



(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)



1-0053015

(51)^{2020.01} H03M 7/30; G06T 9/20

(13) B

(21) 1-2021-07383

(22) 25/03/2021

(86) PCT/US2021/024044 25/03/2021

(87) WO 2021/202220 07/10/2021

(30) 63/004,304 02/04/2020 US; 17/203,155 16/03/2021 US

(45) 25/11/2025 452

(43) 26/12/2022 417A

(73) TENCENT AMERICA LLC (US)

2747 Park Boulevard Palo Alto, California 94306, USA

(72) YEA, Sehoon (KR); GAO, Wen (US); ZHANG, Xiang (CN); LIU, Shan (US).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) PHƯƠNG PHÁP GIẢI MÃ HÌNH HỌC ĐÁM MÂY ĐIỂM VÀ THIẾT BỊ XỬ LÝ
DỮ LIỆU ĐÁM MÂY ĐIỂM

(21) 1-2021-07383

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp giải mã hình học đám mây điểm trong bộ giải mã đám mây điểm. Trong phương pháp, thông tin báo hiệu thứ nhất được nhận từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm mà bao gồm tập hợp các điểm trong không gian ba chiều (3D). Thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo thông tin phân vùng của đám mây điểm. Thông tin báo hiệu thứ hai được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất. Thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D. Ngoài ra, chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai. Đám mây điểm lần lượt được tái tạo dựa trên chế độ phân vùng.

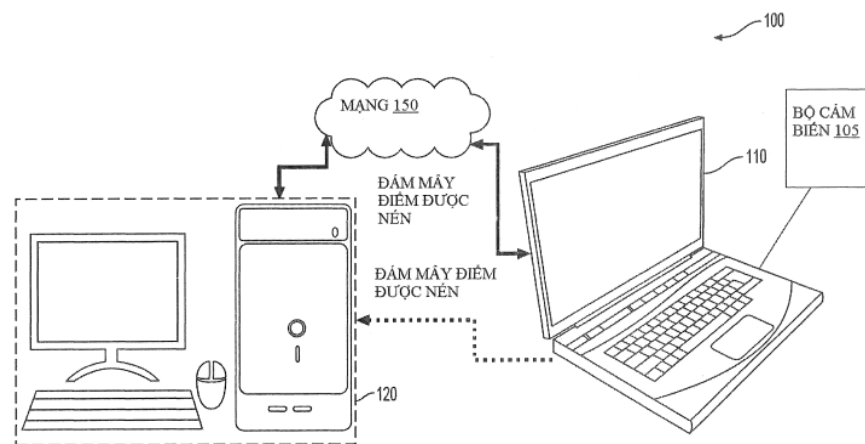


Fig.1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế mô tả chung mã hóa đám mây điểm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phần mô tả tình trạng kỹ thuật được nêu ở đây là nhằm mô tả chung ngữ cảnh của sáng chế. Công việc của các tác giả sáng chế được nêu tên ở đây, ở mức độ nào đó công việc được mô tả trong phần tình trạng kỹ thuật, cũng như các khía cạnh của phần mô tả ngược lại có thể không hợp lệ như là giải pháp kỹ thuật đã biết tại thời điểm nộp đơn, không được thừa nhận tường minh hoặc ngầm như là giải pháp kỹ thuật đã biết theo sáng chế.

Các công nghệ khác nhau được phát triển để chụp và biểu diễn thế giới, chẳng hạn, các vật thể trong thế giới, môi trường trong thế giới, và tương tự trong không gian ba chiều (3D). Các biểu diễn 3D của thế giới có thể kích hoạt nhiều dạng tương tác và truyền thông chuyên sâu hơn. Các đám mây điểm có thể được sử dụng làm biểu diễn 3D của thế giới. Đám mây điểm là tập hợp các điểm trong không gian 3D, mỗi điểm có các thuộc tính liên kết, chẳng hạn, màu sắc, thuộc tính chất liệu, thông tin kết cấu, các thuộc tính cường độ, các thuộc tính mức độ phản xạ, các thuộc tính liên quan chuyển động, các thuộc tính thể thức, và/hoặc các thuộc tính khác. Các đám mây điểm này có thể bao gồm lượng lớn dữ liệu và có thể có chi phí cao và tốn thời gian để lưu trữ và truyền.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các khía cạnh của sáng chế đề cập đến các phương pháp và các thiết bị nén và giải nén đám mây điểm. Khía cạnh của sáng chế đề cập đến phương pháp giải mã hình học đám mây điểm trong bộ giải mã đám mây điểm. Trong phương pháp, thông tin báo hiệu thứ nhất có thể được nhận từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm mà bao gồm tập hợp các điểm trong không gian 3D. Thông tin báo hiệu thứ nhất có thể chỉ báo thông tin phân vùng của đám mây điểm.

Thông tin báo hiệu thứ hai có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất. Thông tin báo hiệu thứ hai có thể chỉ báo chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D. Ngoài ra, chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai. Đám mây điểm có thể được lần lượt tái tạo dựa trên chế độ phân vùng.

Theo một số phương án thực hiện, chế độ phân vùng có thể được xác định là phân vùng cây tứ phân và cây nhị phân (QtBt) định trước dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ hai.

Trong phương pháp, thông tin báo hiệu thứ ba có thể được nhận mà chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng. Các chiều của không gian 3D được báo hiệu dọc theo các hướng x, y, và z có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ ba chỉ báo giá trị thứ nhất.

Theo một số phương án thực hiện, thông tin báo hiệu 3 bit có thể được xác định đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất. Thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng có thể chỉ báo các hướng phân vùng dọc theo các chiều x, y và z cho mức phân vùng tương ứng trong chế độ phân vùng.

Theo một số phương án thực hiện, thông tin báo hiệu 3 bit có thể được xác định dựa trên các chiều của không gian 3D.

Trong phương pháp, chế độ phân vùng có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai, trong đó chế độ phân vùng có thể bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng ở mỗi mức trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng.

Khía cạnh của sáng chế đề cập đến phương pháp giải mã hình học đám mây điểm trong bộ giải mã đám mây điểm. Trong phương pháp, thông tin báo hiệu thứ nhất có thể được nhận từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm mà bao gồm tập hợp các điểm trong không gian 3D. Thông tin báo hiệu thứ nhất có thể chỉ báo thông tin phân vùng của đám mây điểm. Chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu

thứ nhất, trong đó chế độ phân vùng có thể bao gồm các mức phân vùng. Đám mây điểm có thể được lần lượt tái tạo dựa trên chế độ phân vùng.

Theo một số phương án thực hiện, thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng in chế độ phân vùng có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất, trong đó thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng có thể chỉ báo các hướng phân vùng dọc theo các chiều x, y và z cho mức phân vùng tương ứng trong chế độ phân vùng.

Theo một số phương án thực hiện, thông tin báo hiệu 3 bit có thể được xác định dựa trên các chiều của không gian 3D.

Theo một số phương án thực hiện, chế độ phân vùng có thể được xác định bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng ở mỗi mức trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai.

Trong phương pháp, thông tin báo hiệu thứ hai có thể còn được nhận từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm. Thông tin báo hiệu thứ hai có thể chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ nhất, và không gian 3D là hình hộp chữ nhật đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ hai.

Theo một số phương án thực hiện, dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai và thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất, chế độ phân vùng có thể được xác định bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng trong mỗi mức của các mức phân vùng thứ nhất trong các mức phân vùng của chế độ phân vùng. Loại phân vùng và hướng phân vùng của mức phân vùng cuối cùng của các mức phân vùng của chế độ phân vùng có thể được xác định theo các điều kiện như sau:

Loại và hướng phân vùng	Qt dọc theo các trục x-y	Qt dọc theo các trục x-z	Qt dọc theo các trục y-z
Điều kiện	$d_z = 0 < d_x = d_y$	$d_y = 0 < d_x = d_z$	$d_x = 0 < d_y = d_z$
Loại và hướng phân vùng	Bt dọc theo trục x	Bt dọc theo trục y	Bt dọc theo trục z
Điều kiện	$d_y = 0 \leq d_z < d_x$	$d_x = 0 \leq d_z < d_y$	$d_x = 0 \leq d_y < d_z$

	$d_z = 0 \leq d_y < d_x$	$d_z = 0 \leq d_x < d_y$	$d_y = 0 \leq d_x < d_z$
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------

trong đó d_x , d_y , và d_z lần lượt là các kích thước log2 của không gian 3D theo các hướng x, y, và z.

Trong phương pháp, thông tin báo hiệu thứ hai có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất. Thông tin báo hiệu thứ hai có thể chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất, và không gian 3D là hình hộp chữ nhật đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ hai. Ngoài ra, các chiều của không gian 3D được báo hiệu dọc theo các chiều x, y, và z có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất.

Trong một số ví dụ, thiết bị xử lý dữ liệu đám mây điểm bao gồm hệ mạch nhận và hệ mạch xử lý được tạo cấu hình để thực hiện một hoặc nhiều phương pháp nêu trên.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các dấu hiệu khác, bản chất, và các ưu điểm khác nhau của sáng chế sẽ trở thành rõ ràng hơn trong phần mô chi tiết dưới đây và các hình vẽ đi kèm trong đó:

Fig.1 là hình vẽ minh họa sơ đồ khối được giản lược của hệ thống truyền thông theo phương án thực hiện;

Fig.2 là hình vẽ minh họa sơ đồ khối được giản lược của hệ thống streaming theo phương án thực hiện;

Fig.3 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của bộ mã hóa để mã hóa các khung đám mây điểm, theo một số phương án thực hiện;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của bộ giải mã để giải mã dòng bit được nén tương ứng với các khung đám mây điểm theo một số phương án thực hiện;

Fig.5 là hình vẽ minh họa sơ đồ khối được giản lược của bộ giải mã video theo phương án thực hiện;

Fig.6 là hình vẽ minh họa sơ đồ khối được giản lược của bộ mã hóa video theo phương án thực hiện;

Fig.7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của bộ giải mã để giải mã dòng bit được nén tương ứng với các khung đám mây điểm theo một số phương án thực hiện;

Fig.8 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của bộ mã hóa để mã hóa các khung đám mây điểm, theo một số phương án thực hiện;

Fig.9 là sơ đồ minh họa phân vùng của khối lập phương dựa trên kỹ thuật phân vùng cây thập phân theo một số phương án thực hiện sáng chế;

Fig.10 là hình vẽ thể hiện ví dụ của phân vùng cây thập phân và cấu trúc cây thập phân tương ứng với phân vùng cây thập phân theo một số phương án thực hiện sáng chế;

Fig.11 là hình vẽ thể hiện đám mây điểm có hộp giới hạn ngắn hơn theo chiều z theo một số phương án thực hiện sáng chế;

Fig.12 là hình vẽ thể hiện sơ đồ minh họa các phân vùng của khối lập phương dựa trên kỹ thuật phân vùng cây thập phân dọc theo các trục x-y, x-z, và y-z, theo một số phương án thực hiện sáng chế;

Fig.13 là hình vẽ thể hiện sơ đồ minh họa các phân vùng của khối lập phương dựa trên kỹ thuật phân vùng nhị phân dọc theo các trục x, y, và z, theo một số phương án thực hiện sáng chế;

Fig.14 là hình vẽ thể hiện lưu đồ thứ nhất phác thảo ví dụ quá trình thứ nhất theo một số phương án thực hiện;

Fig.15 là hình vẽ thể hiện lưu đồ thứ hai phác thảo ví dụ quá trình thứ hai theo một số phương án thực hiện; và

Fig.16 là hình vẽ minh họa hệ thống máy tính theo phương án thực hiện.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các biểu diễn 3D cao cấp của thế giới kích hoạt nhiều dạng tương tác và truyền thông chuyên sâu hơn, và cũng cho phép máy hiểu, thông dịch và điều hướng thế giới. Các đám mây điểm 3D xuất hiện như là biểu diễn kích hoạt thông tin này. Số lượng trường hợp ứng dụng được liên kết với dữ liệu đám mây điểm đã được nhận diện, và các yêu cầu tương ứng để biểu diễn và nén đám mây điểm đã được phát triển. Chẳng hạn, đám mây điểm 3D có thể được sử dụng trong xe tự lái để dò và cục bộ hóa đối tượng. Đám mây điểm 3D cũng có thể được sử

dụng trong hệ thống thông tin địa lý (GIS) để ánh xạ, và được sử dụng trong di sản văn hóa để trực quan hóa và lưu trữ các vật thể và các bộ sưu tập di sản văn hóa.

Đám mây điểm có thể đề cập chung đến tập hợp các điểm trong không gian 3D, mỗi điểm có các thuộc tính liên kết. Các thuộc tính có thể bao gồm màu sắc, thuộc tính vật liệu, thông tin kết cấu, các thuộc tính cường độ, các thuộc tính phản xạ, các thuộc tính liên quan chuyển động, các thuộc tính phương thức, và/hoặc các thuộc tính khác. Các đám mây điểm có thể được sử dụng để tái tạo đối tượng hoặc khung hình dưới dạng tổ hợp của các điểm này. Các điểm có thể được chụp nhờ sử dụng nhiều camera, các bộ cảm biến chiều sâu và/hoặc LIDAR trong các thiết lập khác nhau và có thể được tạo thành từ vài chục nghìn lên đến vài tỷ điểm để biểu diễn thực tế các khung hình được tái tạo.

Các công nghệ nén có thể giảm lượng dữ liệu cần để biểu diễn đám mây điểm để truyền nhanh hơn hoặc giảm lưu trữ. Tương tự, các công nghệ cần để nén có tồn hao các đám mây điểm để sử dụng trong truyền thông thời gian thực và thực tế ảo (VR) 6 mức độ tự do (6 DoF). Ngoài ra, công nghệ được tìm kiếm để nén đám mây điểm không tồn hao trong ngữ cảnh ánh xạ động để lái xe tự động và các ứng dụng di sản văn hóa, và tương tự. Do vậy, ISO/IEC MPEG (JTC 1/SC 29/WG 11) đã bắt đầu làm việc trên chuẩn để giải quyết nén hình học và các thuộc tính, chẳng hạn, màu sắc và hệ số phản xạ, mã hóa khả mở/lũy tiến, mã hóa các chuỗi các đám mây điểm được chụp theo thời gian, và truy nhập ngẫu nhiên vào các tập con của đám mây điểm.

Fig.1 minh họa sơ đồ khối được giản lược của hệ thống truyền thông (100) theo phương án thực hiện sáng chế. Hệ thống truyền thông (100) bao gồm các thiết bị đầu cuối có thể truyền thông với nhau, qua, chẳng hạn, mạng (150). Chẳng hạn, hệ thống truyền thông (100) bao gồm cặp thiết bị đầu cuối (110) và (120) được kết nối qua mạng (150). Trong ví dụ Fig.1, cặp thứ nhất của các thiết bị đầu cuối (110) và (120) có thể thực hiện truyền đơn hướng dữ liệu đám mây điểm. Chẳng hạn, thiết bị đầu cuối (110) có thể nén đám mây điểm (chẳng hạn, các điểm biểu diễn cấu trúc) được chụp bởi bộ cảm biến (105) được kết nối với thiết bị đầu cuối (110). Đám mây điểm được nén có thể được truyền, chẳng hạn

ở dạng dòng bit, đến thiết bị đầu cuối (120) khác qua mạng (150). Thiết bị đầu cuối (120) có thể nhận đám mây điểm được nén từ mạng (150), giải nén dòng bit để tái tạo đám mây điểm, và hiển thị phù hợp đám mây điểm được tái tạo. Truyền dữ liệu đơn hướng có thể là phổ biến trong các ứng dụng phục vụ media và tương tự.

Trong ví dụ Fig.1, các thiết bị đầu cuối (110) và (120) có thể được minh họa dưới dạng máy chủ, và máy tính cá nhân, nhưng các nguyên lý của sáng chế không thể bị giới hạn. Các phương án thực hiện sáng chế tìm ra ứng dụng có máy tính xách tay, máy tính bảng, điện thoại thông minh, thiết bị đầu cuối trò chơi, máy phát media, và/hoặc thiết bị 3D dành riêng. Mạng (150) là số lượng mạng bất kỳ truyền đám mây điểm được nén giữa các thiết bị đầu cuối (110) và (120). Mạng (150) có thể bao gồm, chẳng hạn, mạng truyền thông hữu tuyến và/hoặc không dây. Mạng (150) có thể trao đổi dữ liệu trong các kênh chuyển mạch kênh và/hoặc chuyển mạch gói. Các mạng đại diện bao gồm mạng viễn thông, mạng cục bộ, mạng diện rộng, và/hoặc mạng Internet. Để thảo luận, kiến trúc và topology của mạng (150) có thể vô hình đối với hoạt động của sáng chế trừ khi được giải thích dưới đây.

Fig.2 minh họa sơ đồ khối được giản lược của hệ thống streaming (200) theo phương án thực hiện. Ví dụ Fig.2 là ứng dụng theo sáng chế đối với đám mây điểm. Sáng chế có thể được áp dụng đồng đều cho tất cả các ứng dụng kích hoạt đám mây điểm khác, chẳng hạn, ứng dụng hiện diện từ xa 3D, ứng dụng VR, và tương tự.

Hệ thống streaming (200) có thể bao gồm hệ thống phụ chụp ảnh (213). Hệ thống phụ chụp ảnh (213) có thể bao gồm nguồn đám mây điểm (201), chẳng hạn, các hệ thống dò sáng và viễn trắc (LIDAR), các camera 3D, các máy quét 3D, các thành phần tạo đồ họa mà tạo đám mây điểm không được nén trong phần mềm, và tương tự mà tạo chẳng hạn các đám mây điểm (202) mà không được nén. Trong ví dụ, các đám mây điểm (202) bao gồm các điểm được chụp bằng các camera 3D. Các đám mây điểm (202), được mô tả dưới dạng đường nét đậm để nhấn mạnh lưu lượng dữ liệu cao khi so với các đám mây điểm được nén (204) (dòng bit của các đám mây điểm được nén). Các đám mây điểm được nén

(204) có thể được tạo bằng cách thiết bị điện tử (220) mà bao gồm bộ mã hóa (203) được ghép nối với nguồn đám mây điểm (201). Bộ mã hóa (203) có thể bao gồm phần cứng, phần mềm, hoặc tổ hợp của nó để kích hoạt hoặc triển khai các khía cạnh của sáng chế như được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Các đám mây điểm được nén (204) (hoặc dòng bit của các đám mây điểm được nén (204)), được mô tả dưới dạng đường mảnh để nhấn mạnh lưu lượng dữ liệu thấp hơn khi được so với dòng của các đám mây điểm (202), có thể được lưu trữ trên máy chủ streaming (205) để sử dụng sau này. Một hoặc nhiều hệ thống phụ máy khách streaming, chẳng hạn, các hệ thống phụ máy khách (206) và (208) trên Fig.2 có thể truy nhập máy chủ streaming (205) để truy xuất các bản sao (207) và (209) của đám mây điểm được nén (204). Hệ thống phụ máy khách (206) có thể bao gồm bộ giải mã (210), chẳng hạn, trong thiết bị điện tử (230). Bộ giải mã (210) giải mã bản sao đầu vào (207) của các đám mây điểm được nén và tạo dòng đầu ra của các đám mây điểm được tái tạo (211) mà có thể được kết xuất trên thiết bị kết xuất (212).

Lưu ý rằng các thiết bị điện tử (220) và (230) có thể bao gồm các thành phần khác (không được thể hiện). Chẳng hạn, thiết bị điện tử (220) có thể bao gồm bộ giải mã (không được thể hiện) và thiết bị điện tử (230) có thể cũng bao gồm bộ mã hóa (không được thể hiện).

Trong một số hệ thống streaming, các đám mây điểm được nén (204), (207), và (209) (chẳng hạn, các dòng bit của các đám mây điểm được nén) có thể được nén theo các chuẩn cụ thể. Trong một số ví dụ, các chuẩn mã hóa video được sử dụng khi nén các đám mây điểm. Các ví dụ về các chuẩn đó bao gồm, mã hóa video hiệu suất cao (HEVC), mã hóa video đa dụng (VVC), và tương tự.

Fig.3 thể hiện sơ đồ khối của bộ mã hóa V-PCC (300) để mã hóa các khung đám mây điểm, theo một số phương án thực hiện. Theo một số phương án thực hiện, bộ mã hóa V-PCC (300) có thể được sử dụng trong hệ thống truyền thông (100) và hệ thống streaming (200). Chẳng hạn, bộ mã hóa (203) có thể được tạo cấu hình và hoạt động theo cách tương tự như bộ mã hóa V-PCC (300).

Bộ mã hóa V-PCC (300) nhận các khung đám mây điểm như là các đầu vào không được nén và tạo dòng bit tương ứng với các khung đám mây điểm được

nén. Theo một số phương án thực hiện, bộ mã hóa V-PCC (300) có thể nhận các khung đám mây điểm từ nguồn đám mây điểm, chẳng hạn nguồn đám mây điểm (201) và tương tự.

Trong ví dụ Fig.3, bộ mã hóa V-PCC (300) bao gồm môđun tạo mảng (306), môđun đóng gói mảng (308), môđun tạo ảnh hình học (310), môđun tạo ảnh kết cấu (312), môđun thông tin mảng (304), môđun bản đồ chiếm dụng (314), môđun làm mượt (336), các môđun đệm ảnh (316) và (318), môđun giãn nhóm (320), các môđun nén video (322), (323) và (332), môđun nén thông tin mảng hỗ trợ (338), môđun nén entropy (334), và bộ ghép kênh (324).

Theo khía cạnh của sáng chế, bộ mã hóa V-PCC (300), biến đổi các khung đám mây điểm 3D thành biểu diễn dựa trên ảnh cùng với một vài meta data (chẳng hạn, bản đồ chiếm dụng và thông tin mảng) được sử dụng để biến đổi lại đám mây điểm được nén thành đám mây điểm được giải nén. Trong một số ví dụ, bộ mã hóa V-PCC (300) có thể biến đổi các khung đám mây điểm 3D thành các ảnh hình học, các ảnh kết cấu và các bản đồ chiếm dụng, và sau đó sử dụng các kỹ thuật mã hóa video để mã hóa các ảnh hình học, các ảnh kết cấu và các bản đồ chiếm dụng thành dòng bit. Nói chung, ảnh hình học là ảnh 2D có các pixel được điền đầy các giá trị hình học được liên kết với các điểm được chiếu lên các pixel, và pixel được điền đầy với giá trị hình học có thể được gọi là mẫu hình học. Ảnh kết cấu là ảnh 2D có các pixel được điền đầy với các giá trị kết cấu được liên kết với các điểm được chiếu lên các pixel, và pixel được điền đầy với giá trị kết cấu có thể được gọi là mẫu kết cấu. Bản đồ chiếm dụng là ảnh 2D có các pixel được điền đầy với các giá trị chỉ báo bị chiếm hoặc không bị chiếm bởi các mảng.

Mảng thường có thể là tập con liên tục của bề mặt được mô tả bằng đám mây điểm. Trong ví dụ, mảng bao gồm các điểm có các vectơ pháp tuyến bề mặt lệch nhau nhỏ hơn lượng ngưỡng. Môđun tạo mảng (306) phân đoạn đám mây điểm thành tập hợp các mảng, mà có thể chồng lấp hoặc không, sao cho mỗi mảng có thể được mô tả bằng trường độ sâu so với mặt phẳng trong không gian 2D. Theo một số phương án thực hiện, môđun tạo mảng (306) nhằm phân tách đám mây

điểm thành số lượng mảng nhỏ nhất có các đường biên mượt, trong khi giảm tối thiểu sai số tái tạo.

Môđun thông tin mảng (304) có thể tập hợp thông tin mảng mà chỉ báo các kích thước và hình dạng của các mảng. Trong một số ví dụ, thông tin mảng có thể được đóng gói thành khung ảnh và sau đó được mã hóa bằng môđun nén thông tin mảng hỗ trợ (338) tạo thông tin mảng hỗ trợ được nén.

Môđun đóng gói mảng (308) được tạo cấu hình để ánh xạ các mảng được trích xuất lên lưới 2D trong khi giảm tối thiểu không gian không được sử dụng và đảm bảo rằng mỗi khối $M \times M$ (chẳng hạn, 16×16) của lưới được liên kết với mảng duy nhất. Đóng gói mảng hiệu quả có thể tác động trực tiếp đến hiệu suất nén bằng cách giảm tối đa không gian không được sử dụng hoặc đảm bảo nhất quán thời gian.

Môđun tạo ảnh hình học (310) có thể tạo 2D các ảnh hình học được liên kết với hình học của đám mây điểm ở các vị trí mảng cụ thể. Môđun tạo ảnh kết cấu (312) có thể tạo các ảnh kết cấu 2D được liên kết với kết cấu của đám mây điểm ở các vị trí mảng cụ thể. Môđun tạo ảnh hình học (310) và môđun tạo ảnh kết cấu (312) khai thác ánh xạ 3D sang 2D được tính toán trong quá trình đóng gói để lưu trữ hình học và kết cấu của đám mây điểm dưới dạng hình ảnh. Để xử lý tốt hơn trường hợp đa điểm được chiếu lên cùng mẫu, mỗi mảng được chiếu lên hai ảnh, được gọi là các lớp. Trong ví dụ, ảnh hình học được biểu diễn bằng khung đơn sắc $W \times H$ ở định dạng 8 bit YUV420. Để tạo ảnh kết cấu, thủ tục tạo kết cấu khai thác hình học được tái tạo/được làm mượt để tính toán màu sắc cần được liên kết với các điểm được lấy mẫu lại.

Môđun bản đồ chiếm dụng (314) có thể tạo bản đồ chiếm dụng mà mô tả thông tin đệm ở mỗi khối. Chẳng hạn, ảnh chiếm dụng bao gồm bản đồ nhị phân chỉ báo cho mỗi tế bào của lưới liệu tế bào thuộc không gian trống hoặc đám mây điểm. Trong ví dụ, bản đồ chiếm dụng sử dụng thông tin nhị phân mô tả mỗi pixel liệu pixel có được đệm hay không. Trong ví dụ khác, bản đồ chiếm dụng sử dụng thông tin nhị phân mô tả cho mỗi khối pixel liệu, khối pixel có được đệm hay không.

Bản đồ chiếm dụng được tạo bằng môđun bản đồ chiếm dụng (314) có thể được nén nhờ sử dụng mã hóa không tổn hao hoặc mã hóa có tổn hao. Khi mã hóa không tổn hao được sử dụng, môđun nén entropy (334) được sử dụng để nén bản đồ chiếm dụng. Khi mã hóa có tổn hao được sử dụng, môđun nén video (332) được sử dụng để nén bản đồ chiếm dụng.

Cần lưu ý rằng môđun đóng gói mảng (308) có thể bỏ lại một số không gian trống giữa các mảng 2D được đóng gói trong khung ảnh. Các môđun đệm ảnh (316) và (318) có thể lấp đầy các không gian trống (được gọi là đệm) để tạo khung ảnh có thể thích hợp với video 2D và các codec ảnh. Việc đệm ảnh cũng được gọi là lấp đầy nền vốn có thể lấp đầy không gian không được sử dụng có thông tin dư. Trong một số ví dụ, việc lấp đầy tốt nền tăng tốc độ bit ít nhất và không méo dạng mã hóa đáng kể quanh các đường biên mảng.

Các môđun nén video (322), (323), và (332) có thể mã hóa các ảnh 2D, chẳng hạn, các ảnh hình học được đệm, các ảnh kết cấu được đệm, và các bản đồ chiếm dụng dựa trên chuẩn mã hóa video thích hợp, chẳng hạn HEVC, VVC và tương tự. Trong ví dụ, các môđun nén video (322), (323), và (332) là các thành phần riêng rẽ hoạt động riêng rẽ. Cần lưu ý rằng các môđun nén video (322), (323), và (332) có thể được triển khai dưới dạng một thành phần trong ví dụ khác.

Trong một số ví dụ, môđun làm mượt (336) được tạo cấu hình để tạo ảnh được làm mượt của ảnh hình học được tái tạo. Ảnh được làm mượt có thể được cấp cho môđun tạo ảnh kết cấu (312). Sau đó, môđun tạo ảnh kết cấu (312) có thể điều chỉnh tạo ảnh kết cấu dựa trên các ảnh hình học được tái tạo. Chẳng hạn, khi hình dạng mảng (chẳng hạn, hình học) hơi bị méo dạng trong khi mã hóa và giải mã, méo dạng có thể được xem xét khi when tạo các ảnh kết cấu để hiệu chỉnh méo dạng ở dạng mảng.

Theo một số phương án thực hiện, môđun giãn nhóm (320) được tạo cấu hình để đệm các pixel quanh các đường biên đối tượng có dư nội dung tần số thấp đáng kể để cải thiện độ lợi mã hóa cũng như chất lượng hình ảnh của đám mây điểm được tái tạo.

Bộ ghép kênh (324) có thể ghép kênh ảnh hình học được nén, ảnh kết cấu được nén, bản đồ chiếm dụng được nén, và/hoặc thông tin mảng hỗ trợ được nén thành dòng bit được nén.

Fig.4 thể hiện sơ đồ khối của bộ giải mã V-PCC (400) để giải mã dòng bit được nén tương ứng với các khung đám mây điểm, theo một số phương án thực hiện. Theo một số phương án thực hiện, bộ giải mã V-PCC (400) có thể được sử dụng trong hệ thống truyền thông (100) và hệ thống streaming (200). Chẳng hạn, bộ giải mã (210) có thể được tạo cấu hình để hoạt động theo cách tương tự như bộ giải mã V-PCC (400). Bộ giải mã V-PCC (400) nhận dòng bit được nén, và tạo đám mây điểm được tái tạo dựa trên dòng bit được nén.

Trong ví dụ Fig.4, bộ giải mã V-PCC (400) bao gồm bộ phân kênh (432), các môđun giải nén video (434) và (436), môđun giải nén bản đồ chiếm dụng (438), môđun giải nén thông tin mảng hỗ trợ (442), môđun tái tạo hình học (444), môđun làm mượt (446), môđun tái tạo kết cấu (448), và môđun làm mượt màu (452).

Bộ phân kênh (432) có thể nhận và tách riêng dòng bit được nén thành ảnh kết cấu được nén, ảnh hình học được nén, bản đồ chiếm dụng được nén, và thông tin mảng hỗ trợ được nén.

Các môđun giải nén video (434) và (436) có thể giải mã các ảnh được nén theo chuẩn thích hợp (chẳng hạn, HEVC, VVC, v.v.) và xuất ra các ảnh được giải nén. Chẳng hạn, môđun giải nén video (434) giải mã các ảnh kết cấu được nén và xuất ra các ảnh kết cấu được giải nén; và môđun giải nén video (436) giải mã các ảnh hình học được nén và xuất ra các ảnh hình học được giải nén.

Môđun giải nén bản đồ chiếm dụng (438) có thể giải mã các bản đồ chiếm dụng được nén theo chuẩn thích hợp (chẳng hạn, HEVC, VVC, v.v.) và xuất ra các bản đồ chiếm dụng được giải nén.

Môđun giải nén thông tin mảng hỗ trợ (442) có thể giải mã thông tin mảng hỗ trợ được nén theo chuẩn thích hợp (chẳng hạn, HEVC, VVC, v.v.) và xuất ra thông tin mảng hỗ trợ được giải nén.

Môđun tái tạo hình học (444) can nhận các ảnh hình học được giải nén, và tạo hình học đám mây điểm được tái tạo dựa trên bản đồ chiếm dụng được giải nén và thông tin mảng hỗ trợ được giải nén.

Môđun làm mượt (446) có thể làm mượt các điểm không đồng đều ở các biên của mảng. Thủ tục làm mượt nhằm giảm các điểm gián đoạn tiềm năng mà có thể phát sinh ở các đường biên mảng do các giả tượng nén. Theo một số phương án thực hiện, bộ lọc làm mượt có thể được áp dụng cho các pixel được đặt ở các đường biên mảng để làm giảm bớt các méo dạng có thể xảy ra bởi nén/giải nén.

Môđun tái tạo kết cấu (448) có thể xác định thông tin kết cấu đối với các điểm trong đám mây điểm dựa trên các ảnh kết cấu được giải nén và hình học làm mượt.

Môđun làm mượt màu (452) có thể làm mượt các điểm không đồng đều khi tô màu. Các mảng không liên kề trong không gian 3D thường được đóng gói liên kề nhau trong các video 2D. Trong một số ví dụ, các giá trị pixel từ các mảng không liên kề có thể được kết hợp bởi codec video dựa trên khối. Mục tiêu làm mượt màu sắc là giảm các giả tượng khả kiến xuất hiện ở các đường biên mảng.

Fig.5 thể hiện sơ đồ khối của bộ giải mã video (510) theo phương án thực hiện sáng chế. Bộ giải mã video (510) có thể được sử dụng trong bộ giải mã V-PCC (400). Chẳng hạn, các môđun giải nén video (434) và (436), môđun giải nén bản đồ chiếm dụng (438) có thể được tạo cấu hình tương tự dưới dạng bộ giải mã video (510).

Bộ giải mã video (510) có thể bao gồm bộ phân tách (520) để tái tạo các ký hiệu (521) từ các ảnh nén, chẳng hạn CVS. Các phân loại của các ký hiệu đó bao gồm thông tin được sử dụng để quản lý hoạt động của bộ giải mã video (510). Bộ phân tách (520) có thể phân tách/giải mã entropy CVS mà được nhận. Mã hóa CVS có thể tuân theo công nghệ hoặc chuẩn mã hóa video, và có thể tuân theo các nguyên lý khác nhau, bao gồm mã hóa chiều dài biến thiên, mã hóa Huffman, mã hóa số học có hoặc không có độ nhảy ngữ cảnh, và v.v.. Bộ phân tách (520) có thể trích xuất từ CVS, tập hợp tham số nhóm phụ đối với ít nhất một trong các nhóm phụ pixel trong bộ giải mã video, dựa trên ít nhất một tham

số tương ứng với nhóm. Các nhóm con có thể bao gồm nhóm ảnh (GOP), ảnh, ô, lát, khối lớn, đơn vị mã (CU), khối, đơn vị biến đổi (TU), đơn vị dự báo (PU) và v.v.. Bộ phân tách (520) có thể cũng trích xuất từ thông tin CVS, chẳng hạn, các hệ số biến đổi, các giá trị tham số lượng tử (QP), các MV, và v.v..

Bộ phân tách (520) có thể thực hiện hoạt động giải mã entropy/phân tách trên chuỗi video được nhận từ bộ nhớ đệm để tạo các ký hiệu (521).

Việc tái tạo các ký hiệu (521) có thể bao gồm nhiều khối khác nhau tùy thuộc loại của ảnh hoặc các phần ảnh video được mã hóa (chẳng hạn: nội và ngoại ảnh, nội và ngoại khối), và các hệ số khác. Các khối nào được bao gồm, và cách thức, có thể được điều khiển bởi thông tin điều khiển nhóm phụ được phân tách từ CVS bởi bộ phân tách (520). Luồng thông tin điều khiển nhóm phụ này giữa bộ phân tách (520) và nhiều khối dưới đây không được mô tả trên hình vẽ để cho rõ ràng.

Ngoài các khối chức năng đã được đề cập, bộ giải mã video (510) có thể được phân chia phụ về mặt khái niệm thành nhiều khối chức năng như được mô tả dưới đây. Theo triển khai thực tế hoạt động theo các ràng buộc thương mại, nhiều khối tương tác chặt chẽ với nhau và có thể, ít nhất một phần, được tích hợp với nhau. Tuy nhiên, để mô tả sáng chế, phân chia phụ về mặt khái niệm thành các khối chức năng dưới đây là thích hợp.

Khối thứ nhất là bộ chia tỷ lệ/khối biến đổi ngược (551). Bộ chia tỷ lệ/khối biến đổi ngược (551) nhận các hệ số biến đổi được lượng tử cũng như thông tin điều khiển, bao gồm biến đổi nào cần sử dụng, kích thước khối, hệ số lượng tử, ma trận chia tỷ lệ lượng tử, v.v. như là (các) ký hiệu (521) từ bộ phân tách (520). Bộ chia tỷ lệ/khối biến đổi ngược (551) có thể xuất ra các khối bao gồm các giá trị mẫu, mà có thể được nhập vào bộ kết tập (555).

Trong một số trường hợp, các mẫu đầu ra của bộ chia tỷ lệ/khối biến đổi ngược (551) có thể gắn với khối được mã hóa trong; tức là: khối không sử dụng thông tin dự báo từ các ảnh được tái tạo trước đó, mà có thể sử dụng thông tin dự báo từ các phần được tái tạo trước đó của ảnh hiện tại. Thông tin dự báo này có thể được tạo bởi khối dự báo trong ảnh (552). Trong một số trường hợp, khối dự báo trong ảnh (552) tạo khối có cùng kích thước và hình dạng của khối đang

được tái tạo, nhờ sử dụng thông tin đã được tái tạo xung quanh được nạp từ bộ đệm ảnh hiện tại (558). Bộ đệm ảnh hiện tại (558) đệm, chẳng hạn, ảnh đang được tái tạo một phần và/hoặc ảnh hiện tại được tái tạo toàn phần. Trong một số trường hợp, bộ kết tập (555) bổ sung, trên cơ sở từng mẫu, thông tin dự báo mà khối dự báo trong (552) đã tạo cho thông tin mẫu đầu ra như được tạo bởi bộ chia tỷ lệ/khối biến đổi ngược (551).

Trong các trường hợp khác, các mẫu đầu ra của bộ chia tỷ lệ/khối biến đổi ngược (551) có thể gắn với khối được mã hóa ngoài và có thể được bù chuyển động. Trong trường hợp này, khối dự báo bù chuyển động (553) có thể truy nhập bộ nhớ ảnh tham chiếu (557) để nạp các mẫu được sử dụng để dự báo. Sau khi bù chuyển động các mẫu được nạp theo các ký hiệu (521) gắn với khối, các mẫu này có thể được bổ sung bằng bộ kết tập (555) vào đầu ra của bộ chia tỷ lệ/khối biến đổi ngược (551) (trong trường hợp này được gọi là các mẫu dư hoặc tín hiệu dư) để tạo thông tin mẫu đầu ra. Các địa chỉ trong bộ nhớ ảnh tham chiếu (557) từ đó khối dự báo bù chuyển động (553) nạp các mẫu dự báo có thể được điều khiển bởi các MV, khả dụng cho khối dự báo bù chuyển động (553) ở dạng các ký hiệu (521) có thể có, chẳng hạn X, Y, và các thành phần ảnh tham chiếu. Bù chuyển động cũng có thể bao gồm nội suy các giá trị mẫu như được nạp từ bộ nhớ ảnh tham chiếu (557) khi các MV chính xác đến mẫu phụ đang được sử dụng, các cơ chế dự báo MV, và v.v..

Các mẫu đầu ra của bộ kết tập (555) có thể phụ thuộc vào các kỹ thuật lọc vòng khác nhau trong khối lọc vòng (556). Các công nghệ nén video có thể bao gồm các công nghệ lọc trong vòng mà được điều khiển bởi các tham số được bao gồm trong CVS (cũng được gọi là dòng bit video được mã hóa) và trở nên khả dụng cho khối lọc vòng (556) dưới dạng các ký hiệu (521) từ bộ phân tách (520), nhưng cũng có thể đáp ứng với siêu thông tin thu được trong khi giải mã các phần đứng trước (theo thứ tự giải mã) của ảnh được mã hóa hoặc CVS, cũng như đáp ứng với các giá trị mẫu đã được tái trước đó và được lọc vòng.

Đầu ra của khối lọc vòng (556) có thể là dòng mẫu có thể được xuất ra thiết bị kết xuất (512) cũng như được lưu trữ trong bộ nhớ ảnh tham chiếu (557) để sử dụng trong dự báo ngoài ảnh tương lai.

Các ảnh được mã hóa cụ thể, khi được tái tạo đầy đủ, có thể được sử dụng làm các ảnh tham chiếu để dự báo tương lai. Chẳng hạn, khi ảnh được mã hóa tương ứng với ảnh hiện tại được tái tạo đầy đủ và ảnh được mã hóa đã được nhận diện dưới dạng ảnh tham chiếu (bằng, chẳng hạn, bộ phân tách (520)), bộ đệm ảnh hiện tại (558) có thể trở thành một phần bộ nhớ ảnh tham chiếu (557), và bộ đệm ảnh hiện tại mới có thể được phân phối lại trước khi bắt đầu tái tạo ảnh được mã hóa dưới đây.

Bộ giải mã video (510) có thể thực hiện các hoạt động giải mã theo công nghệ nén video được định trước theo chuẩn, chẳng hạn ITU-T Rec. H.265. CVS có thể tuân theo cú pháp được xác định bởi công nghệ hoặc chuẩn nén video đang được sử dụng, theo nghĩa là CVS gắn với cả cú pháp của công nghệ hoặc chuẩn nén video và các tiểu sử như được lưu vào tài liệu trong công nghệ hoặc chuẩn nén video. Cụ thể là, tiểu sử có thể chọn các công cụ cụ thể làm các công cụ duy nhất khả dụng để sử dụng theo tiểu sử đó từ tất cả các công cụ khả dụng trong công nghệ hoặc chuẩn nén video. Cũng cần thiết cho việc tuân thủ có thể là độ phức tạp của CVS nằm trong các biên như được định nghĩa bởi mức độ của công nghệ hoặc chuẩn nén video. Trong một số trường hợp, các mức độ giới hạn kích thước ảnh lớn nhất, tốc độ khung lớn nhất, tốc độ tái tạo mẫu lớn nhất (được đo theo, chẳng hạn các mega mẫu trên giây), kích thước ảnh tham chiếu lớn nhất, và v.v.. Trong một số trường hợp, các giới hạn được thiết lập bởi các mức có thể còn bị giới hạn qua các đặc tả của bộ giải mã tham chiếu giả định (HRD) và metadata để quản lý bộ đệm HRD được báo hiệu trong CVS.

Fig.6 thể hiện sơ đồ khối của bộ mã hóa video (603) theo phương án thực hiện sáng chế. Bộ mã hóa video (603) có thể được sử dụng trong bộ mã hóa V-PCC (300) mà nén các đám mây điểm. Trong ví dụ, môđun nén video (322) và (323), và môđun nén video (332) được tạo cấu hình tương tự với bộ mã hóa (603).

Bộ mã hóa video (603) có thể nhận ảnh, chẳng hạn các ảnh hình học được đệm, các ảnh kết cấu được đệm và tương tự, và tạo các ảnh được nén.

Theo phương án thực hiện, bộ mã hóa (603) có thể mã hóa và nén các ảnh của chuỗi video nguồn thành chuỗi video được mã hóa theo thời gian thực hoặc

theo ràng buộc thời gian khác bất kỳ theo yêu cầu của sáng chế. Việc ép buộc tốc độ mã hóa thích hợp là một chức năng của bộ điều khiển (650). Theo một số phương án thực hiện, bộ điều khiển (650) điều khiển các khối chức năng khác như được mô tả dưới đây và được ghép nối với các khối chức năng khác. Ghép nối không được mô tả để cho rõ ràng. Các tham số được thiết lập bằng bộ điều khiển (650) có thể bao gồm các tham số liên quan điều khiển tốc độ (bỏ qua ảnh, lượng tử hóa, giá trị lambda của các kỹ thuật tối ưu hóa méo dạng tốc độ, ...), kích thước ảnh, bố trí GOP, khoảng tìm kiếm MV lớn nhất, và v.v.. Bộ điều khiển (650) có thể được tạo cấu hình để có các chức năng thích hợp khác gắn với bộ mã hóa video (603) được tối ưu hóa cho thiết kế hệ thống cụ thể.

Theo một số phương án thực hiện, bộ mã hóa video (603) được tạo cấu hình để hoạt động trong “vòng mã”. Như là mô tả được giản lược quá mức, trong ví dụ, vòng mã có thể gồm phần mã hóa của bộ mã hóa nguồn (603) (chẳng hạn, chịu trách nhiệm tạo các ký hiệu, chẳng hạn dòng ký hiệu, dựa trên ảnh đầu vào cần được mã hóa, và (các) ảnh tham chiếu), và bộ giải mã (cục bộ) (633) được nhúng trong bộ mã hóa video (603). Bộ giải mã (633) tái tạo các ký hiệu để tạo dữ liệu mẫu theo cách tương tự như bộ giải mã (từ xa) cũng sẽ tạo (do kỹ thuật nén bất kỳ giữa các ký hiệu và dòng bit video được mã hóa không tồn hao trong các công nghệ nén video được xem xét theo sáng chế). Dòng mẫu được tái tạo đó được đưa vào bộ nhớ ảnh tham chiếu (634). Do việc giải mã dòng ký hiệu dẫn đến các kết quả chính xác theo bit độc lập với vị trí bộ giải mã (cục bộ hoặc từ xa), nội dung trong bộ nhớ ảnh tham chiếu (634) cũng chính xác theo bit giữa bộ mã hóa cục bộ và bộ mã hóa từ xa. Nói cách khác, phần dự báo của bộ mã hóa “xem” như là các mẫu ảnh tham chiếu giống hệt các giá trị mẫu như bộ giải mã sẽ “xem” khi sử dụng dự báo trong khi giải mã. Nguyên lý cơ bản của đồng bộ ảnh tham chiếu (và dẫn đến xê dịch, nếu đồng bộ không thể được duy trì, chẳng hạn do các lỗi kênh) được sử dụng theo một số giải pháp kỹ thuật đã biết.

Hoạt động của bộ giải mã “cục bộ” (633) có thể giống như của bộ giải mã “từ xa” (510), chẳng hạn, bộ giải mã video (510), mà đã được mô tả chi tiết nêu trên cùng với Fig.3. Cũng dựa ngắn gọn vào Fig 3, tuy nhiên, do các ký hiệu là khả dụng và các ký hiệu mã hóa/giải mã đến chuỗi video được mã hóa bởi bộ mã

hóa entropy (645) và bộ phân tách (520) có thể là không tổn hao, các phần giải mã entropy của bộ giải mã video (510), bao gồm bộ phân tách (520) có thể không được triển khai đầy đủ trong bộ giải mã cục bộ (633).

Quan sát mà có thể được thực hiện ở điểm này chính là công nghệ giải mã bất kỳ ngoại trừ phân tách/giải mã entropy xuất hiện trong bộ giải mã cũng nhất thiết cần xuất hiện, ở dạng chức năng gần như tương tự, trong bộ mã hóa tương ứng. Do vậy, sáng chế tập trung vào hoạt động bộ giải mã. Phần mô tả của các công nghệ mã hóa có thể được viết tắt dưới dạng chúng là đảo của các công nghệ giải mã được mô tả đầy đủ. Chỉ trong các khu vực cụ thể, mô tả chi tiết hơn được yêu cầu và được nêu dưới đây.

Trong quá trình hoạt động, trong một số ví dụ, bộ mã hóa nguồn (630) có thể thực hiện mã hóa dự báo bù chuyển động, mã hóa dự báo ảnh đầu vào dựa vào một hoặc nhiều ảnh được mã hóa trước đó từ chuỗi video được chọn làm “các ảnh tham chiếu.” Theo cách này, máy mã hóa (632) mã hóa các hiệu số giữa các khối pixel của ảnh đầu vào và các khối pixel của (các) ảnh tham chiếu mà có thể được chọn làm (các) tham chiếu dự báo đến ảnh đầu vào.

Bộ giải mã video cục bộ (633) có thể giải mã dữ liệu video được mã hóa của các khung mà có thể được chọn làm các ảnh tham chiếu, dựa trên các ký hiệu được tạo bởi bộ mã hóa nguồn (630). Các hoạt động của máy mã hóa (632) có thể một cách có lợi là các tiến trình tổn hao. Khi dữ liệu video được mã hóa có thể được giải mã ở bộ giải mã video (không được thể hiện trên Fig.6), chuỗi video được tái tạo thường có thể là bản sao của chuỗi video nguồn với một vài sai số. Bộ giải mã video cục bộ (633) sao chép các quá trình giải mã mà có thể được thực hiện bằng bộ giải mã video trên các ảnh tham chiếu và có thể khiến các ảnh tham chiếu được tái tạo được lưu trữ trong cache ảnh tham chiếu (634). Theo cách này, bộ mã hóa video (603) có thể lưu trữ các bản sao của các ảnh tham chiếu được tái tạo cục bộ mà có chung nội dung với các ảnh tham chiếu được tái tạo mà sẽ thu được bởi bộ giải mã video đầu xa (mà không có các lỗi truyền).

Bộ dự báo (635) có thể thực hiện các tìm kiếm dự báo cho máy mã hóa (632). Tức là, đối với ảnh mới cần được mã hóa, bộ dự báo (635) có thể tìm kiếm bộ

nhớ ảnh tham chiếu (634) đối với dữ liệu mẫu (dưới dạng các khối pixel tham chiếu ứng viên) hoặc metadata cụ thể chẳng hạn các MV ảnh tham chiếu, các hình dạng khối, và v.v., mà có thể dùng làm tham chiếu dự báo thích hợp cho các ảnh mới. Bộ dự báo (635) có thể hoạt động trên cơ sở khối mẫu x khối pixel để tìm các tham chiếu dự báo thích hợp. Trong một số trường hợp, như được xác định bởi các kết quả tìm kiếm thu được bởi bộ dự báo (635), ảnh đầu vào có thể có các tham chiếu dự báo được rút ra từ nhiều ảnh tham chiếu được lưu trữ trong bộ nhớ ảnh tham chiếu (634).

Bộ điều khiển (650) có thể quản lý các hoạt động mã hóa của bộ mã hóa video (630), bao gồm, chẳng hạn, thiết lập của các tham số và các tham số nhóm phụ được sử dụng để mã hóa dữ liệu video.

Đầu ra của các khối chức năng nêu trên có thể được mã hóa entropy trong bộ mã hóa entropy (645). Bộ mã hóa entropy (645) biên dịch các ký hiệu như được tạo bởi các khối chức năng khác nhau thành chuỗi video được mã hóa, bằng cách nén không tổn hao các ký hiệu để tạo các ảnh được nén 643 theo các công nghệ, chẳng hạn mã hóa Huffman, mã hóa chiều dài biến thiên, mã hóa số học, và v.v..

Bộ điều khiển (650) có thể quản lý hoạt động của bộ mã hóa video (603). Trong khi mã hóa, bộ điều khiển (650) có thể gán cho mỗi ảnh được mã hóa loại ảnh được mã hóa cụ thể, mà có thể ảnh hưởng các kỹ thuật mã hóa mà có thể được áp dụng cho ảnh tương ứng. Chẳng hạn, các ảnh thường có thể được gán dưới dạng một trong các loại khung sau:

Nội ảnh (ảnh I) có thể là ảnh mà có thể được mã hóa và giải mã không sử dụng ảnh khác bất kỳ trong chuỗi làm nguồn dự báo. Một số codec video cho phép các loại nội ảnh khác nhau, bao gồm, chẳng hạn, ảnh làm mới bộ giải mã độc lập (IDR). Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực nhận biết về các biến thể khác nhau của các ảnh I và các ứng dụng và các dấu hiệu tương ứng của nó.

Ảnh dự báo (ảnh P) có thể là ảnh mà có thể được mã hóa và giải mã sử dụng dự báo trong hoặc dự báo ngoài nhờ sử dụng nhiều nhất một MV và chỉ số tham chiếu để dự báo các giá trị mẫu của mỗi khối.

Ảnh dự báo hai hướng (ảnh B) có thể là ảnh mà có thể được mã hóa và giải mã sử dụng dự báo trong hoặc dự báo ngoài nhờ sử dụng nhiều nhất hai MV và

các chỉ số tham chiếu để dự báo các giá trị mẫu của mỗi khối. Tương tự, các ảnh đa dự báo có thể sử dụng nhiều hơn hai ảnh tham chiếu và metadata liên kết để tái tạo một khối.

Các ảnh nguồn thường có thể được phân chia phụ không gian thành các khối mẫu (chẳng hạn, các khối của mỗi mẫu 4x4, 8x8, 4x8, hoặc 16x16) và được mã hóa dựa trên từng khối. Các khối có thể được mã hóa dự báo dựa vào các khối khác (đã được mã hóa) như được xác định bởi phép gán mã hóa được áp dụng cho các ảnh tương ứng của các khối. Chẳng hạn, các khối của các ảnh I có thể được mã hóa không dự báo hoặc chúng có thể được mã hóa dự báo dựa vào các khối đã được mã hóa của cùng ảnh (dự báo không gian hoặc dự báo trong). Các khối pixel của các ảnh P có thể được mã hóa dự báo, qua dự báo không gian hoặc qua dự báo thời gian dựa vào một ảnh tham chiếu được mã hóa trước đó. Các khối của các ảnh B có thể được mã hóa dự báo, qua dự báo không gian hoặc qua dự báo thời gian dựa vào một hoặc hai ảnh tham chiếu được mã hóa trước đó.

Bộ mã hóa video (603) có thể thực hiện các hoạt động mã hóa theo công nghệ hoặc chuẩn mã hóa video định trước, chẳng hạn ITU-T Rec. H.265. Trong hoạt động đó, bộ mã hóa video (603) có thể thực hiện các hoạt động nén khác nhau, bao gồm các hoạt động mã hóa dự báo khai thác các dư thừa thời gian và không gian trong chuỗi video đầu vào. Dữ liệu video được mã hóa, do vậy, có thể tuân theo cú pháp được xác định bởi công nghệ hoặc chuẩn mã hóa video đang được sử dụng.

Video có thể ở dạng các ảnh nguồn theo trình tự thời gian. Dự báo trong ảnh (thường gọi tắt là dự báo trong) sử dụng tương quan không gian trong ảnh cụ thể, và dự báo ngoài ảnh sử dụng tương quan (thời gian hoặc khác) giữa các ảnh. Trong ví dụ, ảnh cụ thể đang được mã hóa/giải mã, được gọi là ảnh hiện tại, được phân vùng thành các khối. Khi khối trong ảnh hiện tại giống như khối tham chiếu trong ảnh tham chiếu được mã hóa trước đó và vẫn được đệm trong video, khối trong ảnh hiện tại có thể được mã hóa bằng vector được gọi là vector chuyển động. MV trỏ đến khối tham chiếu trong ảnh tham chiếu, và có thể có chiều thứ ba nhận diện ảnh tham chiếu, trong trường hợp nhiều ảnh tham chiếu đang được sử dụng.

Theo một số phương án thực hiện, kỹ thuật dự báo kép có thể được sử dụng trong dự báo ngoài ảnh. Theo kỹ thuật dự báo kép, hai ảnh tham chiếu, chẳng hạn, ảnh tham chiếu thứ nhất và ảnh tham chiếu thứ hai đều đứng trước trong thứ tự giải mã với ảnh hiện tại trong video (nhưng có thể lần lượt trong quá khứ và tương lai, theo thứ tự hiển thị) được sử dụng. Khối trong ảnh hiện tại có thể được mã hóa bằng MV thứ nhất trở đến khối tham chiếu thứ nhất trong ảnh tham chiếu thứ nhất, và MV thứ hai trở đến khối tham chiếu thứ hai trong ảnh tham chiếu thứ hai. Khối có thể được dự báo bằng cách kết hợp khối tham chiếu thứ nhất và khối tham chiếu thứ hai.

Ngoài ra, kỹ thuật chế độ hợp nhất có thể được sử dụng trong dự báo ngoài ảnh để cải thiện hiệu suất mã hóa.

Theo một số phương án thực hiện sáng chế, các dự báo, chẳng hạn, các dự báo ngoài ảnh và dự báo trong ảnh được thực hiện theo đơn vị khối. Chẳng hạn, theo chuẩn HEVC, ảnh trong chuỗi ảnh video được phân vùng thành các đơn vị cây mã (CTU) để nén, các CTU trong ảnh có cùng kích thước, chẳng hạn 64x64 pixel, 32x32 pixel, hoặc 16x16 pixel. Nói chung, CTU bao gồm ba khối cây mã (CTB), vốn là một CTB độ sáng và hai CTB sắc độ. Mỗi CTU có thể được tách cây tứ phân đệ quy thành một hoặc nhiều đơn vị mã (CU). Chẳng hạn, CTU 64x64 pixel có thể được tách thành một CU 64x64 pixel, hoặc 4 CU 32x32 pixel, hoặc 16 CU 16x16 pixel. Trong ví dụ, mỗi CU được phân tích để xác định loại dự báo cho CU, chẳng hạn, loại dự báo ngoài hoặc loại dự báo trong. CU được tách thành một hoặc nhiều đơn vị dự báo (PU) tùy thuộc khả năng dự báo thời gian và/hoặc không gian. Nói chung, mỗi PU bao gồm khối dự báo (PB) độ sáng, và hai PB sắc độ. theo phương án thực hiện, hoạt động dự báo trong tạo mã (mã hóa/giải mã) được thực hiện theo đơn vị PB. Việc sử dụng PB độ sáng làm ví dụ của PB, PB bao gồm ma trận giá trị (chẳng hạn, các giá trị độ sáng) cho các pixel, chẳng hạn 8x8 pixel, 16x16 pixel, 8x16 pixel, 16x8 pixel, và tương tự.

Mô hình G-PCC có thể nén riêng rẽ thông tin hình học và các thuộc tính liên kết, chẳng hạn, màu sắc hoặc hệ số phản xạ. Thông tin hình học, vốn là các tọa độ 3D của các đám mây điểm, có thể được mã hóa bằng phân rã cây thập phân của thông tin chiếm dụng. Tuy nhiên, các thuộc tính có thể được nén dựa trên

hình học được tái tạo nhờ sử dụng các kỹ thuật nâng và dự báo. Tiến trình phân vùng cây thập phân được nêu trên các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.13 chẳng hạn.

Fig.7 thể hiện sơ đồ khối của bộ giải mã G-PCC (800) được áp dụng trong quá trình phân rã G-PCC theo phương án thực hiện. Bộ giải mã (800) có thể được tạo cấu hình để nhận dòng bit được nén và thực hiện giải nén dữ liệu đám mây điểm để giải nén dòng bit tạo dữ liệu đám mây điểm được giải mã. Theo phương án thực hiện, bộ giải mã (800) có thể bao gồm môđun giải mã số học (810), môđun lượng tử hóa ngược (820), môđun giải mã cây thập phân (830), môđun tạo LOD (840), môđun lượng tử hóa ngược (850), và môđun dự báo dựa trên nội suy ngược (860).

Như được thể hiện, dòng bit được nén (801) có thể được nhận ở môđun giải mã số học (810). Môđun giải mã số học (810) được tạo cấu hình để giải mã dòng bit được nén (801) để thu được các phần dư dự báo được lượng tử (nếu được tạo) và các mã chiếm dụng (hoặc các ký hiệu) của đám mây điểm. Môđun giải mã cây thập phân (830) được tạo cấu hình để tạo các vị trí được lượng tử của các điểm trong đám mây điểm theo các mã chiếm dụng. Môđun lượng tử hóa ngược (850) được tạo cấu hình để tạo các vị trí được tái tạo của các điểm trong đám mây điểm dựa trên các vị trí được lượng tử được tạo bởi môđun giải mã cây thập phân (830).

Môđun tạo LOD (840) được tạo cấu hình để tổ chức lại các điểm thành các LOD khác nhau dựa trên các vị trí được tái tạo, và xác định thứ tự dựa trên LOD. Môđun lượng tử hóa ngược (820) được tạo cấu hình để tạo các phần dư dự báo được tái tạo dựa trên các phần dư dự báo được lượng tử được nhận từ môđun giải mã số học (810). Môđun dự báo dựa trên nội suy ngược (860) được tạo cấu hình để thực hiện tiến trình dự báo thuộc tính để tạo các thuộc tính được tái tạo của các điểm trong đám mây điểm dựa trên phần dư dự báo được tái tạo được nhận từ môđun lượng tử hóa ngược (820) và thứ tự dựa trên LOD được nhận từ môđun tạo LOD (840).

Ngoài ra, các thuộc tính được tái tạo tạo từ môđun dự báo dựa trên nội suy ngược (860) cùng với các vị trí được tái tạo được tạo từ môđun lượng tử hóa

ngược (850) tương ứng với đám mây điểm được giải mã (hoặc đám mây điểm được tái tạo) (802) được xuất ra từ bộ giải mã (800) trong một ví dụ.

Fig.8 thể hiện sơ đồ khối của bộ mã hóa G-PPC (700) theo phương án thực hiện. Bộ mã hóa (700) có thể được tạo cấu hình để nhận dữ liệu đám mây điểm và nén dữ liệu đám mây điểm để tạo dòng bit mang dữ liệu đám mây điểm được nén. Theo phương án thực hiện, bộ mã hóa (700) có thể bao gồm môđun lượng tử hóa vị trí (710), môđun loại bỏ điểm lặp (712), môđun mã hóa cây thập phân (730), môđun truyền thuộc tính (720), môđun tạo mức chi tiết (LOD) (740), môđun dự báo dựa trên nội suy (750), môđun lượng tử hóa phân dư (760), và môđun mã hóa số học (770).

Như được thể hiện, đám mây điểm đầu vào (701) có thể được nhận ở bộ mã hóa (700). Các vị trí (chẳng hạn, các tọa độ 3D) của đám mây điểm (701) được cấp cho môđun lượng tử hóa (710). Môđun lượng tử hóa (710) được tạo cấu hình để lượng tử hóa các tọa độ để tạo các vị trí được lượng tử. Môđun loại bỏ điểm lặp (712) được tạo cấu hình để nhận các vị trí được lượng tử và thực hiện quá trình lọc để nhận diện và loại bỏ các điểm lặp. Môđun mã hóa cây thập phân (730) được tạo cấu hình để nhận các vị trí được lọc từ môđun loại bỏ điểm lặp (712), và thực hiện quá trình mã hóa dựa trên cây thập phân để tạo chuỗi mã chiếm dụng (hoặc các ký hiệu) mô tả lưới điểm ảnh ba chiều. Các mã chiếm dụng được cấp cho môđun mã hóa số học (770).

Môđun truyền thuộc tính (720) được tạo cấu hình để nhận các thuộc tính của đám mây điểm đầu vào, và thực hiện quá trình truyền thuộc tính để xác định giá trị thuộc tính cho mỗi điểm ảnh ba chiều khi nhiều giá trị thuộc tính được liên kết với điểm ảnh ba chiều. Quá trình truyền thuộc tính có thể được thực hiện trên các điểm được sắp lại thứ tự được xuất ra từ môđun mã hóa cây thập phân (730). Các thuộc tính sau các hoạt động truyền được cấp cho môđun dự báo dựa trên nội suy (750). Môđun tạo LOD (740) được tạo cấu hình để hoạt động trên các điểm được sắp lại thứ tự được xuất ra từ môđun mã hóa cây thập phân (730), và tổ chức lại các điểm thành các LOD khác nhau. Thông tin LOD được cấp cho môđun dự báo dựa trên nội suy (750).

Môđun dự báo dựa trên nội suy (750) xử lý các điểm theo thứ tự dựa trên LOD được chỉ báo bởi thông tin LOD từ môđun tạo LOD (740) và các thuộc tính được truyền được nhận từ môđun truyền thuộc tính (720), và tạo các phần dư dự báo. Môđun lượng tử hóa phần dư (760) được tạo cấu hình để nhận các phần dư dự báo từ môđun dự báo dựa trên nội suy (750), và thực hiện lượng tử hóa để tạo các phần dư dự báo được lượng tử. Các phần dư dự báo được lượng tử được cấp cho môđun mã hóa số học (770). Môđun mã hóa số học (770) được tạo cấu hình để nhận các mã chiếm dụng từ môđun mã hóa cây thập phân (730), các chỉ số ứng viên (nếu được sử dụng), các phần dư dự báo được lượng tử từ môđun dự báo dựa trên nội suy (750), và thông tin khác, và thực hiện mã hóa entropy để nén tiếp các giá trị được nhận hoặc thông tin. Kết quả là, dòng bit được nén (702) mang thông tin được nén có thể được tạo. Dòng bit (702) có thể được truyền, hoặc được cấp, cho bộ giải mã sẽ giải mã dòng bit được nén, hoặc có thể được lưu trữ trong thiết bị lưu trữ.

Cần lưu ý rằng môđun dự báo dựa trên nội suy (750) và môđun dự báo dựa trên nội suy ngược (860) được tạo cấu hình để thực hiện các kỹ thuật dự báo thuộc tính được bộc lộ ở đây có thể được bao gồm trong các bộ giải mã hoặc các bộ mã hóa khác mà có thể có các cấu trúc tương tự hoặc khác với cấu trúc được thể hiện trên Fig.7 và Fig.8. Ngoài ra, bộ mã hóa (700) và bộ giải mã (800) có thể được bao gồm trong cùng thiết bị, hoặc các thiết bị riêng rẽ trong các ví dụ khác nhau.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, bộ mã hóa (300), bộ giải mã (400), bộ mã hóa (700), và/hoặc bộ giải mã (800) có thể được triển khai với phần cứng, phần mềm, hoặc các tổ hợp của nó. Chẳng hạn, bộ mã hóa (300), bộ giải mã (400), bộ mã hóa (700), và/hoặc bộ giải mã (800) có thể được triển khai với hệ mạch xử lý, chẳng hạn, một hoặc nhiều mạch tích hợp (IC) hoạt động có hoặc không có phần mềm, chẳng hạn mạch tích hợp cụ thể (ASIC), mảng cổng dạng trường lập trình được (FPGA), và tương tự. Trong ví dụ khác, bộ mã hóa (300), bộ giải mã (400), bộ mã hóa (700), và/hoặc bộ giải mã (800) có thể được triển khai dưới dạng phần mềm hoặc firmware bao gồm các lệnh được lưu trữ trong phương tiện lưu trữ máy tính đọc được bất biến. Các lệnh, mà khi được thực thi

bởi hệ mạch xử lý, chẳng hạn một hoặc nhiều bộ xử lý, khiến hệ mạch xử lý thực hiện các chức năng của bộ mã hóa (300), bộ giải mã (400), bộ mã hóa (700), và/hoặc bộ giải mã (800).

Việc phân vùng đám mây điểm được định nghĩa bởi khối 3D theo cách đối xứng dọc theo tất cả các trục (chẳng hạn, trục x, y và z) có thể dẫn đến tám khối lập phương con, được biến đến là phân vùng cây thập phân (OT) trong kỹ thuật nén đám mây điểm (PCC). Phân vùng OT giống như phân vùng cây nhị phân (BT) trong không gian 1D và phân vùng cây tứ phân (QT) trong không gian 2D. Ý tưởng phân vùng OT có thể được minh họa trên Fig.9, trong đó khối 3D (900) trong đường nét liền có thể được phân vùng thành tám khối lập phương nhỏ hơn có kích thước bằng nhau trong các đường nét đứt. Như được thể hiện trên Fig.9, kỹ thuật phân vùng cây thập phân có thể phân chia khối 3D (900) thành tám khối nhỏ hơn có kích thước bằng nhau từ 0 đến 7.

Trong kỹ thuật phân vùng cây thập phân (chẳng hạn, trong TMC13), nếu codec hình học OT được sử dụng, quá trình mã hóa hình học tiến triển như sau. Trước hết, hộp giới hạn được căn chỉnh dọc trục lập phương B có thể được định nghĩa bằng hai điểm cực trị $(0,0,0)$ và $(2^d, 2^d, 2^d)$, trong đó 2^d định nghĩa kích thước của hộp giới hạn B và d có thể được mã hóa thành dòng bit. Do đó, tất cả các điểm bên trong hộp giới hạn B được xác định có thể được nén.

Sau đó, cấu trúc cây thập phân có thể được tạo bằng cách phân chia phụ đệ quy hộp giới hạn B. Ở mỗi giai đoạn, khối lập phương có thể được phân chia phụ thành 8 khối lập phương con. Kích thước của khối con sau khi phân chia phụ lặp lại k ($k \leq d$) lần có thể là $(2^{d-k}, 2^{d-k}, 2^{d-k})$. Sau đó, mã 8 bit, chẳng hạn mã chiếm dụng, có thể được tạo bằng cách liên kết giá trị 1 bit với mỗi khối lập phương con để chỉ báo liệu khối lập phương con tương ứng có chứa các điểm (tức là, đầy và có giá trị 1) hoặc không (tức là, trống và có giá trị 0). Chỉ các khối lập phương con đầy có kích thước lớn hơn 1 (tức là, không phải điểm ảnh ba chiều) có thể còn được phân chia phụ. Sau đó, mã chiếm dụng cho mỗi khối lập phương có thể được nén bằng bộ mã hóa số học.

Quá trình giải mã có thể bắt đầu bằng cách đọc từ dòng bit các chiều của hộp giới hạn B. Sau đó, cấu trúc cây thập phân tương tự có thể được tạo bằng cách

phân chia phụ hộp giới hạn B theo các mã chiếm dụng được giải mã. Ví dụ của phân vùng OT hai mức và mã chiếm dụng tương ứng có thể được thể hiện trên Fig.10, trong đó các khối lập phương và các nút được tô màu chỉ báo các khối lập phương và các nút bị chiếm bởi các điểm.

Fig.10 thể hiện ví dụ của phân vùng cây thập phân (1010) và cấu trúc cây thập phân (1020) tương ứng với phân vùng cây thập phân (1010) theo một số phương án thực hiện sáng chế. Fig.10 thể hiện hai mức phân vùng trong phân vùng cây thập phân (1010). Cấu trúc cây thập phân (1020) bao gồm nút (N0) tương ứng với hộp lập phương đối với phân vùng OT (1010). Ở mức thứ nhất, hộp lập phương được phân vùng thành 8 hộp lập phương con được đánh số từ 0 đến 7 theo kỹ thuật đánh số được thể hiện trên Fig.9. Mã chiếm dụng cho phân vùng của nút N0 là “10000001” theo dạng nhị phân, chỉ báo hộp lập phương con thứ nhất được biểu diễn bằng nút N0-0 và hộp lập phương con thứ tám được biểu diễn bằng nút N0-7 bao gồm các điểm trong đám mây điểm và các hộp lập phương con khác trống.

Sau đó, ở mức phân vùng thứ hai, hộp lập phương con thứ nhất (được biểu diễn bằng nút N0-0) và hộp lập phương con thứ tám (được biểu diễn bằng nút N0-7) còn lần lượt được phân chia phụ thành tám octan. Chẳng hạn, hộp lập phương con thứ nhất (được biểu diễn bằng nút N0-0) được phân vùng thành 8 hộp lập phương con nhỏ hơn được đánh số từ 0 đến 7 theo kỹ thuật đánh số được thể hiện trên Fig.9. Mã chiếm dụng đối với phân vùng của nút N0-0 là “00011000” theo nhị phân, chỉ báo hộp lập phương con nhỏ hơn thứ tư (được biểu diễn bằng nút N0-0-3) và hộp lập phương con nhỏ hơn thứ năm (được biểu diễn bằng nút N0-0-4) bao gồm các điểm trong đám mây điểm và các hộp lập phương con nhỏ hơn khác là trống. Ở mức thứ hai, hộp lập phương con thứ bảy (được biểu diễn bằng nút N0-7) được phân vùng tương tự thành 8 hộp lập phương con nhỏ hơn như được thể hiện trên Fig.10.

Trong ví dụ Fig.10, các nút tương ứng với không gian lập phương không trống (chẳng hạn, hộp lập phương, các hộp lập phương con, các hộp lập phương con nhỏ hơn và tương tự) được tô màu xám, và được gọi là các nút được tô màu.

Trong thiết kế TMC13 ban đầu, chẳng hạn như nêu trên, hộp giới hạn B có thể bị giới hạn là khối lập phương có cùng kích thước ở tất cả các chiều, và do vậy phân vùng OT có thể được thực hiện cho tất cả các khối lập phương con ở mỗi nút mà ở đó các khối lập phương con có kích thước chia đôi ở tất cả các chiều. Phân vùng OT có thể được thực hiện đệ quy cho đến khi kích thước của các khối lập phương con bằng 1. Tuy nhiên, phân vùng theo cách này có thể không hiệu quả cho tất cả các trường hợp, đặc biệt khi các điểm được phân phối không đồng đều trong khung cảnh 3D (hoặc không gian 3D).

Một trường hợp đặc biệt có thể là mặt phẳng 2D trong không gian 3D, trong đó tất cả các điểm có thể được đặt trên mặt phẳng x-y trong không gian 3D và biến thể trong trục z có thể bằng 0. Trong trường hợp này, phân vùng OT được thực hiện trên khối lập phương B làm điểm bắt đầu có thể lãng phí các bit mở rộng để biểu diễn thông tin chiếm dụng theo chiều z, vốn là dư thừa và không hữu ích. Trong các ứng dụng thực tế, trường hợp xấu nhất có thể không thường xuất hiện. Tuy nhiên, thường có đám mây điểm có ít biến thiên hơn theo một chiều so với các chiều khác. Như được thể hiện trên Fig.11, chuỗi đám mây điểm có tên “ford_01_vox1mm” trong TMC13 có thể có các thành phần chính theo các chiều x và y. Thực tế, nhiều dữ liệu đám mây điểm được tạo từ hệ thống Lidar có thể có cùng đặc tính.

Trong các phân vùng QtBt, hộp giới hạn B có thể không bị giới hạn là khối lập phương, thay vào đó, hộp giới hạn B có thể là hình hộp chữ nhật có kích thước tùy ý để vừa hơn cho hình dạng của khung cảnh hoặc đối tượng 3D. Theo triển khai, kích thước của hộp giới hạn B có thể được biểu diễn dưới dạng lũy thừa 2, chẳng hạn, $(2^{d_x}, 2^{d_y}, 2^{d_z})$.

Do hộp giới hạn B có thể không phải là khối lập phương hoàn chỉnh, trong một số trường hợp, nút này có thể không được phân vùng (hoặc không thể) dọc theo tất cả các hướng. Nếu phân vùng được thực hiện trên cả ba hướng, phân vùng này là phân vùng OT đặc trưng. Nếu phân vùng được thực hiện trên hai trong ba hướng, thì phân vùng này là phân vùng QT trong 3D. Nếu phân vùng được thực hiện chỉ trên một hướng, thì phân vùng này là phân vùng BT trên 3D. Các ví dụ về QT và BT trong 3D lần lượt được thể hiện trên Fig.12 và Fig.13.

Như được thể hiện trên Fig.12, khối lập phương 3D 1201 có thể được phân vùng dọc theo các trục x-y thành 4 khối lập phương con 0, 2, 4, và 6. Khối lập phương con 3D 1202 có thể được phân vùng dọc theo các trục x-z thành 4 khối lập phương con 0, 1, 4 và 5. Khối lập phương con 3D 1203 có thể được phân vùng dọc theo các trục y-z thành 4 khối lập phương con 0, 1, 2 và 3. Trên Fig.13, khối lập phương con 3D 1301 có thể được phân vùng dọc theo trục x thành 2 khối lập phương con 0 và 4. Khối lập phương con 3D 1302 có thể được phân vùng thành 2 khối lập phương con 0 và 2. Khối lập phương con 3D 1303 có thể được phân vùng thành 2 khối lập phương con 0 và 1.

Để định nghĩa các điều kiện phân vùng ngầm QT và BT trên TMC13, hai tham số (tức là, K và M) có thể được áp dụng. Tham số thứ nhất K ($0 \leq K \leq \max(d_x, d_y, d_z) - \min(d_x, d_y, d_z)$) có thể định nghĩa số lần tối đa phân vùng QT và BT ngầm có thể được thực hiện trước khi phân vùng OT. Tham số thứ hai M ($0 \leq M \leq \min(d_x, d_y, d_z)$) có thể định nghĩa kích thước nhỏ nhất của phân vùng ngầm QT và BT, chỉ bảo rằng các phân vùng ngầm QT và BT được phép chỉ nếu tất cả các chiều lớn hơn M .

Cụ thể hơn là, K phân vùng lại thứ nhất có thể tuân theo các quy tắc trong Bảng I, và các phân vùng tiếp theo K phân vùng thứ nhất có thể tuân theo các quy tắc trong Bảng II. Nếu không điều kiện nào được liệt kê trong các bảng được thỏa mãn, phân vùng OT có thể được thực hiện.

Bảng I: Các điều kiện thực hiện phân vùng QT hoặc BT ngầm cho K phân vùng thứ nhất.

	QT dọc theo các trục x-y	QT dọc theo các trục x-z	QT dọc theo các trục y-z
Điều kiện	$d_z < d_x = d_y$	$d_y < d_x = d_z$	$d_x < d_y = d_z$
	BT dọc theo trục x	BT dọc theo trục y	BT dọc theo trục z
Điều kiện	$d_y < d_x$ và $d_z < d_x$	$d_x < d_y$ và $d_z < d_y$	$d_x < d_z$ và $d_y < d_z$

Bảng II: Các điều kiện thực hiện phân vùng QT hoặc BT ngầm sau K phân vùng thứ nhất.

	QT dọc theo các trục x-y	QT dọc theo các trục x-z	QT dọc theo các trục y-z
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Điều kiện	$d_z = M < d_x$ $= d_y$	$d_y = M < d_x$ $= d_z$	$d_x = M < d_y$ $= d_z$
	BT dọc theo trục x	BT dọc theo trục y	BT dọc theo trục z
Điều kiện	$d_y = M \leq d_z$ $< d_x$	$d_x = M \leq d_z$ $< d_y$	$d_x = M \leq d_y$ $< d_z$
	$d_z = M \leq d_y$ $< d_x$	$d_z = M \leq d_x$ $< d_y$	$d_y = M \leq d_x$ $< d_z$

Theo phương án thực hiện, hộp giới hạn B có thể có kích thước $(2^{d_x}, 2^{d_y}, 2^{d_z})$. Không đánh mất tính tổng quát, các điều kiện $0 < d_x \leq d_y \leq d_z$ có thể được áp dụng cho hộp giới hạn B. Dựa trên các điều kiện, ở K chiều sâu thứ nhất ($K \leq d_z - d_x$), các phân vùng BT ngằm có thể được thực hiện dọc theo trục z và sau đó các phân vùng QT ngằm có thể được thực hiện dọc theo các trục y-z theo Bảng I. Sau đó, kích thước của các nút con có thể trở thành $2^{(d_x, d_x + \delta_y, d_x + \delta_z)}$, trong đó giá trị của δ_y và δ_z ($\delta_z \geq \delta_y \geq 0$) có thể phụ thuộc vào giá trị của K . Ngoài ra, các phân vùng OT có thể được thực hiện $d_x - M$ lần sao cho các nút con còn lại có thể có kích thước $2^{(M, M + \delta_y, M + \delta_z)}$. Tiếp theo, theo bảng II, các phân vùng BT ngằm có thể được thực hiện dọc theo trục z $\delta_z - \delta_y$ lần, và sau đó các phân vùng QT ngằm có thể được thực hiện dọc theo các trục y-z δ_y lần. Do vậy, các nút còn lại có thể có kích thước $2^{(M, M, M)}$. Do vậy, các phân vùng OT có thể được thực hiện M lần để đạt các đơn vị nhỏ nhất.

Trong các phân vùng QtBt, quy tắc ngằm được đề xuất về cách thức áp dụng phân vùng của hình hộp chữ nhật cụ thể bằng cách chuyển đổi giữa OT, QT, và BT ở mỗi mức phân rã nút. Sau K mức phân rã ban đầu qua các phân vùng QtBt theo quy tắc (chẳng hạn, Bảng I), hiệp phân vùng QtBt khác có thể được thực hiện theo quy tắc khác (chẳng hạn, Bảng II). Nếu không điều kiện nào trong các quy tắc này được thỏa mãn trong các tiến trình nêu trên, phân ra OT (hoặc phân vùng OT) có thể được áp dụng.

Quy tắc ngằm có thể ảnh hưởng hiệu quả của QtBt như sau:

đối với dữ liệu đám mây điểm có hộp giới hạn hình hộp chữ nhật gần như đối xứng dọc theo các chiều x, y và z, phân vùng QtBt đã không thể hiện các độ lợi mã hóa so với phương pháp liên quan (chẳng hạn, phân vùng QtBt ngằm),

thực hiện phân rã OT ở tất cả các mức; và (2) đối với dữ liệu đám mây điểm có hộp giới hạn hộp chữ nhật rất bất đối xứng cao dọc theo các chiều x, y và z, phân vùng QtBt đã thể hiện các độ lợi mã hóa bằng cách bỏ qua gửi thông tin chiếm dụng không cần thiết trong khi phân rã.

Trong các phân vùng QtBt hiện tại, các giới hạn cụ thể có thể được đặt như sau. Trước hết, các phân vùng QtBt có thể luôn bắt buộc sử dụng hộp giới hạn bất đối xứng, mà có thể không hữu ích hoặc thậm chí phản năng xuất khi đám mây điểm có hộp giới hạn gần như đối xứng. Thứ hai, bảng I cùng với tham số K có thể giảm các kích thước lớn hơn theo quy tắc bằng cách bắt buộc phân vùng Qt/Bt thay cho phân vùng OT. Tuy nhiên, bảng I cùng với tham số K có thể không cho phép phân vùng Qt hoặc Bt lúc bắt đầu khi hộp giới hạn đối xứng. Thứ ba, Bảng II có thể được áp dụng sau K tách nêu trên và đi vào khi chiều nhỏ nhất của các hộp con đạt M. Do vậy, bảng II có thể giảm các chiều lớn hơn theo quy tắc cho đến khi tất cả các chiều bằng M. Thứ tư, quy tắc ngầm hiện tại (hoặc các phân vùng QtBt ngầm) có thể luôn bắt buộc phân rã OT sau (tới) K mức thứ nhất cho đến khi các phân vùng QtBt hiện tại đạt mức M. Nói cách khác, các phân vùng QtBt hiện tại không thể cho phép các phân vùng Qt/Bt/OT tùy ý được chọn giữa hai điểm mức.

Sáng chế đề cập nhiều phương pháp. Các phương pháp đề xuất để đơn giản hóa thiết kế QtBt (chẳng hạn, các phân vùng QtBt ngầm) trên TMC 13 cho trường hợp sử dụng đặc trưng, chẳng hạn, dựa trên thảo luận nêu trên. Các phương pháp cũng cho phép nhiều cách thức linh hoạt hơn để phân vùng, chẳng hạn, bằng cách báo hiệu tường minh loại phân rã nút ở mỗi mức.

Phương án thực hiện có thể đề cập đến phương pháp phân vùng thứ nhất (hoặc phân vùng QtBt được đơn giản hóa). Phương pháp phân vùng thứ nhất có thể là trường hợp đặc biệt các phân vùng QtBt ngầm, có thể được áp dụng cho các tập hợp dữ liệu có các hộp giới hạn bất đối xứng cao bằng cách thiết lập $K=0$ & $M=0$. Phương pháp phân vùng thứ nhất có thể đơn giản hóa QtBt (chẳng hạn, các phân vùng QtBt) và vẫn nêu các ưu điểm mã hóa cho các trường hợp chủ yếu như lưu ý trên đây.

So với các phân vùng QtBt trong TMC 13, phương pháp phân vùng thứ nhất có thể bao gồm các dấu hiệu sau: (1) cờ kích hoạt ngầm (chẳng hạn, *implicit_qtbt_enabled_flag*) trong các phân vùng QtBt trong TMC 13 có thể được loại bỏ. (2) cờ hộp giới hạn bất đối xứng (chẳng hạn, *asymmetric_bbox_enabled_flag*) có thể được đưa vào để kích hoạt sử dụng hộp giới hạn bất đối xứng. Trong ví dụ, khi cờ hộp giới hạn bất đối xứng được gán bằng giá trị, chẳng hạn, 0 (cũng được gọi là giá trị thứ hai) đối với dữ liệu hộp giới hạn đối xứng hoặc gần như đối xứng và với giá trị, chẳng hạn, 1 (cũng được gọi là giá trị thứ nhất) với dữ liệu hộp giới hạn bất đối xứng cao. (3) Nếu cờ hộp giới hạn bất đối xứng là giá trị thứ nhất, quy tắc QtBt ngầm (chẳng hạn, Các bảng I và II) với $K=0$ & $M=0$ có thể được áp dụng khi mức phân rã nút đạt đến 0 (hoặc mức cuối cùng). Ngược lại, nếu cờ hộp giới hạn bất đối xứng là giá trị thứ hai, phương pháp phân vùng thứ nhất có thể thực hiện phân rã OT (hoặc phân vùng OT).

Theo phương pháp phân vùng thứ nhất, quy tắc QtBt ngầm được thể hiện trong Bảng II có $M=0$ có thể được áp dụng để bỏ qua gửi thông tin chiếm dụng không cần thiết dọc theo một số chiều, chẳng hạn được thể hiện trong Bảng III.

Bảng III: Các điều kiện để thực hiện phân vùng QtBt ngầm ở mức 0

	QT dọc theo các trục x-y	QT dọc theo các trục x-z	QT dọc theo các trục y-z
Điều kiện	$d_z = 0 < d_x = d_y$	$d_y = 0 < d_x = d_z$	$d_x = 0 < d_y = d_z$
	BT dọc theo trục x	BT dọc theo trục y	BT dọc theo trục z
Điều kiện	$d_y = 0 \leq d_z < d_x$	$d_x = 0 \leq d_z < d_y$	$d_x = 0 \leq d_y < d_z$
	$d_z = 0 \leq d_y < d_x$	$d_z = 0 \leq d_x < d_y$	$d_y = 0 \leq d_x < d_z$

Theo phương án thực hiện, phương pháp phân vùng thứ hai (hoặc phân vùng QtBt tường minh) có thể được đề xuất để truyền báo hiệu tường minh của quyết định tách. Báo hiệu tường minh có thể được nêu ngược với việc sử dụng quy tắc ngầm cố định trong phân vùng QtBt hiện tại.

Phương pháp phân vùng thứ hai có thể bao gồm các đặc điểm sau: (1) cờ kích hoạt QtBt tường minh (chẳng hạn, *explicit_qtbt_enabled_flag*) có thể được đề xuất để kích hoạt/vô hiệu hóa báo hiệu quyết định tách trong khi cờ hộp giới

hạn bất đối xứng từ phương pháp phân vùng thứ nhất vẫn có thể được sử dụng.

(2) Khi cờ kích hoạt QtBt tường minh được gán bằng giá trị, chẳng hạn, 0 (hoặc giá trị thứ hai), phương pháp phân vùng thứ hai quay lại (hoặc có thể bằng) phương pháp phân vùng thứ nhất nêu trên. Do vậy, nếu cờ hộp giới hạn bất đối xứng (chẳng hạn, *asymmetric_bbox_enabled_flag*) là giá trị, chẳng hạn, 1 (hoặc giá trị thứ nhất), quy tắc QtBt ngầm (chẳng hạn, các Bảng I và II) với $K=0$ & $M=0$ có thể được áp dụng khi mức phân rã nút đạt 0 (hoặc mức cuối cùng). Nếu cờ hộp giới hạn bất đối xứng là giá trị thứ hai, phương pháp phân vùng thứ hai có thể thực hiện phân rã OT (hoặc phân vùng OT). Theo phương án thực hiện, khi cờ hộp giới hạn bất đối xứng không được sử dụng, và cờ kích hoạt QtBt tường minh được gán bằng giá trị thứ hai (chẳng hạn, 0), phương pháp phân vùng thứ hai có thể áp dụng phân rã OT (hoặc phân vùng cây thập phân) cho tất cả các mức.

(4) Khi cờ kích hoạt QtBt tường minh được gán bằng giá trị thứ nhất (chẳng hạn, 1), thay vì luôn thực hiện tách OT cho đến khi mức này đạt đến 0 (hoặc mức cuối) như được nêu trong phương pháp phân vùng thứ nhất, tín hiệu 3-bit có thể được truyền trong mỗi mức của các mức OT để chỉ báo liệu có tách dọc theo mỗi trục trong các trục x, y và z. Do vậy, tín hiệu 3 bit có thể chỉ báo nếu phân vùng Bt, phân vùng Qt, hoặc phân vùng Ot có thể được áp dụng trong mỗi mức của các mức OT. Theo một số phương án thực hiện, quy tắc QtBt ngầm (chẳng hạn, các bảng I và II) trong TMC 13 có thể được áp dụng cho xác định tín hiệu 3 bit trong mỗi mức của các mức OT.

Cần lưu ý rằng do phân vùng Ot/Qt/Bt được phép theo cách tùy ý theo cách thức khi cờ kích hoạt QtBt tường minh được gán bằng giá trị thứ nhất trong phương pháp phân vùng thứ hai, tổng số phép tách khả thi lớn nhất có thể gấp ba lần hiệu số của các chiều sâu nút lớn nhất và nhỏ nhất.

Theo phương án thực hiện sáng chế, phương pháp phân vùng thứ ba (hoặc phân vùng loại 2 QtBt tường minh) có thể được nêu để truyền báo hiệu tường minh của quyết định tách. Báo hiệu tường minh có thể được thực hiện ngược với việc sử dụng quy tắc ngầm cố định trong phân vùng QtBt hiện tại (chẳng hạn, các bảng I và II). Phương pháp phân vùng thứ ba có thể bao gồm các đặc tả sau so với phân vùng QtBt hiện tại: (1) cờ kích hoạt QtBt tường minh (chẳng hạn,

explicit_qtbt_enabled_flag) có thể thay thế cờ kích hoạt QtBt ngầm (chẳng hạn, *implicit_qtbt_enabled_flag*) trong các phân vùng QtBt trong TMC 13 để kích hoạt/vô hiệu hóa báo hiệu quyết định tách tường minh. (2) Cờ hộp giới hạn bất đối xứng (chẳng hạn, *asymmetric_bbox_enabled_flag*) có thể được báo hiệu bổ sung chỉ khi cờ kích hoạt QtBt tường minh là giá trị, chẳng hạn, 1 (hoặc giá trị thứ nhất) để kích hoạt/vô hiệu hóa sử dụng hộp giới hạn bất đối xứng. Khi cờ hộp giới hạn bất đối xứng là giá trị thứ nhất, các chiều hộp giới hạn bất đối xứng (tức là, các kích thước) dọc theo các trục x, y và z có thể còn được báo hiệu ngược với giá trị lớn nhất trong ba giá trị. Do đó, cờ hộp giới hạn bất đối xứng có thể được gán bằng giá trị, chẳng hạn, 0 (chẳng hạn, giá trị thứ hai) với dữ liệu hộp giới hạn đối xứng hoặc gần như đối xứng và với giá trị thứ nhất (chẳng hạn, 1) đối với dữ liệu hộp giới hạn bất đối xứng cao. (3) Khi cờ kích hoạt QtBt tường minh được gán bằng giá trị thứ nhất, tín hiệu 3-bit có thể được truyền trong mỗi mức của các mức OT (hoặc các mức phân vùng OT) để chỉ báo liệu có tách dọc theo mỗi trục trong các trục x, y và z. Theo phương án thực hiện, quy tắc QtBt ngầm (chẳng hạn, các bảng I và II) trong TMC 13 có thể được áp dụng cho xác định tín hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức OT. Theo phương án thực hiện khác, các quy tắc tách khác có thể được áp dụng cho xác định tín hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức OT. Các quy tắc tách khác có thể tạo thuận tiện mã hóa thông tin chiếm dụng OT và còn xem xét các đặc tính của dữ liệu (chẳng hạn, thông tin chiếm dụng OT) hoặc cơ chế thu thập dữ liệu. (4) Khi cờ kích hoạt QtBt tường minh được gán bằng giá trị thứ hai (chẳng hạn, 0), phương pháp phân vùng thứ ba có thể áp dụng phân rã OT (phân vùng cây thập phân) cho tất cả các mức.

Cần lưu ý rằng do phân vùng Ot/Qt/Bt được phép theo cách tùy ý dọc theo đường khi cờ kích hoạt QtBt tường minh được gán bằng giá trị thứ nhất trong phương pháp phân vùng thứ ba, tổng số phép tách lớn nhất khả thi có thể bằng ba lần hiệu số chiều sâu nút lớn nhất và nhỏ nhất.

Theo phương án thực hiện sáng chế, phương pháp phân vùng thứ tư (hoặc phân vùng QtBt linh hoạt) có thể tạo mức độ linh hoạt hơn khi sử dụng phân vùng QtBt bằng cách báo hiệu bổ sung loại phân vùng QtBt tường minh hoặc

ngầm. Báo hiệu bổ sung có thể được đề xuất ngược với việc sử dụng quy tắc ngầm cố định trong phân vùng QtBt hiện tại (chẳng hạn, các bảng I và II).

Phương pháp phân vùng thứ tư có thể bao gồm: (1) cờ kích hoạt QtBt (chẳng hạn, *qtb_t_enabled_flag*) có thể được áp dụng để thay thế cờ kích hoạt QtBt ngầm trong phân vùng QtBt trong TMC 13 để chỉ báo sử dụng phân vùng QtBt có mức độ linh hoạt hơn. (2) Cờ loại QtBt (chẳng hạn, *qtb_type_flag*) có thể được báo hiệu bổ sung khi cờ kích hoạt QtBt được gán bằng giá trị chẳng hạn 1. (3) Nếu cờ loại QtBt được gán bằng giá trị, chẳng hạn, 0, phương thức QtBt ngầm hiện tại (chẳng hạn, các bảng I và II) có thể được áp dụng. Ngoài ra, cờ hộp giới hạn bất đối xứng (chẳng hạn, *asymmetric_bbox_enabled_flag*) có thể được báo hiệu bổ sung để kích hoạt/vô hiệu hóa có chọn lọc sử dụng hộp giới hạn bất đối xứng. Theo phương án thực hiện, khi cờ hộp giới hạn bất đối xứng được gán bằng giá trị chẳng hạn 1, các kích thước của hộp giới hạn bất đối xứng dọc theo các trục x, y và z có thể được báo hiệu ngược với giá trị lớn nhất trong ba giá trị. Theo phương án thực hiện khác, khi cờ hộp giới hạn bất đối xứng không được báo hiệu, hộp giới hạn bất đối xứng có thể luôn được sử dụng.

Phương pháp phân vùng thứ tư cũng có thể bao gồm: (4) Nếu cờ loại QtBt là giá trị, chẳng hạn, 1, tín hiệu 3-bit có thể được truyền đến mỗi mức trong các mức OT để chỉ báo liệu để tách dọc theo mỗi trục trong các trục x, y và z. Theo phương án thực hiện, quy tắc QtBt ngầm (chẳng hạn, các Bảng I và II) trong TMC 13 có thể được áp dụng cho xác định tín hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức OT. Theo phương án thực hiện khác, các quy tắc tách khác có thể được áp dụng cho xác định tín hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức OT. Các quy tắc tách khác có thể thuận tiện mã hóa thông tin chiếm dụng OT và còn xem xét các đặc tính của dữ liệu (chẳng hạn, thông tin chiếm dụng OT) hoặc cơ chế thu thập dữ liệu. Theo phương án thực hiện, cờ hộp giới hạn bất đối xứng có thể được báo hiệu bổ sung để kích hoạt/vô hiệu hóa có lựa chọn sử dụng hộp giới hạn bất đối xứng. Khi cờ hộp giới hạn bất đối xứng là giá trị, chẳng hạn 1, các kích thước hộp giới hạn bất đối xứng dọc theo các trục x, y và z có thể được báo hiệu ngược với giá trị lớn nhất trong ba giá trị. Theo phương án thực hiện khác, cờ hộp giới hạn bất đối xứng có thể không được báo hiệu và hộp giới hạn bất đối

xúng có thể luôn được sử dụng. (5) Khi cờ kích hoạt QtBt được gán bằng giá trị chẳng hạn 0, phương pháp phân vùng thứ tư có thể áp dụng phân rã OT (hoặc phân vùng cây thập phân) cho tất cả các mức.

Cần lưu ý rằng do phân vùng Ot/Qt/Bt được phép theo cách tùy ý dọc theo cách khi cờ kích hoạt QtBt tường minh được gán bằng giá trị, chẳng hạn, 1 trong phương pháp phân vùng thứ tư, tổng số lần tách lớn nhất khả thi có thể bằng ba lần hiệu số chiều sâu nút lớn nhất và nhỏ nhất.

Các kỹ thuật nêu trên có thể được triển khai trong bộ mã hóa video hoặc bộ giải mã được làm tương hợp để nén/giải nén đám mây điểm. Bộ mã hóa/bộ giải mã có thể được triển khai trong phần cứng, phần mềm, hoặc kết hợp bất kỳ của nó, và phần mềm, nếu có, có thể được lưu trữ trên một hoặc nhiều phương tiện máy tính đọc được bất biến. Chẳng hạn, mỗi phương pháp trong các phương pháp (hoặc các phương án thực hiện), các bộ mã hóa, và bộ giải mã có thể được triển khai bởi hệ mạch xử lý (chẳng hạn, một hoặc nhiều bộ xử lý một hoặc nhiều IC). Trong một ví dụ, một hoặc nhiều bộ xử lý thực thi chương trình được lưu trữ trong phương tiện máy tính đọc được bất biến.

Fig.14 và Fig.15 thể hiện các lưu đồ phác thảo tiến trình (1400) và tiến trình (1500) theo các phương án thực hiện sáng chế. Các tiến trình (1400) và (1500) có thể được sử dụng trong các tiến trình giải mã cho các đám mây điểm. Theo các phương án thực hiện khác nhau, các tiến trình (1400) và (1500) có thể được thực thi bởi hệ mạch xử lý, chẳng hạn hệ mạch xử lý trong các thiết bị đầu cuối (110), hệ mạch xử lý thực hiện các chức năng của bộ mã hóa (203) và/hoặc bộ giải mã (201), hệ mạch xử lý thực hiện các chức năng của bộ mã hóa (300), bộ giải mã (400), bộ mã hóa (700), và/hoặc bộ giải mã (800), và tương tự. Theo một số phương án thực hiện, các tiến trình (1400) và (1500) có thể được triển khai trong các lệnh phần mềm, do vậy khi hệ mạch xử lý thực thi các lệnh phần mềm, hệ mạch xử lý thực hiện lần lượt các tiến trình (1400) và (1500).

Như được thể hiện trên Fig.14, tiến trình (1400) bắt đầu ở bước (S1401) và chuyển sang (S1410).

Ở bước (S1410), thông tin báo hiệu thứ nhất có thể được nhận từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm mà bao gồm tập hợp các điểm trong không

gian 3D. Thông tin báo hiệu thứ nhất có thể chỉ báo thông tin phân vùng của đám mây điểm.

Ở bước (S1420), thông tin báo hiệu thứ hai có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất. Thông tin báo hiệu thứ hai có thể chỉ báo chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D.

Ở bước (S1430), chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai. Sau đó, tiến trình (1400) có thể chuyển sang (S1440), trong đó đám mây điểm có thể được tái tạo lần lượt dựa trên chế độ phân vùng.

Theo một số phương án thực hiện, chế độ phân vùng có thể được xác định là phân vùng QtBt định trước dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai bằng giá trị thứ hai.

Trong tiến trình (1400), thông tin báo hiệu thứ ba có thể được nhận mà chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng. Các chiều của không gian 3D được báo hiệu dọc theo các chiều x, y, và z có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ ba là giá trị thứ nhất.

Theo một số phương án thực hiện, thông tin báo hiệu 3 bit có thể được xác định đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ nhất. Thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng có thể chỉ báo các hướng phân vùng dọc theo các chiều x, y và z cho mức phân vùng tương ứng trong chế độ phân vùng.

Theo một số phương án thực hiện, thông tin báo hiệu 3 bit có thể được xác định dựa trên các chiều của không gian 3D.

Trong tiến trình (1400), chế độ phân vùng có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất bằng giá trị thứ hai, trong đó chế độ phân vùng có thể bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng ở mỗi mức trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng.

Như được thể hiện trên Fig.15, tiến trình (1500) bắt đầu ở bước (S1501) và chuyển sang (S1510).

Ở bước (S1510), thông tin báo hiệu thứ nhất có thể được nhận từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm mà bao gồm tập hợp các điểm trong không

gian 3D. Thông tin báo hiệu thứ nhất có thể chỉ báo thông tin phân vùng của đám mây điểm.

Ở bước (S1520), chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất, trong đó chế độ phân vùng có thể bao gồm các mức phân vùng.

Ở bước (S1530), đám mây điểm có thể lần lượt được tái tạo dựa trên chế độ phân vùng.

Theo một số phương án thực hiện, thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất being giá trị thứ nhất, trong đó thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng có thể chỉ báo các hướng phân vùng dọc theo các chiều x, y và z cho mức phân vùng tương ứng trong chế độ phân vùng.

Theo một số phương án thực hiện, thông tin báo hiệu 3 bit có thể được xác định dựa trên các chiều của không gian 3D.

Theo một số phương án thực hiện, chế độ phân vùng có thể được xác định bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng ở mỗi mức trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất là giá trị thứ hai.

Trong tiến trình (1500), thông tin báo hiệu thứ hai có thể còn nhận từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm. Thông tin báo hiệu thứ hai có thể chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ nhất, và không gian 3D là hình hộp chữ nhật đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ hai.

Theo một số phương án thực hiện, dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai và thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất, chế độ phân vùng có thể được xác định bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng trong mỗi mức của các mức phân vùng thứ nhất trong các mức phân vùng của chế độ phân vùng. Loại phân vùng và hướng phân vùng của mức phân vùng cuối cùng của các mức phân vùng của chế độ phân vùng có thể được xác định theo bảng như sau:

Loại và hướng phân vùng	Qt dọc theo các trục x-y	Qt dọc theo các trục x-z	Qt dọc theo các trục y-z
Điều kiện	$d_z = 0 < d_x = d_y$	$d_y = 0 < d_x = d_z$	$d_x = 0 < d_y = d_z$
Loại và hướng phân vùng	Bt dọc theo trục x	Bt dọc theo trục y	Bt dọc theo trục z
Điều kiện	$d_y = 0 \leq d_z < d_x$	$d_x = 0 \leq d_z < d_y$	$d_x = 0 \leq d_y < d_z$
	$d_z = 0 \leq d_y < d_x$	$d_z = 0 \leq d_x < d_y$	$d_y = 0 \leq d_x < d_z$

trong đó d_x , d_y , và d_z là các kích thước log2 của không gian 3D lần lượt theo các chiều x, y, và z.

Trong tiến trình (1500), thông tin báo hiệu thứ hai có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất. Thông tin báo hiệu thứ hai có thể chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất, và không gian 3D là hình hộp chữ nhật đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ hai. Ngoài ra, các chiều của không gian 3D được báo hiệu dọc theo các chiều x, y, và z có thể được xác định dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất.

Như lưu ý trên đây, các kỹ thuật nêu trên có thể được triển khai dưới dạng phần mềm máy tính nhờ sử dụng các lệnh máy tính đọc được và được lưu trữ vật lý trong một hoặc nhiều phương tiện máy tính đọc được. Chẳng hạn, Fig.16 thể hiện hệ thống máy tính (1800) thích hợp để thực hiện các phương án thực hiện cụ thể của sáng chế.

Phần mềm máy tính có thể được mã hóa nhờ sử dụng mã máy hoặc ngôn ngữ máy tính thích hợp bất kỳ, mà có thể được hợp ngữ, biên dịch, liên kết, hoặc các cơ chế tương tự để tạo mã bao gồm các lệnh mà có thể được thực thi trực tiếp, hoặc qua thông dịch, thực thi vi mã, và tương tự, bằng một hoặc nhiều khối xử lý trung tâm máy tính (CPU), khối xử lý đồ họa (GPU), và tương tự.

Các lệnh có thể được thực thi trên các loại máy tính hoặc thành phần khác nhau của nó, bao gồm, chẳng hạn, máy tính cá nhân, máy tính bảng, máy chủ, điện thoại thông minh, thiết bị trò chơi, thiết bị Internet vạn vật (IoT), và tương tự.

Các thành phần được thể hiện trên Fig.16 cho hệ thống máy tính (1800) về bản chất lấy làm ví dụ và không nhằm giới hạn bất kỳ ở phạm vi sử dụng hoặc chức năng của phần mềm máy tính thực hiện các phương án thực hiện sáng chế.

Cấu hình của các thành phần không nên được hiểu như là có lệ thuộc hoặc yêu cầu bất kỳ liên quan đến thành phần bất kỳ hoặc kết hợp của các thành phần được minh họa trên phương án thực hiện lấy làm ví dụ của hệ thống máy tính (1800).

Hệ thống máy tính (1800) có thể bao gồm các thiết bị đầu vào giao diện người cụ thể. Thiết bị đầu vào giao diện người này có thể đáp lại đầu vào bởi một hoặc nhiều người dùng qua, chẳng hạn, đầu vào xúc giác (chẳng hạn: bấm phím, trượt, di chuyển găng dữ liệu), đầu vào audio (chẳng hạn: giọng nói, vỗ tay), đầu vào hình ảnh (chẳng hạn: cử chỉ), đầu vào khứu giác (không được mô tả trên hình vẽ). Các thiết bị giao diện người cũng có thể được sử dụng để chụp các media cụ thể không nhất thiết liên quan trực tiếp đến đầu vào nhận thức của người, chẳng hạn audio (chẳng hạn: giọng nói, âm nhạc, âm thanh xung quanh), ảnh (chẳng hạn, ảnh quét, ảnh chụp thu được từ camera ảnh tĩnh), video (chẳng hạn video 2D, video 3D bao gồm video lập thể).

Các thiết bị giao diện người đầu vào có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số (chỉ một trong số chúng được mô tả): bàn phím (1801), chuột (1802), bàn di chuột cảm ứng (1803), màn hình cảm ứng (1810), găng dữ liệu (1804), joystick (1805), micro (1806), máy quét (1807), camera (1808).

Hệ thống máy tính (1800) cũng có thể bao gồm các thiết bị đầu ra giao diện người cụ thể. Các thiết bị đầu ra giao diện người này có thể kích hoạt các giác quan của một hoặc nhiều người dùng qua, chẳng hạn, đầu ra xúc giác, âm thanh, ánh sáng, và ngửi/nếm. Các thiết bị đầu ra giao diện người này có thể bao gồm các thiết bị đầu ra xúc giác (chẳng hạn phản hồi xúc giác bởi màn hình cảm ứng (1810), găng dữ liệu (1804), hoặc joystick (1805), nhưng cũng có thể có thiết bị phản hồi xúc giác không dùng làm thiết bị đầu vào), thiết bị đầu ra audio (chẳng hạn: loa (1809), tai nghe (không được mô tả trên hình vẽ)), thiết bị đầu ra hình ảnh (chẳng hạn, màn hình (1810) bao gồm màn hình CRT, màn hình LCD, màn hình plasma, màn hình OLED, mỗi màn hình có hoặc không có khả năng chạm màn hình cảm ứng, mỗi màn hình có hoặc không có khả năng phản hồi xúc giác—một số màn hình có thể xuất ra đầu ra hình ảnh 2D hoặc đầu ra nhiều hơn 3D qua các phương tiện chẳng hạn đầu ra lập thể; kính thực tế ảo (không được

mô tả trên hình vẽ), màn hình toàn ký và smoke tanks (không được mô tả trên hình vẽ)), và các máy in (không được mô tả trên hình vẽ).

Hệ thống máy tính (1800) cũng có thể bao gồm các thiết bị lưu trữ người truy nhập được và media liên kết chẳng hạn các phương tiện quang học bao gồm CD/DVD ROM/RW (1820) có CD/DVD hoặc phương tiện tương tự (1821), ổ nhớ USB (1822), ổ cứng tháo được hoặc ổ trạng thái rắn (1823), phương tiện từ tính kế thừa chẳng hạn băng và đĩa mềm (không được mô tả trên hình vẽ), thiết bị dựa trên ROM/ASIC/PLD chuyên dụng chẳng hạn dongle bảo mật (không được mô tả trên hình vẽ), và tương tự.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực cũng cần hiểu rằng cụm từ “các phương tiện máy tính đọc được” như được sử dụng cùng với sáng chế không bao gồm phương tiện truyền, sóng mang, hoặc các tín hiệu khả biến khác.

Hệ thống máy tính (1800) cũng có thể bao gồm giao diện với một hoặc nhiều mạng truyền thông. Mạng có thể chẳng hạn là không dây, hữu tuyến, quang học. Mạng có thể còn là cục bộ, diện rộng, đô thị, xe cộ và công nghiệp, thời gian thực, chịu trễ, và v.v.. Các ví dụ của mạng bao gồm mạng cục bộ chẳng hạn Ethernet, LAN không dây, mạng tế bào để bao gồm GSM, 3G, 4G, 5G, LTE và tương tự, mạng số diện rộng không dây hoặc hữu tuyến TV để bao gồm TV cáp, TV vệ tinh, và TV phát sóng mặt đất, xe cộ và công nghiệp để bao gồm CANBus, và v.v.. Mạng cụ thể thường yêu cầu các bộ điều hợp giao diện mạng bên ngoài gắn với các cổng dữ liệu đa năng hoặc buýt ngoại vi cụ thể (1849) (chẳng hạn, chẳng hạn các cổng USB của hệ thống máy tính (1800); các thiết bị khác thường được tích hợp vào lõi của hệ thống máy tính (1800) bằng cách gắn vào buýt hệ thống như được mô tả dưới đây (chẳng hạn giao diện Ethernet vào hệ thống máy tính PC hoặc giao diện mạng tế bào vào hệ thống máy tính điện thoại thông minh). Nhờ sử dụng các mạng này, hệ thống máy tính (1800) có thể truyền thông với các thực thể khác. Truyền thông này có thể là đơn hướng, chỉ nhận (chẳng hạn, phát sóng TV), đơn hướng chỉ gửi (chẳng hạn CANbus đến các thiết bị CANbus cụ thể), hoặc hai hướng, chẳng hạn đến các hệ thống máy tính khác nhờ sử dụng mạng số cục bộ hoặc diện rộng. Các giao thức và các xếp chồng giao

thức cụ thể có thể được sử dụng trên mỗi trong số các mạng và giao diện mạng như nêu trên.

Các thiết bị giao diện người nêu trên, các thiết bị lưu trữ người truy nhập được, và các giao diện mạng có thể được gắn với lõi (1840) của hệ thống máy tính (1800).

Lõi (1840) có thể bao gồm một hoặc nhiều CPU (1841), GPU (1842), khối xử lý lập trình được chuyên dụng ở dạng mảng công dụng trường lập trình được (FPGA) (1843), các bộ gia tốc phần cứng cho các tác vụ cụ thể (1844), và v.v.. Các thiết bị này, cùng với bộ nhớ chỉ đọc (ROM) (1845), bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (RAM) (1846), bộ lưu trữ khối nội bộ chẳng hạn ổ cứng trong người dùng không truy nhập được, ổ trạng thái rắn (SSD), và tương tự (1847), có thể được kết nối qua buýt hệ thống (1848). Trong một số hệ thống máy tính, buýt hệ thống (1848) có thể truy nhập được ở dạng một hoặc nhiều ổ cắm vật lý để kích hoạt các phần mở rộng bởi CPU, GPU bổ sung, và tương tự. Các thiết bị ngoại vi có thể được gắn trực tiếp vào buýt hệ thống của lõi (1848), hoặc qua buýt ngoại vi (1849). Các kiến trúc cho buýt ngoại vi bao gồm PCI, USB, và tương tự.

CPU (1841), GPU (1842), FPGA (1843), và các bộ gia tốc (1844) có thể thực thi các lệnh cụ thể mà, khi kết hợp, có thể tạo thành mã máy tính nêu trên. Mã máy tính đó có thể được lưu trữ trong ROM (1845) hoặc RAM (1846). Dữ liệu tĩnh tiến cũng có thể được lưu trữ trong RAM (1846), trong đó dữ liệu vĩnh cửu có thể được lưu trữ chẳng hạn, trong bộ lưu trữ khối nội bộ (1847). Lưu trữ nhanh và truy xuất vào thiết bị bất kỳ trong các thiết bị nhớ có thể được kích hoạt qua việc sử dụng của bộ nhớ cache, mà có thể được liên kết chặt chẽ với một hoặc nhiều CPU (1841), GPU (1842), lưu trữ khối (1847), ROM (1845), RAM (1846), và tương tự.

Các phương tiện máy tính đọc được có thể có mã máy tính trên đó để thực hiện các hoạt động được triển khai bằng máy tính khác nhau. Media và mã máy tính có thể được thiết kế và xây dựng đặc biệt theo sáng chế, hoặc chúng có thể là loại đã biết và khả dụng cho người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực phần mềm máy tính.

Như là ví dụ và không giới hạn, hệ thống máy tính có kiến trúc (1800), và cụ thể là lõi (1840) có thể tạo chức năng như là kết quả của (các) bộ xử lý (bao gồm CPU, GPU, FPGA, các bộ gia tốc, và tương tự) thực thi phần mềm được triển khai trong một hoặc nhiều vật máy tính đọc được hữu hình. Vật máy tính đọc được này có thể là phương tiện được liên kết với bộ lưu trữ khối người dùng truy nhập được như nêu trên, cũng như bộ lưu trữ cụ thể của lõi (1840) về bản chất là bất biến, chẳng hạn bộ lưu trữ khối nội bộ lõi (1847) hoặc ROM (1845). Phần mềm thực hiện các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế có thể được lưu trữ trong các thiết bị này và được thực thi bằng lõi (1840). Phương tiện máy tính đọc được có thể bao gồm một hoặc nhiều thiết bị nhớ hoặc chip, theo các nhu cầu cụ thể. Phần mềm có thể khiến lõi (1840) và cụ thể là các bộ xử lý trong đó (bao gồm CPU, GPU, FPGA, và tương tự) để thực thi các quá trình cụ thể hoặc các phần cụ thể của các quá trình cụ thể được mô tả ở đây, bao gồm định nghĩa các cấu trúc dữ liệu được lưu trữ trong RAM (1846) và chỉnh sửa các cấu trúc dữ liệu này theo các quá trình được định nghĩa bằng phần mềm. Ngoài ra, hệ thống máy tính có thể tạo chức năng như là kết quả của nổi cứng lô gic hoặc ngược lại được triển khai trong mạch (chẳng hạn: bộ gia tốc (1844)), có thể hoạt động thay cho hoặc cùng với phần mềm để thực thi các quá trình cụ thể hoặc các phần cụ thể của các quá trình cụ thể được mô tả ở đây. Tham chiếu đến phần mềm có thể bao gồm lôgic, và ngược lại, nếu thích hợp. Tham chiếu đến vật máy tính đọc được có thể bao gồm mạch (chẳng hạn, mạch tích hợp (IC)) lưu trữ phần mềm để thực thi, mạch triển khai lôgic để thực thi, hoặc cả hai, nếu thích hợp. Sáng chế bao gồm kết hợp thích hợp bất kỳ của phần cứng và phần mềm.

Trong khi sáng chế mô tả vài phương án thực hiện lấy làm ví dụ, có các thay thế, hoán đổi, và các thay thế tương đương khác nhau, mà nằm trong phạm vi của sáng chế. Do vậy, cần hiểu rằng người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ có thể phát minh ra các hệ thống và các phương pháp mà, mặc dù không được thể hiện tường minh hoặc được mô tả ở đây, thực hiện các nguyên lý của sáng chế và do vậy nằm trong nguyên lý và phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp giải mã hình học đám mây điểm trong bộ giải mã đám mây điểm, trong đó phương pháp bao gồm các bước:

nhận, bởi hệ mạch xử lý và từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm mà bao gồm tập hợp các điểm trong không gian ba chiều (3D), thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo thông tin phân vùng của đám mây điểm;

xác định, bởi hệ mạch xử lý và từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm, thông tin báo hiệu thứ hai dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất, thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo chế độ phân vùng của tập hợp điểm trong không gian 3D;

nhận thông tin báo hiệu thứ ba mà chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng; và

xác định các chiều của không gian 3D được báo hiệu dọc theo các chiều x, y, và z dựa trên thông tin báo hiệu thứ ba chỉ báo rằng không gian 3D là hình hộp bất đối xứng;

phân vùng, bởi hệ mạch xử lý, không gian 3D dựa trên các kích thước được xác định của không gian 3D và dựa trên chế độ phân vùng của không gian 3D được chỉ báo bởi thông tin báo hiệu thứ hai; và

tái tạo, bởi hệ mạch xử lý, đám mây điểm dựa trên không gian 3D được phân vùng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp còn bao gồm bước:

xác định chế độ phân vùng là phân vùng cây tứ phân và cây nhị phân (QtBt) định trước dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ hai.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp còn bao gồm bước:

nhận thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất, thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng chỉ báo các hướng phân vùng dọc theo các chiều x, y và z cho mức phân vùng tương ứng trong chế độ phân vùng.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó thông tin báo hiệu 3 bit được xác định dựa trên các chiều của không gian 3D.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp còn bao gồm bước:

xác định chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai, chế độ phân vùng bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng ở mỗi mức trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng.

6. Phương pháp giải mã hình học đám mây điểm trong bộ giải mã đám mây điểm, trong đó phương pháp bao gồm các bước:

nhận, bởi hệ mạch xử lý và từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm mà bao gồm tập hợp các điểm trong không gian 3D, thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo thông tin phân vùng của đám mây điểm; và

nhận thông tin báo hiệu thứ hai mà chỉ báo liệu không gian 3D là hình hộp bất đối xứng;

xác định các kích thước của không gian 3D mà được báo hiệu dọc theo các hướng x, y, và z dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo rằng không gian 3D là hình hộp bất đối xứng;

phân vùng, bởi hệ mạch xử lý, không gian 3D dựa trên các kích thước được xác định của không gian 3D và dựa trên chế độ phân vùng của không gian 3D được chỉ báo bởi thông tin báo hiệu thứ nhất, chế độ phân vùng bao gồm nhiều mức phân vùng; và

tái tạo, bởi hệ mạch xử lý, đám mây điểm dựa trên không gian 3D được phân vùng.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó phương pháp còn bao gồm bước:

nhận thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng in chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất, thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng chỉ báo các hướng phân vùng dọc theo các chiều x, y và z cho mức phân vùng tương ứng trong chế độ phân vùng.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó thông tin báo hiệu 3 bit được xác định dựa trên các chiều của không gian 3D.

9. Phương pháp theo điểm 6, trong đó phương pháp còn bao gồm các bước:

xác định chế độ phân vùng mà bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng ở mỗi mức trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ nhất, và thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ hai.

11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó phương pháp còn bao gồm các bước:

dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai và thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất, xác định chế độ phân vùng bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng trong mỗi mức của các mức phân vùng thứ nhất trong các mức phân vùng của chế độ phân vùng; và

xác định loại phân vùng và hướng phân vùng trong mức phân vùng cuối cùng trong các mức phân vùng của chế độ phân vùng theo các điều kiện như sau:

Loại và hướng phân vùng	Qt dọc theo các trục x-y	Qt dọc theo các trục x-z	Qt dọc theo các trục y-z
Điều kiện	$d_z = 0 < d_x = d_y$	$d_y = 0 < d_x = d_z$	$d_x = 0 < d_y = d_z$
Loại và hướng phân vùng	Bt dọc theo trục x	Bt dọc theo trục y	Bt dọc theo trục z
Điều kiện	$d_y = 0 \leq d_z < d_x$	$d_x = 0 \leq d_z < d_y$	$d_x = 0 \leq d_y < d_z$
	$d_z = 0 \leq d_y < d_x$	$d_z = 0 \leq d_x < d_y$	$d_y = 0 \leq d_x < d_z$

trong đó d_x , d_y , và d_z lần lượt là các kích thước log2 của không gian 3D theo các chiều x, y, và z.

12. Thiết bị xử lý dữ liệu đám mây điểm bao gồm:

hệ mạch xử lý được tạo cấu hình để:

nhận thông tin báo hiệu thứ nhất từ dòng bit được mã hóa đối với đám mây điểm mà bao gồm tập hợp các điểm trong không gian 3D, thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo thông tin phân vùng của đám mây điểm; và

nhận thông tin báo hiệu thứ hai mà chỉ báo liệu không gian 3D là hình hộp bất đối xứng;

xác định các kích thước của không gian 3D mà được báo hiệu dọc theo các hướng x, y, và z dựa trên thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo rằng không gian 3D là hình hộp bất đối xứng;

phân vùng không gian 3D dựa trên các kích thước được xác định của không gian 3D và dựa trên chế độ phân vùng của không gian 3D được chỉ báo bởi thông tin báo hiệu thứ nhất, chế độ phân vùng bao gồm nhiều mức phân vùng; và

tái tạo đám mây điểm dựa trên không gian 3D được phân vùng.

13. Thiết bị theo điểm 12, trong đó hệ mạch xử lý còn được tạo cấu hình để:

nhận thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng trong chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ nhất, thông tin báo hiệu 3 bit đối với mỗi bộ trong các mức phân vùng chỉ báo các hướng phân vùng dọc theo các chiều x, y và z cho mức phân vùng tương ứng trong chế độ phân vùng.

14. Thiết bị theo điểm 13, trong đó thông tin báo hiệu 3 bit được xác định dựa trên các chiều của không gian 3D.

15. Thiết bị theo điểm 12, trong đó hệ mạch xử lý còn được tạo cấu hình để:

xác định chế độ phân vùng mà bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng ở mỗi mức trong các mức phân vùng làm chế độ phân vùng dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai.

16. Thiết bị theo điểm 15, trong đó thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật bất đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ nhất, và thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo không gian 3D là hình hộp chữ nhật đối xứng khi thông tin báo hiệu thứ hai là giá trị thứ hai.

17. Thiết bị theo điểm 16, trong đó hệ mạch xử lý còn được tạo cấu hình để:

dựa trên thông tin báo hiệu thứ nhất chỉ báo giá trị thứ hai và thông tin báo hiệu thứ hai chỉ báo giá trị thứ nhất, xác định chế độ phân vùng bao gồm phân vùng cây thập phân tương ứng trong mỗi mức của các mức phân vùng thứ nhất trong các mức phân vùng của chế độ phân vùng; và

xác định loại phân vùng và hướng phân vùng trong mức phân vùng cuối cùng trong các mức phân vùng của chế độ phân vùng theo các điều kiện như sau:

Loại và hướng phân vùng	Qt dọc theo các trục x-y	Qt dọc theo các trục x-z	Qt dọc theo các trục y-z
Điều kiện	$d_z = 0 < d_x = d_y$	$d_y = 0 < d_x = d_z$	$d_x = 0 < d_y = d_z$
Loại và hướng phân vùng	Bt dọc theo trục x	Bt dọc theo trục y	Bt dọc theo trục z
Điều kiện	$d_y = 0 \leq d_z < d_x$	$d_x = 0 \leq d_z < d_y$	$d_x = 0 \leq d_y < d_z$
	$d_z = 0 \leq d_y < d_x$	$d_z = 0 \leq d_x < d_y$	$d_y = 0 \leq d_x < d_z$

, trong đó d_x , d_y , và d_z lần lượt là các kích thước log2 của không gian 3D theo các chiều x, y, và z.

1/16

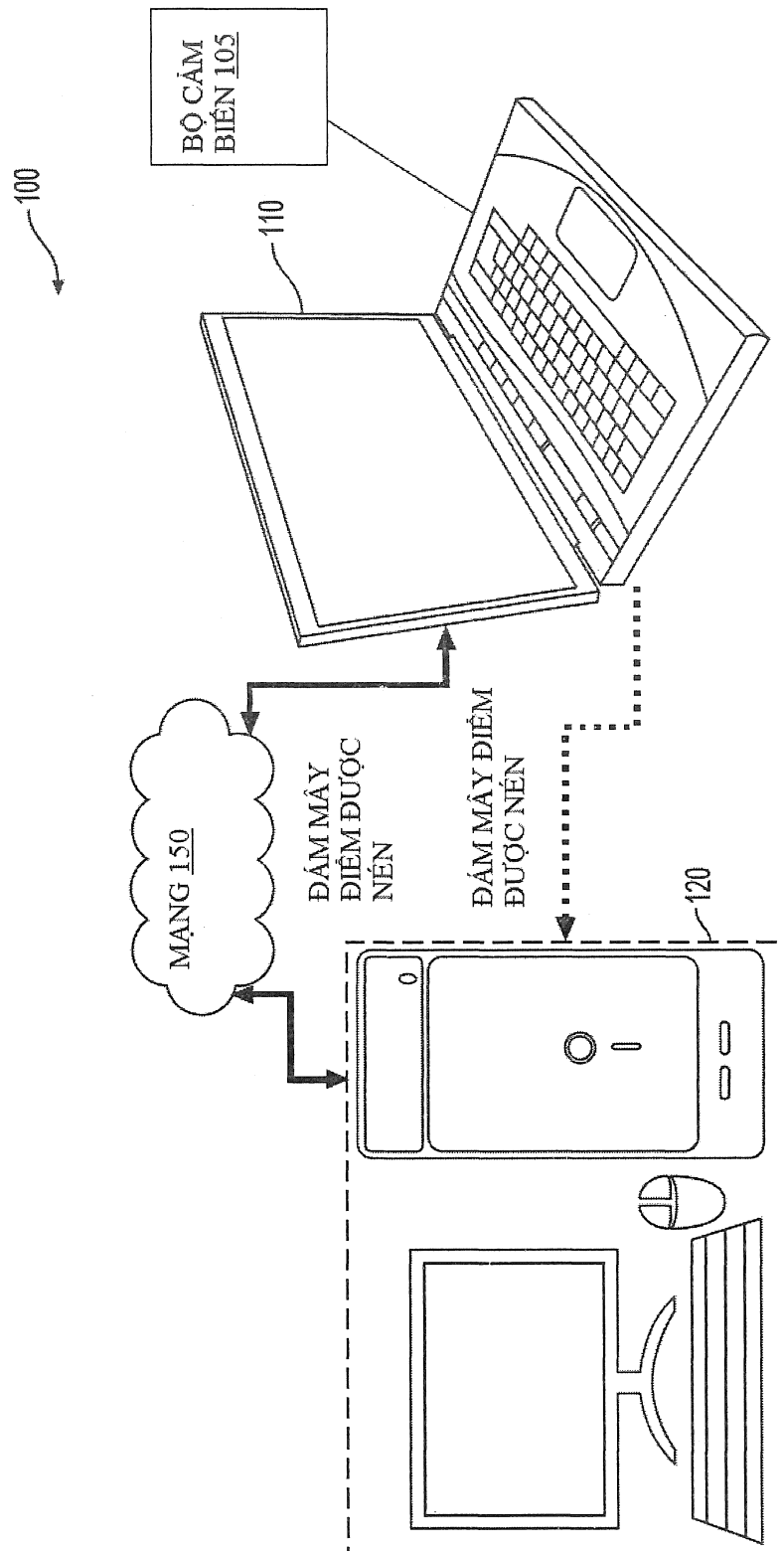


Fig.1

2/16

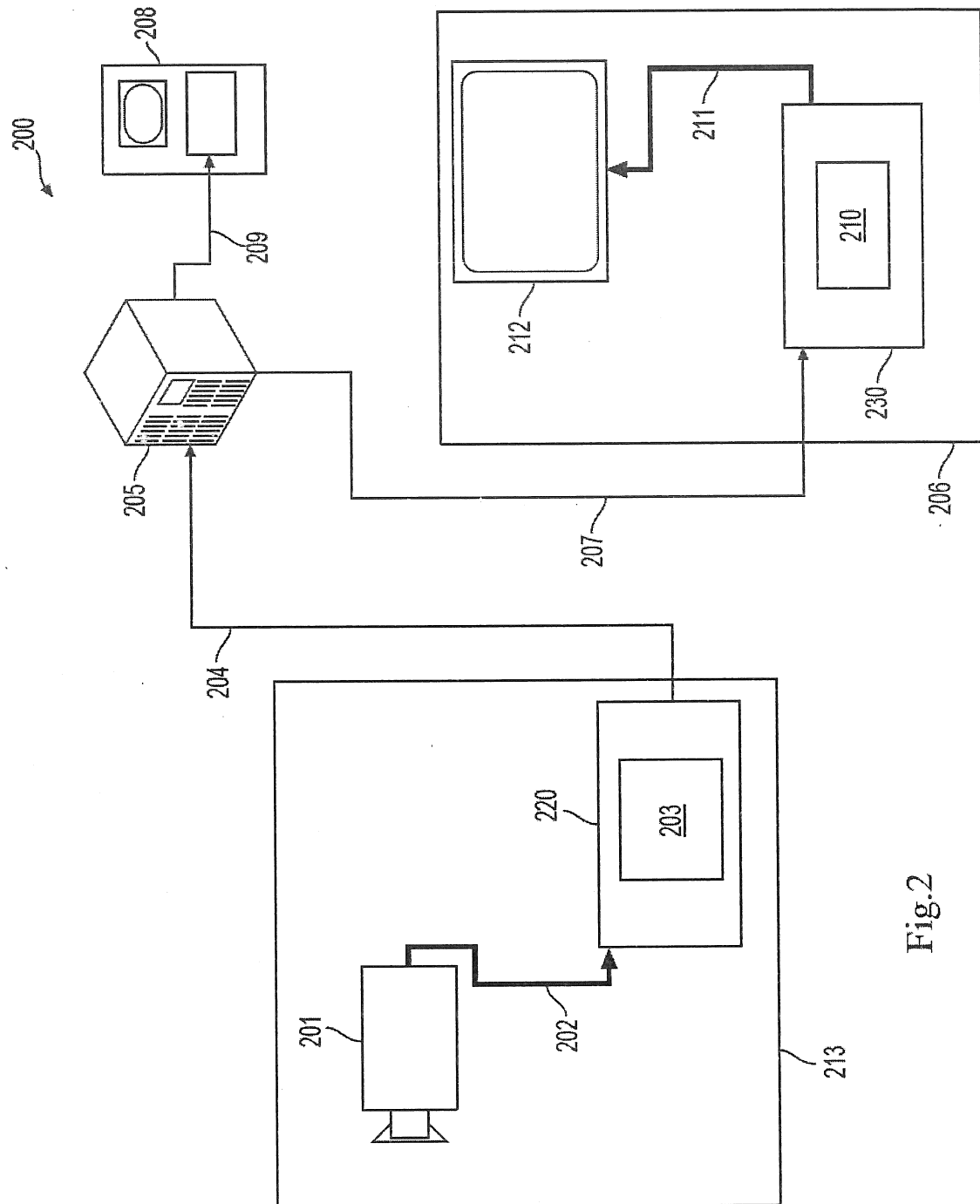


Fig.2

3/16

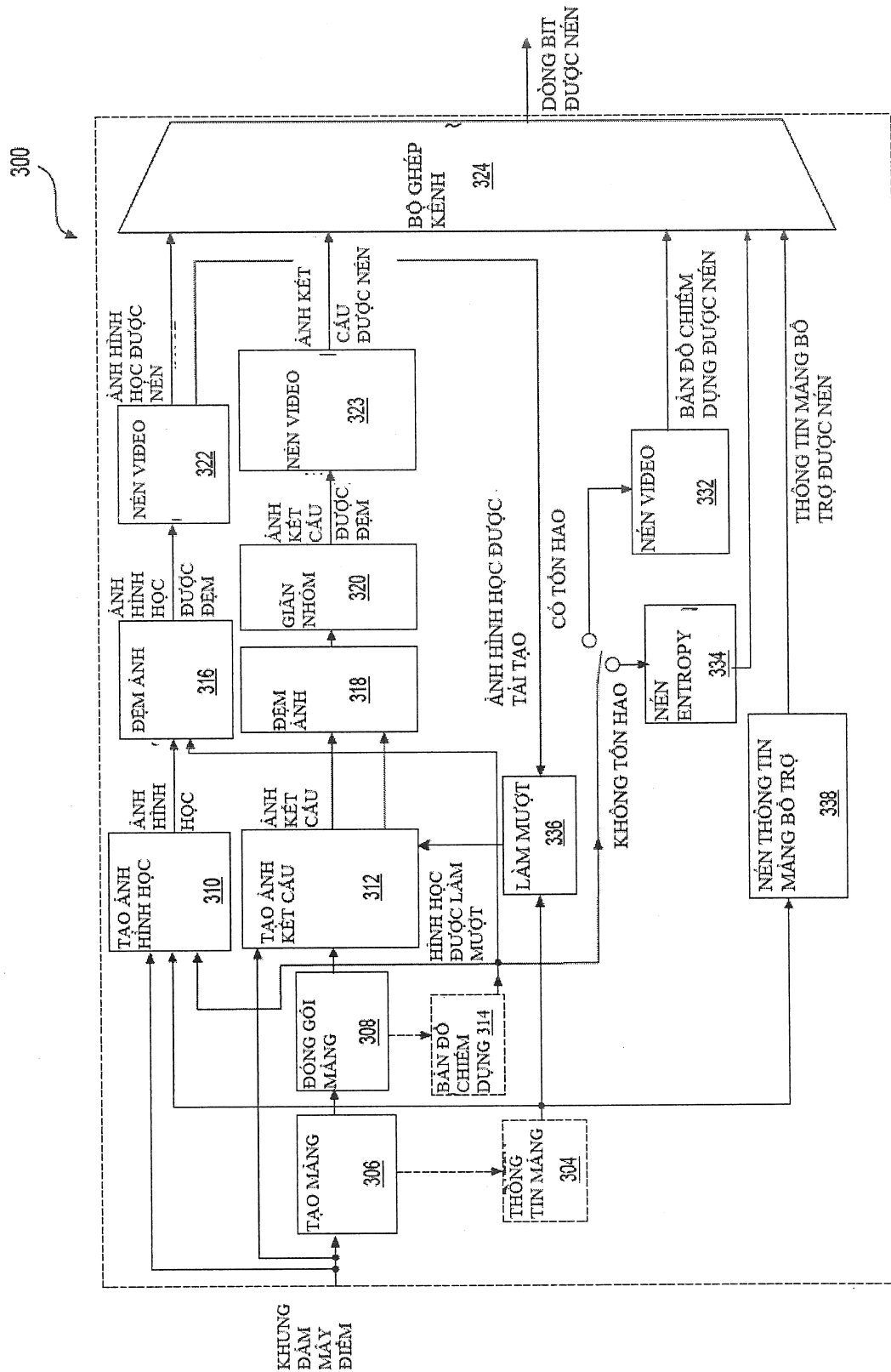


Fig.3

4/16

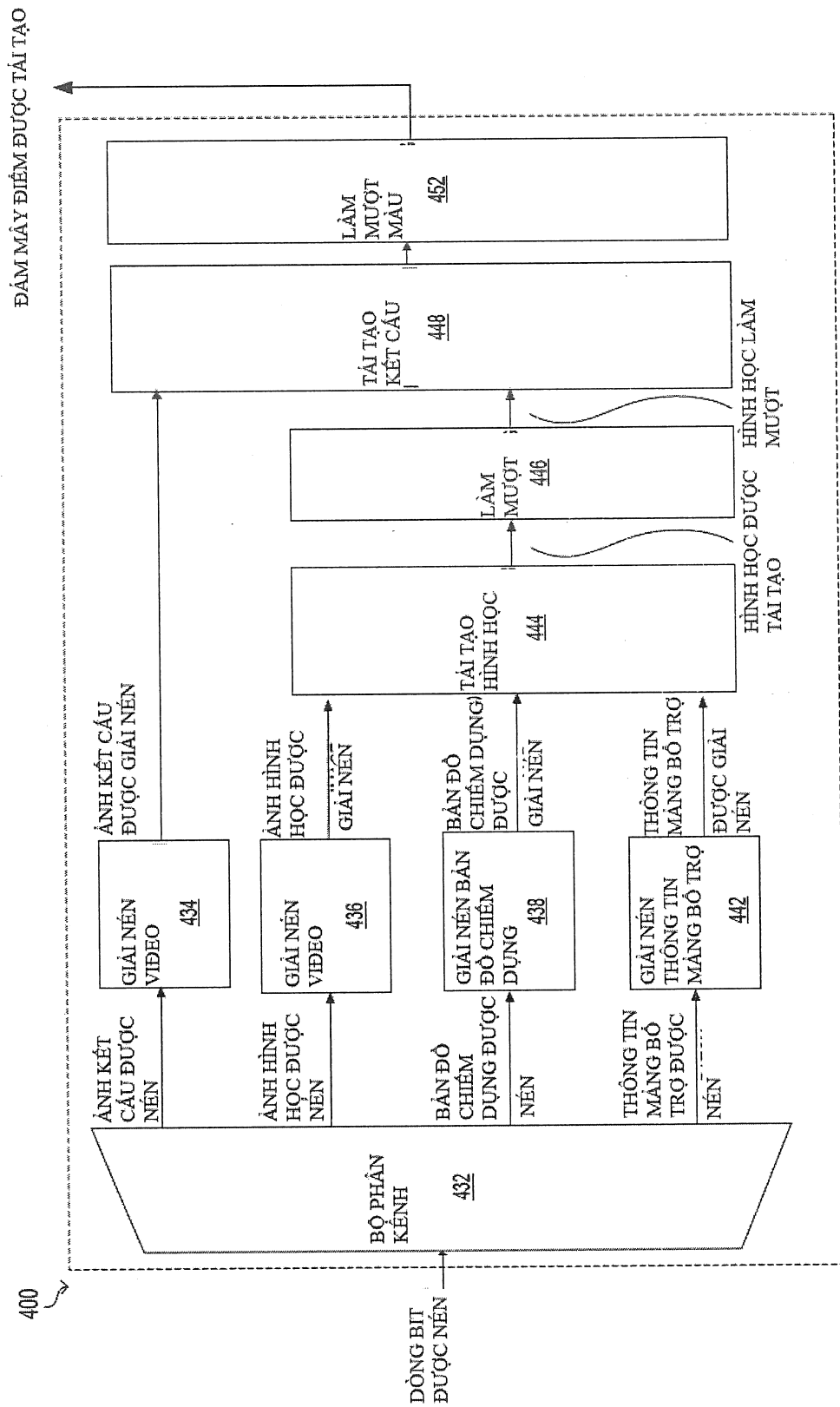


Fig. 4

5/16

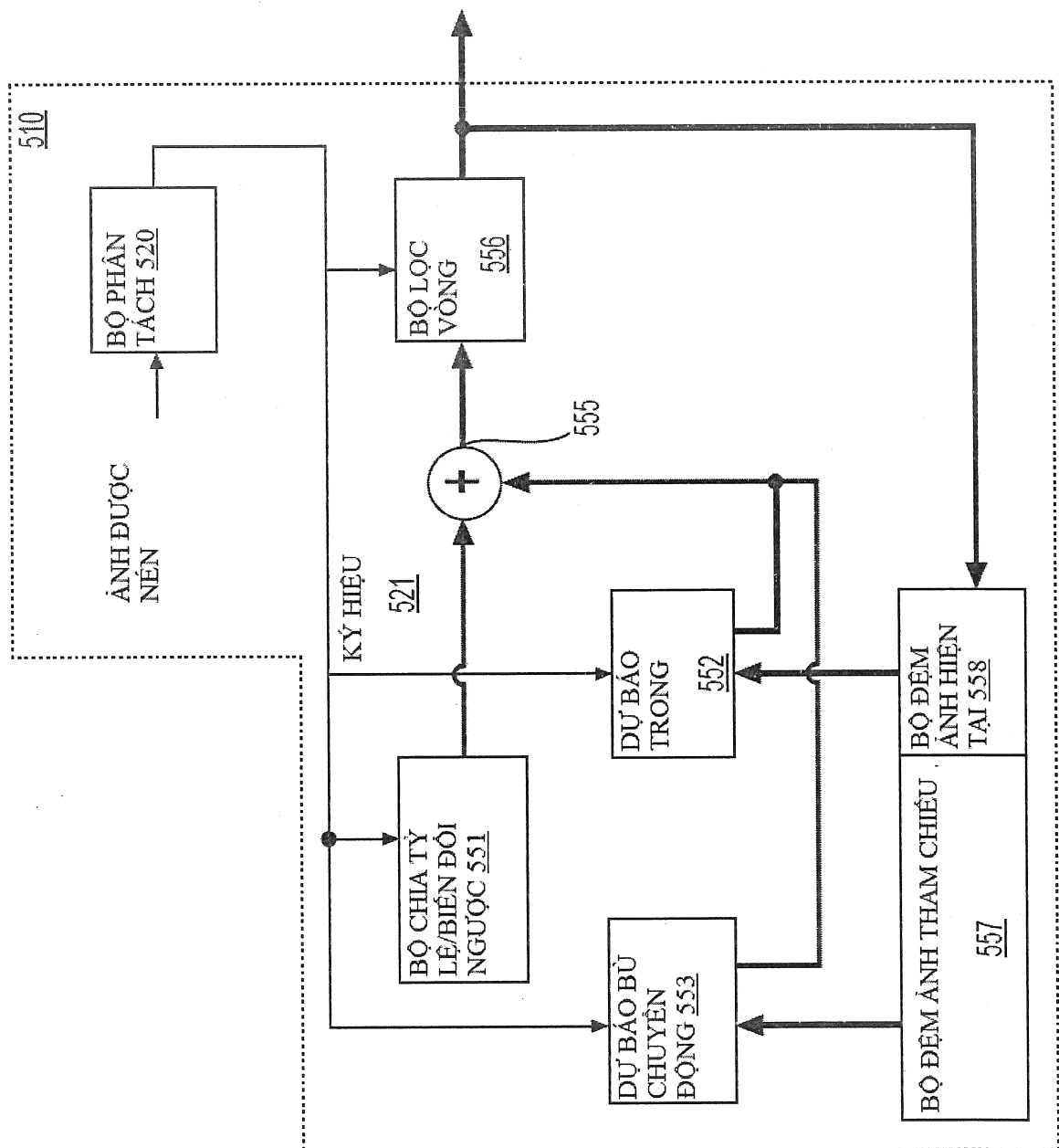


Fig.5

6/16

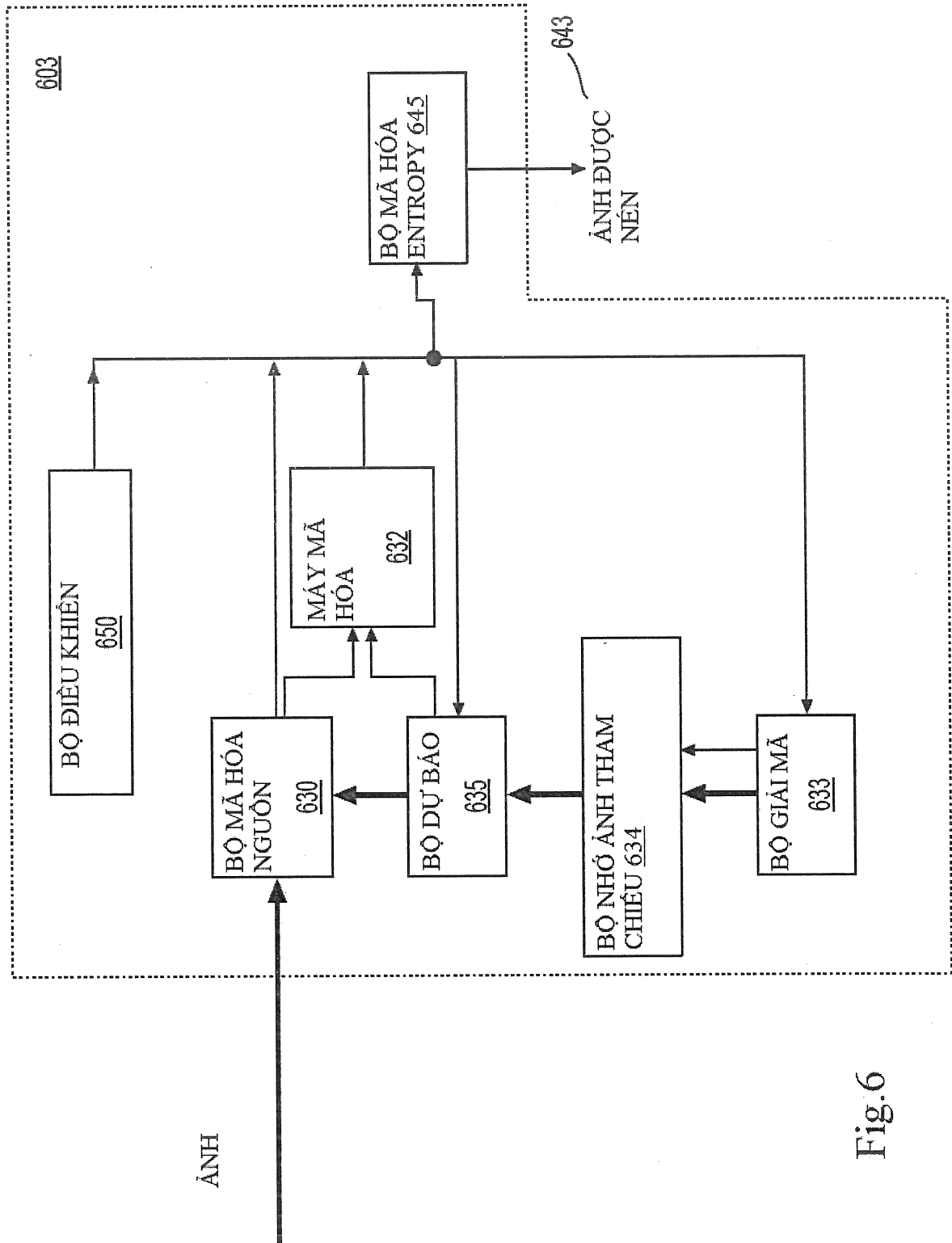


Fig. 6

7/16

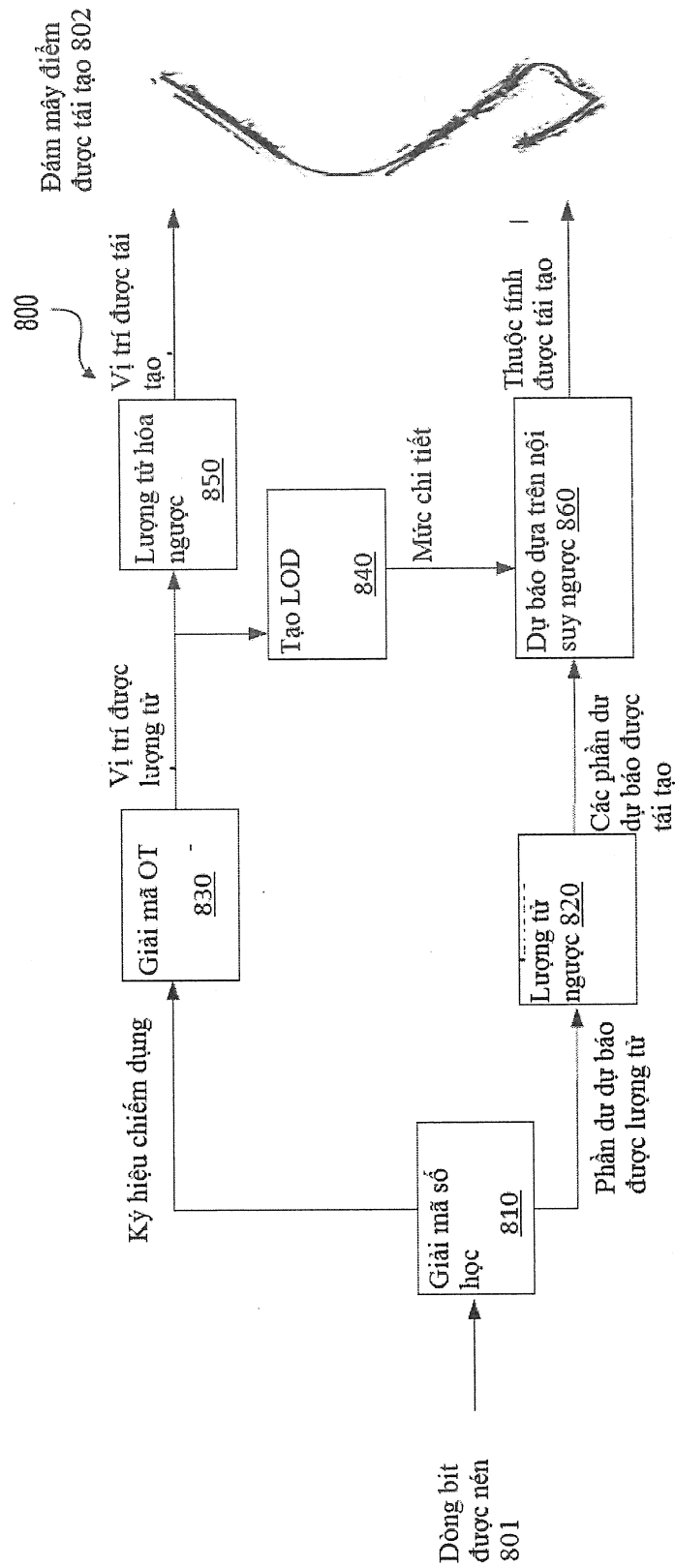


Fig.7

9/16

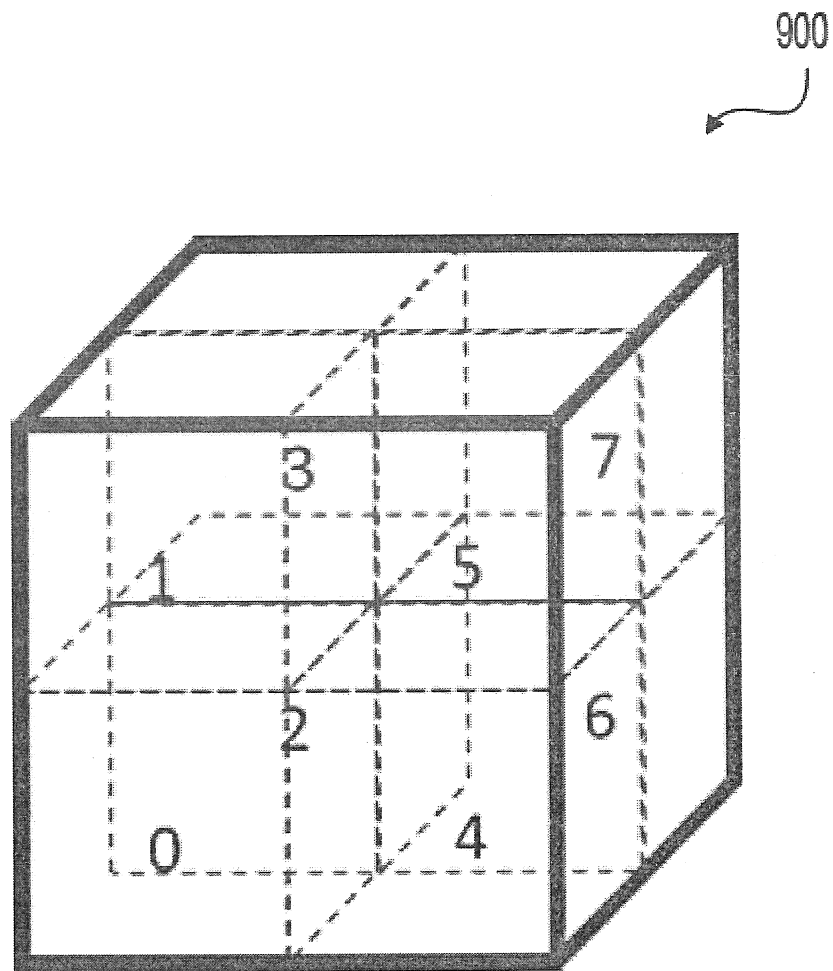


Fig.9

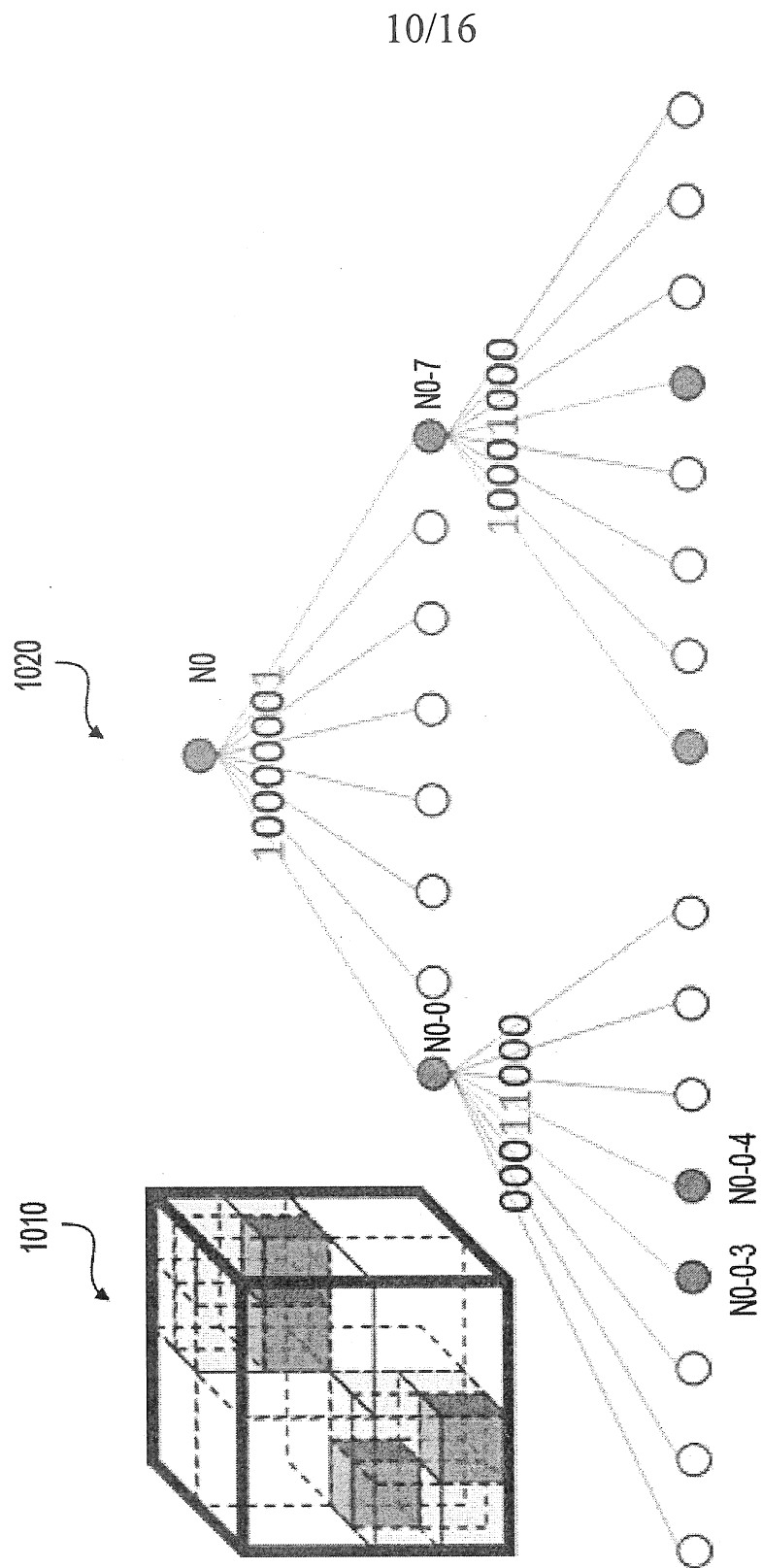


Fig.10

11/16

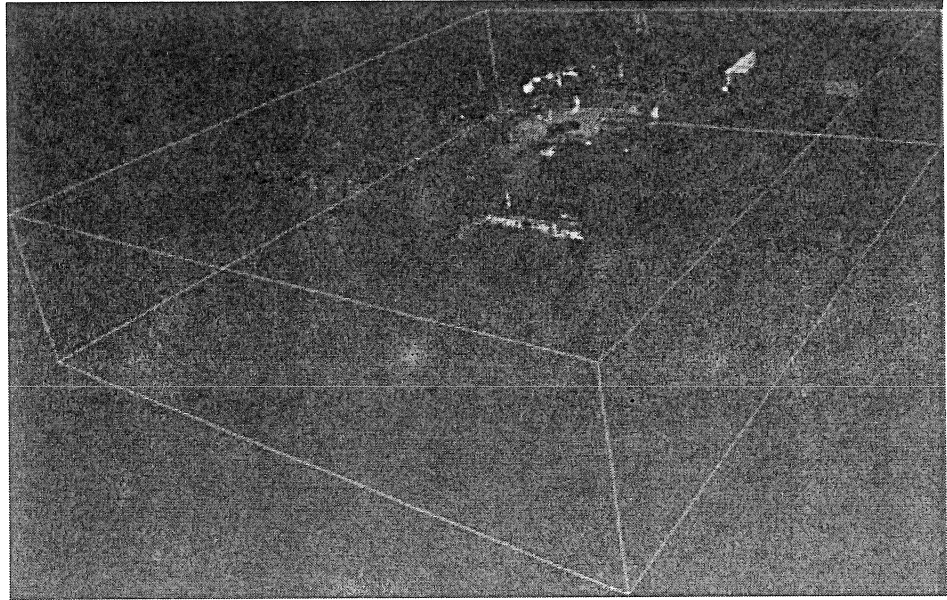
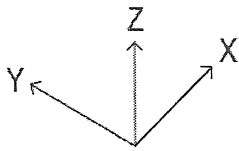


Fig.11



12/16

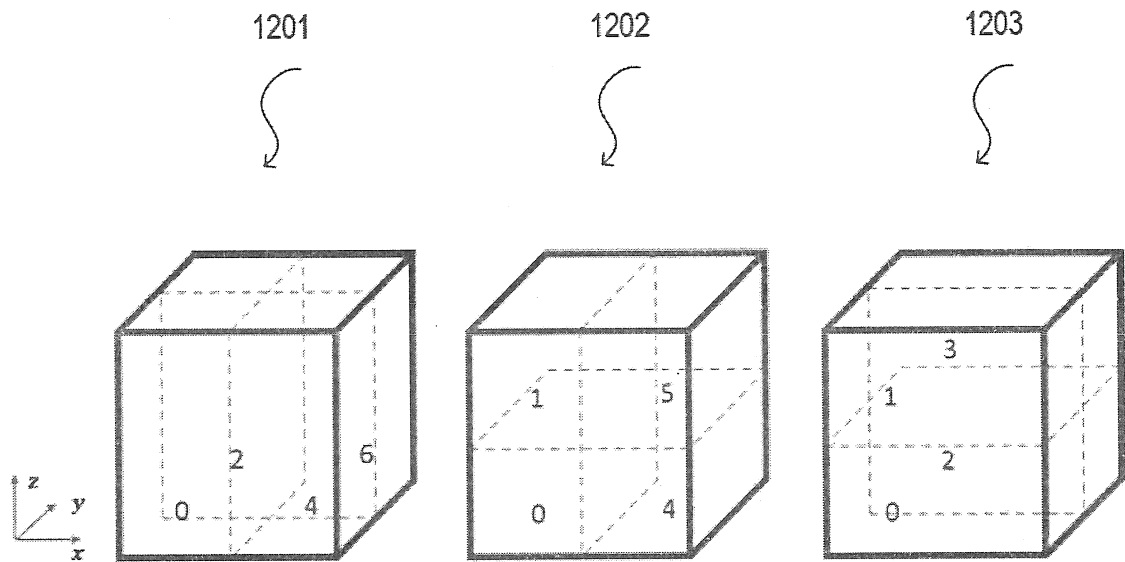


Fig.12

13/16

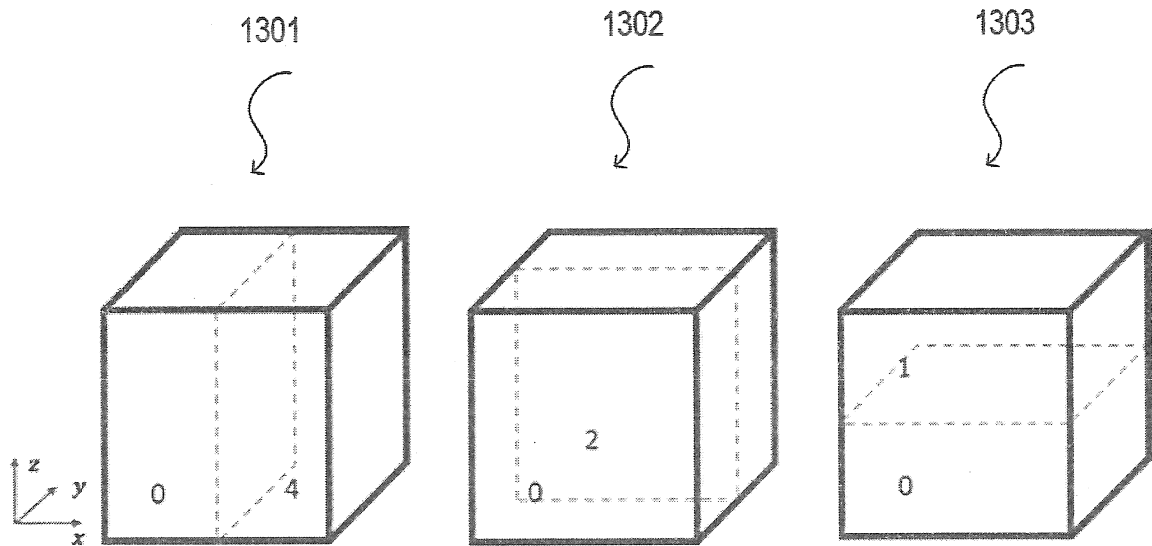


Fig.13

14/16

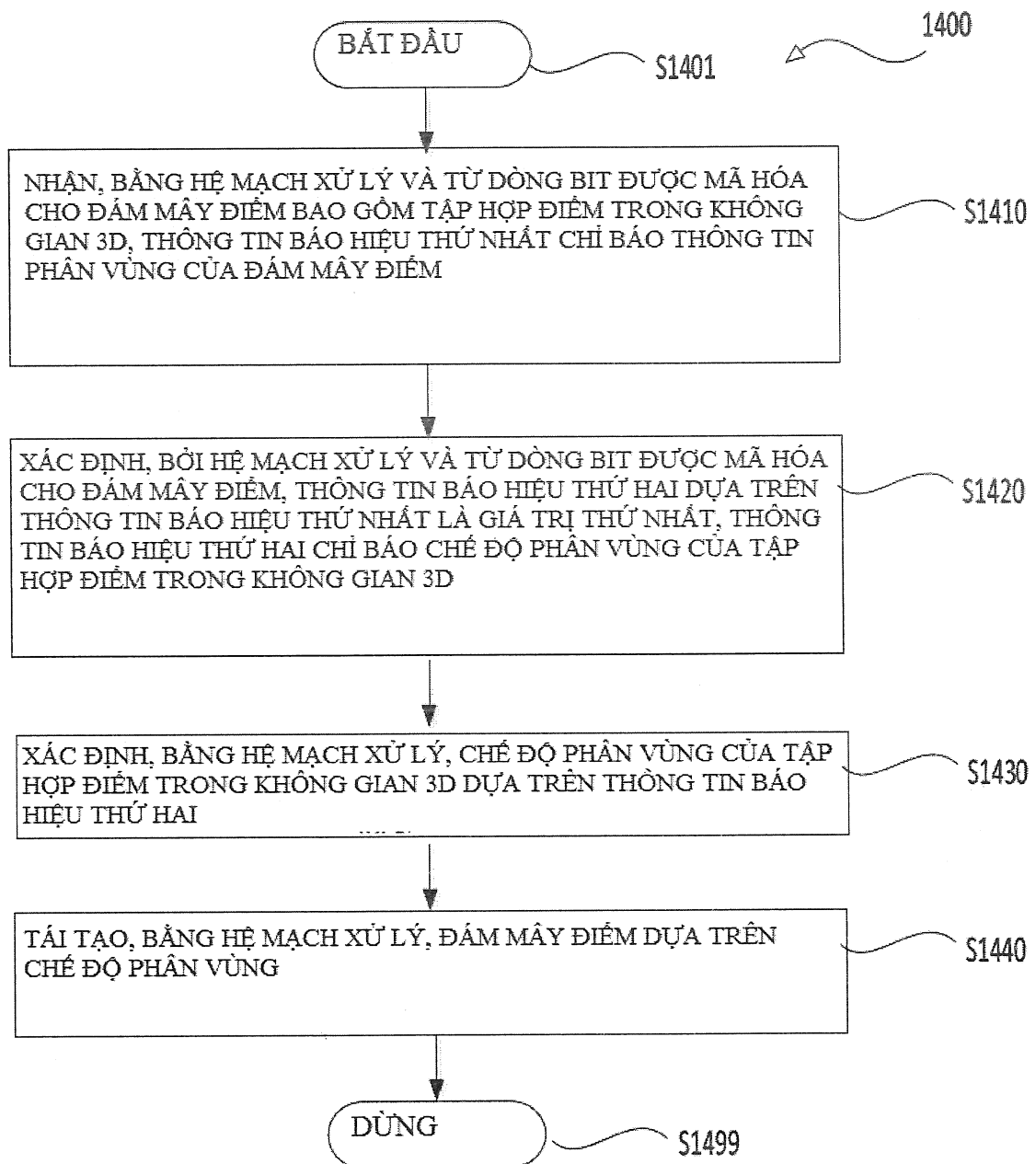


Fig.14

15/16

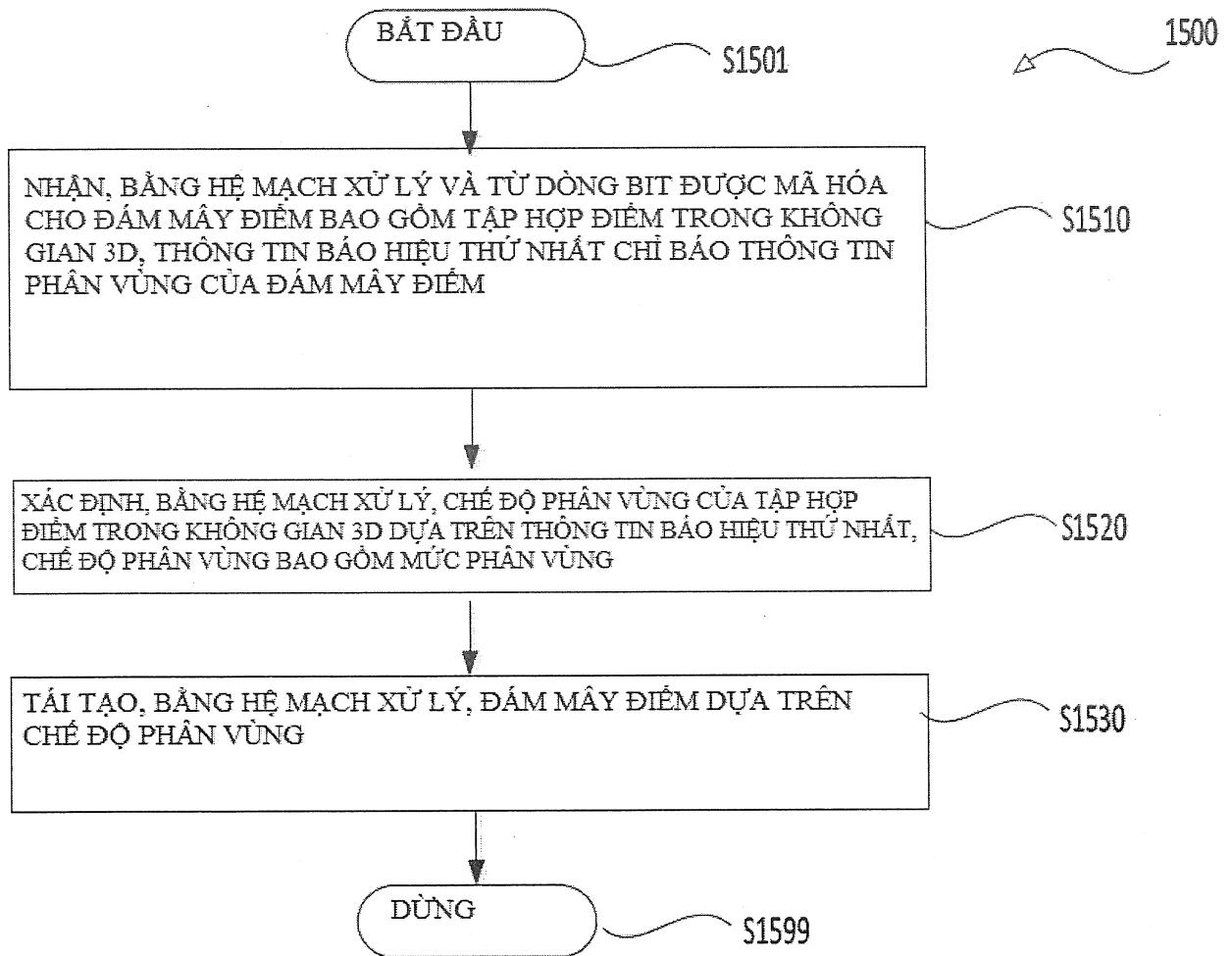


Fig.15

16/16

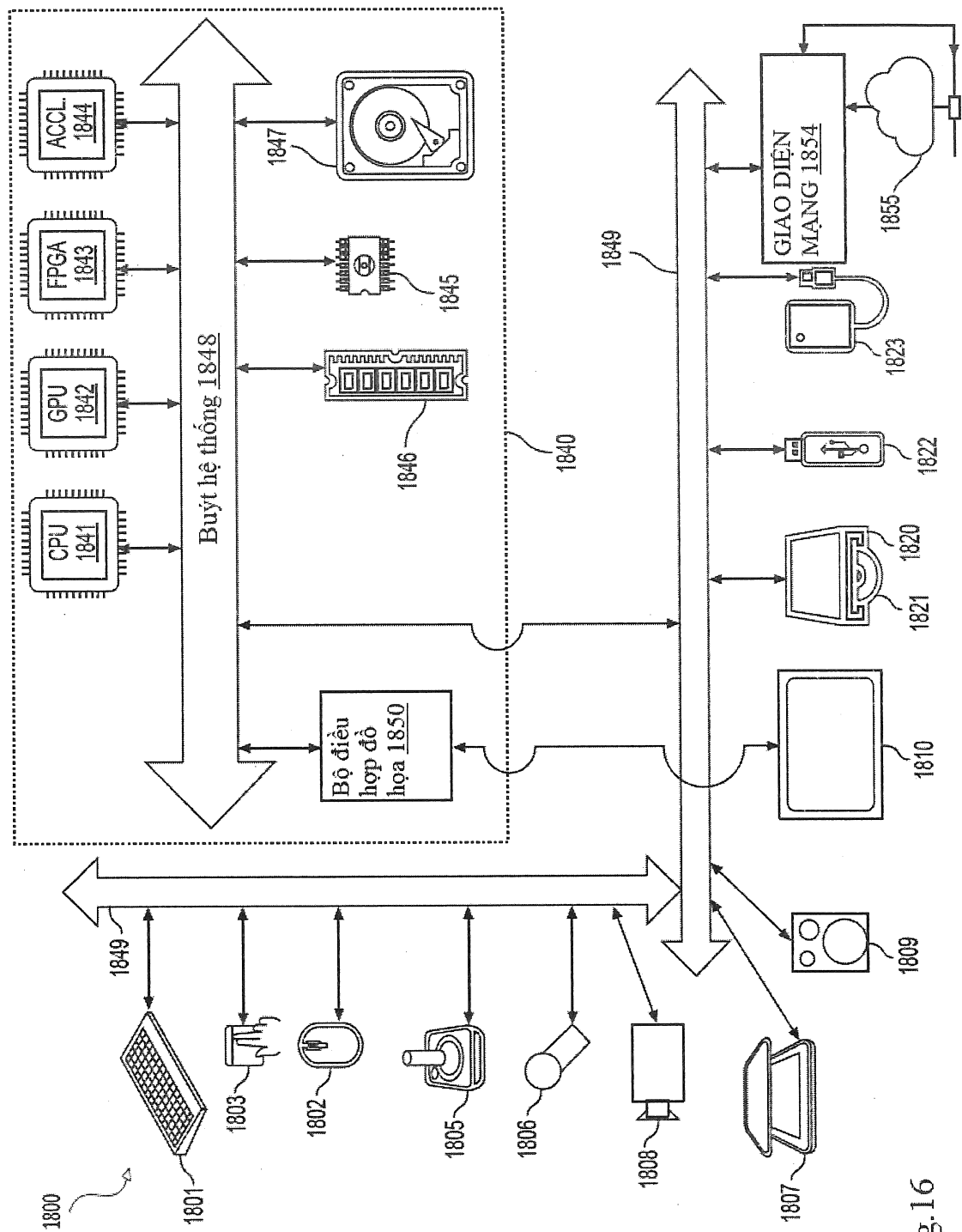


Fig. 16