



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(51)^{2021.01} **G06T 9/00**; H04N 19/91; H04N 19/70; (13) **B**
H04N 19/13; H04N 19/597



1-0053592

-
- (21) 1-2022-06392 (22) 08/04/2021
(86) PCT/US2021/026384 08/04/2021 (87) WO 2021/207495 14/10/2021
(30) 63/007,282 08/04/2020 US; 63/009,940 14/04/2020 US; 17/224,608 07/04/2021 US
(45) 25/11/2025 452 (43) 26/12/2022 417A
(73) Qualcomm Incorporated (US)
Attn: International IP Administration, 5775 Morehouse Drive, San Diego, CA 92121-1714, United States of America
(72) VAN DER AUWERA, Geert (BE); KEROFISKY, Louis Joseph (US); RAY, Bappaditya (IN); RAMASUBRAMONIAN, Adarsh Krishnan (IN); KARCZEWICZ, Marta (US).
(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)
-

- (54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ MÃ HÓA VÀ GIẢI MÃ DỮ LIỆU ĐÁM MÂY ĐIỂM, VÀ PHƯƠNG TIỆN LƯU TRỮ ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(21) 1-2022-06392

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị mã hóa và giải mã dữ liệu đám mây điểm, và phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính. Phương pháp giải mã dữ liệu đám mây điểm bao gồm bước thu được luồng bit bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút; và giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó việc giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

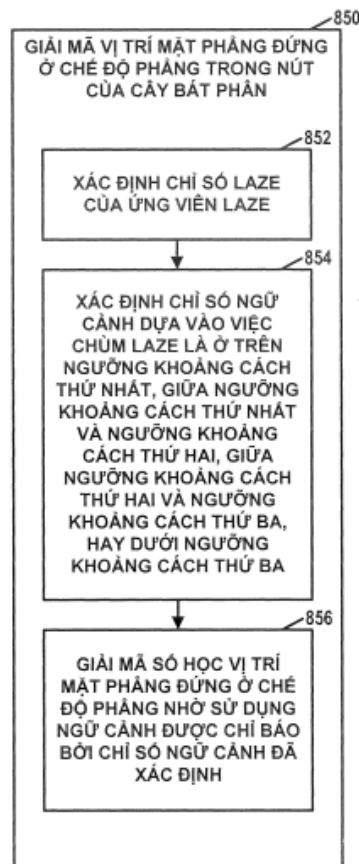


Fig.8B

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kỹ thuật mã hóa và giải mã đám mây điểm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đám mây điểm là tập hợp các điểm trong không gian 3 chiều. Các điểm này có thể tương ứng với các điểm trên các đối tượng trong không gian 3 chiều. Do đó, đám mây điểm có thể được sử dụng để biểu diễn nội dung vật lý của không gian 3 chiều. Các đám mây điểm có thể có ích trong rất nhiều tình huống. Ví dụ, các đám mây điểm có thể được sử dụng trong bối cảnh của xe tự hành để biểu diễn vị trí của các đối tượng trên đường. Trong ví dụ khác, các đám mây điểm có thể được sử dụng trong bối cảnh biểu diễn nội dung vật lý của môi trường cho mục đích định vị các đối tượng ảo trong ứng dụng thực tế tăng cường (augmented reality - AR) hoặc thực tế hỗn hợp (mixed reality - MR). Nén đám mây điểm là quy trình mã hóa và giải mã các đám mây điểm. Việc mã hóa các đám mây điểm có thể giảm lượng dữ liệu cần thiết để lưu trữ và truyền các đám mây điểm.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các khía cạnh của sáng chế mô tả các kỹ thuật để mã hóa và/hoặc giải mã các luồng bit ở chế độ góc, như trong các luồng bit mang dữ liệu đám mây điểm sử dụng kỹ thuật Nén đám mây điểm dựa trên hình học (Geometry-based Point Cloud Compression - G-PCC). Như được mô tả ở đây, các phần tử cú pháp liên quan đến chế độ góc, như các phần tử cú pháp chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng và các phần tử cú pháp chỉ báo độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, được lập mã nhờ sử dụng phương pháp lập mã số học. Các quy trình thông thường để xác định các ngữ cảnh dùng trong việc lập mã số học các phần tử cú pháp như vậy rất là phức tạp. Sáng chế mô tả các kỹ thuật có thể làm giảm sự phức tạp của việc xác định các ngữ cảnh dùng trong việc lập mã số học các phần tử cú pháp như vậy.

Trong một ví dụ, sáng chế mô tả phương pháp giải mã dữ liệu đám mây điểm, phương pháp này bao gồm các bước: thu được luồng bit hình học bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó việc giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả phương pháp mã hóa dữ liệu đám mây điểm, phương pháp này bao gồm các bước: mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó việc mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị giải mã dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm: bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu đám mây điểm; và một hoặc nhiều bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được triển khai trong hệ mạch, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để: thu được luồng bit hình học bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình sao cho, như là một phần của việc giải mã vị trí mặt

phẳng đứng ở chế độ phẳng, một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị mã hóa dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm: bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu đám mây điểm; và một hoặc nhiều bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được triển khai trong hệ mạch, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để mã hóa đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để, như là một phần của việc mã hóa đám mây điểm: mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình sao cho, như là một phần của việc mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị giải mã dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm: phương tiện để thu được luồng bit hình học bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và phương tiện để giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó phương tiện để giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: phương tiện để xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; phương tiện để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa

ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và phương tiện để giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị mã hóa dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm: phương tiện để mã hóa dữ liệu đám mây điểm, trong đó phương tiện để mã hóa dữ liệu đám mây điểm bao gồm phương tiện để mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó phương tiện để mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: phương tiện để xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; phương tiện để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và phương tiện để mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: thu được luồng bit hình học bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm; và giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: mã hóa đám mây điểm, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa đám mây điểm bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả phương pháp giải mã dữ liệu đám mây điểm, phương pháp này bao gồm các bước: thu được luồng bit hình học bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, trong đó việc giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả phương pháp mã hóa dữ liệu đám mây điểm, phương pháp này bao gồm các bước: mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó việc mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số

laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị giải mã dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm: bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu đám mây điểm; và một hoặc nhiều bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được triển khai trong hệ mạch, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để: thu được luồng bit hình học bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình sao cho, như là một phần của việc giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị mã hóa dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm: bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu đám mây điểm; và một hoặc nhiều bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được triển khai trong hệ mạch, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để: mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để, như là một phần của việc mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng

cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị giải mã dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm: phương tiện để thu được luồng bit hình học bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và phương tiện để giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, trong đó phương tiện để giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng bao gồm: phương tiện để xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; phương tiện để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và phương tiện để giải mã số học bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị mã hóa dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm: phương tiện để mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó phương tiện để mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng bao gồm: phương tiện để xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; phương tiện để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và phương tiện để mã hóa số học bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: thu được luồng bit hình học bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong

đám mây điểm; và giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong ví dụ khác, sáng chế mô tả phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Chi tiết về một hoặc nhiều ví dụ được thể hiện trên các hình vẽ kèm theo và phần mô tả dưới đây. Các dấu hiệu, mục đích và ưu điểm khác sẽ trở nên rõ ràng nhờ phần mô tả, các hình vẽ và các điểm yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ khối minh họa hệ thống mã hóa và giải mã làm ví dụ có thể thực hiện các kỹ thuật của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ khối minh họa bộ mã hóa nén đám mây điểm hình học (Geometry Point Cloud Compression - G-PCC) làm ví dụ.

Fig.3 là sơ đồ khối minh họa bộ giải mã G-PCC làm ví dụ.

Fig.4 là sơ đồ khái niệm minh họa sự chiếm dụng mặt phẳng làm ví dụ theo chiều thẳng đứng.

Fig.5 là sơ đồ khái niệm của ví dụ trong đó chỉ số ngữ cảnh được xác định dựa vào các vị trí chùm laze ở trên hoặc dưới điểm đánh dấu của nút, theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế.

Fig.6 là sơ đồ khái niệm minh họa việc xác định chỉ số ba ngữ cảnh làm ví dụ.

Fig.7 là sơ đồ khái niệm minh họa việc xác định chỉ số ngữ cảnh làm ví dụ để lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng dựa vào vị trí chùm laze với các khoảng tách biệt bởi các đường chấm mảnh.

Fig.8A là lưu đồ minh họa hoạt động làm ví dụ để mã hóa vị trí mặt phẳng đứng theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế.

Fig.8B là lưu đồ minh họa hoạt động làm ví dụ để giải mã vị trí mặt phẳng đứng theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế.

Fig.9 là sơ đồ khái niệm của ví dụ để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào các vị trí chùm laze ở trên hoặc dưới điểm giữa khoảng.

Fig.10 là sơ đồ khái niệm minh họa khoảng độ lệch điểm thẳng đứng ở Chế độ mã hóa suy luận trực tiếp (Inferred Direct Coding Mode - IDCM) làm ví dụ tương ứng với bit thứ j được chia thành ba khoảng con.

Fig.11 là sơ đồ khái niệm minh họa kỹ thuật làm ví dụ để xác định chỉ số ngữ cảnh để lập mã các độ lệch vị trí điểm thẳng đứng của IDCM dựa vào vị trí chùm laze ở trong các khoảng.

Fig.12A là lưu đồ minh họa hoạt động làm ví dụ để mã hóa độ lệch điểm thẳng đứng IDCM theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế.

Fig.12B là lưu đồ minh họa hoạt động làm ví dụ để giải mã độ lệch điểm thẳng đứng IDCM theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế.

Fig.13 là sơ đồ khái niệm biểu thị các góc và các cạnh của tam giác vuông.

Fig.14 là sơ đồ khái niệm minh họa hệ thống định tầm làm ví dụ có thể được sử dụng với một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế.

Fig.15 là sơ đồ khái niệm minh họa tình huống dựa trên xe làm ví dụ trong đó một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế có thể được sử dụng.

Fig.16 là sơ đồ khái niệm minh họa hệ thống thực tế mở rộng làm ví dụ trong đó một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế có thể được sử dụng.

Fig.17 là sơ đồ khái niệm minh họa hệ thống thiết bị di động làm ví dụ trong đó một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế có thể được sử dụng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Đám mây điểm là tập hợp các điểm trong không gian 3 chiều (3D). Dữ liệu đám mây điểm có thể bao gồm toàn bộ hoặc một số dữ liệu biểu diễn đám mây điểm. Nén đám mây điểm dựa trên hình học (G-PCC) là phương thức để giảm lượng dữ liệu cần thiết để mã hóa hoặc lưu trữ các đám mây điểm. Như là một phần của việc mã hóa đám mây điểm, bộ mã hóa G-PCC tạo ra cây bát phân. Mỗi nút của cây bát phân tương ứng với một không gian hình khối. Để dễ giải thích, sáng chế có thể, trong một số trường hợp, đề cập đến nút và không gian hình khối tương ứng với nút theo cách thay thế cho nhau. Các nút của cây bát phân có thể có không nút con hoặc tám nút con. Trong các ví dụ khác, các nút có thể được chia thành các nút con theo các cấu trúc cây khác. Các nút con của nút cha tương ứng với các hình khối có kích thước bằng nhau trong hình khối tương ứng với nút cha. Vị trí của các điểm riêng lẻ của đám mây điểm có thể được báo hiệu liên quan đến các nút tương ứng với các hình khối chứa các điểm. Nếu hình khối tương ứng với một nút không chứa điểm nào của đám mây điểm, nút này được gọi là không bị chiếm dụng. Nếu nút không bị chiếm dụng, có thể không cần phải báo hiệu dữ liệu bổ sung liên quan đến nút. Ngược lại, nếu hình khối tương ứng với một nút chứa một hoặc nhiều điểm của đám mây điểm, nút này được gọi là bị chiếm dụng.

Chế độ phẳng là kỹ thuật có thể cải thiện việc mã hóa hoặc báo hiệu các nút nào trong cây bát phân là bị chiếm dụng. Chế độ phẳng có thể được sử dụng khi tất cả các nút con bị chiếm dụng của nút gần kề với một mặt phẳng, và trên một phía của mặt phẳng kết hợp với các giá trị tọa độ tăng dần cho chiều vuông góc với mặt phẳng. Chẳng hạn, chế độ phẳng có thể được sử dụng cho nút khi tất cả các nút con bị chiếm dụng của nút nằm ở trên hoặc dưới mặt phẳng ngang đi qua tâm điểm của nút, hoặc chế độ phẳng có thể được sử dụng cho nút khi tất cả các nút con bị chiếm dụng của nút nằm trên phía gần hoặc phía xa hơn của mặt phẳng đứng đi qua tâm điểm của nút. Bộ mã hóa G-PCC có thể báo hiệu phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng cho mỗi trong số chiều x, y, và z. Phần

tử cú pháp vị trí mặt phẳng cho một chiều (ví dụ, chiều x, y, hoặc z) chỉ báo liệu mặt phẳng vuông góc với chiều này là ở vị trí thứ nhất hay vị trí thứ hai. Nếu mặt phẳng ở vị trí thứ nhất, mặt phẳng này tương ứng với biên của nút. Nếu mặt phẳng ở vị trí thứ hai, mặt phẳng đi qua tâm 3D của nút. Do đó, đối với chiều z, bộ mã hóa G-PCC hoặc bộ giải mã G-PCC có thể lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây bát phân biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm.

Bộ lập mã G-PCC (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC hoặc bộ giải mã G-PCC) có thể sử dụng kỹ thuật lập mã số học để lập mã các phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng. Khi bộ lập mã G-PCC sử dụng kỹ thuật lập mã số học để lập mã phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng, bộ lập mã G-PCC xác định chỉ số ngữ cảnh chỉ báo ngữ cảnh dùng để lập mã số học phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng. Ngữ cảnh chỉ rõ xác suất cho các ký hiệu dùng trong lập mã số học. Như được mô tả chi tiết hơn ở phần khác trong bản mô tả, các kỹ thuật thông thường để xác định chỉ số ngữ cảnh rất là phức tạp. Sự phức tạp này có thể làm chậm quy trình lập mã đám mây điểm. Hơn nữa, sự phức tạp này có thể làm tăng chi phí của phần cứng có thể được sử dụng để triển khai các bộ mã hóa và bộ giải mã.

Sáng chế mô tả các kỹ thuật có thể làm giảm sự phức tạp của việc xác định chỉ số ngữ cảnh. Chẳng hạn, bộ lập mã G-PCC có thể lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây bát phân biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm. Như là một phần của việc lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze. Chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút. Ngoài ra, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút. Chẳng hạn, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba. Bộ lập mã G-PCC có thể lập mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định. Việc xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm và nút theo cách này có thể làm giảm sự phức tạp của việc xác định chỉ số ngữ cảnh. Mặc dù sáng chế mô tả các tia laze, các chùm laze, các ứng viên laze, và các thuật ngữ khác bao gồm các tia laze, các thuật ngữ này không nhất thiết giới hạn ở các trường hợp mà trong đó các tia

laze vật lý được sử dụng. Đúng hơn là, các thuật ngữ này có thể được sử dụng đối với các tia laze vật lý hoặc các công nghệ định tâm khác. Hơn nữa, các thuật ngữ này có thể được sử dụng đối với các chùm khái niệm được sử dụng cho mục đích lập mã các đám mây điểm. Nói cách khác, các thuật ngữ “tia laze”, “chùm laze”, v.v., có thể không đề cập đến các tia laze và các chùm laze thực, mà đúng hơn là khái niệm về tia laze và chùm laze có thể được sử dụng cho các mục đích lập mã các đám mây điểm.

Như nêu trên, vị trí của các điểm riêng lẻ của đám mây điểm có thể được mã hóa liên quan đến các nút chứa các điểm. Trong một số ví dụ, vị trí của các điểm trong nút có thể được mã hóa nhờ sử dụng chế độ lập mã suy luận trực tiếp (IDCM). Khi một điểm được báo hiệu nhờ sử dụng IDCM, bộ mã hóa G-PCC mã hóa độ lệch điểm chỉ báo độ lệch, theo chiều cụ thể (ví dụ, chiều thẳng đứng, chiều nằm ngang, chiều bên, v.v.), của điểm này so với điểm gốc của nút. Độ lệch điểm có thể được gọi là độ lệch vị trí điểm. Các bộ lập mã G-PCC có thể xác định ngữ cảnh và sử dụng ngữ cảnh này trong việc lập mã số học độ lệch điểm. Các kỹ thuật thông thường để xác định ngữ cảnh dùng trong việc lập mã số học độ lệch điểm rất là phức tạp.

Sáng chế mô tả các kỹ thuật có thể làm giảm sự phức tạp của các quy trình để xác định ngữ cảnh dùng để lập mã số học các độ lệch điểm. Chẳng hạn, như được mô tả trong sáng chế, bộ lập mã G-PCC có thể lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây (ví dụ, cây bát phân) biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm. Như là một phần của việc lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze. Chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút. Ngoài ra, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba. Bộ lập mã G-PCC có thể lập mã số học các bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Fig.1 là sơ đồ khối minh họa hệ thống mã hóa và giải mã làm ví dụ 100 có thể thực hiện các kỹ thuật của sáng chế. Các kỹ thuật của sáng chế nói chung hướng đến việc lập mã (mã hóa và/hoặc giải mã) dữ liệu đám mây điểm, tức là, để hỗ trợ nén đám

mây điểm. Nói chung, dữ liệu đám mây điểm bao gồm dữ liệu bất kỳ để xử lý đám mây điểm. Việc lập mã có thể có hiệu quả khi nén và/hoặc giải nén dữ liệu đám mây điểm.

Như được thể hiện trên Fig.1, hệ thống 100 bao gồm thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116. Thiết bị nguồn 102 cung cấp dữ liệu đám mây điểm đã mã hóa sẽ được giải mã bởi thiết bị đích 116. Cụ thể, trong ví dụ trên Fig.1, thiết bị nguồn 102 cung cấp dữ liệu đám mây điểm cho thiết bị đích 116 qua phương tiện đọc được bằng máy tính 110. Thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 có thể bao gồm thiết bị bất kỳ trong số rất nhiều thiết bị, bao gồm máy tính để bàn, máy tính sở tay (tức là, máy tính xách tay), máy tính bảng, hộp giải mã tín hiệu, các thiết bị cầm tay như điện thoại thông minh, ti vi, camera, thiết bị hiển thị, trình phát phương tiện kỹ thuật số, bảng điều khiển trò chơi điện tử, thiết bị truyền liên tục video, các phương tiện di chuyển trên mặt đất hoặc dưới biển, tàu vũ trụ, máy bay, robot, thiết bị LIDAR, vệ tinh, thiết bị giám sát hoặc an ninh, hoặc tương tự. Trong một số trường hợp, thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 có thể được trang bị để truyền thông không dây.

Trong ví dụ trên Fig.1, thiết bị nguồn 102 bao gồm nguồn dữ liệu 104, bộ nhớ 106, bộ mã hóa G-PCC 200, và giao diện đầu ra 108. Thiết bị đích 116 bao gồm giao diện đầu vào 122, bộ giải mã G-PCC 300, bộ nhớ 120, và bộ tiêu thụ dữ liệu 118. Bộ mã hóa G-PCC 200 của thiết bị nguồn 102 và bộ giải mã G-PCC 300 của thiết bị đích 116 có thể được tạo cấu hình để áp dụng các kỹ thuật của sáng chế liên quan đến việc đơn giản hóa đối với các chế độ góc G-PCC. Do đó, thiết bị nguồn 102 biểu diễn ví dụ về thiết bị mã hóa, còn thiết bị đích 116 biểu diễn ví dụ về thiết bị giải mã. Trong các ví dụ khác, thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 có thể bao gồm các thành phần hoặc cơ cấu khác. Ví dụ, thiết bị nguồn 102 có thể nhận dữ liệu (ví dụ, dữ liệu đám mây điểm) từ nguồn nội bộ hoặc bên ngoài. Cũng như vậy, thiết bị đích 116 có thể giao tiếp với bộ tiêu thụ dữ liệu bên ngoài, thay vì bao gồm bộ tiêu thụ dữ liệu trong cùng một thiết bị.

Hệ thống 100 như được thể hiện trên Fig.1 chỉ là một ví dụ. Nói chung, các thiết bị mã hóa và/hoặc giải mã kỹ thuật số khác có thể thực hiện các kỹ thuật của sáng chế liên quan đến việc đơn giản hóa đối với các chế độ góc G-PCC. Thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 chỉ là ví dụ về các thiết bị mà trong đó thiết bị nguồn 102 tạo ra dữ liệu được lập mã để truyền đến thiết bị đích 116. Sáng chế đề cập đến thiết bị “lập mã” là thiết bị thực hiện lập mã (mã hóa và/hoặc giải mã) dữ liệu. Do đó, bộ mã hóa G-PCC

200 và bộ giải mã G-PCC 300 biểu diễn các ví dụ về thiết bị lập mã, cụ thể lần lượt là bộ mã hóa và bộ giải mã. Tương tự, thuật ngữ “lập mã” cũng có thể chỉ mã hóa hoặc giải mã. Trong một số ví dụ, thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 có thể hoạt động theo các thức gần như đối xứng sao cho mỗi thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 bao gồm các thành phần mã hóa và giải mã. Do đó, hệ thống 100 có thể hỗ trợ cuộc truyền một chiều hoặc hai chiều giữa thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116, ví dụ, cho truyền liên tục, phát lại, phát quảng bá, điện thoại, điều hướng, và các ứng dụng khác.

Nói chung, nguồn dữ liệu 104 biểu diễn nguồn của dữ liệu (tức là, dữ liệu đám mây điểm thô, chưa mã hóa) và có thể cung cấp chuỗi “khung” liên tiếp) của dữ liệu cho bộ mã hóa G-PCC 200, mã hóa dữ liệu cho các khung. Nguồn dữ liệu 104 của thiết bị nguồn 102 có thể bao gồm thiết bị thu thập đám mây điểm, như bất kỳ trong số nhiều bộ cảm biến, ví dụ, máy quét 3D, thiết bị phát hiện và định tầm ánh sáng (light detection and ranging - LIDAR), một hoặc nhiều camera chụp ảnh hoặc quay video, bộ lưu trữ chứa dữ liệu được thu thập trước đó, và/hoặc giao diện nạp dữ liệu để nhận dữ liệu từ nhà cung cấp nội dung dữ liệu. Theo cách này, nguồn dữ liệu 104 có thể tạo ra đám mây điểm. Ngoài ra hoặc theo cách khác, dữ liệu đám mây điểm có thể được tạo ra trên máy tính từ máy quét, camera, bộ cảm biến hoặc dữ liệu khác. Ví dụ, nguồn dữ liệu 104 có thể tạo ra dữ liệu dựa trên đồ họa máy tính như dữ liệu nguồn, hoặc tạo ra sự kết hợp của dữ liệu trực tiếp, dữ liệu được lưu trữ, và dữ liệu được tạo ra trên máy tính. Trong mỗi trường hợp, bộ mã hóa G-PCC 200 mã hóa dữ liệu được thu thập, được thu thập trước hoặc được tạo ra trên máy tính. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể sắp xếp lại các khung từ trình tự nhận được (đôi khi được gọi là “trình tự hiển thị”) thành trình tự mã hóa để mã hóa. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể tạo ra một hoặc nhiều luồng bit bao gồm dữ liệu đã mã hóa. Thiết bị nguồn 102 sau đó có thể xuất ra dữ liệu đã mã hóa qua giao diện đầu ra 108 lên phương tiện đọc được bằng máy tính 110 để nhận và/hoặc truy hồi bởi, ví dụ, giao diện đầu vào 122 của thiết bị đích 116.

Bộ nhớ 106 của thiết bị nguồn 102 và bộ nhớ 120 của thiết bị đích 116 có thể biểu diễn các bộ nhớ đa năng. Trong một số ví dụ, bộ nhớ 106 và bộ nhớ 120 có thể lưu trữ dữ liệu thô, ví dụ, dữ liệu thô từ nguồn dữ liệu 104 và dữ liệu thô đã giải mã từ bộ giải mã G-PCC 300. Ngoài ra hoặc theo cách khác, bộ nhớ 106 và bộ nhớ 120 có thể lần lượt lưu trữ các lệnh phần mềm có thể thực thi được bằng, ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200

và bộ giải mã G-PCC 300. Mặc dù bộ nhớ 106 và bộ nhớ 120 được thể hiện tách biệt với bộ mã hóa G-PCC 200 và bộ giải mã G-PCC 300 trong ví dụ này, nhưng cần hiểu rằng bộ mã hóa G-PCC 200 và bộ giải mã G-PCC 300 cũng có thể bao gồm các bộ nhớ trong cho các mục đích tương tự hoặc tương đương về mặt chức năng. Hơn nữa, bộ nhớ 106 và bộ nhớ 120 có thể lưu trữ dữ liệu đã mã hóa, ví dụ, được xuất ra từ bộ mã hóa G-PCC 200 và nhập vào bộ giải mã G-PCC 300. Trong một số ví dụ, các phần của bộ nhớ 106 và bộ nhớ 120 có thể được phân bổ dưới dạng một hoặc nhiều bộ đệm, ví dụ, để lưu trữ dữ liệu thô, đã giải mã và/hoặc mã hóa. Chẳng hạn, bộ nhớ 106 và bộ nhớ 120 có thể lưu trữ dữ liệu biểu diễn đám mây điểm.

Phương tiện đọc được bằng máy tính 110 có thể là kiểu phương tiện hoặc thiết bị bất kỳ có khả năng truyền dữ liệu đã mã hóa từ thiết bị nguồn 102 đến thiết bị đích 116. Trong một ví dụ, phương tiện đọc được bằng máy tính 110 biểu diễn phương tiện truyền thông để cho phép thiết bị nguồn 102 truyền dữ liệu đã mã hóa (ví dụ, đám mây điểm đã mã hóa) trực tiếp đến thiết bị đích 116 theo thời gian thực, ví dụ, qua mạng tần số vô tuyến hoặc mạng dựa trên máy tính. Giao diện đầu ra 108 có thể điều biến tín hiệu truyền bao gồm dữ liệu đã mã hóa và giao diện đầu vào 122 có thể giải điều chế tín hiệu truyền nhận được, theo chuẩn truyền thông, như giao thức truyền thông không dây. Phương tiện truyền thông có thể bao gồm phương tiện truyền thông không dây hoặc có dây bất kỳ, như phổ tần số vô tuyến (Radio Frequency - RF) hoặc một hay nhiều đường truyền vật lý. Phương tiện truyền thông có thể tạo thành một phần của mạng dựa trên gói, như mạng cục bộ, mạng diện rộng, hoặc mạng toàn cầu như Internet. Phương tiện truyền thông có thể bao gồm các bộ định tuyến, bộ chuyển mạch, trạm gốc, hoặc bất kỳ thiết bị nào khác có thể có ích để hỗ trợ truyền thông từ thiết bị nguồn 102 đến thiết bị đích 116.

Trong một số ví dụ, thiết bị nguồn 102 có thể xuất ra dữ liệu đã mã hóa từ giao diện đầu ra 108 tới thiết bị lưu trữ 112. Tương tự, thiết bị đích 116 có thể truy cập dữ liệu đã mã hóa từ thiết bị lưu trữ 112 qua giao diện đầu vào 122. Thiết bị lưu trữ 112 có thể bao gồm bất kỳ trong số các phương tiện lưu trữ dữ liệu truy cập phân tán hoặc cục bộ như ổ đĩa cứng, đĩa Blu-ray, DVD, CD-ROM, bộ nhớ tốc độ nhanh, bộ nhớ khả biến hoặc không khả biến hoặc bất kỳ phương tiện lưu trữ số thích hợp nào khác để lưu trữ dữ liệu đã mã hóa.

Trong một số ví dụ, thiết bị nguồn 102 có thể xuất ra dữ liệu đã mã hóa tới máy chủ tập tin 114 hoặc thiết bị lưu trữ trung gian khác có thể lưu trữ dữ liệu đã mã hóa được tạo ra bởi thiết bị nguồn 102. Thiết bị đích 116 có thể truy cập dữ liệu đã lưu trữ từ máy chủ tập tin 114 thông qua truyền liên tục hoặc tải xuống. Máy chủ tập tin 114 có thể là loại thiết bị máy chủ bất kỳ có khả năng lưu trữ dữ liệu đã mã hóa và truyền dữ liệu đã mã hóa đến thiết bị đích 116. Máy chủ tập tin 114 có thể là máy chủ web (ví dụ, dành cho trang web), máy chủ giao thức truyền tập tin (File Transfer Protocol - FTP), thiết bị mạng phân phối nội dung, hoặc thiết bị lưu trữ gắn với mạng (network attached storage - NAS). Thiết bị đích 116 có thể truy cập dữ liệu đã mã hóa từ máy chủ tập tin 114 qua kết nối dữ liệu chuẩn bất kỳ, bao gồm kết nối Internet. Kết nối này có thể bao gồm kênh không dây (ví dụ, kết nối Wi-Fi), kết nối có dây (ví dụ, đường thuê bao số (Digital Subscriber Line - DSL), modem cáp, v.v.), hoặc kết hợp hai loại này phù hợp cho việc truy cập dữ liệu đã mã hóa được lưu trữ trên máy chủ tập tin 114. Máy chủ tập tin 114 và giao diện đầu vào 122 có thể được tạo cấu hình để hoạt động theo giao thức truyền liên tục, giao thức truyền tải xuống, hoặc sự kết hợp của chúng.

Giao diện đầu ra 108 và giao diện đầu vào 122 có thể biểu diễn bộ phát/bộ thu không dây, modem, các thành phần mạng có dây (ví dụ: thẻ Ethernet), các thành phần truyền thông không dây hoạt động theo chuẩn bất kỳ trong số nhiều chuẩn IEEE 802.11, hoặc các thành phần vật lý khác. Trong các ví dụ trong đó giao diện đầu ra 108 và giao diện đầu vào 122 bao gồm các thành phần không dây, giao diện đầu ra 108 và giao diện đầu vào 122 có thể được tạo cấu hình để truyền dữ liệu, như dữ liệu đã mã hóa, theo chuẩn truyền thông di động, như 4G, 4G-LTE (Tiến hóa dài hạn), LTE nâng cao, 5G, hoặc tương tự. Trong một số ví dụ trong đó giao diện đầu ra 108 bao gồm bộ phát không dây, giao diện đầu ra 108 và giao diện đầu vào 122 có thể được tạo cấu hình để truyền dữ liệu, như là dữ liệu đã mã hóa, theo các chuẩn không dây khác, như đặc tả kỹ thuật IEEE 802.11, đặc tả kỹ thuật IEEE 802.15 (ví dụ: ZigBee™), chuẩn Bluetooth™, hoặc tương tự. Trong một số ví dụ, thiết bị nguồn 102 và/hoặc thiết bị đích 116 có thể bao gồm các thiết bị có hệ thống trên chip (system-on-a-chip - SoC) tương ứng. Ví dụ, thiết bị nguồn 102 có thể bao gồm thiết bị SoC để thực hiện chức năng được quy cho bộ mã hóa G-PCC 200 và/hoặc giao diện đầu ra 108 và thiết bị đích 116 có thể bao gồm thiết

bị SoC để thực hiện chức năng được quy cho bộ giải mã G-PCC 300 và/hoặc giao diện đầu vào 122.

Các kỹ thuật của sáng chế có thể được áp dụng cho mã hóa và giải mã để hỗ trợ ứng dụng bất kỳ trong số nhiều ứng dụng, như truyền thông giữa các xe tự hành, truyền thông giữa các máy quét, camera, bộ cảm biến và các thiết bị xử lý như các máy chủ cục bộ hoặc máy chủ từ xa, lập bản đồ địa lý, hoặc các ứng dụng khác.

Trong một số ví dụ, thiết bị nguồn 102 và/hoặc thiết bị đích 116 là các thiết bị di động, như điện thoại di động, thiết bị thực tế tăng cường (AR), hoặc thiết bị thực tế hỗn hợp (MR). Trong các ví dụ này, thiết bị nguồn 102 có thể tạo ra và mã hóa đám mây điểm như là một phần của quy trình lập bản đồ môi trường cục bộ của thiết bị nguồn 102. Đối với các ví dụ AR và MR, thiết bị đích 116 có thể sử dụng đám mây điểm để tạo ra môi trường ảo dựa vào môi trường cục bộ của thiết bị nguồn 102. Trong một số ví dụ, thiết bị nguồn 102 và/hoặc thiết bị đích 116 là các phương tiện di chuyển trên mặt đất hoặc dưới biển, tàu vũ trụ, hoặc máy bay. Trong các ví dụ này, thiết bị nguồn 102 có thể tạo ra và mã hóa đám mây điểm như là một phần của quy trình lập bản đồ môi trường của thiết bị nguồn, ví dụ, cho các mục đích điều hướng tự động, điều tra va chạm, và các mục đích khác.

Giao diện đầu vào 122 của thiết bị đích 116 nhận luồng bit đã mã hóa từ phương tiện đọc được bằng máy tính 110 (ví dụ, phương tiện truyền thông, thiết bị lưu trữ 112, máy chủ tập tin 114 hoặc tương tự). Dòng bit đã mã hóa 110 có thể bao gồm thông tin báo hiệu được xác định bởi bộ mã hóa G-PCC 200, thông tin này cũng được sử dụng bởi bộ giải mã G-PCC 300, chẳng hạn như các phần tử cú pháp có các giá trị mô tả đặc điểm và/hoặc xử lý các đơn vị được lập mã (ví dụ, lát, hình ảnh, nhóm hình ảnh, chuỗi, hoặc tương tự). Bộ tiêu thụ dữ liệu 118 sử dụng dữ liệu đã giải mã. Ví dụ, bộ tiêu thụ dữ liệu 118 có thể sử dụng dữ liệu đã giải mã để xác định vị trí của các đối tượng vật lý. Trong một số ví dụ, bộ tiêu thụ dữ liệu 118 có thể bao gồm màn hiển thị để trình diễn hình ảnh dựa vào đám mây điểm. Ví dụ, bộ tiêu thụ dữ liệu 118 có thể sử dụng các điểm của đám mây điểm làm các đỉnh của đa giác và có thể sử dụng các thuộc tính màu của các điểm của đám mây điểm để tô màu các đa giác. Trong ví dụ này, bộ tiêu thụ dữ liệu 118 sau đó có thể tạo mảnh các đa giác để trình diễn các ảnh được tạo ra trên máy tính dựa vào các đa giác được tô màu.

Mỗi bộ mã hóa G-PCC 200 và bộ giải mã G-PCC 300 có thể được triển khai dưới dạng bất kỳ trong số nhiều hệ mạch mã hóa và/hoặc giải mã thích hợp, như là một hoặc nhiều bộ vi xử lý, bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số (digital signal processor - DSP), mạch tích hợp chuyên dụng (application specific integrated circuit - ASIC), mảng cổng lập trình được theo trường (field programmable gate array - FPGA), logic rời rạc, phần mềm, phần cứng, phần sụn (firmware) hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng. Khi các kỹ thuật này được triển khai một phần trong phần mềm, thiết bị có thể lưu trữ các lệnh cho phần mềm trên phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính thích hợp và thực thi các lệnh trong phần cứng bằng cách sử dụng một hoặc nhiều bộ xử lý để thực hiện các kỹ thuật của sáng chế. Mỗi bộ mã hóa G-PCC 200 và bộ giải mã G-PCC 300 có thể được bao gồm trong một hoặc nhiều bộ mã hóa hoặc bộ giải mã, mỗi trong số chúng có thể được tích hợp như là một phần của bộ mã hóa/bộ giải mã kết hợp (CODEC) trong thiết bị tương ứng. Thiết bị gồm bộ mã hóa G-PCC 200 và/hoặc bộ giải mã G-PCC 300 có thể bao gồm một hoặc nhiều mạch tích hợp, bộ vi xử lý, và/hoặc các kiểu thiết bị khác.

Bộ mã hóa G-PCC 200 và bộ giải mã G-PCC 300 có thể hoạt động theo một chuẩn lập mã, như chuẩn nén đám mây điểm video (video point cloud compression - V-PCC) hoặc chuẩn nén đám mây điểm hình học (geometry point cloud compression - G-PCC). Nói chung sáng chế có thể đề cập đến việc lập mã (ví dụ, mã hóa và giải mã) các hình ảnh để bao gồm quy trình mã hóa hoặc giải mã dữ liệu. Dòng bit đã mã hóa thường bao gồm chuỗi gồm các giá trị cho các phần tử cú pháp biểu diễn các quyết định lập mã (ví dụ, các chế độ lập mã).

Nói chung sáng chế có thể đề cập đến việc “báo hiệu” thông tin nhất định, như là các phần tử cú pháp. Nói chung thuật ngữ “báo hiệu” có thể chỉ việc truyền thông các giá trị cho các phần tử cú pháp và/hoặc dữ liệu khác được dùng để giải mã dữ liệu đã mã hóa. Tức là, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể báo hiệu các giá trị cho các phần tử cú pháp trong luồng bit. Nói chung, báo hiệu dùng để chỉ việc tạo ra giá trị trong luồng bit. Như nêu trên, thiết bị nguồn 102 có thể truyền luồng bit đến thiết bị đích 116 về cơ bản theo thời gian thực, hoặc không theo thời gian thực, việc này có thể xảy ra khi lưu trữ các phần tử cú pháp vào thiết bị lưu trữ 112 để thiết bị đích 116 truy hồi sau.

Các hoạt động nén đám mây điểm được phân loại trong hai phương thức khác nhau. Phương thức thứ nhất là “Nén đám mây điểm video” (V-PCC), phương thức này

phân đoạn đối tượng 3D, và chiếu các đoạn này trong nhiều mặt phẳng 2D (được biểu diễn là “các mảnh” trong khung 2D), được lập mã thêm bởi bộ mã hóa-giải mã (codec) video như bộ mã hóa-giải mã (codec) theo chuẩn Mã hóa video hiệu suất cao (High Efficiency Video Coding - HEVC) (ITU-T H.265). Phương thức thứ hai là “Nén đám mây điểm dựa trên hình học” (G-PCC), phương thức này trực tiếp nén hình học 3D, tức là, vị trí của tập hợp các điểm trong không gian 3D, và các giá trị thuộc tính đi kèm (cho mỗi điểm gắn với hình học 3D). G-PCC xử lý việc nén các đám mây điểm trong cả Hạng mục 1 (các đám mây điểm tĩnh) và Hạng mục 3 (các đám mây điểm thu được động). Bản thảo gần đây của chuẩn G-PCC có trong tài liệu G-PCC DIS, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 w19088, Brussels, Bỉ, tháng 01/2020 (sau đây gọi là “w19088”), và mô tả về bộ mã hóa-giải mã (codec) có trong tài liệu G-PCC Codec Description v6, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 w19091, Brussels, Bỉ, tháng 01/2020 (sau đây gọi là “w19091”).

Đám mây điểm chứa tập hợp các điểm trong không gian 3D và có thể có các thuộc tính gắn với các điểm. Các thuộc tính có thể là thông tin màu như R, G, B hoặc Y, Cb, Cr, hoặc thông tin hệ số phản xạ, hoặc các thuộc tính khác. Các đám mây điểm có thể thu thập bởi nhiều camera và bộ cảm biến khác nhau như các bộ cảm biến LIDAR và các máy quét 3D và cũng có thể được tạo ra trên máy tính. Dữ liệu đám mây điểm được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau bao gồm, nhưng không giới hạn ở, xây dựng (tạo mô hình), đồ họa (các mô hình 3D cho trực quan hóa và hoạt ảnh), công nghệ ô tô (các bộ cảm biến LIDAR dùng để giúp điều hướng), và trong các ứng dụng khác có thể tận dụng việc dùng điện thoại di động, máy tính bảng, hoặc các thiết bị máy tính khác.

Không gian 3D bị chiếm dụng bởi dữ liệu đám mây điểm có thể được bao quanh bởi hộp giới hạn ảo. Vị trí của các điểm trong hộp giới hạn có thể được biểu diễn bởi một độ chính xác nhất định; do đó, vị trí của một hoặc nhiều điểm có thể được lượng tử hóa dựa vào độ chính xác này. Ở mức nhỏ nhất, hộp giới hạn được chia thành các điểm ảnh ba chiều (voxel) là các đơn vị không gian nhỏ nhất được biểu diễn bởi khối lập phương đơn vị. Điểm ảnh ba chiều (voxel) trong hộp giới hạn có thể được gắn với không, một, hoặc nhiều hơn một điểm. Hộp giới hạn có thể được chia thành nhiều vùng lập phương/hình khối, có thể được gọi là các ô. Mỗi ô có thể được lập mã thành một hoặc

hiều lát. Việc phân chia hộp giới hạn thành các lát và ô có thể dựa vào số lượng các điểm trong mỗi phần chia, hoặc dựa vào các cân nhắc khác (ví dụ, vùng cụ thể có được lập mã như là các ô). Các vùng lát có thể được phân chia thêm nhờ sử dụng các quyết định chia tương tự như các quyết định trong các bộ mã hóa-giải mã (codec) video.

Fig.2 cung cấp tổng quan về bộ mã hóa G-PCC 200. Fig.3 cung cấp tổng quan về bộ giải mã G-PCC 300. Các modul được thể hiện là có tính logic, và không nhất thiết tương ứng một-một với mã được triển khai trong phương án thực hiện mẫu của bộ mã hóa-giải mã (codec) G-PCC, tức là, phần mềm mô hình thử nghiệm TMC13 được nghiên cứu bởi ISO/IEC MPEG (JTC 1/SC 29/WG 11).

Trong cả bộ mã hóa G-PCC 200 và bộ giải mã G-PCC 300, các vị trí đám mây điểm được lập mã trước tiên. Việc lập mã thuộc tính phụ thuộc vào hình học được giải mã. Trên Fig.2 và Fig.3, các modul được tô màu xám là các tùy chọn thường được sử dụng cho dữ liệu Hạng mục 1. Các modul gạch chéo là các tùy chọn thường được sử dụng cho dữ liệu Hạng mục 3. Tất cả các modul khác là chung giữa các Hạng mục 1 và 3.

Với dữ liệu Hạng mục 3, hình học đã nén thường được biểu diễn là cây bát phân từ gốc xuống tận mức lá của các điểm ảnh ba chiều (voxel). Với dữ liệu Hạng mục 1, hình học đã nén thường được biểu diễn bởi cây bát phân cắt ngắn (tức là, cây bát phân từ gốc xuống đến mức lá của các khối lớn hơn các điểm ảnh ba chiều) cộng với mô hình mà tiệm cận mặt phẳng trong mỗi lá của cây bát phân cắt ngắn. Theo cách này, cả dữ liệu Hạng mục 1 và 3 đều dùng chung cơ chế lập mã cây bát phân, trong khi dữ liệu Hạng mục 1 có thể ngoài ra tiệm cận các điểm ảnh ba chiều trong mỗi lá với mô hình bề mặt. Mô hình bề mặt dùng trong phép tam giác đặc bao gồm 1-10 tam giác trên mỗi khối, tạo ra một nhóm tam giác. Do đó, bộ mã hóa-giải mã (codec) hình học Hạng mục 1 được biết đến là bộ mã hóa-giải mã (codec) hình học Trisoup (nhóm tam giác), trong khi bộ mã hóa-giải mã (codec) hình học Hạng mục 3 được biết đến là bộ mã hóa-giải mã (codec) hình học cây bát phân.

Tại mỗi nút của cây bát phân, sự chiếm dụng được báo hiệu (khi không được suy luận) cho một hoặc nhiều nút con của nó (lên đến 8 nút). Nhiều nút lân cận được xác định bao gồm (a) các nút dùng chung mặt với nút cây bát phân hiện thời, (b) các nút dùng chung mặt, cạnh, hoặc đỉnh với nút cây bát phân hiện thời, v.v. Trong mỗi nút lân

cận, sự chiếm dụng nút và/hoặc các nút con của nó có thể được sử dụng để dự báo sự chiếm dụng nút hiện thời hoặc các nút con của nó. Đối với các điểm được phân bố rải rác trong các nút nhất định của cây bát phân, bộ mã hóa-giải mã (codec) (ví dụ, như được triển khai bởi bộ mã hóa G-PCC 200 và bộ giải mã G-PCC 300) cũng hỗ trợ chế độ lập mã trực tiếp trong đó vị trí 3D của điểm được mã hóa trực tiếp. Còn có thể được báo hiệu để chỉ báo rằng chế độ trực tiếp được báo hiệu. Ở mức thấp nhất, số lượng các điểm gắn với nút cây bát phân/nút lá cũng có thể được lập mã.

Khi hình học được lập mã, các thuộc tính tương ứng với các điểm hình học được lập mã. Khi có nhiều điểm thuộc tính tương ứng với một điểm hình học được tái tạo/giải mã, giá trị thuộc tính có thể được suy ra biểu diễn điểm được tái tạo.

Có ba phương pháp lập mã thuộc tính trong G-PCC: Mã hóa biến đổi phân cấp thích ứng vùng (Region Adaptive Hierarchical Transform - RAHT), dự báo lân cận gần nhất phân cấp dựa trên nội suy (Biến đổi dự báo), và dự báo lân cận gần nhất phân cấp dựa trên nội suy có bước cập nhật/nâng (Biến đổi nâng). Biến đổi RAHT và Biến đổi nâng thường được sử dụng cho dữ liệu Hạng mục 1, trong khi Biến đổi dự báo thường được sử dụng cho dữ liệu Hạng mục 3. Tuy nhiên, mỗi phương pháp có thể được sử dụng cho dữ liệu bất kỳ, và, tương tự như các bộ mã hóa-giải mã (codec) hình học trong G-PCC, phương pháp lập mã thuộc tính dùng để lập mã đám mây điểm được chỉ rõ trong các luồng bit.

Việc lập mã các thuộc tính có thể được thực hiện ở một mức độ chi tiết (level-of-detail - LoD), trong đó với mỗi mức độ chi tiết, dạng biểu diễn mịn hơn của thuộc tính đám mây điểm có thể được thu nhận. Mỗi mức độ chi tiết có thể được chỉ rõ dựa vào chỉ số khoảng cách từ các nút lân cận hoặc dựa vào khoảng cách lấy mẫu.

Ở bộ mã hóa G-PCC 200, các phần dư thu được là đầu ra của các phương pháp lập mã cho các thuộc tính được lượng tử hóa. Các phần dư được lượng tử hóa có thể được lập mã nhờ sử dụng kỹ thuật mã hóa số học thích ứng ngữ cảnh. Để áp dụng quy trình mã hóa CABAC cho phần tử cú pháp, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể nhị phân hóa giá trị của phần tử cú pháp để tạo ra chuỗi gồm một hoặc nhiều bit, được gọi là “các bin”. Ngoài ra, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể nhận diện ngữ cảnh lập mã. Ngữ cảnh lập mã có thể nhận diện các xác suất của bin có giá trị cụ thể. Ví dụ, ngữ cảnh lập mã có thể chỉ báo xác suất là 0,7 của việc lập mã bin giá trị 0 và xác suất là 0,3 của việc lập mã

bin giá trị 1. Sau khi nhận diện ngữ cảnh lập mã, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể chia một khoảng thành khoảng con dưới và khoảng con trên. Một trong số các khoảng con có thể được gán với giá trị 0 và khoảng con còn lại có thể được gán với giá trị 1. Các chiều rộng của các khoảng con có thể tỷ lệ với các xác suất được chỉ báo cho các giá trị gán kèm bởi ngữ cảnh lập mã được nhận diện. Nếu bin của phần tử cú pháp có giá trị gán với khoảng con dưới, giá trị được mã hóa này có thể bằng biên dưới của khoảng con dưới. Nếu cùng bin của phần tử cú pháp có giá trị gán với khoảng con trên, giá trị được mã hóa này có thể bằng biên dưới của khoảng con trên. Để mã hóa bin tiếp theo của phần tử cú pháp, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể lặp lại các bước này với khoảng là khoảng con gán với giá trị của bit được mã hóa. Khi bộ mã hóa G-PCC 200 lặp lại các bước này cho bin tiếp theo, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể sử dụng các xác suất sửa đổi dựa trên các xác suất được chỉ báo bởi ngữ cảnh lập mã được nhận diện và các giá trị thực của các bin được mã hóa.

Khi bộ giải mã G-PCC 300 thực hiện giải mã CABAC trên giá trị của phần tử cú pháp, bộ giải mã G-PCC 300 có thể nhận diện ngữ cảnh lập mã. Bộ giải mã G-PCC 300 sau đó có thể chia một khoảng thành khoảng con dưới và khoảng con trên. Một trong số các khoảng con có thể được gán với giá trị 0 và khoảng con còn lại có thể được gán với giá trị 1. Các chiều rộng của các khoảng con có thể tỷ lệ với các xác suất được chỉ báo cho các giá trị gán kèm bởi ngữ cảnh lập mã được nhận diện. Nếu giá trị được mã hóa nằm trong khoảng con dưới, bộ giải mã G-PCC 300 có thể giải mã bin có giá trị gán với khoảng con dưới. Nếu giá trị được mã hóa nằm trong khoảng con trên, bộ giải mã G-PCC 300 có thể giải mã bin có giá trị gán với khoảng con trên. Để giải mã bin tiếp theo của phần tử cú pháp, bộ giải mã G-PCC 300 có thể lặp lại các bước này với khoảng là khoảng con mà chứa giá trị được mã hóa. Khi bộ giải mã G-PCC 300 lặp lại các bước này cho bin tiếp theo, bộ giải mã G-PCC 300 có thể sử dụng các xác suất sửa đổi dựa trên các xác suất được chỉ báo bởi ngữ cảnh lập mã được nhận diện và các bin được giải mã. Bộ giải mã G-PCC 300 sau đó có thể giải nhị phân hóa các bin để khôi phục giá trị của phần tử cú pháp.

Trong ví dụ trên Fig.2, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể bao gồm đơn vị biến đổi tọa độ 202, đơn vị biến đổi màu 204, đơn vị voxel hóa 206, đơn vị truyền thuộc tính 208, đơn vị phân tích cây bát phân 210, đơn vị phân tích xấp xỉ bề mặt 212, đơn vị mã hóa

số học 214, đơn vị tái tạo hình học 216, đơn vị RAHT 218, đơn vị tạo LOD 220, đơn vị nâng 222, đơn vị lượng tử hóa hệ số 224, và đơn vị mã hóa số học 226.

Như được thể hiện trong ví dụ trên Fig.2, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể nhận tập hợp các vị trí của các điểm trong đám mây điểm và tập hợp các thuộc tính. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thu được tập hợp các vị trí của các điểm trong đám mây điểm và tập hợp các thuộc tính từ nguồn dữ liệu 104 (Fig.1). Các vị trí có thể bao gồm tọa độ của các điểm trong đám mây điểm. Các thuộc tính có thể bao gồm thông tin về các điểm trong đám mây điểm, như các màu gắn với các điểm trong đám mây điểm. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể tạo ra luồng bit hình học 203 bao gồm dạng biểu diễn được mã hóa của các vị trí của các điểm trong đám mây điểm. Bộ mã hóa G-PCC 200 cũng có thể tạo ra luồng bit thuộc tính 205 bao gồm dạng biểu diễn được mã hóa của tập hợp các thuộc tính.

Đơn vị biến đổi tọa độ 202 có thể áp dụng phép biến đổi cho các tọa độ của các điểm để biến đổi các tọa độ từ miền ban đầu sang miền biến đổi. Sáng chế có thể gọi các tọa độ được biến đổi là các tọa độ biến đổi. Đơn vị biến đổi màu 204 có thể áp dụng phép biến đổi để biến đổi thông tin màu của các thuộc tính sang miền khác. Ví dụ, đơn vị biến đổi màu 204 có thể biến đổi thông tin màu từ không gian màu RGB sang không gian màu YCbCr.

Hơn nữa, trong ví dụ trên Fig.2, đơn vị voxel hóa 206 có thể voxel hóa các tọa độ biến đổi. Sự voxel hóa các tọa độ biến đổi có thể bao gồm lượng tử hóa và loại bỏ một số điểm của đám mây điểm. Nói cách khác, nhiều điểm của đám mây điểm có thể được gộp vào trong một “voxel” (điểm ảnh ba chiều), mà sau đó có thể được xử lý như một điểm theo một số khía cạnh. Hơn nữa, đơn vị phân tích cây bát phân 210 có thể tạo ra cây bát phân dựa vào các tọa độ biến đổi được voxel hóa. Ngoài ra, trong ví dụ trên Fig.2, đơn vị phân tích xấp xỉ bề mặt 212 có thể phân tích các điểm để có khả năng xác định dạng biểu diễn bề mặt của các tập hợp điểm. Đơn vị mã hóa số học 214 có thể mã hóa entropy các phần tử cú pháp biểu diễn thông tin của cây bát phân và/hoặc các bề mặt được xác định bởi đơn vị phân tích xấp xỉ bề mặt 212. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xuất ra các phần tử cú pháp này trong luồng bit hình học 203. Dòng bit hình học 203 cũng có thể bao gồm các phần tử cú pháp khác, bao gồm các phần tử cú pháp không được mã hóa số học.

Đơn vị tái tạo hình học 216 có thể tái tạo các tọa độ biến đổi của các điểm trong đám mây điểm dựa vào cây bát phân, dữ liệu chỉ báo các bề mặt được xác định bởi đơn vị phân tích xấp xỉ bề mặt 212, và/hoặc thông tin khác. Số lượng tọa độ biến đổi được tái tạo bởi đơn vị tái tạo hình học 216 có thể khác với số lượng ban đầu của các điểm của đám mây điểm do sự voxel hóa và phép xấp xỉ bề mặt. Sáng chế có thể gọi các điểm thu được là các điểm được tái tạo. Đơn vị truyền thuộc tính 208 có thể truyền các thuộc tính của các điểm ban đầu của đám mây điểm đến các điểm được tái tạo của đám mây điểm.

Hơn nữa, đơn vị RAHT 218 có thể áp dụng quy trình lập mã RAHT cho các thuộc tính của các điểm được tái tạo. Ngoài ra hoặc theo cách khác, đơn vị tạo LOD 220 và đơn vị nâng 222 có thể lần lượt áp dụng quy trình xử lý LOD và nâng cho các thuộc tính của các điểm được tái tạo. Đơn vị RAHT 218 và đơn vị nâng 222 có thể tạo ra các hệ số dựa vào các thuộc tính. Đơn vị lượng tử hóa hệ số 224 có thể lượng tử hóa các hệ số được tạo ra bởi đơn vị RAHT 218 hoặc đơn vị nâng 222. Đơn vị mã hóa số học 226 có thể áp dụng quy trình mã hóa số học cho các phần tử cú pháp biểu diễn các hệ số được lượng tử hóa. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xuất ra các phần tử cú pháp này trong luồng bit thuộc tính 205. Dòng bit thuộc tính 205 cũng có thể bao gồm các phần tử cú pháp khác, bao gồm các phần tử cú pháp không được mã hóa số học.

Trong ví dụ trên Fig.3, bộ giải mã G-PCC 300 có thể bao gồm đơn vị giải mã số học hình học 302, đơn vị giải mã số học thuộc tính 304, đơn vị tổng hợp cây bát phân 306, đơn vị lượng tử hóa ngược 308, đơn vị tổng hợp xấp xỉ bề mặt 310, đơn vị tái tạo hình học 312, đơn vị RAHT 314, đơn vị tạo LOD 316, đơn vị nâng nghịch đảo 318, đơn vị biến đổi tọa độ ngược 320, và đơn vị biến đổi màu nghịch đảo 322.

Bộ giải mã G-PCC 300 có thể thu được luồng bit hình học 203 và luồng bit thuộc tính 205. Đơn vị giải mã số học hình học 302 của bộ giải mã 300 có thể áp dụng quy trình giải mã số học (ví dụ, Mã hóa số học nhị phân thích ứng ngữ cảnh (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding - CABAC) hoặc kiểu giải mã số học khác) cho các phần tử cú pháp trong luồng bit hình học. Tương tự, đơn vị giải mã số học thuộc tính 304 có thể áp dụng quy trình giải mã số học cho các phần tử cú pháp trong luồng bit thuộc tính.

Đơn vị tổng hợp cây bát phân 306 có thể tổng hợp cây bát phân dựa vào các phần tử cú pháp được phân tích cú pháp từ luồng bit hình học. Trong các trường hợp trong đó sự tiệm cận bề mặt được sử dụng trong luồng bit hình học, đơn vị tổng hợp xấp xỉ bề mặt 310 có thể xác định mô hình bề mặt dựa vào các phần tử cú pháp được phân tích cú pháp từ luồng bit hình học và dựa vào cây bát phân.

Hơn nữa, đơn vị tái tạo hình học 312 có thể thực hiện tái tạo để xác định tọa độ của các điểm trong đám mây điểm. Đơn vị biến đổi tọa độ ngược 320 có thể áp dụng phép biến đổi ngược cho các tọa độ được tái tạo để chuyển đổi các tọa độ được tái tạo (các vị trí) của các điểm trong đám mây điểm từ miền biến đổi trở lại miền ban đầu.

Ngoài ra, trong ví dụ trên Fig.3, đơn vị lượng tử hóa ngược 308 có thể lượng tử hóa ngược các giá trị thuộc tính. Các giá trị thuộc tính có thể dựa vào các phần tử cú pháp thu được từ luồng bit thuộc tính (ví dụ, bao gồm các phần tử cú pháp được giải mã bởi đơn vị giải mã số học thuộc tính 304).

Tùy thuộc vào cách thức mà các giá trị thuộc tính được mã hóa, đơn vị RAHT 314 có thể thực hiện lập mã RAHT để xác định, dựa vào các giá trị thuộc tính được lượng tử hóa ngược, các giá trị màu cho các điểm của đám mây điểm. Theo cách khác, đơn vị tạo LOD 316 và đơn vị nâng nghịch đảo 318 có thể xác định các giá trị màu cho các điểm của đám mây điểm nhờ sử dụng kỹ thuật dựa trên mức độ chi tiết.

Hơn nữa, trong ví dụ trên Fig.3, đơn vị biến đổi màu nghịch đảo 322 có thể áp dụng phép biến đổi màu nghịch đảo cho các giá trị màu. Phép biến đổi màu nghịch đảo có thể nghịch đảo của phép biến đổi màu được áp dụng bởi đơn vị biến đổi màu 204 của bộ mã hóa 200. Ví dụ, đơn vị biến đổi màu 204 có thể biến đổi thông tin màu từ không gian màu RGB sang không gian màu YCbCr. Do đó, đơn vị biến đổi màu nghịch đảo 322 có thể biến đổi thông tin màu từ không gian màu YCbCr sang không gian màu RGB.

Các đơn vị khác nhau trên Fig.2 và Fig.3 được minh họa để giúp cho việc hiểu các hoạt động được thực hiện bởi bộ mã hóa 200 và bộ giải mã 300. Các đơn vị này có thể được triển khai dưới dạng mạch chức năng cố định, mạch có thể lập trình, hoặc sự kết hợp của chúng. Các mạch chức năng cố định là các mạch có chức năng cụ thể, và được thiết lập trước trên các hoạt động có thể được thực hiện. Các mạch lập trình được là các mạch có thể được lập trình để thực hiện một số nhiệm vụ khác nhau, và cung cấp chức năng linh hoạt trong các hoạt động có thể được thực hiện. Ví dụ, các mạch lập trình

được có thể thực thi phần mềm hoặc phần sụn (firmware) khiến cho các mạch lập trình được hoạt động theo cách thức được xác định bởi các lệnh của phần mềm hoặc phần sụn (firmware). Các mạch chức năng cố định có thể thực thi các lệnh phần mềm (ví dụ, để nhận các tham số hoặc xuất ra các tham số), nhưng các loại hoạt động mà các mạch chức năng cố định thực hiện nói chung là không thể thay đổi. Trong một số ví dụ, một hoặc nhiều đơn vị có thể là các khối mạch riêng biệt (có chức năng cố định hoặc có thể lập trình được), và trong một số ví dụ, một hoặc nhiều đơn vị có thể là các mạch tích hợp.

Chế độ lập mã góc (tức là, chế độ góc) đã được thông qua tại Hội nghị MPEG lần thứ 129 tại Brussels, Bỉ. Phần mô tả sau đây là dựa vào các tài liệu đóng góp MPEG ban đầu: Sébastien Lasserre, Jonathan Taquet, “[GPCC][CE 13.22 related] An improvement of the planar coding mode,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG/m50642, Geneva, Thụy Sĩ, tháng 10/2019; và w19088. Chế độ lập mã góc được tùy ý sử dụng cùng với chế độ phẳng (ví dụ, như được mô tả trong Sébastien Lasserre, David Flynn, “[GPCC] Planar mode in octree-based geometry coding”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG/m48906, Gothenburg, Thụy Điển, tháng 7/2019) và cải thiện việc lập mã phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng đứng (z) bằng cách sử dụng hiệu biết về các vị trí và các góc của các chùm laze cảm biến trong bộ cảm biến LIDAR điển hình (*xem ví dụ*, Sébastien Lasserre, Jonathan Taquet, “[GPCC] CE 13.22 report on angular mode”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG/m51594, Brussels, Bỉ, tháng 1/2020).

Fig.4 là sơ đồ khái niệm minh họa sự chiếm dụng mặt phẳng làm ví dụ theo chiều thẳng đứng. Trong ví dụ trên Fig.4, nút 400 được phân chia thành tám nút con. Các nút con 402 có thể bị chiếm dụng hoặc không bị chiếm dụng. Trong ví dụ trên Fig.4, các nút con bị chiếm dụng được tô màu. Khi một hoặc nhiều nút con 402A-402D bị chiếm dụng và không nút con 402E-402H nào bị chiếm dụng, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể báo hiệu phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng (planePosition) với giá trị bằng 0 để chỉ báo rằng tất cả các nút con bị chiếm dụng là kề nhau ở trên phía dương (tức là phía có các tọa độ z tăng dần) của mặt phẳng có tọa độ z nhỏ nhất của nút 400. Khi một hoặc nhiều nút con 402E-402H bị chiếm dụng và không nút con 402A-402D nào bị chiếm dụng, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể báo hiệu phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng (planePosition) với giá trị bằng 1 để chỉ báo rằng tất cả các nút con bị chiếm dụng là kề nhau ở trên phía dương

của mặt phẳng có tọa độ z là điểm giữa của nút 400. Theo cách này, phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng có thể chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút 400.

Hơn nữa, chế độ lập mã góc có thể tùy ý được sử dụng để cải thiện việc lập mã các bit vị trí z thẳng đứng trong Chế độ mã hóa suy luận trực tiếp (IDCM) (Sébastien Lasserre, Jonathan Taquet, “[GPCC] CE 13.22 report on angular mode,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG/m51594, Brussels, Bỉ, tháng 01/2020). IDCM là chế độ trong đó vị trí của các điểm trong nút được báo hiệu rõ ràng (trực tiếp) liên quan đến một điểm trong nút. Trong chế độ lập mã góc, vị trí của các điểm có thể được báo hiệu liên quan đến điểm gốc của nút.

Chế độ lập mã góc có thể được sử dụng khi đám mây điểm được tạo ra dựa vào dữ liệu được tạo ra bởi hệ thống định tầm, như hệ thống LIDAR. Hệ thống LIDAR có thể bao gồm tập hợp các tia laze được dàn hàng trong mặt phẳng đứng ở các góc khác nhau so với điểm gốc. Hệ thống LIDAR có thể quay xung quanh trục thẳng đứng. Hệ thống LIDAR có thể sử dụng ánh sáng laze được trả về để xác định các cự ly và vị trí của các điểm trong đám mây điểm. Các chùm laze phát ra bởi các máy phát laze của hệ thống LIDAR có thể được đặc trưng bởi tập hợp các tham số.

Phần sau đây mô tả việc báo hiệu các tham số chùm laze của bộ cảm biến trong w19088 đối với chế độ góc. Các phần tử cú pháp mang thông tin cảm biến laze LIDAR có thể cần thiết cho chế độ lập mã góc có bất kỳ lợi ích về hiệu quả lập mã nào được chỉ báo nhờ sử dụng các thẻ `<!--...-->` trong Bảng 1 dưới đây. Trong Bảng 1, các phần tử cú pháp chế độ góc được biểu thị bằng các thẻ `<!--...-->` trong tập tham số hình học.

BẢNG 1

<code>geometry_parameter_set() {</code>	Ký hiệu mô tả
<code>...</code>	<code>...</code>
<code>geometry_planar_mode_flag</code>	<code>u(1)</code>
<code>if(geometry_planar_mode_flag){</code>	
<code>geom_planar_mode_th_idcm</code>	<code>ue(v)</code>
<code>geom_planar_mode_th[1]</code>	<code>ue(v)</code>
<code>geom_planar_mode_th[2]</code>	<code>ue(v)</code>
<code>}</code>	
<code><!-- geometry_angular_mode_flag --></code>	<code>u(1)</code>
<code><!-- if(geometry_angular_mode_flag){ --></code>	

<!-- lidar_head_position[0]-->	se(v)
<!-- lidar_head_position[1]-->	se(v)
<!-- lidar_head_position[2]-->	se(v)
<!-- number_lasers-->	ue(v)
<!-- for(i = 0; i < number_lasers; i++) {-->	
<!-- laser_angle[i]-->	se(v)
<!-- laser_correction[i]-->	se(v)
<!-- }-->	
<!-- planar_buffer_disabled-->	u(1)
<!-- implicit_qtbt_angular_max_node_min_dim_log2_to_split_z-->	se(v)
<!-- implicit_qtbt_angular_max_diff_to_split_z-->	se(v)
<!-- }-->	
neighbour_context_restriction_flag	u(1)
inferred_direct_coding_mode_enabled_flag	u(1)
...	

Ngữ nghĩa của các phần tử cú pháp này được chỉ rõ như sau trong w19088:

geometry_planar_mode_flag bằng 1 chỉ báo rằng chế độ lập mã phẳng được kích hoạt. geometry_planar_mode_flag bằng 0 chỉ báo rằng chế độ lập mã phẳng không được kích hoạt.

geom_planar_mode_th_idcm chỉ rõ giá trị của ngưỡng kích hoạt cho chế độ lập mã trực tiếp. geom_planar_mode_th_idcm là số nguyên nằm trong phạm vi 0 đến 127, bao gồm cả hai giá trị đầu mút. Khi không có mặt, geom_planar_mode_th_idcm được suy ra là bằng 127.

geom_planar_mode_th[i], với i nằm trong phạm vi 0...2, chỉ rõ giá trị của ngưỡng kích hoạt cho chế độ lập mã phẳng dọc theo chiều xác suất cao nhất thứ i để chế độ lập mã phẳng có hiệu quả. geom_planar_mode_th[i] là số nguyên nằm trong phạm vi 0...127.

geometry_angular_mode_flag bằng 1 chỉ báo rằng chế độ lập mã góc được kích hoạt. geometry_angular_mode_flag bằng 0 chỉ báo rằng chế độ lập mã góc không được kích hoạt.

lidar_head_position[ia], với ia nằm trong phạm vi 0... 2, chỉ rõ tọa độ thứ ia của đầu lidar trong hệ tọa độ gắn với các trục bên trong. Khi không có mặt, lidar_head_position[ia] được suy ra là bằng 0.

number_lasers chỉ rõ số lượng các tia laze dùng cho chế độ lập mã góc. Khi không có mặt, number_lasers được suy ra là bằng 0.

laser_angle[i], với i nằm trong phạm vi 1... number_lasers, chỉ rõ tang của góc nâng của tia laze thứ i so với mặt phẳng ngang được xác định bởi các trục bên trong thứ 0 và thứ 1.

laser_correction [i], với i nằm trong phạm vi 1... number_lasers, chỉ rõ sự hiệu chỉnh, dọc theo trục bên trong thứ 2, của vị trí laze thứ i so với vị trí đầu lidar lidar_head_position[2]. Khi không có mặt, laser_correction [i] được suy ra là bằng 0.

planar_buffer_disabled bằng 1 chỉ báo rằng việc theo dõi các nút gần nhất nhờ dùng bộ đệm không được sử dụng trong quy trình lập mã cờ chế độ phẳng và vị trí mặt phẳng trong chế độ phẳng. planar_buffer_disabled bằng 0 chỉ báo rằng việc theo dõi các nút gần nhất nhờ dùng bộ đệm có được sử dụng. Khi không có mặt, planar_buffer_disabled được suy ra là bằng 0.

implicit_qtbt_angular_max_node_min_dim_log2_to_split_z chỉ rõ giá trị log2 của kích thước nút mà dưới giá trị này việc phân chia các nút theo chiều ngang được ưu tiên so với phân chia theo chiều thẳng đứng. Khi không có mặt, implicit_qtbt_angular_max_diff_to_split_z được suy ra là bằng 0.

implicit_qtbt_angular_max_diff_to_split_z chỉ rõ giá trị log2 của tỷ lệ tối đa giữa kích thước nút dọc trên kích thước nút ngang được cho phép đối với nút. Khi không có mặt, implicit_qtbt_angular_max_node_min_dim_log2_to_split_z được suy ra là bằng 0.

Chỉ một số nút trong cây bát phân có thể thích hợp để được lập mã nhờ sử dụng chế độ góc. Phần sau đây mô tả quy trình để xác định tính thích hợp của nút cho chế độ góc trong w19088. Quy trình này áp dụng cho nút con Child để xác định tính thích hợp về góc angular_eligible[Child] của nút con. Trong w19088, phần tử cú pháp geometry_angular_mode_flag chỉ báo liệu chế độ góc có hoạt động hay không. Nếu geometry_angular_mode_flag bằng 0, angular_eligible[Child] được đặt bằng 0. Nếu không thì áp dụng như sau:

```

midNodeX = 1 << (ChildNodeSizeXLog2 - 1)
midNodeY = 1 << (ChildNodeSizeXLog2 - 1)
xLidar = abs( ((xNchild - lidar_head_position[0] + midNodeX) << 8) - 128 )
yLidar = abs( ((yNchild - lidar_head_position[1] + midNodeY) << 8) - 128 )
rL1 = (xLidar + yLidar) >> 1
deltaAngleR = deltaAngle*rL1
midNodeZ = 1 << (ChildNodeSizeZLog2 - 1)
if (deltaAngleR <= (midNodeZ << 26))
    angular_eligible[Child] = 0
else
    angular_eligible[Child] = 1

```

trong đó ΔAngle là khoảng cách góc tối thiểu giữa các tia laze được xác định bởi:

$$\Delta\text{Angle} = \min \{ | \text{laser_angle}[i] - \text{laser_angle}[j] | ; 0 \leq i < j < \text{number_lasers} \},$$

và trong đó (xNchild, yNchild, zNchild) chỉ rõ vị trí của nút con cây bát phân hình học Child trong lát hiện thời.

Quy trình sau đây được mô tả trong w19088 áp dụng cho nút con Child để xác định tính thích hợp về góc của IDCM $\text{idcm4angular}[\text{Child}]$ và chỉ số laze $\text{laserIndex}[\text{Child}]$ gắn với nút con. Nếu tính thích hợp về góc $\text{angular_eligible}[\text{Child}]$ bằng 0, thì $\text{idcm4angular}[\text{Child}]$ được đặt bằng 0 và $\text{laserIndex}[\text{Child}]$ index được đặt bằng giá trị đã đặt trước UNKNOWN_LASER. Cách khác, nếu tính thích hợp về góc $\text{angular_eligible}[\text{Child}]$ bằng 1, phần sau đây áp dụng là phần tiếp nối của quy trình được mô tả trong phần 8.2.5.1 của w19088. Trước tiên, giá trị ngược r_{Inv} của khoảng cách hướng tâm của nút con từ Lidar được xác định:

$$r2 = x\text{Lidar} * x\text{Lidar} + y\text{Lidar} * y\text{Lidar}$$

$$rInv = invSqrt(r2)$$

Sau đó, góc theta32 được xác định cho nút con:

```
zLidar = ((zNchild - lidar_head_position [2] + midNodeY) << 1) - 1
theta = zLidar*rInv
theta32 = theta >= 0 ? theta >> 15 : -((-theta) >> 15)
```

rInv có thể tương ứng với giá trị ngược của khoảng cách hướng tâm của nút con. Góc theta32 có thể tương ứng với tang của góc nâng của điểm giữa của nút con. Cuối cùng, tính thích hợp về góc và tia laze gắn với nút con được xác định như thể hiện trong Bảng 2 dưới đây, dựa vào nút cha Parent của nút con:

BẢNG 2

```
laserIndex [Child] = UNKNOWN_LASER
idcm4angular[Child] = 0
if (laserIndex [Parent] == UNKNOWN_LASER || deltaAngleR <=
(midNodeZ<< (26 + 2)))
{
    minDelta = 1 << (18 + 7)
    for (j = 0; j < number_lasers; j++) {
        delta = abs(laser_angle [j] - theta32)
        if (delta < minDelta) {
            minDelta = delta
            laserIndex [Child] = j
        }
    }
} else idcm4angular[Child] = 1
```

Một kiểu tăng cường chế độ góc cho chế độ phẳng bao gồm việc xác định ngưỡng contextAngular cho chế độ lập mã phẳng. Cụ thể, quy trình sau đây áp dụng cho

nút con Child để xác định ngữ cảnh góc contextAngular[Child] gắn với nút con. Nếu chỉ số laze laserIndex[Child] bằng UNKNOWN_LASER, thì contextAngular[Child] được đặt bằng giá trị đã đặt trước UNKNOWN_CONTEXT. Cách khác, nếu chỉ số laze laserIndex [Child] không bằng UNKNOWN_LASER, phần sau đây áp dụng là phần tiếp nối của quy trình được mô tả trong phần 8.2.5.2 của w19088. Trước tiên, hai giá trị chênh lệch góc m và M so với mặt phẳng dưới và mặt phẳng trên được xác định.

```

thetaLaserDelta = laser_angle [laserIndex [Child]] - theta32
Hr = laser_correction [laserIndex [Child]] * rInv;
thetaLaserDelta += Hr >= 0 ? -(Hr >> 17) : ((-Hr) >> 17)
zShift = (rInv << (ChildNodeSizeZLog2 + 1)) >> 17
m = abs(thetaLaserDelta - zShift)
M = abs(thetaLaserDelta + zShift)

```

Sau đó, ngữ cảnh góc được suy ra từ hai giá trị chênh lệch góc:

```

contextAngular[Child] = m > M ? 1 : 0
diff = abs(m - M)
if (diff >= rInv >> 15) contextAngular[Child] += 2;
if (diff >= rInv >> 14) contextAngular[Child] += 2;
if (diff >= rInv >> 13) contextAngular[Child] += 2;
if (diff >= rInv >> 12) contextAngular[Child] += 2;

```

Thuật ngữ thetaLaserDelta có thể là góc chênh lệch laze được xác định bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút.

Kiểu tăng cường chế độ góc khác cho IDCM được mô tả trong w19088 bao gồm việc xác định ngữ cảnh góc idcmIdxAngular. Cụ thể, quy trình để xác định ngữ cảnh idcmIdxAngular[i][j] để lập mã bin point_offset_z[i][j] gắn với bit thứ j của điểm thứ i thuộc nút con trái qua Chế độ mã hóa suy luận trực tiếp được mô tả như sau.

Quy trình này được thực hiện sau khi `point_offset_x[i][ ]` và `point_offset_y[i][ ]` được giải mã sao cho `PointOffsetX[ i ]` và `PointOffsetY[ i ]` là đã biết. Vị trí x và y so với Lidar, của điểm i được suy ra bởi:

$$\begin{aligned}\text{posXlidar}[i] &= \text{xNchild} - \text{lidar_head_position}[0] + \text{PointOffsetX}[i] \\ \text{posYlidar}[i] &= \text{yNchild} - \text{lidar_head_position}[1] + \text{PointOffsetY}[i]\end{aligned}$$

trong đó (xNchild, yNchild, zNchild) chỉ rõ vị trí của nút con cây bát phân hình học Child trong lát hiện thời.

Giá trị ngược rInv của khoảng cách hướng tâm của điểm từ LIDAR được xác định bởi:

$$\begin{aligned}\text{xLidar} &= (\text{posXlidar}[i] \ll 8) - 128 \\ \text{yLidar} &= (\text{posYlidar}[i] \ll 8) - 128 \\ \text{r2} &= \text{xLidar} * \text{xLidar} + \text{yLidar} * \text{yLidar} \\ \text{rInv} &= \text{invSqrt}(\text{r2})\end{aligned}$$

Góc laze được hiệu chỉnh `thetaLaser` của tia laze gắn với nút con Child được suy ra như sau:

$$\begin{aligned}\text{Hr} &= \text{laser_correction}[\text{laserIndex}[\text{Child}]] * \text{rInv} \\ \text{ThetaLaser} &= \text{laser_angle}[\text{laserIndex}[\text{Child}]] + (\text{Hr} \geq 0 ? -(\text{Hr} \gg 17) : ((-\text{Hr}) \gg 17))\end{aligned}$$

Giả định rằng các bit `point_offset_z[ i ][ j2 ]` cho `j2` nằm trong phạm vi `0...j-1` là đã biết, điểm này được biết là thuộc khoảng ảo thẳng đứng mà một nửa kích thước của nó được cho bởi:

$$\text{halfIntervalSize}[j] = (1 \ll (\text{EffectiveChildNodeSizeZLog2}-1)) \gg j$$

và vị trí điểm z một phần posZlidarPartial[i][j], cung cấp đầu dưới của khoảng, được suy ra bởi:

```

PointOffsetZpartial = 0
for( j2 = 0; j2 < j; j2++ )
    PointOffsetZpartial [ i ] += point_offset_z[ i ][ j2 ] << j2
PointOffsetZpartial[ i ] <=<= (EffectiveChildNodeSizeZLog2-j)
posZlidarPartial[i][j] = zNchild - lidar_head_position[2] + PointOffsetZpartial[ i ]

```

Vị trí laze tương đối thetaLaserDeltaVirtualInterval so với phần giữa của khoảng ảo được tính toán bởi:

```

zLidar = ((posZlidarPartial[i][j] + halfIntervalSize [j]) << 1) - 1
theta = zLidar*rInv
theta32 = theta >= 0 ? theta >> 15 : -((-theta) >> 15)
thetaLaserDeltaVirtualInterval = ThetaLaser - theta32

```

Hai giá trị chênh lệch góc tuyệt đối m và M của tia laze so với vị trí z dưới và trên trong khoảng ảo được xác định:

```

zShift = ((rInv << EffectiveChildNodeSizeZLog2) >> 17) >> j
m = abs(thetaLaserDeltaVirtualInterval - zShift);
M = abs(thetaLaserDeltaVirtualInterval + zShift);

```

Sau đó, ngưỡng góc được suy ra từ hai giá trị chênh lệch góc tuyệt đối:

```

idcmIdxAngular[i][j] = m > M ? 1: 0
diff = abs(m - M)
if (diff >= rInv >> 15) idcmIdxAngular[i][j] += 2
if (diff >= rInv >> 14) idcmIdxAngular[i][j] += 2
if (diff >= rInv >> 13) idcmIdxAngular[i][j] += 2

```



```
if (diff >= rInv >> 12) idcmIdxAngular[i][j] += 2
```

Khi IDCM được áp dụng cho nút con Child, các bit `point_offset_z[i][j]` của điểm thứ `i` trong nút con, với `j` nằm trong phạm vi `0...EffectiveChildNodeSizeZLog2` hoặc trong phạm vi `1...EffectiveChildNodeSizeZLog2` trong trường hợp bit thứ nhất được suy luận bởi vị trí mặt phẳng `plane_position[Child][2]`, được giải mã bằng cách áp dụng quy trình sau đây. Nếu `geometry_angular_mode_flag` bằng 0, thì bit `point_offset_z[i][j]` được giải mã nhờ sử dụng quy trình giải mã bỏ qua. Cách khác, nếu `geometry_angular_mode_flag` bằng 1, bit `point_offset_z[i][0]` được giải mã bỏ qua khi không được suy ra bởi vị trí mặt phẳng, và các bit `point_offset_z[i][j]` được giải mã nhờ sử dụng ngữ cảnh `idcmIdxAngular[i][j]` for `j>0`.

Như nêu trên, việc xác định các chỉ số ngữ cảnh góc để lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng và để lập mã các độ lệch vị trí điểm thẳng đứng IDCM có mức độ phức tạp đáng kể. Sự phức tạp này có thể bộc lộ ra các vấn đề kỹ thuật bởi vì sự phức tạp này có thể làm tăng chi phí phần mềm, làm chậm quy trình lập mã, và/hoặc có các hậu quả tiêu cực khác. Ví dụ, 10 ngữ cảnh được sử dụng để lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng. Trong ví dụ khác, 10 ngữ cảnh được sử dụng để lập mã các độ lệch vị trí điểm thẳng đứng của IDCM trên mỗi bin. Trong ví dụ khác, 5 điều kiện dựa vào sự so sánh hai giá trị nguyên lớn được sử dụng để xác định mỗi chỉ số ngữ cảnh. Trong ví dụ khác, phép tính cự ly căn bậc hai nghịch đảo là cần thiết (`rInv` trong văn bản tài liệu kỹ thuật nêu trên). Trong ví dụ khác, việc báo hiệu phần tử cú pháp `number_lasers` bắt đầu từ giá trị không, trong khi có ít nhất một tia laze cần thiết cho chế độ góc. Hơn nữa, có các vấn đề không hiệu quả khác nhau trong việc báo hiệu các phần tử cú pháp chế độ góc.

Sáng chế mô tả các kỹ thuật có thể giải quyết một hoặc nhiều vấn đề kỹ thuật này. Các kỹ thuật và ví dụ được bộc lộ trong tài liệu này có thể được áp dụng độc lập hoặc kết hợp.

Theo các kỹ thuật của sáng chế, số lượng ngữ cảnh để lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng được giảm đi. Trong phần mô tả sau đây, tia laze, chùm laze, bộ cảm biến laze, hoặc bộ cảm biến, hoặc các thuật ngữ tương tự khác có thể biểu diễn bộ

cảm biến bất kỳ có thể trả về kết quả đo cự ly và chiều không gian, có thể bao gồm chỉ báo về thời gian, ví dụ, bộ cảm biến LIDAR điển hình.

Bộ lập mã G-PCC (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 hoặc bộ giải mã G-PCC 300) có thể lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút bằng cách chọn chỉ số laze trong số tập hợp ứng viên laze được báo hiệu trong tập tham số, như tập tham số hình học, với chỉ số laze đã chọn chỉ báo chùm laze giao cắt với nút. Sự giao nhau của chùm laze với nút xác định chỉ số ngưỡng để lập mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng. Trong phần mô tả sau đây, nguyên lý này được gọi là lập mã chế độ góc.

Do đó, trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 hoặc bộ giải mã G-PCC 300) có thể lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây bát phân biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm. Để dễ giải thích, sáng chế có thể gọi nút mà bộ lập mã G-PCC đang lập mã là nút hiện thời. Như là một phần của việc lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze. Chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút hiện thời. Tập hợp ứng viên laze có thể bao gồm mỗi trong số các tia laze trong mảng LIDAR. Trong một số ví dụ, tập hợp ứng viên laze có thể được chỉ báo trong tập tham số, như tập tham số hình học. Ngoài ra, như là một phần của việc lập mã vị trí mặt phẳng đứng, bộ lập mã G-PCC xác định chỉ số ngưỡng dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút hiện thời. Chẳng hạn, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngưỡng dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba. Hơn nữa, như là một phần của việc lập mã vị trí mặt phẳng đứng, bộ lập mã G-PCC lập mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng đã xác định.

Có thể có điều kiện tính thích hợp để xác định xem vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút hiện thời có thích hợp để được lập mã nhờ sử dụng chế độ góc hay không. Nếu vị trí mặt phẳng đứng không thích hợp để được lập mã nhờ sử dụng chế độ góc, vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng có thể được lập mã mà không sử dụng thông tin cảm biến. Trong một số ví dụ, điều kiện tính thích hợp có thể xác định xem có phải chỉ có một chùm laze giao cắt với nút hiện thời hay không. Nói cách khác, vị trí mặt

phẳng đứng của nút hiện thời có thể thích hợp để được lập mã nhờ sử dụng chế độ góc nếu chỉ một chùm laze giao cắt với nút hiện thời. Trong một số ví dụ, điều kiện tính thích hợp có thể xác định chênh lệch góc nhỏ nhất giữa các tia laze trong số tập hợp ứng viên laze. Nói cách khác, nút hiện thời có thể thích hợp để được lập mã nhờ sử dụng chế độ góc nếu góc bao quanh nút hiện thời nhỏ hơn góc nhỏ nhất giữa các chùm laze. Góc bao quanh nút hiện thời là góc được đo từ gốc laze giữa đường đi qua góc xa dưới cùng của nút, và đường đi qua góc gần trên cùng của nút. Khi góc bao quanh nút hiện thời nhỏ hơn chênh lệch góc nhỏ nhất giữa các chùm laze, chỉ một chùm laze giao cắt với nút này. Trong một số ví dụ, điều kiện tính thích hợp là để cho kích thước dọc của nút nhỏ hơn (hoặc bằng) chênh lệch góc nhỏ nhất. Nói cách khác, nút hiện thời có thể thích hợp để được lập mã nhờ sử dụng chế độ góc nếu kích thước dọc của nút nhỏ hơn hoặc bằng cự ly dọc giữa các chùm laze được phân tách bởi chênh lệch góc nhỏ nhất ở cạnh dọc gần nhất của nút hiện thời với gốc laze.

Như nêu trên, bộ lập mã G-PCC có thể chọn chỉ số laze của chùm laze giao cắt với nút hiện thời. Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số của tia laze giao cắt với nút hiện thời bằng cách chọn chùm laze ở gần nhất với điểm đánh dấu trong nút hiện thời. Trong một số ví dụ, điểm đánh dấu trong nút hiện thời có thể là tâm điểm của nút hiện thời với các tọa độ ở giữa của cả ba kích thước của nút hiện thời (ví dụ, các kích thước lập phương hoặc hình khối). Trong các ví dụ khác, điểm đánh dấu trong nút hiện thời có thể là bất kỳ điểm nào khác là một phần của nút hiện thời, như điểm bất kỳ trong nút hoặc trên các mặt của nút, hoặc trên các cạnh của nút, hoặc các góc của nút.

Bộ lập mã G-PCC có thể xác định xem tia laze có ở gần điểm đánh dấu hay không dựa vào việc so sánh các chênh lệch góc của các tia laze ứng viên. Ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể so sánh chênh lệch giữa các góc của các chùm laze và góc của điểm đánh dấu. Các góc của các chùm laze có thể được xác định là ở giữa mặt phẳng ngang ($z = 0$) và hướng của chùm laze. Góc điểm đánh dấu có thể được xác định là ở giữa mặt phẳng ngang và hướng của chùm ảo đến điểm đánh dấu. Góc trong trường hợp này có thể cùng vị trí với tâm của bộ cảm biến hoặc tia laze. Theo cách khác, trong một số ví dụ, các hàm toán học hoặc các hàm lượng giác như hàm tang có thể được áp dụng cho các góc trước khi so sánh.

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể xác định xem tia laze có ở gần điểm đánh dấu hay không dựa vào sự so sánh các chênh lệch tọa độ thẳng đứng. Ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể so sánh tọa độ thẳng đứng của điểm đánh dấu với góc cảm biến (ví dụ, tọa độ z của điểm đánh dấu) và tọa độ thẳng đứng của điểm giao laze với nút. Bộ lập mã G-PCC có thể thu được tọa độ thẳng đứng của điểm giao laze với nút bằng cách nhân tang của góc giữa mặt phẳng ngang và hướng laze với khoảng cách được tính bằng cách lấy khoảng cách O-clit dựa vào các tọa độ (x,y) của điểm đánh dấu (lượng giác).

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngữ cảnh dùng để lập mã phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng đứng dựa vào vị trí tương đối của chùm laze và điểm đánh dấu. Ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể xác định rằng chỉ số ngữ cảnh là chỉ số ngữ cảnh thứ nhất nếu chùm laze ở trên điểm đánh dấu và có thể xác định rằng chỉ số ngữ cảnh là chỉ số ngữ cảnh thứ hai nếu chùm laze ở dưới điểm đánh dấu. Bộ lập mã G-PCC có thể xác định xem chùm laze là ở trên hay dưới điểm đánh dấu theo cách tương tự như việc xác định chỉ số chùm laze giao cắt với nút, ví dụ, bằng cách so sánh các chênh lệch góc, so sánh các chênh lệch tang của các giá trị góc, hoặc so sánh các chênh lệch tọa độ thẳng đứng.

Trong một số ví dụ, như là một phần của việc xác định chỉ số ngữ cảnh, bộ lập mã G-PCC có thể xác định các giá trị ngưỡng khoảng cách. Bộ lập mã G-PCC có thể sử dụng các giá trị ngưỡng khoảng cách để so sánh khoảng cách giữa chùm laze và điểm đánh dấu. Các giá trị ngưỡng khoảng cách có thể chia phạm vi khoảng cách trong nút hiện thời thành các khoảng. Các khoảng có thể có độ dài bằng nhau hoặc không bằng nhau. Mỗi khoảng trong số các khoảng có thể tương ứng với chỉ số ngữ cảnh nếu chùm laze nằm trong phạm vi khoảng cách được xác định bởi các quăng khoảng cách. Trong một số ví dụ, có hai ngưỡng khoảng cách được xác định bởi các độ lệch khoảng cách bằng nhau ở trên và dưới điểm đánh dấu, xác định ba quăng khoảng cách tương ứng với ba chỉ số ngữ cảnh. Bộ lập mã G-PCC có thể xác định xem chùm laze có thuộc một khoảng hay không theo cách tương tự như việc xác định chỉ số chùm laze của tia laze giao cắt với nút (ví dụ, bằng cách so sánh các chênh lệch góc, so sánh các chênh lệch tang của các giá trị góc, hoặc so sánh các chênh lệch tọa độ thẳng đứng).

Các nguyên lý nêu trên, có sử dụng thông tin cảm biến, không bị giới hạn ở việc lập mã phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng đứng (Z) của chế độ phẳng trong nút, với các

nguyên tắc tương tự cũng có thể được áp dụng cho việc lập mã các phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng X hoặc Y của chế độ phẳng trong nút. Các chế độ vị trí mặt phẳng X hoặc Y của chế độ phẳng có thể được chọn bởi bộ mã hóa nếu chúng thích hợp hơn để lập mã sự phân bố điểm trong nút. Chẳng hạn, nếu tất cả các nút con bị chiếm dụng đều nằm trên một phía của mặt phẳng hướng theo chiều X, phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng X có thể được sử dụng để lập mã sự phân bố điểm trong nút. Nếu nếu tất cả các nút con bị chiếm dụng đều nằm trên một phía của mặt phẳng hướng theo chiều Y, phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng Y có thể được sử dụng để lập mã sự phân bố điểm trong nút. Ngoài ra, tổ hợp của hai hoặc nhiều mặt phẳng hướng theo các chiều X, Y, hoặc Z có thể được sử dụng để chỉ báo sự chiếm dụng các nút con.

Bộ lập mã G-PCC có thể xác định ngữ cảnh trong số hai ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên hay dưới điểm đánh dấu (tức là, được đặt ở trên hay dưới điểm đánh dấu). Trong ví dụ này, điểm đánh dấu là tâm của nút. Điều này được minh họa trên Fig.5. Cụ thể hơn, Fig.5 là sơ đồ khái niệm của ví dụ trong đó chỉ số ngữ cảnh được xác định dựa vào các vị trí chùm laze 500A, 500B ở trên hoặc dưới điểm đánh dấu 502 của nút 504, theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế. Do đó, trong ví dụ trên Fig.5, nếu tia laze giao cắt với nút 504 là ở trên điểm đánh dấu 502, như được thể hiện đối với vị trí chùm laze 500A, bộ lập mã G-PCC chọn chỉ số ngữ cảnh thứ nhất (ví dụ, $C_{tx} = 0$). Trong ví dụ trên Fig.5, điểm đánh dấu 502 được đặt ở tâm của nút 504. Nếu tia laze giao cắt với nút 504 là ở dưới điểm đánh dấu 502, như được thể hiện đối với vị trí chùm laze 500B, bộ lập mã G-PCC chọn chỉ số ngữ cảnh thứ hai (ví dụ, $C_{tx} = 1$).

Như nêu trên, w19088 mô tả phương pháp xác định ngữ cảnh bao gồm xác định ngữ cảnh contextAngular cho chế độ lập mã phẳng. Văn bản trong w19088 liên quan đến phương pháp xác định ngữ cảnh này được sao chép trong Bảng 3 dưới đây. Cụ thể hơn, Bảng 3 thể hiện văn bản đặc tả kỹ thuật trong w19088 để xác định chỉ số ngữ cảnh trong số tập hợp gồm 10 chỉ số ngữ cảnh có thể có. Phương pháp xác định ngữ cảnh nêu trong w19088 đánh giá năm điều kiện dựa vào sự so sánh các giá trị nguyên lớn để xác định chỉ số ngữ cảnh nằm trong phạm vi 0 đến 9. Các phép so sánh này được biểu thị bằng các thẻ `<!>...</!>` trong Bảng 3.

BẢNG 3

Trước tiên, hai giá trị chênh lệch góc m và M so với mặt phẳng dưới và mặt phẳng trên được xác định.

$$\text{thetaLaserDelta} = \text{laser_angle} [\text{laserIndex} [\text{Child}]] - \text{theta32}$$

$$\text{Hr} = \text{laser_correction} [\text{laserIndex} [\text{Child}]] * \text{rInv}$$

$$\text{thetaLaserDelta} += \text{Hr} \geq 0 ? -(\text{Hr} >> 17) : ((-\text{Hr}) >> 17)$$

$$\text{zShift} = (\text{rInv} << (\text{ChildNodeSizeZLog2} + 1)) >> 17$$

$$m = \text{abs}(\text{thetaLaserDelta} - \text{zShift})$$

$$M = \text{abs}(\text{thetaLaserDelta} + \text{zShift})$$

Sau đó, ngữ cảnh góc được suy ra từ hai giá trị chênh lệch góc.

$$\text{contextAngular}[\text{Child}] = \langle ! \rangle m > M ? \langle ! \rangle 1 : 0$$

$$\text{diff} = \text{abs}(m - M)$$

$$\langle ! \rangle \text{if} (\text{diff} \geq \text{rInv} >> 15) \langle ! \rangle \text{contextAngular}[\text{Child}] += 2$$

$$\langle ! \rangle \text{if} (\text{diff} \geq \text{rInv} >> 14) \langle ! \rangle \text{contextAngular}[\text{Child}] += 2$$

$$\langle ! \rangle \text{if} (\text{diff} \geq \text{rInv} >> 13) \langle ! \rangle \text{contextAngular}[\text{Child}] += 2$$

$$\langle ! \rangle \text{if} (\text{diff} \geq \text{rInv} >> 12) \langle ! \rangle \text{contextAngular}[\text{Child}] += 2$$

Bảng 4 dưới đây chỉ rõ phép suy ra hai ngữ cảnh đơn giản hóa được đề xuất theo sáng chế. Cụ thể hơn, Bảng 4 thể hiện phép suy ra hai ngữ cảnh đơn giản hóa được đề xuất làm ví dụ. Số lượng điều kiện được giảm xuống một, được biểu thị bằng các thể $\langle ! \rangle \dots \langle ! \rangle$. Một điều kiện này có thể dễ thực hiện bởi vì một điều kiện có thể chỉ là kiểm tra dấu của giá trị nguyên.

BẢNG 4

Trước tiên, chênh lệch góc được hiệu chỉnh so với tâm của nút được xác định.

$$\text{thetaLaserDelta} = \text{laser_angle} [\text{laserIndex} [\text{Child}]] - \text{theta32}$$

$$\text{Hr} = \text{laser_correction} [\text{laserIndex} [\text{Child}]] * \text{rInv}$$

$$\text{thetaLaserDelta} += \text{Hr} \geq 0 ? -(\text{Hr} >> 17) : ((-\text{Hr}) >> 17)$$

Sau đó, ngữ cảnh góc được suy ra từ dấu của thetaLaserDelta.

```
contextAngular[Child] = 0
```

```
<!/if (thetaLaserDelta < 0)<!/ contextAngular[Child] = 1
```

Trong Bảng 4, và trong phần khác của bản mô tả, laserIndex[Child] là chỉ số của chùm laze được xác định là gần nhất với tâm điểm của nút “Child”; laser_angle chỉ báo tang của góc của chùm laze được xác định là gần nhất với tâm điểm của nút “Child”; thetaLaserDelta chỉ báo chênh lệch giữa tang của góc của chùm laze được xác định là gần nhất với tâm điểm của nút “Child” (theta32) và sự hiệu chỉnh độ lệch; laser_correction chỉ báo hệ số hiệu chỉnh laze; Hr chỉ báo tang của góc tương ứng với hiệu chỉnh độ lệch theo phương thẳng đứng, contextAngular chỉ báo ngữ cảnh; và theta32 có thể được xác định như đã mô tả trong phần khác của bản mô tả. Phép toán $\text{thetaLaserDelta} += \text{Hr} \geq 0 ? -(\text{Hr} \gg 17) : ((-\text{Hr}) \gg 17)$ cung cấp sự điều chỉnh độ chính xác.

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC xác định ba ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze được đặt ở trên hoặc dưới hai ngưỡng khoảng cách, hoặc ở giữa các ngưỡng khoảng cách. Trong ví dụ này, điểm đánh dấu là tâm của nút. Điều này được minh họa trên Fig.6. Cụ thể hơn, Fig.6 là sơ đồ khái niệm minh họa việc xác định chỉ số ba ngữ cảnh làm ví dụ cho nút 600, theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế. Trên Fig.6, các ngưỡng quãng khoảng cách được biểu thị bằng các đường chấm mảnh 602A, 602B. Các chùm laze được biểu thị bằng các đường nét liền 604A, 604B. Mỗi trong số các chùm laze này có thể là ứng viên laze. Tâm điểm 606 (điểm đánh dấu) được biểu thị bằng hình tròn trắng. Do đó, trong ví dụ trên Fig.6, nếu tia laze (như tia laze tương ứng với đường 604A) ở trên đường 602A, bộ lập mã G-PCC chọn chỉ số ngữ cảnh ctx1. Nếu tia laze ở giữa các đường 602A, 602B, bộ lập mã G-PCC có thể chọn chỉ số ngữ cảnh ctx0. Nếu tia laze (như tia laze tương ứng với đường 604B) ở dưới đường 602B, bộ lập mã G-PCC có thể chọn chỉ số ngữ cảnh ctx2.

Văn bản đặc tả kỹ thuật đã đơn giản hóa được cung cấp trong Bảng 5 dưới đây. Cụ thể hơn, Bảng 5 thể hiện phép suy ra ba ngữ cảnh đơn giản hóa được đề xuất. Trong

ví dụ này, bộ lập mã G-PCC sử dụng hai điều kiện, có thể dễ thực hiện bởi vì các điều kiện này chỉ kiểm tra dấu của các giá trị nguyên.

BẢNG 5

Trước tiên, hai giá trị chênh lệch góc m và M so với mặt phẳng dưới và mặt phẳng trên được xác định.

$\text{thetaLaserDelta} = \text{laser_angle}[\text{laserIndex}[\text{Child}]] - \text{theta32}$

$\text{Hr} = \text{laser_correction}[\text{laserIndex}[\text{Child}]] * \text{rInv}$

$\text{thetaLaserDelta} += \text{Hr} \geq 0 ? -(\text{Hr} \gg 17) : ((-\text{Hr}) \gg 17)$

$\text{zShift} = (\text{rInv} \ll \text{ChildNodeSizeZLog2}) \gg 20$

$\text{DeltaBottom} = \text{thetaLaserDelta} + \text{zShift}$

$\text{DeltaTop} = \text{thetaLaserDelta} - \text{zShift}$

Sau đó, ngưỡng cảnh góc được suy ra.

$\text{contextAngular}[\text{Child}] = 0$

$\text{contextAngular}[\text{Child}] = 1$

$\text{contextAngular}[\text{Child}] = 2$

Trong Bảng 5, và trong phần khác của bản mô tả, $\text{ChildNodeSizeZLog2}$ là log cơ số 2 của chiều cao (cụ ly z) của nút Child. DeltaTop có thể là chênh lệch góc trên cùng được xác định bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze. DeltaBottom có thể là chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze. Thuật ngữ zShift có thể dựa vào góc giữa các góc trên cùng và dưới cùng của nút Child và được chia tỷ lệ theo khoảng nhỏ hơn.

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC sử dụng bốn ngưỡng cảnh để lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong trường hợp chế độ góc được sử dụng. Trong các ví dụ này, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào vị trí của chùm laze trong bốn khoảng. Ví dụ này được minh họa trên Fig.7. Fig.7 là sơ đồ khái niệm minh họa việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh làm ví dụ để lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ

phẳng (chế độ góc) dựa vào vị trí chùm laze (mũi tên nét liền) với các khoảng tách biệt bởi các đường chấm mảnh. Trong ví dụ trên Fig.7, các đường 700A, 700B, và 700C tương ứng với các ngưỡng quãng khoảng cách. Hơn nữa, trong ví dụ trên Fig.7, điểm đánh dấu 702 được đặt ở tâm của nút 704. Đường 706 tương ứng với chùm laze giao cắt với nút 704. Bởi vì đường 706 ở trên đường 700A, bộ lập mã G-PCC có thể chọn chỉ số ngưỡng cảnh, ctx2, để dùng trong việc lập mã vị trí mặt phẳng đứng.

Bảng 6 dưới đây chỉ rõ phép suy ra bốn ngưỡng cảnh đơn giản hóa được đề xuất. Số lượng điều kiện được giảm xuống ba, được biểu thị bằng các thẻ `<!-->`. Các điều kiện này có thể dễ thực hiện bởi vì chúng chỉ kiểm tra dấu của giá trị nguyên. Bảng 6 thể hiện văn bản đặc tả kỹ thuật làm ví dụ của phép suy ra bốn ngưỡng cảnh đơn giản hóa được đề xuất để lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng (trường hợp chế độ góc).

BẢNG 6

...

Trước tiên, chênh lệch góc được hiệu chỉnh so với tâm của nút được xác định.

```
thetaLaserDelta = laser_angle [laserIndex [Child]] - theta32
```

```
Hr = laser_correction [laserIndex [Child]] * rInv
```

```
thetaLaserDelta += Hr >= 0 ? -(Hr >> 17) : ((-Hr) >> 17)
```

Sau đó, ngưỡng cảnh góc được suy ra.

```
zShift = (rInv << ChildNodeSizeZLog2) >> 20
```

```
DeltaBottom = thetaLaserDelta + zShift
```

```
DeltaTop = thetaLaserDelta - zShift
```

```
contextAngular[Child] = <!--thetaLaserDelta >= 0--> ? 0 : 1
```

```
if (<!--DeltaTop >= 0-->) contextAngular[Child] += 2
```

```
else if (<!--DeltaBottom < 0-->) contextAngular[Child] += 2
```

...

Fig.8A là lưu đồ minh họa hoạt động làm ví dụ để mã hóa vị trí mặt phẳng đứng theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thực hiện hoạt động trên Fig.8A như là một phần của việc mã hóa đám mây điểm.

Trong ví dụ trên Fig.8A, bộ mã hóa G-PCC 200 (ví dụ, đơn vị mã hóa số học 214 của bộ mã hóa G-PCC 200 (Fig.2) có thể mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây (ví dụ, cây bát phân) biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm (800). Nói cách khác, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể mã hóa vị trí mặt phẳng đứng.

Như là một phần của việc mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, bộ mã hóa G-PCC 200 (ví dụ, đơn vị mã hóa số học 214) có thể xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút (802). Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định chỉ số laze theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trong phần khác của bản mô tả. Ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định chỉ số laze như được thể hiện trong Bảng 2 trên đây.

Ngoài ra, bộ mã hóa G-PCC 200 (ví dụ, đơn vị mã hóa số học 214) có thể xác định chỉ số ngữ cảnh (contextAngular) dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba (804). Chẳng hạn, trong ví dụ trên Fig.7, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất (tương ứng với đường 700A), giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai (tương ứng với đường 700B), giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba (tương ứng với đường 700C), hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba. Trong một số ví dụ, để xác định vị trí của chùm laze so với các ngưỡng khoảng cách thứ nhất, thứ hai, và thứ ba, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định góc chênh lệch laze (ví dụ, thetaLaserDelta) bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút, xác định chênh lệch góc trên cùng (ví dụ, DeltaTop) bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và xác định chênh lệch góc dưới cùng (ví dụ, DeltaBottom) bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không (ví dụ, thetaLaserDelta $\geq$ 0). Bộ mã

hóa G-PCC 200 có thể đặt chỉ số ngưỡng cảnh bằng 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không (ví dụ, $\text{contextAngular}[\text{Child}] = \text{thetaLaserDelta} \geq 0 ? 0 : 1$). Ngoài ra, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thực hiện phép so sánh thứ hai (ví dụ, $\text{DeltaTop} \geq 0$) xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không. Chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0. Bộ mã hóa G-PCC 200 cũng có thể thực hiện phép so sánh thứ ba (ví dụ, $\text{DeltaBottom} < 0$) xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không. Chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể gia tăng chỉ số ngưỡng cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 (ví dụ, $\text{if } (\text{DeltaTop} \geq 0) \text{contextAngular}[\text{Child}] += 2$) hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0 (ví dụ, $\text{else if } (\text{DeltaBottom} < 0) \text{contextAngular}[\text{Child}] += 2$).

Bộ mã hóa G-PCC 200 (ví dụ, đơn vị mã hóa số học 214 của bộ mã hóa G-PCC 200) có thể mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng cảnh đã xác định (806). Ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thực hiện mã hóa CABAC trên phần tử cú pháp chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng.

Fig.8B là lưu đồ minh họa hoạt động làm ví dụ để giải mã vị trí mặt phẳng đứng theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế. Bộ giải mã G-PCC 300 có thể thực hiện hoạt động trên Fig.8B như là một phần của việc tái tạo đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm. Trong ví dụ trên Fig.8B, bộ giải mã G-PCC 300 (ví dụ, đơn vị giải mã số học hình học 302 trên Fig.3) có thể giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây (ví dụ, cây bát phân) biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm (850). Nói cách khác, bộ giải mã G-PCC 300 có thể giải mã vị trí mặt phẳng đứng.

Như là một phần của việc giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, bộ giải mã G-PCC 300 (ví dụ, đơn vị giải mã số học hình học 302) có thể xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút (852). Bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định chỉ số laze theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trong phần khác của bản mô tả. Ví dụ, bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định chỉ số laze như được thể hiện trong Bảng 2 trên đây.

Ngoài ra, bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định chỉ số ngữ cảnh (contextAngular) dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba (804). Bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định chỉ số ngữ cảnh cách giống như bộ mã hóa G-PCC 200, như được mô tả trên đây.

Bộ giải mã G-PCC 300 (ví dụ, đơn vị giải mã số học hình học 302 của bộ giải mã G-PCC 300) có thể giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định (806). Ví dụ, bộ giải mã G-PCC 300 có thể thực hiện giải mã CABAC trên phần tử cú pháp chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng. Trong một số ví dụ, bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định vị trí của một hoặc nhiều điểm trong đám mây điểm dựa vào vị trí mặt phẳng đứng. Chẳng hạn, bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định, dựa vào vị trí mặt phẳng đứng, vị trí của các nút con bị chiếm dụng của nút. Bộ giải mã G-PCC 300 sau đó có thể xử lý các nút con bị chiếm dụng để xác định vị trí của các điểm trong các nút con bị chiếm dụng và có thể không cần thực hiện xử lý thêm trên các nút con không bị chiếm dụng.

Như nêu trên, một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế có thể giảm số lượng ngữ cảnh để lập mã các độ lệch vị trí điểm thẳng đứng IDCM. Bộ lập mã G-PCC (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 hoặc bộ giải mã G-PCC 300) có thể lập mã (tức là, mã hóa hoặc giải mã) độ lệch vị trí điểm thẳng đứng của IDCM trong nút một phần bằng cách chọn chỉ số laze trong số tập hợp ứng viên laze. Tập hợp ứng viên laze có thể được báo hiệu trong tập tham số, như tập tham số hình học, với chỉ số laze được chọn chỉ báo chùm laze giao cắt với nút. Tập hợp ứng viên laze có thể tương ứng với các tia laze trong mảng LIDAR. Bộ lập mã G-PCC có thể xác định các chỉ số ngữ cảnh để lập mã số học các bin (các bit) từ độ lệch vị trí điểm thẳng đứng của IDCM dựa vào sự giao cắt của chùm laze với nút.

Do đó, trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 hoặc bộ giải mã G-PCC 300) có thể lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây (ví dụ, cây bát phân) biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm. Như là một phần của việc lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze. Chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút. Ngoài ra, như là một phần của việc lập mã độ

lệch vị trí theo phương thẳng đứng, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút. Bộ lập mã G-PCC có thể lập mã số học các bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Trong một số ví dụ, có thể có điều kiện tính thích hợp mà bộ lập mã G-PCC có thể sử dụng để xác định xem nút có thích hợp cho việc sử dụng chế độ góc để lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng của IDCM hay không. Nếu độ lệch vị trí điểm thẳng đứng không thích hợp để được lập mã trong nút nhờ sử dụng chế độ góc, bộ lập mã G-PCC có thể lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng của IDCM mà không dùng thông tin cảm biến. Trong một số ví dụ, điều kiện tính thích hợp có thể xác định xem có phải chỉ có một laser giao cắt với nút hay không. Nói cách khác, bộ lập mã G-PCC có thể xác định rằng độ lệch điểm thẳng đứng là thích hợp để được lập mã trong nút nhờ sử dụng chế độ góc nếu chỉ một laser giao cắt với nút này.

Trong một số ví dụ, điều kiện tính thích hợp có thể xác định chênh lệch góc nhỏ nhất giữa các tia laze trong số tập hợp ứng viên laze. Nói cách khác, bộ lập mã G-PCC có thể xác định rằng độ lệch điểm thẳng đứng là thích hợp để được lập mã trong nút nhờ sử dụng chế độ góc nếu có ít nhất một góc nhỏ nhất giữa các tia laze trong tập hợp ứng viên laze. Trong một số ví dụ, điều kiện tính thích hợp là để cho kích thước dọc của nút nhỏ hơn (hoặc bằng) chênh lệch góc nhỏ nhất. Nói cách khác, bộ lập mã G-PCC có thể xác định rằng độ lệch điểm thẳng đứng là thích hợp để được lập mã trong nút nhờ sử dụng chế độ góc nếu kích thước dọc của nút nhỏ hơn hoặc bằng chênh lệch góc nhỏ nhất. Nói cách khác, nút hiện thời có thể thích hợp để được lập mã nhờ sử dụng chế độ góc nếu kích thước dọc của nút nhỏ hơn hoặc bằng cự ly dọc giữa các chùm laze được phân tách bởi chênh lệch góc nhỏ nhất ở cạnh dọc gần nhất của nút hiện thời với góc laze.

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC xác định chỉ số của tia laze giao cắt với nút bằng cách chọn chùm laze ở gần nhất với điểm đánh dấu trong nút. Điểm đánh dấu trong nút có thể là tâm điểm của nút, ví dụ, với các tọa độ ở giữa của cả ba kích thước của nút (ví dụ các kích thước lập phương hoặc hình khối), hoặc bất kỳ điểm nào khác là một phần của nút, như điểm bất kỳ trong nút hoặc trên các mặt của nút, hoặc trên các cạnh của nút, hoặc các góc của nút.

Bộ lập mã G-PCC có thể xác định xem tia laze có ở gần điểm đánh dấu hay không dựa vào sự so sánh các chênh lệch góc. Ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể so sánh chênh lệch giữa các góc của các chùm laze và góc của điểm đánh dấu. Các góc của các chùm laze có thể được xác định là ở giữa mặt phẳng ngang ($z = 0$) và hướng của chùm laze. Góc điểm đánh dấu có thể được xác định là góc ở giữa mặt phẳng ngang và hướng của chùm ảo đến điểm đánh dấu. Trong trường hợp này, góc có thể cùng vị trí với tâm của bộ cảm biến hoặc tia laze. Theo cách khác, các hàm toán học hoặc các hàm lượng giác như hàm tang có thể được áp dụng cho các góc trước khi so sánh.

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể xác định xem tia laze có ở gần điểm đánh dấu hay không dựa vào sự so sánh các chênh lệch tọa độ thẳng đứng. Ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể so sánh tọa độ thẳng đứng của điểm đánh dấu với góc cảm biến (ví dụ, tọa độ z của điểm đánh dấu) và tọa độ thẳng đứng của điểm giao laze với nút. Bộ lập mã G-PCC có thể thu được tọa độ thẳng đứng của điểm giao laze với nút bằng cách nhận tang của góc giữa mặt phẳng ngang và hướng laze với khoảng cách được tính bằng cách lấy khoảng cách O-clit dựa vào các tọa độ (x, y) của điểm đánh dấu (lượng giác).

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngữ cảnh để lập mã (ví dụ, lập mã CABAC) bit thứ j của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng của IDCMM trong nút dựa vào vị trí tương đối của chùm laze liên quan đến khoảng dọc trong nút tương ứng với bit thứ j . Việc mã hóa hoặc giải mã các bit độ lệch vị trí điểm thẳng đứng là theo thứ tự, như từ bit quan trọng nhất (most-significant bit - MSB) đến bit ít quan trọng nhất (least-significant bit - LSB). Trong các ví dụ trong đó các bit độ lệch vị trí điểm thẳng đứng được lập mã theo thứ tự từ MSB đến LSB, giá trị lớn nhất của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng và, do đó, cả MSB, được xác định bởi giá trị kích thước dọc của nút.

Bộ lập mã G-PCC có thể xác định rằng chỉ số ngữ cảnh là chỉ số ngữ cảnh thứ nhất nếu chùm laze ở trên điểm giữa của khoảng dọc tương ứng với bit thứ j . Bộ lập mã G-PCC có thể xác định rằng chỉ số ngữ cảnh là chỉ số ngữ cảnh thứ hai nếu chùm laze ở dưới điểm giữa. Bộ lập mã G-PCC có thể xác định xem chùm laze là ở trên hay dưới điểm giữa theo cách tương tự như việc xác định chỉ số chùm laze của chùm laze giao cắt với nút, ví dụ, bằng cách so sánh chênh lệch góc, so sánh các chênh lệch tang của các giá trị góc, hoặc so sánh các chênh lệch tọa độ thẳng đứng.

Bộ lập mã G-PCC có thể xác định các giá trị ngưỡng khoảng cách và sử dụng các giá trị ngưỡng khoảng cách để so sánh khoảng cách giữa chùm laze và điểm giữa để xác định chỉ số ngữ cảnh. Trong một số ví dụ, các giá trị ngưỡng khoảng cách có thể chia phạm vi khoảng, tương ứng với bit thứ j , trong nút thành các khoảng con. Các khoảng con có thể có độ dài bằng nhau hoặc không bằng nhau. Mỗi khoảng con có thể tương ứng với chỉ số ngữ cảnh nếu chùm laze nằm trong phạm vi khoảng cách được xác định bởi các khoảng con khoảng cách. Trong một số ví dụ, có hai ngưỡng khoảng cách được xác định bởi các độ lệch khoảng cách bằng nhau ở trên và dưới điểm giữa. Do đó, trong các ví dụ này, có thể có ba quãng khoảng cách tương ứng với ba chỉ số ngữ cảnh. Bộ lập mã G-PCC có thể xác định xem chùm laze có thuộc một khoảng con hay không theo cách tương tự như xác định chỉ số chùm laze giao cắt với nút, tức là, bằng cách so sánh chênh lệch góc, so sánh chênh lệch tang của các giá trị góc, hoặc so sánh các chênh lệch tọa độ thẳng đứng.

Các nguyên lý nêu trên, có sử dụng thông tin cảm biến, không bị giới hạn ở việc lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng (Z) của IDCM trong nút, với các nguyên tắc tương tự cũng có thể được áp dụng cho việc lập mã các độ lệch vị trí điểm X hoặc Y trong nút.

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC xác định ngữ cảnh trong số hai ngữ cảnh dựa vào chùm laze được đặt ở trên hay dưới điểm đánh dấu trong khoảng. Trong ví dụ này, điểm giữa là tâm của khoảng. Điều này được minh họa trên Fig.9. Cụ thể hơn, Fig.9 là sơ đồ khái niệm của ví dụ để xác định chỉ số ngữ cảnh (ví dụ, $C_{tx} = 0$ hoặc $C_{tx} = 1$) dựa vào việc các vị trí chùm laze (các đường nét liền) ở trên hay dưới điểm giữa khoảng 900 được biểu thị bằng hình tròn trắng.

Như nêu trên, w19088 mô tả phương pháp xác định ngữ cảnh bao gồm xác định ngữ cảnh góc `idcmIdxAngular`. Phần văn bản tương ứng trong w19088 được sao chép trong Bảng 7 dưới đây để tiện theo dõi. Bảng 7 thể hiện phần văn bản để xác định chỉ số ngữ cảnh để lập mã các bin độ lệch vị trí theo phương thẳng đứng IDCM. Như được thể hiện trong Bảng 7, bộ lập mã G-PCC đánh giá năm điều kiện để xác định chỉ số ngữ cảnh nằm trong phạm vi 0 đến 9. Năm điều kiện này dựa vào phép so sánh các giá trị nguyên lớn. Trong Bảng 7, các điều kiện được biểu thị bằng các thẻ `<!=>...<!=>`.

BẢNG 7

Vị trí laze tương đối $\theta_{\text{LaserDeltaVirtualInterval}}$ so với phần giữa của khoảng ảo được tính toán bởi:

```

zLidar = ((posZlidarPartial[i][j] + halfIntervalSize[j]) << 1) - 1
theta = zLidar * rInv
theta32 = theta >= 0 ? theta >> 15 : -((-theta) >> 15)
thetaLaserDeltaVirtualInterval = ThetaLaser - theta32

```

Hai giá trị chênh lệch góc tuyệt đối m và M của tia laze so với vị trí z dưới và trên trong khoảng ảo được xác định:

```

zShift = ((rInv << EffectiveChildNodeSizeZLog2) >> 17) >> j
m = abs(thetaLaserDeltaVirtualInterval - zShift)
M = abs(thetaLaserDeltaVirtualInterval + zShift)

```

Sau đó, ngưỡng góc được suy ra từ hai giá trị chênh lệch góc tuyệt đối:

```

idcmIdxAngular[i][j] = <!--m > M--> ? 1: 0
diff = abs(m - M)
<!--if (diff >= rInv >> 15)--> idcmIdxAngular[i][j] += 2
<!--if (diff >= rInv >> 14)--> idcmIdxAngular[i][j] += 2
<!--if (diff >= rInv >> 13)--> idcmIdxAngular[i][j] += 2
<!--if (diff >= rInv >> 12)--> idcmIdxAngular[i][j] += 2

```

Trong Bảng 7, và trong phần khác của bản mô tả, z_{Lidar} chỉ báo điểm giữa trong khoảng hiện thời tương ứng với bit được lập mã. $\text{posZlidarPartial}[i][j]$ bằng 0 khi bit quan trọng nhất (tức là, bit 0) đang được lập mã, bằng halfIntervalSize khi bit 1 đang được lập mã, và giá trị posZlidarPartial cho mỗi bit tiếp theo bằng nửa giá trị posZlidarPartial của bit trước đó. $\text{halfIntervalSize}[j]$ và z_{Lidar} được định nghĩa ở trên. $\text{EffectiveChildNodeSizeZLog2}$ chỉ báo log cơ số 2 của kích thước dọc của nút.

Bảng 8 dưới đây chỉ rõ phép suy ra hai ngữ cảnh đơn giản hóa được đề xuất theo sáng chế. Cụ thể hơn, Bảng 8 thể hiện văn bản đặc tả kỹ thuật đã đơn giản hóa để xác định chỉ số hai ngữ cảnh. Số lượng điều kiện được giảm xuống một, được biểu thị bằng các thẻ `<!--...-->`. Một điều kiện này có thể dễ thực hiện bởi vì một điều kiện có thể chỉ là kiểm tra dấu của giá trị nguyên.

BẢNG 8

Vị trí laze tương đối `thetaLaserDeltaVirtualInterval` so với phần giữa của khoảng ảo được tính toán bởi:

```
zLidar = ((posZlidarPartial[i][j] + halfIntervalSize [j]) << 1) - 1
theta = zLidar*rInv
theta32 = theta >= 0 ? theta >> 15 : -((-theta) >> 15)
thetaLaserDeltaVirtualInterval = ThetaLaser - theta32
```

Sau đó, ngữ cảnh góc được suy ra từ dấu của `thetaLaserDeltaVirtualInterval`.

```
idcmIdxAngular[i][j] = 0
```

```
<!--if (thetaLaserDeltaVirtualInterval < 0)--> idcmIdxAngular[i][j] = 1
```

Trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC xác định ba ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze được đặt ở trên hoặc dưới hai ngưỡng khoảng cách, hoặc ở giữa các ngưỡng khoảng cách. Trong ví dụ này, điểm đánh dấu là tâm của khoảng. Điều này được minh họa trên Fig.10. Cụ thể hơn, Fig.10 là sơ đồ khái niệm minh họa khoảng độ lệch điểm thẳng đứng IDCМ làm ví dụ tương ứng với bit thứ j (1000) được chia thành ba khoảng con. Trong ví dụ trên Fig.10, chùm laze 1002 được thể hiện với đường nét liền và các ngưỡng được thể hiện với các đường nét đứt mảnh 1004A, 1004B, và điểm giữa 1006 được biểu thị bằng hình tròn trắng. Bởi vì chùm laze 1002 ở trên đường 1004A, bộ lập mã G-PCC có thể chọn chỉ số ngữ cảnh `ctx1`.

Văn bản đặc tả kỹ thuật đã đơn giản hóa được chỉ rõ trong Bảng 9 dưới đây. Cụ thể hơn, Bảng 9 dưới đây thể hiện văn bản đặc tả kỹ thuật đã đơn giản hóa cho ví dụ ba

ngữ cảnh. Trong ví dụ này, hai điều kiện được sử dụng, có thể dễ thực hiện bởi vì các điều kiện này chỉ kiểm tra dấu của các giá trị nguyên. Các điều kiện được biểu thị bằng các thẻ `<!--...-->`.

BẢNG 9

Vị trí laze tương đối `thetaLaserDeltaVirtualInterval` so với phần giữa của khoảng ảo được tính toán bởi:

```
zLidar = ((posZlidarPartial[i][j] + halfIntervalSize [j]) << 1) - 1
theta = zLidar*rInv
theta32 = theta >= 0 ? theta >> 15 : -((-theta) >> 15)
thetaLaserDeltaVirtualInterval = ThetaLaser - theta32
```

Sau đó, ngữ cảnh góc được suy ra.

```
zShift = ((rInv << EffectiveChildNodeSizeZLog2) >> 20) >> j
DeltaBottom = thetaLaserDeltaVirtualInterval + zShift
DeltaTop = thetaLaserDeltaVirtualInterval - zShift
```

```
idcmIdxAngular[i][j] = 0
<!--if (DeltaTop >= 0)--> idcmIdxAngular[i][j] = 1
<!--else if (DeltaBottom < 0)--> idcmIdxAngular[i][j] = 2
```

Trong một số ví dụ, trong trường hợp IDCM, bộ lập mã G-PCC xác định ngữ cảnh trong số bốn ngữ cảnh dựa vào vị trí của chùm laze trong các khoảng tương tự. Điều này được minh họa trong ví dụ trên Fig.11. Fig.11 là sơ đồ khái niệm minh họa kỹ thuật làm ví dụ để xác định chỉ số ngữ cảnh để lập mã các độ lệch vị trí điểm thẳng đứng của IDCM dựa vào vị trí chùm laze (mũi tên nét liền) 1102 ở trong các khoảng được biểu thị bằng các đường nét đứt mảnh 1104A, 1104B, 1104C. Trong ví dụ trên Fig, 11, điểm giữa 1106 được biểu thị bằng hình tròn trắng. Bởi vì chùm laze 1102 ở trên đường 1104A, bộ lập mã G-PCC có thể chọn chỉ số ngữ cảnh `ctx2`.

Bảng 10 dưới đây chỉ rõ phép suy ra bốn ngữ cảnh đơn giản hóa được đề xuất. Số lượng điều kiện được giảm xuống ba, được biểu thị bằng các thẻ `<!--...-->`. Các điều kiện này có thể dễ thực hiện bởi vì chúng chỉ kiểm tra dấu của giá trị nguyên. Bảng 10 bao gồm văn bản đặc tả kỹ thuật của phép suy ra bốn ngữ cảnh đơn giản hóa được đề xuất để lập mã các độ lệch vị trí điểm thẳng đứng IDCM (trường hợp chế độ góc).

BẢNG 10

...

Vị trí laze tương đối `thetaLaserDeltaVirtualInterval` so với phần giữa của khoảng ảo được tính toán bởi:

```
zLidar = ((posZlidarPartial[i][j] + halfIntervalSize [j]) << 1) - 1
```

```
theta = zLidar*rInv
```

```
theta32 = theta >= 0 ? theta >> 15 : -((-theta) >> 15)
```

```
thetaLaserDeltaVirtualInterval = ThetaLaser - theta32
```

Sau đó, ngữ cảnh góc được suy ra dựa vào `thetaLaserDeltaVirtualInterval`.

```
zShift = ( (rInv << ChildNodeSizeZLog2) >> 18 ) >> j
```

```
DeltaBottom = thetaLaserDeltaVirtualInterval + zShift
```

```
DeltaTop = thetaLaserDeltaVirtualInterval - zShift
```

```
idcmIdxAngular[i][j] = <!--thetaLaserDeltaVirtualInterval >= 0--> ? 0 : 1
```

```
if (<!--DeltaTop >= 0-->) idcmIdxAngular[i][j] += 2
```

```
Else if (<!--DeltaBottom < 0-->) idcmIdxAngular[i][j] += 2
```

...

Fig.12A là lưu đồ minh họa hoạt động làm ví dụ để mã hóa độ lệch điểm thẳng đứng IDCM theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế. Trong ví dụ trên Fig.12A, bộ mã hóa G-PCC 200 (ví dụ, đơn vị mã hóa số học 214 của bộ mã hóa G-PCC 200 (Fig.2)) có thể mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây (ví dụ, cây bát phân) biểu

diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm (1200). Như là một phần của việc mã hóa độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze (1202). Chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định chỉ số laze theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trong phần khác của bản mô tả. Chẳng hạn, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định chỉ số laze như được chỉ ra trong Bảng 2 trên đây.

Ngoài ra, bộ mã hóa G-PCC 200 (ví dụ, đơn vị mã hóa số học 214) có thể xác định chỉ số ngưỡng cảnh (idcmIdxAngular) dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất (tương ứng với đường 1104A), giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai (tương ứng với đường 1104B), giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba (tương ứng với đường 1104C), hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba (1204). Chẳng hạn, trong ví dụ trên Fig.11, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định góc chênh lệch laze (ví dụ, thetaLaserDeltaVirtualInterval) cho khoảng tương ứng với bin bằng cách lấy tang của góc của khoảng (theta32) trừ đi tang của góc của đường đi qua điểm giữa của nút (ThetaLaser). Góc của khoảng có thể tương ứng với một góc, từ điểm gốc của tập hợp tia laze, của khoảng. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định chênh lệch góc trên cùng (ví dụ, DeltaTop) bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze cho khoảng. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể xác định chênh lệch góc dưới cùng (ví dụ, DeltaBottom) bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze cho khoảng.

Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thực hiện phép so sánh thứ nhất (ví dụ, thetaLaserDeltaVirtualInterval $\geq$ 0) xác định xem góc chênh lệch laze cho khoảng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể đặt chỉ số ngưỡng cảnh bằng 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze cho khoảng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không (ví dụ, idcmIdxAngular[i][j] = thetaLaserDeltaVirtualInterval $\geq$ 0 ? 0 : 1). Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thực hiện phép so sánh thứ hai (DeltaTop $\geq$ 0) xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không. Chùm laze có thể ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thực hiện phép so sánh thứ ba (ví dụ, DeltaBottom $<$ 0) xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không. Chùm laze có thể ở dưới ngưỡng

khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0. Bộ mã hóa G-PCC 200 có thể gia tăng chỉ số ngữ cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 (ví dụ, `if (DeltaTop >= 0) idcmIdxAngular[i][j] += 2`) hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0 (ví dụ, `Else if (DeltaBottom < 0) idcmIdxAngular[i][j] += 2`).

Bộ mã hóa G-PCC 200 (ví dụ, đơn vị mã hóa số học 214 của bộ mã hóa G-PCC 200) có thể mã hóa số học các bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định (1206). Ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 có thể thực hiện mã hóa CABAC trên các bin của phần tử cú pháp chỉ báo độ lệch vị trí điểm thẳng đứng.

Fig.12B là lưu đồ minh họa hoạt động làm ví dụ để giải mã độ lệch điểm thẳng đứng IDCM theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế. Trong ví dụ trên Fig.12B, bộ giải mã G-PCC 300 có thể thu được luồng bit (ví dụ, luồng bit hình học hoặc loại luồng bit khác) bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây (ví dụ, cây bát phân) biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm (1248). Chẳng hạn, bộ giải mã G-PCC 300 có thể thu được luồng bit từ kênh truyền thông không dây hoặc có dây. Trong một số ví dụ, bộ giải mã G-PCC 300 có thể thu được luồng bit từ phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính tạm thời hoặc bất biến. Đơn vị xử lý, giao diện mạng, bộ điều khiển bộ nhớ, hoặc loại phần cứng khác có thể thu được luồng bit.

Bộ giải mã G-PCC 300 có thể giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây (ví dụ, cây bát phân) biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm (1250). Như là một phần của việc giải mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze (1252). Chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút. Bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định chỉ số laze theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trong phần khác của bản mô tả. Chẳng hạn, bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định chỉ số laze như được chỉ ra trong Bảng 2 trên đây.

Ngoài ra, bộ giải mã G-PCC 300 (ví dụ, đơn vị giải mã số học hình học 302 của bộ giải mã G-PCC 300 (Fig.3)) có thể xác định chỉ số ngữ cảnh (`idcmIdxAngular`) dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách

thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba (1254). Bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định chỉ số ngữ cảnh cách giống như bộ mã hóa G-PCC 200, như được mô tả trên đây.

Bộ giải mã G-PCC 300 (ví dụ, đơn vị giải mã số học hình học 302 của bộ giải mã G-PCC 300) có thể giải mã số học các bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định (1256). Ví dụ, bộ giải mã G-PCC 300 có thể thực hiện giải mã CABAC trên các bin của phần tử cú pháp chỉ báo độ lệch vị trí điểm thẳng đứng. Bộ giải mã G-PCC 300 có thể thực hiện hoạt động trên Fig.12B như là một phần của việc tái tạo đám mây điểm. Như là một phần của việc tái tạo một hoặc nhiều điểm của đám mây điểm, bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định vị trí của một hoặc nhiều điểm của đám mây điểm dựa vào độ lệch vị trí điểm thẳng đứng. Chẳng hạn, bộ giải mã G-PCC 300 có thể xác định vị trí theo phương thẳng đứng của điểm trong đám mây điểm đã tái tạo là độ lệch vị trí điểm thẳng đứng cộng với vị trí theo phương thẳng đứng của điểm gốc của nút.

Như nêu trên, phần tử cú pháp `number_lasers` có thể được báo hiệu trong tập tham số, như tập tham số hình học. Phần tử cú pháp `number_lasers` chỉ báo số lượng các tia laser dùng cho chế độ lập mã góc. Tuy nhiên, theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế, số lượng các tia laser dùng cho chế độ lập mã góc có thể được báo hiệu (ví dụ, trong tập tham số như tập tham số hình học hoặc phần đầu cú pháp khác) là `number_lasers_minusL` sao cho số lượng các tia laser được thu bằng cách cộng giá trị `L` vào giá trị `number_lasers_minusL` được báo hiệu. Do đó, trong một số ví dụ, bộ lập mã G-PCC (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 hoặc bộ giải mã G-PCC 300) có thể lập mã phần tử cú pháp có giá trị thứ nhất, trong đó giá trị thứ nhất cộng giá trị thứ hai chỉ báo số lượng các tia laser, trong đó giá trị thứ hai là số lượng tia laser tối thiểu.

Trong một số ví dụ, giá trị `L` bằng 1, bởi vì nên có ít nhất một tia laser để chế độ góc là hữu ích trong quy trình lập mã, ví dụ, các vị trí phẳng của chế độ phẳng hoặc các độ lệch vị trí điểm của IDCM. Phần tử cú pháp `number_lasers_minus1` có thể được lập mã trong luồng bit nhờ sử dụng các mã có độ dài biến đổi, như các mã Golomb lũy thừa bậc `k`, hoặc các mã có độ dài cố định. Trong một số ví dụ, giá trị `L` có thể bằng số lượng tia laser tối thiểu cần thiết để chế độ góc là hữu ích trong quy trình lập mã. Trong một số

ví dụ, phần tử cú pháp `number_lasers_minusL` có thể được lập mã trong luồng bit nhờ sử dụng các mã có độ dài biến đổi, như các mã Golomb lũy thừa bậc k , hoặc các mã có độ dài cố định.

Bảng cú pháp của tập tham số hình học được sửa đổi như trong Bảng 11 dưới đây, với các phần văn bản sửa đổi được biểu thị bằng các thẻ `<!--...-->`. Cụ thể hơn, Bảng 11 thể hiện việc báo hiệu `number_of_lasers_minus1` trong tập tham số hình học. Trong Bảng 11, các thẻ `<#>...</#>` biểu thị các phần tử cú pháp liên quan đến chế độ góc.

BẢNG 11

<code>geometry_parameter_set() {</code>	Ký hiệu mô tả
<code>...</code>	<code>...</code>
<code>geometry_planar_mode_flag</code>	<code>u(1)</code>
<code>if(geometry_planar_mode_flag){</code>	
<code>geom_planar_mode_th_idcm</code>	<code>ue(v)</code>
<code>geom_planar_mode_th[1]</code>	<code>ue(v)</code>
<code>geom_planar_mode_th[2]</code>	<code>ue(v)</code>
<code>}</code>	
<code><#>geometry_angular_mode_flag</#></code>	<code>u(1)</code>
<code><#>if(geometry_angular_mode_flag){ </#></code>	
<code><#> lidar_head_position[0] </#></code>	<code>se(v)</code>
<code><#> lidar_head_position[1] </#></code>	<code>se(v)</code>
<code><#> lidar_head_position[2] </#></code>	<code>se(v)</code>
<code><!-- number_lasers_minus1 --></code>	<code>ue(v)</code>
<code><#> for(i = 0; i < (number_lasers_minus1 + 1); i++) {</#></code>	
<code><#> laser_angle[i] </#></code>	<code>se(v)</code>
<code><#> laser_correction[i] </#></code>	<code>se(v)</code>
<code><#> }</#></code>	

<#> planar_buffer_disabled </#>	u(1)
<#> implicit_qtbt_angular_max_node_min_dim_log2_to_split_z </#>	se(v)
<#> implicit_qtbt_angular_max_diff_to_split_z </#>	se(v)
<#> } </#>	
neighbour_context_restriction_flag	u(1)
inferred_direct_coding_mode_enabled_flag	u(1)
...	

Ngữ nghĩa của the number_lasers_minus1 phân tử cú pháp được cho như sau:

giá trị **number_lasers_minus1** cộng 1 chỉ rõ số lượng các tia laze dùng cho chế độ lập mã góc. Khi không có mặt, number_lasers_minus1 được suy ra là bằng -1.

Trong một số ví dụ của sáng chế, chế độ góc có thể được đơn giản hóa bằng cách bỏ qua căn bậc hai nghịch đảo của phép tính khoảng cách O-clit. Nguyên tắc bỏ qua căn bậc hai nghịch đảo của phép tính khoảng cách O-clit là dựa vào phương trình để tính tang của góc như sau (lượng giác), như được thể hiện trên Fig.13. Fig.13 là sơ đồ khái niệm biểu thị các góc và các cạnh của tam giác vuông 1300. Như được thể hiện trên Fig.13, tang (góc độ của góc A) = a / b = cạnh đối diện / cạnh liền kề.

Trường hợp chung hơn trong ba chiều: nếu góc A có tọa độ (X0, Y0, Z0) và góc B có tọa độ (X, Y, Z), thì tang được cho bởi:

$$\tan A = \frac{(Z - Z0)}{\sqrt{(X - X0)^2 + (Y - Y0)^2}}$$

Căn bậc hai nghịch đảo có thể được loại bỏ bằng cách lấy bình phương cả hai cạnh của phương trình:

$$(\tan A)^2 [(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2] = (Z - Z_0)^2 \quad (\text{Phương trình 1})$$

Theo sáng chế, dựa vào nguyên tắc trên đây, bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số của tia laze giao cắt với nút hiện thời, nếu nút này thích hợp, và/hoặc xác định chỉ số ngữ cảnh để lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng chế độ góc. Cho Z_marker là tọa độ thẳng đứng của điểm đánh dấu so với gốc và cho Tan_laser là tang của góc giữa chiều của chùm laze ứng viên và mặt phẳng ngang đi qua gốc. Cả hai giá trị có thể dương hoặc âm: Z_marker_sign và Tan_laser_sign (giả định các giá trị +1 hoặc -1). Bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số laze giao cắt bằng cách tính bình phương của Z_marker ($Z2_marker$) và bình phương của Tan_laser nhân với bình phương của khoảng cách O-clit (Phương trình 1) xác định bình phương của tọa độ thẳng đứng của tia laze ($Z2_laser$). Giá trị delta nhỏ nhất (giá trị tuyệt đối) giữa hai đại lượng $Z_marker_sign * Z2_marker$ và $Tan_laser_sign * Z2_laser$ xác định chỉ số của tia laze giao cắt với nút. Tùy ý, giá trị bù hiệu chỉnh laze gần đúng $Z_correction_sign * Z2_correction$ có thể được bao gồm trong phép tính delta. Bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngữ cảnh bằng cách kiểm tra dấu của giá trị delta nhỏ nhất trên đây (trước giá trị tuyệt đối). Giá trị delta dương ánh xạ đến một chỉ số ngữ cảnh và giá trị delta âm ánh xạ đến chỉ số ngữ cảnh thứ hai. Theo cách khác, giá trị delta có thể được so sánh với các khoảng con (xem chi tiết hơn trong các phần bộc lộ trên đây) để xác định chỉ số ngữ cảnh, ví dụ, trong trường hợp ba ngữ cảnh. Bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số của tia laze giao cắt với nút hiện thời, nếu nút hiện thời thích hợp, và/hoặc xác định chỉ số ngữ cảnh để lập mã các độ lệch vị trí điểm thẳng đứng IDCM nhờ sử dụng chế độ góc. Việc xác định này về bản chất là tương tự như việc xác định trước đó (xem thêm phần bộc lộ trước đó).

Các nguyên lý nêu trên, có sử dụng thông tin cảm biến, không bị giới hạn ở việc lập mã phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng đứng (Z) của chế độ phẳng trong nút, với các nguyên tắc tương tự cũng có thể được áp dụng cho việc lập mã các phần tử cú pháp vị trí mặt phẳng X hoặc Y của chế độ phẳng trong nút.

Các chế độ vị trí mặt phẳng X hoặc Y của chế độ phẳng có thể được chọn bởi bộ mã hóa G-PCC 200 nếu chúng thích hợp hơn để lập mã sự phân bố điểm trong nút. Cũng cần hiểu rằng các nguyên lý nêu trên, có sử dụng thông tin cảm biến, không bị giới hạn

ở việc lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng (Z) của IDCM trong nút, với các nguyên tắc tương tự cũng có thể được áp dụng cho việc lập mã các độ lệch vị trí điểm X hoặc Y trong nút.

Xây dựng trên cơ sở phần văn bản của w19088 để xác định chỉ số laze của tia laze giao cắt với nút hiện thời như nêu trên, những thay đổi trong văn bản đặc tả kỹ thuật của ví dụ này được nêu trong Bảng 12 dưới đây. Cụ thể hơn, Bảng 12 dưới đây thể hiện văn bản đặc tả kỹ thuật làm ví dụ xác định chỉ số laze đi qua nút hiện thời mà không có căn bậc hai nghịch đảo của các phép tính khoảng cách.

BẢNG 12

...

Cách khác, nếu tính thích hợp về góc `angular_eligible[Child]` bằng 1, phần sau đây áp dụng là phần tiếp nối của quy trình được mô tả trong phần 8.2.5.1 [1].

```
midNodeX = (1 << (ChildNodeSizeXLog2) >> 1)
```

```
midNodeY = (1 << (ChildNodeSizeXLog2) >> 1)
```

```
midNodeZ = (1 << (ChildNodeSizeZLog2) >> 1)
```

```
xLidar = xNchild - lidar_head_position[0] + midNodeX
```

```
yLidar = yNchild - lidar_head_position[1] + midNodeY
```

```
zLidar = zNchild - lidar_head_position[2] + midNodeZ
```

trong đó (xNchild, yNchild, zNchild) chỉ rõ vị trí của nút con cây bát phân hình học Child trong lát hiện thời.

Khoảng cách O-clit được lấy bình phương và định tỷ lệ được cho bởi:

```
r2 = (xLidar*xLidar + yLidar*yLidar) >> 3
```

(lưu ý: right-shift scaling >>N có thể cần thiết để giảm độ sâu bit của kết quả)

Bình phương của tọa độ thẳng đứng đến midNode được cho bởi:

```
z2 = zLidar * zLidar
```

Tính thích hợp về góc và tia laze gắn kèm đến nút con được xác định như sau, dựa vào nút cha Parent của nút con:

```
laserIndex [Child] = UNKNOWN_LASER
```

```
idcm4angular[Child] = 0
```

```
if (laserIndex [Parent] == UNKNOWN_LASER || deltaAngleR <= (midNodeZ << (26 + 2)))
```

```
{
```

minDelta = 1 << (18 + 7) (lưu ý: giá trị tối thiểu được xác định dưới đây, do đó giá trị này được đặt tối đa)

```
for (j = 0; j < number_lasers; j++) {
```

```
    laser_angle2 = (((laser_angle[j] * laser_angle[j]) >> 3) * r2) >> 30)
```

(lưu ý: mảng laser_angle chứa các tang của góc; định tỷ lệ để giảm độ sâu bit của kết quả)

```
    laser_correction2 = laser_correction[j] * laser_correction [j]
```

```
    delta = (+/- laser_angle2 +/- laser_correction2 +/- z2)
```

(lưu ý: +/- phụ thuộc vào dấu của laser_angle[j], laser_correction[j], zLidar trước khi lấy bình phương để thu được giá trị delta; bao gồm laser_correction2 là tùy chọn và gần đúng)

```
    deltaAbs = abs(delta)
```

```
    deltaSign = sign(delta)
```

```
    if (deltaAbs < minDelta) {
```

```
        minDelta = deltaAbs
```

```
        laserIndex [Child] = j
```

```
        signForCtx = deltaSign
```

```
    }
```

```
}
```

```
} else idcm4angular[Child] = 1
```

...

Bộ lập mã G-PCC có thể xác định chỉ số ngữ cảnh (contextAngular) của tia laze cắt qua nút ở trên hoặc dưới nút điểm giữa như sau trong Bảng 13.

BẢNG 13

...

Ngữ cảnh góc được suy ra từ dấu của signForCtx.

contextAngular[Child] = 0

if (signForCtx < 0) contextAngular[Child] = 1

...

Báo hiệu góc laze và độ lệch laze

Đối với mỗi tia laze, góc laze tương ứng, và độ lệch laze (vị trí laze so với vị trí đầu) được báo hiệu (ví dụ, như được biểu thị với phần văn bản được đánh kèm trong các thẻ <!>...</!>), như được biểu thị trong Bảng 14 dưới đây.

BẢNG 14

geometry_parameter_set() {	Ký hiệu mô tả
...	...
geometry_planar_mode_flag	u(1)
if(geometry_planar_mode_flag){	
geom_planar_mode_th_idcm	ue(v)
geom_planar_mode_th[1]	ue(v)
geom_planar_mode_th[2]	ue(v)

}	
geometry_angular_mode_flag	u(1)
if(geometry_angular_mode_flag){	
lidar_head_position[0]	se(v)
lidar_head_position[1]	se(v)
lidar_head_position[2]	se(v)
number_lasers	ue(v)
<!-- for(i = 0; i < number_lasers; i++) {<!-->	
<!-- laser_angle[i]<!-->	se(v)
<!-- laser_correction[i]<!-->	se(v)
<!-- }<!-->	
planar_buffer_disabled	u(1)
implicit_qtbt_angular_max_node_min_dim_log2_to_split_z	se(v)
implicit_qtbt_angular_max_diff_to_split_z	se(v)
}	
neighbour_context_restriction_flag	u(1)
inferred_direct_coding_mode_enabled_flag	u(1)
...	

Do đó, trong một số ví dụ, thiết bị (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 hoặc bộ giải mã G-PCC 300) có thể báo hiệu, đối với mỗi tia laze của tập hợp ứng viên laze, góc laze tương ứng và độ lệch laze tương ứng.

Mặc dù trong phần mô tả cú pháp trên đây, mô tả rằng góc laze và giá trị hiệu chỉnh laze đều được lập mã với se(v) (tức là, lập mã Exp-Golomb bậc 0 nguyên có dấu với bit trái trước tiên), mô tả phần mềm khác so với mô tả cú pháp. Nói chung, góc laze và giá trị hiệu chỉnh laze được biểu diễn ở định dạng dấu chấm động trong cấu hình đầu

vào của bộ mã hóa, và các giá trị được định tỷ lệ theo số nguyên và giá trị bù được thêm vào để biến đổi số nguyên thành số nguyên dương. Số nguyên dương này có thể được báo hiệu, ví dụ, như là một phần của luồng bit, như sau:

```
for (auto val : params.encoder.lasersTheta) {
    int one = 1 << 18;
    params.encoder.gps.geom_angular_theta_laser.push_back(round(val * one));
}

for (auto val : params.encoder.lasersZ) {
    int one = 1 << 3;
    params.encoder.gps.geom_angular_z_laser.push_back(
        round(val * params.encoder.sps.seq_source_geom_scale_factor * one));
}

for (int i = 0; i < gps.geom_angular_num_lidar_lasers(); i++) {
    bs.writeUe(gps.geom_angular_theta_laser[i] + 1048576);
    bs.writeUe(gps.geom_angular_z_laser[i] + 1048576);
}
```

Các góc laze có thể được bố trí theo định dạng được sắp xếp, ví dụ, các góc tăng hoặc giảm đơn điệu theo chỉ số mảng. Nếu không được bố trí theo định dạng này, có thể thực hiện xử lý trước đầu vào để sắp xếp các góc trước khi lập mã. Quan sát thấy rằng các góc laze rất tương tự nhau. Trong trường hợp này, các góc của chỉ số mảng i có thể được dự báo từ góc của chỉ số $i-1$, và chỉ chênh lệch có thể được báo hiệu, tức là, quy trình lập mã delta có thể được áp dụng.

Quan sát thấy rằng góc của tia laze cụ thể rất tương tự với (các) tia laze lân cận. Trong trường hợp này, góc của tia laze thứ i có thể được dự báo từ góc của tia laze thứ $i-1$, và chỉ chênh lệch có thể được báo hiệu, tức là, quy trình lập mã delta có thể được áp dụng với lập mã $se(v)$.

Quy trình lập mã delta tương tự cũng có thể được áp dụng cho hiệu chỉnh laze, như được thể hiện trong Bảng 15 dưới đây.

BẢNG 15

geometry_parameter_set() {	Ký hiệu mô tả
...	...
geometry_planar_mode_flag	u(1)
if(geometry_planar_mode_flag){	
geom_planar_mode_th_idcm	ue(v)
geom_planar_mode_th[1]	ue(v)
geom_planar_mode_th[2]	ue(v)
}	
geometry_angular_mode_flag	u(1)
if(geometry_angular_mode_flag){	
lidar_head_position[0]	se(v)
lidar_head_position[1]	se(v)
lidar_head_position[2]	se(v)
number_lasers	ue(v)
<!-- for(i = 0; i < number_lasers; i++) {<!-->	
<!-- laser_angle_delta[i]<!-->	se(v)
<!-- laser_correction_delta[i]<!-->	se(v)
<!-- }<!-->	
planar_buffer_disabled	u(1)
implicit_qtbt_angular_max_node_min_dim_log2_to_split_z	se(v)
implicit_qtbt_angular_max_diff_to_split_z	se(v)

}	
neighbour_context_restriction_flag	u(1)
inferred_direct_coding_mode_enabled_flag	u(1)
...	

Laser_angle[i] và laser_correction[i] có thể được suy ra lần lượt từ laser_angle_delta[i] và laser_correction_delta[i], ở bộ giải mã G-PCC 300, như sau:

```

pred_angle = 0 ;
pred_correction = 0 ;

For(i=0;i<number_lasers;i++){
    If (i>0){
        pred_angle = laser_angle[i -1];
        pred_correction = laser_correction[i -1];
    }

    laser_angle[i] = laser_angle_delta[i] + pred_angle ;
    laser_correction[i] = laser_correction_delta[i] + pred_correction ;
}

```

Trong một số ví dụ, laser_angle_delta[i] (ngoại trừ laser_angle_delta[0]) có thể được lập mã là số nguyên không dấu nếu các góc laze được sắp xếp (tăng và giảm đơn điệu), do các giá trị delta sẽ tất cả đều dương hoặc tất cả đều âm.

Do đó, với laser_angle_delta [0], lập mã se(v) (tức là, lập mã Exp-Golomb bậc 0 nguyên có dấu với bit trái trước tiên) được sử dụng, và với laser_angle_delta[i] (i > 0) khác, lập mã ue(v) được sử dụng. laser_offset_deltas được lập mã với se(v), ví dụ, như được thể hiện trong Bảng 16 dưới đây.

BẢNG 16

geometry_parameter_set() {	Ký hiệu mô tả
...	...
geometry_planar_mode_flag	u(1)
if(geometry_planar_mode_flag){	
geom_planar_mode_th_idcm	ue(v)
geom_planar_mode_th[1]	ue(v)
geom_planar_mode_th[2]	ue(v)
}	
geometry_angular_mode_flag	u(1)
if(geometry_angular_mode_flag){	
lidar_head_position[0]	se(v)
lidar_head_position[1]	se(v)
lidar_head_position[2]	se(v)
number_lasers	ue(v)
<!--for(i=0; i <number_lasers; i++) {-->	
<!-- if (i==0) -->	
<!-- laser_angle_delta[i]-->	se(v)
<!-- else-->	
<!-- laser_angle_delta[i]-->	ue(v)
<!-- laser_correction_delta[i]-->	se(v)
<!--}-->	
planar_buffer_disabled	u(1)
implicit_qtbt_angular_max_node_min_dim_log2_to_split_z	se(v)
implicit_qtbt_angular_max_diff_to_split_z	se(v)
}	
neighbour_context_restriction_flag	u(1)
inferred_direct_coding_mode_enabled_flag	u(1)
...	

Trong ví dụ khác, $\text{laser_angle_delta}[i]$ và $\text{laser_correction_delta}[i]$ có thể được lập mã với mã Exp-Golomb có bậc k . k có thể là tự thích ứng (dựa vào độ lớn của các giá trị delta), cố định và cấu hình được bởi bộ mã hóa, hoặc cố định và được định trước. Trong ví dụ khác, quy trình lập mã delta có thể chỉ áp dụng được cho các góc laze mà không áp dụng cho hiệu chỉnh laze.

Fig.14 là sơ đồ khái niệm minh họa hệ thống định tầm 1400 làm ví dụ có thể được sử dụng với một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế. Trong ví dụ trên Fig.14, hệ thống định tầm 1400 bao gồm bộ chiếu sáng 1402 và bộ cảm biến 1404. Đèn chiếu sáng 1402 có thể phát ra ánh sáng 1406. Trong một số ví dụ, bộ chiếu sáng 1402 có thể phát ra ánh sáng 1406 là một hoặc nhiều chùm laze. Ánh sáng 1406 có thể ở một hoặc nhiều bước sóng, như bước sóng hồng ngoại hoặc bước sóng ánh sáng nhìn thấy. Trong các ví dụ khác, ánh sáng 1406 không phải là ánh sáng laze, đồng nhất. Khi ánh sáng 1406 gặp phải đối tượng, như đối tượng 1408, ánh sáng 1406 tạo ra ánh sáng quay trở lại 1410. Ánh sáng quay trở lại 1410 có thể bao gồm ánh sáng tán xạ và/hoặc phản xạ. Ánh sáng quay trở lại 1410 có thể đi qua thấu kính 1411 điều hướng ánh sáng quay trở lại 1410 để tạo ra ảnh 1412 của đối tượng 1408 trên bộ cảm biến 1404. Bộ cảm biến 1404 tạo ra các tín hiệu 1414 dựa trên ảnh 1412. Ảnh 1412 có thể bao gồm tập hợp các điểm (ví dụ, như được biểu diễn bởi các chấm trong ảnh 1412 trên Fig.14).

Trong một số ví dụ, bộ chiếu sáng 1402 và bộ cảm biến 1404 có thể được gắn trên cơ cấu quay sao cho bộ chiếu sáng 1402 và bộ cảm biến 1404 chụp được cảnh 360 độ của môi trường. Trong các ví dụ khác, hệ thống định tầm 1400 có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần quang học (ví dụ, gương, ống chuẩn trực, cách tử nhiễu xạ, v.v.) cho phép bộ chiếu sáng 1402 và bộ cảm biến 1404 phát hiện phạm vi của các đối tượng trong một phạm vi cụ thể (ví dụ, lên đến 360 độ). Mặc dù ví dụ trên Fig.14 chỉ thể hiện một bộ chiếu sáng 1402 và bộ cảm biến 1404, hệ thống định tầm 1400 có thể bao gồm nhiều bộ gồm bộ chiếu sáng và bộ cảm biến.

Trong một số ví dụ, bộ chiếu sáng 1402 tạo ra mẫu ánh sáng có cấu trúc. Trong các ví dụ này, hệ thống định tầm 1400 có thể bao gồm nhiều bộ cảm biến 1404 có các ảnh tương ứng của mẫu ánh sáng có cấu trúc được tạo trên đó. Hệ thống định tầm 1400 có thể sử dụng sự chênh lệch giữa các ảnh của mẫu ánh sáng có cấu trúc để xác định

khoảng cách đến đối tượng 1408, với mẫu ánh sáng có cấu trúc tán xạ ngược từ đó. Các hệ thống định tầm dựa trên ánh sáng có cấu trúc có thể có mức độ chính xác cao (ví dụ, độ chính xác trong phạm vi dưới milimet), khi đối tượng 1408 ở tương đối gần bộ cảm biến 1404 (ví dụ, 0,2 mét đến 2 mét). Mức độ chính xác cao này có thể hữu ích trong các ứng dụng nhận diện khuôn mặt, như mở khóa thiết bị di động (ví dụ, điện thoại di động, máy tính bảng, v.v.) và cho các ứng dụng bảo mật.

Trong một số ví dụ, hệ thống định tầm 1400 là hệ thống dựa trên thời gian bay (time of flight - ToF). Trong một số ví dụ trong đó hệ thống định tầm 1400 là hệ thống dựa trên ToF, bộ chiếu sáng 1402 tạo ra các xung ánh sáng. Nói cách khác, bộ chiếu sáng 1402 có thể điều chế biên độ của ánh sáng phát ra 1406. Trong các ví dụ này, bộ cảm biến 1404 phát hiện ánh sáng quay trở lại 1410 từ các xung của ánh sáng 1406 được tạo ra bởi bộ chiếu sáng 1402. Hệ thống định tầm 1400 sau đó có thể xác định khoảng cách đến đối tượng 1408 mà từ đó ánh sáng 1406 tán xạ ngược dựa vào độ trễ giữa khi ánh sáng 1406 được phát ra và được phát hiện và tốc độ đã biết của ánh sáng trong không khí. Trong một số ví dụ, ngoài việc (hoặc bổ sung cho) điều chế biên độ của ánh sáng phát ra 1406, bộ chiếu sáng 1402 có thể điều chế pha của ánh sáng phát ra 1406. Trong các ví dụ này, bộ cảm biến 1404 có thể phát hiện pha của ánh sáng quay trở lại 1410 từ đối tượng 1408 và xác định khoảng cách đến các điểm trên đối tượng 1408 nhờ sử dụng tốc độ ánh sáng và dựa vào chênh lệch thời gian giữa khi bộ chiếu sáng 1402 tạo ra ánh sáng 1406 ở pha cụ thể và khi bộ cảm biến 1404 phát hiện ánh sáng quay trở lại 1410 ở pha cụ thể.

Trong các ví dụ khác, đám mây điểm có thể được tạo ra mà không sử dụng bộ chiếu sáng 1402. Chẳng hạn, trong một số ví dụ, các bộ cảm biến 1404 của hệ thống định tầm 1400 có thể bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai camera quang học. Trong các ví dụ này, hệ thống định tầm 1400 có thể sử dụng các camera quang học để thu thập ảnh lập thể của môi trường, bao gồm đối tượng 1408. Hệ thống định tầm 1400 có thể bao gồm bộ tạo đám mây điểm 1420 có thể tính toán chênh lệch giữa các vị trí trong các ảnh lập thể. Hệ thống định tầm 1400 sau đó có thể sử dụng các chênh lệch này để xác định khoảng cách đến các vị trí được thể hiện trong các ảnh lập thể. Từ các khoảng cách này, bộ tạo đám mây điểm 1420 có thể tạo ra đám mây điểm.

Các bộ cảm biến 1404 cũng có thể phát hiện các thuộc tính khác của đối tượng 1408, như màu và thông tin hệ số phản xạ. Trong ví dụ trên Fig.14, bộ tạo đám mây điểm 1416 có thể tạo ra đám mây điểm dựa vào các tín hiệu 1418 được tạo ra bởi bộ cảm biến 1404. Hệ thống định tầm 1400 và/hoặc bộ tạo đám mây điểm 1416 có thể tạo thành một phần của nguồn dữ liệu 104 (Fig.1). Do đó, đám mây điểm được tạo ra bởi hệ thống định tầm 1400 có thể được mã hóa và/hoặc giải mã theo kỹ thuật bất kỳ trong số các kỹ thuật của sáng chế.

Fig.15 là sơ đồ khái niệm minh họa tình huống dựa trên xe làm ví dụ trong đó một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế có thể được sử dụng. Trong ví dụ trên Fig.15, xe 1500 bao gồm hệ thống định tầm 1502. Hệ thống định tầm 1502 có thể được triển khai theo cách được thảo luận liên quan đến Fig.14. Mặc dù không được thể hiện trong ví dụ trên Fig.15, xe 1500 cũng có thể bao gồm nguồn dữ liệu, như nguồn dữ liệu 104 (Fig.1), và bộ mã hóa G-PCC, như bộ mã hóa G-PCC 200 (Fig.1). Trong ví dụ trên Fig.15, hệ thống định tầm 1502 phát ra các chùm laser 1504 phản xạ lại người đi bộ 1506 hoặc các đối tượng khác trên đường. Nguồn dữ liệu của xe 1500 có thể tạo ra đám mây điểm dựa vào các tín hiệu được tạo ra bởi hệ thống định tầm 1502. Bộ mã hóa G-PCC của xe 1500 có thể mã hóa đám mây điểm để tạo ra các luồng bit 1508, như luồng bit hình học 203 (Fig.2) và luồng bit thuộc tính 205 (Fig.2). Các luồng bit 1508 có thể bao gồm ít bit hơn đám mây điểm không mã hóa thu được bởi bộ mã hóa G-PCC.

Giao diện đầu ra của xe 1500 (ví dụ, giao diện đầu ra 108 (Fig.1) có thể truyền các luồng bit 1508 đến một hoặc nhiều thiết bị khác. Các luồng bit 1508 có thể bao gồm ít bit hơn đám mây điểm không mã hóa thu được bởi bộ mã hóa G-PCC. Do đó, xe 1500 có thể có khả năng truyền các luồng bit 1508 đến các thiết bị khác nhanh hơn dữ liệu đám mây điểm không mã hóa. Ngoài ra, các luồng bit 1508 có thể đòi hỏi ít dung lượng lưu trữ dữ liệu hơn. Các kỹ thuật của sáng chế có thể giảm hơn nữa số lượng bit trong các luồng bit 1508. Chẳng hạn, việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laser và nút, và việc sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng cảnh để lập mã số học vị trí mặt phẳng đứng hoặc độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, có thể giảm hơn nữa số lượng bit trong các luồng bit 1508.

Trong ví dụ trên Fig.15, xe 1500 có thể truyền các luồng bit 1508 đến xe khác 1510. Xe 1510 có thể bao gồm bộ giải mã G-PCC, như bộ giải mã G-PCC 300 (Fig.1).

Bộ giải mã G-PCC của xe 1510 có thể giải mã các luồng bit 1508 để tái tạo đám mây điểm. Xe 1510 có thể sử dụng đám mây điểm đã tái tạo cho các mục đích khác nhau. Chẳng hạn, xe 1510 có thể xác định dựa vào đám mây điểm đã tái tạo rằng người đi bộ 1506 đang đi trên đường ở phía trước xe 1500 và do đó bắt đầu đi chậm lại, ví dụ, thậm chí trước khi tài xế của xe 1510 nhận ra rằng người đi bộ 1506 đang đi trên đường. Do đó, trong một số ví dụ, xe 1510 có thể thực hiện hoạt động điều hướng tự động dựa vào đám mây điểm đã tái tạo.

Ngoài ra hoặc theo cách khác, xe 1500 có thể truyền các luồng bit 1508 đến hệ thống máy chủ 1512. Hệ thống máy chủ 1512 có thể sử dụng các luồng bit 1508 cho các mục đích khác nhau. Ví dụ, hệ thống máy chủ 1512 có thể lưu trữ các luồng bit 1508 cho việc tái tạo các đám mây điểm sau này. Trong ví dụ này, hệ thống máy chủ 1512 có thể sử dụng các đám mây điểm cùng với dữ liệu khác (ví dụ, dữ liệu đo từ xa của xe được tạo ra bởi xe 1500) để huấn luyện hệ thống lái xe tự động. Trong ví dụ khác, hệ thống máy chủ 1512 có thể lưu trữ các luồng bit 1508 cho việc tái tạo sau này cho các cuộc điều tra tai nạn pháp y (ví dụ, nếu xe 1500 va chạm người đi bộ 1506).

Fig.16 là sơ đồ khái niệm minh họa hệ thống thực tế mở rộng làm ví dụ trong đó một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế có thể được sử dụng. Thực tế mở rộng (extended reality - XR) là thuật ngữ dùng để bao hàm một loạt các công nghệ bao gồm thực tế tăng cường (augmented reality - AR), thực tế hỗn hợp (mixed reality - MR) và thực tế ảo (virtual reality - VR). Trong ví dụ trên Fig.16, người dùng 1600 ở vị trí thứ nhất 1602. Người dùng 1600 đeo kính XR (XR headset) 1604. Thay cho kính XR 1604, người dùng 1600 có thể sử dụng thiết bị di động (ví dụ, điện thoại di động, máy tính bảng, v.v.). Kính XR 1604 bao gồm bộ cảm biến phát hiện độ sâu, như hệ thống định tầm, phát hiện vị trí của các điểm trên các đối tượng 1606 ở vị trí 1602. Nguồn dữ liệu của kính XR 1604 có thể sử dụng các tín hiệu được tạo ra bởi bộ cảm biến phát hiện độ sâu để tạo ra dạng biểu diễn đám mây điểm của các đối tượng 1606 ở vị trí 1602. Kính XR 1604 có thể bao gồm bộ mã hóa G-PCC (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 trên Fig.1) được tạo cấu hình để mã hóa đám mây điểm để tạo ra các luồng bit 1608.

Kính XR 1604 có thể truyền các luồng bit 1608 (ví dụ, qua mạng như Internet) đến kính XR 1610 đeo bởi người dùng 1612 ở vị trí thứ hai 1614. Kính XR 1610 có thể giải mã các luồng bit 1608 để tái tạo đám mây điểm. Kính XR 1610 có thể sử dụng đám

mây điểm để tạo ra biểu diễn trực quan XR (ví dụ, biểu diễn trực quan AR, MR, VR) biểu diễn các đối tượng 1606 ở vị trí 1602. Do đó, trong một số ví dụ, như khi kính XR 1610 tạo ra biểu diễn trực quan VR, người dùng 1612 có thể có trải nghiệm đắm chìm 3D ở vị trí 1602. Trong một số ví dụ, kính XR 1610 có thể xác định vị trí của đối tượng ảo dựa vào đám mây điểm đã tái tạo. Chẳng hạn, kính XR 1610 có thể xác định, dựa vào đám mây điểm đã tái tạo, rằng môi trường (ví dụ, vị trí 1602) bao gồm bề mặt phẳng và sau đó xác định rằng đối tượng ảo (ví dụ, nhân vật hoạt hình) sẽ được định vị trên bề mặt phẳng. Kính XR 1610 có thể tạo ra biểu diễn trực quan XR trong đó đối tượng ảo nằm ở vị trí được xác định. Chẳng hạn, kính XR 1610 có thể thể hiện nhân vật hoạt hình đang ngồi trên bề mặt phẳng.

Các kỹ thuật của sáng chế có thể giảm hơn nữa số lượng bit trong các luồng bit 1608. Chẳng hạn, việc xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút, và việc sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh để lập mã số học vị trí mặt phẳng đứng hoặc độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, có thể giảm hơn nữa số lượng bit trong các luồng bit 1608.

Fig.17 là sơ đồ khái niệm minh họa hệ thống thiết bị di động làm ví dụ trong đó một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế có thể được sử dụng. Trong ví dụ trên Fig.17, thiết bị di động 1700, như điện thoại di động hoặc máy tính bảng, bao gồm hệ thống định tầm, như hệ thống LIDAR, phát hiện vị trí của các điểm trên các đối tượng 1702 trong môi trường của thiết bị di động 1700. Nguồn dữ liệu của thiết bị di động 1700 có thể sử dụng các tín hiệu được tạo ra bởi bộ cảm biến phát hiện độ sâu để tạo ra dạng biểu diễn đám mây điểm của các đối tượng 1702. Thiết bị di động 1700 có thể bao gồm bộ mã hóa G-PCC (ví dụ, bộ mã hóa G-PCC 200 trên Fig.1) được tạo cấu hình để mã hóa đám mây điểm để tạo ra các luồng bit 1704. Trong ví dụ trên Fig.17, thiết bị di động 1700 có thể truyền các luồng bit đến thiết bị từ xa 1706, như hệ thống máy chủ hoặc thiết bị di động khác. Thiết bị từ xa 1706 có thể giải mã các luồng bit 1704 để tái tạo đám mây điểm. Thiết bị từ xa 1706 có thể sử dụng đám mây điểm cho các mục đích khác nhau. Ví dụ, thiết bị từ xa 1706 có thể sử dụng đám mây điểm để tạo ra bản đồ về môi trường của thiết bị di động 1700. Chẳng hạn, thiết bị từ xa 1706 có thể tạo ra bản đồ bên trong của tòa nhà dựa vào đám mây điểm đã tái tạo. Trong ví dụ khác, thiết bị từ xa 1706 có thể tạo ra hình ảnh (ví dụ, đồ họa máy tính) dựa vào đám mây điểm. Chẳng hạn, thiết bị

từ xa 1706 có thể sử dụng các điểm của đám mây điểm làm các đỉnh của đa giác và sử dụng các thuộc tính màu của các điểm làm cơ sở để tô màu các đa giác. Trong một số ví dụ, thiết bị từ xa 1706 có thể sử dụng đám mây điểm đã tái tạo để nhận diện khuôn mặt hoặc các ứng dụng bảo mật khác.

Các kỹ thuật của sáng chế có thể giảm hơn nữa số lượng bit trong các luồng bit 1704. Chẳng hạn, việc xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút, và việc sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh để lập mã số học vị trí mặt phẳng đứng hoặc độ lệch vị trí điểm thẳng đứng, có thể giảm hơn nữa số lượng bit trong các luồng bit 1704.

Các ví dụ trong các khía cạnh khác nhau của sáng chế có thể được sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp với nhau.

Sau đây là danh sách các khía cạnh không làm giới hạn sáng chế có thể tuân theo một hoặc nhiều kỹ thuật của sáng chế.

Khía cạnh 1A: Phương pháp xử lý đám mây điểm bao gồm bước lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây bát phân biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó việc lập mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo vị trí của chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút; và lập mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 2A: Phương pháp theo khía cạnh 1A, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze được đặt ở trên hay dưới điểm đánh dấu, trong đó điểm đánh dấu là tâm của nút.

Khía cạnh 3A: Phương pháp theo khía cạnh 1A, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze được đặt ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, dưới ngưỡng khoảng cách thứ hai, hay giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và thứ hai.

Khía cạnh 4A: Phương pháp theo khía cạnh 1A, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze được đặt ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng

cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba.

Khía cạnh 5A: Phương pháp xử lý đám mây điểm bao gồm bước lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng trong nút của cây bát phân biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó việc lập mã độ lệch vị trí điểm thẳng đứng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo vị trí của chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút; và lập mã số học các bin của độ lệch vị trí điểm thẳng đứng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 6A: Phương pháp theo khía cạnh 5A, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze được đặt ở trên hay dưới điểm đánh dấu, trong đó điểm đánh dấu là tâm của nút.

Khía cạnh 7A: Phương pháp theo khía cạnh 5A, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze được đặt ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, dưới ngưỡng khoảng cách thứ hai, hay giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và thứ hai.

Khía cạnh 8A: Phương pháp theo khía cạnh 5A, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze được đặt ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba.

Khía cạnh 9A: Phương pháp xử lý đám mây điểm bao gồm bước lập mã phân tử cú pháp có giá trị thứ nhất, trong đó giá trị thứ nhất cộng giá trị thứ hai chỉ báo số lượng các tia laze, trong đó giá trị thứ hai là số lượng tia laze tối thiểu.

Khía cạnh 10A: Phương pháp theo khía cạnh 9A, trong đó phân tử cú pháp là phân tử cú pháp thứ nhất, phương pháp này còn bao gồm bước xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó tập hợp ứng viên laze có một số tia laze, và chỉ số laze đã xác định chỉ báo vị trí của chùm laze giao cắt với nút của cây bát phân biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút; và lập mã số học các bin của phân tử cú pháp thứ hai nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 11A: Phương pháp xử lý đám mây điểm bao gồm bước xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo vị trí của chùm laze giao cắt với nút của cây bát phân biểu diễn các vị trí của các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào sự giao cắt của chùm laze và nút nhờ sử dụng chế độ góc; và lập mã số học các bin của phần tử cú pháp thứ hai nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 12A: Phương pháp xử lý đám mây điểm bao gồm bước báo hiệu, đối với mỗi tia laze của tập hợp ứng viên laze, góc laze tương ứng và độ lệch laze tương ứng.

Khía cạnh 13A: Phương pháp theo khía cạnh 12A, phương pháp này còn bao gồm các phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1A-11A.

Khía cạnh 14A: Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1A-13A, phương pháp này còn bao gồm bước tạo ra đám mây điểm.

Khía cạnh 15A: Thiết bị xử lý đám mây điểm, thiết bị này bao gồm một hoặc nhiều phương tiện để thực hiện phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1A-14A.

Khía cạnh 16A: Thiết bị khía cạnh 15A, trong đó một hoặc nhiều phương tiện bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý được triển khai trong hệ mạch.

Khía cạnh 17A: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 15A hoặc 16A, thiết bị này còn bao gồm bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu biểu diễn đám mây điểm.

Khía cạnh 18A: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 15A-17A, trong đó thiết bị bao gồm bộ giải mã.

Khía cạnh 19A: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 15A-18A, trong đó thiết bị bao gồm bộ mã hóa.

Khía cạnh 20A: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 15A-19A, thiết bị này còn bao gồm thiết bị để tạo ra đám mây điểm.

Khía cạnh 21A: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 15A-20A, thiết bị này còn bao gồm màn hiển thị để trình diễn hình ảnh dựa vào đám mây điểm.

Khía cạnh 22A: Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý thực hiện phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1A-14A.

Khía cạnh 1B: Thiết bị giải mã dữ liệu đám mây điểm bao gồm bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu biểu diễn dữ liệu đám mây điểm; và một hoặc nhiều bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được triển khai trong hệ mạch, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để: thu được luồng bit bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình sao cho, như là một phần của việc giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng cảnh đã xác định.

Khía cạnh 2B: Thiết bị theo khía cạnh 1B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh, xác định góc chênh lệch laze bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút; xác định chênh lệch góc trên cùng bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và xác định chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

Khía cạnh 3B: Thiết bị theo khía cạnh 2B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh: thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không; đặt chỉ số ngưỡng cảnh bằng 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không; thực hiện phép so sánh thứ hai xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không, trong đó chùm laze ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0; thực hiện phép so sánh thứ

ba xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không, trong đó chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0; và gia tăng chỉ số ngữ cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0.

Khía cạnh 4B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1B đến 3B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để tái tạo đám mây điểm, và trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc tái tạo đám mây điểm, xác định vị trí của một hoặc nhiều điểm của đám mây điểm dựa vào vị trí mặt phẳng đứng.

Khía cạnh 5B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1B đến 4B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để tạo ra bản đồ bên trong của tòa nhà dựa vào đám mây điểm đã tái tạo.

Khía cạnh 6B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1B đến 5B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để thực hiện hoạt động điều hướng tự động dựa vào đám mây điểm đã tái tạo.

Khía cạnh 7B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1B đến 6B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để tạo ra đồ họa máy tính dựa vào đám mây điểm đã tái tạo.

Khía cạnh 8B: Thiết bị theo khía cạnh 7B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để: xác định vị trí của đối tượng ảo dựa vào đám mây điểm đã tái tạo; và tạo ra biểu diễn trực quan thực tế mở rộng (XR) trong đó đối tượng ảo nằm ở vị trí được xác định.

Khía cạnh 9B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1B đến 8B, trong đó thiết bị là một trong số điện thoại di động hoặc máy tính bảng.

Khía cạnh 10B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1B đến 9B, trong đó thiết bị là xe.

Khía cạnh 11B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1B đến 10B, trong đó thiết bị là thiết bị thực tế mở rộng.

Khía cạnh 12B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1B đến 11B, thiết bị này còn bao gồm màn hiển thị để trình diễn hình ảnh dựa vào đám mây điểm.

Khía cạnh 13B: Thiết bị mã hóa dữ liệu đám mây điểm bao gồm bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu đám mây điểm; và một hoặc nhiều bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được triển khai trong hệ mạch, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để mã hóa đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc mã hóa đám mây điểm: mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình sao cho, như là một phần của việc mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng cảnh đã xác định.

Khía cạnh 14B: Thiết bị theo khía cạnh 13B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh: xác định góc chênh lệch laze bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút; xác định chênh lệch góc trên cùng bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và xác định chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

Khía cạnh 15B: Thiết bị theo khía cạnh 14B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh: thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không; đặt chỉ số ngưỡng cảnh bằng 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không; thực hiện phép so sánh thứ hai xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không, trong đó chùm laze ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0; thực hiện phép so sánh thứ ba xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không, trong đó chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0; và

gia tăng chỉ số ngữ cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0.

Khía cạnh 16B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 13B đến 15B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để tạo ra đám mây điểm.

Khía cạnh 17B: Thiết bị theo khía cạnh 16B, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc tạo ra đám mây điểm, tạo ra đám mây điểm dựa vào các tín hiệu từ thiết bị LIDAR.

Khía cạnh 18B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 13B đến 17B, trong đó thiết bị là một trong số điện thoại di động hoặc máy tính bảng.

Khía cạnh 19B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 13B đến 18B, trong đó thiết bị là xe.

Khía cạnh 20B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 13B đến 19B, trong đó thiết bị là thiết bị thực tế mở rộng.

Khía cạnh 21B: Thiết bị theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 13B đến 20B, trong đó thiết bị bao gồm giao diện được tạo cấu hình để truyền dữ liệu đám mây điểm.

Khía cạnh 22B: Phương pháp giải mã dữ liệu đám mây điểm bao gồm bước thu được luồng bit bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó việc giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 23B: Phương pháp theo khía cạnh 22B, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm: xác định góc chênh lệch laze bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút; xác định chênh lệch góc trên cùng

bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và xác định chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

Khía cạnh 24B: Phương pháp theo khía cạnh 23B, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm: thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không; đặt chỉ số ngữ cảnh bằng 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không; thực hiện phép so sánh thứ hai xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không, trong đó chùm laze ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0; thực hiện phép so sánh thứ ba xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không, trong đó chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0; và gia tăng chỉ số ngữ cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0.

Khía cạnh 25B: Phương pháp mã hóa dữ liệu đám mây điểm bao gồm bước mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó việc mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 26B: Phương pháp theo khía cạnh 25B, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm: xác định góc chênh lệch laze bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút; xác định chênh lệch góc trên cùng bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và xác định chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

Khía cạnh 27B: Phương pháp theo khía cạnh 26B, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm: thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không; đặt chỉ số ngữ cảnh bằng 0 hoặc 1 dựa vào việc góc

chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không; thực hiện phép so sánh thứ hai xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không, trong đó chùm laze ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0; thực hiện phép so sánh thứ ba xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không, trong đó chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0; và gia tăng chỉ số ngữ cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0.

Khía cạnh 28B: Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 25B đến 27B, phương pháp này còn bao gồm bước tạo ra đám mây điểm.

Khía cạnh 29B: Thiết bị giải mã dữ liệu đám mây điểm bao gồm phương tiện để thu được luồng bit bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và phương tiện để giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó phương tiện để giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: phương tiện để xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; phương tiện để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và phương tiện để giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 30B: Thiết bị mã hóa dữ liệu đám mây điểm bao gồm phương tiện để mã hóa đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó phương tiện để mã hóa đám mây điểm bao gồm phương tiện để mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó phương tiện để mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm: phương tiện để xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; phương tiện để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa

ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và phương tiện để mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 31B: Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: thu được luồng bit bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm; và giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Khía cạnh 32B: Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: mã hóa đám mây điểm, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa đám mây điểm bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này: xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút; xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

Cần hiểu rằng tùy thuộc vào ví dụ, các hành động hoặc sự kiện nhất định của kỹ thuật bất kỳ được mô tả ở đây có thể được thực hiện theo trình tự khác, có thể được bổ sung, hợp nhất hoặc được loại bỏ hoàn toàn (ví dụ, không phải tất cả các hành động hoặc sự kiện được mô tả đều cần thiết để thực hiện các kỹ thuật theo sáng chế). Ngoài ra, trong các ví dụ nhất định, các hành động hoặc sự kiện có thể được thực hiện đồng thời, ví dụ, thông qua xử lý đa luồng, xử lý gián đoạn, hoặc nhiều bộ xử lý, thay vì tuần tự.

Trong một hoặc nhiều ví dụ, các chức năng đã mô tả có thể được triển khai trong phần cứng, phần mềm, phần sụn (firmware), hoặc mọi dạng kết hợp của chúng. Nếu được triển khai trong phần mềm, các chức năng có thể được lưu trữ trên hoặc truyền qua dưới dạng một hoặc nhiều lệnh hoặc mã trên phương tiện đọc được bằng máy tính và được thực thi bởi bộ xử lý dựa trên phần cứng. Phương tiện đọc được bằng máy tính có thể bao gồm phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính tương ứng với phương tiện hữu hình như phương tiện lưu trữ dữ liệu, hoặc phương tiện truyền thông bao gồm phương tiện bất kỳ hỗ trợ truyền chương trình máy tính từ nơi này đến nơi khác, ví dụ, theo giao thức truyền thông. Theo cách này, phương tiện đọc được bằng máy tính thường có thể tương ứng với (1) phương tiện lưu trữ hữu hình đọc được bằng máy tính là phương tiện bất biến hoặc (2) phương tiện truyền thông như tín hiệu hoặc sóng mang. Phương tiện lưu trữ dữ liệu có thể là phương tiện khả dụng bất kỳ có thể được truy cập bởi một hoặc nhiều máy tính hoặc một hoặc nhiều bộ xử lý để truy hồi các lệnh, mã và/hoặc các cấu trúc dữ liệu để thực hiện các kỹ thuật được mô tả trong sáng chế. Sản phẩm chương trình máy tính có thể bao gồm phương tiện đọc được bằng máy tính.

Ví dụ, và không giới hạn, các phương tiện lưu trữ đọc được bởi máy tính như vậy có thể bao gồm bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (Random Access Memory - RAM), bộ nhớ chỉ đọc (Read Only Memory - ROM), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được xóa được bằng điện (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory - EEPROM), đĩa compac-bộ nhớ chỉ đọc (CD-ROM) hoặc bộ nhớ đĩa quang khác, bộ nhớ đĩa từ, hoặc các thiết bị lưu trữ từ tính khác, bộ nhớ tác động nhanh, hoặc bất kỳ phương tiện nào khác có thể được sử dụng để lưu trữ mã chương trình mong muốn dưới dạng các lệnh hoặc các cấu trúc dữ liệu và có thể được truy cập bởi máy tính. Ngoài ra, mọi dạng kết nối được gọi theo cách thích hợp là phương tiện đọc được bằng máy tính. Ví dụ, nếu các lệnh được truyền từ trang web, máy chủ hoặc nguồn từ xa khác bằng cách sử dụng cáp đồng trục,

cáp sợi quang, cáp xoắn đôi, đường thuê bao số (Digital Subscriber Line - DSL), hoặc sử dụng công nghệ không dây như hồng ngoại, vô tuyến và vi ba, thì cáp đồng trục, cáp sợi quang, cáp xoắn đôi, DSL, hoặc công nghệ không dây như hồng ngoại, vô tuyến và vi ba đó cũng nằm trong định nghĩa về phương tiện. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính và phương tiện lưu trữ dữ liệu không bao gồm các kết nối, sóng mang, tín hiệu hoặc phương tiện chuyển tiếp khác, mà thay vào đó hướng đến phương tiện lưu trữ hữu hình, bất biến. Đĩa từ và đĩa quang, như được sử dụng ở đây, bao gồm đĩa compac (compact disc - CD), đĩa laze, đĩa quang, đĩa số đa năng (Digital Versatile Disc - DVD), đĩa mềm và đĩa bluray, trong đó đĩa từ thường tái tạo dữ liệu bằng phương pháp từ tính, còn đĩa quang thì tái tạo dữ liệu bằng phương pháp quang học sử dụng laze. Sự kết hợp của các loại trên cũng nên được bao gồm trong phạm vi của phương tiện đọc được bằng máy tính.

Các lệnh có thể được thực thi bởi một hoặc nhiều bộ xử lý, chẳng hạn như một hoặc nhiều bộ xử lý tín hiệu số (digital signal processor - DSP), các bộ vi xử lý đa năng, mạch tích hợp chuyên dụng (application specific integrated circuit - ASIC), mảng cổng lập trình được theo trường (field programmable gate array - FPGA), hoặc các hệ mạch logic tích hợp hoặc rời rạc tương đương khác. Do vậy, thuật ngữ “bộ xử lý” và “mạch xử lý”, như được sử dụng ở đây có thể chỉ cấu trúc bất kỳ trong số các cấu trúc nêu trên hoặc bất kỳ cấu trúc nào khác phù hợp để thực hiện các kỹ thuật được mô tả ở đây. Ngoài ra, theo một số khía cạnh, chức năng được mô tả ở đây có thể được tạo ra trong module phần cứng và/hoặc phần mềm chuyên dụng được tạo cấu hình để mã hóa và giải mã, hoặc được đưa vào bộ mã hoá-giải mã kết hợp. Hơn nữa, các kỹ thuật có thể được thực hiện hoàn toàn trong một hoặc nhiều mạch hoặc phần tử logic.

Các kỹ thuật của sáng chế có thể được thực hiện trong nhiều loại cơ cấu hoặc thiết bị khác nhau, bao gồm máy cầm tay không dây, mạch tích hợp (integrated circuit - IC) hoặc bộ IC (ví dụ, bộ chip). Các thành phần, module hoặc đơn vị khác nhau được mô tả trong sáng chế để nhấn mạnh các khía cạnh chức năng của các thiết bị được tạo cấu hình để thực hiện các kỹ thuật đã bộc lộ, chứ không nhất thiết phải được thực hiện bằng các đơn vị phần cứng khác nhau. Thay vào đó, như được mô tả trên đây, các đơn vị khác nhau có thể được kết hợp trong đơn vị phần cứng của bộ mã hóa-giải mã (codec) hoặc được cung cấp bởi tập hợp các đơn vị phần cứng liên kết hoạt động, bao gồm một

hoặc nhiều bộ xử lý như được mô tả trên đây, cùng với phần mềm và/hoặc phần sụn (firmware) thích hợp

Các ví dụ khác nhau đã được mô tả. Các ví dụ này và các ví dụ khác đều nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ dưới đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị giải mã dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm:

bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu biểu diễn dữ liệu đám mây điểm; và
 một hoặc nhiều bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được triển khai trong hệ mạch, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để:

thu được luồng bit bao gồm phân tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và

giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình sao cho, như là một phần của việc giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, một hoặc nhiều bộ xử lý này:

xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút;

xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và

giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng cảnh đã xác định.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh,

xác định góc chênh lệch laze bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút;

xác định chênh lệch góc trên cùng bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và

xác định chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

3. Thiết bị theo điểm 2, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh:

thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không;

đặt chỉ số ngưỡng cảnh là 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không;

thực hiện phép so sánh thứ hai xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không, trong đó chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0;

thực hiện phép so sánh thứ ba xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không, trong đó chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0; và

gia tăng chỉ số ngưỡng cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0.

4. Thiết bị theo điểm 1,

trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để tái tạo đám mây điểm, và

trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc tái tạo đám mây điểm, xác định vị trí của một hoặc nhiều điểm của đám mây điểm dựa vào vị trí mặt phẳng đứng.

5. Thiết bị theo điểm 1, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để tạo ra bản đồ bên trong của tòa nhà dựa vào đám mây điểm đã tái tạo.

6. Thiết bị theo điểm 1, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để thực hiện hoạt động điều hướng tự động dựa vào đám mây điểm đã tái tạo.

7. Thiết bị theo điểm 1, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để tạo ra đồ họa máy tính dựa vào đám mây điểm đã tái tạo.

8. Thiết bị theo điểm 7, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để:
xác định vị trí của đối tượng ảo dựa vào đám mây điểm đã tái tạo; và
tạo ra biểu diễn trực quan thực tế mở rộng (extended reality - XR) trong đó đối tượng ảo nằm ở vị trí được xác định.
9. Thiết bị theo điểm 1, trong đó thiết bị là một trong số điện thoại di động hoặc máy tính bảng.
10. Thiết bị theo điểm 1, trong đó thiết bị là xe.
11. Thiết bị theo điểm 1, trong đó thiết bị là thiết bị thực tế mở rộng.
12. Thiết bị theo điểm 1, thiết bị này còn bao gồm màn hiển thị để trình diễn hình ảnh dựa vào đám mây điểm.
13. Thiết bị mã hóa dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm:
bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu đám mây điểm; và
một hoặc nhiều bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được triển khai trong hệ mạch, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để mã hóa đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc mã hóa đám mây điểm:
mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình sao cho, như là một phần của việc mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng, một hoặc nhiều bộ xử lý này:
xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút;
xác định chỉ số ngưỡng dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và

mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

14. Thiết bị theo điểm 13, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc xác định chỉ số ngữ cảnh:

xác định góc chênh lệch laze bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút;

xác định chênh lệch góc trên cùng bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và

xác định chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

15. Thiết bị theo điểm 14, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc xác định chỉ số ngữ cảnh:

thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không;

đặt chỉ số ngữ cảnh là 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không;

thực hiện phép so sánh thứ hai xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không, trong đó chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0;

thực hiện phép so sánh thứ ba xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không, trong đó chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0; và

gia tăng chỉ số ngữ cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0.

16. Thiết bị theo điểm 13, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý còn được tạo cấu hình để tạo ra đám mây điểm.

17. Thiết bị theo điểm 16, trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để, như là một phần của việc tạo ra đám mây điểm, tạo ra đám mây điểm dựa vào các tín hiệu từ thiết bị LIDAR.

18. Thiết bị theo điểm 13, trong đó thiết bị là một trong số điện thoại di động hoặc máy tính bảng.

19. Thiết bị theo điểm 13, trong đó thiết bị là xe.

20. Thiết bị theo điểm 13, trong đó thiết bị là thiết bị thực tế mở rộng.

21. Thiết bị theo điểm 13, trong đó thiết bị bao gồm giao diện được tạo cấu hình để truyền dữ liệu đám mây điểm.

22. Phương pháp giải mã dữ liệu đám mây điểm, phương pháp này bao gồm các bước:
thu được luồng bit bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và
giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó việc giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm:

xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút;

xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và

giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng cảnh đã xác định.

23. Phương pháp theo điểm 22, trong đó việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh bao gồm:

xác định góc chênh lệch laze bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút;

xác định chênh lệch góc trên cùng bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và

xác định chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

24. Phương pháp theo điểm 23, trong đó việc xác định chỉ số ngưỡng cảnh bao gồm:

thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không;

đặt chỉ số ngưỡng cảnh là 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không;

thực hiện phép so sánh thứ hai xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không, trong đó chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0;

thực hiện phép so sánh thứ ba xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không, trong đó chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0; và

gia tăng chỉ số ngưỡng cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0.

25. Phương pháp mã hóa dữ liệu đám mây điểm, phương pháp này bao gồm các bước:

mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó việc mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm:

xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút;

xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và

mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

26. Phương pháp theo điểm 25, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm:

xác định góc chênh lệch laze bằng cách lấy tang của góc của chùm laze trừ đi tang của góc của đường đi qua tâm của nút;

xác định chênh lệch góc trên cùng bằng cách trừ đi giá trị độ dịch từ góc chênh lệch laze; và

xác định chênh lệch góc dưới cùng bằng cách cộng giá trị độ dịch vào góc chênh lệch laze.

27. Phương pháp theo điểm 26, trong đó việc xác định chỉ số ngữ cảnh bao gồm:

thực hiện phép so sánh thứ nhất xác định xem góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không;

đặt chỉ số ngữ cảnh là 0 hoặc 1 dựa vào việc góc chênh lệch laze có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không;

thực hiện phép so sánh thứ hai xác định xem chênh lệch góc trên cùng có lớn hơn hoặc bằng 0 hay không, trong đó chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất khi chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0;

thực hiện phép so sánh thứ ba xác định xem chênh lệch góc dưới cùng có nhỏ hơn 0 hay không, trong đó chùm laze là ở dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba khi chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0; và

gia tăng chỉ số ngữ cảnh thêm 2 dựa vào việc chênh lệch góc trên cùng lớn hơn hoặc bằng 0 hoặc dựa vào việc chênh lệch góc dưới cùng nhỏ hơn 0.

28. Phương pháp theo điểm 25, phương pháp này còn bao gồm bước tạo ra đám mây điểm.

29. Thiết bị giải mã dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm:

phương tiện để thu được luồng bit bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm; và phương tiện để giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó phương tiện để giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm:

phương tiện để xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút;

phương tiện để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và

phương tiện để giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

30. Thiết bị mã hóa dữ liệu đám mây điểm, thiết bị này bao gồm:

phương tiện để mã hóa đám mây điểm được biểu diễn bởi dữ liệu đám mây điểm, trong đó phương tiện để mã hóa đám mây điểm bao gồm phương tiện để mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó phương tiện để mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm:

phương tiện để xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút;

phương tiện để xác định chỉ số ngữ cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và

phương tiện để mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngữ cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngữ cảnh đã xác định.

31. Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này:

thu được luồng bit bao gồm phần tử cú pháp được mã hóa số học chỉ báo vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm; và

giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút này, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý giải mã vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này:

xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút;

xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và

giải mã số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng cảnh đã xác định.

32. Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này:

mã hóa đám mây điểm, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa đám mây điểm bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng trong nút của cây biểu diễn các vị trí 3 chiều của các điểm trong đám mây điểm, trong đó các lệnh khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý mã hóa vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng bao gồm các lệnh, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý này:

xác định chỉ số laze của ứng viên laze trong tập hợp ứng viên laze, trong đó chỉ số laze đã xác định chỉ báo chùm laze giao cắt với nút;

xác định chỉ số ngưỡng cảnh dựa vào việc chùm laze là ở trên ngưỡng khoảng cách thứ nhất, giữa ngưỡng khoảng cách thứ nhất và ngưỡng khoảng cách thứ hai, giữa ngưỡng khoảng cách thứ hai và ngưỡng khoảng cách thứ ba, hay dưới ngưỡng khoảng cách thứ ba; và

mã hóa số học vị trí mặt phẳng đứng ở chế độ phẳng nhờ sử dụng ngưỡng cảnh được chỉ báo bởi chỉ số ngưỡng cảnh đã xác định.

1 / 17

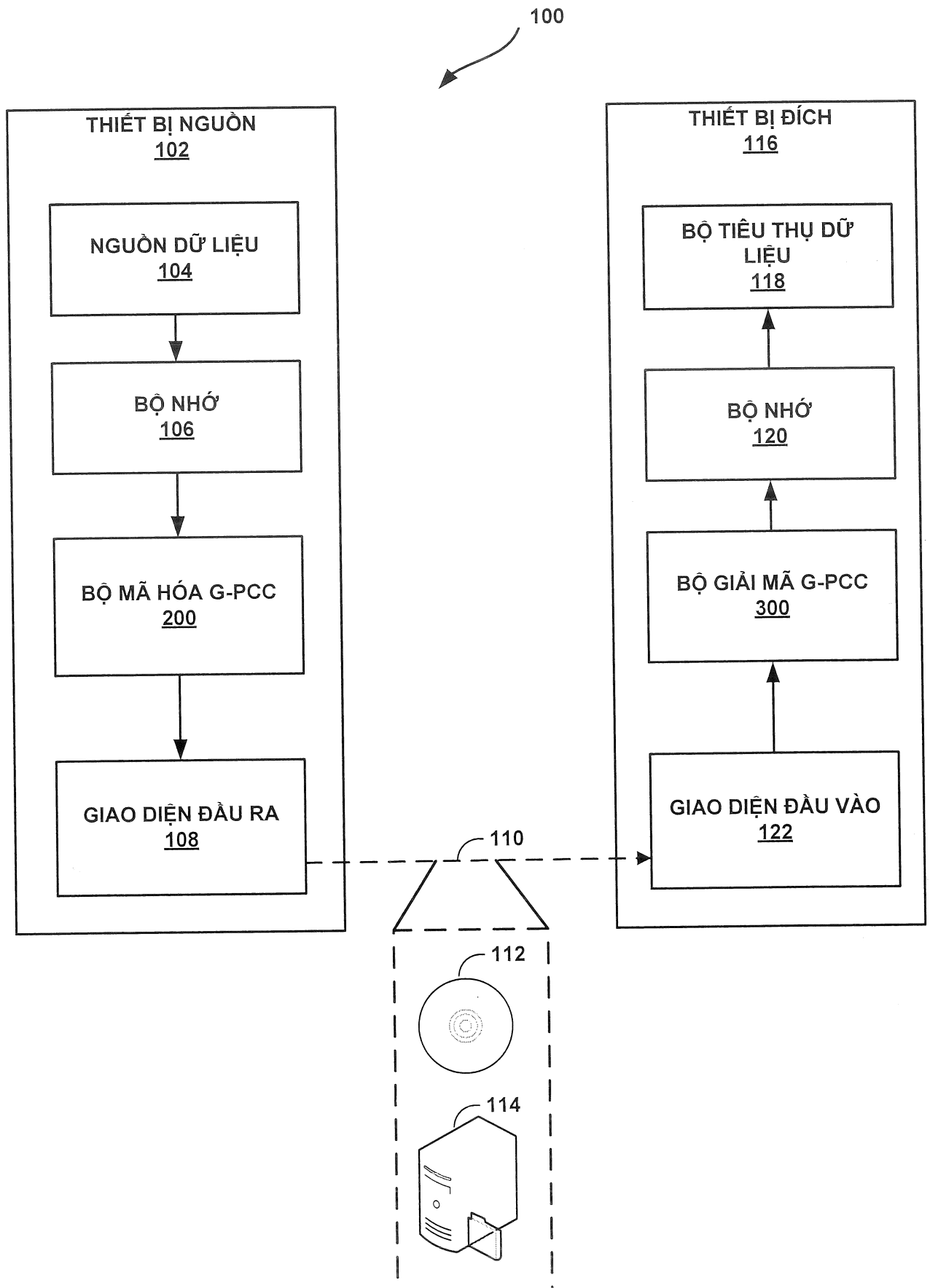


Fig.1

2 / 17

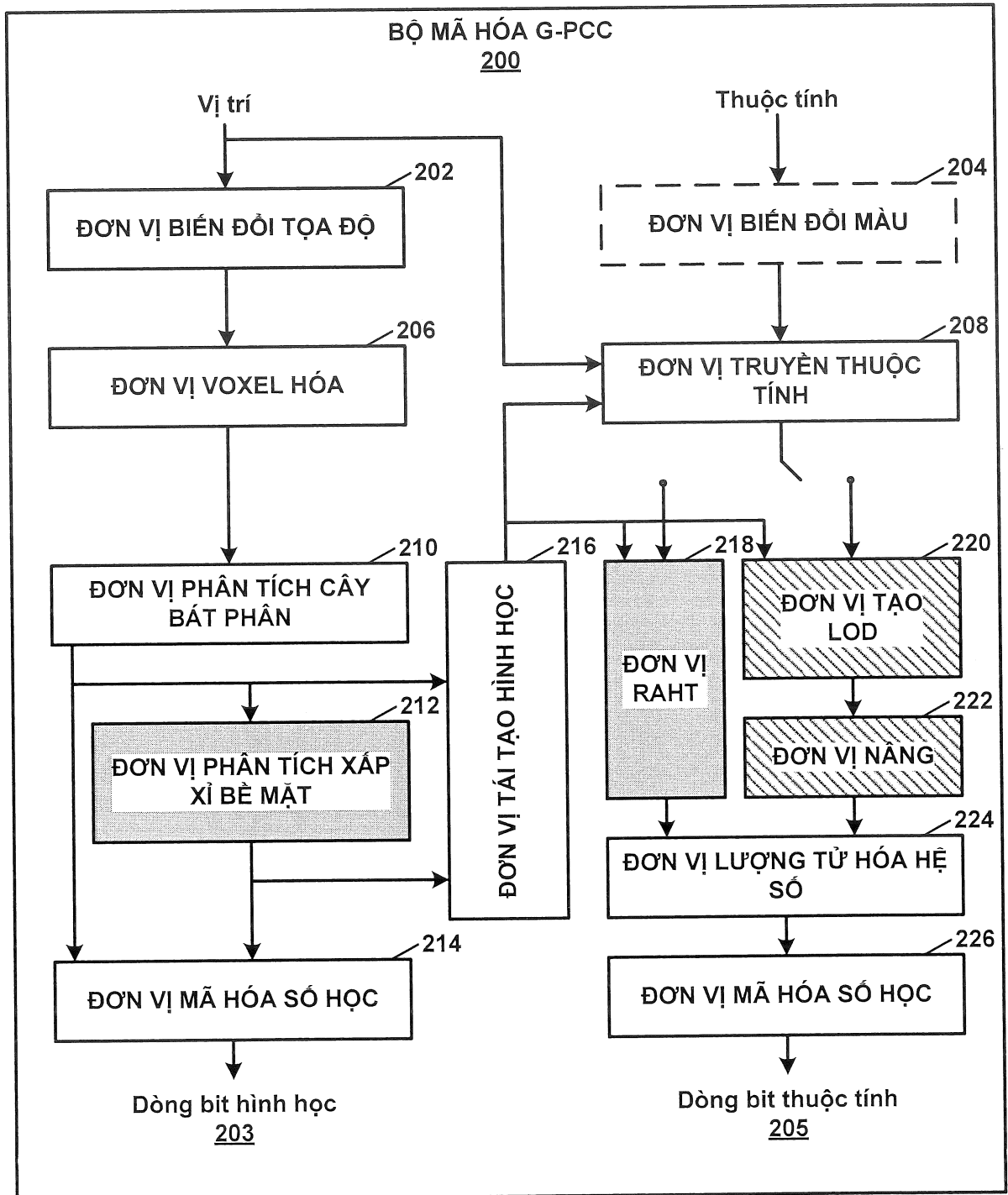


Fig.2

3 / 17

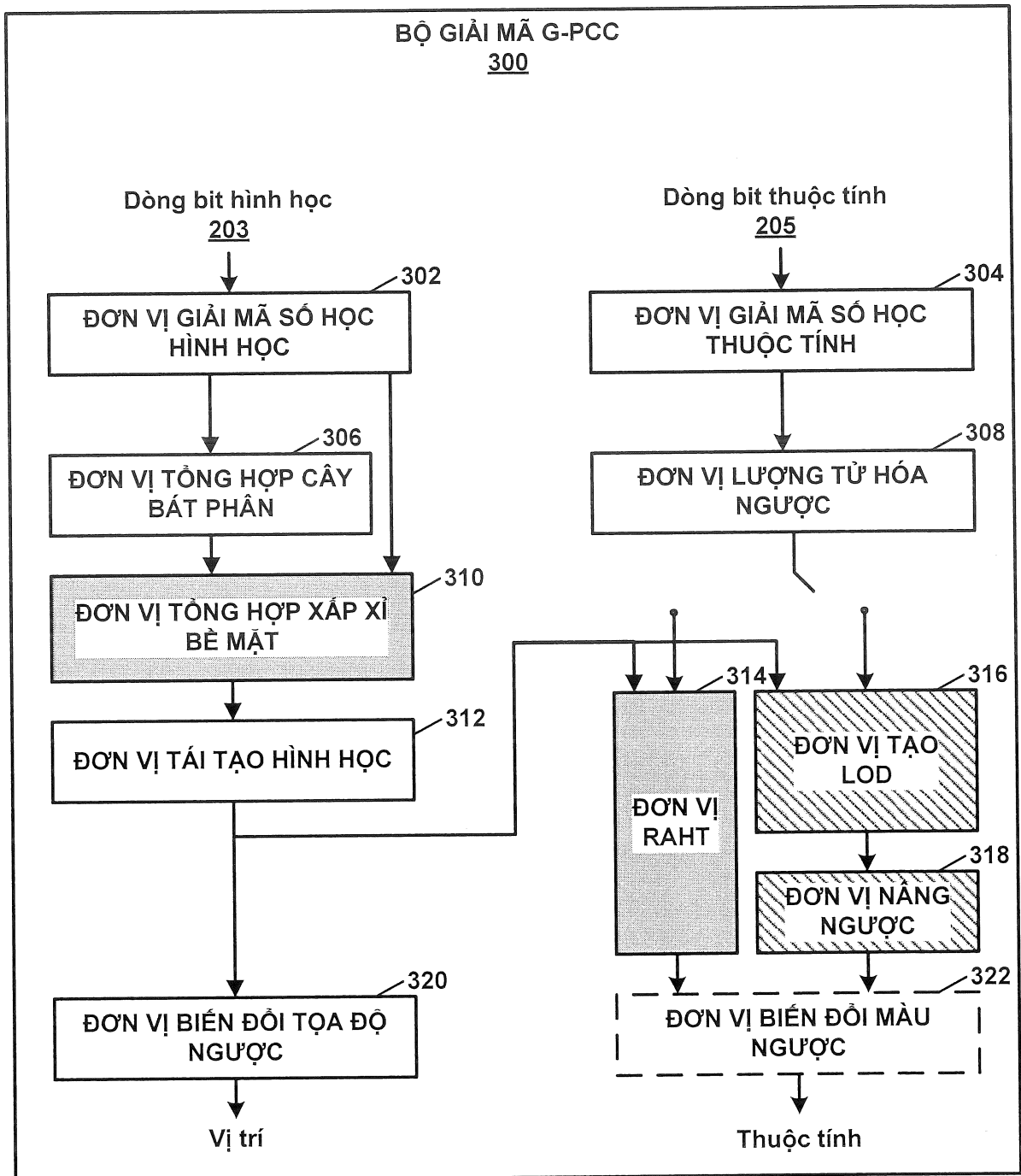


Fig.3

4 / 17

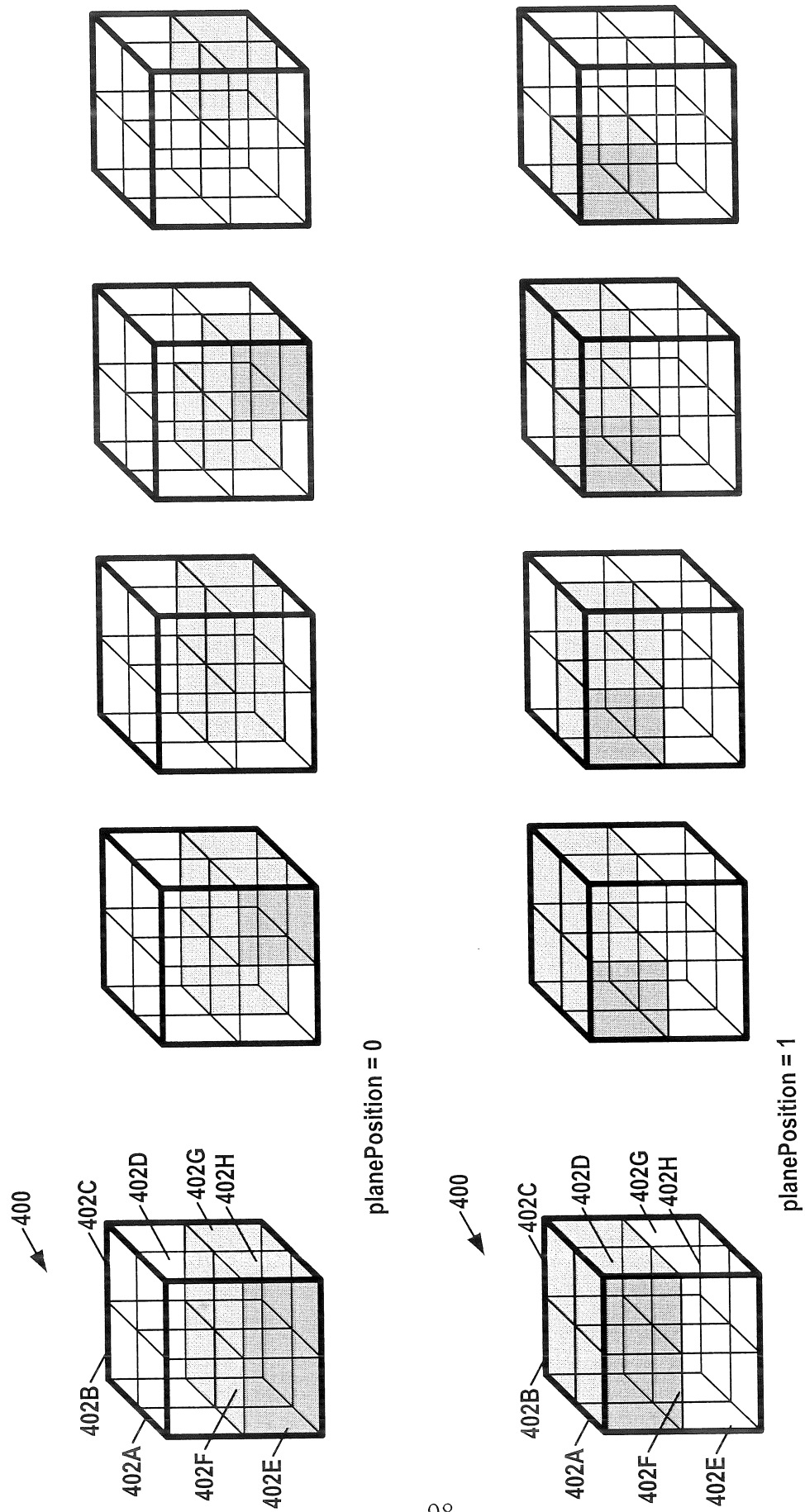


Fig.4

5 / 17

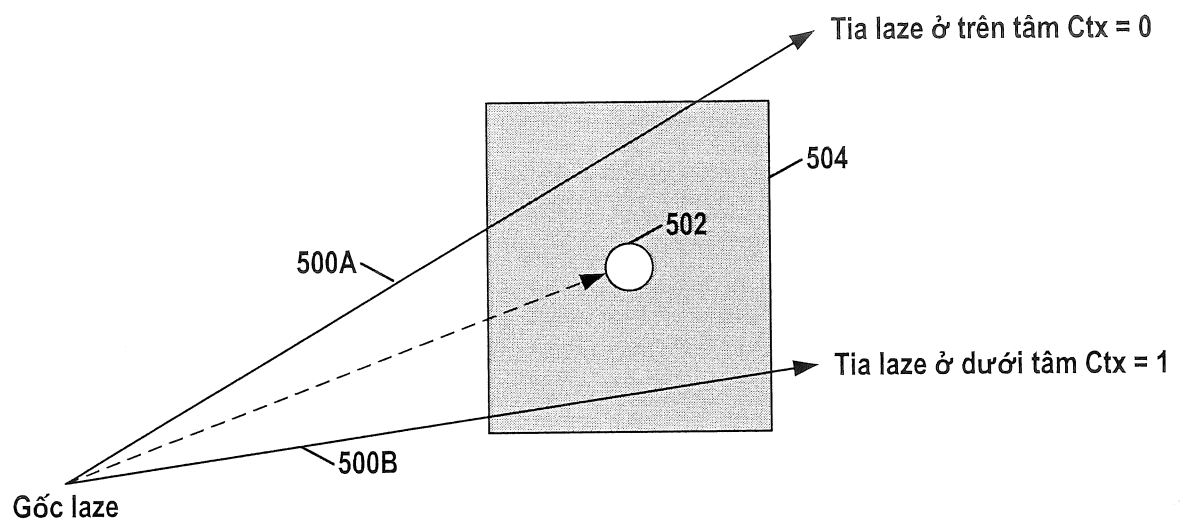


Fig.5

6 / 17

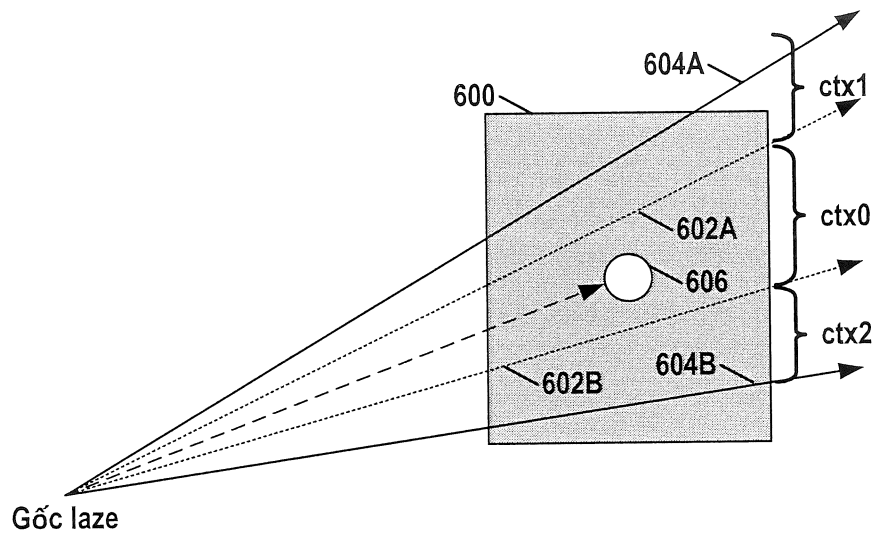


Fig.6

7 / 17

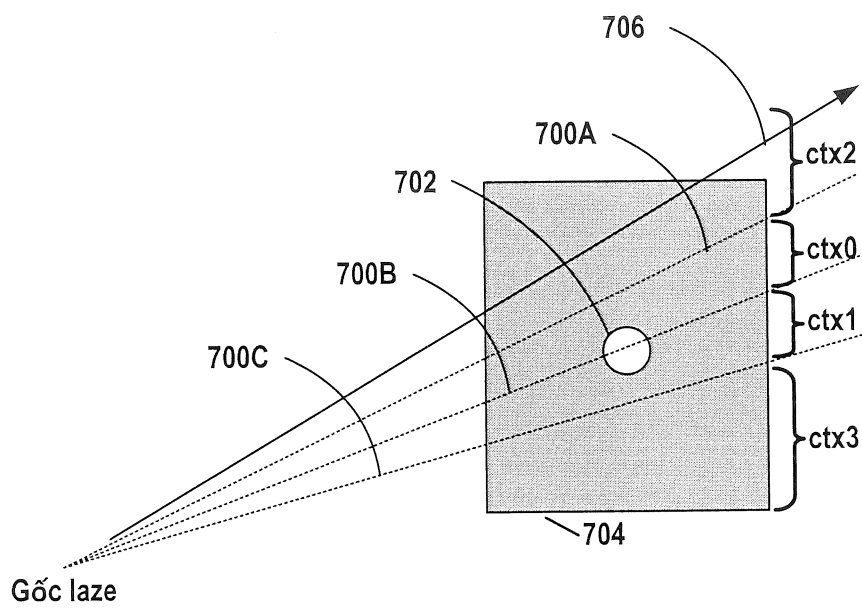


Fig.7

8 / 17

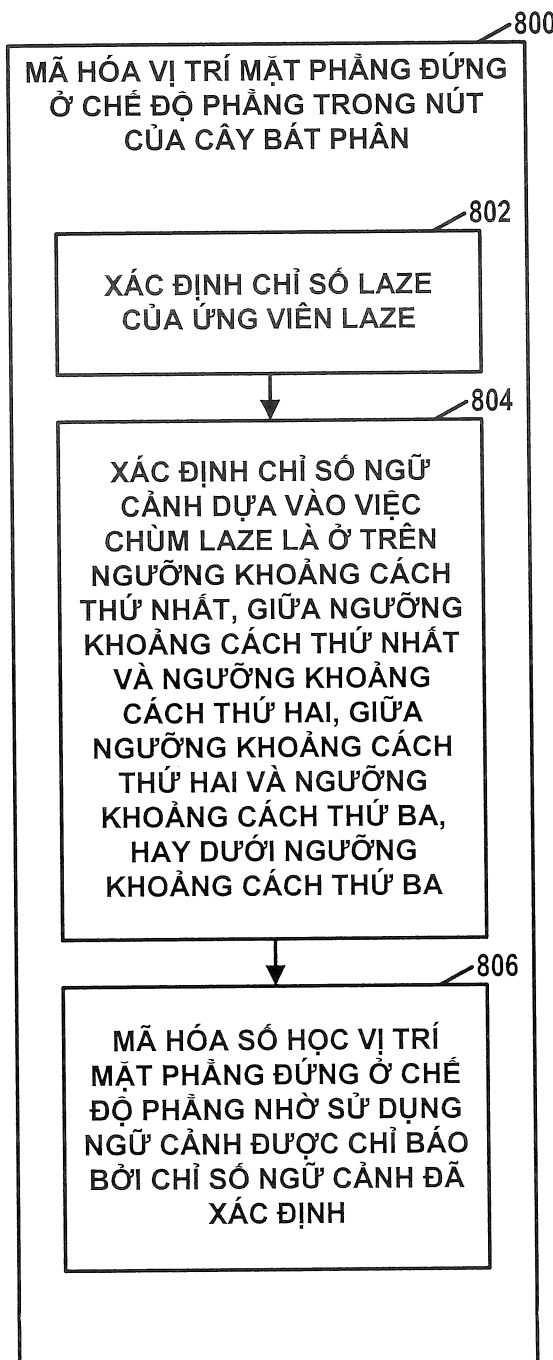


Fig.8A

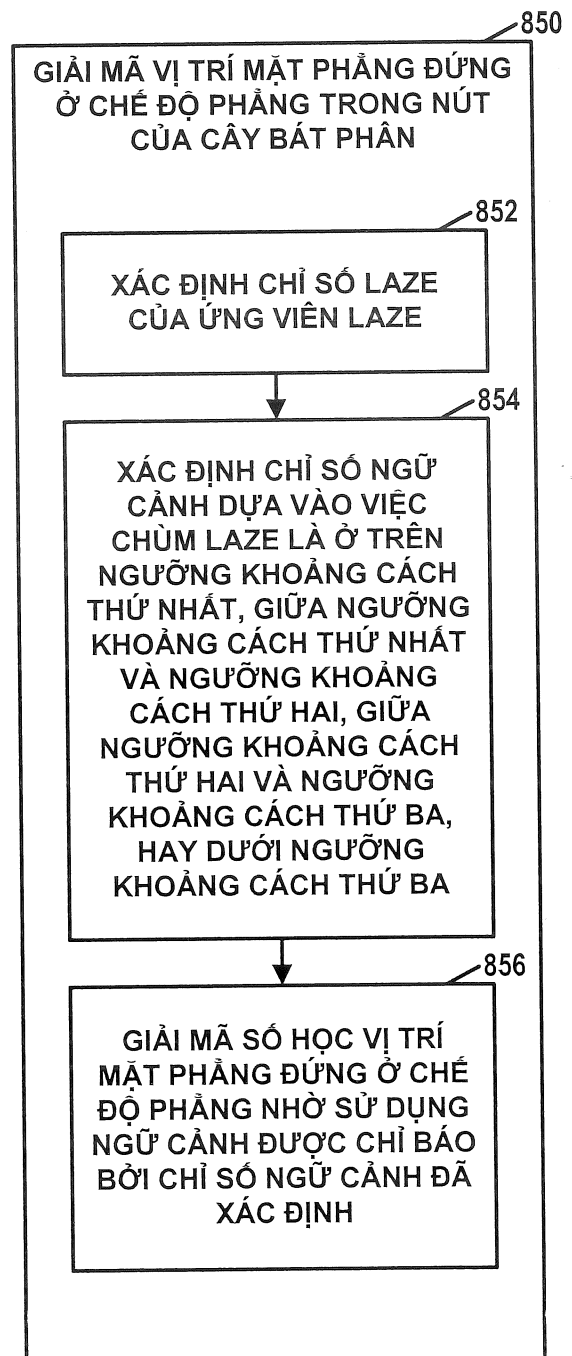
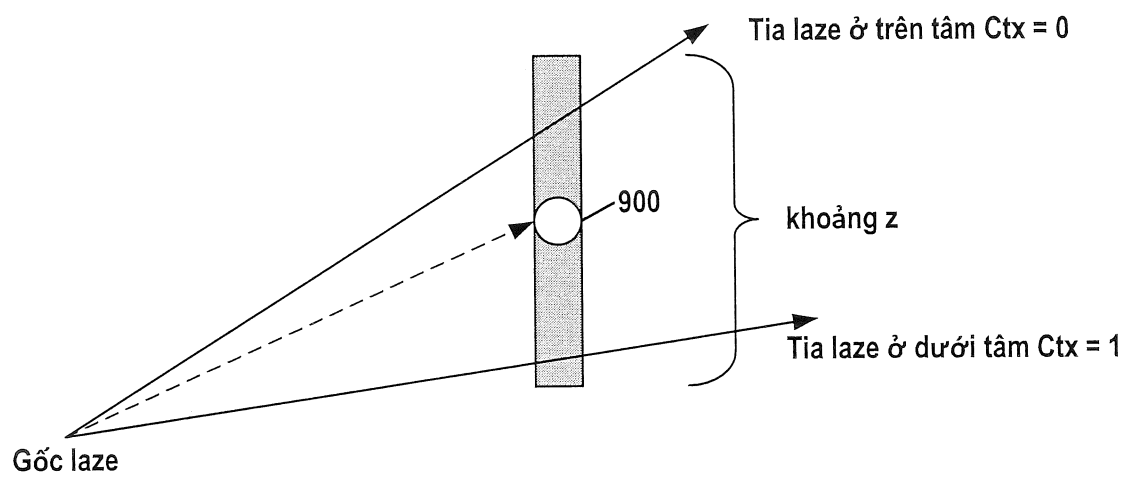


Fig.8B

9 / 17

**Fig.9**

10 / 17

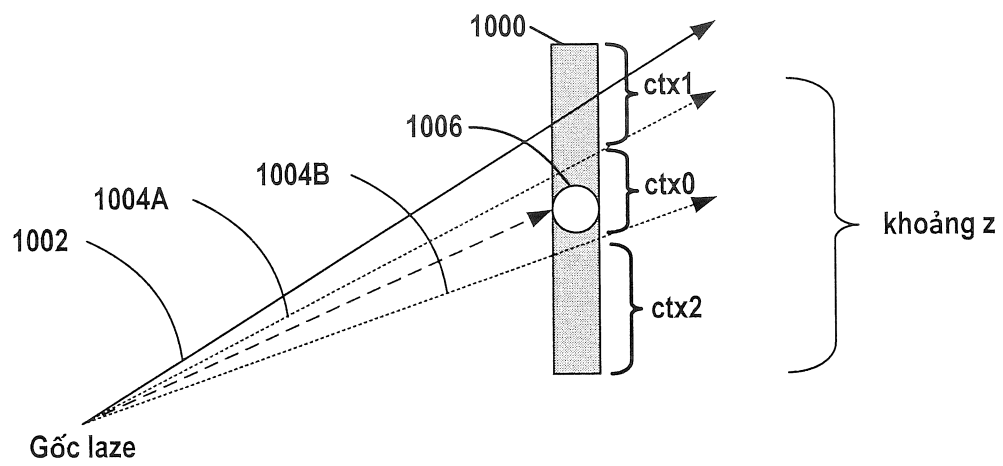


Fig.10

11 / 17

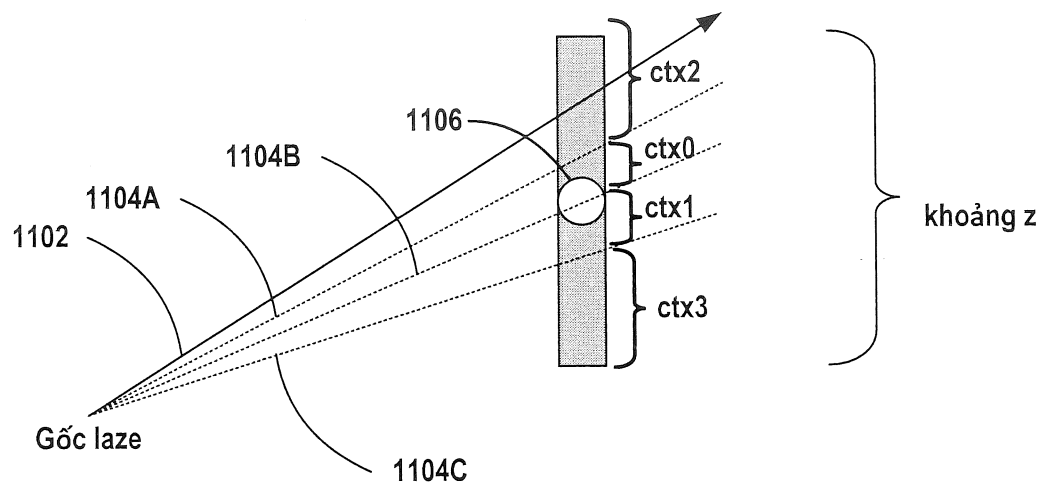


Fig.11

12 / 17

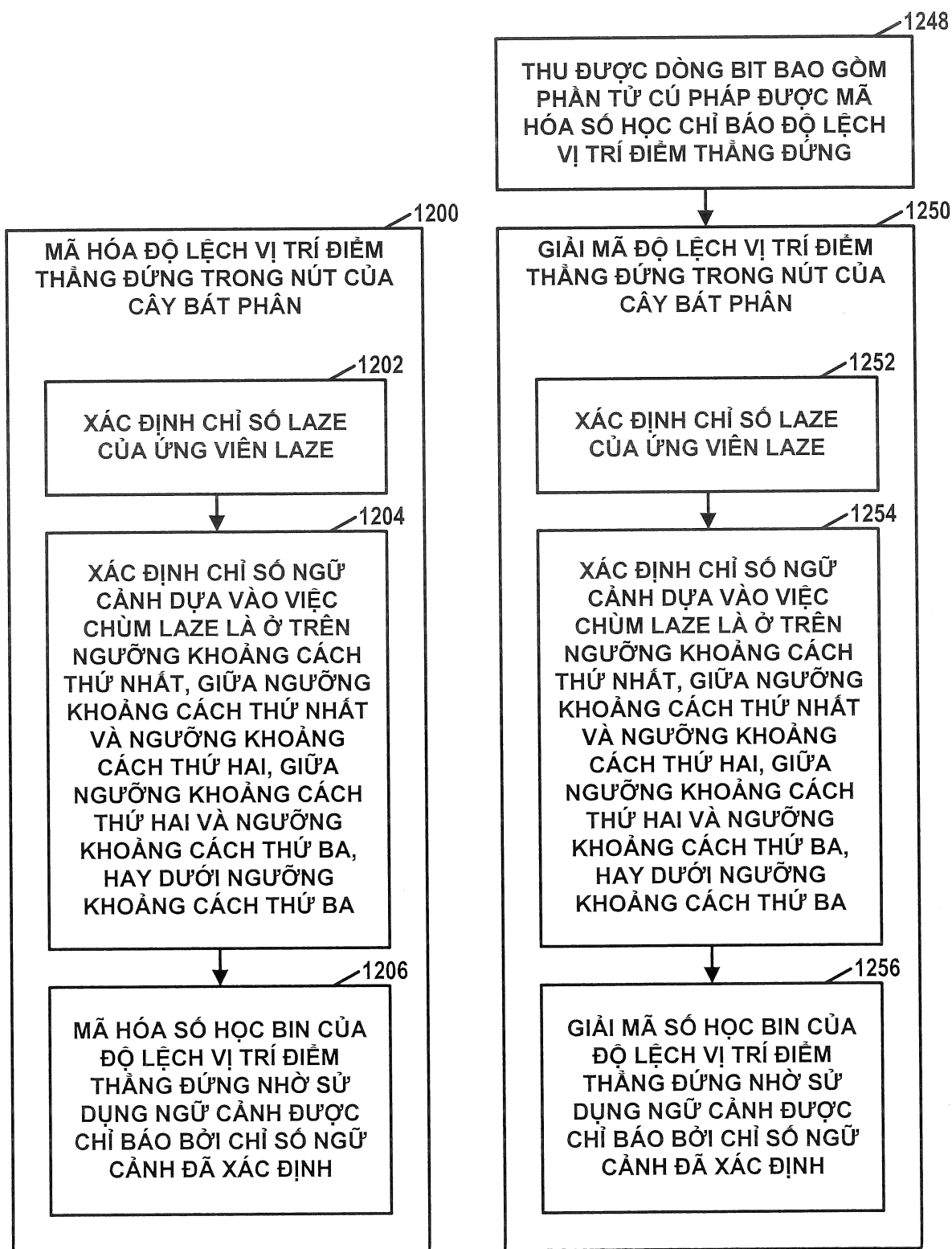


Fig.12A

Fig.12B

13 / 17

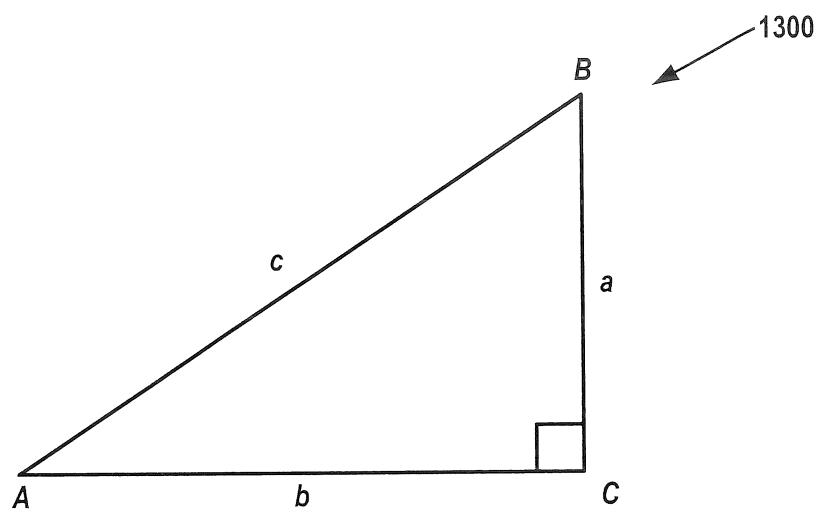


Fig.13

14 / 17

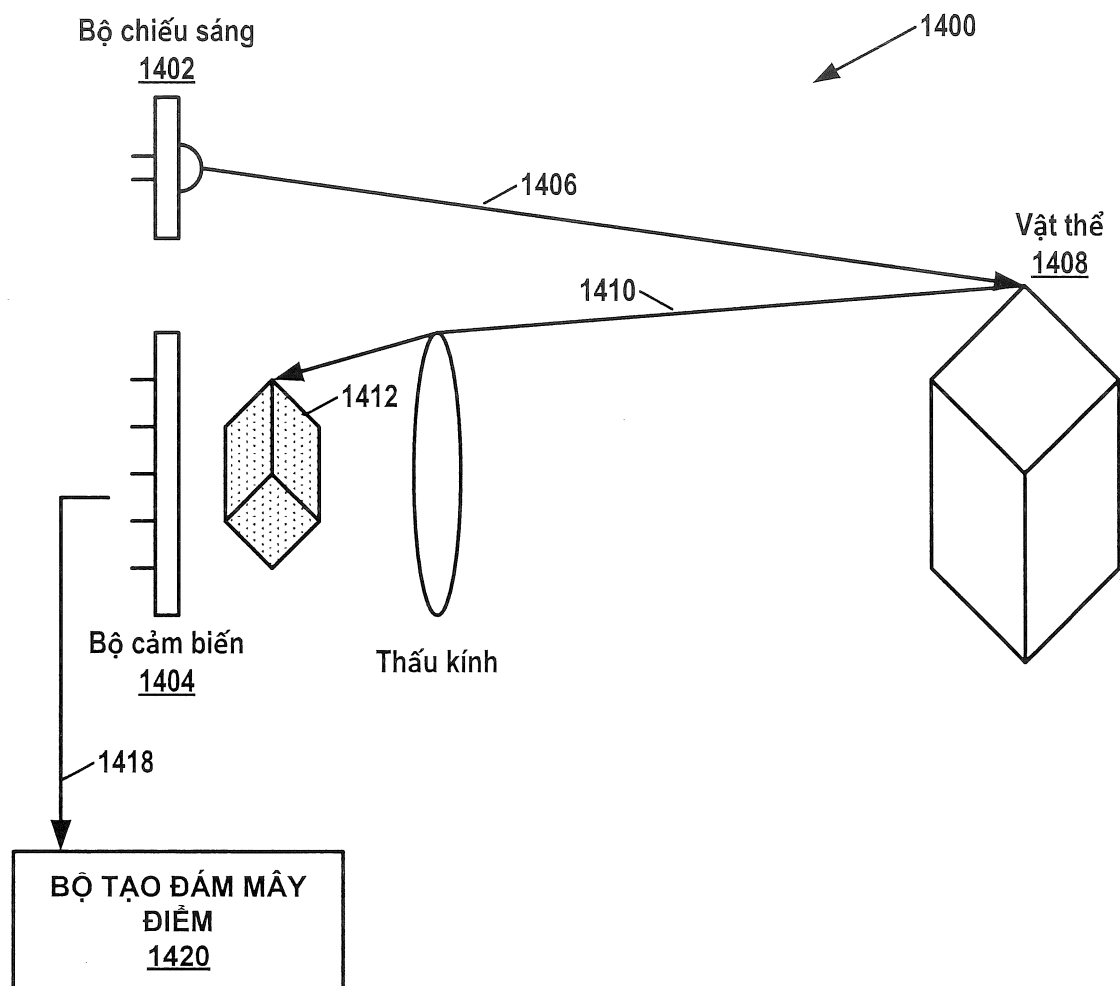


Fig.14

15 / 17

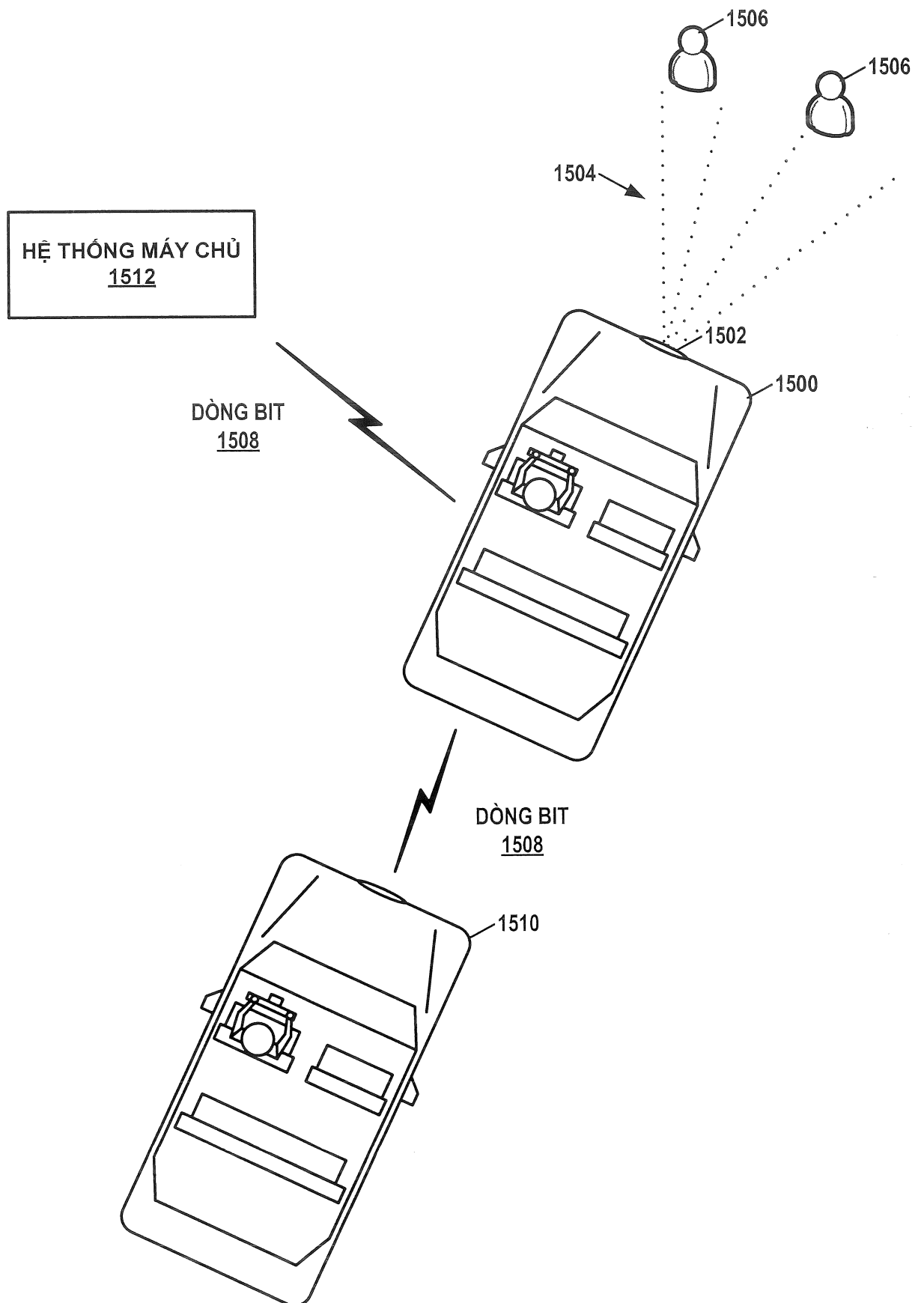


Fig.15

16 / 17

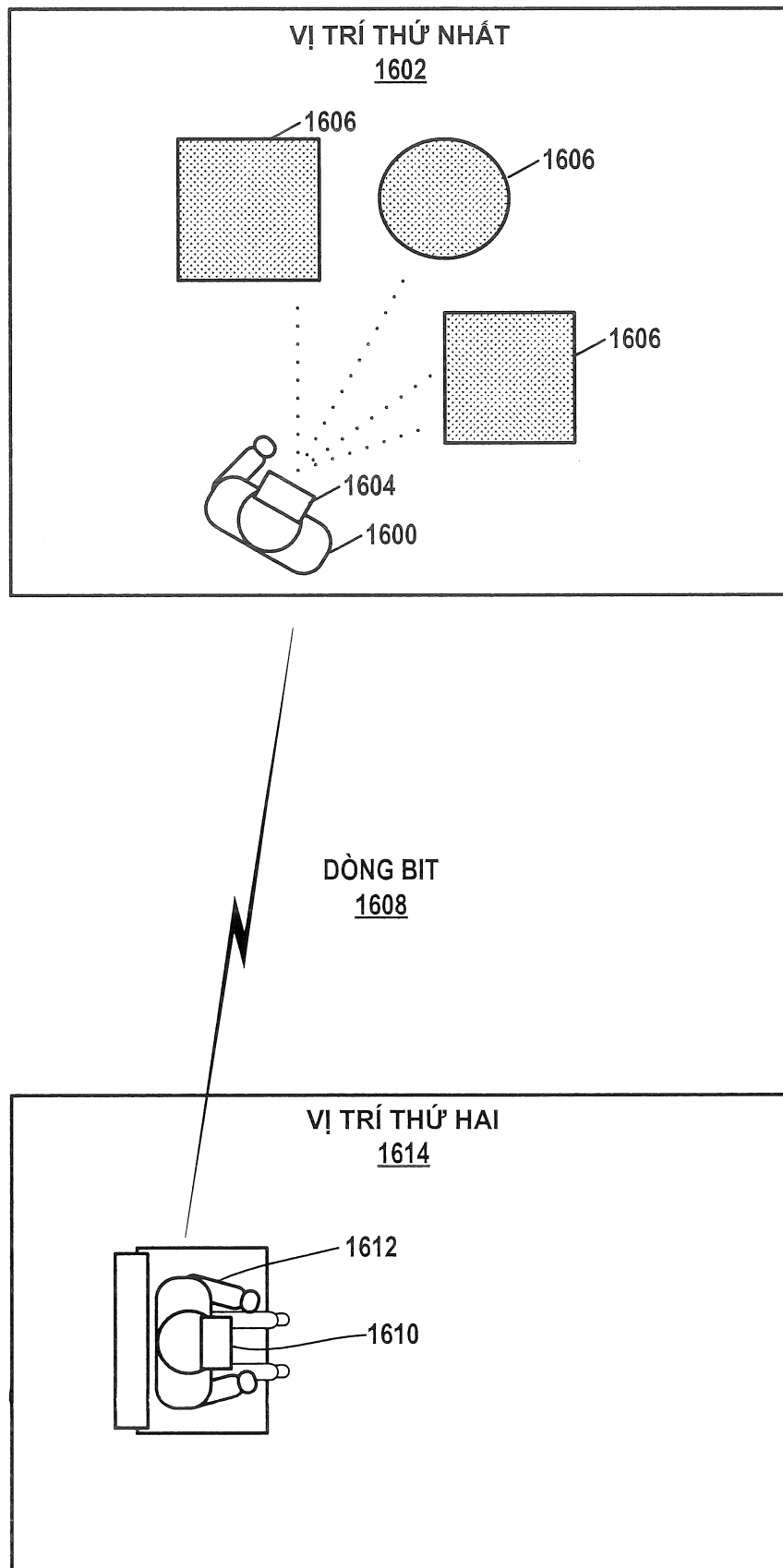


Fig.16

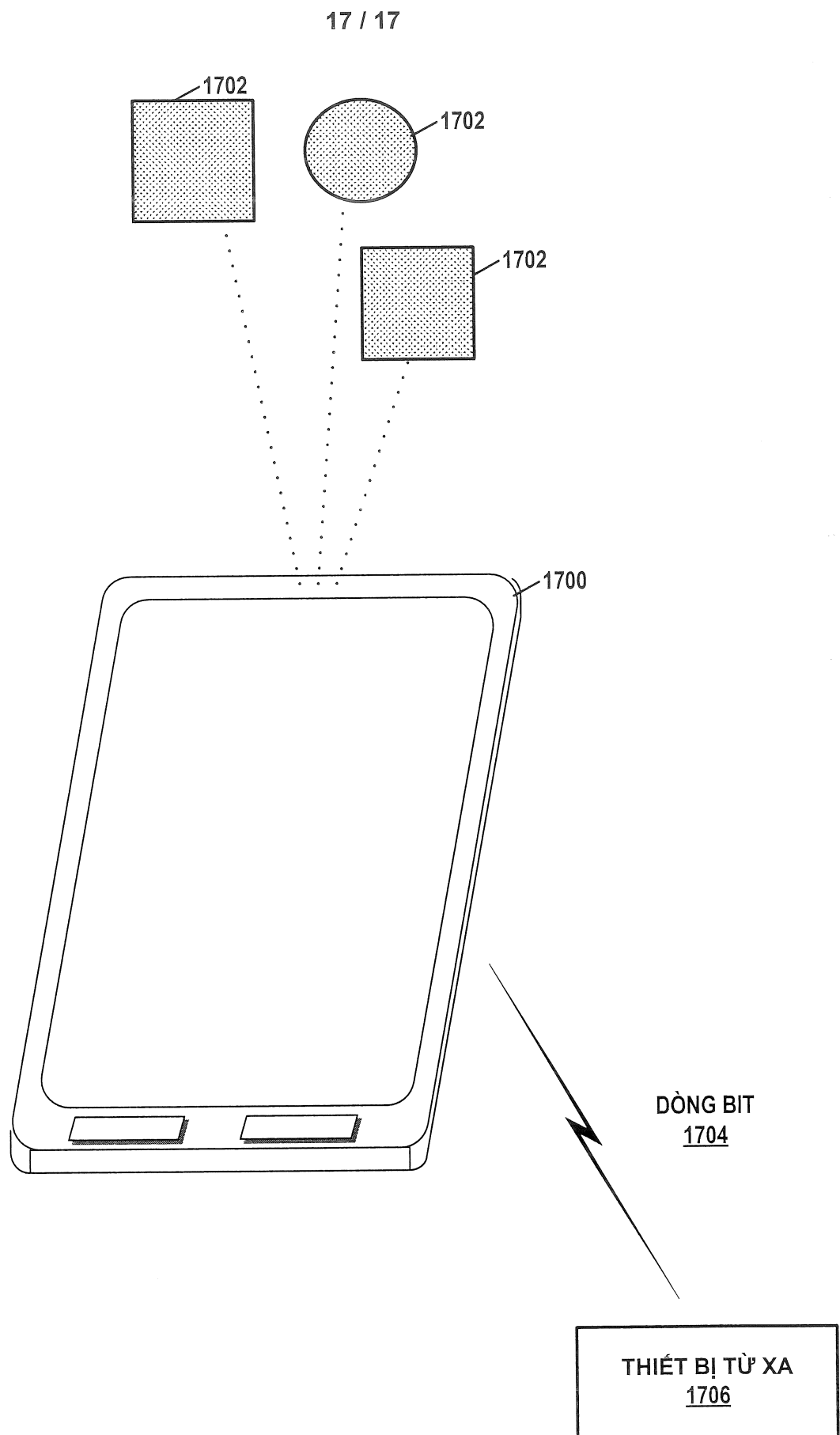


Fig.17