



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0050568

(51)^{2021.01} H04N 19/597; H04N 19/119; H04N
19/96; G06T 9/40; H04N 19/174

(13) B

(21) 1-2022-03654

(22) 23/10/2020

(86) PCT/KR2020/014597 23/10/2020

(87) WO/2021/141218 15/07/2021

(30) 62/958,270 07/01/2020 US; 10-2020-0032136 16/03/2020 KR

(45) 25/08/2025 449

(43) 26/09/2022 414A

(73) LG ELECTRONICS INC. (KR)

128, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu Seoul 07336, Republic of Korea

(72) PARK, Yousun (KR); OH, Sejin (KR); HUR, Hyejung (KR).

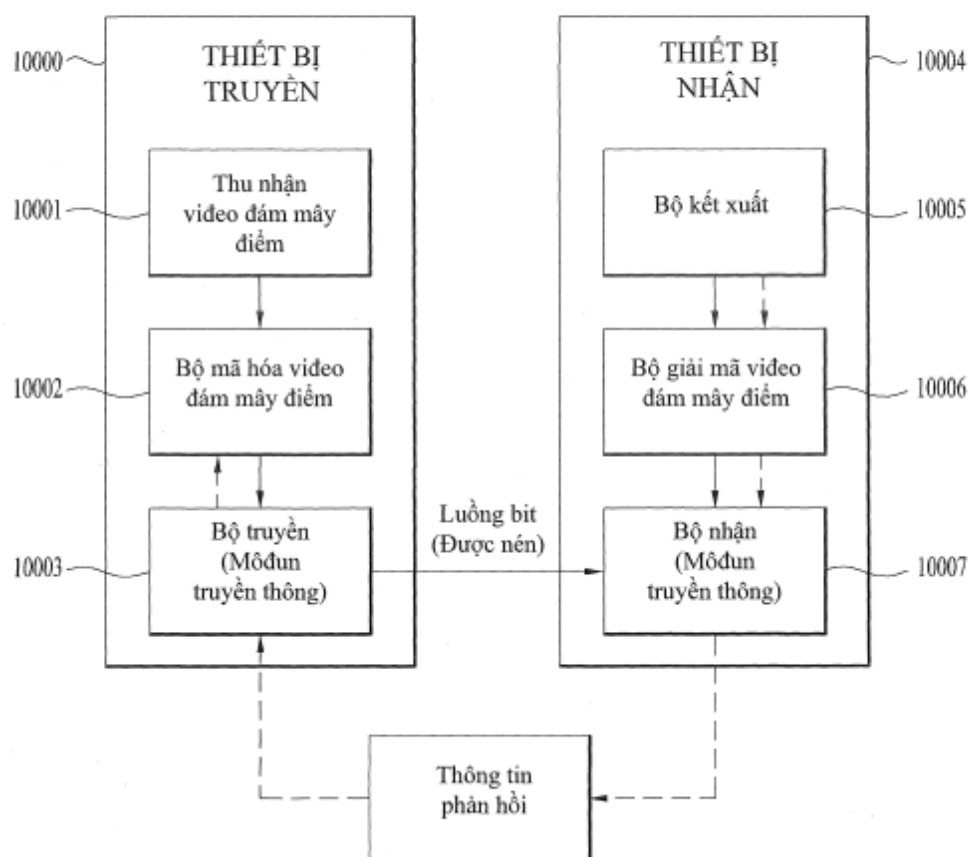
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) THIẾT BỊ TRUYỀN DỮ LIỆU ĐÁM MÂY ĐIỂM, PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN DỮ
LIỆU ĐÁM MÂY ĐIỂM, THIẾT BỊ NHẬN DỮ LIỆU ĐÁM MÂY ĐIỂM, VÀ
PHƯƠNG PHÁP NHẬN DỮ LIỆU ĐÁM MÂY ĐIỂM

(21) 1-2022-03654

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, gồm các bước mã hóa dữ liệu đám mây điểm, và/hoặc truyền luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm và thông tin phát tín hiệu về dữ liệu đám mây điểm. Sáng chế đề cập đến phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm, gồm các bước nhận luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm, và/hoặc giải mã dữ liệu đám mây điểm trong luồng bit.

FIG. 1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Các phương án đề xuất phương pháp cung cấp các nội dung đám mây điểm để cung cấp cho người dùng với các dịch vụ khác nhau như là thực tế ảo (Virtual Reality, VR), thực tế tăng cường (Augmented Reality, AR), thực tế trộn lẫn (Mixed Reality, MR), và các dịch vụ tự lái.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Dữ liệu đám mây điểm là tập hợp của các điểm trong không gian 3 chiều (Three-Dimensional, 3D). Khó để tạo ra dữ liệu đám mây điểm bởi vì số lượng của các điểm trong không gian 3D là lớn.

Khung đám mây điểm hoặc dữ liệu đám mây điểm có thể được chia thành các phần hoặc các lát để đáp ứng yêu cầu cho việc truyền, việc mã hóa, việc giải mã, và việc xử lý kết xuất mà cần được thực hiện với độ trễ thấp trong thời gian thực.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Đối tượng của các phương án được đưa ra để giải quyết vấn đề được mô tả ở trên là để cung cấp thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm, và phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm để truyền và nhận một cách hiệu quả đám mây điểm.

Một đối tượng khác của các phương án là để cung cấp thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm, và phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm để giải quyết độ trễ và độ phức tạp mã hóa/giải mã.

Một đối tượng khác của các phương án là để cung cấp phương pháp chia tách dữ liệu đám mây điểm để mã hóa và giải mã dữ liệu đám mây điểm.

Một đối tượng khác của các phương án là để cải thiện việc mã hóa của thông tin thuộc tính của việc nén đám mây điểm hình học (Geometry-Point Cloud Compression, G-PCC) để cải thiện hiệu suất của nén đám mây điểm.

Phạm vi kỹ thuật của các phương án không bị giới hạn ở các đối tượng kỹ thuật được đề cập ở trên, và các đối tượng khác có thể được suy ra bởi những người có hiểu biết số trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng dựa trên toàn bộ các nội dung của tài liệu này.

Giải pháp kỹ thuật

Để đạt được các mục tiêu này và các ưu điểm khác và theo mục đích của sáng chế, như được biểu hiện mà được mô tả một cách rộng rãi ở đây, thì phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm có thể gồm các bước mã hóa dữ liệu đám mây điểm, và/hoặc truyền luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm và/hoặc thông tin phát tín hiệu về dữ liệu đám mây điểm.

Phương pháp truyền có thể còn gồm bước phân vùng dữ liệu đám mây điểm dựa trên các lát, và/hoặc hợp nhất lát của các lát với lát liền kề khi số lượng của các điểm trong lát nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm hoặc chia tách lát khi số lượng của các điểm trong lát lớn hơn số lượng tối đa của các điểm.

Hơn thế nữa, theo các phương án, bước phân vùng dữ liệu đám mây điểm có thể được thực hiện dựa trên ít nhất một phương pháp trong số phương pháp thứ nhất, phương pháp thứ hai hoặc phương pháp thứ ba. Phương pháp thứ nhất có thể gồm bước chia không gian 3 chiều gồm dữ liệu đám mây điểm thành 8 lũy thừa của độ sâu của các lát cây bát phân, trong đó độ sâu của cây bát phân được đánh giá dựa trên tỷ lệ của số lượng của các điểm của các lát. Phương pháp thứ hai có thể gồm bước chia cạnh dài nhất trong không gian 3 chiều cho cạnh ngắn nhất trong không gian 3 chiều. Phương pháp thứ ba có thể gồm bước chia không gian 3 chiều thành các lát trong các hình vuông đều bằng cách phân đoạn trục thứ nhất và trục thứ hai của không gian 3 chiều cho độ dài của trục thứ ba của không gian 3 chiều.

Theo các phương án, lát liền kề có thể là một lát trong số lát bên trái của lát, lát bên phải của lát, lát trên cùng của lát, hoặc lát dưới cùng của lát.

Theo các phương án, lát liền kề có thể là một lát trong số lát bên trái của lát, lát bên phải của lát, lát trên cùng của lát, và lát dưới cùng của lát, lát đằng trước của lát, và/hoặc lát đằng sau của lát.

Theo các phương án, bước hợp nhất hoặc bước chia tách có thể được thực hiện dựa trên cấu trúc dữ liệu biểu diễn sự liền kề giữa các lát. Bên cạnh đó, theo các phương án, cấu trúc dữ liệu để xác định sự liền kề có thể là cấu trúc dữ liệu dựa trên cây hoặc cấu trúc dữ liệu dựa trên danh sách.

Hơn thế nữa, thông tin phát tín hiệu có thể gồm thông tin biểu diễn phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm.

Hiệu quả của sáng chế

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm, và thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể cung cấp dịch vụ đám mây điểm chất lượng tốt.

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm, và thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể đạt được các phương pháp tạo mã video khác nhau.

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm, và thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể cung cấp nội dung đám mây điểm đa năng như là dịch vụ tự lái.

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm, và thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể triển khai phương pháp phân vùng của phiên viên gạch và phát tín hiệu dữ liệu cần thiết của nó, nhờ đó cải thiện hiệu suất tạo mã của đám mây điểm.

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm, và thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể thực hiện việc phân vùng thích ứng theo không gian cho việc mã hóa và giải mã độc lập của dữ liệu đám mây điểm, nhờ đó cải thiện việc xử lý song song và cung cấp khả năng định cỡ.

Với phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm, và thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm, thì việc phân vùng lại của các điểm gần nhau về mặt không gian có thể được thực hiện khi thực hiện việc phân vùng dữ liệu độc lập.

Thiết bị truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều phiên và/hoặc các lát, và mã hóa/giải mã dữ liệu đám mây điểm song song dựa trên đó.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm và mã hóa mỗi dữ liệu đám mây điểm trong số dữ liệu đám mây điểm được phân vùng một cách độc lập. Nhờ đó, việc truy cập ngẫu nhiên (random access) và việc mã hóa song song trong không gian ba chiều bị chiếm giữ bởi dữ liệu đám mây điểm có thể được thực hiện. Do đó, thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể giải mã một cách nhanh chóng dữ liệu đám mây điểm như vậy.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tạo ra các lát theo phương pháp được mô tả ở trên. Theo đó, khi các lát được tạo ra mà không cần truy vấn các thuộc tính của các điểm riêng lẻ, thì sự trễ xảy ra trong quy trình tạo ra lát có thể được giảm.

Thiết bị truyền theo các phương án có thể tạo ra đơn vị phân đầu cấu hình lát khác nhau cho mỗi phiên hoặc cho mỗi lát để phát tín hiệu cấu hình của lát được nhận đôi theo các phương án.

Phương pháp truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể cung cấp cấu trúc luồng bit này như được mô tả ở trên. Theo đó, hiệu suất của bộ nhận trong việc giải mã thông tin thuộc tính về dữ liệu đám mây điểm có thể được cải thiện.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo, vốn được gồm để cung cấp thêm hiểu biết về sáng chế và được kết hợp và cấu thành một phần của đơn này, minh họa phương án (các phương án) của sáng chế, và cùng với phần mô tả, có chức năng giải thích nguyên lý của sáng chế.

Để hiểu hơn về các phương án được mô tả dưới đây, thì cần phải tham khảo đến phần mô tả của các phương án sau đây trong sự kết nối với các hình vẽ kèm theo. Các số chỉ dẫn giống nhau có thể được sử dụng suốt các hình vẽ để đề cập đến các phần giống nhau hoặc tương tự. Trên các hình vẽ:

Fig.1 thể hiện hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm làm ví dụ theo các phương án;

Fig.2 là sơ đồ khối minh họa hoạt động cung cấp nội dung đám mây điểm theo các phương án;

Fig.3 minh họa quy trình chụp video đám mây điểm làm ví dụ theo các phương án;

Fig.4 minh họa bộ mã hóa đám mây điểm làm ví dụ theo các phương án;

Fig.5 thể hiện ví dụ về các điểm ảnh ba chiều theo các phương án;

Fig.6 thể hiện ví dụ về nút cây bát phân và chiếm giữ theo các phương án;

Fig.7 thể hiện ví dụ về mẫu hình nút lân cận theo các phương án;

Fig.8 minh họa ví dụ về cấu hình điểm trong mỗi LOD theo các phương án;

Fig.9 minh họa ví dụ về cấu hình điểm trong mỗi LOD theo các phương án;

Fig.10 minh họa bộ giải mã đám mây điểm theo các phương án;

Fig.11 minh họa bộ giải mã đám mây điểm theo các phương án;

Fig.12 minh họa thiết bị truyền theo các phương án.

Fig.13 minh họa thiết bị nhận theo các phương án.

Fig.14 minh họa cấu trúc làm ví dụ có thể hoạt động được trong sự kết nối với các phương pháp/thiết bị truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.15 minh họa bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án;

Fig.16 minh họa thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.17 minh họa thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.18 minh họa ví dụ về việc phân vùng của dữ liệu đám mây điểm bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.19 minh họa phương án của phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.20 minh họa phương án của phương pháp phân vùng và tinh chỉnh dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.21 minh họa phương án của phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.22 minh họa phương án của phương pháp tinh chỉnh các lát theo các phương án;

Fig.23 thể hiện ví dụ về kết quả của việc phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành nhiều lát và/hoặc tinh chỉnh nhiều lát này theo các phương án;

Fig.24 minh họa phương án của phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.25 minh họa phương án của phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.26 thể hiện ví dụ về các lát liền kề theo các phương án;

Fig.27 minh họa ví dụ về phương pháp tinh chỉnh các lát nhờ sử dụng các lát liền kề theo các phương án;

Fig.28 thể hiện ví dụ về thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.29 thể hiện thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.30 minh họa ví dụ về cấu trúc luồng bit của dữ liệu đám mây điểm theo các phương án;

Fig.31 minh họa ví dụ về tập hợp thông số chuỗi (SPS) trong luồng bit theo các phương án;

Fig.32 minh họa ví dụ về tập hợp thông số phiên (TPS) trong luồng bit theo các phương án;

Fig.33 minh họa ví dụ về tập hợp thông số hình học (GPS) trong luồng bit theo các phương án;

Fig.34 minh họa ví dụ về SPS trong luồng bit theo các phương án;

Fig.35 minh họa ví dụ về TPS trong luồng bit theo các phương án;

Fig.36 minh họa ví dụ về GPS trong luồng bit theo các phương án;

Fig.37 minh họa ví dụ về phần đầu lát hình học (GSH) của luồng bit theo các phương án;

Fig.38 minh họa ví dụ về phần đầu lát thuộc tính (ASH) của luồng bit theo các phương án;

Fig.39 là lưu đồ minh họa phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án; và

Fig.40 là lưu đồ minh họa phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Bây giờ, thực hiện chi tiết sự tham khảo đến các phương án ưu tiên án của sáng chế, các ví dụ của chúng được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Phần mô tả chi tiết được cho dưới đây với sự tham khảo đến các hình vẽ kèm theo, là nhằm giải thích các phương án làm ví dụ của sáng chế này, hơn là chỉ thể hiện các phương án có thể được áp dụng theo sáng chế. Phần mô tả chi tiết dưới đây gồm các chi tiết cụ thể để cung cấp hiểu biết rõ về sáng chế này. Tuy nhiên, người có hiểu biết số trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng sẽ hiểu rằng sáng chế có thể được thực hiện mà không có các chi tiết cụ thể này.

Mặc dù hầu hết các thuật ngữ được sử dụng trong sáng chế đã được lựa chọn từ các thuật ngữ chung được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực này, nhưng một số thuật ngữ đã được người nộp đơn lựa chọn tùy ý và ý nghĩa của chúng được giải thích chi tiết trong phần mô tả sau đây khi cần thiết. Vì thế, sáng chế nên được hiểu là dựa trên ý nghĩa dự kiến của các thuật ngữ thay vì tên hoặc ý nghĩa đơn giản của chúng.

Fig.1 thể hiện hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm làm ví dụ theo các phương án.

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm được minh họa trên Fig.1 có thể gồm thiết bị truyền 10000 và thiết bị nhận 10004. Thiết bị truyền 10000 và thiết bị nhận 10004 có khả năng truyền thông có dây hoặc không dây để truyền và nhận dữ liệu đám mây điểm.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm 10000 theo các phương án có thể bảo mật và xử lý video đám mây điểm (hoặc nội dung đám mây điểm) và truyền video đám mây điểm (hoặc nội dung đám mây điểm). Theo các phương án, thiết bị truyền 10000 có thể gồm trạm cố định, hệ thống thu phát cơ sở (Base Transceiver System, BTS), mạng, thiết

bị và/hoặc hệ thống thông minh nhân tạo, rôbot, thiết bị AR/VR/XR và/hoặc máy chủ. Theo các phương án, thiết bị truyền 10000 có thể gồm thiết bị, rôbot, xe, thiết bị AR/VR/XR, thiết bị cầm tay, đồ gia dụng, thiết bị Internet vạn vật (Internet of Thing, IoT), và thiết bị/máy chủ AI vốn được tạo cấu hình để thực hiện truyền thông với trạm cơ sở và/hoặc các thiết bị không dây khác sử dụng công nghệ truy cập radio (ví dụ, RAT mới (New RAT, NR) 5G, phát triển dài hạn (Long Term Evolution, LTE)).

Thiết bị truyền 10000 theo các phương án gồm bộ thu nhận video đám mây điểm 10001, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002, và/hoặc bộ truyền (hoặc môđun truyền thông) 10003.

Bộ thu nhận video đám mây điểm 10001 theo các phương án thu nhận video đám mây điểm thông qua quy trình xử lý như là chụp, tổng hợp, hoặc tạo ra. Video đám mây điểm là nội dung đám mây điểm được biểu diễn bởi đám mây điểm, vốn là tập hợp của các điểm được đặt trong không gian 3D, và có thể được gọi là dữ liệu video đám mây điểm. Video đám mây điểm theo các phương án có thể gồm một hoặc nhiều khung. Một khung biểu diễn hình ảnh/ảnh tĩnh. Do đó, video đám mây điểm có thể gồm đám mây điểm hình ảnh/khung/ảnh, và có thể được gọi là đám mây điểm hình ảnh, khung hoặc ảnh.

Bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 theo các phương án mã hóa dữ liệu video đám mây điểm được thu nhận. Bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 có thể mã hóa dữ liệu video đám mây điểm dựa trên việc tạo mã nén đám mây điểm. Việc tạo mã nén đám mây điểm theo các phương án có thể gồm việc tạo mã nén đám mây điểm dựa trên dạng hình học (Geometry-based Point Cloud Compression, G-PCC) và/hoặc việc tạo mã nén đám mây điểm dựa trên video (Video-based Point Cloud Compression, V-PCC) hoặc việc tạo mã thế hệ tiếp theo. Việc tạo mã nén đám mây điểm theo các phương án không

bị giới hạn ở phương án được mô tả ở trên. Bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 có thể xuất ra luồng bit chứa dữ liệu video đám mây điểm được mã hóa. Luồng bit có thể không chỉ chứa dữ liệu video đám mây điểm được mã hóa, mà còn thông tin phát tín hiệu liên quan đến việc mã hóa của dữ liệu video đám mây điểm.

Bộ truyền 10003 theo các phương án truyền luồng bit chứa dữ liệu video đám mây điểm được mã hóa. Luồng bit theo các phương án được đóng gói trong tệp hoặc đoạn (ví dụ, đoạn phát luồng), và được truyền qua các mạng khác nhau như là mạng phát rộng và/hoặc mạng băng rộng. Mặc dù không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng thiết bị truyền 10000 có thể gồm bộ đóng gói (hoặc môđun đóng gói) được tạo cấu hình để thực hiện hoạt động đóng gói. Theo các phương án, bộ đóng gói có thể được gồm trong bộ truyền 10003. Theo các phương án, tệp hoặc đoạn có thể được truyền đến thiết bị nhận 10004 qua mạng, hoặc được lưu trữ trong phương tiện lưu trữ kỹ thuật số (ví dụ, USB, SD, CD, DVD, Blu-ray, HDD, SSD, v.v.). Bộ truyền 10003 theo các phương án có khả năng truyền thông có dây/không dây với thiết bị nhận 10004 (hoặc bộ nhận 10005) qua mạng 4G, 5G, 6G, v.v. Bên cạnh đó, bộ truyền có thể thực hiện hoạt động xử lý dữ liệu cần thiết theo hệ thống mạng (ví dụ, hệ thống mạng truyền thông 4G, 5G hoặc 6G). Thiết bị truyền 10000 có thể truyền dữ liệu được đóng gói theo cách thức theo yêu cầu.

Thiết bị nhận 10004 theo các phương án gồm bộ nhận 10005, bộ giải mã video đám mây điểm 10006, và/hoặc bộ kết xuất 10007. Theo các phương án, thiết bị nhận 10004 có thể gồm thiết bị, rôbốt, xe, thiết bị AR/VR/XR, thiết bị cầm tay, đồ gia dụng, thiết bị Internet vạn vật (IoT), và thiết bị/máy chủ AI vốn được tạo cấu hình để thực hiện truyền thông với trạm cơ sở và/hoặc các thiết bị không dây khác sử dụng công nghệ truy cập radio (ví dụ, RAT mới (New RAT, NR) 5G, phát triển dài hạn (LTE)).

Bộ nhận 10005 theo các phương án nhận luồng bit chứa dữ liệu video đám mây điểm hoặc tệp/đoạn mà trong đó luồng bit được đóng gói từ mạng hoặc phương tiện lưu trữ. Bộ nhận 10005 có thể thực hiện việc xử lý dữ liệu cần thiết theo hệ thống mạng (ví dụ, hệ thống mạng truyền thông 4G, 5G, 6G, v.v.). Bộ nhận 10005 theo các phương án có thể mở gói tệp/đoạn được nhận và xuất ra luồng bit. Theo các phương án, bộ nhận 10005 có thể gồm bộ mở gói (hoặc môđun mở gói) được tạo cấu hình để thực hiện hoạt động mở gói. Bộ mở gói có thể được triển khai dưới dạng phần tử (hoặc thành phần) tách rời với bộ nhận 10005.

Bộ giải mã video đám mây điểm 10006 giải mã luồng bit chứa dữ liệu video đám mây điểm. Bộ giải mã video đám mây điểm 10006 có thể giải mã dữ liệu video đám mây điểm theo phương pháp mà theo đó thì dữ liệu video đám mây điểm được mã hóa (ví dụ, trong quy trình ngược với hoạt động của bộ mã hóa video đám mây điểm 10002). Theo đó, bộ giải mã video đám mây điểm 10006 có thể giải mã dữ liệu video đám mây điểm bằng cách thực hiện việc tạo mã giải nén đám mây điểm, vốn là quy trình ngược với việc nén đám mây điểm. Việc tạo mã giải nén đám mây điểm gồm việc tạo mã G-PCC.

Bộ kết xuất 10007 kết xuất dữ liệu video đám mây điểm được giải mã. Bộ kết xuất 10007 có thể xuất ra nội dung đám mây điểm bằng cách kết xuất không chỉ dữ liệu video đám mây điểm mà cả dữ liệu audio. Theo các phương án, bộ kết xuất 10007 có thể gồm bộ phận hiển thị được tạo cấu hình để hiển thị nội dung đám mây điểm. Theo các phương án, bộ phận hiển thị có thể được triển khai dưới dạng thiết bị hoặc thành phần tách rời thay vì được gồm trong bộ kết xuất 10007.

Các mũi tên được chỉ ra bởi các đường chấm chấm trên hình vẽ biểu diễn đường dẫn truyền của thông tin phản hồi được thu nhận bởi thiết bị nhận 10004. Thông tin phản

hồi là thông tin để phản ánh độ tương tác với người dùng mà tiêu thụ nội dung đám mây điểm, và gồm thông tin về người dùng (ví dụ, thông tin hướng đầu, thông tin công nhìn, và tương tự). Cụ thể là, khi nội dung đám mây điểm là nội dung cho dịch vụ (ví dụ, dịch vụ tự lái, v.v.) mà yêu cầu sự tương tác với người dùng, thông tin phản hồi có thể được cung cấp cho phía truyền nội dung (ví dụ, thiết bị truyền 10000) và/hoặc nhà cung cấp dịch vụ. Theo các phương án, thông tin phản hồi có thể được sử dụng trong thiết bị nhận 10004 cũng như thiết bị truyền 10000, hoặc có thể không được cung cấp.

Thông tin hướng đầu theo các phương án là thông tin về vị trí đầu của người dùng, sự định hướng, góc, chuyển động và tương tự. Thiết bị nhận 10004 theo các phương án có thể tính toán thông tin công nhìn dựa trên thông tin hướng đầu. Thông tin công nhìn có thể là thông tin về vùng của video đám mây điểm mà người dùng đang nhìn. Điểm nhìn là điểm mà thông qua đó thì người dùng đang nhìn video đám mây điểm, và có thể đề cập đến tâm điểm của vùng công nhìn. Nghĩa là, công nhìn là vùng được định tâm trên điểm nhìn, và kích cỡ và hình dạng của vùng có thể được xác định bởi trường nhìn (Field Of View, FOV). Theo đó, thiết bị nhận 10004 có thể trích xuất thông tin công nhìn dựa trên FOV dọc hoặc ngang được hỗ trợ bởi thiết bị bên cạnh thông tin hướng đầu. Ngoài ra, thiết bị nhận 10004 thực hiện việc phân tích sự nhìn chăm chú hoặc tương tự để kiểm tra cách mà người dùng tiêu thụ đám mây điểm, vùng mà người dùng nhìn chăm chú vào trong video đám mây điểm, thời gian nhìn chăm chú, và tương tự. Theo các phương án, thiết bị nhận 10004 có thể truyền thông tin phản hồi gồm kết quả của việc phân tích sự nhìn chăm chú đến thiết bị truyền 10000. Thông tin phản hồi theo các phương án có thể được thu nhận trong quy trình kết xuất và/hoặc hiển thị. Thông tin phản hồi theo các phương án có thể được bảo mật bởi một hoặc nhiều bộ cảm biến được gồm trong thiết bị nhận 10004. Theo các phương án, thông tin phản hồi có thể được bảo mật bởi bộ kết xuất 10007 hoặc phần tử ngoài tách rời (hoặc thiết bị, thành phần, hoặc

tương tự). Các đường chấm chấm trên Fig.1 biểu diễn quy trình truyền thông tin phản hồi được bảo mật bởi bộ kết xuất 10007. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể xử lý (mã hóa/giải mã) dữ liệu đám mây điểm dựa trên thông tin phản hồi. Theo đó, bộ giải mã dữ liệu video đám mây điểm 10006 có thể thực hiện hoạt động giải mã dựa trên thông tin phản hồi. Thiết bị nhận 10004 có thể truyền thông tin phản hồi đến thiết bị truyền 10000. Thiết bị truyền 10000 (hoặc dữ liệu video đám mây điểm bộ mã hóa 10002) có thể thực hiện hoạt động mã hóa dựa trên thông tin phản hồi. Theo đó, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể xử lý một cách hiệu quả dữ liệu cần thiết (ví dụ, dữ liệu đám mây điểm tương ứng với vị trí đầu của người dùng) dựa trên thông tin phản hồi thay vì xử lý (mã hóa/giải mã) toàn bộ dữ liệu đám mây điểm, và cung cấp nội dung đám mây điểm cho người dùng.

Theo các phương án, thiết bị truyền 10000 có thể được gọi là bộ mã hóa, thiết bị truyền, bộ truyền, hoặc tương tự, và thiết bị nhận 10004 có thể được gọi là bộ giải mã, thiết bị nhận, bộ nhận, hoặc tương tự.

Dữ liệu đám mây điểm được xử lý trong hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm trên Fig.1 theo các phương án (thông qua một loạt các quy trình gồm thu nhận/mã hóa/truyền/giải mã/kết xuất) có thể được gọi là dữ liệu nội dung đám mây điểm hoặc dữ liệu video đám mây điểm. Theo các phương án, dữ liệu nội dung đám mây điểm có thể được sử dụng như là khái niệm bao trùm siêu dữ liệu hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan đến dữ liệu đám mây điểm.

Các phần tử của hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm được minh họa trên Fig.1 có thể được triển khai bởi phần cứng, phần mềm, bộ xử lý, và/hoặc tổ hợp của chúng.

Fig.2 là sơ đồ khối minh họa hoạt động cung cấp nội dung đám mây điểm theo các phương án.

Sơ đồ khối trên Fig.2 thể hiện hoạt động của hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm được mô tả trên Fig.1. Như được mô tả ở trên, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể xử lý dữ liệu đám mây điểm dựa trên việc tạo mã nén đám mây điểm (ví dụ, G-PCC).

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm theo các phương án (ví dụ, thiết bị truyền đám mây điểm 10000 hoặc bộ thu nhận video đám mây điểm 10001) có thể thu nhận video đám mây điểm (20000). Video đám mây điểm được biểu diễn bởi đám mây điểm thuộc về hệ tọa độ để trình bày không gian 3D. Video đám mây điểm theo các phương án có thể gồm tệp Ply (định dạng tệp đa giác hoặc định dạng tam giác Stanford). Khi video đám mây điểm có một hoặc nhiều khung, thì video đám mây điểm được thu nhận có thể gồm một hoặc nhiều tệp Ply. Các tệp Ply chứa dữ liệu đám mây điểm, như là dạng hình học và/hoặc các thuộc tính điểm. Dạng hình học gồm các vị trí của các điểm. Vị trí của mỗi điểm có thể được biểu diễn bởi các thông số (ví dụ, các giá trị của các trục X, Y và Z) biểu diễn hệ tọa độ ba chiều (ví dụ, hệ tọa độ gồm có các trục X, Y và Z). Các thuộc tính gồm các thuộc tính của các điểm (ví dụ, thông tin về kết cấu, màu sắc (trong YCbCr hoặc RGB), hệ số phản xạ r , độ trong suốt, v.v. của mỗi điểm). Điểm có một hoặc nhiều thuộc tính. Ví dụ, điểm có thể có thuộc tính là màu sắc, hoặc hai thuộc tính là màu sắc và hệ số phản xạ. Theo các phương án, dạng hình học có thể được gọi là các vị trí, thông tin hình học, dữ liệu

hình học, hoặc tương tự, và thuộc tính có thể được gọi là các thuộc tính, thông tin thuộc tính, dữ liệu thuộc tính, hoặc tương tự. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị truyền đám mây điểm 10000 hoặc bộ thu nhận video đám mây điểm

10001) có thể bảo mật dữ liệu đám mây điểm từ thông tin (ví dụ, thông tin độ sâu, thông tin màu sắc, v.v.) liên quan đến quy trình thu nhận của video đám mây điểm.

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị truyền 10000 hoặc bộ mã hóa video đám mây điểm 10002) theo các phương án có thể mã hóa dữ liệu đám mây điểm (20001). Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể mã hóa dữ liệu đám mây điểm dựa trên việc tạo mã nén đám mây điểm. Như được mô tả ở trên, dữ liệu đám mây điểm có thể gồm dạng hình học và các thuộc tính của điểm. Theo đó, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể thực hiện việc mã hóa hình học để mã hóa hình học và xuất ra luồng bit hình học. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể thực hiện việc mã hóa thuộc tính để mã hóa các thuộc tính và xuất ra luồng bit thuộc tính. Theo các phương án, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể thực hiện việc mã hóa thuộc tính dựa trên việc mã hóa hình học. Luồng bit hình học và luồng bit thuộc tính theo các phương án có thể được ghép kênh và được xuất ra dưới dạng một luồng bit. Luồng bit theo các phương án có thể còn chứa thông tin phát tín hiệu liên quan đến việc mã hóa hình học và việc mã hóa thuộc tính.

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị truyền 10000 hoặc bộ truyền 10003) theo các phương án có thể truyền dữ liệu đám mây điểm được mã hóa (20002). Như được minh họa trên Fig.1, dữ liệu đám mây điểm được mã hóa có thể được biểu diễn bởi luồng bit hình học và luồng bit thuộc tính. Bên cạnh đó, dữ liệu đám mây điểm được mã hóa có thể được truyền trong dạng luồng bit cùng với thông tin phát tín hiệu liên quan đến việc mã hóa của dữ liệu đám mây điểm (ví dụ, thông tin phát tín hiệu liên quan đến việc mã hóa hình học và việc mã hóa thuộc tính). Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể đóng gói luồng bit mang dữ liệu đám mây điểm được mã

hóa và truyền video đám mây điểm (hoặc nội dung đám mây điểm) trong dạng tệp hoặc đoạn.

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ nhận 10005) theo các phương án có thể nhận luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm được mã hóa. Bên cạnh đó, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ nhận 10005) có thể tách kênh luồng bit.

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ giải mã video đám mây điểm 10005) có thể giải mã dữ liệu đám mây điểm được mã hóa (ví dụ, luồng bit hình học, luồng bit thuộc tính) được truyền trong luồng bit. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ giải mã video đám mây điểm 10005) có thể giải mã dữ liệu video đám mây điểm dựa trên thông tin phát tín hiệu liên quan đến việc mã hóa của dữ liệu video đám mây điểm được chứa trong luồng bit. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ giải mã video đám mây điểm 10005) có thể giải mã luồng bit hình học để tái tạo các vị trí (dạng hình học) của các điểm. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể tái tạo các thuộc tính của các điểm bằng cách giải mã luồng bit thuộc tính dựa trên dạng hình học được tái tạo. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ giải mã video đám mây điểm 10005) có thể tái tạo video đám mây điểm dựa trên các vị trí theo dạng hình học được tái tạo và các thuộc tính được giải mã.

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm theo các phương án (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ kết xuất 10007) có thể kết xuất dữ liệu đám mây điểm được giải mã (20004). Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ kết xuất 10007) có thể kết xuất dạng hình học và các thuộc tính được giải mã thông qua quy trình giải mã, sử dụng các phương pháp kết xuất khác nhau. Các điểm trong nội

dung đám mây điểm có thể được kết xuất thành đỉnh có độ dày nhất định, hình lập phương có kích cỡ tối thiểu cụ thể được định tâm trên vị trí đỉnh tương ứng, hoặc hình tròn được định tâm trên vị trí đỉnh tương ứng. Tất cả hoặc một phần của nội dung đám mây điểm được kết xuất sẽ được cung cấp cho người dùng thông qua bộ phận hiển thị (ví dụ, bộ phận hiển thị VR/AR, bộ phận hiển thị chung, v.v.).

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (ví dụ, thiết bị nhận 10004) theo các phương án có thể bảo mật thông tin phản hồi (20005). Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể mã hóa và/hoặc giải mã dữ liệu đám mây điểm dựa trên thông tin phản hồi. Thông tin phản hồi và hoạt động của hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm theo các phương án là giống với thông tin phản hồi và hoạt động được mô tả với sự tham khảo đến Fig.1, và vì thế phần mô tả chi tiết của chúng được lược bỏ.

Fig.3 minh họa quy trình chụp video đám mây điểm làm ví dụ theo các phương án.

Fig.3 minh họa quy trình chụp video đám mây điểm làm ví dụ của hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm được mô tả với sự tham khảo đến Fig.1 và Fig.2.

Nội dung đám mây điểm gồm video đám mây điểm (các hình ảnh và/hoặc các video) biểu diễn đối tượng và/hoặc môi trường được định vị trong các không gian 3D khác (ví dụ, không gian 3D biểu diễn môi trường thực, không gian 3D biểu diễn môi trường ảo, v.v.). Theo đó, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm theo các phương án có thể chụp video đám mây điểm nhờ sử dụng một hoặc nhiều camera (ví dụ, camera hồng ngoại có khả năng bảo mật thông tin độ sâu, camera RGB có khả năng trích xuất thông tin màu sắc tương ứng với thông tin độ sâu, v.v.), máy chiếu (ví dụ, máy chiếu mẫu hình hồng ngoại để bảo mật thông tin độ sâu), LiDAR, hoặc tương tự. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm theo các phương án có thể trích xuất hình dạng của dạng hình học gồm có các điểm trong không gian 3D từ thông tin độ sâu và trích xuất

các thuộc tính của mỗi điểm từ thông tin màu sắc để bảo mật dữ liệu đám mây điểm. Hình ảnh và/hoặc video theo các phương án có thể được chụp dựa trên ít nhất một kỹ thuật trong số kỹ thuật hướng vào trong và kỹ thuật hướng ra ngoài.

Phần bên trái trên Fig.3 minh họa kỹ thuật hướng vào trong. Kỹ thuật hướng vào trong đề cập đến kỹ thuật chụp các hình ảnh đối tượng trung tâm với một hoặc nhiều camera (hoặc các bộ cảm biến camera) được đặt quanh đối tượng trung tâm. Kỹ thuật hướng vào trong có thể được sử dụng để tạo ra nội dung đám mây điểm cung cấp hình ảnh 360 độ của đối tượng chủ chốt cho người dùng (ví dụ, nội dung VR/AR cung cấp hình ảnh 360 độ của đối tượng (ví dụ, đối tượng chủ chốt như là nhân vật, người chơi, đối tượng, hoặc diễn viên) cho người dùng).

Phần bên phải trên Fig.3 minh họa kỹ thuật hướng ra ngoài. Kỹ thuật hướng ra ngoài đề cập đến kỹ thuật chụp các hình ảnh môi trường của đối tượng trung tâm thay vì đối tượng trung tâm với một hoặc nhiều camera (hoặc các bộ cảm biến camera) được đặt quanh đối tượng trung tâm. Kỹ thuật hướng ra ngoài có thể được sử dụng để tạo ra nội dung đám mây điểm để cung cấp môi trường xung quanh mà xuất hiện từ điểm nhìn của người dùng (ví dụ, nội dung biểu diễn môi trường ngoài mà có thể được cung cấp cho người dùng của xe tự lái).

Như được thể hiện trên hình vẽ, nhưng nội dung đám mây điểm có thể được tạo ra dựa trên hoạt động chụp của một hoặc nhiều camera. Trong các trường hợp, hệ tọa độ có thể khác nhau giữa các camera, và theo đó hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể hiệu chuẩn một hoặc nhiều camera để thiết lập hệ tọa độ toàn cầu trước hoạt động chụp. Bên cạnh đó, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể tạo ra nội dung đám mây điểm bằng cách tổng hợp hình ảnh và/hoặc video tùy ý với hình ảnh và/hoặc video được chụp bởi kỹ thuật chụp được mô tả ở trên. Hệ thống cung cấp nội dung đám

mây điểm có thể không thực hiện hoạt động chụp được mô tả trên Fig.3 khi nó tạo ra nội dung đám mây điểm biểu diễn không gian ảo. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm theo các phương án có thể thực hiện việc xử lý sau trên hình ảnh và/hoặc video được chụp. Nói cách khác, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể loại bỏ khu vực không mong muốn (ví dụ, nền tảng), nhận diện không gian mà các hình ảnh và/hoặc các video được chụp được kết nối với, và, khi có lỗ hổng không gian, thì thực hiện hoạt động lấp đầy lỗ hổng không gian.

Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể tạo ra một mẫu của nội dung đám mây điểm bằng cách thực hiện việc biến đổi tọa độ trên các điểm của video đám mây điểm được bảo mật từ mỗi camera. Hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể thực hiện việc biến đổi tọa độ trên các điểm dựa trên các tọa độ của vị trí của mỗi camera. Theo đó, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể tạo ra nội dung biểu diễn một phạm vi rộng, hoặc có thể tạo ra nội dung đám mây điểm có mật độ cao của các điểm.

Fig.4 minh họa bộ mã hóa đám mây điểm làm ví dụ theo các phương án.

Fig.4 thể hiện ví dụ về bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1. Bộ mã hóa đám mây điểm tái tạo và mã hóa dữ liệu đám mây điểm (ví dụ, các vị trí và/hoặc các thuộc tính của các điểm) để điều chỉnh chất lượng của nội dung đám mây điểm (thành, ví dụ, không hao tổn, có hao tổn, hoặc gần như không hao tổn) theo điều kiện mạng hoặc các ứng dụng. Khi kích cỡ tổng thể của nội dung đám mây điểm lớn (ví dụ, nội dung đám mây điểm 60 Gbp được cung cấp cho 30 fp), thì hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể thất bại để phát luồng nội dung trong thời gian thực. Theo đó, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm có thể tái tạo nội dung đám mây điểm

dựa trên tốc độ bit mục tiêu tối đa để cung cấp nội dung đám mây điểm được tái tạo theo môi trường mạng hoặc tương tự.

Như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 và Fig.2, bộ mã hóa đám mây điểm có thể thực hiện việc mã hóa hình học và việc mã hóa thuộc tính. Việc mã hóa hình học được thực hiện trước việc mã hóa thuộc tính.

Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án gồm bộ biến đổi tọa độ (biến đổi các tọa độ) 40000, bộ lượng tử hóa (lượng tử hóa và loại bỏ các điểm (điểm ảnh ba chiều hóa)) 40001, bộ phân tích cây bát phân (phân tích cây bát phân) 40002, và bộ phân tích xấp xỉ bề mặt (phân tích bề mặt sự xấp xỉ) 40003, bộ mã hóa số học (mã hóa số học) 40004, bộ tái tạo hình học (tái tạo hình học) 40005, bộ biến đổi màu sắc (biến đổi các màu sắc) 40006, bộ biến đổi thuộc tính (biến đổi các thuộc tính) 40007, bộ biến đổi RAHT (RAHT) 40008, bộ tạo ra LOD (tạo ra LOD) 40009, bộ biến đổi nâng (nâng) 40010, bộ lượng tử hóa hệ số (lượng tử hóa các hệ số) 40011, và/hoặc bộ mã hóa số học (mã hóa số học) 40012.

Bộ biến đổi tọa độ 40000, bộ lượng tử hóa 40001, bộ phân tích cây bát phân 40002, bộ phân tích xấp xỉ bề mặt 40003, bộ mã hóa số học 40004, và bộ tái tạo hình học 40005 có thể thực hiện việc mã hóa hình học. Việc mã hóa hình học theo các phương án có thể gồm việc tạo mã hình học cây bát phân, việc tạo mã trực tiếp, việc mã hóa hình học trisoup, và việc mã hóa entropi. Việc tạo mã trực tiếp và việc mã hóa hình học trisoup được áp dụng một cách có chọn lọc hoặc trong dạng tổ hợp. Việc mã hóa hình học không bị giới hạn ở ví dụ được mô tả ở trên.

Như được thể hiện trên hình, bộ biến đổi tọa độ 40000 theo các phương án nhận các vị trí và biến đổi các vị trí thành các tọa độ. Ví dụ, các vị trí có thể được biến đổi thành thông tin vị trí trong không gian ba chiều (ví dụ, không gian ba chiều được biểu

diễn bởi hệ tọa độ XYZ). Thông tin vị trí trong không gian ba chiều theo các phương án có thể được gọi là thông tin hình học.

Bộ lượng tử hóa 40001 theo các phương án lượng tử hóa hình học. Ví dụ, bộ lượng tử hóa 40001 có thể lượng tử hóa các điểm dựa trên giá trị vị trí tối thiểu của tất cả các điểm (ví dụ, giá trị tối thiểu trên mỗi trục trong số các trục X, Y và Z). Bộ lượng tử hóa 40001 thực hiện hoạt động lượng tử hóa gồm việc nhân sự chênh lệch giữa giá trị vị trí tối thiểu và giá trị vị trí của mỗi điểm với giá trị định cỡ lượng tử hóa được thiết lập trước và sau đó tìm giá trị nguyên gần nhất bằng cách làm tròn giá trị giành được thông qua phép nhân. Vì thế, một hoặc nhiều điểm có thể có cùng vị trí được lượng tử hóa (hoặc giá trị vị trí). Bộ lượng tử hóa 40001 theo các phương án thực hiện việc điểm ảnh ba chiều hóa dựa trên các vị trí được lượng tử hóa để tái tạo các điểm được lượng tử hóa. Như trong trường hợp của điểm ảnh, vốn là đơn vị tối thiểu chứa thông tin hình ảnh/video 2D, thì các điểm của nội dung đám mây điểm (hoặc video đám mây điểm 3D) theo các phương án có thể được gồm trong một hoặc nhiều điểm ảnh ba chiều. Thuật ngữ điểm ảnh ba chiều, vốn là sự kết hợp của thể tích và điểm ảnh, đề cập đến không gian hình lập phương 3D được tạo ra khi không gian 3D được chia thành các đơn vị (đơn vị=1,0) dựa trên các trục biểu diễn không gian 3D (ví dụ, trục X, trục Y, và trục Z). Bộ lượng tử hóa 40001 có thể so khớp các nhóm của các điểm trong không gian 3D với các điểm ảnh ba chiều. Theo các phương án, một điểm ảnh ba chiều có thể chỉ gồm một điểm. Theo các phương án, một điểm ảnh ba chiều có thể gồm một hoặc nhiều điểm. Để trình bày một điểm ảnh ba chiều dưới dạng một điểm, thì vị trí của tâm của điểm ảnh ba chiều có thể được thiết lập dựa trên các vị trí của một hoặc nhiều điểm được gồm trong điểm ảnh ba chiều. Trong các trường hợp, các thuộc tính của tất cả các vị trí được gồm trong một điểm ảnh ba chiều có thể được tổ hợp và được gán cho điểm ảnh ba chiều.

Bộ phân tích cây bát phân 40002 theo các phương án thực hiện việc tạo mã hình học cây bát phân (hoặc việc tạo mã cây bát phân) để biểu thị các điểm ảnh ba chiều trong cấu trúc cây bát phân. Cấu trúc cây bát phân biểu diễn các điểm được so khớp với các điểm ảnh ba chiều, dựa trên cấu trúc cây bát phân.

Bộ phân tích xấp xỉ bề mặt 40003 theo các phương án có thể phân tích và làm xấp xỉ cây bát phân. Sự phân tích và làm xấp xỉ cây bát phân theo các phương án là quy trình phân tích vùng chứa nhiều điểm để cung cấp một cách hiệu quả cây bát phân và việc điểm ảnh ba chiều hóa.

Bộ mã hóa số học 40004 theo các phương án thực hiện việc mã hóa entropi trên cây bát phân và/hoặc cây bát phân được làm xấp xỉ. Ví dụ, sơ đồ mã hóa gồm việc mã hóa số học. Theo kết quả của việc mã hóa, thì luồng bit hình học được tạo ra.

Bộ biến đổi màu sắc 40006, bộ biến đổi thuộc tính 40007, bộ biến đổi RAHT 40008, bộ tạo ra LOD 40009, bộ biến đổi nâng 40010, bộ lượng tử hóa hệ số 40011, và/hoặc bộ mã hóa số học 40012 thực hiện việc mã hóa thuộc tính. Như được mô tả ở trên, một điểm có thể có một hoặc nhiều thuộc tính. Việc mã hóa thuộc tính theo các phương án được áp dụng một cách tương tự cho các thuộc tính mà một điểm có. Tuy nhiên, khi thuộc tính (ví dụ, màu sắc) gồm một hoặc nhiều phần tử, thì việc mã hóa thuộc tính được áp dụng một cách độc lập cho mỗi phần tử. Việc mã hóa thuộc tính theo các phương án gồm việc tạo mã biến đổi màu sắc, việc tạo mã biến đổi thuộc tính, việc tạo mã biến đổi phân cấp thích ứng vùng (Region Adaptive Hierarchical Transform, RAHT), việc tạo mã dự đoán gần nhất-lân cận phân cấp dựa trên việc nội suy (biến đổi dự đoán), và việc tạo mã dự đoán gần nhất-lân cận phân cấp dựa trên việc nội suy với bước cập nhật/nâng (biến đổi nâng). Phụ thuộc vào nội dung đám mây điểm, thì việc tạo mã RAHT, việc tạo mã biến đổi dự đoán và việc tạo mã biến đổi nâng được mô tả ở trên

có thể được sử dụng một cách có chọn lọc, hoặc tổ hợp của một hoặc nhiều sơ đồ trong số các sơ đồ tạo mã có thể được sử dụng. Việc mã hóa thuộc tính theo các phương án không bị giới hạn ở ví dụ được mô tả ở trên.

Bộ biến đổi màu sắc 40006 theo các phương án màu sắc thực hiện việc tạo mã biến đổi để biến đổi các giá trị màu sắc (hoặc các kết cấu) được gồm trong các thuộc tính. Ví dụ, bộ biến đổi màu sắc 40006 có thể biến đổi định dạng của thông tin màu sắc (ví dụ, từ RGB thành YCbCr). Hoạt động của bộ biến đổi màu sắc 40006 theo các phương án có thể được áp dụng theo cách tùy chọn theo các giá trị màu sắc được gồm trong các thuộc tính.

Bộ tái tạo hình học 40005 theo các phương án tái tạo (giải nén) cây bát phân và/hoặc cây bát phân được làm xấp xỉ. Bộ tái tạo hình học 40005 tái tạo cây bát phân/các điểm ảnh ba chiều dựa trên kết quả của việc phân tích sự phân bố của các điểm. Cây bát phân/các điểm ảnh ba chiều được tái tạo có thể được gọi là dạng hình học được tái tạo (dạng hình học được phục hồi).

Bộ biến đổi thuộc tính 40007 theo các phương án thực hiện việc biến đổi thuộc tính để biến đổi các thuộc tính dựa trên dạng hình học được tái tạo và/hoặc các vị trí mà việc mã hóa hình học không được thực hiện trên đó. Như được mô tả ở trên, vì các thuộc tính bị phụ thuộc vào dạng hình học, nên bộ biến đổi thuộc tính 40007 có thể biến đổi các thuộc tính dựa trên thông tin hình học được tái tạo. Ví dụ, dựa trên giá trị vị trí của điểm được gồm trong điểm ảnh ba chiều, thì bộ biến đổi thuộc tính 40007 có thể biến đổi thuộc tính của điểm tại vị trí. Như được mô tả ở trên, khi vị trí của tâm của điểm ảnh ba chiều được thiết lập dựa trên các vị trí của một hoặc nhiều điểm được gồm trong điểm ảnh ba chiều, thì bộ biến đổi thuộc tính 40007 biến đổi các thuộc tính của một hoặc

nhiều điểm. Khi việc mã hóa hình học trisoup được thực hiện, thì bộ biến đổi thuộc tính 40007 có thể biến đổi các thuộc tính dựa trên việc mã hóa hình học trisoup.

Bộ biến đổi thuộc tính 40007 có thể thực hiện việc biến đổi thuộc tính bằng cách tính toán số trung bình của các thuộc tính hoặc các giá trị thuộc tính của các điểm lân cận (ví dụ, màu sắc hoặc hệ số phản xạ của mỗi điểm) trong vị trí/bán kính cụ thể từ vị trí (hoặc giá trị vị trí) của tâm của mỗi điểm ảnh ba chiều. Bộ biến đổi thuộc tính 40007 có thể áp dụng trọng số theo khoảng cách từ tâm đến mỗi điểm khi tính toán số trung bình. Theo đó, mỗi điểm ảnh ba chiều có vị trí và thuộc tính được tính toán (hoặc giá trị thuộc tính).

Bộ biến đổi thuộc tính 40007 có thể tìm kiếm các điểm lân cận có mặt trong vị trí/bán kính cụ thể từ vị trí của tâm của mỗi điểm ảnh ba chiều dựa trên cây K-D hoặc mã Morton. Cây K-D là cây tìm kiếm nhị phân và hỗ trợ cấu trúc dữ liệu có khả năng quản lý các điểm dựa trên các vị trí sao cho việc tìm kiếm lân cận gần nhất (Nearest Neighbor Search, NNS) có thể được thực hiện một cách nhanh chóng. Mã Morton được tạo ra bằng cách biểu thị các tọa độ (ví dụ, (x, y, z)) biểu diễn các vị trí 3D của tất cả các điểm dưới dạng các giá trị bit và trộn lẫn các bit. Ví dụ, khi các tọa độ biểu diễn vị trí của điểm là $(5, 9, 1)$, thì các giá trị bit cho các tọa độ là $(0101, 1001, 0001)$. Việc trộn lẫn các giá trị bit theo chỉ số bit theo thứ tự z, y , và x sinh ra 010001000111 . Giá trị này được trình bày dưới dạng số thập phân của 1095. Nghĩa là, giá trị mã Morton của điểm có các tọa độ $(5, 9, 1)$ là 1095. Bộ biến đổi thuộc tính 40007 có thể xếp thứ tự các điểm dựa trên các giá trị mã Morton và thực hiện NNS thông qua quy trình duyệt theo độ sâu trước tiên. Sau hoạt động biến đổi thuộc tính, thì cây K-D hoặc mã Morton được sử dụng khi NNS được cần trong một quy trình biến đổi khác cho việc tạo mã thuộc tính.

Như được thể hiện trên hình vẽ, nhưng các thuộc tính được biến đổi được nhập vào bộ biến đổi RAHT 40008 và/hoặc bộ tạo ra LOD 40009.

Bộ biến đổi RAHT 40008 theo các phương án thực hiện việc tạo mã RAHT để dự đoán thông tin thuộc tính dựa trên thông tin hình học được tái tạo. Ví dụ, bộ biến đổi RAHT 40008 có thể dự đoán thông tin thuộc tính của nút tại mức cao hơn trong cây bát phân dựa trên thông tin thuộc tính được liên kết với nút tại mức thấp hơn trong cây bát phân.

Bộ tạo ra LOD 40009 theo các phương án tạo ra mức chi tiết (Level Of Detail, LOD) để thực hiện việc tạo mã biến đổi dự đoán. LOD theo các phương án là mức độ chi tiết của nội dung đám mây điểm. Khi giá trị LOD giảm, thì nó chỉ ra rằng mức độ của nội dung đám mây điểm bị xuống cấp. Khi giá trị LOD tăng, thì nó chỉ ra rằng mức độ của nội dung đám mây điểm được tăng cường. Các điểm có thể được phân loại bởi LOD.

Bộ biến đổi nâng 40010 theo các phương án thực hiện việc tạo mã biến đổi nâng để biến đổi các thuộc tính đám mây điểm dựa trên các trọng số. Như được mô tả ở trên, việc tạo mã biến đổi nâng có thể được áp dụng theo cách tùy chọn.

Bộ lượng tử hóa hệ số 40011 theo các phương án lượng tử hóa các thuộc tính được tạo mã theo thuộc tính dựa trên các hệ số.

Bộ mã hóa số học 40012 theo các phương án mã hóa các thuộc tính được lượng tử hóa dựa trên việc tạo mã số học.

Mặc dù không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng các phần tử của bộ mã hóa đám mây điểm trên Fig.4 có thể được triển khai bởi phân cứng gồm một hoặc nhiều bộ xử lý hoặc các mạch được tích hợp mà được tạo cấu hình để truyền thông với một hoặc nhiều

bộ nhớ được gồm trong đám mây điểm cung cấp thiết bị, phần mềm, phần sụn, hoặc tổ hợp của chúng. Một hoặc nhiều bộ xử lý có thể thực hiện ít nhất một hoạt động hoặc chức năng trong số các hoạt động và/hoặc các chức năng của các phần tử của bộ mã hóa đám mây điểm trên Fig.4 được mô tả ở trên. Theo cách bổ sung, một hoặc nhiều bộ xử lý có thể làm hoạt động hoặc thực thi tập hợp của các chương trình phần mềm và/hoặc các lệnh để thực hiện các hoạt động và/hoặc các chức năng của các phần tử của bộ mã hóa đám mây điểm trên Fig.4. Một hoặc nhiều bộ nhớ theo các phương án có thể gồm bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên tốc độ cao, hoặc gồm bộ nhớ bất khả biến (ví dụ, một hoặc nhiều thiết bị lưu trữ đĩa từ, thiết bị nhớ tác động nhanh (flash), hoặc các thiết bị nhớ trạng thái rắn bất khả biến khác).

Fig.5 thể hiện ví dụ về các điểm ảnh ba chiều theo các phương án.

Fig.5 thể hiện các điểm ảnh ba chiều được đặt trong không gian 3D được biểu diễn bởi hệ tọa độ gồm có ba trục, vốn là trục X, trục Y, và trục Z. Như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.4, bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ lượng tử hóa 40001) có thể thực hiện việc điểm ảnh ba chiều hóa. Điểm ảnh ba chiều đề cập đến không gian hình lập phương 3D được tạo ra khi không gian 3D được chia thành các đơn vị (đơn vị=1,0) dựa trên các trục biểu diễn không gian 3D (ví dụ, trục X, trục Y, và trục Z). Fig.5 thể hiện ví dụ về các điểm ảnh ba chiều được tạo ra thông qua cấu trúc cây bát phân mà trong đó hộp giới hạn được căn chỉnh theo trục dạng hình lập phương được định rõ bởi hai cực (0, 0, 0) và (2d, 2d, 2d) được chia nhỏ theo cách đệ quy. Một điểm ảnh ba chiều gồm ít nhất một điểm. Các tọa độ không gian của điểm ảnh ba chiều có thể được ước lượng từ mối quan hệ theo vị trí với nhóm điểm ảnh ba chiều. Như được mô tả ở trên, điểm ảnh ba chiều có thuộc tính (như là màu sắc hoặc hệ số phản xạ) giống như các điểm ảnh của hình ảnh/video 2D. Các chi tiết của điểm ảnh ba chiều là giống

với các chi tiết của điểm ảnh ba chiều được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4, và do đó phần mô tả của chúng được lược bỏ.

Fig.6 thể hiện ví dụ về nút cây bát phân và chiếm giữ theo các phương án.

Như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.4, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm (bộ mã hóa video đám mây điểm 10002) hoặc bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ phân tích cây bát phân 40002) thực hiện việc tạo mã hình học cây bát phân (hoặc việc tạo mã cây bát phân) dựa trên cấu trúc cây bát phân để quản lý một cách hiệu quả vùng và/hoặc vị trí của điểm ảnh ba chiều.

Phần trên trên Fig.6 thể hiện cấu trúc cây bát phân. Không gian 3D của nội dung đám mây điểm theo các phương án được biểu diễn bởi các trục (ví dụ, trục X, trục Y, và trục Z) của hệ tọa độ. Cấu trúc cây bát phân được tạo nên bằng cách chia nhỏ đệ quy hộp giới hạn được căn chỉnh theo trục dạng hình lập phương được định rõ bởi hai cực (0, 0, 0) và (2d, 2d, 2d). Ở đây, 2d có thể được thiết lập thành giá trị cấu thành hộp giới hạn nhỏ nhất bao quanh tất cả các điểm của nội dung đám mây điểm (hoặc video đám mây điểm). Ở đây, d miêu tả độ sâu của cây bát phân. Giá trị của d được xác định trong phương trình sau đây. Trong phương trình sau đây, (xintn, yintn, zintn) miêu tả các vị trí (hoặc các giá trị vị trí) của các điểm được lượng tử hóa.

$$d = \text{Ceil} \left(\log_2 (\text{Max}(x_n^{\text{int}}, y_n^{\text{int}}, z_n^{\text{int}}, n = 1, \dots, N) + 1) \right)$$

Như được thể hiện trong phần giữa của phần trên trên Fig.6, toàn bộ không gian 3D có thể được chia thành tám không gian theo việc phân vùng. Mỗi không gian được chia sẽ được biểu diễn bởi hình lập phương với sáu mặt. Như được thể hiện trong phần bên phải bên trên ở trên Fig.6, thì mỗi không gian trong số tám không gian được chia một lần nữa dựa trên các trục của hệ tọa độ (ví dụ, trục X, trục Y, và trục Z). Theo đó, mỗi không gian được chia thành tám không gian nhỏ hơn. Không gian được chia nhỏ

hơn cũng được biểu diễn bởi hình lập phương với sáu mặt. Sơ đồ phân vùng này được áp dụng cho đến khi nút lá của cây bát phân trở thành điểm ảnh ba chiều.

Phần dưới trên Fig.6 thể hiện mã chiếm giữ cây bát phân. Mã chiếm giữ của cây bát phân được tạo ra để chỉ ra việc liệu mỗi không gian trong số tám không gian được chia có được tạo ra bằng cách chia một không gian chứa ít nhất một điểm hay không. Theo đó, mã chiếm giữ đơn được biểu diễn bởi tám nút con. Mỗi nút con biểu diễn sự chiếm giữ của không gian được chia, và nút con có giá trị trong 1 bit. Theo đó, mã chiếm giữ được biểu diễn dưới dạng mã 8-bit. Nghĩa là, khi ít nhất một điểm được chứa trong không gian tương ứng với nút con, thì nút được gán giá trị của 1. Khi không có điểm nào được chứa trong không gian tương ứng với nút con (không gian là rỗng), thì nút được gán giá trị 0. Vì mã chiếm giữ được thể hiện trên Fig.6 là 00100001, nên nó chỉ ra rằng các không gian tương ứng với nút con thứ ba và nút con thứ tám trong số tám nút con mà mỗi nút con chứa ít nhất một điểm. Như được thể hiện trên hình, mỗi nút con trong số nút con thứ ba và nút con thứ tám có tám nút con, và các nút con được biểu diễn bởi mã chiếm giữ 8-bit. Hình thể hiện rằng mã chiếm giữ của nút con thứ ba là 10000111, và mã chiếm giữ của nút con thứ tám là 01001111. Bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ mã hóa số học 40004) theo các phương án có thể thực hiện việc mã hóa entropi trên các mã chiếm giữ. Để tăng hiệu quả nén, thì bộ mã hóa đám mây điểm có thể thực hiện việc tạo mã trong ảnh/liên ảnh trên các mã chiếm giữ. Thiết bị nhận (ví dụ, thiết bị nhận 10004 hoặc bộ giải mã video đám mây điểm 10006) theo các phương án tái tạo cây bát phân dựa trên các mã chiếm giữ.

Bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ mã hóa đám mây điểm trên Fig.4 hoặc bộ phân tích cây bát phân 40002) theo các phương án có thể thực hiện việc điểm ảnh ba chiều hóa và việc tạo mã cây bát phân để lưu trữ các vị trí của các điểm. Tuy nhiên, các

điểm không phải lúc nào cũng được phân bố một cách đồng đều trong không gian 3D, và theo đó có thể có vùng cụ thể mà ít điểm hơn có mặt trong đó. Theo đó, sẽ không hiệu quả khi thực hiện việc điểm ảnh ba chiều hóa cho toàn bộ không gian 3D. Ví dụ, khi vùng cụ thể chứa ít điểm, thì việc điểm ảnh ba chiều hóa không cần được thực hiện trong vùng cụ thể.

Theo đó, đối với vùng cụ thể được mô tả ở trên (hoặc nút khác với nút lá của cây bát phân), thì bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể bỏ qua việc điểm ảnh ba chiều hóa và thực hiện việc tạo mã trực tiếp để tạo mã một cách trực tiếp các vị trí của các điểm được gồm trong vùng cụ thể. Các tọa độ của điểm tạo mã trực tiếp theo các phương án được gọi là chế độ tạo mã trực tiếp (Direct Coding Mode, DCM). Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án cũng có thể thực hiện việc mã hóa hình học trisoup, để tái tạo các vị trí của các điểm trong vùng cụ thể (hoặc nút) dựa trên các điểm ảnh ba chiều, dựa trên mô hình bề mặt. Việc mã hóa hình học trisoup là việc mã hóa hình học mà biểu diễn đối tượng dưới dạng một loạt các lưới hình tam giác. Theo đó, bộ giải mã đám mây điểm có thể tạo ra đám mây điểm từ bề mặt lưới. Việc tạo mã trực tiếp và việc mã hóa hình học trisoup theo các phương án có thể được thực hiện một cách có chọn lọc. Bên cạnh đó, việc tạo mã trực tiếp và việc mã hóa hình học trisoup theo các phương án có thể được thực hiện trong tổ hợp với việc tạo mã hình học cây bát phân (hoặc việc tạo mã cây bát phân).

Để thực hiện việc tạo mã trực tiếp, thì tùy chọn để sử dụng chế độ trực tiếp để áp dụng việc tạo mã trực tiếp nên được kích hoạt. Nút mà việc tạo mã trực tiếp cần được áp dụng vào đó không phải là nút lá, và các điểm nhỏ hơn ngưỡng nên có mặt trong nút cụ thể. Bên cạnh đó, tổng số các điểm mà việc tạo mã trực tiếp cần được áp dụng vào đó không nên vượt quá ngưỡng được thiết lập trước. Khi các điều kiện ở trên được đáp

ứng, thì bộ mã hóa đám mây điểm (hoặc bộ mã hóa số học 40004) theo các phương án có thể thực hiện việc tạo mã entropi trên các vị trí (hoặc các giá trị vị trí) của các điểm.

Bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ phân tích xấp xỉ bề mặt 40003) theo các phương án có thể xác định mức cụ thể của cây bát phân (mức nhỏ hơn độ sâu d của cây bát phân), và mô hình bề mặt có thể được sử dụng bắt đầu với mức đó để thực hiện việc mã hóa hình học trisoup để tái tạo các vị trí của các điểm trong vùng của nút dựa trên các điểm ảnh ba chiều (chế độ trisoup). Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể chỉ rõ mức mà tại đó thì việc mã hóa hình học trisoup cần được áp dụng. Ví dụ, khi mức cụ thể bằng độ sâu của cây bát phân, bộ mã hóa đám mây điểm không hoạt động trong chế độ trisoup. Nói cách khác, bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể làm hoạt động trong chế độ trisoup chỉ khi mức được chỉ rõ nhỏ hơn giá trị của độ sâu của cây bát phân. Vùng hình lập phương 3D của các nút tại mức được chỉ rõ theo các phương án được gọi là khối. Một khối có thể gồm một hoặc nhiều điểm ảnh ba chiều. Khối hoặc điểm ảnh ba chiều có thể tương ứng với viên gạch. Dạng hình học được biểu diễn dưới dạng bề mặt trong mỗi khối. Bề mặt theo các phương án có thể giao với mỗi cạnh của khối nhiều nhất một lần.

Một khối có 12 cạnh, và theo đó có ít nhất 12 giao điểm trong một khối. Mỗi giao điểm được gọi là đỉnh (hoặc chóp). Đỉnh có mặt dọc theo cạnh được phát hiện khi có ít nhất một điểm ảnh ba chiều bị chiếm giữ liên kề với cạnh trong số tất cả các khối chia sẻ cạnh này. Điểm ảnh ba chiều bị chiếm giữ theo các phương án đề cập đến điểm ảnh ba chiều chứa điểm. Vị trí của đỉnh được phát hiện dọc theo cạnh là vị trí trung bình dọc theo cạnh của tất cả các điểm ảnh ba chiều liên kề với cạnh trong số tất cả các khối chia sẻ cạnh này.

Lúc đỉnh được phát hiện, thì bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể thực hiện việc mã hóa entropi trên điểm bắt đầu (x, y, z) của cạnh, vectơ hướng (Δx , Δy , Δz) của cạnh, và giá trị vị trí đỉnh (giá trị vị trí tương đối trong cạnh). Khi việc mã hóa hình học trisoup được áp dụng, thì bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án (ví dụ, bộ tái tạo hình học 40005) có thể tạo ra dạng hình học được phục hồi (dạng hình học được tái tạo) bằng cách thực hiện các quy trình tái tạo tam giác, lấy mẫu lên, và điểm ảnh ba chiều hóa.

Các đỉnh được đặt tại cạnh của khối xác định bề mặt mà đi qua khối. Bề mặt theo các phương án là đa giác không phẳng. Trong quy trình tạo tái tạo tam giác, thì bề mặt được biểu diễn bởi hình tam giác được tái tạo dựa trên điểm bắt đầu của cạnh, vectơ hướng của cạnh, và các giá trị vị trí của các đỉnh. Quy trình tạo tái tạo tam giác được thực hiện bằng cách: i) tính toán giá trị trọng tâm của mỗi đỉnh, ii) trừ tâm giá trị khối mỗi giá trị đỉnh, và iii) ước lượng tổng của các bình phương của các giá trị giành được bằng cách trừ.

$$\text{i) } \begin{bmatrix} \mu_x \\ \mu_y \\ \mu_z \end{bmatrix} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} \quad \text{ii) } \begin{bmatrix} \bar{x}_i \\ \bar{y}_i \\ \bar{z}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mu_x \\ \mu_y \\ \mu_z \end{bmatrix} \quad \text{iii) } \begin{bmatrix} \sigma_x^2 \\ \sigma_y^2 \\ \sigma_z^2 \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} \bar{x}_i^2 \\ \bar{y}_i^2 \\ \bar{z}_i^2 \end{bmatrix}$$

Giá trị tối thiểu của tổng được ước lượng, và quy trình chiếu được thực hiện theo trục với giá trị tối thiểu. Ví dụ, khi phần tử x là tối thiểu, thì mỗi đỉnh được chiếu trên trục x đối với tâm của khối, và được chiếu trên mặt phẳng (y, z). Khi các giá trị giành được thông qua việc chiếu trên mặt phẳng (y, z) là (a_i, b_i), thì giá trị của θ được ước lượng thông qua atan2(b_i, a_i), và các đỉnh được xếp thứ tự dựa trên giá trị của θ . Bảng dưới đây thể hiện tổ hợp của các đỉnh để tạo nên hình tam giác theo số lượng các đỉnh. Các đỉnh được xếp thứ tự từ 1 đến n. Bảng dưới đây thể hiện rằng đối với bốn đỉnh, hai hình tam giác có thể được tạo dựng theo các tổ hợp của các đỉnh. Hình tam giác thứ nhất

có thể gồm có các đỉnh 1, 2, và 3 trong số các đỉnh được xếp thứ tự, và hình tam giác thứ hai có thể gồm có các đỉnh 3, 4, và 1 trong số các đỉnh được xếp thứ tự.

Bảng 2-1 Các hình tam giác được tạo thành từ các đỉnh được xếp thứ tự $1, \dots, n$
n các hình tam giác

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)

Quy trình lấy mẫu lên được thực hiện để cộng các điểm trong phần giữa dọc theo cạnh của hình tam giác và thực hiện việc điểm ảnh ba chiều hóa. Các điểm được cộng được tạo ra dựa trên hệ số lấy mẫu lên và chiều rộng của khối. Các điểm được cộng được gọi là các đỉnh được tinh chỉnh. Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể điểm ảnh ba chiều hóa các đỉnh được tinh chỉnh. Bên cạnh đó, bộ mã hóa đám mây điểm có thể thực hiện việc mã hóa thuộc tính dựa trên các vị trí được điểm ảnh ba chiều hóa (hoặc các giá trị vị trí).

Fig.7 thể hiện ví dụ về mẫu hình nút lân cận theo các phương án.

Để tăng hiệu quả nén của video đám mây điểm, bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể thực hiện việc tạo mã entropi dựa trên việc tạo mã số học thích ứng ngữ cảnh.

Như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.6, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm hoặc bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002, bộ mã hóa đám mây điểm hoặc bộ mã hóa số học 40004 trên Fig.4) có thể thực hiện việc tạo mã entropi trên mã chiếm giữ ngay lập tức. Bên cạnh đó, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm hoặc bộ mã hóa đám mây điểm có thể thực hiện việc mã hóa entropi (việc mã hóa trong ảnh) dựa trên mã chiếm giữ của nút hiện tại và sự chiếm giữ của các nút lân cận, hoặc thực hiện việc mã hóa entropi (việc mã hóa liên ảnh) dựa trên mã chiếm giữ của khung trước đó. Khung theo các phương án biểu diễn tập hợp của các video đám mây điểm được tạo ra tại cùng một thời điểm. Hiệu quả nén của việc mã hóa trong ảnh/việc mã hóa liên ảnh theo các phương án có thể phụ thuộc vào số lượng các nút lân cận mà được tham chiếu. Khi các bit tăng, thì hoạt động trở nên phức tạp, nhưng việc mã hóa có thể bị lệch về một phía, vốn có thể tăng hiệu quả nén. Ví dụ, khi ngữ cảnh 3-bit được cho, thì việc tạo mã cần được thực hiện nhờ sử dụng các phương pháp $2^3 = 8$. Phần được chia để tạo mã ảnh hưởng đến độ phức tạp của cách triển khai. Theo đó, nó là cần thiết để thỏa mãn mức thích hợp của hiệu quả nén và độ phức tạp.

Fig.7 minh họa quy trình giành được mẫu hình chiếm giữ dựa trên sự chiếm giữ của các nút lân cận. Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án xác định sự chiếm giữ của các nút lân cận của mỗi nút của cây bát phân và giành được giá trị của mẫu hình lân cận. Mẫu hình nút lân cận được sử dụng để suy ra mẫu hình chiếm giữ của nút. Phần

trên trên Fig.7 thể hiện hình lập phương tương ứng với nút (hình lập phương được đặt trong phần giữa) và sáu hình lập phương (các nút lân cận) chia sẻ ít nhất một mặt với hình lập phương. Các nút được thể hiện trên hình là các nút có cùng độ sâu. Các số được thể hiện trên hình biểu diễn các trọng số (1, 2, 4, 8, 16, và 32) được liên kết với sáu nút, một cách tương ứng. Các trọng số được gán một cách tuần tự theo các vị trí của các nút lân cận.

Phần bên phải trên Fig.7 thể hiện mẫu hình nút lân cận các giá trị. Giá trị mẫu hình nút lân cận là tổng của các giá trị được nhân với trọng số của nút lân cận bị chiếm giữ (nút lân cận có điểm). Theo đó, mẫu hình nút lân cận các giá trị là 0 đến 63. Khi giá trị mẫu hình nút lân cận là 0, thì nó chỉ ra rằng không có nút có điểm (không có nút bị chiếm giữ) trong số các nút lân cận của nút. Khi giá trị mẫu hình nút lân cận là 63, thì nó chỉ ra rằng tất cả các nút lân cận là các nút bị chiếm giữ. Như được thể hiện trên hình vẽ, nhưng vì các nút lân cận mà các trọng số 1, 2, 4, và 8 được gán cho nó là các nút bị chiếm giữ, giá trị mẫu hình nút lân cận là 15, thì tổng của 1, 2, 4, và 8. Bộ mã hóa đám mây điểm có thể thực hiện việc tạo mã theo giá trị mẫu hình nút lân cận (ví dụ, khi giá trị mẫu hình nút lân cận là 63, thì 64 kiểu tạo mã có thể được thực hiện). Theo các phương án, bộ mã hóa đám mây điểm có thể làm giảm độ phức tạp tạo mã bằng cách thay đổi giá trị mẫu hình nút lân cận (ví dụ, dựa trên bảng mà theo đó thì 64 được thay đổi thành 10 hoặc 6).

Fig.8 minh họa ví dụ về cấu hình điểm trong mỗi LOD theo các phương án.

Như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.7, dạng hình học được mã hóa được tái tạo (được giải nén) trước khi việc mã hóa thuộc tính được thực hiện. Khi việc tạo mã trực tiếp được áp dụng, thì hoạt động tái tạo hình học có thể gồm thay đổi sự sắp đặt của các điểm được tạo mã trực tiếp (ví dụ, sắp đặt các điểm được tạo

mã trực tiếp ở đằng trước dữ liệu đám mây điểm). Khi việc mã hóa hình học trisoup được áp dụng, thì quy trình tái tạo hình học được thực hiện thông qua việc tái tạo tam giác, việc lấy mẫu lên, và việc điểm ảnh ba chiều hóa. Vì thuộc tính phụ thuộc vào dạng hình học, nên việc mã hóa thuộc tính được thực hiện dựa trên dạng hình học được tái tạo.

Bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ tạo ra LOD 40009) có thể phân loại (tổ chức lại) các điểm bởi LOD. Hình thể hiện nội dung đám mây điểm tương ứng với các LOD. Ảnh ngoài cùng bên trái trên hình biểu diễn nội dung đám mây điểm gốc. Ảnh thứ hai từ phần bên trái của hình biểu diễn sự phân bố của các điểm trong LOD nhỏ nhất, và ảnh ngoài cùng bên phải trên hình biểu diễn sự phân bố của các điểm trong LOD cao nhất. Nghĩa là, các điểm trong LOD nhỏ nhất được phân bố một cách thưa thớt, và các điểm trong LOD cao nhất được phân bố một cách dày đặc. Nghĩa là, khi LOD nâng lên theo hướng được trỏ bởi mũi tên được chỉ ra tại phần dưới cùng của hình, thì không gian (hoặc khoảng cách) giữa các điểm được thu hẹp.

Fig.9 minh họa ví dụ về cấu hình điểm cho mỗi LOD theo các phương án.

Như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.8, hệ thống cung cấp nội dung đám mây điểm, hoặc bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002, bộ mã hóa đám mây điểm trên Fig.4, hoặc bộ tạo ra LOD 40009) có thể tạo ra LOD. LOD được tạo ra bằng cách tổ chức lại các điểm thành tập hợp của các mức tinh chỉnh theo tập hợp của giá trị khoảng cách LOD (hoặc tập hợp của các khoảng cách O-clit). Quy trình tạo ra LOD được thực hiện không chỉ bởi bộ mã hóa đám mây điểm, mà còn bởi bộ giải mã đám mây điểm.

Phần trên trên Fig.9 thể hiện các ví dụ (P0 đến P9) về các điểm của nội dung đám mây điểm được phân bố trong không gian 3D. Trên Fig.9, thứ tự gốc biểu diễn thứ tự

của các điểm P0 đến P9 trước việc tạo ra LOD. Trên Fig.9, thứ tự dựa trên LOD biểu diễn thứ tự của các điểm theo việc tạo ra LOD. Các điểm được tổ chức lại bởi LOD. Ngoài ra, LOD cao chứa các điểm thuộc về các LOD thấp. Như được thể hiện trên Fig.9, LOD0 chứa P0, P5, P4 và P2. LOD1 chứa các điểm của LOD0, P1, P6 và P3. LOD2 chứa các điểm của LOD0, các điểm của LOD1, P9, P8 và P7.

Như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.4, bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể thực hiện việc tạo mã biến đổi dự đoán, việc tạo mã biến đổi nâng, và việc tạo mã biến đổi RAHT một cách có chọn lọc hoặc trong dạng tổ hợp.

Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể tạo ra bộ dự đoán cho các điểm để thực hiện việc tạo mã biến đổi dự đoán để thiết lập thuộc tính được dự đoán (hoặc giá trị thuộc tính được dự đoán) của mỗi điểm. Nghĩa là, N bộ dự đoán có thể được tạo ra cho N điểm. Bộ dự đoán theo các phương án có thể tính toán trọng số ($=1/\text{khoảng cách}$) dựa trên giá trị LOD của mỗi điểm, lập chỉ số thông tin về các điểm lân cận có mặt trong khoảng cách được thiết lập cho mỗi LOD, và khoảng cách đến các điểm lân cận.

Thuộc tính được dự đoán (hoặc giá trị thuộc tính) theo các phương án được thiết lập thành số trung bình của các giá trị giành được bằng cách nhân các thuộc tính (hoặc các giá trị thuộc tính) (ví dụ, màu sắc, hệ số phản xạ, v.v.) của tập hợp các điểm lân cận trong bộ dự đoán của mỗi điểm với trọng số (hoặc giá trị trọng số) được tính toán dựa trên khoảng cách đến mỗi điểm lân cận. Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án (ví dụ, bộ lượng tử hóa hệ số 40011) có thể lượng tử hóa và lượng tử hóa theo kiểu ngược các phần dư (có thể được gọi là các thuộc tính dư, các giá trị thuộc tính dư, hoặc các phần dư dự đoán thuộc tính) giành được bằng cách trừ thuộc tính được dự đoán (giá

trị thuộc tính) từ thuộc tính (giá trị thuộc tính) của mỗi điểm. Quy trình lượng tử hóa được tạo cấu hình như được thể hiện trong bảng sau đây.

Bảng Mã giả lượng tử hóa các phần dư dự đoán thuộc tính

```
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);
    }
}
```

Bảng Mã giả lượng tử hóa ngược các phần dư dự đoán thuộc tính

```
Int PCCInverseQuantization(int value, int quantStep) {
    if( quantStep ==0) {
        return value;
    } else {
        return value * quantStep;
    }
}
```

Khi bộ dự đoán của mỗi điểm có các điểm lân cận, thì bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ mã hóa số học 40012) theo các phương án có thể thực hiện việc tạo mã entropi trên các giá trị dư được lượng tử hóa và được lượng tử hóa theo kiểu ngược như được mô tả ở trên. Khi bộ dự đoán của mỗi điểm không có điểm lân cận, thì bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án (ví dụ, bộ mã hóa số học 40012) có thể thực hiện việc tạo

mã entropi trên các thuộc tính của điểm tương ứng mà không cần thực hiện hoạt động được mô tả ở trên.

Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án (ví dụ, bộ biến đổi nâng 40010) có thể tạo ra bộ dự đoán của mỗi điểm, thiết lập LOD được tính toán và đăng ký các điểm lân cận trong bộ dự đoán, và thiết lập các trọng số theo các khoảng cách đến các điểm lân cận để thực hiện việc tạo mã biến đổi nâng. Việc tạo mã biến đổi nâng theo các phương án là tương tự với việc tạo mã biến đổi dự đoán được mô tả ở trên, nhưng khác ở chỗ là các trọng số được áp dụng theo kiểu lũy tích cho các giá trị thuộc tính. Quy trình áp dụng theo kiểu lũy tích các trọng số cho các giá trị thuộc tính theo các phương án được tạo cấu hình như sau.

1) Tạo nên trọng số lượng tử hóa (Quantization Weight, QW) mảng để lưu trữ giá trị trọng số của mỗi điểm. Giá trị ban đầu của tất cả các phần tử của QW là 1,0. Nhân các giá trị QW của các chỉ số bộ dự đoán của các nút lân cận được đăng ký trong bộ dự đoán với trọng số của bộ dự đoán của điểm hiện tại, và cộng các giá trị giành được bởi phép nhân.

2) Quy trình dự đoán nâng: Trừ giá trị giành được bằng cách nhân giá trị thuộc tính của điểm với trọng số khỏi giá trị thuộc tính có mặt để tính toán giá trị thuộc tính được dự đoán.

3) Tạo nên các mảng tạm thời được gọi là `updateweight` và cập nhật và khởi tạo các mảng tạm thời thành 0.

4) Cộng theo kiểu lũy tích các trọng số được tính toán bằng cách nhân các trọng số được tính toán cho tất cả các bộ dự đoán với trọng số được lưu trữ trong QW tương ứng với chỉ số bộ dự đoán vào mảng `updateweight` làm các chỉ số của các nút lân cận.

Cộng theo kiểu lũy tích, vào mảng cập nhật, giá trị giành được bằng cách nhân giá trị thuộc tính của chỉ số của nút lân cận với trọng số được tính toán.

5) Quy trình cập nhật nâng: Chia các giá trị thuộc tính của mảng cập nhật cho tất cả các bộ dự đoán cho giá trị trọng số của mảng `updateweight` của chỉ số bộ dự đoán, và cộng giá trị thuộc tính có mặt vào các giá trị giành được bởi phép chia.

6) Tính toán các thuộc tính được dự đoán bằng cách nhân các giá trị thuộc tính được cập nhật thông qua quy trình cập nhật nâng với trọng số được cập nhật thông qua quy trình dự đoán nâng (được lưu trữ trong QW) cho tất cả các bộ dự đoán. Bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ lượng tử hóa hệ số 40011) theo các phương án lượng tử hóa các giá trị thuộc tính được dự đoán. Bên cạnh đó, bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ mã hóa số học 40012) thực hiện việc tạo mã entropi trên các giá trị thuộc tính được lượng tử hóa.

Bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ biến đổi RAHT 40008) theo các phương án có thể thực hiện việc tạo mã biến đổi RAHT mà trong đó các thuộc tính của các nút của mức cao hơn mà được dự đoán nhờ sử dụng các thuộc tính được liên kết với là các nút của mức thấp hơn trong cây bát phân. Việc tạo mã biến đổi RAHT là ví dụ về việc tạo mã trong ảnh thuộc tính thông qua việc quét ngược cây bát phân. Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án quét toàn bộ vùng từ điểm ảnh ba chiều và lặp lại quy trình hợp nhất để hợp nhất các điểm ảnh ba chiều thành khối lớn hơn tại mỗi bước cho đến khi đạt đến nút rễ. Quy trình hợp nhất theo các phương án chỉ được thực hiện trên các nút bị chiếm giữ. Quy trình hợp nhất không được thực hiện trên nút rỗng. Quy trình hợp nhất được thực hiện trên nút trên mà ở ngay trên nút rỗng.

Phương trình dưới đây biểu diễn ma trận biến đổi RAHT. Trong phương trình, $g_{l\ x,y,z}$ miêu tả giá trị thuộc tính trung bình của các điểm ảnh ba chiều tại mức l . $g_{l\ x,y,z}$

có thể được tính toán dựa trên $g_{l+1\ 2x,y,z}$ và $g_{l+1\ 2x+1,y,z}$. Các trọng số $g_{l\ 2x,y,z}$ và $g_{l\ 2x+1,y,z}$ là $w1 = w_{l\ 2x,y,z}$ và $w2 = w_{l\ 2x+1,y,z}$.

$$\begin{bmatrix} g_{l-1\ x,y,z} \\ h_{l-1\ x,y,z} \end{bmatrix} = T_{w1\ w2} \begin{bmatrix} g_{l\ 2x,y,z} \\ g_{l\ 2x+1,y,z} \end{bmatrix} \quad T_{w1\ w2} = \frac{1}{\sqrt{w1 + w2}} \begin{bmatrix} \sqrt{w1} & \sqrt{w2} \\ -\sqrt{w2} & \sqrt{w1} \end{bmatrix}$$

Ở đây, $g_{l-1\ x,y,z}$ là giá trị thông thấp và được sử dụng trong quy trình hợp nhất tại mức cao hơn tiếp theo. $h_{l-1\ x,y,z}$ miêu tả các hệ số thông thấp. Các hệ số thông thấp tại mỗi bước được lượng tử hóa và phải chịu việc tạo mã entropi (ví dụ, mã hóa bởi bộ mã hóa số học 400012). Các trọng số được tính toán là $w_{l-1\ x,y,z} = w_{l\ 2x,y,z} + w_{l\ 2x+1,y,z}$. Nút rẽ được tạo nên thông qua $g_{1\ 0,0,0}$ và $g_{1\ 0,0,1}$ như sau.

$$\begin{bmatrix} gDC \\ h_{0,0,0} \end{bmatrix} = T_{w1000\ w1001} \begin{bmatrix} g_{1\ 0,0,0z} \\ g_{1\ 0,0,1} \end{bmatrix}$$

Giá trị của gDC cũng được lượng tử hóa và phải chịu việc tạo mã entropi giống như các hệ số thông thấp.

Fig.10 minh họa bộ giải mã đám mây điểm theo các phương án.

Bộ giải mã đám mây điểm được minh họa trên Fig.10 là ví dụ về bộ giải mã video đám mây điểm 10006 được mô tả trên Fig.1, và có thể thực hiện cùng các hoạt động hoặc các hoạt động tương tự như các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 được minh họa trên Fig.1. Như được thể hiện trên hình, bộ giải mã đám mây điểm có thể nhận luồng bit hình học và luồng bit thuộc tính được gồm trong một hoặc nhiều luồng bit. Bộ giải mã đám mây điểm gồm bộ giải mã hình học và bộ giải mã thuộc tính. Bộ giải mã hình học thực hiện việc giải mã hình học trên luồng bit hình học và xuất ra dạng hình học được giải mã. Bộ giải mã thuộc tính thực hiện việc giải mã thuộc tính dựa trên dạng hình học được giải mã và luồng bit thuộc tính, và xuất ra các thuộc tính được

giải mã. Dạng hình học được giải mã và các thuộc tính được giải mã được sử dụng để tái tạo nội dung đám mây điểm (đám mây điểm được giải mã).

Fig.11 minh họa bộ giải mã đám mây điểm theo các phương án.

Bộ giải mã đám mây điểm được minh họa trên Fig.11 là ví dụ về bộ giải mã đám mây điểm được minh họa trên Fig.10, và có thể thực hiện hoạt động giải mã, vốn là quy trình ngược của hoạt động mã hóa của bộ mã hóa đám mây điểm được minh họa trên các hình từ Fig.1 đến Fig.9.

Như được mô tả với sự tham khảo đến Fig.1 và Fig.10, bộ giải mã đám mây điểm có thể thực hiện việc giải mã hình học và việc giải mã thuộc tính. Việc giải mã hình học được thực hiện trước việc giải mã thuộc tính.

Bộ giải mã đám mây điểm theo các phương án gồm bộ giải mã số học (giải mã số học) 11000, bộ tổng hợp cây bát phân (tổng hợp cây bát phân) 11001, bề mặt sự xấp xỉ bộ tổng hợp (tổng hợp xấp xỉ bề mặt) 11002, và bộ tái tạo hình học (tái tạo hình học) 11003, bộ biến đổi ngược tọa độ (biến đổi ngược các tọa độ) 11004, bộ giải mã số học (giải mã số học) 11005, bộ lượng tử hóa ngược (lượng tử hóa ngược) 11006, bộ biến đổi RAHT 11007, bộ tạo ra LOD (tạo ra LOD) 11008, bộ nâng ngược (nâng ngược) 11009, và/hoặc bộ biến đổi màu sắc ngược (biến đổi ngược các màu sắc) 11010.

Bộ giải mã số học 11000, bộ tổng hợp cây bát phân 11001, bộ tổng hợp xấp xỉ bề mặt 11002, và bộ tái tạo hình học 11003, và bộ biến đổi ngược tọa độ 11004 có thể thực hiện việc giải mã hình học. Việc giải mã hình học theo các phương án có thể gồm việc tạo mã trực tiếp và việc giải mã hình học trisoup. Việc tạo mã trực tiếp và việc giải mã hình học trisoup được áp dụng một cách có chọn lọc. Việc giải mã hình học không bị giới hạn ở ví dụ được mô tả ở trên, và được thực hiện như là quy trình ngược của việc mã hóa hình học được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9.

Bộ giải mã số học 11000 theo các phương án giải mã luồng bit hình học được nhận dựa trên việc tạo mã số học. Hoạt động của bộ giải mã số học 11000 tương ứng với quy trình ngược của bộ mã hóa số học 40004.

Bộ tổng hợp cây bát phân 11001 theo các phương án có thể tạo ra cây bát phân bằng cách thu nhận mã chiếm giữ từ luồng bit hình học được giải mã (hoặc thông tin về dạng hình học được bảo mật dưới dạng kết quả của việc giải mã). Mã chiếm giữ được tạo cấu hình như được mô tả chi tiết với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9.

Khi việc mã hóa hình học trisoup được áp dụng, thì bộ tổng hợp xấp xỉ bề mặt 11002 theo các phương án có thể tổng hợp bề mặt dựa trên dạng hình học được giải mã và/hoặc cây bát phân được tạo ra.

Bộ tái tạo hình học 11003 theo các phương án có thể tạo ra lại dạng hình học dựa trên bề mặt và/hoặc dạng hình học được giải mã. Như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9, việc tạo mã trực tiếp và việc mã hóa hình học trisoup được áp dụng một cách có chọn lọc. Theo đó, bộ tái tạo hình học 11003 nhập trực tiếp và cộng thông tin vị trí về các điểm mà việc tạo mã trực tiếp được áp dụng vào đó. Khi việc mã hóa hình học trisoup được áp dụng, thì bộ tái tạo hình học 11003 có thể tái tạo hình học bằng cách thực hiện các hoạt động tái tạo của bộ tái tạo hình học 40005, ví dụ, việc tái tạo tam giác, việc lấy mẫu lên, và việc điểm ảnh ba chiều hóa. Các chi tiết này giống với các chi tiết được mô tả với sự tham khảo đến Fig.6, và vì thế phần mô tả của chúng được lược bỏ. Dạng hình học được tái tạo có thể gồm ảnh hoặc khung đám mây điểm mà không chứa các thuộc tính.

Bộ biến đổi ngược tọa độ 11004 theo các phương án có thể thu nhận các vị trí của các điểm bằng cách biến đổi các tọa độ dựa trên dạng hình học được tái tạo.

Bộ giải mã số học 11005, bộ lượng tử hóa ngược 11006, bộ biến đổi RAHT 11007, bộ tạo ra LOD 11008, bộ nâng ngược 11009, và/hoặc bộ biến đổi màu sắc ngược 11010 có thể thực hiện việc giải mã thuộc tính được mô tả với sự tham khảo đến Fig.10. Việc giải mã thuộc tính theo các phương án gồm vùng việc giải mã biến đổi phân cấp thích ứng vùng (Region Adaptive Hierarchical Transform, RAHT), việc giải mã dự đoán gần nhất-lân cận phân cấp dựa trên việc nội suy (biến đổi dự đoán), và việc giải mã dự đoán gần nhất-lân cận phân cấp dựa trên việc nội suy với bước cập nhật/nâng (biến đổi nâng). Ba sơ đồ giải mã được mô tả ở trên có thể được sử dụng một cách có chọn lọc, hoặc tổ hợp của một hoặc nhiều sơ đồ giải mã có thể được sử dụng. Việc giải mã thuộc tính theo các phương án không bị giới hạn ở ví dụ được mô tả ở trên.

Bộ giải mã số học 11005 theo các phương án giải mã luồng bit thuộc tính bởi việc tạo mã số học.

Bộ lượng tử hóa ngược 11006 theo các phương án lượng tử hóa theo kiểu ngược thông tin về luồng bit thuộc tính được giải mã hoặc các thuộc tính được bảo mật dưới dạng kết quả của việc giải mã, và xuất ra các thuộc tính được lượng tử hóa theo kiểu ngược (hoặc các giá trị thuộc tính). Việc lượng tử hóa ngược có thể được áp dụng một cách có chọn lọc dựa trên việc mã hóa thuộc tính của bộ mã hóa đám mây điểm.

Theo các phương án, bộ biến đổi RAHT 11007, bộ tạo ra LOD 11008, và/hoặc bộ nâng ngược 11009 có thể xử lý dạng hình học được tái tạo và các thuộc tính được lượng tử hóa theo kiểu ngược. Như được mô tả ở trên, bộ biến đổi RAHT 11007, bộ tạo ra LOD 11008, và/hoặc bộ nâng ngược 11009 có thể thực hiện một cách có chọn lọc hoạt động giải mã tương ứng với việc mã hóa của bộ mã hóa đám mây điểm.

Bộ biến đổi màu sắc ngược 11010 theo các phương án thực hiện việc tạo mã biến đổi ngược để biến đổi theo kiểu ngược màu sắc giá trị (hoặc kết cấu) được gồm trong

các thuộc tính được giải mã. Hoạt động của bộ biến đổi màu sắc ngược 11010 có thể được thực hiện một cách có chọn lọc dựa trên hoạt động của bộ biến đổi màu sắc 40006 của bộ mã hóa đám mây điểm.

Mặc dù không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng các phần tử của bộ giải mã đám mây điểm trên Fig.11 có thể được triển khai bởi phần cứng gồm một hoặc nhiều bộ xử lý hoặc các mạch được tích hợp mà được tạo cấu hình để truyền thông với một hoặc nhiều bộ nhớ được gồm trong đám mây điểm cung cấp thiết bị, phần mềm, phần sụn, hoặc tổ hợp của chúng. Một hoặc nhiều bộ xử lý có thể thực hiện ít nhất một hoặc nhiều hoạt động và/hoặc chức năng trong số các hoạt động và/hoặc các chức năng của các phần tử của bộ giải mã đám mây điểm trên Fig.11 được mô tả ở trên. Theo cách bổ sung, một hoặc nhiều bộ xử lý có thể làm hoạt động hoặc thực thi tập hợp của các chương trình phần mềm và/hoặc các lệnh để thực hiện các hoạt động và/hoặc các chức năng của các phần tử của bộ giải mã đám mây điểm trên Fig.11.

Fig.12 minh họa thiết bị truyền theo các phương án.

Thiết bị truyền được thể hiện trên Fig.12 là ví dụ về thiết bị truyền 10000 trên Fig.1 (hoặc bộ mã hóa đám mây điểm trên Fig.4). Thiết bị truyền được minh họa trên Fig.12 có thể thực hiện một hoặc nhiều hoạt động và phương pháp trong số các hoạt động và các phương pháp mà giống hoặc tương tự với các hoạt động và các phương pháp của bộ mã hóa đám mây điểm được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9. Thiết bị truyền theo các phương án có thể gồm đơn vị nhập dữ liệu 12000, bộ xử lý lượng tử hóa 12001, bộ xử lý điểm ảnh ba chiều hóa 12002, bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 12003, bộ xử lý mô hình bề mặt 12004, bộ xử lý tạo mã trong ảnh/liên ảnh 12005, bộ tạo mã số học 12006, bộ xử lý siêu dữ liệu 12007, bộ xử lý biến đổi màu sắc

12008, bộ xử lý biến đổi thuộc tính 12009, bộ xử lý biến đổi dự đoán/nâng/RAHT 12010, bộ tạo mã số học 12011 và/hoặc bộ xử lý truyền 12012.

Đơn vị nhập dữ liệu 12000 theo các phương án nhận hoặc thu nhận dữ liệu đám mây điểm. Đơn vị nhập dữ liệu 12000 có thể thực hiện phương pháp hoạt động và/hoặc thu nhận giống hoặc tương tự với phương pháp hoạt động và/hoặc thu nhận của bộ thu nhận video đám mây điểm 10001 (hoặc quy trình thu nhận 20000 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.2).

Đơn vị nhập dữ liệu 12000, bộ xử lý lượng tử hóa 12001, bộ xử lý điểm ảnh ba chiều hóa 12002, bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 12003, bộ xử lý mô hình bề mặt 12004, bộ xử lý tạo mã trong ảnh/liên ảnh 12005, và bộ tạo mã số học 12006 thực hiện việc mã hóa hình học. Việc mã hóa hình học theo các phương án là giống hoặc tương tự với việc mã hóa hình học được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9, và vì thế phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ.

Bộ xử lý lượng tử hóa 12001 theo các phương án lượng tử hóa hình học (ví dụ, các giá trị vị trí của các điểm). Hoạt động và/hoặc việc lượng tử hóa của bộ xử lý lượng tử hóa 12001 là giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc việc lượng tử hóa của bộ lượng tử hóa 40001 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4. Các chi tiết này giống với các chi tiết được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9.

Bộ xử lý điểm ảnh ba chiều hóa 12002 theo các phương án điểm ảnh ba chiều hóa các giá trị vị trí được lượng tử hóa của các điểm. Bộ xử lý điểm ảnh ba chiều hóa 12002 có thể thực hiện hoạt động và/hoặc quy trình giống hoặc tương tự với quy trình hoạt động và/hoặc điểm ảnh ba chiều hóa của bộ lượng tử hóa 40001 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4. Các chi tiết này giống với các chi tiết được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9.

Bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 12003 theo các phương án thực hiện việc tạo mã cây bát phân trên các vị trí được điểm ảnh ba chiều hóa của các điểm dựa trên cấu trúc cây bát phân. Bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 12003 có thể tạo ra mã chiếm giữ. Bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 12003 có thể thực hiện hoạt động và/hoặc phương pháp giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc phương pháp của bộ mã hóa đám mây điểm (hoặc bộ phân tích cây bát phân 40002) được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4 và Fig.6. Các chi tiết này giống với các chi tiết được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9.

Bộ xử lý mô hình bề mặt 12004 theo các phương án có thể thực hiện việc mã hóa hình học trisoup dựa trên mô hình bề mặt để tái tạo các vị trí của các điểm trong vùng cụ thể (hoặc nút) trên cơ sở điểm ảnh ba chiều. Bộ xử lý mô hình bề mặt 12004 có thể thực hiện hoạt động và/hoặc phương pháp giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc phương pháp của bộ mã hóa đám mây điểm (ví dụ, bộ phân tích xấp xỉ bề mặt 40003) được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4. Các chi tiết này giống với các chi tiết được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9.

Bộ xử lý tạo mã trong ảnh/liên ảnh 12005 theo các phương án có thể thực hiện việc tạo mã trong ảnh/liên ảnh trên dữ liệu đám mây điểm. Bộ xử lý tạo mã trong ảnh/liên ảnh 12005 có thể thực hiện việc tạo mã giống hoặc tương tự với việc tạo mã trong ảnh/liên ảnh được mô tả với sự tham khảo đến Fig.7. Các chi tiết này giống với các chi tiết được mô tả với sự tham khảo đến Fig.7. Theo các phương án, bộ xử lý tạo mã trong ảnh/liên ảnh 12005 có thể được gồm trong bộ tạo mã số học 12006.

Bộ tạo mã số học 12006 theo các phương án thực hiện việc mã hóa entropi trên cây bát phân của dữ liệu đám mây điểm và/hoặc cây bát phân được làm xấp xỉ. Ví dụ, sơ đồ mã hóa gồm việc mã hóa số học. Bộ tạo mã số học 12006 thực hiện hoạt động

và/hoặc phương pháp giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc phương pháp của bộ mã hóa số học 40004.

Bộ xử lý siêu dữ liệu 12007 theo các phương án xử lý siêu dữ liệu về dữ liệu đám mây điểm, ví dụ, giá trị được thiết lập, và cung cấp giá trị được thiết lập này cho quy trình xử lý cần thiết như là việc mã hóa hình học và/hoặc việc mã hóa thuộc tính. Ngoài ra, bộ xử lý siêu dữ liệu 12007 theo các phương án có thể tạo ra và/hoặc xử lý thông tin phát tín hiệu liên quan đến việc mã hóa hình học và/hoặc việc mã hóa thuộc tính. Thông tin phát tín hiệu theo các phương án có thể được mã hóa theo cách tách biệt với việc mã hóa hình học và/hoặc việc mã hóa thuộc tính. Thông tin phát tín hiệu theo các phương án có thể được đặt xen kẽ.

Bộ xử lý biến đổi màu sắc 12008, bộ xử lý biến đổi thuộc tính 12009, bộ xử lý biến đổi dự đoán/nâng/RAHT 12010, và bộ tạo mã số học 12011 thực hiện việc mã hóa thuộc tính. Việc mã hóa thuộc tính theo các phương án là giống hoặc tương tự với việc mã hóa thuộc tính được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9, và vì thế phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ.

Bộ xử lý biến đổi màu sắc 12008 theo các phương án màu sắc thực hiện việc tạo mã biến đổi để biến đổi các giá trị màu sắc được gồm trong các thuộc tính. Bộ xử lý biến đổi màu sắc 12008 có thể thực hiện việc tạo mã biến đổi màu sắc dựa trên dạng hình học được tái tạo. Dạng hình học được tái tạo là giống như dạng hình học được tái tạo như được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9. Ngoài ra, nó thực hiện hoạt động và/hoặc phương pháp giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc phương pháp của bộ biến đổi màu sắc 40006 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4 được thực hiện. Phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ.

Bộ xử lý biến đổi thuộc tính 12009 theo các phương án thực hiện việc biến đổi thuộc tính để biến đổi các thuộc tính dựa trên dạng hình học được tái tạo và/hoặc các vị trí mà việc mã hóa hình học không được thực hiện trên đó. Bộ xử lý biến đổi thuộc tính 12009 thực hiện hoạt động và/hoặc phương pháp giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc phương pháp của bộ biến đổi thuộc tính 40007 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4. Phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ. Bộ xử lý biến đổi dự đoán/nâng/RAHT 12010 theo các phương án có thể tạo mã các thuộc tính được biến đổi bởi một việc bất kỳ hoặc tổ hợp của việc tạo mã RAHT, việc tạo mã biến đổi dự đoán, và việc tạo mã biến đổi nâng. Bộ xử lý biến đổi dự đoán/nâng/RAHT 12010 thực hiện ít nhất một hoạt động trong số các hoạt động giống hoặc tương tự với các hoạt động của bộ biến đổi RAHT 40008, bộ tạo ra LOD 40009, và bộ biến đổi nâng 40010 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4. Bên cạnh đó, việc tạo mã biến đổi dự đoán, việc tạo mã biến đổi nâng, và việc tạo mã biến đổi RAHT là giống như các việc được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.9, và vì thế phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ.

Bộ tạo mã số học 12011 theo các phương án có thể mã hóa các thuộc tính được tạo mã dựa trên việc tạo mã số học. Bộ tạo mã số học 12011 thực hiện hoạt động và/hoặc phương pháp giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc phương pháp của bộ mã hóa số học 400012.

Bộ xử lý truyền 12012 theo các phương án có thể truyền mỗi luồng bit chứa dạng hình học được mã hóa và/hoặc các thuộc tính được mã hóa và thông tin siêu dữ liệu, hoặc truyền một luồng bit được tạo cấu hình với dạng hình học được mã hóa và/hoặc các thuộc tính được mã hóa và thông tin siêu dữ liệu. Khi dạng hình học được mã hóa và/hoặc các thuộc tính được mã hóa và thông tin siêu dữ liệu theo các phương án được

tạo cấu hình thành một luồng bit, thì luồng bit có thể gồm một hoặc nhiều luồng bit con. Luồng bit theo các phương án có thể chứa thông tin phát tín hiệu gồm tập hợp thông số chuỗi (SPS) để phát tín hiệu mức chuỗi, tập hợp thông số hình học (GPS) để phát tín hiệu việc tạo mã thông tin hình học, tập hợp thông số thuộc tính (APS) để phát tín hiệu việc tạo mã thông tin thuộc tính, và tập hợp thông số phiên (TPS) để phát tín hiệu mức phiên, và dữ liệu lát. Dữ liệu lát có thể gồm thông tin về một hoặc nhiều lát. Một lát theo các phương án có thể gồm một luồng bit hình học Geom00 và một hoặc nhiều luồng bit thuộc tính Attr00 và Attr10.

Lát đề cập đến một loạt các phần tử cú pháp biểu diễn toàn bộ hoặc một phần của khung đám mây điểm được tạo mã.

TPS theo các phương án có thể gồm thông tin về mỗi phiên (ví dụ, thông tin tọa độ và thông tin chiều cao/kích cỡ về hộp giới hạn) cho một hoặc nhiều lát. Luồng bit hình học có thể chứa phần đầu và phần tải. Phần đầu của luồng bit hình học theo các phương án có thể chứa tập hợp bộ nhận dạng thông số (`geom_parameter_set_id`), bộ nhận dạng phiên (`geom_tile_id`) và bộ nhận dạng lát (`geom_slice_id`) được gồm trong GPS, và thông tin về dữ liệu được chứa trong phần tải. Như được mô tả ở trên, bộ xử lý siêu dữ liệu 12007 theo các phương án có thể tạo ra và/hoặc xử lý thông tin phát tín hiệu và truyền video đám mây điểm (hoặc nội dung đám mây điểm) đến bộ xử lý truyền 12012. Theo các phương án, các phần tử để thực hiện việc mã hóa hình học và các phần tử để thực hiện việc mã hóa thuộc tính có thể chia sẻ dữ liệu/thông tin với nhau như được chỉ ra bởi các đường chấm chấm. Bộ xử lý truyền 12012 theo các phương án có thể thực hiện hoạt động và/hoặc phương pháp truyền video đám mây điểm (hoặc nội dung đám mây điểm) giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc phương pháp truyền

của bộ truyền 10003. Các chi tiết này giống với các chi tiết được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 và Fig.2, và vì thế phần mô tả của chúng được lược bỏ.

Fig.13 minh họa thiết bị nhận theo các phương án.

Thiết bị nhận được minh họa trên Fig.13 là ví dụ về thiết bị nhận 10004 trên Fig.1 (hoặc bộ giải mã đám mây điểm trên Fig.10 và Fig.11). Thiết bị nhận được minh họa trên Fig.13 có thể thực hiện một hoặc nhiều hoạt động và phương pháp trong số các hoạt động và các phương pháp mà giống hoặc tương tự với các hoạt động và các phương pháp của bộ giải mã đám mây điểm được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.11.

Thiết bị nhận theo phương án gồm bộ nhận 13000, bộ xử lý nhận 13001, bộ giải mã số học 13002, bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 13003, bộ xử lý mô hình bề mặt (việc tái tạo tam giác, việc lấy mẫu lên, việc điểm ảnh ba chiều hóa) 13004, bộ xử lý lượng tử hóa ngược 13005, bộ phân tích cú pháp siêu dữ liệu 13006, bộ giải mã số học 13007, bộ xử lý lượng tử hóa ngược 13008, bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 13009, bộ xử lý biến đổi ngược màu sắc 13010, và/hoặc bộ kết xuất 13011. Mỗi phần tử để giải mã theo các phương án có thể thực hiện quy trình ngược với hoạt động của phần tử tương ứng để mã hóa theo các phương án.

Bộ nhận 13000 theo các phương án nhận dữ liệu đám mây điểm. Bộ nhận 13000 có thể thực hiện phương pháp hoạt động và/hoặc nhận giống hoặc tương tự với phương pháp hoạt động và/hoặc nhận của bộ nhận 10005 trên Fig.1. Phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ.

Bộ xử lý nhận 13001 theo các phương án có thể thu nhận luồng bit hình học và/hoặc luồng bit thuộc tính từ dữ liệu được nhận. Bộ xử lý nhận 13001 có thể được gồm trong bộ nhận 13000.

Bộ giải mã số học 13002, bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 13003, bộ xử lý mô hình bề mặt 13004, và bộ xử lý lượng tử hóa ngược 1305 có thể thực hiện việc giải mã hình học. Việc giải mã hình học theo các phương án là giống hoặc tương tự với việc giải mã hình học được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.10, và vì thế phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ.

Bộ giải mã số học 13002 theo các phương án có thể giải mã luồng bit hình học dựa trên việc tạo mã số học. Bộ giải mã số học 13002 thực hiện hoạt động và/hoặc việc tạo mã giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc việc tạo mã của bộ giải mã số học 11000.

Bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 13003 theo các phương án có thể tái tạo cây bát phân bằng cách thu nhận mã chiếm giữ từ luồng bit hình học được giải mã (hoặc thông tin về dạng hình học được bảo mật dưới dạng kết quả của việc giải mã). Bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 13003 thực hiện hoạt động và/hoặc phương pháp giống hoặc tương tự với phương pháp hoạt động và/hoặc tạo ra cây bát phân của bộ tổng hợp cây bát phân 11001. Khi việc mã hóa hình học trisoup được áp dụng, thì bộ xử lý mô hình bề mặt 13004 theo các phương án có thể thực hiện việc giải mã hình học trisoup và việc tái tạo hình học liên quan (ví dụ, việc tái tạo tam giác, việc lấy mẫu lên, việc điểm ảnh ba chiều hóa) dựa trên phương pháp mô hình bề mặt. Bộ xử lý mô hình bề mặt 13004 thực hiện hoạt động giống hoặc tương tự với hoạt động của bộ tổng hợp xấp xỉ bề mặt 11002 và/hoặc bộ tái tạo hình học 11003.

Bộ xử lý lượng tử hóa ngược 1305 theo các phương án có thể lượng tử hóa theo kiểu ngược dạng hình học được giải mã.

Bộ phân tích cú pháp siêu dữ liệu 1306 theo các phương án có thể phân tích cú pháp siêu dữ liệu được chứa trong dữ liệu đám mây điểm được nhận, ví dụ, giá trị được thiết lập. Bộ phân tích cú pháp siêu dữ liệu 1306 có thể phân tích cú pháp siêu dữ liệu

để giải mã hình học và/hoặc giải mã thuộc tính. Siêu dữ liệu này giống với siêu dữ liệu được mô tả với sự tham khảo đến Fig.12, và vì thế phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ

Bộ giải mã số học 13007, bộ xử lý lượng tử hóa ngược 13008, bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 13009 và bộ xử lý biến đổi ngược màu sắc 13010 thực hiện việc giải mã thuộc tính. Việc giải mã thuộc tính là giống hoặc tương tự với việc giải mã thuộc tính được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.10, và vì thế phần mô tả chi tiết của nó được lược bỏ.

Bộ giải mã số học 13007 theo các phương án có thể giải mã luồng bit thuộc tính bởi việc tạo mã số học. Bộ giải mã số học 13007 có thể giải mã luồng bit thuộc tính dựa trên dạng hình học được tái tạo. Bộ giải mã số học 13007 thực hiện hoạt động và/hoặc việc tạo mã giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc việc tạo mã của bộ giải mã số học 11005.

Bộ xử lý lượng tử hóa ngược 13008 theo các phương án có thể lượng tử hóa theo kiểu ngược luồng bit thuộc tính được giải mã. Bộ xử lý lượng tử hóa ngược 13008 thực hiện hoạt động và/hoặc phương pháp giống hoặc tương tự với phương pháp hoạt động và/hoặc lượng tử hóa ngược của bộ lượng tử hóa ngược 11006.

Bộ biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 13009 theo các phương án có thể xử lý dạng hình học được tái tạo và các thuộc tính được lượng tử hóa theo kiểu ngược. Bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 1301 thực hiện một hoặc nhiều hoạt động và/hoặc việc giải mã trong số các hoạt động và/hoặc việc giải mã giống hoặc tương tự với các hoạt động và/hoặc việc giải mã của bộ biến đổi RAHT 11007, bộ tạo ra LOD 11008, và/hoặc bộ nâng ngược 11009. Bộ xử lý biến đổi ngược màu sắc 13010 theo các phương án thực hiện việc tạo mã biến đổi ngược để biến đổi theo kiểu ngược các giá trị

màu sắc (hoặc các kết cấu) được gồm trong các thuộc tính được giải mã. Bộ xử lý biến đổi ngược màu sắc 13010 thực hiện hoạt động và/hoặc việc tạo mã biến đổi ngược giống hoặc tương tự với hoạt động và/hoặc việc tạo mã biến đổi ngược của bộ biến đổi màu sắc ngược 11010. Bộ kết xuất 13011 theo các phương án có thể kết xuất dữ liệu đám mây điểm.

Fig.14 minh họa cấu trúc làm ví dụ có thể hoạt động được trong sự kết nối với các phương pháp/thiết bị truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Cấu trúc trên Fig.14 biểu diễn cấu hình mà trong đó ít nhất một thành phần trong số máy chủ 1460, rôbôt 1410, xe tự lái 1420, thiết bị XR 1430, điện thoại thông minh 1440, đồ gia dụng 1450, và/hoặc bộ phận hiển thị gắn trên đầu (Head-Mount Display, HMD) 1470 được kết nối với mạng đám mây 1400. Rôbôt 1410, xe tự lái 1420, thiết bị XR 1430, điện thoại thông minh 1440, hoặc đồ gia dụng 1450 được gọi là thiết bị. Hơn nữa, thiết bị XR 1430 có thể tương ứng với thiết bị dữ liệu đám mây điểm (Point Cloud Data, PCC) theo các phương án hoặc có thể được kết nối theo cách hoạt động được với thiết bị PCC.

Mạng đám mây 1400 có thể biểu diễn mạng mà cấu thành một phần của cơ sở hạ tầng điện toán đám mây hoặc có mặt trong cơ sở hạ tầng điện toán đám mây. Ở đây, mạng đám mây 1400 có thể được tạo cấu hình nhờ sử dụng mạng 3G, mạng 4G hoặc phát triển dài hạn (LTE) hoặc mạng 5G.

Máy chủ 1460 có thể được kết nối với ít nhất một thành phần trong số rôbôt 1410, xe tự lái 1420, thiết bị XR 1430, điện thoại thông minh 1440, đồ gia dụng 1450, và/hoặc HMD 1470 qua mạng đám mây 1400 và có thể hỗ trợ trong ít nhất một phần của việc xử lý của các thiết bị được kết nối 1410 đến 1470.

HMD 1470 biểu diễn một loại triển khai trong số các loại triển khai của thiết bị XR và/hoặc thiết bị PCC theo các phương án. Thiết bị loại HMD theo các phương án gồm đơn vị truyền thông, đơn vị điều khiển, bộ nhớ, đơn vị I/O, đơn vị cảm biến, và đơn vị cấp công suất.

Ở dưới đây, các phương án khác nhau của các thiết bị 1410 đến 1450 mà kỹ thuật được mô tả trên đây được áp dụng vào sẽ được mô tả. Các thiết bị 1410 đến 1450 được minh họa trên Fig.14 có thể được kết nối/được ghép nối theo cách hoạt động được với thiết bị truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án được mô tả ở trên.

<PCC+XR>

Thiết bị XR/PCC 1430 có thể dùng công nghệ PCC và/hoặc công nghệ XR (AR+VR), và có thể được triển khai dưới dạng HMD, bộ phận hiển thị ở trên đầu (Head-Up Display, HUD) được cung cấp trên xe, tivi, điện thoại di động, điện thoại thông minh, máy tính, thiết bị đeo được, đồ gia dụng, biển báo kỹ thuật số, xe, rôbot đứng yên, hoặc rôbot di động.

Thiết bị XR/PCC 1430 có thể phân tích dữ liệu đám mây điểm 3D hoặc dữ liệu hình ảnh được thu nhận thông qua các bộ cảm biến khác nhau hoặc từ thiết bị ngoài và tạo ra dữ liệu vị trí và dữ liệu thuộc tính quanh các điểm 3D. Nhờ đó, thiết bị XR/PCC 1430 có thể thu nhận thông tin về không gian xung quanh hoặc đối tượng thực, và kết xuất và xuất ra đối tượng XR. Ví dụ, thiết bị XR/PCC 1430 có thể so khớp đối tượng XR gồm thông tin hỗ trợ về đối tượng được nhận diện với đối tượng được nhận diện và xuất ra đối tượng XR được so khớp.

<PCC+XR+Điện thoại di động>

Thiết bị XR/PCC 1430 có thể được triển khai dưới dạng điện thoại di động 1440 bằng cách áp dụng công nghệ PCC.

Điện thoại di động 1440 có thể giải mã và hiển thị nội dung đám mây điểm dựa trên công nghệ PCC.

<PCC+Tự lái+XR>

Xe tự lái 1420 có thể được triển khai dưới dạng rôbot di động, xe, xe không người lái, hoặc tương tự bằng cách áp dụng công nghệ PCC và công nghệ XR.

Xe tự lái 1420 mà công nghệ XR/PCC được áp dụng vào có thể biểu diễn xe tự lái được cung cấp với nghĩa là để cung cấp ảnh XR, hoặc xe tự lái, mà là mục tiêu của sự điều khiển/tương tác trong ảnh XR. Cụ thể là, xe tự lái 1420 là mục tiêu của sự điều khiển/tương tác trong ảnh XR có thể được tách biệt với thiết bị XR 1430 và có thể được kết nối theo cách hoạt động được với nó.

Xe tự lái 1420 có nghĩa là để cung cấp hình ảnh XR/PCC có thể thu nhận thông tin cảm biến từ các bộ cảm biến gồm camera, và xuất ra hình ảnh XR/PCC được tạo ra dựa trên thông tin cảm biến được thu nhận. Ví dụ, xe tự lái 1420 có thể có HUD và xuất ra hình ảnh XR/PCC đến HUD, nhờ đó cung cấp cho người chiếm hữu đối tượng XR/PCC tương ứng với đối tượng thực hoặc đối tượng xuất hiện trên màn hình.

Khi đối tượng XR/PCC được xuất ra đến HUD, thì ít nhất một phần của đối tượng XR/PCC có thể được xuất ra để chồng lấn với đối tượng thực mà mắt của người chiếm hữu được hướng đến. Mặt khác, khi đối tượng XR/PCC được xuất ra trên bộ phận hiển thị được cung cấp bên trong xe tự lái, thì ít nhất một phần của đối tượng XR/PCC có thể được xuất ra để chồng lấn với đối tượng trên màn hình. Ví dụ, xe tự lái 1220 có thể xuất

ra các đối tượng XR/PCC tương ứng với các đối tượng, như đường, một xe khác, đèn giao thông, biển báo giao thông, xe hai bánh, người đi bộ, và tòa nhà.

Công nghệ thực tế ảo (VR), công nghệ thực tế tăng cường (AR), công nghệ thực tế trộn lẫn (MR) và/hoặc công nghệ nén đám mây điểm (PCC) theo các phương án are có thể áp dụng được cho các thiết bị khác nhau.

Nói cách khác, công nghệ VR là công nghệ hiển thị mà chỉ cung cấp các hình ảnh CG của các đối tượng thế giới thực, các nền tảng, và tương tự. Mặt khác, công nghệ AR đề cập đến công nghệ mà thể hiện hình ảnh CG được tạo nên theo cách ảo trên hình ảnh của đối tượng thực. Công nghệ MR là tương tự với công nghệ AR được mô tả ở trên ở chỗ các đối tượng ảo cần được thể hiện được trộn lẫn và được tổ hợp với thế giới thực. Tuy nhiên, công nghệ MR khác với công nghệ AR ở chỗ công nghệ AR phân biệt rõ ràng giữa đối tượng thực và đối tượng ảo được tạo nên dưới dạng hình ảnh CG và sử dụng các đối tượng ảo dưới dạng các đối tượng bổ sung cho các đối tượng thực, trong khi công nghệ MR xử lý các đối tượng ảo như là các đối tượng có các đặc điểm tương đương với các đối tượng thực. Một cách cụ thể hơn, ví dụ về các ứng dụng công nghệ MR là dịch vụ toàn ký.

Ngày nay, đôi khi các công nghệ VR, AR, và MR được gọi là công nghệ (XR) ảo mở rộng thay vì được phân biệt một cách rõ ràng với nhau. Theo đó, các phương án của sáng chế are có thể áp dụng được cho công nghệ bất kỳ trong số các công nghệ VR, AR, MR và XR. Việc mã hóa/giải mã dựa trên các kỹ thuật PCC, V-PCC, và G-PCC có thể áp dụng được cho các công nghệ này.

Phương pháp/thiết bị PCC theo các phương án có thể được áp dụng cho xe cung cấp dịch vụ tự lái.

Xe cung cấp dịch vụ tự lái được kết nối với thiết bị PCC cho truyền thông có dây/không dây.

Khi thiết bị truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm (PCC) theo các phương án được kết nối với xe cho truyền thông có dây/không dây, thì thiết bị có thể nhận/xử lý nội dung dữ liệu liên quan đến dịch vụ AR/VR/PCC, vốn có thể được cung cấp cùng với dịch vụ tự lái, và truyền video đám mây điểm (hoặc nội dung đám mây điểm) cho xe. Trong trường hợp mà tại đó thiết bị truyền/nhận PCC được gắn trên xe, thì thiết bị truyền/nhận PCC có thể nhận/xử lý nội dung dữ liệu liên quan đến dịch vụ AR/VR/PCC theo tín hiệu đầu vào người dùng được nhập thông qua thiết bị giao diện người dùng và cung cấp tín hiệu này cho người dùng. Xe hoặc thiết bị giao diện người dùng theo các phương án có thể nhận tín hiệu đầu vào người dùng. Tín hiệu đầu vào người dùng theo các phương án có thể gồm tín hiệu chỉ ra dịch vụ tự lái.

Fig.15 minh họa bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án.

Bộ mã hóa đám mây điểm 15000 theo các phương án nhận dữ liệu đám mây điểm (dữ liệu PCC) 15000a và mã hóa dữ liệu này. Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án xuất ra luồng bit thông tin hình học 15000b và luồng bit thông tin thuộc tính 15000c. Bộ mã hóa đám mây điểm 15000 theo các phương án có thể gồm bộ phân vùng không gian 15001, bộ mã hóa thông tin hình học 15002 và/hoặc bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003.

Bộ mã hóa đám mây điểm trên Fig.15 có thể tương ứng với hoặc được tổ hợp thiết bị truyền 1000 trên Fig.1, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, bộ mã hóa trên Fig.4, thiết bị truyền trên Fig.12, và thiết bị XR 1430 trên Fig.14.

Bộ phân vùng không gian 15001 của bộ mã hóa đám mây điểm có thể nhận dữ liệu đám mây điểm (dữ liệu PCC) 15000a, và phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều không gian 3D. Bộ phân vùng không gian 15001 có thể nhận dữ liệu đám mây điểm và phân vùng về mặt không gian dữ liệu đám mây điểm thành các khối 3D. Dữ liệu đám mây điểm có thể chứa thông tin hình học và/hoặc thông tin thuộc tính về điểm (hoặc các điểm). Bộ phân vùng không gian 15001 có thể phân vùng về mặt không gian dữ liệu đám mây điểm (dữ liệu PCC) dựa trên hộp giới hạn và/hoặc hộp giới hạn con. Phương pháp/thiết bị theo các phương án có thể thực hiện việc mã hóa/giải mã dựa trên đơn vị (hộp) được phân vùng.

Thiết bị truyền (ví dụ, bộ phân vùng không gian) theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm trong không gian 3D thành các đơn vị mà có thể được xử lý song song để nén dữ liệu đám mây điểm. Bộ phân vùng không gian 15001 theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành các lát để thiết bị nhận hỗ trợ các chức năng khả năng định cỡ và/hoặc vùng quan tâm (Region Of Interest, ROI) cho người dùng.

Thiết bị truyền theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án thành các lát (vốn có thể được gọi là các viên gạch) hoặc các phiên để đạt được độ trễ thấp, độ phức tạp thấp, khả năng định cỡ không gian, khả năng định cỡ thời gian, khả năng định cỡ không gian dựa trên ROI, khả năng định cỡ chất lượng, việc mã hóa song song, và việc giải mã song song của thiết bị nhận. Theo đó, thiết bị truyền theo các phương án cần thực hiện hoạt động hỗ trợ việc điều chỉnh khả năng định cỡ và việc điều chỉnh giá trị lượng tử trong các đơn vị của các lát. Theo đó, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tạo cấu hình lát chồng lẫn sao cho vùng chồng lẫn giữa các lát được gồm. Phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành

một hoặc nhiều lát (hoặc các lát chồng lẫn) bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Lát có thể biểu diễn đơn vị (hoặc đơn vị tối thiểu) để mã hóa và/hoặc giải mã dữ liệu đám mây điểm bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án, và thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm và/hoặc thiết bị nhận có thể mã hóa và/hoặc giải mã một cách độc lập dữ liệu đám mây điểm trên cơ sở từng lát một. Lát theo các phương án cũng có thể được gọi là viên gạch, khối, hoặc khối macro.

Bộ phân vùng không gian 15001 có thể thực hiện một số/tất cả thành phần trong số việc giành được đám mây điểm 10001 trên Fig.1, việc giành được 18000 trên Fig.2, các hoạt động trên các hình vẽ từ Fig.3 đến Fig.5, và hoạt động của đơn vị nhập dữ liệu 12000 trên Fig.12.

Bộ mã hóa thông tin hình học 15002 nhận thông tin hình học của dữ liệu đám mây điểm (dữ liệu PCC) theo các phương án và mã hóa thông tin hình học này. Thông tin hình học có thể biểu diễn thông tin vị trí về các điểm được gồm trong dữ liệu đám mây điểm. Bộ mã hóa thông tin hình học 15002 mã hóa thông tin hình học và xuất ra luồng bit thông tin hình học. Bộ mã hóa thông tin hình học 15002 có thể tái tạo thông tin vị trí về các điểm và xuất ra thông tin hình học được tái tạo 15002a. Bộ mã hóa thông tin hình học 15002 có thể truyền thông tin hình học được tái tạo đến bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15002.

Bộ mã hóa thông tin hình học 15002 có thể thực hiện một số/tất cả hoạt động trong số các hoạt động của bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18002 trên Fig.2, bộ biến đổi tọa độ 40000 trên Fig.4, bộ lượng tử hóa 30001, và bộ phân tích cây bát phân 30002, bộ phân tích xấp xỉ bề mặt 30003, bộ mã hóa số học 30004, bộ tái tạo hình học 30005, bộ xử lý lượng tử hóa 12001 trên Fig.12, bộ xử lý

điểm ảnh ba chiều hóa 12002 trên Fig.12, bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 12003 trên Fig.12, bộ xử lý mô hình bề mặt 12004 trên Fig.12, bộ xử lý tạo mã trong ảnh/liên ảnh 12005 trên Fig.12, và/hoặc bộ tạo mã số học 12006 trên Fig.12.

Bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 có thể nhận thông tin thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm theo các phương án, và mã hóa thông tin thuộc tính dựa trên thông tin hình học được tái tạo mà được nhận từ bộ mã hóa thông tin hình học 15002. Bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 mã hóa thông tin thuộc tính và xuất ra luồng bit thông tin thuộc tính 15000c. Bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 có thể thực hiện, ví dụ, việc biến đổi dự đoán, việc biến đổi nâng, và/hoặc biến đổi phân cấp thích ứng vùng(RAHT) theo các phương án. Bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 có thể thực hiện, ví dụ, việc biến đổi nâng dự đoán. Việc biến đổi nâng dự đoán có thể có nghĩa là tổ hợp rửa một số hoặc tất cả các hoạt động trong số các hoạt động chi tiết của việc biến đổi dự đoán và/hoặc việc biến đổi nâng theo các phương án.

Bộ mã hóa đám mây điểm theo các phương án có thể thực hiện một số, tất cả và/hoặc tổ hợp của việc biến đổi dự đoán, việc biến đổi nâng, và/hoặc RAHT theo các phương án.

Bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 có thể thực hiện tất cả/một số hoạt động trong số các hoạt động của bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 20001 trên Fig.2, bộ biến đổi màu sắc 30006, bộ biến đổi thuộc tính 30007, RATH bộ biến đổi 30008, bộ tạo ra LOD 30009, bộ biến đổi nâng 30010, bộ lượng tử hóa hệ số 30011, và/hoặc bộ mã hóa số học 40012 trên Fig.4, bộ xử lý biến đổi màu sắc 12008, bộ xử lý biến đổi thuộc tính 12009, bộ xử lý biến đổi dự đoán/nâng/RAHT 12010 và bộ tạo mã số học 12011 trên Fig.12.

Ở đây, thông tin hình học được tái tạo 15002c có thể biểu diễn cây bát phân được tái tạo bởi bộ tái tạo hình học (tái tạo hình học) 40005 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4 và/hoặc cây bát phân được làm xấp xỉ. Thông tin hình học được tái tạo có thể biểu diễn mã chiếm giữ được mô tả với sự tham khảo đến Fig.6 hoặc biểu diễn cấu trúc cây bát phân. Thông tin hình học được tái tạo có thể biểu diễn mã chiếm giữ cây bát phân được tạo ra bởi bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 12003 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.12.

Bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 có thể mã hóa thông tin thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Ở đây, bộ mã hóa 15003 theo các phương án có thể mã hóa thông tin thuộc tính dựa trên thông tin hình học được tái tạo theo các phương án. Bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 có thể tạo ra luồng bit chứa thông tin thuộc tính bằng cách mã hóa dữ liệu được nhận.

Bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 theo các phương án có thể gồm bộ biến đổi màu sắc 30006, bộ biến đổi thuộc tính 30007, bộ biến đổi RAHT 40008, bộ tạo ra LOD 30009, bộ biến đổi nâng 30010, và bộ lượng tử hóa hệ số 30011, và/hoặc bộ mã hóa số học 30012 trên Fig.4.

Dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể được phân loại thành thể loại 1 và thể loại 3 theo đặc điểm của dữ liệu. Dữ liệu thể loại 1 có thể là dữ liệu tĩnh và gồm có một khung. Dữ liệu thể loại 3 có thể là dữ liệu động và gồm có N khung. Tập ply, vốn là trong định dạng tệp của dữ liệu đám mây điểm, có thể gồm có nhiều điểm theo phương pháp giành được dữ liệu.

Điểm theo các phương án có thể gồm thông tin thuộc tính gồm thông tin vị trí (thông tin hình học), thông tin màu sắc, thông tin hệ số phản xạ, thông tin thời gian, và thông tin vectơ thông thường về điểm. Điểm theo các phương án có thể gồm các kiểu

thông tin khác nhau phụ thuộc vào điều kiện cần được giới thiệu. Dữ liệu thể loại 1 và dữ liệu thể loại 3 gồm có các điểm có thể gồm khung gồm một lượng lớn các điểm. Tuy nhiên, khi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án nhận và mã hóa khung gồm các điểm, thì độ trễ và việc sử dụng không cần thiết của các tài nguyên có thể bị gây ra.

Theo đó, đối với thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án, thì các hoạt động truyền và mã hóa dữ liệu đám mây điểm, hoạt động giải mã của thiết bị nhận, và hoạt động kết xuất xử lý của thiết bị nhận có thể được thực hiện trong thời gian thực, và dữ liệu đám mây điểm có thể được phân vùng thành nhiều vùng để được xử lý với độ trễ thấp. Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng khung của dữ liệu đám mây điểm thành các phiến, các lát, và/hoặc các viên gạch.

Theo đó, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo phương pháp phân vùng dữ liệu độc lập để cải thiện khả năng xử lý song song và khả năng định cỡ đối với dữ liệu đám mây điểm 3D. Việc phân vùng dữ liệu độc lập có thể gồm phương pháp phân vùng thích ứng theo không gian để hỗ trợ việc phân vùng lại của các điểm gần nhau về mặt không gian.

Theo các phương án, dữ liệu đám mây điểm có thể được chia thành thể loại 1 và thể loại 3 theo, ví dụ, các đặc điểm của dữ liệu. Ví dụ, dữ liệu của thể loại 1 có thể là đám mây điểm tĩnh, và có thể gồm có một khung. Ví dụ, dữ liệu của thể loại 3 có thể đề cập đến dữ liệu động (dữ liệu đám mây điểm được thu nhận theo cách động), và có thể gồm có N khung.

Khung theo các phương án có thể gồm các phiến và/hoặc các lát theo các phương án. Phiến và/hoặc lát theo các phương án có thể gồm một hoặc nhiều điểm. Một điểm có thể gồm có thông tin vị trí, thông tin màu sắc, thông tin hệ số phản xạ, thông tin thời

gian, và dữ liệu (được hợp nhất lại) bản đồ địa hình cỡ lớn bình thường. Theo các phương án, tệp ply, vốn là định dạng tệp của dữ liệu đám mây điểm, có thể chứa các kiểu thông tin khác nhau theo các điều kiện cần được trình bày, như là thông tin véctor thông thường về dữ liệu.

Dữ liệu của các thể loại 1 và 3 gồm có các điểm như vậy có thể tạo cấu hình số lượng lớn các điểm trong một khung. Cần rất nhiều thời gian và các tài nguyên để mã hóa/giải mã một mẫu của dữ liệu. Ví dụ, thể loại 3 - dữ liệu được hợp nhất lại, vốn là đám mây điểm lớn, được nén thành một mẫu của dữ liệu, và vì thế yêu cầu rất nhiều bộ nhớ để xử lý. Theo đó, rất nhiều tài nguyên và thời gian có thể được tiêu thụ trong quá trình mã hóa. Bên cạnh đó, đơn vị mà trong đó một sự kiện mã hóa/giải mã cần được xử lý, như là việc tính toán các nút lân cận và việc tạo ra mức chi tiết (LoD) trong một khung, có thể trở nên lớn.

Theo đó, thiết bị truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều phiên và/hoặc lát, và mã hóa/giải mã dữ liệu đám mây điểm song song dựa trên đó. Để thực hiện việc truyền, việc mã hóa/giải mã, và việc kết xuất của đám mây điểm trong thời gian thực và với độ trễ thấp, thì thiết bị truyền và/hoặc thiết bị nhận có thể chia một khung đám mây điểm thành các đơn vị của các phiên, các lát, hoặc các viên gạch. Cấu hình này cho phép thiết bị truyền và/hoặc thiết bị nhận để thực hiện việc truy cập ngẫu nhiên theo không gian và việc mã hóa/giải mã song song. Theo đó, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm (hoặc bộ phân vùng không gian 15001) theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm 3D trước việc mã hóa và/hoặc việc nén dữ liệu đám mây điểm để hỗ trợ các chức năng xử lý song song và truy cập ngẫu nhiên theo không gian.

Lát theo các phương án là tập hợp của các điểm mà có thể được mã hóa một cách độc lập bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm hoặc được giải mã bởi thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm. Lát bao gồm một đơn vị dữ liệu hình học và 0 hoặc nhiều đơn vị dữ liệu thuộc tính. Các đơn vị dữ liệu thuộc tính phụ thuộc vào đơn vị dữ liệu hình học tương ứng trong cùng lát. Trong lát thì đơn vị dữ liệu hình học có thể xuất hiện trước các đơn vị thuộc tính được liên kết bất kỳ. Các đơn vị dữ liệu của lát có thể tiếp giáp nhau. Thứ tự của các lát trong khung có thể được xác định một cách tùy ý.

Nhóm của các lát có thể được nhận dạng bởi bộ nhận dạng phiên chung. Theo đó, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể còn truyền thông tin phát tín hiệu gồm kho phiên (hoặc tập hợp thông số phiên). Kho phiên mô tả hộp giới hạn cho mỗi phiên. Phiên có thể chồng lấn một phiên khác trong hộp giới hạn. Mỗi lát có thể gồm chỉ số để nhận dạng phiên mà trong đó lát được gồm.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm và mã hóa mỗi dữ liệu đám mây điểm trong số dữ liệu đám mây điểm được phân vùng một cách độc lập. Nhờ đó, việc truy cập ngẫu nhiên (random access) và việc mã hóa song song trong không gian ba chiều bị chiếm giữ bởi dữ liệu đám mây điểm có thể được thực hiện. Do đó, thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể giải mã một cách nhanh chóng dữ liệu đám mây điểm như vậy.

Fig.16 minh họa thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án được thể hiện trên Fig.16 gồm một số hoặc tất cả thành phần trong số việc giành được video đám mây điểm 10001 trên Fig.1, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, đơn vị thu nhận 18000 trên Fig.2, và đơn vị mã hóa 18001 trên Fig.2. Các thành phần theo các phương án được thể hiện trên Fig.16 có thể được gồm trong một số hoặc tất cả thành phần trong số bộ phân

vùng không gian 15001, bộ mã hóa thông tin hình học 15002, và/hoặc bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 trên Fig.15.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án được thể hiện trên Fig.16 có thể được tổ hợp với thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể gồm bộ kiểm tra đặc điểm dữ liệu 16000, bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh 16001, đơn vị nhập dữ liệu được phân vùng 16002, bộ biến đổi tọa độ 16003, bộ xử lý lượng tử hóa/điểm ảnh ba chiều hóa 16004, bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 16005, bộ xử lý mô hình bề mặt 16006, bộ tạo mã số học thứ nhất 16007, bộ tái tạo hình học 16008, bộ xử lý biến đổi màu sắc 16009, bộ xử lý biến đổi thuộc tính 16010, bộ xử lý biến đổi dự đoán/nâng/RAHT 16011, bộ xử lý lượng tử hóa hệ số 16012, và/hoặc bộ tạo mã số học thứ hai 16013.

Bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 kiểm tra các đặc điểm của dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 có thể thực hiện hoạt động của việc giành được video đám mây điểm 10001 trên Fig.1 hoặc hoạt động được minh họa trên Fig.3.

Bộ phân vùng và/hoặc bộ tinh chỉnh 16001 phân vùng và/hoặc tinh chỉnh dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Bộ phân vùng và/hoặc bộ tinh chỉnh 16001 có thể gồm bộ phân vùng và/hoặc bộ tinh chỉnh.

Bộ phân vùng theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều phần. Bộ phân vùng theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều lát (vốn có thể được gọi là các viên gạch hoặc các khối).

Ví dụ, bộ phân vùng có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều phiên, và có thể phân vùng mỗi phiên thành một hoặc nhiều lát. Lát có thể gồm các điểm của dữ liệu đám mây điểm.

Bộ tinh chỉnh theo các phương án tinh chỉnh một hoặc nhiều lát (hoặc các phiên) được tạo ra bằng cách phân vùng dữ liệu đám mây điểm. Việc tinh chỉnh đề cập đến việc tạo nên lát được hợp nhất bởi một hoặc nhiều lát được hợp nhất, chia tách lát để tạo ra nhiều lát hoặc phân bố lại lát thành lát liền kề.

Việc hợp nhất đề cập đến hoạt động tạo ra một lát gồm tất cả các điểm được gồm trong hai hoặc nhiều lát.

Việc chia tách đề cập đến việc phân vùng lại lát sao cho các điểm được gồm trong lát được gồm trong hai hoặc nhiều lát, hoặc phân bố lại các điểm được gồm trong lát sao cho các điểm được chia thành lát và các lát liền kề.

Bộ phân vùng và/hoặc bộ tinh chỉnh 16001 có thể được gồm trong bộ phân vùng không gian 15001 được thể hiện trên Fig.15.

Đơn vị nhập dữ liệu 16002 nhận các lát được tạo ra bởi bộ phân vùng và/hoặc bộ tinh chỉnh 16001 theo các phương án. Đơn vị nhập dữ liệu 16002 chuyển các lát được nhận đến bộ mã hóa (ví dụ, bộ mã hóa hình học và/hoặc bộ mã hóa thuộc tính) theo các phương án. Ví dụ, đơn vị nhập dữ liệu 16002 theo các phương án truyền thông tin vị trí (các giá trị vị trí) về các điểm được gồm trong mỗi lát đến bộ biến đổi tọa độ 16003 theo các phương án. Ví dụ, đơn vị nhập dữ liệu 16002 theo các phương án truyền thông tin thuộc tính (các giá trị vị trí) về các điểm được gồm trong mỗi lát đến bộ xử lý biến đổi màu sắc 16009 theo các phương án.

Để thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm mã hóa một cách độc lập mỗi lát, thì đơn vị nhập dữ liệu 16002 theo các phương án có thể nhận dữ liệu đám mây điểm trên cơ sở từng lát một và vận chuyển dữ liệu đám mây điểm đến bộ mã hóa theo các phương án trên cơ sở từng lát một.

Đơn vị nhập dữ liệu 16002 có thể được gồm trong bộ phân vùng không gian 15001 được thể hiện trên Fig.15.

Bộ biến đổi tọa độ 16003 có thể nhận thông tin vị trí về các điểm (các giá trị vị trí của các điểm) theo các phương án và biến đổi các tọa độ của chúng. Bộ biến đổi tọa độ 16003 có thể thực hiện hoạt động của bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, hoạt động của bộ biến đổi tọa độ 30000 trên Fig.4, hoặc hoạt động trên Fig.5.

Bộ xử lý lượng tử hóa/điểm ảnh ba chiều hóa 16004 sẽ lượng tử hóa và/hoặc điểm ảnh ba chiều hóa dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Bộ xử lý lượng tử hóa/điểm ảnh ba chiều hóa 16004 có thể thực hiện hoạt động của bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, hoạt động của đơn vị lượng tử hóa và điểm ảnh ba chiều hóa 30001 trên Fig.4, hoạt động trên Fig.5, hoặc hoạt động trên Fig.6.

Bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 16005 tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân dựa trên dữ liệu đám mây điểm được lượng tử hóa và/hoặc được điểm ảnh ba chiều hóa. Bộ xử lý lượng tử hóa/điểm ảnh ba chiều hóa 16004 có thể thực hiện hoạt động của bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, hoạt động của đơn vị phân tích cây bát phân 30002 trên Fig.4, hoạt động trên Fig.6, hoặc hoạt động trên Fig.7.

Bộ xử lý mô hình bề mặt 16006 có thể thực hiện hoạt động của bộ xử lý mô hình bề mặt 30003 trên Fig.4 hoặc hoạt động của bộ xử lý mô hình bề mặt 12004 trên Fig.12.

Bộ tạo mã số học thứ nhất 16007 tạo mã về mặt số học mã chiếm giữ cây bát phân theo các phương án. Bộ tạo mã số học thứ nhất 16007 có thể thực hiện hoạt động của đơn vị mã hóa số học 30004 trên Fig.4.

Bộ tái tạo hình học 16008 tái tạo thông tin hình học nhờ sử dụng mã chiếm giữ cây bát phân được tạo ra bởi bộ tạo ra mã chiếm giữ cây bát phân 16005 và/hoặc mã chiếm giữ cây bát phân giành được bởi việc xử lý mô hình bề mặt bởi bộ xử lý mô hình bề mặt 16006. Bộ tái tạo hình học 16008 thực hiện hoạt động của đơn vị tái tạo hình học 30005 trên Fig.4.

Bộ xử lý biến đổi màu sắc 16009 thực hiện việc tạo mã biến đổi màu sắc để biến đổi các giá trị màu sắc (hoặc các kết cấu) được gồm trong các thuộc tính. Bộ xử lý biến đổi màu sắc 16009 có thể biểu diễn đơn vị biến đổi màu sắc 30006 được mô tả trên Fig.4.

Bộ xử lý biến đổi thuộc tính 16010 thực hiện việc biến đổi thuộc tính để biến đổi các thuộc tính dựa trên các vị trí mà việc mã hóa hình học đã không được thực hiện và/hoặc dạng hình học được tái tạo trên đó. Bộ xử lý biến đổi thuộc tính 16010 có thể biểu diễn đơn vị biến đổi thuộc tính 30007 được mô tả trên Fig.4.

Bộ xử lý biến đổi dự đoán/nâng/RAHT 16011 có thể biểu diễn đơn vị biến đổi RAHT 30008, đơn vị tạo ra LOD 30009, và/hoặc đơn vị biến đổi nâng 40010 trên Fig.4.

Bộ xử lý lượng tử hóa hệ số 16012 có thể biểu diễn đơn vị lượng tử hóa hệ số 40011 trên Fig.4.

Bộ tạo mã số học thứ hai 16013 có thể biểu diễn bộ tạo mã số học 40012 trên Fig.4 và bộ tạo mã số học 12011 trên Fig.12.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể còn gồm bộ tổ hợp được tạo cấu hình để tổ hợp luồng bit hình học được mã hóa và luồng bit thuộc tính được mã hóa.

Fig.17 minh họa thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Các phần tử được thể hiện trên Fig.17 có thể biểu diễn, ví dụ, bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, và bộ phân vùng và/hoặc bộ tinh chỉnh 16001 trên Fig.16. Các phần tử được thể hiện trên Fig.17 có thể là việc giành được video đám mây điểm 10001 và/hoặc bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1. Các phần tử được thể hiện trên Fig.17 có thể là đơn vị thu nhận 18000 và/hoặc đơn vị mã hóa 18001 trên Fig.2 và đơn vị nhập dữ liệu 12000 trên Fig.12.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án được thể hiện trên Fig.17 có thể được tổ hợp với thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm 17000 (ví dụ, bộ phân vùng không gian 15001) theo các phương án có thể gồm bộ phân vùng 17001 và bộ tinh chỉnh 17002.

Bộ phân vùng 17001 theo các phương án nhận dữ liệu đám mây điểm và tiền xử lý và/hoặc phân vùng dữ liệu đám mây điểm này. Ví dụ, bộ phân vùng phân vùng khung thành một hoặc nhiều phiên và/hoặc các lát. Bộ phân vùng 17001 theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương pháp phân vùng khác nhau. Theo đó, bộ phân vùng 17001 có thể gồm bộ nhận dạng phương pháp phân vùng 17001a theo các phương án.

Bộ nhận dạng phương pháp phân vùng 17001a theo các phương án có thể xác định phương pháp phân vùng dựa trên các đặc điểm của dữ liệu đám mây điểm. Phương pháp phân vùng theo các phương án có thể là một việc phân vùng trong số việc phân vùng

dấu thời gian, việc phân vùng thứ tự Morton, việc phân vùng hình vuông đều, và việc phân vùng hình cây bát phân.

Bộ phân vùng 17001 theo các phương án (hoặc bộ nhận dạng phương pháp phân vùng 17001a) có thể tạo ra thông tin phát tín hiệu (ví dụ, phương pháp phân vùng thông số, vốn sẽ được mô tả sau) chỉ ra phương pháp phân vùng mà theo đó thì bộ phân vùng theo các phương án phân vùng dữ liệu đám mây điểm. Thiết bị truyền (hoặc bộ phân vùng) theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm dựa trên một phương pháp phân vùng trong số các phương pháp phân vùng được mô tả ở trên hoặc có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm dựa trên nhiều phương pháp phân vùng.

Bộ phân vùng 17001 theo các phương án có thể thực hiện một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động của bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 và bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 16001 trên Fig.16. Bộ phân vùng 17001 theo các phương án có thể thực hiện một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động của bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15. Bộ phân vùng 17001 theo các phương án có thể được gồm trong bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1 và việc mã hóa 18001 trên Fig.2.

Bộ tinh chỉnh 17002 theo các phương án hợp nhất hoặc chia tách một số lát trong số các lát được tạo ra bởi bộ phân vùng theo các phương án. Bộ tinh chỉnh tinh chỉnh các lát đã được phân vùng bởi bộ phân vùng theo tiêu chí cụ thể (số lượng của các điểm trong một lát, thể tích của không gian, và mật độ của các điểm).

Việc hợp nhất là để hợp nhất một số lát trong số các lát được tạo ra bởi hoạt động phân vùng của bộ phân vùng 17001 thành một lát. Ví dụ, khi hợp nhất lát thứ nhất và lát thứ hai trong số các lát, thì bộ tinh chỉnh 17002 tạo ra một lát gồm tất cả các điểm được gồm trong lát thứ nhất và lát thứ hai.

Việc chia tách là để chia tách một số lát trong số các lát được tạo ra bởi bộ phân vùng 17001 thành nhiều lát, hoặc phân bố các điểm được gồm trong một lát thành các lát liền kề (hoặc thiết lập lại ranh giới lát). Ví dụ, việc chia tách lát thứ nhất có thể có nghĩa là chia nhỏ các điểm được gồm trong lát thứ nhất như là lát thứ hai, lát thứ ba, và tương tự gồm các điểm. Ví dụ, việc chia tách lát thứ nhất có thể có nghĩa là việc thiết lập lại ranh giới giữa lát thứ nhất và lát thứ hai sao cho các điểm được gồm trong lát thứ nhất được chia thành lát thứ nhất và lát thứ hai liền kề với lát thứ nhất.

Bộ tinh chỉnh 17002 theo các phương án có thể gồm đơn vị hợp nhất 17002a được tạo cấu hình để thực hiện hoạt động hợp nhất theo các phương án và bộ chia tách 17002b được tạo cấu hình để thực hiện hoạt động chia tách.

Khi số lượng của các điểm được gồm trong lát nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm, thì bộ tinh chỉnh 17002 (hoặc bộ hợp nhất 17002a) theo các phương án có thể hợp nhất lát với một lát khác. Số lượng tối thiểu của các điểm có thể được thiết lập trước bởi hệ thống hoặc được thiết lập bởi người dùng.

Khi số lượng của các điểm được gồm trong lát lớn hơn số lượng tối đa của các điểm, thì bộ tinh chỉnh 17002 (hoặc bộ hợp nhất 17002a) theo các phương án có thể chia tách lát. Số lượng tối đa của các điểm có thể được thiết lập trước bởi hệ thống hoặc được thiết lập bởi người dùng.

Bộ tinh chỉnh 17002 có thể thực hiện việc tìm kiếm một chiều, việc tìm kiếm hai chiều, việc tìm kiếm ba chiều, hoặc tương tự theo chỉ số của lát được đặt trong không gian ở trong hộp giới hạn theo các phương án.

Phương pháp phân vùng theo các phương án có thể được truyền bởi thiết bị truyền thông qua thông tin phát tín hiệu để truyền luồng bit hình học và luồng bit thuộc tính. Thiết bị truyền theo các phương án có thể còn gồm bộ tổ hợp được tạo cấu hình để tổ

hợp luồng bit hình học được mã hóa và luồng bit thuộc tính được mã hóa. Trong các trường hợp, bộ tổ hợp có thể xác định thứ tự mà theo đó thì luồng bit hình học và luồng bit thuộc tính cần được tổ hợp, và có thể truyền thông tin chỉ ra thứ tự thông qua thông tin phát tín hiệu.

Bộ tinh chỉnh 17002 có thể thực hiện hoạt động tinh chỉnh (ví dụ, hoạt động hợp nhất của đơn vị hợp nhất 17002 và/hoặc hoạt động chia tách của bộ chia tách 17002b) theo các phương án dựa trên cấu trúc dữ liệu cho việc tinh chỉnh. Cấu trúc dữ liệu cho việc tinh chỉnh gồm cấu trúc dữ liệu được tạo cấu hình để chỉ ra sự liên kết giữa các lát được phân vùng bởi bộ phân vùng 17001.

Cấu trúc dữ liệu cho việc tinh chỉnh có thể be, ví dụ, cấu trúc dữ liệu của loại danh sách (1D mảng, 1D danh sách được nối kết, 2D mảng, 2D danh sách được nối kết, hoặc tương tự), hoặc loại cây (cây nhị phân, cây k-một, cây b, hoặc tương tự).

Ví dụ, bộ tinh chỉnh có thể xác định việc liệu sẽ sử dụng phương pháp tinh chỉnh danh sách dùng cấu trúc dữ liệu loại danh sách hay phương pháp tinh chỉnh cây dùng cấu trúc dữ liệu loại cây. Phương pháp tinh chỉnh danh sách có thể phát tín hiệu thứ tự tăng dần (`list_point_num_ascending_order`) hoặc thứ tự giảm dần (`list_point_num_descending_order`) cho số lượng của các điểm thuộc về các lát chia tách trong danh sách.

Phương pháp tinh chỉnh cho hoạt động tinh chỉnh của bộ tinh chỉnh theo các phương án có thể gồm phương pháp tinh chỉnh dựa trên khoảng cách và phương pháp tinh chỉnh 2/4/6 đường. Phương pháp tinh chỉnh dựa trên khoảng cách có thể có, ví dụ, khoảng cách giữa các điểm tối thiểu (`minPoint_distance`), khoảng cách giữa các điểm tối đa (`maxPoint_distance`), và khoảng cách giữa các điểm giữa (`midpoint_distance`) làm tiêu chí cho việc tinh chỉnh. Việc tinh chỉnh 2/4/6 đường có thể hợp nhất n lát liên kết

với lát cụ thể, ví dụ, theo thứ tự tăng dần của số lượng của các điểm (minPointNum_order), thứ tự giảm dần của số lượng của các điểm (maxPointNum_order), hoặc thứ tự được định rõ bởi người dùng (left_right_bottom_top_order).

Ví dụ về phương pháp phân vùng được thực hiện bởi bộ phân vùng 17001 theo các phương án sẽ được mô tả chi tiết với sự tham khảo đến các hình từ Fig.18 đến Fig.21 và Fig.24 đến Fig.25.

Ví dụ về hoạt động của bộ tinh chỉnh 17002 theo các phương án sẽ được mô tả với sự tham khảo đến Fig.22, Fig.23, Fig.26, và Fig.27.

Theo đó, thiết bị truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều phiên và/hoặc lát, và mã hóa/giải mã dữ liệu đám mây điểm song song dựa trên đó. Cấu hình này cho phép thiết bị truyền và/hoặc thiết bị nhận thực hiện việc truy cập ngẫu nhiên theo không gian và việc mã hóa/giải mã song song.

Fig.18 minh họa ví dụ về việc phân vùng của dữ liệu đám mây điểm bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Một cách cụ thể, Fig.18 minh họa rằng dữ liệu đám mây điểm được phân vùng thành nhiều lát trong một khung mang dữ liệu đám mây điểm. Nghĩa là, Fig.18 minh họa dữ liệu đám mây điểm 18001 và nhiều lát 18002 để phân vùng dữ liệu đám mây điểm này. Các hoạt động được minh họa trên Fig.18 có thể được thực hiện bởi bộ phân vùng 17001 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, một phần hoặc tất cả thành phần trong số bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 16001, hoặc bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15.

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được minh họa trên Fig.18 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Dữ liệu đám mây điểm 18001 theo các phương án biểu diễn dữ liệu đám mây điểm được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.16, và có thể biểu diễn một dữ liệu thể loại 1 và/hoặc dữ liệu thể loại 3. Dữ liệu đám mây điểm được thể hiện trên Fig.18 có thể là, ví dụ, dữ liệu thể loại 3.

Nhiều lát 18002 có thể biểu diễn các lát (hoặc các viên gạch) được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.15 đến Fig.17. Lát có thể chứa các điểm.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành nhiều lát như được minh họa trên Fig.18. Tuy nhiên, khi dữ liệu đám mây điểm được phân vùng thành các lát, thì hiệu quả mã hóa/giải mã có thể giảm phụ thuộc vào kích cỡ của lát và mật độ của các lát.

Ví dụ, lát được chỉ ra bởi 18002a trên Fig.18 gồm nhiều điểm, và vì thế mật độ của các điểm là cao. Khi dữ liệu đám mây điểm của 18002a trên Fig.18 được mã hóa một cách độc lập, thì một lượng lớn các tài nguyên bộ nhớ và các hoạt động xử lý cao có thể được yêu cầu. Theo một ví dụ khác, lát được chỉ ra bởi 18002b trên Fig.18 có số lượng nhỏ các điểm, và vì thế hiệu quả mã hóa của nó có thể được hạ thấp. Khi dữ liệu đám mây điểm của 18002b trên Fig.18 được mã hóa một cách độc lập, thì sự trễ không cần thiết có thể xảy ra.

Ví dụ, nếu thiết bị truyền chỉ phân vùng các lát một cách tương tự hoặc theo tiêu chí nhất định, thì thiết bị truyền nên mã hóa tất cả các phần có mặt trong 18001, và thiết bị nhận nên giải mã tất cả các phần ngay cả khi người sử dụng thiết bị nhận theo các phương án nhìn phần 18002b. Việc này có thể gây ra các sự trễ không cần thiết trong thiết bị truyền và/hoặc thiết bị nhận.

Theo đó, thiết bị truyền có thể chia tách lát 18002a thành nhiều lát bởi hoạt động chia tách được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.15 đến Fig.17. Bên cạnh đó, thiết bị truyền có thể hợp nhất lát 18002b với các lát khác bởi hoạt động hợp nhất được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.15 đến Fig.17. Bên cạnh đó, thiết bị truyền theo các phương án có thể cải thiện một cách hiệu quả hiệu suất mã hóa bằng cách thực hiện việc phân vùng dựa trên phương pháp phân vùng trên các hình từ Fig.19 đến Fig.21, Fig.24 và Fig.25. Phương pháp phân vùng gồm các phương pháp như là, ví dụ, việc phân vùng dấu thời gian, việc phân vùng thứ tự Morton, việc phân vùng hình vuông đều, và việc phân vùng hình cây bát phân.

Theo đó, thiết bị truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều phiên và/hoặc lát, và mã hóa/giải mã dữ liệu đám mây điểm song song dựa trên đó. Cấu hình này cho phép thiết bị truyền và/hoặc thiết bị nhận để thực hiện việc truy cập ngẫu nhiên theo không gian và việc mã hóa/giải mã song song.

Fig.19 minh họa phương án của phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Fig.19 minh họa phương án của phương pháp cho hoạt động phân vùng được minh họa trên Fig.18. Các hoạt động trên Fig.19 có thể được thực hiện bởi bộ phân vùng 17001 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 16001 trên Fig.16, hoặc bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15.

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được minh họa trên Fig.19 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Fig.19 minh họa việc phân vùng dấu thời gian theo các phương án. Các hoạt động trên Fig.19 biểu diễn phân vùng dựa trên thuộc tính thời gian trong số các thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm. Thuộc tính thời gian của dữ liệu phủ điểm theo các phương án là dữ liệu thuộc tính có thể giành được bởi đơn vị thu nhận theo các phương án. Theo đó, tại nơi mà thuộc tính thời gian có mặt, thì phương pháp được minh họa có thể được sử dụng.

Tham khảo đến Fig.19(B), dữ liệu đám mây điểm gồm thuộc tính thời gian. Điểm theo các phương án có thể gồm thuộc tính thời gian của loại phao như được thể hiện trên hình.

Tham khảo đến Fig.19(A), thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể xác định thứ tự theo thời gian của các điểm dựa trên các thuộc tính thời gian được thể hiện ở phía bên phải trên Fig.19. Ví dụ, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể phân loại các thuộc tính thời gian để xác định hướng và thứ tự mà theo đó thì dữ liệu đám mây điểm được tạo ra.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể phân vùng các điểm thành nhiều lát bằng cách phân loại các thuộc tính thời gian theo thứ tự tăng dần hoặc giảm dần.

Fig.20 minh họa phương án của phương pháp phân vùng và tinh chỉnh dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Fig.20 minh họa phương án của phương pháp hoạt động phân vùng và phương pháp tinh chỉnh được minh họa trên Fig.17 và Fig.18. Các hoạt động trên Fig.20 có thể được thực hiện bởi bộ phân vùng 17001 và/hoặc bộ tinh chỉnh 17002 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 16001 trên Fig.16, hoặc bộ phân vùng 15001 trên Fig.15.

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được minh họa trên Fig.20 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Fig.20 minh họa việc phân vùng thứ tự Morton và việc tinh chỉnh thứ tự Morton. Các hoạt động trên Fig.20 phân vùng các điểm của dữ liệu đám mây điểm thành nhiều lát dựa trên các mã Morton của các điểm.

Mã Morton đề cập đến mã được tạo ra bằng cách đặt xen kẽ các giá trị tọa độ (ví dụ, giá trị tọa độ x, giá trị tọa độ y, và giá trị tọa độ z) của thông tin vị trí về điểm trong các đơn vị. Các mã Morton có thể được trình bày dưới dạng các số thực nhị phân hoặc thập phân. Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể xác định thứ tự của các hoạt động phân vùng/tinh chỉnh và/hoặc hoạt động mã hóa theo các phương án dựa trên các lát được phân vùng.

Tham khảo đến Fig.20, bộ phân vùng theo các phương án phân vùng không gian ba chiều (ví dụ, hộp giới hạn) gồm dữ liệu đám mây điểm theo tiêu chí cụ thể. Tiêu chí cụ thể có thể là tiêu chí theo các phương pháp phân vùng được minh họa trên các hình từ Fig.19, Fig.20 và Fig.22 đến Fig.26. Ví dụ, bộ phân vùng phân vùng không gian 3D gồm dữ liệu đám mây điểm thành nhiều lát theo việc phân vùng dựa trên độ dài theo trục được minh họa trên Fig.26 hoặc việc phân vùng hình vuông đều được minh họa trên Fig.22. Bộ phân vùng có thể thực hiện việc phân vùng dựa trên số lượng của các điểm của dữ liệu đám mây điểm, số lượng tối đa của các điểm trong các lát được phân vùng, và/hoặc số lượng tối thiểu của các điểm.

Tham khảo đến Fig.20, bộ tinh chỉnh theo các phương án có thể tạo ra mã Morton cho mỗi lát trong số các lát được phân vùng dựa trên các vị trí của các lát được phân vùng, và thực hiện việc tinh chỉnh theo các phương án (ví dụ, phương pháp được minh

họa trên Fig.23 và Fig.24) theo thứ tự tăng dần của các mã Morton được tạo ra của các lát.

Theo các phương án, các lát được phân vùng có thể được chia thành các lát với các điểm và các lát mà không cần điểm bất kỳ. Khi các lát với các điểm được phân loại dựa trên các mã Morton, thì các lát có thể được phân loại từ lát dưới cùng-bên trái-đẳng trước đến lát trên cùng-bên phải-đẳng sau.

Ví dụ, trong số các lát, lát có mã nhỏ nhất theo thứ tự của mã Morton là lát 20001. Vì lát 20001 có số lượng nhỏ các điểm, nên bộ tinh chỉnh theo các phương án có thể xác định việc liệu sẽ hợp nhất lát với lát 20002, vốn là lát tiếp theo theo thứ tự mã Morton hay hợp nhất lát với lát 20002. Tiếp theo, lát 20002, vốn là lát được hợp nhất với 20001, có thể vẫn có số lượng nhỏ các điểm (ví dụ, số lượng của các điểm có thể nhỏ hơn `minPointNum`). Theo đó, bộ tinh chỉnh có thể xác định việc liệu sẽ hợp nhất lát 20002 với lát 20003, vốn là lát tiếp theo theo thứ tự mã Morton, và/hoặc hợp nhất lát 20002 với lát 20003.

Ví dụ, khi bộ tinh chỉnh hợp nhất lát 20002 với lát 20003, thì toàn bộ số lượng các điểm trong lát được hợp nhất có thể là lớn (ví dụ, số lượng của các điểm có thể lớn hơn `maxPointNum`). Vì thế, bộ tinh chỉnh có thể chia tách lát được hợp nhất 20003. Bộ tinh chỉnh có thể chia tách lát 20003 về phía lát 20004, vốn là lát tiếp theo theo thứ tự mã Morton, lát 20002, hoặc lát 20001.

Bộ tinh chỉnh có thể hợp nhất và/hoặc chia tách các lát lên đến $2000n$ các lát theo các phương án theo cùng cách thức như trên.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tạo ra các lát theo phương pháp được mô tả ở trên. Theo đó, khi thiết bị được chấp thuận để tạo ra các lát

mà không cần truy vấn các thuộc tính của các điểm riêng lẻ, thì sự trễ xảy ra trong quy trình tạo ra lát có thể được giảm.

Fig.21 minh họa phương án của phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Fig.21 minh họa phương án của phương pháp phân vùng hoạt động được minh họa trên Fig.18. Các hoạt động trên Fig.21 có thể được thực hiện bởi bộ phân vùng 17001 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, hoặc bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 17001.

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được minh họa trên Fig.21 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Fig.21 minh họa việc phân vùng hình vuông đều. Các hoạt động trên Fig.21 biểu diễn phân vùng các điểm của dữ liệu đám mây điểm thành các lát có hình dạng của hình vuông đều 21002. Hình vuông đều 21002 có thể có nghĩa là, ví dụ, hình lập phương hình dạng có ít nhất một mặt có dạng hình vuông. Lát có dạng hình vuông đều có thể được gọi là lát có dạng bàn cờ.

Dữ liệu đám mây điểm 21001 biểu diễn dữ liệu gồm các điểm được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.1 đến Fig.20.

Các lát 21002 có dạng hình vuông đều có thể là các lát cấu thành hộp giới hạn 21000 của dữ liệu đám mây điểm.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tạo ra nhiều lát có dạng hình vuông đều 21002 bằng cách phân đoạn trục dài nhất và trục có chiều dài ở giữa của hộp giới hạn của dữ liệu đám mây điểm 21001 cho độ dài của trục ngắn nhất.

Ví dụ, tham khảo đến Fig.21, hộp giới hạn của dữ liệu đám mây điểm gồm trục thứ nhất (maxAxis) 21000c, vốn là trục dài nhất, trục thứ hai (midAxis) 21000b, vốn là trục có chiều dài ở giữa, và trục thứ ba (minAxis) 21000a, vốn là trục ngắn nhất. Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể tạo ra (đoạn) lát có dạng hình vuông đều 21002 bằng cách chia trục thứ nhất (ví dụ, maxAxis) và trục thứ hai (ví dụ, midAxis) cho độ dài của trục thứ ba.

Sau khi phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành nhiều lát dựa trên phương pháp phân vùng hình vuông đều, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể còn tinh chỉnh nhiều lát. Quy trình mà trong đó thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm còn tinh chỉnh nhiều lát sẽ được mô tả chi tiết với sự tham khảo đến Fig.22, Fig.23, Fig.26 và Fig.27.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tạo ra các lát theo phương pháp được mô tả ở trên. Theo đó, khi thiết bị được chấp thuận để tạo ra các lát mà không cần truy vấn các thuộc tính của các điểm riêng lẻ, thì sự trễ xảy ra trong quy trình tạo ra lát có thể được giảm.

Fig.22 minh họa phương án của phương pháp tinh chỉnh các lát theo các phương án.

Hoạt động của tinh chỉnh các lát theo các phương án được minh họa trên Fig.22 có thể được thực hiện bởi bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15, bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 16001 trên Fig.16, hoặc bộ tinh chỉnh 17002 trên Fig.17.

Fig.22(A) minh họa rằng các điểm của dữ liệu đám mây điểm được phân vùng thành nhiều lát (22000). Theo các phương án, lát có thể được tách biệt với các lát khác

bởi bộ nhận dạng lát. Ví dụ, bộ nhận dạng của lát được chỉ ra bởi 22001 có thể là N (lát N).

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được minh họa trên Fig.22 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Theo các phương án, lát N 22001 có thể liên kết với các lát khác. Ví dụ, lát N 22001 có thể có nhiều lát liên kết. Ví dụ, tham khảo đến Fig.22(A), lát N có thể liên kết với lát N+1, lát N-M, lát N+M, và lát N-1.

Tham khảo đến Fig.22, lát N+1 có thể là lát liên kết tại phía trên của lát N 22001, và lát N-1 có thể là lát liên kết tại phía dưới của lát N 22001. Lát N+M có thể là lát liên kết tại phía bên phải của lát N 22001, và lát N-M có thể là lát liên kết tại phía bên trái của lát N 22001.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tinh chỉnh lát cụ thể (ví dụ, lát N).

Fig.22(B) minh họa hoạt động của thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành nhiều lát và tinh chỉnh một số lát trong số các lát được phân vùng.

Hoạt động của thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể gồm hoạt động 22002a để phân vùng dữ liệu đám mây điểm, hoạt động 22002b để dẫn xuất thông tin về các lát liên kết với lát cụ thể, và/hoặc hoạt động 22002c để tinh chỉnh các lát bằng cách hợp nhất và/hoặc chia tách các lát.

Trong hoạt động 22002a để phân vùng dữ liệu đám mây điểm, thì dữ liệu đám mây điểm được phân vùng thành nhiều lát. Trong hoạt động 22002a để phân vùng dữ liệu đám mây điểm, thì hoạt động của bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15, một phần

hoạt động trong số các hoạt động của bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 và các đặc điểm dữ liệu dựa trên bộ phân vùng 16001 trên Fig.16, hoạt động của bộ phân vùng 17001 trên Fig.17, hoặc các hoạt động của các hình từ Fig.18 đến Fig.21. Ví dụ, trong hoạt động 22002a để phân vùng dữ liệu đám mây điểm, thì dữ liệu đám mây điểm có thể được phân vùng theo phương pháp phân vùng hình vuông đều được minh họa trên Fig.21. Lát được phân vùng (ví dụ, lát hiện tại trên hình) có thể có các lát liền kề (ví dụ, lát trên cùng, lát dưới cùng, lát bên trái, và lát bên phải) theo sự minh họa trên Fig.22(a).

Trong hoạt động 22002b để dẫn xuất thông tin về các lát liền kề với lát cụ thể, thông tin về lát được phân vùng (ví dụ, lát hiện tại) và các lát liền kề có thể được dẫn xuất.

Ví dụ, lát 0 có thể là lát được đặt tại góc ngoài cùng bên trái dưới cùng. Trong các trường hợp, các lát liền kề là các lát 1 và 3, và thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm kiểm tra số lượng của các điểm trong mỗi lát trong số các lát liền kề (ví dụ, 100 cho lát 1, và 200 cho lát 3). Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể không kiểm tra một cách dư thừa số lượng của các điểm trong lát mà đã được kiểm tra.

Trong hoạt động 22002c để tinh chỉnh các lát bằng cách hợp nhất và/hoặc chia tách các lát, thì các lát được phân vùng sẽ được tinh chỉnh.

Khi số lượng của các điểm trong lát được phân vùng (ví dụ, lát hiện tại) nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm (minNumPoint), thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể hợp nhất lát được phân vùng với một lát trong số các lát liền kề theo các phương án. Theo đó, lát được hợp nhất là lát gồm cả các điểm được gồm trong lát được phân vùng và các điểm được gồm trong một lát trong số các lát liền kề. Một lát trong số các lát liền kề có thể là, ví dụ, lát với số lượng nhỏ nhất của các điểm trong số các lát liền kề.

Ví dụ, khi lát hiện tại có số lượng các điểm mà nhỏ hơn `minNumPoint`, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể thực hiện hoạt động hợp nhất theo các phương án. Khi các lát liền kề (4 lát) liền kề với lát hiện tại có 20, 100, 50, và 80 điểm, một cách tương ứng, thì lát có 20 điểm có thể được hợp nhất với lát hiện tại.

Khi số lượng của các điểm trong lát được phân vùng (ví dụ, lát hiện tại) lớn hơn số lượng tối đa của các điểm (`maxNumPoint`), thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể chia tách lát được phân vùng. Theo đó, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể chấp thuận hai hoặc nhiều lát gồm các điểm được gồm trong lát được phân vùng (lát hiện tại).

Ví dụ, khi lát hiện tại có số lượng các điểm mà lớn hơn `maxNumPoint`, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể thực hiện hoạt động chia tách theo các phương án. Khi số lượng của các điểm trong lát hiện tại là 150 (ví dụ, `maxNumPoint` là 100), thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể tạo ra hai lát bằng cách chia tách lát hiện tại.

Ví dụ, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể phân bố 100 điểm trong số 150 điểm của lát hiện tại (lát N) cho lát N, và 50 điểm khác cho lát liền kề (ví dụ, lát N+1). Trong các trường hợp, ranh giới của lát N+1 có thể được mở rộng. Ví dụ, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể thiết lập lại ranh giới của lát N+1 sao cho các điểm được đặt gần với lát N+1 trong số các điểm được gồm trong lát N được gồm trong lát N+1.

Trong các phương án, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể phân bố lại các điểm cần được phân bố lại trong lát hiện tại để lát có chỉ số tiếp theo và điều chỉnh lại ranh giới của lát có chỉ số tiếp theo.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tạo ra các lát theo phương pháp được mô tả ở trên. Theo đó, khi các lát được tạo ra mà không cần truy vấn

các thuộc tính của các điểm riêng lẻ, thì sự trễ xảy ra trong quy trình tạo ra lát có thể được giảm.

Theo cấu hình được mô tả ở trên, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân bố hoặc xác định một cách tương tự hoặc một cách thích hợp số lượng của các điểm trong các lát, nhờ đó tăng hiệu quả mã hóa song song của thiết bị truyền.

Bên cạnh đó, theo cấu hình được mô tả ở trên, số lượng của các điểm trong các lát có thể được thiết lập sao cho số lượng của các điểm không biến đổi nhiều trong số các lát, và theo đó thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể làm giảm sự trễ trong việc mã hóa mỗi lát một cách độc lập.

Fig.23 thể hiện ví dụ về kết quả của việc phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành nhiều lát và/hoặc tinh chỉnh kết quả này theo các phương án.

Các hoạt động trên Fig.23 được thực hiện bởi bộ phân vùng 17001 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 17001, hoặc bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15.

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được minh họa trên Fig.23 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án tạo ra nhiều lát bằng cách phân vùng dữ liệu đám mây điểm, và tinh chỉnh các lát được tạo ra.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể thực hiện hoạt động phân vùng theo các phương án, và sau đó thực hiện các hoạt động sau đây.

1) Tạo ra thông tin liên kề

Mỗi lát được phân vùng (lát không được tinh chỉnh) tạo ra thông tin liên kề gồm thông tin về ít nhất một lát liên kề. Theo các phương án, lát liên kề có thể là một lát trong số các lát liên kề tại các phía dưới cùng, bên trái, trên cùng, và bên phải của lát được phân vùng (lát hiện tại). Theo các phương án, lát liên kề có thể là một lát trong số các lát liên kề tại các phía dưới cùng, bên trái, trên cùng, bên phải, đằng trước, và đằng sau của lát được phân vùng (lát hiện tại).

Thông tin liên kề gồm thông tin về lát liên kề tại phần dưới cùng của lát hiện tại, lát liên kề tại phía bên trái của lát hiện tại, lát liên kề tại phần trên cùng của lát hiện tại, và/hoặc lát liên kề tại phía bên phải của lát hiện tại (ví dụ, thông tin bộ nhận dạng lát, thông tin về số lượng của các điểm được gồm trong các lát, v.v.). Thông tin liên kề có thể gồm thông tin về lát liên kề tại phần dưới cùng của lát hiện tại, lát liên kề tại phía bên trái của lát hiện tại, lát liên kề tại phần trên cùng của lát hiện tại, lát liên kề tại phía đằng trước của lát hiện tại, và lát liên kề tại phía đằng sau của lát hiện tại.

2) Hợp nhất

Hoạt động hợp nhất theo các phương án được thực hiện để hợp nhất lát cụ thể (lát hiện tại) với một lát trong số các lát liên kề của nó. Hoạt động hợp nhất có thể được thực hiện khi số lượng của các điểm trong lát hiện tại nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm (minNumPoint).

Một lát trong số các lát liên kề theo các phương án có thể là lát liên kề tại phần dưới cùng của lát cụ thể (lát hiện tại), lát liên kề tại phía bên trái của lát cụ thể, lát liên kề tại phần trên cùng của lát cụ thể, lát liên kề tại phía đằng trước của lát cụ thể, và lát liên kề tại phía đằng sau của lát cụ thể.

3) Chia tách

Việc chia tách theo các phương án đề cập đến việc chia tách lát cụ thể (lát hiện tại) thành nhiều lát hoặc phân bố lại các điểm để lát có chỉ số tiếp theo. Hoạt động chia tách có thể được thực hiện khi số lượng của các điểm trong lát cụ thể nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm (minNumPoint).

Fig.23 minh họa các lát giành được sau khi hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách được thực hiện bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Khi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc chia tách, thì các lát có thể được bố trí sẽ được làm thích ứng với sự phân bố hoặc vùng của các điểm. Nghĩa là, các lát mà hoạt động hợp nhất và/hoặc chia tách được thực hiện trên đó theo các phương án được tối ưu hóa để mã hóa hoặc giải mã và gồm số lượng của các điểm.

Theo cấu hình được mô tả ở trên, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân bố một cách tương tự một cách hoặc thích hợp hoặc xác định số lượng của các điểm trong các lát, nhờ đó tăng hiệu quả mã hóa song song của thiết bị truyền.

Bên cạnh đó, theo cấu hình được mô tả ở trên, số lượng của các điểm trong các lát có thể được thiết lập sao cho số lượng của các điểm không biến đổi nhiều trong số các lát, và theo đó thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể làm giảm sự trễ trong việc mã hóa mỗi lát một cách độc lập.

Fig.24 minh họa phương án của phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Fig.24 minh họa phương án của phương pháp cho hoạt động phân vùng được thể hiện trên Fig.18. Các hoạt động trên Fig.24 có thể được thực hiện bởi bộ phân vùng 17001 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 17001, hoặc bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15.

Các hoạt động theo phương pháp phân vùng được minh họa trên Fig.24 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị truyền 1000 trên Fig.1, bộ truyền 10003 trên Fig.1, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, đơn vị truyền 18002 trên Fig.2, bộ mã hóa trên Fig.4, thiết bị truyền trên Fig.12, thiết bị XR 1430 trên Fig.14, hoặc tương tự.

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được minh họa trên Fig.24 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Fig.24 minh họa phương pháp của việc phân vùng hình cây bát phân. Các hoạt động trên Fig.24 biểu diễn phân vùng các điểm của dữ liệu đám mây điểm thành nhiều lát dựa trên cây bát phân cho hộp giới hạn 24000.

Trong việc phân vùng hình cây bát phân, toàn bộ không gian (hộp giới hạn gồm dữ liệu đám mây điểm theo các phương án) được phân vùng thành tám không gian bằng nhau để phân vùng theo cách đệ quy các không gian.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể thiết lập độ dài dài nhất L làm hộp giới hạn (LXLXL), và tạo ra 8 lũy thừa của 1 không gian mỗi khi mức cây bát phân được hạ thấp một mức. Mức 1 của cây bát phân theo các phương án có thể được thiết lập trước hoặc được thiết lập bởi người dùng. Ví dụ, khi giá trị của mức cây bát phân (tức là, 1) được thiết lập thành 3, thì thiết bị truyền có thể phân vùng hộp giới hạn thành 512 ($= 8^3$) không gian. Thiết bị truyền theo các phương án có thể

truyền giá trị của mức theo các phương án đến thiết bị nhận thông qua thông tin phát tín hiệu.

Mức giá trị theo các phương án có thể là giá trị được nhận làm đầu vào hoặc có thể được xác định dựa trên số lượng của các điểm mà có thể có mặt trong hộp giới hạn (không gian) (ví dụ, 1 là số lượng của các điểm và có thể được xác định là ngưỡng).

Ví dụ, khi số lượng của các lát có 1 đến 100,000 điểm là 50% tổng số của các lát khi mức cho việc phân vùng lát là x, thì thiết bị truyền theo các phương án có thể dừng việc phân vùng hình cây bát phân. Trong các trường hợp, việc phân vùng hình cây bát phân có thể được dừng dựa trên mật độ, ngưỡng, lát độ dài, hoặc tương tự.

Việc phân vùng hình cây bát phân có thể được gọi là việc phân vùng hình học đều nhờ sử dụng cây bát phân. Phương pháp phân vùng của việc phân vùng hình học đều sử dụng cây bát phân có thể gồm, ví dụ, các hoạt động sau đây.

- 1) Thiết lập độ sâu (mức) của việc phân vùng hình cây bát phân $depOctree = 1$ theo mặc định.
- 2) Chia đám mây điểm đầu vào thành $8^{depOctree}$ lát bởi sơ đồ phân vùng cây bát phân.
- 3) Đánh giá tỷ lệ của các điểm nhỏ hơn $maxPointNum$ trong tất cả các lát. Thiết lập tỷ lệ ngưỡng. Nếu tỷ lệ là lớn hơn, hãy chuyển sang bước tiếp theo. Ngược lại, quay trở lại thủ tục 1) và thiết lập $depOctree += 1$.

Sau khi phân vùng lát, thì đám mây điểm của lát mà có số đếm điểm lớn hơn $MaxPointNum$ có thể được chia tách, và đám mây điểm của lát mà có số đếm điểm nhỏ hơn $MinPointNum$ có thể được hợp nhất.

Hoạt động chia tách theo các phương án biểu diễn hoạt động chia tách được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.18 đến Fig.23. Trong hoạt động chia tách, khi số lượng của các điểm (Asize) lớn hơn MaxPointNum, thì lát tương ứng có thể được chia tách thành n lát. Ở đây, n có thể là, ví dụ, $\text{ceil}(A\text{size}/\text{MaxPointNum})$.

Hoạt động hợp nhất theo các phương án biểu diễn hoạt động hợp nhất được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.18 đến Fig.23. Trong hoạt động hợp nhất, nếu số điểm điểm của lát hiện tại nhỏ hơn MinPointNum, thì lát được hợp nhất với hoặc lát trước đó hoặc lát tiếp theo.

Để xác định lát cần được hợp nhất, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể xác định hướng hợp nhất như sau.

Nếu lát là lát thứ nhất, thì việc hợp nhất có thể được hướng về phía lát tiếp theo.

Nếu lát là lát cuối cùng (tại phần cuối), thì việc hợp nhất có thể được hướng về phía lát trước đó.

Nếu lát không phải là lát thứ nhất cũng không phải là lát cuối cùng, thì hoạt động có thể được thực hiện như sau. Khi số lượng của các điểm của lát được tạo nên bằng cách hợp nhất lát hiện tại với lát trước đó là SumFront, và số lượng của các điểm trong lát được tạo nên bằng cách hợp nhất lát hiện tại với lát tiếp theo là SumNext, thì hoạt động hợp nhất có thể được thực hiện như sau.

Nếu $\text{SumFront} > \text{MaxPointNum}$ và $\text{SumNext} > \text{MaxPointNum}$, thì lát với số lượng lớn hơn của các điểm có thể được lựa chọn giữa lát trước đó và lát tiếp theo.

Nếu $\text{SumFront} < \text{MaxPointNum}$ và $\text{SumNext} < \text{MaxPointNum}$, thì lát với số lượng lớn hơn của các điểm có thể được lựa chọn giữa lát trước đó và lát tiếp theo.

Ngược lại, nếu một thành phần trong số $SumFront$ và $SumNext$ lớn hơn $MaxPointNum$ và thành phần còn lại nhỏ hơn $MaxPointNum$, thì lát hiện tại được hợp nhất với lát có số lượng lớn nhỏ của các điểm giữa lát trước đó và lát tiếp theo.

Tất cả các lát được tạo nên sau khi hoạt động hợp nhất có thể được kiểm tra từng cái một (được đi qua) và $SumMerged$ có thể được so sánh với $MaxPointNum$. $SumMerged$ là số lượng của các điểm trong lát được hợp nhất.

Nếu $SumMerged < MinPointNum$, thì lát hiện tại có thể còn được hợp nhất với một lát khác.

Nếu $SumMerged > MaxPointNum$, thì lát được hợp nhất có thể được chia tách.

Nếu $MinPointNum < SumMerged < MaxPointNum$, thì lát hiện tại được duy trì.

Theo cấu hình được mô tả ở trên, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân bố một cách tương tự một cách hoặc thích hợp hoặc xác định số lượng của các điểm trong các lát, nhờ đó tăng hiệu quả mã hóa song song của thiết bị truyền.

Bên cạnh đó, theo cấu hình được mô tả ở trên, số lượng của các điểm trong các lát có thể được thiết lập sao cho số lượng của các điểm không biến đổi nhiều trong số các lát, và theo đó thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể làm giảm sự trễ trong việc mã hóa mỗi lát một cách độc lập.

Fig.25 minh họa phương án của phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Fig.25 minh họa phương án của phương pháp phân vùng hoạt động được minh họa trên Fig.18. Các hoạt động trên Fig.25 có thể được thực hiện bởi bộ phân vùng 17001 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, bộ phân vùng & bộ tính

chính dựa trên các đặc điểm dữ liệu 16001 trên Fig.16, hoặc bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15.

Các hoạt động theo phương pháp phân vùng được minh họa trên Fig.25 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị truyền 1000 trên Fig.1, bộ truyền 10003 trên Fig.1, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, bộ truyền 18002 trên Fig.2, bộ mã hóa trên Fig.4, thiết bị truyền trên Fig.12, thiết bị XR 1430 trên Fig.14, hoặc tương tự.

Fig.25 minh họa rằng thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm phân vùng dữ liệu đám mây điểm 25000 hoặc không gian 3D bị chiếm giữ bởi dữ liệu đám mây điểm thành các vùng 25001 và 25002 dựa trên các độ dài của các trục của hộp giới hạn. Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể mã hóa dữ liệu đám mây điểm cho mỗi vùng trong số các vùng được phân vùng 25001 và 25002 dựa trên một hoặc nhiều độ dài trong số các độ dài của các trục của hộp giới hạn. Theo các phương án, hoạt động phân vùng dữ liệu thành các vùng được phân vùng 25001 và 25002 (ví dụ, các lát) dựa trên các độ dài của các trục của hộp giới hạn có thể được gọi là việc cắt phiến lát dựa trên độ dài theo trục thích ứng (hoặc việc phân vùng lát dựa trên độ dài theo trục thích ứng). Hoạt động được minh họa trên Fig.25 có thể được thực hiện bởi, ví dụ, đơn vị nhập dữ liệu 12000 trên Fig.12.

Dữ liệu đám mây điểm 25000 có thể chứa một hoặc nhiều điểm. Dữ liệu đám mây điểm có thể được chứa trong không gian 3D (ví dụ, hộp giới hạn). Không gian 3D (ví dụ, hộp giới hạn) theo các phương án có thể được biểu diễn dưới dạng trục x, trục y, và trục z.

Đối với dữ liệu đám mây điểm 25000, ví dụ, độ dài của một trục trong số trục x, trục y và trục z có thể ngắn hơn hoặc về cơ bản là ngắn hơn so với các độ dài của hai

trục khác. Ví dụ, có thể có dữ liệu đám mây điểm mà trình bày địa hình được phân bố một cách rộng rãi dọc theo hai trục ngoài trừ một trục khác. Nếu thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm thực hiện việc mã hóa trên các điểm trong hộp giới hạn bất kể các độ dài của các trục, thì hiệu quả mã hóa có thể bị xuống cấp. Theo đó, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm cần phân vùng dữ liệu thành một hoặc nhiều vùng theo sự thích ứng với các độ dài của các trục của không gian 3D. Do đó, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tính toán các độ dài tương đối của trục x, trục y, và trục z, và phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều vùng dựa trên các độ dài tương đối được tính toán.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm (ví dụ, bộ phân vùng phiên 16000 trên Fig.16) theo các phương án có thể tạo cấu hình một hoặc nhiều lát 25001 bằng cách phân vùng trục dài nhất (ví dụ, trục x) trong số độ dài của trục x 25000x, độ dài của trục y 25000y, và độ dài của trục z 25000z thành các đơn vị của độ dài của trục ngắn nhất (ví dụ, trục z). Dữ liệu được phân vùng thành một hoặc nhiều lát có thể là các đơn vị mà có thể được mã hóa và được giải mã song song.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án (ví dụ, bộ phân vùng phiên 18000 trên Fig.18 hoặc đơn vị cắt phiên 19001 trên Fig.19) có thể phân vùng lại một số lát 25001. Trong việc phân vùng lại theo các phương án, một hoặc nhiều lát con (hoặc các lát thứ hai) có thể được tạo cấu hình bằng cách phân vùng trục dài nhất của một số lát (nghĩa là, trục y 25000y trong trường hợp của lát 25001 trên Fig.25) thành các đơn vị của độ dài của trục ngắn nhất (ví dụ, trục x hoặc trục z). Dữ liệu được phân vùng thành một hoặc nhiều lát con (hoặc các lát thứ hai) 25002 có thể là các đơn vị mà có thể được mã hóa và được giải mã song song.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể thực hiện việc phân vùng dựa trên thông tin tối đa/tối thiểu về các điểm mà không cần phù hợp với sự phân bố dữ liệu theo không gian với số lượng tối đa và số lượng tối thiểu (maxPointNum, minPointNum) của các điểm trong các lát thứ nhất.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể xác định việc liệu sẽ phân vùng lại các lát thứ nhất hay các lát thứ hai, dựa trên số lượng của các điểm trong các vùng, kích cỡ của không gian được phân bổ bởi mỗi vùng trong số các vùng, và mật độ của các điểm được gồm trong các vùng. Theo các phương án, việc phân vùng lại theo không gian có thể được thực hiện một cách thích ứng theo không gian, và có thể gồm việc phân vùng các lát dựa trên trục cụ thể và việc phân vùng lại các lát dựa trên trục có chiều dài ở giữa.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể thừa nhận việc cắt phiên vùng dựa trên độ dài theo trục thích ứng theo các phương án, nhờ đó thực hiện một cách hiệu quả việc mã hóa trong chuỗi được liên kết với đơn vị không gian trong một khung của dữ liệu đám mây điểm gồm dấu hiệu địa hình rộng lớn. Thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể giải mã một cách hiệu quả dữ liệu đám mây điểm gồm dấu hiệu địa hình rộng lớn.

Ví dụ, một lát có thể được tạo cấu hình bằng cách phân đoạn trục dài nhất (ví dụ, trục X) bởi trục ngắn nhất (ví dụ, trục Z). Các lát được phân vùng bởi trục cụ thể có thể được phân vùng một lần nữa. Bằng cách áp dụng phương pháp phân vùng trục dài nhất bởi trục nhỏ nhất cho việc phân vùng lại, thì việc phân vùng có thể được thực hiện theo cách đệ quy. Trục ngắn nhất của lát cần được phân vùng lại có thể trở thành trục Z, và lát có thể được phân vùng lại thành các lát mà mỗi lát có không gian của (độ dài trục Z x độ dài trục Z) dọc theo trục Y, vốn là trục không được phân vùng dài nhất trong lát.

Việc phân vùng lát dựa trên độ dài theo trục theo các phương án có thể được gọi là việc phân vùng hình học đều dọc theo cạnh dài nhất.

Việc phân vùng hình học đều dọc theo cạnh dài nhất có thể được thực hiện, ví dụ, như sau:

1) Phân vùng dữ liệu đám mây điểm nhờ sử dụng phương pháp phân vùng lát theo các phương án; và

2) Thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách theo các phương án dựa trên số lượng tối đa của các điểm trong lát (ví dụ, MaxPointNum theo các phương án) và/hoặc số lượng tối thiểu của các điểm trong lát (ví dụ, MinPointNum theo các phương án).

Theo cấu hình được mô tả ở trên, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân bố một cách tương tự một cách hoặc thích hợp hoặc xác định số lượng của các điểm trong các lát ngay cả khi không cần thông tin phát tín hiệu và các thông số bổ sung, nhờ đó tăng hiệu quả mã hóa song song của thiết bị truyền.

Phương pháp phân vùng lát dựa trên độ dài theo trục theo các phương án có thể hiệu quả khi phân vùng dữ liệu đám mây điểm có địa hình được trải rộng dọc theo hai trục ngoại trừ một trục khác 2500225002 trong dữ liệu đám mây điểm.

Fig.26 thể hiện ví dụ về các lát liền kề theo các phương án.

Fig.26 minh họa phương pháp xác định lát cụ thể và các lát liền kề trong hoạt động tinh chỉnh theo các phương án được minh họa trên Fig.22. Ví dụ, các hoạt động được minh họa trên Fig.26 biểu diễn phương pháp tìm lát N 22001 trên Fig.22 và các lát liền kề của nó.

Các hoạt động trên Fig.26 có thể được thực hiện bởi bộ tinh chỉnh 17002 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, bộ phân vùng & bộ tinh chỉnh dựa trên các đặc điểm dữ liệu 16001 trên Fig.16, hoặc bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15.

Các hoạt động theo phương pháp phân vùng được minh họa trên Fig.26 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị truyền 1000 trên Fig.1, bộ truyền 10003 trên Fig.1, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, bộ truyền 18002 trên Fig.2, bộ mã hóa trên Fig.4, thiết bị truyền trên Fig.12, thiết bị XR 1430 trên Fig.14, và tương tự.

Bộ tinh chỉnh có thể thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách theo các phương án. Bộ tinh chỉnh thực hiện hoạt động tinh chỉnh dựa trên việc tinh chỉnh dựa trên khoảng cách và/hoặc việc tinh chỉnh 2/4/6-đường, vốn được xác định theo tiêu chí tinh chỉnh.

Các hình vẽ từ Fig.26(A) đến Fig.26(C) minh họa việc tinh chỉnh 2-đường, việc tinh chỉnh 4-đường, và việc tinh chỉnh 6-đường, một cách tương ứng.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tìm kiếm các lát liền kề mà có mặt trên 2 phía (trái và phải), 4 phía (trái, phải, trên cùng và dưới cùng), hoặc 6 phía (trái, phải, trên cùng, dưới cùng, đằng trước, đằng sau), phụ thuộc vào các vị trí của các lát được phân vùng hoặc phương pháp phân vùng.

Fig.26(A) minh họa phương pháp tinh chỉnh 2-đường.

Việc tinh chỉnh 2-đường là phương pháp tinh chỉnh cho phương pháp phân vùng mà trong đó trục dài theo một chiều được phân đoạn bởi trục ngắn, và có thể gồm hoạt động hợp nhất hoặc hoạt động chia tách. Ví dụ, trong việc tinh chỉnh 2-đường, thiết bị

truyền dữ liệu đám mây điểm tìm kiếm các lát liền kề trong một chiều để thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách trên lát cụ thể. Ví dụ, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc chia tách nhờ sử dụng lát liền kề ở phía bên trái của lát cụ thể và lát liền kề ở phía bên phải của lát cụ thể theo phương pháp tinh chỉnh 2-đường.

Fig.26(B) minh họa phương pháp tinh chỉnh 4-đường.

Việc tinh chỉnh 4-đường là phương pháp thực hiện hoạt động hợp nhất hoặc chia tách dựa trên các vị trí của các lát được đặt tại phần trên cùng, dưới cùng, bên trái và bên phải của lát hiện tại. Ví dụ, trong việc tinh chỉnh 4-đường, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm tìm kiếm các lát liền kề trong hai chiều để thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách trên lát cụ thể. Ví dụ, theo phương pháp tinh chỉnh 4-đường, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách dựa trên lát liền kề ở phía bên trái của lát cụ thể, lát liền kề ở phía bên phải của lát cụ thể, lát liền kề tại phần trên cùng của lát cụ thể, và lát liền kề tại phần dưới cùng của lát cụ thể.

Fig.26(C) minh họa phương pháp tinh chỉnh 6-đường.

Việc tinh chỉnh 6-đường được áp dụng cho phương pháp phân vùng dựa trên không gian như là việc phân vùng hình cây bát phân. Ví dụ, trong phương pháp tinh chỉnh 6-đường, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm tìm kiếm các lát liền kề trong ba chiều để thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách trên lát cụ thể. Ví dụ, theo phương pháp tinh chỉnh 6-đường, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách dựa trên lát liền kề ở phía bên trái của lát cụ thể, lát liền kề ở phía bên phải của lát cụ thể, lát liền kề tại phần trên cùng của lát cụ thể,

lát liền kề tại phần dưới cùng của lát cụ thể, lát ở đằng trước lát cụ thể, và lát ở đằng sau của lát cụ thể.

Phương pháp hợp nhất và/hoặc chia tách các lát được phân vùng bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo 2, 4, hoặc 6 hướng có thể được thực hiện dựa trên cấu trúc dữ liệu của loại danh sách một chiều và/hoặc cấu trúc dữ liệu của loại cây. Hoạt động hợp nhất và/hoặc chia tách bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm dựa trên cấu trúc dữ liệu của loại danh sách một chiều và/hoặc cấu trúc dữ liệu của loại cây sẽ được mô tả chi tiết với sự tham khảo đến Fig.27.

Trong phương pháp tinh chỉnh dựa trên khoảng cách, bộ tinh chỉnh có thể tính toán hoặc đo các khoảng cách thích ứng của các lát được phân vùng bởi bộ phân vùng, và thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách dựa trên các khoảng cách được tính toán hoặc được đo. Việc tinh chỉnh dựa trên khoảng cách được trình bày dưới dạng, ví dụ, mã giả như sau.

```
for(slice N)
```

```
    All distances from slice 0 to slices 1 to N
```

```
    Store slice X at the nearest distance as slice 1, which is a slice following slice0 in
    order
```

```
    slice++
```

Ví dụ, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể đo hoặc tính toán khoảng cách của lát mà gần nhất với lát hiện tại (tức là, lát có khoảng cách tối thiểu từ lát hiện tại), khoảng cách của lát tại khoảng cách tương ứng với giá trị trung bình của các khoảng cách của tất cả các lát đến lát hiện tại, và khoảng cách của các lát xa nhất từ lát hiện tại

(nghĩa là, các lát có khoảng cách tối đa từ lát hiện tại), và bố trí lại lát tại khoảng cách gần nhất trong số các khoảng cách của tất cả các lát làm lát tiếp theo.

Trong trường hợp mà tại đó lát gần nhất, phần giữa lát, và/hoặc các lát xa nhất được tính toán và được đo, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể bỏ qua lát mà đã được truy vấn. Ví dụ, trong lát thứ hai, các khoảng cách từ các lát còn lại từ 3 đến N ngoại trừ lát thứ nhất có thể được đo hoặc được tính toán để xác định lát gần nhất làm lát tiếp theo. Hoạt động được mô tả ở trên có thể được thực hiện theo kiểu lặp lại cho tất cả các lát.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm có thể thực hiện hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách theo thứ tự của các lát được bố trí dựa trên khoảng cách. Hoạt động hợp nhất có thể là hoạt động hợp nhất lát với lát tiếp theo khi số lượng của các điểm trong lát nhỏ hơn minPointNum. Trong hoạt động chia tách, khi số lượng của các điểm trong lát lớn hơn maxPointNum, thì các điểm thuộc về vị trí gần với lát tiếp theo có thể được chia thành hai lát.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể áp dụng, nói chung, hoạt động tinh chỉnh dựa trên khoảng cách và/hoặc hoạt động tinh chỉnh 2/4/6-đường cho các lát mà phương pháp phân vùng được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.18 đến Fig.25 được áp dụng vào đó.

Theo cấu hình được mô tả ở trên, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân bố một cách tương tự một cách hoặc thích hợp hoặc xác định số lượng của các điểm trong các lát, nhờ đó tăng hiệu quả mã hóa song song của thiết bị truyền.

Bên cạnh đó, theo cấu hình được mô tả ở trên, số lượng của các điểm trong các lát có thể được thiết lập sao cho số lượng của các điểm không biến đổi nhiều trong số các

lát, và theo đó thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể làm giảm sự trễ trong việc mã hóa mỗi lát một cách độc lập.

Fig.27 minh họa ví dụ về phương pháp tinh chỉnh các lát nhờ sử dụng các lát liên kề theo các phương án.

Fig.27 thể hiện các cấu trúc dữ liệu để tinh chỉnh các lát nhờ sử dụng các lát liên kề. Phương pháp hợp nhất và/hoặc chia tách các lát được phân vùng bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo 2, 4, hoặc 6 hướng có thể được thực hiện dựa trên cấu trúc dữ liệu của loại danh sách một chiều và/hoặc cấu trúc dữ liệu của loại cây.

Các hoạt động trên Fig.27 biểu diễn các hoạt động của xác định các lát liên kề quanh lát và tinh chỉnh các lát liên kề này theo các phương án trong hoạt động tinh chỉnh theo các phương án được minh họa trên Fig.22. Ví dụ, các hoạt động được minh họa trên Fig.27 biểu diễn phương pháp tìm các lát liên kề liên kề với lát N 22001 trên Fig.22 và tinh chỉnh các lát liên kề.

Các hoạt động trên Fig.27 có thể được thực hiện bởi bộ tinh chỉnh 17002 trên Fig.17, bộ kiểm tra các đặc điểm dữ liệu 16000 trên Fig.16, bộ phân vùng dựa trên đặc điểm dữ liệu & bộ tinh chỉnh 16001 trên Fig.16, hoặc bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15.

Các hoạt động theo phương pháp phân vùng được minh họa trên Fig.27 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị truyền 1000 trên Fig.1, bộ truyền 10003 trên Fig.1, bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, bộ truyền 18002 trên Fig.2, bộ mã hóa trên Fig.4, thiết bị truyền trên Fig.12, thiết bị XR 1430 trên Fig.14, hoặc tương tự.

Fig.27(A) minh họa hoạt động tinh chỉnh được thực hiện dựa trên cấu trúc dữ liệu của loại danh sách một chiều.

Ví dụ, thiết bị truyền phân loại N lát, vốn được tạo ra bằng cách phân vùng dữ liệu đám mây điểm, dựa trên số lượng của các điểm được gồm trong mỗi lát. Lát được phân loại lưu trữ các lát liên kế được đặt tại phần trên cùng, dưới cùng, bên trái và bên phải của lát trước khi phân loại dưới dạng các chỉ số. Thiết bị truyền thực hiện các hoạt động hợp nhất và chia tách trên các lát được phân loại bởi số lượng của các điểm, bắt đầu với lát có số lượng nhỏ nhất của các điểm. Trong các trường hợp, thiết bị truyền kiểm tra các chỉ số của các lát được đặt tại phần trên cùng, dưới cùng, bên trái và bên phải của lát that có thể được hợp nhất, và thực hiện hoạt động hợp nhất, bắt đầu với lát có số lượng nhỏ nhất của các điểm trong số bốn lát. Nếu các điểm trong lát được hợp nhất vẫn nhỏ hơn minPointNum, thì thiết bị truyền hợp nhất lát với lát có số lượng nhỏ tiếp theo nhất của các điểm trong số 2/4/6 lát liên kế. Khi số lượng của các điểm trong lát lớn hơn maxPointNum, thì thiết bị truyền thực hiện hoạt động chia tách theo hướng được hướng đến lát mà tại đó số lượng nhỏ nhất của các điểm được gồm.

Ví dụ, trên Fig.27(A), cấu trúc dữ liệu của loại danh sách một chiều có thể được tạo cấu hình như được thể hiện ở phần bên phải trên Fig.27(a). Cấu trúc dữ liệu của loại danh sách một chiều có thể được tạo dựng bằng cách phân biệt các lát bởi các hàng và nối kết lát tương ứng với mỗi hàng với các lát liên kế. Mỗi hàng có thể nối kết lát tương ứng với các lát liên kế theo thứ tự tăng dần của số lượng của các điểm. Ví dụ, lát 2 được đặt trong hàng [2], và liên kế với các lát 0, 3 và 4. Vì số lượng của các điểm tăng trong số các lát liên kế theo thứ tự của lát 0 (10 điểm), lát 3 (30 điểm), và lát 4 (100 điểm), nên [0], [3], và [4] có thể được nối kết với hàng [2] theo thứ tự này. Ở đây, trong cấu

trúc dữ liệu, cột thứ nhất (phần được biểu diễn bởi [0] đến [5]) có thể được gọi là đầu, và cột thứ hai hoặc cột cuối cùng có thể được gọi là nút.

Ví dụ, tham khảo đến Fig.27(A), hoạt động có thể được thực hiện như sau.

Hoạt động tinh chỉnh có thể được thực hiện trên các lát theo thứ tự, bắt đầu với lát 0. Lát 0 có 10 điểm, và liền kề với các lát 1 và 2, vốn ở tại phía trên cùng và bên phải của lát 0, một cách tương ứng. Bộ tinh chỉnh có thể xác định việc liệu có thực hiện hoạt động hợp nhất trên các lát liền kề (các lát 1 và 2) hay không, bắt đầu với lát có số lượng lớn nhỏ của các điểm giữa các lát liền kề. Ví dụ, bộ tinh chỉnh có thể hợp nhất lát 0 với lát 1, vốn có số lượng nhỏ hơn của các điểm giữa các lát 1 và 2. Khi số lượng của các điểm trong lát được tạo thành bằng cách hợp nhất lát 0 với lát 1 vẫn nhỏ hơn minPointNum, thì bộ tinh chỉnh có thể hợp nhất lát được hợp nhất với lát 2 một lần nữa. Trên Fig.27(A), giả định rằng minPointNum là 60, và lát được hợp nhất được tạo thành bằng cách hợp nhất các lát 0 và 1 có 50 điểm. Theo đó, bộ tinh chỉnh có thể hợp nhất lát được hợp nhất với lát 2 một lần nữa, nhờ đó tạo thành lát có 100 điểm. Vì số lượng của các điểm trong các lát 0 đến 2 được hợp nhất với nhau là 100, vốn nhỏ hơn maxPointNum, thì hoạt động chia tách không được thực hiện. Theo đó, bộ tinh chỉnh xác định việc liệu có thực hiện các hoạt động hợp nhất và chia tách trên lát tiếp theo (lát 3) hay không.

Lát 3 có 30 điểm. Theo đó, bộ tinh chỉnh có thể hợp nhất lát với lát có số lượng nhỏ nhất của các điểm trong số các lát liền kề. Tham khảo đến cấu trúc dữ liệu, hoạt động hợp nhất có thể được thực hiện trên các lát liền kề theo thứ tự của lát 1, lát 2, và lát 5. Vì 1, là lát được hợp nhất với lát 0 đến 3, gồm 100 điểm. Theo đó, lát 3 có thể được hợp nhất với các lát 0 đến 2, nhờ đó có 130 điểm. Lát được hợp nhất có thể được

gồm dưới dạng các lát 0 đến 2 hoặc 3. Vì số lượng của các điểm của các lát được hợp nhất 0 đến 3 lớn hơn maxPointNum, thì chúng có thể được chia tách thành hai lát.

Số lượng của các điểm trong lát 4 lớn hơn minPointNum và nhỏ hơn hoặc bằng maxPointNum, và do đó lát 4 không được tinh chỉnh.

Số lượng của các điểm trong lát 5, là 180, lớn hơn maxPointNum, và do đó bộ tinh chỉnh có thể chia tách lát 5. Bộ tinh chỉnh có thể chia tách lát 5 thành hai lát có 90 điểm về phía, ví dụ, lát 4.

Fig.27(B) minh họa hoạt động tinh chỉnh được thực hiện dựa trên cấu trúc dữ liệu của loại cây.

Khi bộ tinh chỉnh theo các phương án thực hiện hoạt động tinh chỉnh dựa trên cấu trúc dữ liệu loại cây, thì bộ tinh chỉnh có thể được gọi là bộ tinh chỉnh loại cây.

Bộ tinh chỉnh loại cây theo các phương án có thể giới thiệu thông tin vị trí về các lát gồm dữ liệu đám mây điểm trong cấu trúc dữ liệu loại cây. Fig.27(B) thể hiện ví dụ về cấu trúc dữ liệu của loại cây.

Ví dụ, tham khảo đến Fig.27(B), cấu trúc dữ liệu của loại cây có thể được tạo cấu hình như được thể hiện trong phần bên phải trên Fig.27 (B) Cấu trúc dữ liệu của loại cây chỉ ra rằng (một hoặc nhiều) các nút con là các lát liền kề của nút bố mẹ. Ví dụ, lát 0 liền kề với các lát 1 và 2. Theo đó, lát 0 có thể là nút bố mẹ, và các lát 1 và 2 có thể là các nút con của lát 0. Hơn thế nữa, vì lát 1 liền kề với lát 3, nên nút con của lát 1 có thể là lát 3. Hơn thế nữa, vì lát 2 còn liền kề với lát 4, nên nút con của lát thứ hai có thể là lát 4. Hơn thế nữa, vì lát 4 còn liền kề với lát 5, nên nút con của lát 4 có thể là lát 5. Nói cách khác, bộ tinh chỉnh tạo nên cấu trúc dữ liệu loại cây gồm thông tin liền kề loại cây dựa trên các chỉ số của các lát và số lượng của các điểm trong các lát.

Bộ tinh chỉnh có thể kiểm tra số lượng của các điểm bằng cách thực hiện, ví dụ, việc tìm kiếm theo độ sâu trước tiên (DFS) trên cây được hoàn thành.

Ví dụ, bộ tinh chỉnh có thể thực hiện DFS để kiểm tra liệu số lượng của các điểm trong các lát có ở giữa minPointNum và maxPointNum hay không, bắt đầu với lát 5, vốn ở tại nút lá. Ví dụ, lát 5 có 150 điểm, và do đó bộ tinh chỉnh chia tách lát 5 thành hai lát. Ví dụ, bộ tinh chỉnh có thể chia tách lát 5 để tạo ra hai hoặc nhiều lát. Hai hoặc nhiều lát có thể được tạo ra dưới dạng các nút con của lát 4. Ngoài ra, ví dụ, bộ tinh chỉnh có thể chia tách lát 5 và kết hợp (hoặc phân bố lại) một số điểm trong số các điểm của chúng thành lát 4, vốn là nút bố mẹ, và phân bố các điểm còn lại thành một hoặc nhiều lát cần được tạo ra dưới dạng các nút con của lát 4.

Bộ tinh chỉnh thực hiện hoạt động tinh chỉnh trên lát 4, vốn là chuỗi tiếp theo, nhờ sử dụng DFS. Nếu, trong quy trình tinh chỉnh lát 5, có có phần nào của các điểm trong lát 5 được kết hợp thành lát 4, thì số lượng của các điểm trong lát 4 là 100. Do đó, hoạt động tinh chỉnh không được thực hiện (bởi vì số lượng của các điểm ở giữa minPointNum và maxPointNum).

Bộ tinh chỉnh xác định việc liệu có thực hiện hoạt động tinh chỉnh trên lát 2, vốn là lát tiếp theo, hay không. Hoạt động tinh chỉnh không được thực hiện trên lát 2 hay không (bởi vì số lượng của các điểm trong lát 2 ở giữa minPointNum và maxPointNum).

Bộ tinh chỉnh xác định việc liệu có thực hiện hoạt động tinh chỉnh trên lát 3, vốn là lát tiếp theo, hay không. Lát 3 có 30 điểm, và vì thế hoạt động hợp nhất được thực hiện dựa trên đó (bởi vì số lượng của các điểm nhỏ hơn hoặc bằng minPointNum). Bộ tinh chỉnh có thể tạo ra lát có 70 lát bằng cách hợp nhất lát 3 với lát 1, vốn là nút bố mẹ của lát 3,. Lát được tạo ra bằng cách hợp nhất các lát 1 và 3 có thể là nút con của lát 0.

Bộ tinh chỉnh không thực hiện hoạt động chia tách trên lát được tạo ra bằng cách hợp nhất các lát 1 và 3.

Bộ tinh chỉnh xác định việc liệu có thực hiện hoạt động tinh chỉnh trên lát 0, vốn là lát tiếp theo, hay không. Vì lát 0 10 điểm, nên nó được hợp nhất với lát có số lượng nhỏ hơn của các điểm (tức là, lát được tạo ra bằng cách hợp nhất các lát 1 và 3) giữa các nút con để tạo ra lát có 80 điểm.

Theo cấu hình được mô tả ở trên, thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể phân bố một cách tương tự một cách hoặc thích hợp hoặc xác định số lượng của các điểm trong các lát, nhờ đó tăng hiệu quả mã hóa song song của thiết bị truyền.

Bằng cách thực hiện hoạt động tinh chỉnh dựa trên cấu trúc dữ liệu được mô tả ở trên, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể tối đa hóa bộ nhớ hiệu quả và tối thiểu hóa các sự trễ và các lỗi không cần thiết trong quy trình tinh chỉnh.

Bên cạnh đó, theo cấu hình được mô tả ở trên, số lượng của các điểm trong các lát có thể được thiết lập sao cho số lượng của các điểm không biến đổi nhiều trong số các lát, và theo đó thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể làm giảm sự trễ trong việc mã hóa mỗi lát một cách độc lập.

Fig.28 thể hiện ví dụ về thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Các hoạt động để phân vùng được minh họa trên Fig.28 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị nhận 10004 trên Fig.1, đơn vị nhận 10005 trên Fig.1, bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 18003 trên Fig.2, bộ truyền

18002 trên Fig.2, các bộ giải mã trên Fig.10 và Fig.11, thiết bị nhận trên Fig.13, thiết bị XR 1430 trên Fig.14, và tương tự.

Thiết bị nhận đám mây điểm (hoặc bộ giải mã) 28000 theo các phương án có thể gồm bộ giải mã thông tin hình học 28001 và/hoặc bộ giải mã thông tin thuộc tính 28002. Theo các phương án, bộ giải mã đám mây điểm có thể được gọi là thiết bị giải mã PCC, đơn vị giải mã PCC, thiết bị đám mây điểm, đơn vị giải mã đám mây điểm, bộ giải mã PCC, hoặc tương tự.

Bộ giải mã thông tin hình học 28001 nhận luồng bit thông tin hình học 28000a của dữ liệu đám mây điểm. Bộ giải mã thông tin hình học 28001 có thể giải mã luồng bit thông tin hình học 28000a của dữ liệu đám mây điểm và xuất ra thông tin thuộc tính về dữ liệu đám mây điểm được phục hồi 28000c. Bộ giải mã thông tin hình học 28001 có thể tái tạo luồng bit thông tin hình học thành thông tin hình học và xuất ra thông tin hình học được tái tạo. Luồng bit thông tin hình học 28000a có thể là luồng bit thông tin hình học hoặc luồng bit hình học trên Fig.15. Luồng bit thông tin thuộc tính 28000b có thể là luồng bit thông tin thuộc tính hoặc luồng bit thuộc tính trên Fig.15.

Bộ giải mã thông tin hình học 28001 phục hồi thông tin hình học bằng cách giải mã luồng bit thông tin hình học được nhận. Thông tin hình học được phục hồi có thể được nhập vào bộ giải mã thông tin thuộc tính. Bộ giải mã thông tin thuộc tính 28002 phục hồi thông tin thuộc tính từ luồng bit thông tin thuộc tính được nhập vào đó và thông tin hình học được phục hồi được nhận từ bộ giải mã thông tin hình học. Thông tin hình học được phục hồi có thể là dạng hình học được tái tạo bởi bộ tái tạo hình học (tái tạo hình học) 11003 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.11. Thông tin hình học được phục hồi có thể là mã chiếm giữ cây bát phân được tái tạo bởi bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 13003 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.13.

Bộ giải mã thông tin hình học 28001 nhận luồng bit thông tin hình học được nhận bởi thiết bị nhận theo các phương án. Bộ giải mã thông tin hình học 28001 có thể giải mã luồng bit thông tin hình học.

Bộ giải mã thông tin hình học 28001 có thể thực hiện tất cả/một phần hoạt động trong số các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, bộ giải mã hình học trên Fig.10, bộ giải mã số học 11000 trên Fig.11, bộ tổng hợp cây bát phân 11001 trên Fig.11, bộ tổng hợp xấp xỉ bề mặt 11002 trên Fig.11, bộ tái tạo hình học 11003 trên Fig.11, và/hoặc bộ biến đổi ngược tọa độ 11004 trên Fig.11.

Bộ giải mã thông tin thuộc tính 28002 nhận luồng bit thông tin thuộc tính 28000b của dữ liệu đám mây điểm. Bộ giải mã thông tin thuộc tính 28002 có thể giải mã luồng bit thông tin thuộc tính 28000b của dữ liệu đám mây điểm và xuất ra thông tin thuộc tính về dữ liệu đám mây điểm được phục hồi 28000c. Bộ giải mã thông tin thuộc tính 28002 có thể giải mã luồng bit thông tin thuộc tính dựa trên thông tin hình học được phục hồi 28001a được tạo ra bởi bộ giải mã thông tin hình học 28001.

Bộ giải mã thông tin thuộc tính 28002 nhận luồng bit thông tin thuộc tính được nhận bởi thiết bị nhận theo các phương án. Bộ giải mã thông tin thuộc tính có thể giải mã thông tin thuộc tính trong luồng bit thông tin thuộc tính dựa trên thông tin hình học được phục hồi. Thông tin hình học và/hoặc thông tin thuộc tính được chứa trong dữ liệu đám mây điểm có thể là dữ liệu PCC được giải mã và được phục hồi.

Bộ giải mã thông tin thuộc tính 28002 có thể thực hiện tất cả/một phần hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm trên Fig.1, hoạt động của việc giải mã trên 20003 Fig.2, hoạt động của bộ giải mã thuộc tính trên Fig.10, các hoạt động của bộ lượng tử hóa ngược 11006, RAHT 11007, bộ tạo ra LOD 11008, bộ nâng ngược 11009, và/hoặc

bộ biến đổi màu sắc ngược 11010 trên Fig.11, và các hoạt động của bộ giải mã số học 13007, bộ xử lý lượng tử hóa ngược 13008, bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 13009, bộ xử lý biến đổi ngược màu sắc 13010, và/hoặc bộ kết xuất 13011 trên Fig.13.

Fig.29 minh họa thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Tất cả hoặc một phần hoạt động trong số các hoạt động của bộ giải mã dữ liệu đám mây điểm theo các phương án được minh họa trên Fig.29 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị nhận 10004 trên Fig.1, bộ nhận 10005 trên Fig.1, bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 18003 trên Fig.2, bộ truyền 18002 trên Fig.2, các bộ giải mã trên Fig.10 và Fig.11, thiết bị nhận trên Fig.13, thiết bị XR 1430 trên Fig.14, hoặc tương tự.

Bộ giải mã đám mây điểm theo các phương án trên Fig.29 có thể là bộ giải mã dữ liệu đám mây điểm 28000 theo các phương án trên Fig.28. Bộ giải mã đám mây điểm theo các phương án có thể gồm bộ nhận 29000, đơn vị nhập dữ liệu được phân vùng 29001, bộ giải mã số học thứ nhất 29002, bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 29003, bộ xử lý mô hình bề mặt 29004, bộ tái tạo hình học 29005, bộ biến đổi ngược tọa độ 29006, bộ giải mã số học thứ hai 29007, bộ xử lý lượng tử hóa ngược 29008, bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 29009, bộ tái tạo thuộc tính 29010, bộ biến đổi màu sắc ngược 29011, và/hoặc bộ tổ hợp điểm.

Các hoạt động của các thành phần của bộ giải mã dữ liệu đám mây điểm theo các phương án được thể hiện trên Fig.29 có thể được thực hiện trên cơ sở từng viên gạch hoặc có thể được thực hiện một cách độc lập trên cơ sở từng viên gạch.

Bộ nhận 29000 có thể nhận luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Bộ nhận 29000 có thể truyền luồng bit được nhận đến đơn vị nhập dữ liệu được phân

vùng 29001. Bộ nhận 29000 có thể thực hiện các hoạt động của bộ nhận 10007 trên Fig.1, việc truyền 20002 trên Fig.2, và bộ nhận 13000 trên Fig.13.

Đơn vị nhập dữ liệu được phân vùng 29001 nhận luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm theo các phương án trên cơ sở từng viên gạch, và xuất ra luồng bit hình học và luồng bit thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm trên cơ sở từng viên gạch để thực hiện việc giải mã trên cơ sở từng viên gạch. Đơn vị nhập dữ liệu được phân vùng 29001 có thể truyền luồng bit hình học trong đơn vị viên gạch đến bộ giải mã số học thứ nhất 29002 và truyền luồng bit thuộc tính trong đơn vị viên gạch đến bộ giải mã số học thứ hai 29002.

Khi luồng bit được nhận bởi bộ nhận 29000 chứa thông tin phát tín hiệu (ví dụ, `bistream_brick_decoding_flag`) chỉ ra rằng việc mã hóa đã được thực hiện trên cơ sở từng viên gạch (hoặc chỉ ra rằng việc mã hóa đã được thực hiện trên cơ sở từng viên gạch), thì thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm (đơn vị nhập dữ liệu được phân vùng 29001) theo các phương án có thể thực hiện việc giải mã trên luồng bit được nhận N lần. Đơn vị nhập dữ liệu được phân vùng 29001 có thể thực hiện các hoạt động của bộ nhận 10007 trên Fig.1, việc truyền 20002 trên Fig.2, và bộ xử lý nhận 13001 trên Fig.13.

Bộ giải mã số học thứ nhất 29002 nhận luồng bit hình học trên cơ sở từng viên gạch. Bộ giải mã số học thứ nhất 29002 có thể giải mã luồng bit hình học. Bộ giải mã số học thứ nhất 29002 xuất ra thông tin hình học được giải mã.

Bộ giải mã số học thứ nhất 29002 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, bộ giải mã số học 11000 trên Fig.11, và bộ giải mã số học 13002 trên Fig.13.

Bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 29003 nhận thông tin hình học được giải mã. Bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 29003 có thể tái tạo

cây bát phân dựa trên sự chiếm giữ dựa trên luồng bit hình học trong đơn vị viên gạch. Bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 29003 có thể truyền cây bát phân được tái tạo đến bộ xử lý mô hình bề mặt 29004.

Bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 29003 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, bộ phân tích cây bát phân 11001 trên Fig.11, và bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 13003 trên Fig.13.

Bộ xử lý mô hình bề mặt 29004 có thể thực hiện việc xử lý mô hình bề mặt trên thông tin hình học dựa trên thông tin hình học được giải mã bởi bộ giải mã số học thứ nhất 29002 và/hoặc cây bát phân được tái tạo bởi bộ xử lý tái tạo cây bát phân dựa trên mã chiếm giữ 29003. Việc xử lý mô hình bề mặt của thông tin hình học có thể gồm, ví dụ, việc tái tạo tam giác, việc lấy mẫu lên, và việc điểm ảnh ba chiều hóa.

Bộ xử lý mô hình bề mặt 29004 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, bộ phân tích xấp xỉ bề mặt 11002 trên Fig.11, và bộ xử lý mô hình bề mặt 13004 trên Fig.13.

Bộ tái tạo hình học 29005 nhận thông tin hình học được xử lý bởi bộ xử lý mô hình bề mặt 29004. Bộ tái tạo hình học tái tạo thông tin hình học được xử lý mô hình bề mặt. Bộ tái tạo hình học 29005 có thể truyền thông tin hình học được tái tạo đến bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 29009 và/hoặc bộ biến đổi ngược tọa độ 29006.

Bộ tái tạo hình học 29005 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, và bộ tái tạo hình học 11003 trên Fig.11.

Bộ biến đổi ngược tọa độ 29006 biến đổi theo kiểu ngược thông tin tọa độ về thông tin hình học được tạo ra bởi bộ tái tạo hình học 29005. Bộ biến đổi ngược tọa độ 29006 biến đổi theo kiểu ngược thông tin hình học và xuất ra thông tin vị trí về các điểm của dữ liệu đám mây điểm. Bộ biến đổi ngược tọa độ 29006 có thể truyền thông tin vị trí về các điểm đến bộ tổ hợp điểm 29012.

Bộ biến đổi ngược tọa độ 29006 có thể truyền thông tin chỉ ra rằng việc giải mã hình học đã được thực hiện trên các viên gạch tương ứng với các điểm đến đơn vị nhập dữ liệu được phân vùng 29001.

Bộ biến đổi ngược tọa độ 29006 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, và bộ biến đổi ngược tọa độ 11004 trên Fig.11.

Bộ giải mã số học thứ hai 29007 nhận luồng bit hình học trên cơ sở từng viên gạch. Bộ giải mã số học thứ hai 29007 có thể giải mã luồng bit thuộc tính. Bộ giải mã số học thứ hai 29007 xuất ra thông tin thuộc tính được giải mã.

Bộ giải mã số học thứ hai 29007 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, việc giải mã số học 11005 trên Fig.11, và bộ giải mã số học 13007 trên Fig.13.

Bộ xử lý lượng tử hóa ngược 29008 nhận thông tin thuộc tính được giải mã được tạo ra bởi bộ giải mã số học thứ hai 29007. Bộ xử lý lượng tử hóa ngược 29008 lượng tử hóa theo kiểu ngược thông tin thuộc tính được giải mã mà được nhận. Bộ xử lý lượng tử hóa ngược 29008 có thể xuất ra thông tin thuộc tính được lượng tử hóa theo kiểu ngược và truyền thông tin thuộc tính được lượng tử hóa theo kiểu ngược đến bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 29009.

Bộ xử lý lượng tử hóa ngược 29008 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, bộ lượng tử hóa ngược 11006 trên Fig.11, và bộ giải mã số học 13007 trên Fig.13.

Bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 29009 nhận thông tin hình học được lượng tử hóa theo kiểu ngược bởi bộ xử lý lượng tử hóa ngược 29008, và biến đổi theo kiểu ngược thông tin hình học được lượng tử hóa theo kiểu ngược này. Bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 29009 có thể biến đổi theo kiểu ngược thông tin thuộc tính được lượng tử hóa theo kiểu ngược dựa trên ít nhất một phương pháp trong số phương pháp dự đoán, phương pháp nâng, và phương pháp RAHT. Bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 29009 có thể biến đổi theo kiểu ngược thông tin thuộc tính dựa trên thông tin hình học (hoặc thông tin hình học được phục hồi) được tái tạo bởi bộ tái tạo hình học 29005.

Bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 29009 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, RAHT 11007 trên Fig.11, bộ tạo ra LOD 11008 trên Fig.11, và bộ nâng ngược 11009 trên Fig.11.

Bộ tái tạo thuộc tính 29010 tái tạo thông tin thuộc tính dựa trên thông tin thuộc tính được biến đổi theo kiểu ngược bởi bộ xử lý biến đổi ngược dự đoán/nâng/RAHT 29009. Bộ tái tạo thuộc tính xuất ra thông tin thuộc tính được tái tạo và truyền video đám mây điểm (hoặc nội dung đám mây điểm) đến bộ xử lý biến đổi ngược màu sắc 29011.

Bộ tái tạo thuộc tính 29010 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, bộ biến đổi màu sắc ngược 11010 trên Fig.11, và bộ xử lý biến đổi ngược màu sắc 13010 trên Fig.13.

Bộ biến đổi màu sắc ngược 29011 nhận thông tin hình học được tái tạo bởi bộ tái tạo thuộc tính 29010. Bộ biến đổi màu sắc ngược 29011 có thể thực hiện việc biến đổi màu sắc ngược trên thông tin hình học được tái tạo. Bộ biến đổi màu sắc ngược 29011 xuất ra thông tin thuộc tính về các điểm của dữ liệu đám mây điểm.

Bộ biến đổi ngược màu sắc 29006 có thể truyền, đến đơn vị nhập dữ liệu được phân vùng 29001, thì thông tin chỉ ra rằng việc giải mã thuộc tính đã được thực hiện trên các viên gạch tương ứng với các điểm. Đơn vị cấu hình lại thuộc tính 29010 có thể thực hiện các hoạt động của bộ giải mã video đám mây điểm 10006 trên Fig.1, việc giải mã 20003 trên Fig.2, bộ biến đổi màu sắc ngược 11010 trên Fig.11, và bộ xử lý biến đổi ngược màu sắc 13010 trên Fig.13.

Bộ tổ hợp điểm nhận thông tin hình học (thông tin vị trí) về các điểm của dữ liệu đám mây điểm và/hoặc thông tin thuộc tính về các điểm theo các phương án. Bộ tổ hợp điểm nhận thông tin hình học (thông tin vị trí) về các điểm của dữ liệu đám mây điểm và/hoặc thông tin thuộc tính về các điểm trong đơn vị viên gạch, và tổ hợp các thông tin này trên cơ sở từng viên gạch. Bộ tổ hợp điểm xuất ra dữ liệu đám mây điểm trong đơn vị viên gạch chứa thông tin vị trí và thông tin thuộc tính về các điểm.

Fig.30 minh họa ví dụ về cấu trúc luồng bit của dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Fig.30 minh họa ví dụ về cấu trúc luồng bit 30000 của dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Cấu trúc luồng bit 30000 của dữ liệu đám mây điểm được minh họa trên Fig.30 có thể được tạo ra bởi bộ truyền 10003 trên Fig.1, bộ truyền 18002 trên Fig.2, bộ xử lý truyền 12012 trên Fig.12, bộ tổ hợp luồng bit 16014 trên Fig.16, và bộ tổ hợp luồng bit 17000 trên Fig.17.

Thiết bị truyền theo các phương án có thể phát tín hiệu thông tin lọc để cộng/triển khai bộ phân vùng và bộ tinh chỉnh.

Các thông số (vốn có thể được gọi là siêu dữ liệu, thông tin phát tín hiệu, hoặc tương tự) theo các phương án có thể được tạo ra trong quy trình của bộ truyền theo các phương án, vốn sẽ được mô tả sau, và được truyền đến bộ nhận theo các phương án để cần được sử dụng trong quy trình tái tạo.

Ví dụ, các thông số theo các phương án có thể được tạo ra bởi bộ xử lý siêu dữ liệu (bộ tạo ra hoặc siêu dữ liệu) của thiết bị truyền theo các phương án, vốn sẽ được mô tả sau, và có thể giành được bởi bộ phân tích cú pháp siêu dữ liệu của thiết bị nhận theo các phương án.

Cấu trúc luồng bit 30000 của dữ liệu đám mây điểm được minh họa trên Fig.30 có thể là luồng bit được nhận bởi bộ nhận 10005 trên Fig.1, bộ giải mã 18003 trên Fig.2, bộ nhận 13000 trên Fig.13, và bộ nhận 29000 trên Fig.29 trong thiết bị nhận theo các phương án. Cấu trúc luồng bit 30000 của dữ liệu đám mây điểm được minh họa trên Fig.30 có thể là luồng bit hình học và thuộc tính 36001 cho mỗi lát trên Fig.36.

Một phần của toàn bộ cấu trúc luồng bit 30000 theo các phương án được minh họa trên Fig.30 có thể được tạo ra bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14. Các viên gạch được minh họa trên hình này có thể tương ứng với các lát, và ngược lại. Trong tài liệu này, viên gạch có thể được gọi là lát.

Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể truyền luồng bit 30000 có cấu trúc luồng bit được minh họa trên Fig.30. Luồng bit 30000 của dữ liệu đám mây điểm có thể chứa tập hợp thông số chuỗi (SPS) 30001, tập hợp thông số hình học (GPS) 30002, tập hợp thông số thuộc tính (APS) 30003, tập hợp thông số phiên (TPS) 30004, và một hoặc nhiều lát (lát 0, lát 1,..., lát n) 30004. Luồng bit 30000 của

dữ liệu đám mây điểm có thể chứa một hoặc nhiều phiến. Phiến theo các phương án có thể là nhóm của các lát gồm một hoặc nhiều lát. Luồng bit 30000 theo các phương án cung cấp các phiến hoặc các lát sao cho dữ liệu đám mây điểm có thể được phân vùng và được xử lý bởi các vùng. Mỗi vùng của luồng bit 30000 theo các phương án có thể có độ quan trọng khác nhau. Theo đó, khi dữ liệu đám mây điểm được phân vùng thành các phiến, thì các bộ lọc khác nhau (các phương pháp mã hóa) và các đơn vị lọc khác nhau có thể được áp dụng cho các phiến tương ứng. Khi đám mây điểm được phân vùng thành các lát, thì các bộ lọc khác nhau và các đơn vị lọc khác nhau có thể được áp dụng cho các lát tương ứng.

Bằng cách truyền dữ liệu đám mây điểm theo cấu trúc của luồng bit 30000 được minh họa trên Fig.30, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể chấp thuận hoạt động mã hóa cần được áp dụng theo cách khác nhau theo độ quan trọng, và chấp thuận phương pháp mã hóa chất lượng tốt cần được sử dụng trong vùng quan trọng.

Thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể được chấp thuận để áp dụng việc lọc khác nhau (các phương pháp giải mã) cho các vùng tương ứng (được phân vùng thành các phiến hoặc được phân vùng thành các lát) theo khả năng xử lý của thiết bị nhận, thay vì sử dụng phương pháp giải mã phức tạp (lọc) cho toàn bộ dữ liệu đám mây điểm. Nhờ đó, chất lượng hình ảnh tốt hơn có thể được đảm bảo cho các vùng quan trọng đối với người dùng và độ trễ thích hợp có thể được đảm bảo trong hệ thống.

SPS 30001 là cấu trúc cú pháp chứa các phần tử cú pháp mà áp dụng cho 0 hoặc toàn bộ các CVS như được xác định bởi nội dung của phần tử cú pháp được tìm thấy trong PPS được tham chiếu bởi phần tử cú pháp được tìm thấy trong mỗi phần đầu đoạn

lát. SPS có thể gồm thông tin chuỗi về luồng bit dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

GPS 30002 có thể là cấu trúc cú pháp chứa các phần tử cú pháp mà áp dụng cho 0 hoặc toàn bộ dạng hình học (hoặc dạng hình học được mã hóa). GPS 30002 theo các phương án có thể gồm thông tin về phương pháp mã hóa thông tin thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm được chứa trong một hoặc nhiều lát 30004. GPS 30002 có thể gồm thông tin bộ nhận dạng SPS chỉ ra SPS 30001 liên quan đến thông số hình học được gồm theo các phương án, và thông tin bộ nhận dạng GPS để nhận dạng GPS.

APS 30003 có thể là cấu trúc cú pháp chứa các phần tử cú pháp mà áp dụng cho 0 hoặc toàn bộ thuộc tính (hoặc các thuộc tính được mã hóa). APS 30003 theo các phương án có thể gồm thông tin về phương pháp mã hóa thông tin thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm được chứa trong một hoặc nhiều lát 30004. APS 30003 có thể gồm thông tin bộ nhận dạng SPS chỉ ra SPS 30001 liên quan đến thông số hình học được gồm theo các phương án, và thông tin bộ nhận dạng APS để nhận dạng APS.

TPS 30004 có thể là cấu trúc cú pháp chứa các phần tử cú pháp mà áp dụng cho 0 hoặc toàn bộ phiến (hoặc được mã hóa các phiến). Kho phiến gồm thông tin về 0 hoặc nhiều phiến được chứa trong luồng bit dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Kho phiến có thể được gọi là tập hợp thông số phiến (TPS) theo các phương án.

TPS 30004 có thể gồm thông tin bộ nhận dạng để nhận dạng một hoặc nhiều phiến và thông tin chỉ ra phạm vi của một hoặc nhiều phiến (tức là, hộp giới hạn của các phiến). Thông tin chỉ ra phạm vi của một hoặc nhiều phiến (tức là, hộp giới hạn của các phiến) có thể gồm thông tin tọa độ về điểm là tham chiếu của hộp giới hạn được biểu diễn bởi phiến tương ứng (ví dụ, `Tile(n).tile_bounding_box_xyz0`) và thông tin về chiều rộng, chiều cao, và độ sâu của hộp giới hạn (ví dụ, `Tile(n).tile_bounding_box_whd`). Khi

nhiều phiên được cho, thì kho phiên 33004 có thể gồm thông tin chỉ ra hộp giới hạn cho mỗi phiên trong số các phiên. Ví dụ, khi mỗi phiên được chỉ ra là 0 đến n bởi thông tin bộ nhận dạng cho các phiên, thì thông tin chỉ ra hộp giới hạn của mỗi phiên có thể được trình bày là `Tile(0).tile_bounding_box_xyz0`, `Tile(0).tile_bounding_box_whd`, `Tile(1).tile_bounding_box_xyz0`, `Tile(1).tile_bounding_box_whd`, và so on.

Lát 30004 có thể là đơn vị để mã hóa dữ liệu đám mây điểm bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án. Lát 30004 theo các phương án có thể là đơn vị gồm một luồng bit hình học (Geom00) 30004a và một hoặc nhiều luồng bit thuộc tính (Attr00, Attr10) 30004b.

Lát 30004 có thể gồm lát hình học (Geom) 30004a biểu diễn thông tin hình học về dữ liệu đám mây điểm được chứa trong lát, và một hoặc nhiều lát thuộc tính (Attr) 30004b và 30004c biểu diễn thông tin thuộc tính về dữ liệu đám mây điểm được chứa trong lát.

Lát hình học (Geom) 30004a gồm dữ liệu lát hình học (Geom_slice_data) 30004a-2 chứa thông tin hình học về dữ liệu đám mây điểm, và phần đầu lát hình học (GSH) (Geom_slice_header) 30004a-1 chứa thông tin về dữ liệu lát hình học.

GSH 30004a-1 chứa thông tin về dữ liệu lát hình học 30004a-2 trong lát. Ví dụ, GSH 30004a-1 có thể chứa bộ nhận dạng tập hợp thông số hình học (geom_geom_parameter_set_id) để nhận dạng GPS 30002 biểu diễn thông tin hình học về lát, và bộ nhận dạng lát hình học (geom_slice_id) để nhận dạng lát hình học, thông tin gốc hộp hình học (geomBoxOrigin) chỉ ra nguồn gốc của hộp của dữ liệu lát hình học, thông tin (geom_box_log2_scale) chỉ ra thang định cỡ lôgarit của lát hình học, và thông tin (geom_num_points) liên quan đến số lượng của các điểm trong lát hình học.

Khi luồng bit dữ liệu đám mây điểm theo các phương án chứa một hoặc nhiều phiên, thì phần đầu của luồng bit hình học theo các phương án có thể còn chứa thông tin (geom_tile_id) để nhận dạng phiên gồm luồng bit hình học.

Lát thuộc tính (Attr) 30004b, 30004c gồm dữ liệu lát thuộc tính (Attr_slice_data) chứa thông tin thuộc tính về dữ liệu đám mây điểm và phần đầu lát thuộc tính (ASH, Attr_slice_header) 33005c chứa thông tin về dữ liệu lát thuộc tính.

Theo các phương án, các thông số được cần để mã hóa đám mây điểm có thể được định rõ theo kiểu mới là tập hợp thông số và thông tin phần đầu cho đám mây điểm. Ví dụ, các thông số có thể được cộng với cú pháp RBSP tập hợp thông số thuộc tính khi mã hóa thông tin thuộc tính, và được cộng với cú pháp tile_header khi thực hiện việc mã hóa dựa trên phiên.

Theo các phương án, thiết bị truyền có thể tạo ra đơn vị phần đầu cấu hình lát khác nhau cho mỗi phiên hoặc mỗi lát để phát tín hiệu cấu hình của lát chồng lấn theo các phương án.

Khi phương pháp truyền/nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án cung cấp cấu trúc luồng bit được mô tả ở trên, thì nó có thể tăng hiệu suất giải mã của bộ nhận cho thông tin thuộc tính cho dữ liệu đám mây điểm.

Fig.31 minh họa ví dụ về tập hợp thông số chuỗi (SPS) trong luồng bit theo các phương án.

Các thông số được thể hiện trên Fig.31 có thể được gồm trong SPS được minh họa trên Fig.30. SPS theo các phương án có thể chứa thông tin phát tín hiệu liên quan đến phương pháp phân vùng của lát (phân vùng lát) hoặc cắt phiên lát theo các phương án, và/hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan.

`profile_idc` có thể chỉ ra hồ sơ mà phù hợp với luồng bit như được chỉ rõ trong phụ lục A. Các luồng bit sẽ không chứa các giá trị của `profile_idc` khác với các giá trị được chỉ rõ trong phụ lục A. Các giá trị khác của `profile_idc` có thể được dành riêng để sử dụng trong tương lai bởi ISO/IEC.

`profile_compatibility_flags` bằng 1 có thể chỉ ra rằng luồng bit phù hợp với hồ sơ được chỉ ra bởi `profile_idc` bằng `j` như được chỉ rõ trong phụ lục A. Giá trị của `profile_compatibility_flag[j]` có thể bằng 0 cho giá trị bất kỳ của `j` mà không được chỉ rõ là giá trị được chấp thuận của `profile_idc` trong phụ lục A.

`level_idc` chỉ ra mức mà phù hợp với luồng bit như được chỉ rõ trong phụ lục A. Các luồng bit có thể không chứa các giá trị của `level_idc` khác với các giá trị được chỉ rõ trong phụ lục A. Các giá trị khác của `level_idc` được dành riêng để sử dụng trong tương lai bởi ISO/IEC.

`sps_bounding_box_present_flag` bằng 1 có thể chỉ rõ rằng phần bù hộp giới hạn và thông tin kích cỡ được phát tín hiệu.

Khi giá trị của `sps_bounding_box_present_flag` là 'true', thì SPS theo các phương án còn gồm `sps_bounding_box_offset_x`, `sps_bounding_box_offset_y`, `sps_bounding_box_offset_z`, `sps_bounding_box_scale_factor`, `sps_bounding_box_size_width`, `sps_bounding_box_size_height`, và `sps_bounding_box_size_depth`.

`sps_bounding_box_offset_x` chỉ ra phần bù x của hộp giới hạn nguồn trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_offset_x` có thể được suy ra là bằng 0.

`sps_bounding_box_offset_y` chỉ ra phần bù y của hộp giới hạn nguồn trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_offset_y` có thể được suy ra là bằng 0.

`sps_bounding_box_offset_z` chỉ ra phần bù z của hộp giới hạn nguồn trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_offset_z` có thể được suy ra là bằng 0.

`sps_bounding_box_scale_factor` chỉ ra nhân tố định cỡ hộp giới hạn nguồn trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_scale_factor` có thể được suy ra là bằng 1. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_scale_factor` có thể được suy ra là bằng 0.

`sps_bounding_box_size_width` chỉ ra chiều rộng của hộp giới hạn nguồn trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_size_width` có thể được suy ra là giá trị cụ thể như là 10.

`sps_bounding_box_size_height` chỉ ra chiều cao của hộp giới hạn nguồn trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_size_height` có thể được suy ra là bằng 1. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_size_hieght` có thể được suy ra là bằng 0.

`sps_bounding_box_size_depth` chỉ ra độ sâu của hộp giới hạn nguồn trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_size_depth` có thể được suy ra là bằng 1. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_bounding_box_size_depth` có thể được suy ra là bằng 0.

`sps_source_scale_factor` chỉ ra nhân tố định cỡ của đám mây điểm nguồn.

`sps_seq_parameter_set_id` cung cấp bộ nhận dạng cho SPS để tham chiếu bởi các phần tử cú pháp khác. Giá trị của `sps_seq_parameter_set_id` có thể nằm trong phạm vi từ 0 đến 15, không loại trừ trong các luồng bit phù hợp với phiên bản này của bản mô tả. Giá trị khác 0 cho `sps_seq_parameter_set_id` có thể được dành riêng để sử dụng trong tương lai bởi ISO/IEC.

`sps_num_attribute_sets` chỉ ra số lượng của các thuộc tính được tạo mã trong luồng bit. Giá trị của `sps_num_attribute_sets` sẽ nằm trong phạm vi từ 0 đến 64.

Theo các phương án, SPS có thể gồm `attribute_dimension[ i ]`, `attribute_instance_id[ i ]`, `attribute_bitdepth[ i ]`, `attribute_cicp_colour_primaries[ i ]`, `attribute_cicp_transfer_characteristics[ i ]`, `attribute_cicp_matrix_coeffs[ i ]`, `attribute_cicp_video_full_range_flag[ i ]`, và/hoặc `known_attribute_label_flag[ i ]` nhiều như `sps_num_attribute_sets`.

`attribute_dimension[ i ]` chỉ rõ số lượng của các thành phần của thuộc tính thứ *i*.

`attribute_instance_id[ i ]` chỉ rõ id thực thể thuộc tính.

`attribute_bitdepth[ i ]` chỉ rõ độ sâu bit của tín hiệu (các tín hiệu) thuộc tính thứ *i*.

`attribute_cicp_colour_primaries[ i ]` chỉ ra các tọa độ sắc độ của các màu cơ bản nguồn thuộc tính màu sắc.

`attribute_cicp_transfer_characteristic[ i ]` có thể hoặc chỉ ra chức năng đặc điểm chuyển quang-điện tử tham chiếu của thuộc tính màu sắc là chức năng của cường độ quang tuyến tính đầu vào nguồn *Lc* với phạm vi giá trị thực danh định từ 0 đến 1 hoặc chỉ ra sự đảo ngược của chức năng đặc điểm chuyển điện tử-quang tham chiếu là chức năng của cường độ quang tuyến tính đầu ra *Lo* với phạm vi giá trị thực danh định từ 0 đến 1.

`attribute_cicp_matrix_coeffs[ i ]` mô tả các hệ số ma trận được sử dụng trong việc dẫn xuất các tín hiệu độ chói và sắc độ từ các màu cơ bản lục, lam, và đỏ hoặc Y, Z, và X.

`attribute_cicp_video_full_range_flag[ i ]` chỉ rõ mức màu đen và phạm vi của các tín hiệu độ chói và sắc độ được dẫn xuất từ các tín hiệu thành phần giá trị thực E'Y, E'PB, và E'PR hoặc E'R, E'G, và E'B.

`known_attribute_label[ i ]` bằng 0 chỉ rõ rằng thuộc tính là màu sắc.
`known_attribute_label[ i ]` bằng 1 chỉ rõ rằng thuộc tính là hệ số phản xạ.
`known_attribute_label[ i ]` bằng 2 chỉ rõ rằng thuộc tính là chỉ số khung.

Theo các phương án, SPS có thể còn gồm `partitioning_enabling_flag`.

`partitioning_enabling_flag` biểu diễn thông tin chỉ ra liệu có thực hiện hoạt động phân vùng lát theo các phương án hay không. Ví dụ, `partitioning_enabling_flag` bằng 0 chỉ ra rằng thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm không phân vùng dữ liệu đám mây điểm theo các phương án thành một hoặc nhiều lát. `partitioning_enabling_flag` bằng 1 chỉ ra rằng thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm phân vùng dữ liệu đám mây điểm thành một hoặc nhiều lát.

Khi giá trị của cờ cho phép phân vùng là 1, thì SPS theo các phương án có thể còn gồm `Partitioning_method`.

`Partitioning_method` là thông tin chỉ ra phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm bởi thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Ví dụ, khi `Partitioning_method` bằng 0, thì thông số chỉ ra rằng thiết bị truyền thực hiện hoạt động phân vùng dựa trên `Timestamp_partitioning_method` (phân vùng lát dựa trên thuộc tính thời gian) theo các phương án. Theo phương pháp phân vùng, một hoặc

nhiều phương pháp phân vùng có thể được sử dụng (các phương pháp phân vùng được sử dụng cho các lát tương ứng được phát tín hiệu).

Ví dụ, khi `Partitioning_method` bằng 1, thì thông số chỉ ra rằng thiết bị truyền thực hiện việc phân vùng lát dựa trên `Morton_order_partitioning_method` (phân vùng lát dựa trên thứ tự Morton).

Ví dụ, khi `Partitioning_method` bằng 2, thì thông số chỉ ra rằng thiết bị truyền thực hiện việc phân vùng lát dựa trên `Uniform_square_partitioning_method` (phân vùng hình vuông đều).

Ví dụ, `Partitioning_method` bằng 3 chỉ ra rằng phân vùng được thực hiện theo một phương pháp phân vùng lát khác được minh họa trên các hình từ Fig.18 đến Fig.27.

`refine_slice_method_flag` là thông tin chỉ ra liệu thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có phải để tinh chỉnh các lát được phân vùng hay không. Ví dụ, `refine_slice_method_flag` bằng 0 chỉ ra rằng thiết bị truyền không thực hiện hoạt động tinh chỉnh theo các phương án trên các lát. Ví dụ, `refine_slice_method_flag` bằng 1 chỉ ra rằng thiết bị truyền thực hiện hoạt động tinh chỉnh theo các phương án trên các lát.

Ví dụ, khi giá trị của `refine_slice_method_flag` là 1, thì SPS theo các phương án có thể còn gồm `refine_method`.

`refine_method` là thông tin chỉ ra trong phương pháp (hoặc loại) tinh chỉnh các lát được phân vùng cần được thực hiện bởi thiết bị truyền. Ví dụ, `refine_method` bằng 0 (hoặc giá trị thứ nhất) có thể chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng phương pháp tinh chỉnh lát dựa trên danh sách theo các phương án (`list_refine_method`: Sử dụng phương pháp tinh chỉnh lát dựa trên danh sách). Ví dụ, `refine_method` bằng 1 (hoặc giá trị thứ hai) có

thể chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng phương pháp tinh chỉnh lát dựa trên cây theo các phương án (`tree_refine_method`: Sử dụng phương pháp tinh chỉnh lát dựa trên cây).

Thông tin của `refine_method_condition` chỉ ra việc liệu phương pháp tinh chỉnh cần được thực hiện bởi thiết bị truyền là việc tinh chỉnh dựa trên khoảng cách, việc tinh chỉnh 2/4/6-đường, và/hoặc một phương pháp tinh chỉnh khác.

Ví dụ, khi giá trị của `refine_method_condition` là 0, thì thông số chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng việc tinh chỉnh dựa trên khoảng cách (`distance_refine_method`) theo các phương án. Khi giá trị của `refine_method_condition` là 0, thì TPS có thể còn gồm `distance_point_to_point_location`.

Ví dụ, khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì thông số chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng phương pháp tinh chỉnh 2/4/6-đường dựa trên các lát lân cận theo các phương án (`distance_refine_method`). Khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì TPS có thể còn gồm `neighbours_order_to_merge` (`2way_neighbour_refine_mehod`).

Ví dụ, khi giá trị của thông tin `refine_method_condition` là 2, thì thông số chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng các phương pháp tinh chỉnh khác.

`distance_point_to_point_location` chỉ ra tham chiếu để đo khoảng cách của mỗi lát khi thiết bị truyền theo các phương án thực hiện việc tinh chỉnh nhờ sử dụng phương pháp tinh chỉnh dựa trên khoảng cách.

Ví dụ, dựa trên `distance_point_to_point_location`, thì thiết bị truyền có thể sử dụng lát gần nhất trong hộp giới hạn, lát tại khoảng cách tương ứng với giá trị trung bình, hoặc lát xa nhất làm tham chiếu cho việc đo khoảng cách.

`distance_point_to_point_location` bằng 0 chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng lát gần nhất trong số các lát làm tham chiếu cho việc đo khoảng cách.

`distance_point_to_point_location` bằng 1 chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng lát tại khoảng cách tương ứng với giá trị trung bình trong số các lát làm tham chiếu cho việc đo khoảng cách. `distance_point_to_point_location` bằng 2 chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng lát xa nhất trong số các lát làm tham chiếu cho việc đo khoảng cách.

`neighbours_order_to_merge` có thể chỉ ra hoạt động hợp nhất và/hoặc hoạt động chia tách được thực hiện trên 2/4/6 lát liền kề (lát liền kề trên cùng, lát liền kề dưới cùng, lát liền kề bên trái, và lát liền kề bên phải quanh lát cụ thể) theo thứ tự được định rõ là làm ví dụ được mô tả dưới đây.

`neighbors_order_to_merge` bằng 0 chỉ ra rằng lát gồm số lượng nhỏ nhất của các điểm trong số các lát liền kề với lát cụ thể được hợp nhất và/hoặc chia tách trước tiên. `neighbors_order_to_merge` bằng 1 chỉ ra rằng lát gồm số lượng lớn nhất của các điểm trong số các lát liền kề với lát cụ thể được hợp nhất và/hoặc chia tách trước tiên. `neighbors_order_to_merge` bằng 2 chỉ ra rằng lát được định rõ theo cách tách biệt trong số các lát liền kề với lát cụ thể được hợp nhất và/hoặc chia tách trước tiên.

`sps_extension_present_flag` bằng 1 chỉ rõ rằng cấu trúc cú pháp `sps_extension_data` có mặt trong cấu trúc cú pháp RBSP SPS. `sps_extension_present_flag` bằng 0 chỉ rõ rằng cấu trúc cú pháp này không có mặt. Khi không có mặt, thì giá trị của `sps_extension_present_flag` có thể được suy ra là bằng 0.

`sps_extension_data_flag` có thể có giá trị bất kỳ. Sự có mặt và giá trị của nó không ảnh hưởng sự phù hợp của bộ giải mã với các hồ sơ được chỉ rõ trong phụ lục A. Các bộ giải mã phù hợp với hồ sơ được chỉ rõ trong phụ lục A.

SPS theo các phương án có thể còn gồm `sequential_input_slice_configuration_in_tile_flag`, `overlapping_slice_compose_flag`, và `overlapping_slice_compose_method[ i ]`.

Fig.32 minh họa ví dụ về tập hợp thông số phiên (TPS) trong luồng bit theo các phương án.

Các thông số được thể hiện trên Fig.32 có thể được gồm trong TPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.30. TPS theo các phương án có thể gồm thông tin phát tín hiệu liên quan đến phương pháp phân vùng lát hoặc cắt phiên lát theo các phương án, và/hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan.

num_tiles biểu diễn số lượng của các phiên được phát tín hiệu cho luồng bit. Khi không có mặt, thì num_tiles có thể được suy ra là 0.

TPS theo các phương án có thể gồm các mẫu thông tin phát tín hiệu sau đây nhiều như giá trị được chỉ ra bởi num_tiles.

tile_bounding_box_offset_x[i] chỉ ra phần bù x của phiên thứ i trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của tile_bounding_box_offset_x[0] có thể được suy ra là sps_bounding_box_offset_x.

tile_bounding_box_offset_y[i] chỉ ra phần bù y của phiên thứ i trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của tile_bounding_box_offset_y[0] có thể được suy ra là sps_bounding_box_offset_y.

tile_bounding_box_offset_z[i] chỉ ra phần bù z của phiên thứ i trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của tile_bounding_box_offset_z[0] có thể được suy ra là sps_bounding_box_offset_z.

tile_bounding_box_scale_factor[i] chỉ ra nhân tố định cỡ liên quan đến phiên thứ i trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của tile_bounding_box_scale_factor[0] có thể được suy ra là sps_bounding_box_scale_factor.

`tile_bounding_box_size_width[ i ]` chỉ ra chiều rộng của phiên thứ *i* trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `tile_bounding_box_size_width[ 0 ]` có thể được suy ra là `sps_bounding_box_size_width`.

`tile_bounding_box_size_height[ i ]` chỉ ra chiều cao của phiên thứ *i* trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `tile_bounding_box_size_height[ 0 ]` có thể được suy ra là `sps_bounding_box_size_height`.

`tile_bounding_box_size_depth[ i ]` chỉ ra độ sâu của phiên thứ *i* trong các tọa độ Đề-các. Khi không có mặt, thì giá trị của `tile_bounding_box_size_depth[ 0 ]` có thể được suy ra là `sps_bounding_box_size_depth`.

TPS theo các phương án có thể gồm `partitioning_enable_flag`.

`partitioning_enabling_flag` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `partitioning_enabling_flag` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31. Khi giá trị của cờ cho phép phân vùng là 1, thì TPS theo các phương án có thể còn gồm thông tin của `Partitioning_method`.

`Partitioning_method` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `Partitioning_method` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31.

`refine_slice_method_flag` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `refine_slice_method_flag` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31. Ví dụ, khi giá trị của `refine_slice_method_flag` là 1, thì TPS theo các phương án có thể còn gồm thông tin của `refine_method`.

`refine_method` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `refine_method` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31.

`refine_method_condition` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `refine_method_condition` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31.

Ví dụ, khi giá trị của `refine_method_condition` là 0, thì thông số này chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng việc tinh chỉnh dựa trên khoảng cách (`distance_refine_method`) theo các phương án. Khi giá trị của `refine_method_condition` là 0, thì TPS có thể còn gồm thông tin của `distance_point_to_point_location`.

Ví dụ, khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì thông số chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng phương pháp tinh chỉnh 2-đường/4-đường/6-đường dựa trên các lát lân cận theo các phương án. Khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì TPS có thể còn gồm thông tin của `neighbours_order_to_merge`.

`distance_point_to_point_location` và `neighbours_order_to_merge` có thể là các thông số chỉ ra cùng các hoạt động như `distance_point_to_point_location` và `neighbours_order_to_merge` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31.

Fig.33 minh họa ví dụ về tập hợp thông số hình học (GPS) trong luồng bit theo các phương án.

Các thông số được thể hiện trên Fig.33 có thể được gồm trong GPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.30. GPS theo các phương án có thể gồm thông tin phát tín hiệu liên quan đến phương pháp phân vùng lát hoặc cắt phiến lát theo các phương án, và/hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan.

`gps_geom_parameter_set_id` cung cấp bộ nhận dạng cho GPS để tham chiếu bởi các phần tử cú pháp khác. Giá trị của `gps_seq_parameter_set_id` sẽ nằm trong phạm vi từ 0 đến 15, không loại trừ.

`gps_seq_parameter_set_id` chỉ rõ giá trị của `sps_seq_parameter_set_id` cho SPS hoạt động. Giá trị của `gps_seq_parameter_set_id` sẽ nằm trong phạm vi từ 0 đến 15, không loại trừ.

`gps_box_present_flag` bằng 1 bằng 1 chỉ rõ rằng thông tin hộp giới hạn bổ sung được cung cấp trong phần đầu hình học mà tham chiếu đến GPS hiện tại. `gps_bounding_box_present_flag` bằng 0 chỉ rõ rằng thông tin hộp giới hạn bổ sung không được phát tín hiệu trong phần đầu hình học.

`unique_geometry_points_flag` bằng 1 chỉ ra rằng tất cả các điểm đầu ra có các vị trí duy nhất. `unique_geometry_points_flag` bằng 0 chỉ ra rằng các điểm đầu ra có thể có cùng các vị trí.

`neighbour_context_restriction_flag` bằng 0 chỉ ra rằng việc tạo mã chiếm giữ cây bất phân sử dụng các ngữ cảnh được xác định từ sáu nút bố mẹ lân cận. `neighbour_context_restriction_flag` bằng 1 chỉ ra rằng việc tạo mã cây bất phân sử dụng các ngữ cảnh chỉ được xác định từ các nút anh em.

`inferred_direct_coding_mode_enabled_flag` bằng 0 chỉ ra rằng việc tạo mã cây bất phân sử dụng `inferred_direct_coding_mode`. `inferred_direct_coding_mode_enabled_flag` bằng 1 chỉ ra việc tạo mã cây bất phân sử dụng nhiều ngữ cảnh được xác định từ các nút lân cận anh em.

`log2_neighbour_avail_boundary` chỉ rõ giá trị của biến `NeighbAvailBoundary` mà được sử dụng trong quy trình giải mã như sau:

$$\text{NeighbAvailBoundary} = 2\log2_neighbour_avail_boundary.$$

`log2_trisoup_node_size` chỉ rõ biến `TrisoupNodeSize` là kích cỡ của các nút tam giác như sau.

$$\text{TrisoupNodeSize} = 2^{\log_2 \text{trisoup_node_size}}$$

Giá trị của `log2_trisoup_node_size` có thể lớn hơn hoặc bằng 0. Khi `log2_trisoup_node_size` bằng 0, thì luồng bit hình học có thể chỉ gồm cú pháp tạo mã cây bát phân.

TPS theo các phương án có thể gồm `partitioning_enable_flag`.

`partitioning_enabling_flag` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `partitioning_enabling_flag` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31. Khi giá trị của `partitioning_enabling_flag` là 1, thì GPS theo các phương án có thể còn gồm thông tin của `Partitioning_method`.

`Partitioning_method` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `Partitioning_method` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31.

`refine_slice_method_flag` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `refine_slice_method_flag` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31. Ví dụ, khi giá trị của `refine_slice_method_flag` là 1, thì GPS theo các phương án có thể còn gồm thông tin của `refine_method`.

`refine_method` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `refine_method` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31.

`refine_method_condition` có thể là thông số chỉ ra cùng hoạt động như `refine_method_condition` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31.

Ví dụ, khi giá trị của thông tin `refine_method_condition` là 0, thì thông số này chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng phương pháp tinh chỉnh dựa trên khoảng cách (`distance_refine_method`) theo các phương án. Khi giá trị của thông tin

`refine_method_condition` là 0, thì TPS có thể còn gồm thông tin của `distance_point_to_point_location`.

Ví dụ, khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì thông số chỉ ra rằng thiết bị truyền sử dụng phương pháp tinh chỉnh 2-đường/4-đường/6-đường dựa trên các lát lân cận theo các phương án. Khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì TPS có thể còn gồm thông tin của `neighbours_order_to_merge`.

`distance_point_to_point_location` và `neighbours_order_to_merge` có thể là các thông số chỉ ra cùng các hoạt động như `distance_point_to_point_location` và `neighbours_order_to_merge` được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31.

`gps_extension_present_flag` bằng 1 chỉ rõ rằng cấu trúc cú pháp `gps_extension_data` có mặt trong cấu trúc cú pháp RBSP GPS. `gps_extension_present_flag` bằng 0 chỉ rõ rằng cấu trúc cú pháp này không có mặt. Khi không có mặt, thì giá trị của `gps_extension_present_flag` được suy ra là bằng 0.

`gps_extension_data_flag` có thể có giá trị bất kỳ. Sự có mặt và giá trị của nó không ảnh hưởng đến sự phù hợp của bộ giải mã với các hồ sơ được chỉ rõ.

Fig.34 minh họa ví dụ về SPS trong luồng bit theo các phương án.

Các thông số được thể hiện trên Fig.34 có thể được gồm trong SPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.30. SPS theo các phương án có thể gồm, thông tin phát tín hiệu liên quan đến phương pháp phân vùng lát hoặc cắt phiên lát, và/hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan.

SPS theo các phương án có thể `profile_idc`, `profile_compatibility_flags`, `level_idc`,
`sps_bounding_box_present_flag`, `sps_bounding_box_offset_x`,

`sps_bounding_box_offset_y`, `sps_bounding_box_offset_z`,
`sps_bounding_box_scale_factor`, `sps_bounding_box_size_width`,
`sps_bounding_box_size_height`, `sps_bounding_box_size_depth`,
`sps_source_scale_factor`, `sps_seq_parameter_set_id`, `sps_num_attribute_sets`,
`attribute_dimension[ i ]`, `attribute_instance_id[ i ]`, `attribute_bitdepth[ i ]`,
`attribute_cicp_colour_primaries[ i ]`, `attribute_cicp_transfer_characteristics[ i ]`,
`attribute_cicp_matrix_coeffs[ i ]`, `attribute_cicp_video_full_range_flag[ i ]`,
`known_attribute_label[ i ]`, `partitioning_enabling_flag`, `Partitioning_method`,
`refine_slice_method_flag`, `refine_method`, `refine_method_condition`,
`distance_point_to_point_location`, `neighbours_order_to_merge`,

`sps_extension_present_flag`, và/hoặc `sps_extension_data_flag` được mô tả với sự tham khảo đến Fig.31. Để định nghĩa các phần tử trên Fig.34 được gồm trên Fig.31, thì có thể tham khảo đến phần mô tả trên Fig.31.

Khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì SPS theo các phương án có thể còn gồm thông tin của `neighbor_num` và/hoặc thông tin của `neighbor_search_method`.

Thiết bị truyền (bộ tinh chỉnh) theo các phương án phát tín hiệu số lượng của các lát liền kề với lát thông qua `neighbor_num`. Ví dụ, trong trường hợp của phương pháp tinh chỉnh 2-đường, giá trị của `neighbor_num` có thể là 2 đối với lát cụ thể.

`neighbor_search_method` chỉ ra hướng lựa chọn của các lát lân cận liền kề khi thiết bị truyền thực hiện hoạt động tinh chỉnh dựa trên N (2-đường/4-đường/6-đường) lát.

Fig.35 minh họa ví dụ về TPS trong luồng bit theo các phương án.

Các thông số được thể hiện trên Fig.35 có thể được gồm trong TPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.30. TPS theo các phương án có thể gồm thông tin phát tín hiệu

liên quan đến phương pháp phân vùng lát hoặc cắt phiên lát) theo các phương án, và/hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan.

TPS theo các phương án có thể gồm thông tin như là `num_tiles`, `tile_bounding_box_offset_x[ i ]`, `tile_bounding_box_offset_y[ i ]`, `tile_bounding_box_offset_z[ i ]`, `tile_bounding_box_scale_factor[ i ]`, `tile_bounding_box_size_width[ i ]`, `tile_bounding_box_size_height[ i ]`, `tile_bounding_box_size_depth[ i ]`, `partitioning_enabling_flag`, `Partitioning_method`, `refine_slice_method_flag`, `refine_method`, `refine_method_condition`, `distance_point_to_point_location`, và `neighbours_order_to_merge` được mô tả với sự tham khảo đến Fig.32. Để định nghĩa các phần tử trên Fig.35 được gồm trên Fig.32, thì có thể tham khảo đến phần mô tả trên Fig.32.

Khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì TPS theo các phương án có thể còn gồm thông tin của `neighbor_num` và/hoặc thông tin của `neighbor_search_method`.

Thông tin `neighbor_num` và thông tin `neighbor_search_method` có thể thực hiện cùng các hoạt động hoặc các hoạt động tương tự như thông tin `neighbor_num` và thông tin `neighbor_search_method` được mô tả với sự tham khảo đến Fig.34, một cách tương ứng. TPS có thể gồm `neighbor_num` và/hoặc `neighbor_search_method` cho các phiên nhiều như `num_tiles`.

Fig.36 minh họa ví dụ về GPS trong luồng bit theo các phương án.

Các thông số được thể hiện trên Fig.36 có thể được gồm trong GPS được mô tả với sự tham khảo đến Fig.30. GPS theo các phương án có thể gồm thông tin phát tín hiệu liên quan đến phương pháp phân vùng lát hoặc cắt phiên lát theo các phương án, và/hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan.

GPS theo các phương án có thể gồm thông tin như là `gps_geom_parameter_set_id`, `gps_seq_parameter_set_id`, `gps_box_present_flag`, `unique_geometry_points_flag`, `neighbour_context_restriction_flag`, `inferred_direct_coding_mode_enabled_flag`, `bitwise_occupancy_coding_flag`, `child_neighbours_enabled_flag`, `geom_occupancy_ctx_reduction_factor`, `log2_neighbour_avail_boundary`, `log2_intra_pred_max_node_size`, `log2_trisoup_node_size`, `partitioning_enabling_flag`, `Partitioning_method`, `refine_slice_method_flag`, `refine_method`, `refine_method_condition`, `distance_point_to_point_location`, `neighbours_order_to_merge`, `gps_extension_present_flag`, và `gps_extension_data_flag` được mô tả với sự tham khảo đến Fig.33. Để định nghĩa của các phần tử trên Fig.36 được gồm trên Fig.33, thì có thể tham khảo đến phần mô tả trên Fig.33.

Khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì GPS theo các phương án có thể còn gồm `neighbor_num` và/hoặc `neighbor_search_method`.

Thông tin `neighbor_num` và thông tin `neighbor_search_method` có thể thực hiện cùng các hoạt động hoặc các hoạt động tương tự như thông tin `ghbor_num` và thông tin `neighbor_search_method` được mô tả với sự tham khảo đến Fig.34, một cách tương ứng. GPS có thể gồm `neighbor_num` và/hoặc `neighbor_search_method` cho mỗi phiên trong số các phiên nhiều như `num_tiles`.

Fig.37 minh họa ví dụ về phần đầu lát hình học (GSH) của luồng bit theo các phương án.

Các thông số được thể hiện trên Fig.37 có thể được gồm trong GSH 30004a-1 được mô tả với sự tham khảo đến Fig.30. GSH theo các phương án có thể gồm thông tin phát tín hiệu liên quan đến phương pháp phân vùng lát hoặc cắt phiên lát theo các phương án, và/hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan.

`gsh_geometry_parameter_set_id` chỉ rõ giá trị của `gps_geom_parameter_set_id` của hoạt động GPS.

`gsh_tile_id` chỉ rõ ID của phiên.

`gsh_slice_id` chỉ rõ ID của lát.

Khi `GPS_box_present_flag` theo các phương án có giá trị là 1 hoặc 'true', thì GSH có thể còn gồm `gsh_box_log2_scale`, `gsh_box_origin_x`, `gsh_box_origin_y`, và `gsh_box_origin_z`.

`gsh_box_log2_scale` chỉ rõ giá trị định cỡ.

`gsh_box_origin_x` chỉ rõ tọa độ x của hộp giới hạn nguồn trong hệ tọa độ Đề-các.

`gsh_box_origin_y` chỉ rõ tọa độ y của hộp giới hạn nguồn trong hệ tọa độ Đề-các.

`gsh_box_origin_z` chỉ rõ tọa độ z của hộp giới hạn nguồn trong hệ tọa độ Đề-các.

`gsh_log2_max_nodesize` chỉ rõ giá trị của biến `MaxNodeSize` mà được sử dụng trong quy trình giải mã như sau:

$$\text{MaxNodeSize} = 2^{(\text{gsh_log2_max_nodesize})}$$

`gsh_points_number` chỉ rõ số lượng của các điểm được tạo mã trong lát.

GSH theo các phương án có thể còn gồm `partitioning_enabling_flag`, `Partitioning_method`, `refine_slice_method_flag`, `refine_method`, `refine_method_condition`, `distance_point_to_point_location`, và/hoặc `neighbours_order_to_merge` theo các phương án được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.31 đến Fig.36.

Khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì GSH theo các phương án có thể còn gồm `neighbor_num` và/hoặc `neighbor_search_method`.

Thông tin `neighbor_num` và thông tin `neighbor_search_method` có thể thực hiện cùng các hoạt động hoặc các hoạt động tương tự như thông tin `neighbor_num` thông tin và thông tin `neighbor_search_method` được mô tả với sự tham khảo đến Fig.34, một cách tương ứng.

Fig.38 minh họa ví dụ về phần đầu lát thuộc tính (ASH) của luồng bit theo các phương án.

Các thông số được thể hiện trên Fig.38 có thể được gồm trong các Attr 30004b và 30004c được mô tả với sự tham khảo đến Fig.30. ASH theo các phương án có thể gồm thông tin phát tín hiệu liên quan đến phương pháp phân vùng lát hoặc cắt phiên lát theo các phương án, và/hoặc thông tin phát tín hiệu liên quan.

`abh_attr_parameter_set_id` chỉ rõ giá trị của `aps_attr_parameter_set_id` của APS hoạt động.

`abh_attr_sps_attr_idx` chỉ rõ thuộc tính được thiết lập trong SPS hoạt động. Giá trị của `abh_attr_sps_attr_idx` có thể nằm trong phạm vi từ 0 đến `sps_num_attribute_sets` trong SPS hoạt động.

`abh_attr_geom_slice_id` chỉ rõ giá trị của ID lát geom.

ASH theo các phương án có thể còn gồm `partitioning_enabling_flag`, `Partitioning_method`, `refine_slice_method_flag`, `refine_method`, `refine_method_condition`, `distance_point_to_point_location`, và/hoặc `neighbours_order_to_merge` theo các phương án được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.31 đến Fig.37.

Khi giá trị của `refine_method_condition` là 1, thì ASH theo các phương án có thể còn gồm `neighbor_num` và/hoặc `neighbor_search_method`.

Thông tin neighbor_num và thông tin neighbor_search_method có thể thực hiện cùng các hoạt động hoặc các hoạt động tương tự như thông tin neighbor_num và thông tin neighbor_search_method được mô tả với sự tham khảo đến Fig.34, một cách tương ứng.

Fig.39 là lưu đồ minh họa phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án gồm các bước mã hóa dữ liệu đám mây điểm (39000) và/hoặc truyền luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm và thông tin phát tín hiệu về dữ liệu đám mây điểm (39001).

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được bộc lộ trên Fig.39 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Trong bước mã hóa (39000) dữ liệu đám mây điểm, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm thu nhận dữ liệu đám mây điểm, và mã hóa dữ liệu đám mây điểm được thu nhận. Bước mã hóa biểu diễn hoạt động của bộ mã hóa video đám mây điểm 10002 trên Fig.1, việc mã hóa 18001 trên Fig.2, một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được mô tả với sự tham khảo đến Fig.4, một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.5 đến Fig.9, và/hoặc một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được mô tả với sự tham khảo đến Fig.12.

Trong bước mã hóa (39000) dữ liệu đám mây điểm, thì một số hoặc tất cả hoạt động của bộ phân vùng không gian 15001 trên Fig.15, hoạt động của bộ mã hóa thông tin hình học 15002 trên Fig.15, hoạt động của bộ mã hóa thông tin thuộc tính 15003 trên Fig.15, và các hoạt động được minh họa trên các hình từ Fig.16 đến Fig.28 có thể được thực hiện.

Trong bước truyền (39001) luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm và thông tin phát tín hiệu về dữ liệu đám mây điểm, thì thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm truyền dữ liệu đám mây điểm được mã hóa và/hoặc thông tin phát tín hiệu. Bước truyền (39001) biểu diễn hoạt động của bộ truyền 10003 trên Fig.1, đơn vị truyền 18002 trên Fig.2, và bộ xử lý truyền 12012 trên Fig.12. Trong hoạt động 39001 này, luồng bit thông tin hình học 15000b và luồng bit thông tin thuộc tính 15000c trên Fig.15 được truyền. Trong hoạt động 39001 này, luồng bit thông tin hình học 15000b và luồng bit thông tin thuộc tính 15000c được tổ hợp thành một luồng bit và được truyền.

Thông tin phát tín hiệu cũng có thể được gọi là siêu dữ liệu.

Dữ liệu đám mây điểm có thể biểu diễn, ví dụ, dữ liệu lát hình học được chứa trong lát được thể hiện trên Fig.30 và/hoặc dữ liệu lát thuộc tính được chứa trong mỗi Attr. Siêu dữ liệu có thể gồm, ví dụ, SPS 30001, GPS 30002, APS 30003, và TPS 30004 trên Fig.30. Siêu dữ liệu có thể biểu diễn, ví dụ, phần đầu lát hình học 30004a-1 được gồm trong lát và/hoặc phần đầu lát thuộc tính (ASH) được gồm trong mỗi Attr.

Nghĩa là, siêu dữ liệu có thể gồm, ví dụ, SPS, TPS, GPS, GSH, và/hoặc ASH theo các phương án được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.31 đến Fig.37.

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể còn gồm bước phân vùng dữ liệu đám mây điểm dựa trên các lát. Bước phân vùng của dữ liệu đám mây điểm dựa trên các lát có thể được thực hiện trước khi mã hóa (39000) dữ liệu đám mây điểm. Trong phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án, bước mã hóa (39000) dữ liệu đám mây điểm có thể được thực hiện một cách độc lập trên mỗi lát trong số các lát được phân vùng.

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể còn gồm bước hợp nhất lát với lát liền kề khi số lượng của các điểm trong lát nhỏ hơn số lượng

tối thiểu của các điểm. Bước phân vùng theo các phương án có thể được thực hiện dựa trên ít nhất một hoạt động trong số việc phân vùng hình học đều sử dụng cây bát phân theo các phương án, việc phân vùng hình học đều dọc theo cạnh dài nhất theo các phương án, và/hoặc việc phân vùng hình vuông đều theo các phương án.

Việc phân vùng hình học đều sử dụng cây bát phân theo các phương án đề cập đến phương pháp phân vùng được mô tả với sự tham khảo đến Fig.24. Việc phân vùng hình học đều dọc theo cạnh dài nhất theo các phương án đề cập đến phương pháp phân vùng được mô tả với sự tham khảo đến Fig.25. Việc phân vùng hình vuông đều theo các phương án đề cập đến phương pháp phân vùng được mô tả với sự tham khảo đến Fig.21.

Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm theo các phương án có thể còn gồm bước chia tách lát thành hai hoặc nhiều lát khi số lượng của các điểm trong lát lớn hơn số lượng tối đa của các điểm.

Lát liền kề theo các phương án có thể là một lát trong số lát bên trái của lát, lát bên phải của lát, lát trên cùng của lát, hoặc lát dưới cùng của lát dựa trên phương pháp tinh chỉnh 4-đường. Lát liền kề theo các phương án có thể là một lát trong số lát bên trái của lát, lát bên phải của lát, lát trên cùng của lát, lát dưới cùng của lát, lát đằng trước của lát, và/hoặc lát đằng sau của lát dựa trên phương pháp tinh chỉnh 6-đường.

Fig.40 là lưu đồ minh họa phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án.

Phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm theo các phương án gồm các bước nhận luồng bit chứa dữ liệu đám mây điểm và/hoặc thông tin phát tín hiệu về dữ liệu đám mây điểm (40000), và/hoặc giải mã dữ liệu đám mây điểm trong luồng bit (40001).

Một số hoặc tất cả hoạt động trong số các hoạt động được bộc lộ trên Fig.40 có thể được tổ hợp và được thực hiện bởi thiết bị XR 1430 trên Fig.14 hoặc tương tự.

Hoạt động 40000 để nhận luồng bit biểu diễn hoạt động của bộ nhận 10005 trên Fig.1, hoạt động để nhận luồng bit được truyền từ đơn vị truyền trên Fig.2, hoạt động để nhận luồng bit trên Fig.10, hoạt động của đơn vị nhập dữ liệu 12000 trên Fig.12, hoạt động của bộ nhận 13000 trên Fig.13, và bộ xử lý nhận 13001 trên Fig.13.

Luồng bit có thể gồm luồng bit thông tin hình học 28000a và luồng bit thông tin thuộc tính 28000b trên Fig.28. Luồng bit gồm dữ liệu đám mây điểm và/hoặc thông tin phát tín hiệu về dữ liệu đám mây điểm. Thông tin phát tín hiệu cũng có thể được gọi là siêu dữ liệu.

Dữ liệu đám mây điểm có thể biểu diễn, ví dụ, dữ liệu lát hình học được chứa trong lát được thể hiện trên Fig.30 và/hoặc dữ liệu lát thuộc tính được chứa trong mỗi Attr. Siêu dữ liệu có thể gồm, ví dụ, SPS 30001, GPS 30002, APS 30003, và TPS 30004 trên Fig.30. Siêu dữ liệu có thể biểu diễn, ví dụ, phần đầu lát hình học 30004a-1 được gồm trong lát và/hoặc ASH được gồm trong mỗi Attr.

Nghĩa là, siêu dữ liệu có thể gồm, ví dụ, SPS, TPS, GPS, GSH, và/hoặc ASH theo các phương án được mô tả với sự tham khảo đến các hình từ Fig.31 đến Fig.37.

Luồng bit (hoặc dữ liệu đám mây điểm) theo các phương án có thể được mang trong một hoặc nhiều lát hoặc một hoặc nhiều phiến. Mỗi lát gồm dữ liệu đám mây điểm mà được phân vùng dựa trên dữ liệu đám mây điểm phương pháp phân vùng theo các phương án hoặc được tinh chỉnh dựa trên dữ liệu đám mây điểm phương pháp tinh chỉnh theo các phương án.

Các phương án đã được mô tả đối với phương pháp và/hoặc thiết bị. Phần mô tả của phương pháp và phần mô tả của thiết bị có thể bổ sung cho nhau.

Mặc dù các phương án đã được mô tả với sự tham khảo đến mỗi hình trong số các hình vẽ kèm theo để đơn giản, nhưng có thể thiết kế các phương án mới bằng cách hợp nhất các phương án được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Nếu phương tiện ghi có thể đọc được bởi máy tính, mà trong đó các chương trình để thực thi các phương án được đề cập trong phần mô tả ở trên được ghi lại, được thiết kế bởi những người có hiểu biết số trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng, thì nó cũng có thể nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng. Các thiết bị và các phương pháp có thể không bị giới hạn ở các cấu hình và các phương pháp của các phương án được mô tả ở trên. Các phương án được mô tả ở trên có thể được tạo cấu hình bằng cách được tổ hợp một cách có chọn lọc toàn bộ hoặc một phần với nhau để cho phép các sửa đổi khác nhau. Mặc dù các phương án ưu tiên được mô tả với sự tham khảo đến các hình vẽ, nhưng những người có hiểu biết số trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng sẽ hiểu rằng có các sửa đổi đối và biến đổi khác nhau có thể được thực hiện trong sáng chế này mà không tách khỏi mục đích và phạm vi của sáng chế được mô tả trong các yêu cầu bảo hộ kèm theo. Các sửa đổi như vậy không được hiểu theo cách tách biệt với mục đích kỹ thuật hoặc quan điểm của các phương án.

Các phần tử khác nhau của các thiết bị trong các phương án có thể được triển khai bởi phần cứng, phần mềm, phần sụn, hoặc tổ hợp của chúng. Các phần tử khác nhau trong các phương án có thể được triển khai bởi chip đơn, ví dụ, mạch phần cứng đơn. Theo các phương án, các thành phần theo các phương án có thể được triển khai dưới dạng các chip tách rời, một cách tương ứng. Theo các phương án, ít nhất một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần của thiết bị theo các phương án có thể gồm một hoặc

nhiều bộ xử lý có khả năng thực thi một hoặc nhiều chương trình. Một hoặc nhiều chương trình có thể thực hiện một hoặc nhiều hoạt động/phương pháp bất kỳ trong số các hoạt động/các phương pháp theo các phương án hoặc gồm các lệnh để thực hiện các hoạt động/các phương pháp đó. Các lệnh có thể thực thi được để thực hiện phương pháp/các hoạt động của thiết bị theo các phương án có thể được lưu trữ trong CRM không chuyển tiếp hoặc các sản phẩm chương trình máy tính khác được tạo cấu hình để được thực thi bởi một hoặc nhiều bộ xử lý, hoặc có thể được lưu trữ trong CRM chuyển tiếp hoặc các sản phẩm chương trình máy tính khác được tạo cấu hình để được thực thi bởi một hoặc nhiều bộ xử lý. Bên cạnh đó, bộ nhớ theo các phương án có thể được sử dụng như là khái niệm bao trùm không chỉ các bộ nhớ khả biến (ví dụ, RAM) mà còn cả các bộ nhớ bất khả biến, các bộ nhớ tác động nhau, và các PROM. Bên cạnh đó, nó cũng có thể được triển khai trong dạng sóng mang, như là việc truyền qua Internet. Bên cạnh đó, phương tiện ghi có thể đọc được bởi bộ xử lý có thể được phân bố cho các hệ thống máy tính được kết nối qua mạng sao cho mã có thể đọc được bởi bộ xử lý có thể được lưu trữ và được thực thi trong hình mẫu được phân bố.

Trong tài liệu này, thuật ngữ “/” và “,” nên được diễn giải là để chỉ ra “và/hoặc.” Ví dụ, sự trình bày “A/B” có thể có nghĩa là “A và/hoặc B.” Hơn nữa, “A, B” có thể có nghĩa là “A và/hoặc B.” Hơn nữa, “A/B/C” có thể có nghĩa là “ít nhất một thành phần trong số A, B, và/hoặc C.” “A, B, C” cũng có thể có nghĩa là “ít nhất một thành phần trong số A, B, và/hoặc C.” Hơn nữa, trong tài liệu này, thuật ngữ “hoặc” nên được diễn giải là “và/hoặc.” Ví dụ, sự trình bày “A hoặc B” có thể có nghĩa là 1) chỉ có A, 2) chỉ có B, và/hoặc 3) cả A và B. Nói cách khác, thuật ngữ “hoặc” trong sáng chế nên được diễn giải là để chỉ ra “theo cách bổ sung hoặc theo cách thay thế.”

Thuật ngữ thứ nhất và thứ hai có thể được sử dụng để mô tả các phần tử khác nhau của các phương án. Tuy nhiên, các thành phần khác nhau theo các phương án không nên bị giới hạn ở các thuật ngữ ở trên. Các thuật ngữ này chỉ được sử dụng để phân biệt thuật ngữ này với thuật ngữ khác. Ví dụ, tín hiệu đầu vào người dùng thứ nhất có thể được gọi là tín hiệu đầu vào người dùng thứ hai. Theo cách tương tự, tín hiệu đầu vào người dùng thứ hai có thể được gọi là tín hiệu đầu vào người dùng thứ nhất. Việc sử dụng của các thuật ngữ này nên được hiểu là không vượt ra khỏi phạm vi của các phương án khác nhau. Tín hiệu đầu vào người dùng thứ nhất và tín hiệu đầu vào người dùng thứ hai đều là các tín hiệu đầu vào người dùng, nhưng không có nghĩa là cùng tín hiệu đầu vào người dùng trừ ngữ cảnh chỉ ra một cách rõ ràng theo cách khác.

Hệ thuật ngữ được sử dụng để mô tả trong các phương án này chỉ được sử dụng cho mục đích mô tả các phương án cụ thể và không được nhằm giới hạn sáng chế. Như được sử dụng trong phần mô tả và các điểm yêu cầu bảo hộ, các dạng đơn của các mạo từ tiếng Anh “a”, “an”, và “the” gồm nhiều số tham chiếu trừ khi ngữ cảnh chỉ ra một cách rõ ràng theo cách khác. Sự trình bày “và/hoặc” được sử dụng để gồm tất cả các tổ hợp khả thi của các thuật ngữ. Thuật ngữ như là “gồm” hoặc “có” được nhằm để chỉ ra sự tồn tại của các hình, các số, các bước, các phần tử, và/hoặc các thành phần và nên được hiểu là không loại trừ khả năng tồn tại của sự tồn tại bổ sung của các hình, các số, các bước, các phần tử và/hoặc các thành phần. Như được sử dụng ở đây, các sự trình bày dạng điều kiện như là “nếu” và “khi” không bị giới hạn ở trường hợp tùy chọn và được sử dụng để diễn giải, khi một điều kiện cụ thể được đáp ứng, để thực hiện hoạt động liên quan hoặc diễn giải định nghĩa liên quan theo điều kiện cụ thể.

Các hoạt động theo các phương án được mô tả trong bản mô tả này có thể được thực hiện bởi thiết bị truyền/nhận gồm bộ nhớ và/hoặc bộ xử lý theo các phương án. Bộ

nhớ có thể lưu trữ các chương trình để xử lý/điều khiển các hoạt động theo các phương án, và bộ xử lý có thể điều khiển các hoạt động khác nhau được mô tả trong bản mô tả này. Bộ xử lý có thể được gọi là bộ điều khiển hoặc tương tự. Trong các phương án, các hoạt động có thể được thực hiện bởi phần sụn, phần mềm, và/hoặc các tổ hợp của chúng. Phần sụn, phần mềm, và/hoặc các tổ hợp của chúng có thể được lưu trữ trong bộ xử lý hoặc bộ nhớ.

Các hoạt động theo các phương án được mô tả ở trên có thể được thực hiện bởi thiết bị truyền và/hoặc thiết bị nhận theo các phương án. Thiết bị truyền/nhận có thể gồm bộ truyền/bộ nhận được tạo cấu hình để truyền và nhận dữ liệu phương tiện, bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ các lệnh (mã chương trình, các thuật toán, các lưu đồ và/hoặc dữ liệu) cho các quy trình theo các phương án, và bộ xử lý được tạo cấu hình để điều khiển các hoạt động của thiết bị truyền/nhận.

Bộ xử lý có thể được gọi là bộ điều khiển hoặc tương tự, và có thể tương ứng với, ví dụ, phần cứng, phần mềm, và/hoặc tổ hợp của chúng. Các hoạt động theo các phương án được mô tả ở trên có thể được thực hiện bởi bộ xử lý. Bên cạnh đó, bộ xử lý có thể được triển khai dưới dạng bộ mã hóa/bộ giải mã cho các hoạt động của các phương án được mô tả ở trên.

Như được mô tả ở trên, các chi tiết liên quan đã được mô tả chi tiết để tiến hành các phương án.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng sẽ thấy rằng các thay đổi và sửa đổi khác nhau có thể được thực hiện mà không vượt ra khỏi mục đích hoặc phạm vi của sáng chế. Theo đó, sáng chế được nhằm để bao trùm các sửa

đổi và biến đổi đó, miễn là chúng nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền dữ liệu đám mây điểm, phương pháp bao gồm các bước:

phân vùng các lát gồm dữ liệu đám mây điểm thành các hình vuông đều bằng cách phân đoạn trục tối đa và trục giữa bởi độ dài của trục tối thiểu của dữ liệu đám mây điểm;

tạo ra thông tin liên kề cho mỗi lát trong số các lát được phân vùng, trong đó thông tin liên kề gồm số lượng của các điểm trong các lát liên kề theo bốn hướng gồm lát liên kề dưới cùng, lát liên kề bên trái, lát liên kề trên cùng, và lát liên kề bên phải cho mỗi lát trong số các lát được phân vùng;

hợp nhất lát thứ nhất trong số các lát được phân vùng với một lát trong số các lát liên kề có số lượng nhỏ nhất của các điểm trong số bốn lát liên kề của lát thứ nhất khi số lượng của các điểm trong lát thứ nhất nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm;

chia tách lát thứ hai trong số các lát được phân vùng theo hướng của một lát trong số các lát liên kề trong số bốn lát liên kề của lát thứ hai khi số lượng của các điểm trong lát thứ hai lớn hơn số lượng tối đa của các điểm,

mã hóa dữ liệu hình học của dữ liệu đám mây điểm gồm các lát được hợp nhất hoặc được chia tách;

tái tạo dữ liệu hình học của dữ liệu đám mây điểm gồm các lát được hợp nhất hoặc được chia tách;

mã hóa dữ liệu thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm dựa trên dữ liệu hình học được tái tạo; và

truyền luồng bit gồm dữ liệu hình học được mã hóa và dữ liệu thuộc tính được mã hóa.

2. Phương pháp theo điểm 1,

trong đó bước hợp nhất hoặc bước chia tách được thực hiện dựa trên cấu trúc dữ liệu để biểu diễn sự liên kết giữa các lát,

trong đó cấu trúc dữ liệu là cấu trúc dữ liệu dựa trên cây hoặc cấu trúc dữ liệu dựa trên danh sách.

3. Phương pháp theo điểm 1,

trong đó luồng bit gồm thông tin phát tín hiệu biểu diễn phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm.

4. Thiết bị truyền dữ liệu đám mây điểm, thiết bị bao gồm:

bộ phân vùng được tạo cấu hình để phân vùng các lát gồm dữ liệu đám mây điểm thành các hình vuông đều bằng cách phân đoạn trục tối đa và trục giữa bởi độ dài của trục tối thiểu của dữ liệu đám mây điểm và tạo rae thông tin liên kết cho mỗi lát trong số các lát được phân vùng, trong đó thông tin liên kết gồm số lượng của các điểm trong các lát liên kết theo bốn hướng gồm lát liên kết dưới cùng, lát liên kết bên trái, lát liên kết trên cùng, và lát liên kết bên phải cho mỗi lát trong số các lát được phân vùng;

bộ tinh chỉnh được tạo cấu hình để hợp nhất lát thứ nhất trong số các lát được phân vùng với một lát trong số các lát liên kết có số lượng nhỏ nhất của các điểm trong số bốn lát liên kết của lát thứ nhất khi số lượng của các điểm trong lát thứ nhất nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm;

chia tách lát thứ hai trong số các lát được phân vùng theo hướng của một lát trong số các lát liên kết trong số bốn lát liên kết của lát thứ hai khi số lượng của các điểm trong lát thứ hai lớn hơn số lượng tối đa của các điểm,

bộ mã hóa hình học được tạo cấu hình để mã hóa dữ liệu hình học của dữ liệu đám mây điểm gồm các lát được hợp nhất hoặc được chia tách;

bộ tái tạo được tạo cấu hình để tái tạo dữ liệu hình học của dữ liệu đám mây điểm gồm các lát được hợp nhất hoặc được chia tách;

bộ mã hóa thuộc tính được tạo cấu hình để mã hóa dữ liệu thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm dựa trên dữ liệu hình học được tái tạo; và

bộ truyền được tạo cấu hình để truyền luồng bit gồm dữ liệu hình học được mã hóa và dữ liệu thuộc tính được mã hóa.

5. Thiết bị theo điểm 4,

trong đó bước hợp nhất hoặc bước chia tách dựa trên cấu trúc dữ liệu để biểu diễn sự liên kết giữa các lát,

trong đó cấu trúc dữ liệu là cấu trúc dữ liệu dựa trên cây hoặc cấu trúc dữ liệu dựa trên danh sách.

6. Thiết bị theo điểm 4,

trong đó luồng bit gồm thông tin phát tín hiệu biểu diễn phương pháp phân vùng dữ liệu đám mây điểm.

7. Phương pháp nhận dữ liệu đám mây điểm, phương pháp bao gồm các bước:

nhận luồng bit gồm dữ liệu hình học được mã hóa và dữ liệu thuộc tính được mã hóa,

trong đó dữ liệu đám mây điểm được gồm trong các lát mà trong đó dữ liệu đám mây điểm được phân vùng thành các hình vuông đều bằng cách phân đoạn trục tối đa và trục giữa bởi độ dài của trục tối thiểu của dữ liệu đám mây điểm,

trong đó thông tin liên kết cho các lát được phân vùng được tạo ra, trong đó thông tin liên kết gồm số lượng của các điểm trong các lát liên kết theo bốn hướng gồm lát liên

kề dưới cùng, lát liền kề bên trái, lát liền kề trên cùng, và lát liền kề bên phải cho mỗi lát trong số các lát được phân vùng,

trong đó các lát được phân vùng gồm lát thứ nhất được hợp nhất với một lát trong số các lát liền kề có số lượng nhỏ nhất của các điểm trong số bốn lát liền kề của lát thứ nhất khi số lượng của các điểm trong lát thứ nhất nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm, và lát thứ hai mà được chia tách theo hướng của một lát trong số các lát liền kề trong số bốn lát liền kề của lát thứ hai khi số lượng của các điểm trong lát thứ hai lớn hơn số lượng tối đa của các điểm,

trong đó dữ liệu hình học của dữ liệu đám mây điểm gồm các lát được hợp nhất hoặc được chia tách được mã hóa,

trong đó dữ liệu hình học của dữ liệu đám mây điểm gồm các lát được hợp nhất hoặc được chia tách được tái tạo,

trong đó dữ liệu thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm dựa trên dữ liệu hình học được tái tạo được mã hóa; và

giải mã dữ liệu hình học được mã hóa và dữ liệu thuộc tính được mã hóa.

8. Thiết bị nhận dữ liệu đám mây điểm, thiết bị bao gồm:

bộ nhận được tạo cấu hình để nhận luồng bit gồm dữ liệu hình học được mã hóa và dữ liệu thuộc tính được mã hóa,

trong đó dữ liệu đám mây điểm được gồm trong các lát mà trong đó dữ liệu đám mây điểm được phân vùng thành các hình vuông đều bằng cách phân đoạn trục tối đa và trục giữa bởi độ dài của trục tối thiểu của dữ liệu đám mây điểm,

trong đó thông tin liền kề cho mỗi lát trong số các lát được phân vùng được tạo ra, trong đó thông tin liền kề gồm số lượng của các điểm trong các lát liền kề theo bốn

hướng gồm lát liền kề dưới cùng, lát liền kề bên trái, lát liền kề trên cùng, và lát liền kề bên phải cho mỗi lát trong số các lát được phân vùng,

trong đó các lát được phân vùng gồm lát thứ nhất được hợp nhất với một lát trong số các lát liền kề có số lượng nhỏ nhất của các điểm trong số bốn lát liền kề của lát thứ nhất khi số lượng của các điểm nhỏ hơn số lượng tối thiểu của các điểm, và lát thứ hai mà được chia tách theo hướng của một lát trong số các lát liền kề trong số bốn lát liền kề của lát thứ hai khi số lượng của các điểm lớn hơn số lượng tối đa của các điểm,

trong đó dữ liệu hình học của dữ liệu đám mây điểm gồm các lát được hợp nhất hoặc được chia tách được mã hóa,

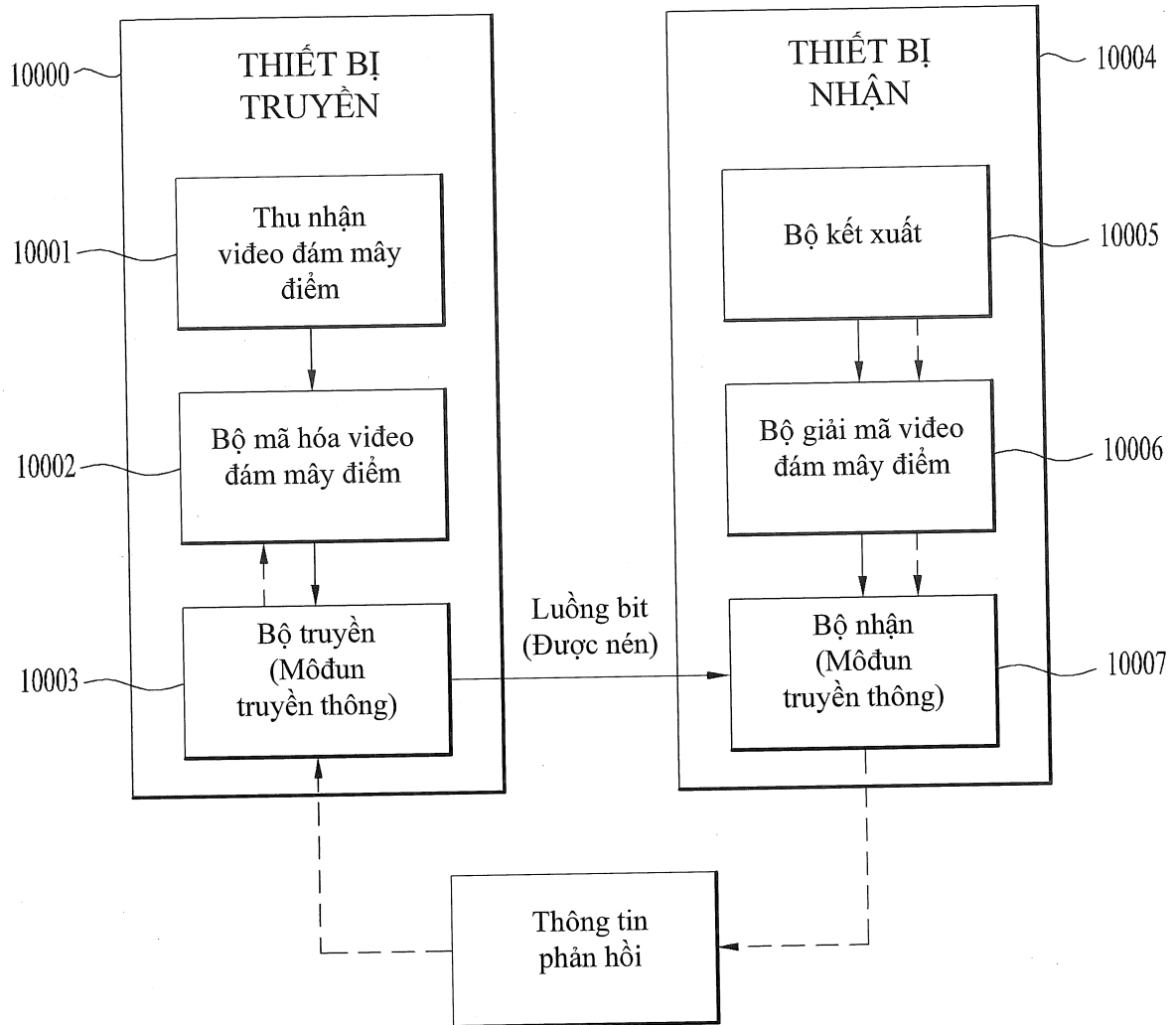
trong đó dữ liệu hình học của dữ liệu đám mây điểm gồm các lát được hợp nhất hoặc được chia tách được tái tạo,

trong đó dữ liệu thuộc tính của dữ liệu đám mây điểm dựa trên dữ liệu hình học được tái tạo được mã hóa; và

bộ giải mã được tạo cấu hình để giải mã dữ liệu hình học được mã hóa và dữ liệu thuộc tính được mã hóa.

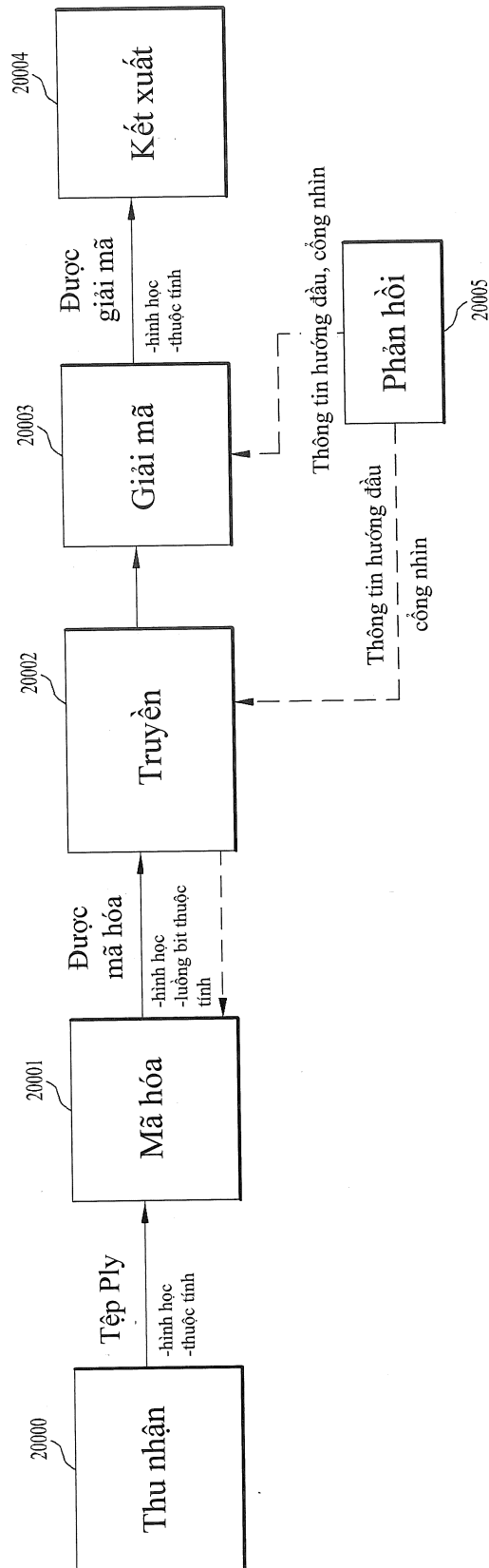
1/40

FIG. 1



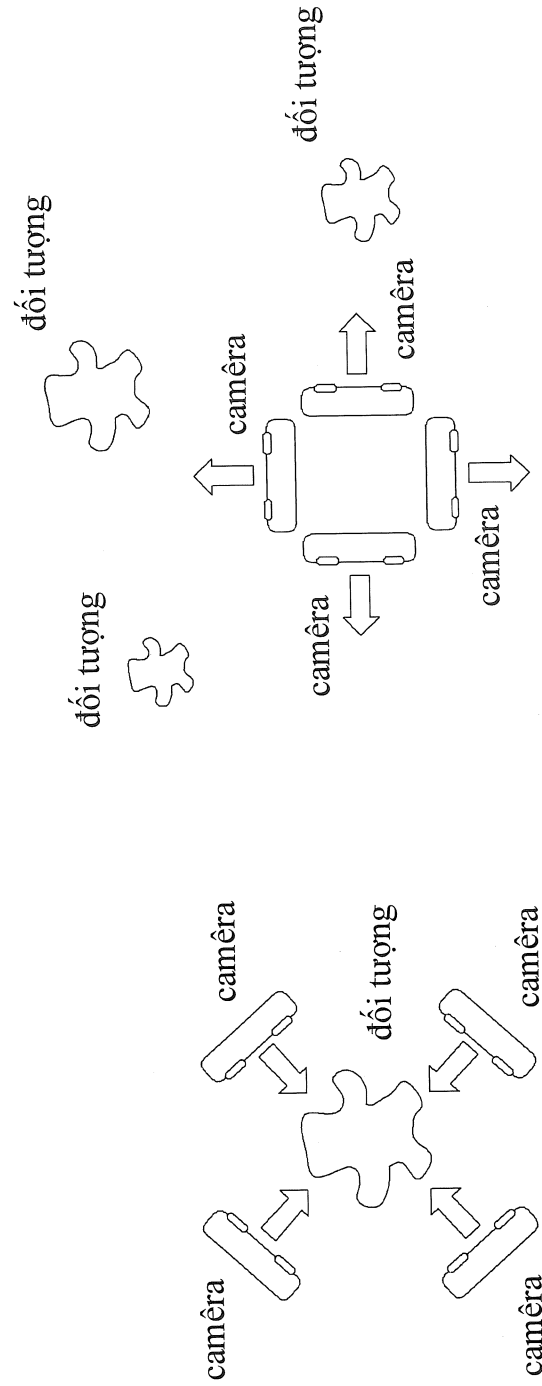
2/40

FIG. 2



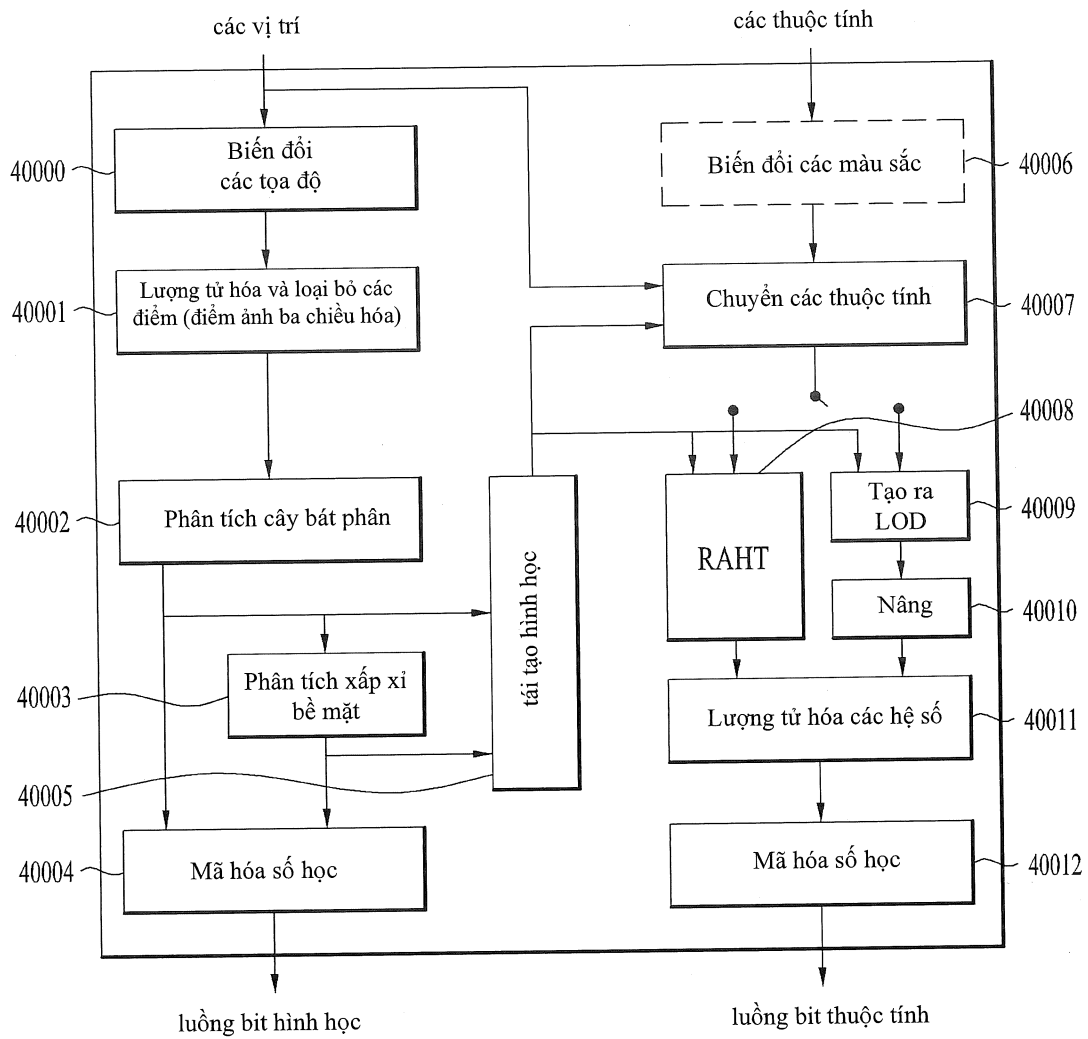
3/40

FIG. 3



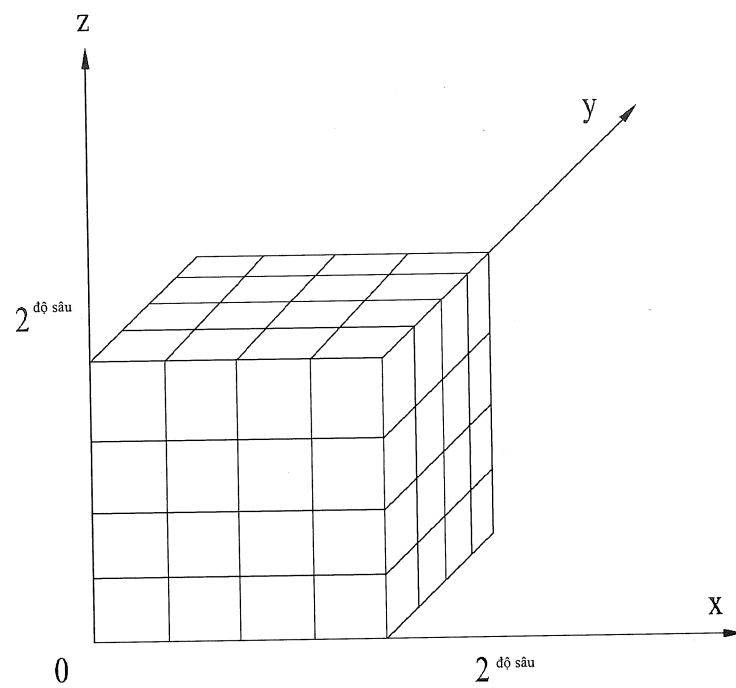
4/40

FIG. 4



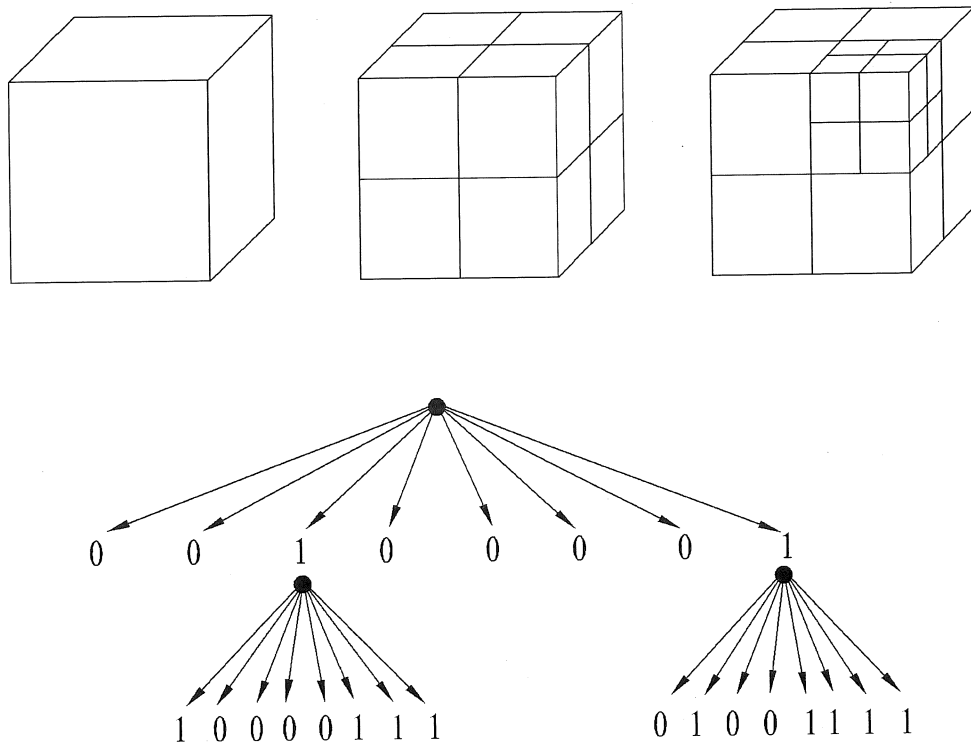
5/40

FIG. 5



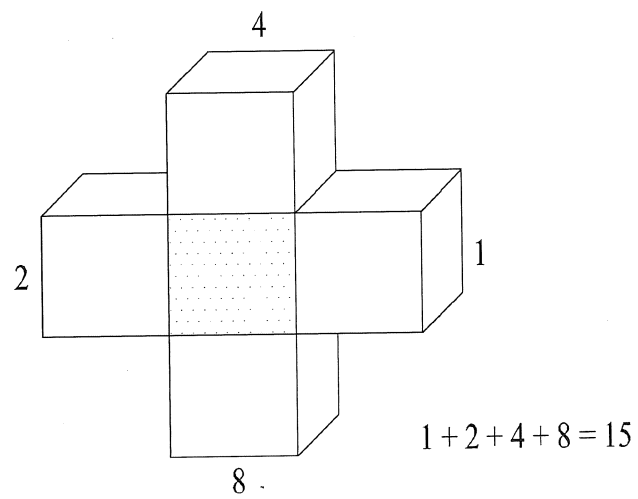
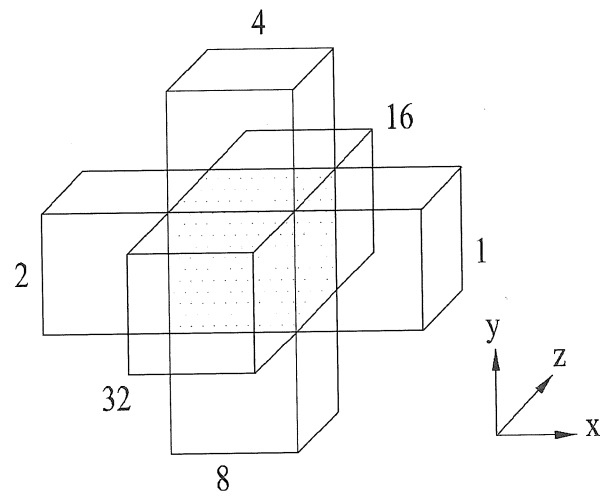
6/40

FIG. 6



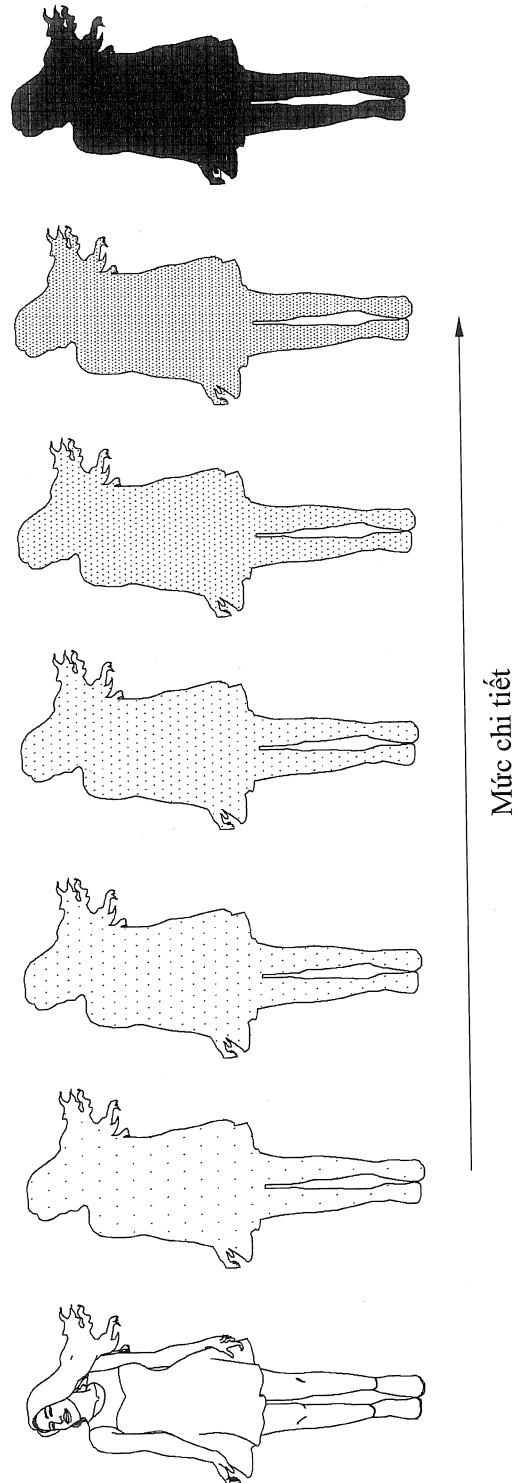
7/40

FIG. 7



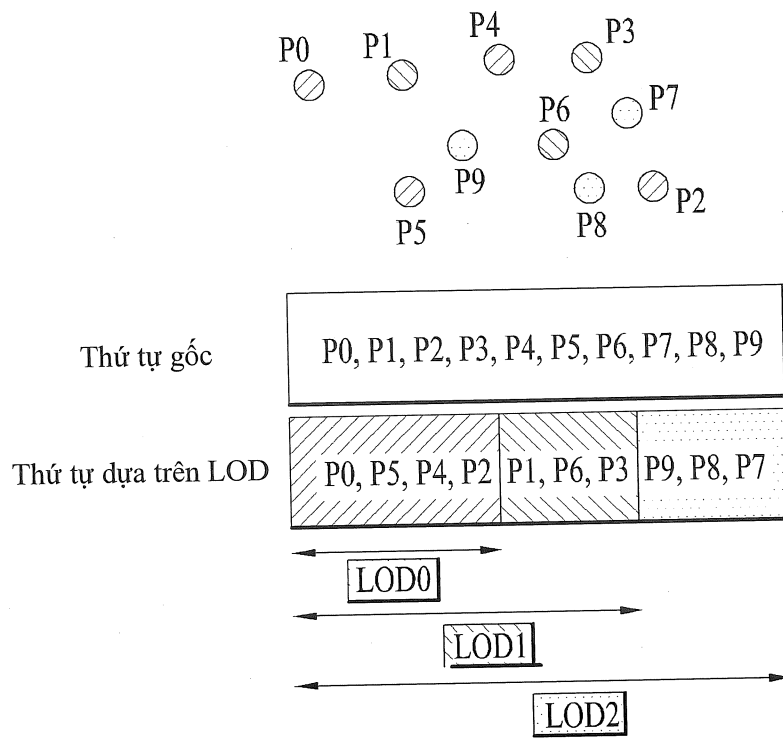
8/40

FIG. 8



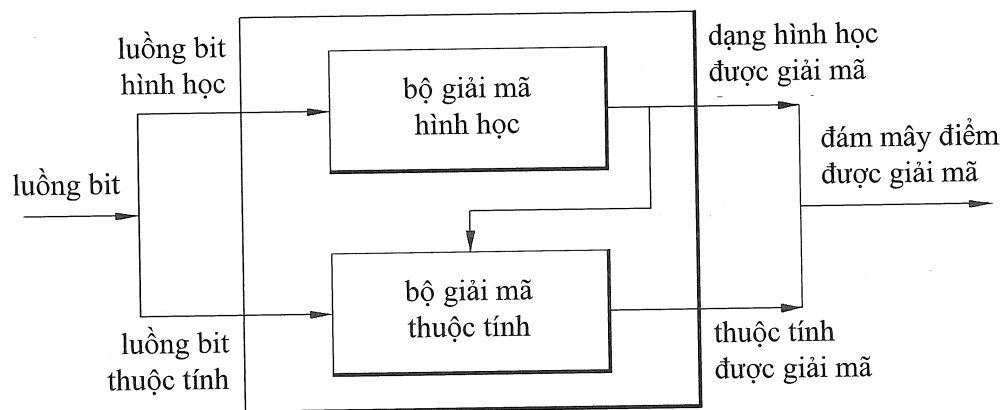
9/40

FIG. 9



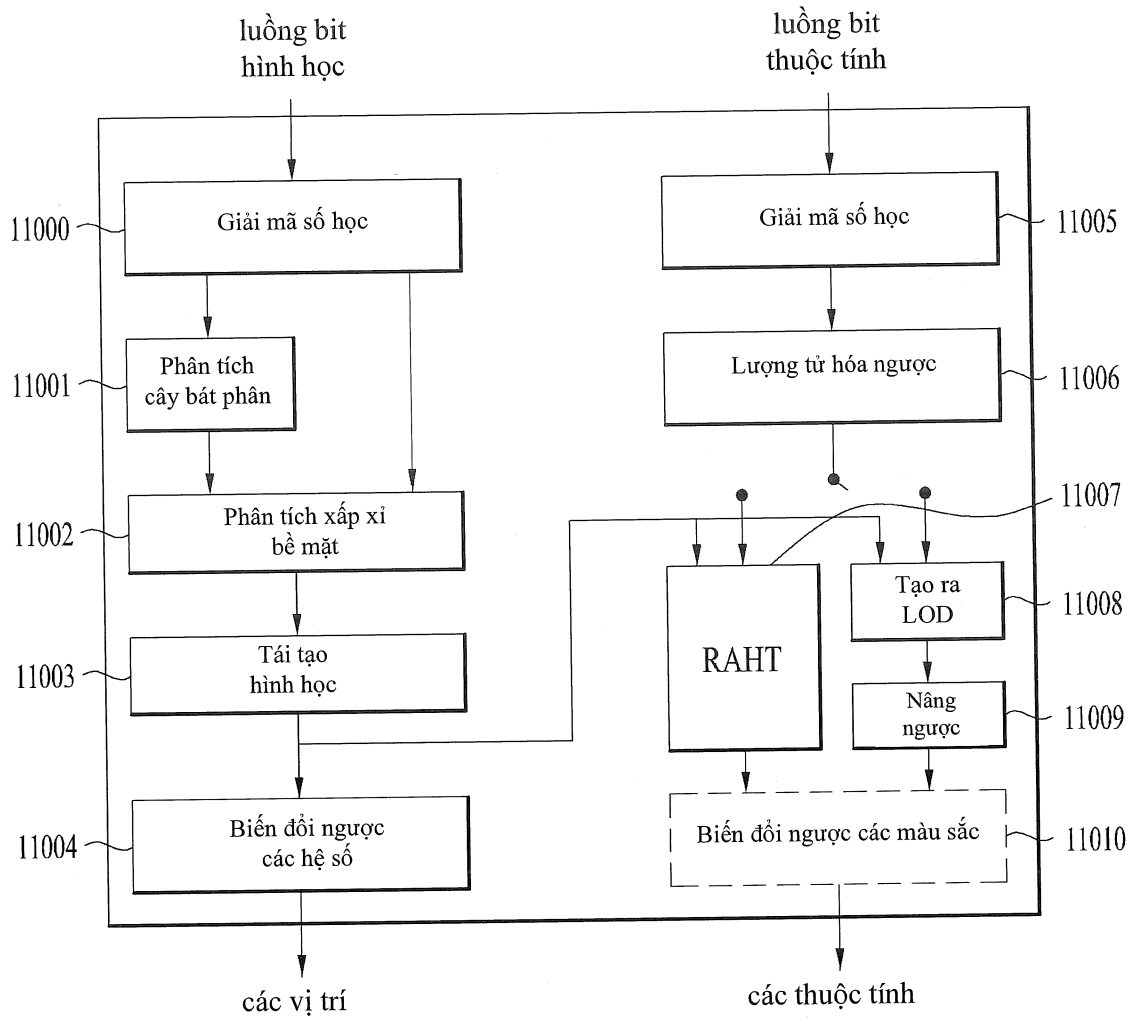
10/40

FIG. 10



11/40

FIG. 11



12/40

FIG. 12

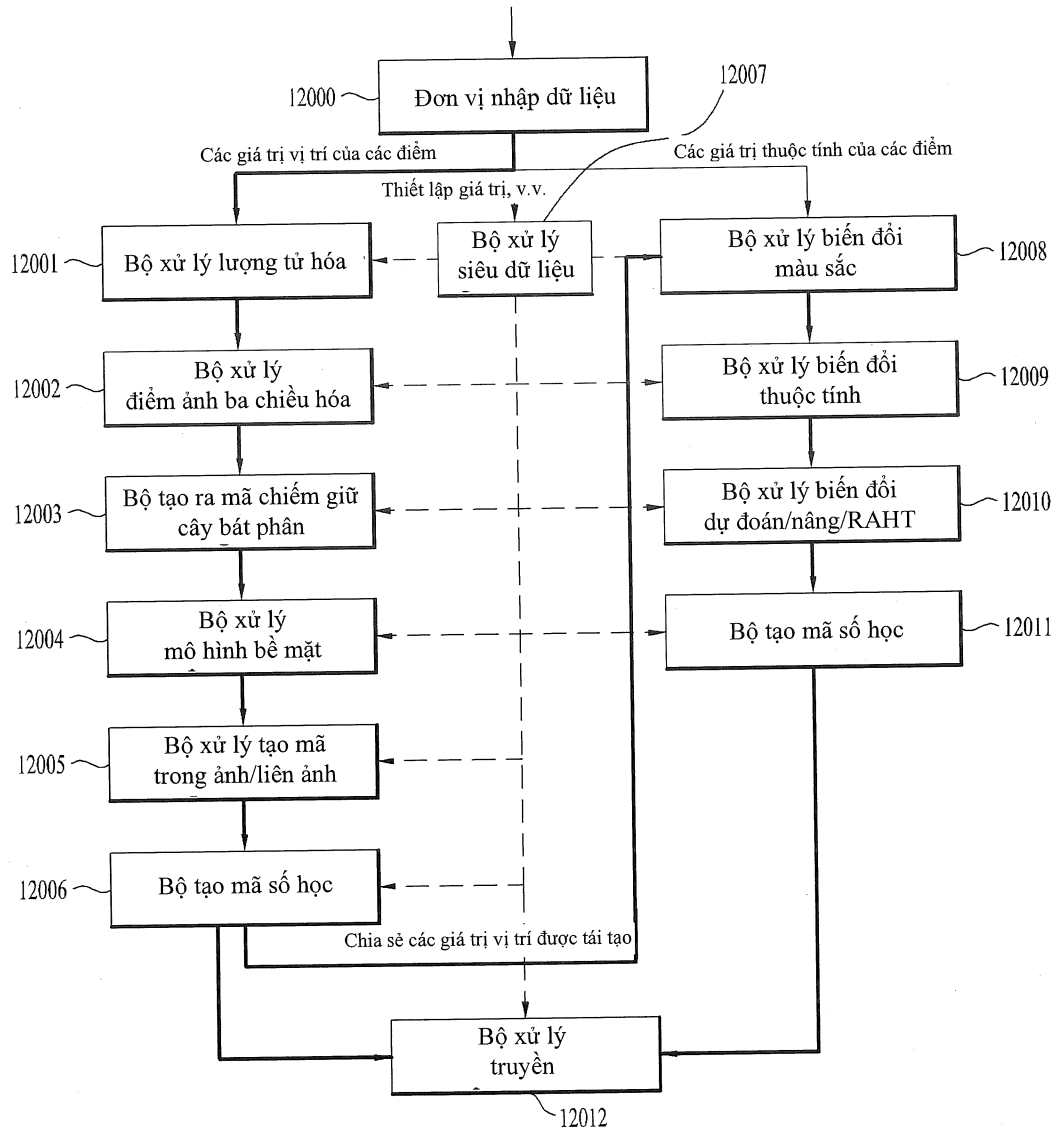
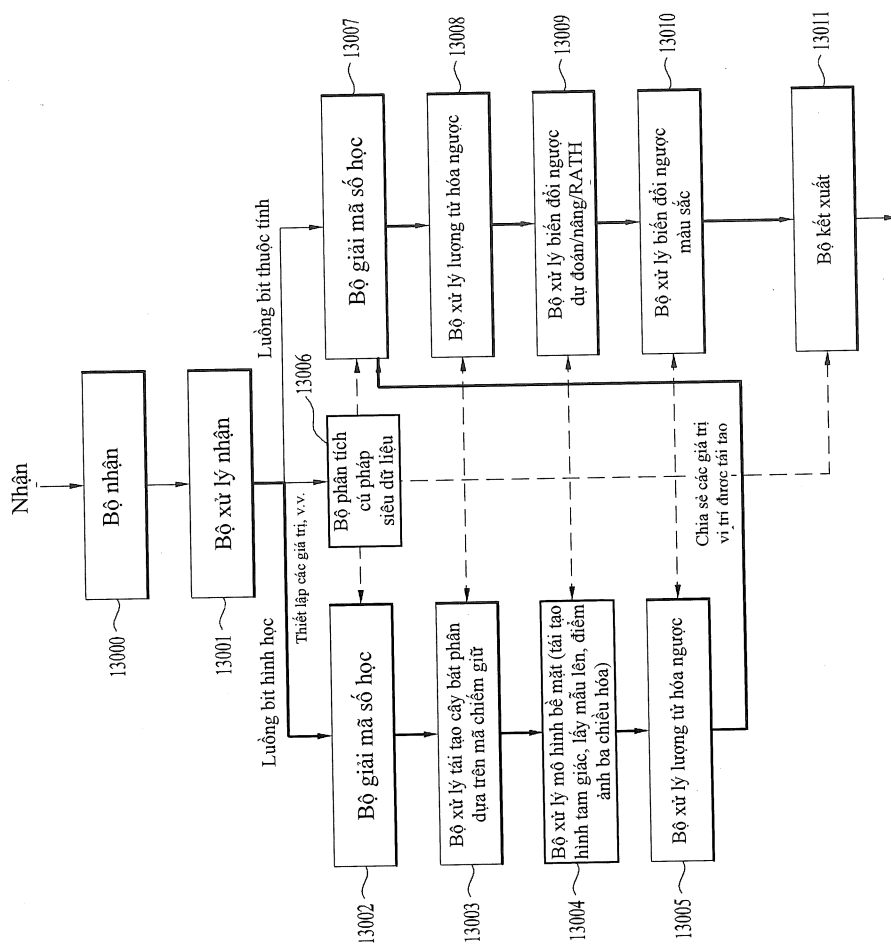
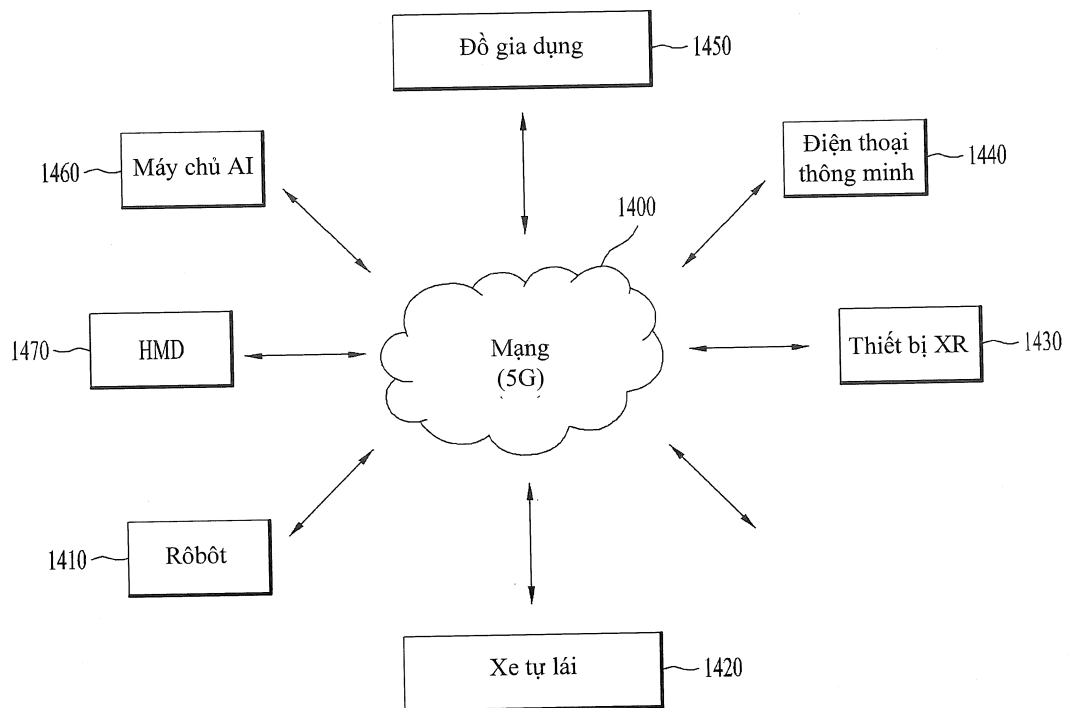


FIG. 13



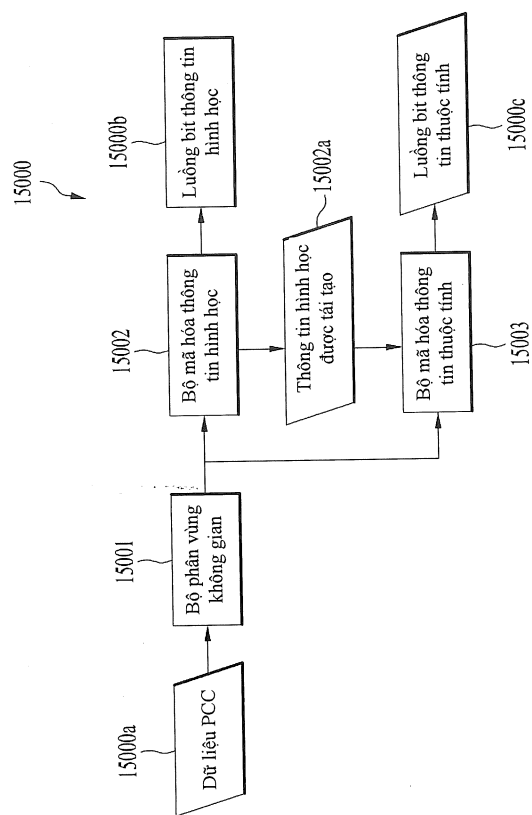
14/40

FIG. 14



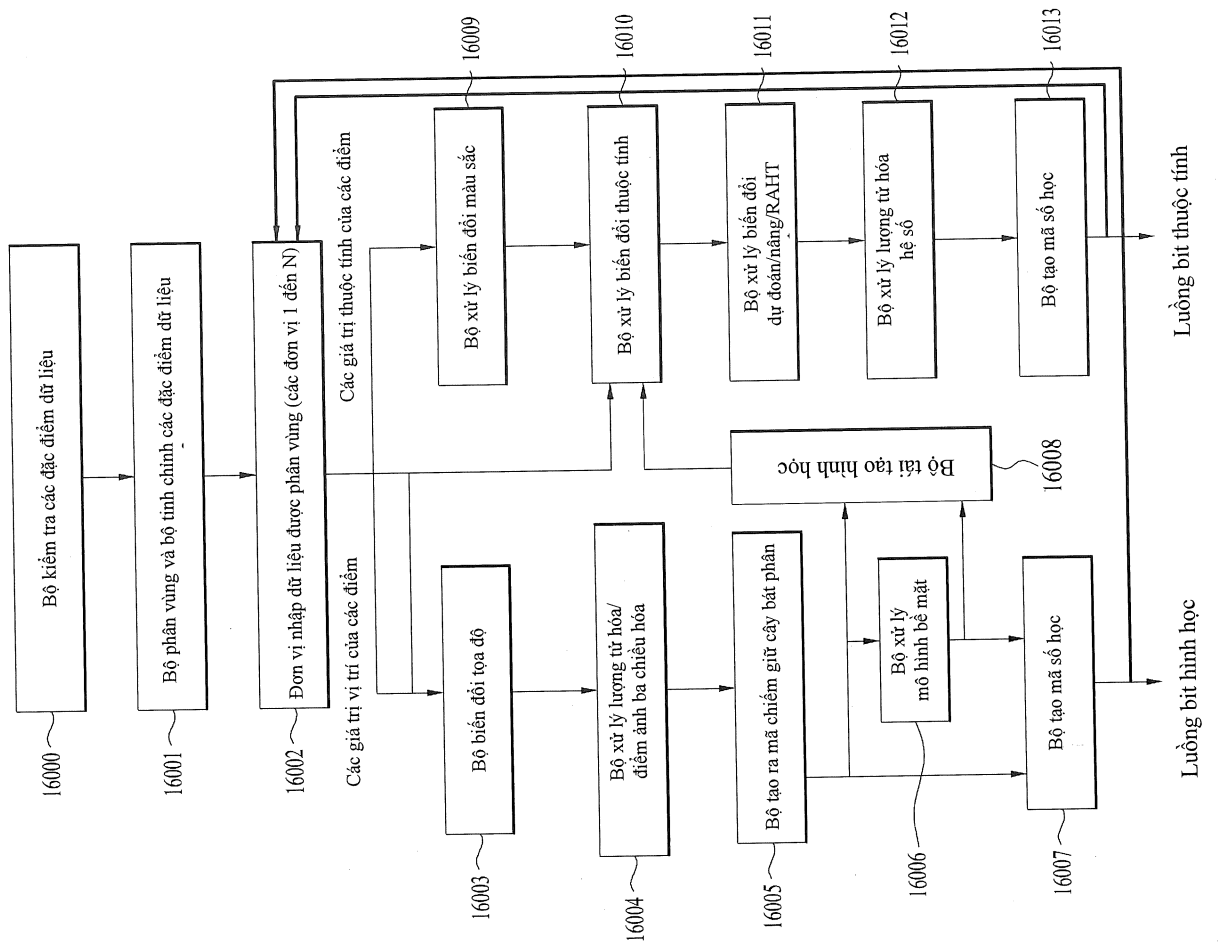
15/40

FIG. 15



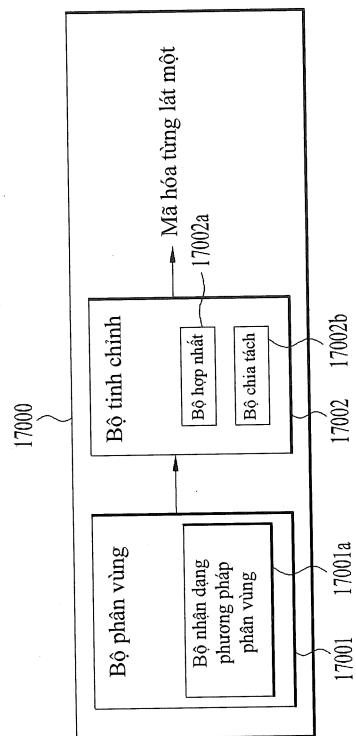
16/40

FIG. 16



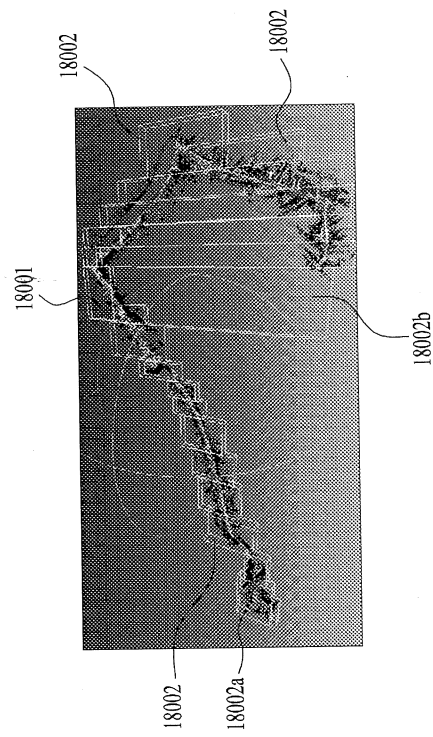
17/40

FIG. 17



18/40

FIG. 18



(a)

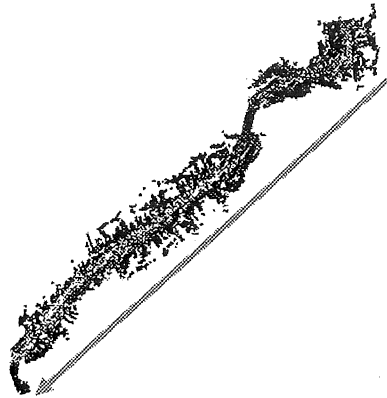


FIG. 19

21/40

FIG. 21

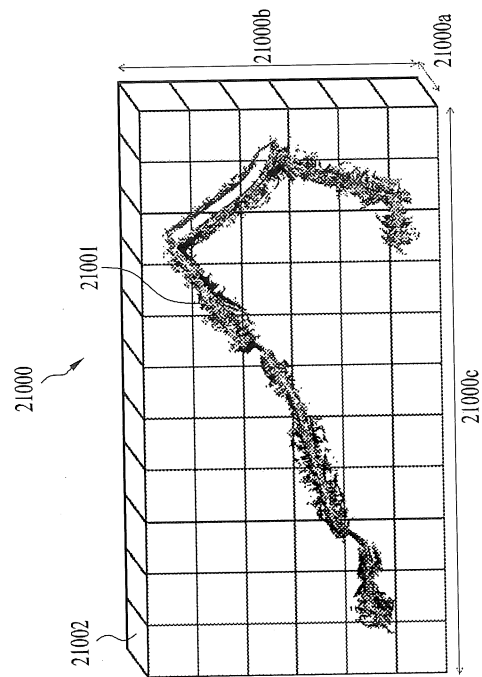
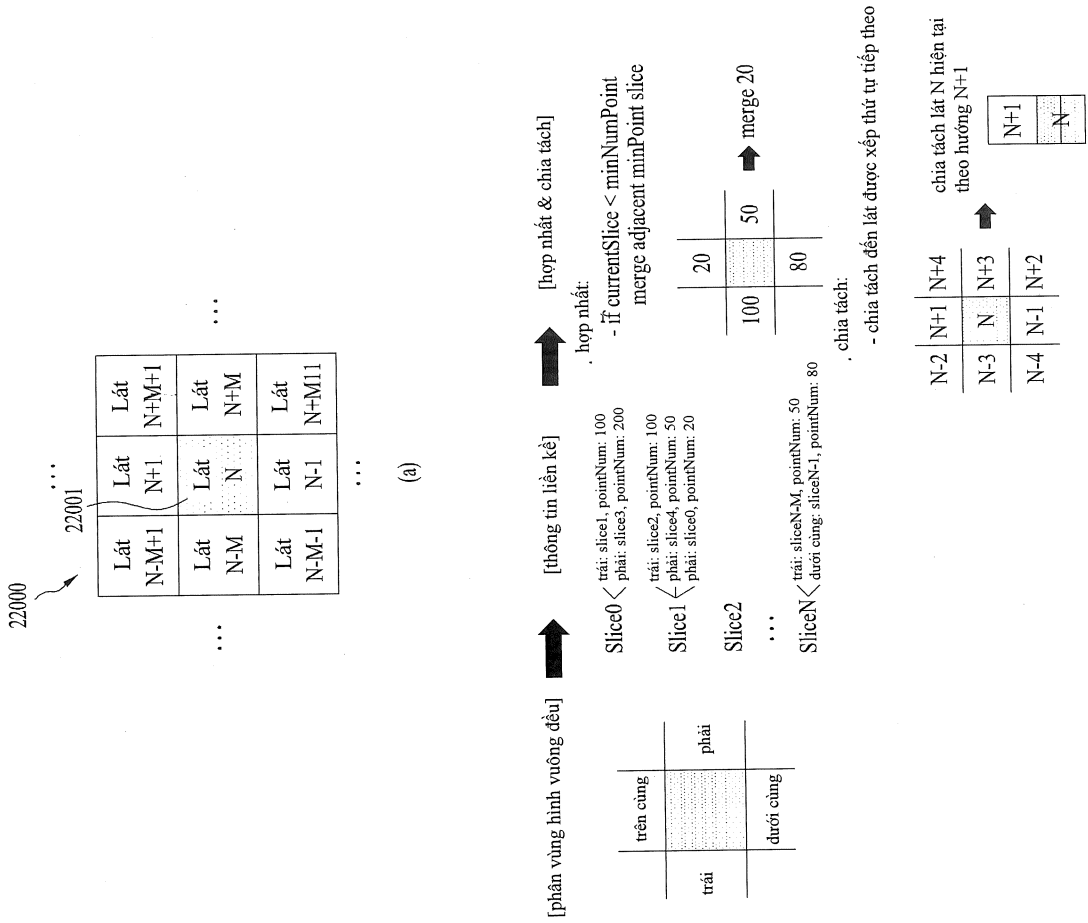


FIG. 22



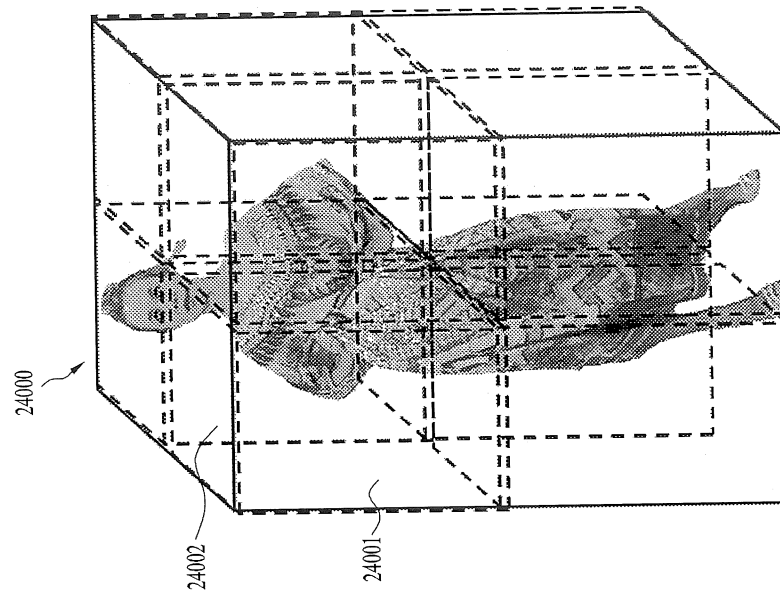
23/40

FIG. 23



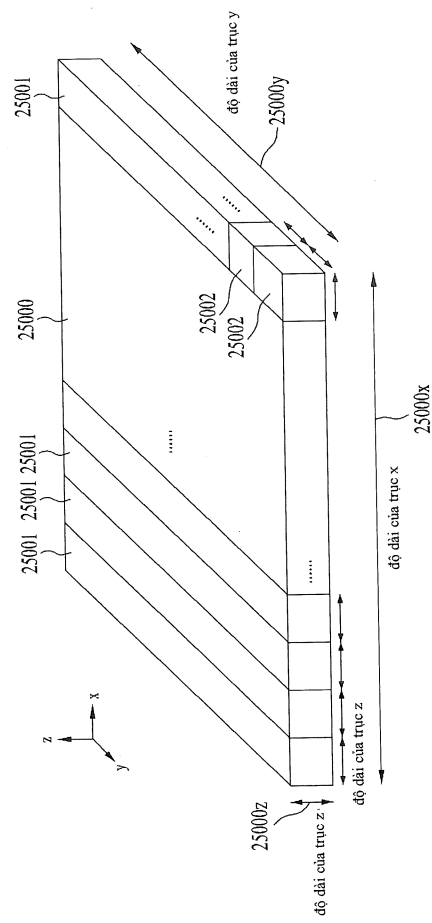
24/40

FIG. 24



25/40

FIG. 25



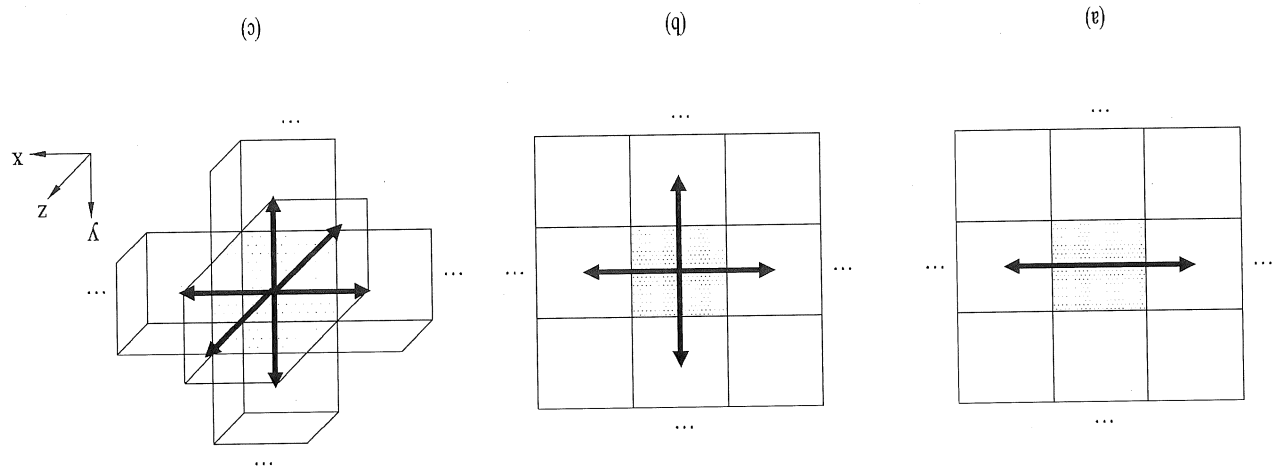


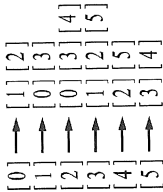
FIG. 26

FIG. 27

[Thông tin sự liên kế 4-đường về lát]

[Chỉ số lát và thông tin số đếm điểm]

[1]	40	[3]	30	[5]	150
[0]	10	[2]	50	[4]	100

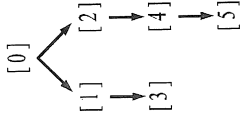


(a)

[Thông tin sự liên kế 3 loại về lát]

[Chỉ số lát và thông tin số đếm điểm]

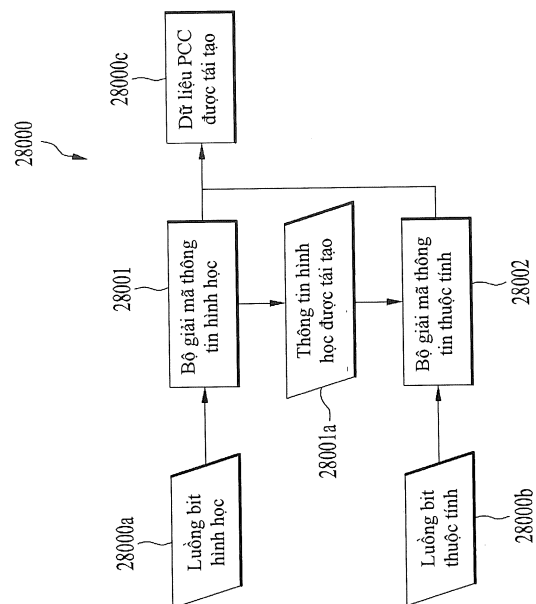
[1]	40	[3]	30	[5]	150
[0]	10	[2]	50	[4]	100



(b)

28/40

FIG. 28



29/40

FIG. 29

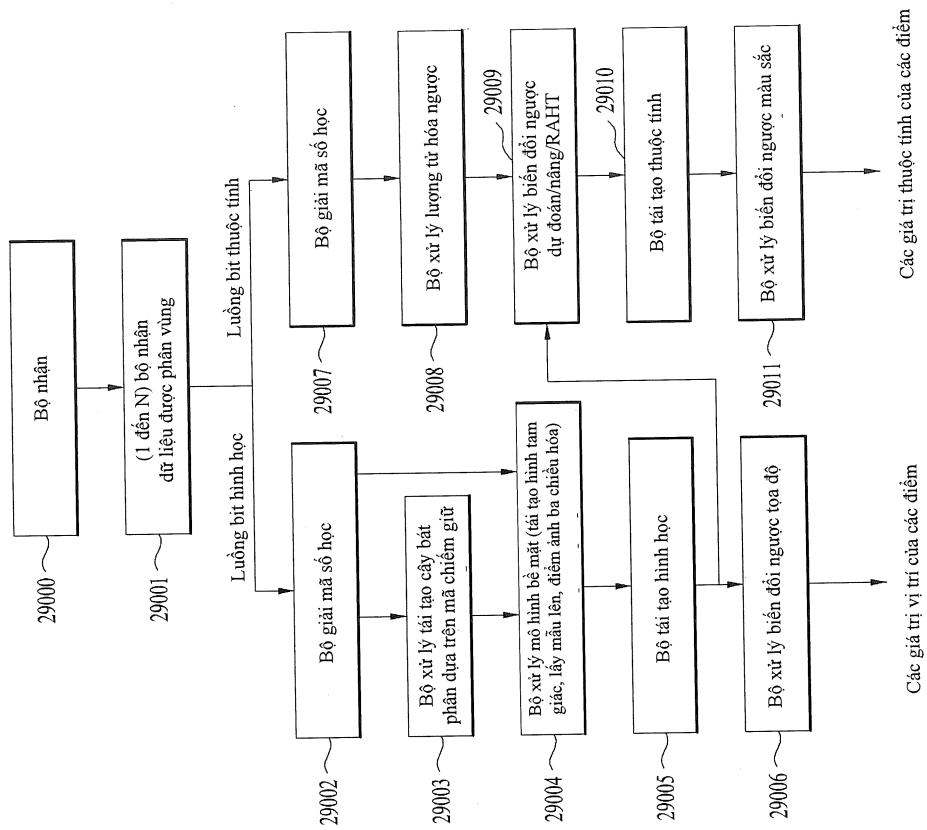
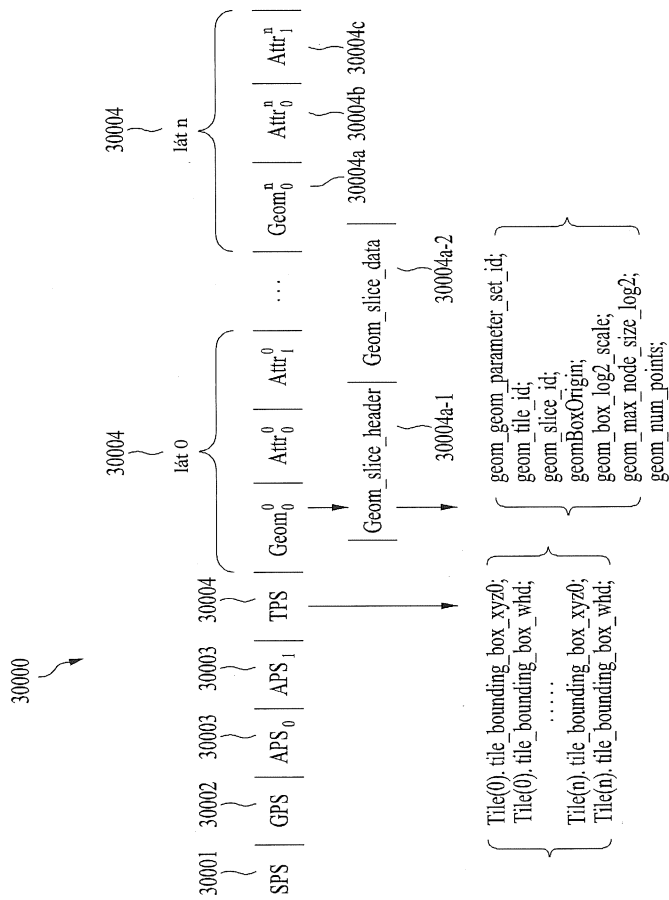


FIG. 30



31/40

FIG. 31

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_scale_factor	ue(v)
sps_bounding_box_size_width	ue(v)
sps_bounding_box_size_height	ue(v)
sps_bounding_box_size_depth	ue(v)
}	
sps_source_scale_factor	u(32)
sps_seq_parameter_set_id	ue(v)
sps_num_attribute_sets	ue(v)
for(i = 0; i < sps_num_attribute_sets; i++) {	
attribute_dimension[i]	ue(v)
attribute_instance_id[i]	ue(v)
attribute_bidepth[i]	ue(v)
attribute_cicp_colour_primaries[i]	ue(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_bytes[i]	u(32)
}	

partitioning_enabling_flag {	u(1)
if (partitioning_enabling_flag) {	
Partitioning_method	ue(v)
}	
refine_slice_method_flag	u(1)
if (refine_slice_method_flag) {	
refine_method	ue(v)
refine_method_condition	
if (refine_method_condition == '0') {	
distance_point_to_point_location	ue(v)
} else if (refine_method_condition == '1') {	
neighbours_order_to_merge	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()	
}	

FIG. 32

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_scale_factor[i]	ue(v)
tile_bounding_box_size_width[i]	ue(v)
tile_bounding_box_size_height[i]	ue(v)
partitioning_enabling_flag {	u(1)
if (partitioning_enabling_flag) {	
Partitioning_method	ue(v)
}	
refine_slice_method_flag	u(1)
if (refine_slice_method_flag) {	
refine_method	ue(v)
refine_method_condition	
if (refine_method_condition == '0') {	
distance_point_to_point_location	ue(v)
} else if (refine_method_condition == '1') {	
neighbours_order_to_merge	ue(v)
}	
}	
}	
}	

33/40

FIG. 33

geometry_parameter_set() {	Descriptor
gps_geom_parameter_set_id	ue(v)
gps_seq_parameter_set_id	ue(v)
gps_box_present_flag	u(1)
unique_geometry_points_flag	u(1)
neighbour_context_restriction_flag	u(1)
inferred_direct_coding_mode_enabled_flag	u(1)
bitwise_occupancy_coding_flag	u(1)
child_neighbours_enabled_flag	u(1)
geom_occupancy_ctx_reduction_factor	ue(v)
log2_neighbour_avail_boundary	ue(v)
log2_intra_pred_max_node_size	ue(v)
log2_trisoup_node_size	ue(v)
partitioning_enabling_flag {	u(1)
if (partitioning_enabling_flag) {	
Partitioning method	ue(v)
}	
refine_slice_method_flag	u(1)
if (refine_slice_method_flag) {	
refine_method	ue(v)
refine_method_condition	
if (refine_method_condition == '0') {	
distance_point_to_point_location	ue(v)
} else if (refine_method_condition == '1') {	
neighbours_order_to_merge	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()	
}	

34/40

FIG. 34

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_scale_factor	ue(v)
sps_bounding_box_size_width	ue(v)
sps_bounding_box_size_height	ue(v)
sps_bounding_box_size_depth	ue(v)
}	
sps_source_scale_factor	u(32)
sps_seq_parameter_set_id	ue(v)
sps_num_attribute_sets	ue(v)
for(i = 0; i < sps_num_attribute_sets; i++) {	
attribute_dimension[i]	ue(v)
attribute_instance_id[i]	ue(v)
attribute_bitdepth[i]	ue(v)
attribute_cicp_colour_primaries[i]	ue(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_bytes[i]	u(32)
}	

partitioning_enabling_flag {	u(1)
if(partitioning_enabling_flag) {	
Partitioning_method	ue(v)
}	
refine_slice_method_flag	u(1)
if(refine_slice_method_flag) {	
refine_method	ue(v)
refine_method_condition	
if(refine_method_condition == '0') {	
distance_point_to_point_location	ue(v)
} else if(refine_method_condition == '1') {	
neighbour_num	ue(v)
neighbour_search_method	ue(v)
neighbours_order_to_merge	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()	
}	

FIG. 35

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_scale_factor[i]	ue(v)
tile_bounding_box_size_width[i]	ue(v)
tile_bounding_box_size_height[i]	ue(v)
partitioning_enabling_flag {	u(1)
if (partitioning_enabling_flag) {	
Partitioning_method	ue(v)
}	
refine_slice_method_flag	u(1)
if (refine_slice_method_flag) {	
refine_method	ue(v)
refine_method_condition	
if(refine_method_condition == '0') {	
distance_point_to_point_location	ue(v)
} else if(refine_method_condition == '1') {	
neighbour_num	ue(v)
neighbour_search_method	ue(v)
neighbours_order_to_merge	ue(v)
}	
}	
}	

36/40

FIG. 36

geometry_parameter_set() {	Descriptor
gps_geom_parameter_set_id	ue(v)
gps_seq_parameter_set_id	ue(v)
gps_box_present_flag	u(1)
unique_geometry_points_flag	u(1)
neighbour_context_restriction_flag	u(1)
inferred_direct_coding_mode_enabled_flag	u(1)
bitwise_occupancy_coding_flag	u(1)
child_neighbours_enabled_flag	u(1)
geom_occupancy_ctx_reduction_factor	ue(v)
log2_neighbour_avail_boundary	ue(v)
log2_intra_pred_max_node_size	ue(v)
log2_trisoup_node_size	ue(v)

partitioning_enabling_flag {	u(1)
if (partitioning_enabling_flag) {	
Partitioning_method	ue(v)
}	
refine_slice_method_flag	u(1)
if (refine_slice_method_flag) {	
refine_method	ue(v)
refine_method_condition	
if (refine_method_condition == '0') {	
distance_point_to_point_location	ue(v)
} else if (refine_method_condition == '1') {	
neighbour_num	ue(v)
neighbour_search_method	ue(v)
neighbours_order_to_merge	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()	
}	

FIG. 37

geometry_slice_header() {	Descriptor
gsh_geometry_parameter_set_id	ue(v)
gsh_tile_id	ue(v)
gsh_slice_id	ue(v)
if(gps_box_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_log2_max_nodsize	ue(v)
gsh_points_number	ue(v)
partitioning_enabling_flag {	u(1)
if (partitioning_enabling_flag) {	
Partitioning_method	ue(v)
}	
refine_slice_method_flag	u(1)
if (refine_slice_method_flag) {	
refine_method	ue(v)
refine_method_condition	
if(refine_method_condition == '0') {	
distance_point_to_point_location	ue(v)
} else if(refine_method_condition == '1') {	
neighbour_num	ue(v)
neighbour_search_method	ue(v)
neighbours_order_to_merge	ue(v)
}	
}	
}	

FIG. 38

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)
partitioning_enabling_flag {	u(1)
if (partitioning_enabling_flag) {	
Partitioning_method	ue(v)
}	
refine_slice_method_flag	u(1)
if (refine_slice_method_flag) {	
refine_method	ue(v)
refine_method_condition	
if (refine_method_condition == '0') {	
distance_point_to_point_location	ue(v)
} else if (refine_method_condition == '1') {	
neighbour_num	ue(v)
neighbour_search_method	ue(v)
neighbours_order_to_merge	ue(v)
}	
}	
geometry_filter_index	ue(v)
}	
byte_alignment()	
}	

FIG. 39

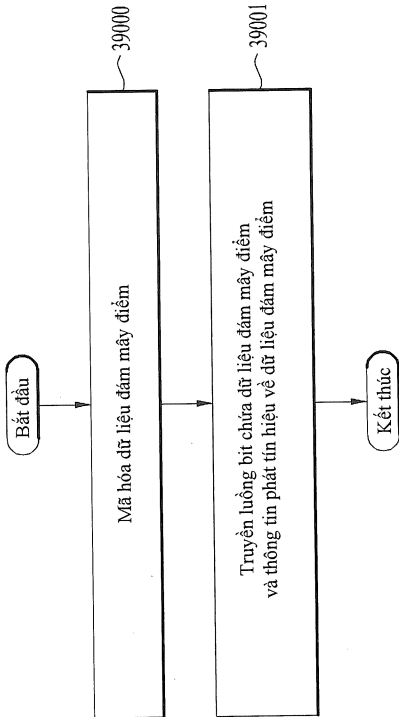


FIG. 40

