



(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)



1-0029928

(51)⁷ H04N 7/26; H04N 7/30

(13) B

(21) 1-2016-03512

(22) 28/09/2011

(62) 1-2013-01295

(86) PCT/KR2011/007165 28/09/2011

(87) WO 2012/044076 05/04/2012

(30) 61/387,128 28/09/2010 US

(45) 25/11/2021 404

(43) 26/12/2016 345A

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

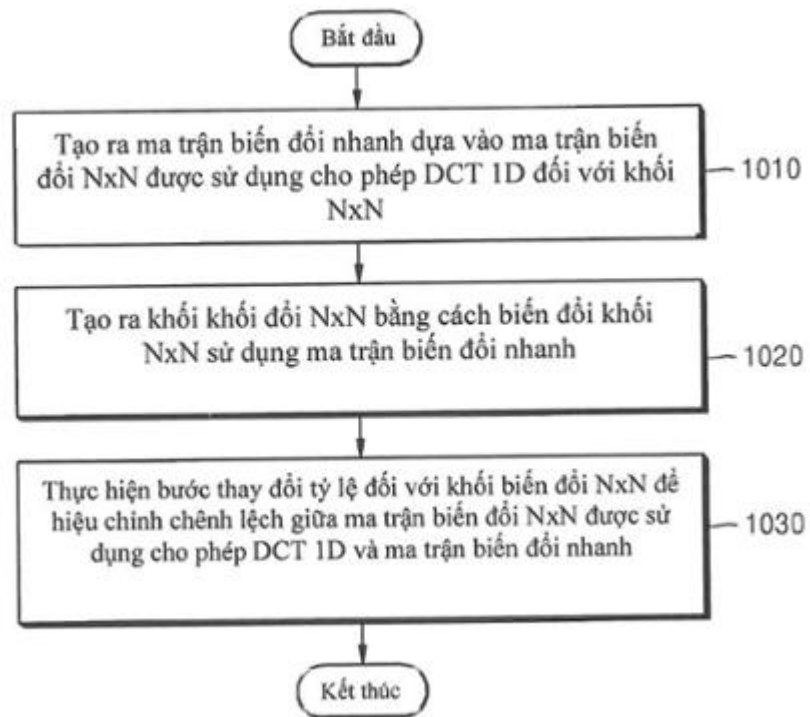
129, Samsung-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-742, Republic of Korea

(72) HONG, Yoon-Mi (KR); HAN, Woo-Jin (KR); CHEON, Min-Su (KR); CHEN, Jianle (CN).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP GIẢI MÃ VIDEO

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị giải mã video. Thiết bị giải mã video này bao gồm bộ xử lý được tạo cấu hình để: nhận khối biến đổi được lượng tử hóa có kích thước định trước, xác định hằng số thay đổi tỷ lệ để thay đổi tỷ lệ các hệ số biến đổi có trong khối biến đổi được lượng tử hóa dựa vào tham số lượng tử hóa, thay đổi tỷ lệ các hệ số biến đổi bằng cách sử dụng hằng số thay đổi tỷ lệ, và biến đổi ngược khối biến đổi mà bao gồm các hệ số biến đổi đã thay đổi tỷ lệ. Trong đó, khi i biểu thị phần dư sau khi tham số lượng tử hóa được chia cho 6, thì hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=0$ là 40, hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=1$ là 45, hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=2$ là 51, hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=3$ là 57, hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=4$ là 64 và hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=5$ là 72.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp mã hóa video, thiết bị mã hóa video, phương pháp giải mã video và thiết bị giải mã video, và cụ thể hơn là, phương pháp và thiết bị biến đổi khối có kích thước lớn, và phương pháp và thiết bị biến đổi ngược khối biến đổi có kích thước lớn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Theo chuẩn mã hóa video quốc tế hiện nay, chẳng hạn như H.264 hoặc MPEG-4, tín hiệu video được chia theo cách phân cấp thành trình tự, khung, lát, khối macrô và khối, trong đó khối này là đơn vị xử lý tối thiểu. Về mặt mã hóa, sai số dự đoán còn lại của khối được xác định thông qua phép dự đoán nội khung hoặc liên khung, phép biến đổi khối được thực hiện sao cho năng lượng tập trung vào hệ số là số thập phân, và dữ liệu hình ảnh được nén và ghi dưới dạng dòng bit được mã hóa thông qua bước lượng tử hóa, quét, mã hóa chiều dài chạy và mã hóa entropy. Về mặt giải mã, các quy trình được thực hiện theo thứ tự ngược lại. Trước tiên, hệ số biến đổi khối để mã hóa entropy được trích xuất từ dòng bit. Sau đó, sai số dự đoán còn lại của khối được khôi phục thông qua bước lượng tử hóa ngược và biến đổi ngược, và thông tin dự đoán được sử dụng để khôi phục dữ liệu video của khối. Trong quy trình mã hóa-giải mã, mô đun biến đổi là cơ sở để nén video, và hiệu suất biến đổi của mô đun biến đổi ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất chung của bộ mã hóa-giải mã.

Phép biến đổi cosin rời rạc (Discrete Cosine Transform, DCT) được sử dụng làm chuẩn mã hóa video gốc, chẳng hạn như MPEG-1 hoặc H.261. Sau khi phép DCT được giới thiệu vào năm 1974, phép DCT này đã được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực mã hóa hình ảnh và video. Hiệu suất biến đổi của phép DCT tuyệt vời so với tất cả các phép biến đổi dưới điểm tối ưu vì phép DCT loại bỏ tương quan của các phần tử hình ảnh ở miền biến đổi và chuẩn bị cơ sở để nén hình ảnh hiệu quả cao. Tuy nhiên, vì ma trận DCT được biểu diễn bằng cách sử dụng các số dấu phẩy động, nên nhiều tài nguyên hệ thống được sử dụng do có các phép toán dấu phẩy động lớn. Theo đó, thuật toán DCT mới được yêu cầu để cải thiện hiệu quả biến đổi trong khi thực hiện phép biến đổi đối với khối có kích thước lớn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Một hoặc nhiều phương án làm ví dụ đề xuất phương pháp mã hóa video, thiết bị mã hóa video, phương pháp giải mã video và thiết bị giải mã video mà cho phép biến đổi tần số nhanh đối với khối có kích thước lớn. Một hoặc nhiều phương án làm ví dụ còn đề xuất phương pháp mã hóa video, thiết bị mã hóa video, phương pháp giải mã video và thiết bị giải mã video, trong đó các sai số biến đổi có thể được tạo ra khi sử dụng phép biến đổi tần số nhanh có thể được bù thông qua bước thay đổi tỷ lệ hoặc khử thay đổi tỷ lệ được thực hiện trong quy trình lượng tử hóa hoặc khử lượng tử hóa.

Giải pháp cho vấn đề

Theo một phương án làm ví dụ, sai số do phép biến đổi cosin rời rạc ngược (Inverse Discrete Cosine Transform, IDCT) sử dụng ma trận biến đổi nhanh được giảm xuống bằng cách thực hiện bước thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp mã hóa video bao gồm các bước: tạo ra ma trận biến đổi nhanh dựa vào ma trận biến đổi được sử dụng để biến đổi tần số đối với khối có kích thước định trước; tạo ra khối biến đổi bằng cách biến đổi khối có kích thước định trước bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh; và thực hiện bước thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi để hiệu chỉnh chênh lệch giữa ma trận biến đổi được sử dụng để biến đổi tần số và ma trận biến đổi nhanh.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị mã hóa video bao gồm: bộ biến đổi để tạo ra ma trận biến đổi nhanh dựa vào ma trận biến đổi được sử dụng để biến đổi tần số đối với khối có kích thước định trước và tạo ra khối biến đổi bằng cách biến đổi khối có kích thước định trước bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh; và bộ lượng tử hóa để thực hiện bước thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi để hiệu chỉnh chênh lệch giữa ma trận biến đổi được sử dụng để biến đổi tần số và ma trận biến đổi nhanh.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp giải mã video bao gồm các bước: nhận khối biến đổi được lượng tử hóa có kích thước định trước; thực hiện bước khử thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi được lượng tử hóa để hiệu chỉnh chênh lệch giữa ma trận biến đổi ngược được sử dụng để biến đổi ngược tần số đối với khối biến đổi được lượng tử hóa và ma trận biến đổi ngược nhanh được tạo ra dựa vào ma trận biến đổi ngược; và tạo ra khối biến đổi ngược bằng cách biến đổi ngược khối biến đổi đã khử thay đổi tỷ lệ thu được bằng cách khử thay đổi tỷ lệ sử dụng ma trận biến đổi ngược nhanh.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị giải mã video bao gồm bộ khử

lượng tử hóa để thực hiện bước khử thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi được lượng tử hóa để hiệu chỉnh chênh lệch giữa ma trận biến đổi ngược được sử dụng để biến đổi ngược tần số đối với khối biến đổi được lượng tử hóa và ma trận biến đổi ngược nhanh được tạo ra dựa vào ma trận biến đổi ngược; và bộ biến đổi ngược để tạo ra khối biến đổi ngược bằng cách biến đổi ngược khối biến đổi đã khử thay đổi tỷ lệ thu được bằng cách khử thay đổi tỷ lệ sử dụng ma trận biến đổi ngược nhanh.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Trong phép biến đổi hình ảnh và biến đổi ngược hình ảnh theo sáng chế này, phép toán dựa trên số nguyên thay vì phép toán dấu phẩy động được thực hiện khi khối lớn được biến đổi và biến đổi ngược, sao cho độ phức tạp tính toán được giảm và tốc độ hoạt động được tăng lên.

Ngoài ra, giá trị sai số giữa phép biến đổi dựa vào phép toán dấu phẩy động và phép biến đổi nhanh có thể được bù bằng cách thực hiện bước thay đổi tỷ lệ và khử thay đổi tỷ lệ trong khi lượng tử hóa hoặc khử lượng tử hóa.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các dấu hiệu và ưu điểm nêu trên và các dấu hiệu và ưu điểm khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn bằng cách mô tả một cách chi tiết các phương án làm ví dụ của sáng chế dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là sơ đồ khối của thiết bị mã hóa video theo một phương án của sáng chế;

Fig.2 là biểu đồ luồng của phép biến đổi cosin rời rạc (DCT) 4-điểm, 8-điểm, 16-điểm và 32-điểm, theo một phương án của sáng chế;

Fig.3 là lưu đồ minh họa phương pháp tạo ra ma trận thay đổi tỷ lệ, theo một phương án của sáng chế;

Fig.4A đến Fig.4F minh họa các ma trận thay đổi tỷ lệ theo các tham số lượng tử hóa để sử dụng khi biến đổi đối với khối 16x16, theo một phương án của sáng chế;

Fig.5A đến Fig.5F minh họa các ma trận thay đổi tỷ lệ theo các tham số lượng tử hóa để sử dụng khi biến đổi đối với khối 32x32, theo một phương án của sáng chế;

Fig.6A đến Fig.6F minh họa các ma trận khử thay đổi tỷ lệ theo các tham số lượng tử hóa được áp dụng cho khối 16x16, theo một phương án của sáng chế;

Fig.7A đến Fig.7F minh họa các ma trận khử thay đổi tỷ lệ theo các tham số lượng tử hóa được áp dụng cho khối 32x32, theo một phương án của sáng chế;

Fig.8 là biểu đồ luồng của phép DCT 32-điểm theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.9 là sơ đồ tham chiếu minh họa quy trình hoạt động của cấu trúc dạng bướm tạo thành phép DCT 32-điểm trên Fig.8;

Fig.10 là lưu đồ minh họa phương pháp mã hóa video theo một phương án của sáng chế;

Fig.11 là sơ đồ khối của thiết bị giải mã video theo một phương án của sáng chế; và

Fig.12 là lưu đồ minh họa phương pháp giải mã video theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các phương án làm ví dụ sẽ được mô tả đầy đủ hơn dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Fig.1 là sơ đồ khối của thiết bị mã hóa video 100 theo một phương án của sáng chế.

Dựa vào Fig.1, thiết bị mã hóa video 100 bao gồm bộ dự đoán 110, bộ trừ 115, bộ biến đổi 120, bộ lượng tử hóa 130 và bộ mã hóa entropy 140.

Bộ dự đoán 110 chia hình ảnh đầu vào thành các khối có kích thước định trước, và tạo ra khối dự đoán bằng cách thực hiện bước dự đoán liên ảnh hoặc dự đoán nội ảnh đối với mỗi khối này. Cụ thể là, bộ dự đoán 110 thực hiện bước dự đoán liên ảnh để tạo ra khối dự đoán thông qua các quy trình dự đoán và bù chuyển động, để tạo ra vectơ chuyển động biểu thị vùng tương tự với khối hiện thời nằm trong khoảng tìm kiếm định trước của ảnh tham chiếu mà được mã hóa trước đó và sau đó được khôi phục, và dự đoán nội ảnh để tạo ra khối dự đoán bằng cách sử dụng dữ liệu của khối liền kề mà liền kề với khối hiện thời.

Bộ trừ 115 tạo ra phần dư bằng cách trừ khối dự đoán của khối hiện thời từ dữ liệu hình ảnh gốc.

Bộ biến đổi 120 biến đổi phần dư thành vùng tần số. Cụ thể, theo các phương án làm ví dụ của sáng chế, ma trận biến đổi cosin rời rạc (DCT) được xác định đối với khối hiện có mà có kích thước tương đối nhỏ, chẳng hạn như khối 4x4 hoặc 8x8, có thể được mở rộng và có thể được áp dụng cho khối có kích thước bằng ít nhất 16x16. Như được

mô tả dưới đây, bộ biến đổi 120 này thực hiện phép DCT theo các phép cộng và phép trừ dựa vào số nguyên và phép dịch chuyển, thay vì phép toán dấu phẩy động, bằng cách thay thế các phần tử của ma trận biến đổi được sử dụng cho phép DCT hiện có với các số hữu tỷ, nhờ đó giảm độ phức tạp tính toán trong khi tăng tốc độ hoạt động. Theo một phương án khác, bộ biến đổi 120 có thể thực hiện phép DCT bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh bao gồm các phần tử thu được bằng cách nhân các phần tử của ma trận biến đổi được sử dụng cho phép DCT với lũy thừa cơ số 2 và sau đó làm tròn các phần tử đã nhân này, nhờ đó giảm toàn bộ độ phức tạp tính toán.

Bộ lượng tử hóa 130 lượng tử hóa phần dư được biến đổi. Cụ thể là, bộ lượng tử hóa 130 thực hiện bước thay đổi tỷ lệ định trước để làm giảm giá trị sai số giữa kết quả biến đổi được thực hiện bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh bởi bộ biến đổi 120 và kết quả biến đổi được thực hiện bằng cách sử dụng ma trận DCT dựa vào phép toán dấu phẩy động thực tế. Bước thay đổi tỷ lệ và lượng tử hóa sẽ được mô tả một cách chi tiết sau.

Bộ mã hóa entropy 140 tạo ra dòng bit bằng cách thực hiện bước mã hóa theo độ dài biến đổi đối với dữ liệu hình ảnh được lượng tử hóa.

Phép biến đổi được thực hiện trong bộ biến đổi 120 trên Fig.1 hiện sẽ được mô tả một cách chi tiết.

Bộ biến đổi 120 thực hiện phép biến đổi theo cột và phép biến đổi theo hàng đối với khối đầu vào $N \times N$ (trong đó N biểu thị số nguyên) để tạo ra khối biến đổi $N \times N$. Khi khối đầu vào $N \times N$ là Input, ma trận DCT theo hàng là Transform_hor, ma trận DCT theo cột là Transform_ver và giá trị kết quả biến đổi là Output, thì bộ biến đổi 120 thực hiện phép toán ma trận được biểu diễn trong phương trình: $Output = Transform_hor \times Input \times Transform_ver$ để kết xuất giá trị kết quả biến đổi Output. Trong phép toán ma trận, phép nhân ma trận thứ nhất Transform_hor x Input tương ứng với việc thực hiện phép DCT theo chiều ngang một chiều (one-dimensional, 1D) đối với mỗi hàng của khối đầu vào $N \times N$ Input, và phép nhân Transform_hor x Input với Transform_ver tương ứng với việc thực hiện phép DCT theo chiều dọc 1D. Ma trận DCT theo hàng Transform_hor là ma trận chuyển vị của ma trận DCT theo cột Transform_ver. Mặc dù phần mô tả dưới đây tập trung vào ma trận biến đổi $N \times N$ và ma trận biến đổi ngược $N \times N$ để thực hiện phép biến đổi tần số và phép biến đổi ngược tần số đối với khối đầu vào $N \times N$, nhưng mục đích của sáng chế có thể cũng được áp dụng cho các trường hợp sử dụng ma trận biến đổi tần số $a \times b$ (trong đó a và b biểu thị

các số nguyên) và ma trận biến đổi ngược tần số axb.

Khi phần tử nằm ở vị trí (i,k) (trong đó i và k là các số nguyên) của ma trận biến đổi theo chiều dọc là A_{ik} , thì phần tử thứ (i,k) A_{ik} của ma trận biến đổi theo chiều dọc để biến đổi đối với khối đầu vào $N \times N$ có thể được xác định như trong phương trình 1.

Phương trình 1:

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

$$(i, k = 0, \dots, N-1, \alpha_0 = \sqrt{\frac{1}{N}}, \alpha_i = \sqrt{\frac{2}{N}})$$

Vì ma trận biến đổi theo chiều ngang là ma trận chuyển vị của ma trận biến đổi theo chiều dọc, nên phần tử thứ (i,k) B_{ik} của ma trận biến đổi theo chiều ngang được biểu diễn dưới dạng giá trị thu được bằng cách sử dụng hàm cosin, giống như ma trận biến đổi theo chiều dọc. Bộ biến đổi 120 có thể thực hiện phép DCT theo các phép cộng, phép trừ và phép dịch chuyển bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh được tạo ra bằng cách thay thế các phần tử của ma trận biến đổi được sử dụng cho phép DCT bằng các số hữu tỷ. Theo một phương án khác, bộ biến đổi 120 có thể thực hiện phép DCT bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh được tạo ra gồm các phần tử thu được bằng cách nhân các phần tử của ma trận biến đổi được sử dụng cho phép DCT với lũy thừa cơ số 2 và sau đó làm tròn các phần tử đã nhân này.

Fig.2 là biểu đồ luồng của phép DCT 4-điểm, 8-điểm, 16-điểm và 32-điểm, theo một phương án của sáng chế.

Dựa vào Fig.2, từ f0 đến f31 biểu thị các giá trị đầu vào của phép DCT một chiều (1D) và, ở cùng thời điểm, biểu thị các giá trị đầu ra của phép biến đổi cosin rời rạc ngược (inverse discrete cosine transform, IDCT) 1D. Từ F0 đến F31 biểu thị các giá trị đầu ra của phép DCT 1D và, ở cùng thời điểm, biểu thị các giá trị đầu vào của phép IDCT 1D. Hướng xử lý dữ liệu trong khi DCT là từ bên trái sang bên phải, và hướng xử lý trong khi IDCT là từ bên phải sang bên trái. Hai đường giao nhau ở một điểm biểu thị phép cộng hai số. Giá trị phía trên mỗi đường biểu thị phép nhân theo hệ số tương ứng. c0 biểu thị $\cos\theta$, s0 biểu thị $\sin\theta$ và ‘-’ biểu thị phép đảo dấu. Số chỉ dẫn 210 biểu thị đường đứt nét là biểu đồ luồng thể hiện phép DCT 1D 4 điểm, số chỉ dẫn 220 biểu thị đường đứt nét là biểu đồ luồng thể hiện phép DCT 1D 8 điểm, số chỉ dẫn

230 biểu thị đường đứt nét là biểu đồ luồng thể hiện phép DCT 1D 16 điểm và số chỉ dẫn 240 biểu thị đường đứt nét là biểu đồ luồng thể hiện phép DCT 1D 32 điểm.

Như được thể hiện trên biểu đồ luồng 200, $c\theta$ và $s\theta$ có thể trở thành các số vô tỷ theo giá trị θ trong phép DCT, và do đó độ phức tạp tính toán có thể tăng lên. Quy trình DCT này có thể làm tăng độ phức tạp khi được thực hiện bằng cách sử dụng phần cứng. Theo đó, theo một phương án làm ví dụ, bộ biến đổi 120 tạo ra ma trận biến đổi nhanh tương tự với ma trận DCT gốc bằng cách thay thế các giá trị hàm lượng giác của các phần tử được sử dụng để DCT bằng các số hữu tỷ. Theo một phương án làm ví dụ khác, bộ biến đổi 120 tạo ra ma trận biến đổi nhanh bằng cách nhân các phần tử được sử dụng cho phép DCT với hằng số định trước, ví dụ, 2^n , và làm tròn các phần tử đã nhân này.

Cụ thể là, dựa vào Fig.2, khi N bằng 16, nghĩa là, khi phép DCT 1D được thực hiện đối với khối đầu vào 16×16 , thì phép DCT 1D được thực hiện theo các đơn vị gồm 16 hàng và 16 cột của khối đầu vào 16×16 theo biểu đồ luồng 230. Khi $f = [f_0, f_1, f_2, \dots, f_{14}, f_{15}]^T$ biểu thị 16 giá trị đầu vào, thì $F = [F_0, F_1, F_2, \dots, F_{14}, F_{15}]^T$ biểu thị các giá trị kết quả biến đổi, và Original_A biểu thị ma trận biến đổi thể hiện quy trình biến đổi các giá trị đầu vào theo biểu đồ luồng 230, thì $F = \text{Original_A} \cdot f$ biểu thị phép DCT 1D.

Như được mô tả ở trên, vì $\cos\theta$ và $\sin\theta$ có thể là các số vô tỷ theo giá trị θ , nên bộ biến đổi 120 thay thế $\cos\theta$ và $\sin\theta$ có trong các phần tử của ma trận biến đổi Original_A bằng các số hữu tỷ. Ví dụ, khi $N = 16$, thì bộ biến đổi 120 thay thế $\cos 0$ bằng a_0 , $\cos(\pi(1/2)/16)$ bằng a_1 , $\cos(\pi(2/2)/16)$ bằng a_2 , $\cos(\pi(3/2)/16)$ bằng a_3 , $\cos(\pi(4/2)/16)$ bằng a_4 , $\cos(\pi(5/2)/16)$ bằng a_5 , $\cos(\pi(6/2)/16)$ bằng a_6 , $\cos(\pi(7/2)/16)$ bằng a_7 , $\cos(\pi(8/2)/16)$ bằng a_8 , $\cos(\pi(9/2)/16)$ bằng a_9 , $\cos(\pi(10/2)/16)$ bằng a_{10} , $\cos(\pi(11/2)/16)$ bằng a_{11} , $\cos(\pi(12/2)/16)$ bằng a_{12} , $\cos(\pi(13/2)/16)$ bằng a_{13} , $\cos(\pi(14/2)/16)$ bằng a_{14} và $\cos(\pi(15/2)/16)$ bằng a_{15} . Tương tự, $\sin\theta$ có thể được thay thế bằng các biến a_i bằng cách sử dụng hệ thức chẳng hạn như $\sin\theta = \cos(90-\theta)$. Các biến a_i có thể là các số hữu tỷ, và mẫu số của mỗi biến a_i có thể có giá trị bằng lũy thừa cơ số 2 có thể là phép dịch chuyển. Biến a_i bị giới hạn ở số hữu tỷ nhị nguyên vì nếu mẫu số là lũy thừa cơ số 2, thì phép chia hoặc phép toán tương tự cần thiết cho biến đổi có thể được thay thế bằng phép dịch chuyển sang phải ($>>$).

Ví dụ, khi N bằng 16, thì 16 biến a_i có thể là các giá trị sau: $a_1 = 63/64$,

$a_2 = 62/64$, $a_3 = 61/64$, $a_4 = 59/64$, $a_5 = 56/64$, $a_6 = 53/64$, $a_7 = 49/64$, $a_8 = 45/64$,
 $a_9 = 40/64$, $a_{10} = 35/64$, $a_{11} = 30/64$, $a_{12} = 24/64$, $a_{13} = 18/64$, $a_{14} = 12/64$ và
 $a_{15} = 6/64$.

Nếu N bằng 16, thì phép DCT 1D được thực hiện đối với khối đầu vào 16x16 bằng cách sử dụng ma trận biến đổi 16x16 A được thay thế có thể được biểu diễn dưới dạng phép toán sau, trong đó X_i (trong đó i biểu thị số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 15) biểu thị giá trị đầu vào cần được biến đổi, B_i , C_i , D_i , E_i và F_i biểu thị các giá trị trung gian, và Y_i biểu thị giá trị kết quả biến đổi:

{

/giai đoạn 0

$B_0 = X_0 + X_{15}$; $B_{15} = X_0 - X_{15}$; $B_1 = X_1 + X_{14}$; $B_{14} = X_1 - X_{14}$; $B_2 = X_2 + X_{13}$; $B_{13} = X_2 - X_{13}$; $B_3 = X_3 + X_{12}$; $B_{12} = X_3 - X_{12}$; $B_4 = X_4 + X_{11}$; $B_{11} = X_4 - X_{11}$; $B_5 = X_5 + X_{10}$; $B_{10} = X_5 - X_{10}$; $B_6 = X_6 + X_9$; $B_9 = X_6 - X_9$; $B_7 = X_7 + X_8$; $B_8 = X_7 - X_8$;

/giai đoạn 1

$C_0 = B_0 + B_7$; $C_7 = B_0 - B_7$; $C_1 = B_1 + B_6$; $C_6 = B_1 - B_6$; $C_2 = B_2 + B_5$; $C_5 = B_2 - B_5$; $C_3 = B_3 + B_4$; $C_4 = B_3 - B_4$; $C_{10} = (45*(B_{13} - B_{10})) \gg 6$; $C_{13} = (45*(B_{13} + B_{10})) \gg 6$; $C_{11} = (45*(B_{12} - B_{11})) \gg 6$; $C_{12} = (45*(B_{12} + B_{11})) \gg 6$;

/giai đoạn 2

$D_0 = C_0 + C_3$; $D_3 = C_0 - C_3$; $D_8 = B_8 + C_{11}$; $D_{11} = B_8 - C_{11}$; $D_{12} = B_{15} - C_{12}$; $D_{15} = B_{15} + C_{12}$; $D_1 = C_1 + C_2$; $D_2 = C_1 - C_2$; $D_9 = B_9 + C_{10}$; $D_{10} = B_9 - C_{10}$; $D_{13} = B_{14} - C_{13}$; $D_{14} = B_{14} + C_{13}$; $D_5 = (45*(C_6 - C_5)) \gg 6$; $D_6 = (45*(C_6 + C_5)) \gg 6$;

/giai đoạn 3

$Y_0 = (45*(D_0 + D_{11})) \gg 6$; $Y_8 = (45*(D_0 - D_{11})) \gg 6$; $Y_4 = (59*D_3 + 24*D_2) \gg 6$; $Y_{12} = (24*D_3 - 59*D_2) \gg 6$; $E_4 = C_4 + D_5$; $E_5 = C_4 - D_5$; $E_6 = C_7 - D_6$; $E_7 = C_7 + D_6$; $E_9 = (24*D_{14} - 59*D_9) \gg 6$; $E_{10} = (-59*D_{13} - 24*D_{10}) \gg 6$; $E_{13} = (24*D_{13} - 59*D_{10}) \gg 6$; $E_{14} = (59*D_{14} + 24*D_9) \gg 6$;

/giai đoạn 4

$Y_2 = (12*E_4 + 62*E_7) \gg 6$; $Y_{10} = (53*E_5 + 35*E_6) \gg 6$; $Y_6 = (53*E_6 -$

$35 * E5) \gg 6$; $Y14 = (12 * E7 - 62 * E4) \gg 6$; $F8 = D8 + E9$; $F9 = D8 - E9$; $F10 = D11 - E10$; $F11 = D11 + E10$; $F12 = D12 + E13$; $F13 = D12 - E13$; $F14 = D15 - E14$; $F15 = D15 + E14$;

/giai đoạn 5

$Y1 = (6 * F8 + 63 * F15) \gg 6$; $Y9 = (49 * F9 + 40 * F14) \gg 6$; $Y5 = (30 * F10 + 56 * F13) \gg 6$; $Y13 = (61 * F11 + 18 * F12) \gg 6$; $Y3 = (61 * F12 - 18 * F11) \gg 6$; $Y11 = (30 * F13 - 56 * F10) \gg 6$; $Y7 = (49 * F14 - 40 * F9) \gg 6$; $Y15 = (6 * F15 - 63 * F8) \gg 6$;

}

Ví dụ khác, nếu N bằng 32, giống như khi N bằng 16, ma trận biến đổi nhanh A được tạo ra bằng cách thay thế các phần tử tạo thành ma trận biến đổi 32x32 Original_A để sử dụng trong phép DCT 1D đối với khối 32x32 bằng các giá trị dựa vào 32 biến ai (trong đó i biểu thị số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 31). Dựa lại vào Fig.2, khi N bằng 32, nghĩa là, khi phép DCT 1D được thực hiện đối với khối đầu vào 32x32, thì phép DCT 1D được thực hiện theo các đơn vị gồm 32 hàng và 32 cột của khối đầu vào 32x32 theo biểu đồ luồng 240. Khi $f = [f_0, f_1, f_2, \dots, f_{30}, f_{31}]^T$ biểu thị 32 giá trị đầu vào, thì $F = [F_0, F_1, F_2, \dots, F_{30}, F_{31}]^T$ biểu thị các giá trị kết quả biến đổi, và Original_A biểu thị ma trận biến đổi thể hiện quy trình biến đổi các giá trị đầu vào theo biểu đồ luồng 240, thì phép DCT 1D được biểu diễn dưới dạng $F = \text{Original_A} * f$. Bộ biến đổi 120 tạo ra ma trận biến đổi nhanh A bằng cách thay thế thành phần $\cos(\pi x(i/2)/32)$ (trong đó i biểu thị số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 31) của các phần tử tạo thành ma trận biến đổi 32x32 Original_A bằng 32 biến ai là các số hữu tỷ.

Khi N bằng 32, thì 32 biến ai có thể có các giá trị sau: $a_1 = 255/256$, $a_2 = 254/256$, $a_3 = 253/256$, $a_4 = 251/256$, $a_5 = 248/256$, $a_6 = 244/256$, $a_7 = 241/256$, $a_8 = 236/256$, $a_9 = 231/256$, $a_{10} = 225/256$, $a_{11} = 219/256$, $a_{12} = 212/256$, $a_{13} = 205/256$, $a_{14} = 197/256$, $a_{15} = 189/256$, $a_{16} = 181/256$, $a_{17} = 171/256$, $a_{18} = 162/256$, $a_{19} = 152/256$, $a_{20} = 142/256$, $a_{21} = 131/256$, $a_{22} = 120/256$, $a_{23} = 109/256$, $a_{24} = 97/256$, $a_{25} = 86/256$, $a_{26} = 74/256$, $a_{27} = 62/256$, $a_{28} = 49/256$, $a_{29} = 37/256$, $a_{30} = 25/256$ và $a_{31} = 12/256$.

Khi N bằng 32, thì phép DCT 1D được thực hiện đối với khối đầu vào 32x32 bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh A có thể được biểu diễn theo phép toán sau, trong đó Xi (trong đó i biểu thị số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 31) biểu thị giá

trị đầu vào cần được biến đổi, Ai, Bi, Ci, Di, Ei và Fi là các giá trị trung gian, và Yi là giá trị kết quả biến đổi:

{

/giai đoạn 0

$A0 = X0 + X31$; $A31 = X0 - X31$; $A1 = X1 + X30$; $A30 = X1 - X30$; $A2 = X2 + X29$; $A29 = X2 - X29$; $A3 = X3 + X28$; $A28 = X3 - X28$; $A4 = X4 + X27$; $A27 = X4 - X27$; $A5 = X5 + X26$; $A26 = X5 - X26$; $A6 = X6 + X25$; $A25 = X6 - X25$; $A7 = X7 + X24$; $A24 = X7 - X24$; $A8 = X8 + X23$; $A23 = X8 - X23$; $A9 = X9 + X22$; $A22 = X9 - X22$; $A10 = X10 + X21$; $A21 = X10 - X21$; $A11 = X11 + X20$; $A20 = X11 - X20$; $A12 = X12 + X19$; $A19 = X12 - X19$; $A13 = X13 + X18$; $A18 = X13 - X18$; $A14 = X14 + X17$; $A17 = X14 - X17$; $A15 = X15 + X16$; $A16 = X15 - X16$;

/giai đoạn 1

$B0 = A0 + A15$; $B15 = A0 - A15$; $B1 = A1 + A14$; $B14 = A1 - A14$; $B2 = A2 + A13$; $B13 = A2 - A13$; $B3 = A3 + A12$; $B12 = A3 - A12$; $B4 = A4 + A11$; $B11 = A4 - A11$; $B5 = A5 + A10$; $B10 = A5 - A10$; $B6 = A6 + A9$; $B9 = A6 - A9$; $B7 = A7 + A8$; $B8 = A7 - A8$; $B20 = (181 * (A27 - A20)) \gg 8$; $B27 = (181 * (A27 + A20)) \gg 8$; $B21 = (181 * (A26 - A21)) \gg 8$; $B26 = (181 * (A26 + A21)) \gg 8$; $B22 = (181 * (A25 - A22)) \gg 8$; $B25 = (181 * (A25 + A22)) \gg 8$; $B23 = (181 * (A24 - A23)) \gg 8$; $B24 = (181 * (A24 + A23)) \gg 8$;

/giai đoạn 2

$C0 = B0 + B7$; $C7 = B0 - B7$; $C1 = B1 + B6$; $C6 = B1 - B6$; $C2 = B2 + B5$; $C5 = B2 - B5$; $C3 = B3 + B4$; $C4 = B3 - B4$; $C10 = (181 * (B13 - B10)) \gg 8$; $C13 = (181 * (B13 + B10)) \gg 8$; $C11 = (181 * (B12 - B11)) \gg 8$; $C12 = (181 * (B12 + B11)) \gg 8$; $C16 = A16 + B23$; $C23 = A16 - B23$; $C24 = A31 - B24$; $C31 = A31 + B24$; $C17 = A17 + B22$; $C22 = A17 - B22$; $C25 = A30 - B25$; $C30 = A30 + B25$; $C18 = A18 + B21$; $C21 = A18 - B21$; $C26 = A29 - B26$; $C29 = A29 + B26$; $C19 = A19 + B20$; $C20 = A19 - B20$; $C27 = A28 - B27$; $C28 = A28 + B27$;

/giai đoạn 3

$D0 = C0 + C3$; $D3 = C0 - C3$; $D8 = B8 + C11$; $D11 = B8 - C11$; $D12 = B15 - C12$; $D15 = B15 + C12$; $D1 = C1 + C2$; $D2 = C1 - C2$; $D9 = B9 + C10$; $D10 = B9 - C10$; $D13 = B14 - C13$; $D14 = B14 + C13$; $D5 = (181 * (C6 - C5)) \gg 8$;

$$\begin{aligned} D6 &= (181*(C6 + C5)) >> 8; D18 = (97*C29 - 236*C18) >> 8; D20 = (-236*C27 - \\ 97*C20) >> 8; D26 &= (-236*C21 + 97*C26) >> 8; D28 = (97*C19 + 236*C28) >> 8; \\ D19 &= (97*C28 - 236*C19) >> 8; D21 = (-236*C26 - 97*C21) >> 8; \\ D27 &= (-236*C20 + 97*C27) >> 8; D29 = (97*C18 + 236*C29) >> 8; \end{aligned}$$

/giai đoạn 4

$$\begin{aligned} Y0 &= (181*(D0 + D1)) >> 8; Y16 = (181*(D0 - D1)) >> 8; Y8 = (236*D3 + \\ 97*D2) &>> 8; Y24 = (97*D3 - 236*D2) >> 8; E4 = C4 + D5; E5 = C4 - D5; E6 = C7 \\ - D6; E7 &= C7 + D6; E9 = (97*D14 - 236*D9) >> 8; E10 = (-236*D13 - 97*D10) >> \\ 8; E13 &= (97*D13 - 236*D10) >> 8; E14 = (236*D14 + 97*D9) >> 8; E16 = C16 + \\ D19; E19 &= C16 - D19; E20 = C23 - D20; E23 = C23 + D20; E24 = C24 + D27; \\ E27 &= C24 - D27; E28 = C31 - D28; E31 = C31 + D28; E17 = C17 + D18; E18 = C17 \\ - D18; E21 &= C22 - D21; E22 = C22 + D21; E25 = C25 + D26; E26 = C25 - D26; \\ E29 &= C30 - D29; E30 = C30 + D29; \end{aligned}$$

/giai đoạn 5

$$\begin{aligned} Y4 &= (49*E4 + 251*E7) >> 8; Y20 = (212*E5 + 142*E6) >> 8; Y12 = (212*E6 \\ - 142*E5) &>> 8; Y28 = (49*E7 - 251*E4) >> 8; F8 = D8 + E9; F9 = D8 - E9; \\ F10 &= D11 - E10; F11 = D11 + E10; F12 = D12 + E13; F13 = D12 - E13; F14 = D15 \\ - E14; F15 &= D15 + E14; F17 = (49*E30 - 251*E17) >> 8; F18 = \\ (- 251*E29 - 49*E18) &>> 8; F21 = (212*E26 - 142*E21) >> 8; F22 = (-142*E25 - \\ 212*E22) &>> 8; F25 = (212*E25 - 142*E22) >> 8; F26 = (142*E26 + 212*E21) >> 8; \\ F29 &= (49*E29 - 251*E18) >> 8; F30 = (251*E30 + 49*E17) >> 8; \end{aligned}$$

/giai đoạn 6

$$\begin{aligned} Y2 &= (25*F8 + 254*F15) >> 8; Y18 = (197*F9 + 162*F14) >> 8; \\ Y10 &= (120*F10 + 225*F13) >> 8; Y26 = (244*F11 + 74*F12) >> 8; Y6 = (244*F12 \\ - 74*F11) &>> 8; Y22 = (120*F13 - 225*F10) >> 8; Y14 = (197*F14 - 162*F9) >> 8; \\ Y30 &= (25*F15 - 254*F8) >> 8; G16 = E16 + F17; G17 = E16 - F17; G18 = E19 - \\ F18; G19 &= E19 + F18; G20 = E20 + F21; G21 = E20 - F21; G22 = E23 - F22; \\ G23 &= E23 + F22; G24 = E24 + F25; G25 = E24 - F25; G26 = E27 - F26; G27 = E27 \\ + F26; G28 &= E28 + F29; G29 = E28 - F29; G30 = E31 - F30; G31 = E31 + F30; \end{aligned}$$

/giai đoạn 7

$$\begin{aligned} Y1 &= (12*G16 + 255*G31) >> 8; Y17 = (189*G17 + 171*G30) >> 8; \\ Y9 &= (109*G18 + 231*G29) >> 8; Y25 = (241*G19 + 86*G28) >> 8; Y5 = (62*G20 + \end{aligned}$$

$248 * G27) \gg 8$; $Y21 = (219 * G21 + 131 * G26) \gg 8$; $Y13 = (152 * G22 + 205 * G25) \gg 8$; $Y29 = (253 * G23 + 37 * G24) \gg 8$; $Y3 = (253 * G24 - 37 * G23) \gg 8$; $Y19 = (152 * G25 - 205 * G22) \gg 8$; $Y11 = (219 * G26 - 131 * G21) \gg 8$; $Y27 = (62 * G27 - 248 * G20) \gg 8$; $Y7 = (241 * G28 - 86 * G19) \gg 8$; $Y23 = (109 * G29 - 231 * G18) \gg 8$; $Y15 = (189 * G30 - 171 * G17) \gg 8$; $Y31 = (12 * G31 - 255 * G16) \gg 8$;

}

Như được mô tả ở trên, theo một phương án làm ví dụ khác, bộ biến đổi 120 tạo ra ma trận biến đổi nhanh bằng cách nhân các phần tử được sử dụng để DCT với 2^n và làm tròn các phần tử đã nhân này. Cụ thể là, ma trận biến đổi nhanh A được tạo ra bằng cách biến đổi các giá trị của các phần tử của ma trận DCT Original_A theo phương trình: $A = \text{round}(\text{Original_A} * 2^n)$, biểu diễn phép nhân ma trận biến đổi Original_A để sử dụng trong phép DCT 1D với 2^n (trong đó n là số nguyên) và sau đó làm tròn ma trận biến đổi đã nhân Original_A.

Theo các phương án làm ví dụ, vì bộ biến đổi 120 thực hiện phép biến đổi bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh A thay vì sử dụng ma trận biến đổi NxN gốc Original_A, nên xuất hiện sai số giữa giá trị kết quả dựa vào ma trận biến đổi NxN gốc Original_A, và giá trị kết quả dựa vào ma trận biến đổi đã thay thế A. Theo đó, theo một phương án làm ví dụ, sai số này được giảm thiểu bằng cách thực hiện bước thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi trong phép lượng tử hóa.

Fig.3 là lưu đồ minh họa phương pháp tạo ra ma trận thay đổi tỷ lệ, theo một phương án của sáng chế.

Dựa vào Fig.3, ở bước 310, ma trận sai số biến đổi Original_A-S $\otimes$ A tạo thành chênh lệch giữa ma trận S $\otimes$ A, thu được bằng cách nhân các phần tử của ma trận trung gian NxN S, trong đó mỗi phần tử trên hàng thứ i có giá trị bằng Si (trong đó i là số nguyên nằm trong khoảng từ 1 đến N), lần lượt với các phần tử tương ứng của ma trận biến đổi nhanh NxN A, và ma trận biến đổi NxN gốc Original_A thu được. $\otimes$ biểu thị phép nhân từng phần tử hoặc phép nhân theo phần tử, trong đó các phần tử ở cùng vị trí trong các ma trận được nhân với nhau.

Ví dụ, ma trận trung gian 16x16 S được xác định như sau:

$$S = \begin{pmatrix} S1 & S1 & \dots & S1 & S1 \\ S2 & S2 & \dots & S2 & S2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S16 & S16 & \dots & S16 & S16 \end{pmatrix}$$

Ở bước 320, các giá trị S_i mà cho phép tổng bình phương của các phần tử ngoại trừ thành phần đường chéo của ma trận sai số biến đổi $\text{Original_A-S} \otimes \text{A}$ nhỏ nhất thu được. Các giá trị S_i này có thể được xác định bằng cách sử dụng thuật toán tối ưu hóa bất kỳ. Ví dụ, các giá trị S_i có thể được xác định bằng cách thiết lập giá trị ban đầu $S1$ bằng $(1/4 \cdot 2^{(1/2)})$ và áp dụng thuật toán tối ưu hóa chẳng hạn như phương pháp Nelder-Mead Siplmlex.

Ở bước 330, ma trận thay đổi tỷ lệ được tạo ra dựa vào ma trận $S \otimes S^T$ thu được bằng cách nhân các phần tử của ma trận trung gian $N \times N$ S , mà các giá trị S_i thu được đã được áp dụng, lần lượt với các phần tử tương ứng của ma trận chuyển vị S^T của ma trận trung gian $N \times N$ S .

Khi PF biểu thị ma trận $S \otimes S^T$, thì ma trận thay đổi tỷ lệ MF có thể được tính toán theo phương trình: $MF = PF \cdot 2^m / Qstep$. Ở đây, $Qstep$ biểu thị bước lượng tử hóa, và m là số nguyên dương.

Các hình vẽ từ Fig.4A đến Fig.4F minh họa các ma trận thay đổi tỷ lệ MF theo các tham số lượng tử hóa QP để sử dụng khi biến đổi đối với khối 16×16 , theo một phương án của sáng chế. Fig.4 minh họa trường hợp trong đó m bằng 10 trong khi tính toán ma trận thay đổi tỷ lệ.

Các ma trận thay đổi tỷ lệ MF như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.4A đến Fig.4F được xác định đối với các giá trị $Qstep$ bằng 0,625; 0,6875; 0,8125; 0,875; 1 và 1,25 chỉ cho 6 bước lượng tử hóa ban đầu mà không cần phải xác định đối với tất cả các bước lượng tử hóa, vì khi tham số lượng tử hóa QP tăng lên 6, thì bước lượng tử hóa $Qstep$ được tăng gấp đôi, và do đó các ma trận thay đổi tỷ lệ MF có thể được xác định đối với các giá trị $Qstep$ của 6 bước lượng tử hóa ban đầu, và các ma trận thay đổi tỷ lệ MF theo các tham số lượng tử hóa QP còn lại có thể được chọn theo giá trị $(QP \bmod 6)$. Các ma trận thay đổi tỷ lệ MF trên các hình vẽ từ Fig.4A đến Fig.4F chỉ là các phương án làm ví dụ, và mỗi phần tử của ma trận thay đổi tỷ lệ MF có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng ± 1 hoặc ± 2 .

Ma trận thay đổi tỷ lệ MF này có thể thu được đối với khối 32×32 theo cách

tương tự như bước thu ma trận thay đổi tỷ lệ MF đối với khối 16×16 . Các hình vẽ từ Fig.5A đến Fig.5F minh họa các ma trận thay đổi tỷ lệ MF theo tham số lượng tử hóa QP được áp dụng cho khối 32×32 , mà thu được như được mô tả ở trên. Các ma trận thay đổi tỷ lệ MF trên các hình vẽ từ Fig.5A đến Fig.5F chỉ là các phương án, và mỗi phần tử của các ma trận thay đổi tỷ lệ MF có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng ± 1 hoặc ± 2 . Theo một phương án làm ví dụ, ma trận thay đổi tỷ lệ MF cụ thể không được áp dụng cho mỗi kích thước khối, mà chỉ 6 ma trận thay đổi tỷ lệ MF được thiết lập chỉ cho khối có kích thước định trước theo tham số lượng tử hóa QP, và sau đó ma trận thay đổi tỷ lệ đối với khối nhỏ hơn hoặc lớn hơn so với khối có kích thước định trước có thể là ma trận thay đổi tỷ lệ MF thu được sau khi tăng hoặc giảm các phần tử của 6 ma trận thay đổi tỷ lệ MF được thiết lập cho khối có kích thước định trước theo tỷ lệ giữa các kích thước của khối có kích thước định trước và khối nhỏ hơn hoặc lớn hơn đó. Ví dụ, 6 ma trận thay đổi tỷ lệ MF được thiết lập cho khối $M \times M$ theo tham số lượng tử hóa, và sau đó ma trận thay đổi tỷ lệ thu được bằng cách nhân các phần tử của 6 ma trận thay đổi tỷ lệ MF được thiết lập cho khối $M \times M$ với M/N có thể sẽ được sử dụng làm ma trận thay đổi tỷ lệ đối với khối $N \times N$. Ví dụ, khi ma trận thay đổi tỷ lệ MF được thiết lập cho khối 32×32 , thì các khối 2×2 , 4×4 , 8×8 và 16×16 có thể sử dụng các ma trận thay đổi tỷ lệ thu được bằng cách lần lượt tăng các phần tử của ma trận thay đổi tỷ lệ MF được thiết lập cho khối 32×32 lên 16 lần, 8 lần, 4 lần và hai lần. Tương tự, khi ma trận thay đổi tỷ lệ MF được thiết lập cho khối 32×32 , thì các khối 64×64 và 128×128 có thể sử dụng ma trận thay đổi tỷ lệ thu được bằng cách lần lượt giảm các phần tử của ma trận thay đổi tỷ lệ MF được thiết lập cho khối 32×32 xuống $1/2$ lần và $1/4$ lần. Như vậy, khi ma trận thay đổi tỷ lệ được thiết lập chỉ cho khối có kích thước định trước và các khối có kích thước khác sử dụng các ma trận thay đổi tỷ lệ được tăng hoặc giảm theo các tỷ lệ kích thước giữa khối có kích thước định trước và các khối có kích thước khác, thì bước lượng tử hóa hoặc khử lượng tử hóa có thể được thực hiện nhiều nhất bằng lượng tương ứng với tỷ lệ giữa các phần tử của các ma trận thay đổi tỷ lệ được thiết lập cho các kích thước khác nhau của các khối để khôi phục giá trị gốc của ma trận này. Như được mô tả ở trên, khi ma trận thay đổi tỷ lệ được thiết lập chỉ cho khối có kích thước định trước và các khối có kích thước khác sử dụng các ma trận thay đổi tỷ lệ được tăng hoặc giảm theo tỷ lệ kích thước giữa khối có kích thước định trước và các khối có kích thước khác, thì bộ nhớ để lưu trữ ma trận thay đổi tỷ lệ MF có thể giảm bớt.

Như được mô tả ở trên, bộ lượng tử hóa 130 thực hiện bước thay đổi tỷ lệ đối

với khối biến đổi bằng cách sử dụng ma trận thay đổi tỷ lệ MF hoặc hằng số thay đổi tỷ lệ định trước để giảm giá trị sai số giữa kết quả biến đổi được thực hiện bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh A bởi bộ biến đổi 120 và kết quả biến đổi được thực hiện bằng cách sử dụng ma trận DCT Original_A dựa vào phép toán dấu phẩy động thực tế. Cụ thể là, bộ lượng tử hóa 130 có thể thực hiện bước thay đổi tỷ lệ và lượng tử hóa đồng thời đối với khối biến đổi tương ứng với kết quả biến đổi đối với khối NxN bằng cách sử dụng ma trận thay đổi tỷ lệ MF và phép dịch chuyển. Bước lượng tử hóa được thực hiện bằng cách thực hiện phép dịch chuyển bit đối với giá trị thu được bằng cách nhân ma trận thay đổi tỷ lệ MF và khối biến đổi và sau đó cộng độ lệch định trước vào giá trị, với q bit theo phương trình sau: $q = \text{floor}(QP/6) + m$. Khi Z_{ij} biểu thị giá trị hệ số được lượng tử hóa, W_{ij} biểu thị hệ số biến đổi và f biểu thị độ lệch, thì $|Z_{ij}| = (|W_{ij}| \cdot MF + f) \gg qbits$ và $\text{sign}(Z_{ij}) = \text{sign}(W_{ij})$. Ở đây, '.MF' biểu thị phép nhân vectơ để nhân các phần tử ở cùng vị trí trong các ma trận. Như được mô tả ở trên, phép nhân vectơ có thể được biểu thị dưới dạng $\otimes$.

Trong khi đó, ở bước khử lượng tử hóa, bước khử lượng tử hóa được thực hiện bằng cách áp dụng ma trận khử thay đổi tỷ lệ và phép dịch chuyển để bù cho chênh lệch giữa ma trận biến đổi ngược NxN gốc Original_A-1 được sử dụng cho IDCT, và ma trận biến đổi ngược nhanh NxN A^{-1} .

Theo một phương án làm ví dụ, ma trận khử thay đổi tỷ lệ V có thể được tạo ra dựa vào ma trận PF tương ứng với ma trận $S \otimes S^T$ thu được bằng cách nhân các phần tử của ma trận trung gian S và ma trận chuyển vị S^T , ma trận này cũng được sử dụng để tạo ra ma trận thay đổi tỷ lệ MF. Cụ thể là, khi Qstep biểu thị bước lượng tử hóa, PF biểu thị ma trận $S \otimes S^T$ và n là số nguyên dương, thì ma trận khử thay đổi tỷ lệ V thu được theo phương trình sau: $V = Qstep \cdot PF \cdot 2^n$.

Khi ma trận khử thay đổi tỷ lệ V thu được ở trên, thì bước khử thay đổi tỷ lệ và khử lượng tử hóa có thể được thực hiện bằng cách thực hiện phép dịch chuyển bit đối với giá trị thu được bằng cách nhân ma trận khử thay đổi tỷ lệ V và hệ số biến đổi được lượng tử hóa, với bit $\text{floor}(QP/6)$, trong đó $\text{floor}[x]$ là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng x và QP biểu thị tham số lượng tử hóa. Nói cách khác, khi Z_{ij} biểu thị giá trị hệ số được lượng tử hóa và W_{ij} biểu thị hệ số biến đổi, thì W_{ij} có thể thu được bằng cách khử lượng tử hóa hệ số được lượng tử hóa Z_{ij} thông qua phương trình sau: $W_{ij} = (Z_{ij}) \ll \text{floor}(QP/6)$. Ở đây, '.V' biểu thị phép nhân vectơ để nhân các phần tử ở

cùng vị trí trong các ma trận. Như được mô tả ở trên, phép nhân vectơ có thể biểu thị dưới dạng $\otimes$.

Các hình vẽ từ Fig.6A đến Fig.6F minh họa các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V theo tham số lượng tử hóa QP được áp dụng cho khối 16x16 theo một phương án của sáng chế. Các hình vẽ từ Fig.6A đến Fig.6F này minh họa trường hợp trong đó m bằng 10 trong khi tính toán ma trận khử thay đổi tỷ lệ. Các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V có thể được xác định với các giá trị Qstep bằng 0,625; 0,6875; 0,8125; 0,875; 1 và 1,25, là các giá trị Qstep cho 6 bước lượng tử hóa ban đầu mà không cần phải xác định đối với tất cả các bước lượng tử hóa Qstep giống như các ma trận thay đổi tỷ lệ MF trên các hình vẽ từ Fig.4A đến Fig.4F. Các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V theo các tham số lượng tử hóa QP còn lại có thể được chọn theo giá trị (QP mod 6). Các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V trên các hình vẽ từ Fig.6A đến Fig.6F chỉ là các phương án, và mỗi phần tử của các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V này có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng ± 1 hoặc ± 2 .

Tương tự, các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V theo tham số lượng tử hóa QP được áp dụng cho khối 32x32 có thể thu được ở quy trình tương tự với các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V được áp dụng cho khối 16x16. Các hình vẽ từ Fig.7A đến Fig.7F minh họa các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V theo tham số lượng tử hóa QP được áp dụng cho khối 32x32 theo một phương án của sáng chế. Các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V trên các hình vẽ từ Fig.7A đến Fig.7F chỉ là các phương án, và mỗi phần tử của các ma trận khử thay đổi tỷ lệ V này có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng ± 1 hoặc ± 2 . Theo một phương án làm ví dụ, ma trận khử thay đổi tỷ lệ V cụ thể không được áp dụng cho mỗi kích thước khối, nhưng 6 ma trận khử thay đổi tỷ lệ V chỉ được thiết lập cho khối có kích thước định trước theo tham số lượng tử hóa QP, và sau đó ma trận khử thay đổi tỷ lệ V đối với khối nhỏ hơn hoặc lớn hơn khối có kích thước định trước có thể là ma trận khử thay đổi tỷ lệ V thu được bằng cách tăng hoặc giảm các phần tử của 6 ma trận khử thay đổi tỷ lệ V được thiết lập cho khối có kích thước định trước theo tỷ lệ giữa các kích thước của khối có kích thước định trước và khối nhỏ hơn hoặc lớn hơn. Ví dụ, 6 ma trận khử thay đổi tỷ lệ V được thiết lập cho khối MxM theo tham số lượng tử hóa, và sau đó ma trận khử thay đổi tỷ lệ V thu được bằng cách nhân các phần tử của 6 ma trận khử thay đổi tỷ lệ V được thiết lập cho khối MxM với M/N có thể được sử dụng làm ma trận khử thay đổi tỷ lệ V đối với khối NxN. Ví dụ, khi ma trận khử thay đổi tỷ lệ V được thiết lập cho khối 32x32, thì các khối 2x2, 4x4, 8x8 và 16x16 có thể sử dụng ma trận khử thay đổi tỷ lệ V thu được bằng cách lần lượt tăng các phần tử của ma

trận khử thay đổi tỷ lệ V được thiết lập cho khối 32x32 lên 16 lần, 8 lần, 4 lần và hai lần. Tương tự, khi ma trận khử thay đổi tỷ lệ V được thiết lập cho khối 32x32, thì các khối 64x64 và 128x128 có thể sử dụng các ma trận khử thay đổi tỷ lệ thu được bằng cách lần lượt giảm các phần tử của ma trận khử thay đổi tỷ lệ V được thiết lập cho khối 32x32 xuống 1/2 lần và 1/4 lần. Như vậy, khi ma trận khử thay đổi tỷ lệ chỉ được thiết lập cho khối có kích thước định trước và các khối có các kích thước khác sử dụng các ma trận khử thay đổi tỷ lệ được tăng hoặc giảm theo các tỷ lệ kích thước giữa khối có kích thước định trước và các khối có kích thước khác, thì bước lượng tử hóa hoặc khử lượng tử hóa có thể được thực hiện nhiều nhất bằng lượng tương ứng với tỷ lệ giữa các phần tử của các ma trận khử thay đổi tỷ lệ được thiết lập cho các kích thước khác nhau của các khối để khôi phục giá trị gốc của các khối này. Như được mô tả ở trên, khi ma trận khử thay đổi tỷ lệ chỉ được thiết lập cho khối có kích thước định trước và các khối có các kích thước khác sử dụng các ma trận khử thay đổi tỷ lệ được tăng hoặc giảm theo các tỷ lệ kích thước giữa khối có kích thước định trước và các khối có các kích thước khác, thì bộ nhớ để lưu trữ ma trận khử thay đổi tỷ lệ V có thể giảm.

Fig.8 là biểu đồ luồng 800 thể hiện phép DCT 32-điểm theo một phương án khác của sáng chế.

Dựa vào Fig.8, từ x0 đến x31 biểu thị các giá trị đầu vào, và từ y0 đến y31 biểu thị các giá trị đầu ra của phép DCT. Hướng xử lý dữ liệu trong khi biến đổi là từ bên trái sang bên phải, và hướng xử lý trong khi biến đổi ngược là từ bên phải sang bên trái. 2 đường giao nhau ở một điểm biểu thị phép cộng hai số, và ‘-’ biểu thị phép đảo dấu. Giá trị $R(\theta)$ trên mỗi đường biểu thị quy trình hoạt động dựa vào cấu trúc dạng bướm như được thể hiện trên Fig.9.

Fig.9 là sơ đồ tham chiếu của quy trình hoạt động của cấu trúc dạng bướm tạo thành phép DCT 32-điểm trên Fig.8.

Dựa vào Fig.9, quy trình hoạt động của cấu trúc dạng bướm kết xuất giá trị đầu ra [Y1, Y2] thông qua phương trình
$$\begin{bmatrix} Y1 \\ Y2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \end{bmatrix},$$
 đối với giá trị đầu vào [X1, X2].

Khi phép DCT được thực hiện theo biểu đồ luồng 800 trên Fig.8, $\cos \theta$ và $\sin \theta$ được sử dụng theo giá trị $R(\theta)$. Tương tự với phép biến đổi được thực hiện theo biểu đồ luồng 200 trên Fig.2, bộ biến đổi 120 có thể thực hiện phép DCT đối với khối đầu

vào bằng cách chỉ thực hiện các phép cộng, phép trừ và phép dịch chuyển bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh A thu được bằng cách thay thế $\cos\theta$ và $\sin\theta$ theo giá trị θ bằng các số hữu tỷ nhị nguyên hoặc ma trận biến đổi nhanh A thu được bằng cách nhân mỗi phần tử được sử dụng để DCT theo biểu đồ luồng 800 trên Fig.8 với 2^n và làm tròn các phần tử được nhân này.

Ví dụ, phép DCT 1D được thực hiện đối với khối đầu vào 32×32 bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh A có thể được biểu diễn dưới dạng phép toán sau, trong đó X_i (trong đó i là số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 31) biểu thị giá trị đầu vào cần được biến đổi, A_i , B_i , C_i , D_i và E_i biểu thị các giá trị trung gian, và Y_i biểu thị giá trị kết quả biến đổi:

{

/giai đoạn 0

$A_0 = X_0 + X_{15}$; $A_1 = X_1 + X_{14}$; $A_2 = X_2 + X_{13}$; $A_3 = X_3 + X_{12}$; $A_4 = X_4 + X_{11}$; $A_5 = X_5 + X_{10}$; $A_6 = X_6 + X_9$; $A_7 = X_7 + X_8$; $A_8 = X_7 - X_8$; $A_9 = X_6 - X_9$; $A_{10} = X_5 - X_{10}$; $A_{11} = X_4 - X_{11}$; $A_{12} = X_3 - X_{12}$; $A_{13} = X_2 - X_{13}$; $A_{14} = X_1 - X_{14}$; $A_{15} = X_0 - X_{15}$;

/giai đoạn 1

$B_0 = A_0 + A_7$; $B_7 = A_0 - A_7$; $B_1 = A_1 + A_6$; $B_6 = A_1 - A_6$; $B_2 = A_2 + A_5$; $B_5 = A_2 - A_5$; $B_3 = A_3 + A_4$; $B_4 = A_3 - A_4$; $B_8 = (49 \cdot A_8 + 40 \cdot A_{15}) \gg 6$; $B_{15} = (-40 \cdot A_8 + 49 \cdot A_{15}) \gg 6$; $B_9 = (30 \cdot A_9 - 56 \cdot A_{14}) \gg 6$; $B_{14} = (56 \cdot A_9 + 30 \cdot A_{14}) \gg 6$; $B_{10} = (61 \cdot A_{10} + 18 \cdot A_{13}) \gg 6$; $B_{13} = (-18 \cdot A_{10} + 61 \cdot A_{13}) \gg 6$; $B_{11} = (6 \cdot A_{11} - 63 \cdot A_{12}) \gg 6$; $B_{12} = (63 \cdot A_{11} + 6 \cdot A_{12}) \gg 6$;

/giai đoạn 2

$C_0 = B_0 + B_3$; $C_3 = B_0 - B_3$; $C_1 = B_1 + B_2$; $C_2 = B_1 - B_2$; $C_4 = (6 \cdot B_4 + 31 \cdot B_7, 5)$; $C_7 = (-31 \cdot B_4 + 6 \cdot B_7, 5)$; $C_5 = (35 \cdot B_5 + 53 \cdot B_6) \gg 6$; $C_6 = (-53 \cdot B_5 + 35 \cdot B_6) \gg 6$; $C_8 = B_8 + B_{11}$; $C_{11} = B_8 - B_{11}$; $C_9 = B_9 + B_{10}$; $C_{10} = B_9 - B_{10}$; $C_{12} = B_{12} + B_{15}$; $C_{15} = B_{12} - B_{15}$; $C_{13} = B_{13} + B_{14}$; $C_{14} = B_{13} - B_{14}$;

/giai đoạn 3

$D_0 = (45 \cdot (C_0 + C_1)) \gg 6$; $D_1 = (45 \cdot (-C_0 + C_1)) \gg 6$; $D_2 = (24 \cdot C_2 + 59 \cdot C_3) \gg 6$; $D_3 = (-59 \cdot C_2 + 24 \cdot C_3) \gg 6$; $D_4 = C_4 + C_5$; $D_5 = C_4 - C_5$; $D_6 = -C_6 + C_7$; $D_7 = C_6 + C_7$; $D_8 = C_8 + C_{14}$; $D_{14} = C_8 - C_{14}$; $D_9 = C_9 + C_{15}$; $D_{15} = C_9 -$

$$C15; D10 = C10 + C11; D11 = C10 - C11; D12 = C12 + C13; D13 = C12 - C13;$$

/giai đoạn 4

$$E5 = (45*(D5 + D7)) \gg 6; E7 = (45*(-D5 + D7)) \gg 6; E8 = (24*D8 - 59*D9) \gg 6; E9 = (59*D8 + 24*D9) \gg 6; E11 = (45*(D11 + D12)) \gg 6; E12 = (45*(-D11 + D12)) \gg 6; E14 = (24*D14 - 59*D15) \gg 6; E15 = (59*D14 + 24*D15) \gg 6;$$

/giai đoạn 5

$$Y0 = D0; Y8 = -D1; Y4 = D2; Y12 = D3; Y2 = D4; Y6 = E5; Y14 = D6; Y10 = -E7; Y3 = E8; Y13 = E9; Y9 = D10; Y15 = E11; Y1 = E12; Y7 = D13; Y11 = -E14; Y5 = E15;$$

}

Theo một phương án khác, bộ lượng tử hóa 130 có thể thực hiện bước thay đổi tỷ lệ bằng cách nhân khối biến đổi với hằng số thay đổi tỷ lệ định trước. Cụ thể là, bộ lượng tử hóa 130 có thể thực hiện bước thay đổi tỷ lệ và lượng tử hóa đồng thời đối với khối biến đổi NxN bằng cách sử dụng hằng số thay đổi tỷ lệ QMat và phép dịch chuyển. Bước lượng tử hóa và thay đổi tỷ lệ được thực hiện bằng cách thực hiện phép dịch chuyển bit đối với giá trị thu được bằng cách nhân hằng số thay đổi tỷ lệ QMat với khối biến đổi NxN và sau đó cộng độ lệch định trước vào giá trị này, với q bit của phương trình sau: $q = \text{floor}(QP/6) + m$. Khi Z_{ij} biểu thị giá trị hệ số được lượng tử hóa, W_{ij} biểu thị hệ số biến đổi, và f biểu thị độ lệch, thì $|Z_{ij}| = (|W_{ij}| \cdot QMat + f) \gg qbits$ và $\text{sign}(Z_{ij}) = \text{sign}(W_{ij})$.

Hằng số thay đổi tỷ lệ QMat có thể được chọn dựa vào tham số lượng tử hóa QP, và được xác định đối với các giá trị Qstep bằng 0,625; 0,6875; 0,8125; 0,875; 1 và 1,25 của chỉ 6 bước lượng tử hóa ban đầu mà không cần phải xác định đối với tất cả các bước lượng tử hóa. Như được mô tả ở trên, khi tham số lượng tử hóa QP tăng lên 6, thì bước lượng tử hóa Qstep được tăng lên gấp đôi, và do đó hằng số thay đổi tỷ lệ QMat có thể được xác định đối với các giá trị Qstep của 6 bước lượng tử hóa ban đầu, và hằng số thay đổi tỷ lệ QMat theo các tham số lượng tử hóa QP còn lại có thể được chọn theo giá trị $(QP \bmod 6)$.

Ví dụ, nếu $i = (QP \bmod 6)$, thì hằng số thay đổi tỷ lệ QMat_i để thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi 16x16 thu được bằng phép DCT theo biểu đồ luồng 200 trên Fig.2

hoặc biểu đồ luồng 800 trên Fig.8 có thể được xác định như sau:

$$\begin{aligned} QMat0 &= 81, & QMat1 &= 89, & QMat2 &= 105, & QMat3 &= 113, & QMat4 &= 129; \\ QMat5 &= 146 \end{aligned}$$

Hằng số thay đổi tỷ lệ $QMat_i$ không bị giới hạn ở đó, và có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng ± 1 hoặc ± 2 . Nói cách khác, hằng số thay đổi tỷ lệ $QMat_i$ có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng $QMat_i \pm 1$ hoặc $QMat_i \pm 2$.

Hằng số thay đổi tỷ lệ $QMat_i$ để thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi 32×32 thu được bằng phép DCT theo biểu đồ luồng 200 trên Fig.2 hoặc biểu đồ luồng 800 trên Fig.8 có thể được xác định như sau:

$$QMat0 = 40, QMat1 = 44, QMat2 = 52, QMat3 = 56, QMat4 = 64; QMat5 = 72$$

Hằng số thay đổi tỷ lệ $QMat_i$ không bị giới hạn ở đó, và có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng ± 1 hoặc ± 2 . Nói cách khác, hằng số thay đổi tỷ lệ $QMat_i$ có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng $QMat_i \pm 1$ hoặc $QMat_i \pm 2$. Ví dụ, $QMat0 = 40$, $QMat1 = 45$, $QMat2 = 51$, $QMat3 = 57$, $QMat4 = 64$ và $QMat5 = 72$ có thể được sử dụng làm hằng số thay đổi tỷ lệ $QMat_i$.

Trong khi đó, ở phép khử lượng tử hóa, bước khử lượng tử hóa có thể được thực hiện bằng cách áp dụng hằng số khử thay đổi tỷ lệ và phép dịch chuyển để bù cho chênh lệch giữa ma trận biến đổi ngược $N \times N$ gốc $Original_A^{-1}$ được sử dụng cho phép IDCT, và ma trận biến đổi ngược nhanh $N \times N$ A^{-1} , là ma trận nghịch đảo của ma trận biến đổi nhanh $N \times N$ A .

Theo một phương án khác, hằng số khử thay đổi tỷ lệ $DQMat$ có thể được xác định theo tham số lượng tử hóa QP . Khi hằng số khử thay đổi tỷ lệ $DQMat$ thu được như ở trên, thì bước khử thay đổi tỷ lệ và khử lượng tử hóa có thể được thực hiện bằng cách thực hiện phép dịch chuyển bit đối với giá trị thu được bằng cách nhân hằng số khử thay đổi tỷ lệ $DQMat$ và hệ số biến đổi được lượng tử hóa, với bit $\text{floor}(QP/6)$, trong đó $\text{floor}[x]$ là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng x và QP biểu thị tham số lượng tử hóa. Nói cách khác, khi Z_{ij} biểu thị giá trị hệ số được lượng tử hóa và W_{ij} biểu thị hệ số biến đổi, thì W_{ij} có thể thu được bằng cách khử thay đổi tỷ lệ và khử lượng tử hóa hệ số được lượng tử hóa Z_{ij} thông qua phương trình sau: $W_{ij} = (Z_{ij}) * DQMat \ll \text{floor}(QP/6)$.

Hằng số khử thay đổi tỷ lệ $DQMat$ được xác định đối với các giá trị $Qstep$ bằng 0,625; 0,6875; 0,8125; 0,875; 1 và 1,25 chỉ cho 6 bước lượng tử hóa van đầu mà

không cần phải xác định đối với tất cả các bước lượng tử hóa, vì khi tham số lượng tử hóa QP được tăng lên 6, thì bước lượng tử hóa Qstep được sử dụng tăng lên gấp đôi, và do đó hằng số khử thay đổi tỷ lệ DQMat có thể được xác định đối với các giá trị Qstep của 6 bước lượng tử hóa ban đầu, và hằng số khử thay đổi tỷ lệ DQMat theo các tham số lượng tử hóa QP còn lại có thể được chọn theo giá trị $(QP \bmod 6)$.

Ví dụ, nếu $i = (QP \bmod 6)$, thì hằng số khử thay đổi tỷ lệ MQMati để khử thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi 16×16 thu được bởi phép DCT theo biểu đồ luồng 200 trên Fig.2 hoặc biểu đồ luồng 800 trên Fig.8 có thể được xác định như sau:

$$\begin{aligned} DQMat0 &= 81, DQMat1 = 89, DQMat2 = 105, DQMat3 = 113, DQMat4 = 129; \\ DQMat5 &= 146 \end{aligned}$$

Hằng số khử thay đổi tỷ lệ DQMati không bị giới hạn ở đó, và có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng ± 1 hoặc ± 2 . Nói cách khác, hằng số khử thay đổi tỷ lệ DQMati có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng $QMati \pm 1$ hoặc $QMati \pm 2$.

Hằng số khử thay đổi tỷ lệ DQMati để khử thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi 32×32 thu được bởi phép DCT theo biểu đồ luồng 200 trên Fig.2 hoặc biểu đồ luồng 800 trên Fig.8 có thể được xác định như sau:

$$\begin{aligned} DQMat0 &= 40, DQMat1 = 44, DQMat2 = 52, DQMat3 = 56, DQMat4 = 64; \\ DQMat5 &= 72 \end{aligned}$$

Hằng số khử thay đổi tỷ lệ DQMati không bị giới hạn ở đó, và có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng ± 1 hoặc ± 2 . Nói cách khác, hằng số khử thay đổi tỷ lệ DQMati có thể được điều chỉnh nằm trong khoảng $QMati \pm 1$ hoặc $QMati \pm 2$. Ví dụ, $DQMat0 = 40, DQMat1 = 45, DQMat2 = 51, DQMat3 = 57, DQMat4 = 64,$ và $QMati5 = 72$ có thể được sử dụng làm hằng số khử thay đổi tỷ lệ DQMati.

Fig.10 là lưu đồ minh họa phương pháp mã hóa video theo một phương án của sáng chế.

Dựa vào Fig.10, ở bước 1010, bộ biến đổi 120 tạo ra ma trận biến đổi nhanh dựa vào ma trận biến đổi $N \times N$ (với N là số nguyên) được sử dụng cho phép DCT 1D đối với khối $N \times N$. Như được mô tả ở trên, bộ biến đổi 120 tạo ra ma trận biến đổi nhanh bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh được tạo ra gồm các phần tử thu được bằng cách thay thế các phần tử được sử dụng cho phép DCT bằng các số hữu tỷ hoặc bằng cách nhân các phần tử của ma trận biến đổi được sử dụng cho phép DCT với lũy thừa cơ số 2 và sau đó làm tròn các phần tử đã nhân này.

Ở bước 1020, bộ biến đổi 120 tạo ra khối biến đổi $N \times N$ bằng cách biến đổi khối $N \times N$ sử dụng ma trận biến đổi nhanh.

Ở bước 1030, bộ lượng tử hóa 130 thực hiện bước thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi $N \times N$ để hiệu chỉnh chênh lệch giữa ma trận biến đổi $N \times N$ được sử dụng cho phép DCT 1D và ma trận biến đổi nhanh. Như được mô tả ở trên, bộ lượng tử hóa 130 thực hiện bước thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi bằng cách sử dụng ma trận thay đổi tỷ lệ MF hoặc hằng số thay đổi tỷ lệ QMat để giảm giá trị sai số giữa kết quả biến đổi được thực hiện khi sử dụng ma trận biến đổi nhanh A bởi bộ biến đổi 120 và kết quả biến đổi được thực hiện bằng cách sử dụng ma trận DCT Original_A dựa vào phép toán dấu phẩy động thực tế.

Fig.11 là sơ đồ khối của thiết bị giải mã video 1100 theo một phương án của sáng chế.

Dựa vào Fig.11, thiết bị giải mã video 1100 bao gồm bộ giải mã entropy 1110, bộ khử lượng tử hóa 1120, bộ biến đổi ngược 1130 và bộ dự đoán 1140.

Bộ giải mã entropy 1110 trích xuất thông tin chế độ dự đoán, thông tin ảnh hưởng chiều và thông tin dư của khối hiện thời cần được giải mã, từ dòng bit đầu vào.

Bộ khử lượng tử hóa 1120 khử lượng tử hóa các hệ số biến đổi được lượng tử hóa, mà được giải mã entropy bởi bộ giải mã entropy 1110. Cụ thể là, theo một phương án làm ví dụ, bộ khử lượng tử hóa 1120 thực hiện bước khử thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi $N \times N$ để hiệu chỉnh chênh lệch giữa ma trận biến đổi ngược $N \times N$ được sử dụng trong phép IDCT 1D đối với khối biến đổi $N \times N$ được lượng tử hóa và ma trận biến đổi ngược nhanh được tạo ra dựa vào ma trận biến đổi ngược $N \times N$.

Bộ biến đổi ngược 1130 biến đổi ngược các hệ số biến đổi được khử lượng tử hóa. Theo đó, các giá trị dư đối với mỗi khối được khôi phục. Phép biến đổi ngược có thể được thực hiện bằng cách thực hiện phép IDCT N-điểm bằng cách sử dụng ma trận nghịch đảo A^{-1} của ma trận biến đổi nhanh $N \times N$ A thu được theo các phương án của sáng chế. Bộ biến đổi ngược 1130 thực hiện phép IDCT sử dụng ma trận biến đổi nhanh được tạo ra gồm các phần tử thu được bằng cách thay thế các phần tử của ma trận biến đổi ngược được sử dụng cho phép IDCT bằng các số hữu tỷ hoặc bằng cách nhân các phần tử của ma trận biến đổi ngược với lũy thừa cơ số 2 và sau đó làm tròn các phần tử đã nhân này.

Phép IDCT được thực hiện đối với khối biến đổi 16×16 bằng cách sử dụng biểu

đồ luồng 200 trên Fig.2 có thể được biểu diễn dưới dạng phép toán sau, trong đó X_i (trong đó i là số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 15) biểu thị giá trị đầu vào, B_i , C_i , D_i , E_i và F_i biểu thị các giá trị trung gian, và Y_i biểu thị giá trị kết quả biến đổi ngược:

{

/giai đoạn 0

$$F8 = (6 * X1 - 63 * X15) \gg 6; F9 = (49 * X9 - 40 * X7) \gg 6; F10 = (30 * X5 - 56 * X11) \gg 6; F11 = (61 * X13 - 18 * X3) \gg 6; F12 = (61 * X3 + 18 * X13) \gg 6; F13 = (30 * X11 + 56 * X5) \gg 6; F14 = (49 * X7 + 40 * X9) \gg 6; F15 = (6 * X15 + 63 * X1) \gg 6;$$

/giai đoạn 1

$$E4 = (12 * X2 - 62 * X14) \gg 6; E5 = (53 * X10 - 35 * X6) \gg 6; E6 = (53 * X6 + 35 * X10) \gg 6; E7 = (12 * X14 + 62 * X2) \gg 6; E8 = F8 + F9; E9 = F8 - F9; E10 = F11 - F10; E11 = F11 + F10; E12 = F12 + F13; E13 = F12 - F13; E14 = F15 - F14; E15 = F15 + F14;$$

/giai đoạn 2

$$D0 = (45 * (X0 + X8)) \gg 6; D1 = (45 * (X0 - X8)) \gg 6; D2 = (24 * X4 - 59 * X12) \gg 6; D3 = (59 * X4 + 24 * X12) \gg 6; D4 = E4 + E5; D5 = E4 - E5; D6 = E7 - E6; D7 = E7 + E6; D9 = (24 * E14 - 59 * E9) \gg 6; D10 = (-59 * E13 - 24 * E10) \gg 6; D13 = (24 * E13 - 59 * E10) \gg 6; D14 = (59 * E14 + 24 * E9) \gg 6;$$

/giai đoạn 3

$$C0 = D0 + D3; C3 = D0 - D3; C8 = E8 + E11; C11 = E8 - E11; C12 = E15 - E12; C15 = E15 + E12; C1 = D1 + D2; C2 = D1 - D2; C9 = D9 + D10; C10 = D9 - D10; C13 = D14 - D13; C14 = D14 + D13; C5 = (45 * (D6 - D5)) \gg 6; C6 = (45 * (D6 + D5)) \gg 6;$$

/giai đoạn 4

$$B0 = C0 + D7; B7 = C0 - D7; B1 = C1 + C6; B6 = C1 - C6; B2 = C2 + C5; B5 = C2 - C5; B3 = C3 + D4; B4 = C3 - D4; B10 = (45 * (C13 - C10)) \gg 6; B13 = (45 * (C13 + C10)) \gg 6; B11 = (45 * (C12 - C11)) \gg 6; B12 = (45 * (C12 + C11)) \gg 6;$$

/giai đoạn 5

$$Y0 = B0 + C15; Y15 = B0 - C15; Y1 = B1 + C14; Y14 = B1 - C14; Y2 = B2 +$$

$$B13; Y13 = B2 - B13; Y3 = B3 + B12; Y12 = B3 - B12; Y4 = B4 + B11; Y11 = B4 - B11; Y5 = B5 + B10; Y10 = B5 - B10; Y6 = B6 + C9; Y9 = B6 - C9; Y7 = B7 + C8; Y8 = B7 - C8;$$

}

Phép IDCT được thực hiện đối với khối biến đổi 32x32 bằng cách sử dụng biểu đồ luồng 200 trên Fig.2 có thể được biểu diễn dưới dạng phép toán sau, trong đó X_i (trong đó i là số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 31) biểu thị giá trị đầu vào, A_i , B_i , C_i , D_i , E_i và F_i biểu thị các giá trị trung gian, và Y_i biểu thị giá trị kết quả biến đổi ngược:

{

/giai đoạn 0

$$\begin{aligned} G16 &= (12 * X1 - 255 * X31) >> 8; G17 = (189 * X17 - 171 * X15) >> 8; \\ G18 &= (109 * X9 - 231 * X23) >> 8; G19 = (241 * X25 - 86 * X7) >> 8; G20 = (62 * X5 - 248 * X27) >> 8; \\ G21 &= (219 * X21 - 131 * X11) >> 8; G22 = (152 * X13 - 205 * X19) >> 8; \\ G23 &= (253 * X29 - 37 * X3) >> 8; G24 = (253 * X3 + 37 * X29) >> 8; G25 = (152 * X19 + 205 * X13) >> 8; \\ G26 &= (219 * X11 + 131 * X21) >> 8; G27 = (62 * X27 + 248 * X5) >> 8; \\ G28 &= (241 * X7 + 86 * X25) >> 8; G29 = (109 * X23 + 231 * X9) >> 8; \\ G30 &= (189 * X15 + 171 * X17) >> 8; G31 = (12 * X31 + 255 * X1) >> 8; \end{aligned}$$

/giai đoạn 1

$$\begin{aligned} F8 &= (25 * X2 - 254 * X30) >> 8; F9 = (197 * X18 - 162 * X14) >> 8; F10 = (120 * X10 - 225 * X22) >> 8; \\ F11 &= (244 * X26 - 74 * X6) >> 8; F12 = (244 * X6 + 74 * X26) >> 8; F13 = (120 * X22 + 225 * X10) >> 8; \\ F14 &= (197 * X14 + 162 * X18) >> 8; F15 = (25 * X30 + 254 * X2) >> 8; \\ F16 &= G16 + G17; F17 = G16 - G17; F18 = G19 - G18; \\ F19 &= G19 + G18; F20 = G20 + G21; F21 = G20 - G21; F22 = G23 - G22; \\ F23 &= G23 + G22; F24 = G24 + G25; F25 = G24 - G25; F26 = G27 - G26; \\ F27 &= G27 + G26; F28 = G28 + G29; F29 = G28 - G29; F30 = G31 - G30; F31 = G31 + G30; \end{aligned}$$

/giai đoạn 2

$$\begin{aligned} E4 &= (49 * X4 - 251 * X28) >> 8; E5 = (212 * X20 - 142 * X12) >> 8; E6 = (212 * X12 + 142 * X20) >> 8; \\ E7 &= (49 * X28 + 251 * X4) >> 8; E8 = F8 + F9; E9 = F8 - F9; \\ E10 &= F11 - F10; E11 = F11 + F10; E12 = F12 + F13; E13 = F12 - F13; \\ E14 &= F15 - F14; E15 = F15 + F14; E17 = (49 * F30 - 251 * F17) >> 8; \\ E18 &= (-251 * F29 - 49 * F18) >> 8; E21 = (212 * F26 - 142 * F21) >> 8; \\ E22 &= (-142 * F25 - 212 * F22) >> 8; \end{aligned}$$

$$E25 = (212 * F25 - 142 * F22) \gg 8; E26 = (142 * F26 + 212 * F21) \gg 8; E29 = (49 * F29 - 251 * F18) \gg 8; E30 = (251 * F30 + 49 * F17) \gg 8;$$

/giai đoạn 3

$$\begin{aligned} D0 &= (181 * (X0 + X16)) \gg 8; D1 = (181 * (X0 - X16)) \gg 8; D2 = (97 * X8 - 236 * X24) \gg 8; \\ D3 &= (236 * X8 + 97 * X24) \gg 8; D4 = E4 + E5; D5 = E4 - E5; D6 = E7 - E6; D7 = E7 + E6; \\ D9 &= (97 * E14 - 236 * E9) \gg 8; D10 = (-236 * E13 - 97 * E10) \gg 8; D13 = (97 * E13 - 236 * E10) \gg 8; \\ D14 &= (236 * E14 + 97 * E9) \gg 8; D16 = F16 + F19; D19 = F16 - F19; D20 = F23 - F20; D23 = F23 + F20; \\ D24 &= F24 + F27; D27 = F24 - F27; D28 = F31 - F28; D31 = F31 + F28; D17 = E17 + E18; \\ D18 &= E17 - E18; D21 = E22 - E21; D22 = E22 + E21; D25 = E25 + E26; D26 = E25 - E26; \\ D29 &= E30 - E29; D30 = E30 + E29; \end{aligned}$$

/giai đoạn 4

$$\begin{aligned} C0 &= D0 + D3; C3 = D0 - D3; C8 = E8 + E11; C11 = E8 - E11; C12 = E15 - E12; \\ C15 &= E15 + E12; C1 = D1 + D2; C2 = D1 - D2; C9 = D9 + D10; C10 = D9 - D10; \\ C13 &= D14 - D13; C14 = D14 + D13; C5 = (181 * (D6 - D5)) \gg 8; C6 = (181 * (D6 + D5)) \gg 8; \\ C18 &= (97 * D29 - 236 * D18) \gg 8; C20 = (-236 * D27 - 97 * D20) \gg 8; \\ C26 &= (-236 * D21 + 97 * D26) \gg 8; C28 = (97 * D19 + 236 * D28) \gg 8; \\ C19 &= (97 * D28 - 236 * D19) \gg 8; C21 = (-236 * D26 - 97 * D21) \gg 8; \\ C27 &= (-236 * D20 + 97 * D27) \gg 8; C29 = (97 * D18 + 236 * D29) \gg 8; \end{aligned}$$

/giai đoạn 5

$$\begin{aligned} B0 &= C0 + D7; B7 = C0 - D7; B1 = C1 + C6; B6 = C1 - C6; B2 = C2 + C5; \\ B5 &= C2 - C5; B3 = C3 + D4; B4 = C3 - D4; B10 = (181 * (C13 - C10)) \gg 8; \\ B13 &= (181 * (C13 + C10)) \gg 8; B11 = (181 * (C12 - C11)) \gg 8; B12 = (181 * (C12 + C11)) \gg 8; \\ B16 &= D16 + D23; B23 = D16 - D23; B24 = D31 - D24; B31 = D31 + D24; \\ B17 &= D17 + D22; B22 = D17 - D22; B25 = D30 - D25; B30 = D30 + D25; \\ B18 &= C18 + C21; B21 = C18 - C21; B26 = C29 - C26; B29 = C29 + C26; B19 = C19 + C20; \\ B20 &= C19 - C20; B27 = C28 - C27; B28 = C28 + C27; \end{aligned}$$

/giai đoạn 6

$$\begin{aligned} A0 &= B0 + C15; A15 = B0 - C15; A1 = B1 + C14; A14 = B1 - C14; A2 = B2 + B13; \\ A13 &= B2 - B13; A3 = B3 + B12; A12 = B3 - B12; A4 = B4 + B11; A11 = B4 - B11; \\ A5 &= B5 + B10; A10 = B5 - B10; A6 = B6 + C9; A9 = B6 - C9; A7 = B7 + C8; \\ A8 &= B7 - C8; A20 = (181 * (B27 - B20)) \gg 8; A27 = (181 * (B27 + B20)) \gg 8; \end{aligned}$$

$A21 = (181 * (B26 - B21)) \gg 8$; $A26 = (181 * (B26 + B21)) \gg 8$; $A22 = (181 * (B25 - B22)) \gg 8$; $A25 = (181 * (B25 + B22)) \gg 8$; $A23 = (181 * (B24 - B23)) \gg 8$; $A24 = (181 * (B24 + B23)) \gg 8$;

/giai đoạn 7

$Y0 = A0 + B31$; $Y31 = A0 - B31$; $Y1 = A1 + B30$; $Y30 = A1 - B30$; $Y2 = A2 + B29$; $Y29 = A2 - B29$; $Y3 = A3 + B28$; $Y28 = A3 - B28$; $Y4 = A4 + A27$; $Y27 = A4 - A27$; $Y5 = A5 + A26$; $Y26 = A5 - A26$; $Y6 = A6 + A25$; $Y25 = A6 - A25$; $Y7 = A7 + A24$; $Y24 = A7 - A24$; $Y8 = A8 + A23$; $Y23 = A8 - A23$; $Y9 = A9 + A22$; $Y22 = A9 - A22$; $Y10 = A10 + A21$; $Y21 = A10 - A21$; $Y11 = A11 + A20$; $Y20 = A11 - A20$; $Y12 = A12 + B19$; $Y19 = A12 - B19$; $Y13 = A13 + B18$; $Y18 = A13 - B18$; $Y14 = A14 + B17$; $Y17 = A14 - B17$; $Y15 = A15 + B16$; $Y16 = A15 - B16$;

}

Phép IDCT được thực hiện đối với khối biến đổi 16x16 bằng cách sử dụng biểu đồ luồng 800 trên Fig.8 có thể được biểu diễn dưới dạng phép toán sau, trong đó X_i (trong đó i là số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 15) biểu thị giá trị đầu vào, A_i , B_i , C_i , D_i và E_i biểu thị các giá trị trung gian, và Y_i biểu thị giá trị kết quả biến đổi ngược:

{

/giai đoạn 0

$D0 = X0$; $D1 = -X8$; $D2 = X4$; $D3 = X12$; $D4 = X2$; $E5 = X6$; $D6 = X14$; $E7 = -X10$; $E8 = X3$; $E9 = X13$; $D10 = X9$; $E11 = X15$; $E12 = X1$; $D13 = X7$; $E14 = -X11$; $E15 = X5$;

/giai đoạn 1

$D5 = (45 * (E5 - E7)) \gg 6$; $D7 = (45 * (E5 + E7)) \gg 6$; $D8 = (24 * E8 + 59 * E9) \gg 6$; $D9 = (-59 * E8 + 24 * E9) \gg 6$; $D11 = (45 * (E11 - E12)) \gg 6$; $D12 = (45 * (E11 + E12)) \gg 6$; $D14 = (24 * E14 + 59 * E15) \gg 6$; $D15 = (-59 * E14 + 24 * E15) \gg 6$;

/giai đoạn 2

$C0 = (45 * (D0 - D1)) \gg 6$; $C1 = (45 * (D0 + D1)) \gg 6$; $C2 = (24 * D2 - 59 * D3) \gg 6$; $C3 = (59 * D2 + 24 * D3) \gg 6$; $C4 = D4 + D5$; $C5 = D4 - D5$; $C6 = -D6 + D7$; $C7 = D6 + D7$; $C8 = D8 + D14$; $C14 = D8 - D14$; $C9 = D9 + D15$; $C15 = D9 - D15$; $C10 = D10 + D11$; $C11 = D10 - D11$; $C12 = D12 + D13$; $C13 = D12 - D13$;

/giai đoạn 3

$$\begin{aligned} B0 &= C0 + C3; B3 = C0 - C3; B1 = C1 + C2; B2 = C1 - C2; B4 = (6*C4 - \\ 31*C7, 5); B7 &= (31*C4 + 6*C7, 5); B5 = (35*C5 - 53*C6) >> 6; B6 = (53*C5 + \\ 35*C6) >> 6; B8 &= C8 + C11; B11 = C8 - C11; B9 = C9 + C10; B10 = C9 - C10; \\ B12 &= C12 + C15; B15 = C12 - C15; B13 = C13 + C14; B14 = C13 - C14; \end{aligned}$$

/giai đoạn 4

$$\begin{aligned} A0 &= B0 + B7; A7 = B0 - B7; A1 = B1 + B6; A6 = B1 - B6; A2 = B2 + B5; \\ A5 &= B2 - B5; A3 = B3 + B4; A4 = B3 - B4; A8 = (49*B8 - 40*B15) >> 6; \\ A15 &= (40*B8 + 49*B15) >> 6; A9 = (30*B9 + 56*B14) >> 6; A14 = (-56*B9 + \\ 30*B14) >> 6; A10 &= (61*B10 - 18*B13) >> 6; A13 = (18*B10 + 61*B13) >> 6; \\ A11 &= (6*B11 + 63*B12) >> 6; A12 = (-63*B11 + 6*B12) >> 6; \end{aligned}$$

/giai đoạn 5

$$\begin{aligned} Y0 &= A0 + A15; Y1 = A1 + A14; Y2 = A2 + A13; Y3 = A3 + A12; Y4 = A4 + \\ A11; Y5 &= A5 + A10; Y6 = A6 + A9; Y7 = A7 + A8; Y8 = A7 - A8; Y9 = A6 - A9; \\ Y10 &= A5 - A10; Y11 = A4 - A11; Y12 = A3 - A12; Y13 = A2 - A13; Y14 = A1 - \\ A14; Y15 &= A0 - A15; \end{aligned}$$

}

Phép IDCT được thực hiện đối với khối biến đổi 32x32 bằng cách sử dụng biểu đồ luồng 800 trên Fig.8 có thể được biểu diễn dưới dạng phép toán sau, trong đó Xi (trong đó i là số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 31) biểu thị giá trị đầu vào, Zi, Ai, Bi, Ci, Di, Ei và Fi biểu thị các giá trị trung gian, và Yi biểu thị giá trị kết quả biến đổi ngược:

{

/giai đoạn 0

$$\begin{aligned} D0 &= X0; E24 = X1; E12 = X2; F16 = -X3; D4 = X4; F31 = X5; E8 = X6; \\ E26 &= -X7; D2 = X8; E21 = X9; E15 = X10; F29 = X11; E5 = X12; F18 = -X13; \\ D13 &= X14; D22 = X15; D1 = -X16; D25 = X17; D10 = X18; F19 = -X19; E7 = \\ -X20; F28 &= -X21; E14 = -X22; E20 = -X23; D3 = X24; E27 = -X25; E9 = X26; \\ F30 &= -X27; D6 = X28; F17 = -X29; E11 = X30; E23 = -X31; \end{aligned}$$

/giai đoạn 1

$$E16 = (251*F16 + 49*F17) >> 8; E17 = (-49*F16 + 251*F17) >> 8;$$

$$\begin{aligned} E18 &= (212 * F18 + 142 * F19) \gg 8; E19 = (-142 * F18 + 212 * F19) \gg 8; \\ E28 &= (212 * F28 + 142 * F29) \gg 8; E29 = (-142 * F28 + 212 * F29) \gg 8; \\ E30 &= (251 * F30 + 49 * F31) \gg 8; E31 = (-49 * F30 + 251 * F31) \gg 8; \end{aligned}$$

/giai đoạn 2

$$\begin{aligned} D5 &= (181 * (E5 - E7)) \gg 8; D7 = (181 * (E5 + E7)) \gg 8; D8 = (97 * E8 + 236 * E9) \gg 8; \\ D9 &= (-236 * E8 + 97 * E9) \gg 8; D11 = (181 * (E11 - E12)) \gg 8; D12 = (181 * (E11 + E12)) \gg 8; \\ D14 &= (97 * E14 + 236 * E15) \gg 8; D15 = (-236 * E14 + 97 * E15) \gg 8; D16 = E16 + E18; C18 = E16 - E18; C17 = E17 + E19; D19 = E17 - E19; \\ D20 &= (236 * E20 - 97 * E21) \gg 8; D21 = (97 * E20 + 236 * E21) \gg 8; D23 = (181 * (E23 - E24)) \gg 8; \\ D24 &= (181 * (E23 + E24)) \gg 8; D26 = (236 * E26 - 97 * E27) \gg 8; D27 = (97 * E26 + 236 * E27) \gg 8; D28 = -E28 + E30; C30 = E28 + E30; \\ C29 &= -E29 + E31; D31 = E29 + E31; \end{aligned}$$

/giai đoạn 3

$$\begin{aligned} C0 &= (181 * (D0 - D1)) \gg 8; C1 = (181 * (D0 + D1)) \gg 8; C2 = (97 * D2 - 236 * D3) \gg 8; \\ C3 &= (236 * D2 + 97 * D3) \gg 8; C4 = D4 + D5; C5 = D4 - D5; C6 = -D6 + D7; C7 = D6 + D7; C8 = D8 + D14; C14 = D8 - D14; C9 = D9 + D15; \\ C15 &= D9 - D15; C10 = D10 + D11; C11 = D10 - D11; C12 = D12 + D13; C13 = D12 - D13; \\ C16 &= (181 * (D16 - D19)) \gg 8; C19 = (181 * (D16 + D19)) \gg 8; C20 = D20 + D26; C26 = D20 - D26; \\ C21 &= D21 + D27; C27 = D21 - D27; C22 = D22 + D23; C23 = D22 - D23; C24 = D24 + D25; C25 = D24 - D25; \\ C28 &= (181 * (D28 - D31)) \gg 8; C31 = (181 * (D28 + D31)) \gg 8; \end{aligned}$$

/giai đoạn 4

$$\begin{aligned} B0 &= C0 + C3; B3 = C0 - C3; B1 = C1 + C2; B2 = C1 - C2; B4 = (49 * C4 - 251 * C7) \gg 8; \\ B7 &= (251 * C4 + 49 * C7) \gg 8; B5 = (142 * C5 - 212 * C6) \gg 8; B6 = (212 * C5 + 142 * C6) \gg 8; \\ B8 &= C8 + C11; B11 = C8 - C11; B9 = C9 + C10; B10 = C9 - C10; B12 = C12 + C15; B15 = C12 - C15; B13 = C13 + C14; B14 = C13 - C14; \\ B16 &= C16 + C28; B28 = C16 - C28; B17 = C17 + C29; B29 = C17 - C29; B18 = C18 + C30; B30 = C18 - C30; \\ B19 &= C19 + C31; B31 = C19 - C31; B20 = C20 + C23; B23 = C20 - C23; B21 = C21 + C22; B22 = C21 - C22; B24 = C24 + C27; \\ B27 &= C24 - C27; B25 = C25 + C26; B26 = C25 - C26; \end{aligned}$$

/giai đoạn 5

$$A0 = B0 + B7; A7 = B0 - B7; A1 = B1 + B6; A6 = B1 - B6; A2 = B2 + B5;$$

$A5 = B2 - B5$; $A3 = B3 + B4$; $A4 = B3 - B4$; $A8 = (197*B8 - 162*B15) >> 8$;
 $A15 = (162*B8 + 197*B15) >> 8$; $A9 = (120*B9 + 225*B14) >> 8$; $A14 = (-225*B9 + 120*B14) >> 8$;
 $A10 = (244*B10 - 74*B13) >> 8$; $A13 = (74*B10 + 244*B13) >> 8$;
 $A11 = (25*B11 + 254*B12) >> 8$; $A12 = (-254*B11 + 25*B12) >> 8$; $A16 = B16 + B23$;
 $A23 = B16 - B23$; $A17 = B17 + B22$; $A22 = B17 - B22$; $A18 = B18 + B21$;
 $A21 = B18 - B21$; $A19 = B19 + B20$; $A20 = B19 - B20$; $A24 = B24 + B31$;
 $A31 = B24 - B31$; $A25 = B25 + B30$; $A30 = B25 - B30$; $A26 = B26 + B29$;
 $A29 = B26 - B29$; $A27 = B27 + B28$; $A28 = B27 - B28$;

/giai đoạn 6

$Z0 = A0 + A15$; $Z1 = A1 + A14$; $Z2 = A2 + A13$; $Z3 = A3 + A12$; $Z4 = A4 + A11$;
 $Z5 = A5 + A10$; $Z6 = A6 + A9$; $Z7 = A7 + A8$; $Z8 = A7 - A8$; $Z9 = A6 - A9$;
 $Z10 = A5 - A10$; $Z11 = A4 - A11$; $Z12 = A3 - A12$; $Z13 = A2 - A13$; $Z14 = A1 - A14$;
 $Z15 = A0 - A15$; $Z16 = (171*A16 + 189*A31) >> 8$; $Z31 = (-189*A16 + 171*A31) >> 8$;
 $Z17 = (205*A17 - 152*A30) >> 8$; $Z30 = (152*A17 + 205*A30) >> 8$;
 $Z18 = (131*A18 + 219*A29) >> 8$; $Z29 = (-219*A18 + 131*A29) >> 8$;
 $Z19 = (231*A19 - 109*A28) >> 8$; $Z28 = (109*A19 + 231*A28) >> 8$;
 $Z20 = (86*A20 + 241*A27) >> 8$; $Z27 = (-241*A20 + 86*A27) >> 8$;
 $Z21 = (248*A21 - 62*A26) >> 8$; $Z26 = (62*A21 + 248*A26) >> 8$; $Z22 = (37*A22 + 253*A25) >> 8$;
 $Z25 = (-253*A22 + 37*A25) >> 8$; $Z23 = (255*A23 - 12*A24) >> 8$;
 $Z24 = (12*A23 + 255*A24) >> 8$;

/giai đoạn 7

$Y0 = Z0 + Z31$; $Y31 = Z0 - Z31$; $Y1 = Z1 + Z30$; $Y30 = Z1 - Z30$; $Y2 = Z2 + Z29$;
 $Y29 = Z2 - Z29$; $Y3 = Z3 + Z28$; $Y28 = Z3 - Z28$; $Y4 = Z4 + Z27$; $Y27 = Z4 - Z27$;
 $Y5 = Z5 + Z26$; $Y26 = Z5 - Z26$; $Y6 = Z6 + Z25$; $Y25 = Z6 - Z25$; $Y7 = Z7 + Z24$;
 $Y24 = Z7 - Z24$; $Y8 = Z8 + Z23$; $Y23 = Z8 - Z23$; $Y9 = Z9 + Z22$; $Y22 = Z9 - Z22$;
 $Y10 = Z10 + Z21$; $Y21 = Z10 - Z21$; $Y11 = Z11 + Z20$; $Y20 = Z11 - Z20$;
 $Y12 = Z12 + Z19$; $Y19 = Z12 - Z19$; $Y13 = Z13 + Z18$; $Y18 = Z13 - Z18$; $Y14 = Z14 + Z17$;
 $Y17 = Z14 - Z17$; $Y15 = Z15 + Z16$; $Y16 = Z15 - Z16$;

}

Fig.12 là lưu đồ minh họa phương pháp giải mã video theo một phương án của sáng chế.

Dựa vào Fig.12, ở bước 1210, bộ khử lượng tử hóa 1120 nhận khối biến đổi

$N \times N$ được lượng tử hóa. Ở bước 1220, bộ khử lượng tử hóa 1120 thực hiện bước khử thay đổi tỷ lệ đối với khối biến đổi $N \times N$ được lượng tử hóa để hiệu chỉnh chênh lệch giữa ma trận biến đổi ngược $N \times N$ được sử dụng trong phép IDCT 1D đối với khối biến đổi $N \times N$ được lượng tử hóa và ma trận biến đổi ngược nhanh được tạo ra dựa vào ma trận biến đổi ngược $N \times N$. Như được mô tả ở trên, bước khử thay đổi tỷ lệ có thể được thực hiện đồng thời với bước khử lượng tử hóa, và bước khử thay đổi tỷ lệ có thể được thực hiện đối với hệ số biến đổi được lượng tử hóa bằng cách sử dụng ma trận khử thay đổi tỷ lệ V hoặc hằng số khử thay đổi tỷ lệ $DQMat$, được xác định theo tham số lượng tử hóa QP .

Ở bước 1230, bộ biến đổi ngược 1130 tạo ra khối biến đổi ngược $N \times N$ bằng cách biến đổi ngược khối biến đổi $N \times N$ được khử thay đổi tỷ lệ bằng cách sử dụng ma trận biến đổi ngược nhanh. Như được mô tả ở trên, ma trận biến đổi ngược nhanh là ma trận nghịch đảo A^{-1} của ma trận biến đổi nhanh $N \times N$ A thu được theo các phương án khác nhau của sáng chế, và phép IDCT được thực hiện bằng cách sử dụng ma trận biến đổi nhanh được tạo ra gồm các phần tử thu được bằng cách thay thế các phần tử của ma trận biến đổi ngược được sử dụng cho phép IDCT bằng các số hữu tỷ hoặc bằng cách nhân các phần tử của ma trận biến đổi ngược với lũy thừa cơ số 2 và sau đó làm tròn các phần tử đã nhân này.

Một hoặc nhiều phương án làm ví dụ có thể còn được thể hiện dưới dạng các mã đọc được bằng máy tính trên vật ghi đọc được bằng máy tính. Vật ghi đọc được bằng máy tính này là thiết bị lưu trữ dữ liệu bất kỳ mà có thể lưu trữ dữ liệu sao cho sau đó có thể được đọc bởi hệ thống máy tính. Các ví dụ về vật ghi đọc được bằng máy tính bao gồm bộ nhớ chỉ đọc (Read-Only Memory, ROM), bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (Random-Access Memory, RAM), bộ nhớ chỉ đọc đĩa nén (Compact-Disc – Read-Only Memory, CD-ROM), băng từ, đĩa mềm, thiết bị lưu trữ dữ liệu quang học, v.v. Vật ghi đọc được bằng máy tính này có thể còn được phân tán qua mạng được ghép nối với các hệ thống máy tính sao cho mã đọc được bằng máy tính được lưu trữ và thực thi theo kiểu phân tán.

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

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp giải mã video, phương pháp này bao gồm các bước:

nhận khối biến đổi được lượng tử hóa có kích thước định trước;

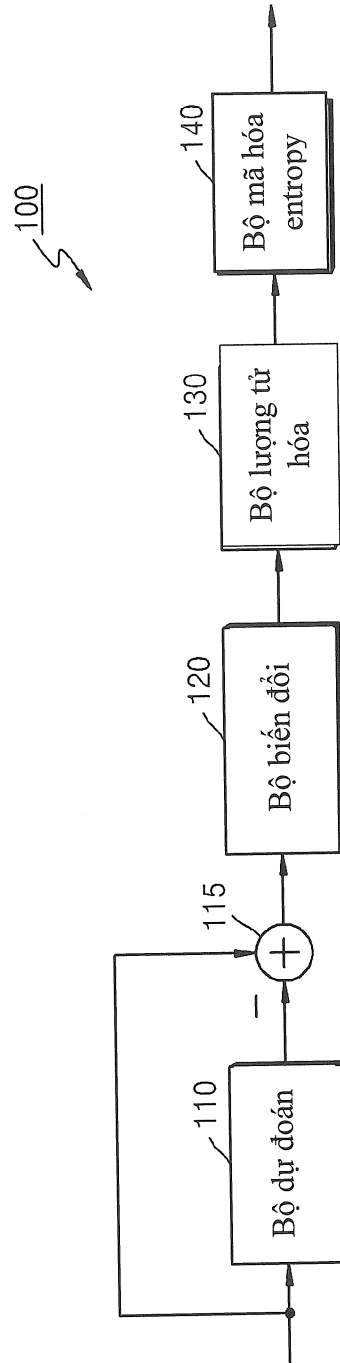
xác định hằng số thay đổi tỷ lệ để thay đổi tỷ lệ các hệ số biến đổi có trong khối biến đổi được lượng tử hóa dựa vào tham số lượng tử hóa;

thay đổi tỷ lệ các hệ số biến đổi bằng cách sử dụng hằng số thay đổi tỷ lệ; và

biến đổi ngược khối biến đổi mà bao gồm các hệ số biến đổi đã thay đổi tỷ lệ,

trong đó, khi i biểu thị phần dư sau khi tham số lượng tử hóa được chia cho 6, thì hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=0$ là 40, hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=1$ là 45, hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=2$ là 51, hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=3$ là 57, hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=4$ là 64 và hằng số thay đổi tỷ lệ đối với $i=5$ là 72.

FIG. 1



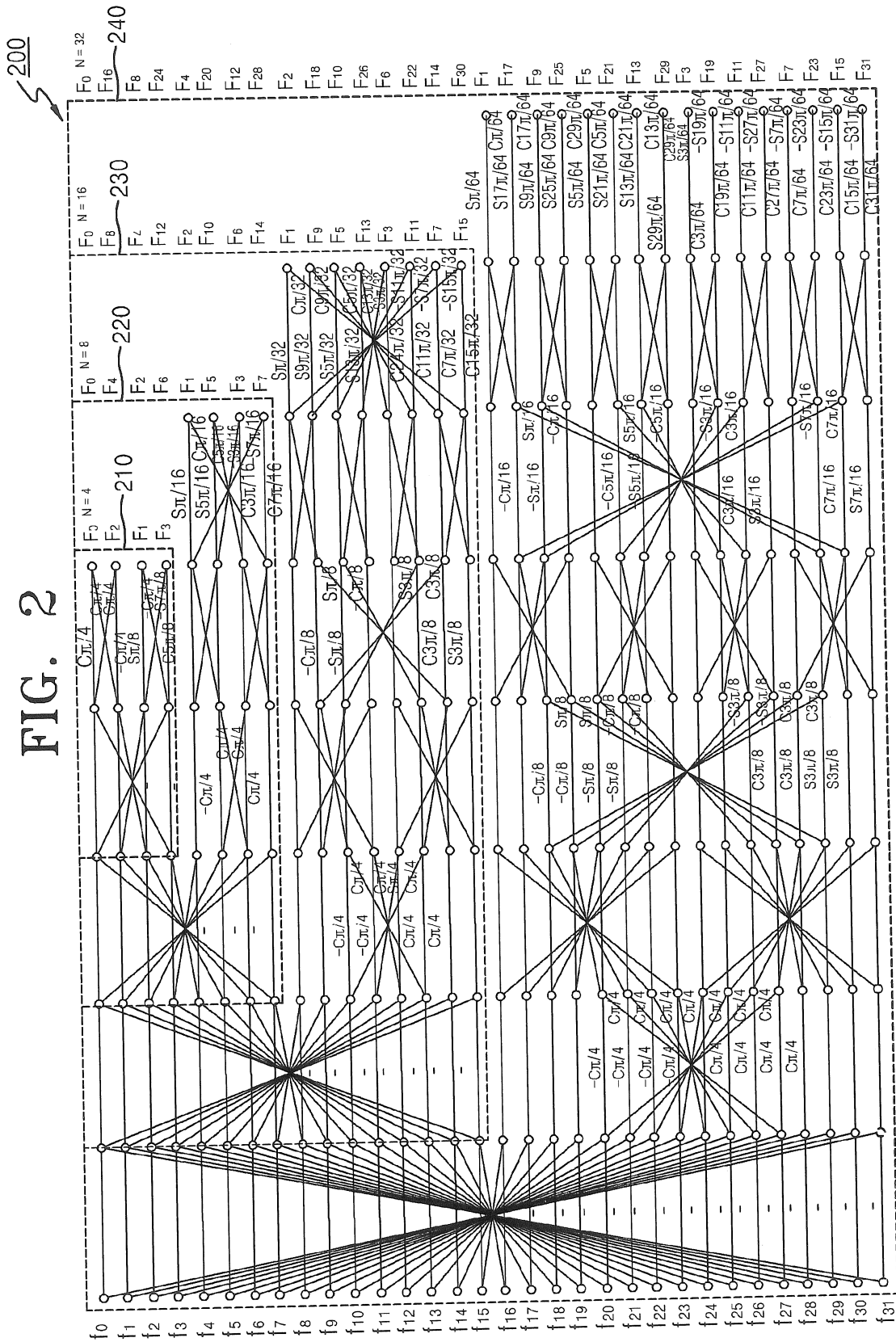


FIG. 3

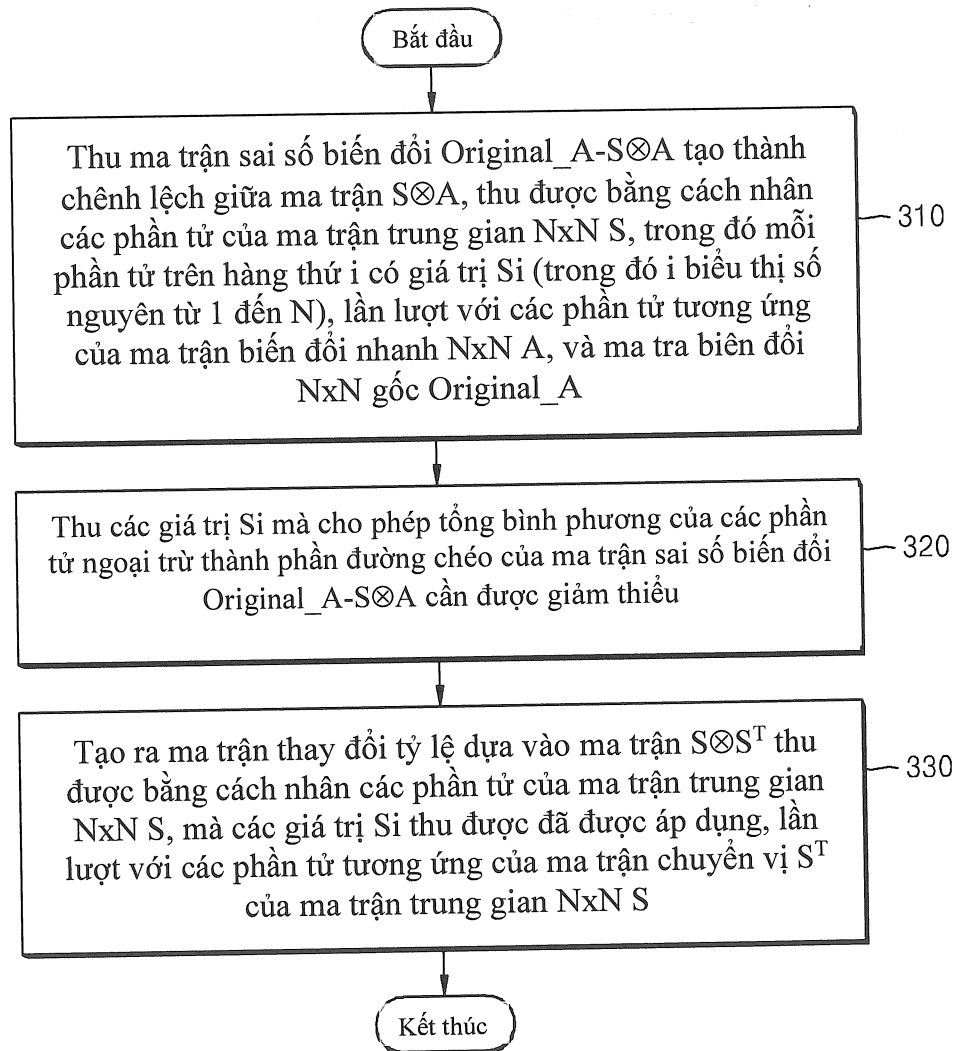


FIG. 4A

QP0=

207	209	209	208	207	209	208	209	207	209	208	209	207	208	209	209
209	212	212	211	209	211	210	212	209	212	210	211	209	211	212	212
209	212	212	211	209	211	210	212	209	212	210	211	209	211	212	212
208	211	211	210	208	210	209	211	208	211	209	210	208	210	211	211
207	209	209	208	207	208	208	209	207	209	208	208	207	208	209	209
209	211	211	210	208	210	210	211	209	211	210	210	208	210	211	211
208	210	210	209	208	210	209	210	208	211	209	210	208	209	210	210
209	212	212	211	209	211	210	212	209	212	210	211	209	211	212	212
207	209	209	208	207	209	208	209	207	210	208	209	207	208	209	209
209	212	212	211	209	211	211	212	210	212	210	211	209	211	212	212
208	210	210	209	208	210	209	210	208	210	209	210	208	209	210	210
209	211	211	210	208	210	210	211	209	211	210	210	208	210	211	211
207	209	209	208	207	208	208	209	207	209	208	208	207	208	209	209
208	211	211	210	208	210	209	211	208	211	209	210	208	210	211	211
209	212	212	211	209	211	210	212	209	212	210	211	209	211	212	212
209	212	212	211	209	211	210	212	209	212	210	211	209	211	212	212

FIG. 4B

QP1=

188	190	190	189	188	190	189	190	188	190	189	190	188	189	190	190
190	192	192	191	190	192	191	192	190	193	191	192	190	191	192	192
190	192	192	191	190	192	191	192	190	192	191	192	190	191	192	192
189	191	191	190	189	191	190	191	189	192	190	191	189	190	191	191
188	190	190	189	188	189	189	190	188	190	189	189	188	189	190	190
190	192	192	191	189	191	191	192	190	192	191	191	189	191	192	192
189	191	191	190	189	191	190	191	189	191	190	191	189	190	191	191
190	192	192	191	190	192	191	193	190	193	191	192	190	191	192	192
188	190	190	189	188	190	189	190	188	190	189	190	188	189	190	190
190	193	192	192	190	192	191	193	190	193	191	192	190	192	192	193
189	191	191	190	189	191	190	191	189	191	190	191	189	190	191	191
190	192	192	191	189	191	191	192	190	192	191	191	189	191	192	192
188	190	190	189	188	189	189	190	188	190	189	189	188	189	190	190
189	191	191	190	189	191	190	191	189	192	190	191	189	190	191	191
190	192	192	191	190	192	191	192	190	192	191	192	190	191	192	192
190	192	192	191	190	192	191	192	190	193	191	192	190	191	192	192

FIG. 4C

QP2=

159	161	161	160	159	160	160	161	159	161	160	160	159	160	161	161
161	163	163	162	161	162	162	163	161	163	162	162	161	162	163	163
161	163	163	162	161	162	162	163	161	163	162	162	161	162	163	163
160	162	162	161	160	161	161	162	160	162	161	161	160	161	162	162
159	161	161	160	159	160	160	161	159	161	160	160	159	160	161	161
160	162	162	161	160	162	161	162	160	162	161	162	160	161	162	162
160	162	162	161	160	161	161	162	160	162	161	161	160	161	162	162
161	163	163	162	161	162	162	163	161	163	162	162	161	162	163	163
159	161	161	160	159	160	160	161	159	161	160	160	159	160	161	161
161	163	163	162	161	162	162	163	161	163	162	162	161	162	163	163
160	162	162	161	160	161	161	162	160	162	161	161	160	161	162	162
160	162	162	161	160	162	161	162	160	162	161	162	160	161	162	162
159	161	161	160	159	160	160	161	159	161	160	160	159	160	161	161
160	162	162	161	160	161	161	162	160	162	161	161	160	161	162	162
161	163	163	162	161	162	162	163	161	163	162	162	161	162	163	163
161	163	163	162	161	162	162	163	161	163	162	162	161	162	163	163

FIG. 4D

QP3=

148	150	150	149	148	149	149	150	148	150	149	149	148	149	150	150
150	151	151	150	149	151	150	151	150	151	150	151	149	150	151	151
150	151	151	150	149	151	150	151	150	151	150	151	149	150	151	151
149	150	150	150	149	150	150	150	149	150	150	150	149	150	150	150
148	149	149	149	148	149	149	149	148	149	149	149	148	149	149	149
149	151	151	150	149	150	150	151	149	151	150	150	149	150	151	151
149	150	150	150	149	150	149	150	149	150	149	150	149	150	150	150
150	151	151	150	149	151	150	151	150	151	150	151	149	150	151	151
148	150	150	149	148	149	149	150	148	150	149	149	148	149	150	150
150	151	151	150	149	151	150	151	150	151	150	151	149	150	151	151
149	150	150	150	149	150	149	150	149	150	149	150	149	150	150	150
149	151	151	150	149	150	150	151	149	151	150	150	149	150	151	151
148	149	149	149	148	149	149	149	148	149	149	149	148	149	149	149
149	150	150	150	149	150	150	150	149	150	150	150	149	150	150	150
150	151	151	150	149	151	150	151	150	151	150	151	149	150	151	151
150	151	151	150	149	151	150	151	150	151	150	151	149	150	151	151

FIG. 4E

QP4=

129	131	131	130	129	130	130	131	129	131	130	130	129	130	131	131
131	132	132	132	131	132	131	132	131	132	131	132	131	132	132	132
131	132	132	132	131	132	131	132	131	132	131	132	131	132	132	132
130	132	132	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	132	132
129	131	131	130	129	130	130	131	129	131	130	130	129	130	131	131
130	132	132	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	132	132
130	131	131	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	131	131
131	132	132	132	131	132	132	132	131	132	132	132	131	132	132	132
129	131	131	130	129	130	130	131	129	131	130	130	129	130	131	131
131	132	132	132	131	132	132	132	131	132	132	132	131	132	132	132
130	131	131	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	131	131
130	132	132	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	132	132
129	131	131	130	129	130	130	131	129	131	130	130	129	130	131	131
130	132	132	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	132	132
131	132	132	132	131	132	131	132	131	132	131	132	131	132	132	132
131	132	132	132	131	132	131	132	131	132	131	132	131	132	132	132

FIG. 4F

QP5=

115	116	116	116	115	116	116	116	115	116	116	116	115	116	116	116
116	118	118	117	116	117	117	118	116	118	117	117	116	117	118	118
116	118	118	117	116	117	117	118	116	118	117	117	116	117	118	118
116	117	117	116	116	117	116	117	116	117	116	117	116	116	117	117
115	116	116	116	115	116	116	116	115	116	116	116	115	116	116	116
116	117	117	117	116	117	116	117	116	117	116	117	116	117	117	117
116	117	117	116	116	116	116	117	116	117	116	116	116	116	117	117
116	118	118	117	116	117	117	118	116	118	117	117	116	117	118	118
115	116	116	116	115	116	116	116	115	116	116	116	115	116	116	116
116	118	118	117	116	117	117	118	116	118	117	117	116	117	118	118
116	117	117	116	116	116	116	117	116	117	116	116	116	116	117	117
116	117	117	117	116	117	116	117	116	117	116	117	116	117	117	117
115	116	116	116	115	116	116	116	115	116	116	116	115	116	116	116
116	117	117	116	116	117	116	117	116	117	116	117	116	116	117	117
116	118	118	117	116	117	117	118	116	118	117	117	116	117	118	118
116	118	118	117	116	117	117	118	116	118	117	117	116	117	118	118

$$QPO =$$
[illegible]

$$CP1 =$$
[illegible]

QP2=

[illegible]

QP4=

[illegible]

QP5=

[illegible]

FIG. 6A

QP0=

81	82	82	81	81	81	81	82	81	82	81	81	81	81	82	82
82	83	83	82	82	82	82	83	82	83	82	82	82	82	83	83
82	83	83	82	82	82	82	83	82	83	82	82	82	82	83	83
81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82
81	82	82	81	81	81	81	82	81	82	81	81	81	81	82	82
81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82
81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82
82	83	83	82	82	82	82	83	82	83	82	82	82	82	83	83
81	82	82	81	81	81	81	82	81	82	81	81	81	81	82	82
82	83	83	82	82	82	82	83	82	83	82	82	82	82	83	83
81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82
81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82
81	82	82	81	81	81	81	82	81	82	81	81	81	81	82	82
81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82	81	82	82	82
82	83	83	82	82	82	82	83	82	83	82	82	82	82	83	83
82	83	83	82	82	82	82	83	82	83	82	82	82	82	83	83

FIG. 6B

QP1=

89	90	90	90	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	90	90
90	91	91	90	90	91	90	91	90	91	90	91	90	90	91	91
90	91	91	90	90	91	90	91	90	91	90	91	90	90	91	91
90	90	90	90	89	90	90	91	90	91	90	90	89	90	90	90
89	90	90	89	89	90	89	90	89	90	89	90	89	89	90	90
90	91	91	90	90	90	90	91	90	91	90	90	90	90	91	91
89	90	90	90	89	90	90	90	89	90	90	90	89	90	90	90
90	91	91	91	90	91	90	91	90	91	90	91	90	91	91	91
89	90	90	90	89	90	89	90	89	90	89	90	89	90	90	90
90	91	91	91	90	91	90	91	90	91	90	91	90	91	91	91
89	90	90	90	89	90	90	90	89	90	90	90	89	90	90	90
90	91	91	90	90	90	90	91	90	91	90	91	90	90	91	91
89	90	90	89	89	90	89	90	89	90	89	90	89	89	90	90
90	90	90	90	89	90	90	91	90	91	90	91	90	89	90	90
90	91	91	90	90	91	90	91	90	91	90	91	90	90	91	91
90	91	91	90	90	91	90	91	90	91	90	91	90	90	91	91

FIG. 6C

QP2=

105	106	106	106	105	106	106	106	105	106	106	106	105	106	106	106
106	107	107	107	106	107	107	108	106	108	107	107	106	107	107	107
106	107	107	107	106	107	107	107	106	108	107	107	106	107	107	107
106	107	107	106	106	107	106	107	106	107	106	107	106	106	107	107
105	106	106	106	105	106	106	106	105	106	106	106	105	106	106	106
106	107	107	107	106	107	106	107	106	107	106	107	106	107	107	107
106	107	107	106	106	106	106	107	106	107	106	106	106	106	107	107
106	108	107	107	106	107	107	108	106	108	107	107	106	107	107	108
105	106	106	106	105	106	106	106	105	106	106	106	105	106	106	106
106	108	108	107	106	107	107	108	106	108	107	107	106	107	108	108
106	107	107	106	106	106	106	107	106	107	106	106	106	106	107	107
106	107	107	107	106	107	106	107	106	107	106	107	106	107	107	107
105	106	106	106	105	106	106	106	105	106	106	106	105	106	106	106
106	107	107	106	106	107	106	107	106	107	106	107	106	106	107	107
106	107	107	107	106	107	107	107	106	108	107	107	106	107	107	107
106	107	107	107	106	107	107	108	106	108	107	107	106	107	107	107

FIG. 6D

QP3=

113	115	114	114	113	114	114	115	113	115	114	114	113	114	114	114
115	116	116	115	114	115	115	116	115	116	115	115	114	115	116	116
114	116	116	115	114	115	115	116	114	116	115	115	114	115	116	116
114	115	115	115	114	115	114	115	114	115	114	115	114	115	115	115
113	114	114	114	113	114	114	114	113	114	114	114	113	114	114	114
114	115	115	115	114	115	115	115	114	115	115	115	114	115	115	115
114	115	115	114	114	115	114	115	114	115	114	115	114	114	115	115
115	116	116	115	114	115	115	116	115	116	115	115	114	115	116	116
113	115	114	114	113	114	114	115	113	115	114	114	113	114	114	115
115	116	116	115	114	115	115	116	115	116	115	115	114	115	116	116
114	115	115	114	114	115	114	115	114	115	114	115	114	114	115	115
114	115	115	115	114	115	115	115	114	115	115	115	114	115	115	115
113	114	114	114	113	114	114	114	113	114	114	114	113	114	114	114
114	115	115	115	114	115	114	115	114	115	114	115	114	115	115	115
114	116	116	115	114	115	115	116	114	116	115	115	114	115	116	116
114	116	116	115	114	115	115	116	115	116	115	115	114	115	116	116

FIG. 6E

QP4=

129	131	131	130	129	130	130	131	129	131	130	130	129	130	131	131
131	132	132	132	131	132	131	132	131	132	131	132	131	132	132	132
131	132	132	132	131	132	131	132	131	132	131	132	131	132	132	132
130	132	132	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	132	132
129	131	131	130	129	130	130	131	129	131	130	130	129	130	131	131
130	132	132	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	132	132
130	131	131	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	131	131
131	132	132	132	131	132	132	132	131	132	132	132	131	132	132	132
129	131	131	130	129	130	130	131	129	131	130	130	129	130	131	131
131	132	132	132	131	132	132	132	131	132	132	132	131	132	132	132
130	131	131	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	131	131
130	132	132	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	132	132
129	131	131	130	129	130	130	131	129	131	130	130	129	130	131	131
130	132	132	131	130	131	131	132	130	132	131	131	130	131	132	132
131	132	132	132	131	132	131	132	131	132	131	132	131	132	132	132
131	132	132	132	131	132	131	132	131	132	131	132	131	132	132	132

FIG. 6F

QP5=

146	147	147	146	146	147	146	147	146	147	146	147	145	146	147	147
147	149	149	148	147	148	148	149	147	149	148	148	147	148	149	149
147	149	149	148	147	148	148	149	147	149	148	148	147	148	149	149
146	148	148	147	146	147	147	148	146	148	147	147	146	147	148	148
146	147	147	146	145	147	146	147	146	147	146	147	145	146	147	147
147	148	148	147	147	148	147	148	147	148	147	148	147	147	148	148
146	148	148	147	146	147	147	148	146	148	147	147	146	147	148	148
147	149	149	148	147	148	148	149	147	149	148	148	147	148	149	149
146	147	147	146	146	147	146	147	146	147	146	147	146	146	147	147
147	149	149	148	147	148	148	149	147	149	148	148	147	148	149	149
146	148	148	147	146	147	147	148	146	148	147	147	146	147	148	148
147	148	148	147	147	148	147	148	147	148	147	148	147	147	148	148
145	147	147	146	145	147	146	147	146	147	146	147	145	146	147	147
146	148	148	147	146	147	147	148	146	148	147	147	146	147	148	148
147	149	149	148	147	148	148	149	147	149	148	148	147	148	149	149
147	149	149	148	147	148	148	149	147	149	148	148	147	148	149	149

FIG. 7A

[illegible]

FIG. 7B

$$Q_{P1} =$$
[illegible]

QP3=

[illegible]

QP4=

[illegible]

FIG. 9

The diagram shows a 2D rotation $R(\theta)$ mapping input coordinates X_1 and X_2 to output coordinates Y_1 and Y_2 . The rotation is represented by the following matrix equation:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}$$

FIG. 10

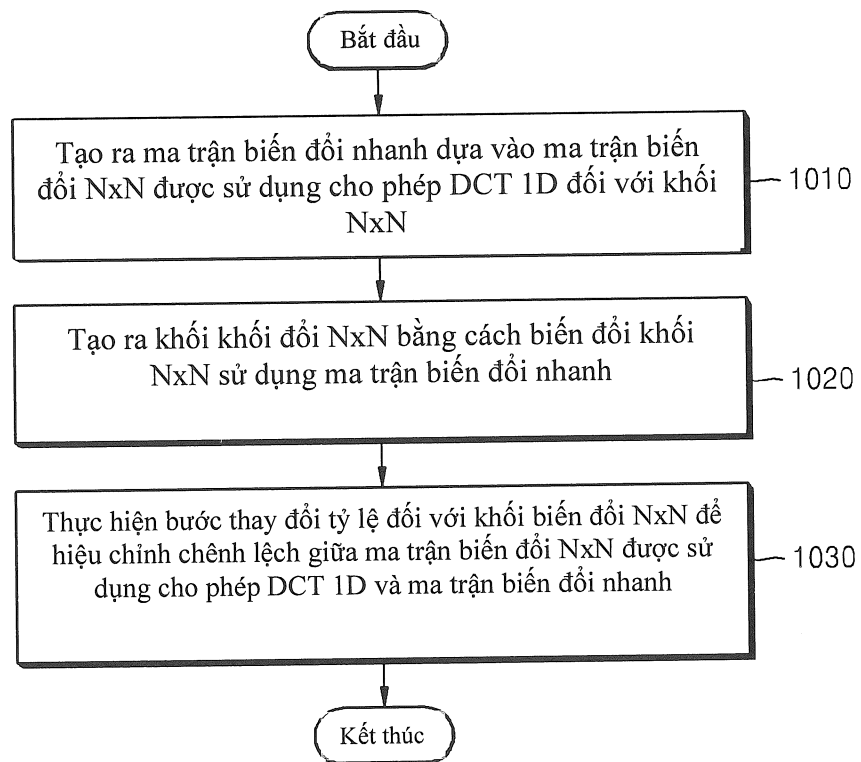


FIG. 11

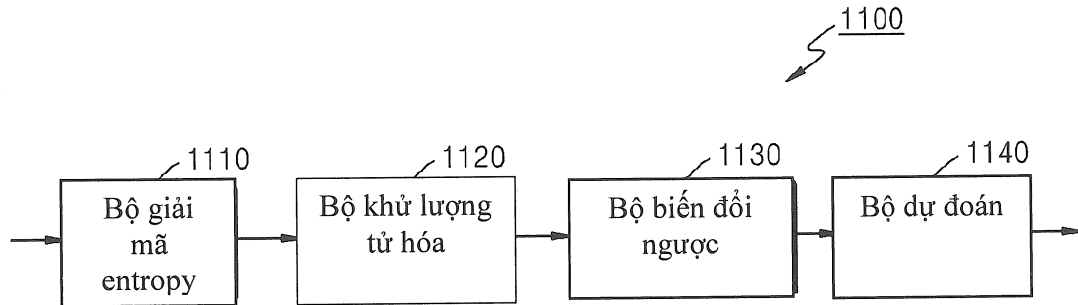


FIG. 12

