



(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



1-0051087

(51)^{2020.01} H04N 19/12; H04N 19/70; H04N 19/61; (13) B
H04N 19/14; H04N 19/18

-
- (21) 1-2021-07063 (22) 14/05/2020
(86) PCT/US2020/032866 14/05/2020 (87) WO2020/236509 A1 26/11/2020
(30) 62/849,689 17/05/2019 US; 15/931,271 13/05/2020 US
(45) 25/09/2025 450 (43) 25/02/2022 407A
(73) QUALCOMM INCORPORATED (US)
ATTN: International IP Administration, 5775 Morehouse Drive, San Diego, CA
92121-1714, United States of America
(72) EGILMEZ, Hilmi Enes (TR); SEREGIN, Vadim (US); COBAN, Muhammed Zeyd
(US); KARCZEWICZ, Marta (US).
(74) Công ty TNHH Quốc tế D&N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)
-

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ GIẢI MÃ DỮ LIỆU VIDEO, VÀ PHƯƠNG TIỆN
LƯU TRỮ BẤT BIẾN ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(21) 1-2021-07063

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị giải mã dữ liệu video, và phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính. Bộ giải mã video được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video. Bộ giải mã video sau đó có thể xác định giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (low-frequency non-separable transform - LFNST) cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST. Bộ giải mã video sau đó có thể biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

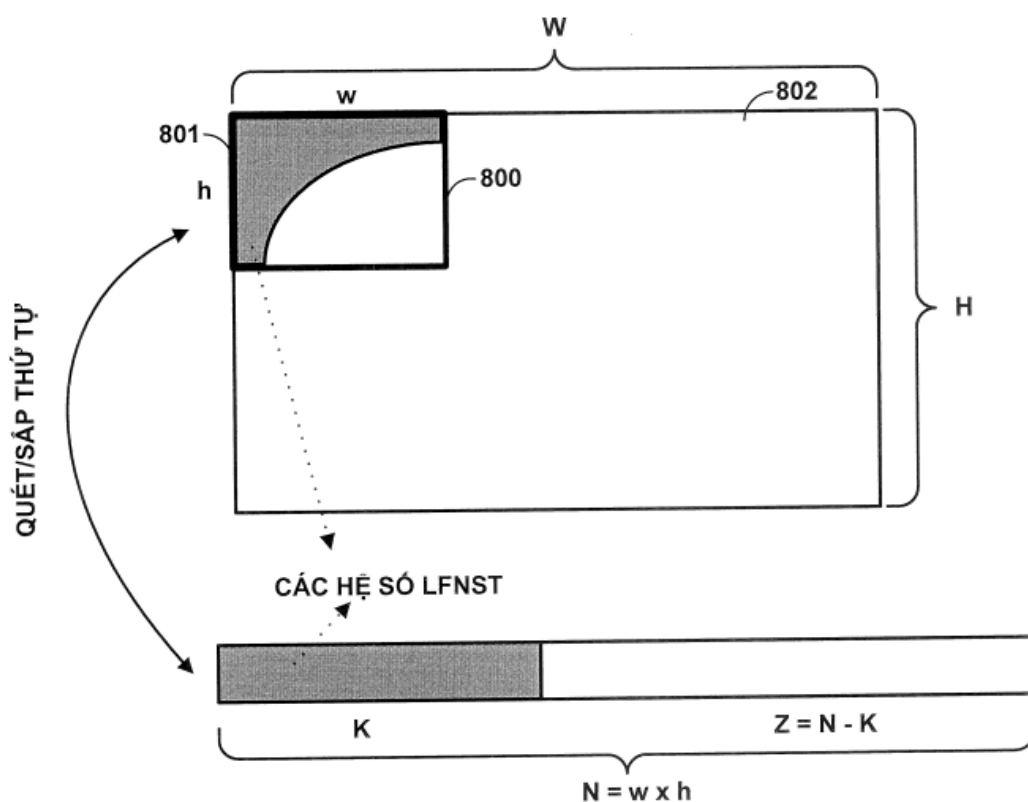


FIG. 8

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kỹ thuật mã hóa và giải mã video.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các tính năng video số có thể được kết hợp vào nhiều loại thiết bị, bao gồm các thiết bị truyền hình kỹ thuật số, các hệ thống phát quảng bá trực tiếp kỹ thuật số, hệ thống phát quảng bá không dây, thiết bị kỹ thuật số hỗ trợ cá nhân (Personal Digital Assistant - PDA), máy tính xách tay hoặc máy tính để bàn, máy tính bảng, máy đọc sách điện tử, camera kỹ thuật số, thiết bị ghi kỹ thuật số, trình phát phương tiện kỹ thuật số, thiết bị trò chơi điện tử, bàn giao tiếp trò chơi điện tử, điện thoại di động hoặc điện thoại vô tuyến vệ tinh, thiết bị được gọi là “điện thoại thông minh”, thiết bị hội thảo từ xa có truyền hình, thiết bị truyền trực tiếp video, và các thiết bị tương tự. Các thiết bị video số triển khai các kỹ thuật mã hóa video, chẳng hạn như các kỹ thuật được mô tả trong các chuẩn được quy định bởi MPEG-2, MPEG-4, ITU-T H.263, ITU-T H.264/MPEG-4, Phần 10, mã hóa video nâng cao (Advanced Video Coding - AVC), mã hóa video hiệu suất cao (High Efficiency Video Coding - HEVC), và các phiên bản mở rộng của các chuẩn này. Các thiết bị video có thể truyền, nhận, mã hóa, giải mã và/hoặc lưu trữ thông tin video kỹ thuật số hiệu quả hơn bằng cách thực hiện các kỹ thuật mã hóa video như vậy.

Các kỹ thuật mã hóa video bao gồm dự đoán không gian (nội hình ảnh) và/hoặc dự đoán thời gian (liên hình ảnh) để giảm hoặc loại bỏ dữ liệu dư vốn có trong các chuỗi dữ liệu video. Đối với kỹ thuật mã hóa video theo khối, lát video (ví dụ, hình ảnh video hoặc một phần hình ảnh video) có thể được chia thành các khối video, còn có thể được gọi là đơn vị cây mã hóa (coding tree unit - CTU), đơn vị mã hóa (coding unit - CU) và/hoặc nút mã hóa. Các khối video trong lát mã hóa nội hình ảnh (I) của hình ảnh được mã hóa bằng cách sử dụng kỹ thuật dự đoán không gian đối với các mẫu tham chiếu trong các khối lân cận trong cùng một hình ảnh. Các khối video trong lát mã hóa liên hình ảnh (P hoặc B) của hình ảnh có thể sử dụng kỹ thuật dự đoán không gian đối với các mẫu tham chiếu trong các khối lân cận trong cùng một hình ảnh, hoặc dự đoán thời gian đối với các mẫu tham

chiều trong các hình ảnh tham chiếu khác. Hình ảnh có thể được gọi là khung, và hình ảnh tham chiếu có thể được gọi là khung tham chiếu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Nhìn chung, sáng chế mô tả các kỹ thuật để mã hóa biến đổi, là phần tử cơ bản của các chuẩn nén video hiện đại (M. Wien, *High Efficiency Video Coding: Coding Tools and Specification*, Springer-Verlag, Berlin, 2015). Các kỹ thuật theo sáng chế bao gồm các phương pháp báo hiệu biến đổi khác nhau có thể được sử dụng trong bộ mã hóa-giải mã video để chỉ rõ biến đổi được chọn trong số nhiều ứng viên biến đổi để giải mã. Cụ thể, sáng chế mô tả các kỹ thuật để suy ra giá trị, từ nhiều giá trị, của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (low-frequency non-separable transform - LFNST). Suy ra nghĩa là xác định giá trị, từ nhiều giá trị, mà không nhận được phần tử cú pháp chỉ báo giá trị trong dòng bit video được mã hóa.

Giá trị của chỉ số LFNST chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng cho khối biến đổi hay không, và khi được áp dụng, chỉ báo loại LFNST cần được áp dụng. LFNST là biến đổi không phân tách được áp dụng cho vùng LFNST của khối biến đổi. Vùng LFNST có thể là tập con các hệ số biến đổi của khối biến đổi và có thể bao gồm các thành phần tần số thấp của khối biến đổi (ví dụ, góc trên bên trái của khối biến đổi). Trong một số ứng dụng, khi áp dụng LFNST, một số hệ số biến đổi trong vùng LFNST được thiết lập về không (ví dụ, đặt bằng không). Ngoài ra, các hệ số biến đổi trong khối biến đổi bên ngoài vùng LFNST cũng có thể được đặt bằng không.

Trước khi xác định giá trị của chỉ số LFNST cho khối biến đổi, bộ giải mã video có thể được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi. Hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi có thể chỉ hệ số biến đổi khác không cuối cùng của khối biến đổi khi các hệ số biến đổi của khối biến đổi được sắp xếp/quét theo thứ tự quét. Chẳng hạn, bộ giải mã video có thể nhận và giải mã các phần tử cú pháp chỉ báo vị trí (ví dụ, các tọa độ X và Y trong khối biến đổi) của hệ số có ý nghĩa cuối cùng (tức là, khác không) theo thứ tự quét định trước. Nếu vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng được xác định là nằm trong một phần của khối biến đổi (trong vùng LFNST hoặc ngoài vùng LFNST) mà sẽ được đặt bằng không nếu LFNST được áp dụng bởi bộ mã hóa video, bộ giải mã video có thể suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không (tức là, LFNST không được áp dụng). Tức là, bộ giải mã video có thể xác định rằng LFNST không được áp dụng

nếu nó xác định rằng hệ số khác không tồn tại trong khối biến đổi ở vị trí mà sẽ được đặt bằng không (ví dụ, hệ số biến đổi sẽ có giá trị không) nếu LFNST được áp dụng.

Theo cách này, bộ mã hóa video không cần tạo và báo hiệu phần tử cú pháp chỉ báo giá trị của chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng nằm trong một phần của khối biến đổi (trong vùng LFNST hoặc ngoài vùng LFNST) mà sẽ được đặt bằng không nếu LFNST được áp dụng. Vì vậy, phí tổn báo hiệu có thể giảm và hiệu suất mã hóa có thể tăng. Vì các kỹ thuật được đề xuất của sáng chế có thể làm giảm phí tổn báo hiệu, các kỹ thuật của sáng chế có thể cải thiện hiệu suất mã hóa và có thể được sử dụng trong bộ mã hóa-giải mã video cải tiến sử dụng các LFNST, bao gồm các phiên bản mở rộng của HEVC và thế hệ tiếp theo của các chuẩn mã hóa video như mã hóa video đa năng (Versatile Video Coding - VVC) hoặc H.266.

Theo một ví dụ, sáng chế mô tả phương pháp giải mã dữ liệu video, phương pháp bao gồm bước xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video, xác định giá trị của chỉ số LFNST cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, và biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

Theo một ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị được tạo cấu hình để giải mã dữ liệu video, thiết bị bao gồm bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ khối biến đổi của dữ liệu video, và một hoặc nhiều bộ xử lý truyền thông với bộ nhớ, một hoặc nhiều bộ xử lý này được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video, xác định giá trị của chỉ số LFNST cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, và biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

Theo một ví dụ khác, sáng chế mô tả thiết bị được tạo cấu hình để giải mã dữ liệu video, thiết bị bao gồm phương tiện để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video, phương tiện để xác định giá trị của chỉ số LFNST cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của

khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, và phương tiện để biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

Theo một ví dụ khác, sáng chế mô tả phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính lưu trữ các lệnh mà, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để giải mã dữ liệu video để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video, xác định giá trị của chỉ số LFNST cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, và biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

Chi tiết của một hoặc nhiều ví dụ được trình bày trong các hình vẽ kèm theo và phần mô tả bên dưới. Các đặc điểm, mục đích và ưu điểm khác sẽ trở nên rõ ràng nhờ phần mô tả, các hình vẽ và các yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

Các hình vẽ Fig.2A và Fig.2B là các sơ đồ khái niệm minh họa ví dụ về cấu trúc cây nhị phân tứ phân (quadtree binary tree - QTBT) và đơn vị cây mã hóa (coding tree unit - CTU) tương ứng.

Fig.3 là sơ đồ khối minh họa một ví dụ về bộ mã hóa video có thể thực hiện các kỹ thuật của sáng chế.

Fig.4 là sơ đồ khối minh họa một ví dụ về bộ giải mã video có thể thực hiện các kỹ thuật của sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ khối minh họa biến đổi không phân tách tần số thấp (low-frequency non-separable transform - LFNST) làm ví dụ ở bộ mã hóa và bộ giải mã.

Fig.6 là sơ đồ khái niệm minh họa các hệ số biến đổi thu được sau khi áp dụng LFNST cho khối biến đổi có vùng đặt bằng không.

Fig.7 là sơ đồ khái niệm minh họa các hệ số biến đổi thu được sau khi áp dụng LFNST cho khối biến đổi không có vùng đặt bằng không.

Fig.8 là sơ đồ khái niệm minh họa các hệ số biến đổi thu được sau khi áp dụng LFNST làm ví dụ cho khối biến đổi có vùng đặt bằng không.

Fig.9 là sơ đồ khái niệm minh họa các hệ số biến đổi thu được sau khi áp dụng LFNST làm ví dụ cho khối biến đổi không có vùng đặt bằng không.

Fig.10 là lưu đồ minh họa một ví dụ về phương pháp mã hóa theo sáng chế.

Fig.11 là lưu đồ minh họa một ví dụ về phương pháp giải mã theo sáng chế.

Fig.12 là lưu đồ minh họa phương pháp giải mã làm ví dụ khác theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các kỹ thuật theo sáng chế bao gồm các phương pháp báo hiệu biến đổi khác nhau có thể được sử dụng trong bộ mã hóa-giải mã video để chỉ rõ biến đổi được chọn trong số nhiều ứng viên biến đổi để giải mã. Cụ thể, sáng chế mô tả các kỹ thuật để suy ra giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (low-frequency non-separable transform - LFNST). Suy ra nghĩa là xác định giá trị mà không nhận được phân tử cú pháp chỉ báo giá trị trong dòng bit video được mã hóa.

Giá trị của chỉ số LFNST chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng cho khối biến đổi hay không, và khi được áp dụng, chỉ báo loại LFNST cần được áp dụng. LFNST là biến đổi không phân tách được áp dụng cho vùng LFNST của khối biến đổi. Vùng LFNST có thể là tập con các hệ số biến đổi của khối biến đổi và có thể bao gồm các thành phần tần số thấp của khối biến đổi (ví dụ, góc trên bên trái của khối biến đổi). Trong một số ứng dụng, khi áp dụng LFNST, một số hệ số biến đổi trong vùng LFNST được thiết lập về không (ví dụ, đặt bằng không). Ngoài ra, các hệ số biến đổi trong khối biến đổi bên ngoài vùng LFNST cũng có thể được đặt bằng không.

Trước khi xác định giá trị của chỉ số LFNST cho khối biến đổi, bộ giải mã video có thể được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi. Chẳng hạn, bộ giải mã video có thể nhận và giải mã các phân tử cú pháp chỉ báo vị trí (ví dụ, các tọa độ X và Y trong khối biến đổi) của hệ số có ý nghĩa cuối cùng (tức là, khác không) theo thứ tự quét định trước. Nếu vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng được xác

định là nằm trong một phần của của khối biến đổi (trong vùng LFNST hoặc ngoài vùng LFNST) mà sẽ được đặt bằng không nếu LFNST được áp dụng bởi bộ mã hóa video, bộ giải mã video có thể suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không (tức là, LFNST không được áp dụng). Tức là, bộ giải mã video có thể xác định rằng LFNST không được áp dụng nếu nó xác định rằng hệ số khác không tồn tại trong khối biến đổi ở vị trí mà sẽ được đặt bằng không (ví dụ, hệ số biến đổi sẽ có giá trị không) nếu LFNST được áp dụng.

Theo cách này, bộ mã hóa video không cần tạo và báo hiệu phần tử cú pháp chỉ báo giá trị của chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng nằm trong một phần của khối biến đổi (trong vùng LFNST hoặc ngoài vùng LFNST) mà sẽ được đặt bằng không nếu LFNST được áp dụng. Vì vậy, phí tổn báo hiệu có thể giảm và hiệu suất mã hóa có thể tăng.

Fig.1 là sơ đồ khối minh họa ví dụ về hệ thống mã hóa và giải mã video 100 có thể thực hiện các kỹ thuật của sáng chế. Các kỹ thuật của sáng chế nói chung hướng đến việc mã hóa (mã hóa và/hoặc giải mã) dữ liệu video. Nói chung, dữ liệu video bao gồm dữ liệu bất kỳ để xử lý video. Do đó, dữ liệu video có thể bao gồm video thô, chưa mã hóa, video đã mã hóa, video đã giải mã (ví dụ, được tái tạo), và siêu dữ liệu video, chẳng hạn như dữ liệu báo hiệu.

Như được thể hiện trên Fig.1, hệ thống 100 bao gồm thiết bị nguồn 102 cung cấp dữ liệu video đã mã hóa cần được giải mã và hiển thị bởi thiết bị đích 116 trong ví dụ này. Cụ thể, thiết bị nguồn 102 cung cấp dữ liệu video 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 là thiết bị bất kỳ trong số rất nhiều thiết bị, bao gồm máy tính để bàn, máy tính sổ tay (tức là, máy tính xách tay), máy tính bảng, đầu thu giải mã tín hiệu, các máy điện thoại cầm tay như điện thoại thông minh, ti vi, camera, thiết bị hiển thị, trình phát phương tiện kỹ thuật số, bàn điều khiển trò chơi điện tử, thiết bị truyền trực tiếp video hoặc các thiết bị tương tự khác. Trong một số trường hợp, thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 có thể được trang bị để truyền thông không dây, và do đó có thể được gọi là các thiết bị truyền thông không dây.

Theo ví dụ trên Fig.1, thiết bị nguồn 102 bao gồm nguồn video 104, bộ nhớ 106, bộ mã hóa video 200 và giao diện đầu ra 108. Thiết bị đích 116 bao gồm giao diện đầu vào 122, bộ giải mã video 300, bộ nhớ 120, và thiết bị hiển thị 118. Theo sáng chế, bộ mã hóa video 200 của thiết bị nguồn 102 và bộ giải mã video 300 của thiết bị đích 116 có thể được

tạo cấu hình để áp dụng các kỹ thuật để mã hóa biến đổi. Do đó, thiết bị nguồn 102 biểu diễn ví dụ về thiết bị mã hóa video, còn thiết bị đích 116 biểu diễn ví dụ về thiết bị giải mã video. Theo các ví dụ khác, thiết bị nguồn và thiết bị đích có thể bao gồm các thành phần hoặc các cách sắp xếp khác. Ví dụ, thiết bị nguồn 102 có thể nhận dữ liệu video từ nguồn video bên ngoài, như camera ngoài. Tương tự, thiết bị đích 116 có thể giao tiếp với thiết bị hiển thị bên ngoài, chứ không phải bao gồm thiết bị hiển thị tích hợp.

Hệ thống 100 được thể hiện trên Fig.1 chỉ là một ví dụ. Nói chung, thiết bị mã hóa và/hoặc giải mã video số bất kỳ có thể thực hiện các kỹ thuật để mã hóa biến đổi. Thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 chỉ là các ví dụ về các thiết bị mã hóa như vậy, trong đó thiết bị nguồn 102 tạo ra dữ liệu video mã hóa để truyền đến thiết bị đích 116. Sáng chế đề cập đến thiết bị “mã hóa” là thiết bị thực hiện mã hóa (mã hóa và/hoặc giải mã) dữ liệu. Do đó, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 lần lượt là các ví dụ của thiết bị mã hóa, cụ thể là bộ mã hóa video và bộ giải mã video. Theo một số ví dụ, thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 có thể hoạt động theo cách gần như đối xứng sao cho mỗi thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116 đều có các bộ phận mã hóa và giải mã video. Do đó, hệ thống 100 có thể hỗ trợ cuộc truyền dữ liệu video một chiều hoặc hai chiều giữa thiết bị nguồn 102 và thiết bị đích 116, ví dụ, để truyền trực tiếp dữ liệu video, phát lại dữ liệu video, phát quảng bá dữ liệu video, hoặc điện thoại có video.

Nói chung, nguồn video 104 biểu diễn nguồn dữ liệu video (tức là, dữ liệu video thô, chưa được mã hóa) và cung cấp chuỗi các hình ảnh (còn được gọi là "khung") liên tiếp của dữ liệu video cho bộ mã hóa video 200, để mã hóa dữ liệu cho các hình ảnh. Nguồn video 104 của thiết bị nguồn 102 có thể bao gồm thiết bị quay video, như máy quay video, kho lưu trữ video chứa video thô đã quay trước đó, và/hoặc giao diện nạp dữ liệu video để nhận dữ liệu video từ nhà cung cấp nội dung video. Theo một phương án khác, nguồn video 104 có thể tạo ra dữ liệu dựa trên đồ họa từ máy tính dưới dạng video nguồn, hoặc kết hợp của dữ liệu video trực tiếp, video đã lưu trữ, và video được tạo ra bởi máy tính. Trong mỗi trường hợp, bộ mã hóa video 200 mã hóa dữ liệu video được quay, được quay trước hoặc được tạo ra bởi máy tính. Bộ mã hóa video 200 có thể sắp xếp lại các hình ảnh 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 video 200 có thể tạo ra dòng bit bao gồm dữ liệu video mã hóa. Thiết bị nguồn 102 sau đó có thể xuất ra dữ liệu video mã hóa qua giao diện đầu ra 108 lên phương

tiện đọc được bằng máy tính 110 để nhận và/hoặc truy hồi bằng, 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 là các bộ nhớ đa năng. Theo một số ví dụ, các bộ nhớ 106, 120 có thể lưu trữ dữ liệu video thô, ví dụ, dữ liệu video thô từ nguồn video 104 và dữ liệu video thô, được giải mã từ bộ giải mã video 300. Ngoài ra hoặc theo cách khác, các bộ nhớ 106, 120 có thể lần lượt lưu trữ các lệnh phần mềm có thể thực thi được bằng, ví dụ, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300. Mặc dù bộ nhớ 106 và bộ nhớ 120 được thể hiện riêng với bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 trong ví dụ này, nhưng cần phải hiểu rằng bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 cũng có thể bao gồm các bộ nhớ trong cho các mục đích tương tự hoặc tương đương về mặt chức năng. Hơn thế nữa, các bộ nhớ 106, 120 có thể lưu trữ dữ liệu video mã hóa, ví dụ, xuất ra từ bộ mã hóa video 200 và nhập vào bộ giải mã video 300. Theo một số ví dụ, các phần của các bộ nhớ 106, 120 có thể được phân bổ dưới dạng một hoặc nhiều bộ đệm video, ví dụ, để lưu trữ dữ liệu video thô, được giải mã và/hoặc được mã hóa.

Phương tiện đọc được bằng máy tính 110 có thể biểu diễn loại phương tiện hoặc thiết bị bất kỳ có khả năng truyền dữ liệu video mã hóa từ thiết bị nguồn 102 đến thiết bị đích 116. Trong một ví dụ, phương tiện đọc được bằng máy tính 110 là phương tiện truyền thông cho phép thiết bị nguồn 102 truyền dữ liệu video 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 chế tín hiệu truyền bao gồm dữ liệu video mã hóa và giao diện đầu vào 122 có thể giải điều chế tín hiệu truyền thu được, theo chuẩn truyền thông, như giao thức truyền thông không dây. Phương tiện truyền thông có thể bao gồm mọi phương tiện truyền thông không dây hoặc có dây, như phổ tần số vô tuyến (Radio Frequency - RF) hoặc một hay nhiều đường truyền vật lý. Phương tiện truyền thông có thể tạo nên một phần của mạng dựa vào 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 thiết bị khác bất kỳ mà 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 dữ liệu mã hóa từ giao diện đầu ra 108 đến thiết bị lưu trữ 112. Tương tự, thiết bị đích 116 có thể truy cập dữ liệu mã hóa

từ thiết bị lưu trữ 112 thông qua giao diện đầu vào 122. Thiết bị lưu trữ 112 có thể bao gồm phương tiện bất kỳ trong số nhiều phương tiện lưu trữ dữ liệu truy cập phân tán hoặc cục bộ như ổ cứng, đĩa Blu-ray, DVD, CD-ROM, bộ nhớ flash, bộ nhớ khả biến hoặc không khả biến hoặc phương tiện lưu trữ số thích hợp bất kỳ khác để lưu trữ dữ liệu video mã hóa.

Theo một số ví dụ, thiết bị nguồn 102 có thể xuất dữ liệu video mã hóa đến máy chủ tệp 114 hoặc một thiết bị lưu trữ trung gian khác mà có thể lưu trữ dữ liệu video mã hóa do thiết bị nguồn 102 tạo ra. Thiết bị đích 116 có thể truy cập dữ liệu video đã lưu trữ từ máy chủ tệp 114 qua truyền liên tục hoặc tải xuống. Máy chủ tệp 114 có thể là loại thiết bị máy chủ bất kỳ có khả năng lưu trữ dữ liệu video mã hóa và truyền dữ liệu video mã hóa đến thiết bị đích 116. Máy chủ tệp 114 có thể là máy chủ web (ví dụ, cho trang web), máy chủ giao thức truyền tệp (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 video mã hóa từ máy chủ tệp 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 dây thuê bao số (Digital Subscriber Line - DSL), modem cáp, v.v.), hoặc sự kết hợp của cả hai, phù hợp cho việc truy cập dữ liệu video mã hóa được lưu trữ trên máy chủ tệp 114. Máy chủ tệp 114 và giao diện đầu vào 122 có thể được tạo cấu hình để hoạt động theo giao thức truyền trực tuyến, giao thức truyền tải xuống hoặc 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 các 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, chẳng hạn như dữ liệu video được mã hóa, theo chuẩn truyền thông di động, như 4G, 4G-LTE (Tiến hóa dài hạn), LTE tiên tiến, 5G, hoặc tương tự. Theo một số ví dụ trong đó giao diện đầu ra 108 và giao diện đầu vào 122 bao gồm bộ phát không dây và/hoặc bộ thu 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 video mã hóa, theo các tiêu chuẩn không dây khác, chẳng hạn như đặc tả kỹ thuật IEEE 802.11, đặc

tả kỹ thuật IEEE 802.15 (ví dụ, ZigBee TM), tiêu chuẩn Bluetooth TM, hoặc tương tự. Theo 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 video 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 video 300 và/hoặc giao diện đầu vào 122.

Các kỹ thuật theo sáng chế có thể được áp dụng cho việc mã hóa video khi hỗ trợ ứng dụng bất kỳ trong số nhiều ứng dụng đa phương tiện, như phát quảng bá truyền hình qua không trung, truyền hình cáp, truyền hình vệ tinh, truyền trực tiếp video qua internet, như truyền phát trực tiếp thích ứng động qua giao thức HTTP (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP - DASH), video dạng số được mã hóa trên phương tiện lưu trữ dữ liệu, giải mã video dạng số lưu trữ trên phương tiện lưu trữ dữ liệu, hoặc các ứng dụng khác.

Giao diện đầu vào 122 của thiết bị đích 116 nhận dòng bit video mã hóa từ phương tiện đọc được bằng máy tính 110 (ví dụ, phương tiện truyền thông, thiết bị lưu trữ 112, máy chủ tệp 114 hoặc tương tự). Dòng bit video mã hóa có thể bao gồm thông tin báo hiệu được xác định bởi bộ mã hóa video 200, thông tin này cũng được bộ giải mã video 300 sử dụng, chẳng hạn như các phần tử cú pháp có các giá trị mô tả các đặc điểm và/hoặc xử lý các khối video hoặc các đơn vị mã hóa khác (ví dụ, lát, hình ảnh, nhóm hình ảnh, chuỗi hoặc tương tự). Thiết bị hiển thị 118 hiển thị hình ảnh giải mã của dữ liệu video giải mã cho người dùng. Thiết bị hiển thị 118 có thể biểu diễn thiết bị bất kỳ trong số nhiều thiết bị hiển thị, chẳng hạn như màn hình tinh thể lỏng (liquid crystal display - LCD), màn hình plasma, màn hình điốt phát sáng hữu cơ (organic light emitting diode - OLED), hoặc một loại thiết bị hiển thị khác.

Mặc dù không được thể hiện trên Fig.1, nhưng theo một số ví dụ, mỗi bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể được tích hợp với bộ mã hóa âm thanh và/hoặc bộ giải mã âm thanh, và có thể bao gồm các bộ ghép kênh-giải ghép kênh (MUX-DEMUX) thích hợp, hoặc phần cứng và/hoặc phần mềm khác, để xử lý các dòng ghép kênh bao gồm cả âm thanh và dữ liệu video trong luồng dữ liệu chung. Nếu có thể, các bộ MUX-DEMUX có thể thích hợp với giao thức ghép kênh ITU H.223, hoặc các giao thức khác như giao thức gói dữ liệu người dùng (user datagram protocol - UDP).

Mỗi bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể được triển khai dưới dạng mạch bất kỳ trong số nhiều mạch mã hóa và/hoặc mạch giải mã thích hợp, như một hoặc nhiều bộ vi xử lý, bộ xử lý tín hiệu 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, firmware hoặc 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 video 200 và bộ giải mã video 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 (encoder/decoder - CODEC) trong thiết bị tương ứng. Thiết bị bao gồm bộ mã hóa video 200 và/hoặc bộ giải mã video 300 có thể bao gồm mạch tích hợp, bộ vi xử lý và/hoặc thiết bị truyền thông không dây, như điện thoại di động.

Bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể hoạt động theo chuẩn mã hóa video, chẳng hạn như ITU-T H.265, còn được gọi là mã hóa video hiệu suất cao (High Efficiency Video Coding - HEVC) hoặc các phần mở rộng của nó, chẳng hạn như các phần mở rộng mã hóa video đa cảnh nhìn và/hoặc có thể thay đổi tỷ lệ. Theo cách khác, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 cũng có thể hoạt động theo các chuẩn độc quyền hoặc công nghiệp khác, như mô hình thử nghiệm khảo sát chung (Joint Exploration Test Model - JEM) hoặc ITU-T H.266, còn được gọi là mã hóa video đa năng (Versatile Video Coding - VVC). Bản dự thảo của chuẩn VVC được mô tả trong tài liệu của Bross và các cộng sự có tên là “Versatile Video Coding (Draft 5),” nhóm chuyên gia hợp tác chung về kỹ thuật video (Joint Video Experts Team - JVET) của ITU-T SG 16 WP 3 và ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Hội nghị lần thứ 14: Geneva, Thụy Sĩ, từ ngày 19-27/3/2019, JVET-N1001-v5 (sau đây gọi là “VVC Draft 5”). Tuy nhiên, các kỹ thuật của sáng chế không bị giới hạn ở chuẩn mã hóa cụ thể bất kỳ.

Nói chung, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể thực hiện mã hóa các hình ảnh dựa trên khối. Thuật ngữ “khối” thường đề cập đến cấu trúc bao gồm dữ liệu cần xử lý (ví dụ, mã hóa, giải mã, hoặc được sử dụng trong quy trình mã hóa và/hoặc giải mã). Ví dụ, khối có thể bao gồm ma trận mẫu hai chiều của dữ liệu độ chói và/hoặc sắc

độ. Nói chung, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể mã hóa dữ liệu video được biểu diễn ở định dạng YUV (ví dụ, Y, Cb, Cr). Tức là, thay vì mã hóa dữ liệu màu đỏ, xanh lục và xanh dương (red, green, and blue - RGB) cho các mẫu của hình ảnh, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể mã hóa các thành phần độ chói và sắc độ, trong đó các thành phần sắc độ có thể bao gồm cả thành phần sắc độ màu đỏ và màu xanh dương. Theo một số ví dụ, bộ mã hóa video 200 biến đổi dữ liệu định dạng RGB nhận được thành dạng biểu diễn YUV trước khi mã hóa, và bộ giải mã video 300 biến đổi dạng biểu diễn YUV thành định dạng RGB. Theo cách khác, các đơn vị trước và sau xử lý (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể thực hiện các quy trình biến đổi này.

Nói chung sáng chế có thể đề cập đến việc mã hóa (ví dụ, mã hóa và giải mã) các hình ảnh để bao gồm quy trình mã hóa hoặc giải mã dữ liệu của hình ảnh. Tương tự, sáng chế có thể đề cập đến việc mã hóa các khối của hình ảnh để bao gồm quy trình mã hóa hoặc giải mã dữ liệu cho các khối, ví dụ, mã hóa dự đoán và/hoặc mã hóa dư. Dòng bit video mã hóa thường bao gồm một loạt giá trị cho các phần tử cú pháp biểu diễn các quyết định mã hóa (ví dụ, chế độ mã hóa) và chia các hình ảnh thành các khối. Do đó, việc nói đến mã hóa hình ảnh hoặc khối thường được hiểu là mã hóa các giá trị đối với các phần tử cú pháp tạo thành hình ảnh hoặc khối.

HEVC định nghĩa các khối khác nhau, bao gồm các đơn vị mã hóa (coding unit - CU), đơn vị dự đoán (prediction unit - PU) và đơn vị biến đổi (transform unit - TU). Theo HEVC, bộ mã hóa video (chẳng hạn như bộ mã hóa video 200) chia đơn vị cây mã hóa (coding tree unit - CTU) thành các CU theo cấu trúc cây tứ phân. Tức là, bộ mã hóa video chia các CTU và CU thành bốn hình vuông không chồng lấn bằng nhau, và mỗi nút của cây tứ phân có không hoặc bốn nút con. Các nút không có nút con có thể được gọi là “nút lá” và các CU của các nút lá như vậy có thể bao gồm một hoặc nhiều PU và/hoặc một hoặc nhiều TU. Bộ mã hóa video có thể chia tiếp các PU và các TU. Ví dụ, trong HEVC, các cây tứ phân dư (residual quadtree - RQT) biểu diễn việc phân chia các TU. Trong HEVC, các PU biểu diễn dữ liệu dự đoán liên hình ảnh, còn các TU biểu diễn dữ liệu dư. Các CU mà được dự đoán nội hình ảnh chứa thông tin dự đoán nội hình ảnh, như chỉ báo chế độ nội hình ảnh.

Theo một ví dụ khác, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để hoạt động theo VVC. Theo quy trình mã hóa VVC, bộ mã hóa video (như bộ

mã hóa video 200) chia hình ảnh thành nhiều đơn vị cây mã hóa (CTU - coding tree unit). Bộ mã hóa video 200 có thể chia CTU theo cấu trúc cây, chẳng hạn như cấu trúc cây nhị phân-cây tứ phân (quadtree-binary tree - QTBT) hoặc cấu trúc cây nhiều dạng (Multi-Type Tree - MTT). Cấu trúc QTBT loại bỏ các khái niệm về nhiều loại phân chia, như phân chia giữa các CU, PU và TU theo tiêu chuẩn HEVC. Cấu trúc QTBT bao gồm hai mức: mức thứ nhất được chia theo kỹ thuật phân chia cây tứ phân và mức thứ hai được phân chia theo kỹ thuật phân chia cây nhị phân. Nút gốc của cấu trúc QTBT tương ứng với CTU. Các nút lá của cây nhị phân tương ứng với các đơn vị mã hóa (coding unit - CU).

Trong cấu trúc phân chia cây MTT, các khối có thể được phân chia bằng cách sử dụng phân chia cây tứ phân (quadtree - QT), phân chia cây nhị phân (binary tree - BT), và/hoặc một hoặc nhiều loại phân chia cây tam phân (triple tree - TT) (còn gọi là cây bậc ba (ternary tree - TT)). Phân chia cây tam phân hoặc cây bậc ba là phân chia trong đó khối được phân chia thành ba khối con. Trong một số ví dụ, phân chia cây tam phân hoặc cây bậc ba chia khối thành ba khối con mà không chia khối gốc qua tâm. Các loại phân chia trong cây MTT (ví dụ, QT, BT, và TT) có thể là đối xứng hoặc bất đối xứng.

Trong một số ví dụ, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể sử dụng một cấu trúc QTBT hoặc MTT để biểu diễn mỗi thành phần độ chói và sắc độ, trong khi trong các ví dụ khác, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể sử dụng hai hoặc nhiều cấu trúc QTBT hoặc MTT, như một cấu trúc QTBT/MTT cho thành phần độ chói và cấu trúc QTBT/MTT khác cho cả hai thành phần sắc độ (hoặc hai cấu trúc QTBT/MTT cho các thành phần sắc độ tương ứng).

Bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để sử dụng phân chia cây tứ phân cho mỗi phân chia HEVC, QTBT, phân chia MTT, hoặc các cấu trúc phân chia khác. Để phục vụ mục đích giải thích, phần mô tả về các kỹ thuật của sáng chế được trình bày liên quan đến kỹ thuật phân chia QTBT. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng các kỹ thuật của sáng chế cũng có thể được áp dụng cho các bộ mã hóa video được tạo cấu hình để sử dụng kỹ thuật phân chia cây tứ phân, phân chia MTT hoặc các loại kỹ thuật phân chia khác.

Theo một số ví dụ, CTU bao gồm khối cây mã hóa (CTB) của các mẫu độ chói, hai CTB tương ứng của các mẫu sắc độ của hình ảnh có ba mảng mẫu, hoặc CTB của các mẫu của hình ảnh đơn sắc hoặc hình ảnh được mã hóa nhờ sử dụng ba mặt phẳng màu riêng

biệt và các cấu trúc cú pháp được sử dụng để mã hóa các mẫu này. CTB có thể là khối $N \times N$ của các mẫu đối với một số giá trị của N sao cho sự chia thành phần thành các CTB là sự phân chia. Thành phần là mảng hoặc một mẫu từ một trong số ba mảng (một mảng độ chói và hai mảng sắc độ) tạo nên hình ảnh ở định dạng màu 4:2:0, 4:2:2, hoặc 4:4:4 hoặc mảng hoặc một mẫu của mảng mẫu tạo nên hình ảnh ở định dạng đơn sắc. Theo một số ví dụ, khối mã hóa là khối $M \times N$ của các mẫu đối với một số giá trị của M và N sao cho sự chia CTB thành các khối mã hóa là sự phân chia.

Các khối (ví dụ, các CTU hoặc CU) có thể được nhóm theo nhiều cách khác nhau vào một hình ảnh. Theo một ví dụ, mảnh có thể là vùng hình chữ nhật gồm các hàng CTU bên trong ô cụ thể trong hình ảnh. Ô có thể là vùng hình chữ nhật gồm các CTU trong một cột ô cụ thể và hàng ô cụ thể trong một hình ảnh. Cột ô là vùng hình chữ nhật gồm các CTU có chiều cao bằng chiều cao của hình ảnh và chiều rộng được xác định bởi các phần tử cú pháp (ví dụ, như trong tập hợp thông số hình ảnh). Hàng ô là vùng hình chữ nhật gồm các CTU có chiều cao được xác định bởi các phần tử cú pháp (ví dụ, như trong tập hợp thông số hình ảnh) và chiều rộng bằng chiều rộng của hình ảnh.

Theo một số ví dụ, ô có thể được phân chia thành nhiều mảnh (brick), mỗi mảnh có thể bao gồm một hoặc nhiều hàng CTU trong ô. Ô mà không được phân chia thành nhiều mảnh có thể cũng được gọi là mảnh. Tuy nhiên, mảnh mà là một tập hợp con thực sự của ô có thể không được gọi là ô.

Các mảnh trong hình ảnh có thể còn được sắp xếp trong lát. Lát có thể là số lượng nguyên các mảnh của hình ảnh có thể được chứa riêng trong một đơn vị lớp trừu tượng hóa mạng (network abstraction layer - NAL). Theo một số ví dụ, lát bao gồm một số ô hoàn chỉnh hoặc chỉ một chuỗi liên tiếp các mảnh hoàn chỉnh của một ô.

Sáng chế có thể sử dụng “ $N \times N$ ” và “ N nhân N ” thay thế cho nhau để chỉ các kích thước mẫu của khối (chẳng hạn như CU hoặc khối video khác) xét về chiều dọc và chiều ngang, ví dụ, 16×16 mẫu hoặc 16 nhân 16 mẫu. Nói chung, CU 16×16 sẽ có 16 mẫu theo chiều dọc ($y = 16$) và 16 mẫu theo chiều ngang ($x = 16$). Tương tự, CU $N \times N$ thường có N mẫu theo chiều dọc và N mẫu theo chiều ngang, trong đó N là giá trị nguyên không âm. Các mẫu trong CU có thể được sắp xếp thành các hàng và các cột. Hơn nữa, các CU không nhất thiết phải có số lượng mẫu theo chiều ngang bằng số lượng mẫu theo chiều dọc. Ví dụ, các CU có thể bao gồm $N \times M$ mẫu, trong đó M không nhất thiết bằng N .

Bộ mã hóa video 200 mã hóa dữ liệu video cho các CU biểu diễn thông tin dự đoán và/hoặc thông tin dư, và thông tin khác. Thông tin dự đoán biểu thị cách thức CU sẽ được dự đoán để tạo ra khối dự đoán cho CU. Thông tin dư thường biểu diễn sự chênh lệch theo từng mẫu giữa các mẫu của CU trước khi mã hóa và khối dự đoán.

Để dự đoán CU, bộ mã hóa video 200 thường có thể tạo ra khối dự đoán cho CU thông qua dự đoán liên hình ảnh hoặc dự đoán nội hình ảnh. Dự đoán liên hình ảnh thường được dùng để chỉ việc dự đoán CU từ dữ liệu của hình ảnh được mã hóa trước đó, trong khi dự đoán nội hình ảnh thường được dùng để chỉ việc dự đoán CU từ dữ liệu được mã hóa trước đó của cùng một hình ảnh. Để thực hiện dự đoán liên hình ảnh, bộ mã hóa video 200 có thể tạo ra khối dự đoán bằng cách sử dụng một hoặc nhiều vectơ chuyển động. Nhìn chung, bộ mã hóa video 200 có thể thực hiện tìm kiếm chuyển động để nhận dạng khối tham chiếu phù hợp nhất với CU, ví dụ, xét về sự chênh lệch giữa CU và khối tham chiếu. Bộ mã hóa video 200 có thể tính toán metric chênh lệch bằng cách sử dụng tổng chênh lệch tuyệt đối (sum of absolute difference - SAD), tổng chênh lệch bình phương (sum of squared differences - SSD), chênh lệch tuyệt đối trung bình (mean absolute difference - MAD), chênh lệch bình phương trung bình (mean squared differences - MSD) hoặc các phép toán chênh lệch khác như vậy để xác định xem khối tham chiếu có khớp nhất với CU hiện thời hay không. Trong một số ví dụ, bộ mã hóa video 200 có thể dự đoán CU hiện thời bằng cách sử dụng dự đoán một chiều hoặc dự đoán hai chiều.

Một số ví dụ về VVC còn cung cấp chế độ bù chuyển động afin, chế độ này có thể được xem là chế độ dự đoán liên hình ảnh. Trong chế độ bù chuyển động afin, bộ mã hóa video 200 có thể xác định hai hoặc nhiều vectơ chuyển động biểu diễn chuyển động không tịnh tiến, chẳng hạn như phóng to hoặc thu nhỏ, xoay, chuyển động phối cảnh, hoặc các loại chuyển động không đều khác.

Để thực hiện dự đoán nội hình ảnh, bộ mã hóa video 200 có thể lựa chọn chế độ dự đoán nội hình ảnh để tạo ra khối dự đoán. Một số ví dụ về VVC cung cấp sáu mươi bảy chế độ dự đoán nội hình ảnh, bao gồm các chế độ định hướng khác nhau, cũng như chế độ phẳng và chế độ DC. Nói chung, bộ mã hóa video 200 chọn chế độ dự đoán nội hình ảnh mô tả các mẫu lân cận với khối hiện thời (ví dụ, khối của CU) để từ đó dự đoán các mẫu của khối hiện thời. Các mẫu như vậy thường có thể ở trên, bên trên và bên trái hoặc bên

trái của khối hiện thời trong cùng hình ảnh với khối hiện thời, giả sử bộ mã hóa video 200 mã hóa các CTU và các CU theo thứ tự quét mảnh (từ trái sang phải, từ trên xuống dưới).

Bộ mã hóa video 200 mã hóa dữ liệu biểu diễn chế độ dự đoán cho khối hiện thời. Ví dụ, đối với các chế độ dự đoán liên hình ảnh, bộ mã hóa video 200 có thể mã hóa dữ liệu biểu diễn chế độ nào trong số các chế độ dự đoán liên hình ảnh có sẵn khác nhau được sử dụng, cũng như thông tin chuyển động cho chế độ tương ứng. Ví dụ, đối với dự đoán liên hình ảnh một chiều hoặc hai chiều, bộ mã hóa video 200 có thể mã hóa các vector chuyển động bằng cách sử dụng chế độ dự đoán vector chuyển động nâng cao (advanced motion vector prediction - AMVP) hoặc chế độ hợp nhất. Bộ mã hóa video 200 có thể sử dụng các chế độ tương tự để mã hóa các vector chuyển động cho chế độ bù chuyển động afin.

Sau khi dự đoán, chẳng hạn như dự đoán nội hình ảnh hoặc dự đoán liên hình ảnh các khối, bộ mã hóa video 200 có thể tính toán dữ liệu dư cho khối. Dữ liệu dư, chẳng hạn như khối dư, biểu diễn các chênh lệch theo từng mẫu giữa khối và khối dự đoán cho khối, được tạo ra bằng cách sử dụng chế độ dự đoán tương ứng. Bộ mã hóa video 200 có thể áp dụng một hoặc nhiều phép biến đổi cho khối dư, để tạo ra dữ liệu được biến đổi trong miền biến đổi thay vì miền mẫu. Ví dụ, bộ mã hóa video 200 có thể áp dụng phép biến đổi cosin rời rạc (discrete cosine transform - DCT), biến đổi số nguyên, biến đổi sóng con, hoặc biến đổi tương tự về mặt khái niệm cho dữ liệu video dư. Ngoài ra, bộ mã hóa video 200 có thể áp dụng phép biến đổi thứ hai tiếp theo phép biến đổi thứ nhất, chẳng hạn như biến đổi thứ hai không phân tách phụ thuộc vào chế độ (mode-dependent non-separable secondary transform - MDNSST), biến đổi phụ thuộc vào tín hiệu, biến đổi Karhunen-Loeve (Karhunen-Loeve transform - KLT) hoặc tương tự. Bộ mã hóa video 200 tạo ra các hệ số biến đổi sau khi áp dụng một hoặc nhiều phép biến đổi.

Như nêu ở trên, sau phép biến đổi bất kỳ để tạo ra các hệ số biến đổi, bộ mã hóa video 200 có thể thực hiện lượng tử hóa các hệ số biến đổi. Lượng tử hóa nói chung là quy trình trong đó các hệ số biến đổi được lượng tử hóa để có thể giảm lượng dữ liệu dùng để biểu diễn các hệ số biến đổi, nhằm đạt được hiệu quả nén cao hơn. Bằng cách thực hiện quy trình lượng tử hóa, bộ mã hóa video 200 có thể giảm độ sâu bit liên quan đến một số hoặc tất cả các hệ số biến đổi. Ví dụ, bộ mã hóa video 200 có thể làm tròn giá trị n -bit xuống giá trị m -bit khi lượng tử hóa, trong đó n lớn hơn m . Theo một số ví dụ, để thực hiện

lượng tử hóa, bộ mã hóa video 200 có thể thực hiện dịch phải theo bit giá trị cần lượng tử hóa.

Sau khi lượng tử hóa, bộ mã hóa video 200 có thể quét các hệ số biến đổi, tạo ra vector một chiều từ ma trận hai chiều bao gồm các hệ số biến đổi được lượng tử hóa. Quy trình quét được thiết kế để đặt các hệ số biến đổi năng lượng cao hơn (và do đó tần số thấp hơn) ở phía trước của vector và để đặt các hệ số biến đổi năng lượng thấp hơn (và do đó tần số cao hơn) ở phía sau của vector. Theo một số ví dụ, bộ mã hóa video 200 có thể sử dụng thứ tự quét định trước để quét các hệ số biến đổi lượng tử hóa để tạo ra vector nối tiếp, và sau đó mã hóa entropy các hệ số biến đổi lượng tử hóa của vector. Trong các ví dụ khác, bộ mã hóa video 200 có thể thực hiện quy trình quét thích ứng. Sau khi quét các hệ số biến đổi được lượng tử hóa để tạo vector một chiều, bộ mã hóa video 200 có thể mã hóa entropy vector một chiều, ví dụ, theo kỹ thuật mã hóa số học nhị phân thích ứng ngữ cảnh (context-adaptive binary arithmetic coding - CABAC). Bộ mã hóa video 200 cũng có thể mã hóa entropy các giá trị cho các phần tử cú pháp mô tả siêu dữ liệu liên quan đến dữ liệu video đã mã hóa dùng bởi bộ giải mã video 300 khi giải mã dữ liệu video.

Để thực hiện CABAC, bộ mã hóa video 200 có thể gán ngữ cảnh trong mô hình ngữ cảnh cho ký hiệu cần được truyền. Ngữ cảnh có thể liên quan tới, ví dụ, việc xem các giá trị lân cận của ký hiệu có giá trị bằng không hay không. Việc xác định xác suất có thể được dựa vào ngữ cảnh được gán cho ký hiệu.

Bộ mã hóa video 200 còn có thể tạo ra dữ liệu cú pháp, như dữ liệu cú pháp dựa trên khối, dữ liệu cú pháp dựa trên hình ảnh, và dữ liệu cú pháp dựa trên chuỗi, cho bộ giải mã video 300, ví dụ, trong phần đầu hình ảnh, phần đầu khối, phần đầu lát, hoặc dữ liệu cú pháp khác, như tập thông số chuỗi (sequence parameter set - SPS), tập thông số hình ảnh (picture parameter set - PPS), hoặc tập thông số video (video parameter set - VPS). Tương tự, bộ giải mã video 300 có thể giải mã dữ liệu cú pháp như vậy để xác định cách giải mã dữ liệu video tương ứng.

Theo cách này, bộ mã hóa video 200 có thể tạo ra dòng bit bao gồm dữ liệu video mã hóa, ví dụ, các phần tử cú pháp mô tả việc phân chia hình ảnh thành các khối (ví dụ, các CU) và thông tin dự đoán và/hoặc thông tin dư cho các khối. Cuối cùng, bộ giải mã video 300 có thể nhận dòng bit và giải mã dữ liệu video đã mã hóa.

Nói chung, bộ giải mã video 300 thực hiện quy trình nghịch đảo với quy trình được thực hiện bởi bộ mã hóa video 200 để giải mã dữ liệu video đã mã hóa của dòng bit. Ví dụ, bộ giải mã video 300 có thể giải mã các giá trị cho các phần tử cú pháp của dòng bit bằng cách sử dụng kỹ thuật CABAC theo cách về cơ bản tương tự như, mặc dù nghịch đảo với, quy trình mã hóa CABAC của bộ mã hóa video 200. Các phần tử cú pháp có thể xác định thông tin phân chia để phân chia hình ảnh thành các CTU, và phân chia mỗi CTU theo cấu trúc phân chia tương ứng, chẳng hạn như cấu trúc QTBT, để xác định các CU của CTU. Các phần tử cú pháp còn có thể xác định thông tin dự đoán và thông tin dư cho các khối (ví dụ, các CU) của dữ liệu video.

Thông tin dư có thể được biểu diễn bằng, ví dụ, các hệ số biến đổi lượng tử hóa. Bộ giải mã video 300 có thể lượng tử hóa ngược và biến đổi ngược các hệ số biến đổi lượng tử hóa của khối để tái tạo khối dư cho khối. Bộ giải mã video 300 sử dụng chế độ dự đoán được báo hiệu (dự đoán nội hình ảnh hoặc dự đoán liên hình ảnh) và thông tin dự đoán liên quan (ví dụ, thông tin chuyển động cho dự đoán liên hình ảnh) để tạo ra khối dự đoán cho khối. Sau đó, bộ giải mã video 300 có thể kết hợp khối dự đoán và khối dư (trên cơ sở từng mẫu) để tái tạo khối gốc. Bộ giải mã video 300 có thể thực hiện xử lý bổ sung, chẳng hạn như thực hiện quy trình tách khối để giảm các thành phần nhiễu trực quan dọc theo các biên của khối.

Theo các kỹ thuật của sáng chế, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để không báo hiệu/suy ra giá trị của chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp dựa trên kiểu mẫu của các hệ số bằng không được xác định theo cách tiêu chuẩn trong khối dữ liệu video, và biến đổi khối dữ liệu video theo chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp này. Chẳng hạn, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video, xác định giá trị của chỉ số LFNST cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, và biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

Nói chung, sáng chế có thể liên quan đến việc "báo hiệu" một số thông tin như các phần tử cú pháp. Nói chung, thuật ngữ "báo hiệu" có thể chỉ việc truyền thông các giá trị

của các phần tử cú pháp và/hoặc dữ liệu khác được sử dụng để giải mã dữ liệu video đã mã hóa. Tức là, bộ mã hóa video 200 có thể báo hiệu các giá trị cho các phần tử cú pháp trong dòng bit. Nói chung, việc báo hiệu đề cập đến việc tạo ra giá trị trong dòng bit. Như đã lưu ý ở trên, thiết bị nguồn 102 có thể truyền tải dòng bit đến thiết bị đích 116 về cơ bản theo thời gian thực, hoặc không theo thời gian thực, chẳng hạn như 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 hình vẽ Fig.2A và Fig.2B là các sơ đồ khái niệm minh họa một ví dụ về cấu trúc cây nhị phân tứ phân (QTBT) 130, và đơn vị cây mã hóa (CTU) 132 tương ứng. Các đường nét liền biểu thị việc tách cây tứ phân và các đường nét đứt biểu thị việc tách cây nhị phân. Trong mỗi nút tách (tức là, nút không phải nút lá) của cây nhị phân, một cờ được báo hiệu để chỉ báo kiểu tách nào (tức là, tách ngang hay tách dọc) được sử dụng, trong đó 0 biểu thị tách ngang và 1 biểu thị tách dọc trong ví dụ này. Đối với việc tách cây tứ phân, không cần thiết biểu thị kiểu tách, vì các nút cây tứ phân chia khối theo chiều ngang và theo chiều dọc thành 4 khối con có kích thước bằng nhau. Do đó, bộ mã hóa video 200 có thể mã hóa, và bộ giải mã video 300 có thể giải mã, các phần tử cú pháp (ví dụ như thông tin tách) cho mức cây khu vực của cấu trúc QTBT 130 (tức là, các đường nét liền) và các phần tử cú pháp (ví dụ như thông tin tách) cho mức cây dự đoán của cấu trúc QTBT 130 (tức là, các đường nét đứt). Bộ mã hóa video 200 có thể mã hóa, và bộ giải mã video 300 có thể giải mã, dữ liệu video, như dữ liệu dự đoán và biến đổi, cho các CU được biểu diễn bởi các nút lá đầu cuối của cấu trúc QTBT 130.

Nói chung, CTU 132 trên Fig.2B có thể được kết hợp với các thông số xác định kích thước của các khối tương ứng với các nút của cấu trúc QTBT 130 ở mức thứ nhất và thứ hai. Các thông số này có thể bao gồm kích thước CTU (biểu diễn kích thước CTU 132 trong các mẫu), kích thước cây tứ phân tối thiểu (MinQTSIZE, biểu diễn kích thước nút lá cây tứ phân tối thiểu được phép), kích thước cây nhị phân tối đa (MaxBTSIZE, biểu diễn kích thước nút gốc cây nhị phân tối đa được phép), độ sâu cây nhị phân tối đa (MaxBTDepth, biểu diễn độ sâu cây nhị phân tối đa được phép) và kích thước cây nhị phân tối thiểu (MinBTSIZE, biểu diễn kích thước nút lá cây nhị phân tối thiểu được phép).

Nút gốc của cấu trúc QTBT tương ứng với đơn vị CTU có thể có bốn nút con ở mức thứ nhất của cấu trúc QTBT, mỗi nút có thể được phân chia theo kỹ thuật phân chia cây tứ phân. Tức là, các nút của mức thứ nhất là các nút lá (không có nút con) hoặc có bốn

nút con. Ví dụ về cấu trúc QTBT 130 biểu diễn các nút như vậy là bao gồm nút cha và các nút con có các đường nét liền cho các nhánh. Nếu các nút của mức thứ nhất không lớn hơn kích thước nút gốc cây nhị phân lớn nhất cho phép (MaxBTSIZE), thì chúng có thể được cây nhị phân tương ứng phân chia tiếp. Việc phân chia cây nhị phân của một nút có thể được lặp lại cho đến khi các nút tạo ra từ quy trình phân tách đạt đến kích thước nút lá cây nhị phân tối thiểu được phép (MinBTSIZE) hoặc độ sâu cây nhị phân tối đa được phép (MaxBTDepth). Ví dụ về cấu trúc QTBT 130 biểu diễn các nút như vậy là có các đường nét đứt cho các nhánh. Nút lá cây nhị phân được gọi là đơn vị mã hóa (CU), đơn vị này được sử dụng để dự đoán (ví dụ, dự đoán nội hình ảnh hoặc dự đoán liên hình ảnh) và biến đổi, mà không phân chia thêm. Như mô tả ở trên, các CU cũng có thể được gọi là các “khối dữ liệu video” hoặc “các khối”.

Trong một ví dụ của cấu trúc phân chia QTBT, kích thước CTU được thiết lập là 128x128 (mẫu độ chói và hai mẫu sắc độ 64x64 tương ứng), MinQTSIZE được thiết lập là 16x16, MaxBTSIZE được thiết lập là 64x64, MinBTSIZE (cho cả chiều rộng lẫn chiều cao) được thiết lập là 4 và MaxBTDepth được thiết lập là 4. Kỹ thuật phân chia cây tứ phân được áp dụng cho CTU trước tiên để tạo ra các nút lá cây tứ phân. Các nút lá cây tứ phân có thể có kích thước từ 16x16 (tức là MinQTSIZE) đến 128x128 (tức là kích thước CTU). Nếu nút lá cây tứ phân là 128x128, nó sẽ không được phân chia tiếp bởi cây nhị phân bởi vì kích thước này vượt quá MaxBTSIZE (tức là 64x64 trong ví dụ này). Cách khác, nút lá cây tứ phân sẽ được phân chia tiếp bởi cây nhị phân. Do đó, nút lá cây tứ phân cũng là nút gốc cho cây nhị phân và có độ sâu cây nhị phân bằng 0. Khi độ sâu cây nhị phân đạt đến MaxBTDepth (bằng 4 trong ví dụ này), thì không được phép tách tiếp nữa. Khi nút cây nhị phân có độ rộng bằng MinBTSIZE (bằng 4 trong ví dụ này), giá trị này ngụ ý rằng không cho phép tách ngang nữa. Tương tự, nút cây nhị phân có chiều cao bằng MinBTSIZE ngụ ý rằng không cho phép tách dọc đối với nút cây nhị phân đó. Như nêu trên đây, các nút lá của cây nhị phân được gọi là các CU, và được xử lý thêm theo kỹ thuật dự đoán và biến đổi mà không phân chia thêm nữa.

Fig.3 là sơ đồ khối minh họa ví dụ về bộ mã hóa video 200 có thể thực hiện các kỹ thuật của sáng chế. Fig.3 được đưa ra để giải thích và không nên được xem là làm giới hạn các kỹ thuật như được minh họa và được mô tả rộng rãi trong sáng chế. Để phục vụ mục đích giải thích, sáng chế này mô tả bộ mã hóa video 200 trong ngữ cảnh các chuẩn mã hóa

video như chuẩn mã hóa video H.265 (HEVC) và chuẩn mã hóa video H.266 (VVC) đang phát triển. Tuy nhiên, các kỹ thuật của sáng chế không bị giới hạn ở các chuẩn mã hóa dữ liệu video, và thường được áp dụng cho quy trình mã hóa và giải mã dữ liệu video.

Theo ví dụ trên Fig.3, bộ mã hóa video 200 bao gồm bộ nhớ dữ liệu video 230, đơn vị chọn chế độ 202, đơn vị tạo dữ liệu dư 204, đơn vị xử lý biến đổi 206, đơn vị lượng tử hóa 208, đơn vị lượng tử hóa ngược 210, đơn vị xử lý biến đổi ngược 212, đơn vị tái tạo 214, đơn vị lọc 216, bộ đệm hình ảnh giải mã (decoded picture buffer - DPB) 218, và đơn vị mã hóa entropy 220. Bất kỳ hoặc tất cả bộ nhớ dữ liệu video 230, đơn vị chọn chế độ 202, đơn vị tạo dữ liệu dư 204, đơn vị xử lý biến đổi 206, đơn vị lượng tử hóa 208, đơn vị lượng tử hóa ngược 210, đơn vị xử lý biến đổi ngược 212, đơn vị tái tạo 214, đơn vị lọc 216, DPB 218, và đơn vị mã hóa entropy 220 có thể được triển khai trong một hoặc nhiều bộ xử lý hoặc trong mạch xử lý. Hơn nữa, bộ mã hóa video 200 có thể bao gồm bộ xử lý hoặc mạch xử lý bổ sung hoặc thay thế để thực hiện các chức năng này và các chức năng khác.

Bộ nhớ dữ liệu video 230 có thể lưu trữ dữ liệu video cần được mã hóa bởi các thành phần của bộ mã hóa video 200. Bộ mã hóa video 200 có thể nhận dữ liệu video lưu trữ trong bộ nhớ dữ liệu video 230 từ, ví dụ, nguồn video 104 (Fig.1). DPB 218 có thể hoạt động như bộ nhớ hình ảnh tham chiếu lưu trữ dữ liệu video tham chiếu để sử dụng trong việc dự đoán dữ liệu video tiếp theo bởi bộ mã hóa video 200. Bộ nhớ dữ liệu video 230 và DPB 218 có thể được tạo thành bởi thiết bị bất kỳ trong số nhiều thiết bị nhớ, như bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên động (dynamic random access memory - DRAM), bao gồm DRAM đồng bộ (synchronous DRAM - SDRAM), RAM từ điện trở (magnetoresistive RAM - MRAM), RAM điện trở (resistive RAM - RRAM), hoặc các loại thiết bị nhớ khác. Bộ nhớ dữ liệu video 230 và DPB 218 có thể được cung cấp bởi cùng một thiết bị nhớ hoặc các thiết bị nhớ riêng. Theo các ví dụ khác nhau, bộ nhớ dữ liệu video 230 có thể nằm trên chip cùng các bộ phận khác của bộ mã hóa video 200, như được minh họa, hoặc ngoài chip so với các bộ phận này.

Theo sáng chế, việc tham chiếu đến bộ nhớ dữ liệu video 230 không được hiểu là bị giới hạn ở bộ nhớ bên trong bộ mã hóa video 200, trừ khi được mô tả cụ thể như vậy, hoặc bộ nhớ bên ngoài bộ mã hóa video 200, trừ khi được mô tả cụ thể như vậy. Thay vào đó, việc đề cập đến bộ nhớ dữ liệu video 230 nên được hiểu là bộ nhớ tham chiếu lưu trữ

dữ liệu video mà bộ mã hóa video 200 nhận để mã hóa (ví dụ, dữ liệu video cho khôi hiện thời sẽ được mã hóa). Bộ nhớ 106 trên Fig.1 có thể cũng cho phép lưu trữ tạm thời các dữ liệu đầu ra từ các đơn vị khác nhau của bộ mã hóa video 200.

Các đơn vị khác nhau trên Fig.3 được minh họa để giúp hiểu các hoạt động được thực hiện bởi bộ mã hóa video 200. Các đơn vị có thể được triển khai dưới dạng các mạch chức năng cố định, các mạch lập trình được, hoặc sự kết hợp của chúng. Các mạch chức năng cố định đề cập đến các mạch có chức năng cụ thể, và thiết lập trước đối với các hoạt động có thể được thực hiện. Các mạch lập trình được đề cập đến các mạch có thể được lập trình để thực hiện các tác 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 firmware khiến cho các mạch lập trình được hoạt động theo cách thức được xác định bởi các lệnh của phần mềm hoặc firmware. Các mạch chức năng cố định có thể thực thi các lệnh phần mềm (ví dụ, để thu các thông số hoặc xuất ra các thông số), nhưng các kiểu hoạt động mà các mạch chức năng cố định thực hiện nói chung là không thể thay đổi. Theo một số ví dụ, một hoặc nhiều trong số các đơn vị có thể là các khối mạch riêng (chức năng cố định hoặc có thể lập trình được), và theo một số ví dụ, một hoặc nhiều đơn vị có thể là các mạch được tích hợp.

Bộ mã hóa video 200 có thể bao gồm đơn vị logic số học (arithmetic logic unit - ALU), đơn vị chức năng cơ bản (elementary function unit - EFU), mạch kỹ thuật số, mạch tương tự và/hoặc lõi có thể lập trình, được tạo thành từ các mạch lập trình được. Trong các ví dụ mà các hoạt động của bộ mã hóa video 200 được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm được thực thi bởi các mạch lập trình được, bộ nhớ 106 (Fig.1) có thể lưu trữ mã đối tượng, tức là, các lệnh, của phần mềm mà bộ mã hóa video 200 thu và thực thi, hoặc một bộ nhớ khác trong bộ mã hóa video 200 (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể lưu trữ mã đối tượng đó.

Bộ nhớ dữ liệu video 230 được tạo cấu hình để lưu trữ dữ liệu video nhận được. Bộ mã hóa video 200 có thể truy hồi hình ảnh của dữ liệu video từ bộ nhớ dữ liệu video 230 và cung cấp dữ liệu video cho đơn vị tạo dữ liệu dư 204 và đơn vị chọn chế độ 202. Dữ liệu video trong bộ nhớ dữ liệu video 230 có thể là dữ liệu video thô cần được mã hóa.

Đơn vị chọn chế độ 202 bao gồm đơn vị ước lượng chuyển động 222, đơn vị bù chuyển động 224 và đơn vị dự đoán nội hình ảnh 226. Đơn vị chọn chế độ 202 có thể bao

gồm các đơn vị chức năng bổ sung để thực hiện dự đoán video theo các chế độ dự đoán khác. Ví dụ, đơn vị chọn chế độ 202 có thể bao gồm đơn vị bảng màu, đơn vị sao chép nội khối (có thể là một phần của đơn vị ước lượng chuyển động 222 và/hoặc đơn vị bù chuyển động 224), đơn vị afin, đơn vị mô hình tuyến tính (linear model - LM), hoặc tương tự.

Đơn vị chọn chế độ 202 thường phối hợp nhiều lượt mã hóa để kiểm tra các tổ hợp của các thông số mã hóa và các giá trị tốc độ-biến dạng thu được cho các tổ hợp như vậy. Các thông số mã hóa có thể bao gồm chia các CTU thành các CU, các chế độ dự đoán cho các CU, các kiểu biến đổi cho dữ liệu dư của các CU, các thông số lượng tử hóa cho dữ liệu dư của các CU, v.v.. Đơn vị chọn chế độ 202 có thể cuối cùng chọn tổ hợp của các thông số mã hóa có giá trị tốc độ-biến dạng tốt hơn các tổ hợp đã kiểm tra khác.

Bộ mã hóa video 200 có thể phân chia hình ảnh được truy hồi từ bộ nhớ dữ liệu video 230 thành một loạt các CTU, và đóng gói một hoặc nhiều CTU trong lát. Đơn vị chọn chế độ 202 có thể phân chia CTU của hình ảnh theo cấu trúc cây, chẳng hạn như cấu trúc QTBT, cấu trúc MTT hoặc cấu trúc cây tứ phân của HEVC được mô tả ở trên. Như mô tả ở trên, bộ mã hóa video 200 có thể tạo ra một hoặc nhiều CU từ quy trình chia CTU theo cấu trúc cây. CU như vậy cũng có thể được gọi chung là “khối video” hoặc “khối”.

Nói chung, đơn vị chọn chế độ 202 cũng điều khiển các thành phần của chúng (ví dụ, đơn vị ước lượng chuyển động 222, đơn vị bù chuyển động 224, và đơn vị dự đoán nội hình ảnh 226) để tạo ra khối dự đoán cho khối hiện thời (ví dụ, CU hiện thời, hoặc trong HEVC, phần chồng lấn của PU và TU). Để dự đoán liên hình ảnh khối hiện thời, đơn vị ước lượng chuyển động 222 có thể thực hiện tìm kiếm chuyển động để xác định một hoặc nhiều khối tham chiếu phù hợp trong một hoặc nhiều hình ảnh tham chiếu (ví dụ, một hoặc nhiều hình ảnh được mã hóa trước đó được lưu trữ trong DPB 218). Cụ thể, đơn vị ước lượng chuyển động 222 có thể tính toán giá trị thể hiện mức độ tương tự của khối tham chiếu tiềm năng với khối hiện thời, ví dụ, theo tổng chênh lệch tuyệt đối (sum of absolute difference - SAD), tổng chênh lệch bình phương (sum of squared differences - SSD), chênh lệch tuyệt đối trung bình (mean absolute difference - MAD), chênh lệch bình phương trung bình (mean squared difference - MSD), hoặc tương tự. Đơn vị ước lượng chuyển động 222 nói chung có thể thực hiện các tính toán này bằng cách sử dụng các chênh lệch theo từng mẫu giữa khối hiện thời và khối tham chiếu đang được xem xét. Đơn vị ước

lượng chuyển động 222 có thể xác định khối tham chiếu có giá trị thấp nhất thu được từ các phép tính này, biểu thị khối tham chiếu khớp nhất với khối hiện thời.

Đơn vị ước lượng chuyển động 222 có thể tạo ra một hoặc nhiều vector chuyển động (MV) mà xác định các vị trí của các khối tham chiếu trong hình ảnh tham chiếu so với vị trí của khối hiện thời trong hình ảnh hiện thời. Sau đó, đơn vị ước lượng chuyển động 222 có thể cung cấp các vector chuyển động cho đơn vị bù chuyển động 224. Ví dụ, đối với dự đoán liên hình ảnh một chiều, đơn vị ước lượng chuyển động 222 có thể cung cấp một vector chuyển động, trong khi đối với dự đoán liên hình ảnh hai chiều, đơn vị ước lượng chuyển động 222 có thể cung cấp hai vector chuyển động.

Sau đó, đơn vị bù chuyển động 224 có thể tạo ra khối dự đoán bằng cách sử dụng các vector chuyển động. Ví dụ, đơn vị bù chuyển động 224 có thể truy hồi dữ liệu của khối tham chiếu bằng cách sử dụng vector chuyển động. Theo ví dụ khác, nếu vector chuyển động có độ chính xác mẫu phân số, thì đơn vị bù chuyển động 224 có thể nội suy các giá trị cho khối dự đoán theo một hoặc nhiều bộ lọc nội suy. Hơn nữa, để dự đoán liên hình ảnh hai chiều, đơn vị bù chuyển động 224 có thể truy hồi dữ liệu cho hai khối tham chiếu được xác định bởi các vector chuyển động tương ứng và kết hợp dữ liệu đã truy hồi, ví dụ, qua phép lấy trung bình từng mẫu hoặc lấy trung bình có trọng số.

Theo ví dụ khác, để dự đoán nội hình ảnh hoặc mã hóa dự đoán nội hình ảnh, đơn vị dự đoán nội hình ảnh 226 có thể tạo ra khối dự đoán từ các mẫu lân cận với khối hiện thời. Ví dụ, đối với các chế độ định hướng, đơn vị dự đoán nội hình ảnh 226 có thể thường kết hợp toán học các giá trị của các mẫu lân cận và gán các giá trị được tính toán này theo hướng xác định trên khối hiện thời để tạo ra khối dự đoán. Theo ví dụ khác, đối với chế độ DC, đơn vị dự đoán nội hình ảnh 226 có thể tính giá trị trung bình của các mẫu lân cận với khối hiện thời và tạo ra khối dự đoán để bao gồm giá trị trung bình thu được này cho mỗi mẫu của khối dự đoán.

Đơn vị chọn chế độ 202 cung cấp khối dự đoán cho đơn vị tạo dữ liệu dư 204. Đơn vị tạo dữ liệu dư 204 nhận phiên bản thô, chưa mã hóa của khối hiện thời từ bộ nhớ dữ liệu video 230 và khối dự đoán từ đơn vị chọn chế độ 202. Đơn vị tạo dữ liệu dư 204 tính toán các chênh lệch theo từng mẫu giữa khối hiện thời và khối dự đoán. Các chênh lệch theo từng mẫu thu được xác định khối dư cho khối hiện thời. Theo một số ví dụ, đơn vị tạo dữ liệu dư 204 cũng có thể xác định chênh lệch giữa các giá trị mẫu trong khối dư để tạo ra

khối dư bằng cách sử dụng kỹ thuật điều chế mã xung vi sai phần dư (residual differential pulse code modulation - RDPCM). Theo một số ví dụ, đơn vị tạo dữ liệu dư 204 có thể được tạo bằng cách sử dụng một hoặc nhiều mạch trừ thực hiện phép trừ nhị phân.

Trong các ví dụ mà đơn vị chọn chế độ 202 phân chia các CU thành các PU, mỗi PU có thể được kết hợp với một đơn vị dự đoán độ chói và các đơn vị dự đoán sắc độ tương ứng. Bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể hỗ trợ các PU có các kích thước khác nhau. Như nêu trên đây, kích thước của CU có thể được sử dụng để chỉ kích thước của khối mã hóa độ chói của CU và kích thước của PU có thể được sử dụng để chỉ kích thước của đơn vị dự đoán độ chói của PU. Giả sử kích thước của một CU cụ thể là $2N \times 2N$, bộ mã hóa video 200 có thể hỗ trợ các kích thước PU $2N \times 2N$ hoặc $N \times N$ để dự đoán nội hình ảnh, và các kích thước PU đối xứng $2N \times 2N$, $2N \times N$, $N \times 2N$, $N \times N$, hoặc tương tự để dự đoán liên hình ảnh. Bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 cũng có thể hỗ trợ phân chia bất đối xứng các kích thước PU $2N \times nU$, $2N \times nD$, $nL \times 2N$, và $nR \times 2N$ để dự đoán liên hình ảnh.

Trong các ví dụ mà đơn vị chọn chế độ 202 không phân chia thêm CU thành các PU, mỗi CU có thể được kết hợp với một khối mã hóa độ chói và các khối mã hóa sắc độ tương ứng. Như nêu trên đây, kích thước của CU có thể là kích thước của khối mã hóa độ chói của CU. Bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 120 có thể hỗ trợ các kích thước CU $2N \times 2N$, $2N \times N$ hoặc $N \times 2N$.

Đối với các kỹ thuật mã hóa video khác, như mã hóa chế độ sao chép nội khối, mã hóa chế độ afin, và mã hóa chế độ mô hình tuyến tính (LM), theo một số ví dụ, đơn vị chọn chế độ 202, qua các đơn vị tương ứng liên quan đến các kỹ thuật mã hóa, tạo ra khối dự đoán cho khối hiện thời đang mã hóa. Theo một số ví dụ, như kỹ thuật mã hóa chế độ bảng màu, đơn vị chọn chế độ 202 có thể không tạo ra khối dự đoán, và thay vào đó tạo ra các phần tử cú pháp biểu thị cách thức tái tạo khối dựa trên bảng màu đã chọn. Trong các chế độ như vậy, đơn vị chọn chế độ 202 có thể cung cấp các phần tử cú pháp này cho đơn vị mã hóa entropy 220 cần được mã hóa.

Như mô tả trên đây, đơn vị tạo dữ liệu dư 204 nhận dữ liệu video cho khối hiện thời và khối dự đoán tương ứng. Sau đó, đơn vị tạo dữ liệu dư 204 tạo ra khối dư cho khối hiện thời. Để tạo ra khối dư, đơn vị tạo dữ liệu dư 204 tính toán các chênh lệch theo từng mẫu giữa khối hiện thời và khối dự đoán.

Đơn vị xử lý biến đổi 206 áp dụng một hoặc nhiều phép biến đổi cho khối dư để tạo ra khối gồm các hệ số biến đổi (ở đây được gọi là "khối hệ số biến đổi"). Đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể áp dụng các phép biến đổi khác nhau cho khối dư để tạo ra khối hệ số biến đổi. Ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể áp dụng phép biến đổi cosin rời rạc (discrete cosine transform - DCT), biến đổi có hướng, biến đổi Karhunen-Loeve (Karhunen-Loeve transform - KLT) hoặc biến đổi tương tự về mặt khái niệm cho khối dư. Theo một số ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể thực hiện nhiều phép biến đổi cho khối dư, ví dụ, biến đổi chính và biến đổi phụ, như biến đổi quay chẳng hạn. Trong một số ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 không áp dụng các phép biến đổi cho khối biến đổi.

Như được giải thích chi tiết hơn dưới đây, theo một số ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể được tạo cấu hình để áp dụng cả biến đổi ngược không phân tách tần số thấp (LFNST) và một hoặc nhiều biến đổi phân tách (ví dụ, nhờ sử dụng các kỹ thuật lựa chọn nhiều biến đổi (multiple transform selection - MTS)) cho khối biến đổi của dữ liệu video. Đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể đầu tiên là áp dụng một hoặc nhiều biến đổi phân tách trước khi áp dụng LFNST. Theo một số ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 áp dụng LFNST cho tập con các hệ số biến đổi của khối biến đổi mà thu được sau khi áp dụng các biến đổi phân tách. Tập con các hệ số biến đổi của khối biến đổi trên đó LFNST được áp dụng có thể được gọi là vùng LFNST. Vùng LFNST có thể là phần trên bên trái của khối biến đổi biểu diễn các hệ số biến đổi tần số thấp nhất của khối biến đổi.

Kết hợp với việc áp dụng LFNST, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể còn được tạo cấu hình để áp dụng quy trình đặt bằng không cho một phần của các hệ số biến đổi thu được trong vùng LFNST. Quy trình đặt bằng không đơn giản là làm cho giá trị của mỗi hệ số biến đổi trong vùng cụ thể có giá trị không. Theo một ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể đặt bằng không các hệ số biến đổi ở khu vực có tần số cao hơn (ví dụ, góc dưới bên phải) của vùng LFNST. Ngoài ra, theo một số ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể cũng đặt bằng không các hệ số biến đổi trong khối biến đổi bên ngoài vùng LFNST (ví dụ, các hệ số biến đổi trong vùng MTS).

Nếu đơn vị xử lý biến đổi 206 đã áp dụng LFNST cho khối biến đổi, bộ mã hóa video 200 có thể tạo và báo hiệu phần tử cú pháp chỉ số LFNST. Giá trị của phần tử cú pháp chỉ số LFNST có thể chỉ báo biến đổi cụ thể, trong số nhiều biến đổi, được sử dụng khi thực hiện LFNST. Theo các ví dụ khác, chỉ số LFNST có thể chỉ báo rằng LFNST

không được áp dụng (ví dụ, giá trị chỉ số LFNST bằng 0). Bộ mã hóa video 200 có thể được tạo cấu hình để tạo ra chỉ số LFNST khi LFNST được áp dụng. Khi LFNST không được áp dụng, bộ mã hóa video 200 có thể được tạo cấu hình để xác định liệu có báo hiệu chỉ số LFNST hay không.

Chẳng hạn, bộ mã hóa video 200 có thể xác định không báo hiệu chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số biến đổi có ý nghĩa cuối cùng (ví dụ, khác không) là ở vị trí trong khối biến đổi mà bình thường sẽ được đặt bằng không nếu LFNST được áp dụng. Điều này là do bộ mã hóa video 200 cũng sẽ tạo ra và báo hiệu trong dòng video mã hóa một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng. Vì bộ giải mã video 300 sẽ nhận và giải mã vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trước, bộ giải mã video 300 không cần nhận chỉ số LFNST chỉ báo rằng LFNST không được thực hiện nếu vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi. Đúng hơn là, bộ giải mã video 300 có thể suy ra (ví dụ, xác định mà không cần có phần tử cú pháp rõ ràng) rằng giá trị của chỉ số LFNST bằng không và LFNST không được áp dụng dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng. Nếu LFNST không được áp dụng bởi bộ mã hóa video 200, nhưng vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng không ở trong vùng đặt bằng không, bộ mã hóa video 200 báo hiệu chỉ số LFNST theo một số ví dụ.

Đơn vị lượng tử hóa 208 có thể lượng tử hóa các hệ số biến đổi trong khối hệ số biến đổi, để tạo ra khối hệ số biến đổi lượng tử hóa. Đơn vị lượng tử hóa 208 có thể lượng tử hóa các hệ số biến đổi của khối hệ số biến đổi theo giá trị thông số lượng tử hóa (quantization parameter - QP) kết hợp với khối hiện thời. Bộ mã hóa video 200 (ví dụ, qua đơn vị chọn chế độ 202) có thể điều chỉnh mức lượng tử hóa áp dụng cho các khối hệ số biến đổi kết hợp với khối hiện thời bằng cách điều chỉnh giá trị QP kết hợp với CU. Quy trình lượng tử hóa có thể làm mất thông tin, và do đó, các hệ số biến đổi lượng tử hóa có thể có độ chính xác thấp hơn các hệ số biến đổi gốc được tạo ra bởi đơn vị xử lý biến đổi 206.

Đơn vị lượng tử hóa ngược 210 và đơn vị xử lý biến đổi ngược 212 có thể lần lượt áp dụng lượng tử hóa ngược và biến đổi ngược cho khối hệ số biến đổi được lượng tử hóa để tái tạo khối dư từ khối hệ số biến đổi. Đơn vị tái tạo 214 có thể tạo ra khối tái tạo tương ứng với khối hiện thời (mặc dù có khả năng bị biến dạng ở mức độ nào đó) dựa trên khối dư được tái tạo và khối dự đoán được tạo ra bởi đơn vị chọn chế độ 202. Ví dụ, đơn vị tái

tạo 214 có thể thêm các mẫu của khối dư tái tạo vào các mẫu tương ứng từ khối dư đoán được tạo ra bởi đơn vị chọn chế độ 202 để tạo ra khối được tái tạo.

Đơn vị lọc 216 có thể thực hiện một hoặc nhiều hoạt động lọc trên các khối được tái tạo. Ví dụ, đơn vị lọc 216 có thể thực hiện các hoạt động tách khối để giảm các thành phần lạ dạng khối dọc theo các cạnh của CU. Theo một số ví dụ, các hoạt động của đơn vị lọc 216 có thể được bỏ qua.

Bộ mã hóa video 200 lưu trữ các khối được tái tạo vào DPB 218. Chẳng hạn, trong các ví dụ mà không cần đến các hoạt động của đơn vị lọc 216, đơn vị tái tạo 214 có thể lưu trữ các khối được tái tạo vào DPB 218. Trong các ví dụ mà cần đến các hoạt động của đơn vị lọc 216, đơn vị lọc 216 có thể lưu trữ các khối được tái tạo đã lọc vào DPB 218. Đơn vị ước lượng chuyển động 222 và đơn vị bù chuyển động 224 có thể truy hồi hình ảnh tham chiếu từ DPB 218, được tạo thành từ các khối được tái tạo (và có thể được lọc), để dự đoán liên hình ảnh các khối của các hình ảnh được mã hóa sau đó. Ngoài ra, đơn vị dự đoán nội hình ảnh 226 có thể sử dụng các khối được tái tạo trong DPB 218 của hình ảnh hiện thời để dự đoán nội hình ảnh các khối khác trong hình ảnh hiện thời.

Nói chung, đơn vị mã hóa entropy 220 có thể mã hóa entropy các phần tử cú pháp thu được từ các thành phần chức năng khác của bộ mã hóa video 200. Ví dụ, đơn vị mã hóa entropy 220 có thể mã hóa entropy các khối hệ số biến đổi lượng tử hóa từ đơn vị lượng tử hóa 208. Theo ví dụ khác, đơn vị mã hóa entropy 220 có thể mã hóa entropy các phần tử cú pháp dự đoán (ví dụ, thông tin chuyển động để dự đoán liên hình ảnh hoặc thông tin chế độ nội hình ảnh để dự đoán nội hình ảnh) từ đơn vị chọn chế độ 202. Đơn vị mã hóa entropy 220 có thể thực hiện một hoặc nhiều hoạt động mã hóa entropy trên các phần tử cú pháp, đây là một ví dụ khác về dữ liệu video, để tạo ra dữ liệu được mã hóa entropy. Ví dụ, đơn vị mã hóa entropy 220 có thể thực hiện hoạt động mã hóa có độ dài thay đổi thích ứng theo ngữ cảnh (context-adaptive variable length coding - CAVLC), hoạt động CABAC, hoạt động mã hóa có độ dài biến số đến biến số (variable-to-variable - V2V), hoạt động mã hóa số học nhị phân thích ứng theo ngữ cảnh dựa trên cú pháp (syntax-based context-adaptive binary arithmetic coding - SBAC), hoạt động mã hóa entropy phân chia khoảng xác suất (Probability Interval Partitioning Entropy - PIPE), hoạt động mã hóa hàm mũ- Golomb, hoặc một kiểu hoạt động mã hóa entropy khác trên dữ liệu. Theo một

số ví dụ, đơn vị mã hóa entropy 220 có thể hoạt động ở chế độ bỏ qua trong đó các phần tử cú pháp không được mã hóa entropy.

Bộ mã hóa video 200 có thể xuất ra dòng bit bao gồm các phần tử cú pháp được mã hóa entropy cần thiết để tái tạo các khối của lát hoặc hình ảnh. Cụ thể, đơn vị mã hóa entropy 220 có thể xuất ra dòng bit.

Các hoạt động mô tả ở trên được mô tả liên quan đến khối. Sự mô tả như vậy nên được hiểu là các hoạt động đối với khối mã hóa độ chói và/hoặc các khối mã hóa sắc độ. Như được mô tả trên đây, trong một số ví dụ, khối mã hóa độ chói và các khối mã hóa sắc độ là các thành phần độ chói và sắc độ của CU. Trong một số ví dụ, khối mã hóa độ chói và các khối mã hóa sắc độ là các thành phần độ chói và sắc độ của PU.

Trong một số ví dụ, các hoạt động được thực hiện đối với khối mã hóa độ chói không cần được lặp lại đối với các khối mã hóa sắc độ. Ví dụ, các hoạt động để xác định vectơ chuyển động (motion vector - MV) và hình ảnh tham chiếu cho khối mã hóa độ chói không cần được lặp lại để xác định MV và hình ảnh tham chiếu cho các khối sắc độ. Thay vào đó, MV cho khối mã hóa độ chói có thể được định tỷ lệ để xác định MV cho các khối sắc độ, và hình ảnh tham chiếu có thể giống nhau. Theo ví dụ khác, quy trình dự đoán nội hình ảnh có thể giống nhau đối với các khối mã hóa độ chói và các khối mã hóa sắc độ.

Như được giải thích chi tiết hơn dưới đây, bộ mã hóa video 200 thể hiện ví dụ về thiết bị được tạo cấu hình để mã hóa dữ liệu video bao gồm bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ dữ liệu video, và một hoặc nhiều đơn vị xử lý được triển khai trong hệ mạch và được tạo cấu hình để suy ra (ví dụ, không mã hóa hoặc báo hiệu) giá trị của chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp dựa trên kiểu mẫu của các hệ số bằng không được xác định theo cách tiêu chuẩn trong khối dữ liệu video, và biến đổi khối dữ liệu video theo chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp.

Fig.4 là sơ đồ khối minh họa ví dụ về bộ giải mã video 300 có thể thực hiện các kỹ thuật của sáng chế. Fig.4 được đưa ra nhằm mục đích giải thích và không giới hạn các kỹ thuật như được minh họa và mô tả rộng rãi trong sáng chế. Để phục vụ mục đích giải thích, sáng chế mô tả bộ giải mã video 300 theo các kỹ thuật của chuẩn JEM, VVC, và HEVC. Tuy nhiên, các kỹ thuật của sáng chế này có thể được thực hiện bởi các thiết bị mã hóa dữ liệu video mà được tạo cấu hình theo các tiêu chuẩn mã hóa dữ liệu video khác.

Theo ví dụ trên Fig.4, bộ giải mã video 300 bao gồm bộ đệm hình ảnh mã hóa (coded picture buffer - CPB) 320, đơn vị giải mã entropy 302, đơn vị xử lý dự đoán 304, đơn vị lượng tử hóa ngược 306, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308, đơn vị tái tạo 310, đơn vị lọc 312 và bộ đệm hình ảnh giải mã (DPB) 314. Bất kỳ hoặc tất cả trong số bộ nhớ CPB 320, đơn vị giải mã entropy 302, đơn vị xử lý dự đoán 304, đơn vị lượng tử hóa ngược 306, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308, đơn vị tái tạo 310, đơn vị lọc 312 và DPB 314 có thể được triển khai trong một hoặc nhiều bộ xử lý hoặc trong mạch xử lý. Hơn nữa, bộ giải mã video 300 có thể bao gồm bộ xử lý hoặc mạch xử lý bổ sung hoặc thay thế để thực hiện các chức năng này và các chức năng khác.

Đơn vị xử lý dự đoán 304 bao gồm đơn vị bù chuyển động 316 và đơn vị dự đoán nội hình ảnh 318. Đơn vị xử lý dự đoán 304 có thể bao gồm các đơn vị bổ sung để thực hiện dự đoán theo các chế độ dự đoán khác. Ví dụ, đơn vị xử lý dự đoán 304 có thể bao gồm đơn vị bảng màu, đơn vị sao chép nội khối (có thể tạo thành một phần của đơn vị bù chuyển động 316), đơn vị afin, đơn vị mô hình tuyến tính (linear model - LM), hoặc tương tự. Trong các ví dụ khác, bộ giải mã video 300 có thể bao gồm nhiều thành phần chức năng hơn, ít thành phần chức năng hơn hoặc bao gồm các thành phần chức năng khác.

Bộ nhớ CPB 320 có thể lưu trữ dữ liệu video, ví dụ như dòng bit dữ liệu video mã hóa, cần được giải mã bởi các thành phần của bộ giải mã video 300. Dữ liệu video lưu trữ trong bộ nhớ CPB 320 có thể thu được, ví dụ, từ phương tiện đọc được bằng máy tính 110 (Fig.1). Bộ nhớ CPB 320 có thể bao gồm CPB lưu trữ dữ liệu video mã hóa (ví dụ, các phần tử cú pháp) từ dòng bit video mã hóa. Ngoài ra, bộ nhớ CPB 320 có thể lưu trữ dữ liệu video ngoài các phần tử cú pháp của hình ảnh mã hóa, chẳng hạn như dữ liệu tạm thời thể hiện các đầu ra từ các đơn vị khác nhau của bộ giải mã video 300. DPB 314 thường lưu trữ các hình ảnh đã giải mã mà bộ giải mã video 300 có thể xuất ra và/hoặc sử dụng làm dữ liệu video tham chiếu khi giải mã dữ liệu hoặc các hình ảnh tiếp theo của dòng bit video mã hóa. Bộ nhớ CPB 320 và DPB 314 có thể được tạo ra bởi thiết bị bất kỳ trong số nhiều thiết bị nhớ, như DRAM, bao gồm SDRAM, MRAM, RRAM, hoặc các loại thiết bị nhớ khác. Bộ nhớ CPB 320 và DPB 314 có thể được tạo ra bởi cùng một thiết bị nhớ hoặc các thiết bị nhớ riêng. Trong các ví dụ khác nhau, bộ nhớ CPB 320 có thể nằm trên chip cùng các bộ phận khác của bộ giải mã video 300, hoặc không nằm trên chip so với các bộ phận đó.

Ngoài ra hoặc theo cách khác, trong một số ví dụ, bộ giải mã video 300 có thể truy hồi dữ liệu video mã hóa từ bộ nhớ 120 (Fig.1). Tức là, bộ nhớ 120 có thể lưu trữ dữ liệu như mô tả ở trên với bộ nhớ CPB 320. Tương tự, bộ nhớ 120 có thể lưu trữ các lệnh cần được thực thi bởi bộ giải mã video 300, khi một số hoặc tất cả các chức năng của bộ giải mã video 300 được triển khai trong phần mềm được thực thi bởi mạch xử lý của bộ giải mã video 300.

Các đơn vị khác nhau được thể hiện trên Fig.4 được minh họa để hỗ trợ hiểu các hoạt động được thực hiện bởi bộ giải mã video 300. Các đơn vị có thể được triển khai dưới dạng các mạch chức năng cố định, các mạch lập trình được, hoặc sự kết hợp của chúng. Tương tự với Fig.3, các mạch chức năng cố định đề cập đến các mạch có chức năng cụ thể, và được cài đặt trước đối với các hoạt động có thể được thực hiện. Các mạch lập trình được đề cập đến các mạch có thể được lập trình để thực hiện các tác 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 firmware khiến cho các mạch lập trình được hoạt động theo cách thức được xác định bởi các lệnh của phần mềm hoặc firmware. Các mạch chức năng cố định có thể thực thi các lệnh phần mềm (ví dụ, để thu các thông số hoặc xuất ra các thông số), nhưng các kiểu hoạt động mà các mạch chức năng cố định thực hiện nói chung là không thể thay đổi. Theo một số ví dụ, một hoặc nhiều trong số các đơn vị có thể là các khối mạch riêng (chức năng cố định hoặc có thể lập trình được), và theo một số ví dụ, một hoặc nhiều đơn vị có thể là các mạch được tích hợp.

Bộ giải mã video 300 có thể bao gồm các ALU, EFU, mạch kỹ thuật số, mạch tương tự và/hoặc các lõi lập trình được tạo ra từ mạch có thể lập trình. Trong các ví dụ mà các hoạt động của bộ giải mã video 300 được thực hiện bởi phần mềm thực thi trên các mạch lập trình được, bộ nhớ trên chip hoặc ngoài chip có thể lưu trữ các lệnh (ví dụ, mã đối tượng) của phần mềm mà bộ giải mã video 300 nhận và thực thi.

Đơn vị giải mã entropy 302 có thể nhận dữ liệu video mã hóa từ bộ đệm CPB và giải mã entropy dữ liệu video để tái tạo các phần tử cú pháp. Đơn vị xử lý dự đoán 304, đơn vị lượng tử hóa ngược 306, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308, đơn vị tái tạo 310, và đơn vị lọc 312 có thể tạo ra dữ liệu video đã giải mã dựa vào các phần tử cú pháp trích ra từ dòng bit.

Nói chung, bộ giải mã video 300 tái tạo hình ảnh dựa trên từng khối. Bộ giải mã video 300 có thể thực hiện hoạt động tái tạo trên từng khối riêng (trong đó khối hiện đang được tái tạo, tức là được giải mã, có thể được gọi là “khối hiện thời”).

Đơn vị giải mã entropy 302 có thể giải mã entropy các phần tử cú pháp xác định hệ số biến đổi đã được lượng tử hóa của khối hệ số biến đổi đã được lượng tử hóa, cũng như thông tin biến đổi, như thông số lượng tử hóa (quantization parameter - QP) và/hoặc (các) chỉ báo chế độ biến đổi. Đơn vị lượng tử hóa ngược 306 có thể sử dụng QP liên quan đến khối hệ số biến đổi lượng tử hóa để xác định mức lượng tử hóa và, tương tự, mức lượng tử hóa ngược cho đơn vị lượng tử hóa ngược 306 để áp dụng. Ví dụ, đơn vị lượng tử hóa ngược 306 có thể thực hiện phép toán dịch trái theo bit để lượng tử hóa ngược các hệ số biến đổi lượng tử hóa. Nhờ đó, đơn vị lượng tử hóa ngược 306 có thể tạo ra khối hệ số biến đổi bao gồm các hệ số biến đổi.

Sau khi đơn vị lượng tử hóa ngược 306 tạo ra khối hệ số biến đổi, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 có thể áp dụng một hoặc nhiều phép biến đổi ngược cho khối hệ số biến đổi để tạo ra khối dư liên quan đến khối hiện thời. Ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 có thể áp dụng phép DCT ngược, biến đổi số nguyên ngược, biến đổi Karhunen-Loeve (Karhunen-Loeve transform - KLT) ngược, biến đổi quay ngược, biến đổi hướng ngược hoặc một biến đổi ngược khác cho khối hệ số biến đổi.

Như được giải thích chi tiết hơn dưới đây, theo một số ví dụ đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 có thể được tạo cấu hình để áp dụng cả biến đổi ngược không phân tách tần số thấp (LFNST) và một hoặc nhiều biến đổi ngược phân tách (ví dụ, nhờ sử dụng các kỹ thuật lựa chọn nhiều biến đổi (multiple transform selection - MTS)) cho khối biến đổi của dữ liệu video. Đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 có thể đầu tiên là áp dụng LFNST ngược trước khi áp dụng một hoặc nhiều biến đổi ngược phân tách. Theo một số ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 áp dụng LFNST ngược cho tập con các hệ số biến đổi của khối biến đổi mà thu được sau khi lượng tử hóa ngược. Tập con các hệ số biến đổi của khối biến đổi trên đó LFNST ngược được áp dụng có thể được gọi là vùng LFNST. Vùng LFNST có thể là phần trên bên trái của khối biến đổi biểu diễn các hệ số biến đổi tần số thấp nhất của khối biến đổi.

Như được giải thích trên đây liên quan đến Fig.3, đơn vị xử lý biến đổi 206 của bộ mã hóa video 200 có thể được tạo cấu hình để áp dụng quy trình đặt bằng không cho một

phần của các hệ số biến đổi thu được trong vùng LFNST. Quy trình đặt bằng không đơn giản là làm cho giá trị của mỗi hệ số biến đổi trong vùng cụ thể có giá trị không. Theo một ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể đặt bằng không các hệ số biến đổi ở khu vực có tần số cao hơn (ví dụ, góc dưới bên phải) của vùng LFNST. Ngoài ra, theo một số ví dụ, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể cũng đặt bằng không các hệ số biến đổi trong khối biến đổi bên ngoài vùng LFNST (ví dụ, các hệ số biến đổi trong vùng MTS). Như vậy, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 có thể được tạo cấu hình để đặt bằng không các hệ số biến đổi (hoặc bảo đảm rằng có diễn ra hoạt động đặt bằng không) trong khu vực nhất định của khối biến đổi khi LFNST được áp dụng.

Như được giải thích trên đây liên quan đến Fig.3, nếu đơn vị xử lý biến đổi 206 đã áp dụng LFNST cho khối biến đổi, bộ mã hóa video 200 có thể tạo và báo hiệu phần tử cú pháp chỉ số LFNST. Giá trị của phần tử cú pháp chỉ số LFNST, từ nhiều giá trị, có thể chỉ báo biến đổi cụ thể, trong số nhiều biến đổi, được sử dụng khi thực hiện LFNST. Theo các ví dụ khác, chỉ số LFNST có thể chỉ báo rằng LFNST không được áp dụng (ví dụ, giá trị chỉ số LFNST bằng 0). Bộ mã hóa video 200 có thể được tạo cấu hình để tạo ra chỉ số LFNST khi LFNST được áp dụng. Khi LFNST không được áp dụng, bộ mã hóa video 200 có thể được tạo cấu hình để xác định liệu có báo hiệu chỉ số LFNST hay không. Tương tự, xem Fig.4, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 của bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để không nhận chỉ số LFNST trong dòng bit video mã hóa trong một số trường hợp nhất định. Thay vào đó, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 của bộ giải mã video 300 có thể suy ra giá trị của chỉ số LFNST trong một số trường hợp.

Chẳng hạn, bộ mã hóa video 200 có thể xác định không báo hiệu chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số biến đổi có ý nghĩa cuối cùng (ví dụ, khác không) là ở vị trí trong khối biến đổi mà bình thường sẽ được đặt bằng không nếu LFNST được áp dụng. Điều này là do bộ mã hóa video 200 cũng sẽ tạo ra và báo hiệu trong dòng video mã hóa một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng. Vì bộ giải mã video 300 sẽ nhận và giải mã vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trước, bộ giải mã video 300 không cần nhận chỉ số LFNST chỉ báo rằng LFNST không được thực hiện nếu vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi. Thay vào đó, đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 của bộ giải mã video 300 có thể suy ra (ví

dụ, xác định mà không cần phần tử cú pháp rõ ràng) rằng giá trị của chỉ số LFNST bằng không và LFNST không được áp dụng.

Hơn nữa, đơn vị xử lý dự đoán 304 tạo ra khối dự đoán theo các phần tử cú pháp thông tin dự đoán đã được giải mã entropy bởi đơn vị giải mã entropy 302. Ví dụ, nếu các phần tử cú pháp thông tin dự đoán biểu thị rằng khối hiện thời được dự đoán liên hình ảnh, thì đơn vị bù chuyển động 316 có thể tạo ra khối dự đoán. Trong trường hợp này, các phần tử cú pháp thông tin dự đoán có thể biểu thị hình ảnh tham chiếu trong DPB 314 để truy hồi khối tham chiếu từ đó, cũng như vector chuyển động xác định vị trí của khối tham chiếu trong hình ảnh tham chiếu so với vị trí của khối hiện thời trong hình ảnh hiện thời. Đơn vị bù chuyển động 316 có thể thường thực hiện quy trình dự đoán liên hình ảnh theo cách thức về cơ bản tương tự như quy trình được mô tả liên quan đến đơn vị bù chuyển động 224 (Fig.3).

Theo ví dụ khác, nếu các phần tử cú pháp thông tin dự đoán biểu thị rằng khối hiện thời được dự đoán nội hình ảnh, thì đơn vị dự đoán nội hình ảnh 318 có thể tạo ra khối dự đoán theo chế độ dự đoán nội hình ảnh được biểu thị bởi các phần tử cú pháp thông tin dự đoán. Mặt khác, đơn vị dự đoán nội hình ảnh 318 có thể thường thực hiện quy trình dự đoán nội hình ảnh theo cách thức về cơ bản tương tự như quy trình được mô tả liên quan đến đơn vị dự đoán nội hình ảnh 226 (Fig.3). Đơn vị dự đoán nội hình ảnh 318 có thể truy hồi dữ liệu của các mẫu lân cận về khối hiện thời từ DPB 314.

Đơn vị tái tạo 310 có thể tái tạo khối hiện thời bằng cách sử dụng khối dự đoán và khối dư. Ví dụ, đơn vị tái tạo 310 có thể thêm các mẫu của khối dư vào các mẫu tương ứng của khối dự đoán để tái tạo khối hiện thời.

Đơn vị lọc 312 có thể thực hiện một hoặc nhiều hoạt động lọc trên các khối được tái tạo. Ví dụ, đơn vị lọc 312 có thể thực hiện các hoạt động tách khối để giảm các thành phần lạ dạng khối dọc theo các cạnh của khối được tái tạo. Các hoạt động của đơn vị lọc 312 không cần thiết được thực hiện trong tất cả các ví dụ.

Bộ giải mã video 300 có thể lưu trữ các khối được tái tạo vào DPB 314. Chẳng hạn, trong các ví dụ mà không cần đến các hoạt động của đơn vị lọc 312, đơn vị tái tạo 310 có thể lưu trữ các khối được tái tạo vào DPB 314. Trong các ví dụ mà cần đến các hoạt động của đơn vị lọc 312, đơn vị lọc 312 có thể lưu trữ các khối được tái tạo đã lọc vào DPB 314.

Như đã mô tả ở trên, DPB 314 có thể cung cấp thông tin tham chiếu cho đơn vị xử lý dự đoán 304, chẳng hạn như các mẫu của hình ảnh hiện thời để dự đoán nội hình ảnh và các hình ảnh đã được giải mã trước đó để bù chuyển động tiếp theo. Hơn nữa, bộ giải mã video 300 có thể xuất ra hình ảnh giải mã (ví dụ, video được giải mã) từ DPB để biểu diễn sau trên thiết bị hiển thị, chẳng hạn như thiết bị hiển thị 118 trên Fig.1.

Theo cách này, như sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây, bộ giải mã video 300 thể hiện ví dụ về thiết bị giải mã video bao gồm bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ dữ liệu video, và một hoặc nhiều đơn vị xử lý được triển khai trong hệ mạch và được tạo cấu hình để suy ra (ví dụ, không giải mã) giá trị của chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp dựa trên kiểu mẫu của các hệ số bằng không được xác định theo cách tiêu chuẩn trong khối dữ liệu video, và biến đổi ngược khối dữ liệu video theo chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp.

Theo một ví dụ, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video, xác định giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (low-frequency non-separable transform - LFNST) cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, và biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

Tổng quan về các công cụ liên quan đến biến đổi

Theo các chuẩn mã hóa video ví dụ trước chuẩn HEVC, chỉ biến đổi phân tách cố định hoặc biến đổi ngược phân tách cố định được sử dụng trong mã hóa video và giải mã video, trong đó biến đổi cosin rời rạc loại 2 (DCT-2) được sử dụng theo cả chiều dọc và chiều ngang. Theo HEVC, ngoài DCT-2, biến đổi sin rời rạc loại 7 (DST-7) cũng được sử dụng cho các khối 4x4 dưới dạng biến đổi phân tách cố định.

Patent Mỹ và các đơn patent Mỹ đang chờ xử lý sau đây mô tả các kỹ thuật lựa chọn nhiều biến đổi (MTS): Patent Mỹ số 10,306,229, cấp ngày 28/05/2019, công bố đơn patent Mỹ số 2018/0020218, công bố ngày 18/01/2018, và công bố đơn patent Mỹ số 2019/0373261, công bố ngày 5/12/2019. Lưu ý rằng MTS trước đây được gọi là đa biến đổi thích ứng (Adaptive Multiple Transforms - AMT). Các kỹ thuật MTS nhìn chung là

giống với các kỹ thuật AMT mô tả trước đây. Ví dụ về MTS mô tả trong công bố đơn patent Mỹ số 2019/0373261 được chấp nhận trong Mô hình thử nghiệm chung 7.0 (JEM-7.0) của Nhóm chuyên gia Video chung (JVET) (ví dụ, xem <http://www.hhi.fraunhofer.de/fields-of-competence/image-processing/research-groups/image-video-coding/hevc-high-efficiency-video-coding/transform-coding-using-the-residual-quadtrees.html>), và sau này phiên bản đơn giản hóa của MTS được chấp nhận trong chuẩn VVC.

Nhìn chung, khi mã hóa hoặc giải mã khối biến đổi của các hệ số biến đổi nhờ sử dụng MTS, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể xác định một hoặc nhiều biến đổi phân tách trong nhiều biến đổi phân tách để sử dụng. Nhờ bao gồm nhiều lựa chọn biến đổi phân tách hơn, hiệu suất mã hóa có thể tăng do (các) biến đổi được chọn có thể thích ứng hơn với nội dung được mã hóa.

Fig.5 là minh họa về biến đổi không phân tách tần số thấp (Low-Frequency Non-separable transform - LFNST) ví dụ ở phía bộ mã hóa và bộ giải mã (ví dụ, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300), trong đó việc sử dụng LFNST đưa vào bước mới giữa biến đổi phân tách và lượng tử hóa trong bộ mã hóa-giải mã. Như được thể hiện trên Fig.5, ở phía bộ mã hóa (ví dụ, bộ mã hóa video 200), đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể trước tiên áp dụng biến đổi phân tách 500 trên khối biến đổi để thu được các hệ số biến đổi. Đơn vị xử lý biến đổi 206 sau đó có thể áp dụng LFNST 502 cho phần (ví dụ, vùng LFNST) của các hệ số biến đổi của khối biến đổi. Như mô tả ở trên, đơn vị xử lý biến đổi 206 có thể áp dụng quy trình đặt bằng không kết hợp với LFNST. Đơn vị lượng tử hóa 208 sau đó có thể lượng tử hóa các hệ số biến đổi thu được trước khi mã hóa entropy.

Ở phía bộ giải mã (ví dụ, bộ giải mã video 300), đơn vị lượng tử hóa ngược 306 trước tiên lượng tử hóa ngược entropy các hệ số biến đổi được giải mã (xem Fig.4) trong khối biến đổi. Sau đó đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 của bộ giải mã video 300 áp dụng LFNST ngược 504 cho vùng LFSNT của khối biến đổi. Sau đó đơn vị xử lý biến đổi ngược 308 áp dụng biến đổi phân tách ngược 506 cho các kết quả của LFNST ngược để tạo ra khối dư.

LFNST ví dụ (ví dụ, như được minh họa trên Fig.5) đã được sử dụng trong JEM-7.0 để cải thiện thêm hiệu suất mã hóa của MTS, trong đó việc thực hiện LFNST được dựa trên biến đổi Hyper-Cube Givens Transform (HyGT) ví dụ được mô tả trong công bố

patent Mỹ số 10,448,053, nộp ngày 14/02/2017. Patent Mỹ số 10,491,922, nộp ngày 20/09/2016, công bố đơn patent Mỹ số 2017/0094314, công bố ngày 30/03/2017, Patent Mỹ số 10,349,085, nộp ngày 14/02/2017, và đơn patent Mỹ số 16/354,007, nộp ngày 25/03/2019 mô tả các thiết kế ví dụ khác và chi tiết hơn. Gần đây, LFNST đã được chấp nhận ở chuẩn VVC (xem JVET-N0193, *Reduced Secondary Transform (RST) (CE6-3.1)*, có sẵn trực tuyến: http://phenix.it-sudparis.eu/jvet/doc_end_user/documents/14_Geneva/wg11/JVET-N0193-v5.zip. Lưu ý rằng LFNST trước đây được gọi là biến đổi thứ cấp không phân tách (non-separable secondary transform - NSST) hoặc biến đổi thứ cấp.

Quy trình đặt bằng không ở VVC hiện tại

Trong thiết kế LFNST trong dự thảo VVC 5, bộ mã hóa (ví dụ, bộ mã hóa video 200) có thể được tạo cấu hình để thực hiện hành động đặt bằng không mà giữ nguyên các hệ số biến đổi tần số thấp nhất K (ví dụ, các giá trị của các hệ số biến đổi tần số thấp nhất K không bị đặt bằng không). Các hệ số biến đổi tần số thấp nhất K được biến đổi bởi LFNST có kích thước N (ví dụ, $N = 64$ cho vùng LFNST 8×8). Bộ giải mã (ví dụ, bộ giải mã video 300) tái tạo các hệ số tách được (ví dụ, các hệ số MTS) chỉ bằng cách sử dụng các hệ số K đó (còn được gọi là hệ số LFNST K). Theo Dự thảo VVC 5, quy trình đặt bằng không như vậy được thực hiện chỉ đối với các LFNST có kích thước 4×4 và 8×8 , theo tiêu chuẩn, trong đó bộ giải mã ngầm suy ra (giả định hoặc xác định mà không nhận báo hiệu) rằng các giá trị của các hệ số biến đổi tần số cao hơn $N - K$ còn lại được thiết lập để có giá trị không và các hệ số K LFNST được sử dụng để tái tạo.

Fig.6 là minh họa tiêu biểu của các hệ số biến đổi thu được sau khi áp dụng LFNST có kích thước N cho khối biến đổi 602 có kích thước $H \times W$ với bước đặt bằng không, trong đó các hệ số biến đổi Z ngoài các hệ số biến đổi N được đặt bằng không, và các hệ số K được giữ nguyên. Như được thể hiện trên Fig.6, bộ mã hóa video 200 áp dụng biến đổi phân tách (ví dụ, nhờ sử dụng các kỹ thuật MTS) cho khối biến đổi 602 để thu được các hệ số MTS. Bộ mã hóa video 200 sau đó áp dụng LFNST cho vùng LFNST 600 (có kích thước $h \times w$) của khối biến đổi 602. Vùng màu tối 601 của vùng LFNST 600 là các hệ số K mà được giữ nguyên (ví dụ, các hệ số LFNST). Vùng màu trắng của vùng LFNST 600 là các hệ số Z ($N-K$) mà được đặt bằng không (ví dụ, các hệ số được đặt bằng không).

Như được mô tả trong Patent Mỹ số 10,491,922, nộp ngày 20/09/2016, công bố đơn patent Mỹ số 2017/0094314, công bố ngày 30/03/2017, và đơn tạm thời Mỹ số 62/799,410, nộp ngày 31/01/2019, LFNST có thể được thực hiện bằng cách trước tiên là chuyển đổi khối con 2-D là vùng LFNST (ví dụ, vùng LFNST 600 trên Fig.6) thành danh mục 1-D (hoặc vector) của các hệ số biến đổi nhờ quét/sắp thứ tự xác định trước và sau đó biến đổi trên tập con các hệ số biến đổi (ví dụ, các hệ số biến đổi mà không được đặt bằng không).

Fig.7 thể hiện các ví dụ về các hệ số biến đổi phân tách (MTS) và các hệ số biến đổi LFNST thu được mà không có bước đặt bằng không nào. Như được thể hiện trên Fig.7, bộ mã hóa video 200 áp dụng biến đổi phân tách (ví dụ, nhờ sử dụng các kỹ thuật MTS) cho khối biến đổi 702 (có kích thước HxW) để thu được các hệ số MTS. Bộ mã hóa video 200 sau đó áp dụng LFNST cho vùng LFNST 700 (có kích thước h x w) của khối biến đổi 702. Theo ví dụ trên Fig.7, tất cả hệ số N của vùng LFNST 700 được giữ nguyên (ví dụ, các hệ số LFNST). Tức là, không thực hiện bước đặt bằng không trong ví dụ trên Fig.7.

Sáng chế mô tả các kỹ thuật khác nhau mà có thể giải quyết vấn đề phí tổn báo hiệu và tính phức tạp liên quan đến các kỹ thuật LFNST trước đây. Các kỹ thuật theo sáng chế có thể (i) làm giảm phí tổn báo hiệu các chỉ số/cờ LFNST và (ii) đơn giản hóa quy trình LFNST bằng cách mở rộng bước đặt bằng không cho các hệ số biến đổi phân tách. Việc mở rộng vùng đặt bằng không cho các hệ số biến đổi phân tách cho phép bộ mã hóa-giải mã giống VVC (ví dụ, bộ giải mã video 300) suy ra chỉ số/cờ LFNST dựa trên cú pháp liên quan đến mã hóa hệ số hiện có (ví dụ, cú pháp được sử dụng để xác định vị trí cuối cùng của hệ số có ý nghĩa (ví dụ, khác không)).

Mặc dù các phương pháp báo hiệu được mô tả theo sáng chế được mô tả liên quan đến LFNST, các kỹ thuật của sáng chế không bị giới hạn ở LFNST và có thể được áp dụng để làm giảm việc báo hiệu cú pháp liên quan đến biến đổi khác.

Các kỹ thuật báo hiệu LFNST

Bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để sử dụng các kỹ thuật báo hiệu LFNST sau riêng lẻ hoặc kết hợp. Trong ngữ cảnh của sáng chế, việc báo hiệu có thể chỉ bộ mã hóa video 200 mã hóa một hoặc nhiều phần tử cú pháp và/hoặc cờ trong một hoặc nhiều cấu trúc cú pháp (ví dụ, các phần đầu hoặc tập tham số). Theo cách thuận nghịch, bộ giải mã video 300 có thể nhận và giải mã các phần tử cú pháp

và/hoặc cờ đó. Theo một số ví dụ, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để suy ra các giá trị của các phần tử cú pháp và/hoặc cờ nhất định mà không nhận chúng một cách rõ ràng trong dòng bit.

Theo một số ví dụ, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 được tạo cấu hình để áp dụng LFNST với bước đặt bằng không tiêu chuẩn. Trong ngữ cảnh này, phép đặt bằng không tiêu chuẩn xác định các vùng nào của khối biến đổi (ví dụ, cả bên trong và bên ngoài vùng LFNST) được đặt bằng không. Một phép đặt bằng không tiêu chuẩn được áp dụng ở cả bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 dựa trên tập điều kiện xác định trước (ví dụ, kích thước khối, hình dạng khối và và/hoặc cú pháp liên quan đến biến đổi như chỉ số/cờ MTS mà chỉ báo biến đổi phân tách). Khi bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 được tạo cấu hình để áp dụng LFNST với bước đặt bằng không tiêu chuẩn, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để suy ra chỉ số/cờ LFNST một cách trực tiếp dựa trên hình mẫu của các hệ số bằng không được xác định theo cách tiêu chuẩn. Như vậy, bộ mã hóa video 200 không cần báo hiệu chỉ số/cờ LFNST.

Chẳng hạn, hình mẫu/hình dạng của vùng đặt bằng không (ví dụ, xem vùng màu trắng của vùng LFNST 600 trên Fig.6) có thể thay đổi tùy thuộc vào tập quy tắc xác định trước (ví dụ, kích thước khối, hình dạng khối và/hoặc cú pháp liên quan đến biến đổi như chỉ số/cờ MTS). Bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để suy ra giá trị của chỉ số/cờ LFNST dựa trên hình mẫu quan sát được và chỉ số/cờ LFNST có thể không được báo hiệu rõ ràng bởi bộ mã hóa video 200. Theo một số ví dụ, LFNST cờ có thể chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng (ví dụ, LFNST cờ = 1) hoặc liệu LFNST không được áp dụng (LFNST cờ = 0). Theo các ví dụ khác, chỉ số LFNST có thể chỉ báo rằng LFNST không được áp dụng (chỉ số LFNST = 0), hoặc nếu LFNST được áp dụng, có thể chỉ báo loại cụ thể của LFNST mà sẽ được áp dụng (chỉ số LFNST > 0).

Theo một ví dụ, bộ giải mã video 300 có thể suy ra rằng LFNST không được áp dụng (ví dụ, suy ra rằng giá trị của chỉ số LFNST bằng không), nếu bộ giải mã video 300 xác định rằng hệ số khác không là ở vị trí mà được giả sử là không được đặt bằng không khi LFNST được sử dụng. Trong trường hợp này, bộ giải mã video 300 có thể suy ra giá trị của chỉ số/cờ LFNST là 0, mà tương ứng với không áp dụng LFNST. Chẳng hạn, bộ giải mã video 300 có thể xác định rằng giá trị của chỉ số LFNST bằng không nếu vị trí của hệ số khác không cuối cùng là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi. Như sẽ

được giải thích dưới đây, vùng đặt bằng không có thể là vùng đặt bằng không bên trong vùng LFNST của khối biến đổi và/hoặc vùng đặt bằng không bên ngoài vùng LFNST của khối biến đổi.

Bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng vì bộ mã hóa video 200 có thể tạo và báo hiệu trong dòng bit video mã hóa một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng. Vì bộ giải mã video 300 sẽ nhận và giải mã vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trước (ví dụ, trước khi xác định liệu có áp dụng LFNST), bộ giải mã video 300 không cần nhận chỉ số LFNST chỉ báo rằng LFNST không được thực hiện nếu vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi. Đúng hơn là, bộ giải mã video 300 có thể suy ra (ví dụ, xác định mà không cần phần tử cú pháp rõ ràng) rằng giá trị của chỉ số LFNST bằng không và LFNST không được áp dụng.

Theo Dự thảo VVC 5, phép đặt bằng không tiêu chuẩn được sử dụng cho các vùng 4x4 và 8x8 LFNST của khối biến đổi (ví dụ, như được minh họa trên Fig.6), trong đó tập con hệ số trong vùng LFNST được đặt bằng không theo cách tiêu chuẩn. Như được mô tả trong đơn tạm thời Mỹ số 62/799,410 đang chờ xử lý, nộp ngày 31/01/2019, các hệ số biến đổi phân tách nằm bên ngoài vùng LFNST (ví dụ, các hệ số MTS ngoài vùng LFNST) cũng có thể được đặt bằng không (ví dụ, như được minh họa trên Fig.8). Fig.8 là hình minh họa các hệ số LFNST thu được bằng cách áp dụng LFNST có kích thước N và đặt bằng không cả các hệ số Z (ví dụ, các hệ số có tần số cao nhất) ở vùng LFNST 800 (có kích thước $h \times w$) của khối biến đổi 802 (có kích thước $H \times W$) và còn đặt bằng không các hệ số MTS nằm ngoài vùng LFNST 800. Vùng màu tối 801 của vùng LFNST 800 là các hệ số K mà được giữ nguyên (ví dụ, các hệ số LFNST).

Trong trường hợp này, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể cũng khai thác hình mẫu đặt bằng không để suy ra và/hoặc không báo hiệu chỉ số/cờ LFNST, như sau. Theo một ví dụ, bộ giải mã video 300 có thể suy ra rằng LFNST không được áp dụng và lấy được giá trị chỉ số/cờ LFNST tương ứng là, chẳng hạn, 0 nếu có ít nhất một hệ số khác không trong vùng đặt bằng không. Như thể hiện trên Fig.8, vùng đặt bằng không có thể nằm bên trong vùng LFNST 800 của khối biến đổi 802 và nằm bên ngoài vùng LFNST 800 của khối biến đổi 802.

Theo một ví dụ khác, bộ giải mã video 300 có thể sử dụng thông tin phụ sẵn có để suy ra giá trị của chỉ số/cờ LFNST. Chẳng hạn, bộ giải mã video 300 có thể sử dụng thông tin vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng sẵn có (ví dụ, phần tử cú pháp chỉ báo vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng) để suy ra giá trị của chỉ số/cờ LFNST. Theo VVC, bộ mã hóa video 200 có thể được tạo cấu hình để báo hiệu hai phần tử cú pháp chỉ báo các vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng lần lượt theo các hướng X và Y (chiều ngang và chiều dọc). Các phần tử cú pháp chỉ báo vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng có thể chỉ báo liệu có hệ số khác không (có ý nghĩa) trong vùng đặt bằng không hay không.

Theo một ví dụ cụ thể, nếu việc báo hiệu vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng (tức là, tọa độ (X,Y) trong khối biến đổi) chỉ đến vị trí trong vùng đặt bằng không (ví dụ, bên trong hoặc bên ngoài vùng LFNST như trên Fig.8), bộ giải mã video 300 có thể suy ra giá trị của chỉ số/cờ LFNST là, chẳng hạn, 0 và LFNST không được áp dụng. Theo một số ví dụ, vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng có thể được xác định theo một chiều (ví dụ, có thể được xác định nhờ sử dụng chỉ số cho danh mục 1-D của các hệ số LFNST) thay vì các tọa độ 2-D (X,Y).

Vì vậy dựa trên các ví dụ trên, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video. Chẳng hạn, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để giải mã một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí X và vị trí Y của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi. Bộ giải mã video 300 sau đó có thể xác định giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (low-frequency non-separable transform - LFNST) cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi.

Theo ví dụ trên Fig.8, vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST 800 (ví dụ, khu vực màu trắng của vùng LFNST 800) của khối biến đổi 802 và vùng thứ hai của khối biến đổi 802 bên ngoài vùng LFNST (800). Giá trị của chỉ số LFNST chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng cho khối biến đổi hay không, và khi được áp dụng, chỉ báo loại LFNST được áp dụng.

Theo một ví dụ cụ thể, bộ giải mã video 300 có thể suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó giá trị của chỉ số LFNST bằng không chỉ báo rằng LFNST không được áp dụng cho khối biến đổi. Tức là, bộ giải mã

video 300 có thể được tạo cấu hình để suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không mà không nhận được phần tử cú pháp chỉ báo giá trị của chỉ số LFNST.

Theo một ví dụ khác, để xác định giá trị của chỉ số LFNST, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để nhận phần tử cú pháp chỉ báo chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi không ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi, và giải mã phần tử cú pháp để xác định giá trị của chỉ số LFNST.

Bộ giải mã video 300 sau đó có thể biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST. Theo một ví dụ, để biến đổi ngược khối biến đổi, bộ giải mã video 300 có thể biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST được chỉ báo bởi chỉ số LFNST, và biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách sau khi biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST. Theo một ví dụ khác, bộ giải mã video 300 có thể không áp dụng LFNST và thay vào đó có thể biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách riêng lẻ. Bất kể việc LFNST có được sử dụng hay không, bộ giải mã video 300 có thể biến đổi ngược khối biến đổi để tạo ra khối dư, xác định khối dư đoán cho khối dư (ví dụ, nhờ sử dụng kỹ thuật dự đoán như dự đoán liên hình ảnh hoặc nội hình ảnh), và kết hợp khối dư đoán với khối dư để tạo ra khối giải mã.

Đối với các trường hợp mà không có bước đặt bằng không được sử dụng đối với các hệ số LFNST, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể vẫn áp dụng phép đặt bằng không trên các hệ số biến đổi phân tách mà ở bên ngoài vùng LFNST (ví dụ, các hệ số MTS ngoài vùng LFNST), như thể hiện trên Fig.9. Fig.9 là hình minh họa các hệ số LFNST bằng cách áp dụng LFNST có kích thước N và chỉ đặt bằng không cho các hệ số MTS nằm ngoài vùng LFNST 900 (có kích thước $h \times w$) của khối biến đổi 902 (có kích thước $H \times W$). Sau đó, bộ mã hóa video 200 và bộ giải mã video 300 có thể suy ra giá trị của chỉ số/cờ LFNST tùy thuộc vào vị trí của hệ số khác không (có ý nghĩa) bằng cách sử dụng một hoặc các tổ hợp của các phương pháp nêu trên.

Fig.10 là lưu đồ minh họa một ví dụ về phương pháp mã hóa khối hiện thời. Khối hiện thời có thể bao gồm CU hiện thời. Mặc dù được mô tả liên quan đến bộ mã hóa video 200 (Fig.1 và Fig.3), nhưng cần hiểu rằng các thiết bị khác có thể được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp tương tự như phương pháp trên Fig.10.

Trong ví dụ này, bộ mã hóa video 200 ban đầu dự đoán khối hiện thời (350). Ví dụ, bộ mã hóa video 200 có thể tạo khối dự đoán cho khối hiện thời. Sau đó, bộ mã hóa video 200 có thể tính toán khối dư cho khối hiện thời (352). Để tính toán khối dư, bộ mã hóa video 200 có thể tính toán sự chênh lệch giữa khối gốc, khối chưa mã hóa và khối dự đoán cho khối hiện thời. Sau đó, bộ mã hóa video 200 có thể biến đổi và lượng tử hóa các hệ số của khối dư (354). Tiếp theo, bộ mã hóa video 200 có thể quét các hệ số biến đổi được lượng tử hóa của khối dư (356). Trong khi quét, hoặc sau khi quét, bộ mã hóa video 200 có thể mã hóa entropy các hệ số (358). Ví dụ, bộ mã hóa video 200 có thể mã hóa các hệ số bằng cách sử dụng CAVLC hoặc CABAC. Sau đó, bộ mã hóa video 200 có thể xuất ra dữ liệu được mã hóa entropy của khối (360).

Fig.11 là lưu đồ minh họa ví dụ về phương pháp giải mã khối dữ liệu video hiện thời. Khối hiện thời có thể bao gồm CU hiện thời. Mặc dù được mô tả liên quan đến bộ giải mã video 300 (Fig.1 và Fig.4), nhưng cần hiểu rằng các thiết bị khác có thể được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp tương tự như phương pháp trên Fig.11.

Bộ giải mã video 300 có thể nhận dữ liệu đã mã hóa entropy cho khối hiện thời, như thông tin dự đoán đã mã hóa entropy và dữ liệu đã mã hóa entropy cho các hệ số của khối dư tương ứng với khối hiện thời (370). Bộ giải mã video 300 có thể giải mã entropy dữ liệu đã mã hóa entropy để xác định thông tin dự đoán cho khối hiện thời và tái tạo các hệ số của khối dư (372). Bộ giải mã video 300 có thể dự đoán khối hiện thời (374), ví dụ, bằng cách sử dụng chế độ dự đoán nội hình ảnh hoặc liên hình ảnh như được chỉ báo bởi thông tin dự đoán cho khối hiện thời, để tính toán khối dự đoán cho khối hiện thời. Sau đó, bộ giải mã video 300 có thể quét ngược các hệ số được tái tạo (376), để tạo ra khối hệ số biến đổi đã lượng tử hóa. Sau đó, bộ giải mã video 300 có thể lượng tử hóa ngược và biến đổi ngược các hệ số để tạo ra khối dư (378). Cuối cùng, bộ giải mã video 300 có thể giải mã khối hiện thời bằng cách kết hợp khối dự đoán và khối dư (380).

Fig.12 là lưu đồ minh họa một ví dụ về phương pháp giải mã theo sáng chế. Các kỹ thuật trên Fig.12 định nghĩa thêm quy trình 378 trên Fig.11. Các kỹ thuật trên Fig.12 có thể được thực hiện bởi một hoặc nhiều đơn vị cấu trúc của bộ giải mã video 300, bao gồm đơn vị xử lý biến đổi ngược 308.

Theo một ví dụ của sáng chế, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video (1200).

Chẳng hạn, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để giải mã một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí X và vị trí Y của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi. Bộ giải mã video 300 sau đó có thể xác định giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (low-frequency non-separable transform - LFNST) cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi (1202).

Theo ví dụ trên Fig.8, vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST 800 (ví dụ, khu vực màu trắng của vùng LFNST 800) của khối biến đổi 802 và vùng thứ hai của khối biến đổi 802 bên ngoài vùng LFNST 800. Giá trị của chỉ số LFNST chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng cho khối biến đổi hay không, và khi được áp dụng, chỉ báo loại LFNST được áp dụng.

Theo một ví dụ cụ thể, bộ giải mã video 300 có thể suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó giá trị của chỉ số LFNST bằng không chỉ báo rằng LFNST không được áp dụng cho khối biến đổi. Tức là, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không mà không nhận được phần tử cú pháp chỉ báo giá trị của chỉ số LFNST.

Theo một ví dụ khác, để xác định giá trị của chỉ số LFNST, bộ giải mã video 300 có thể được tạo cấu hình để nhận phần tử cú pháp chỉ báo chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi không ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi, và giải mã phần tử cú pháp để xác định giá trị của chỉ số LFNST.

Bộ giải mã video 300 sau đó có thể biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST (1204). Theo một ví dụ, để biến đổi ngược khối biến đổi, bộ giải mã video 300 có thể biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng một trong số nhiều LFNST được chỉ báo bởi chỉ số LFNST, và biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách sau khi biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST. Theo một ví dụ khác, bộ giải mã video 300 có thể không áp dụng LFNST và thay vào đó, biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách riêng lẻ. Bất kể việc LFNST có được sử dụng hay không, bộ giải mã video 300 có thể biến đổi ngược khối biến đổi để tạo ra khối dư, xác định khối dư đoán cho khối dư (ví dụ, nhờ sử dụng kỹ thuật dự đoán như dự đoán liên hình ảnh hoặc nội hình ảnh), và kết hợp khối dư đoán với khối dư để tạo ra khối giải mã.

Các ví dụ minh họa khác theo sáng chế được mô tả dưới đây.

Ví dụ 1 - Phương pháp mã hóa dữ liệu video, phương pháp bao gồm các bước: suy ra giá trị của chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp dựa trên kiểu mẫu của các hệ số bằng không được xác định theo cách tiêu chuẩn trong khối dữ liệu video; và biến đổi khối dữ liệu video theo chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp.

Ví dụ 2 - Phương pháp theo Ví dụ 1, trong đó kiểu mẫu của các hệ số bằng không được xác định tiêu chuẩn trong khối dữ liệu video là kiểu của vùng đặt bằng không của khối dữ liệu video.

Ví dụ 3 - Phương pháp theo Ví dụ 2, trong đó việc suy ra giá trị của chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp bao gồm: suy ra giá trị của chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp bằng không trong trường hợp hệ số khác không ở trong vùng đặt bằng không của khối dữ liệu video.

Ví dụ 4 - Phương pháp theo Ví dụ 2, trong đó việc suy ra giá trị của chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp bao gồm: suy ra giá trị của chỉ số hoặc cờ biến đổi không phân tách tần số thấp bằng không trong trường hợp thông tin vị trí hệ số có ý nghĩa cuối cùng chỉ báo hệ số khác không ở trong vùng đặt bằng không của khối dữ liệu video.

Ví dụ 5 - Phương pháp theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 1 đến 4, trong đó mã hóa bao gồm giải mã.

Ví dụ 6 - Phương pháp theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 1 đến 4, trong đó mã hóa bao gồm lập mã.

Ví dụ 7 - Thiết bị mã hóa dữ liệu video, thiết bị này bao gồm một hoặc nhiều phương tiện để thực hiện phương pháp theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 1 đến 6.

Ví dụ 8 - Thiết bị theo ví dụ 7, trong đó một hoặc nhiều phương tiện bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý được triển khai trong mạch.

Ví dụ 9 - Thiết bị theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 7 và 8, trong đó thiết bị này còn bao gồm bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu video.

Ví dụ 10 - Thiết bị theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 7 đến 9, trong đó thiết bị này còn bao gồm màn hình được tạo cấu hình để hiển thị dữ liệu video được giải mã.

Ví dụ 11 - Thiết bị theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 7 đến 10, trong đó thiết bị này bao gồm một hoặc nhiều trong số máy ảnh, máy tính, thiết bị di động, thiết bị thu phát quảng bá, hoặc đầu thu giải mã tín hiệu.

Ví dụ 12 - Thiết bị theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 7 đến 11, trong đó thiết bị này bao gồm bộ giải mã video.

Ví dụ 13 - Thiết bị theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 7 đến 12, trong đó thiết bị này bao gồm bộ mã hóa video.

Ví dụ 14 - Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh mà, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý thực hiện phương pháp theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ 1 đến 6.

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 một trình tự khác, có thể được bổ sung, hợp nhất hoặc 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 quy trình xử lý đa luồng, xử lý gián đoạn, hoặc nhiều bộ xử lý, thay vì theo tuần tự.

Trong một hoặc nhiều ví dụ, các chức năng đã mô tả có thể được triển khai trong phần cứng, phần mềm, 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 đơn vị xử lý dựa trên phần cứng. Phương tiện đọc được bằng máy tính có thể bao gồm các 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 có 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 có thể thường tương ứng với (1) phương tiện lưu trữ hữu hình, bất biến đọc được bằng máy tính 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 mà 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 một hoặc nhiều trong số 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 các ổ đĩa quang khác, ổ đĩa từ, hoặc các thiết bị lưu trữ từ tính khác, bộ nhớ flash, hoặc phương tiện khác bất kỳ có thể được dùng để lưu trữ mã chương trình mong muốn ở dạng các lệnh hoặc các cấu trúc dữ liệu và có thể được truy cập bởi máy tính. Ngoài ra, kết nối bất kỳ 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 quang sợi, cáp dây xoắn, đường thuê bao kỹ thuật số (digital subscriber line - DSL) hoặc các công nghệ không dây như hồng ngoại, vô tuyến, và vi sóng, thì cáp đồng trục, cáp quang sợi, cáp dây xoắn, đường DSL hoặc các công nghệ không dây như hồng ngoại, vô tuyến và vi sóng được bao gồm trong định nghĩa 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 kết nối, sóng mang, tín hiệu hoặc phương tiện chuyển tiếp khác, nhưng thay vào đó được 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 (DVD - Digital Versatile Disc), 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. Tổ hợp của các loại phương tiện nêu trên cũng 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), 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 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 cấu trúc khác bất kỳ 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 modul phần cứng và/hoặc phần mềm chuyên dụng được tạo cấu hình để mã hóa và giải mã, hoặc được kết hợp thành 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 triển khai trong nhiều loại thiết bị hoặc máy 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, modul 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 bộ mã hóa-giải mã hoặc được tạo ra 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, kết hợp với phần mềm và/hoặc firmware thích hợp.

Các ví dụ khác nhau của sáng chế 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. Phương pháp giải mã dữ liệu video, phương pháp này bao gồm các bước:

xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video;

xác định giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (low-frequency non-separable transform - LFNST) cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, trong đó việc xác định giá trị của chỉ số LFNST bao gồm suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó giá trị của chỉ số LFNST bằng không chỉ báo rằng LFNST không được áp dụng cho khối biến đổi; và

biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó giá trị của chỉ số LFNST chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng cho khối biến đổi hay không, và nếu được áp dụng, chỉ báo loại LFNST được áp dụng.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không bao gồm:

suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không mà không nhận được phần tử cú pháp chỉ báo giá trị của chỉ số LFNST.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc biến đổi ngược khối biến đổi bao gồm:

biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc xác định giá trị của chỉ số LFNST bao gồm:

nhận phần tử cú pháp chỉ báo chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi không ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi; và

giải mã phần tử cú pháp để xác định giá trị của chỉ số LFNST.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó việc biến đổi ngược khối biến đổi bao gồm:

biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST được chỉ báo bởi chỉ số LFNST; và

biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách sau khi biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video bao gồm:

giải mã một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí X và vị trí Y của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi.

8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc biến đổi ngược khối biến đổi bao gồm biến đổi ngược khối biến đổi để tạo ra khối dư, phương pháp này còn bao gồm bước:

xác định khối dư đoán cho khối dư; và

kết hợp khối dư đoán với khối dư để tạo ra khối giải mã.

9. Phương pháp theo điểm 8, phương pháp này còn bao gồm bước:

hiển thị hình ảnh bao gồm khối giải mã.

10. Thiết bị được tạo cấu hình để giải mã dữ liệu video, thiết bị này bao gồm:

bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ khối biến đổi của dữ liệu video; và

một hoặc nhiều bộ xử lý truyền thông với bộ nhớ, một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để:

xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video;

xác định giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (LFNST) cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, trong đó để xác định giá trị của chỉ số LFNST, một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi là

ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó giá trị của chỉ số LFNST bằng không chỉ báo rằng LFNST không được áp dụng cho khối biến đổi; và

biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

11. Thiết bị theo điểm 10, trong đó giá trị của chỉ số LFNST chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng cho khối biến đổi hay không, và nếu được áp dụng, chỉ báo loại LFNST được áp dụng.

12. Thiết bị theo điểm 10, trong đó để suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không, một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để:

suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không mà không nhận được phần tử cú pháp chỉ báo giá trị của chỉ số LFNST.

13. Thiết bị theo điểm 10, trong đó để biến đổi ngược khối biến đổi, một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để:

biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách.

14. Thiết bị theo điểm 10, trong đó để xác định giá trị của chỉ số LFNST, một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để:

nhận phần tử cú pháp chỉ báo chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi không ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi; và

giải mã phần tử cú pháp để xác định giá trị của chỉ số LFNST.

15. Thiết bị theo điểm 14, trong đó để biến đổi ngược khối biến đổi, một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để:

biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST được chỉ báo bởi chỉ số LFNST; và

biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách sau khi biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST.

16. Thiết bị theo điểm 10, trong đó để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video, một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để:

giải mã một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí X và vị trí Y của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi.

17. Thiết bị theo điểm 10, trong đó để biến đổi ngược khối biến đổi, một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để biến đổi ngược khối biến đổi để tạo ra khối dư, và trong đó một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để:

xác định khối dự đoán cho khối dư; và

kết hợp khối dự đoán với khối dư để tạo ra khối giải mã.

18. Thiết bị theo điểm 17, thiết bị này còn bao gồm:

màn hình được tạo cấu hình để hiển thị hình ảnh bao gồm khối giải mã.

19. Thiết bị được tạo cấu hình để giải mã dữ liệu video, thiết bị này bao gồm:

phương tiện để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video;

phương tiện để xác định giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (LFNST) cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, trong đó phương tiện để xác định giá trị của chỉ số LFNST bao gồm phương tiện để suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó giá trị của chỉ số LFNST bằng không chỉ báo rằng LFNST không được áp dụng cho khối biến đổi; và

phương tiện để biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

20. Thiết bị theo điểm 19, trong đó giá trị của chỉ số LFNST chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng cho khối biến đổi hay không, và nếu được áp dụng, chỉ báo loại LFNST được áp dụng.

21. Thiết bị theo điểm 19, trong đó phương tiện để suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không bao gồm:

phương tiện để suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không mà không nhận được phần tử cú pháp chỉ báo giá trị của chỉ số LFNST.

22. Thiết bị theo điểm 19, trong đó phương tiện để biến đổi ngược khối biến đổi bao gồm:

phương tiện để biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách.

23. Thiết bị theo điểm 19, trong đó phương tiện để xác định giá trị của chỉ số LFNST bao gồm:

phương tiện để nhận phần tử cú pháp chỉ báo chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi không ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi; và

phương tiện để giải mã phần tử cú pháp để xác định giá trị của chỉ số LFNST.

24. Thiết bị theo điểm 23, trong đó phương tiện để biến đổi ngược khối biến đổi bao gồm:

phương tiện để biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST được chỉ báo bởi chỉ số LFNST; và

phương tiện để biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách sau khi biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST.

25. Thiết bị theo điểm 19, trong đó phương tiện để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video bao gồm:

phương tiện để giải mã một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí X và vị trí Y của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi.

26. Thiết bị theo điểm 19, trong đó phương tiện để biến đổi ngược khối biến đổi bao gồm phương tiện để biến đổi ngược khối biến đổi để tạo ra khối dư, thiết bị này còn bao gồm:

phương tiện để xác định khối dư đoán cho khối dư; và

phương tiện để kết hợp khối dư đoán với khối dư để tạo ra khối giải mã.

27. Thiết bị theo điểm 26, thiết bị này còn bao gồm:

phương tiện để hiển thị hình ảnh bao gồm khối giải mã.

28. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính lưu trữ các lệnh mà, khi được thực thi, khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để giải mã dữ liệu video:

xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video;

xác định giá trị của chỉ số biến đổi không phân tách tần số thấp (LFNST) cho khối biến đổi dựa trên vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng so với vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó vùng đặt bằng không của khối biến đổi bao gồm cả vùng thứ nhất trong vùng LFNST của khối biến đổi và vùng thứ hai của khối biến đổi ngoài vùng LFNST, trong đó để xác định giá trị của chỉ số LFNST, các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi là ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi, trong đó giá trị của chỉ số LFNST bằng không chỉ báo rằng LFNST không được áp dụng cho khối biến đổi; và

biến đổi ngược khối biến đổi theo giá trị của chỉ số LFNST.

29. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 28, trong đó giá trị của chỉ số LFNST chỉ báo liệu LFNST có được áp dụng cho khối biến đổi hay không, và nếu được áp dụng, chỉ báo loại LFNST được áp dụng.

30. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 28, trong đó để suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không, các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý:

suy ra giá trị của chỉ số LFNST bằng không mà không nhận được phần tử cú pháp chỉ báo giá trị của chỉ số LFNST.

31. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 28, trong đó để biến đổi ngược khối biến đổi, các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý:

biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách.

32. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 28, trong đó để xác định giá trị của chỉ số LFNST, các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý:

nhận phần tử cú pháp chỉ báo chỉ số LFNST trong trường hợp vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi không ở trong vùng đặt bằng không của khối biến đổi; và

giải mã phần tử cú pháp để xác định giá trị của chỉ số LFNST.

33. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 32, trong đó để biến đổi ngược khối biến đổi, các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý:

biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST được chỉ báo bởi chỉ số LFNST; và

biến đổi ngược khối biến đổi bằng một hoặc nhiều biến đổi phân tách sau khi biến đổi ngược vùng LFNST của khối biến đổi bằng LFNST.

34. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 28, trong đó để xác định vị trí của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi của dữ liệu video, các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý:

giải mã một hoặc nhiều phần tử cú pháp chỉ báo vị trí X và vị trí Y của hệ số có ý nghĩa cuối cùng trong khối biến đổi.

35. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 28, trong đó để biến đổi ngược khối biến đổi, các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý biến đổi ngược khối biến đổi để tạo ra khối dư, và trong đó các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý:

xác định khối dự đoán cho khối dư; và

kết hợp khối dự đoán với khối dư để tạo ra khối giải mã.

36. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 35, trong đó các lệnh còn khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý:

hiển thị hình ảnh bao gồm khối giải mã.

1 / 12

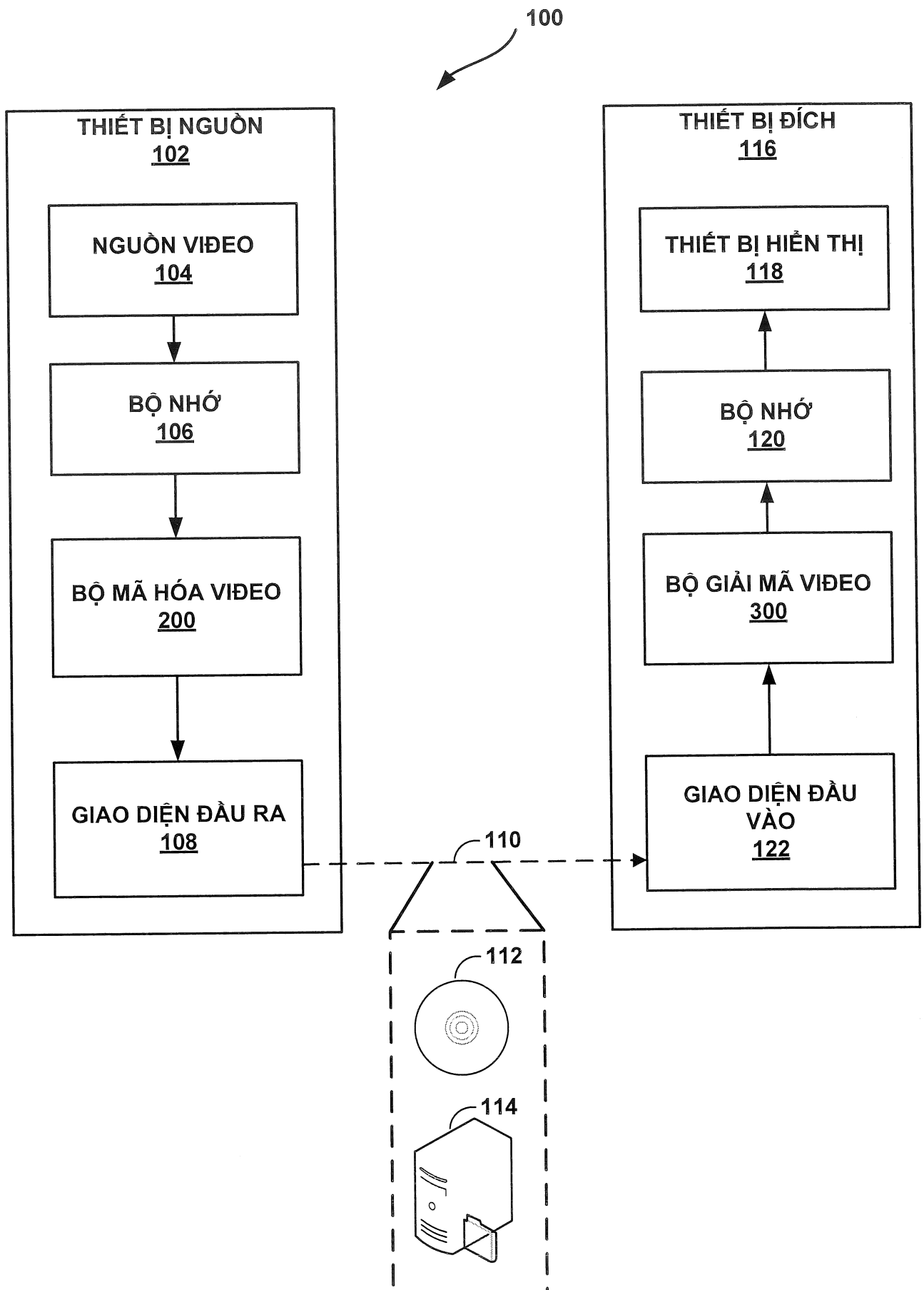


FIG. 1

2 / 12

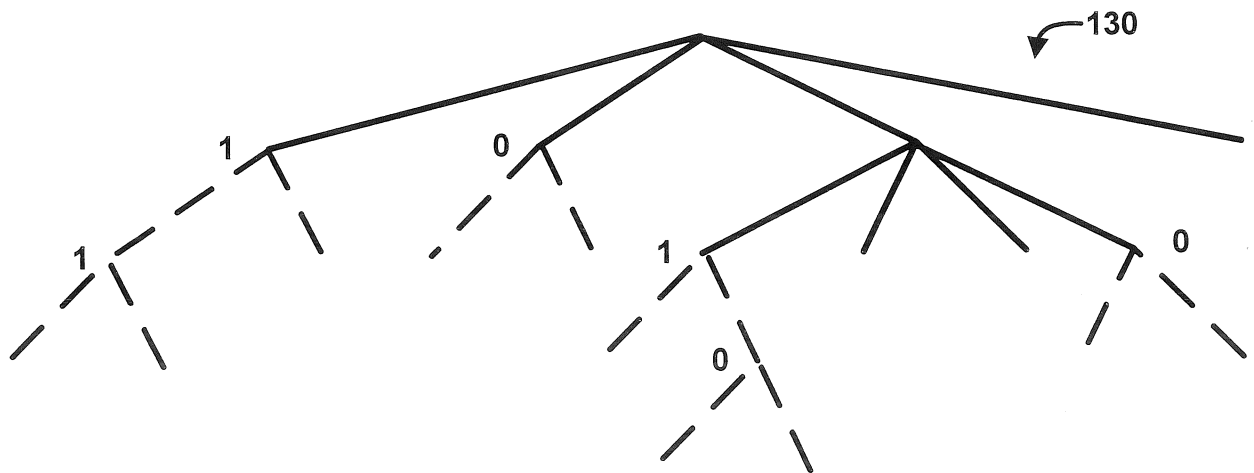


FIG. 2A

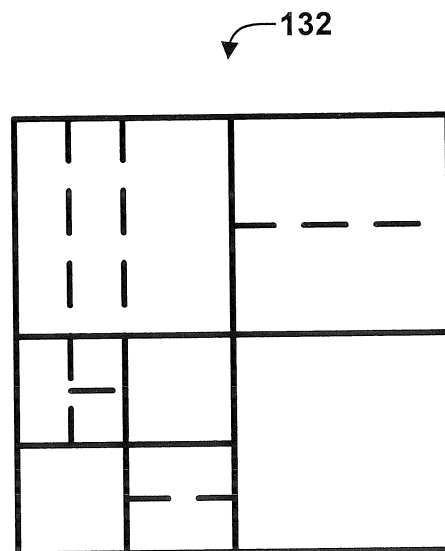
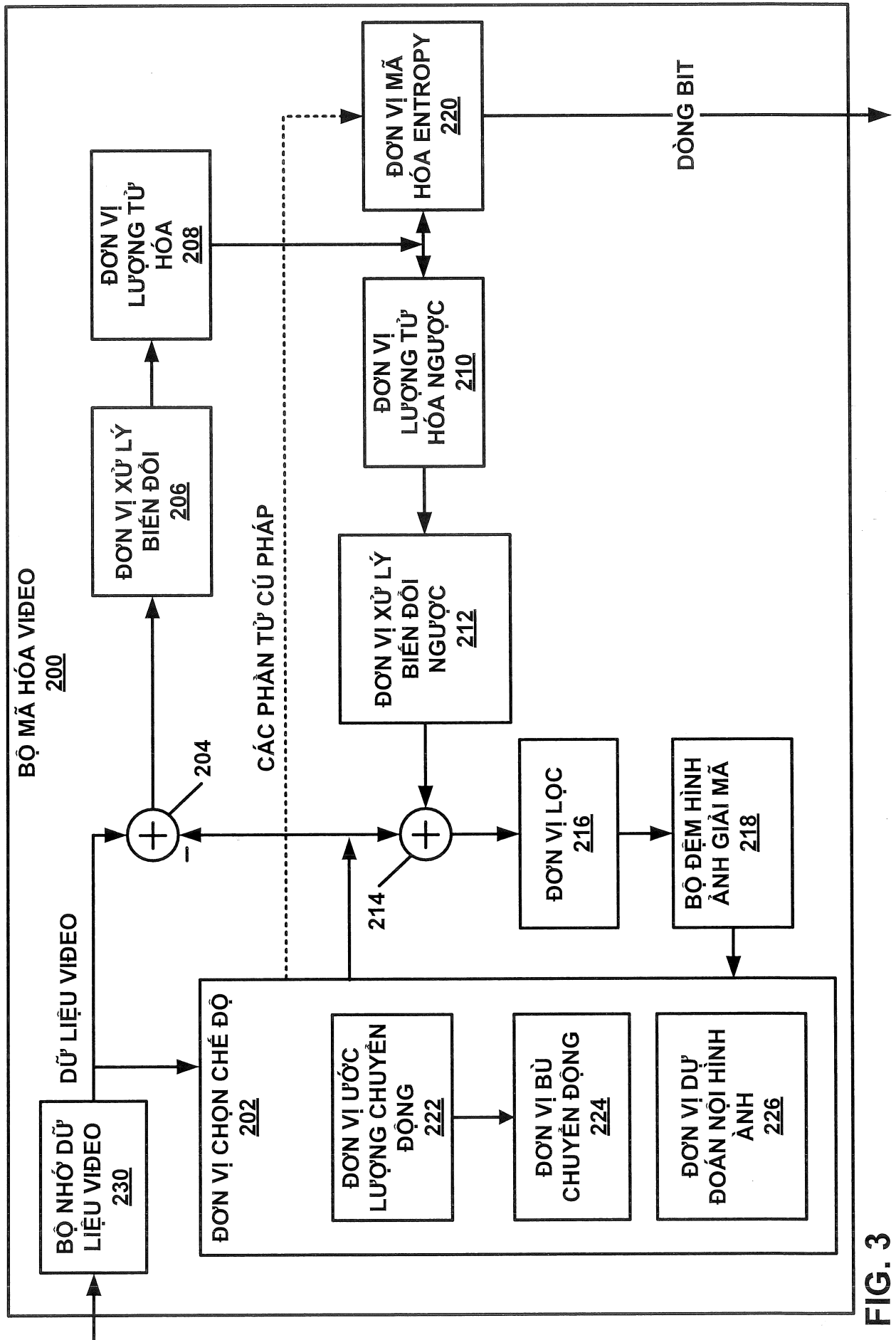


FIG. 2B

3 / 12



4 / 12

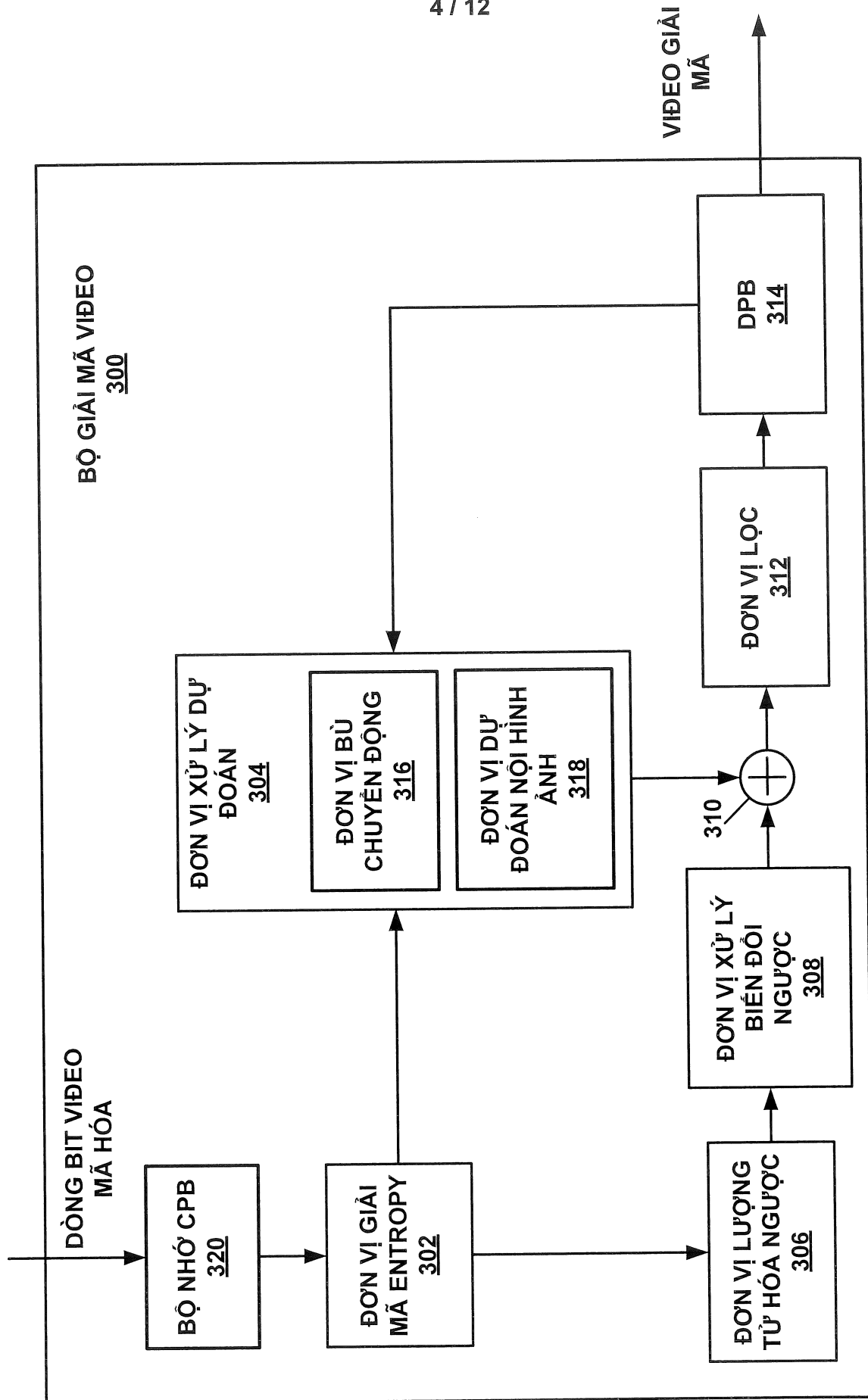


FIG. 4

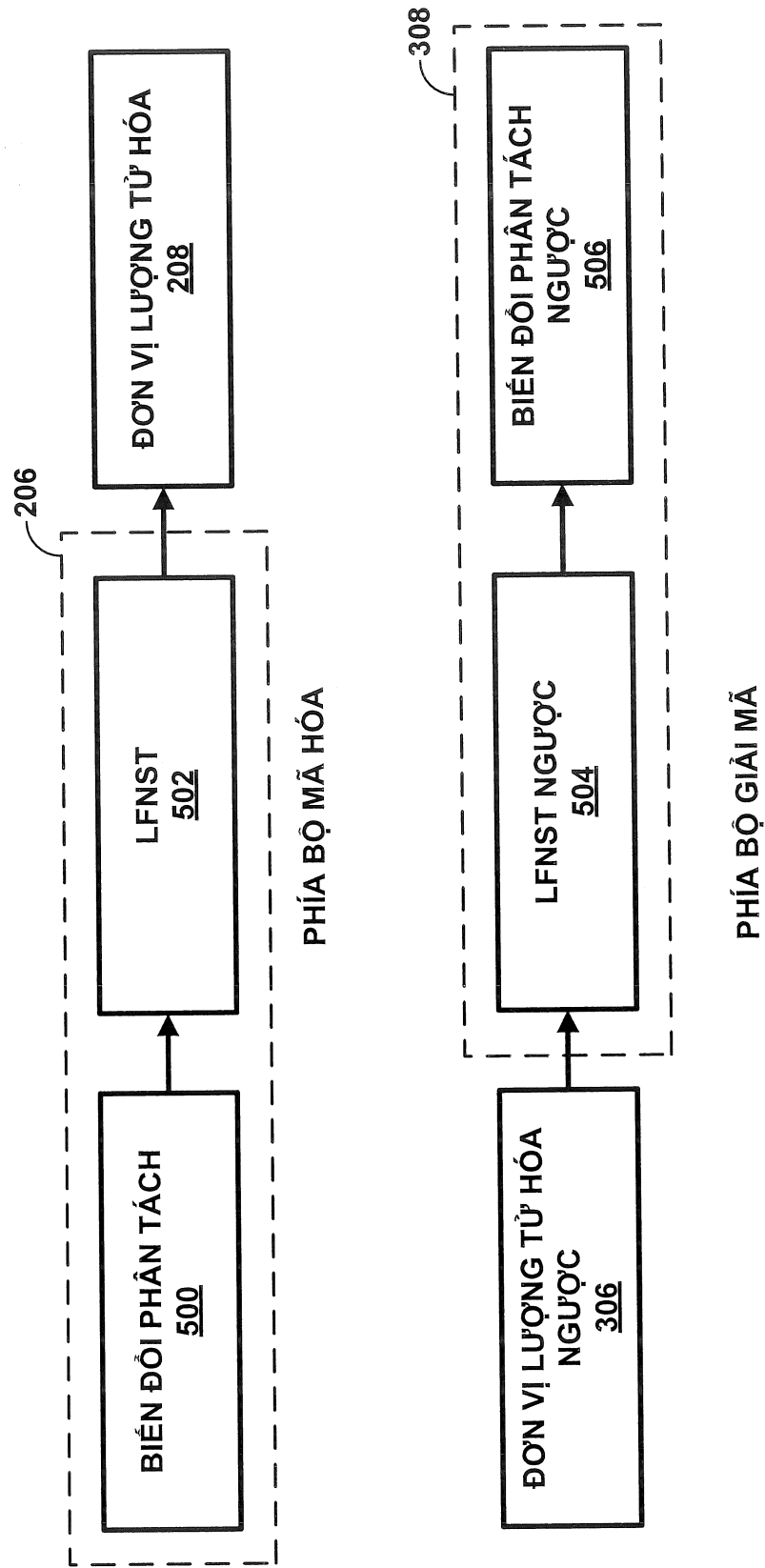


FIG. 5

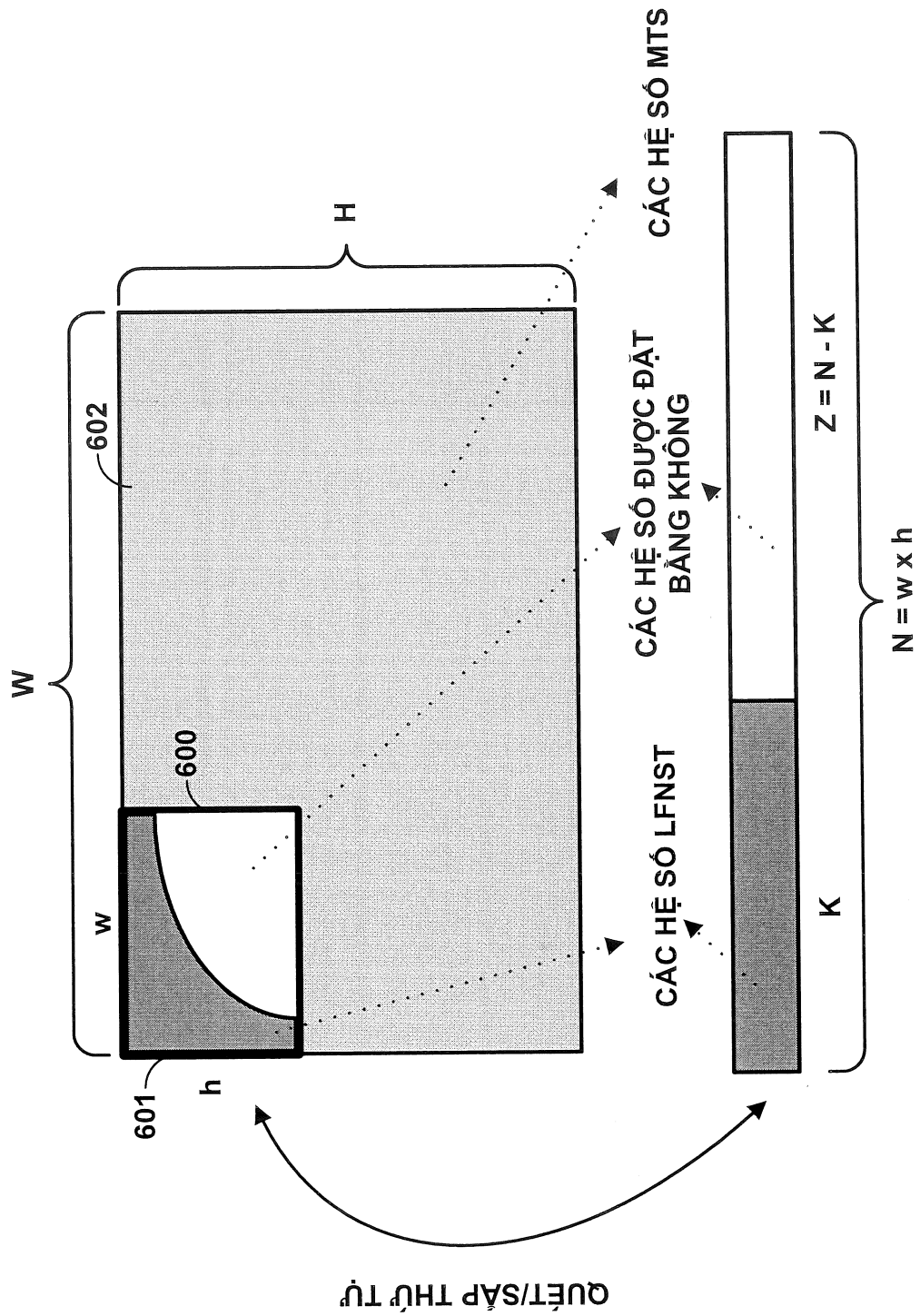


FIG. 6

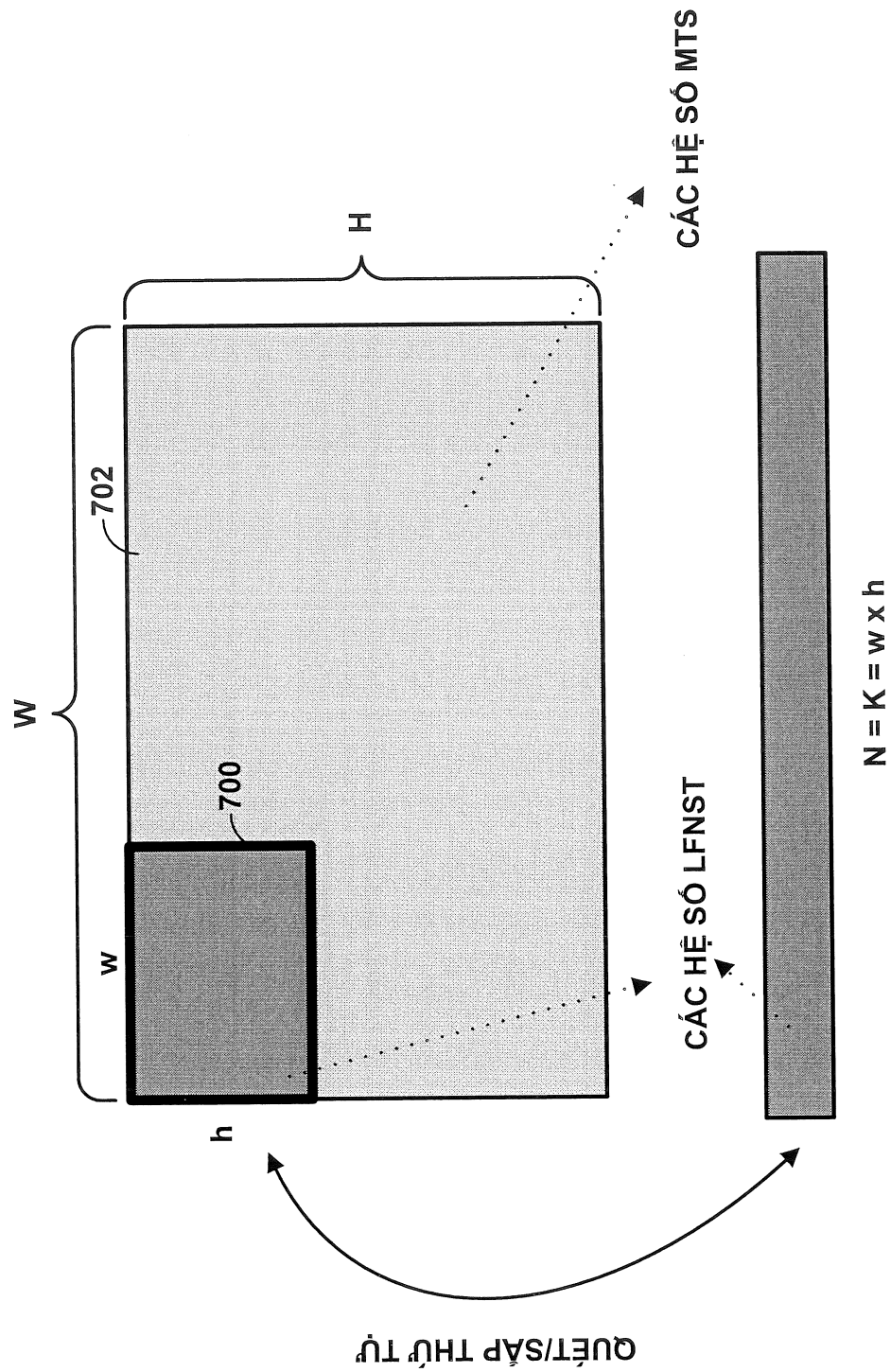


FIG. 7

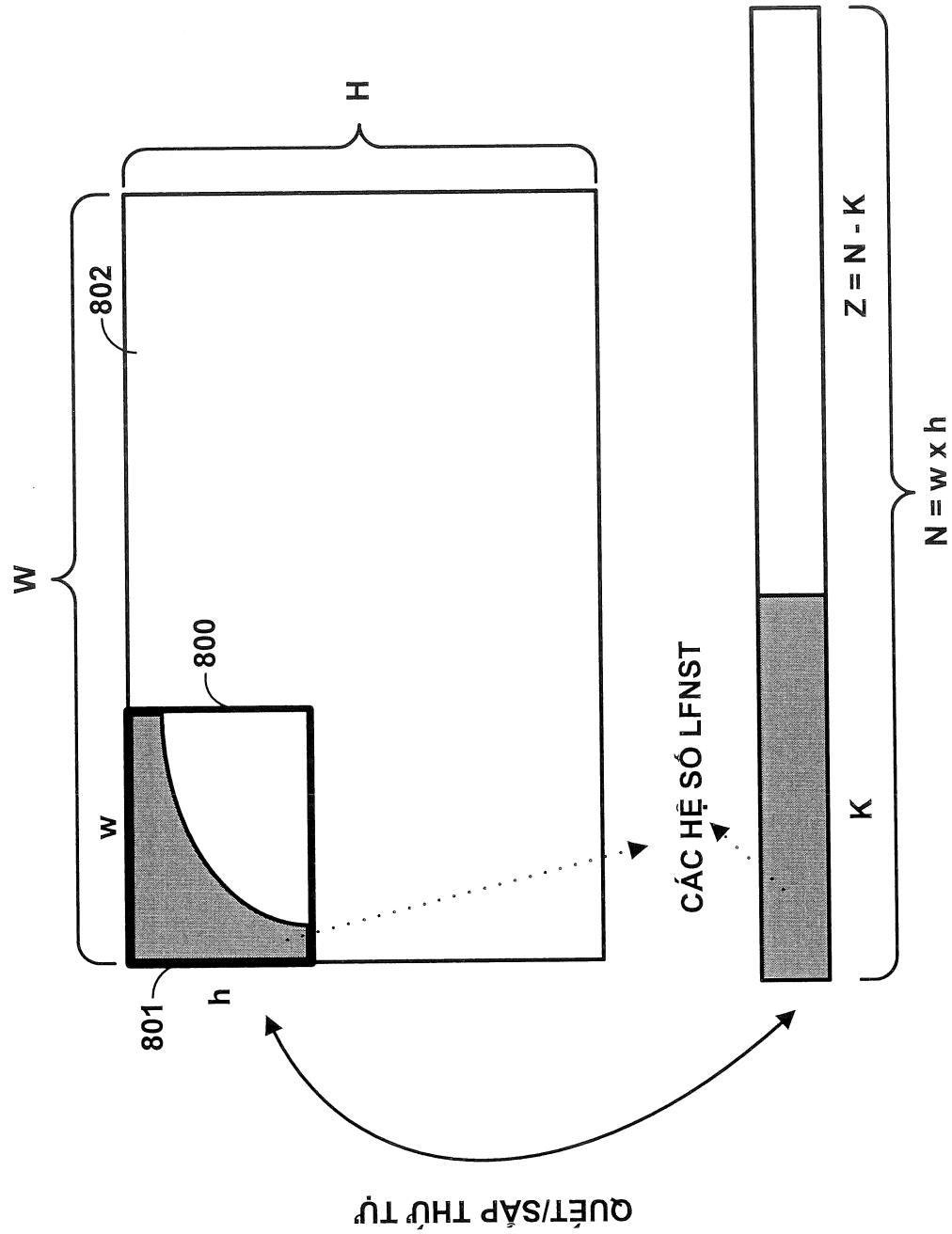


FIG. 8

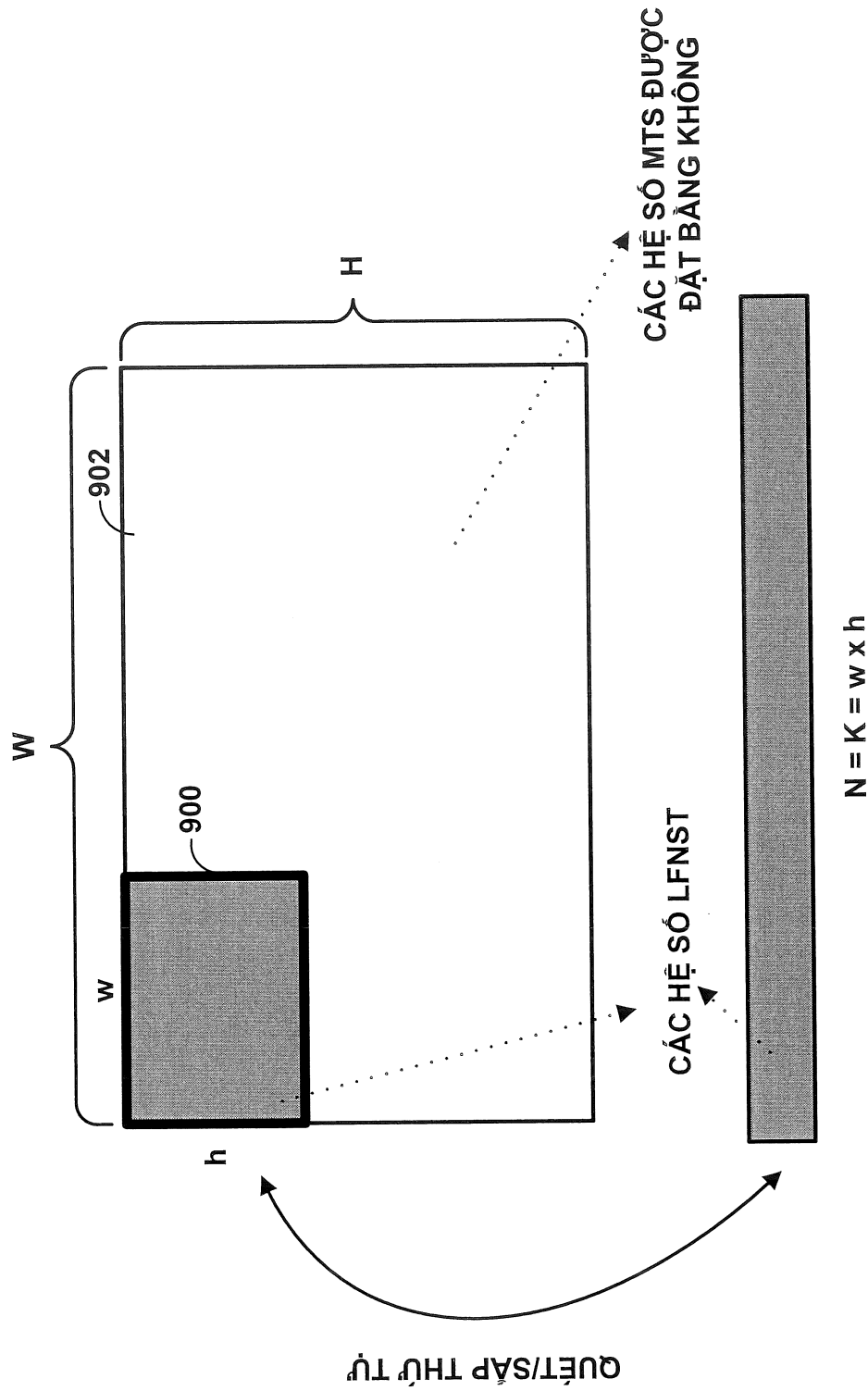


FIG. 9

10 / 12

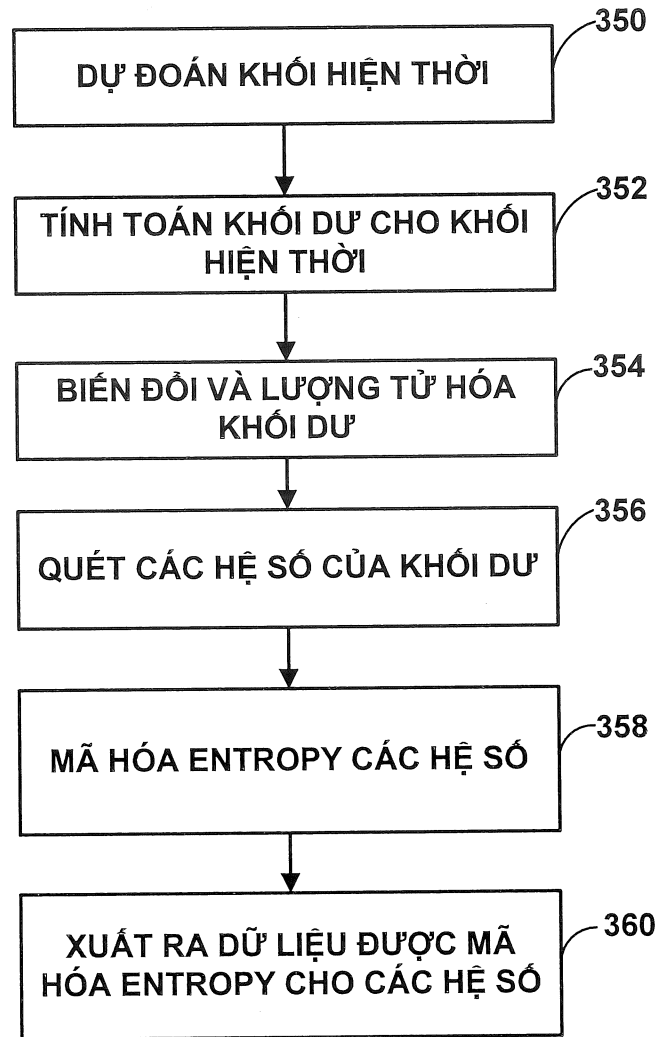


FIG. 10

11 / 12

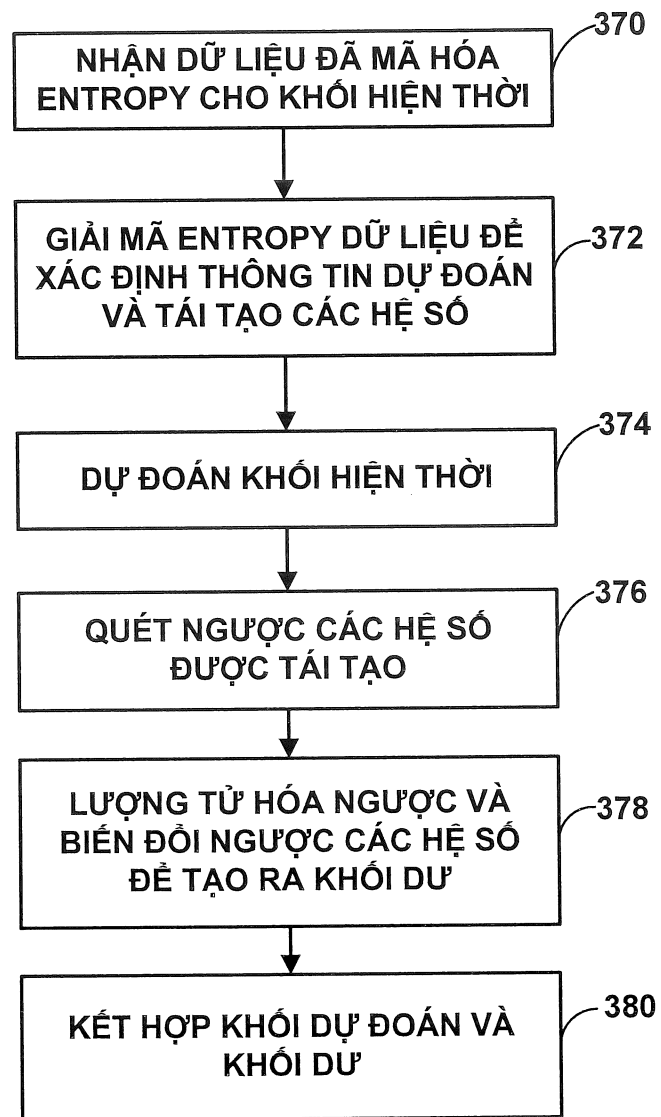


FIG. 11

12 / 12

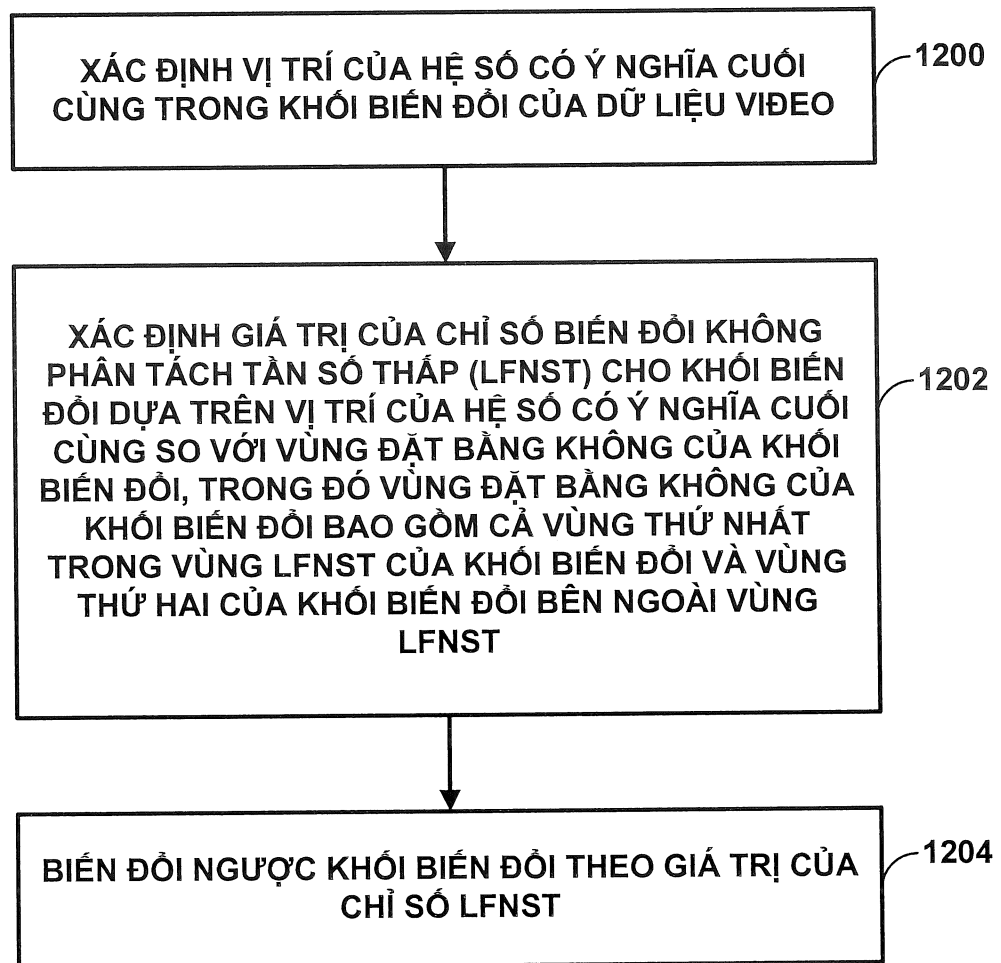


FIG. 12