



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

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

(11)



1-0035768

(51)⁸ H04N 7/26; H04N 7/24

(13) B

(21) 1-2017-02892

(22) 16/05/2011

(62) 1-2012-03745

(86) PCT/KR2011/003607 16/05/2011

(87) WO 2011/142645 17/11/2011

(45) 25/05/2023 422

(43) 25/09/2017 354A

(73) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)

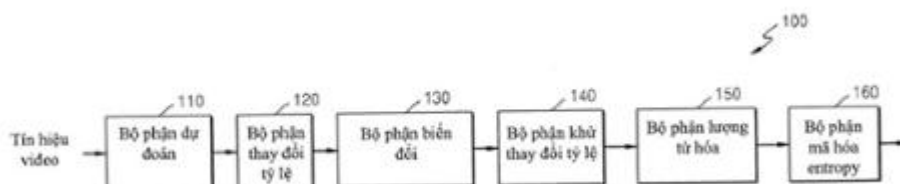
129, Samsung-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-742, Republic of Korea

(72) ALSHINA, Elena (KR); HONG, Yoon-Mi (KR); HAN, Woo-Jin (KR).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) THIẾT BỊ GIẢI MÃ VIDEO

(57) Sáng chế đề xuất thiết bị giải mã video, thiết bị này bao gồm: bộ xử lý được tạo cấu trúc để xác định độ sâu bit của các mẫu trong chuỗi video, thu các hệ số biến đổi được lượng tử hóa của khối biến đổi trong chuỗi video này từ dòng bit, tạo ra các hệ số biến đổi được thay đổi tỷ lệ của khối biến đổi này bằng cách thực hiện bước lượng tử hóa ngược và thay đổi tỷ lệ đối với các hệ số biến đổi được lượng tử hóa, tạo ra các giá trị mẫu trung gian của khối biến đổi bằng cách thực hiện bước biến đổi ngược theo chiều dọc đối với các hệ số biến đổi được thay đổi tỷ lệ, tạo ra các giá trị dư của khối biến đổi bằng cách thực hiện bước biến đổi ngược theo chiều ngang đối với các giá trị mẫu trung gian của khối biến đổi, tạo ra khối dự đoán bằng cách thực hiện thao tác dự đoán nội ảnh hoặc dự đoán liên ảnh và khôi phục các giá trị mẫu bằng cách sử dụng các giá trị dư của khối biến đổi và khối dự đoán.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị giải mã video.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Cùng với sự phát triển và phổ biến của phần cứng có khả năng sao chép và lưu trữ các nội dung video có độ phân giải cao hoặc độ rõ nét cao (high-definition, HD), các nhu cầu đối với bộ mã hóa-giải mã để mã hóa hoặc giải mã các nội dung video có độ phân giải cao hoặc HD này đã tăng lên. Trong lĩnh vực kỹ thuật có liên quan đến bộ mã hóa-giải mã video, các tín hiệu video được mã hóa theo phương pháp mã hóa giới hạn dựa vào khối macrô có kích thước định trước.

Chất lượng của hình ảnh cần được hiển thị có thể bị ảnh hưởng bởi số lượng bit mà thể hiện giá trị dữ liệu hình ảnh. Cụ thể, do độ sâu bit biểu thị độ chính xác của dữ liệu hình ảnh, nghĩa là, số lượng bit thể hiện giá trị dữ liệu hình ảnh, tăng lên, nên dữ liệu có thể được thể hiện ở nhiều mức khác nhau. Tuy nhiên, khi độ sâu bit được tăng lên quá mức để làm tăng độ chính xác của dữ liệu hình ảnh, thì sự quá tải có thể xảy ra trong quá trình xử lý dữ liệu hình ảnh hoặc lỗi do làm tròn có thể xảy ra do phép toán dấu phẩy cố định.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Khi độ sâu bit được tăng lên quá mức để làm tăng độ chính xác của dữ liệu hình ảnh, thì sự quá tải có thể xảy ra trong quá trình xử lý dữ liệu hình ảnh hoặc lỗi do làm tròn có thể xảy ra do phép toán dấu phẩy cố định.

Giải pháp cho vấn đề

Sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị mã hóa tín hiệu video và phương pháp và thiết bị giải mã tín hiệu video, mà có thể làm tăng độ sâu bit của tín hiệu video trong khi biến đổi và biến đổi ngược tín hiệu video để cải thiện độ chính xác tính toán và có thể xử lý tín hiệu video để ngăn chặn sự xuất hiện của sự quá tải vượt quá độ sâu bit có thể cho phép trong quá trình tính toán mặc dù độ sâu bit đã tăng lên.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ, sáng chế đề xuất phương pháp mã hóa tín hiệu video, phương pháp này bao gồm các bước: xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong khi

biến đổi tín hiệu video và độ chính xác bit tối đa của tín hiệu video; thay đổi tỷ lệ tín hiệu video theo giá trị dịch cục bộ tương ứng với chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video; và biến đổi tín hiệu video được thay đổi tỷ lệ này.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất phương pháp giải mã tín hiệu video, phương pháp này bao gồm các bước: phân tích cú pháp dòng bit nhận được để trích xuất dữ liệu được mã hóa của tín hiệu video; giải mã entropy dữ liệu được mã hóa đã trích xuất để khôi phục dữ liệu được giải mã entropy; xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu của dữ liệu được giải mã entropy khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong khi biến đổi ngược dữ liệu được giải mã entropy và độ chính xác bit tối đa của dữ liệu được giải mã entropy; thay đổi tỷ lệ dữ liệu được giải mã entropy theo giá trị dịch cục bộ tương ứng với chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy; và lượng tử hóa ngược và biến đổi ngược dữ liệu được giải mã entropy đã thay đổi tỷ lệ này.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất phương pháp giải mã tín hiệu video, phương pháp này bao gồm các bước: nhận tín hiệu video được thay đổi tỷ lệ và mã hóa theo giá trị dịch cục bộ tương ứng với chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong khi biến đổi tín hiệu video và độ chính xác bit tối đa của tín hiệu video, và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video; giải mã entropy, lượng tử hóa ngược và biến đổi ngược tín hiệu video nhận được để tạo ra tín hiệu video được giải mã; xác định giá trị dịch cục bộ được sử dụng để khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video được giải mã; và khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video được giải mã theo giá trị dịch cục bộ đã xác định.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất thiết bị mã hóa tín hiệu video, thiết bị này bao gồm: bộ phận thay đổi tỷ lệ được tạo cấu hình để xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu của tín hiệu video khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong khi biến đổi tín hiệu video và độ chính xác bit tối đa của tín hiệu video và thay đổi tỷ lệ tín hiệu video theo giá trị dịch cục bộ tương ứng với chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video; và bộ phận biến đổi được tạo cấu hình để biến đổi tín hiệu video đã thay đổi tỷ lệ.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất thiết bị giải mã tín hiệu video, thiết bị này bao gồm: bộ phận phân tích cú pháp được tạo cấu hình để phân tích cú pháp dòng bit nhận được và trích xuất dữ liệu được mã hóa của tín hiệu video; bộ phận giải mã entropy được tạo cấu hình để giải mã entropy dữ liệu được mã hóa đã trích xuất và khôi phục dữ liệu được giải mã entropy; bộ phận thay đổi tỷ lệ được tạo cấu hình để xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu của dữ liệu được giải mã entropy khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong khi biến đổi ngược dữ liệu được giải mã entropy và độ chính xác bit tối đa của dữ liệu được giải mã entropy và thay đổi tỷ lệ dữ liệu được giải mã entropy theo giá trị dịch cục bộ tương ứng với chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy; và bộ phận biến đổi ngược được tạo cấu hình để biến đổi ngược dữ liệu được giải mã entropy đã thay đổi tỷ lệ.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất thiết bị giải mã tín hiệu video, thiết bị này bao gồm: bộ phận giải mã được tạo cấu hình để giải mã entropy, lượng tử hóa ngược và biến đổi ngược tín hiệu video được thay đổi tỷ lệ và mã hóa theo giá trị dịch cục bộ tương ứng với chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong khi biến đổi tín hiệu video và độ chính xác bit tối đa của tín hiệu video và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video và tạo ra tín hiệu video được giải mã; và bộ phận khử thay đổi tỷ lệ được tạo cấu hình để xác định giá trị dịch cục bộ được yêu cầu để khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video được giải mã và khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video được giải mã theo giá trị dịch cục bộ đã xác định.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Theo các phương án làm ví dụ, độ chính xác tính toán có thể được cải thiện trong khi xử lý tín hiệu video mà không gây ra quá tải trong khoảng sao cho không vượt quá độ sâu bit có thể cho phép trong bộ mã hóa-giải mã.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là sơ đồ khối của thiết bị mã hóa tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ;

FIG.2 là sơ đồ khối cấu trúc chi tiết của bộ biến đổi trên FIG.1;

FIG.3 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị mã hóa theo phương án làm ví dụ thứ hai;

FIG.4 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị mã hóa theo phương án làm ví dụ thứ ba;

FIG.5 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị mã hóa theo phương án làm ví dụ thứ tư;

FIG.6 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị mã hóa theo phương án làm ví dụ thứ năm;

FIG.7 là sơ đồ tham chiếu của quy trình biến đổi tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ;

FIG.8 là sơ đồ tham chiếu của quy trình thay đổi tỷ lệ theo một phương án làm ví dụ khác;

FIG.9 là lưu đồ minh họa phương pháp mã hóa tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ;

FIG.10 là lưu đồ của thiết bị giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ;

FIG.11 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ khác;

FIG.12 là lưu đồ minh họa phương pháp giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ; và

FIG.13 là lưu đồ của phương pháp giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ khác.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, cần hiểu rằng các cụm từ chẳng hạn như "ít nhất một trong số," khi đứng trước danh sách các bộ phận, làm thay đổi toàn bộ danh sách các bộ phận này và không làm thay đổi các bộ phận riêng biệt trong danh sách này.

FIG.1 là sơ đồ khối của thiết bị 100 để mã hóa tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ.

Thiết bị mã hóa tín hiệu video 100 theo một phương án làm ví dụ có thể bao gồm bộ phận dự đoán 110, bộ phận thay đổi tỷ lệ 120, bộ phận biến đổi 130, bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140, bộ phận lượng tử hóa 150 và bộ phận mã hóa entropy 160.

Bộ phận dự đoán 110 có thể chia tín hiệu video đầu vào thành các khối có kích thước định trước và thực hiện thao tác dự đoán liên ảnh hoặc dự đoán nội ảnh đối với

mỗi trong số các khối để tạo ra các khối dự đoán. Cụ thể, bộ phận dự đoán 110 có thể thực hiện thao tác dự đoán liên ảnh để tạo ra véctor chuyển động biểu thị vùng tương tự với khối hiện thời trong khoảng tìm kiếm định trước của ảnh tham chiếu được khôi phục sau khi ảnh tham chiếu được mã hóa và dự đoán nội ảnh để tạo ra khối dự đoán bằng cách sử dụng dữ liệu liên quan đến các khối ngoại vi liền kề với khối hiện thời và có thể tạo ra và kết xuất tín hiệu dư tương ứng với chênh lệch giữa khối dự đoán và khối đầu vào ban đầu.

Bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể thực hiện thao tác thay đổi tỷ lệ để thay đổi độ sâu bit của tín hiệu dư. Bộ phận biến đổi 130 có thể thực hiện thao tác biến đổi tần số để biến đổi tín hiệu dư có độ sâu bit được thay đổi thành khoảng tần số. Bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 có thể thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ để khôi phục độ sâu bit được thay đổi của tín hiệu dư được biến đổi thành khoảng tần số. Bộ phận lượng tử hóa 150 có thể lượng tử hóa tín hiệu biến đổi đã khử thay đổi tỷ lệ. Mặc dù không được thể hiện, thiết bị mã hóa tín hiệu video 100 theo một phương án làm ví dụ có thể bao gồm bộ phận lượng tử hóa ngược và bộ phận biến đổi ngược được tạo cấu hình để lượng tử hóa ngược và biến đổi ngược tín hiệu được lượng tử hóa cần được sử dụng làm dữ liệu tham chiếu bởi bộ phận dự đoán 110. Bộ phận mã hóa entropy 160 có thể thực hiện thao tác mã hóa theo chiều dài biến đổi của tín hiệu biến đổi được lượng tử hóa và tạo ra dòng bit.

Sau đây, các thao tác thay đổi tỷ lệ và khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ sẽ được mô tả một cách chi tiết.

Thiết bị 100 để mã hóa tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ có thể chia tín hiệu video đầu vào thành các khối hai chiều, và bộ phận biến đổi 130 có thể thực hiện phép biến đổi tuyến tính được sử dụng để phân tích không gian-tần số để biến đổi các khối đã chia thành các khoảng tần số. Các ví dụ về phép biến đổi tuyến tính có thể bao gồm phép biến đổi Karhunen-Loeve (Karhunen-Loeve transform, KLT), phép phân giải giá trị đơn lẻ (singular value decomposition, SVD), phép biến đổi cosin rời rạc (discrete cosine transform, DCT) và phép biến đổi wavelet rời rạc (discrete wavelet transform, DWT). Phép biến đổi tuyến tính này có thể được biểu diễn bởi phép nhân ma trận của khối đầu vào và ma trận biến đổi bao gồm các hệ số định trước. Mặc dù các phương án làm ví dụ sẽ được mô tả bằng cách sử dụng phép DCT làm một ví dụ điển hình của phép biến đổi tuyến tính, nhưng cần hiểu rằng một hoặc nhiều phương án làm ví dụ khác có thể được áp dụng cho các phép biến đổi tuyến tính khác so với phép DCT.

FIG.7 là sơ đồ tham chiếu của quy trình biến đổi video theo một phương án làm ví dụ.

Như được mô tả ở trên, bộ phận biến đổi 130 theo một phương án làm ví dụ có thể biến đổi tín hiệu video thành khoảng tần số. Ví dụ, bộ phận biến đổi 130 có thể thực hiện bước biến đổi theo cột và biến đổi theo hàng đối với NxN khối đầu vào (trong đó N là số nguyên) và tạo ra NxN khối hệ số biến đổi. Giả sử rằng "Input" biểu thị NxN khối đầu vào, "Transform_hor" biểu thị ma trận biến đổi DCT theo hàng, "transform_ver" biểu thị ma trận biến đổi DCT theo cột và "Output" biểu thị giá trị đầu ra của kết quả biến đổi, như được thể hiện trên FIG.7, thì quy trình biến đổi có thể được biểu diễn bởi phép nhân ma trận, chẳng hạn như phương trình: $Output = Transform_hor \times Input \times Transform_ver$. Ở đây, phép nhân ma trận thứ nhất, $Transform_hor \times Input$, có thể tương ứng với phép DCT một chiều được thực hiện trên mỗi hàng của N×N khối đầu vào Input, và phép nhân của $Transform_hor \times Input$ với $Transform_ver$ có thể tương ứng với phép DCT một chiều được thực hiện trên mỗi cột của phép biến đổi này. Ma trận biến đổi DCT theo hàng $Transform_hor$ có thể có mối quan hệ ma trận chuyển vị với ma trận biến đổi DCT theo cột $Transform_ver$.

Hệ số nằm ở vị trí điểm ảnh (i,k) (trong đó i và k là các số nguyên) của ma trận biến đổi theo hàng $Transform_hor$ có thể được xác định là H_{ik} , giá trị nằm ở vị trí (i,k) của khối đầu vào Input có thể được xác định là l_{ik} , và hệ số nằm ở vị trí điểm ảnh (i,k) của ma trận biến đổi theo cột $Transform_ver$ có thể được xác định là V_{ik} . Phần tử thứ (i,k) H_{ik} của ma trận biến đổi DCT theo hàng $Transform_hor$ có thể được xác định bằng phương trình 1:

Phương trình 1

$$H_{ik} = \alpha_i \cos \frac{\pi(2k+1)i}{2N}$$

$$\text{trong đó mỗi trong số } i \text{ và } k = 0, \dots, N-1, \alpha_0 = \sqrt{\frac{1}{N}}, \alpha_i = \sqrt{\frac{2}{N}}.$$

Phần tử thứ (i,k) V_{ik} của ma trận biến đổi DCT theo cột $Transform_ver$ có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng giá trị sử dụng hàm cosin giống với phần tử H_{ik} của ma trận biến đổi DCT theo hàng, là ma trận chuyển vị. Nói chung, hệ số của ma trận biến đổi có thể không được sử dụng trong quá trình biến đổi, nhưng giá trị thu được bằng cách nhân hệ số với hệ số thay đổi tỷ lệ định trước có thể được sử dụng để thực hiện quy trình biến đổi bằng cách sử dụng phép cộng và phép dịch. Mặc dù phương

trình 1 thể hiện phép DCT sử dụng các số dấu phẩy động, nhưng phép DCT có thể sử dụng phép biến đổi dấu phẩy cố định ngoài phép biến đổi dấu phẩy động. Các phương án làm ví dụ có thể được áp dụng cho tất cả các ma trận biến đổi và không bị giới hạn ở kiểu biến đổi.

Khi phép DCT một chiều theo hàng được thực hiện đối với khối đầu vào 730, nghĩa là, khi phép nhân ma trận thứ nhất Transform_hor x Input được tính toán, thì mỗi phần tử của ma trận giá trị trung gian thu được bằng cách tính toán phép nhân ma trận thứ nhất Transform_hor x Input có thể thu được bằng cách cộng các giá trị tích số, chẳng hạn Habxlcd (mỗi trong số a, b, c và d là một số nguyên bất kỳ nằm trong khoảng từ 1 đến 4). Trong một ví dụ, phần tử thứ (1, 1) của ma trận giá trị trung gian thu được từ các kết quả của phép nhân ma trận thứ nhất Transform_hor x Input có thể là $H11 \times I11 + H12 \times I21 + H13 \times I31 + H14 \times I41$. Giả sử rằng độ sâu bit của giá trị đầu vào của khối đầu vào được biến đổi hiện thời là m (trong đó m là số nguyên), giá trị tuyệt đối của giá trị đầu vào có thể nhỏ hơn hoặc bằng 2^m (nghĩa là, $Icd \leq 2^m$). Ngoài ra, giả sử rằng giá trị tuyệt đối của mỗi phần tử Hab của khối biến đổi nhỏ hơn hoặc bằng 2^p (trong đó p là số nguyên), thì mỗi trong số ma trận thu được từ các kết quả tính toán của phép biến đổi một chiều theo hàng Transform_hor x Input có thể nhỏ hơn hoặc bằng $4 \times 2^m \times 2^p$ (hoặc 2^{m+p+2}). Theo khía cạnh khác, bằng cách thực hiện phép DCT một chiều theo hàng, có thể hiểu rằng độ sâu bit đầu vào m có thể được tăng lên nhiều nhất bằng p+2. Nghĩa là, trong quy trình biến đổi, độ sâu bit có thể được tăng lên theo cách giống với khi giá trị đầu vào được nhân với giá trị định trước sử dụng phép nhân và phép cộng. Tương tự, khi phép DCT một chiều theo cột được thực hiện, thì giá trị trung gian của quá trình hoạt động có thể cao hơn so với giá trị đầu vào nhờ phép nhân và phép cộng, nhờ đó làm tăng độ sâu bit.

Theo đó, giá trị trung gian thu được trong quá trình biến đổi có thể có giá trị nhỏ hơn hoặc bằng độ chính xác bit tối đa sử dụng được trong các thiết bị mã hóa và giải mã. Do đó, các phương án làm ví dụ đề xuất phương pháp thay đổi tỷ lệ, có thể ngăn chặn sự quá tải trong quá trình hoạt động, và làm tăng độ sâu bit của tín hiệu video khi xem xét sự tăng lên trong độ sâu bit trong quy trình biến đổi để cải thiện độ chính xác tính toán.

Giả sử rằng sự gia tăng theo độ sâu bit gây ra trong quy trình biến đổi một chiều là TransformBitIncrease, độ sâu bit của tín hiệu video đầu vào được nhập vào bộ phận biến đổi 110 là m, sự suy giảm theo độ sâu bit gây ra bởi bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 là de_scaling_bits, và độ sâu bit được tăng lên nhiều nhất bằng

TransformBitInceasement thông qua mỗi trong số hai quy trình biến đổi một chiều (các quy trình biến đổi một chiều theo hàng và theo cột) được thể hiện trên FIG.7, giá trị tối đa của độ sâu bit của tín hiệu được kết xuất bởi bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 có thể là $m+2 \times \text{TransformBitInceasement-de_scaling_bits}$. Nghĩa là, giá trị tuyệt đối của tín hiệu được kết xuất bởi bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 có thể nhỏ hơn hoặc bằng $2^{(m+2 \times \text{TransformBitInceasement-de_scaling_bits})}$. Theo đó, để ngăn chặn sự quá tải, giá trị khả thi tối đa $2^{(m+2 \times \text{TransformBitInceasement-de_scaling_bits})}$ của giá trị trung gian thu được trong quá trình hoạt động có thể nhỏ hơn hoặc bằng giá trị tối đa sử dụng được bởi thiết bị mã hóa tín hiệu video 100. Nghĩa là, số lượng bit tối đa $m+2 \times \text{TransformBitInceasement-de_scaling_bits}$ của giá trị trung gian của độ sâu bit có thể nhỏ hơn hoặc bằng độ chính xác bit tối đa sử dụng được bởi thiết bị mã hóa tín hiệu video 100.

Theo đó, bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu của tín hiệu dư được kết xuất bởi bộ phận dự đoán 110 khi xem xét giá trị tối đa của giá trị trung gian. Cụ thể, giả sử rằng độ sâu bit của tín hiệu dư được thay đổi bởi bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 và được nhập vào bộ phận biến đổi 130 là độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu m_{opt} , vì giá trị trung gian được biến đổi và khử thay đổi tỷ lệ bởi bộ phận biến đổi 130 và bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 là $2^{(m_{opt}+2 \times \text{TransformBitInceasement-de_scaling_bits})}$, nên giá trị trung gian của độ sâu bit có thể là $m_{opt}+2 \times \text{TransformBitInceasement-de_scaling_bits}$. Khi độ chính xác bit tối đa sử dụng được bởi thiết bị mã hóa tín hiệu video 100 được xác định bằng $Maxbit$, thì điều kiện của phương trình 2 được thỏa mãn để ngăn chặn sự quá tải:

Phương trình 2

$$M_{opt} + 2 \times \text{TransformBitInceasement-de_scaling_bits} \leq \text{Maxbit}$$

Bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể xác định giá trị tối đa m_{opt} , có thể thỏa mãn phương trình 2, và xác định giá trị tối đa m_{opt} là độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu m_{opt} . Bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể so sánh độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu m_{opt} đã xác định với độ sâu bit m của tín hiệu dư được nhập vào bởi bộ phận dự đoán 110, và xác định giá trị dịch cục bộ $local_shift$, là chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu m_{opt} và độ sâu bit m của tín hiệu dư, như được biểu diễn ở phương trình 3:

Phương trình 3

$$local_shift = m_{opt} - m$$

Khi giá trị dịch cục bộ `local_shift` lớn hơn 0, nghĩa là, khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu mopt đã xác định lớn hơn độ sâu bit `m` của tín hiệu dư, thì bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể dịch tín hiệu dư sang trái ('<<') nhiều nhất bằng giá trị dịch cục bộ `local_shift` để tăng độ sâu bit `m` của tín hiệu dư, do đó tăng độ chính xác bit của tín hiệu dư. Nghĩa là, giả sử rằng tín hiệu dư ban đầu là "Input" và tín hiệu dư có độ sâu bit được thay đổi là "Adjusted_Input", bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể thay đổi độ sâu bit của tín hiệu dư như ở phương trình 4:

Phương trình 4

$$\text{Adjusted_Input} = \text{Input} \ll \text{local_shift}$$

Ví dụ, khi độ sâu bit của tín hiệu dư bằng 5 và độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu mopt bằng 8, thì tín hiệu dư có thể được dịch sang trái nhiều nhất bằng 3 bit sao cho độ sâu bit của tín hiệu dư có thể được tăng lên 8.

Ngoài ra, khi giá trị dịch cục bộ `local_shift` nhỏ hơn 0, nghĩa là, khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu mopt đã xác định nhỏ hơn độ sâu bit `m` của tín hiệu dư, thì bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể dịch tín hiệu dư sang phải ('>>') nhiều nhất bằng giá trị tuyệt đối của giá trị dịch cục bộ `local_shift` để giảm độ sâu bit của tín hiệu dư. Nghĩa là, bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể thay đổi độ sâu bit của tín hiệu dư như biểu diễn ở phương trình 5:

Phương trình 5

$$\text{Adjusted_Input} = (\text{Input} + \text{Offset}) \gg | \text{local_shift} | \quad (\text{khi } \text{Input} \geq 0)$$

$$\text{Adjusted_Input} = -((- \text{Input} + \text{Offset}) \gg | \text{local_shift} |) \quad (\text{khi } \text{Input} < 0)$$

Trong phương trình 5,

$$\text{Offset} = (1 \ll (| \text{local_shift} | - 1))$$

Khi giá trị dịch cục bộ `local_shift` nhỏ hơn 0, thì bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể thực hiện phép toán dịch sang trái khi xem xét việc làm tròn và thông tin về dấu như được thể hiện trong phương trình 5 để giảm độ sâu bit. Khi giá trị dịch cục bộ `local_shift` bằng 0, thì bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể bỏ qua thao tác thay đổi tỷ lệ.

Bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 có thể thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ để khôi phục độ sâu bit được thay đổi bởi bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 thành độ sâu bit ban đầu. Cụ thể, khi giá trị dịch cục bộ `local_shift` lớn hơn 0, nghĩa là, khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu mopt đã xác định lớn hơn độ sâu bit `m` của tín hiệu dư, thì bộ phận khử

thay đổi tỷ lệ 140 có thể dịch giá trị thu được bằng cách cộng độ lệch định trước vào tín hiệu video được biến đổi sang phải để giảm độ chính xác bit của tín hiệu video được biến đổi này. Khi giá trị dịch cục bộ *local_shift* nhỏ hơn 0, nghĩa là, khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu mopt đã xác định nhỏ hơn độ sâu bit *m* của tín hiệu dư, thì bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 có thể dịch tín hiệu video được biến đổi sang trái để tăng độ chính xác bit của tín hiệu video được biến đổi này. Giả sử rằng tín hiệu được biến đổi, đã thay đổi tỷ lệ được kết xuất bởi bộ phận biến đổi 130 là "adjusted_Output" và tín hiệu video được khôi phục thành tỷ lệ ban đầu bởi bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 là "Output", thì thuật toán khử thay đổi tỷ lệ có thể như sau:

```
{
  If (local_shift>0)
  { If (Adjusted_output≥0)
    Output=(Adjusted_output+Offset)>>local_shift
  else
    Output=-((-Adjusted_output+Offset)>>local_shift)
  }
else
  Output=Adjusted_output << local_shift
}
```

Trong thuật toán khử thay đổi tỷ lệ, $off_set=(1<<(\text{local_shift}-1))$.

FIG.2 là sơ đồ khối cấu trúc chi tiết của bộ phận biến đổi 130 trên FIG.1.

Nói chung, bộ phận biến đổi 240 có thể bao gồm các bộ biến đổi thứ *a* từ 241 đến 243 (trong đó *a* là số nguyên). Như được mô tả ở trên dựa vào FIG.7, phép DCT có thể bao gồm thao tác biến đổi hai bước bao gồm thao tác biến đổi một chiều theo hàng và thao tác biến đổi một chiều theo cột. Giả sử rằng độ sâu bit được tăng lên bởi mỗi trong số các bộ biến đổi thứ *a* từ 241 đến 243 là *TransformBitIncrease_{mk}* (trong đó *k* là số nguyên nằm trong khoảng từ 1 đến *a*), thì lượng độ sâu bit được tăng lên bởi bộ phận biến đổi 240 trên FIG.2 có thể là:

$$\sum_{k=1}^a \text{TransformBitIncrease}_{mk}$$

Theo đó, khi bộ phận biến đổi 130 trên FIG.1 bao gồm các bộ biến đổi thứ a từ 241 đến 243, như được thể hiện trên FIG.2, thì bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể xác định giá trị tối đa mopt, mà có thể thỏa mãn:

$$m_{opt} + \sum_{k=1}^a \text{TransformBitIncrease}_{k} - \text{de_scaling_bits} \leq \text{Maxbit}$$

và xác định giá trị tối đa mopt là độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu giống như trong phương trình 4. Tương tự, giả sử rằng bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 140 bao gồm các bộ phận khử thay đổi tỷ lệ thứ b (trong đó b là số nguyên) và độ sâu bit được giảm bởi mỗi bước khử thay đổi tỷ lệ là de_scaling_bitsk (trong đó k là số nguyên nằm trong khoảng từ 1 đến b), bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 có thể xác định giá trị tối đa mopt, mà thỏa mãn phương trình 6, và xác định giá trị tối đa mopt là độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu:

Phương trình 6

$$m_{opt} + \sum_{k=1}^a \text{TransformBitIncrease}_{k} - \sum_{k=1}^b \text{de_scaling_bits} \leq \text{Maxbit}$$

Nói chung, khi các bước biến đổi được thực hiện, các bước khử thay đổi tỷ lệ a-1 hoặc nhỏ hơn có thể được thực hiện. Do đó, b có thể bằng a-1.

FIG.3 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị mã hóa 300 theo phương án làm ví dụ thứ hai.

Dựa vào FIG.3, thiết bị mã hóa 300 theo phương án làm ví dụ thứ hai có thể bao gồm bộ phận dự đoán 310, bộ phận thay đổi tỷ lệ 320, bộ phận biến đổi 330, bộ phận lượng tử hóa 340 và bộ phận mã hóa entropy 350. Khi so sánh với thiết bị mã hóa tín hiệu video 100 trên FIG.1, trong thiết bị mã hóa 300 theo phương án làm ví dụ thứ hai, bộ phận biến đổi 330 có thể bao gồm các bộ biến đổi thứ a 331, 332 và 333 (trong đó a là số nguyên), bộ biến đổi bất kỳ trong số các bộ biến đổi này có thể được theo sau bởi một bộ khử thay đổi tỷ lệ 334 duy nhất. Mặc dù FIG.3 minh họa bộ khử thay đổi tỷ lệ 334 nằm bên cạnh bộ biến đổi thứ nhất 331, nhưng cần hiểu rằng một phương án làm ví dụ khác không bị giới hạn ở đó và bộ khử thay đổi tỷ lệ 334 có thể được bố trí ở vị trí bất kỳ giữa các bộ biến đổi. Bộ phận thay đổi tỷ lệ 320 có thể xác định giá trị tối đa mopt, mà thỏa mãn điều kiện của phương trình 6 khi xem xét sự gia tăng theo độ sâu bit được gây ra bởi mỗi bộ biến đổi 331, 332 và 333 có trong bộ phận biến đổi 330, và xác định giá trị tối đa mopt là độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu mopt. Vì các thành phần còn lại thiết bị mã hóa 300 theo phương án làm ví dụ thứ hai giống với

phương án làm ví dụ thứ nhất được mô tả ở trên dựa vào FIG.1, nên phần mô tả chi tiết về các phương án này có thể được lược bỏ.

FIG.4 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị mã hóa 400 theo phương án làm ví dụ thứ ba.

Dựa vào FIG.4, thiết bị mã hóa 400 theo phương án thứ ba có thể bao gồm bộ phận dự đoán 410, các bộ xử lý biến đổi 420, 430 và 440 (trong đó a là số nguyên), bộ phận lượng tử hóa 450 và bộ phận mã hóa entropy 460. Như được thể hiện trên FIG.4, các bộ xử lý biến đổi 420, 430 và 440 có thể lần lượt bao gồm các bộ thay đổi tỷ lệ 421, 431 và 441, các bộ biến đổi 422, 432 và 442 và bộ khử thay đổi tỷ lệ 423, 433 và 443. Như theo phương án làm ví dụ thứ nhất, mỗi trong số các bộ xử lý biến đổi 420, 430 và 440 của thiết bị mã hóa 400 theo phương án làm ví dụ thứ ba có thể xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu khi xem xét số lượng bit tối đa và độ chính xác bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong mỗi thao tác biến đổi của tín hiệu dư và thực hiện thao tác thay đổi tỷ lệ dựa vào giá trị dịch cục bộ, là chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu dư. Ngoài ra, mỗi trong số các bộ xử lý biến đổi 420, 430 và 440 của thiết bị mã hóa 400 có thể thực hiện thao tác biến đổi đối với tín hiệu được thay đổi tỷ lệ và khôi phục tín hiệu được biến đổi thành độ sâu bit ban đầu. Ví dụ, giả sử rằng độ sâu bit được tăng lên bởi bộ biến đổi 422 là TransformBitInceasement, thì độ sâu bit được giảm bởi bộ khử thay đổi tỷ lệ 422 là de_scaling_bits, và độ sâu bit của tín hiệu được kết xuất bởi bộ thay đổi tỷ lệ 421 là mopt, bộ thay đổi tỷ lệ 421 có thể xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu mopt, mà thỏa mãn $mopt + \text{TransformBitInceasement} - \text{de_scaling_bits} \leq \text{Maxbits}$, và tính toán giá trị dịch cục bộ local_shift, là chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu mopt và độ sâu bit m của tín hiệu dư, như được thể hiện ở phương trình 3.

Khi giá trị dịch cục bộ local_shift lớn hơn 0, thì bộ thay đổi tỷ lệ 421 có thể dịch tín hiệu dư nhiều nhất bằng giá trị dịch cục bộ local_shift sang trái ('<<') để làm tăng độ sâu bit của tín hiệu dư. Khi giá trị dịch cục bộ local_shift nhỏ hơn 0, thì bộ thay đổi tỷ lệ 421 có thể dịch tín hiệu dư sang phải để giảm độ sâu bit của tín hiệu dư. Tín hiệu có độ sâu bit được thay đổi bởi bộ thay đổi tỷ lệ 421 có thể được kết xuất đến bộ biến đổi 422, và tín hiệu được biến đổi thành khoảng tần số bởi bộ biến đổi 422 có thể được khôi phục thành độ sâu bit ban đầu bởi bộ khử thay đổi tỷ lệ thứ nhất 423. Mỗi trong số các bộ xử lý biến đổi thứ hai 430 và thứ ba 440 có thể thực hiện cùng thao tác thay đổi tỷ lệ, biến đổi và khử thay đổi tỷ lệ chi tiết như bộ xử lý biến đổi thứ

nhất 420 ngoại trừ tín hiệu được kết xuất bởi quy trình biến đổi trước đó được sử dụng làm tín hiệu đầu vào.

FIG.5 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị mã hóa 500 theo phương án làm ví dụ thứ tư.

Dựa vào FIG.5, thiết bị mã hóa 500 theo phương án làm ví dụ thứ tư có thể bao gồm bộ phận dự đoán 510, bộ phận thay đổi tỷ lệ 520, bộ phận biến đổi 530, bộ phận lượng tử hóa 540, bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 550 và bộ phận mã hóa entropy 560. Thao tác của thiết bị mã hóa 500 theo phương án làm ví dụ thứ tư có thể giống với Thao tác của thiết bị mã hóa tín hiệu video 100 theo phương án làm ví dụ thứ nhất ngoại trừ thao tác khử thay đổi tỷ lệ của bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 550 được thực hiện sau thao tác lượng tử hóa bộ phận lượng tử hóa 540, và do đó, phần mô tả chi tiết về thao tác này có thể được lược bỏ.

FIG.6 là sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị mã hóa 600 theo phương án làm ví dụ thứ năm.

Dựa vào FIG.6, thiết bị mã hóa 600 theo phương án làm ví dụ thứ năm có thể bao gồm bộ phận dự đoán 610, bộ phận thay đổi tỷ lệ 620, bộ phận biến đổi 630, bộ phận lượng tử hóa 640 và bộ phận mã hóa entropy 650. Thiết bị mã hóa 600 này theo phương án làm ví dụ thứ năm có thể thực hiện các thao tác tương tự với thiết bị mã hóa tín hiệu video 100 theo phương án làm ví dụ thứ nhất ngoại trừ bộ phận khử thay đổi tỷ lệ không được đề xuất. Mặc dù thiết bị mã hóa 600 theo phương án làm ví dụ thứ năm không thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ, nhưng thiết bị giải mã 1100 theo một phương án làm ví dụ khác được mô tả dưới đây dựa vào FIG.11 có thể thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ sao cho tín hiệu được khôi phục ở phía giải mã có thể có cùng độ sâu bit với tín hiệu video ban đầu được mã hóa. Vì thiết bị mã hóa 600 theo phương án làm ví dụ thứ năm không bao gồm bộ phận khử thay đổi tỷ lệ, nên bộ phận thay đổi tỷ lệ 620 có thể tính toán giá trị tối đa của giá trị trung gian Temp thu được trong quá trình biến đổi bằng cách sử dụng bộ phận biến đổi 630, như thể hiện ở phương trình 7:

Phương trình 7

$$Temp = 2^{m + \sum_{k=1}^a TransformBitIncrease_{m,k}}$$

trong đó giá trị trung gian Temp có thể thu được trên giả thiết rằng bộ phận biến đổi 630 bao gồm các bộ biến đổi thứ a và độ sâu bit được tăng lên bởi các bộ biến đổi

thứ a là $\text{TransformBitIncrease}_{mk}$ (trong đó k là số nguyên nằm trong khoảng từ 1 đến a).

Bộ phận thay đổi tỷ lệ 620 có thể xác định giá trị tối đa m_{opt} , mà thỏa mãn phương trình 8, và xác định giá trị tối đa m_{opt} là độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu m_{opt} .

Phương trình 8

$$m_{opt} + \sum_{k=1}^a \text{TransformBitIncrease}_{mk} \leq \text{Maxbit}$$

Bộ phận thay đổi tỷ lệ 620 có thể so sánh độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu m_{opt} đã xác định với độ sâu bit m của tín hiệu dư được nhập vào bởi bộ phận dự đoán 610, xác định giá trị dịch cục bộ local_shift , là chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu m_{opt} và độ sâu bit m của tín hiệu dư, thực hiện phép dịch đổi với tín hiệu dư tùy thuộc vào việc xem giá trị dịch cục bộ local_shift đã xác định lớn hơn hay nhỏ hơn 0, và thay đổi độ sâu bit của tín hiệu dư. Như được mô tả ở trên, tín hiệu dư có độ sâu bit đã thay đổi có thể trải qua các thao tác biến đổi, lượng tử hóa và mã hóa entropy để tạo ra dòng bit.

Để thiết bị giải mã 1100 trên FIG.11 tương ứng với thiết bị mã hóa 600 theo phương án làm ví dụ thứ năm để thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ, giá trị dịch cục bộ local_shift mà nhờ đó thiết bị mã hóa 600 thực hiện thao tác thay đổi tỷ lệ được báo hiệu. Giá trị dịch cục bộ local_shift được xác định bởi bộ phận thay đổi tỷ lệ 620 có thể có giá trị định trước khi xem xét ít nhất một trong số kích thước của khối biến đổi được sử dụng trong quá trình biến đổi, độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video và tham số lượng tử hóa. Khi giá trị dịch cục bộ local_shift được xác định bằng cách sử dụng ít nhất một trong số kích thước của khối biến đổi, thì độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video và tham số lượng tử hóa, vì thiết bị giải mã 1100 có thể xác định giá trị dịch cục bộ local_shift bằng cách sử dụng các tham số được mô tả ở trên, quy trình mã hóa giá trị dịch cục bộ local_shift bổ sung có thể được lược bỏ.

Khi bộ phận thay đổi tỷ lệ 620 xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu như được biểu diễn ở phương trình 8 và xác định giá trị dịch cục bộ local_shift , giá trị dịch cục bộ local_shift này được sử dụng cho thao tác thay đổi tỷ lệ được báo hiệu trong các đơn vị khối. Trong trường hợp này, chỉ chênh lệch giữa giá trị dịch cục bộ local_shift của khối hiện thời và giá trị dịch cục bộ local_shift của khối ngoại vi có thể có trong dòng bit trong các đơn vị khối thay vì báo hiệu giá trị dịch cục bộ local_shift thực tế sao cho giá trị dịch cục bộ local_shift này có thể được truyền đến thiết bị đầu

cuối giải mã. Giống với phương án làm ví dụ thứ năm được mô tả ở trên, và cũng như trong các thiết bị mã hóa được mô tả ở trên theo các phương án làm ví dụ từ thứ nhất đến thứ tư, bộ phận thay đổi tỷ lệ 620 có thể tính toán độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu và xác định giá trị dịch cục bộ `local_shift`, chỉ chênh lệch giữa giá trị dịch cục bộ `local_shift` của khối hiện thời và giá trị dịch cục bộ `local_shift` của khối ngoại vi có thể có trong dòng bit sao cho thông tin về giá trị dịch cục bộ `local_shift` có thể được truyền đến thiết bị đầu cuối giải mã.

FIG.8 là sơ đồ tham chiếu của bước thay đổi tỷ lệ theo một phương án làm ví dụ khác.

Nói chung, định dạng video của thiết bị xử lý video số có thể sử dụng độ sâu bit cố định. Định dạng video theo lĩnh vực kỹ thuật có liên quan có thể bao gồm 8 bit được cấp phát cho mỗi điểm ảnh trong mỗi màu. Trong định dạng video có độ sâu bit N bit, vì giá trị điểm ảnh được phân phối ở vùng $[0, 2N-1]$ (nghĩa là, vùng giữa 0 và $2N-1$), nên giá trị điểm ảnh của chuỗi video có độ sâu bit 8-bit có thể được phân phối ở vùng $[0, 28-1]$. Giá trị điểm ảnh của chuỗi video có thể được phân phối chắc chắn hơn gần tâm của vùng giá trị điểm ảnh và không chắc chắn được phân phối ở gần bên ngoài. Nghĩa là, sự phân phối giá trị điểm ảnh của chuỗi video ban đầu có thể được đưa ra bởi phương trình 9:

Phương trình 9

$$0 \leq \text{Min} \leq \text{Org} \leq \text{Max} \leq 2^N - 1$$

Vì mỗi trong số giá trị điểm ảnh ban đầu `Org` và các giá trị tối đa `Max` và tối thiểu `Min` của giá trị điểm ảnh ban đầu `Org` lớn hơn hoặc bằng 0 và nhỏ hơn hoặc bằng $2N-1$, nên giá trị điểm ảnh ban đầu `Org` có thể được phân phối ở vùng giá trị điểm ảnh với khoảng nhỏ hơn so với khoảng tối đa khả thi thực tế $2N-1$.

Dựa vào FIG.8, giá trị điểm ảnh có độ sâu bit 8-bit có thể được phân phối ở vùng 810 $[0, 255]$, trong khi giá trị điểm ảnh ban đầu thực tế có thể được phân phối ở vùng 820 $[\text{Min}, \text{Max}]$. Khi giá trị điểm ảnh ban đầu chỉ được phân phối ở vùng từng phần mà không ở khoảng từ giới hạn tối đa đến giới hạn tối thiểu, có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng độ sâu bit ban đầu, giá trị điểm ảnh có thể được biểu diễn ở nhiều mức khác nhau bằng cách mở rộng khoảng động của giá trị điểm ảnh ban đầu đến khoảng từ giới hạn tối đa đến giới hạn tối thiểu, có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng độ sâu bit ban đầu. Do đó, hiệu quả xử lý hình ảnh có thể được cải thiện. Theo đó, trong bộ phận thay đổi tỷ lệ theo một phương án làm ví dụ khác, khi các giá trị

thiểu và tối đa của giá trị điểm ảnh ban đầu được biết đến, khoảng động của giá trị điểm ảnh ban đầu có thể thay đổi nhiều nhất bằng độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và thao tác thay đổi tỷ lệ tín hiệu video có thể được thực hiện dựa vào khoảng động đã thay đổi của giá trị điểm ảnh ban đầu.

Cụ thể, giả sử rằng giá trị tối thiểu của giá trị điểm ảnh của tín hiệu video là Min (821), giá trị tối đa của giá trị điểm ảnh của tín hiệu video là Max (822), và giá trị bất kỳ ở vùng 820 [Min,Max] là In (823), khi vùng 820 [Min,Max] mở rộng đến vùng $[0, 2^{m_{opt}}-1]$ mà có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu m_{opt} đã xác định, thì giá trị In (823) có thể được thay đổi thành giá trị Adjusted_In như được thể hiện ở phương trình 10:

Phương trình 10

$$Adjusted_In = \frac{(In - Min)}{Max - Min} * (2^{m_{opt}} - 1)$$

Bộ phận thay đổi tỷ lệ có thể dịch tín hiệu video được thay đổi bởi phương trình 10 sang trái hoặc sang phải theo giá trị dịch cục bộ local_shift như được mô tả ở trên và thực hiện thao tác thay đổi tỷ lệ.

Khi khoảng động của tín hiệu video được thay đổi như được mô tả ở phương trình 10, thì bộ phận khử thay đổi tỷ lệ có thể khôi phục tín hiệu video được biến đổi thành khoảng ban đầu bằng cách sử dụng các giá trị tối thiểu và tối đa Min và Max của tín hiệu video và thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ đối với tín hiệu video với khoảng được khôi phục.

Cụ thể, giả sử rằng tín hiệu video có khoảng động được thay đổi và được biến đổi bởi bộ phận biến đổi và được kết xuất là "adjusted_Output", bộ phận khử thay đổi tỷ lệ có thể khôi phục giá trị Adjusted_Output thành khoảng ban đầu của tín hiệu video như được thể hiện ở phương trình 11, khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video có khoảng được khôi phục thành độ sâu bit ban đầu, và tạo ra giá trị đầu ra Output có khoảng được khôi phục và độ sâu bit ban đầu:

Phương trình 11

$$Output = (Adjusted_output) * (Max - Min) / (2^{m_{opt}} - 1) + Min$$

FIG.9 là lưu đồ minh họa phương pháp mã hóa tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ.

Dựa vào FIG.9 ở bước 910, độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu của tín hiệu video có thể được xác định khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được ở thao

tác biến đổi tín hiệu video và độ chính xác bit tối đa của tín hiệu video. Như được mô tả ở trên, số lượng bit tối đa của giá trị trung gian có thể là giá trị thu được bằng cách trừ tỷ lệ bit khử thay đổi tỷ lệ được giảm bởi thao tác khử thay đổi tỷ lệ để giảm độ sâu bit mở rộng, có thể tương ứng với thao tác thay đổi tỷ lệ để mở rộng độ sâu bit của tín hiệu video, từ giá trị thu được bằng cách cộng sự gia tăng bit biến đổi, là sự gia tăng bit thu được ở bước biến đổi tín hiệu video, thành độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video. Khi bước biến đổi tín hiệu video bao gồm a bước biến đổi và b thao tác khử thay đổi tỷ lệ (trong đó a và b là các số nguyên), thì bộ phận khử thay đổi tỷ lệ có thể xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu sao cho giá trị thu được bằng cách trừ giá trị thu được bằng cách cộng các tỷ lệ bit khử thay đổi tỷ lệ thu được bởi b thao tác khử thay đổi tỷ lệ tương ứng từ giá trị thu được bằng cách cộng những sự gia tăng bit biến đổi thu được bởi a bước biến đổi tương ứng vào độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu, như được thể hiện ở phương trình 6 nêu trên.

Ở bước 920, tín hiệu video có thể được thay đổi tỷ lệ theo giá trị dịch cục bộ tương ứng với chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video. Cụ thể, khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định lớn hơn độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video, thì tín hiệu video có thể được dịch sang trái nhiều nhất bằng độ dịch cục bộ, là chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video, để tăng độ chính xác bit của tín hiệu video. Khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định nhỏ hơn độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video, thì tín hiệu video có thể được dịch sang phải nhiều nhất bằng chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video để giảm độ chính xác bit của tín hiệu video.

Ở bước 930, tín hiệu video được thay đổi tỷ lệ có thể được biến đổi. Phương pháp mã hóa tín hiệu video theo phương án làm ví dụ này có thể còn bao gồm thao tác khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video được biến đổi để khôi phục tín hiệu video được biến đổi, đã thay đổi tỷ lệ thành độ sâu bit ban đầu. Thao tác khử thay đổi tỷ lệ này có thể là thao tác nghịch đảo với thao tác thay đổi tỷ lệ. Khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu lớn hơn độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video, thì giá trị thu được bằng cách cộng độ lệch định trước vào tín hiệu video được biến đổi có thể được dịch sang phải để giảm độ chính xác bit của tín hiệu video được biến đổi này. Khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu nhỏ hơn độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video, thì tín hiệu video được biến đổi có thể được dịch sang trái để tăng độ chính xác bit của tín hiệu video được biến đổi.

FIG.10 là sơ đồ khối của thiết bị 1000 để giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ.

Dựa vào FIG.10, thiết bị 1000 để giải mã tín hiệu video theo phương án làm ví dụ này có thể bao gồm bộ phận phân tích cú pháp 1010, bộ phận giải mã entropy 1020, bộ phận lượng tử hóa ngược 1030, bộ phận thay đổi tỷ lệ 1040, bộ phận biến đổi ngược 1050, bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 1060, bộ phận dự đoán 1070 và bộ phận khôi phục hình ảnh 1080.

Bộ phận phân tích cú pháp 1010 có thể phân tích cú pháp dòng bit nhận được và trích xuất dữ liệu được mã hóa của tín hiệu video. Bộ phận giải mã entropy 1020 có thể thực hiện thao tác giải mã entropy đối với dữ liệu được mã hóa đã trích xuất và khôi phục dữ liệu được giải mã entropy này. Bộ phận lượng tử hóa ngược 1030 có thể lượng tử hóa ngược dữ liệu được giải mã entropy. Bộ phận thay đổi tỷ lệ 1040 có thể xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu của dữ liệu được giải mã entropy khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong quá trình biến đổi ngược dữ liệu được giải mã entropy và độ chính xác bit tối đa của dữ liệu được giải mã entropy và thay đổi tỷ lệ dữ liệu được giải mã entropy theo giá trị dịch cục bộ, là chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy. Thao tác cụ thể của bộ phận thay đổi tỷ lệ 1040 có thể tương tự với thao tác của bộ phận thay đổi tỷ lệ 120 của thiết bị mã hóa tín hiệu video 100 theo phương án làm ví dụ được mô tả ở trên dựa vào FIG.1, ngoại trừ dữ liệu được giải mã entropy được sử dụng làm giá trị đầu vào và số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được bởi bộ phận biến đổi ngược 1050 được xem xét để xác định độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu.

Bộ phận biến đổi ngược 1050 có thể biến đổi ngược dữ liệu được giải mã entropy đã thay đổi tỷ lệ, trong khi bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 1060 có thể thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ để khôi phục độ sâu bit của dữ liệu được biến đổi ngược thành độ sâu bit ban đầu. Giá trị đầu ra của bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 1060 có thể là tín hiệu dư có độ sâu bit ban đầu được nhập vào bộ phận thay đổi tỷ lệ trong quá trình mã hóa. Bộ phận dự đoán 1070 có thể thực hiện thao tác dự đoán liên ảnh hoặc dự đoán nội ảnh để tạo ra tín hiệu dự đoán, và bộ phận khôi phục hình ảnh 1080 có thể thêm tín hiệu dự đoán và tín hiệu dư có độ sâu bit ban đầu để khôi phục tín hiệu video.

FIG.11 là sơ đồ khối của thiết bị 1100 để giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ khác.

Dựa vào FIG.11, thiết bị 1100 để giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ khác có thể bao gồm bộ phận phân tích cú pháp 1110, bộ phận giải mã entropy 1120, bộ phận lượng tử hóa ngược 1130, bộ phận biến đổi ngược 1140, bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 1150, bộ phận dự đoán 1160 và bộ phận khôi phục hình ảnh 1170. Thiết bị giải mã 1100 theo phương án làm ví dụ này có thể thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ, được bỏ qua bởi thiết bị mã hóa 600 trên FIG.6, theo phương án làm ví dụ thứ năm. Bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 1150 có thể xác định giá trị dịch cục bộ được sử dụng để khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video được giải mã và khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video được giải mã theo giá trị dịch cục bộ đã xác định. Khi giá trị dịch cục bộ có giá trị định trước được xác định khi xem xét ít nhất một trong số kích thước của khối biến đổi, thì độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video và tham số lượng tử hóa, thì bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 1150 có thể xác định cùng giá trị dịch cục bộ được sử dụng trong quá trình mã hóa bằng cách sử dụng ít nhất một trong số các tham số được mô tả ở trên và thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ. Khi giá trị dịch cục bộ được báo hiệu bằng cách sử dụng chênh lệch giữa giá trị dịch cục bộ của khối hiện thời và giá trị dịch cục bộ của khối ngoại vi theo các đơn vị của các khối định trước tạo thành tín hiệu video, thì bộ phận khử thay đổi tỷ lệ 1150 có thể thêm giá trị dịch cục bộ của khối ngoại vi được giải mã trước đó và chênh lệch khi độ dịch cục bộ được khôi phục từ dòng bit để khôi phục giá trị dịch cục bộ của khối hiện thời và thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ bằng cách sử dụng giá trị dịch cục bộ được khôi phục. Vì các thành phần khác của thiết bị giải mã 1100 thực hiện các thao tác tương tự với các thao tác của thiết bị giải mã 1000 theo phương án làm ví dụ được mô tả ở trên dựa vào FIG.10, nên phần mô tả chi tiết của về các thao tác này sẽ được lược bỏ.

FIG.12 là lưu đồ minh họa phương pháp giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ.

Dựa vào FIG.12, ở bước 1210, dòng bit nhận được có thể được phân tích cú pháp để trích xuất dữ liệu được mã hóa của tín hiệu video. Ở bước 1220, dữ liệu được mã hóa đã trích xuất có thể được giải mã entropy để khôi phục dữ liệu được giải mã entropy.

Ở bước 1230, độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu của dữ liệu được giải mã entropy có thể được xác định khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong khi biến đổi ngược dữ liệu được giải mã entropy và độ chính xác bit tối đa của dữ liệu được giải mã entropy. Ở đây, số lượng bit tối đa của giá trị trung gian có thể là giá trị thu được bằng cách trừ tỷ lệ bit khử thay đổi tỷ lệ được làm giảm bởi thao tác

khử thay đổi tỷ lệ để giảm độ sâu bit mở rộng, tương ứng với thao tác thay đổi tỷ lệ để mở rộng độ sâu bit của dữ liệu được giải mã entropy từ giá trị thu được bằng cách cộng sự gia tăng bit biến đổi ngược, là sự gia tăng bit thu được trong khi biến đổi ngược dữ liệu được giải mã entropy thành độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy. Khi thao tác giải mã bao gồm c bước biến đổi ngược (trong đó c là số nguyên) và d thao tác khử thay đổi tỷ lệ để làm giảm độ sâu bit mở rộng (trong đó d là số nguyên), tương ứng với thao tác thay đổi tỷ lệ để mở rộng độ sâu bit của dữ liệu được giải mã entropy, thì độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu có thể được xác định sao cho giá trị thu được bằng cách trừ giá trị thu được bằng cách cộng các tỷ lệ bit khử thay đổi tỷ lệ thu được bởi d thao tác khử thay đổi tỷ lệ tương ứng từ giá trị thu được bằng cách cộng các sự gia tăng bit biến đổi ngược thu được bởi c bước biến đổi ngược tương ứng vào độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu nhỏ hơn độ chính xác bit tối đa.

Ở bước 1240, dữ liệu được giải mã entropy có thể được thay đổi tỷ lệ theo giá trị dịch cục bộ, là chênh lệch giữa độ sâu bit tối ưu đã xác định và độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy. Cụ thể, khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu lớn hơn độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy, thì dữ liệu được giải mã entropy có thể được dịch sang trái nhiều nhất bằng chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu và độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy để làm tăng độ chính xác bit của dữ liệu được giải mã entropy. Khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu nhỏ hơn độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy, thì dữ liệu được giải mã entropy có thể được dịch sang phải nhiều nhất bằng chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu và độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã để làm giảm độ chính xác bit của dữ liệu được giải mã entropy.

Ở bước 1250, dữ liệu được giải mã entropy đã thay đổi tỷ lệ có thể được biến đổi ngược.

Phương pháp giải mã tín hiệu video theo phương án làm ví dụ này có thể còn bao gồm thao tác khử thay đổi tỷ lệ dữ liệu biến đổi ngược. Quy trình khử thay đổi tỷ lệ có thể là quy trình nghịch đảo của quy trình thay đổi tỷ lệ. Khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu lớn hơn độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy, thì giá trị thu được bằng cách cộng độ lệch định trước vào dữ liệu được biến đổi ngược có thể được dịch sang phải để giảm độ chính xác bit của dữ liệu được biến đổi ngược. Khi độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu nhỏ hơn độ sâu bit ban đầu của dữ liệu được giải mã entropy, thì dữ liệu biến đổi ngược có thể được dịch sang trái để tăng độ chính xác bit của dữ liệu được biến đổi ngược.

FIG.13 là lưu đồ minh họa phương pháp giải mã tín hiệu video theo một phương án làm ví dụ khác. Phương pháp theo phương án làm ví dụ này có thể tương ứng với quy trình giải mã tín hiệu video có độ sâu bit ban đầu bằng cách thực hiện thao tác khử thay đổi tỷ lệ được bỏ qua bởi phía giải mã theo cách giống với thiết bị giải mã 1100 trên FIG.11.

Dựa vào FIG.13, ở bước 1310, tín hiệu video được mã hóa, đã thay đổi tỷ lệ có thể nhận được theo giá trị dịch cục bộ, là chênh lệch giữa độ sâu bit thay đổi tỷ lệ tối ưu được xác định khi xem xét số lượng bit tối đa của giá trị trung gian thu được trong khi biến đổi tín hiệu video và độ chính xác bit tối đa của tín hiệu video và độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video này.

Ở bước 1320, tín hiệu video nhận được có thể được giải mã entropy, lượng tử hóa và biến đổi ngược để tạo ra tín hiệu video được giải mã.

Ở bước 1330, giá trị dịch cục bộ được sử dụng để khử thay đổi tỷ lệ tín hiệu video được giải mã có thể được xác định. Như được mô tả ở trên, giá trị dịch cục bộ này có thể được xác định khi xem xét độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video và tham số lượng tử hóa hoặc được xác định bằng cách cộng giá trị dịch cục bộ của khối ngoại vi được giải mã trước đó và chênh lệch giá trị dịch cục bộ được khôi phục từ dòng bit.

Ở bước 1340, tín hiệu video được giải mã có thể được khử thay đổi tỷ lệ theo giá trị dịch cục bộ đã xác định để thay đổi độ sâu bit của tín hiệu video được giải mã thành độ sâu bit ban đầu của tín hiệu video được sử dụng trong quy trình mã hóa.

Theo các phương án làm ví dụ, độ sâu bit của tín hiệu video có thể được tăng lên trong khi biến đổi và biến đổi ngược tín hiệu video để cải thiện độ chính xác tính toán. Hơn nữa, ngay cả khi độ sâu bit của tín hiệu video được tăng lên, tín hiệu video này có thể được xử lý trong khi ngăn chặn sự xuất hiện của sự quá tải vượt quá độ sâu bit có thể cho phép trong hoạt động tính toán.

Các phương án làm ví dụ có thể được ghi dưới dạng các chương trình máy tính và có thể được thực hiện trong các máy tính kỹ thuật số sử dụng cho mục đích chung để thực thi các chương trình bằng cách sử dụng vật ghi đọc được bằng máy tính. Các ví dụ về vật ghi đọc được bằng máy tính này bao gồm các vật ghi lưu trữ, chẳng hạn như các vật ghi lưu trữ từ tính (ví dụ, ROM, đĩa mềm, đĩa cứng, v.v.) và các vật ghi quang học (ví dụ, CD-ROM hoặc DVD). Hơn nữa, một hoặc nhiều bộ phận của các thiết bị mã hóa và giải mã được mô tả ở trên có thể bao gồm bộ xử lý hoặc bộ vi xử lý thực thi chương trình máy tính được lưu trữ trong vật ghi đọc được bằng máy tính này.

Theo các phương án làm ví dụ, độ chính xác tính toán có thể được cải thiện trong khi xử lý tín hiệu video mà không gây ra quá tải trong khoảng không vượt quá độ sâu bit có thể cho phép trong bộ mã hóa-giải mã.

Trong khi các phương án làm ví dụ đã được thể hiện và mô tả cụ thể ở trên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu được rằng các thay đổi về hình thức và chi tiết có thể được thực hiện theo sáng chế này mà không lệch khỏi mục đích và phạm vi của sáng chế như được xác định theo các điểm yêu cầu bảo hộ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị giải mã video, thiết bị này bao gồm:

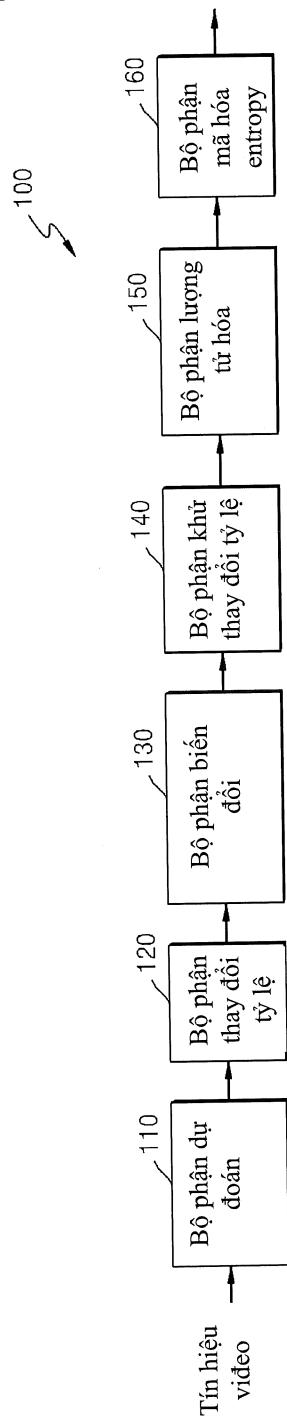
bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định độ sâu bit của các mẫu trong chuỗi video, thu các hệ số biến đổi được lượng tử hóa của khối biến đổi trong chuỗi video này từ dòng bit, tạo ra các hệ số biến đổi được thay đổi tỷ lệ của khối biến đổi bằng cách thực hiện bước lượng tử hóa ngược và thay đổi tỷ lệ đối với các hệ số biến đổi được lượng tử hóa, tạo ra các giá trị mẫu trung gian của khối biến đổi bằng cách thực hiện bước biến đổi ngược theo chiều dọc đối với các hệ số biến đổi được thay đổi tỷ lệ, tạo ra các giá trị dư của khối biến đổi bằng cách thực hiện bước biến đổi ngược theo chiều ngang đối với các giá trị mẫu trung gian của khối biến đổi, tạo ra khối dự đoán bằng cách thực hiện bước dự đoán nội ảnh hoặc dự đoán liên ảnh và khôi phục các giá trị mẫu bằng cách sử dụng các giá trị dư của khối biến đổi và khối dự đoán,

trong đó khi bộ xử lý thực hiện bước thay đổi tỷ lệ đối với các hệ số biến đổi được lượng tử hóa, thì bộ xử lý xác định giá trị độ lệch dựa vào biến thay đổi tỷ lệ, thêm các hệ số biến đổi được lượng tử hóa ngược vào giá trị độ lệch này và thực hiện việc dịch bit đối với các hệ số biến đổi được thêm vào này theo biến thay đổi tỷ lệ, và

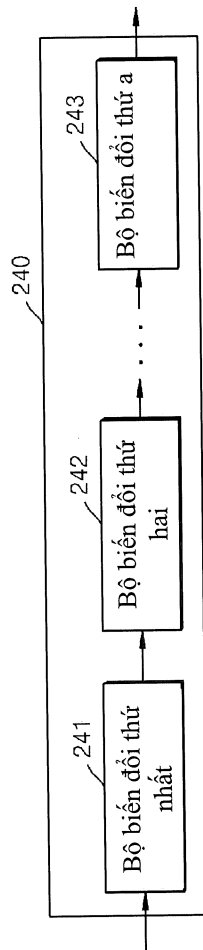
trong đó biến thay đổi tỷ lệ được tạo ra bằng cách sử dụng kích thước của khối biến đổi và độ sâu bit của các mẫu.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó mỗi trong số bước biến đổi ngược theo chiều dọc và biến đổi ngược theo chiều ngang bao gồm phép biến đổi tuyến tính là phép biến đổi cosin rời rạc (discrete cosine transform, DCT) hoặc phép biến đổi wavelet rời rạc (discrete wavelet transform, DWT).

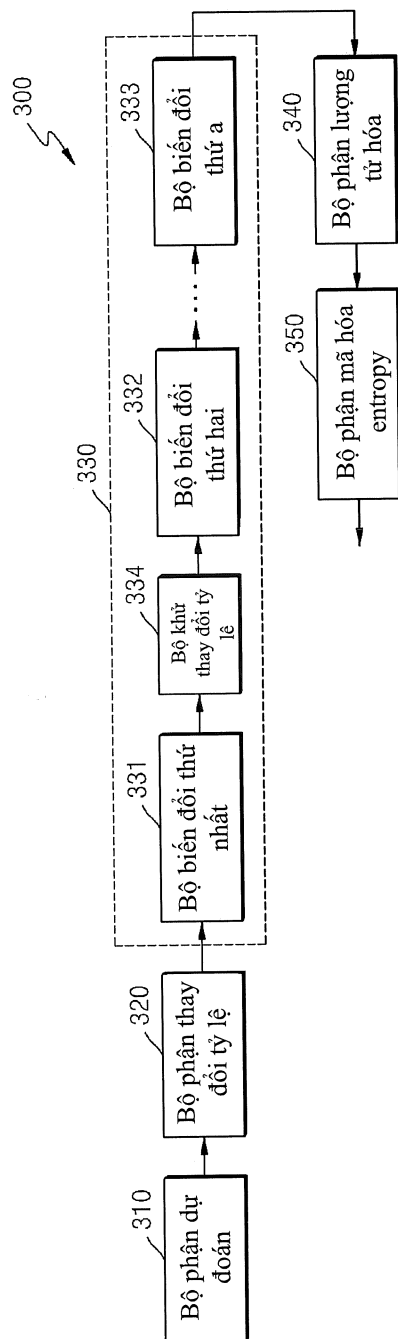
[Fig. 1]



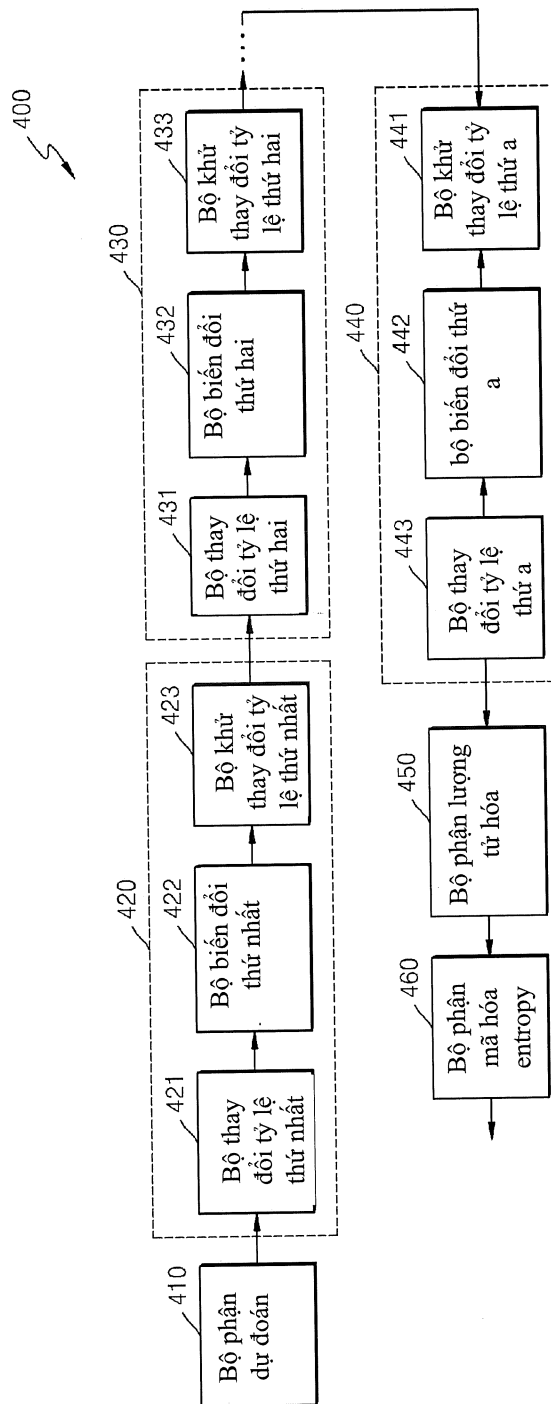
[Fig. 2]



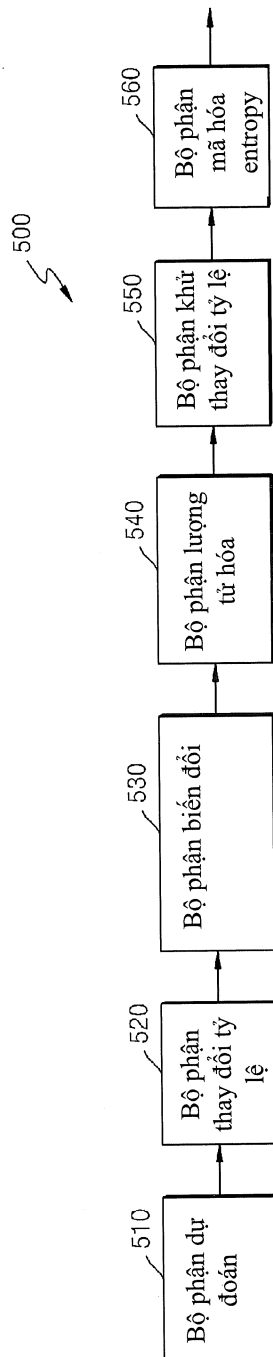
[Fig. 3]



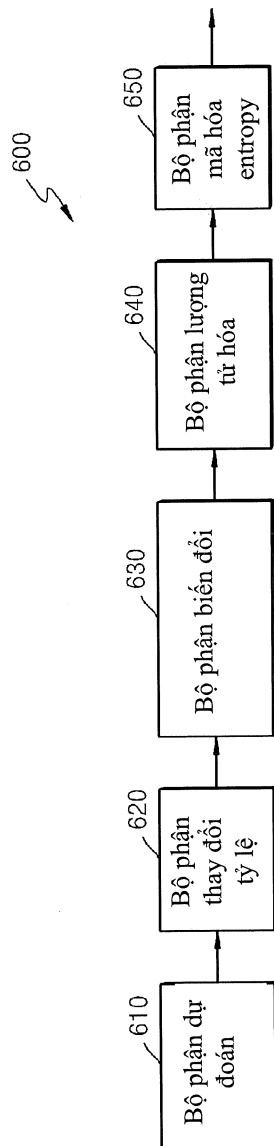
[Fig. 4]



[Fig. 5]



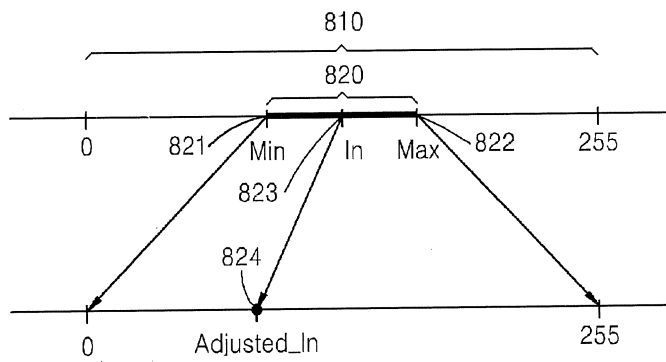
[Fig. 6]



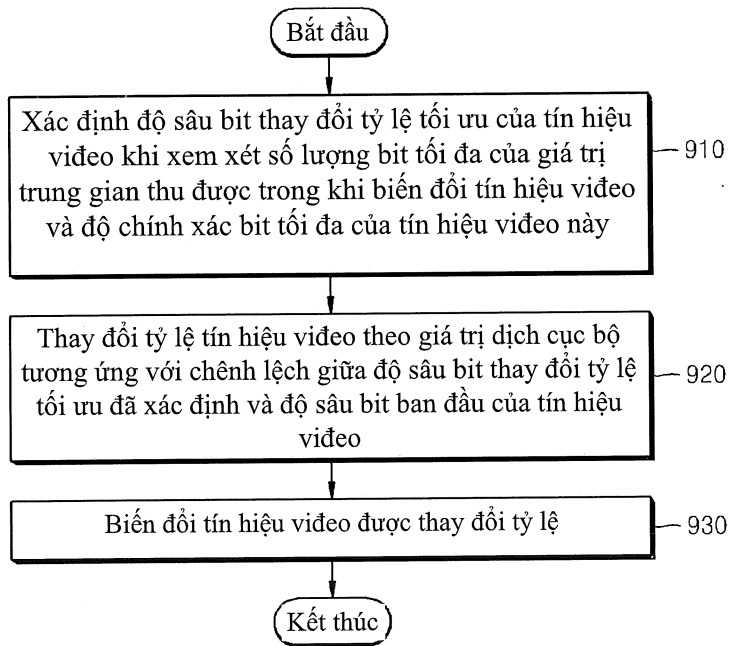
[Fig. 7]

$$\begin{aligned}
 \text{Output} = \text{Transform_hor} \times \text{Input} \times \text{Transform_ver} \\
 \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & R_{24} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & R_{34} \\ R_{41} & R_{42} & R_{43} & R_{44} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} & H_{14} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} & H_{24} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} & H_{34} \\ H_{41} & H_{42} & H_{43} & H_{44} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_{11} & I_{12} & I_{13} & I_{14} \\ I_{21} & I_{22} & I_{23} & I_{24} \\ I_{31} & I_{32} & I_{33} & I_{34} \\ I_{41} & I_{42} & I_{43} & I_{44} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & V_{13} & V_{14} \\ V_{21} & V_{22} & V_{23} & V_{24} \\ V_{31} & V_{32} & V_{33} & V_{34} \\ V_{41} & V_{42} & V_{43} & V_{44} \end{bmatrix} \\
 \text{710} & \quad \text{720} \quad \text{730} \quad \text{740}
 \end{aligned}$$

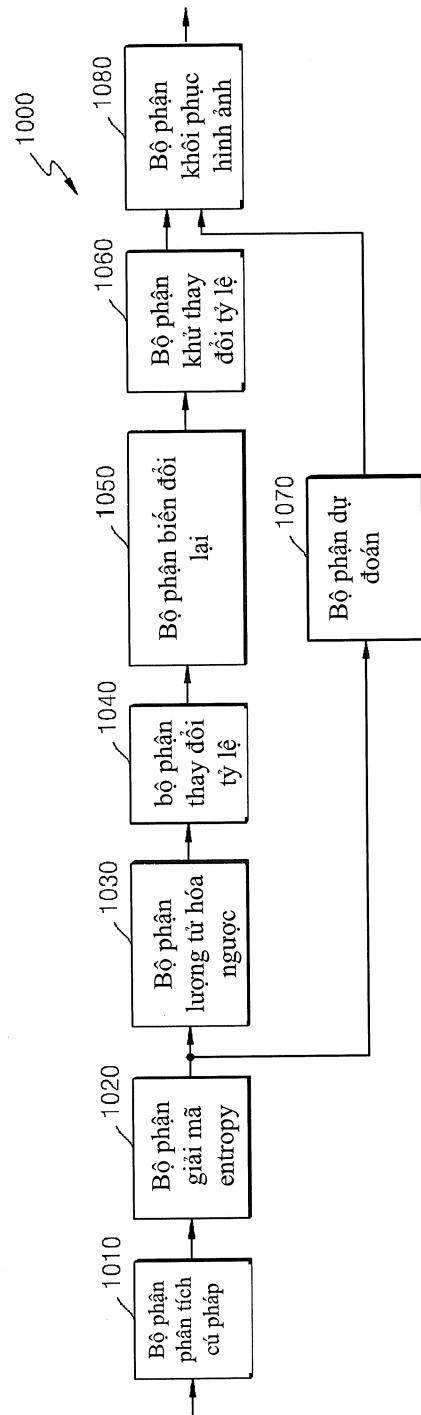
[Fig. 8]



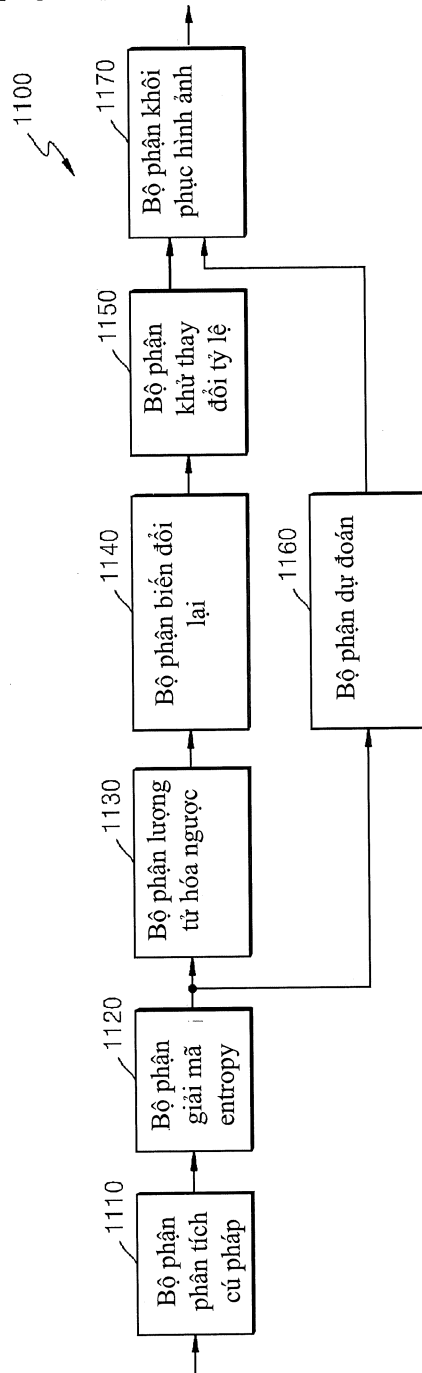
[Fig. 9]



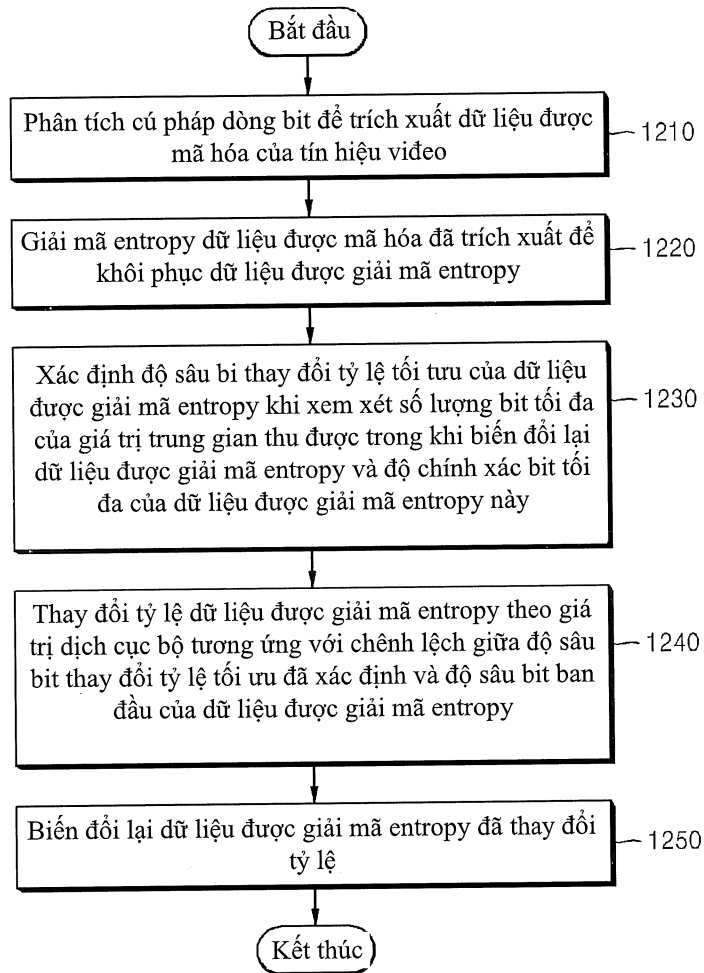
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]

