



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0073054
(43) 공개일자 2024년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 9/00 (2019.01) H04N 19/54 (2014.01)
H04N 19/597 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G06T 9/001 (2019.05)
H04N 19/54 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2024-7011909
(22) 출원일자(국제) 2022년09월22일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년04월09일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2022/052406
(87) 국제공개번호 WO 2023/047119
국제공개일자 2023년03월30일
(30) 우선권주장
21386059.6 2021년09월23일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
브이-노바 인터내셔널 리미티드
영국, 런던 더블유2 6엘지, 패딩턴, 20 이스트본
테라스, 레벨 2
(72) 발명자
폴라라키스 스테르지오스
영국, 런던 더블유2 6엘지, 패딩턴, 20 이스트본
테라스, 씨/오 브이-노바 인터내셔널 리미티드
아일스 크리스티안
영국, 런던 더블유2 6엘지, 패딩턴, 20 이스트본
테라스, 씨/오 브이-노바 인터내셔널 리미티드
(74) 대리인
특허법인한얼

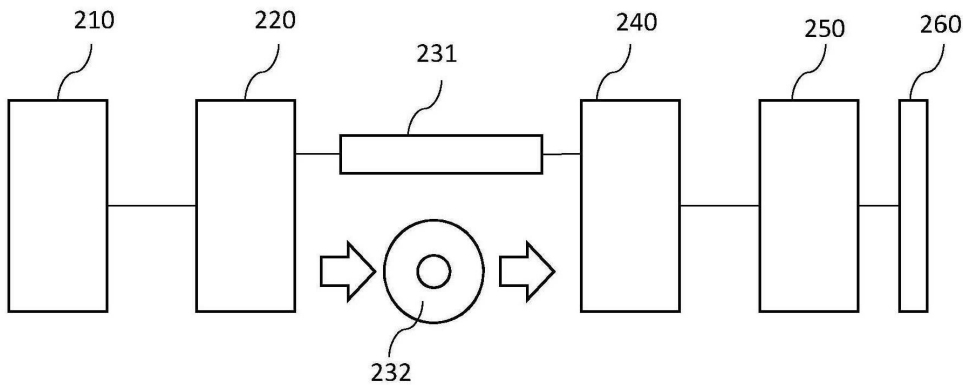
전체 청구항 수 : 총 37 항

(54) 발명의 명칭 포인트 클라우드 데이터 프레임 압축

(57) 요약

동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 인코딩하는 방법으로서, 각 프레임은 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트는 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함하며, 상기 방법은 현재 프레임에서 인코딩될 현재 포인트를 획득하는 단계; 현재 프레임에서 인코딩될 현재 포인트에 대응하는 선행 프레임에서 인코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계; 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 생성하기 위해 인터 프레임 예측 인코딩을 사용하고 선행 포인트를 참조하여 현재 포인트의 적어도 하나의 속성을 인코딩하는 단계; 및 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 포함하는 현재 프레임을 생성하는 단계를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류
H04N 19/597 (2015.01)

명세서

청구범위

청구항 1

동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 인코딩하되, 각 프레임이 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트가 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함하는 방법으로서,

현재 프레임에서 인코딩될 현재 포인트를 획득하는 단계;

상기 현재 프레임에서 인코딩될 상기 현재 포인트에 대응하는 선행 프레임의 인코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계;

상기 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 생성하기 위해 인터 프레임 예측 인코딩을 사용하고 상기 선행 포인트를 참조하여 상기 현재 포인트의 적어도 하나의 속성을 인코딩하는 단계; 및

상기 현재 포인트에 대한 상기 인코딩된 데이터를 포함하는 상기 현재 프레임을 생성하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 현재 포인트의 적어도 하나의 속성 각각의 인터 프레임 예측 인코딩이 상기 현재 포인트의 상기 속성과 상기 선행 포인트의 상기 속성 간의 차이를 인코딩하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 현재 포인트에 대응하는 상기 선행 포인트를 식별하는 단계가 상기 현재 포인트와 동일한 3D 위치를 갖는 상기 선행 프레임에 인코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

각 포인트의 상기 하나 이상의 속성이 비예측 속성을 포함하며,

상기 현재 포인트에 대응하는 상기 선행 포인트를 식별하는 단계가 상기 현재 포인트와 동일한 3D 위치를 갖고 상기 현재 포인트와 동일한 비예측 속성의 값을 갖는 상기 선행 프레임에 인코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 있어서,

상기 현재 프레임에서 인코딩될 복수의 현재 포인트 중 제1 부분을 획득하는 단계;

상기 제1 부분의 각 현재 포인트에 대해 인터 프레임 예측 인코딩이 상기 현재 포인트에 사용될 수 있는지를 식별하되, 상기 현재 프레임에서 인코딩될 상기 현재 포인트에 대응하는 상기 선행 프레임에 인코딩된 선행 포인트가 있을 경우 인터 프레임 예측 인코딩이 사용될 수 있는 단계; 및

인터 프레임 예측 인코딩을 사용할 수 있는 각각의 현재 포인트에서 인터 프레임 예측 인코딩을 수행하고, 인터 프레임 예측 인코딩을 사용할 수 없는 각각의 현재 포인트에서 인트라 프레임 예측 인코딩을 수행하여 상기 프레임을 인코딩하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 현재 프레임이 상기 현재 프레임의 각 포인트에 대해 인코딩 유형을 나타내는 인코딩 유형 정보를 포함하여 생성되되, 상기 인코딩 유형이 인터 프레임 예측 인코딩 또는 인트라 프레임 예측 인코딩인 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 현재 프레임에서 인코딩될 복수의 현재 포인트 중 제2 부분의 순서를 정의하는 순서 정보를 생성하는 단계를 더 포함하되, 상기 현재 프레임이 상기 순서 정보 및 상기 순서 정보에 따라 정렬된 인코딩된 데이터를 포함하여 생성되는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 순서 정보가 상기 현재 프레임의 각 포인트의 상기 3D 위치를 포함하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 순서 정보가 상기 현재 프레임의 각 포인트의 상기 3D 위치에 기초한 옥트리를 포함하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 옥트리의 각 리프 노드가 상기 현재 프레임의 한 포인트의 적어도 하나의 3D 위치를 포함하는 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 인트라 프레임 예측 인코딩을 사용하여 상기 현재 프레임의 상기 복수의 현재 포인트 중 제3 부분을 인코딩하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프레임의 상기 복수의 현재 포인트의 제4 부분의 각각에 대해 상기 하나 이상의 속성 중 제3 속성을 예측 인코딩하는 단계;

상기 복수의 현재 포인트 중 상기 제4 부분에 대한 상기 제3 속성의 상기 인코딩된 값에 대해 희소 어레이 압축을 수행하되, 상기 희소 어레이 압축이:

상기 제3 속성의 상기 인코딩된 값을 미리 결정된 크기 N의 그룹으로 분할하는 단계; 및

각 그룹이 미리 결정된 임계값보다 작거나 같은 인코딩된 값만을 포함하는지를 식별하는 희소 어레이를 생성하는 단계를 포함하는 단계; 및

상기 희소 어레이 및 상기 미리 결정된 임계값보다 큰 적어도 하나의 인코딩된 값을 포함하는 상기 그룹을 포함하는 상기 현재 프레임을 생성하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 희소 어레이에 대해 런 길이(run-length) 인코딩을 수행하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 현재 프레임의 제4 속성의 순서 정보, 인코딩 유형 정보, 인코딩된 값 중 적어도 하나에 엔트로피 인코딩 방법을 적용하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 엔트로피 인코딩 방법이 허프만 인코딩, 레인지 인코딩, 또는 VC-6 표준에 따른 방법인 방법.

청구항 16

동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 디코딩하되, 각 프레임이 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트가 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함하는 방법으로서,

현재 프레임에서 디코딩될 현재 포인트를 획득하는 단계;

상기 현재 프레임에서 디코딩될 상기 현재 포인트에 대응하는 선행 프레임의 디코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계;

상기 현재 포인트에 대한 디코딩된 데이터를 생성하기 위해 인터 프레임 예측을 사용하고 상기 선행 포인트를 참조하여 상기 현재 포인트의 적어도 하나의 속성을 디코딩하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 현재 포인트의 상기 적어도 하나의 속성 각각의 인터 프레임 예측이 상기 현재 포인트의 상기 속성과 상기 선행 포인트의 상기 속성 간의 차이를 디코딩하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 18

제16항 또는 제17항에 있어서, 상기 현재 포인트에 대응하는 상기 선행 포인트를 식별하는 단계가 상기 현재 포인트와 동일한 3D 위치를 갖는 상기 선행 프레임에서 디코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 19

제16항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 각 포인트의 상기 하나 이상의 속성이 비예측 속성을 포함하고, 상기 현재 포인트에 대응하는 상기 선행 포인트를 식별하는 단계가 상기 현재 포인트와 동일한 3D 위치 및 상기 현재 포인트와 동일한 상기 비예측 속성의 값을 갖는 상기 선행 프레임에 디코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 20

제16항 내지 제19항 있어서,

상기 현재 프레임에서 디코딩될 상기 복수의 현재 포인트 중 제1 부분을 획득하는 단계;

상기 제1 부분의 각 현재 포인트에 대해 인터 프레임 예측 인코딩이 상기 현재 포인트에 사용되었는지를 식별하되, 상기 현재 프레임에서 인코딩될 상기 현재 포인트에 대응하는 상기 선행 프레임에 인코딩된 선행 포인트가 있을 경우 인터 프레임 예측 인코딩이 사용될 수 있는 단계; 및

인터 프레임 예측 디코딩을 사용할 수 있는 각각의 현재 포인트에서 인터 프레임 예측 디코딩을 수행하고, 인터 프레임 예측 디코딩을 사용할 수 없는 각각의 현재 포인트에서 인트라 프레임 예측 디코딩을 수행하여 상기 프레임을 디코딩하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 21

제16항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 현재 프레임이 상기 현재 프레임의 각 포인트에 대해 인코딩 유형을 나타내는 인코딩 유형 정보를 포함하고, 상기 인코딩 유형이 인터 프레임 예측 인코딩 또는 인트라 프레임 예측 인코딩인 방법.

청구항 22

제16항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 현재 프레임에서 인코딩되는 상기 복수의 현재 포인트 중 제2 부분의 순서를 정의하는 순서 정보를 디코딩하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 23

제16항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 인트라 프레임 예측 디코딩을 사용하여 상기 현재 프레임의 상기 복수의 현재 포인트 중 제3 부분을 디코딩하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 하나 이상의 속성 중 제1 속성을 예측 디코딩하되, 상기 제1 속성의 인트라 프레임 예측 디코딩이 상기 복수의 현재 포인트 각각에 대해 상기 복수의 현재 포인트에 대한 상기 제1 속성의 평균을 상기 평균과 상기 현재 포인트의 상기 제1 속성의 값 간의 차이에 더하는 단계를 포함하는 것인 단계를 더 포함하는

방법.

청구항 25

제16항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 현재 포인트가 옥트리의 미리 결정된 레벨에 있는 한 노드에 대응하는 포인트의 한 로컬 그룹인 방법.

청구항 26

제16항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 하나 이상의 속성 중 제2 속성을 인트라 프레임 예측 디코딩 하되, 상기 제2 속성을 인트라 프레임 예측 디코딩하는 단계가 제1 현재 포인트에 대한 상기 제2 속성의 원시값을 획득하는 단계, 및 제2 현재 포인트에 대한 상기 제2 속성의 디코딩된 값을 획득하는 단계를 포함하되, 상기 디코딩된 값이 제2 현재 포인트에 대한 상기 제2 속성의 인코딩된 값과 상기 제1 현재 포인트에 대한 상기 제2 속성의 원시값의 합과 동일한 것인 단계를 포함하는 방법.

청구항 27

제16항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 프레임의 상기 복수의 현재 포인트의 제4 부분 각각에 대한 제3 속성의 인코딩된 값에 대한 희소 어레이 압축을 역전시키되, 희소 어레이 압축의 역전이 인코딩 시 희소 어레이 압축이 적용된 인코딩된 값의 그룹을 식별하기 위한 상기 인코딩된 값의 희소 어레이를 판독하는 단계; 희소 어레이 압축이 적용된 인코딩된 값의 각 그룹에 대해; 및 희소 어레이 압축이 적용된 각 위치에 미리 결정된 크기 N의 인코딩된 0값의 그룹을 삽입하는 단계를 포함하는 것인 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 28

제16항 내지 제27항 중 어느 한 항에 있어서, 런 길이 인코딩을 역전시키는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 29

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 구성된 인코더.

청구항 30

제16항 내지 제28항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 구성된 디코더.

청구항 31

컴퓨터로 실행될 때 상기 컴퓨터가 제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 하는 명령을 포함하는 컴퓨터 프로그램.

청구항 32

컴퓨터로 실행될 때 상기 컴퓨터가 제16항 내지 제28항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 하는 명령을 포함하는 컴퓨터 프로그램.

청구항 33

컴퓨터로 실행될 때 상기 컴퓨터가 제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 하는 컴퓨터 프로그램 명령을 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 34

컴퓨터로 실행될 때 상기 컴퓨터가 제16항 내지 제28항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 하는 컴퓨터 프로그램 명령을 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 35

컴퓨터로 실행될 때 상기 컴퓨터가 제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 하는 컴퓨터 프로그램 명령을 포함하는 신호.

청구항 36

컴퓨터로 실행될 때 상기 컴퓨터가 제16항 내지 제28항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 하는 컴퓨터 프로그램 명령을 포함하는 신호.

청구항 37

동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임으로서, 각 프레임이 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트가 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함하며, 상기 프레임이 상기 프레임의 각 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 포함하되, 적어도 하나의 포인트에 대한 상기 인코딩된 데이터가 인터 프레임 예측 인코딩으로 인코딩되는 것인 프레임.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 인코딩 및 디코딩하는 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 그러한 방법을 구현하는 장치 및 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다. 나아가 본 발명은 인코딩된 프레임에 대한 프레임 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 포인트 클라우드 데이터는 가상 현실이나 증강 현실 분야에서 3D 장면을 표현하는 데 점점 더 많이 사용되고 있다. 이러한 분야에서 포인트 클라우드 데이터는 스크린이나 근거리 디스플레이와 같은 디스플레이 장치에 저장되거나 전송되고 3D 장면을 표시하도록 렌더링된다.

[0003] 이러한 3D 장면에서는 장면 내의 다양한 객체나 객체 표면을 표현하기 위해 많은 수의 포인트가 사용될 수 있다. 각 포인트는 일반적으로 3D 위치와 하나 이상의 속성을 가지며, 이러한 속성에는 예를 들어 표면 색상, 투명도 값, 객체 크기 및 표면 법선 방향이 포함될 수 있다. 각 속성은 연속적인 범위에서 선택된 값을 가질 수도 있고 개별 세트에서 선택된 값을 가질 수도 있다.

[0004] 동적 3D 장면에서 각 포인트는 3D 위치와 속성을 변경할 수 있다. 3D 장면의 인스턴스의 시퀀스는 프레임의 시퀀스로 표현되며, 프레임의 시퀀스는 렌더링되어 각 포인트의 3D 위치 및 속성의 변화, 포인트의 추가 또는 제거를 포함하는 동적 3D 장면을 재구성할 수 있다. 프레임 시퀀스는 종종 등간격 시간 시퀀스(예: 특정 초당 프레임 속도)를 나타낸다. 그러나 시퀀스의 프레임은 동일하지 않은 시간 간격으로 분리될 수 있거나, 예를 들어 시퀀스를 수동으로 단계별로 실행하려는 경우 시간 시퀀스에 전혀 연결되지 않을 수 있다.

[0005] 포인트 클라우드 데이터의 적용 분야 중 하나는 볼류메트릭 영상이다. 볼류메트릭 영상에서는 모션 캡처와 같은 기술을 사용하여 실제 장면의 3D 기록 또는 컴퓨터 생성 요소와 혼합된 실제 장면으로 포인트 클라우드 데이터를 획득한다. 볼류메트릭 영상에서 포인트 클라우드의 포인트 밀도는 일반적으로 사람의 움직임이나 얼굴 표정을 정확하게 재현할 수 있을 만큼 충분히 높을 수 있다.

[0006] 압축되지 않은 포인트 클라우드 데이터 형식에는 각 프레임의 각 포인트에 대한 완전한 정의가 포함된다. 이를 위해서는 대용량의 데이터 스토리지가 필요할 수 있으며, 이는 동적 3D 장면의 라이브 렌더링이나 스트리밍이 불가능함을 의미할 수 있다. 따라서 포인트 클라우드 데이터에 대한 효율적인 압축 포맷을 제공하는 것이 바람직하다.

[0007] 알려진 기하학 기반 포인트 클라우드 압축 기술 중 하나는 옥트리(octree)와 같은 논리적 구조를 사용하여 단일 순간에 3D 공간의 희박한 포인트 세트를 효율적으로 설명한다. 이 논리 구조는 비교적 가까운 포인트 사이의 속성 예측 인코딩(즉, 인트라 프레임 예측 인코딩)에 더 사용될 수 있으며, 이에 대해선 GRAZIOSI 등 “An overview of ongoing point cloud compression standardization activities: video-based (V-PCC) and geometry-based (G-PCC)”, DOI: 10.1017/ATSIP.2020.12에 기술되어 있다.

[0008] 또 다른 알려진 기하학 기반 포인트 클라우드 압축 기술은 모션 벡터를 사용하여 연속 프레임에서 텍스처 또는 객체의 움직임을 나타내며, 이에 대해선 ROODAKI 등: “G-Arrays: Geometric arrays for efficient point cloud processing”, DOI: 10.1109/ICASSP39728.2021.9413902에 기술되어 있다.

발명의 내용

- [0009] 본 발명은 압축 효율이 개선된 포인트 클라우드 데이터에 대한 인코딩 및 디코딩 기술을 제공한다.
- [0010] 보다 구체적으로, 제1 양태에 따르면, 본 발명은 동적 3D 장면을 렌더링하기 위해 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 인코딩하는 방법을 제공하며, 각 프레임은 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트는 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함하며, 상기 방법은 현재 프레임에서 인코딩될 현재 포인트를 획득하는 단계; 상기 현재 프레임에서 인코딩될 상기 현재 포인트에 대응하는 선행 프레임에서 인코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계; 및 상기 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 생성하기 위해 인터 프레임 예측 인코딩을 사용하고 상기 선행 포인트를 참조하여 상기 현재 포인트의 적어도 하나의 속성을 인코딩하는 단계를 포함한다.
- [0011] 여기서 "인터 프레임(inter-frame) 예측 인코딩"이란 한 프레임의 속성과 다른 프레임의 동일한 속성의 차이를 인코딩하는 것을 의미한다. 예를 들어 현재 프레임에서 인코딩할 현재 포인트의 속성을 인터 프레임 예측 인코딩한다는 것은 현재 프레임의 현재 포인트에 대한 해당 속성값과 선행 프레임의 선행 포인트에 대한 해당 속성값 간의 차이를 인코딩하는 것을 의미한다.
- [0012] 제1 양태의 특징에서 "현재" 및 "선행" 레이블은 해당 포인트 또는 프레임에서 동적 3D 장면의 어느 순간이 표현되는지 식별하는 데 사용된다. 여기서 "선행"은 반드시 "직전"을 의미하는 것은 아니며, "선행 프레임"은 개별 포인트가 인터 프레임 예측 인코딩에 적합하게 유지되는 기간(즉, 프레임 수)에 따라 각 포인트에 대해 서로 다른 선행 프레임을 의미할 수 있다.
- [0013] 제1 양태의 특징은 위치 이외의 속성에 대한 포인트 클라우드 데이터에 대한 인터 프레임 예측을 제공하는 효과가 있으므로 포인트가 역동적인 장면이 진행되는 동안 조명과 색상과 같은 속성의 변화를 겪는 경우에 압축 효율성을 향상시킬 수 있다.
- [0014] 상기 방법은 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 포함하는 현재 프레임을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다. "현재 프레임을 생성하는" 단계는 단순히 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 메모리에 기록하거나 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 별도의 장치로 전송하는 단계를 포함할 수 있다. 현재 프레임은 생성된 스트림으로 전송될 수 있으며, 각 현재 포인트는 별도로 전송되는 인코딩된 데이터를 갖는다. 대안적으로 복수의 포인트를 갖는 전체 현재 프레임은 전체 프레임이 메모리에 기록되거나 인코더에서 별도의 장치로 전송되기 전에 인코딩될 수 있다.
- [0015] 선택적으로 현재 포인트에 대응하는 선행 포인트를 식별하는 단계는 현재 포인트와 동일한 3D 위치를 갖는 선행 프레임에 인코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계를 포함한다. 이는 속성의 인터 프레임 예측에 적합한 포인트를 선택하는 방법을 제공한다. 본 출원에서 "동일한 3D 위치"는 미리 결정된 정확도 수준 내에서 유사한 3D 위치를 의미하며, 여기서 미리 결정된 정확도 수준은 본원의 방법의 특정 사용 사례에 따라 선택된 상대적 또는 절대 수준일 수 있다. 예를 들어 포인트 사이의 특징적 거리는 3D 장면의 전체 볼륨과 해당 장면 내 포인트의 개수를 기반으로 결정될 수도 있고, 선행 프레임에서 포인트 사이의 최소 거리를 기반으로 결정될 수도 있다. 선행 포인트와 현재 포인트 사이의 변위가 상기 특징적 거리보다 훨씬 작다면 선행 포인트가 현재 포인트에 대응한다고 가정하는 것이 허용될 수 있다. 반면 3D 장면이 연속 프레임 사이에 나타나고 사라지는 포인트를 규칙적으로 표시할 것으로 예상되는 경우 "동일 위치"를 하나의 같은 위치로 정의해야 할 수도 있다.
- [0016] 선택적으로 각 포인트의 하나 이상의 속성은 비예측(non-predicted) 속성을 포함하고 현재 포인트에 대응하는 선행 포인트를 식별하는 단계는 현재 포인트와 동일한 3D 위치를 가지며 현재 포인트와 동일한 비예측 속성의 값을 갖는 선행 프레임에 인코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계를 포함한다. 이는 한 포인트의 3D 위치뿐만 아니라 표면 방향과 같은 또 다른 "비예측" 속성이 선행 프레임과 동일한 경우 인터 프레임 예측을 사용하여 속성의 인터 프레임 예측에 적합한 포인트를 선택하는 방법을 더욱 개선한다. 어떤 속성도 비예측될 수 있다. 예를 들어 하나의 속성이 인터 프레임 예측에 적합하지 않거나 해당 속성이 압축 관련 오류에 특히 취약한 경우 해당 속성은 "비예측"으로 선택될 수 있다. 본 출원에서 "비예측 속성과 동일한 값"은 미리 정해진 정확도 내에서 유사한 값을 의미한다. 또한, 본원의 방법에서, 각 포인트의 하나 이상의 속성은 복수의 비예측 속성을 포함할 수 있다. 선택적으로 각각의 비예측 속성에 대해 서로 다른 수준의 정확도가 미리 결정될 수 있다.
- [0017] 선택적으로 본원의 방법은 현재 프레임에서 인코딩될 복수의 현재 포인트 중 제1 부분을 획득하는 단계; 상기 제1 부분의 각 현재 포인트에 대해 인터 프레임 예측 인코딩이 현재 포인트에 사용될 수 있는지를 식별하되 여기서 인터 프레임 예측 인코딩이 현재 프레임에서 인코딩될 현재 포인트에 대응하는 선행 프레임에 인코딩된 선행 포인트가 있는 경우 사용될 수 있는 것인 단계, 및 인터 프레임 예측 인코딩을 사용할 수 있는 각각의 현

재 포인트에서 인터 프레임 예측 인코딩을 수행함으로써 그리고 인터 프레임 예측 인코딩을 사용할 수 없는 각각의 현재 포인트에서 인트라 프레임 예측 인코딩을 수행함으로써 프레임을 인코딩하는 단계를 포함한다. 여기서 인트라 프레임 예측 인코딩은 "시도된 인트라 프레임 인코딩"을 의미하며, 일부 "인트라 프레임 예측 인코딩 포인트"는 해당 포인트 내에 관련 참조가 없는 경우 인코딩 중에 실제로 수정되지 않을 수 있음을 의미하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0018] 선택적으로 본원의 방법은 현재 프레임의 각 포인트에 대해 인코딩 유형을 나타내는 인코딩 유형 정보를 생성하는 단계를 더 포함하며, 상기 유형은 인터 프레임 예측 인코딩 또는 인트라 프레임 예측 인코딩이다. 상기 인코딩 유형 정보는 하나 또는 복수의 선행 프레임으로 부분적으로 정의된 포인트를 식별하여 디코더가 압축된 포인트 클라우드 데이터를 렌더링하는 데 도움이 된다. 상기 인코딩 유형 정보는 레코딩 또는 전송을 위한 현재 프레임을 생성할 때 포함될 수 있다.
- [0019] 선택적으로 실시형태의 제1 특정 유형에서 본원의 방법은 현재 프레임에서 인코딩될 복수의 현재 포인트 중 제2 부분의 순서를 정의하는 순서 정보를 생성하는 단계를 더 포함하며, 상기 현재 프레임은 순서 정보를 포함하고 상기 순서 정보에 따라 정렬된 인코딩된 데이터를 포함하여 생성된다. 제2 부분은 제1 부분과 독립적으로 선택될 수 있으며, 제1 부분과 제2 부분은 서로 부분적으로 또는 완전히 중첩될 수 있다. 예를 들어 제2 부분의 포인트는 인트라 프레임 예측 인코딩될 제1 부분의 포인트의 한 하위 세트일 수 있다. 또 다른 예에서 순서 정보는 모든 포인트에 대한 완전한 순서를 나타낼 수 있다.
- [0020] 선택적으로 실시형태의 제1 특정 유형에서 순서 정보는 현재 프레임의 각 포인트의 3D 위치를 포함한다. 3D 위치는 전체 3D 장면을 포함하는 전체 공간 내에서 정의될 수도 있고, 전체 공간을 나누는 옥트리의 한 노드와 같은 더 작은 로컬 공간 내의 위치일 수도 있다.
- [0021] 선택적으로 실시형태의 제1 특정 유형에서 순서 정보는 현재 프레임의 각 포인트의 3D 위치에 기초한 옥트리를 포함한다. 하나의 옥트리에서 볼륨은 X, Y, Z 축을 따라 8개의 하위 볼륨으로 반복적으로 분할되어 해당 옥트리의 각 노드와 연결된 포인트에 대한 트리 조회를 생성한다. 옥트리는 각 포인트의 위치를 정의하는 데 필요한 데이터 양을 줄이는 장점이 있다.
- [0022] 선택적으로 실시형태의 제1 특정 유형에서 옥트리의 각각의 리프(leaf) 노드는 현재 프레임의 한 포인트의 적어도 하나의 3D 위치를 포함한다. 즉 볼륨이 하위 볼륨으로 반복적으로 분할되는 동안 포인트를 포함하지 않는 하위 볼륨은 더 이상 분할되지 않으며 옥트리를 메모리에 저장할 때 생략된다. 옥트리의 불필요한 분기를 "가지치기(pruning)"하면 압축된 데이터의 크기가 줄어들고 압축된 데이터를 읽고, 디코딩하고, 렌더링하는 시간이 줄어든다.
- [0023] 선택적으로 실시형태의 제1 특정 유형에서 현재 프레임의 포인트는 각 포인트의 3D 위치의 제1, 제2, 및 제3 차원에 따라 정렬된다. 이는 포인트를 정렬하는 대체 기본 방법을 제공하며 옥트리와 결합될 수 있다. 예를 들어 옥트리는 전체 공간을 최대 3개 레벨까지 분할하여 옥트리 노드당 볼륨을 전체 공간의 1/512로 줄일 수 있다. 임의의 옥트리 노드가 전체 공간 내에서 서로 가까이 위치한 복수의 포인트와 여전히 연결되어 있는 경우 상기 복수의 포인트는 해당 포인트의 3D 위치의 3개 차원에 따라 정렬될 수 있다.
- [0024] 선택적으로 실시형태의 제1 특정 유형과 결합될 수 있는 실시형태의 제2 특정 유형에서 본원의 방법은 인트라 프레임 예측 인코딩을 사용하여 현재 프레임의 복수의 현재 포인트 중 제3 부분을 인코딩하는 단계를 더 포함한다. 상기 제3 부분은 복수의 현재 포인트 중 제1 부분 및 제2 부분으로부터 독립적으로 정의되지만, 제3 부분은 제2 부분과 동일한 경우가 많다.
- [0025] 선택적으로 실시형태의 제2 특정 유형에서 본원의 방법은 하나 이상의 속성 중 제1 속성을 인트라 프레임 예측 인코딩하는 단계를 포함하고, 여기서 제1 속성을 인트라 프레임 예측 인코딩하는 단계는 복수의 현재 포인트에 대한 제1 속성의 평균을 획득하는 단계, 및 복수의 현재 포인트 각각에 대해, 현재 포인트에 대한 제1 속성의 값과 상기 평균 사이의 차이를 획득하는 단계를 포함한다. 이러한 평균 및 차이 기법은 복수의 현재 포인트를 표현하는 데 필요한 비트량을 줄일 수 있다. 평균 및 차이 기법은 인터 프레임 예측 인코딩에도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0026] 선택적으로 실시형태의 제2 특정 유형에서 복수의 현재 포인트는 옥트리의 미리 결정된 레벨에 있는 하나의 노드에 대응하는 포인트의 한 로컬 그룹이다.
- [0027] 선택적으로 실시형태의 제2 특정 유형에서 본원의 방법은 하나 이상의 속성 중 제2 속성을 인트라 프레임 예측 인코딩하는 단계를 포함하고, 여기서 제2 속성을 인트라 프레임 예측 인코딩하는 단계는 제1 현재 포인트에 대

한 제2 속성의 원시값을 획득하는 단계, 및 제2 현재 포인트에 대한 제2 속성의 인코딩된 값을 획득하는 단계를 포함하되, 상기 인코딩된 값은 제2 현재 포인트와 제1 현재 포인트에 대한 제2 속성의 원시값 간의 차이와 동일하다.

- [0028] 선택적으로 본원의 방법은 프레임의 복수의 현재 포인트의 제4 부분 각각에 대한 하나 이상의 속성 중 제3 속성을 예측 인코딩하는 단계; 복수의 현재 포인트 중 제4 부분에 대한 제3 속성의 인코딩된 값에 대해 최소 어레이 압축을 수행하되 최소 어레이 압축이 제3 속성의 인코딩된 값을 미리 결정된 크기 N의 그룹으로 분할하는 단계를 포함하는 것인 단계; 및 각각의 그룹이 미리 결정된 임계값보다 작거나 같은 인코딩된 값만을 포함하는지 식별하는 최소 어레이를 생성하고, 최소 어레이 및 미리 결정된 임계값보다 큰 적어도 하나의 인코딩된 값을 포함하는 그룹을 포함하는 현재 프레임을 생성하는 단계를 포함한다. 0이거나 0에 가까운 그룹을 제거하면 압축이 더욱 개선된다. 여기서 제4 부분은 제1, 제2, 제3 부분으로부터 독립적이므로 독립적인 것으로 간주되어야 한다. 이 선택적 특징은 인트라 프레임 예측 인코딩과 인터 프레임 예측 인코딩에 동일하게 적용 가능하다. 손실로 인해 적절하게 디코딩할 수 없는 속성의 경우 "미리 결정된 임계값"은 0이다. 예를 들어 색상 속성에 대한 미리 결정된 임계값은 이것이 3D 장면의 렌더링에 눈에 띄게 영향을 미치지 않는 경우 0보다 클 수 있지만, 가능한 조명 위치의 분리된 세트의 하나를 나타내는 속성과 같은 속성의 다른 예의 경우엔 0이 될 필요가 있다.
- [0029] 선택적으로 본원의 방법은 최소 어레이에 대해 런 길이 인코딩을 수행하는 단계를 더 포함한다. 런 길이는 인코딩은 압축을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0030] 선택적으로 본원의 방법은 순서 정보, 인코딩 유형 정보, 및 현재 프레임의 제4 속성의 인코딩된 값 중 적어도 하나에 VC-6 인코딩과 같은 엔트로피 인코딩을 적용하는 단계를 더 포함한다. 엔트로피 인코딩은 압축을 더욱 향상시킬 수 있다. VC-6은 PCT/GB2018/053552 및 2020년 7월 21일에 게시된 ST 2117-1:2020 - SMPTE 표준 - VC-6 다면상 형식 - 제1 부분 기본 비트스트림(ST 2117-1:2020 - SMPTE Standard - VC-6 Multiplanar Picture Format - Part 1 Elementary Bitstream)(DOI 10.5594/SMPTE.ST2117-1.2020 및 전자 ISBN:978-1-68303-219-9)을 포함한 관련 표준 명세서에 기술되어 있으며, 상기 문서 전부의 전체 내용이 본원에 참조로 인용된다.
- [0031] 선택적으로 엔트로피 인코딩 방법은 허프만(Huffman) 인코딩, 레인지(range) 인코딩 또는 VC-6 표준에 따른 방법이다.
- [0032] 본 발명의 제2 양태에 따라 동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 한 프레임을 디코딩하는 방법이 제공되며, 여기에서 각 프레임은 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트는 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함하고, 상기 방법은 현재 프레임에서 디코딩될 현재 포인트를 획득하는 단계;
- [0033] 현재 프레임에서 디코딩될 현재 포인트에 대응하는 선행 프레임의 디코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계; 현재 포인트에 대한 디코딩된 데이터를 생성하기 위해 인터 프레임 예측을 사용하고 선행 포인트를 참조하여 현재 포인트의 적어도 하나의 속성을 디코딩하는 단계를 포함한다. 이 디코딩 방법은 제1 양상의 인코딩 방법에 대응하고, 제1 양상의 선택적 특징은 또한 위에서 설명된 대응 인코딩과 동등한 디코딩을 제공하기 위해 제2 양상의 구현에 선택적으로 포함될 수 있다.
- [0034] 보다 구체적으로, 선택적으로, 현재 포인트에 대응하는 선행 포인트를 식별하는 단계는 현재 포인트와 동일한 3D 위치를 갖는 선행 프레임에서 디코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계를 포함한다.
- [0035] 또한 선택적으로 각 포인트의 하나 이상의 속성은 하나의 비예측 속성을 포함하며, 현재 포인트에 대응하는 선행 포인트를 식별하는 단계는 현재 포인트와 동일한 3D 위치를 갖고 현재 포인트 같은 비예측 속성을 갖는 선행 프레임에서 디코딩된 선행 포인트를 식별하는 단계를 포함한다.
- [0036] 또한, 선택적으로, 프레임을 디코딩하는 방법은 현재 프레임에서 디코딩될 복수의 현재 포인트 중 제1 부분을 획득하는 단계;
- [0037] 제1 부분의 각 현재 포인트에 대해 현재 포인트에 대해 인터 프레임 예측 인코딩이 사용되었는지 여부를 식별하되, 현재 프레임에 인코딩된 현재 포인트에 대응하는 선행 프레임에 인코딩된 선행 포인트가 있을 경우 인터 프레임 예측 인코딩이 사용될 수 있는 단계; 및 인터 프레임 예측 디코딩이 사용될 수 있는 각 현재 포인트에 대해서 인터 프레임 예측 디코딩을 수행함으로써 그리고 인터 프레임 예측 디코딩이 수행될 수 없는 각 현재 포인트에 대해서 인트라 프레임 예측 디코딩을 수행함으로써 프레임을 디코딩하는 단계를 포함한다.
- [0038] 또한, 선택적으로, 현재 프레임은 현재 프레임의 각 포인트에 대해 인코딩 유형을 나타내는 인코딩 유형 정보를 포함하며, 해당 유형은 인터 프레임 예측 인코딩 또는 인트라 프레임 예측 인코딩이다.

- [0039] 또한 제2 양태에 대해서 선택적으로, 본원의 방법은 현재 프레임에서 인코딩되는 복수의 현재 포인트의 제2 부분의 순서를 정의하는 순서 정보를 디코딩하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0040] 또한 제2 양태에 대해서 선택적으로, 본원의 방법은 인트라 프레임 예측 디코딩을 사용하여 현재 프레임의 복수의 현재 포인트의 제3 부분을 디코딩하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0041] 제2 양태에 따라 본원의 방법이 인트라 프레임 예측 디코딩을 사용하여 제3 부분을 디코딩하는 단계를 포함하는 경우, 본원의 방법은 하나 이상의 속성 중 제1 속성을 예측 디코딩하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 여기서 제1 속성을 인트라 프레임 예측 디코딩하는 단계는 복수의 현재 포인트의 각각에 대해서 복수의 현재 포인트에 대한 제1 속성의 평균을 상기 평균과 현재 포인트에 대한 제1 속성의 값 간의 차이에 더하는 단계를 포함한다.
- [0042] 추가적으로 또는 대안적으로 제2 양태에 따라 복수의 현재 포인트는 옥트리의 미리 결정된 레벨에 있는 한 노드에 대응하는 포인트의 로컬 그룹일 수 있다.
- [0043] 선택적으로 제2 양태에 따라 본원의 방법은 하나 이상의 속성 중 제2 속성을 인트라 프레임 예측 디코딩하는 단계를 포함하고, 제2 속성을 인트라 프레임 예측 디코딩하는 단계는 제1 현재 포인트에 대한 제2 속성의 원시값을 획득하는 단계; 및 제2 현재 포인트에 대한 제2 속성의 디코딩된 값을 획득하는 단계를 포함하며, 디코딩된 값은 제2 현재 포인트에 대한 제2 속성의 인코딩된 값과 제1 현재 포인트에 대한 제2 속성의 원시값에 대한 인코딩된 값의 합과 동일하다.
- [0044] 선택적으로, 제2 양태에 따라, 본원의 방법은 프레임의 복수의 현재 포인트의 제4 부분 각각에 대한 제3 속성의 인코딩된 값에 대한 희소 어레이 압축을 역전시키는 단계를 더 포함하고, 희소 어레이 압축을 역전시키는 단계는 인코딩 시 희소 어레이 압축이 적용된 인코딩된 값 그룹을 식별하기 위한 인코딩된 값의 희소 어레이를 판독하는 단계; 희소 어레이 압축이 적용된 인코딩된 값의 각 그룹에 대해; 및 희소 어레이 압축이 적용된 각 위치에 미리 결정된 크기 N의 인코딩된 0값 그룹을 삽입하는 단계를 포함한다.
- [0045] 선택적으로, 제2 양태에 따라, 본원의 방법은 런 길이(run-length) 인코딩을 역전시키는 단계를 더 포함한다.
- [0046] 제3 양태에 따라 본원의 발명은 제1 양태에서 전술한 바와 같은 인코딩 방법을 수행하도록 구성된 인코더를 제공한다.
- [0047] 제4 양태에 따라 본원의 발명은 제2 양태에서 전술한 바와 같은 디코딩 방법을 수행하도록 구성된 디코더를 제공한다.
- [0048] 제5 양태에 따라 본원의 발명은 실행 시 제1 양태에서 전술한 바와 같은 인코딩 방법을 수행하는 명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램을 제공한다.
- [0049] 제6 양태에 따라 본원의 발명은 실행 시 때 제2 양태에서 전술한 바와 같은 디코딩 방법을 수행하는 명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램을 제공한다.
- [0050] 제5 또는 제6 양태의 컴퓨터 프로그램은 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 또는 신호 전송에서 명령어로 저장될 수 있다.
- [0051] 제7 양태에 따라 본 발명은 동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 제공하며, 여기서 각 프레임은 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트는 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함하고, 프레임은 프레임의 각각의 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 포함하며, 적어도 하나의 포인트에 대한 인코딩된 데이터는 인트라 프레임 예측 인코딩으로 인코딩된다.
- [0052] 제7 양태의 프레임은 제1 양태의 방법에 따라 생성될 수 있다.
- [0053] 상기 양태는 포인트 클라우드 데이터에 적용되는 기법을 설명하지만 본 명세서에 설명된 기법은 프레임 시퀀스 형태로 되어 있는 어떤 데이터에도 매우 일반적으로 적용 가능하며, 여기서 각 프레임은 복수의 데이터 요소를 포함하고 각 데이터 요소는 2D 또는 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함한다. 예를 들어 설명된 기법은 포인트 클라우드 데이터가 아닌 메시 데이터로 기록된 볼류메트릭 영상에 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0054] 도 1은 동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 일 실시예에 대한 개략도이다.

도 2는 포인트 클라우드 데이터 통신 시스템의 개략적인 블록도이다.

도 3은 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 인코딩하는 방법을 개략적으로 도시하는 흐름도이다.

도 4는 인코딩된 프레임 시퀀스의 개략도이다.

도 5는 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 인코딩하는 방법을 개략적으로 도시하는 흐름도이다.

도 6은 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 디코딩하는 방법을 개략적으로 도시하는 흐름도이다.

도 7은 인코더 또는 디코더의 개략적인 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0055] 도 1은 본원에 기술된 기법을 적용할 수 있는 포인트 클라우드 데이터 유형의 개략적이고 매우 단순화된 실시예를 도시한다. 보다 구체적으로 도 1은 동적 3D 장면을 렌더링하기 위한 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스를 개략적으로 보여준다.
- [0056] 도 1의 프레임 시퀀스는 단 두 개의 프레임으로 구성되어 있다. 본원에 기술된 기법을 단 두 개의 프레임에만 적용하는 것이 원리적으로는 가능하지만 해당 기술은 더 긴 프레임 시퀀스가 있을 경우 더 큰 압축 효율성을 제공한다.
- [0057] 도 1을 참조하면 프레임 시퀀스는 제1 프레임(10-1)과 제2 프레임(10-2)을 포함한다.
- [0058] 제1 프레임(10-1)에서 3D 장면은 6개의 포인트(20-A 내지 20-F)를 포함하며, 각각은 해당 장면의 볼륨에서 각각의 3D 위치에 배열된다.
- [0059] 이 간단한 실시예에서 6개의 포인트(20-A 내지 20-F)는 별도의 분리된 고체 객체, 보다 구체적으로는, 큐브이다. 보다 일반적으로 3D 장면의 포인트의 일 그룹은 하나의 고체 객체의 다양한 표면과 연관될 수 있거나 해당 장면에 나타나는 다양한 객체와 연관될 수 있다.
- [0060] 6개의 포인트(20-A 내지 20-F) 각각은 해당 장면을 나타내는 프레임 시퀀스에 포함될 수 있는 여러 속성을 표시한다. 각 큐브는 크기와 색상이 있다. 여기서 색상은 큐브에서 회색조로 음영 처리된 면으로 표시되며, 음영이 더 어두울수록 더 어두운 색상을 의미할 수 있다. 또한 각 큐브의 음영 처리된 면은 큐브의 반대쪽에 지향하는 광원의 위치를 나타낸다. 보다 일반적으로 속성은 포인트 클라우드 데이터가 뷰어를 위해 렌더링될 때 나타나야 하는 포인트 클라우드 3D 장면의 어떤 속성이든 포함할 수 있다.
- [0061] 제2 프레임(10-2)에서는 3D 장면이 변경되었다. 이제 장면은 7개 포인트(20-A 내지 20-G)로 구성된다. 포인트(20-E, 20-F)의 3D 위치가 변경되었으며, 포인트(20-G)가 새로 추가되었다. 또한 광원은 도에 표시된 것처럼 각 객체에서 광원의 반대쪽 음영 부분이 "전방" 표면에 있도록 이동되었다. 또한 포인트(20-F)의 크기도 감소하였다.
- [0062] 도 2는 본 명세서에서 제공하는 하기 컴퓨터 구현 방법을 사용할 수 있는 포인트 클라우드 데이터 통신 시스템의 개략적인 블록도이다.
- [0063] 도 2를 참조하면 상기 시스템은 포인트 클라우드 데이터 생성기(210), 인코더(220), 디코더(240), 렌더러(250) 및 디스플레이(260)를 포함한다.
- [0064] 포인트 클라우드 데이터 생성기(210)는 프레임 시퀀스의 형식으로 포인트 클라우드 데이터를 생성하기 위한 임의의 알려진 시스템일 수 있으며, 여기서 각 프레임은 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트는 3D 위치 및 하나 이상의 속성을 포함한다. 예를 들어 포인트 클라우드 데이터 생성기(210)는 도 1에 도시된 바와 같은 프레임 시퀀스를 생성할 수 있다.
- [0065] 프레임 시퀀스는 프레임 시퀀스의 프레임(및 일반적으로 다중 프레임)을 인코딩하는 방법을 수행하는 인코더(220)로 전송된다.
- [0066] 인코딩된 프레임 시퀀스는 인코딩으로 압축되어, 인코딩된 시퀀스가 네트워크 연결(231)을 통해 전송되고/되거나 물리적 매체(232)(예: DVD, 플래시 드라이브 또는 서버)에 저장될 수 있게 된다. 네트워크 연결(231) 및 물

리적 매체(232)는 임의의 콘텐츠 독립적 데이터 통신 모드를 포함할 수 있다.

- [0067] 결국 사용자가 동적 3D 장면을 보고자 할 때, 인코딩된 프레임 시퀀스는 네트워크 연결(231) 또는 물리적 매체(232)를 통해 디코더(240)에 제공된다.
- [0068] 디코더(240)는 프레임 시퀀스의 프레임(및 일반적으로 다중 프레임)을 디코딩하는 방법을 수행한다.
- [0069] 디코딩된 프레임(들)은 디스플레이(260)에 표시될 수 있도록 동적 3D 장면을 렌더링하기 위해 렌더러(250)로 전달된다. 렌더러(250) 및 디스플레이(260)는 포인트 클라우드 데이터에 대해 현재 사용 중인 임의의 렌더러 및 디스플레이일 수 있으며, 여기서 렌더러(250)는 프레임 시퀀스 형식으로 포인트 클라우드 데이터를 수신하도록 구성되며, 여기서 각 프레임은 복수의 포인트를 포함하고, 각 포인트는 3D 위치와 하나 이상의 속성으로 구성된다.
- [0070] 도 2 및 위의 설명으로부터 이해될 수 있는 바와 같이, 본 발명은 주로 인코딩 및 디코딩 방법, 방법을 수행하도록 구성된 인코더 및 디코더, 그리고 인코딩 방법으로 생성되고 디코딩 방법으로 사용되는 인코딩된 데이터에 관한 것이다. 한편 인코더가 수신하고 디코더가 재생하는 초기 포인트 클라우드 데이터는 통상의 포인트 클라우드 데이터일 수 있다. 따라서 생성기(210) 및 렌더러(250)에 대한 구체적인 설명은 생략한다.
- [0071] 도 3은 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 인코딩하는 방법을 개략적으로 도시하는 흐름도이다. 도 4는 인코딩된 프레임 시퀀스의 개략도이다. 도 1의 프레임 시퀀스에 적용되는 인코딩 방법을 설명하기 위해 도 3과 4를 번갈아 참조하는 것이 유용하다.
- [0072] 도 3을 참조하면 본 명세서에 개시된 인코딩 방법의 주요 개념은 인터 프레임 예측 인코딩을 사용하여 예측해야 하는 일부 포인트 클라우드 포인트와 인트라 프레임 예측 인코딩을 사용하여 보다 바람직하게 예측되는 다른 포인트 클라우드 포인트를 구별하는 것이다.
- [0073] 인터 프레임 인코딩과 인트라 프레임 인코딩 중에서 선택하는 데에는 여러 가지 이유가 있다.
- [0074] 예를 들어 이동 포인트의 인터 프레임 인코딩은 연속 프레임의 어느 포인트가 실제로 동일한 포인트인지 확인해야 하기 때문에 상당한 리스크가 필요할 수 있다. 그 결과 본원의 발명자들은 현재 프레임에 및 그 전에 정지되어 있는 포인트 클라우드 포인트에 대해서만 인터 프레임 인코딩을 수행하는 것이 바람직하다는 것을 발견하였다.
- [0075] 반면 조명과 색상의 변화는 동적 3D 장면에서 흔히 발생하며 인터 프레임 추적이 상대적으로 쉬우면서도 많은 포인트에 영향을 미칠 수 있다. 그 결과 본원의 발명자들은 색상 속성에 대해 인터 프레임 인코딩을 수행하는 것이 바람직하다는 것을 발견하였다.
- [0076] 도 3을 보다 구체적으로 보면 단계(S310)에서 인코더(220)는 인코딩될 현재 프레임의 포인트를 평가하고 각 포인트에 대해 어떤 유형의 인코딩이 사용되어야 하는지 식별한다. 즉, 단계(S310)은 프레임의 복수의 현재 포인트 각각에 대해 인터 프레임 예측 인코딩이 현재 포인트에 사용되어야 하는지 여부를 식별하는 단계를 포함한다.
- [0077] 예를 들어, 인코더(220)는 현재 프레임을 선행 프레임과 비교하여 현재 프레임의 각 포인트가 선행 프레임에 존재했는지 여부를 판단하도록 구성될 수 있다.
- [0078] 이 경우 선행 프레임이 현재 프레임의 한 포인트와 동일한 위치에 하나의 선행 포인트를 갖는다면, 인코더(220)는 해당 선행 프레임을 참조하여 현재 프레임의 현재 포인트에 대해 인터 프레임 예측 인코딩을 수행하여 현재 프레임의 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 생성해야 한다고 결정한다.
- [0079] 대안적인 예에서 인코더(220)는 선행 프레임의 선행 포인트를 현재 프레임의 현재 포인트에 대응하는 것으로 식별하기 위해 더 엄격한 요건을 가질 수 있다. 예를 들어 인코더(220)는 현재 포인트와 선행 포인트가 동일한 3D 위치를 가질 뿐만 아니라 동일한 크기 또는 동일한 표면 방향과 같은 하나 이상의 다른 속성을 공통으로 가질 것을 요구할 수 있다. 그러한 추가 필수 속성은 주어진 인코딩 적용에서 "고정 속성" 또는 "비예측 속성"으로 지정될 수 있다.
- [0080] 이 대안적인 예는 그 외에는 유사하게 작동하며, 엄격한 요건이 충족되면 인코더(220)는 마찬가지로 현재 프레임의 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 생성하기 위해 선행 포인트를 참조하여 현재 프레임의 현재 포인트에서 인터 프레임 예측 인코딩을 수행해야 한다고 결정한다.

- [0081] 인코더(220)가 현재 프레임의 현재 포인트에 대응하는 선행 프레임에서 인코딩된 선행 포인트를 식별하지 못하는 경우, 인코더(220)는 현재 포인트를 인트라 프레임 예측 인코딩으로 인코딩해야 하거나 해당 포인트에 대해서 예측 인코딩을 완전히 생략해야 한다고 결정한다. 이 설명의 목적을 위해 예측 인코딩이 없는 것은 인트라 프레임 예측 인코딩의 특별한 경우라고 가정한다.
- [0082] 도 1의 프레임 시퀀스에 단계(S310)를 적용하면 인코더(220)는 제2 프레임(10-2)을 현재 프레임으로 처리하고, 제1 프레임(10-1)을 선행 프레임으로 처리할 것이다.
- [0083] 현재 포인트에 대응하는 선행 포인트가 있어야 한다는 요건을 고려하여, 인코더(220)는 포인트(20-A 내지 20-D)가 인트라 프레임 예측 인코딩을 사용하여 인코딩되어야 하고 포인트(20-E 내지 20-G)는 인트라 프레임 예측 인코딩을 사용하여 인코딩되어야 한다고 결정할 것이다.
- [0084] 단계(S320)에서 인코더는 각 포인트에 대한 인코딩 유형을 나타내는 인코딩 유형 정보를 생성한다. 도 4를 참조하면 프레임(10-2)의 인코딩 유형 정보(460)는 현재 프레임(10-2)의 포인트 클라우드 포인트당 1비트를 포함할 수 있다. 실제로 인코딩 유형 정보는 선행 프레임에 존재하지 않았던 모든 포인트를 보다 효율적으로 생략할 수 있는데, 이는 이들 포인트가 규칙을 완화하더라도 인트라 프레임 예측 인코딩이 불가능하기 때문이다. 결과적으로 비트 어레이(460)는 선행 프레임(제1 프레임 10-1)에 나타난 6개의 포인트(20-A 내지 20-F)에 대해 단지 6비트를 포함한다.
- [0085] 위에서 설명한 바와 같이 단계(S310)를 도 1의 예에 적용할 때 인트라 프레임 예측 인코딩되어야 하는 것은 포인트(20-A 내지 20-D)뿐이다. 따라서 도 4에 도시된 바와 같이 프레임(10-2)의 인코딩 유형 정보(460)는 4개의 1(포인트 20-A 내지 20-D가 인트라 프레임 예측 인코딩될 것임을 나타냄)과 2개의 0(포인트 20-E와 20-F가 인트라 프레임 예측 인코딩될 것임을 나타냄)을 갖는다.
- [0086] 단계(S330)에서 인코더(220)는 현재 프레임에서 인코딩될 포인트들의 순서를 정의하는 순서 정보(410)를 생성한다. 이러한 순서 정보(410)는 한 번만 포함되므로, 각 레이어에서 포인트를 다시 식별할 필요 없이 속성별로 각 포인트에 대한 추가 정보를 레이어별로 수집할 수 있다. 그렇지 않으면 이러한 식별로 인해 인코딩된 데이터를 저장하는 데 필요한 메모리 양과 인코딩 및 디코딩 프로세스 모두에 복잡성이 추가된다.
- [0087] 순서 정보(410)는 인트라 프레임 예측 인코딩될 포인트를 생략하도록 가장 효율적으로 제한될 수 있다. 이는 인트라 프레임 예측 인코딩 포인트가 반드시 선행 프레임에 정의된 순서를 이미 갖고 있기 때문이다. 선행 프레임도 디코더에서 사용할 수 있으므로 인트라 프레임 예측 인코딩 포인트의 순서를 포함하는 것은 중복적이다. 따라서 도 4의 특정 실시예에 도시된 바와 같이 인코딩된 프레임(10-2)은 간단히 인트라 프레임 예측 인코딩 포인트(20-E, 20-F 및 20-G)에 관한 순서 정보(410)를 가질 수 있다.
- [0088] 물론 순서 정보의 형식과 순서 선택 방법을 식별하는 것도 필요하다.
- [0089] 포인트를 정렬하는 가장 간단한 방법은 XYZ 정렬일 수 있다. 보다 구체적으로 각 포인트는 데카르트 차원에서 수치적으로 정의될 수 있는 3D 위치와 연관된다. 수치적 3D 위치를 기반으로 포인트를 단일 목록으로 정렬하기 위해 차원에 대한 순서를 임의로 선택할 수 있다.
- [0090] 그러나 단일 목록이 항상 가장 효율적인 전략은 아닐 수도 있다. 특히 이는 두 프레임을 비교하여 두 프레임에 나타나는 포인트를 식별하는(단계 S310에서 요구되는 대로) 가장 빠른 방법은 아니다.
- [0091] 해결책으로 옥트리(Octree)는 3D 포인트를 구조적으로 저장하는 것으로 알려져 있으며 3D 공간에서 효율적인 포인트 조회를 제공한다. 옥트리에서 하나의 볼륨은 X, Y, Z축을 따라 두 개로 반복적으로 분할되어 8개의 하위 볼륨을 제공한다. 볼륨과 하위 볼륨은 트리 구조에서 탐색되어 옥트리의 각 노드, 즉 각 볼륨과 하위 볼륨과 관련된 포인트를 검색할 수 있다.
- [0092] 그럼에도 불구하고 옥트리 구조의 낮은 수준에서는 트리 노드당 포인트 수가 작아질 수 있으며, 이 시점에서는 반복 분할을 중지하고 단일 목록만 사용하는 것이 더 효율적일 수 있다. 전역적으로 또는 옥트리 리프 노드 내에서 이러한 데카르트 정렬의 경우, 순서 정보(410)는 인트라 프레임 예측 인코딩을 겪게 될 각 포인트의 절대 또는 상대 3D 위치를 포함할 수 있다.
- [0093] 옥트리를 메모리에 저장하거나 옥트리를 포함하는 데이터 스트림을 생성하려면 옥트리에서 노드의 깊이 우선 또는 너비 우선 순서와 같은 선형화 방법을 선택해야 한다. 선형화 방법은 옥트리를 인코딩하고 관측하기 위해 인코더(220)와 디코더(240) 모두에게 알려진 미리 정해진 방법일 수 있다. 대안적으로 선형화 방법은 개별 프레임

의 매개변수 또는 프레임 시퀀스의 매개변수로 포함될 수 있다.

- [0094] 옥트리의 효율성을 더욱 향상시키기 위해 옥트리의 임의 수준에서 연관된 포인트 클라우드 포인트의 수가 낮아지거나 0이 되면 옥트리는 분기를 중지할 수 있다.
- [0095] 간단한 예로서 3D 장면은 다음 (X,Y,Z) 좌표: (0,0,0), (0,1,1), (3,3,3) 및 (7,1,1)에 포인트를 갖는 8x8x8 복셀 공간을 포함할 수 있다.
- [0096] 이는 2x2x2 크기의 복셀에서 끝나는 옥트리로 형성될 수 있으며, 각 분기 노드는 XYZ로 정렬된 인코딩된 옥트리에 어떤 하위 분기 또는 하위 리프 노드가 존재하는지 나타내는 8비트로 구성된다. 반면 각 리프 노드는 하나 이상의 3D 위치로 구성된다. 트리 노드는 너비 우선으로 정렬된다.
- [0097] 이 예에서 순서 정보는 다음과 같이 나타낼 수 있는데, 여기서 중괄호는 옥트리의 노드를 나타내고 소괄호는 3D 위치 좌표를 나타낸다:
- [0098] {10001000}, {10000001}, {00001000}, {2,(0,0,0),(0,1,1)}, {1,(1,1,1)}, {1,(1,1,1)}
- [0099] 이 순서는 다음과 같이 각 노드별로 개별적으로 설명할 수 있다:
- [0100] 1. {10001000}
- [0101] 제1 노드는 옥트리의 레벨 0에 있는 루트 노드이며, (0,0,0) 및 (4,0,0)에서 시작하는 4x4x4 복셀에 해당하는 제1 및 제5 하위 노드가 적어도 하나의 포인트로 점유되어 있음을 나타낸다. 따라서 디코더는 인코딩된 옥트리가 옥트리의 레벨 1에 두 개의 노드를 포함한다는 것을 이해할 것이다.
- [0102] 2. {10000001}
- [0103] 제2 노드는 옥트리의 레벨 1에 있으며 루트 노드에 표시된 제1 복셀, 즉 (0,0,0)에서 시작하는 4x4x4 복셀에 해당한다. 제2 노드는 (0,0,0) 및 (2,2,2)에서 시작하는 2x2x2 복셀에 해당하는 제1 및 8개의 하위 노드가 하나 이상의 포인트로 점유되어 있음을 나타낸다. 따라서 디코더는 인코딩된 옥트리가 제2 노드에서 분기되는 옥트리의 레벨 2에 있는 두 개의 노드를 포함한다는 것을 이해할 것이다.
- [0104] 3. {00001000}
- [0105] 제3 노드는 옥트리의 레벨 1에 있으며 루트 노드에 표시된 제2 복셀, 즉 (4,0,0)에서 시작하는 4x4x4 복셀에 해당한다. 제2 노드는 (6,0,0)에서 시작하는 2x2x2 복셀에 해당하는 제5 하위 노드가 적어도 하나의 포인트로 점유되어 있음을 나타낸다. 따라서 디코더는 인코딩된 옥트리가 제3 노드에서 분기되는 옥트리의 레벨 2에 있는 하나의 노드를 포함한다는 것을 이해할 것이다.
- [0106] 4. {2,(0,0,0),(0,1,1)}
- [0107] 제4 노드는 옥트리의 레벨 2에 있으며 레벨 1에 표시된 제1 복셀, 즉 제2 노드에 표시된 (0,0,0)에서 시작하는 2x2x2 복셀에 해당한다.
- [0108] 이 옥트리는 2x2x2 크기의 복셀에서 끝나기 때문에 제4 노드에는 분기를 나타내는 8비트가 포함되지 않고 대신 개별 포인트의 하나 이상의 위치가 포함된다. 구체적으로 제4 노드는 포인트 순서의 제1 포인트가 (0,0,0)에 있고 포인트 순서의 제2 포인트가 (0,1,1)에 있음을 나타낸다.
- [0109] 이 실시형태에서 리프 노드는 또한 리프 노드와 연관된 포인트 개수(이 경우에는 2)를 포함하므로 순서 정보를 읽는 디코더는 제4 노드와 연관된 비트의 끝을 식별할 수 있다. 하나의 대안으로서 포인트 수를 포함하는 대신 리프 노드의 끝을 나타내기 위해 종료 기호를 정의할 수 있다.
- [0110] 5. {1,(1,1,1)}
- [0111] 제5 노드도 옥트리의 레벨 2에 있으며, 이는 레벨 1에 표시된 제2 복셀, 즉 제2 노드에 표시된 (2,2,2)에서 시작하는 2x2x2 복셀에 해당한다.
- [0112] 제5 노드는 포인트 순서의 제3 포인트가 시작(2,2,2)으로부터의 상쇄점(1,1,1)에, 즉 제3 포인트가 (3,3,3)에 있음을 나타낸다. 즉 이 실시예는 옥트리의 각 리프 노드가 나타내는 볼륨 내의 로컬 좌표를 사용한다. 다른 예에서 3D 위치는 3D 장면의 전체 볼륨에서의 전역 위치일 수 있다.
- [0113] 6. {1,(1,1,1)}

- [0114] 제6 노드는 다시 옥트리의 레벨 2에 있으며, 이는 레벨 1에 표시된 제3 복셀, 즉 제 3 노드에 표시된 (6,0,0)에서 시작하는 2x2x2 복셀에 해당한다.
- [0115] 제6 노드는 포인트 순서의 제4 포인트가 시작 (6,0,0)으로부터의 상쇄점(1,1,1)에, 즉, 제4 포인트가 (7,1,1)에 있음을 나타낸다.
- [0116] 위의 예에서 옥트리를 사용하여 4개의 포인트를 표현하는 것은 효율적이지 않을 수 있다. 그러나 옥트리는 3D 장면에서 포인트 수가 많을수록 더 유용해지는데, 이는 특히 인터 프레임 포인트를 일치시키고 인터 프레임 예측 인코딩이 사용되어야 하는 위치를 식별하기 위해 트리 구조를 선형 시간이 아닌 대수 시간으로 탐색할 수 있기 때문이다.
- [0117] 다음으로 단계(S340)에서 인코더(220)는 단계(S310)에서 식별된 인코딩 유형을 이용하여 각 포인트를 인코딩한다. 즉 인코더(220)는, 가능한 경우, 인트라 프레임 예측 인코딩을 수행하고, 인터 프레임 예측 인코딩이 불가능한 경우에는 인트라 프레임 예측 인코딩을 수행하여 각 포인트를 인코딩한다. 여기서 “가능”은 단계(S310)에서 설명한 바와 같이 정의되며, 인터 프레임 예측 인코딩이 “가능”할 때의 요건은 서로 다른 실시형태에서 다르게 설정될 수 있다.
- [0118] 단계(S340)은 단계(S320 및 S330) 전에 또는 그와 동시에 수행될 수 있다.
- [0119] 다시 도 4를 참조하면 단계(S340)에서 수행되는 다양한 인코딩 유형을 볼 수 있다.
- [0120] 인코딩된 프레임(10-1, 10-2) 각각은 색상과 광원 방향이라는 두 가지 포인트 속성을 포함한다.
- [0121] 제1 프레임(10-1)의 인터 프레임 예측 인코딩된 색상 데이터(420)는 인접한 정렬된 포인트 클라우드 포인트 간의 차이를 예측하는 양수 및 음수 16진수 값을 나타낸다. 예를 들어 16진수 D9는 일반 10진수 217에 해당한다. 16진수는 일반적으로 4비트 그룹의 값을 나타내는 데 사용되지만($2^4 = 16$ 이기 때문에) 데이터가 표현될 수 있는 방식은 본 응용 분야로 제한되지 않는다. 도 1을 참조하면 포인트(20-B 내지 20-D)는 더 어두운 색상을 가지며, 이는 도 4에 도시된 음의 값으로 이어진다.
- [0122] 반면에 제2 프레임(10-2)의 인트라 프레임 예측 인코딩된 색상 데이터(420)는 이 데이터가 인트라 프레임 예측을 사용하여 효율적으로 저장될 수 있음을 나타내는 0으로 대부분 구성된다.
- [0123] 이 간단한 예에서 인트라 프레임 예측은 차동 코딩(differential coding)의 원리에 기초하여 구체적으로 수행되며, 여기서 각각의 인코딩된 값은 순서 정보(410)로 정의된 순서화된 포인트 시퀀스에서 인접한 포인트에 대한 속성 값 간의 차이이다.
- [0124] 더 많은 포인트가 있는 예에서는 더 많은 통계 방법을 수행하는 것이 유용할 수 있다.
- [0125] 일 실시예에서 복수의 포인트에 대한 속성의 평균값이 획득될 수 있으며, 인코딩된 값은 각 포인트와 평균 간의 차이로 정의될 수 있다. 이는 단일 평균 값의 미미한 오버헤드만 생성하면서 차동 값을 나타내는 데 필요한 평균 비트 수를 줄일 수 있다.
- [0126] 이 실시예는 평균 값에 대해 너무 많은 오버헤드를 생성하지 않는 한 로컬 평균 및 로컬 차동 값으로 확장될 수 있다. 예를 들어 로컬 포인트는 포인트 순서를 정의하는 데 사용되는 옥트리의 사전 결정된 수준에 있는 노드를 기반으로 함께 그룹화될 수 있다.
- [0127] 마지막으로 인터 프레임 예측 인코딩된 색상 데이터(470)도 광원 방향의 변화에도 불구하고 움직이지 않는 물체의 색상도 일정하기 때문에 대체로 0이 된다.
- [0128] 광원 방향 속성(430, 480)으로 이동하면 프레임(10-1)은 광원이 모든 포인트에 대해 단일 방향임을 나타낸다. 이 방향은 제2 프레임(10-2) 시점까지 모든 포인트에 대해 0에서 90으로 변경된다. 이는 동일한 변경 사항이 서로 다른 포인트에 대해 여러 번 인코딩되기 때문에 인터 프레임 예측 인코딩(480에 표시됨)이 비효율적일 수 있는 경우이다. 반면 이 실시예 속성에 대한 인트라 프레임 예측 인코딩(제2 프레임 10-2에 대해 430에 표시됨)은 광원 방향의 변경이 인코딩된 데이터의 모든 포인트에 대해 한 번만 기록되면 되기 때문에 효율적이다.
- [0129] 상기 내용을 일반화하면 인코딩된 데이터는 서로 다른 속성과 연관된 복수의 서로 다른 계층을 포함할 수 있다. 각 레이어는 서로 다른 방식으로 인코딩할 수 있는 인터 프레임 포인트와 인트라 프레임 포인트로 나눌 수 있다. 그러나 인터 프레임 예측 인코딩을 최대한 많이 사용하는 것이 반드시 바람직하지는 않는데, 이는 압축 또는 인코딩/디코딩 시간이 항상 향상되는 것은 아니기 때문이다.

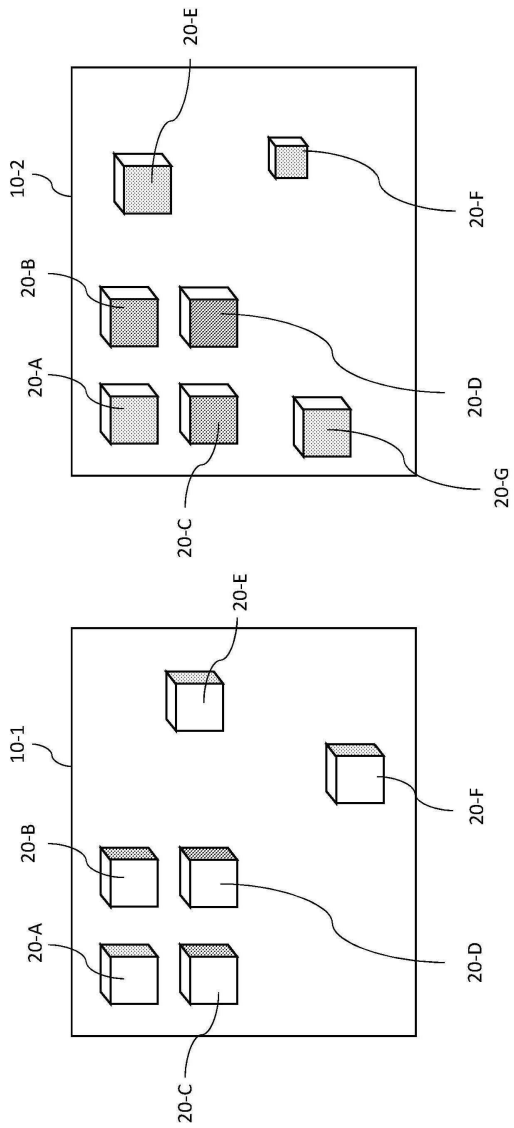
- [0130] 단계(S340)에서 예측 인코딩이 수행된 후, 본원의 방법은 선택적으로 보다 일반적인 데이터 압축 기술을 포함할 수도 있다. 예를 들어 단계(S350)에서 인코더(220)는 희소 어레이 인코딩, 런 길이 인코딩, 엔트로피 인코딩 중 어느 하나를 수행할 수 있다.
- [0131] 희소 어레이 인코딩은 상대적으로 적은 양의 데이터를 포함하는 데이터 섹션을 압축하는 단계를 포함한다. 희소 어레이 코딩에서는 인코딩된 데이터의 비트 시퀀스가 N 비트 그룹으로 분할되며 여기서 N은 미리 결정된다. 0만 포함된 각 그룹은 제거된다. 또한 제거 목록이 구성된다(희소 어레이라고 함). 희소 어레이는 N 비트의 어느 그룹이 제거되었는지를 나타내므로, 0의 그룹이 디코더(240)에서 재구성될 수 있다.
- [0132] 특정 일 실시예에서 희소 어레이 인코딩이 적용된 데이터는 $x = \{4, 0, 3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 3, 5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 3\}$ 이고, N의 값은 4이다. 데이터는 그룹 $x_0 = \{4, 0, 3, 0\}$, $x_1 = \{0, 0, 0, 0\}$, $x_2 = \{0, 1, 3, 5\}$, $x_3 = \{0, 0, 0, 0\}$, $x_4 = \{0, 0, 0, 0\}$, $x_5 = \{0, 0, 0, 0\}$, $x_6 = \{3\}$ 으로 분할된다. 0 그룹을 제거한 후 인코딩된 데이터는 $x' = \{4, 0, 3, 0, 0, 1, 3, 5, 3\}$ 이다. 희소 어레이는 $b = \{0, 1, 0, 1, 1, 1, 0\}$ 으로 구성되며 여기서 값 1은 0만 포함하고 제거된 그룹을 나타낸다.
- [0133] 희소 어레이 인코딩은 개별 비트가 아닌 다중 비트 값에 대해 더 높은 수준에서 적용될 수도 있다. 이러한 경우 허용 가능한 압축 손실로 속성을 인코딩할 때 "0" 임계값을 0보다 큰 작은 값으로 높일 수 있다. 예를 들어 속성이 잡음 레벨을 포함한다는 것이 알려진 경우, 잡음 성분을 인코딩할 필요가 없으며 작은 잡음 값이 0과 동일하게 처리되도록 임계값을 설정할 수 있다.
- [0134] 위의 잡음 생략은 양자화의 한 예이며, 원시 데이터 값의 범위가 모두 하나의 양자화된 값으로 매핑된다. 다른 유형의 양자화는 인코딩의 일부로 적용될 수 있다. 인코딩 시 양자화를 사용했다면 데이터를 디코딩할 때 어떻게 역양자화할지 결정해야 한다. 일부 실시예에서 양자화된 값에 매핑될 수 있었던 원시 데이터 값 범위의 평균이 되도록 양자화된 값을 역양자화하는 것이 적절할 수 있다. 다른 경우에는 양자화된 값을 가능한 원시 데이터 값 범위의 하한 또는 상한으로 역양자화하는 것이 적절할 수 있다.
- [0135] 희소 어레이 인코딩에 대한 추가 사항 또는 대안으로서 인코딩된 데이터 또는 희소 어레이는 런 길이 인코딩될 수 있다. 런 길이 인코딩에서는 1 또는 0의 시퀀스가 압축되고 압축된 시퀀스의 원래 길이를 나타내는 표시로 대체된다. 이는 압축을 더욱 향상시킨다.
- [0136] 또 다른 추가 사항 또는 대안으로서 인코딩된 데이터는 엔트로피 인코딩될 수 있다. 엔트로피 인코딩은 인코딩 유형 정보, 순서 정보, 인코딩된 속성 값을 포함하여 압축 데이터의 여러 부분에 적용될 수 있다. 허프만 코딩, 레인지 인코딩 또는 VC-6 유형의 인코딩을 포함하여 모든 유형의 엔트로피 인코딩을 사용할 수 있다.
- [0137] 도 5는 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 인코딩하는 방법을 개략적으로 도시하는 흐름도이다.
- [0138] 도 5는 특히 출원 당시 확인된 선행 기술과 구별되는 본 발명의 원리를 강조하는 역할을 한다.
- [0139] 보다 구체적으로 단계(S510)에서 현재 프레임에서 인코딩될 현재 포인트를 획득한다. 도 1의 실시예를 다시 참조하면 현재 포인트는 예를 들어 프레임(10-2)의 포인트(20-A)일 수 있다.
- [0140] 단계(S520)에서는 선행 프레임에서 인코딩된 선행 포인트가 식별되며 선행 포인트는 현재 프레임에서 인코딩될 현재 포인트에 대응된다. 선행 포인트는 예를 들어 프레임(10-1)의 포인트(20-A)일 수 있다.
- [0141] 단계(S530)에서 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 생성하기 위해 인터 프레임 예측 인코딩을 사용하여 현재 포인트의 적어도 하나의 속성이 선행 포인트를 참조하여 인코딩된다. 예를 들어 이는 프레임(10-2)의 포인트(20-A)와 프레임(10-1)의 포인트(20-A) 사이의 색상 차이일 수 있다(차이가 0이더라도).
- [0142] 단계(S540)에서 현재 포인트에 대한 인코딩된 데이터를 포함하는 인코딩된 현재 프레임이 생성된다.
- [0143] 이 기법에서 인터 프레임 예측을 사용하여 포인트 클라우드 데이터에 대해 위치 이외의 속성을 인코딩한다. 이 기능은 "배경기술"의 장에 언급된 GRAZIOSI 및 ROODAKI 논문에는 없는 내용이다.
- [0144] 인코더(220)가 사용하는 모든 기법은 가역적이다(반드시 무손실은 아니지만). 따라서 디코더(240)는 본질적으로 도 3 및 도 5와 관련하여 전술한 기술의 반대 작업을 수행하도록 설계된다. 특히 인터 프레임 및 인트라 프레임 예측 디코딩은 인터 프레임 및 인트라 프레임 예측 인코딩과 기본적으로 동일한 원리로 작동한다.
- [0145] 도 6은 포인트 클라우드 데이터의 프레임 시퀀스의 프레임을 디코딩하는 방법의 주요 특징을 개략적으로 도시하

는 흐름도이다. 이 방법은 동적 3D 장면을 렌더링하기 위해 포인트 클라우드 데이터의 인코딩된 프레임 시퀀스에 대해 수행된다. 각 프레임은 복수의 인코딩된 포인트로 구성되며, 각 포인트는 3D 위치와 하나 이상의 속성을 포함한다. 이 방법은 예를 들어 도 2에 예시된 시스템의 디코더(240)로 수행될 수 있다.

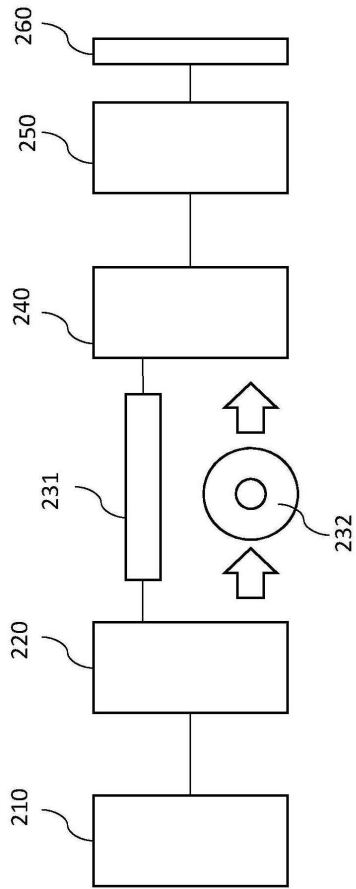
- [0146] 도 6을 참조하면 단계(S610)에서는 디코딩할 프레임의 한 포인트를 현재 포인트로서 획득한다.
- [0147] 단계(S620)에서 선행 프레임에서 디코딩된 선행 포인트가 식별되며, 선행 포인트는 현재 포인트에 대응된다.
- [0148] 단계(S630)에서는 인터 프레임 예측을 이용하여 현재 포인트의 적어도 하나의 속성을 선행 포인트를 참조하여 디코딩하여 현재 포인트에 대한 디코딩된 데이터를 생성한다.
- [0149] 이 디코딩 방법은 위에서 설명한 특별한 기술적 특징을 공유한다. 즉, 인터 프레임 예측을 사용하여 포인트 클라우드 데이터에 대한 위치 이외의 속성을 디코딩한다.
- [0150] 도 7은 인코더 또는 디코더의 개략적인 블록도이다. 도 7에 도시된 바와 같이 인코더 및 디코더는 프로세서(710) 및 메모리(720)를 포함하는 매우 일반적인 컴퓨터 하드웨어로 구현될 수 있다. 메모리는 프로세서 명령, 바이트 코드, 컴파일되지 않은 코드 또는 도 5 또는 도 6과 관련하여 위에서 설명한 방법을 수행하도록 프로세서에 명령을 내리기 위해 프로세서 명령으로 변환될 수 있는 임의의 다른 형태의 컴퓨터 명령을 저장한다. 대안적으로 인코더 또는 디코더는 범용 프로세서 또는 메모리를 요구하지 않고 도 5 또는 도 6의 방법을 수행하도록 구성된 하드웨어로서 완전히 구현될 수 있다.
- [0151] 인코더 또는 디코더는 바람직하게는 인코더(220)의 경우 인코딩되지 않은 포인트 클라우드 데이터의 수신 및 인코딩된 포인트 클라우드 데이터의 전송을 가능하게 하고, 디코더(240)의 경우 인코딩된 포인트 클라우드 데이터의 수신을 가능하게 하고 인코딩되지 않은 포인트 클라우드의 전송을 가능하게 하는 통신 인터페이스(730)를 또한 포함한다.

도면

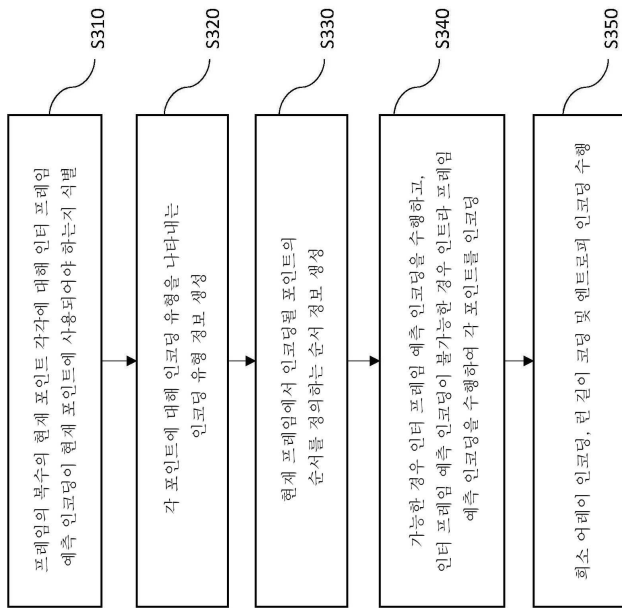
도면1



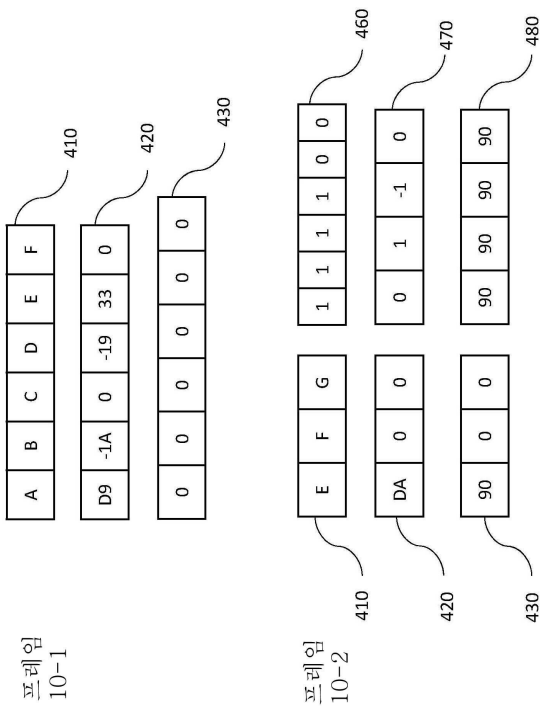
도면2



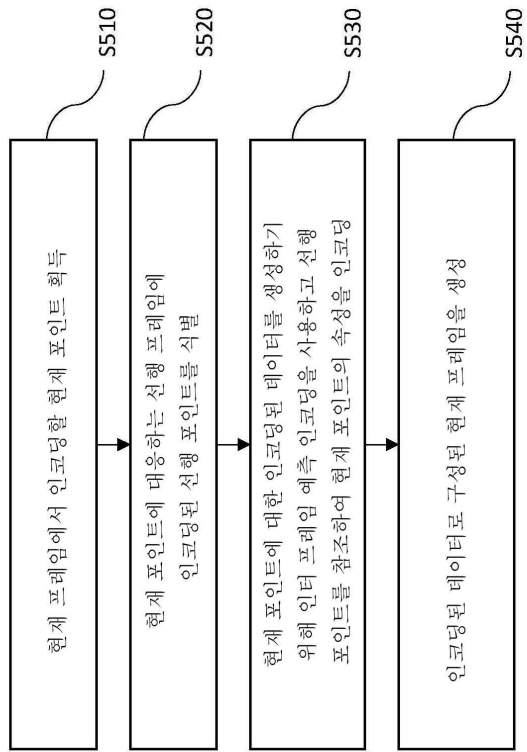
도면3



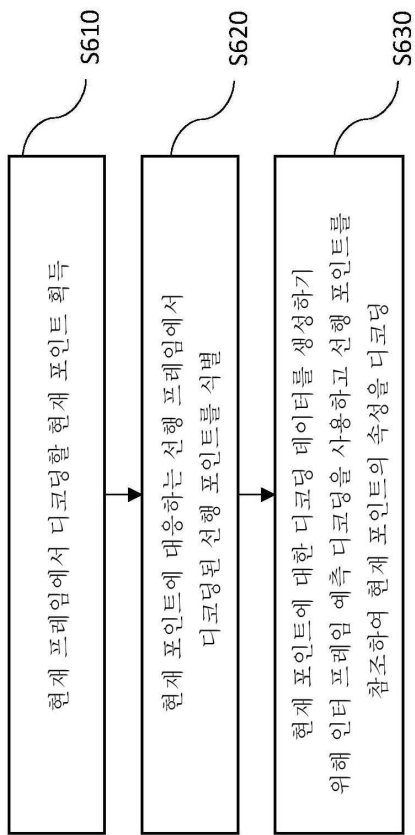
도면4



도면5



도면6



도면7

