 정보를 기반으로 서치 범위 및/또는 이웃 포인트 최대 거리를 적용하여 이웃 포인트 집합을 구성하는 것을 일 실시예로 한다.

[470] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 이웃 포인트 기본 거리에 NN_range 를 곱하여 이웃 포인트 최대 거리를 획득할 수 있다. NN_range 는 이웃 포인트로 선택될 수 있는 범위이며, 이웃 포인트 최대 범위 또는 이웃 포인트 범위 또는 가장 가까운 이웃 범위(nearest neighbor range)라 칭하기로 한다.

[471] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 콘텐츠의 특성에 따라 NN_range 를 자동 또는 수동으로 설정할 수도 있고, 시그널링 처리부(61002)를 통해 제공받을 수 있다. 예를 들어, NN_range 에 관련된 정보는 시그널링 정보의 SPS, APS, 타일 파라미터 세트, 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나에 시그널링되어 있을 수 있다.

[472] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 옥트리 기반, 거리 기반, 샘플링 기반, LOD별 몰톤 코드 평균 차이 기반, 또는 LOD별 평균 거리 차이 기반 중 하나 또는 그 이상을 조합하여 이웃 포인트 기본 거리를 계산/설정할 수 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 시그널링 처리부(61002)를 통해 이웃 포인트 기본 거리에 관련된 정보를 제공받을 수 있으며, 상기 이웃 포인트 기본 거리에 관련된 정보는 시그널링 정보의 어트리뷰트 파라미터 세트(APS)에 시그널링되어 있을 수 있다.

[473] 실시예들에 따른 이웃 포인트 집합 구성부(63008)에서 옥트리 기반, 거리 기반, 샘플링 기반, LOD별 몰톤 코드 평균 차이 기반, 또는 LOD별 평균 거리 차이 기반 중 하나 또는 그 이상을 조합하여 이웃 포인트 기본 거리를 계산/설정하는 상세 내용은 전술한 송신 장치의 어트리뷰트 인코딩 과정에서 상세히 설명하였으므로 여기서는 상세 설명을 생략하기로 한다.

[474] 일 실시예에 따르면, 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 전술한 바와 같이 이웃 포인트 최대 거리가 결정되면, 도 26에서와 같이 LOD_1 집합을 기반으로 LOD가

같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 서치 범위 내에 있는 포인트들 중 X(예, 3)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾는다. 그리고 나서, X(예, 3)개의 NN 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 NN 포인트들만 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. 따라서, 이웃 포인트 집합으로 등록되는 NN 포인트들의 개수는 X와 같거나 작다. 다시 말해, X개의 NN 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있지 않은 NN 포인트는 이웃 포인트 집합으로 등록되지 않고 제외된다. 예를 들어, 3개의 NN 포인트들 중 2개의 NN 포인트들이 이웃 포인트 최대 거리 내에 있지 않으면, 2개의 NN 포인트들은 제외되고, 나머지 하나의 NN 포인트만 이웃 포인트 집합으로 등록된다.

- [475] 다른 실시예에 따르면, 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 전술한 바와 같이 이웃 포인트 최대 거리가 결정되면, 도 27에서와 같이 LOD_1 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 서치 범위 내에 있는 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 X(예, 3)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾아 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다.
- [476] 즉, 이웃 포인트 최대 거리를 적용하는 시기(또는 위치)에 따라 이웃 포인트 집합으로 등록될 수 있는 NN 포인트들의 개수가 달라질 수 있다. 다시 말해, 도 26에서와 같이 이웃 포인트 서치를 통해 X개의 NN 포인트들을 찾은 후 이웃 포인트 최대 거리를 적용하는지 또는 도 27에서와 같이 포인트들 간의 거리를 계산할 때 이웃 포인트 최대 거리를 적용하는지에 따라 이웃 포인트 집합으로 등록되는 NN 포인트들의 개수가 달라질 수 있다.
- [477] 도 26을 예로 들면, 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 실제 서치 범위 내의 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교하여 거리가 가장 가까운 X개의 포인트들을 찾고, 이 X개의 포인트들 중 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트들만 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 즉, 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록되는 이웃 포인트는 상기 X개의 포인트들 중 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트로 제한된다.
- [478] 도 27을 예로 들면, 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 실제 서치 범위의 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교할 때, 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있으면서 거리가 가장 가까운 X(예를 들어, 3)개의 포인트들을 실제 서치 범위의 포인트들로부터 선택하여 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 즉, 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록되는 이웃 포인트는 포인트 P_x 가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트로 제한된다.
- [479] 도 26과 도 27에서, 실제 서치 범위는 시그널링 정보의 APS에 시그널링된 `lifting_search_range` 필드의 값에 2를 곱한 후 중심 포인트를 더한 값(즉, $(\text{lifting_search_range 필드의 값} \times 2) + \text{중심 포인트}$)이 될 수도 있고,

lifting_search_range 필드의 값에 중심 포인트를 더한 값(즉, lifting_search_range 필드의 값+중심 포인트)이 될 수도 있고, 또는 lifting_search_range 필드의 값이 될 수도 있다. 상기 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 LOD의 개수가 복수개이면 포인트 P_x의 이웃 포인트들은 Retained list에서 서치하고, LOD 개수가 1이면 P_x의 이웃 포인트들은 Indexex list에서 서치하는 것을 일 실시예로 한다.

- [480] 예를 들어, LOD의 개수가 2 이상이고 서치 범위에 관련된 정보(예, lifting_search_range 필드)가 128이라면, 물론 코드로 정렬된 retained 리스트에서 중심 포인트(P_i)를 기준으로 앞의 128개의 포인트들, 뒤의 128개의 포인트들, 그리고 중심 포인트(P_i)가 실제 서치 범위가 된다. 다른 예로, LOD의 개수가 1이고 서치 범위에 관련된 정보가 128이라면, 물론 코드로 정렬된 indexes 리스트에서 중심 포인트(P_i)를 기준으로 앞의 128개의 포인트들과 중심 포인트(P_i)가 실제 서치 범위가 된다. 또 다른 예로, LOD의 개수가 1이고 서치 범위에 관련된 정보가 128이라면, 물론 코드로 정렬된 indexes 리스트에서 현재 포인트 P_x를 기준으로 앞의 128개의 포인트들이 실제 서치 범위가 된다.
- [481] 일 예로, 이웃 포인트 집합 구성부(63008)는 LOD₁에 속하는 P3 포인트(즉, 노드)의 이웃 포인트들로 P2 P4 P6 포인트들을 선택하여 P3의 예측기에 이웃 포인트 집합으로 등록하였다고 가정한다(도 9 참조).
- [482] 실시예들에 따르면, 상기 이웃 포인트 집합 구성부(63008)에서 디코드될 포인트들의 각 예측기에 이웃 포인트 집합이 등록되면, 어트리뷰트 정보 예측부(63009)는 각 예측기에 등록된 하나 이상의 이웃 포인트들로부터 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 예측한다. 실시예들에 따르면, 상기 어트리뷰트 정보 예측부(63009)는 해당 포인트의 예측 모드를 기반으로 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 예측하는 과정을 수행한다. 이러한 어트리뷰트 예측 과정은 재구성된 지오메트리의 모든 포인트들 또는 적어도 일부 포인트들에 대해 수행하는 것을 일 실시예로 한다.
- [483] 실시예들에 따른 특정 포인트의 예측 모드는 예측 모드 0 내지 예측 모드 3 중 하나일 수 있다.
- [484] 실시예들에 따르면, 예측 모드 0은 가중치 평균을 통해서 예측 어트리뷰트 값을 계산하는 모드이고, 예측 모드 1은 첫번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이고, 예측 모드 2는 두번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이며, 예측 모드 3은 세번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이다.
- [485] 실시예들에 따르면, 송신측의 어트리뷰트 인코더에서는 해당 포인트의 예측기에 등록된 이웃 포인트들의 어트리뷰트 값들 사이의 최대 차이(maximum difference) 값이 기 설정된 임계값보다 작으면 예측 모드 0을 해당 포인트의 예측 모드로 설정하고, 기 설정된 임계값과 같거나 크면 복수개의 후보 예측 모드들에 대해 RDO 방법을 적용하여 그 중 하나를 해당 포인트의 예측 모드로 설정한다. 이러한 과정은 각 포인트별로 수행하는 것을 일 실시예로 한다.

- [486] 실시예들에 따르면, RDO 방법을 적용하여 선택되는 해당 포인트의 예측 모드(predIndex)는 어트리뷰트 슬라이스 데이터에 시그널링될 수 있다. 그러므로, 해당 포인트의 예측 모드는 어트리뷰트 슬라이스 데이터로부터 획득될 수 있다.
- [487] 실시예들에 따라, 상기 어트리뷰트 정보 예측부(63009)는 전술한 바와 같이 설정된 각 포인트의 예측 모드를 기반으로 각 포인트의 어트리뷰트 값을 예측할 수도 있다.
- [488] 예를 들어, P3 포인트의 예측 모드가 0라고 가정하면, P3의 예측기에 등록된 이웃 포인트들인 P2 P4 P6의 어트리뷰트들에 가중치(또는 정규화된 가중치)를 곱한 값의 평균을 구하고, 그 평균값을 P3 포인트의 예측 어트리뷰트 값으로 결정할 수 있다.
- [489] 다른 예로, P3 포인트의 예측 모드가 1이라고 가정하면, P3의 예측기에 등록된 이웃 포인트 P4의 어트리뷰트 값을 P3 포인트의 예측 어트리뷰트 값으로 결정할 수 있다.
- [490] 또 다른 예로, P3 포인트의 예측 모드가 2라고 가정하면, P3의 예측기에 등록된 이웃 포인트 P6의 어트리뷰트 값을 P3 포인트의 예측 어트리뷰트 값으로 결정할 수 있다.
- [491] 또 다른 예로, P3 포인트의 예측 모드가 3이라고 가정하면, P3의 예측기에 등록된 이웃 포인트 P2의 어트리뷰트 값을 P3 포인트의 예측 어트리뷰트 값으로 결정할 수 있다.
- [492] 상기 어트리뷰트 정보 예측부(63009)에서 해당 포인트의 예측 모드를 기반으로 해당 포인트의 예측 어트리뷰트 값이 구해지면, 상기 잔여 어트리뷰트 정보 역양자화 처리부(63010)는 수신된 해당 포인트의 잔여 어트리뷰트 값에 상기 어트리뷰트 정보 예측부(63009)에서 예측된 해당 포인트의 예측 어트리뷰트 값을 더하여 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 복원한 후 송신 장치의 양자화 과정의 역으로 역양자화를 수행한다.
- [493] 일 실시예로, 송신측에서 포인트들의 잔여 어트리뷰트 값들에 대해 제로 런-랭스 코딩을 적용하였다면, 상기 잔여 어트리뷰트 정보 역양자화 처리부(63010)는 포인트들의 잔여 어트리뷰트 값들에 대해 제로 런-랭스 디코딩을 수행한 후 역 양자화를 수행한다.
- [494] 상기 잔여 어트리뷰트 정보 역양자화 처리부(63010)에서 복원된 어트리뷰트 값들은 색상 역변환 처리부(63011)로 출력된다.
- [495] 상기 색상 역변환 처리부(63011)는 복원된 어트리뷰트 값들에 포함된 컬러 값(또는 텍스처)을 역변환하기 위한 역변환 코딩을 수행하여 어트리뷰트들을 후 처리부(61005)로 출력한다. 상기 색상 역변환 처리부(63011)는 도 11의 컬러 역변환부(11010) 또는 도 13의 색상 역변환 처리부(13010)의 동작 및/또는 역변환 코딩과 동일 또는 유사한 동작 및/또는 역변환 코딩을 수행한다.
- [496] 상기 후 처리부(61005)는 상기 지오메트리 디코더(61003)에서 복원되어

출력되는 포지션들과 상기 어트리뷰트 디코더(61004)에서 복원되어 출력되는 어트리뷰트들을 매칭하여 포인트 클라우드 데이터를 재구성할 수 있다. 또한 상기 후 처리부(61005)는 재구성된 포인트 클라우드 데이터가 타일 및/또는 슬라이스 단위라면, 시그널링 정보를 기반으로 송신측의 공간 분할의 역과정을 수행할 수 있다. 예를 들어, 도 16의 (a)와 같은 바운딩 박스가 도 16의 (b), 도 16의 (c)와 같이 타일들 및 슬라이스들로 분할되었다면, 시그널링 정보를 기반으로 타일들 및/또는 슬라이스들을 결합하여 도 16의 (a)와 같이 바운딩 박스를 복원할 수 있다.

- [497] 도 30은 실시예들에 따른 송/수신을 위한 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림 구조의 예시를 나타낸다.
- [498] 지금까지 설명한 실시예들을 추가/수행 하기 위해서 관련 정보를 시그널링 할 수 있다. 실시예들에 따른 시그널링 정보는 송신단의 포인트 클라우드 비디오 인코더 또는 수신단의 포인트 클라우드 비디오 디코더 등에서 사용될 수 있다.
- [499] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 비디오 인코더는 전술한 바와 같이 지오메트리 정보와 어트리뷰트 정보를 인코딩하여 도 32와 같은 비트스트림을 생성할 수 있다. 또한, 포인트 클라우드 데이터에 관한 시그널링 정보는 포인트 클라우드 비디오 인코더의 지오메트리 인코더, 어트리뷰트 인코더, 시그널링 처리부 중 적어도 하나에서 생성되고 처리되어 비트스트림에 포함될 수 있다.
- [500] 실시예들에 따른 시그널링 정보는 포인트 클라우드 비디오 디코더의 지오메트리 디코더, 어트리뷰트 디코더, 시그널링 처리부 중 적어도 하나에서 수신/획득될 수 있다.
- [501] 실시예들에 따른 비트스트림은 지오메트리 비트스트림, 어트리뷰트 비트스트림, 및 시그널링 비트스트림으로 구분되어 송/수신될 수도 있고, 하나의 비트스트림으로 컴바인되어 송/수신될 수도 있다.
- [502] 실시예들에 따른 지오메트리 비트스트림, 어트리뷰트 비트스트림, 및 시그널링 비트스트림이 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 하나 이상의 APS(Attribute Parameter Set, APS₀, APS₁), 타일 레벨의 시그널링을 위한 TPS (Tile Parameter Set), 하나 이상의 슬라이스들(slice 0 ~ slice n)를 포함할 수 있다. 즉, 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림은 하나 이상의 타일들을 포함할 수 있고, 각 타일은 하나 이상의 슬라이스들(slice 0 ~ slice n)을 포함하는 슬라이스들의 그룹일 수 있다. 실시예들에 따른 TPS는 하나 이상의 타일들에 대하여 각 타일에 관한 정보(예를 들면 bounding box의 좌표값 정보 및 높이/크기 정보 등)를 포함할 수 있다. 각 슬라이스는 하나의 지오메트리 비트스트림(Geom0) 및 하나 이상의 어트리뷰트 비트스트림들(Attr0, Attr1)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 슬라이스(slice 0)는

하나의 지오메트리 비트스트림(Geom0⁰) 및 하나 이상의 어트리뷰트 비트스트림들(Attr0⁰, Attr1⁰)을 포함할 수 있다.

- [503] 각 슬라이스 내 지오메트리 비트스트림(또는 지오메트리 슬라이스라 함)은 지오메트리 슬라이스 헤더(geom_slice_header)와 지오메트리 슬라이스 데이터(geom_slice_data)로 구성될 수 있다. 실시예들에 따른 지오메트리 슬라이스 헤더(geom_slice_header)는 지오메트리 파라미터 세트(GPS)에 포함된 파라미터 세트의 식별 정보(geom_parameter_set_id), 타일 식별자(geom_tile_id), 슬라이스 식별자(geom_slice_id) 및 지오메트리 슬라이스 데이터(geom_slice_data)에 포함된 데이터에 관한 정보 (geomBoxOrigin, geom_box_log2_scale, geom_max_node_size_log2, geom_num_points) 등을 포함할 수 있다. geomBoxOrigin는 해당 지오메트리 슬라이스 데이터의 박스 원점을 나타내는 지오메트리 박스 오리진 정보이고, geom_box_log2_scale는 해당 지오메트리 슬라이스 데이터의 로그 스케일을 나타내는 정보이며, geom_max_node_size_log2는 루트 지오메트리 옥트리 노드의 사이즈를 나타내는 정보이며, geom_num_points는 해당 지오메트리 슬라이스 데이터의 포인트들의 개수와 관련된 정보이다. 실시예들에 따른 지오메트리 슬라이스 데이터(geom_slice_data)는 해당 슬라이스 내 포인트 클라우드 데이터의 지오메트리 정보(또는 지오메트리 데이터)를 포함할 수 있다.
- [504] 각 슬라이스 내 각 어트리뷰트 비트스트림(또는 어트리뷰트 슬라이스라 함)은 어트리뷰트 슬라이스 헤더(attr_slice_header)와 어트리뷰트 슬라이스 데이터(attr_slice_data)로 구성될 수 있다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더(attr_slice_header)는 해당 어트리뷰트 슬라이스 데이터에 관한 정보를 포함할 수 있고, 어트리뷰트 슬라이스 데이터는 해당 슬라이스 내 포인트 클라우드 데이터의 어트리뷰트 정보(또는 어트리뷰트 데이터 또는 어트리뷰트 값이라 함)를 포함할 수 있다. 하나의 슬라이스 내 어트리뷰트 비트스트림이 복수개 있는 경우, 각각은 서로 다른 어트리뷰트 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 하나의 어트리뷰트 비트스트림은 색상에 해당하는 어트리뷰트 정보를 포함하고, 다른 하나의 어트리뷰트 스트림은 반사율에 해당하는 어트리뷰트 정보를 포함할 수 있다.
- [505] 도 31은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림 구조의 예시를 나타낸다.
- [506] 도 32는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림 내 구성 간의 연결관계를 나타낸다.
- [507] 도 31과 도 32에 나타낸 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림 구조는 도 30에 나타낸 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림 구조를 의미할 수 있다.
- [508] 실시예들에 따른 SPS는 해당 SPS를 식별하기 위한 식별자(seq_parameter_set_id)를 포함하고, GPS는 해당 GPS를 식별하기 위한 식별자(geom_parameter_set_id)와 해당 GPS가 속해있는 액티브 SPS(Active

SPS)를 가리키는 식별자(seq_parameter_set_id)를 포함하며, APS는 해당 APS를 식별하기 위한 식별자(attr_parameter_set_id)와 해당 APS가 속해있는 액티브 SPS(Active SPS)를 가리키는 식별자(seq_parameter_set_id)를 포함할 수 있다.

- [509] 실시예들에 따른 지오메트리 비트스트림(또는 지오메트리 슬라이스라 함)은 지오메트리 슬라이스 헤더와 지오메트리 슬라이스 데이터를 포함하며, 지오메트리 슬라이스 헤더는 해당 지오메트리 슬라이스에서 참조할 액티브 GPS의 식별자(geom_parameter_set_id)를 포함할 수 있다. 이에 더하여, 지오메트리 슬라이스 헤더는 해당 지오메트리 슬라이스를 식별하기 위한 식별자(geom_slice_id) 및/또는 해당 타일을 식별하기 위한 식별자(geom_tile_id)를 더 포함할 수 있다. 지오메트리 슬라이스 데이터는 해당 슬라이스에 속한 지오메트리 정보를 포함할 수 있다.
- [510] 실시예들에 따른 어트리뷰트 비트스트림(또는 어트리뷰트 슬라이스라 함)은 어트리뷰트 슬라이스 헤더와 어트리뷰트 슬라이스 데이터를 포함하며, 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 해당 어트리뷰트 슬라이스에서 참조할 액티브 APS의 식별자(attr_parameter_set_id)와 해당 어트리뷰트 슬라이스와 관련된 지오메트리 슬라이스를 식별하기 위한 식별자(geom_slice_id)를 포함할 수 있다. 어트리뷰트 슬라이스 데이터는 해당 슬라이스에 속한 어트리뷰트 정보를 포함할 수 있다.
- [511] 즉, 지오메트리 슬라이스는 GPS를 참조하고, GPS는 SPS를 참조한다. 또한, SPS는 이용 가능한(available) 어트리뷰트들을 나열하며, 각각에 식별자를 할당하고 디코딩 방법을 식별한다. 어트리뷰트 슬라이스는 상기 식별자에 따라 출력 어트리뷰트들에 매핑되며, 어트리뷰트 슬라이스 자체는 선행 (디코드된) 지오메트리 슬라이스와 APS에 대해 종속성을 가진다. APS는 SPS를 참조한다.
- [512] 실시예들에 따르면, 포인트 클라우드 데이터의 인코딩에 필요한 파라미터들은 포인트 클라우드 데이터의 파라미터 세트(parameter set) 및/또는 해당 슬라이스 헤더에 새로 정의될 수 있다. 예를 들어, 어트리뷰트 정보의 인코딩을 수행할 때에는 어트리뷰트 파라미터 세트(APS)에, 타일 기반의 인코딩을 수행할 때에는 타일 및/또는 슬라이스 헤더에 추가할 수 있다.
- [513] 도 30 내지 도 32에서 보는 바와 같이, 포인트 클라우드 데이터의 비트스트림은 포인트 클라우드 데이터를 영역별로 나누어 처리할 수 있도록 타일, 또는 슬라이스를 제공한다. 실시예들에 따른 비트스트림의 각각의 영역은 서로 다른 중요도를 가질 수 있다. 따라서, 포인트 클라우드 데이터가 타일들로 나누어지는 경우, 각 타일별로 다른 필터(인코딩 방법), 다른 필터 유닛을 적용할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 데이터가 슬라이스들로 나누어지는 경우, 각 슬라이스별로 다른 필터, 다른 필터 유닛을 적용할 수 있다.
- [514] 실시예들에 따른 송신 장치 및 수신 장치는 포인트 클라우드 데이터를 분할하여 압축시, 분할된 영역 내 어트리뷰트 정보들의 선택적 전송을 위해 하이 레벨 신택스 구조로 비트스트림을 전송 및 수신할 수 있다.

- [515] 실시예들에 따른 송신 장치는, 도 30 내지 도 32와 같은 비트스트림의 구조에 따라 포인트 클라우드 데이터를 전송함으로써, 중요도에 따라서 다른 인코딩 동작을 적용할 수 있게 하고, 품질(quality)이 좋은 인코딩 방법을 중요한 영역에 사용할 수 있는 방안을 제공할 수 있다. 또한 포인트 클라우드 데이터의 특성에 따른 효율적인 인코딩 및 전송을 지원하고 사용자의 요구사항에 따른 어트리뷰트 값을 제공할 수 있다.
- [516] 실시예들에 따른 수신 장치는, 도 30 내지 도 32와 같은 비트스트림의 구조에 따라 포인트 클라우드 데이터를 수신함으로써, 수신 장치의 처리능력(capacity)에 따라서 포인트 클라우드 데이터 전체에 복잡한 디코딩(필터링) 방법을 사용하는 대신 영역별로 (타일로 나누어지거나 슬라이스로 나누어진 영역) 서로 다른 필터링(디코딩 방법)을 적용할 수 있게 된다. 따라서, 사용자에게 중요한 영역에 더 좋은 화질을 제공하고 시스템 상으로 적절한 레이턴시(latency)를 보장할 수 있다.
- [517] 전송한 바와 같이 타일 또는 슬라이스는 포인트 클라우드 데이터를 영역별로 나누어 처리할 수 있도록 하기 위해 제공된다. 그리고, 포인트 클라우드 데이터를 영역별로 나눌 때, 각각의 영역별로 다른 이웃 포인트 집합을 생성하는 옵션을 설정하여 복잡도(complexity)는 낮으나 신뢰도는 다소 떨어지거나 반대로 복잡도는 높으나 신뢰도가 높은 선택 방안을 제공할 수 있다.
- [518] 실시예들에 따른 어트리뷰트 정보의 인코딩/디코딩 과정에서 필요한 시퀀스에 대한 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 SPS 및/또는 APS에 시그널링 될 수 있다.
- [519] 실시예들에 따르면, 같은 시퀀스 내에 다른 어트리뷰트 특성을 가지고 있는 타일 또는 슬라이스가 존재한다면, 시퀀스에 대한 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 TPS 및/또는 각 Slice별 어트리뷰트 슬라이스 헤더에 시그널링 될 수 있다.
- [520] 실시예들에 따르면, 포인트 클라우드 데이터를 영역별로 나눌 때, 특정 영역의 어트리뷰트 특성이 시퀀스가 갖는 어트리뷰트 특성과 다를 수 있어서 다른 이웃 포인트 최대 범위 설정 기능을 통해 다르게 설정할 수 있다.
- [521] 따라서, 포인트 클라우드 데이터가 타일로 나누어지는 경우, 각 타일별로 다른 이웃 포인트 최대 범위를 적용할 수 있다. 또한, 포인트 클라우드 데이터가 슬라이스로 나누어지는 경우, 각 슬라이스별로 다른 이웃 포인트 최대 범위를 적용할 수 있다.
- [522] 실시예들에 따르면, SPS, APS, TPS, 그리고 각 슬라이스별 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나는 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 포함할 수 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 이웃 포인트 최대 범위에 관련된 정보(예, nearest_neighbor_max_range 필드)를 포함할 수 있다.
- [523] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 이웃 포인트로 설정될 수 있는 최대 개수에 대한 정보(예, lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드), 서치 범위에 관련된 정보(예, lifting_search_range 필드), LOD 구성 방법에 대한

정보 및/또는 이웃 포인트 기본 거리에 관련된 정보 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

[524] 이후 설명되는 본 명세서의 선택스들에서 사용되는 용어인 필드는 파라미터 또는 엘리먼트와 동일한 의미를 가질 수 있다.

[525] 도 33은 본 명세서에 따른 시퀀스 파라미터 세트(seq_parameter_set_rbsp())(SPS)의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다. SPS는 포인트 클라우드 데이터 비트스트림의 시퀀스 정보를 포함할 수 있으며, 특히 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 포함하는 예를 보이고 있다.

[526] 실시예들에 따른 SPS는 profile_idc 필드, profile_compatibility_flags 필드, level_idc 필드, sps_bounding_box_present_flag 필드, sps_source_scale_factor 필드, sps_seq_parameter_set_id 필드, sps_num_attribute_sets 필드 및 sps_extension_present_flag 필드를 포함할 수 있다.

[527] 상기 profile_idc 필드는 그 비트스트림이 따르는(conform) 프로파일을 나타낸다.

[528] 상기 profile_compatibility_flags 필드의 값이 1이면, 그 비트스트림이 상기 profile_idc 필드에 의해 지시된 그 프로파일을 따른다는 것(the bitstream conforms to the profile indicated by profile_idc)을 나타낼 수 있다.

[529] 상기 level_idc 필드는 그 비트스트림이 따르는 레벨을 나타낸다.

[530] 상기 sps_bounding_box_present_flag 필드는 소스 바운딩 박스 정보가 상기 SPS에 시그널링되는지 여부를 지시한다. 상기 소스 바운딩 박스 정보는 소스 바운딩 박스 오프셋과 사이즈 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 sps_bounding_box_present_flag 필드의 값이 1이면, 소스 바운딩 박스 정보가 상기 SPS에 시그널링되고, 0이면 시그널링되지 않음을 나타낸다. 상기 sps_source_scale_factor 필드는 소스 포인트 클라우드의 스케일 팩터를 나타낸다.

[531] 상기 sps_seq_parameter_set_id 필드는 다른 선택스 엘리먼트들에 의해 참조되는 SPS에 대한 식별자를 제공한다.

[532] 상기 sps_num_attribute_sets 필드는 그 비트스트림 내 코딩된 어트리뷰트들의 개수를 나타낸다.

[533] 상기 sps_extension_present_flag 필드는 sps_extension_data 선택스 구조가 해당 SPS 선택스 구조에 존재하는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 sps_extension_present_flag 필드의 값이 1이면, sps_extension_data 선택스 구조가 이 SPS 선택스 구조에 존재하고, 0이면 존재하지 않음을 나타낸다.

[534] 실시예들에 따른 SPS는 상기 sps_bounding_box_present_flag 필드의 값이 1이면, sps_bounding_box_offset_x 필드, sps_bounding_box_offset_y 필드, sps_bounding_box_offset_z 필드, sps_bounding_box_scale_factor 필드, sps_bounding_box_size_width 필드, sps_bounding_box_size_height 필드, 및 sps_bounding_box_size_depth 필드를 더 포함할 수 있다.

[535] 상기 sps_bounding_box_offset_x 필드는 직교 좌표계(Cartesian coordinates)에서

- 소스 바운딩 박스의 x 오프셋을 나타낸다. 소스 바운딩 박스의 x 오프셋이 존재하지 않으면, 상기 `sps_bounding_box_offset_x` 필드의 값은 0이다.
- [536] 상기 `sps_bounding_box_offset_y` 필드는 직교 좌표계에서 소스 바운딩 박스의 y 오프셋을 나타낸다. 소스 바운딩 박스의 y 오프셋이 존재하지 않으면, 상기 `sps_bounding_box_offset_y` 필드의 값은 0이다.
- [537] 상기 `sps_bounding_box_offset_z` 필드는 직교 좌표계에서 소스 바운딩 박스의 z 오프셋을 나타낸다. 소스 바운딩 박스의 z 오프셋이 존재하지 않으면, 상기 `sps_bounding_box_offset_z` 필드의 값은 0이다.
- [538] 상기 `sps_bounding_box_scale_factor` 필드는 직교 좌표계에서 소스 바운딩 박스의 스케일 팩터를 나타낸다. 소스 바운딩 박스의 스케일 팩터가 존재하지 않으면, 상기 `sps_bounding_box_scale_factor` 필드의 값은 1일 수 있다.
- [539] 상기 `sps_bounding_box_size_width` 필드는 직교 좌표계에서 소스 바운딩 박스의 폭을 나타낸다. 소스 바운딩 박스의 폭이 존재하지 않으면, 상기 `sps_bounding_box_size_width` 필드의 값은 1일 수 있다.
- [540] 상기 `sps_bounding_box_size_height` 필드는 직교 좌표계에서 소스 바운딩 박스의 높이를 나타낸다. 소스 바운딩 박스의 높이가 존재하지 않으면, 상기 `sps_bounding_box_size_height` 필드의 값은 1일 수 있다.
- [541] 상기 `sps_bounding_box_size_depth` 필드는 직교 좌표계에서 소스 바운딩 박스의 깊이를 나타낸다. 소스 바운딩 박스의 깊이가 존재하지 않으면, 상기 `sps_bounding_box_size_depth` 필드의 값은 1일 수 있다.
- [542] 실시예들에 따른 SPS는 상기 `sps_num_attribute_sets` 필드의 값만큼 반복되는 반복문을 포함한다. 이때 *i*는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, *i*값이 상기 `sps_num_attribute_sets` 필드의 값이 될 때까지 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 이 반복문은 `attribute_dimension[i]` 필드, `attribute_instance_id[i]` 필드, `attribute_bitdepth[i]` 필드, `attribute_cicp_colour_primaries[i]` 필드, `attribute_cicp_transfer_characteristics[i]` 필드, `attribute_cicp_matrix_coeffs[i]` 필드, `attribute_cicp_video_full_range_flag[i]` 필드, 및 `known_attribute_label_flag[i]` 필드를 포함할 수 있다.
- [543] 상기 `attribute_dimension[i]` 필드는 *i*번째 어트리뷰트의 컴포넌트들의 수를 나타낸다(specifies the number of components of the *i*-th attribute).
- [544] 상기 `attribute_instance_id[i]` 필드는 *i*번째 어트리뷰트의 인스턴스 식별자를 나타낸다.
- [545] 상기 `attribute_bitdepth[i]` 필드는 *i*번째 어트리뷰트 신호(들)의 비트깊이(bitdepth)를 나타낸다.
- [546] 상기 `attribute_cicp_colour_primaries[i]` 필드는 *i*번째 어트리뷰트의 컬러 어트리뷰트 소스 프라이머리들의 색도(chromaticity coordinates)를 나타낸다.
- [547] 상기 `attribute_cicp_transfer_characteristics[i]` 필드는 *i*번째 어트리뷰트의 0에서 1사이의 노미널 real-valued 범위를 갖는 소스 입력 리니어 옵티컬 강도(input

linear optical intensity)로서 참조 광-전자 전달 특성 함수(reference opto-electronic transfer characteristic function)를 지시하거나 또는 출력 리니어 옵티컬 강도(output linear optical intensity)의 함수로서 참조 전자-광 전달 특성 함수(reference opto-electronic transfer characteristic function)의 역(inverse)을 나타낸다.

- [548] 상기 attribute_cicp_matrix_coeffs[i] 필드는 i번째 어트리뷰트의 녹색, 청색 및 적색 (또는 Y, Z, X의 삼원색)으로부터 루마(luma)와 채도(chroma) 신호들을 도출하는데(deriving) 사용된 매트릭스 계수를 설명한다.
- [549] 상기 attribute_cicp_video_full_range_flag[i] 필드는 i번째 어트리뷰트의 E'Y, E'PB 및 E'PR 또는 E'R, E'G 및 E'B 실제-값 컴포넌트 신호들로부터 도출되는 블랙 레벨과 루마 및 채도 신호의 범위를 나타낸다.
- [550] 상기 known_attribute_label_flag[i] 필드는 i번째 어트리뷰트를 위해 known_attribute_label 필드 또는 attribute_label_four_bytes 필드가 시그널링되는지를 나타낸다. 예를 들어, 상기 known_attribute_label_flag[i] 필드의 값이 1이면, i번째 어트리뷰트를 위해 known_attribute_label 필드가 시그널링되고, 상기 known_attribute_label_flag[i] 필드의 값이 1이면, i번째 어트리뷰트를 위해 attribute_label_four_bytes 필드가 시그널링됨을 나타낸다.
- [551] 상기 known_attribute_label[i] 필드는 어트리뷰트의 타입을 나타낸다. 예를 들어, 상기 known_attribute_label[i] 필드의 값이 0이면 i번째 어트리뷰트는 컬러임을 나타내고, 상기 known_attribute_label[i] 필드의 값이 1이면 i번째 어트리뷰트는 반사율(reflectance)임을 나타내며, known_attribute_label[i] 필드의 값이 1이면 i번째 어트리뷰트는 프레임 인덱스(frame index)임을 나타낼 수 있다.
- [552] 상기 attribute_label_four_bytes 필드는 4바이트 코드로 known 어트리뷰트 타입을 지시한다.
- [553] 일 실시예로, 상기 attribute_label_four_bytes 필드의 값이 0이면 컬러를, 1이면 반사율을 지시할 수 있다.
- [554] 실시예들에 따른 SPS는 상기 sps_extension_present_flag 필드의 값이 1이면 sps_extension_data_flag 필드를 더 포함할 수 있다.
- [555] 상기 sps_extension_data_flag 필드는 어느 값이나 가질 수 있다.
- [556] 실시예들에 따른 SPS는 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 더 포함할 수 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 NN_range에 관련된 정보를 포함할 수 있다.
- [557] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 전술한 sps_num_attribute_sets 필드의 값만큼 반복되는 반복문에 포함될 수 있다.
- [558] 즉, 상기 반복문은 nearest_neighbour_max_range[i] 필드와 nearest_neighbour_min_range[i] 필드를 더 포함할 수 있다.
- [559] 상기 nearest_neighbour_max_range[i] 필드는 해당 시퀀스의 i번째 어트리뷰트의 압축시 적용된 이웃 포인트 최대 범위를 지시할 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range[i] 필드의 값은 수학적 5의 NN_range 값으로

이용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range[i] 필드는 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 옥트리 기반으로 LOD를 생성한다면, 상기 nearest_neighbour_max_range[i] 필드의 값은 포인트 주변 옥트리 노드들의 개수일 수 있다.

[560] 상기 nearest_neighbour_min_range[i] 필드는 해당 시퀀스의 i번째 어트리뷰트의 압축시 이웃 포인트 최소 범위를 지시할 수 있다.

[561] 도 34은 본 명세서에 따른 지오메트리 파라미터 세트(geometry_parameter_set())(GPS)의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다. 실시예들에 따른 GPS는 하나 또는 그 이상의 슬라이스들에 포함된 포인트 클라우드 데이터의 지오메트리 정보를 인코딩하는 방법에 관한 정보를 포함할 수 있다.

[562] 실시예들에 따른 GPS는 gps_geom_parameter_set_id 필드, gps_seq_parameter_set_id 필드, gps_box_present_flag 필드, unique_geometry_points_flag 필드, neighbour_context_restriction_flag 필드, inferred_direct_coding_mode_enabled_flag 필드, bitwise_occupancy_coding_flag 필드, adjacent_child_contextualization_enabled_flag 필드, log2_neighbour_avail_boundary 필드, log2_intra_pred_max_node_size 필드, log2_trisoup_node_size 필드, 및 gps_extension_present_flag 필드를 포함할 수 있다.

[563] 상기 gps_geom_parameter_set_id 필드는 다른 선택스 엘리먼트들에 의해 참조되는 GPS의 식별자를 제공한다.

[564] 상기 gps_seq_parameter_set_id 필드는 해당 액티브 SPS에 대한 seq_parameter_set_id 필드의 값을 나타낸다.

[565] 상기 gps_box_present_flag 필드는 추가 바운딩 박스 정보가 현재 GPS를 참조하는 지오메트리 슬라이스 헤더에서 제공되는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 gps_box_present_flag 필드의 값이 1이면, 추가 바운딩 박스 정보가 현재 GPS를 참조하는 지오메트리 헤더(geometry header) 내에 제공됨을 지시할 수 있다. 따라서 상기 gps_box_present_flag 필드의 값이 1이면 GPS는 gps_gsh_box_log2_scale_present_flag 필드를 더 포함할 수 있다.

[566] 상기 gps_gsh_box_log2_scale_present_flag 필드는 gps_gsh_box_log2_scale 필드가 현재 GPS를 참조하는 각 지오메트리 슬라이스 헤더에 시그널링되는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 gps_gsh_box_log2_scale_present_flag 필드의 값이 1이면, 상기 gps_gsh_box_log2_scale 필드가 현재 GPS를 참조하는 각 지오메트리 슬라이스 헤더에 시그널링됨을 지시할 수 있다. 다른 예로, 상기 gps_gsh_box_log2_scale_present_flag 필드의 값이 0이면, 상기 gps_gsh_box_log2_scale 필드가 현재 GPS를 참조하는 각 지오메트리 슬라이스 헤더에 시그널링되지 않으며, 모든 슬라이스들을 위한 공통 스케일(common scale)이 현재 GPS의 gps_gsh_box_log2_scale 필드에 시그널링됨을 지시할 수 있다.

- [567] 상기 `gps_gsh_box_log2_scale_present_flag` 필드의 값이 0이면, GPS는 `gps_gsh_box_log2_scale` 필드를 더 포함할 수 있다.
- [568] 상기 `gps_gsh_box_log2_scale` 필드는 현재 GPS를 참조하는 모든 슬라이스들에 대한 바운딩 박스 오리진의 공통 스케일 팩터(common scale factor)를 나타낸다.
- [569] 상기 `unique_geometry_points_flag` 필드는 모든 출력된 포인트들이 고유의 포지션들을 가지는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 `unique_geometry_points_flag` 필드의 값이 1이면, 모든 출력 포인트들이 고유의 포지션들을 가진다고 지시한다. 상기 `unique_geometry_points_flag` 필드의 값이 0이면, 2개 이상의 출력 포인트들이 같은 포지션들을 가질 수 있음을 지시한다.
- [570] 상기 `neighbour_context_restriction_flag` 필드는 옥트리 오큐판시 코딩이 사용하는 컨텍스트들을 나타낸다. 예를 들어, 상기 `neighbour_context_restriction_flag` 필드의 값이 0이면, 옥트리 오큐판시 코딩이 6개의 이웃 부모 노드들(neighboring parent nodes)에 기초하여 결정된 컨텍스트들을 사용함을 나타낸다. 상기 `neighbour_context_restriction_flag` 필드의 값이 1이면, 옥트리 오큐판시 코딩이 형제 노드들(sibling nodes)에만 기초하여 결정된 컨텍스트들을 사용함을 나타낸다.
- [571] 상기 `inferred_direct_coding_mode_enabled_flag` 필드는 `direct_mode_flag` 필드가 해당 지오메트리 노드 신택스에 존재하는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 `inferred_direct_coding_mode_enabled_flag` 필드의 값이 1이면, 상기 `direct_mode_flag` 필드가 해당 지오메트리 노드 신택스에 존재함을 지시한다. 예를 들어, 상기 `inferred_direct_coding_mode_enabled_flag` 필드의 값이 0이면, 상기 `direct_mode_flag` 필드가 해당 지오메트리 노드 신택스에 존재하지 않음을 지시한다.
- [572] 상기 `bitwise_occupancy_coding_flag` 필드는 지오메트리 노드 오큐판시가 그 신택스 엘리먼트 오큐판시 맵의 비트와이즈 맥락화(bitwise contextualization)를 사용하여 인코딩되는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 `bitwise_occupancy_coding_flag` 필드의 값이 1이면, 지오메트리 노드 오큐판시가 그 신택스 엘리먼트 `occupancy_map`의 비트와이즈 맥락화(bitwise contextualization)를 사용하여 인코딩됨을 지시한다. 예를 들어, 상기 `bitwise_occupancy_coding_flag` 필드의 값이 0이면, 지오메트리 노드 오큐판시가 그 디렉토리 인코드된 신택스 엘리먼트 `occupancy_byte`를 사용하여 인코딩됨을 지시한다.
- [573] 상기 `adjacent_child_contextualization_enabled_flag` 필드는 이웃 옥트리 노드들(neighbouring octree nodes)의 인접한 자식들(adjacent children)이 비트와이즈 오큐판시 맥락화(bitwise occupancy contextualization)를 위해 사용되는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 `adjacent_child_contextualization_enabled_flag` 필드의 값이 1이면, 이웃 옥트리 노드들(neighbouring octree nodes)의 인접한 자식들(adjacent children)이

비트와이즈 오쿠파시 맥락화(bitwise occupancy contextualization)를 위해 사용됨을 지시한다. 예를 들어, 상기 adjacent_child_contextualization_enabled_flag 필드의 값이 0이면, 이웃 옥트리 노드들(neighbouring octree nodes)의 자식들(children)이 비트와이즈 오쿠파시 맥락화(bitwise occupancy contextualization)를 위해 사용되지 않음을 지시한다.

[574] 상기 log2_neighbour_avail_boundary 필드는 디코딩 프로세스에서 아래와 같이 이용되는 변수(variable) NeighbAvailBoundary의 값을 나타낸다(specifies the value of the variable NeighbAvailBoundary that is used in the decoding process as follows:).

[575] $\text{NeighbAvailBoundary} = 2^{\text{log2_neighbour_avail_boundary}}$

[576] 예를 들어, 상기 neighbour_context_restriction_flag 필드의 값이 1이면, NeighbAvailabilityMask는 1로 설정될 수 있다. 예를 들어, 상기 neighbour_context_restriction_flag 필드의 값이 0이면, NeighbAvailabilityMask는 $1 \ll \text{log2_neighbour_avail_boundary}$ 로 설정될 수 있다.

[577] 상기 log2_intra_pred_max_node_size 필드는 오쿠파시 인트라 예측 자격이 있는 옥트리 노드 사이즈를 나타낸다.

[578] 상기 log2_trisoup_node_size 필드는 아래와 같이 결정되는 트라이앵글 노드들의 사이즈로서 변수(variable) TrisoupNodeSize을 나타낸다.

[579] $\text{TrisoupNodeSize} = 1 \ll \text{log2_trisoup_node_size}$

[580] 상기 gps_extension_present_flag 필드는 gps_extension_data 선택스 구조가 해당 GPS 선택스에 존재하는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 gps_extension_present_flag 필드의 값이 1이면, gps_extension_data 선택스 구조가 해당 GPS 선택스에 존재함을 지시한다. 예를 들어, 상기 gps_extension_present_flag 필드의 값이 0이면, gps_extension_data 선택스 구조가 해당 GPS 선택스에 존재하지 않음을 지시한다.

[581] 실시예들에 따른 GPS는 상기 gps_extension_present_flag 필드의 값이 1이면 gps_extension_data_flag 필드를 더 포함할 수 있다.

[582] 상기 gps_extension_data_flag 필드는 어느 값이나 가질 수 있다. 그것의 존재와 값은 디코더 규격(decoder conformance to profiles)에 영향을 주지 않는다.

[583] 도 35는 본 명세서에 따른 어트리뷰트 파라미터 세트(attribute_parameter_set()(APS)의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다. 실시예들에 따른 APS는 하나 또는 그 이상의 슬라이스들에 포함된 포인트 클라우드 데이터의 어트리뷰트 정보를 인코딩하는 방법에 관한 정보를 포함할 수 있으며, 특히 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 포함하는 예를 보이고 있다.

[584] 실시예들에 따른 APS는 aps_attr_parameter_set_id 필드, aps_seq_parameter_set_id 필드, attr_coding_type 필드, aps_attr_initial_qp 필드, aps_attr_chroma_qp_offset 필드, aps_slice_qp_delta_present_flag 필드, 및 aps_extension_present_flag 필드를 포함할 수 있다.

- [585] 상기 aps_attr_parameter_set_id 필드는 다른 신택스 엘리먼트들에 의한 참조를 위해 APS의 식별자를 나타낸다.
- [586] 상기 aps_seq_parameter_set_id 필드는 액티브(active) SPS에 대한 sps_seq_parameter_set_id의 값을 나타낸다.
- [587] 상기 attr_coding_type 필드는 어트리뷰트에 대한 코딩 타입을 나타낸다.
- [588] 일 실시예로, 상기 attr_coding_type 필드의 값이 0이면 코딩 타입은 예측 가중치 리프팅(predicting weight lifting 또는 LOD with predictiing trnasform)를, 1이면 코딩 타입은 RAHT를, 2이면 고정 가중치 리프팅(fix weight lifting 또는 LOD with lifting transform)을 지시할 수 있다.
- [589] 상기 aps_attr_initial_qp 필드는 APS를 참조하는 각 슬라이스에 대한 변수 슬라이스 양자화 파라미터(SliceQp)의 초기 값을 나타낸다(pecifies the initial value of the variable SliceQp for each slice referring to the APS). 상기 SliceQp의 초기 값은 slice_qp_delta_luma 또는 slice_qp_delta_luma의 비제로(non-zero) 값이 디코드될 때 해당 어트리뷰트 슬라이스 세그먼트 레이어에서 수정된다.
- [590] 상기 aps_attr_chroma_qp_offset 필드는 신택스 aps_attr_initial_qp에 의해 시그널링된 초기 양자화 파라미터에 대한 오프셋들을 나타낸다.
- [591] 상기 aps_slice_qp_delta_present_flag 필드는 ash_attr_qp_delta_luma and ash_attr_qp_delta_chroma 신택스 엘리먼트들이 해당 어트리뷰트 슬라이스 헤더(ASH)에 존재하는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 aps_slice_qp_delta_present_flag 필드의 값이 1이면, ash_attr_qp_delta_luma and ash_attr_qp_delta_chroma 신택스 엘리먼트들이 해당 어트리뷰트 슬라이스 헤더(ASH)에 존재함을 지시한다(equal to 1 specifies that the ash_attr_qp_delta_luma and ash_attr_qp_delta_chroma syntax elements are present in the ASH). 예를 들어, 상기 aps_slice_qp_delta_present_flag 필드의 값이 0이면, ash_attr_qp_delta_luma and ash_attr_qp_delta_chroma 신택스 엘리먼트들이 해당 어트리뷰트 슬라이스 헤더(ASH)에 존재하지 않음을 지시한다.
- [592] 실시예들에 따른 APS는 상기 attr_coding_type 필드의 값이 0이거나 또는 2이면, 즉, 코딩 타입이 예측 가중치 리프팅(predicting weight lifting or LOD with predicting transform)이거나 또는 고정 가중치 리프팅(fix weight lifting or LOD with lifting transform)이면, lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드, lifting_max_num_direct_predictors 필드, lifting_search_range 필드, lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag 필드, lifting_num_detail_levels_minus1 필드를 더 포함할 수 있다.
- [593] 상기 lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드는 예측(prediction)을 위해 사용될 가장 가까운 이웃(nearest neighbor)들의 최대 개수(즉, X 값)를 나타낸다.
- [594] 상기 lifting_max_num_direct_predictors 필드는 다이렉트 예측(direct prediction)을 위해 사용될 예측기(predictor)의 최대 개수를 나타낸다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 디코딩 과정에서 사용되는 변수(variable)

MaxNumPredictors의 값은 아래와 같이 표현될 수 있다.

- [595] MaxNumPredictors = lifting_max_num_direct_predictors 필드 + 1
- [596] 상기 lifting_search_range 필드는 가장 가까운 이웃들을 결정하기 위해 사용되는 서치 범위를 나타낸다.
- [597] 상기 lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag 필드는 LOD(levels of detail)가 레귤러 샘플링 전략을 사용하여 만들어지는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag 필드의 값이 1이면, LOD(levels of detail)가 레귤러 샘플링 전략을 사용하여 만들어짐을 지시한다. 예를 들어, 상기 lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag 필드의 값이 0이면, 거리 기반 샘플링 전략(distance-based sampling strategy)이 대신 사용됨을 지시한다.
- [598] 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드는 어트리뷰트 코딩을 위한 LOD의 개수를 나타낸다.
- [599] 실시예들에 따른 APS는 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드의 값만큼 반복되는 반복문을 포함한다. 이때 인덱스(idx)는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, 인덱스(idx)가 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드의 값보다 커질때까지 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 이 반복문은 lifting_lod_decimation_enabled_flag 필드의 값이 참(예를 들어, 1)이면 lifting_sampling_period[idx] 필드를 포함하고, 거짓(예를 들어, 0)이면 lifting_sampling_distance_squared[idx] 필드를 포함할 수 있다.
- [600] 상기 lifting_sampling_period[idx] 필드는 LOD idx를 위한 샘플링 주기를 나타낸다.
- [601] 상기 lifting_sampling_distance_squared[idx] 필드는 LOD idx를 위한 샘플링 거리의 제곱을 나타낸다.
- [602] 실시예들에 따른 APS는 상기 attr_coding_type 필드의 값이 0이면, 즉 코딩 타입이 예측 가중치 리프팅(predicting weight lifting or LOD with predicting transform)이면, lifting_adaptive_prediction_threshold 필드와 lifting_intra_lod_prediction_num_layers 필드를 더 포함할 수 있다.
- [603] 상기 lifting_adaptive_prediction_threshold 필드는 적응적 예측을 가능하게 하기 위한 임계값을 나타낸다.
- [604] 상기 lifting_intra_lod_prediction_num_layers 필드는 같은 LOD 레이어 내 디코드된 포인트들이 타겟 포인트의 예측 값을 생성하기 위해 참조할 수 있는 LOD 레이어의 number를 나타낸다. 예를 들어, 상기 lifting_intra_lod_prediction_num_layers 필드의 값이 상기 num_detail_levels_minus1 필드 + 1의 값이면, 타겟 포인트는 모든 LOD 레이어들을 위한 동일 LOD 레이어 내 디코드된 포인트들을 참조할 수 있음을 나타낸다. 예를 들어, 상기 lifting_intra_lod_prediction_num_layers 필드의 값이 0이면, 타겟 포인트는 임의의 LOD 레이어들을 위한 동일 LOD 레이어 내 디코드된 포인트들을 참조할 수 없음을 나타낸다.

- [605] 상기 `aps_extension_present_flag` 필드는 `aps_extension_data` 신택스 구조가 해당 APS 신택스 구조에 존재하는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 `aps_extension_present_flag` 필드의 값이 1이면, `aps_extension_data` 신택스 구조가 해당 APS 신택스 구조에 존재함을 지시한다. 예를 들어, 상기 `aps_extension_present_flag` 필드의 값이 0이면, `aps_extension_data` 신택스 구조가 해당 APS 신택스 구조에 존재하지 않음을 지시한다.
- [606] 실시예들에 따른 APS는 상기 `aps_extension_present_flag` 필드의 값이 1이면 `aps_extension_data_flag` 필드를 더 포함할 수 있다.
- [607] 상기 `aps_extension_data_flag` 필드는 어느 값이나 가질 수 있다. 그것의 존재와 값은 디코더 규격(decoder conformance to profiles)에 영향을 주지 않는다.
- [608] 실시예들에 따른 APS는 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 더 포함할 수 있다.
- [609] 실시예들에 따른 APS는 상기 `attr_coding_type` 필드의 값이 0이거나 또는 2이면, 즉, 코딩 타입이 예측 가중치 리프팅(predicting weight lifting or LOD with predicting transform)이거나 또는 고정 가중치 리프팅(fix weight lifting or LOD with lifting transform)이면, `nearest_neighbour_max_range` 필드, `nearest_neighbour_min_range` 필드, 및 `different_nn_range_in_tile_flag` 필드를 더 포함할 수 있다.
- [610] 상기 `nearest_neighbour_max_range` 필드는 이웃 포인트 최대 범위를 지시할 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 `nearest_neighbour_max_range` 필드는 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 `nearest_neighbour_max_range` 필드의 값은 수학적 5의 NN_range 값으로 이용될 수 있다. 예를 들어, 옥트리 기반으로 LOD를 생성한다면, 상기 `nearest_neighbour_max_range` 필드의 값은 그 포인트 주변 옥트리 노드들의 개수일 수 있다.
- [611] 상기 `nearest_neighbour_min_range` 필드는 어트리뷰트의 압축시 이웃 포인트 최소 범위를 지시할 수 있다.
- [612] 상기 `different_nn_range_in_tile_flag` 필드는 해당 시퀀스가 시퀀스에서 분할된 타일에 다른 이웃 포인트 최대/최소 범위를 사용하고 있는지 여부를 명시할 수 있다.
- [613] 실시예들에 따르면, 상기 이웃 포인트로 설정될 수 있는 최대 개수에 대한 정보(예, `lifting_num_pred_nearest_neighbours` 필드)와 서치 범위에 관련된 정보(예, `lifting_search_range` 필드)도 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보에 포함될 수 있다.
- [614] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 LOD 구성 방법에 대한 정보 및/또는 이웃 포인트 기본 거리에 관련된 정보 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [615] 도 36은 본 명세서에 따른 어트리뷰트 파라미터 세트(attribute_parameter_set()(APS)의 신택스 구조의 다른 실시예를 보인

도면이다. 실시예들에 따른 APS는 하나 또는 그 이상의 슬라이스들에 포함된 포인트 클라우드 데이터의 어트리뷰트 정보를 인코딩하는 방법에 관한 정보를 포함할 수 있으며, 특히 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 포함하는 예를 보이고 있다.

- [616] 도 36의 어트리뷰트 파라미터 세트(attribute_parameter_set()(APS)의 신택스 구조는 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 제외하고는 도 35의 어트리뷰트 파라미터 세트(attribute_parameter_set()(APS)의 신택스 구조와 동일 또는 유사하다. 따라서, 도 36의 설명에서 생략되거나 설명되지 않는 부분은 도 35를 참조하기로 한다.
- [617] aps_attr_parameter_set_id 필드는 다른 신택스 엘리먼트들에 의한 참조를 위해 APS의 식별자를 나타낸다.
- [618] aps_seq_parameter_set_id 필드는 액티브(active) SPS에 대한 sps_seq_parameter_set_id의 값을 나타낸다.
- [619] attr_coding_type 필드는 어트리뷰트에 대한 코딩 타입을 나타낸다.
- [620] 일 실시예로, 상기 attr_coding_type 필드의 값이 0이면 코딩 타입은 예측 가중치 리프팅(predicting weight lifting 또는 LOD with predictiing trnasform)를, 1이면 코딩 타입은 RAHT를, 2이면 고정 가중치 리프팅(fix weight lifting 또는 LOD with lifting transform)을 지시할 수 있다.
- [621] 실시예들에 따른 APS는 상기 attr_coding_type 필드의 값이 0이거나 또는 2이면, 즉, 코딩 타입이 예측 가중치 리프팅(predicting weight lifting or LOD with predicting transform)이거나 또는 고정 가중치 리프팅(fix weight lifting or LOD with lifting transform)이면, lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드, lifting_max_num_direct_predictors 필드, lifting_search_range 필드, lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag 필드, lifting_num_detail_levels_minus1 필드를 더 포함할 수 있다.
- [622] 상기 lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드는 예측(prediction)을 위해 사용될 가장 가까운 이웃(nearest neighbor)들의 최대 개수(즉, X 값)를 나타낸다.
- [623] 상기 lifting_max_num_direct_predictors 필드는 다이렉트 예측(direct prediction)을 위해 사용될 예측기(predictor)의 최대 개수를 나타낸다. 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 디코딩 과정에서 사용되는 변수(variable) MaxNumPredictors의 값은 아래와 같이 표현될 수 있다.
- [624] $\text{MaxNumPredictors} = \text{lifting_max_num_direct_predictors} \text{ 필드} + 1$
- [625] 상기 lifting_search_range 필드는 가장 가까운 이웃들을 결정하기 위해 사용되는 서치 범위를 나타낸다.
- [626] 상기 lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag 필드는 LOD(levels of detail)가 레귤러 샘플링 전략을 사용하여 만들어지는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 상기 lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag 필드의 값이 1이면, LOD(levels of detail)가 레귤러 샘플링 전략을 사용하여 만들어짐을 지시한다. 예를 들어, 상기

- lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag 필드의 값이 0이면, 거리 기반 샘플링 전략(distance_based sampling strategy)이 대신 사용됨을 지시한다.
- [627] 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드는 어트리뷰트 코딩을 위한 LOD의 개수를 나타낸다.
- [628] 실시예들에 따른 APS는 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드의 값만큼 반복되는 반복문을 포함한다. 이때 인덱스(idx)는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, 인덱스(idx)가 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드의 값보다 커질때까지 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 이 반복문은 lifting_lod_decimation_enabled_flag 필드의 값이 참(예를 들어, 1)이면 lifting_sampling_period[idx] 필드를 포함하고, 거짓(예를 들어, 0)이면 lifting_sampling_distance_squared[idx] 필드를 포함할 수 있다.
- [629] 상기 lifting_sampling_period[idx] 필드는 LOD idx를 위한 샘플링 주기를 나타낸다.
- [630] 상기 lifting_sampling_distance_squared[idx] 필드는 LOD idx를 위한 샘플링 거리의 제곱을 나타낸다.
- [631] 실시예들에 따른 APS는 상기 attr_coding_type 필드의 값이 0이면, 즉 코딩 타입이 예측 가중치 리프팅(predicting weight lifting or LOD with predicting transform)이면, lifting_adaptive_prediction_threshold 필드와 lifting_intra_lod_prediction_num_layers 필드를 더 포함할 수 있다.
- [632] 상기 lifting_adaptive_prediction_threshold 필드는 적응적 예측을 가능하게 하기 위한 임계값을 나타낸다.
- [633] 상기 lifting_intra_lod_prediction_num_layers 필드는 같은 LOD 레이어 내 디코드된 포인트들이 타겟 포인트의 예측 값을 생성하기 위해 참조할 수 있는 LOD 레이어의 number를 나타낸다.
- [634] 실시예들에 따른 APS는 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 더 포함할 수 있다.
- [635] 실시예들에 따른 APS는 상기 attr_coding_type 필드의 값이 0이거나 또는 2이면, 즉, 코딩 타입이 예측 가중치 리프팅(predicting weight lifting or LOD with predicting transform)이거나 또는 고정 가중치 리프팅(fix weight lifting or LOD with lifting transform)이면, different_nn_range_in_tile_flag 필드와 different_nn_range_per_lod_flag 필드를 더 포함할 수 있다.
- [636] 상기 different_nn_range_in_tile_flag 필드는 해당 시퀀스가 시퀀스에서 분할된 타일에 다른 이웃 포인트 최대/최소 범위를 사용하고 있는지 여부를 명시할 수 있다.
- [637] 상기 different_nn_range_per_lod_flag 필드는 LOD별로 이웃 포인트 최대/최소 범위를 다르게 사용할지 여부를 명시할 수 있다.
- [638] 예를 들어, 상기 different_nn_range_per_lod_flag 필드의 값이 거짓이면, 상기 APS는 nearest_neighbour_max_range 필드와 nearest_neighbour_min_range 필드를 더 포함할 수 있다.

- [639] 상기 nearest_neighbour_max_range 필드는 이웃 포인트 최대 범위를 지시할 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range 필드는 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range 필드의 값은 수학적 5의 NN_range 값으로 이용될 수 있다.
- [640] 상기 nearest_neighbour_min_range 필드는 이웃 포인트 최소 범위를 지시할 수 있다.
- [641] 예를 들어, 상기 different_nn_range_per_lod_flag 필드의 값이 참이면, 상기 APS는 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드의 값만큼 반복되는 반복문을 더 포함한다. 이때 인덱스(idx)는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, 인덱스(idx)가 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드의 값보다 커질때까지 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 이 반복문은 nearest_neighbour_max_range [idx] 필드와 nearest_neighbour_min_range [idx] 필드를 포함할 수 있다.
- [642] 상기 nearest_neighbour_max_range [idx] 필드는 LOD idx를 위한 이웃 포인트 최대 범위를 지시할 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range [idx] 필드는 LOD idx를 위해 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range [idx] 필드의 값은 LOD idx를 위한 NN_range 값으로 이용될 수 있다.
- [643] 상기 nearest_neighbour_min_range [idx] 필드는 LOD idx를 이웃 포인트 최소 범위를 지시할 수 있다.
- [644] 실시예들에 따르면, 상기 이웃 포인트로 설정될 수 있는 최대 개수에 대한 정보(예, lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드)와 서치 범위에 관련된 정보(예, lifting_search_range 필드)도 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보에 포함될 수 있다.
- [645] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 LOD 구성 방법에 대한 정보 및/또는 이웃 포인트 기본 거리에 관련된 정보 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [646] 도 37은 본 명세서에 따른 타일 파라미터 세트(tile_parameter_set()(TPS)의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다. 실시예들에 따라 TPS(Tile Parameter Set)는 타일 인벤토리(tile inventory)로 호칭될 수도 있다. 실시예들에 따른 TPS는 타일별로 각 타일에 관련된 정보를 포함하며 특히, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 포함하는 예를 보이고 있다.
- [647] 실시예들에 따른 TPS는 num_tiles 필드를 포함한다.
- [648] 상기 num_tiles 필드는 그 비트스트림을 위해 시그널링된 타일들의 개수를 나타낸다. 만일 타일들이 존재하지 않으면, 상기 num_tiles 필드의 값은 0이 될 것이다(when not present, num_tiles is inferred to be 0).

- [649] 실시예들에 따른 TPS는 상기 num_tiles 필드의 값만큼 반복되는 반복문을 포함한다. 이때 i는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, i값이 상기 num_tiles 필드의 값이 될 때까지 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 이 반복문은 tile_bounding_box_offset_x[i] 필드, tile_bounding_box_offset_y[i] 필드, tile_bounding_box_offset_z[i] 필드, tile_bounding_box_size_width[i] 필드, tile_bounding_box_size_height[i] 필드, 및 tile_bounding_box_size_depth[i] 필드를 포함할 수 있다.
- [650] 상기 tile_bounding_box_offset_x[i] 필드는 직교 좌표계에서 i-번째 타일의 x 오프셋을 나타낸다.
- [651] 상기 tile_bounding_box_offset_y[i] 필드는 직교 좌표계에서 i-번째 타일의 y 오프셋을 나타낸다.
- [652] 상기 tile_bounding_box_offset_z[i] 필드는 직교 좌표계에서 i-번째 타일의 z 오프셋을 나타낸다.
- [653] 상기 tile_bounding_box_size_width[i] 필드는 직교 좌표계에서 i-번째 타일의 폭(width)를 나타낸다.
- [654] 상기 tile_bounding_box_size_height[i] 필드는 직교 좌표계에서 i-번째 타일의 높이(height)를 나타낸다.
- [655] 상기 tile_bounding_box_size_depth[i] 필드는 직교 좌표계에서 i-번째 타일의 깊이(depth)를 나타낸다.
- [656] 실시예들에 따른 TPS는 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 더 포함할 수 있다.
- [657] 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 전술한 num_tiles 필드의 값만큼 반복되는 반복문에 아래와 같이 포함될 수 있다.
- [658] 일 실시예로, 상기 different_nn_range_in_tile_flag 필드의 값이 참이면, 상기 반복문은 nearest_neighbour_max_range [i] 필드, nearest_neighbour_min_range [i] 필드, 및 different_nn_range_in_slice_flag [i] 필드를 더 포함할 수 있다. 상기 different_nn_range_in_tile_flag 필드는 APS에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.
- [659] 상기 nearest_neighbour_max_range [i] 필드는 i-번째 타일의 이웃 포인트 최대 범위를 지시할 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range [i] 필드는 i-번째 타일에서 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range [i] 필드의 값은 i-번째 타일의 NN_range 값으로 이용될 수 있다.
- [660] 상기 nearest_neighbour_min_range 필드 [i]는 i-번째 타일의 이웃 포인트 최소 범위를 지시할 수 있다.
- [661] 상기 different_nn_range_in_slice_flag [i] 필드는 해당 타일이 타일에서 분할된 슬라이스에 다른 이웃 포인트 최대/최소 범위를 사용하고 있는지 여부를 명시할 수 있다.
- [662] 상기 different_nn_range_in_slice_flag [i] 필드의 값이 참이면, 상기 TPS는

- nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag[i] 필드를 더 포함할 수 있다.
- [663] 상기 nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag[i] 필드는 슬라이스에 정의된 이웃 포인트 최대/최소 범위가 타일에 정의된 이웃 포인트 최대 최소/범위에서의 range offset으로 표기 되어 있는지 아니면 절대(absolute) 값으로 표기되어 있는지를 지시할 수 있다.
- [664] 도 38은 본 명세서에 따른 지오메트리 슬라이스 비트스트림()의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [665] 실시예들에 따른 지오메트리 슬라이스 비트스트림(geometry_slice_bitstream())은 지오메트리 슬라이스 헤더(geometry_slice_header())와 지오메트리 슬라이스 데이터(geometry_slice_data())를 포함할 수 있다.
- [666] 도 39는 본 명세서에 따른 지오메트리 슬라이스 헤더(geometry_slice_header())의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.
- [667] 실시예들에 따른 송신 장치가 전송하는 비트스트림(또는 수신 장치가 수신하는 비트스트림)은 하나 이상의 슬라이스들을 포함할 수 있다. 각 슬라이스(slice)는 지오메트리 슬라이스 및 어트리뷰트 슬라이스를 포함할 수 있다. 지오메트리 슬라이스는 지오메트리 슬라이스 헤더(GSH, Geometry Slice Header)를 포함한다. 어트리뷰트 슬라이스는 어트리뷰트 슬라이스 헤더(ASH, Attribute Slice Header)를 포함한다.
- [668] 실시예들에 따른 지오메트리 슬라이스 헤더(geometry_slice_header())는 gsh_geom_parameter_set_id 필드, gsh_tile_id 필드, gsh_slice_id 필드, gsh_max_node_size_log2 필드, gsh_num_points 필드 및 byte_alignment() 필드를 포함할 수 있다.
- [669] 실시예들에 따른 지오메트리 슬라이스 헤더(geometry_slice_header())는 지오메트리 파라미터 세트(GPS)에 포함된 gps_box_present_flag 필드의 값이 참(예를 들어, 1)이고, gps_gsh_box_log2_scale_present_flag 필드의 값이 참(예를 들어, 1)이면, gsh_box_log2_scale 필드, gsh_box_origin_x 필드, gsh_box_origin_y 필드, 및 gsh_box_origin_z 필드를 더 포함할 수 있다.
- [670] 상기 gsh_geom_parameter_set_id 필드는 액티브 GPS의 gps_geom_parameter_set_id의 값을 나타낸다.
- [671] 상기 gsh_tile_id 필드는 해당 지오메트리 슬라이스 헤더(GSH)에 의해 참조되는 해당 타일(tile)의 식별자를 나타낸다.
- [672] 상기 gsh_slice_id는 다른 선택스 엘리먼트들에 의한 참조를 위해 해당 슬라이스의 식별자를 나타낸다.
- [673] 상기 gsh_box_log2_scale 필드는 해당 슬라이스를 위한 바운딩 박스 오리진의 스케일링 팩터를 나타낸다.
- [674] 상기 gsh_box_origin_x 필드는 상기 gsh_box_log2_scale 필드의 값에 의해 스케일링된 바운딩 박스 오리진의 x값을 나타낸다.
- [675] 상기 gsh_box_origin_y 필드는 상기 gsh_box_log2_scale 필드의 값에 의해

스케일링된 바운딩 박스 오리진의 y값을 나타낸다.

[676] 상기 gsh_box_origin_z 필드는 상기 gsh_box_log2_scale 필드의 값에 의해 스케일링된 바운딩 박스 오리진의 z값을 나타낸다.

[677] 상기 gsh_max_node_size_log2 필드는 루트 지오메트리 옥트리 노드의 사이즈를 나타낸다.

[678] 상기 gsh_points_number 필드는 해당 슬라이스 내 코딩된 포인트들의 개수를 나타낸다.

[679] 도 40은 본 명세서에 따른 지오메트리 슬라이스 데이터(geometry_slice_data())의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다. 실시예들에 따른 지오메트리 슬라이스 데이터(geometry_slice_data())는 해당 슬라이스에 속한 지오메트리 비트스트림을 전송할 수 있다.

[680] 실시예들에 따른 지오메트리 슬라이스 데이터(geometry_slice_data())는 MaxGeometryOctreeDepth의 값만큼 반복되는 제1 반복문을 포함할 수 있다. 이때 depth는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, depth가 MaxGeometryOctreeDepth의 값이 될 때까지 제1 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 제1 반복문은 NumNodesAtDepth의 값만큼 반복되는 제2 반복문을 포함할 수 있다. 이때 nodeidx는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, nodeidx가 NumNodesAtDepth의 값이 될 때까지 제2 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 제2 반복문은 $xN = \text{NodeX}[\text{depth}][\text{nodeIdx}]$, $yN = \text{NodeY}[\text{depth}][\text{nodeIdx}]$, $zN = \text{NodeZ}[\text{depth}][\text{nodeIdx}]$, geometry_node(depth, nodeIdx, xN, yN, zN)를 포함할 수 있다. MaxGeometryOctreeDepth는 지오메트리 옥트리 깊이의 최대 값을 나타내고, NumNodesAtDepth는 해당 깊이에서 디코딩될 노드들의 개수를 나타낸다. 변수 NodeX[depth][nodeIdx], NodeY[depth][nodeIdx], NodeZ[depth][nodeIdx]는 주어진 깊이에서 디코딩 순서로 nodeIdx 번째 노드의 x, y, z 좌표를 나타낸다. geometry_node(depth, nodeIdx, xN, yN, zN)를 통해 해당 깊이의 해당 노드의 지오메트리 비트스트림을 전송한다.

[681] 실시예들에 따른 지오메트리 슬라이스 데이터(geometry_slice_data())는 log2_trisoup_node_size 필드의 값이 0보다 크면, geometry_trisoup_data()를 더 포함할 수 있다. 즉, 트라이앵글 노드들의 사이즈가 0보다 크면, geometry_trisoup_data()를 통해 트라이쇼уп 지오메트리 인코딩된 지오메트리 비트스트림을 전송한다.

[682] 도 41은 본 명세서에 따른 어트리뷰트 슬라이스 비트스트림()의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다.

[683] 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 비트스트림(attribute_slice_bitstream())은 어트리뷰트 슬라이스 헤더(attribute_slice_header())와 어트리뷰트 슬라이스 데이터(attribute_slice_data())를 포함할 수 있다.

[684] 도 42는 본 명세서에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더(attribute_slice_header())의

선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 해당 어트리뷰트 슬라이스를 위한 시그널링 정보를 포함하며, 특히 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 포함하는 예를 보이고 있다.

- [685] 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더(attribute_slice_header())는 ash_attr_parameter_set_id 필드, ash_attr_sps_attr_idx 필드, 및 ash_attr_geom_slice_id 필드를 포함할 수 있다.
- [686] 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더(attribute_slice_header())는 어트리뷰트 파라미터 세트(APS)의 aps_slice_qp_delta_present_flag 필드의 값이 참(예, 1)이면, ash_qp_delta_luma 필드와 ash_qp_delta_chroma 필드를 더 포함할 수 있다.
- [687] 상기 ash_attr_parameter_set_id 필드는 현재 액티브 APS의 aps_attr_parameter_set_id 필드 (예를 들면, 도 35 또는 도 36에서 설명한 APS에 포함된 aps_attr_parameter_set_id 필드)의 값을 나타낸다.
- [688] 상기 ash_attr_sps_attr_idx 필드는 현재 액티브 SPS 내의 어트리뷰트 세트를 식별한다. 상기 ash_attr_sps_attr_idx 필드의 값은 0부터 현재 액티브 SPS에 포함된 sps_num_attribute_sets 필드까지의 범위 내에 있다.
- [689] 상기 ash_attr_geom_slice_id 필드는 현재 지오메트리 슬라이스 헤더의 gsh_slice_id 필드의 값을 나타낸다.
- [690] 상기 ash_qp_delta_luma 필드는 액티브 어트리뷰트 파라미터 세트 내 초기 슬라이스 qp로부터 도출된 루마 델타 양자화 파라미터(qp)를 나타낸다.
- [691] 상기 ash_qp_delta_chroma 필드는 액티브 어트리뷰트 파라미터 세트 내 초기 슬라이스 qp로부터 도출된 크로마 델타 양자화 파라미터(qp)를 나타낸다.
- [692] 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더(attribute_slice_header())는 아래와 같이 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 더 포함할 수 있다.
- [693] 일 실시예로, 상기 different_nn_range_in_slice_flag 필드의 값이 참이고, 상기 nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag 필드의 값이 거짓이면, 상기 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 nearest_neighbour_absolute_max_range 필드와 nearest_neighbour_absolute_min_range 필드를 더 포함할 수 있다.
- [694] 상기 nearest_neighbour_absolute_max_range 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 이웃 포인트 최대 범위를 지시할 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_absolute_max_range 필드는 해당 슬라이스에서 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_absolute_max_range 필드의 값은 해당 슬라이스의 NN_range 값으로 이용될 수 있다.
- [695] 상기 nearest_neighbour_absolute_min_range 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 이웃 포인트 최소 범위를 지시할 수 있다.
- [696] 상기 different_nn_range_in_slice_flag 필드와 상기 nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag 필드는 상기 TPS에 시그널링되는

것을 일 실시예로 한다.

[697] 일 실시예로, 상기 `different_nn_range_in_slice_flag` 필드의 값이 참이고, 상기 `nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag` 필드의 값이 참이면, 상기 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 `nearest_neighbour_max_range_offset` 필드와 `nearest_neighbour_min_range_offset` 필드를 더 포함할 수 있다.

[698] 상기 `nearest_neighbour_max_range_offset` 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 이웃 포인트 최대 범위 오프셋을 지시할 수 있다. 상기 이웃 포인트 최대 범위 오프셋의 기준은 해당 슬라이스가 속한 타일의 이웃 포인트 최대 범위인 것을 일 실시예로 한다. 실시예들에 따르면, 상기 `nearest_neighbour_max_range_offset` 필드는 해당 슬라이스에서 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 `nearest_neighbour_max_range_offset` 필드의 값은 해당 슬라이스의 `NN_range` 값의 오프셋으로 이용될 수 있다.

[699] 상기 `nearest_neighbour_min_range_offset` 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 이웃 포인트 최소 범위 오프셋을 지시할 수 있다. 상기 이웃 포인트 최소 범위 오프셋의 기준은 해당 슬라이스가 속한 타일의 이웃 포인트 최소 범위인 것을 일 실시예로 한다.

[700] 도 43은 본 명세서에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더(`attribute_slice_header()`)의 선택스 구조의 다른 실시예를 보인 도면이다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 해당 어트리뷰트 슬라이스를 위한 시그널링 정보를 포함하며, 특히 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 포함하는 예를 보이고 있다.

[701] 도 43의 어트리뷰트 슬라이스 헤더의 선택스 구조는 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 제외하고는 도 42의 어트리뷰트 슬라이스 헤더의 선택스 구조와 동일 또는 유사하다. 따라서, 도 43의 설명에서 생략되거나 설명되지 않는 부분은 도 42를 참조하기로 한다.

[702] `ash_attr_parameter_set_id` 필드는 현재 액티브 APS의 `aps_attr_parameter_set_id` 필드 (예를 들면, 도 35 또는 도 36에서 설명한 APS에 포함된 `aps_attr_parameter_set_id` 필드)의 값을 나타낸다.

[703] `ash_attr_sps_attr_idx` 필드는 현재 액티브 SPS 내의 어트리뷰트 세트를 식별한다. 상기 `ash_attr_sps_attr_idx` 필드의 값은 0부터 현재 액티브 SPS에 포함된 `sps_num_attribute_sets` 필드까지의 범위 내에 있다.

[704] `ash_attr_geom_slice_id` 필드는 현재 지오메트리 슬라이스 헤더의 `gsh_slice_id` 필드의 값을 나타낸다.

[705] 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 헤더(`attribute_slice_header()`)는 아래와 같이 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 더 포함할 수 있다.

[706] 일 실시예로, 상기 `different_nn_range_in_slice_flag` 필드의 값이 참이면, 상기 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 `different_nn_range_per_lod_flag` 필드를 더 포함할 수 있다.

[707] 상기 `different_nn_range_per_lod_flag` 필드는 LOD별로 이웃 포인트 최대/최소

범위를 다르게 사용할지 여부를 명시할 수 있다.

- [708] 예를 들어, 상기 `different_nn_range_per_lod_flag` 필드의 값이 거짓이고, 상기 `nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag` 필드의 값이 거짓이면, 상기 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 `nearest_neighbour_absolute_max_range` 필드와 `nearest_neighbour_absolute_min_range` 필드를 더 포함할 수 있다.
- [709] 상기 `nearest_neighbour_absolute_max_range` 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 이웃 포인트 최대 범위를 지시할 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 `nearest_neighbour_absolute_max_range` 필드는 해당 슬라이스에서 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 `nearest_neighbour_absolute_max_range` 필드의 값은 해당 슬라이스의 `NN_range` 값으로 이용될 수 있다.
- [710] 상기 `nearest_neighbour_absolute_min_range` 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 이웃 포인트 최소 범위를 지시할 수 있다.
- [711] 예를 들어, 상기 `different_nn_range_per_lod_flag` 필드의 값이 거짓이고, 상기 `nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag` 필드의 값이 참이면, 상기 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 `nearest_neighbour_max_range_offset` 필드와 `nearest_neighbour_min_range_offset` 필드를 더 포함할 수 있다.
- [712] 상기 `nearest_neighbour_max_range_offset` 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 이웃 포인트 최대 범위 옵셋을 지시할 수 있다. 상기 이웃 포인트 최대 범위 옵셋의 기준은 해당 슬라이스가 속한 타일의 이웃 포인트 최대 범위인 것을 일 실시예로 한다. 실시예들에 따르면, 상기 `nearest_neighbour_absolute_max_range` 필드는 해당 슬라이스에서 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 `nearest_neighbour_absolute_max_range` 필드의 값은 해당 슬라이스의 `NN_range` 값의 옵셋으로 이용될 수 있다.
- [713] 상기 `nearest_neighbour_min_range_offset` 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 이웃 포인트 최소 범위 옵셋을 지시할 수 있다. 상기 이웃 포인트 최소 범위 옵셋의 기준은 해당 슬라이스가 속한 타일의 이웃 포인트 최소 범위인 것을 일 실시예로 한다.
- [714] 예를 들어, 상기 `different_nn_range_per_lod_flag` 필드의 값이 참이고, 상기 `nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag` 필드의 값이 거짓이면, 상기 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 상기 `lifting_num_detail_levels_minus1` 필드의 값만큼 반복되는 반복문을 더 포함한다. 이때 인덱스(`idx`)는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, 인덱스(`idx`)가 상기 `lifting_num_detail_levels_minus1` 필드의 값보다 커질때까지 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 이 반복문은 `nearest_neighbour_absolute_max_range[idx]` 필드와 `nearest_neighbour_absolute_min_range[idx]` 필드를 포함할 수 있다.
- [715] 상기 `lifting_num_detail_levels_minus1` 필드는 어트리뷰트 코딩을 위한 LOD의

개수를 나타내며, 상기 APS에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.

- [716] 상기 nearest_neighbour_absolute_max_range[idx] 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 LOD idx를 위한 이웃 포인트 최대 범위를 지시할 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_absolute_max_range [idx] 필드는 해당 슬라이스에서 LOD idx를 위해 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_absolute_max_range [idx] 필드의 값은 해당 슬라이스의 LOD idx를 위한 NN_range 값으로 이용될 수 있다.
- [717] 상기 nearest_neighbour_absolute_min_range [idx] 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 LOD idx를 위한 이웃 포인트 최소 범위를 지시할 수 있다.
- [718] 예를 들어, 상기 different_nn_range_per_lod_flag 필드의 값이 참이고, 상기 nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag 필드의 값이 참이면, 상기 어트리뷰트 슬라이스 헤더는 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드의 값만큼 반복되는 반복문을 더 포함한다. 이때 인덱스(idx)는 0으로 초기화되고, 반복문이 수행될 때마다 1씩 증가하며, 인덱스(idx)가 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드의 값보다 커질때까지 반복문이 반복되는 것을 일 실시예로 한다. 이 반복문은 nearest_neighbour_max_range_offset [idx] 필드와 nearest_neighbour_max_range_offset [idx] 필드를 포함할 수 있다.
- [719] 상기 lifting_num_detail_levels_minus1 필드는 어트리뷰트 코딩을 위한 LOD의 개수를 나타내며, 상기 APS에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.
- [720] 상기 nearest_neighbour_max_range_offset [idx] 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 LOD idx를 위한 이웃 포인트 최대 범위 옵셋을 지시할 수 있다. 상기 이웃 포인트 최대 범위 옵셋의 기준은 해당 슬라이스가 속한 타일의 이웃 포인트 최대 범위인 것을 일 실시예로 한다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range_offset [idx] 필드는 해당 슬라이스에서 LOD idx를 위해 이웃으로 등록되는 포인트의 거리를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 실시예들에 따르면, 상기 nearest_neighbour_max_range_offset [idx] 필드의 값은 해당 슬라이스의 LOD idx를 위한 NN_range 값의 옵셋으로 이용될 수 있다.
- [721] 상기 nearest_neighbour_min_range_offset [idx] 필드는 해당 슬라이스의 어트리뷰트 압축시 LOD idx를 위한 이웃 포인트 최소 범위 옵셋을 지시할 수 있다. 상기 이웃 포인트 최소 범위 옵셋의 기준은 해당 슬라이스가 속한 타일의 이웃 포인트 최소 범위인 것을 일 실시예로 한다.
- [722] 도 44는 본 명세서에 따른 어트리뷰트 슬라이스 데이터(attribute_slice_data())의 선택스 구조의 일 실시예를 보인 도면이다. 실시예들에 따른 어트리뷰트 슬라이스 데이터(attribute_slice_data())는 해당 슬라이스에 속한 어트리뷰트 비트스트림을 전송할 수 있다.
- [723] 도 44의 어트리뷰트 슬라이스 데이터(attribute_slice_data())에서 dimension=attribute_dimension[ash_attr_sps_attr_idx]는 해당 어트리뷰트 슬라이스

헤더 내 ash_attr_sps_attr_idx 필드에 의해 식별되는 어트리뷰트 세트의 어트리뷰트 디멘션(attribute_dimension)을 나타낸다. 어트리뷰트 디멘션(attribute_dimension)은 어트리뷰트를 구성하는 컴포넌트들의 개수를 의미한다. 실시예들에 따른 어트리뷰트는 반사율, 색상 등을 나타낸다. 따라서 어트리뷰트가 갖는 컴포넌트들의 개수는 다르다. 예를 들어 색상에 대응하는 어트리뷰트는 세개의 색상 컴포넌트들(예를 들어 RGB)를 가질 수 있다. 그러므로, 반사율(reflectance)에 대응하는 어트리뷰트는 모노 디멘셔널 어트리뷰트(mono-dimensional attribute)가 될 수 있고, 색상에 대응하는 어트리뷰트는 3 디멘셔널 어트리뷰트(three-dimensional attribute)가 될 수 있다.

[724] 실시예들에 따른 어트리뷰트는 디멘션 단위로 어트리뷰트 인코딩될 수 있다.

[725] 예를 들어 반사율에 대응하는 어트리뷰트와 색상에 대응하는 어트리뷰트는 각각 어트리뷰트 인코딩될 수 있다. 또한 실시예들에 따른 어트리뷰트는 디멘션과 관계없이 함께 어트리뷰트 인코딩 될 수 있다. 예를 들어 반사율에 대응하는 어트리뷰트 및 색상에 대응하는 어트리뷰트는 함께 어트리뷰트 인코딩 될 수 있다.

[726] 도 44에서 i는 zerorun은 잔여 어트리뷰트 값(residual) 전의 0의 개수를 나타낸다(zerorun specifies the number of 0 prior to residual).

[727] 또한 도 44에서 i는 그 어트리뷰트의 i번째 포인트 값을 의미하며, attr_coding_type 필드와 lifting_adaptive_prediction_threshold 필드는 APS에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.

[728] 그리고, 도 44의 변수 MaxNumPredictors는 포인트 클라우드 데이터 디코딩 과정에서 사용되는 변수이며, APS에 시그널링된 lifting_adaptive_prediction_threshold 필드 값을 기반으로 아래와 같이 획득될 수 있다.

[729] $\text{MaxNumPredictors} = \text{lifting_max_num_direct_predictors}$ 필드 + 1

[730] 여기서, lifting_max_num_direct_predictors 필드는 다이렉트 예측(direct prediction)을 위해 사용될 예측기(predictor)의 최대 개수를 나타낸다.

[731] 실시예들에 따른 predIndex[i]는 그 어트리뷰트의 i번째 포인트 값을 디코드하기 위한 예측기 인덱스(predictor index, 또는 prediction mode라 함)를 나타낸다(specifies the predictor index (or prediction mode) to decode the i-th point value of the attribute). 상기 predIndex[i]의 값은 0부터 lifting_max_num_direct_predictors 필드의 값까지의 범위에 있다.

[732] 실시예들에 따른 변수 (variable) MaxPredDiff[i]는 다음과 같이 계산될 수 있다.

[733] $\text{minValue} = \text{maxValue} = a_0$

[734] for (j = 0; j < k; j++) {

[735] $\text{minValue} = \text{Min}(\text{minValue}, a_j)$

[736] $\text{maxValue} = \text{Max}(\text{maxValue}, a_j)$

[737] }

- [738] minValue;
- [739] 여기서, k_i 는 현재 포인트 i 의 k -nearest neighbours의 세트이고, $(a_j)_{j \in k_i}$ 는 그들의 디코드된/리컨스트럭트된 어트리뷰트 값들이라고 정의된다(Let k_i be the set of the k -nearest neighbours of the current point i and let $(a_j)_{j \in k_i}$ be their decoded/reconstructed attribute values). 그리고 가장 가까운 이웃들의 개수인, k_i 는 1부터 lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드의 값까지의 범위에 있다. 실시예들에 따르면, 이웃들의 디코드된/리컨스트럭트된 어트리뷰트 값은 예측 리프팅 디코딩 과정에 따라 파생된다(얻어진다).
- [740] 상기 lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드는 APS에 시그널링되며, 예측(prediction)을 위해 사용될 가장 가까운 이웃(nearest neighbor)들의 최대 개수를 나타낸다.
- [741] 도 45는 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법의 흐름도를 나타낸다.
- [742] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 송신 방법은 포인트 클라우드 데이터에 포함된 지오메트리를 인코딩하는 단계(71001), 입력된 및/또는 재구성된 지오메트리를 기반으로 상기 포인트 클라우드 데이터에 포함된 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002), 그리고 인코딩된 지오메트리, 인코딩된 어트리뷰트, 및 시그널링 정보를 포함하는 비트스트림을 전송하는 단계(71003)를 포함할 수 있다.
- [743] 포인트 클라우드 데이터에 포함된 지오메트리와 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71001, 71002)는 도 1의 포인트 클라우드 비디오 인코더(10002), 도 2의 인코딩(20001), 도 4의 포인트 클라우드 비디오 인코더, 도 12의 포인트 클라우드 비디오 인코더, 도 14의 포인트 클라우드 인코딩, 도 15의 포인트 클라우드 비디오 인코더, 도 17의 지오메트리 인코더와 어트리뷰트 인코더의 동작의 일부 또는 전체를 수행할 수 있다.
- [744] 일 실시예로, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 옥트리 기반 LOD 생성 방법, 거리 기반 LOD 생성 방법, 샘플링 기반 LOD 생성 방법 중 적어도 하나의 LOD 생성 방법을 적용하여 LOD_1 집합을 생성한 후, 상기 LOD_1 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 $X(>0)$ 개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾아 예측기(predictor)에 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다.
- [745] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 서치 범위 및/또는 이웃 포인트 최대 거리를 적용하여 이웃 포인트 집합을 구성할 수 있다.
- [746] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 이웃 포인트 기본 거리에 NN_range를 곱하여 이웃 포인트 최대 거리를 획득할 수 있다. NN_range는 이웃 포인트로 선택될 수 있는 범위이며, 이웃 포인트 최대 범위 또는 이웃 포인트 범위 또는 가장 가까운 이웃 범위라 칭한다.
- [747] 상기 서치 범위, 이웃 포인트 기본 거리 및 NN_range에 대한 구체적인 설명은

도 15 내지 도 27에서 설명한 바와 동일하므로, 상세 설명을 생략한다.

- [748] 일 실시예에 따르면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 도 26에서와 같이 LOD_1 집합을 기반으로 LOD 가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 서치 범위 내에 있는 포인트들 중 X (예, 3)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾는다. 그리고 나서, X (예, 3)개의 NN 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 NN 포인트들만 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. 도 26을 예로 들면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 실제 서치 범위 내의 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교하여 거리가 가장 가까운 X 개의 포인트들을 찾고, 이 X 개의 포인트들 중 포인트 P_x 가 속한 LOD 에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트들만 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 즉, 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록되는 이웃 포인트는 상기 X 개의 포인트들 중 포인트 P_x 가 속한 LOD 에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트로 제한된다.
- [749] 다른 실시예에 따르면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 도 27에서와 같이 LOD_1 집합을 기반으로 LOD 가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 서치 범위 내에 있는 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 X (예, 3)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾아 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. 도 27을 예로 들면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 실제 서치 범위의 포인트들과 포인트 P_x 와의 거리 값을 각각 비교할 때, 포인트 P_x 가 속한 LOD 에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있으면서 거리가 가장 가까운 X (예를 들어, 3)개의 포인트들을 실제 서치 범위의 포인트들로부터 선택하여 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 즉, 포인트 P_x 의 이웃 포인트 집합으로 등록되는 이웃 포인트는 포인트 P_x 가 속한 LOD 에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트로 제한된다.
- [750] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 각 포인트의 예측기에 하나 이상의 이웃 포인트들이 등록되면, 예측 모드 0 내지 예측 모드 3 중 하나를 적용하여 각 포인트의 예측 어트리뷰트 값을 획득하고, 각 포인트의 오리지널 어트리뷰트 값과 예측 어트리뷰트 값을 기반으로 포인트들의 잔여 어트리뷰트 값들을 획득한다.
- [751] 실시예들에 따르면, 예측 모드 0은 가중치 평균을 통해서 예측 어트리뷰트 값을 계산하는 모드이고, 예측 모드 1은 첫번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이고, 예측 모드 2는 두번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이며, 예측 모드 3은 세번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이다.
- [752] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 해당 포인트의 예측기에 등록된 이웃 포인트들의 어트리뷰트 값들 사이의 최대 차이(maximum difference) 값이 기 설정된 임계값보다 작으면 예측 모드 0을 해당 포인트의 예측 모드로 설정하고, 기 설정된 임계값과 같거나 크면 복수개의 후보 예측 모드들에

대해 RDO 방법을 적용하여 그 중 하나를 해당 포인트의 예측 모드로 설정한다. 이러한 과정은 각 포인트별로 수행하는 것을 일 실시예로 한다.

- [753] 실시예들에 따르면, 각 포인트에 적용된 예측 모드는 어트리뷰트 슬라이스 데이터에 포함되어 전송될 수 있다.
- [754] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71002)는 잔여 어트리뷰트 값들에 대해서 양자화 및 제로 런-랭스 코딩을 수행할 수 있다.
- [755] 실시예들에 따른 지오메트리와 어트리뷰트를 인코딩하는 단계(71001, 71002)는 슬라이스(slice) 또는 하나 또는 그 이상의 슬라이스들을 포함하는 타일(tile) 단위로 인코딩을 수행할 수 있다.
- [756] 인코딩된 지오메트리, 인코딩된 어트리뷰트, 및 시그널링 정보를 포함하는 비트스트림을 전송하는 단계(71003)는 도 1의 트랜스미터(10003), 도 2의 전송 단계(20002), 도 12의 전송 처리부(12012) 또는 도 15의 전송 처리부(51008)에서 수행될 수도 있다.
- [757] 도 46은 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 수신 방법의 흐름도를 나타낸다.
- [758] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터 수신 방법은 인코딩된 지오메트리, 인코딩된 어트리뷰트, 및 시그널링 정보를 포함하는 비트스트림을 수신하는 단계(81001), 시그널링 정보를 기반으로 지오메트리를 디코딩하는 단계(81002), 디코딩/재구성된 지오메트리와 시그널링 정보를 기반으로 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003), 및 디코딩된 지오메트리와 디코딩된 어트리뷰트를 기반으로 복원된 포인트 클라우드 데이터를 렌더링하는 단계(81004)를 포함할 수 있다.
- [759] 실시예들에 따른 인코딩된 지오메트리, 인코딩된 어트리뷰트, 및 시그널링 정보를 포함하는 비트스트림을 수신하는 단계(81001)는 도 1의 리시버(10005), 도 2의 전송(20002) 또는 디코딩(20003), 도 13의 수신부(13000) 또는 수신 처리부(13001), 또는 도 20의 수신 처리부(61001)에서 수행될 수 있다.
- [760] 실시예들에 따른 지오메트리와 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81002, 81003)는 슬라이스(slice) 또는 하나 또는 그 이상의 슬라이스들을 포함하는 타일(tile) 단위로 디코딩을 수행할 수 있다.
- [761] 실시예들에 따른 지오메트리를 디코딩하는 단계(81002)는 도 1의 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006), 도 2의 디코딩(20003), 도 11의 포인트 클라우드 비디오 디코더, 도 13의 포인트 클라우드 비디오 디코더, 도 20의 지오메트리 디코더, 도 21의 지오메트리 디코더의 동작의 일부 또는 전체를 수행할 수 있다.
- [762] 실시예들에 따른 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 도 1의 포인트 클라우드 비디오 디코더(10006), 도 2의 디코딩(20003), 도 11의 포인트 클라우드 비디오 디코더, 도 13의 포인트 클라우드 비디오 디코더, 도 28의 어트리뷰트 디코더, 도 29의 어트리뷰트 디코더의 동작의 일부 또는 전체를 수행할 수 있다.
- [763] 실시예들에 따르면, 시그널링 정보 예를 들어, 시퀀스 파라미터 세트,

어트리뷰트 파라미터 세트, 타일 파라미터 세트, 어트리뷰트 슬라이스 헤더 중 적어도 하나는 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보를 포함할 수 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 NN_range에 관련된 정보(예, nearest_neighbor_max_range 필드)를 포함할 수 있다. 실시예들에 따르면, 이웃 포인트 선택 관련 옵션 정보는 이웃 포인트로 설정될 수 있는 최대 개수에 대한 정보(예, lifting_num_pred_nearest_neighbours 필드), 서치 범위에 관련된 정보(예, lifting_search_range 필드), LOD 구성 방법에 대한 정보 및/또는 이웃 포인트 기본 거리에 관련된 정보 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

- [764] 일 실시예로, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 옥트리 기반 LOD 생성 방법, 거리 기반 LOD 생성 방법, 샘플링 기반 LOD 생성 방법 중 적어도 하나의 LOD 생성 방법을 적용하여 LOD₁ 집합을 생성한 후, 상기 LOD₁ 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 X(>0)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾아 예측기(predictor)에 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. 상기 LOD 생성 방법은 시그널링 정보(예, APS)에 시그널링되는 것을 일 실시예로 한다.
- [765] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 서치 범위 및/또는 이웃 포인트 최대 거리를 적용하여 이웃 포인트 집합을 구성할 수 있다.
- [766] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 이웃 포인트 기본 거리에 NN_range를 곱하여 이웃 포인트 최대 거리를 획득할 수 있다. NN_range는 이웃 포인트로 선택될 수 있는 범위이며, 이웃 포인트 최대 범위 또는 이웃 포인트 범위 또는 가장 가까운 이웃 범위라 칭한다.
- [767] 상기 서치 범위, 이웃 포인트 기본 거리 및 NN_range에 대한 구체적인 설명은 도 15 내지 도 29에서 설명한 바와 동일하므로, 상세 설명을 생략한다.
- [768] 일 실시예에 따르면, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 도 26에서와 같이 LOD₁ 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 서치 범위 내에 있는 포인트들 중 X(예, 3)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾는다. 그리고 나서, X(예, 3)개의 NN 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 NN 포인트들만 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. 도 26을 예로 들면, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 실제 서치 범위 내의 포인트들과 포인트 Px와의 거리 값을 각각 비교하여 거리가 가장 가까운 X개의 포인트들을 찾고, 이 X개의 포인트들 중 포인트 Px가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트들만 포인트 Px의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 즉, 포인트 Px의 이웃 포인트 집합으로 등록되는 이웃 포인트는 상기 X개의 포인트들 중 포인트 Px가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트로 제한된다.
- [769] 다른 실시예에 따르면, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 도 27에서와 같이 LOD₁ 집합을 기반으로 LOD가 같거나 작은 (즉, 노드간의 거리가 큰) 그룹에서 서치 범위 내에 있는 포인트들 중 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는

X(예, 3)개의 가장 가까운 이웃 (nearest neighbor, NN) 포인트들을 찾아 이웃 포인트 집합으로 등록할 수 있다. 도 27을 예로 들면, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 실제 서치 범위의 포인트들과 포인트 P_x와의 거리 값을 각각 비교할 때, 포인트 P_x가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있으면서 거리가 가장 가까운 X(예를 들어, 3)개의 포인트들을 실제 서치 범위의 포인트들로부터 선택하여 포인트 P_x의 이웃 포인트 집합으로 등록한다. 즉, 포인트 P_x의 이웃 포인트 집합으로 등록되는 이웃 포인트는 포인트 P_x가 속한 LOD에서의 이웃 포인트 최대 거리 내에 있는 포인트로 제한된다.

[770] 실시예들에 따르면, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 특정 포인트의 예측기에 하나 이상의 이웃 포인트들이 등록되면, 예측 모드 0 내지 예측 모드 3 중 하나를 적용하여 해당 포인트의 예측 어트리뷰트 값을 획득할 수 있다.

[771] 실시예들에 따르면, 예측 모드 0은 가중치 평균을 통해서 예측 어트리뷰트 값을 계산하는 모드이고, 예측 모드 1은 첫번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이고, 예측 모드 2는 두번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이며, 예측 모드 3은 세번째 이웃 포인트의 어트리뷰트를 예측 어트리뷰트 값으로 정하는 모드이다.

[772] 실시예들에 따르면, 특정 포인트의 예측 모드는 디폴트로 설정되어 있을 수도 있고, 어트리뷰트 슬라이스 데이터에 예측 모드를 지시하는 예측기 인덱스 정보(predIndex)가 시그널링되어 있을 수도 있다.

[773] 실시예들에 따라, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 특정 포인트의 어트리뷰트 디코딩시 해당 어트리뷰트 슬라이스 데이터에 해당 포인트의 예측기 인덱스 정보가 시그널링되어 있지 않으면, 예측 모드 0를 기반으로 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 예측할 수 있다.

[774] 실시예들에 따라, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 특정 포인트의 어트리뷰트 디코딩시 해당 어트리뷰트 슬라이스 데이터에 해당 포인트의 예측기 인덱스 정보가 시그널링되어 있으면, 시그널링된 예측 모드를 기반으로 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 예측할 수 있다.

[775] 실시예들에 따라, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 특정 포인트의 어트리뷰트 디코딩시 예측된 어트리뷰트 값에 수신된 해당 포인트의 잔여 어트리뷰트 값을 더하여 해당 포인트의 어트리뷰트 값을 복원할 수 있다. 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 이러한 과정을 각 포인트별로 수행하여 각 포인트의 어트리뷰트 값을 복원한다.

[776] 실시예들에 따라, 어트리뷰트를 디코딩하는 단계(81003)는 잔여 어트리뷰트 값들에 대해 제로 런 랭스 코딩이 되어 있으면 어트리뷰트 값의 복원 전에 송신측의 역과정으로 제로 런-랭스 디코딩을 수행한다.

[777] 실시예들에 따른 디코드된 지오메트리와 디코드된 어트리뷰트를 기반으로 복원된 포인트 클라우드 데이터를 렌더링하는 단계(81004)는 복원된 포인트 클라우드 데이터를 다양한 렌더링 방식에 따라 렌더링할 수 있다. 예를 들어,

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.

[778] 실시예들에 따른 포인트 클라우드 데이터를 렌더링하는 단계(81004)는 도 1의 렌더러(10007) 또는 도 2의 렌더링(20004) 또는 도 13의 렌더러(13011)에서 수행될 수 있다.

[779] 이와 같이 본 명세서는 포인트 클라우드 콘텐츠의 어트리뷰트 인코딩시 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들 간의 어트리뷰트 연관성을 고려하도록 함으로써, 이웃 포인트 집합을 구성할 때 의미없는 이웃 포인트의 선택을 배제하고 의미있는 이웃 포인트를 선택할 수 있게 한다. 이렇게 함으로써, 잔여 어트리뷰트 값이 작아지고 이로 인해 비트스트림 사이즈도 작아지게 되므로, 어트리뷰트 압축 효율이 좋아지게 된다. 다시 말해, 본 명세서는 콘텐츠가 가지고 있는 포인트들간의 어트리뷰트 연관성을 고려하여 이웃 포인트 집합으로 선택될 수 있는 포인트들을 제한하도록 함으로써, 어트리뷰트 정보의 압축 효율을 높일 수 있다.

[780] 전술한 각각의 파트, 모듈 또는 유닛은 메모리(또는 저장 유닛)에 저장된 연속된 수행과정들을 실행하는 소프트웨어, 프로세서, 하드웨어 파트일 수 있다. 전술한 실시예에 기술된 각 단계들은 프로세서, 소프트웨어, 하드웨어 파트들에 의해 수행될 수 있다. 전술한 실시예에 기술된 각 모듈/블락/유닛들은 프로세서, 소프트웨어, 하드웨어로서 동작할 수 있다. 또한, 실시예들이 제시하는 방법들은 코드로서 실행될 수 있다. 이 코드는 프로세서가 읽을 수 있는 저장매체에 쓰여질 수 있고, 따라서 장치(apparatus)가 제공하는 프로세서에 의해 읽혀질 수 있다.

[781] 또한 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 “포함”한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 그리고 명세서에 기재된 “...부”등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[782] 본 명세서는 설명의 편의를 위하여 각 도면을 나누어 설명하였으나, 각 도면에 서술되어 있는 실시 예들을 병합하여 새로운 실시 예를 구현하도록 설계하는 것도 가능하다. 그리고, 통상의 기술자의 필요에 따라, 이전에 설명된 실시 예들을 실행하기 위한 프로그램이 기록되어 있는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체를 설계하는 것도 실시예들의 권리범위에 속한다.

[783] 실시예들에 따른 장치 및 방법은 상술한 바와 같이 설명된 실시 예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 실시 예들은 다양한 변형이

이루어질 수 있도록 각 실시 예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

[784] 실시예들의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 실시예들은 상술한 특정의 실시 예에 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.

[785] 실시예들의 장치의 다양한 구성요소들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 그것들의 조합에 의해 수행될 수 있다. 실시예들의 다양한 구성요소들은 하나의 칩, 예를 들면 하나의 하드웨어 서킷으로 구현될 수 있다. 실시예들에 따른 구성요소들은 각각 별도의 칩들로 구현될 수 있다. 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.

[786] 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.

[787] 추가적으로, 이 문서에서 “또는”은 “및/또는”으로 해석된다. 예를 들어, "A 또는 B"은, 1) "A"만을 의미하고, 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.

[788] 실시예들의 다양한 엘리먼트들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 그것들의 조합에 의해 수행될 수 있다. 실시예들의 다양한 엘리먼트는 하드웨어 회로와 같은 싱글 칩 상에서 수행될 수 있다. 실시예들에 따라, 실시예들은 선택적으로

개별적인 칩들 상에서 수행될 수 있다. 실시예들에 따라, 실시예들의 엘리먼트들 중 적어도 하나는 실시예들에 따른 동작을 수행하는 인스트럭션들을 포함하는 하나 또는 하나 이상의 프로세서 내에서 수행될 수 있다.

- [789] 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 인풋 시그널로 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.

- [790] 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.

- [791] 또한, 본 문서에서 설명하는 실시예들에 따른 동작은 실시예들에 따라서 메모리 및/또는 프로세서를 포함하는 송수신 장치에 의해 수행될 수 있다. 메모리는 실시예들에 따른 동작을 처리/제어하기 위한 프로그램들을 저장할 수 있고, 프로세서는 본 문서에서 설명한 다양한 동작을 제어할 수 있다. 프로세서는 컨트롤러 등으로 지칭 가능하다. 실시예들에 따른 동작들은 펌웨어, 소프트웨어, 및/또는 그것들의 조합에 의해 수행될 수 있고, 펌웨어, 소프트웨어, 및/또는 그것들의 조합은 프로세서에 저장되거나 메모리에 저장될 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

- [792] 발명의 실시를 위한 최선의 형태에서 구체적으로 설명되었다.

산업상 이용가능성

- [793] 본 실시예들의 사상이나 범위를 벗어나지 않고 본 실시예들에서 다양한 변경 및 변형이 가능함은 당업자에게 자명하다. 따라서, 실시예들은 첨부된 청구항 및 그 동등 범위 내에서 제공되는 본 실시예들의 변경 및 변형을 포함하는 것으로

의도된다.

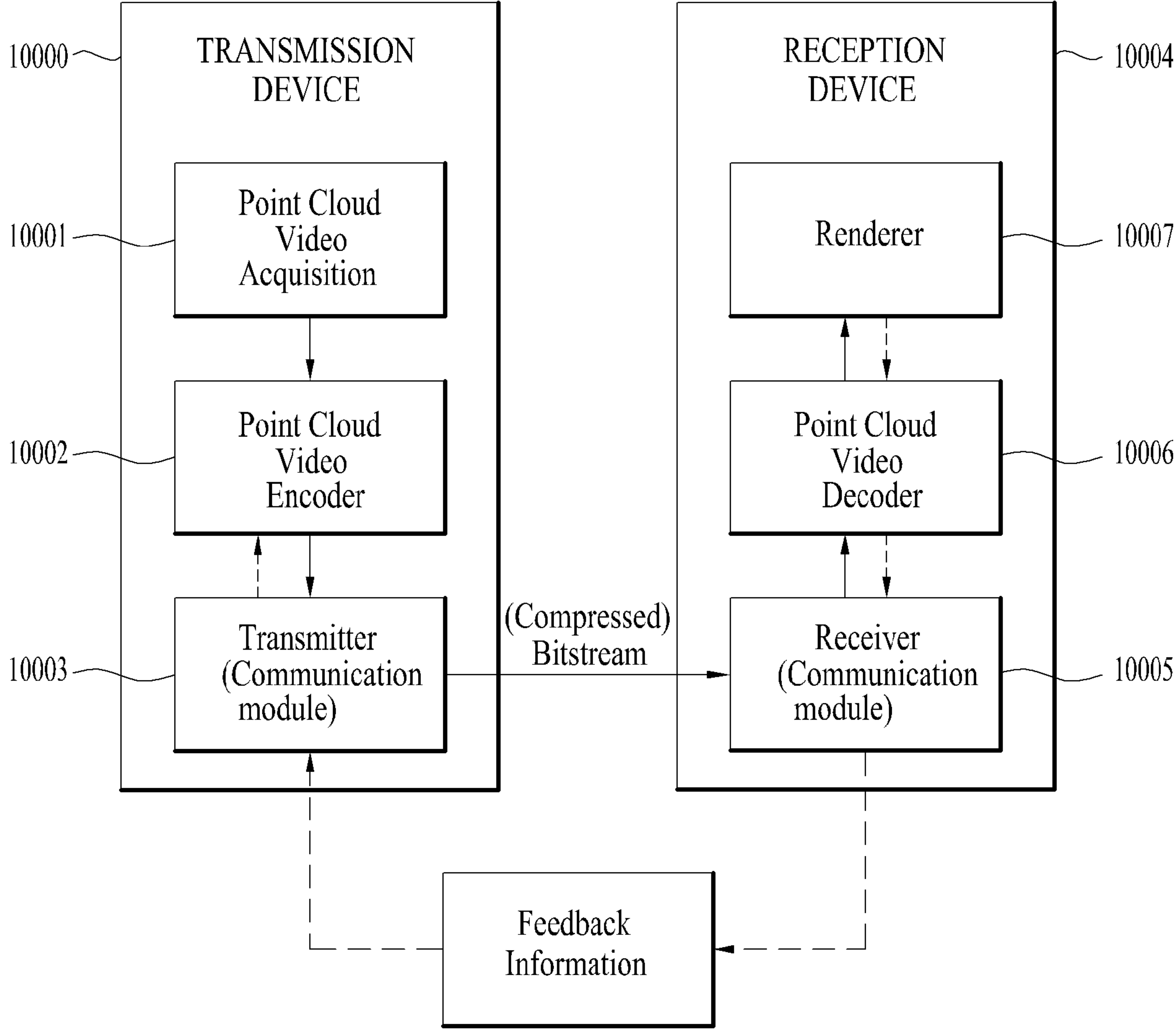
청구범위

- [청구항 1] 포인트 클라우드 데이터를 획득하는 단계;
 상기 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 포지션들을 포함하는
 지오메트리 정보를 인코딩하는 단계;
 상기 지오메트리 정보를 기반으로 하나 이상의 레벨 오브
 디테일(LOD)들을 생성하고, 상기 하나 이상의 LOD들을 기반으로
 어트리뷰트 인코드될 각 포인트의 하나 이상의 이웃 포인트들을
 선택하는 단계;
 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들을 기반으로 각 포인트의
 어트리뷰트 정보를 인코딩하는 단계; 및
 상기 인코드된 지오메트리 정보, 상기 인코드된 어트리뷰트 정보, 및
 시그널링 정보를 전송하는 단계를 포함하는 포인트 클라우드 데이터
 송신 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들은 이웃 포인트 최대 거리
 내에 위치하는 포인트 클라우드 데이터 송신 방법.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
 상기 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트 기본 거리와 이웃 포인트 최대
 범위를 기반으로 결정되는 포인트 클라우드 데이터 송신 방법.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
 상기 하나 이상의 LOD들이 옥트리 기반으로 생성되면, 상기 이웃 포인트
 기본 거리는 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리를 기반으로 결정되는
 포인트 클라우드 데이터 송신 방법.
- [청구항 5] 제 3 항에 있어서,
 상기 이웃 포인트 최대 범위는 각 포인트의 주변 노드들의 개수이며, 상기
 시그널링 정보에 시그널링되는 포인트 클라우드 데이터 송신 방법.
- [청구항 6] 포인트 클라우드 데이터를 획득하는 획득부;
 상기 포인트 클라우드 데이터의 포인트들의 포지션들을 포함하는
 지오메트리 정보를 인코딩하는 지오메트리 인코더;
 상기 지오메트리 정보를 기반으로 하나 이상의 레벨 오브
 디테일(LOD)들을 생성하고, 상기 하나 이상의 LOD들을 기반으로
 어트리뷰트 인코드될 각 포인트의 하나 이상의 이웃 포인트들을
 선택하며, 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들을 기반으로 각
 포인트의 어트리뷰트 정보를 인코딩하는 어트리뷰트 인코더; 및
 상기 인코드된 지오메트리 정보, 상기 인코드된 어트리뷰트 정보, 및
 시그널링 정보를 전송하는 전송부를 포함하는 포인트 클라우드 데이터
 송신 장치.

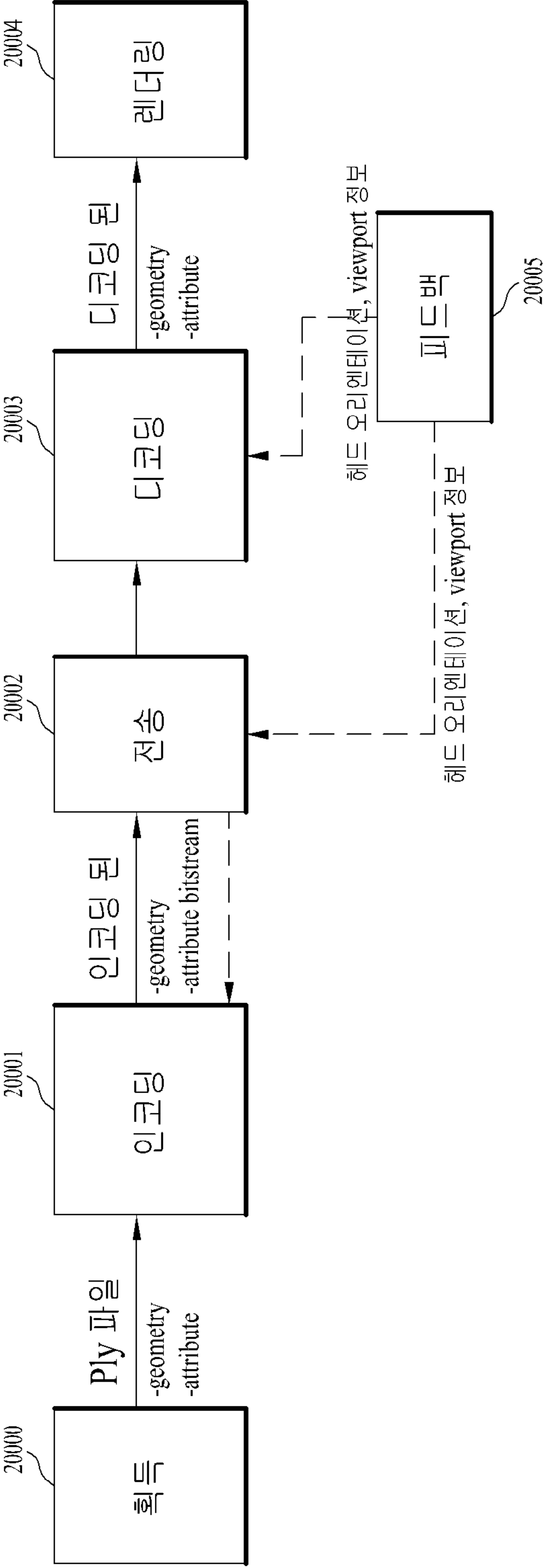
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서,
각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들은 이웃 포인트 최대 거리 내에 위치하는 포인트 클라우드 데이터 송신 장치.
- [청구항 8] 제 7 항에 있어서,
상기 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트 기본 거리와 이웃 포인트 최대 범위를 기반으로 결정되는 포인트 클라우드 데이터 송신 장치.
- [청구항 9] 제 8 항에 있어서,
상기 하나 이상의 LOD들이 옥트리 기반으로 생성되면, 상기 이웃 포인트 기본 거리는 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리를 기반으로 결정되는 포인트 클라우드 데이터 송신 장치.
- [청구항 10] 제 8 항에 있어서,
상기 이웃 포인트 최대 범위는 각 포인트의 주변 노드들의 개수이며, 상기 시그널링 정보에 시그널링되는 포인트 클라우드 데이터 송신 장치.
- [청구항 11] 지오메트리 정보, 어트리뷰트 정보, 및 시그널링 정보를 수신하는 수신부;
상기 시그널링 정보를 기반으로 상기 지오메트리 정보를 디코딩하는 지오메트리 디코더;
상기 지오메트리 정보를 기반으로 하나 이상의 레벨 오브 디테일(LOD)들을 생성하고, 상기 하나 이상의 LOD들을 기반으로 어트리뷰트 디코드될 각 포인트의 하나 이상의 이웃 포인트들을 선택하며, 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들과 상기 시그널링 정보를 기반으로 각 포인트의 어트리뷰트 정보를 디코딩하는 어트리뷰트 디코더; 및
상기 디코드된 지오메트리 정보와 상기 디코드된 어트리뷰트 정보를 기반으로 복원된 포인트 클라우드 데이터를 렌더링하는 렌더러를 포함하는 포인트 클라우드 데이터 수신 장치.
- [청구항 12] 제 11 항에 있어서,
각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들은 이웃 포인트 최대 거리 내에 위치하는 포인트 클라우드 데이터 수신 장치.
- [청구항 13] 제 12 항에 있어서,
상기 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트 기본 거리와 이웃 포인트 최대 범위를 기반으로 결정되는 포인트 클라우드 데이터 수신 장치.
- [청구항 14] 제 13 항에 있어서,
상기 하나 이상의 LOD들이 옥트리 기반으로 생성되면, 상기 이웃 포인트 기본 거리는 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리를 기반으로 결정되는 포인트 클라우드 데이터 수신 장치.
- [청구항 15] 제 13 항에 있어서,
상기 이웃 포인트 최대 범위는 각 포인트의 주변 노드들의 개수이며, 상기 시그널링 정보에 시그널링되는 포인트 클라우드 데이터 수신 장치.

- [청구항 16] 지오메트리 정보, 어트리뷰트 정보, 및 시그널링 정보를 수신하는 단계;
 상기 시그널링 정보를 기반으로 상기 지오메트리 정보를 디코딩하는 단계;
 상기 지오메트리 정보를 기반으로 하나 이상의 레벨 오브 디테일(LOD)들을 생성하는 단계;
 상기 하나 이상의 LOD들을 기반으로 어트리뷰트 디코드될 각 포인트의 하나 이상의 이웃 포인트들을 선택하는 단계;
 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들과 상기 시그널링 정보를 기반으로 각 포인트의 어트리뷰트 정보를 디코딩하는 단계; 및
 상기 디코드된 지오메트리 정보와 상기 디코드된 어트리뷰트 정보를 기반으로 복원된 포인트 클라우드 데이터를 렌더링하는 단계를 포함하는 포인트 클라우드 데이터 수신 방법.
- [청구항 17] 제 16 항에 있어서,
 각 포인트의 선택된 하나 이상의 이웃 포인트들은 이웃 포인트 최대 거리 내에 위치하는 포인트 클라우드 데이터 수신 방법.
- [청구항 18] 제 17 항에 있어서,
 상기 이웃 포인트 최대 거리는 이웃 포인트 기본 거리와 이웃 포인트 최대 범위를 기반으로 결정되는 포인트 클라우드 데이터 수신 방법.
- [청구항 19] 제 18 항에 있어서,
 상기 하나 이상의 LOD들이 옥트리 기반으로 생성되면, 상기 이웃 포인트 기본 거리는 특정 LOD에서 한 노드의 대각선 거리를 기반으로 결정되는 포인트 클라우드 데이터 수신 방법.
- [청구항 20] 제 18 항에 있어서,
 상기 이웃 포인트 최대 범위는 각 포인트의 주변 노드들의 개수이며, 상기 시그널링 정보에 시그널링되는 포인트 클라우드 데이터 수신 방법.

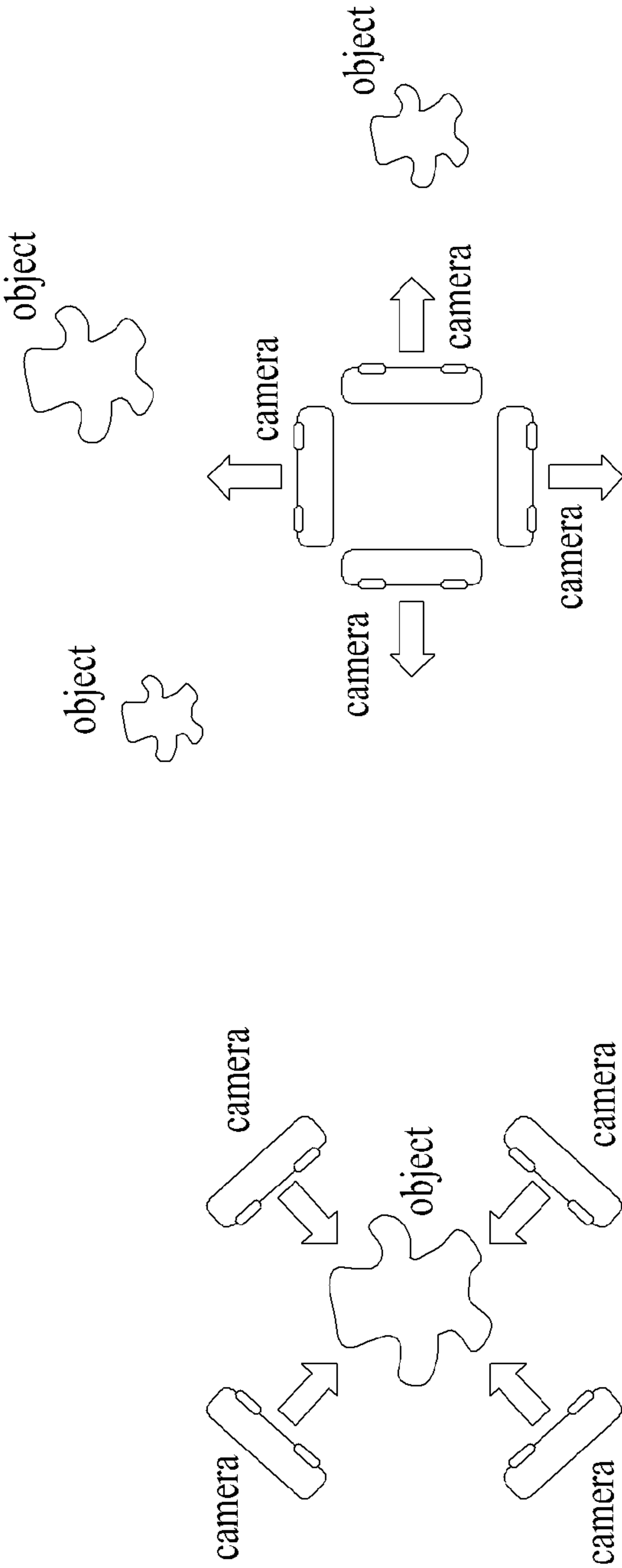
[도 1]



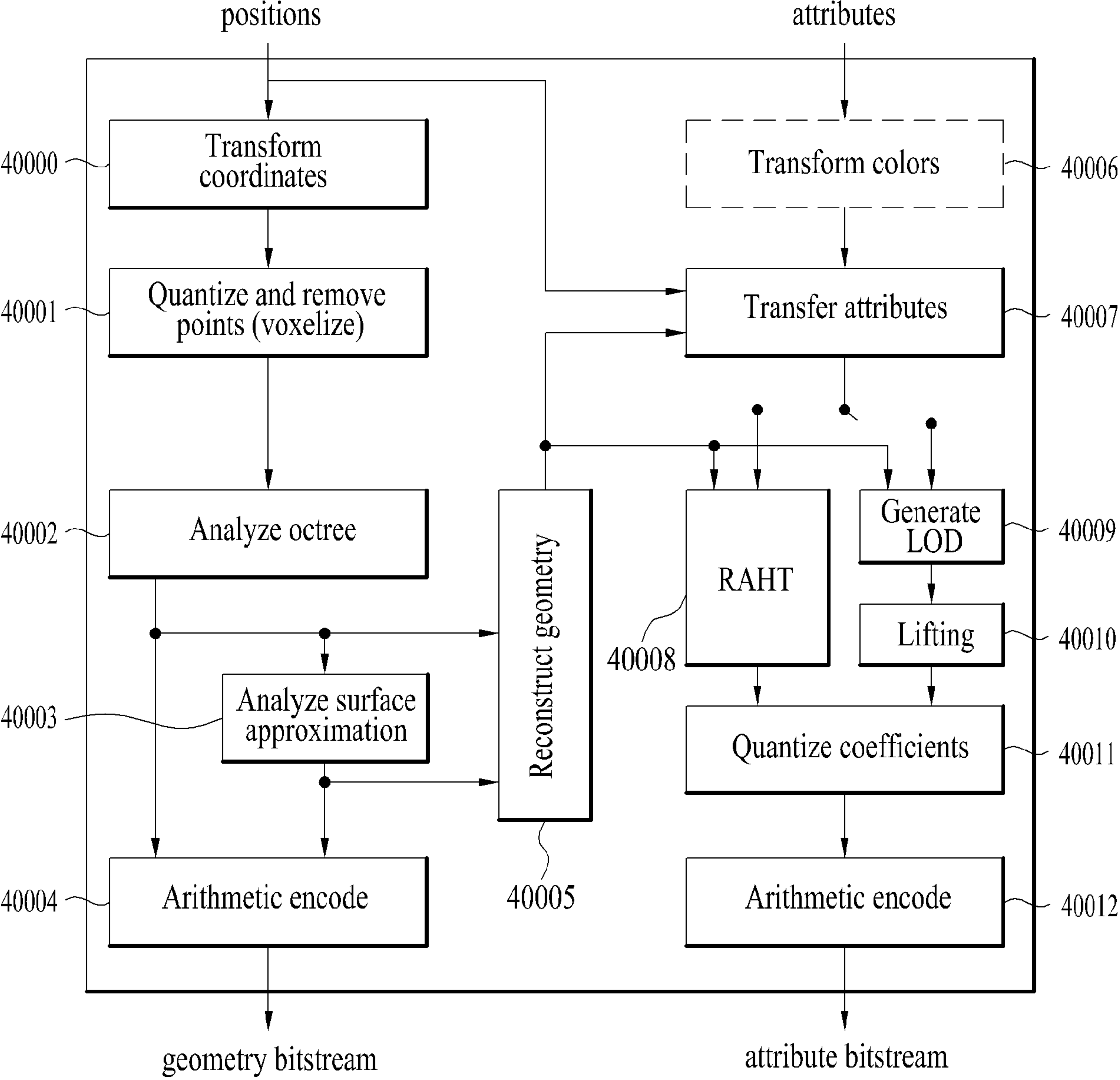
[도2]



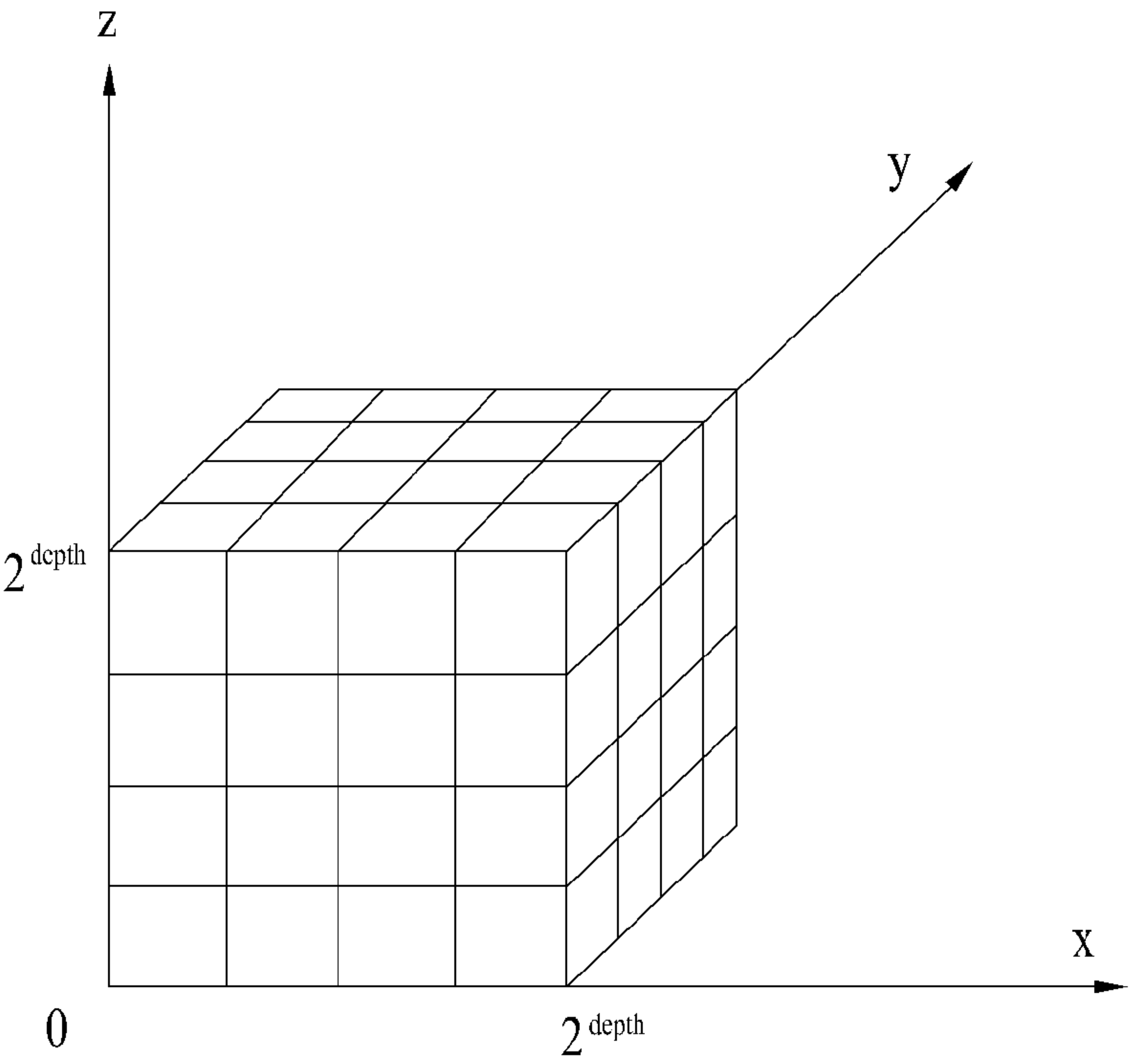
[도3]



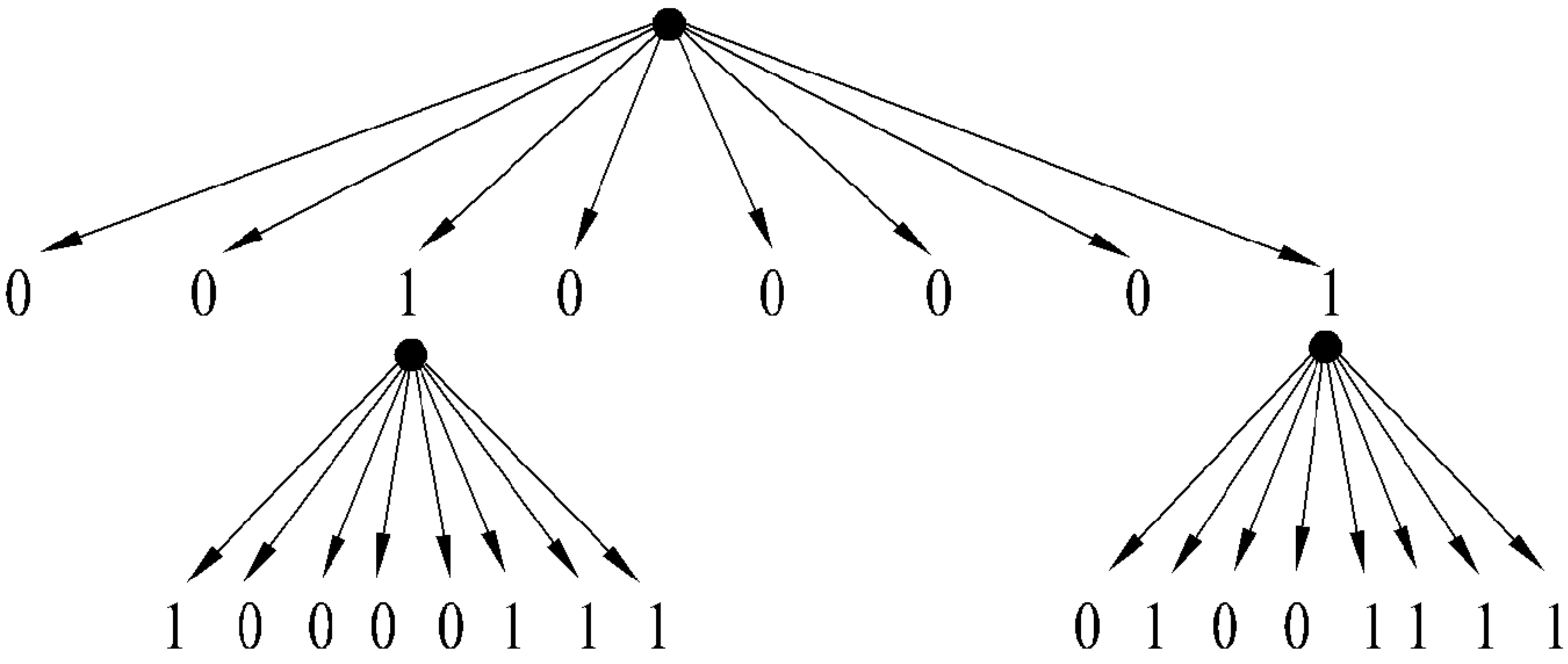
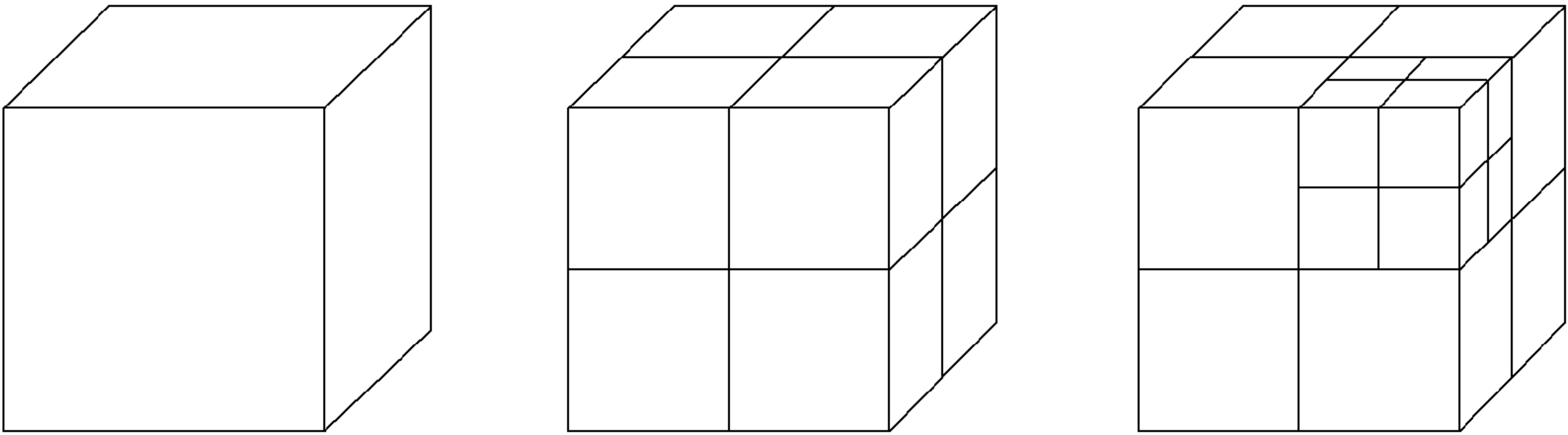
[도4]



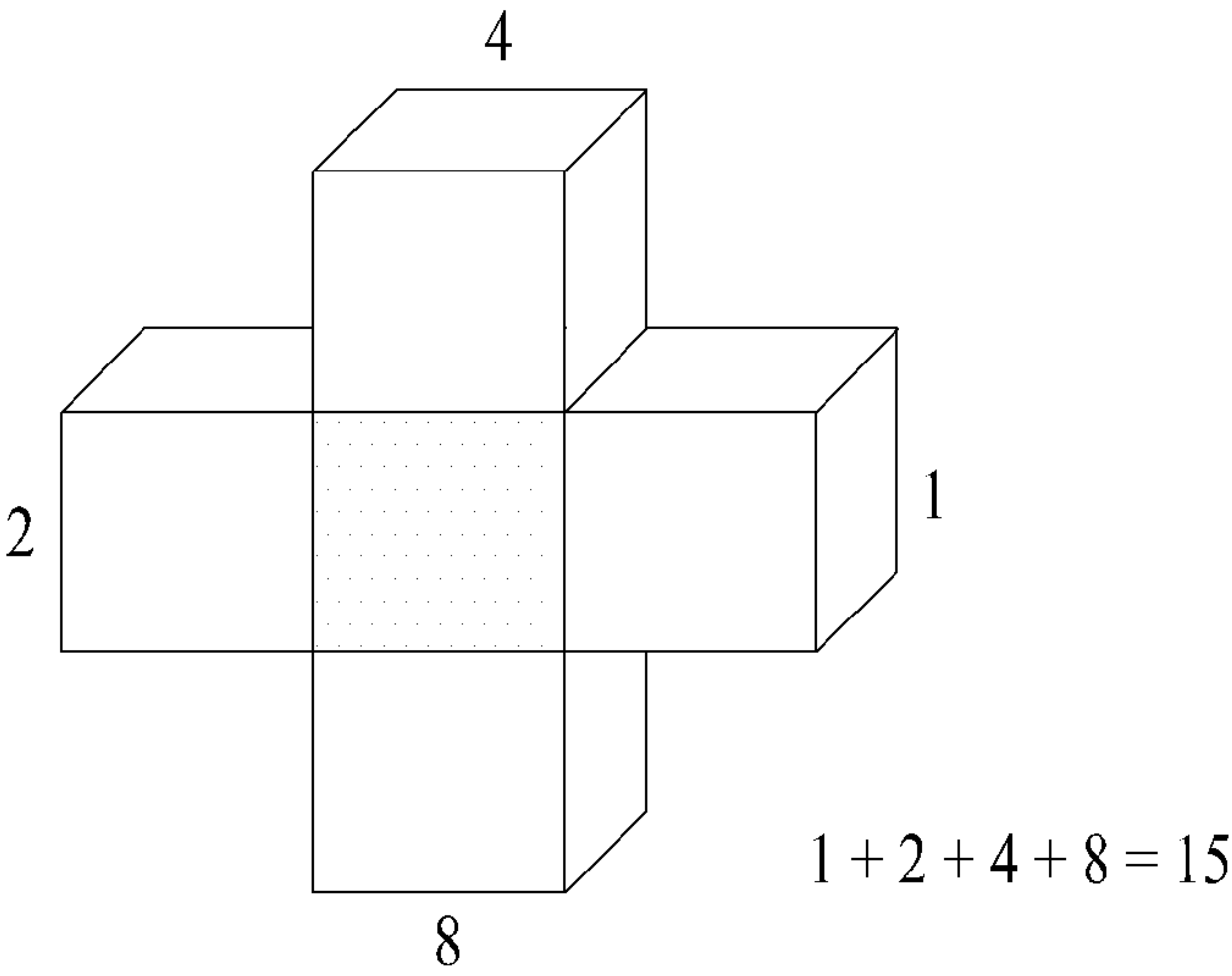
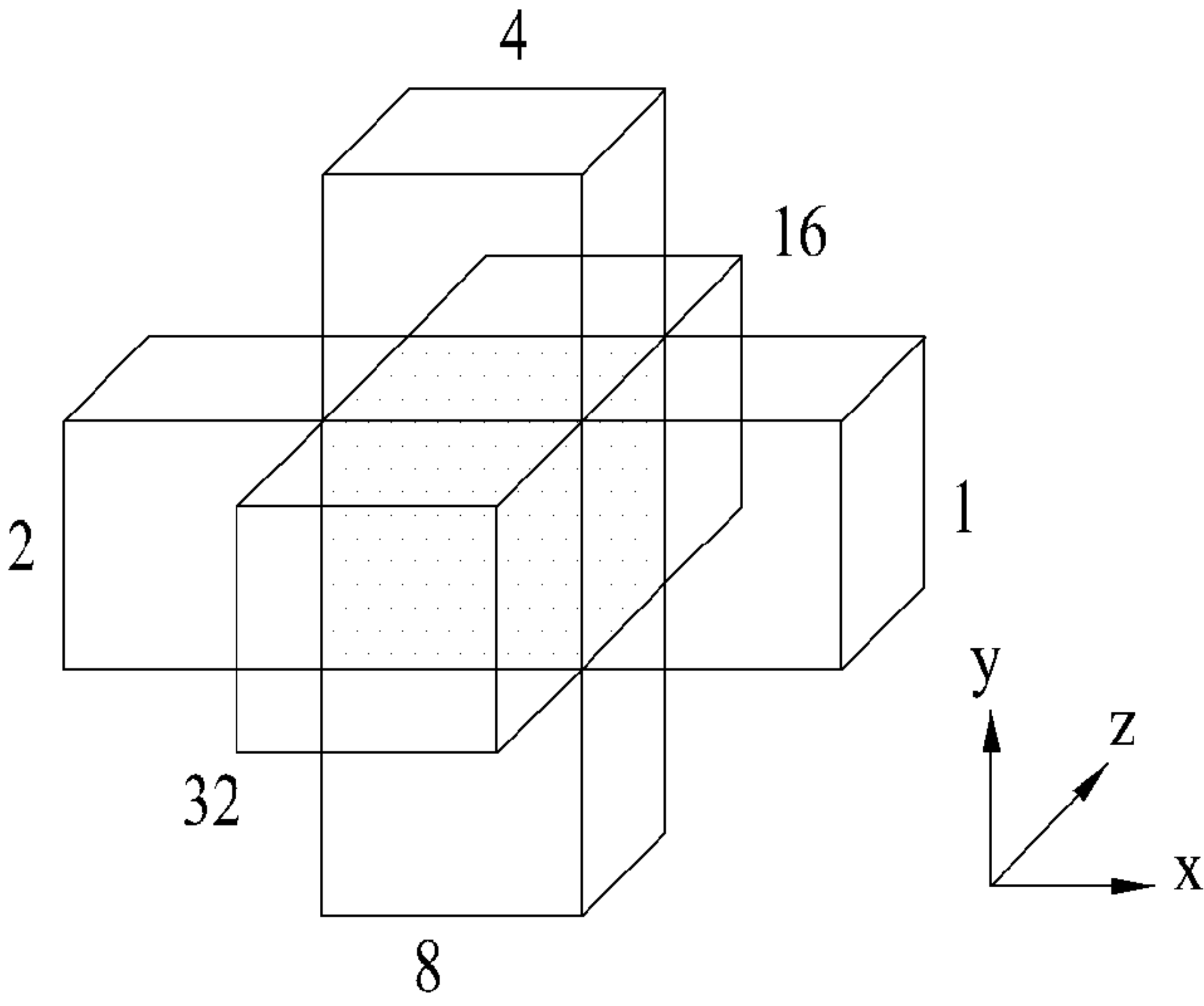
[도5]



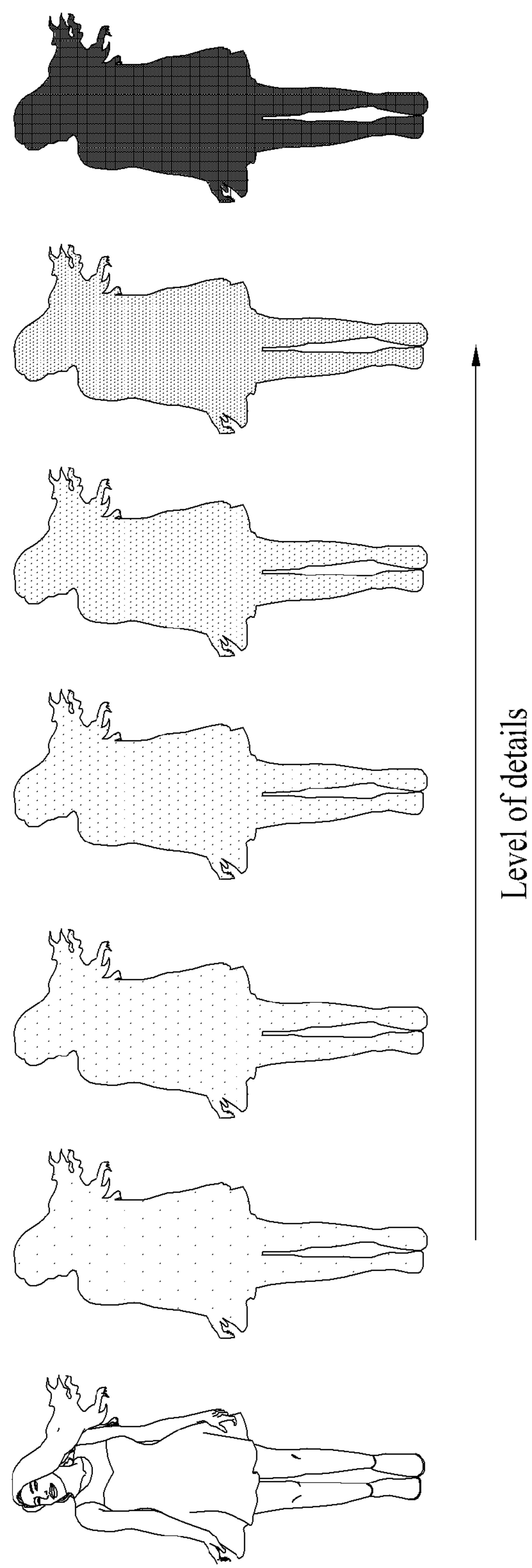
[도6]



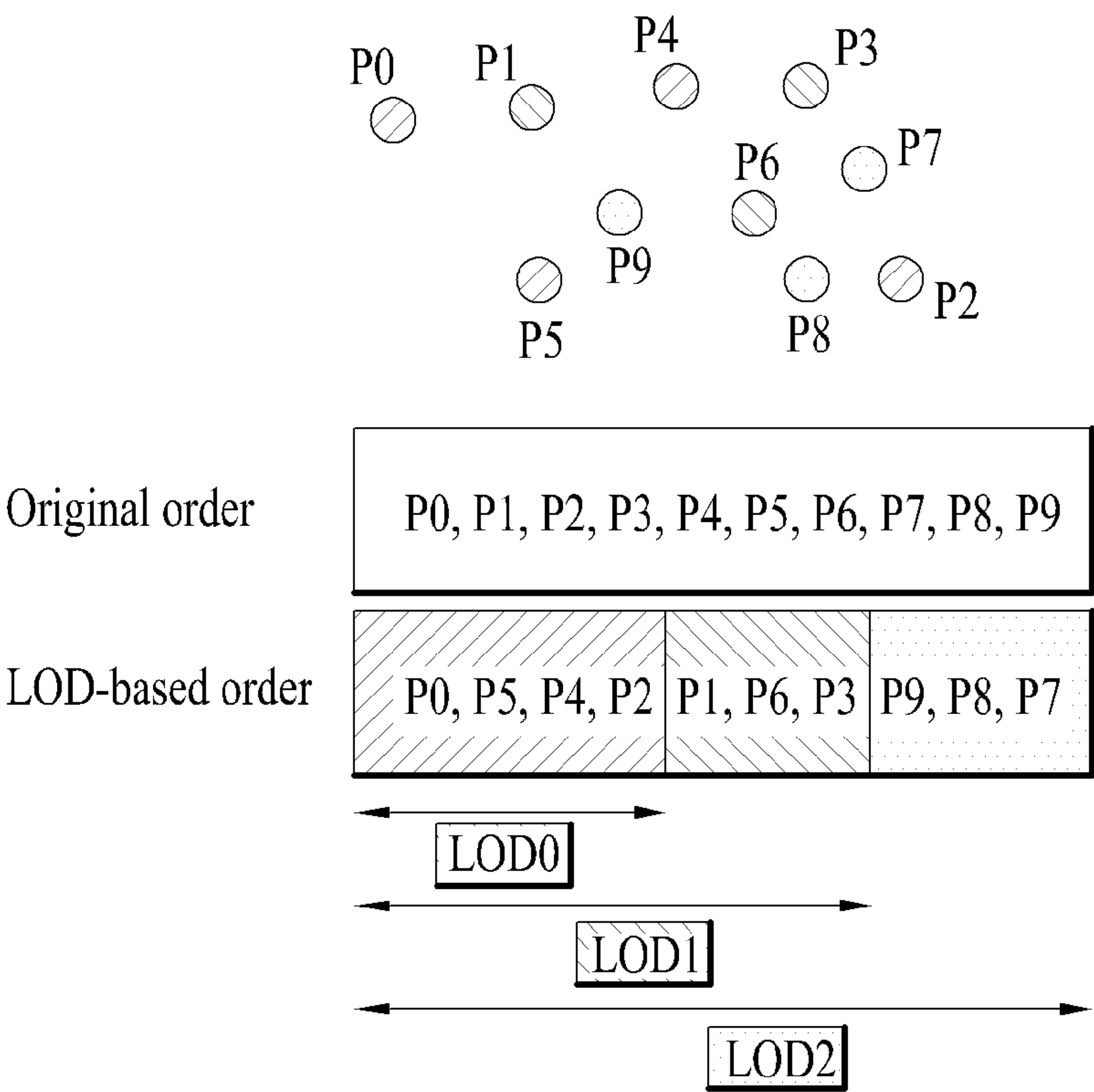
[도7]



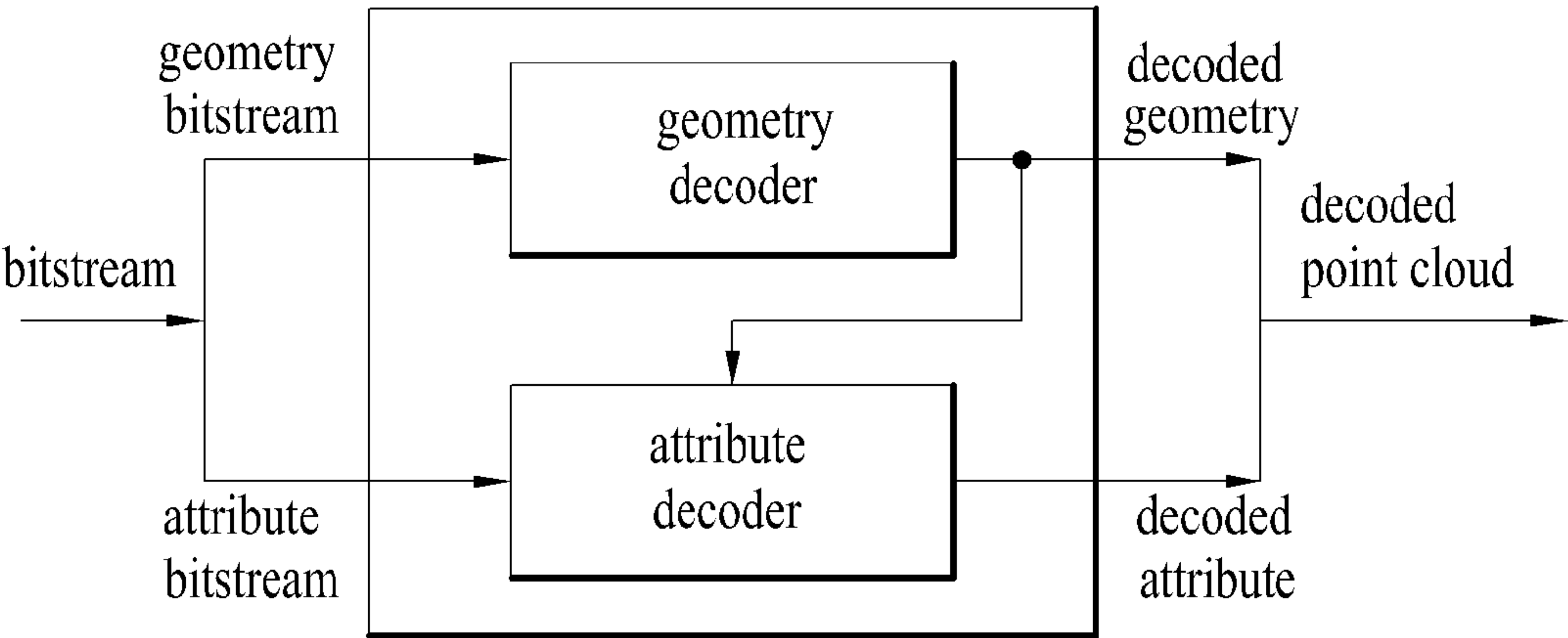
[도8]



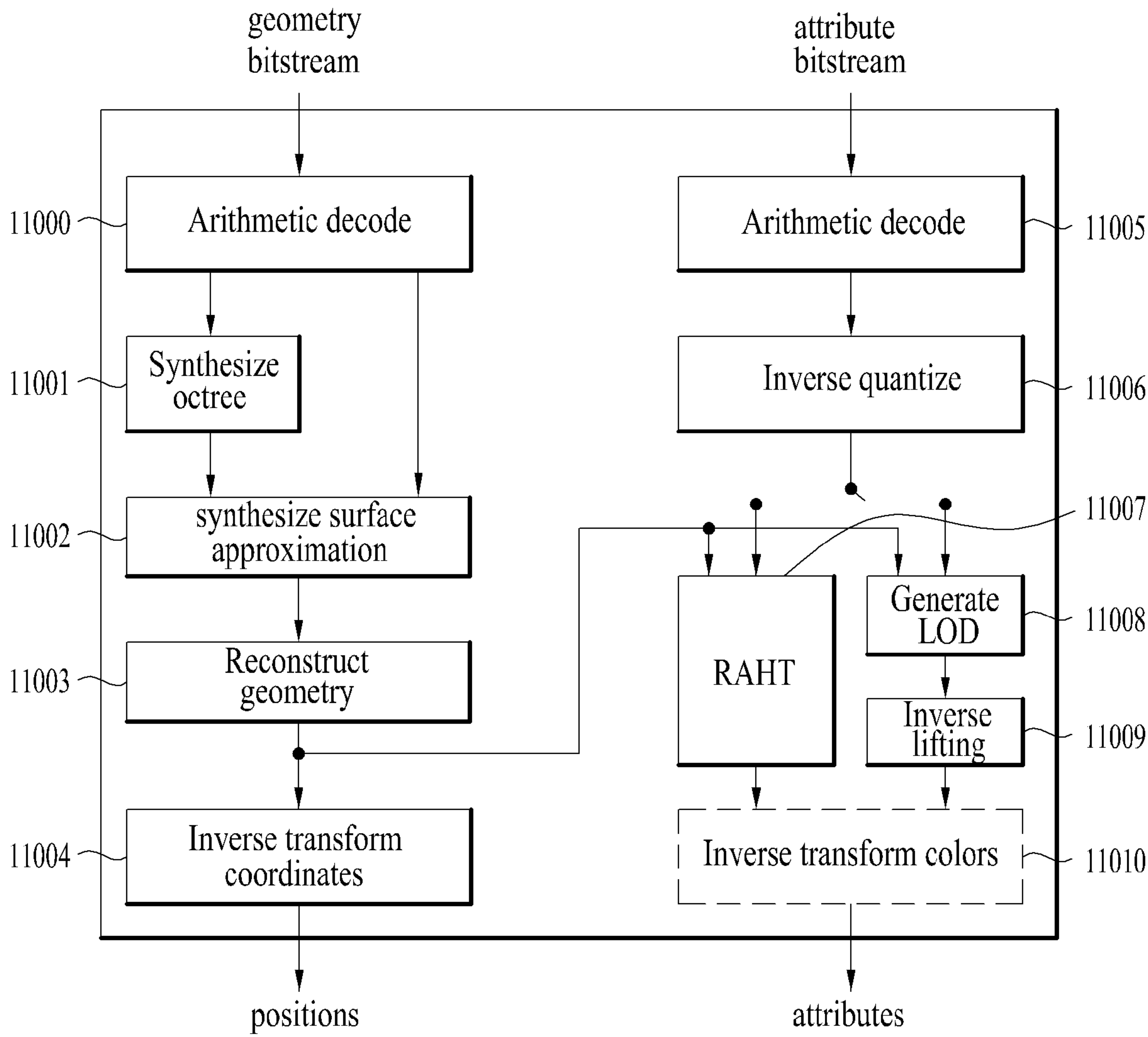
[도9]



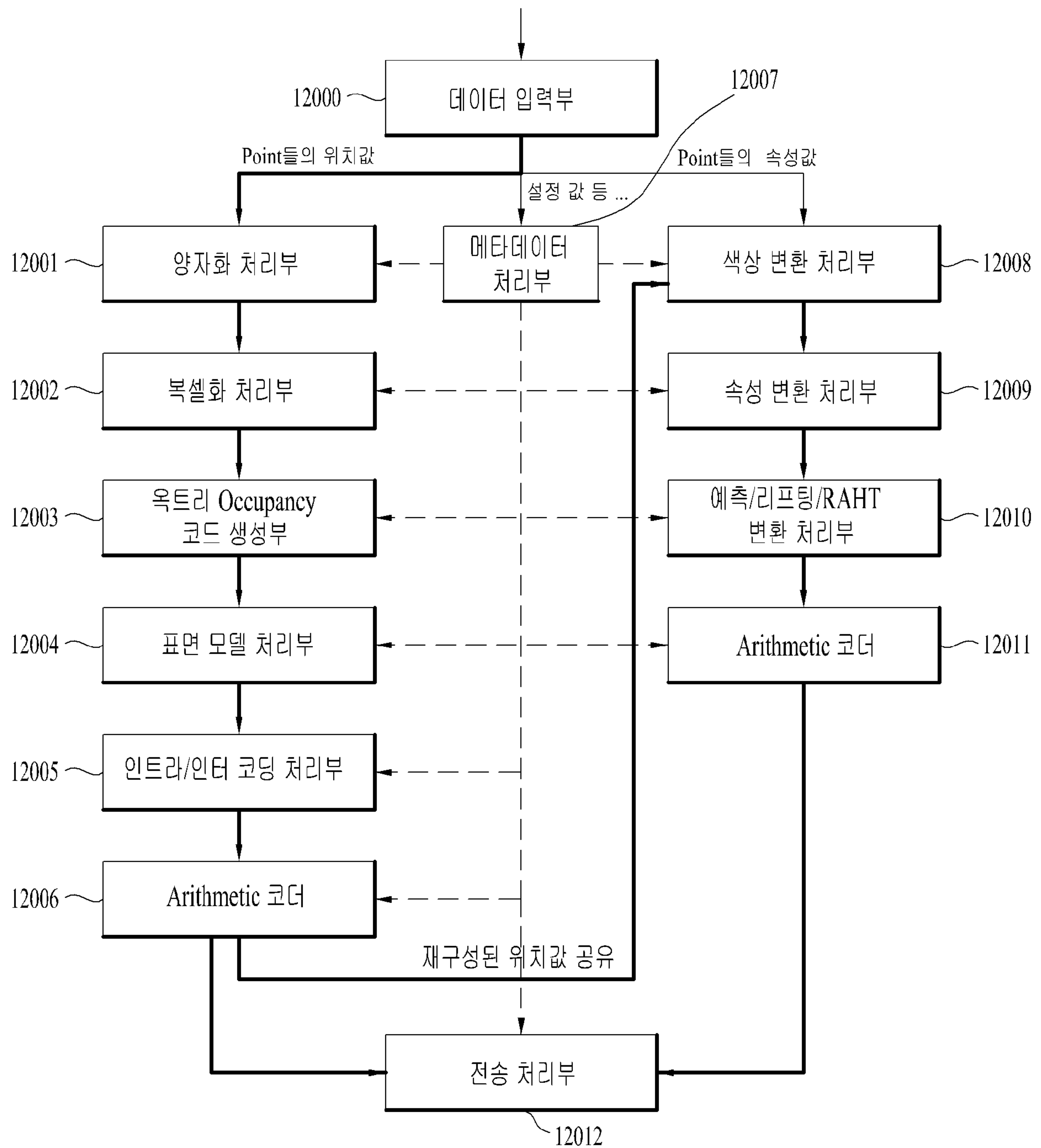
[도10]



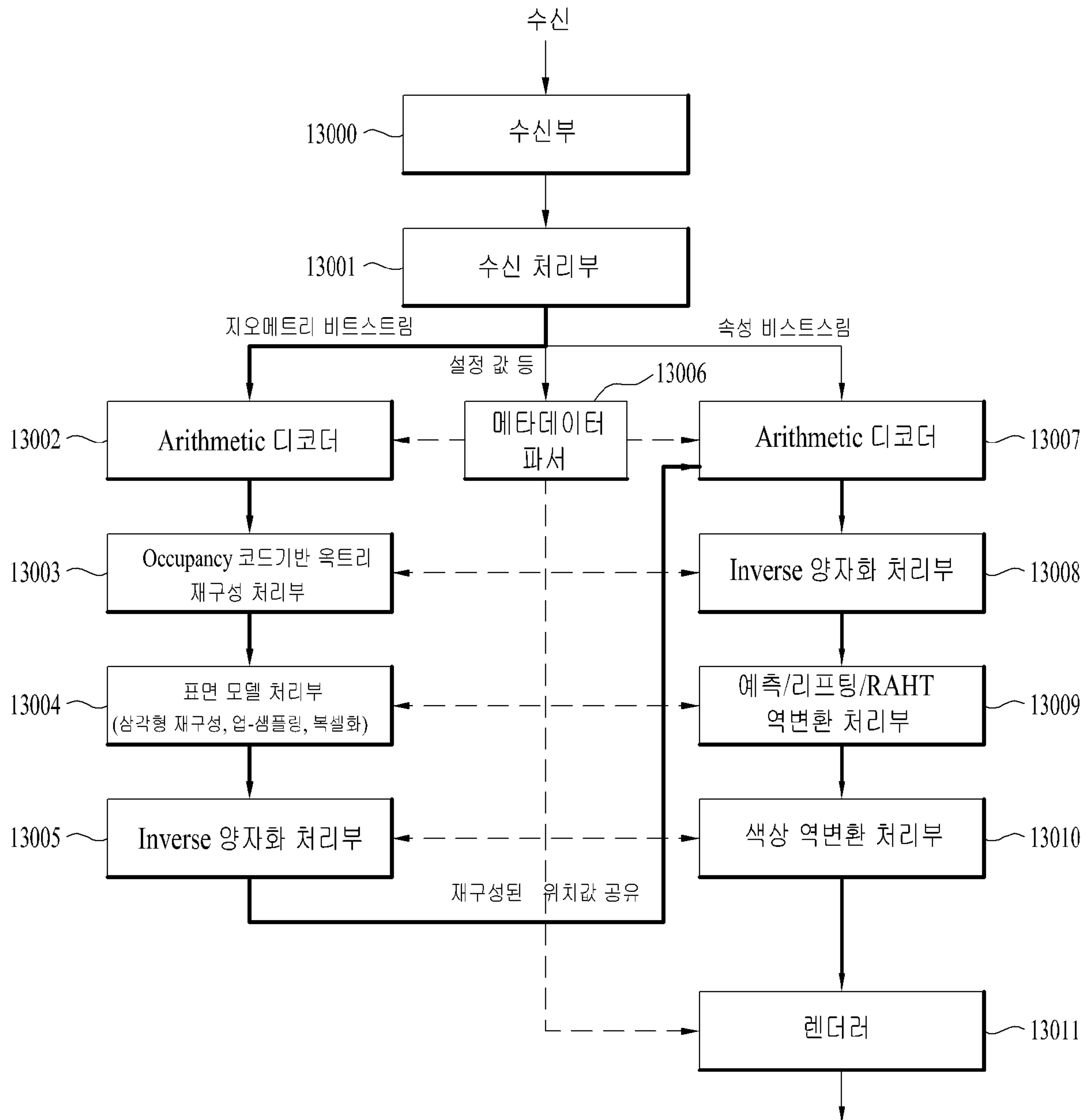
[도 11]



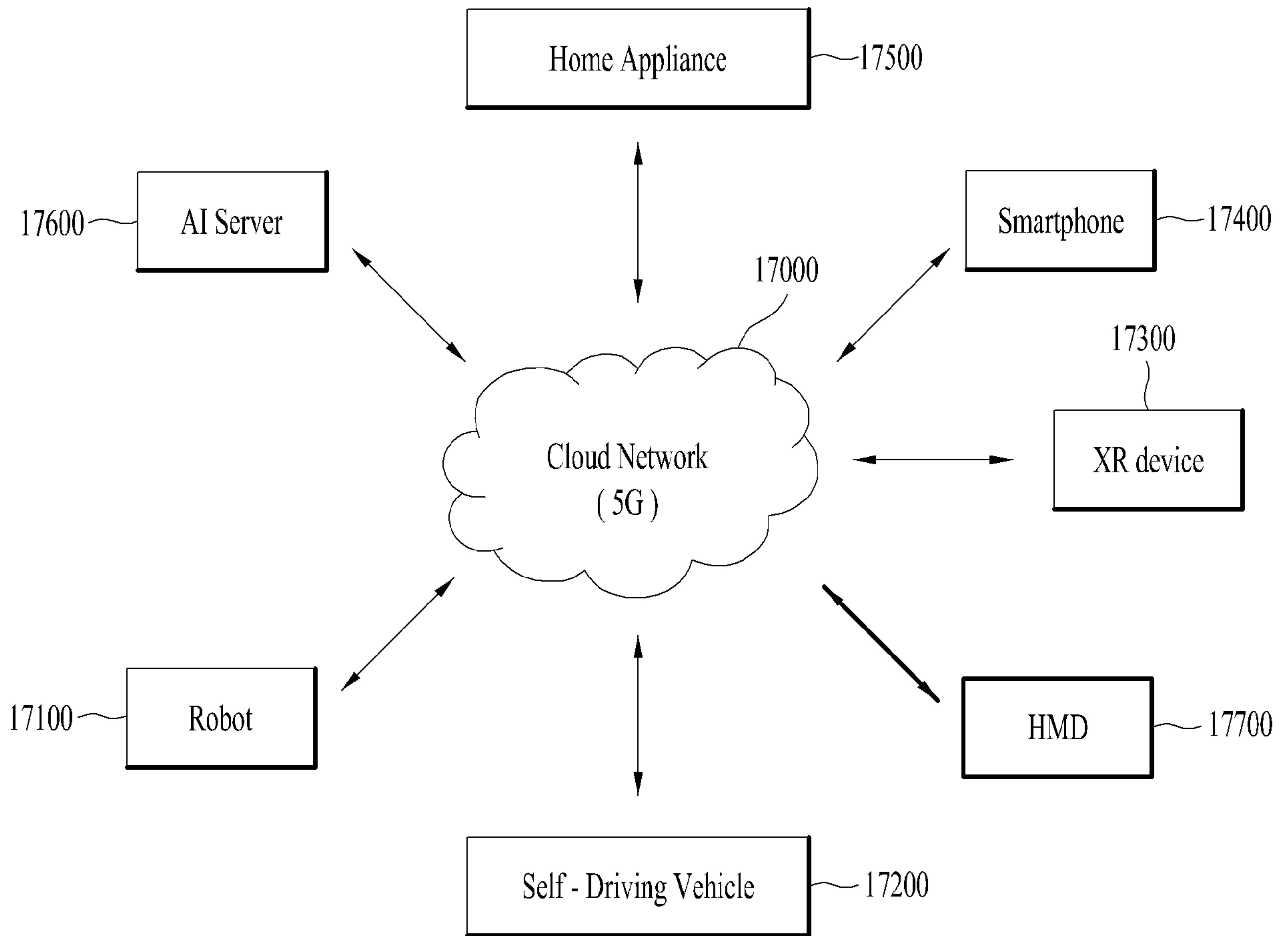
[도12]



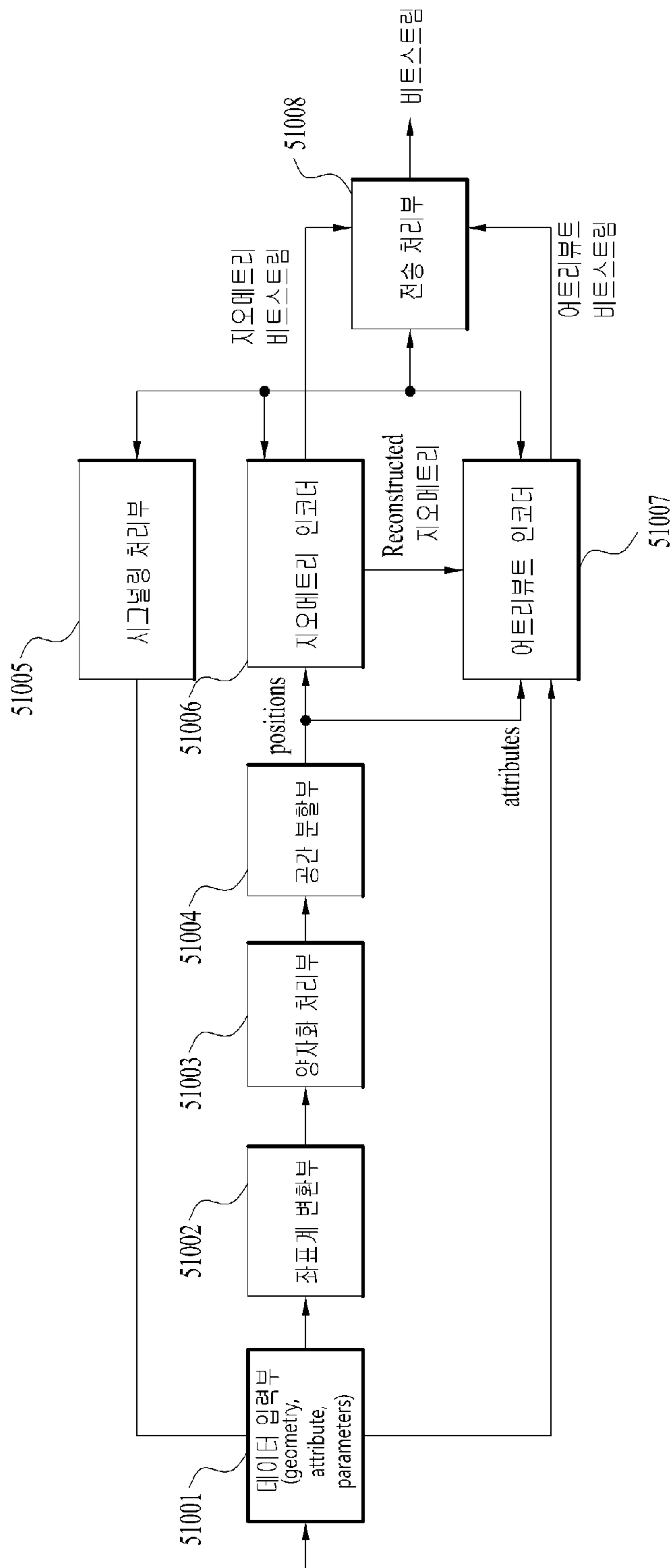
[도13]



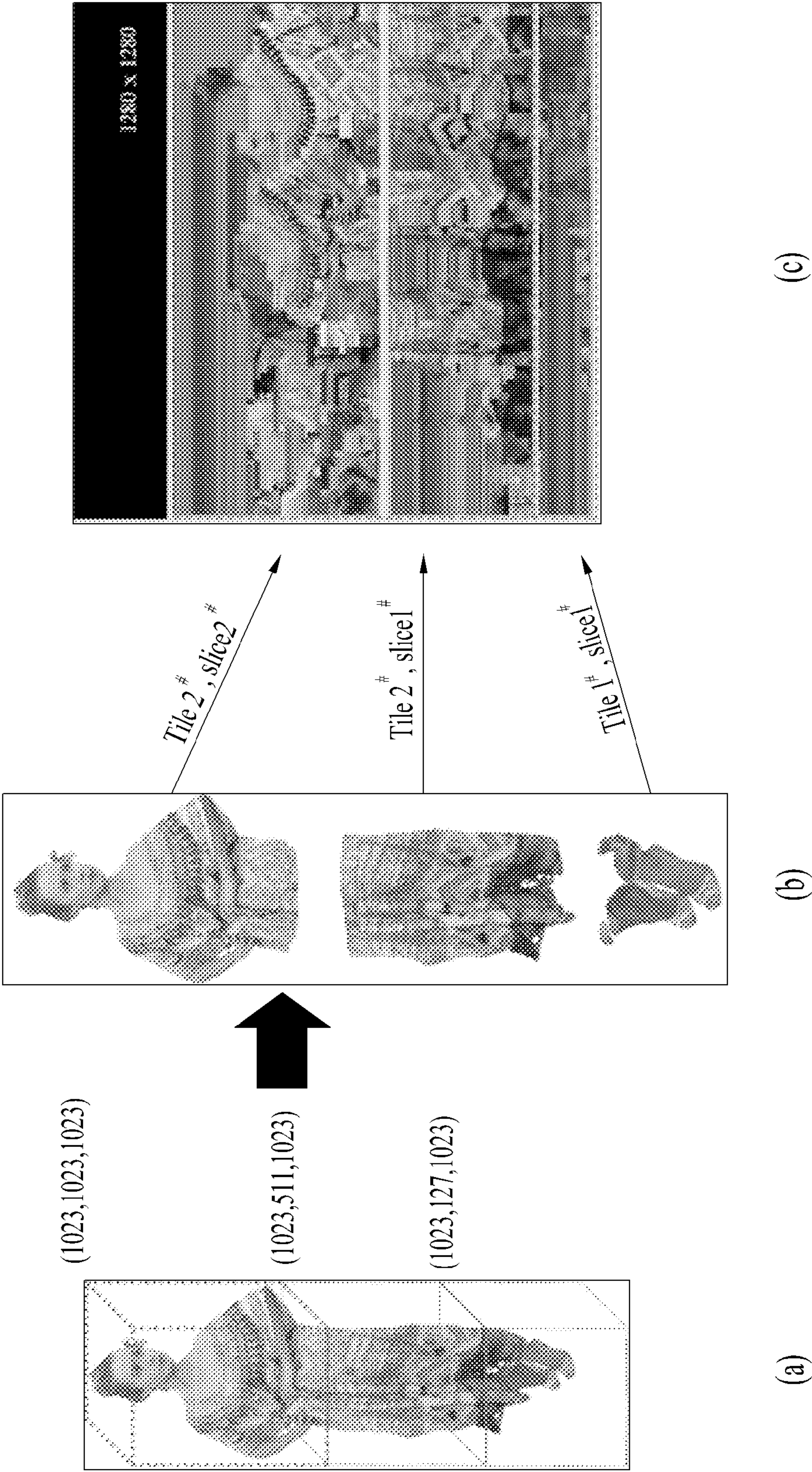
[도 14]



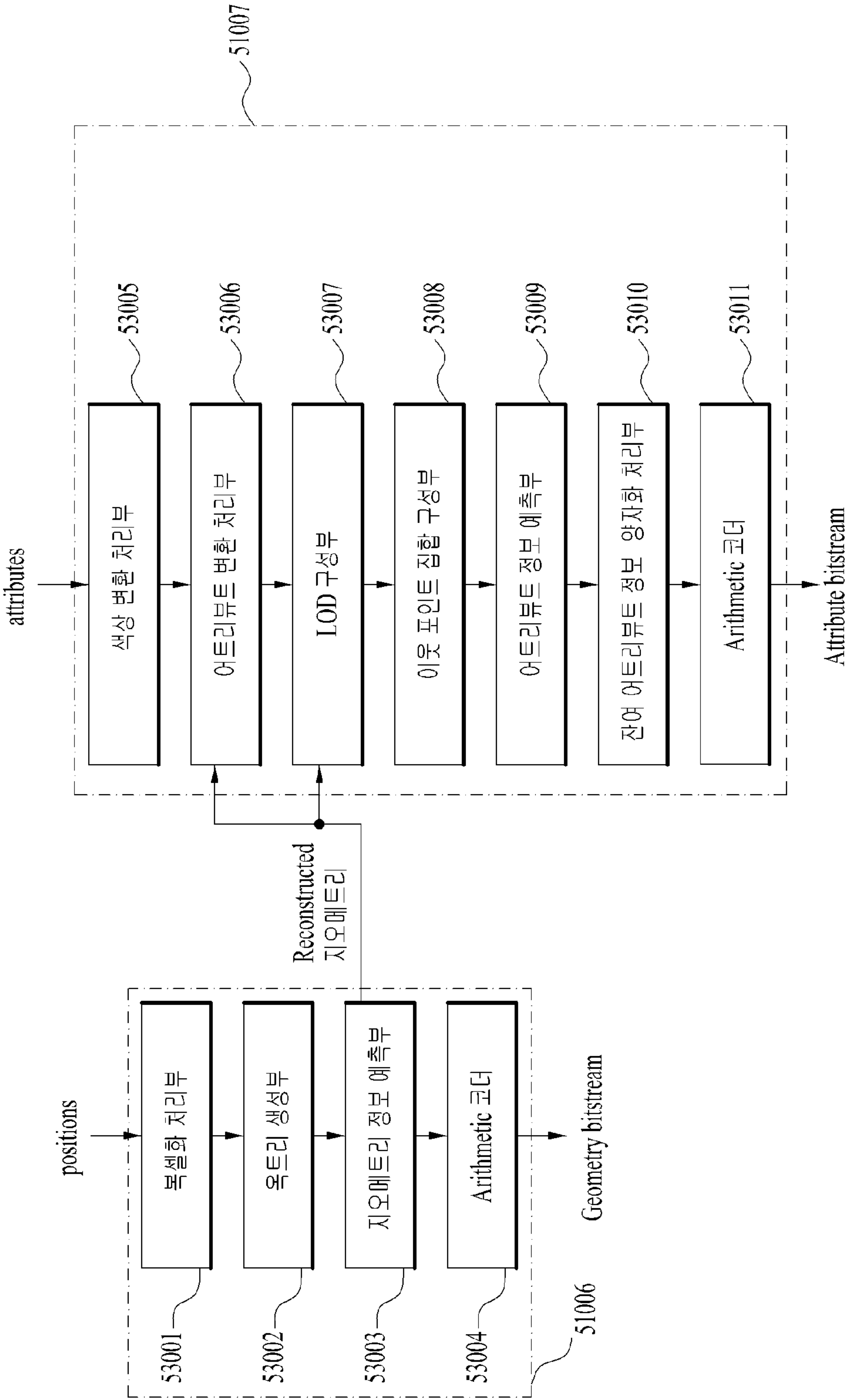
[도15]



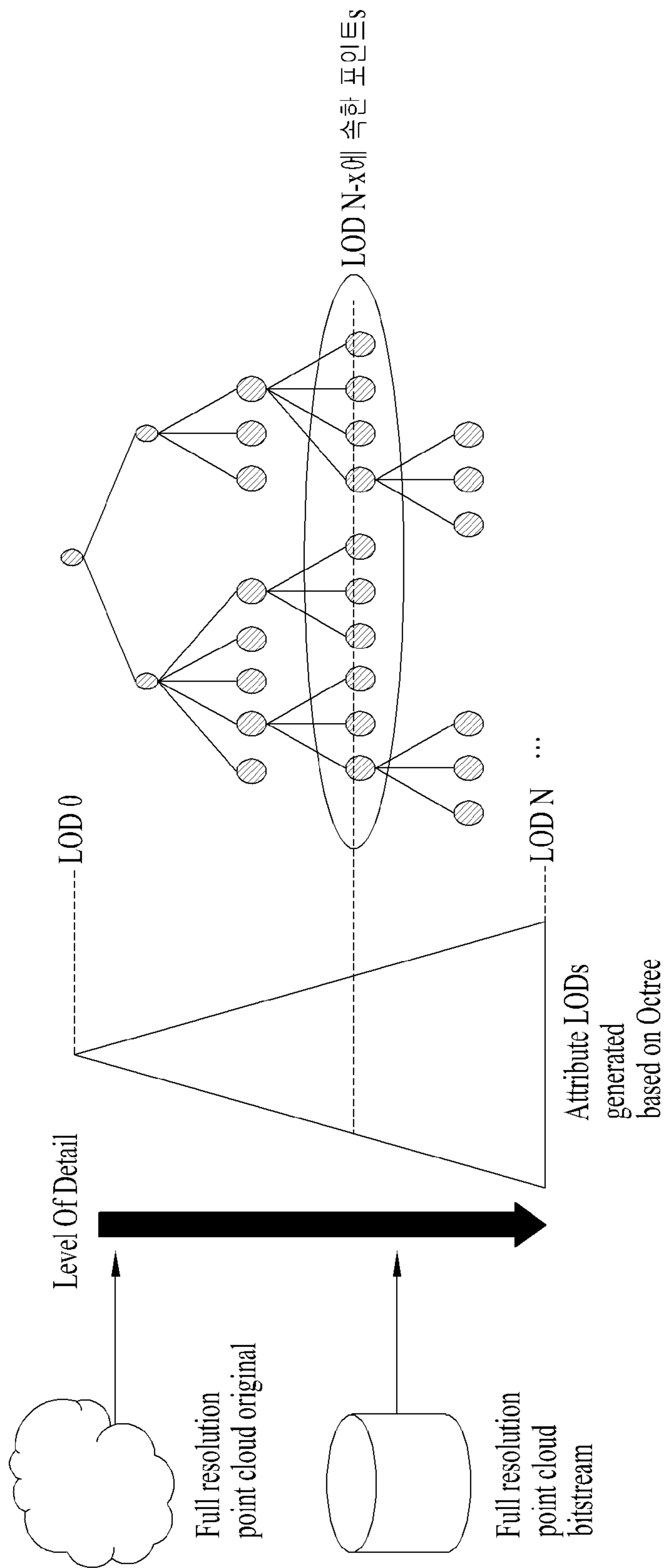
[도16]



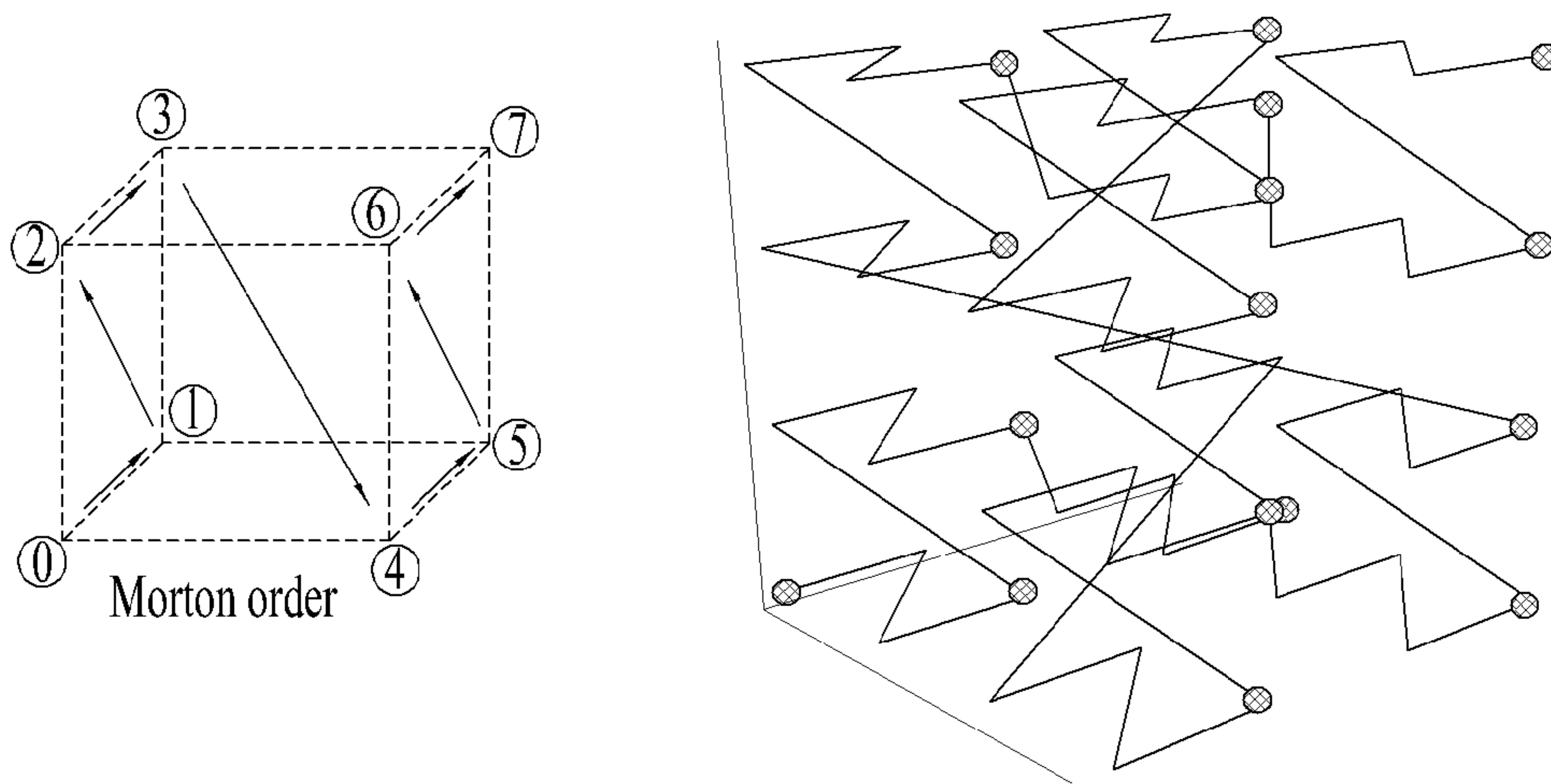
[도17]



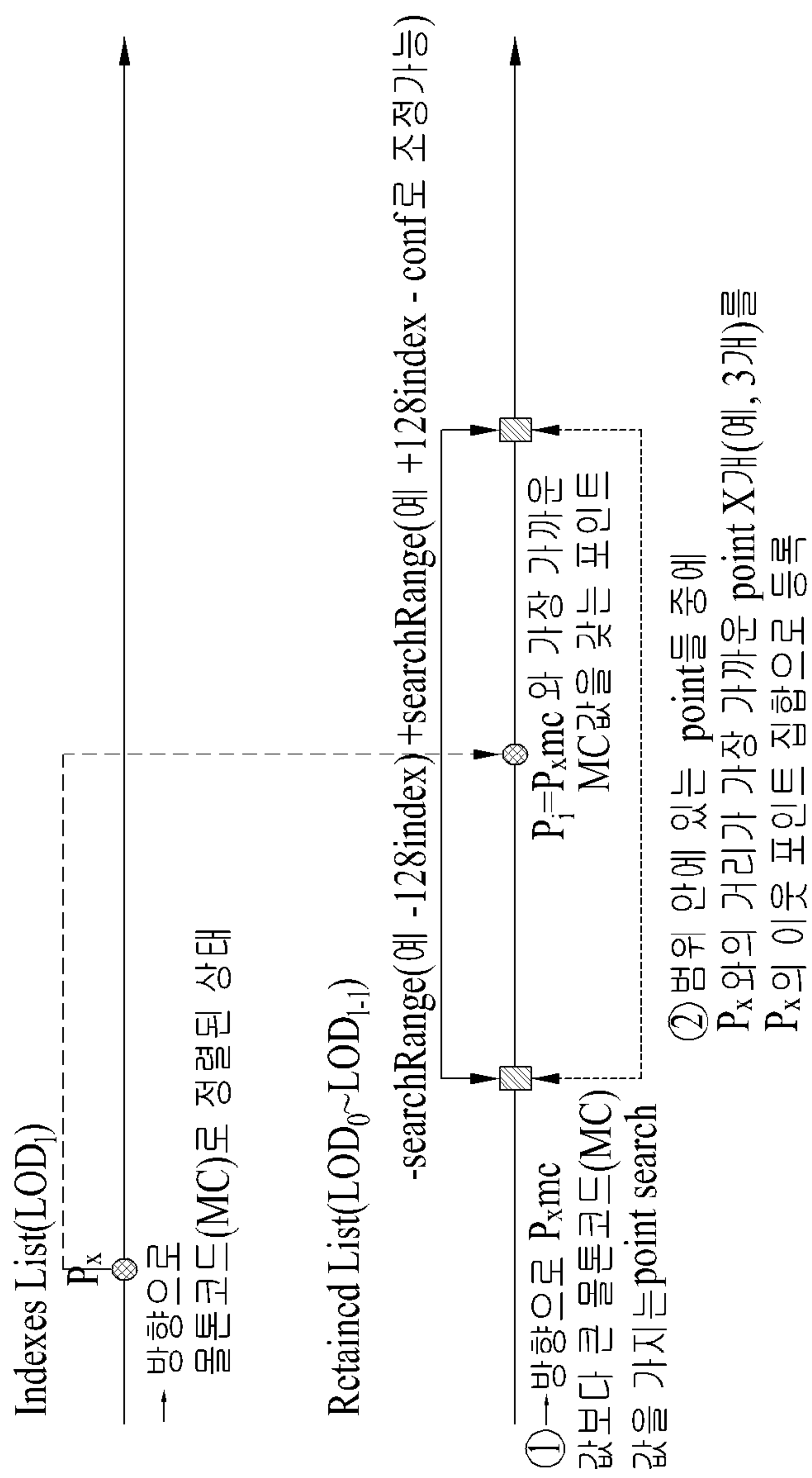
[도18]



[도19]



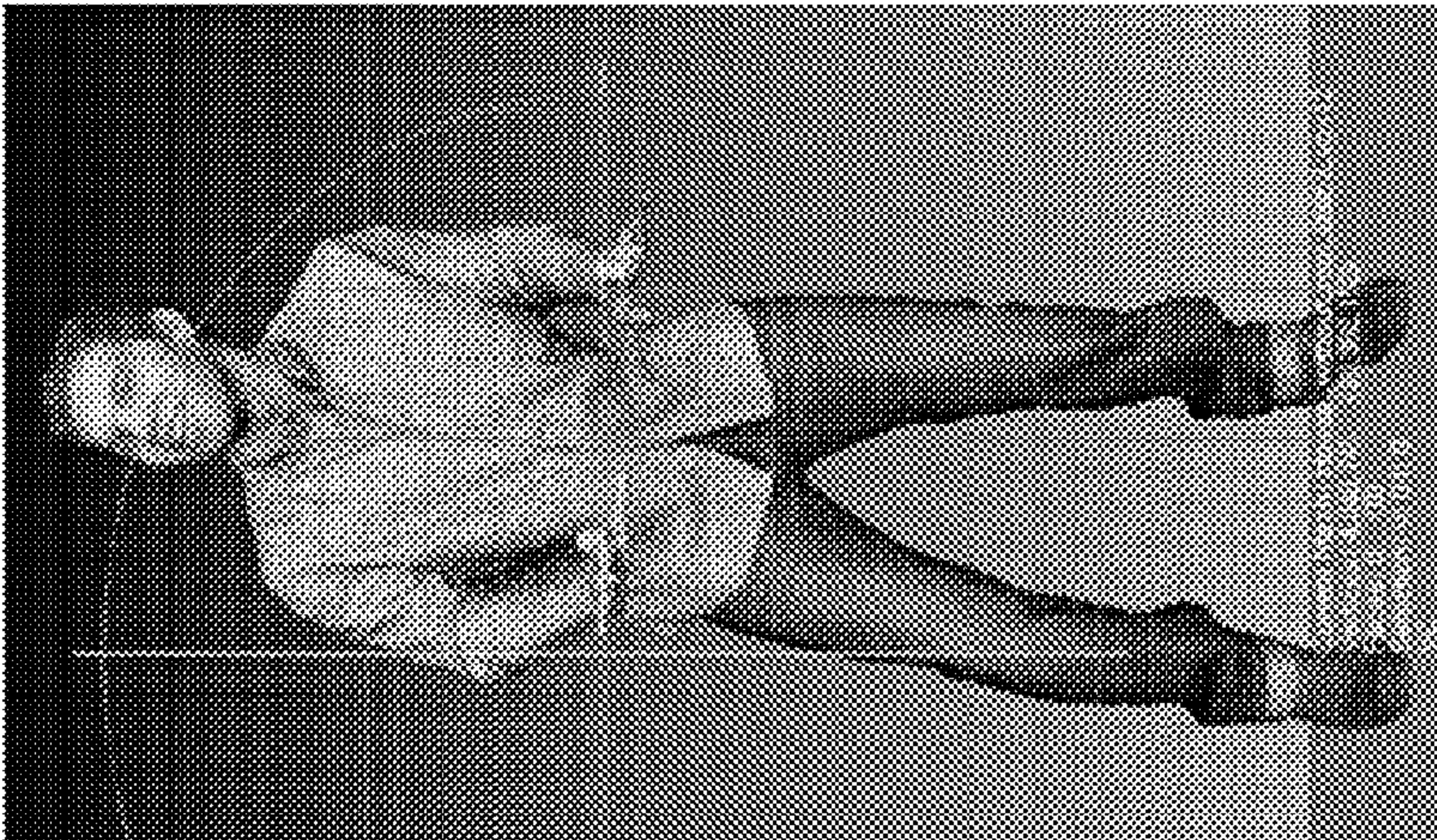
[도20]



[도21]



(b)



(a)

[도22]

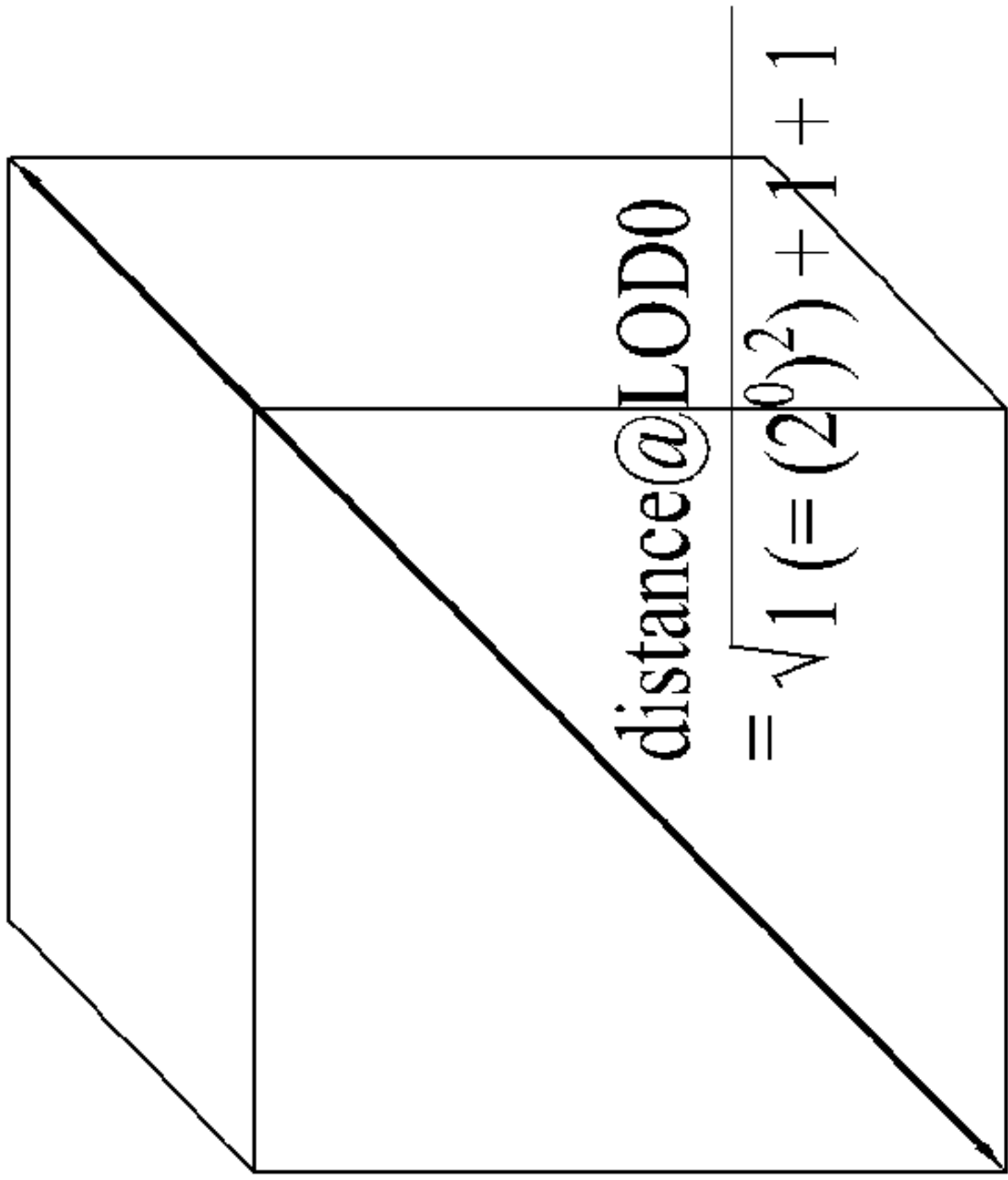
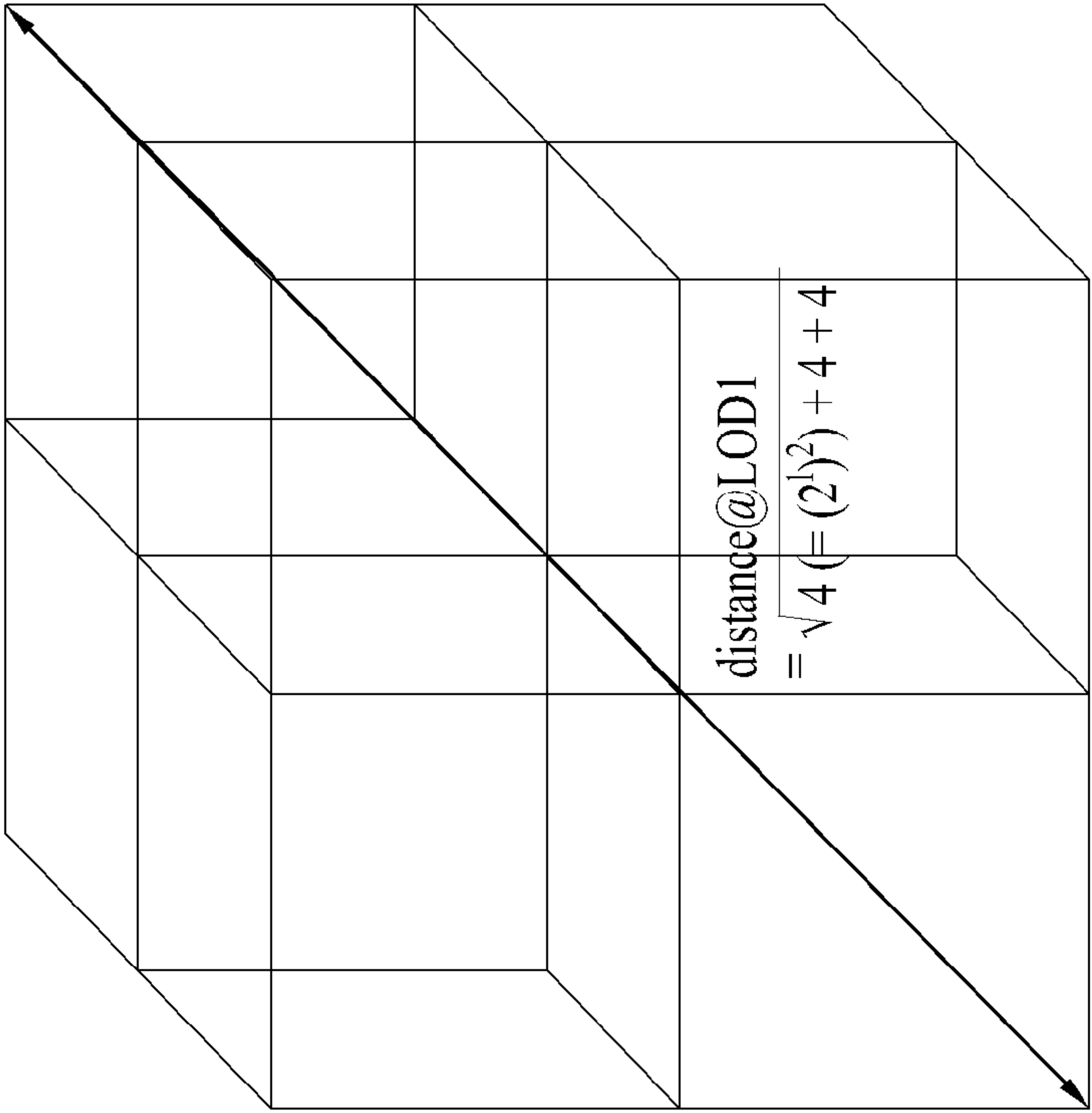
FORD(#0100)							
NN=1의 개수	4						
NN=2의 개수	60						
NN=3의 개수	80201						
Total 포인트 개수	80265						
	거리 Norm2						
	NN1	NN2	NN3				
average	128	748	1765				
min	1	1	1				
max	256	1407616	1892992				

QNX(#0001)							
NN=1의 개수	3496						
NN=2의 개수	219						
NN=3의 개수	27564						
Total 포인트 개수	31279						
	거리 Norm2						
	NN1	NN2	NN3				
average	129	25131	42839				
min	1	2	8				
max	256	116007040	310887696				

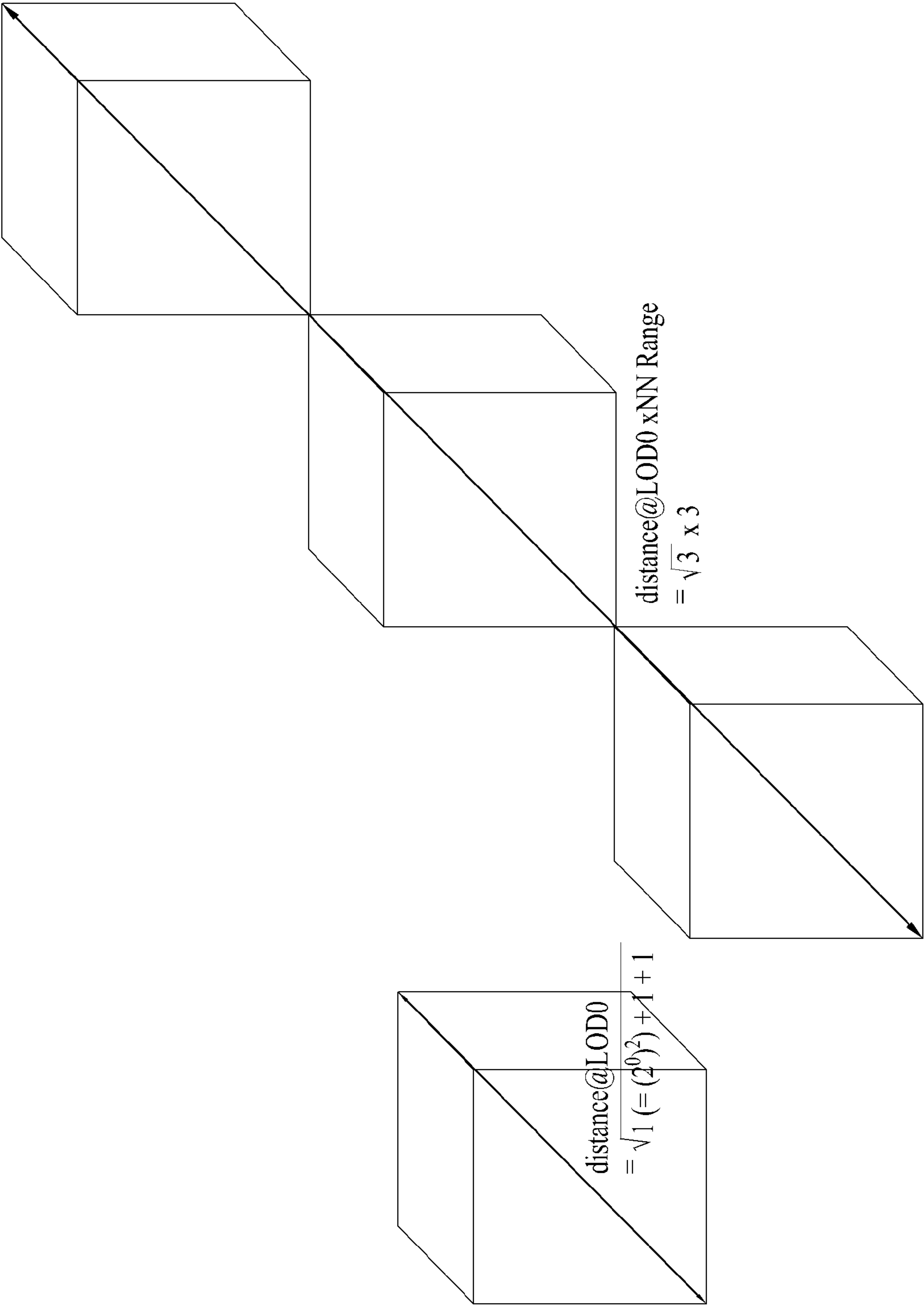
(a)

(b)

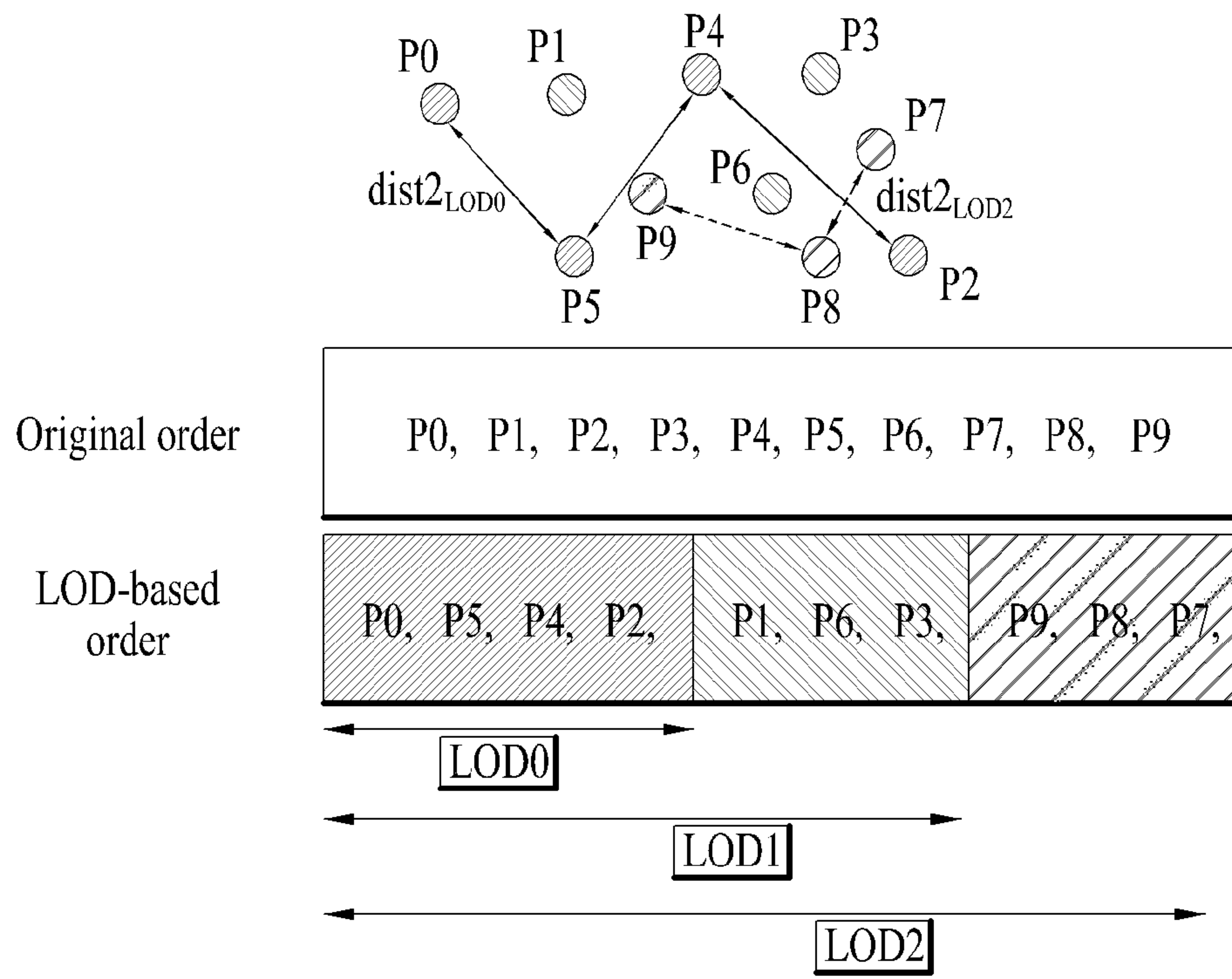
[도23]



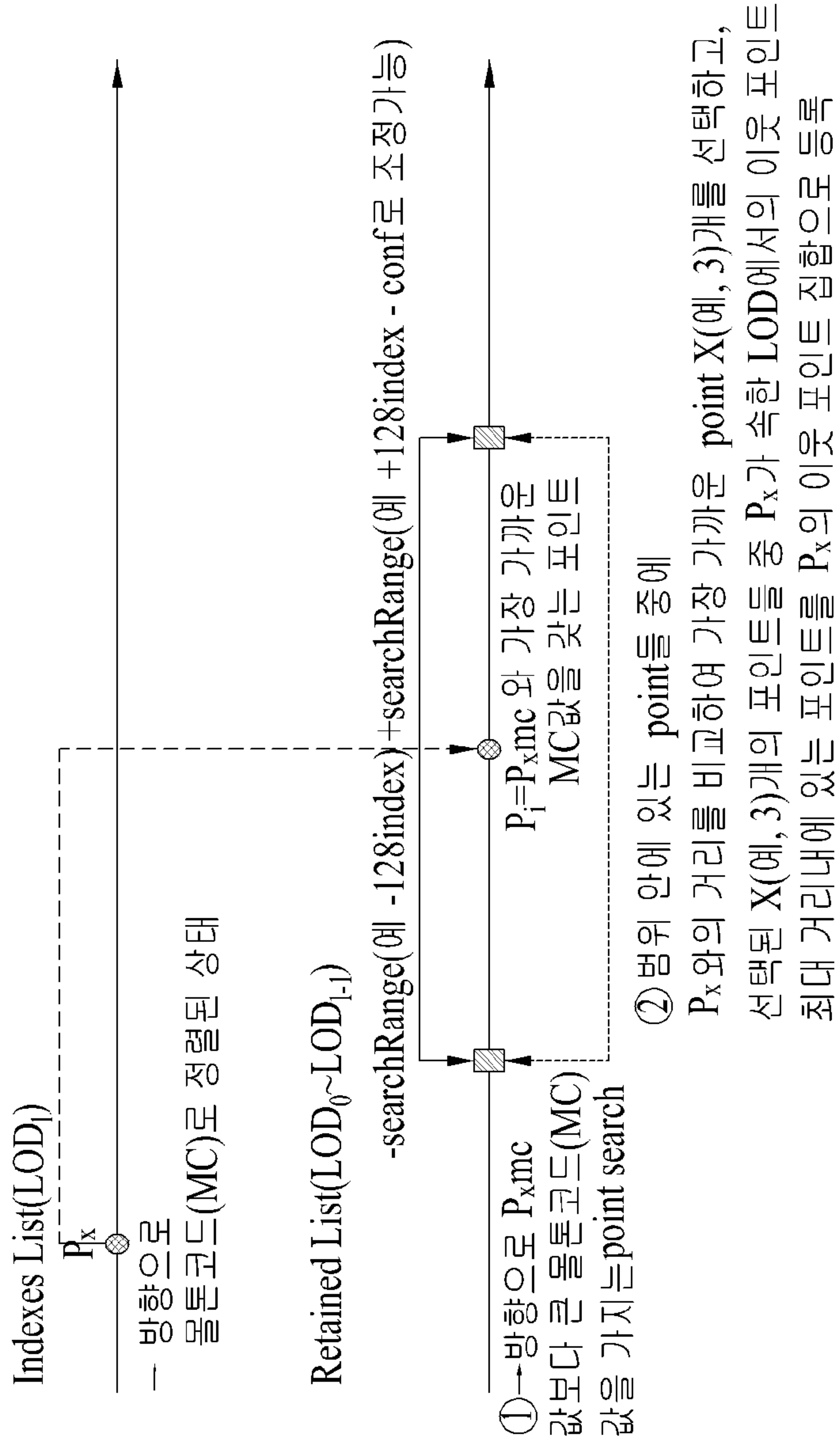
[도24]



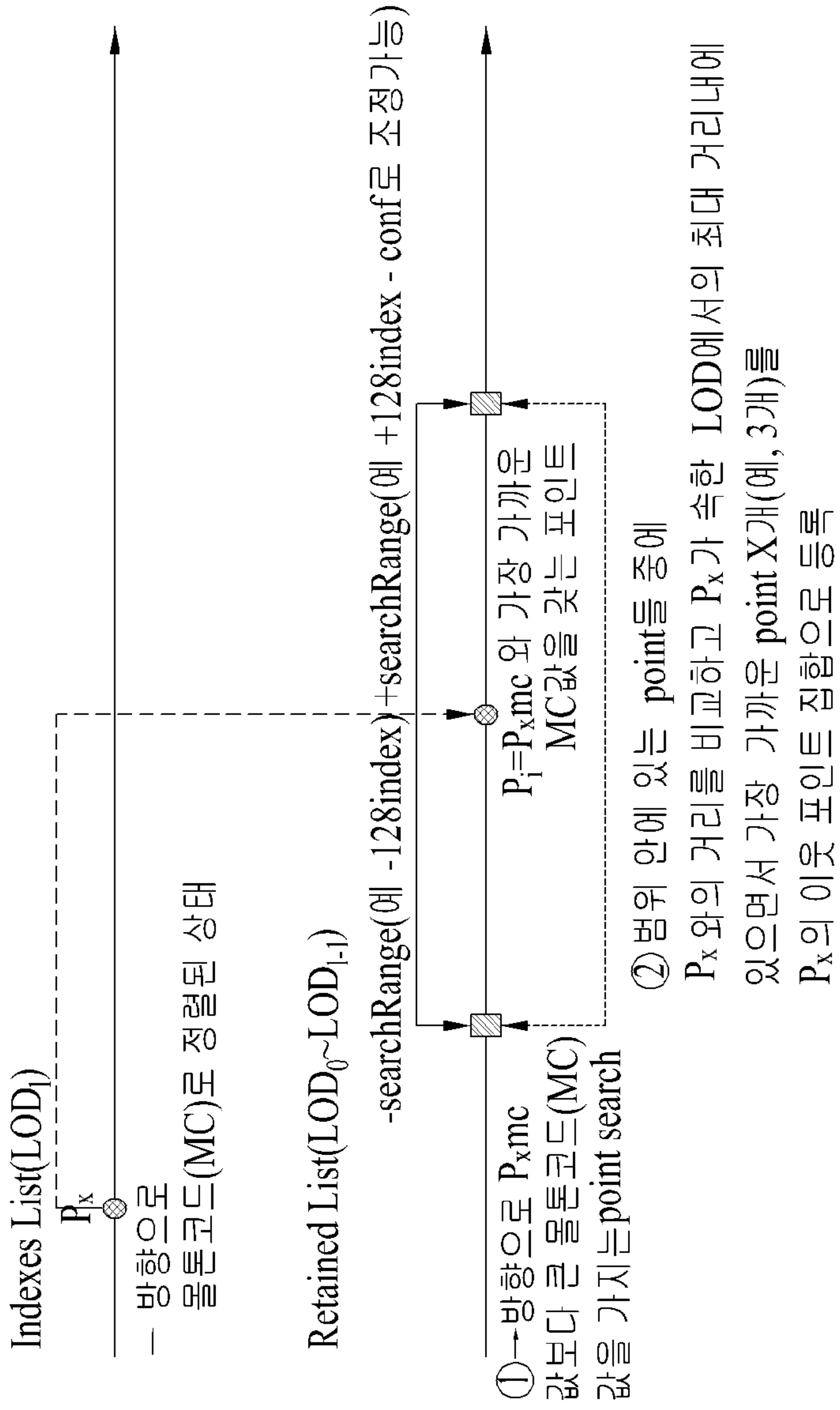
[도25]



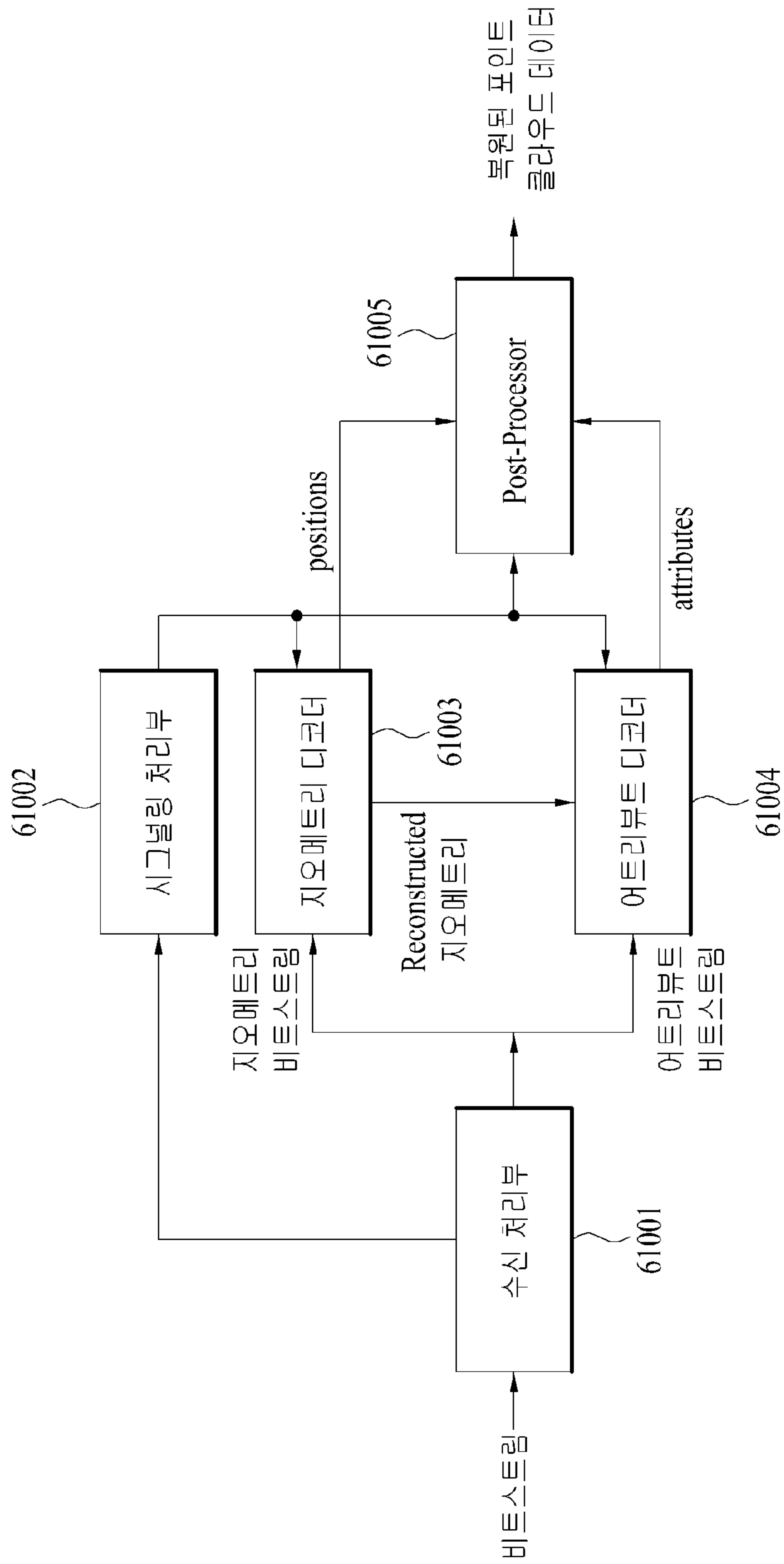
[도26]



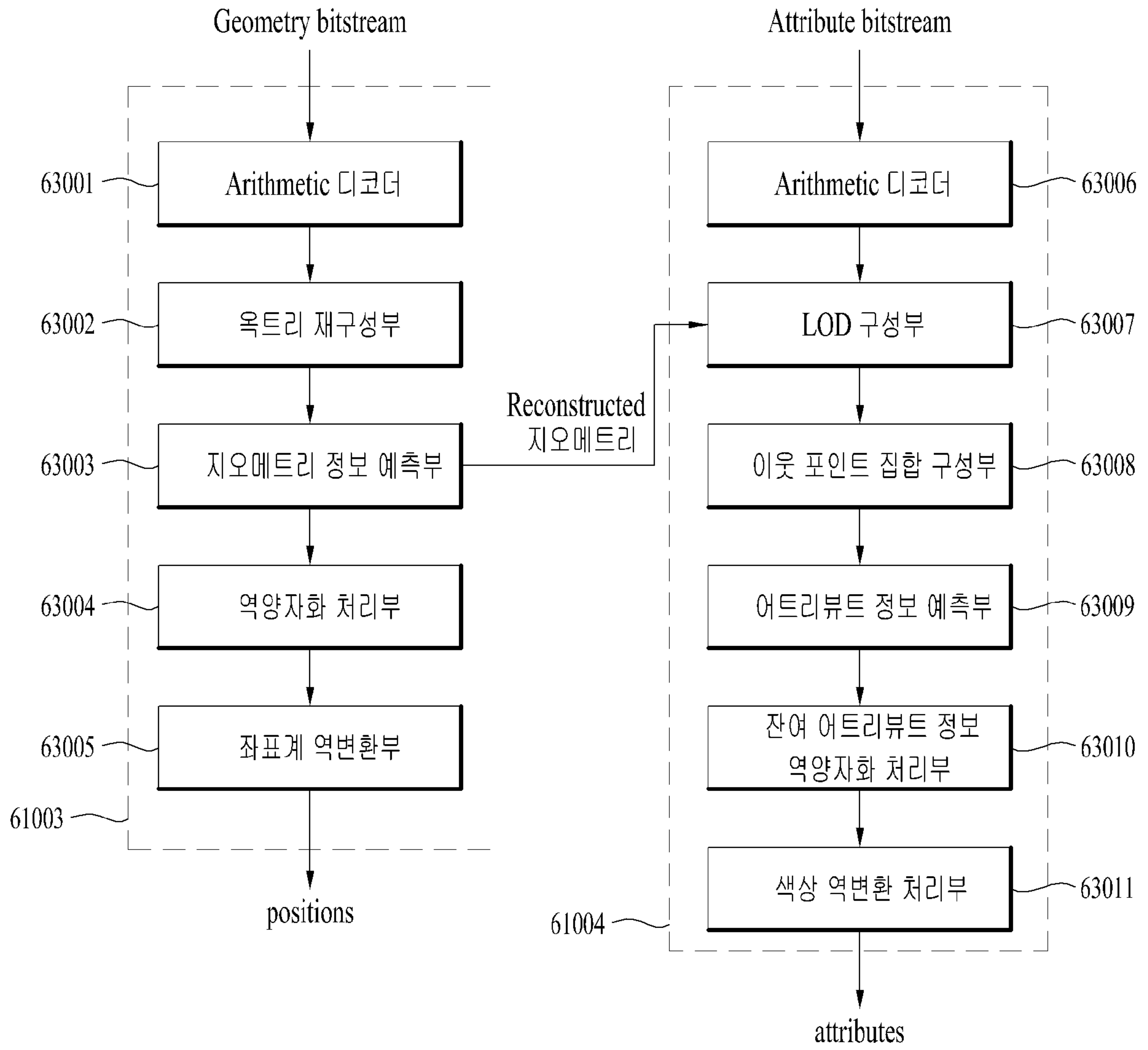
[도27]



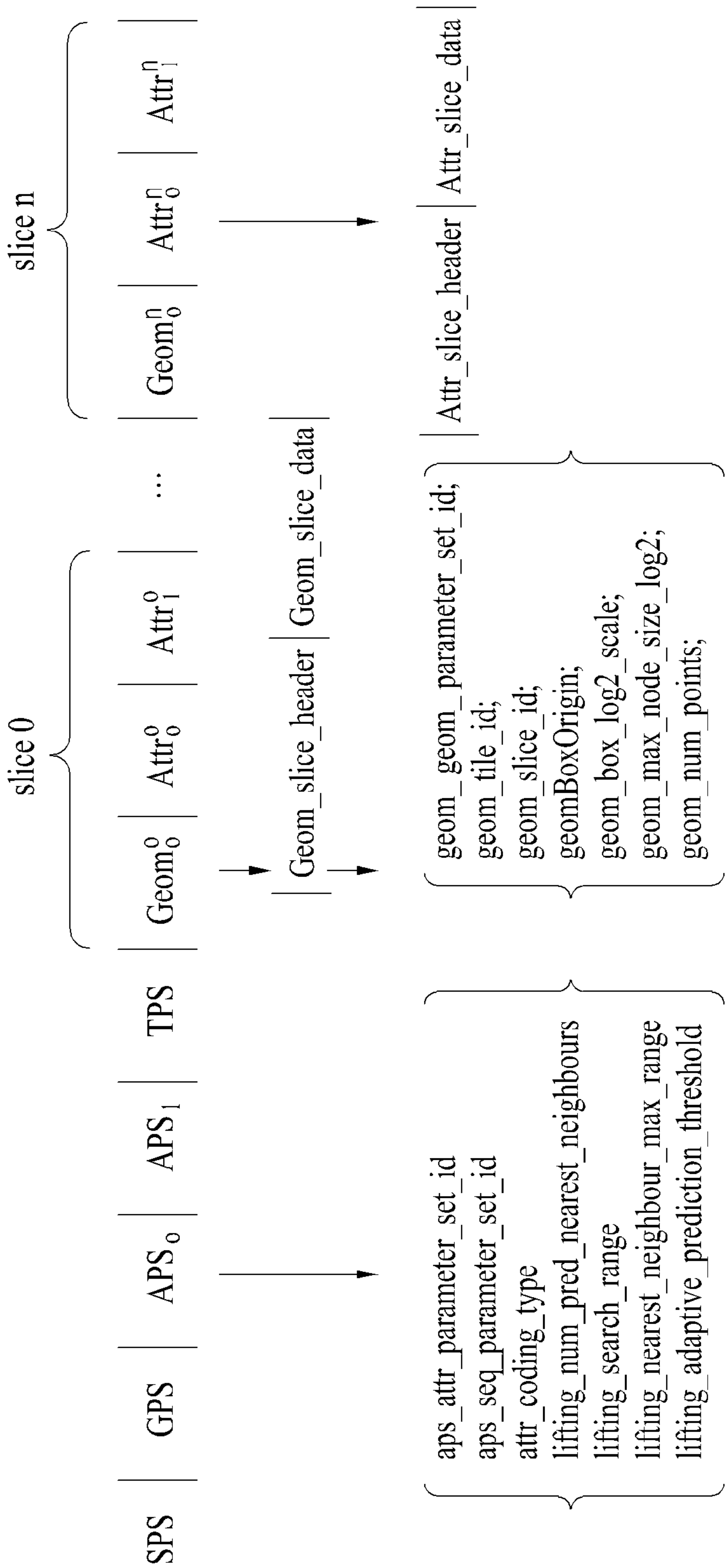
[도28]



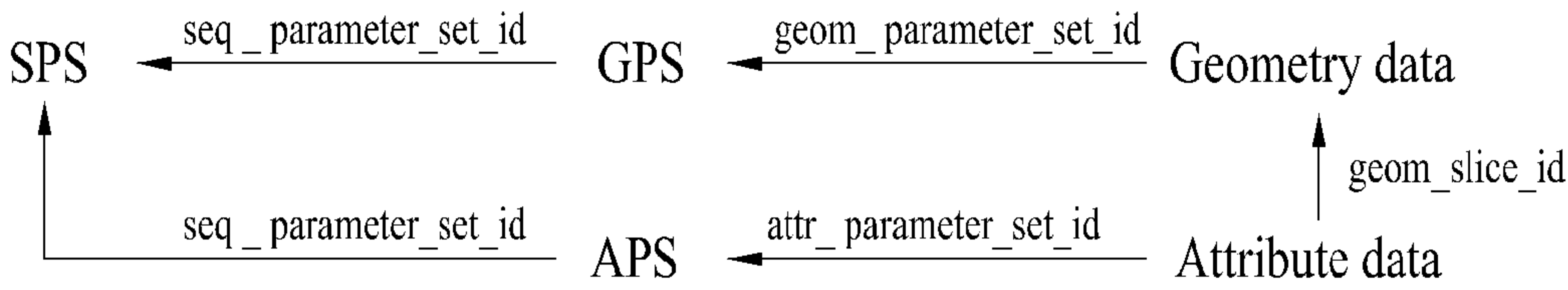
[도29]



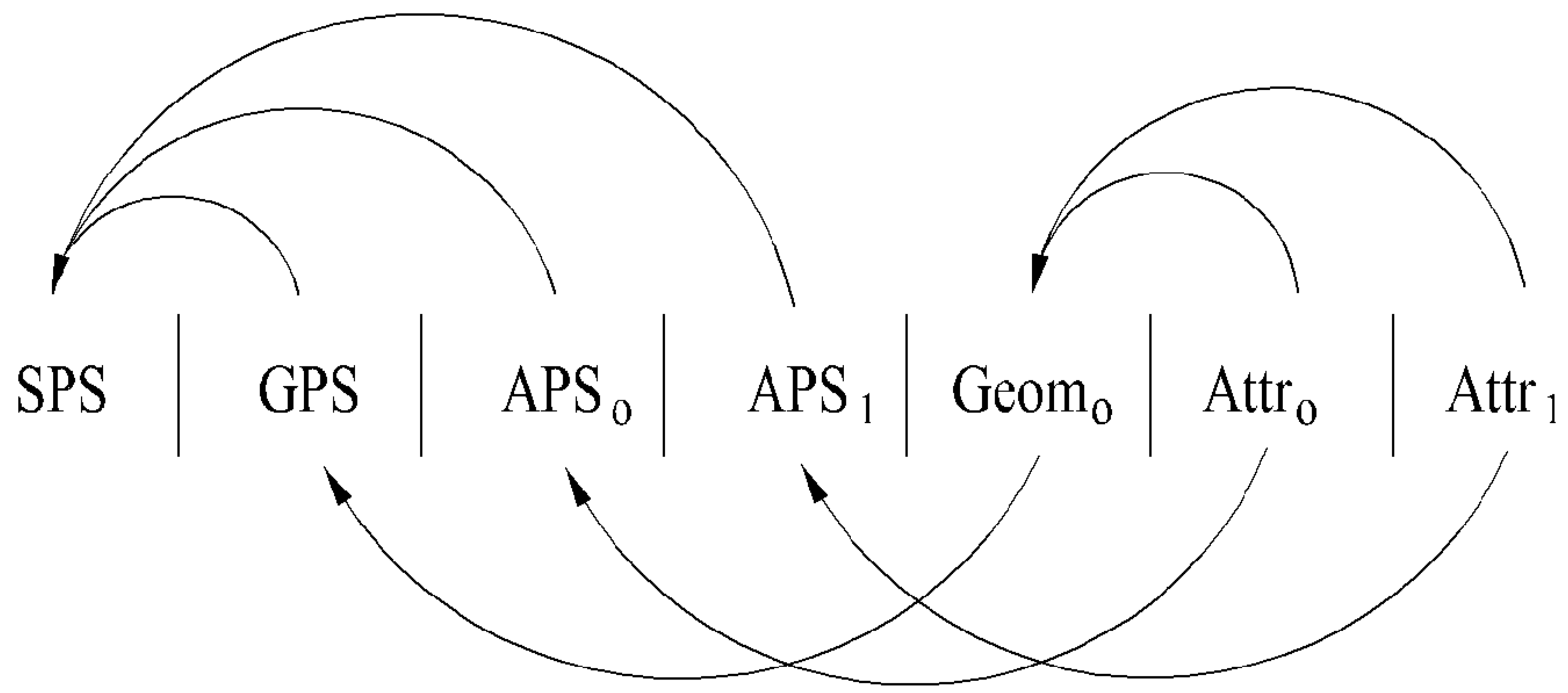
[도30]



[도31]



[도32]



[도33]

seq_parameter_set_rbsp() {	Descriptor
profile_idc	u(8)
profile_compatibility_flags	u(24)
level_idc	u(8)
sps_bounding_box_present_flag	u(1)
if(sps_bounding_box_present_flag){	
sps_bounding_box_offset_x	se(v)
sps_bounding_box_offset_y	se(v)
sps_bounding_box_offset_z	se(v)
sps_bounding_box_offset_factor	ue(v)
sps_bounding_box_offset_width	ue(v)
sps_bounding_box_offset_height	ue(v)
sps_bounding_box_offset_depth	ue(v)
}	
sps_source_scale_factor[Ed. TMC13 v6 uses float, but integer is preferred.]	u(32)
sps_seq_parameter_set_id	ue(v)
sps_num_attribute_sets	ue(v)
for(i=0; i<sps_num_attribute_sets; i++) {	
attriute_dimension[i]	ue(v)
attribute_instance_id[i]	ue(v)
attribute_bitdepth[i]	ue(v)
attribute_cicp_colour_primaries[i]	uc(v)
attribute_cicp_transfer_characteristics[i]	ue(v)
attribute_cicp_matrix_coeffs[i]	ue(v)
attribute_cicp_video_full_range_flag[i]	u(1)
known_attribute_label_flag[i])	u(1)
if(known_attribute_label_flag[i]){	
known_attribute_label[i]	ue(v)
else	
attribute_label_four_byte[i]}	u(32)
nearest_neighbour_max_range[i]	ue(v)
nearest_neighbour_min_range[i]	ue(v)
}	
sps_extension_present_flag	u(1)
if(sps_extension_present_flag)	
while(more_data_in_byte_stream())	
sps_extension_data_flag	u(1)
byte_alignment()	
}	

[도34]

geometry_parameter_set() {	Descriptor
gps_geom_parameter_set_id	ue(v)
gps_seq_parameter_set_id	ue(v)
gps_box_present_flag	u(1)
if(gps_box_present_flag){	
gps_gsh_box_log2_scale_present_flag	u(1)
if(gps_gsh_box_log2_scale_present_flag == 0)	
gps_gsh_box_log2_scale	ue(v)
}	
unique_gcometry_points_flag	u(1)
neighbour_context_restriction_flag	u(1)
inferred_direct_coding_mode_enabled_flag	u(1)
bitwise_occupancy_coding_flag	u(1)
adjacent_child_contextualization_enabled_flag	u(1)
log2_neighbour_avail_boundary	ue(v)
log2_intra_pred_max_node_size	ue(v)
log2_trisoup_node_size	ue(v)
gps_extension_present_flag	u(1)
if(gps_extension_present_flag)	
while(more_data_in_byte_stream())	
gps_extension_data_flag	u(1)
byte_alignment()	
}	

[도35]

attribute_parameter_set() {	Descriptor
aps_attr_parameter_set_id	ue(v)
aps_seq_parameter_set_id	ue(v)
attr_coding_type	ue(v)
aps_attr_initial_qp	ue(v)
aps_attr_chroma_qp_offset	se(v)
aps_slice_qp_delta_present_flag	u(1)
isLifting = (attr_coding_type == 0 attr_coding_type == 2) ? 1 : 0	
if(isLifting) {	
lifting_num_pred_nearest_neighbours	ue(v)
lifting_max_num_direct_predictors	ue(v)
lifting_search_range	ue(v)
lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag	u(1)
lifting_num_detail_levels_minus1	ue(v)
for(idx = 0; idx<=num_detail_levels_minus1; idx++) {	
if(lifting_lod_decimation_enabled_flag)	
lifting_sampling_period[idx]	ue(v)
else	
lifting_sampling_distance_squared[idx]	ue(v)
}	
nearest_neighbour_max_range	ue(v)
nearest_neighbour_min_range	ue(v)
different_nn_range_in_tile_flag	u(1)
}	
if(attr_coding_type==0)	
lifting_adaptive_prediction_threshold	ue(v)
lifting_intra_lod_prediction_num_layers	ue(v)
}	
aps_extension_present_flag	u(1)
if(sps_extension_present_flag)	
while(more_data_in_byte_stream())	
aps_extension_data_flag	u(1)
byte_alignment()	
}	

[도36]

attribute_parameter_set() {	Descriptor
aps_attr_parameter_set_id	ue(v)
aps_seq_parameter_set_id	ue(v)
attr_coding_type	ue(v)
aps_attr_initial_qp	ue(v)
aps_attr_chroma_qp_offset	se(v)
aps_slice_qp_delta_present_flag	u(1)
isLifting = (attr_coding_type == 0 attr_coding_type == 2) ? 1 : 0	
if(isLifting) {	
lifting_num_pred_nearest_neighbours	ue(v)
lifting_max_num_direct_predictors	ue(v)
lifting_search_range	ue(v)
lifting_lod_regular_sampling_enabled_flag	u(1)
lifting_num_detail_levels_minus1	ue(v)
for(idx = 0; idx<=num_detail_levels_minus1; idx++) {	
if(lifting_lod_decimation_enabled_flag)	
lifting_sampling_period[idx]	ue(v)
else	
lifting_sampling_cistance_squared[idx]	ue(v)
}	
different_nn_range_in_tile_flag	u(1)
different_nn_range_per_lod_flag	u(1)
if (!different_nn_range_per_lod_flag) {	
nearest_neighbour_max_range	ue(v)
nearest_neighbour_min_range	ue(v)
} else {	
for(idx = 0; idx <= num_detail_levels_minus1; idx++) {	
nearest_neighbour_max_range[idx]	ue(v)
nearest_neighbour_min_range[idx]	ue(v)
}	
}	
}	
if(attr_coding_type==0)	
lifting_adaptive_prediction_threshold	ue(v)
lifting_intra_lod_prediction_num_layers	ue(v)
}	
aps_extension_present_flag	u(1)
if(sps_extension_present_flag)	
while(more_data_in_byte_stream())	
aps_extension_data_flag	u(1)
byte_alignment()	
}	

[도37]

tile_parameter_set() {	Descriptor
num_tiles	ue(v)
for(i = 0; i < num_tiles; i++) {	
tile_bounding_box_offset_x[i]	se(v)
tile_bounding_box_offset_y[i]	se(v)
tile_bounding_box_offset_z[i]	se(v)
tile_bounding_box_size_width[i]	ue(v)
tile_bounding_box_size_height[i]	ue(v)
tile_bounding_box_size_depth[i]	ue(v)
if (different_nn_range_in_tile_flag == true) {	
nearest_neighbour_max_range[i]	ue(v)
nearest_neighbour_min_range[i]	ue(v)
different_nn_range_in_slice_flag[i]	u(1)
if (different_nn_range_in_slice_flag[i] == true) {	
nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag[i]	u(1)
}	
}	
}	
byte_alignment()	
}	

[도38]

geometry_slice_bistream() {	Descriptor
geometry_slice_header()	
geometry_slice_data()	
}	

[도39]

geometry_slice_header() {	Descriptor
gsh_geom_parameter_set_id	ue(v)
gsh_tile_id	ue(v)
gsh_slice_id	ue(v)
if(gps_box_present_flag) {	
if(gps_gsh_box_log2_scale_present_flag)	
gsh_box_log2_scale	ue(v)
gsh_box_origin_x	ue(v)
gsh_box_origin_y	ue(v)
gsh_box_origin_z	ue(v)
}	
gsh_max_node_size_log2	ue(v)
gsh_num_points	ue(v)
byte_alignment()	
}	

[도40]

geometry_slice_data() {	Descriptor
for(depth = 0; depth < MaxGeometryOctreeDepth; depth++) {	
for(nodeldx = 0; nodeldx < NumNodesAtDepth[depth]; nodeldx++) {	
xN = NodeX[depth][nodeldx]	
yN = NodeY[depth][nodeldx]	
zN = NodeZ[depth][nodeldx]	
geometry_node(depth, nodeldx, xN, yN, zN)	
}	
}	
if(log2_troup_node_size > 0)	
geometry_trisoup_data()	
}	

[도41]

attribute_slice_bitstream() {	Descriptor
attribute_slice_header()	
attribute_slice_data()	
}	

[도42]

attribute_slice_header() {	Descriptor
ash_attr_parameter_set_id	ue(v)
ash_attr_sps_attr_idx	ue(v)
ash_attr_geom_slice_id	ue(v)
if (aps_slice_qp_delta_present_flag) {	
ash_qp_delta_luma	se(v)
ash_qp_delta_chroma	se(v)
}	
if (different_nn_range_in_slice_flag == true) {	
if(nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag == false) {	
nearest_neighbour_absolute_max_range	ue(v)
nearest_neighbour_absolute_min_range	ue(v)
} else {	
nearest_neighbour_max_range_offset	ue(v)
nearest_neighbour_min_range_offset	ue(v)
}	
}	
byte_alignment()	
}	

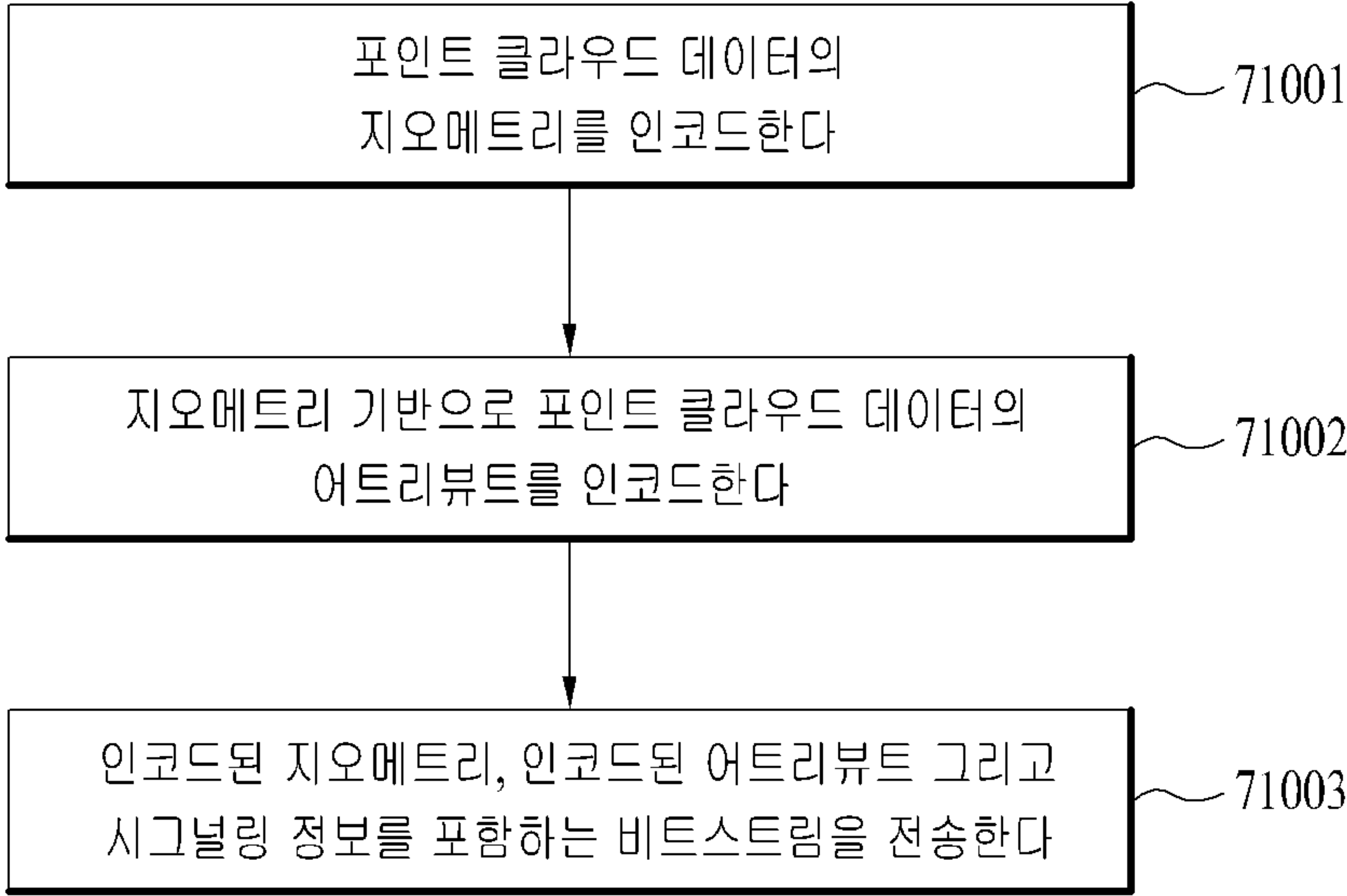
[도43]

attribute_slice_header() {	Descriptor
ash_attr_parameter_set_id	ue(v)
ash_attr_sps_attr_idx	ue(v)
ash_attr_geom_slice_id	ue(v)
if(aps_slice_qp_delta_present_flag) {	
ash_qp_delta_luma	se(v)
ash_qp_delta_chroma	se(v)
}	
if(different_nn_range_in_slice_flag == true) {	
different_nn_range_per_lod_flag	u(1)
if(!different_nn_range_per_lod_flag) {	
if(nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag == false) {	
nearest_neighbour_absolute_max_range	ue(v)
nearest_neighbour_absolute_min_range	ue(v)
} else {	
nearest_neighbour_max_range_offset	ue(v)
nearest_neighbour_min_range_offset	ue(v)
}	
} else {	
if(nearest_neighbour_offset_range_in_slice_flag == false) {	
for(idx = 0; idx <= num_detail_levels_minus1; idx++) {	
nearest_neighbour_absolute_max_range[idx]	ue(v)
nearest_neighbour_absolute_min_range[idx]	ue(v)
}	
} else {	
for(idx = 0; idx <= num_detail_levels_minus1; idx++) {	
nearest_neighbour_max_range_offset[idx]	ue(v)
nearest_neighbour_max_range_offset[idx]	ue(v)
}	
}	
}	
}	
}	

[도44]

attribute_slice_data() {	Descriptor
dimension = attribute_dimension[ash_attr_sps_attr_idx]	
zerorun	ae(v)
for(i = 0; i < pointCount; i++) {	
if(attr_coding_type == 0 && maxPredDiff[i] > lifting_adaptive_prediction_threshold && MaxNumPredictors > 1) {	
predIndex[i]	ae(v)
}	
if(zerorun > 0) {	
for(k = 0; k < dimension ; k++)	
values[k][i] = 0	
zerorun -- = 1	
}	
else {	
attribute_coding(dimension, i)	ae(v)
zerorun	ae(v)
}	
}	
byte_alignment()	
}	

[도45]



[도46]

