



(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)



1-0029330

(51)⁷ H04N 7/32

(13) B

(21) 1-2016-00878

(22) 05/04/2011

(62) 1-2012-03279

(86) PCT/KR2011/002388 05/04/2011

(87) WO 2011/126287 13/10/2011

(30) 61/320,847 05/04/2010 US; 61/367,498 26/07/2010 US; 10-2010-0095956
01/10/2010 KR

(45) 25/08/2021 401

(43) 25/02/2013 299A

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

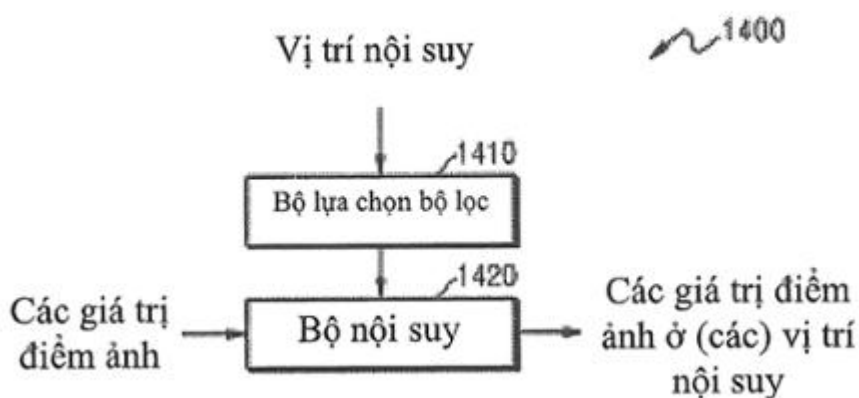
129, Samsung-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-742, Republic of Korea

(72) ALSHINA, Elena (RU); ALSHIN, Alexander (RU); SHLYAKHOV, Nikolay (RU);
CHOI, Byeong-doo (KR); HONG, Yoon-Mi (KR); HAN, Woo-Jin (KR); LEE,
Tammy (US).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY HÌNH ẢNH ĐỂ DỰ ĐOÁN LIÊN ẢNH

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp nội suy hình ảnh để dự đoán liên ảnh. Phương pháp này bao gồm các bước: chọn bộ lọc thứ nhất, trong số các bộ lọc khác nhau, để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên, theo vị trí nội suy; và tạo ra ít nhất một giá trị điểm ảnh của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên bằng cách sử dụng bộ lọc thứ nhất được chọn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các thiết bị và phương pháp nội suy hình ảnh, và cụ thể hơn là, nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong phương pháp mã hóa và giải mã hình ảnh, một ảnh được chia thành nhiều khối macrô để mã hóa hình ảnh. Sau đó, mỗi khối macrô trong số các khối macrô này được mã hóa dự đoán bằng cách thực hiện phép dự đoán liên ảnh hoặc dự đoán nội ảnh.

Phép dự đoán liên ảnh là phương pháp nén hình ảnh bằng cách loại bỏ phần dư về thời gian giữa các ảnh. Một ví dụ thể hiện phép dự đoán liên ảnh là mã hóa đánh giá chuyển động. Trong phương pháp mã hóa đánh giá chuyển động, mỗi khối của ảnh hiện thời được dự đoán bằng cách sử dụng ít nhất một ảnh tham chiếu. Khối tham chiếu mà tương tự nhất với khối hiện thời được tìm kiếm trong phạm vi tìm kiếm định trước bằng cách sử dụng hàm đánh giá định trước.

Khối hiện thời được dự đoán dựa vào khối tham chiếu, khối dư thu được bằng cách trừ khối dự đoán, là kết quả dự đoán, từ khối hiện thời, và sau đó khối dư này được mã hóa. Trong trường hợp này, để dự đoán chính xác khối hiện thời, các điểm ảnh phụ nhỏ hơn so với các đơn vị điểm ảnh nguyên được tạo ra bằng cách thực hiện phép nội suy trong phạm vi tìm kiếm của ảnh tham chiếu, và phép dự đoán liên ảnh này được thực hiện dựa vào các điểm ảnh phụ này.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các khía cạnh theo một hoặc nhiều phương án làm ví dụ đề xuất phương pháp và thiết bị để tạo ra các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách nội suy các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên.

Các khía cạnh theo một hoặc nhiều phương án làm ví dụ đề xuất vật ghi đọc được bằng máy tính có chương trình được ghi trên đó để thực hiện phương pháp.

Theo sáng chế này, đơn vị điểm ảnh phân nhỏ có thể được tạo ra chính xác hơn.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp nội suy hình ảnh, phương pháp này bao gồm các bước: chọn bộ lọc thứ nhất, trong số các bộ lọc khác nhau, để nội suy

giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên, theo vị trí nội suy; và tạo ra ít nhất một giá trị điểm ảnh của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên bằng cách sử dụng bộ lọc thứ nhất đã chọn để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên.

Phương pháp này còn bao gồm bước chọn bộ lọc thứ hai, trong số các bộ lọc khác nhau, để nội suy giữa ít nhất một giá trị điểm ảnh đã tạo ra của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ, theo vị trí nội suy; và nội suy giữa ít nhất một giá trị điểm ảnh đã tạo ra của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách sử dụng bộ lọc thứ hai đã chọn để nội suy giữa ít nhất một giá trị điểm ảnh đã tạo ra của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ.

Bộ lọc thứ nhất để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên có thể là bộ lọc miền không gian để biến đổi các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên bằng cách sử dụng các hàm cơ sở có các tần số khác nhau, và biến đổi ngược các hệ số mà thu được bằng cách biến đổi các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch.

Bộ lọc thứ hai để nội suy giữa ít nhất một giá trị điểm ảnh đã tạo ra của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ có thể là bộ lọc miền không gian để biến đổi ít nhất một giá trị điểm ảnh đã tạo ra của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách sử dụng các hàm cơ sở có các tần số khác nhau, và biến đổi ngược các hệ số thu được bằng cách biến đổi ít nhất một giá trị điểm ảnh được tạo ra của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất thiết bị để nội suy hình ảnh, thiết bị này bao gồm: bộ lựa chọn bộ lọc để chọn bộ lọc thứ nhất, trong số các bộ lọc khác nhau, để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên, theo vị trí nội suy, và bộ nội suy tạo ra ít nhất một giá trị điểm ảnh của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên bằng cách sử dụng bộ lọc thứ nhất đã chọn để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên.

Bộ lựa chọn bộ lọc có thể chọn bộ lọc thứ hai, trong số các bộ lọc khác nhau, để nội suy giữa ít nhất một giá trị điểm ảnh đã tạo ra của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ, theo vị trí nội suy, và bộ nội suy có thể nội suy giữa ít nhất một giá trị điểm ảnh đã tạo ra của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách sử dụng bộ lọc thứ hai đã chọn để nội suy giữa ít nhất một giá trị điểm ảnh đã tạo ra này của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất vật ghi đọc được bằng máy tính chứa chương trình máy tính trên đó để thực hiện phương pháp được mô tả ở trên.

Theo một khía cạnh của phương án làm ví dụ khác, sáng chế đề xuất phương pháp nội suy hình ảnh, phương pháp này bao gồm các bước: biến đổi các giá trị điểm ảnh ở miền không gian bằng cách sử dụng các hàm cơ sở có tần số khác nhau, dịch các pha của các hàm cơ sở này; và biến đổi ngược các hệ số, thu được bằng cách biến đổi các giá trị điểm ảnh, bằng cách sử dụng các hàm cơ sở được dịch pha.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

Fig.1 là sơ đồ khối của thiết bị mã hóa hình ảnh theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.2 là sơ đồ khối của thiết bị giải mã hình ảnh theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.3 minh họa các đơn vị mã hóa phân cấp theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.4 là sơ đồ khối của bộ mã hóa hình ảnh dựa vào đơn vị mã hóa, theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.5 là sơ đồ khối của bộ giải mã hình ảnh dựa vào đơn vị mã hóa, theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.6 minh họa đơn vị mã hóa tối đa, đơn vị mã hóa phụ và đơn vị dự đoán, theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.7 minh họa đơn vị mã hóa và đơn vị biến đổi, theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.8A đến Fig.8D minh họa các hình dạng phân chia của đơn vị mã hóa, đơn vị dự đoán và đơn vị biến đổi, theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.9 là sơ đồ khối của thiết bị nội suy hình ảnh theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.10 là sơ đồ minh họa phương pháp nội suy hai chiều (two-dimensional, 2D) được thực hiện bởi thiết bị nội suy hình ảnh trên Fig.9, theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.11 là sơ đồ minh họa vùng nội suy theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.12 là sơ đồ minh họa phương pháp nội suy một chiều (one-dimensional, 1D) theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.13 là sơ đồ minh họa cụ thể phương pháp nội suy 1D được thực hiện bởi thiết bị nội suy hình ảnh trên Fig.9 theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.14 là sơ đồ khối của thiết bị nội suy hình ảnh theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.15 minh họa bộ lọc nội suy 2D theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.16A đến Fig.16F minh họa các bộ lọc nội suy 1D theo các phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.17A đến Fig.17Y minh họa các bộ lọc nội suy 1D được tối ưu hóa theo các phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.18A và Fig.18B minh họa các phương pháp nội suy các giá trị điểm ảnh theo các hướng khác nhau bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D theo các phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.19A minh họa phương pháp nội suy 2D theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.19B minh họa phương pháp nội suy 2D bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D theo một phương án làm ví dụ khác của sáng chế;

Fig.19C minh họa phương pháp nội suy 2D bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D theo một phương án làm ví dụ khác của sáng chế;

Fig.20 là lưu đồ minh họa phương pháp nội suy hình ảnh theo một phương án làm ví dụ của sáng chế;

Fig.21 là minh họa phương pháp nội suy hình ảnh theo một phương án làm ví dụ khác của sáng chế;

Fig.22 là lưu đồ minh họa phương pháp nội suy hình ảnh theo một phương án làm ví dụ khác của sáng chế;

Fig.23A đến Fig.23E minh họa các phương pháp thực hiện việc thay đổi tỷ lệ và làm tròn liên quan đến bộ lọc nội suy 1D, theo các phương án làm ví dụ của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, một hoặc nhiều phương án làm ví dụ sẽ được mô tả một cách hoàn toàn dựa vào các hình vẽ kèm theo. Các cụm từ chẳng hạn như "ít nhất một trong số" khi đứng trước danh sách các phần tử, làm thay đổi toàn bộ danh sách các phần tử này nhưng không thay đổi các phần tử riêng biệt của danh sách này. Trong bản mô tả này, thuật ngữ "hình ảnh" có thể biểu thị hình ảnh tĩnh của video hoặc hình ảnh động, nghĩa là, của chính video này.

Fig.1 là sơ đồ khối của thiết bị mã hóa hình ảnh 100, theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.1, thiết bị mã hóa hình ảnh 100 này bao gồm bộ phân chia đơn vị mã hóa tối đa 110, bộ xác định độ sâu mã hóa 120, bộ mã hóa dữ liệu hình ảnh 130 và bộ mã hóa thông tin mã hóa 140.

Bộ phân chia đơn vị mã hóa tối đa 110 có thể chia khung hoặc lát hiện thời dựa vào đơn vị mã hóa tối đa là đơn vị mã hóa có kích thước tối đa. Nghĩa là, bộ phân chia đơn vị mã hóa tối đa 110 có thể chia khung hoặc lát hiện thời thành ít nhất một đơn vị mã hóa tối đa.

Theo một phương án làm ví dụ, đơn vị mã hóa có thể được thể hiện bằng cách sử dụng đơn vị mã hóa tối đa và độ sâu. Như được mô tả ở trên, đơn vị mã hóa tối đa biểu thị đơn vị mã hóa có kích thước tối đa trong số các đơn vị mã hóa của khung hiện thời, và độ sâu biểu thị mức giảm phân cấp các đơn vị mã hóa. Khi độ sâu tăng lên, thì đơn vị mã hóa có thể giảm từ đơn vị mã hóa tối đa xuống đơn vị mã hóa tối thiểu, trong đó độ sâu của đơn vị mã hóa tối đa được xác định là độ sâu tối thiểu và độ sâu của đơn vị mã hóa tối thiểu được xác định là độ sâu tối đa. Vì kích thước của đơn vị mã hóa giảm từ đơn vị mã hóa tối đa khi tăng độ sâu, nên đơn vị mã hóa phụ có độ sâu thứ k có thể bao gồm các đơn vị mã hóa phụ có độ sâu thứ $(k + n)$ (trong đó k và n là các số nguyên bằng hoặc lớn hơn 1).

Theo sự tăng kích thước của khung cần được mã hóa, việc mã hóa hình ảnh theo đơn vị mã hóa lớn hơn có thể khiến tỷ lệ nén hình ảnh cao hơn. Tuy nhiên, nếu đơn vị mã hóa lớn hơn được cố định, thì hình ảnh không thể được mã hóa một cách hiệu quả bằng cách phản ánh sự thay đổi liên tục của các đặc điểm của hình ảnh.

Ví dụ, khi vùng phẳng chẳng hạn như biển hoặc bầu trời được mã hóa, thì đơn vị mã hóa càng lớn, tỷ lệ nén có thể tăng lên. Tuy nhiên, khi một vùng phức tạp chẳng hạn như người hoặc tòa nhà được mã hóa, thì đơn vị mã hóa càng nhỏ, tỷ lệ nén có thể càng tăng lên.

Do đó, theo một phương án làm ví dụ, đơn vị mã hóa hình ảnh tối đa khác nhau và độ sâu tối đa khác nhau có thể được thiết lập cho mỗi khung hoặc lát. Vì độ sâu tối đa biểu thị số lần tối đa mà đơn vị mã hóa có thể giảm, nên kích thước của mỗi đơn vị mã hóa tối thiểu có trong đơn vị mã hóa hình ảnh tối đa có thể được thiết lập thay đổi theo độ sâu tối đa. Độ sâu tối đa này có thể được xác định theo cách khác nhau cho mỗi khung hoặc lát hoặc cho mỗi đơn vị mã hóa tối đa.

Bộ xác định độ sâu mã hóa 120 xác định hình dạng phân chia của đơn vị mã hóa tối đa. Hình dạng phân chia này có thể được xác định dựa vào việc tính toán giá trị tỷ lệ méo (rate-distortion, RD). Hình dạng phân chia được xác định của đơn vị mã hóa tối đa được tạo ra cho bộ mã hóa thông tin mã hóa 140, và dữ liệu hình ảnh theo các đơn vị mã hóa tối đa được tạo ra cho bộ mã hóa dữ liệu hình ảnh 130.

Đơn vị mã hóa tối đa có thể được chia thành các đơn vị mã hóa phụ có các kích thước khác nhau theo các độ sâu khác nhau, và các đơn vị mã hóa phụ có các kích thước khác nhau này có trong đơn vị mã hóa tối đa, có thể được dự đoán hoặc biến đổi dựa vào các đơn vị xử lý có các kích thước khác nhau. Nói cách khác, thiết bị mã hóa hình ảnh 100 có thể thực hiện các thao tác xử lý để mã hóa hình ảnh dựa vào các đơn vị xử lý có các kích thước khác nhau và các hình dạng khác nhau. Để mã hóa dữ liệu hình ảnh, các thao tác xử lý chẳng hạn như ít nhất một trong số dự đoán, biến đổi và mã hóa entropy được thực hiện, trong đó các đơn vị xử lý có cùng kích thước hoặc các kích thước khác nhau có thể lần lượt được sử dụng cho các thao tác xử lý này.

Ví dụ, thiết bị mã hóa hình ảnh 100 có thể chọn đơn vị xử lý khác với đơn vị mã hóa để dự đoán đơn vị mã hóa.

Khi kích thước của đơn vị mã hóa là $2N \times 2N$ (trong đó N là số nguyên dương), thì các đơn vị xử lý để dự đoán có thể là $2N \times 2N$, $2N \times N$, $N \times 2N$ và $N \times N$. Nói cách khác, việc dự đoán chuyển động có thể được thực hiện dựa vào đơn vị xử lý có hình dạng theo đó ít nhất một trong số chiều cao và chiều rộng của đơn vị mã hóa được chia đều cho hai. Sau, đơn vị xử lý, là cơ sở để dự đoán, được xác định là ‘đơn vị dự đoán’.

Chế độ dự đoán có thể là ít nhất một trong số chế độ nội ảnh, chế độ liên ảnh và chế độ bỏ qua, và chế độ dự đoán cụ thể có thể được thực hiện chỉ đối với đơn vị dự đoán có kích thước hoặc hình dạng cụ thể. Ví dụ, chế độ nội ảnh có thể được thực hiện chỉ đối với các đơn vị dự đoán có các kích thước bằng $2N \times 2N$ hoặc $N \times N$ trong đó hình dạng là hình vuông. Hơn nữa, chế độ bỏ qua có thể được thực hiện chỉ đối với đơn vị dự đoán có kích thước bằng $2N \times 2N$. Nếu các đơn vị dự đoán tồn tại trong đơn vị mã hóa, thì chế độ dự đoán với các lỗi mã hóa ít nhất có thể được chọn sau khi thực hiện phép dự đoán đối với mỗi đơn vị dự đoán.

Theo cách khác, thiết bị mã hóa hình ảnh 100 có thể thực hiện phép biến đổi đối với dữ liệu hình ảnh dựa vào đơn vị xử lý có kích thước khác với kích thước của đơn vị mã hóa. Đối với phép biến trong đơn vị mã hóa, phép biến đổi này có thể được thực hiện dựa vào đơn vị xử lý có kích thước bằng hoặc nhỏ hơn so với kích thước của đơn vị mã hóa. Sau đây, đơn vị xử lý, là cơ sở của phép biến đổi, được xác định là ‘đơn vị biến đổi’. Phép biến đổi này có thể là phép biến đổi cosin rời rạc (discrete cosine transform, DCT) hoặc biến đổi Loeve Karhunen (Karhunen Loeve transform, KLT) hoặc phép biến đổi về không gian điểm cố định khác bất kỳ.

Bộ xác định độ sâu mã hóa 120 có thể xác định các đơn vị mã hóa phụ có trong đơn vị mã hóa tối đa bằng cách sử dụng phép tối ưu hóa RD dựa vào bộ nhân Lagrange. Nói cách khác, bộ xác định độ sâu mã hóa 120 này có thể xác định hình dạng của các đơn vị mã hóa phụ được phân chia từ đơn vị mã hóa tối đa, trong đó các đơn vị mã hóa phụ này có các kích thước khác nhau theo các độ sâu của các đơn vị mã hóa phụ. Bộ mã hóa dữ liệu hình ảnh 130 kết xuất dòng bit bằng cách mã hóa đơn vị mã hóa tối đa dựa vào các hình dạng phân chia được xác định bởi bộ xác định độ sâu mã hóa 120.

Bộ mã hóa thông tin mã hóa 140 mã hóa thông tin về chế độ mã hóa của đơn vị mã hóa tối đa được xác định bởi bộ xác định độ sâu mã hóa 120. Nói cách khác, bộ mã hóa thông tin mã hóa 140 kết xuất dòng bit bằng cách mã hóa thông tin về hình dạng phân chia của đơn vị mã hóa tối đa, thông tin về độ sâu tối đa và thông tin về chế độ mã hóa của đơn vị mã hóa phụ đối với mỗi độ sâu. Thông tin về chế độ mã hóa của đơn vị mã hóa phụ có thể bao gồm thông tin về đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa phụ, thông tin về chế độ dự đoán đối với mỗi đơn vị dự đoán và thông tin về đơn vị biến đổi của đơn vị mã hóa phụ.

Thông tin về hình dạng phân chia của đơn vị mã hóa tối đa có thể là thông tin, ví dụ, thông tin cờ biểu thị xem mỗi đơn vị mã hóa có được phân chia hay không. Ví dụ, khi

đơn vị mã hóa tối đa được phân chia và mã hóa, thì thông tin này biểu thị xem đơn vị mã hóa tối đa được phân chia có được mã hóa hay không. Ngoài ra, khi đơn vị mã hóa phụ được phân chia từ đơn vị mã hóa tối đa được phân chia và mã hóa, thì thông tin này biểu thị xem đơn vị mã hóa phụ được phân chia có được mã hóa hay không.

Vì các đơn vị mã hóa phụ có các kích thước khác nhau tồn tại cho mỗi đơn vị mã hóa tối đa và thông tin về chế độ mã hóa phải được xác định cho mỗi đơn vị mã hóa phụ, thông tin về ít nhất một chế độ mã hóa có thể được xác định cho một đơn vị mã hóa tối đa.

Thiết bị mã hóa hình ảnh 100 có thể tạo ra các đơn vị mã hóa phụ bằng cách chia đều cả chiều cao và chiều rộng của đơn vị mã hóa tối đa cho hai theo mức tăng về độ sâu. Nghĩa là, khi kích thước của đơn vị mã hóa có độ sâu thứ k là $2N \times 2N$, thì kích thước của đơn vị mã hóa có độ sâu thứ $(k + 1)$ là $N \times N$.

Theo đó, thiết bị mã hóa hình ảnh 100 có thể xác định hình dạng phân chia tối ưu đối với mỗi đơn vị mã hóa tối đa dựa vào các kích thước của các đơn vị mã hóa tối đa và độ sâu tối đa khi xem xét các đặc điểm của hình ảnh. Bằng cách điều chỉnh theo cách thay đổi được kích thước của đơn vị mã hóa tối đa khi xem xét các đặc điểm của hình ảnh và mã hóa hình ảnh thông qua việc phân chia đơn vị mã hóa tối đa thành các đơn vị mã hóa phụ có các độ sâu khác nhau, các hình ảnh có các độ phân giải khác nhau có thể được mã hóa một cách hiệu quả hơn.

Fig.2 là sơ đồ khối của thiết bị giải mã hình ảnh 200 theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.2, thiết bị giải mã hình ảnh 200 này bao gồm bộ phận tiếp nhận dữ liệu hình ảnh 210, bộ trích xuất thông tin mã hóa 220 và bộ giải mã dữ liệu hình ảnh 230.

Bộ phận tiếp nhận dữ liệu hình ảnh 210 tiếp nhận dữ liệu hình ảnh theo các đơn vị mã hóa tối đa bằng cách phân tích cú pháp dòng bit nhận được bởi thiết bị giải mã hình ảnh 200 và kết xuất dữ liệu hình ảnh đến bộ giải mã dữ liệu hình ảnh 230. Bộ phận tiếp nhận dữ liệu hình ảnh 210 này có thể trích xuất thông tin về đơn vị mã hóa tối đa của khung hoặc lát hiện thời từ tiêu đề của khung hoặc lát hiện thời này. Nói cách khác, bộ phận tiếp nhận dữ liệu hình ảnh 210 phân chia dòng bit theo các đơn vị mã hóa tối đa để bộ giải mã dữ liệu hình ảnh 230 có thể giải mã dữ liệu hình ảnh theo các đơn vị mã hóa tối đa.

Bộ trích xuất thông tin mã hóa 220 trích xuất thông tin về đơn vị mã hóa tối đa, độ sâu tối đa, hình dạng phân chia của đơn vị mã hóa tối đa và chế độ mã hóa của các đơn vị

mã hóa phụ từ tiêu đề của khung hiện thời bằng cách phân tích cú pháp dòng bit nhận được bởi thiết bị giải mã hình ảnh 200. Thông tin về hình dạng phân chia và thông tin về chế độ mã hóa được tạo ra cho bộ giải mã dữ liệu hình ảnh 230.

Thông tin về hình dạng phân chia của đơn vị mã hóa tối đa có thể bao gồm thông tin về các đơn vị mã hóa phụ có kích thước khác nhau theo các độ sâu và có trong đơn vị mã hóa tối đa, và có thể là thông tin (ví dụ, thông tin cờ) biểu thị xem mỗi đơn vị mã hóa có được phân chia hay không. Thông tin về chế độ mã hóa có thể bao gồm thông tin về đơn vị dự đoán theo các đơn vị mã hóa phụ, thông tin về chế độ dự đoán và thông tin về đơn vị biến đổi.

Bộ giải mã dữ liệu hình ảnh 230 khôi phục khung hiện thời bằng cách giải mã dữ liệu hình ảnh của mỗi đơn vị mã hóa tối đa dựa vào thông tin được trích xuất bởi bộ trích xuất thông tin mã hóa 220.

Bộ giải mã dữ liệu hình ảnh 230 có thể giải mã các đơn vị mã hóa phụ có trong đơn vị mã hóa tối đa dựa vào thông tin về hình dạng phân chia của đơn vị mã hóa tối đa. Bước giải mã có thể bao gồm bước dự đoán nội ảnh, dự đoán liên ảnh mà bao gồm bước bù chuyển động và biến đổi ngược.

Bộ giải mã dữ liệu hình ảnh 230 có thể thực hiện việc dự đoán nội ảnh hoặc dự đoán liên ảnh dựa vào thông tin về đơn vị dự đoán và thông tin về chế độ dự đoán để dự đoán đơn vị dự đoán. Bộ giải mã dữ liệu hình ảnh 230 này có thể còn thực hiện việc biến đổi ngược đối với mỗi đơn vị mã hóa phụ dựa vào thông tin về đơn vị biến đổi của đơn vị mã hóa phụ.

Fig.3 minh họa các đơn vị mã hóa phân cấp theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.3, các đơn vị mã hóa phân cấp có thể bao gồm các đơn vị mã hóa có các chiều rộng và chiều cao là 64x64, 32x32, 16x16, 8x8 và 4x4. Bên cạnh các đơn vị mã hóa có các dạng hình vuông hoàn hảo này, các đơn vị mã hóa có chiều rộng và các chiều cao là 64x32, 32x64, 32x16, 16x32, 16x8, 8x16, 8x4 và 4x8 có thể cũng tồn tại.

Dựa vào Fig.3, đối với dữ liệu hình ảnh 310 có độ phân giải là 1920x1080, kích thước của đơn vị mã hóa tối đa được thiết lập thành 64x64, và độ sâu tối đa được thiết lập thành 2.

Đối với dữ liệu hình ảnh 320 có độ phân giải 1920x1080, kích thước của đơn vị mã hóa tối đa được thiết lập thành 64x64, và độ sâu tối đa được thiết lập thành 3. Đối với dữ

liệu hình ảnh 330 có độ phân giải là 352x288, kích thước của đơn vị mã hóa tối đa được thiết lập thành 16x16 và độ sâu tối đa được thiết lập thành 1.

Khi độ phân giải cao hoặc lượng dữ liệu lớn, thì kích thước tối đa của đơn vị mã hóa có thể tương đối lớn để tăng tỷ lệ nén và phản ánh chính xác các đặc điểm của hình ảnh. Theo đó, đối với các dữ liệu hình ảnh 310 và 320 có độ phân giải cao hơn so với dữ liệu hình ảnh 330, 64x64 có thể được chọn là kích thước của đơn vị mã hóa tối đa.

Độ sâu tối đa biểu thị số lớp tổng cộng trong các đơn vị mã hóa phân cấp. Vì độ sâu tối đa của dữ liệu hình ảnh 310 là 2, nên đơn vị mã hóa 315 của dữ liệu hình ảnh 310 có thể bao gồm đơn vị mã hóa tối đa có kích thước trực dài hơn là 64 và các đơn vị mã hóa phụ có kích thước trực dài hơn là 32 và 16, theo sự tăng về độ sâu.

Mặt khác, vì độ sâu tối đa của dữ liệu hình ảnh 330 là 1, nên đơn vị mã hóa 335 của dữ liệu hình ảnh 330 có thể bao gồm đơn vị mã hóa tối đa có kích thước trực dài hơn là 16 và các đơn vị mã hóa có kích thước trực dài hơn là 8 và 4, theo sự tăng về độ sâu.

Tuy nhiên, vì độ sâu tối đa của dữ liệu hình ảnh 320 là 3, nên đơn vị mã hóa 325 của dữ liệu hình ảnh 320 có thể bao gồm đơn vị mã hóa tối đa có kích thước trực dài hơn là 64 và các đơn vị mã hóa phụ có kích thước trực dài hơn là 32, 16, 8 và 4 theo sự tăng về độ sâu. Vì hình ảnh được mã hóa dựa vào đơn vị mã hóa phụ nhỏ hơn khi tăng độ sâu, nên phương án làm ví dụ hiện tại thích hợp để mã hóa hình ảnh bao gồm nhiều cảnh nhỏ hơn.

Fig.4 là sơ đồ khối của bộ mã hóa hình ảnh 400 dựa vào đơn vị mã hóa, theo một phương án làm ví dụ. Bộ phận dự đoán nội ảnh 410 thực hiện việc dự đoán nội ảnh đối với các đơn vị dự đoán của chế độ dự đoán nội ảnh trong khung hiện thời 405, và bộ đánh giá chuyển động 420 và bộ bù chuyển động 425 thực hiện việc dự đoán liên ảnh và bù chuyển động đối với các đơn vị dự đoán của chế độ liên ảnh bằng cách sử dụng khung hiện thời 405 và khung tham chiếu 495.

Các giá trị dư được tạo ra dựa vào các đơn vị dự đoán được kết xuất từ bộ phận dự đoán nội ảnh 410, bộ đánh giá chuyển động 420 và bộ bù chuyển động 425, và sau đó được kết xuất dưới dạng các hệ số biến đổi được lượng tử hóa bằng cách đi qua bộ biến đổi 430 và bộ lượng tử hóa 440.

Các hệ số biến đổi được lượng tử hóa được khôi phục thành các giá trị dư bằng cách đi qua bộ lượng tử hóa ngược 460 và bộ biến đổi ngược 470, và được xử lý sau bằng cách đi qua bộ phận khử khối 480 và bộ lọc vòng lặp 490, và sau đó được kết xuất dưới

dạng khung tham chiếu 495. Các hệ số biến đổi được lượng tử hóa có thể được kết xuất dưới dạng dòng bit 455 bằng cách đi qua bộ mã hóa entropy 450.

Để thực hiện việc mã hóa dựa vào phương pháp mã hóa theo một phương án làm ví dụ, các thành phần của bộ mã hóa hình ảnh 400, nghĩa là, bộ phận dự đoán nội ảnh 410, bộ đánh giá chuyển động 420, bộ bù chuyển động 425, bộ biến đổi 430, bộ lượng tử hóa 440, bộ mã hóa entropy 450, bộ lượng tử hóa ngược 460, bộ biến đổi ngược 470, bộ phận khử khối 480 và bộ lọc vòng lặp 490 có thể thực hiện các quy trình mã hóa hình ảnh dựa vào đơn vị mã hóa tối đa, đơn vị mã hóa phụ theo các độ sâu, đơn vị dự đoán và đơn vị biến đổi.

Fig.5 là sơ đồ khối của bộ giải mã hình ảnh 500 dựa vào đơn vị mã hóa, theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.5, dòng bit 505 được phân tích cú pháp bởi bộ phân tích cú pháp 510 để thu dữ liệu hình ảnh được mã hóa cần được giải mã và mã hóa thông tin cần thiết để giải mã. Dữ liệu hình ảnh được mã hóa này được kết xuất dưới dạng dữ liệu được lượng tử hóa ngược bằng cách đi qua bộ giải mã entropy 520 và bộ lượng tử hóa ngược 530, và được khôi phục thành các giá trị dư bằng cách đi qua bộ biến đổi ngược 540. Các giá trị dư này được khôi phục theo các đơn vị mã hóa bằng cách được thêm vào kết quả dự đoán nội ảnh của bộ phận dự đoán nội ảnh 550 hoặc kết quả bù chuyển động của bộ bù chuyển động 560. Các đơn vị mã hóa được khôi phục được sử dụng để dự đoán các đơn vị mã hóa tiếp theo hoặc khung tiếp theo bằng cách đi qua bộ phận khử khối 570 và bộ phận lọc vòng lặp 580.

Để thực hiện việc giải mã dựa vào phương pháp giải mã theo một phương án làm ví dụ, các bộ phận của bộ giải mã hình ảnh 500, nghĩa là, bộ phân tích cú pháp 510, bộ giải mã entropy 520, bộ lượng tử hóa ngược 530, bộ biến đổi ngược 540, bộ phận dự đoán nội ảnh 550, bộ bù chuyển động 560, bộ phận khử khối 570 và bộ phận lọc vòng lặp 580 có thể thực hiện các quy trình giải mã hình ảnh dựa vào đơn vị mã hóa tối đa, đơn vị mã hóa phụ theo các độ sâu, đơn vị dự đoán và đơn vị biến đổi.

Cụ thể, bộ phận dự đoán nội ảnh 550 và bộ bù chuyển động 560 xác định đơn vị dự đoán và chế độ dự đoán trong đơn vị mã hóa phụ bằng cách xem xét đơn vị mã hóa tối đa và độ sâu, và bộ biến đổi ngược 540 thực hiện việc biến đổi ngược bằng cách xem xét kích thước của đơn vị biến đổi.

Fig.6 minh họa đơn vị mã hóa tối đa, đơn vị mã hóa phụ và đơn vị dự đoán, theo một phương án làm ví dụ. Thiết bị mã hóa hình ảnh 100 được minh họa trên Fig.1, và thiết bị giải mã hình ảnh 200 được minh họa trên Fig.2 sử dụng các đơn vị mã hóa phân

cấp để thực hiện việc mã hóa và giải mã khi xem xét các đặc điểm của hình ảnh. Đơn vị mã hóa tối đa và độ sâu tối đa có thể được thiết lập thích hợp theo các đặc điểm của hình ảnh hoặc được thiết lập khác nhau theo các yêu cầu của người dùng.

Trên Fig.6, cấu trúc đơn vị mã hóa phân cấp 600 có đơn vị mã hóa tối đa 610 có chiều cao và chiều rộng bằng 64 và độ sâu tối đa bằng 4. Độ sâu tăng dọc theo trục dọc của cấu trúc đơn vị mã hóa phân cấp 600, và khi độ sâu tăng lên, thì các chiều cao và chiều rộng của các đơn vị mã hóa phụ từ 620 đến 650 giảm. Các đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa tối đa 610 và các đơn vị mã hóa phụ từ 620 đến 650 được thể hiện dọc theo trục ngang của cấu trúc đơn vị mã hóa phân cấp 600.

Đơn vị mã hóa tối đa 610 có độ sâu bằng 0 và kích thước của đơn vị mã hóa, nghĩa là, chiều cao và chiều rộng bằng 64x64. Độ sâu tăng dọc theo trục dọc, và tồn tại đơn vị mã hóa phụ 620 có kích thước bằng 32x32 và độ sâu bằng 1, đơn vị mã hóa phụ 630 có kích thước bằng 16x16 và độ sâu bằng 2, đơn vị mã hóa phụ 640 có kích thước bằng 8x8 và độ sâu bằng 3 và đơn vị mã hóa phụ 650 có kích thước bằng 4x4 và độ sâu bằng 4. Đơn vị mã hóa phụ 650 này có kích thước bằng 4x4 và độ sâu bằng 4 là đơn vị mã hóa tối thiểu, và đơn vị mã hóa tối thiểu này có thể được chia thành các đơn vị dự đoán, mỗi trong số các đơn vị này nhỏ hơn so với đơn vị mã hóa tối thiểu.

Dựa vào Fig.6, Fig.6 này minh họa các ví dụ về các đơn vị dự đoán được thể hiện dọc theo trục ngang theo mỗi độ sâu. Nghĩa là, đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa tối đa 610 có độ sâu bằng 0 có thể là đơn vị dự đoán có kích thước bằng kích thước của đơn vị mã hóa 610, nghĩa là, 64x64, hoặc đơn vị dự đoán 612 có kích thước bằng 64x32, đơn vị dự đoán 614 có kích thước bằng 32x64, hoặc đơn vị dự đoán 616 có kích thước bằng 32x32, có kích thước nhỏ hơn so với đơn vị mã hóa 610 có kích thước bằng 64x64.

Đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa 620 có độ sâu bằng 1 và kích thước bằng 32x32 có thể là đơn vị dự đoán có kích thước bằng kích thước của đơn vị mã hóa 620, nghĩa là, 32x32, hoặc đơn vị dự đoán 622 có kích thước bằng 32x16, đơn vị dự đoán 624 có kích thước bằng 16x32 hoặc đơn vị dự đoán 626 có kích thước bằng 16x16, mà có kích thước nhỏ hơn so với đơn vị mã hóa 620 có kích thước bằng 32x32.

Đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa phụ 630 có độ sâu bằng 2 và kích thước bằng 16x16 có thể là đơn vị dự đoán có kích thước bằng kích thước của đơn vị mã hóa 630, nghĩa là, 16x16 hoặc đơn vị dự đoán 632 có kích thước bằng 16x8, đơn vị dự đoán 634 có kích thước bằng 8x16 hoặc đơn vị dự đoán 636 có kích thước bằng 8x8, mà có kích thước nhỏ hơn so với đơn vị mã hóa 630 với kích thước bằng 16x16.

Đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa 640 có độ sâu bằng 3 và kích thước bằng 8×8 có thể là đơn vị dự đoán có kích thước bằng kích thước của đơn vị mã hóa 640, nghĩa là, 8×8 , hoặc đơn vị dự đoán 642 có kích thước bằng 8×4 , đơn vị dự đoán 644 có kích thước bằng 4×8 hoặc đơn vị dự đoán 646 có kích thước bằng 4×4 , mà có kích thước nhỏ hơn so với đơn vị mã hóa 640 có kích thước bằng 8×8 .

Cuối cùng, đơn vị mã hóa 650 có độ sâu bằng 4 và kích thước bằng 4×4 là đơn vị mã hóa tối thiểu và đơn vị mã hóa có độ sâu tối đa và đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa 650 có thể là đơn vị dự đoán 650 có kích thước bằng 4×4 , đơn vị dự đoán 652 có kích thước bằng 4×2 , đơn vị dự đoán 654 có kích thước bằng 2×4 hoặc đơn vị dự đoán 656 có kích thước bằng 2×2 .

Fig.7 minh họa đơn vị mã hóa và đơn vị biến đổi theo một phương án làm ví dụ. Thiết bị mã hóa hình ảnh 100 được minh họa trên Fig.1 và thiết bị giải mã hình ảnh 200 được minh họa trên Fig.2 thực hiện việc mã hóa và giải mã với chính đơn vị mã hóa tối đa hoặc với các đơn vị mã hóa phụ, bằng hoặc nhỏ hơn so với đơn vị mã hóa tối đa, được chia từ các đơn vị mã hóa tối đa. Trong quy trình mã hóa và giải mã, kích thước của đơn vị biến đổi để biến đổi được chọn để không lớn hơn kích thước của đơn vị mã hóa tương ứng. Ví dụ, dựa vào Fig.7, khi đơn vị mã hóa hiện thời 710 có kích thước bằng 64×64 , thì phép biến đổi có thể được thực hiện bằng cách sử dụng đơn vị biến đổi 720 có kích thước bằng 32×32 .

Các hình vẽ từ Fig.8A đến Fig.8D minh họa các hình dạng phân chia của đơn vị mã hóa, đơn vị dự đoán và đơn vị biến đổi, theo một phương án làm ví dụ. Cụ thể, Fig.8A và Fig.8B minh họa đơn vị mã hóa và đơn vị dự đoán theo một phương án làm ví dụ.

Fig.8A thể hiện hình dạng phân chia được chọn bởi thiết bị mã hóa hình ảnh 100 được minh họa trên Fig.1, để mã hóa đơn vị mã hóa tối đa 810. Thiết bị mã hóa hình ảnh 100 này phân chia đơn vị mã hóa tối đa 810 thành các hình dạng khác nhau, thực hiện việc mã hóa trên đó, và chọn hình dạng phân chia tối ưu bằng cách so sánh các kết quả mã hóa của các hình dạng phân chia khác nhau với nhau dựa vào các giá trị RD. Khi đơn vị mã hóa tối đa 810 được mã hóa như vậy là tối ưu, thì đơn vị mã hóa tối đa 810 có thể được mã hóa mà không phân chia đơn vị mã hóa tối đa 810, như được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.8A đến Fig.8D.

Dựa vào Fig.8B, đơn vị mã hóa tối đa 810 có độ sâu bằng 0 được mã hóa bằng cách phân chia đơn vị này thành các đơn vị mã hóa phụ có các độ sâu bằng hoặc lớn hơn 1. Nghĩa là, đơn vị mã hóa tối đa 810 được phân chia thành bốn đơn vị mã hóa phụ có độ

sâu bằng 1, và tất cả hoặc một số đơn vị mã hóa phụ có các độ sâu bằng 1 được phân chia thành các đơn vị mã hóa phụ có độ sâu bằng 2.

Đơn vị mã hóa phụ nằm ở phía trên bên phải và đơn vị mã hóa phụ nằm ở phía dưới bên trái trong số các đơn vị mã hóa phụ có các độ sâu bằng 1 được phân chia thành các đơn vị mã hóa phụ có các độ sâu bằng hoặc lớn hơn 2. Một số đơn vị mã hóa phụ có độ sâu bằng hoặc lớn hơn 2 có thể được phân chia thành các đơn vị mã hóa phụ có các độ sâu bằng hoặc lớn hơn 3.

Fig.8B thể hiện hình dạng phân chia của đơn vị dự đoán đối với đơn vị mã hóa tối đa 810. Dựa vào Fig.8B, đơn vị dự đoán 860 của đơn vị mã hóa tối đa 810 có thể được phân chia theo cách khác từ đơn vị mã hóa tối đa 810. Nói cách khác, đơn vị dự đoán của mỗi đơn vị mã hóa phụ có thể nhỏ hơn đơn vị mã hóa phụ tương ứng.

Ví dụ, đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa phụ 854 nằm ở phía dưới bên phải trong số các đơn vị mã hóa phụ có độ sâu bằng 1 có thể nhỏ hơn so với đơn vị mã hóa phụ 854. Ngoài ra, các đơn vị dự đoán của một số đơn vị mã hóa phụ 814, 816, 850 và 852 trong số các đơn vị mã hóa phụ 814, 816, 818, 828, 850 và 852 có các độ sâu bằng 2 có thể lần lượt nhỏ hơn so với các đơn vị mã hóa phụ 814, 816, 850 và 852.

Ngoài ra, các đơn vị dự đoán của các đơn vị mã hóa phụ 822, 832 và 848 có các độ sâu bằng 3 có thể lần lượt nhỏ hơn so với các đơn vị mã hóa phụ 822, 832 và 848. Các đơn vị dự đoán có thể có hình dạng theo đó các đơn vị mã hóa phụ tương ứng được chia đều cho hai theo hướng cao hoặc chiều rộng hoặc có hình dạng theo đó đơn vị mã hóa phụ tương ứng được chia đều cho bốn theo các hướng chiều cao và chiều rộng.

Fig.8C và Fig.8D minh họa đơn vị dự đoán và đơn vị biến đổi, theo một phương án làm ví dụ.

Fig.8C thể hiện hình dạng phân chia của đơn vị dự đoán của các đơn vị mã hóa tối đa 810 được thể hiện trên Fig.8B, và Fig.8D thể hiện hình dạng phân chia của đơn vị biến đổi của đơn vị mã hóa tối đa 810.

Dựa vào Fig.8D, hình dạng phân chia của đơn vị biến đổi 870 có thể được thiết lập khác với đơn vị dự đoán 860.

Ví dụ, mặc dù đơn vị dự đoán của đơn vị mã hóa 854 có độ sâu bằng 1 được chọn với hình dạng theo đó chiều cao của đơn vị mã hóa 854 được chia đều cho hai, đơn vị biến đổi có thể được chọn với cùng kích thước với đơn vị mã hóa 854. Tương tự, mặc dù các vị dự đoán của các đơn vị mã hóa 814 và 850 có các độ sâu bằng 2 được chọn với

hình dạng theo đó chiều cao của mỗi trong số các đơn vị mã hóa 814 và 850 được chia cho hai, đơn vị biến đổi có thể được chọn với cùng kích thước với kích thước ban đầu của mỗi trong số các đơn vị mã hóa 814 và 850.

Đơn vị biến đổi có thể được chọn với kích thước nhỏ hơn so với đơn vị dự đoán. Ví dụ, khi đơn vị dự đoán đối với đơn vị mã hóa 852 có độ sâu bằng 2 được chọn với hình dạng theo đó chiều rộng của đơn vị mã hóa 852 được chia đều cho hai, đơn vị biến đổi có thể được chọn với hình dạng theo đó đơn vị mã hóa 852 được chia đều cho bốn theo các hướng chiều cao và chiều rộng, mà có kích thước nhỏ hơn so với hình dạng của đơn vị dự đoán.

Fig.9 là sơ đồ khối của thiết bị nội suy hình ảnh 900 theo một phương án làm ví dụ. Phép nội suy hình ảnh có thể được sử dụng để chuyển đổi hình ảnh có độ phân giải thấp thành hình ảnh có độ phân giải cao. Ngoài ra, phép nội suy hình ảnh có thể được sử dụng để chuyển đổi hình ảnh xen kẽ thành hình ảnh tăng dần hoặc có thể được sử dụng để lấy mẫu hình ảnh có độ phân giải thấp thành độ phân giải cao hơn. Khi bộ mã hóa hình ảnh 400 trên Fig.4 mã hóa hình ảnh, thì bộ đánh giá chuyển động 420 và bộ bù chuyển động 425 có thể thực hiện việc dự đoán liên ảnh bằng cách sử dụng khung tham chiếu được nội suy. Nghĩa là, dựa vào Fig.4, hình ảnh có độ phân giải cao có thể được tạo ra bằng cách nội suy khung tham chiếu 495, và phép dự đoán và bù chuyển động có thể được thực hiện dựa vào hình ảnh có độ phân giải cao, nhờ đó tăng độ chính xác của phép dự đoán liên ảnh. Tương tự, khi bộ giải mã hình ảnh 500 trên Fig.5 giải mã hình ảnh, thì bộ bù chuyển động 550 có thể thực hiện việc bù chuyển động bằng cách sử dụng khung tham chiếu được nội suy, nhờ đó tăng độ chính xác của việc dự đoán liên ảnh.

Dựa vào Fig.9, thiết bị nội suy hình ảnh 900 bao gồm bộ biến đổi 910 và bộ biến đổi ngược 920.

Bộ biến đổi 910 biến đổi các giá trị điểm ảnh bằng cách sử dụng các hàm cơ sở có tần số khác nhau. Phép biến đổi có thể là một trong các quy trình khác nhau để biến đổi các giá trị điểm ảnh ở miền không gian thành các hệ số miền tần số, và có thể là, ví dụ, DCT như được mô tả ở trên. Các giá trị điểm ảnh của đơn vị điểm ảnh nguyên được biến đổi bằng cách sử dụng các hàm cơ sở. Các giá trị điểm ảnh có thể là các giá trị điểm ảnh của các thành phần độ chói hoặc thành phần sắc độ. Các kiểu hàm cơ bản không bị giới hạn, và có thể là một trong các kiểu hàm khác nhau để biến đổi các giá trị điểm ảnh ở miền không gian thành (các) giá trị miền tần số. Ví dụ, các hàm cơ bản có thể là các hàm cosin để thực hiện DCT hoặc DCT ngược. Ngoài ra, các kiểu hàm cơ sở khác nhau, chẳng

hạn như, các hàm sin cơ sở hoặc hàm đa thức cơ sở, có thể được sử dụng. Các ví dụ về DCT có thể bao gồm DCT được thay đổi, và DCT được thay đổi mà sử dụng sự phân chia cửa sổ.

Bộ biến đổi ngược 920 dịch các pha của các hàm cơ sở được sử dụng để thực hiện phép biến đổi bởi bộ biến đổi 910, và phép biến đổi ngược các hệ số, nghĩa là, các giá trị miền tần số, được tạo ra bởi bộ biến đổi 910, bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch. Phép biến đổi được thực hiện bởi bộ biến đổi 910 và phép biến đổi ngược được thực hiện bởi bộ biến đổi ngược 920 hiện sẽ được mô tả bằng cách sử dụng DCT hai chiều (2D) và DCT một chiều (1D).

<DCT 2D và DCT ngược 2D>

Fig.10 là sơ đồ minh họa phương pháp nội suy 2D được thực hiện bởi thiết bị nội suy hình ảnh 900 trên Fig.9, theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.10, thiết bị nội suy hình ảnh 900 này tạo ra các giá trị điểm ảnh ở các vị trí X, nghĩa là, các vị trí nội suy, bằng cách nội suy giữa các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên ở miền không gian, ví dụ, các giá trị điểm ảnh ở các vị trí O trong khối 1000. Các giá trị điểm ảnh ở các vị trí X là các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ với các vị trí nội suy của chúng được xác định bởi ' α_x ' và ' α_y '. Mặc dù Fig.10 minh họa trường hợp trong đó khối 1000 có kích thước bằng 4x4, kích thước của khối 1000 không bị giới hạn ở 4x4, và người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể thấy rằng các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ có thể được tạo ra bằng cách thực hiện DCT 2D và DCT ngược 2D đối với khối có kích thước nhỏ hơn hoặc lớn hơn khối 1000. (109)

Trước tiên, bộ biến đổi 910 thực hiện DCT 2D đối với các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên. DCT 2D có thể được thực hiện theo phương trình sau:

$$C = D(x) \times \text{REF} \times D(y) \dots (1),$$

Trong đó 'C' biểu thị khối bao gồm các hệ số miền tần số thu được bằng cách thực hiện DCT 2D, 'REF' biểu thị khối 1000 mà DCT được thực hiện trên đó, 'D(x)' biểu thị ma trận để thực hiện DCT theo hướng trục X, nghĩa là, theo hướng ngang, và 'D(y)' biểu thị ma trận để thực hiện DCT theo hướng trục Y, nghĩa là, theo hướng dọc. Ở đây, 'D(x)' và 'D(y)' có thể được xác định bằng phương trình (2) sau:

$$D_{kl}(x) = \frac{2}{S_x} \cos\left(\frac{(2l+1)k\pi}{2S_x}\right)$$

$$0 \leq k \leq S_x - 1$$

$$0 \leq l \leq S_x - 1 \dots (2),$$

Trong đó 'k' và 'l' biểu thị các số nguyên, mỗi số nguyên này thỏa mãn điều kiện được biểu diễn ở phương trình (2), 'D_{kl}(x)' biểu thị phần tử ở hàng thứ k và cột thứ l của ma trận vuông D(x) và S_x biểu thị các kích thước ngang và dọc của ma trận vuông D(x).

$$D_{kl}(y) = \frac{2}{S_y} \cos\left(\frac{(2l+1)k\pi}{2S_y}\right)$$

$$0 \leq k \leq S_y - 1$$

$$0 \leq l \leq S_y - 1 \dots (3),$$

trong đó 'k' và 'l' biểu thị các số nguyên, mỗi số nguyên này thỏa mãn các điều kiện được biểu diễn ở phương trình (3), D_{kl}(y) biểu thị phần tử ở hàng thứ k và cột thứ l của ma trận vuông D(y) và S_y biểu thị các kích thước ngang và dọc của ma trận vuông D(y).

Bộ biến đổi 910 thực hiện DCT 2D đối với khối 1000 bằng cách tính toán phương trình (1), và bộ biến đổi ngược 910 thực hiện DCT ngược 2D đối với các hệ số miền tần số được tạo ra bởi bộ biến đổi 910 bằng cách tính toán phương trình sau:

$$P = W(x) \times D(x) \times REF \times D(y) \times W(y) \dots (4),$$

trong đó 'P' biểu thị khối bao gồm các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy, nghĩa là, vị trí X, thu được bằng cách thực hiện DCT ngược. So với phương trình (1), phương trình (4) thu được bằng cách lần lượt nhân cả hai vế của khối C với 'W(x)' và 'W(y)', để thực hiện DCT ngược đối với các khối C. Ở đây, 'W(x)' biểu thị ma trận để thực hiện DCT ngược theo hướng ngang, và 'W(y)' biểu thị việc thực hiện DCT ngược theo hướng dọc.

Như được mô tả ở trên, bộ biến đổi ngược 910 sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch, để thực hiện DCT ngược 2D. 'W(x)' và 'W(y)' có thể được xác định bằng các phương trình (5) và (6) sau:

$$W_{kl}(x) = \frac{1}{2}, \quad W_{kl}(x) = \cos\left(\frac{(2l+1+2a_x)k\pi}{2S_x}\right)$$

$$0 \leq k \leq S_x - 1$$

$$0 \leq l \leq S_x - 1 \dots (5),$$

trong đó 'l' và 'k' là các số nguyên mà mỗi trong số chúng thỏa mãn các điều kiện được biểu diễn ở phương trình (5), 'W_{lk}(x)' biểu thị phần tử ở hàng thứ l và cột thứ k của ma trận vuông W(x), và S_x biểu thị các kích thước ngang và dọc của ma trận vuông W(x). α_x biểu thị vị trí nội suy ngang như được minh họa trên Fig.10, và có thể là phân số, ví dụ, 1/2, 1/4, 3/4, 1/8, 3/8, 5/8, 7/8, 1/16 hoặc v.v. Tuy nhiên, phân số này không bị giới hạn ở đó, và α_x có thể là số thực.

$$W_m(y) = \frac{1}{2}, \quad W_{lk}(y) = \cos\left(\frac{(2l+1+2\alpha_y)k\pi}{2S_y}\right)$$

$$0 \leq k \leq S_y - 1$$

$$0 \leq l \leq S_y - 1 \dots (6),$$

trong đó 'l' và 'k' là các số nguyên, mỗi số nguyên này thỏa mãn điều kiện được biểu diễn ở phương trình (6), 'W_{lk}(y)' biểu diễn phần tử ở hàng thứ l và cột thứ k của ma trận vuông W(y), và S_y biểu thị các kích thước ngang và dọc của ma trận vuông W(y). α_y biểu thị vị trí nội suy ngang như được minh họa trên Fig.10, và có thể là phân số, ví dụ, 1/2, 1/4, 3/4, 1/8, 3/8, 5/8, 7/8, 1/16 hoặc v.v. Tuy nhiên, phân số này không bị giới hạn ở đó, và α_y có thể là số thực.

So với phương trình (2) và (3), các pha của các hàm cơ sở được sử dụng bởi bộ biến đổi ngược 910, nghĩa là, các hàm cosin, lần lượt được dịch lượng bằng 2α_x và 2α_y, ở phương trình (5) và (6). Nếu bộ biến đổi ngược 910 thực hiện DCT ngược 2D dựa vào các hàm cosin, các pha của hàm cosin này được dịch, như được biểu diễn ở phương trình (5) và (6), thì các giá trị điểm ảnh ở các vị trí X được tạo ra.

Fig.11 là sơ đồ minh họa vùng nội suy 1110 theo một phương án làm ví dụ. Khi bộ biến đổi 910 và bộ biến đổi ngược 920 trên Fig.9 lần lượt tạo ra các giá trị điểm ảnh ở các vị trí nội suy bằng cách thực hiện DCT 2D và DCT ngược 2D, thì vùng 1120 lớn hơn so với khối cần được nội suy, nghĩa là, vùng nội suy 1110, có thể được sử dụng. Nói chung, độ chính xác của phép nội suy có thể bị hạ thấp ở các biên của vùng nội suy 1110, và do đó, tương quan giữa các giá trị điểm ảnh liền kề với vị trí nội suy có thể được xem xét để nội suy. Thiết bị nội suy hình ảnh 900 trên Fig.9 thực hiện DCT 2D đối với các giá trị điểm ảnh có trong vùng nội suy 1110 và sau đó thực hiện DCT ngược 2D đối với kết quả

thực hiện DCT 2D, trong đó tương quan giữa các giá trị điểm ảnh có trong vùng nội suy 1110 và các giá trị điểm ảnh bên ngoài vùng nội suy 1110 không được xem xét.

Như vậy, thiết bị nội suy hình ảnh 900 thực hiện phép nội suy ở vùng 1120, mà lớn hơn so với vùng nội suy 1110 và bao gồm vùng nội suy 1110 và vùng liền kề với vùng nội suy 1110 này, và sử dụng các giá trị điểm ảnh ở vùng nội suy 1110 để bù chuyển động.

<DCT 1D và DCT ngược 1D>

Fig.12 là sơ đồ minh họa phương pháp nội suy 1D theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.12, thiết bị nội suy hình ảnh 900 trên Fig.9 tạo ra giá trị điểm ảnh 1200 ở vị trí nội suy bằng cách nội suy giữa giá trị điểm ảnh 1210 và giá trị điểm ảnh 1220 của các đơn vị điểm ảnh nguyên ở miền không gian. Giá trị điểm ảnh 1200 là giá trị điểm ảnh của đơn vị điểm ảnh phân nhỏ, vị trí nội suy giá trị điểm ảnh này được xác định bằng ' α '. Phương pháp nội suy 1D theo một phương án làm ví dụ hiện tại sẽ được mô tả dưới đây một cách chi tiết dựa vào Fig.13.

Fig.13 là sơ đồ minh họa cụ thể phương pháp nội suy 1D được thực hiện bởi thiết bị nội suy hình ảnh 900 trên Fig.9, theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.13, các giá trị điểm ảnh liền kề 1310 và 1320 lần lượt bao gồm các giá trị điểm ảnh 1210 và 1220 của các đơn vị điểm ảnh nguyên, được sử dụng để tạo ra giá trị điểm ảnh 1200 của đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách nội suy giữa hai giá trị điểm ảnh 1210 và 1220. Nói cách khác, DCT 1D được thực hiện đối với các giá trị điểm ảnh từ thứ $-(M-1)$ đến thứ M , nghĩa là, các giá trị điểm ảnh $2M$, DCT ngược 1D được thực hiện đối với kết quả thực hiện DCT 1D, dựa vào các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch, nhờ đó nội suy giữa điểm ảnh thứ 0 và điểm ảnh thứ 1. Fig.13 minh họa trường hợp trong đó $M = 6$, nhưng ' M ' không bị giới hạn ở 6 và có thể là số nguyên dương bất kỳ lớn hơn 0.

Ngoài ra, Fig.12 và Fig.13 minh họa các trường hợp trong đó phép nội suy được thực hiện giữa các giá trị điểm ảnh lân cận theo hướng ngang, nhưng người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ nhận thấy rằng các phương pháp nội suy 1D trên Fig.12 và Fig.13 có thể được sử dụng để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh liền kề theo hướng dọc hoặc theo hướng đường chéo (xem Fig.18A và Fig.18B để biết thêm chi tiết).

Bộ biến đổi 910 thực hiện DCT 1D đối với các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên. DCT 1D có thể được thực hiện bằng cách tính toán phương trình sau:

$$C_k = \frac{1}{M} \sum_{l=-M+1}^M p(l) \cos\left(\frac{(2l-1+2M)k\pi}{4M}\right)$$

$$0 \leq k \leq 2M-1 \dots (7),$$

Trong đó ‘p(l)’ là các giá trị điểm ảnh từ thứ -(M-1) đến thứ M, ví dụ, các giá trị điểm ảnh từ thứ -5 đến thứ 6 1310 đến 1320 được minh họa trên Fig.13, và ‘C_k’ biểu thị các hệ số thu được bằng cách thực hiện DCT 1D đối với các giá trị điểm ảnh này. Ở đây, ‘k’ là số nguyên dương thỏa mãn điều kiện được biểu diễn ở phương trình (7).

Khi bộ biến đổi 910 thực hiện DCT 1D đối với các giá trị điểm ảnh từ 1310 đến 1320 bằng cách tính toán phương trình (7), thì bộ biến đổi ngược 920 thực hiện DCT ngược 1D đối với các hệ số miền tần số được tạo ra bởi bộ biến đổi 910 bằng cách tính toán phương trình (8) sau:

$$P(\alpha) = \frac{C_0}{2} + \sum_{k=1}^{2M-1} C_k \cos\left(\frac{(2\alpha-1+2M)k\pi}{4M}\right) \dots (8),$$

Trong đó, ‘α’ biểu thị vị trí nội suy giữa hai giá trị điểm ảnh như được mô tả ở trên dựa vào Fig.13, và có thể là một trong số các phân số khác nhau, ví dụ, 1/2, 1/4, 3/4, 1/8, 3/8, 5/8, 7/8, 1/16, v.v. Các phân số này không bị giới hạn, và α có thể là số thực. ‘P(α)’ biểu thị giá trị điểm ảnh 1200 ở vị trí nội suy được tạo ra bằng cách thực hiện DCT ngược 1D. So với phương trình (7), pha của hàm cosin được biểu diễn ở phương trình (8), là hàm cơ sở được sử dụng để thực hiện DCT ngược 1D, được xác định bởi phân số ‘α’ khác với số nguyên ‘1’, và do đó khác với pha của hàm cơ sở được sử dụng để thực hiện DCT 1D.

Fig.14 là sơ đồ khối của thiết bị nội suy hình ảnh 1400 theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.14, thiết bị nội suy hình ảnh 1400 bao gồm bộ lựa chọn bộ lọc 1410 và bộ nội suy 1420. Thiết bị nội suy hình ảnh 900 trên Fig.9 biến đổi ảnh và biến đổi ngược kết quả biến đổi dựa vào các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch. Tuy nhiên, nếu phép biến đổi và phép biến đổi ngược được thực hiện bất cứ khi nào các giá trị điểm ảnh được đưa vào thiết bị nội suy điểm ảnh 900, thì lượng tính toán cần đến sẽ lớn, nhờ đó làm giảm tốc độ hoạt động của hệ thống xử lý hình ảnh.

Như vậy, phép nội suy hình ảnh có thể được thực hiện nhanh chóng ở miền không gian mà không cần phải biến đổi miền không gian thành miền tần số bằng cách tính toán các hệ số lọc để thực hiện phép biến đổi và biến đổi ngược được mô tả ở trên và sau đó

lọc các giá trị điểm ảnh ở miền không gian, để nhập vào thiết bị nội suy hình ảnh 1400 bằng cách sử dụng các hệ số lọc đã tính toán này.

Bộ lựa chọn bộ lọc 1410 nhận thông tin liên quan đến vị trí nội suy và chọn bộ lọc để được sử dụng cho phép nội suy. Như được mô tả ở trên, bộ lọc được sử dụng để biến đổi các giá trị điểm ảnh dựa vào các hàm cơ sở có các tần số khác nhau và biến đổi ngược các hệ số thu được thông qua phép biến đổi, dựa vào các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch. Các hệ số lọc có thể thay đổi theo vị trí nội suy, và bộ lọc được chọn theo vị trí nội suy này.

Như được mô tả ở trên dựa vào Fig.9, các giá trị điểm ảnh được biến đổi bằng cách sử dụng các hàm cơ sở có các tần số khác nhau, và các pha của các hàm cơ sở này có các tần số khác nhau được dịch theo vị trí nội suy để thực hiện phép biến đổi ngược. Sau đó, các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy có thể được nội suy bằng cách biến đổi ngược các hệ số bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch. Nói cách khác, nếu phép biến đổi được thực hiện dựa vào các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên và phép biến đổi ngược được thực hiện dựa vào các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch, theo vị trí nội suy, sau đó các giá trị điểm ảnh của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ có thể được tạo ra cho các vị trí nội suy khác nhau. Như vậy, bộ lựa chọn bộ lọc 1410 trên Fig.14 thiết lập trước các bộ lọc để thực hiện phép biến đổi và thực hiện phép biến đổi ngược dựa vào các hàm cơ sở khác nhau, và chọn một trong số các bộ lọc được thiết lập trước này, dựa vào các thông tin liên quan đến vị trí nội suy.

Bộ nội suy 1420 thực hiện phép nội suy bằng cách sử dụng bộ lọc được chọn bởi bộ lựa chọn bộ lọc 1410. Cụ thể, phép nội suy được thực hiện bằng cách lọc các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên dựa vào bộ lọc đã chọn. Là kết quả nội suy, (các) giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy định trước, nghĩa là, (các) giá trị điểm ảnh của đơn vị điểm ảnh phân nhỏ, thu được. Dựa vào Fig.10, nếu khối bao gồm các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên được lọc bằng bộ lọc 2D, thì các giá trị điểm ảnh ở các vị trí nội suy, mỗi trong số các giá trị này được xác định bằng ' α_x ' và ' α_y ', được tạo ra. Dựa vào Fig.13, nếu hàng hoặc cột bao gồm các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên được lọc bằng bộ lọc 1D, thì các giá trị điểm ảnh đối với các phép nội suy α được tạo ra. Các phương pháp nội suy lần lượt được thực hiện bằng cách sử dụng bộ lọc 2D và bộ lọc 1D hiện sẽ được mô tả dưới đây dựa vào các hình vẽ kèm theo.

<Bộ lọc 2D>

$P=W(x) \times D(x) \times REF \times D(y) \times W(y)$ như được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (4). Phương trình này có thể còn được biểu diễn như sau:

$$P=F(x) \times REF \times F(y) \dots(9),$$

trong đó ‘F(x)’ biểu thị bộ lọc để biến đổi khối REF theo hướng ngang và biến đổi ngược kết quả biến đổi theo hướng ngang bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch. ‘F(y)’ biểu thị bộ lọc để biến đổi khối REF theo hướng dọc và biến đổi ngược kết quả biến đổi theo hướng dọc này bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch. Ví dụ, ‘F(x)’ có thể biểu thị bộ lọc để thực hiện DCT đối với khối REF theo hướng ngang, và thực hiện DCT ngược đối với kết quả thực hiện theo hướng ngang bằng cách sử dụng các hàm cosin, các pha của hàm cosin này được dịch. ‘F(y)’ có thể biểu thị bộ lọc để thực hiện DCT đối với khối REF theo hướng dọc, và thực hiện DCT ngược đối với kết quả thực hiện theo hướng dọc bằng cách sử dụng các hàm cosin, các pha của hàm cosin này được dịch.

Theo các phương trình (2), (3), (5) và (6), các bộ lọc F(x) và F(y) có thể được xác định bằng các phương trình (10) và (11) sau:

$$F_{kl}(x) = \sum_{n=0}^{S_x-1} W_{kn}(x) D_{nl}(x)$$

$$0 \leq k \leq S_x - 1$$

$$0 \leq l \leq S_x - 1 \dots(10),$$

trong đó ‘k’ và ‘l’ biểu thị các số nguyên, mỗi số nguyên này thỏa mãn điều kiện được biểu diễn ở phương trình (10), ‘F_{kl}(x)’ biểu thị phần tử ở hàng thứ k và cột thứ l của ma trận F(x), và S_x biểu thị các kích thước ngang và dọc của các ma trận W(x) và D(x). Vì các ma trận vuông W(x) và D(x) có cùng kích thước, nên các kích thước ngang và dọc của các ma trận này cũng giống nhau. ‘W_{kn}(x)’ biểu thị phần tử ở hàng thứ k và cột thứ n của ma trận vuông W(x) được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (5). D_{nl}(x) biểu thị phần tử ở hàng thứ n và cột thứ l của ma trận vuông D(x) được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (2).

$$F_{ml}(y) = \sum_{n=0}^{S_y-1} D_{ln}(y) W'_{mn}(y)$$

$$0 \leq k \leq S_y - 1$$

$$0 \leq l \leq S_y - 1 \dots (11),$$

trong đó ‘k’ và ‘l’ biểu thị các số nguyên, mỗi số nguyên này thỏa mãn điều kiện được biểu diễn ở phương trình (11), ‘ $F_{kl}(y)$ ’ biểu thị phần tử ở hàng thứ k và cột thứ l của ma trận $F(y)$, và S_y biểu thị các kích thước ngang và dọc của các ma trận $W(y)$ và $D(y)$. Vì các ma trận vuông $W(y)$ và $D(y)$ có cùng kích thước, nên các kích thước ngang và dọc của các ma trận này cũng giống nhau. ‘ $W_{nl}(y)$ ’ biểu thị phần tử ở hàng thứ n và cột thứ l của ma trận vuông $W(y)$ như được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (5). ‘ $D_{kn}(y)$ ’ biểu thị phần tử ở hàng thứ k và cột thứ n của ma trận vuông $D(y)$ được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (2).

Nếu phép nội suy được thực hiện bằng cách tăng các độ sâu bit của các bộ lọc $F(x)$ và $F(y)$, thì độ chính xác lọc có thể được cải thiện. Như vậy, theo một phương án làm ví dụ, các hệ số của các bộ lọc $F(x)$ và $F(y)$ được tăng lên bằng cách nhân các hệ số này với giá trị định trước, và hình ảnh có thể được nội suy bằng cách sử dụng các bộ lọc này bao gồm các hệ số được tăng lên. Trong trường hợp này, phương trình (9) có thể được thay đổi như sau:

$$P = (F'(x) \times \text{REF} \times F'(y)) / S^2 \dots (12),$$

trong đó ‘ $F'(x)$ ’ biểu thị bộ lọc thay đổi tỷ lệ bằng cách nhân các hệ số của bộ lọc $F(x)$ với hệ số thay đổi tỷ lệ ‘S’ và làm tròn kết quả của phép nhân đến số nguyên, và ‘ $F'(y)$ ’ biểu thị bộ lọc thu được bằng cách nhân các hệ số của bộ lọc $F(y)$ với ‘S’ và làm tròn kết quả của phép nhân đến số nguyên. Vì phép nội suy được thực hiện bằng cách sử dụng bộ lọc thay đổi tỷ lệ, nên các giá trị điểm ảnh ở các vị trí nội suy được tính toán và sau đó được chia cho ‘ S^2 ’ để bù cho hiệu ứng thay đổi tỷ lệ.

Fig.15 minh họa bộ lọc nội suy 2D theo một phương án làm ví dụ. Cụ thể, Fig.15 minh họa các hệ số lọc được thay đổi tỷ lệ theo phương trình (2). Nghĩa là, Fig.15 minh họa các bộ lọc nội suy 2D $F'(x)$ khi ‘ α_x ’ bằng 1/4, 1/2 và 3/4, trong đó các bộ lọc nội suy 2D $F'(x)$ được tạo ra bằng cách nhân các hệ số của bộ lọc nội suy 2D $F(x)$ với hệ số thay đổi tỷ lệ 2^{13} . Bộ lọc nội suy 2D $F'(y)$ khi ‘ α_y ’ bằng 1/4, 1/2 và 3/4, có thể được sử dụng bằng cách chuyển vị bộ lọc $F'(x)$.

Dựa vào Fig.14, nếu bộ lựa chọn bộ lọc 1410 chọn một trong các bộ lọc nội suy 2D trên Fig.15 dựa vào vị trí nội suy, thì bộ nội suy 1420 tạo ra các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy bằng cách tính toán phương trình (9) hoặc (12).

<Bộ lọc 1D>

DCT 1D theo phương trình (7) có thể được biểu diễn dưới dạng định thức sau:

$$C = D \times \text{REF} \dots (13),$$

trong đó ‘C’ biểu thị ma trận (2Mx1) đối với các hệ số 2M được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (7), và ‘REF’ biểu thị ma trận (2Mx1) đối với các giá trị điểm ảnh của các đơn vị điểm ảnh nguyên được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (7), nghĩa là, từ $P_{(M-1)}$, ... đến P_M . Số lượng giá trị điểm ảnh tổng cộng được sử dụng để nội suy, nghĩa là, 2M, biểu thị số tap (tap) tổng cộng của bộ lọc nội suy 1D. ‘D’ biểu thị ma trận vuông DCT 1D, có thể được xác định như sau:

$$D_M = \frac{1}{M} \cos\left(\frac{(2l-1+2M)k\pi}{4M}\right)$$

$$0 \leq k \leq 2M-1$$

$$-(M-1) \leq l \leq M \dots (14),$$

trong đó ‘k’ và ‘l’ biểu thị các số nguyên, mỗi số nguyên này thỏa mãn điều kiện được biểu diễn ở phương trình (14), ‘ D_{kl} ’ biểu thị phần tử ở hàng thứ k và cột thứ l của ma trận vuông D đối với DCT 1D được biểu diễn ở phương trình (13), và ‘M’ đã được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (13).

DCT 1D bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch, theo phương trình (8) có thể được biểu diễn dưới dạng định thức sau:

$$P(\alpha) = W(\alpha) \times C \dots (15),$$

trong đó $P'(\alpha)$ giống với ‘P(α)’ được biểu diễn ở phương trình (8), và ‘W(α)’ biểu thị ma trận (1x2M) đối với DCT ngược 1D bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch. ‘W(α)’ có thể được xác định như sau:

$$W_0(\alpha) = \frac{1}{2}, \quad W_k(\alpha) = \cos\left(\frac{(2\alpha-1+2M)k\pi}{4M}\right)$$

$$1 \leq k \leq 2M-1 \dots (16),$$

trong đó k là số nguyên thỏa mãn điều kiện được biểu diễn ở phương trình (16), ' $W_k(\alpha)$ ' biểu thị phần tử ở cột thứ k của ma trận $W_k(\alpha)$ được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (15). Bộ lọc nội suy 1D $F(\alpha)$ để thực hiện DCT 1D và DCT ngược 1D mà sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch, dựa vào các phương trình (13) và (15), có thể được xác định như sau:

$$P(\alpha) = F(\alpha) \times REF$$

$$F(\alpha) = \sum_{k=0}^{2M-1} W_k(\alpha) D_k$$

$$0 \leq k \leq 2M-1$$

$$-(M-1) \leq l \leq M \dots (17),$$

trong đó ' k ' và ' l ' biểu thị các số nguyên, mỗi số nguyên này thỏa mãn điều kiện được biểu diễn ở phương trình (17), ' $F_l(\alpha)$ ' biểu thị phần tử ở cột thứ l của bộ lọc $F(\alpha)$, và ' $W(\alpha)$ ' và ' D ' giống với ' $W(\alpha)$ ' và ' D ' được biểu diễn ở phương trình (13).

Độ chính xác lọc có thể được cải thiện bằng cách tăng độ sâu bit của bộ lọc nội suy 1D $F(\alpha)$ tương tự với bộ lọc nội suy 2D. Hình ảnh có thể được nội suy bằng cách tăng các hệ số của bộ lọc nội suy 1D $F(\alpha)$ bằng cách nhân các hệ số này với giá trị định trước và sử dụng bộ lọc nội suy 1D $F(\alpha)$ bao gồm các hệ số được tăng lên này.

Ví dụ, phép nội suy có thể được thực hiện bằng cách nhân bộ lọc nội suy 1D $F(\alpha)$ với hệ số thay đổi tỷ lệ ' $2^{\text{ScalingBits}}$ '. Trong trường hợp này, $P(\alpha) = F(\alpha) \times REF$ được biểu diễn ở phương trình (17) có thể được thay đổi như sau:

$$P(\alpha) = \left(\sum_{l=-M+1}^M F'_l(\alpha) \cdot REF_l + 2^{\text{ScalingBits}-1} \right) \gg \text{ScalingBits} \dots (18),$$

trong đó ' $F_l(\alpha)$ ' biểu thị bộ lọc được thay đổi tỷ lệ bằng cách nhân các hệ số của bộ lọc nội suy 1D $F(\alpha)$ với hệ số thay đổi tỷ lệ ' $2^{\text{ScalingBits}}$ ' và làm tròn kết quả của phép nhân đến số nguyên, ' REF_l ' biểu thị phần tử ở cột thứ l của ma trận REF được biểu diễn ở phương trình (17), và ' $2^{\text{ScalingBits}-1}$ ' biểu thị giá trị được thêm vào để làm tròn giá trị điểm ảnh được lọc. Giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy α được tính toán bằng cách nhân bộ lọc được thay đổi tỷ lệ $F'_l(\alpha)$ với ma trận đối với các giá trị điểm ảnh, kết quả tính toán được làm tròn bằng cách thêm giá trị ' $2^{\text{ScalingBits}-1}$ ' vào đó, và giá trị kết quả được dịch lượng bằng ' Scaling Bits ' bit để bù đối với hiệu ứng thay đổi tỷ lệ.

Việc làm tròn được sử dụng trong các phương trình được mô tả ở trên chỉ là một ví dụ về phương pháp lượng tử hóa các hệ số lọc. Để khái quát hóa phương pháp lượng tử hóa các hệ số lọc để dễ hiểu, hệ số lọc này có thể được thay đổi và tối ưu hóa như được biểu diễn ở các phương trình (19) và (20) sau:

$$(F_l(\alpha) - \epsilon) \leq f'_l(\alpha) \leq (F_l(\alpha) + \epsilon) \dots (19),$$

trong đó ' $F_l(\alpha)$ ' biểu thị hệ số thứ 1 của bộ lọc chưa được lượng tử hóa, ' $f'_l(\alpha)$ ' biểu thị hệ số thứ 1 của bộ lọc được lượng tử hóa và ' ϵ ' biểu thị số thực bất kỳ mà có thể có được chọn theo mức lượng tử hóa và có thể là, ví dụ, $0,2 * F_l(\alpha)$. Theo phương trình (19), khi hệ số thứ 1 $F_l(\alpha)$ là số thực được tính toán theo các phương trình từ (13) đến (17), thì hệ số thứ 1 $F_l(\alpha)$ được thay đổi thành hệ số thứ 1 $f'_l(\alpha)$ thỏa mãn phương trình (19), nhờ đó lượng tử hóa hệ số thứ 1 $F_l(\alpha)$.

Khi các hệ số lọc được thay đổi tỷ lệ bằng hệ số thay đổi tỷ lệ định trước, thì phép lượng tử hóa theo phương trình (19) có thể được thay đổi như sau:

$$(p * F_l(\alpha) - p * \epsilon) \leq F'_l(\alpha) \leq (p * F_l(\alpha) + p * \epsilon) \dots (20),$$

trong đó ' p ' biểu thị hệ số thay đổi tỷ lệ (có thể là ' $2^{\text{ScalingBits}}$ '), và $p * F_l(\alpha)$ biểu thị hệ số lọc được thay đổi tỷ lệ. Theo phương trình (20), ' $p * F_l(\alpha)$ ' được chuyển đổi thành ' $F'_l(\alpha)$ '.

Các hình vẽ từ Fig.16A đến Fig.16F minh họa các bộ lọc nội suy 1D theo các phương án làm ví dụ. Trên các hình vẽ từ Fig.16A đến Fig.16F, các bộ lọc được thay đổi tỷ lệ được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (18) được minh họa theo số lượng tap và vị trí nội suy. Cụ thể, các hình vẽ từ Fig.16A đến Fig.16F lần lượt minh họa bộ lọc 4-tap, bộ lọc 6-tap, bộ lọc 8-tap, bộ lọc 10-tap, bộ lọc 12-tap và bộ lọc 14-tap. Trên các hình vẽ từ Fig.16A đến Fig.16F, hệ số thay đổi tỷ lệ cho các hệ số lọc được thiết lập thành '256', nghĩa là, ScalingBits được thiết lập thành '8'.

Trên các hình vẽ từ Fig.16A đến Fig.16F, các hệ số lọc bao gồm các hệ số của thành phần tần số cao, nhờ đó độ chính xác của phép nội suy và dự đoán có thể được tăng lên nhưng hiệu quả nén hình ảnh có thể bị giảm do các thành phần tần số cao này. Tuy nhiên, phép nội suy được thực hiện để tăng hiệu quả nén hình ảnh như được mô tả ở trên dựa vào Fig.9. Để giải quyết vấn đề này, các hệ số lọc được minh họa trên các hình vẽ từ

Fig.16A đến Fig.16F có thể được điều chỉnh để tăng hiệu quả nén hình ảnh trong trường hợp này.

Ví dụ, giá trị tuyệt đối của mỗi trong số các hệ số lọc có thể được giảm, và mỗi hệ số lọc ở điểm giữa của mỗi bộ lọc có thể được nhân với một giá trị có trọng số lớn hơn so với các giá trị có trọng số được gán cho các hệ số lọc còn lại. Ví dụ, dựa vào Fig.16B, trong bộ lọc 6-tap, để tạo ra các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy $1/2$, thì các hệ số lọc, {11, -43, 160, 160, -43, 11,} được điều chỉnh theo cách sao cho các giá trị tuyệt đối 11', '-43' và '160' có thể được giảm và chỉ giá trị '160' ở điểm giữa của bộ lọc 6-tap được nhân với giá trị có trọng số.

Các hình vẽ từ Fig.17A đến Fig.17Y minh họa các bộ lọc nội suy 1D được tối ưu hóa theo các phương án làm ví dụ. Các bộ lọc được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.16A đến Fig.16F có thể còn được điều chỉnh để dễ dàng thể hiện bộ lọc bởi phần cứng. Khi phương trình (17) hoặc (18) được tính toán bằng cách sử dụng máy tính, thì các hệ số lọc có thể được tối ưu hóa để giảm thiểu các phép toán số học, ví dụ, dịch bit của các số nhị phân và phép cộng.

Trên Fig.17A và Fig.17B, lượng tính toán cần thiết để thực hiện việc lọc để nội suy mỗi bộ lọc được biểu thị ở cả đơn vị "cộng" và "dịch". Mỗi trong số các bộ lọc trên các hình vẽ từ Fig.17A đến Fig.17M bao gồm các hệ số được tối ưu hóa để giảm thiểu các đơn vị "cộng" và "dịch" ở vị trí nội suy tương ứng.

Fig.17A và Fig.17B lần lượt minh họa bộ lọc 6-tap và bộ lọc 12-tap được tối ưu hóa để nội suy hình ảnh với độ chính xác là $1/4$ điểm ảnh được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 8 bit. Fig.17C, Fig.17D và Fig.17E minh họa bộ lọc 8-tap được tối ưu hóa để nội suy hình ảnh với độ chính xác $1/4$ điểm ảnh được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 8 bit. Các bộ lọc 8-tap trên các hình vẽ từ Fig.17C đến Fig.17E được phân loại theo ít nhất một trong số các tiêu chí xem các hệ số lọc có được tối ưu hóa hay không và phương pháp tối ưu hóa các hệ số lọc là gì. Fig.17F và Fig.17G minh họa bộ lọc 8-tap được tối ưu hóa để nội suy hình ảnh với độ chính xác $1/4$ điểm ảnh được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 6 bit. Các bộ lọc trên Fig.17F và Fig.17G có thể được phân loại theo phương pháp tối ưu hóa hệ số lọc.

Fig.17H minh họa bộ lọc 6-tap được tối ưu hóa để nội suy hình ảnh với độ chính xác $1/8$ điểm ảnh được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 6 bit. Fig.17I minh họa bộ lọc 6-tap được tối ưu hóa để nội suy hình ảnh với độ chính xác $1/8$ điểm ảnh được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 8 bit.

Fig.17J và Fig.17K minh họa các bộ lọc 4-tap được tối ưu hóa để nội suy hình ảnh với độ chính xác $1/8$ điểm ảnh được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 5 bit. Các bộ lọc trên Fig.17J và Fig.17K có thể được phân loại theo phương pháp tối ưu hóa các hệ số lọc. Fig.17L và Fig.17M minh họa bộ lọc 4-tap được tối ưu hóa để nội suy hình ảnh với độ chính xác $1/8$ điểm ảnh được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 8 bit. Các bộ lọc trên Fig.17L và Fig.17M có thể còn được phân loại theo phương pháp tối ưu hóa các hệ số lọc.

Các hình vẽ từ Fig.17N đến Fig.17Y lần lượt minh họa bộ lọc 4-tap, bộ lọc 6-tap, bộ lọc 8-tap, bộ lọc 10 tap và bộ lọc 12-tap được tối ưu hóa để nội suy với độ chính xác $1/8$ điểm ảnh được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 8 bit. Các bộ lọc trên các hình vẽ từ Fig.17N đến Fig.17Y khác với các bộ lọc trên các hình vẽ từ Fig.17A đến Fig.17M ở chỗ một số hệ số lọc khác nhau, nhưng giống với các bộ lọc trên các hình vẽ từ Fig.17A đến Fig.17M ở chỗ hệ số lọc để nội suy vị trí nội suy $1/8$ đối xứng với hệ số lọc để nội suy vị trí nội suy $7/8$, hệ số lọc để nội suy vị trí nội suy $2/8$ đối xứng với hệ số lọc để nội suy vị trí nội suy $6/8$ và hệ số lọc để nội suy vị trí nội suy $3/8$ đối xứng với hệ số lọc để nội suy vị trí nội suy $5/8$.

Các hình vẽ từ Fig.23A đến Fig.23E minh họa các phương pháp thực hiện việc thay đổi tỷ lệ và làm tròn liên quan đến bộ lọc nội suy 1D, theo các phương án làm ví dụ.

Như được mô tả ở trên, việc lọc nội suy sử dụng DCT và DCT ngược, và do đó, bộ lọc nội suy 1D bao gồm các hệ số lọc, các giá trị tuyệt đối của các hệ số này nhỏ hơn '1'. Như vậy, như được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (12), các hệ số lọc được thay đổi tỷ lệ bằng cách nhân lần lượt hệ số này với ' $2^{\text{ScalingBits}}$ ' và được làm tròn đến các số nguyên, và sau đó được sử dụng để nội suy.

Fig.23A minh họa các hệ số lọc được thay đổi tỷ lệ bằng ' $2^{\text{ScalingBits}}$ ' khi các bộ lọc nội suy 1D là các bộ lọc 12-tap. Dựa vào Fig.23A, các hệ số lọc đã được thay đổi tỷ lệ nhưng không được làm tròn đến các số nguyên.

Fig.23B minh họa kết quả làm tròn số các hệ số lọc được thay đổi tỷ lệ trên Fig.23A đến các số nguyên bằng cách làm tròn các hệ số này đến dấu chấm thập phân thứ mười. Dựa vào Fig.23B, một số bộ lọc nội suy, tổng làm tròn các hệ số lọc được thay đổi tỷ lệ của các hệ số này nhỏ hơn '256' trong số các bộ lọc nội suy 1D. Cụ thể, tổng của tất cả các hệ số lọc của mỗi trong số bộ lọc để nội suy các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy $1/8$, bộ lọc để nội suy các giá trị điểm ảnh ở vị trí suy $3/8$, bộ lọc để nội suy các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy $5/8$ và bộ lọc để nội suy các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy $7/8$,

nhỏ hơn '256'. Nghĩa là, tổng các hệ số lọc của bộ lọc được thay đổi tỷ lệ bởi độ dịch 8 bit nên là '256' nhưng lỗi xảy ra trong quá trình làm tròn của các hệ số lọc này.

Các tổng của các hệ số lọc không giống nhau có nghĩa là các giá trị điểm ảnh có thể thay đổi theo vị trí nội suy. Để giải quyết vấn đề này, bộ lọc được chuẩn hóa có thể được tạo ra bằng cách điều chỉnh các hệ số lọc. Fig.23C minh họa bộ lọc được chuẩn hóa được tạo ra bởi các hệ số lọc của các bộ lọc được minh họa trên Fig.23B.

So sánh Fig.23B và Fig.23C cho thấy rằng các tổng của tất cả các hệ số lọc được chuẩn hóa là '256' bằng cách điều chỉnh một số hệ số lọc của bộ lọc để nội suy các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy 1/8, bộ lọc để nội suy các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy 3/8, bộ lọc nội suy các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy 5/8 và bộ lọc nội suy các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy 7/8.

Fig.23D và Fig.23E lần lượt minh họa các bộ lọc 8-tap mà được thay đổi tỷ lệ, và kết quả chuẩn hóa các bộ lọc 8-tap. Nếu các bộ lọc 8-tap được thay đổi tỷ lệ bởi 2^{offset} như được minh họa trên Fig.23D, thì kết quả làm tròn các hệ số lọc của các bộ lọc 8-tap trên Fig.23D đến giá trị nguyên và chuẩn hóa kết quả làm tròn theo cách sao cho tổng của các hệ số lọc là '256' có thể được minh họa trên Fig.23E. Dựa vào Fig.23E, một số hệ số lọc khác với kết quả làm tròn các hệ số lọc của các bộ lọc 8-tap được minh họa trên Fig.23D. Điều này có nghĩa là một số hệ số lọc được điều chỉnh theo cách sao cho các tổng của tất cả các hệ số lọc là '256'.

Như được minh họa trên Fig.23B và Fig.23C, ít nhất một trong số các hệ số lọc kết quả thu được bởi ít nhất một trong số các hệ số lọc thay đổi tỷ lệ và làm tròn có thể khác với kết quả chuẩn hóa các hệ số lọc kết quả. Như vậy, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ nhận thấy rằng bộ lọc nội suy 1D mà ít nhất một trong số các hệ số lọc của bộ lọc này được thay đổi có sai số nằm trong khoảng định trước, ví dụ, + -1 hoặc + -2, trong số các bộ lọc được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.16A đến Fig.16F hoặc các bộ lọc được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.17A đến Fig.17M nên được hiểu là nằm trong phạm vi của các phương án làm ví dụ.

Nếu bộ lựa chọn bộ lọc 1410 chọn một trong số các bộ lọc được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.16A đến Fig.16F hoặc các hình vẽ từ Fig.17A đến Fig.17Y hoặc các hình vẽ từ Fig.23A đến Fig.23E dựa vào vị trí nội suy, thì bộ nội suy 1420 tạo ra các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy bằng cách tính toán phương trình (17) hoặc (18). Các yếu tố khác nhau khác (chẳng hạn như hướng phép dự đoán liên ảnh, kiểu bộ lọc vòng lặp, vị trí của điểm ảnh trong khối) có thể còn được xem xét để bộ lựa chọn bộ lọc 1410 chọn một

trong số các bộ lọc. Kích thước, nghĩa là, kích thước tap, của bộ lọc cần được chọn có thể được xác định bởi hoặc kích thước của khối cần được nội suy hoặc hướng lọc để nội suy. Ví dụ, bộ lọc lớn có thể được chọn khi khối cần được nội suy lớn, và bộ lọc nhỏ có thể được chọn để giảm thiểu việc truy cập bộ nhớ khi phép nội suy được thực hiện theo hướng dọc.

Theo một phương án làm ví dụ, thông tin liên quan đến việc chọn bộ lọc có thể được mã hóa bổ sung. Ví dụ, nếu hình ảnh được nội suy trong quá trình mã hóa hình ảnh, thì phía giải mã nên biết kiểu bộ lọc được sử dụng để nội suy hình ảnh để nội suy và giải mã hình ảnh bằng cách sử dụng cùng bộ lọc được sử dụng trong quá trình mã hóa hình ảnh. Để đạt được điều này, thông tin chỉ định bộ lọc được sử dụng để nội suy hình ảnh có thể được mã hóa cùng với hình ảnh. Tuy nhiên, khi việc chọn bộ lọc được thực hiện dựa vào kết quả mã hóa khối khác trước đó, nghĩa là, ngữ cảnh, thì thông tin liên quan đến việc chọn bộ lọc không cần phải được mã hóa bổ sung.

Nếu giá trị điểm ảnh được tạo ra bằng cách thực hiện phép nội suy nhỏ hơn giá trị điểm ảnh tối thiểu hoặc lớn hơn giá trị điểm ảnh tối đa, thì giá trị điểm ảnh này được thay đổi thành giá trị điểm ảnh tối thiểu hoặc tối đa. Ví dụ, nếu giá trị điểm ảnh được tạo ra nhỏ hơn so với giá trị điểm ảnh tối thiểu là 0, thì giá trị này được thay đổi thành '0', và nếu giá trị điểm ảnh được tạo ra lớn hơn giá trị điểm ảnh tối đa là 255, thì giá trị này được thay đổi thành '255'.

Khi phép nội suy được thực hiện để thực hiện chính xác phép dự đoán liên ảnh trong quá trình mã hóa hình ảnh, thì thông tin chỉ định bộ lọc nội suy có thể được mã hóa cùng với hình ảnh. Nói cách khác, thông tin liên quan đến kiểu bộ lọc được chọn bởi bộ lựa chọn bộ lọc 1410 có thể được mã hóa dưới dạng tham số hình ảnh cùng với hình ảnh này. Vì kiểu bộ lọc nội suy khác nhau có thể được chọn trong các đơn vị mã hóa hoặc trong lát hoặc các đơn vị ảnh, nên thông tin liên quan đến việc chọn bộ lọc có thể còn được mã hóa trong các đơn vị mã hóa hoặc lát hoặc các đơn vị ảnh, cùng với hình ảnh. Tuy nhiên, nếu việc chọn bộ lọc được thực hiện theo quy tắc ngầm định, thì thông tin liên quan đến việc chọn bộ lọc có thể không được mã hóa cùng với hình ảnh.

Các phương pháp thực hiện phép nội suy bởi bộ nội suy 1420 theo các phương án làm ví dụ hiện sẽ được mô tả một cách chi tiết dựa vào Fig.18A, Fig.18B và Fig.19.

Fig.18A và Fig.18B minh họa các phương pháp nội suy các giá trị điểm ảnh theo các hướng khác nhau bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D, theo các phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.18A và Fig.18B, các giá trị điểm ảnh ở các vị trí nội suy theo các hướng

khác nhau có thể được tạo ra bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D mà có thể thực hiện DCT 1D đối với các giá trị điểm ảnh 1D và thực hiện DCT ngược 1D đối với kết quả thực hiện bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch.

Dựa vào Fig.18A, giá trị điểm ảnh $P(\alpha)$ 1800 ở vị trí nội suy α theo hướng dọc có thể được tạo ra bằng cách nội suy giữa giá trị điểm ảnh P_0 1802 và giá trị điểm ảnh P_1 1804 nằm liền kề theo hướng dọc. So với phương pháp nội suy 1D trên Fig.13, phép nội suy được thực hiện bằng cách sử dụng các giá trị điểm ảnh 1810 và 1820 được bố trí theo hướng dọc thay vì các giá trị điểm ảnh 1310 và 1320 được bố trí theo hướng ngang, nhưng phương pháp nội suy được mô tả ở trên liên quan đến các phương trình (13) và (18) có thể còn được áp dụng cho phương pháp trên Fig.18A.

Tương tự, so với phương pháp nội suy 1D trên Fig.13, theo phương pháp trên Fig.18B, phép nội suy được thực hiện bằng cách sử dụng các giá trị điểm ảnh 1840 và 1850 được bố trí theo hướng đường chéo thay vì các giá trị điểm ảnh 1310 và 1320 được bố trí theo hướng ngang, nhưng giá trị điểm ảnh $P(\alpha)$ 1830 ở vị trí nội suy α có thể được tạo ra bằng cách nội suy giữa hai giá trị điểm ảnh liền kề 1832 và 1834 như được mô tả ở trên liên quan đến các phương trình (13) và (18).

Fig.19A minh họa phương pháp nội suy 2D theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.19A, các giá trị điểm ảnh từ 1910 đến 1950 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ có thể được tạo ra dựa vào các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các đơn vị điểm ảnh nguyên.

Cụ thể, trước tiên, bộ lựa chọn bộ lọc 1410 của thiết bị nội suy hình ảnh 1400 được minh họa trên Fig.14 chọn bộ lọc nội suy 1D để tạo ra các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ mà có mặt giữa các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các đơn vị điểm ảnh nguyên. Như được mô tả ở trên dựa vào Fig.14, các bộ lọc khác nhau có thể được chọn theo vị trí nội suy. Ví dụ, các bộ lọc khác nhau có thể lần lượt được chọn cho các giá trị điểm ảnh 1912, 1914 và 1916 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ để nội suy giá trị điểm ảnh 1910 giữa hai giá trị điểm ảnh phía trên 1900 và 1902. Ví dụ, bộ lọc để tạo ra giá trị điểm ảnh 1914 của đơn vị điểm ảnh 1/2 có thể khác với bộ lọc để tạo ra các giá trị điểm ảnh 1912 và 1916 của cùng đơn vị điểm ảnh 1/4. Ngoài ra, các giá trị điểm ảnh 1912 và 1916 của cùng đơn vị điểm ảnh 1/4 có thể lần lượt được tạo ra bằng cách sử dụng các bộ lọc khác nhau. Như được mô tả ở trên dựa vào Fig.14, mức dịch của các pha của các hàm cơ sở được sử dụng để thực hiện DCT ngược

thay đổi theo vị trí nội suy, và như vậy, bộ lọc để thực hiện phép nội suy được chọn theo vị trí nội suy.

Tương tự, các giá trị điểm ảnh 1920, 1930 và 1940 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ khác nhau có mặt giữa các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các đơn vị điểm ảnh nguyên có thể được tạo ra dựa vào bộ lọc nội suy 1D được chọn theo vị trí nội suy.

Nếu bộ lựa chọn bộ lọc 1410 chọn bộ lọc để tạo ra các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ có mặt giữa các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các đơn vị điểm ảnh nguyên, thì bộ nội suy 1420 lần lượt tạo ra các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ ở các vị trí nội suy dựa vào các bộ lọc được chọn. Theo một phương án làm ví dụ, vì bộ lọc để tạo ra giá trị điểm ảnh ở mỗi trong số các vị trí nội suy đã được tính toán trước đó, nên giá trị điểm ảnh ở tất cả các vị trí nội suy có thể được tạo ra dựa vào các giá trị điểm ảnh của các giá trị điểm ảnh nguyên.

Nói cách khác, vì các giá trị điểm ảnh 1912 và 1916 của đơn vị điểm ảnh 1/4 có thể được tạo ra trực tiếp từ các giá trị điểm ảnh 1900 và 1920 của đơn vị điểm ảnh nguyên, không cần tính toán trước tiên giá trị điểm ảnh 1914 của đơn vị điểm ảnh 1/2 và sau đó tạo ra các giá trị điểm ảnh 1912 và 1916 của đơn vị điểm ảnh 1/4 dựa vào các giá trị điểm ảnh 1900 và 1902 của các đơn vị điểm ảnh nguyên và giá trị điểm ảnh 1914 của đơn vị điểm ảnh 1/2. Vì phép nội suy hình ảnh không cần được thực hiện tuần tự theo kích thước của đơn vị điểm ảnh, nên phép nội suy hình ảnh có thể được thực hiện ở tốc độ cao.

Theo một phương án làm ví dụ khác, phương pháp nội suy dựa vào vị trí nội suy theo một phương án làm ví dụ có thể được kết hợp với phương pháp nội suy liên quan. Ví dụ, giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/2 điểm ảnh và giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/4 điểm ảnh có thể được tạo ra trực tiếp từ các giá trị điểm ảnh 1900 và 1920 của đơn vị điểm ảnh nguyên bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy theo một phương án làm ví dụ, và giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/8 điểm ảnh có thể được tạo ra từ các giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/4 điểm ảnh bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy tuyến tính liên quan. Nếu không thì, chỉ có các giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/2 điểm ảnh có thể được tạo ra trực tiếp từ các giá trị điểm ảnh 1900 và 1920 của các đơn vị điểm ảnh nguyên bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy theo một phương án làm ví dụ, giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/4 điểm ảnh có thể được tạo ra từ giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/2 điểm ảnh bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy tuyến

tính liên quan và giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/8 điểm ảnh có thể được tạo ra từ giá trị điểm ảnh của đơn vị 1/4 điểm ảnh bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy tuyến tính liên quan.

Nếu tất cả các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ có mặt giữa các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các đơn vị điểm ảnh nguyên được tạo ra bằng cách thực hiện phép nội suy, thì bộ lựa chọn bộ lọc 1410 chọn lại bộ lọc nội suy 1D để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ. Trong trường hợp này, bộ lọc khác nhau được chọn theo vị trí nội suy tương tự với cách trong đó bộ lọc được chọn để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các đơn vị điểm ảnh nguyên.

Bộ nội suy 1420 tạo ra giá trị điểm ảnh 1950 của đơn vị điểm ảnh phân nhỏ tương ứng với mỗi trong số các vị trí nội suy bằng cách sử dụng bộ lọc được chọn bởi bộ lựa chọn bộ lọc 1410. Nghĩa là, giá trị điểm ảnh 1950 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ giữa các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của các đơn vị điểm ảnh phân nhỏ được tạo ra.

Fig.19B minh họa phương pháp nội suy 2D bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D, theo một phương án làm ví dụ khác. Dựa vào Fig.19B, giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy 2D có thể được tạo ra bằng cách thực hiện lặp lại phép nội suy theo các hướng dọc và ngang bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D.

Cụ thể, giá trị điểm ảnh Temp_(i,j) được tạo ra bằng cách nội suy giữa giá trị điểm ảnh REF_(i,j) 1960 và giá trị điểm ảnh REF_(i+1,j) 1964 của đơn vị điểm ảnh nguyên theo hướng ngang. Ngoài ra, giá trị điểm ảnh Temp_(i,j+1) được tạo ra bằng cách nội suy giữa giá trị điểm ảnh REF_(i,j+1) 1962 và giá trị điểm ảnh REF_(i+1,j+1) 1966 theo hướng ngang. Sau đó, giá trị điểm ảnh P_(i,j) ở vị trí nội suy 2D được tạo ra bằng cách nội suy giữa giá trị điểm ảnh Temp_(i,j) và giá trị điểm ảnh Temp_(i,j+1) theo hướng dọc.

Bộ lọc nội suy 1D có thể là bộ lọc để thực hiện DCT 1D và thực hiện DCT ngược 1D dựa vào các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch. Ngoài ra, bộ lọc nội suy 1D có thể là bộ lọc được thay đổi tỷ lệ như được mô tả ở trên liên quan đến phương trình (17). Khi phép nội suy được thực hiện theo các hướng ngang và dọc dựa vào bộ lọc được thay đổi tỷ lệ, thì phép nội suy có thể được thực hiện bằng cách tính toán phương trình (21): sau

$$\text{Temp}_{(i,j)} = \left(\sum_{l=-M+1}^M F'_l(\alpha_x) \cdot \text{REF}_{(i+l,j)} + 2^{\text{StageBits1}-1} \right) \gg \text{StageBits1}$$

$$P_{(i,j)} = \left(\sum_{l=-M+1}^M F'_l(\alpha_y) \cdot \text{Temp}_{(i,j+l)} + 2^{\text{StageBits2}-1} \right) \gg \text{StageBits2} \dots\dots(21),$$

trong đó $F'_l(\alpha_x)$ và $F'_l(\alpha_y)$ tương ứng với $F'_l(\alpha)$ được biểu diễn ở phương trình (18). Tuy nhiên, vì vị trí nội suy dọc có thể khác với vị trí nội suy ngang, nên bộ lọc nội suy 1D khác nhau có thể được chọn theo vị trí nội suy.

Khi phép nội suy ngang và nội suy dọc được thực hiện, bước dịch bit thứ nhất được thực hiện theo StageBits1 sau khi nội suy ngang và bước dịch bit thứ hai được thực hiện theo StageBits2 sau khi nội suy thẳng đứng. (TotalBits = StageBits1 + StageBits2) Nếu StageBits1 được thiết lập thành 0, bước dịch bit thứ nhất không được thực hiện.

Như vậy, nếu hệ số thay đổi tỷ lệ đối với $F'_l(\alpha_y)$ là '2^{bit1}' và hệ số thay đổi tỷ lệ đối với $F'_l(\alpha_x)$ là '2^{bit2}' trong phương trình (21), thì 'TotalBits = 'bit1' + 'bit2'.

Fig.19C minh họa phương pháp nội suy 2D bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D, theo một phương án làm ví dụ khác. Dựa vào Fig.19C, giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy 2D có thể được tạo ra bằng cách thực hiện lặp lại phép nội suy theo các hướng dọc và ngang bằng cách sử dụng bộ lọc nội suy 1D.

Cụ thể, giá trị điểm ảnh $\text{Temp}_{(i,j)}$ được tạo ra bằng cách nội suy giữa các giá trị điểm ảnh $\text{REF}_{(i,j)}$ 1960 và giá trị điểm ảnh $\text{REF}_{(i,j+1)}$ 1962 của đơn vị điểm ảnh nguyên theo hướng dọc. Tiếp theo, giá trị điểm ảnh $\text{Temp}_{(i+1,j)}$ được tạo ra bằng cách nội suy giữa giá trị điểm ảnh $\text{REF}_{(i,j+1)}$ 1964 và giá trị điểm ảnh $\text{REF}_{(i+1,j+1)}$ 1966 theo hướng dọc. Sau đó, giá trị điểm ảnh $P_{(i,j)}$ ở vị trí nội suy 2D được tạo ra bằng cách nội suy giữa giá trị điểm ảnh $\text{Temp}_{(i,j)}$ và giá trị điểm ảnh $\text{Temp}_{(i+1,j)}$. Khi phép nội suy được thực hiện theo các hướng ngang và dọc dựa vào bộ lọc được thay đổi tỷ lệ, thì phép nội suy có thể được thực hiện bằng cách tính toán phương trình (22) sau:

$$\begin{aligned} \text{Temp}_{(i,j)} &= \left(\sum_{l=-M+1}^M F'_l(\alpha_y) \cdot \text{REF}_{(i,j+l)} + 2^{\text{StageBits1}-1} \right) \gg \text{StageBits1} \\ P_{(i,j)} &= \left(\sum_{l=-M+1}^M F'_l(\alpha_x) \cdot \text{Temp}_{(i+l,j)} + 2^{\text{StageBits2}-1} \right) \gg \text{StageBits2} \dots\dots(22), \end{aligned}$$

Fig.20 là lưu đồ minh họa phương pháp nội suy hình ảnh theo một phương án làm ví dụ. Dựa vào Fig.20, ở bước 2010, thiết bị nội suy hình ảnh 900 trên Fig.9 biến đổi các giá trị điểm ảnh ở miền không gian bằng cách sử dụng các hàm cơ bản có các tần số khác nhau. Các giá trị điểm ảnh có thể là các giá trị điểm ảnh có trong khối định trước hoặc có thể là các hàng hoặc cột của các giá trị điểm ảnh được bố trí theo hướng ngang hoặc dọc.

Ở đây, phép biến đổi có thể là DCT 2D hoặc DCT 1D được mô tả ở trên liên quan đến bộ biến đổi 910 và các phương trình (1), (2), (3) và (7).

Ở bước 2020, thiết bị nội suy hình ảnh 900 dịch các pha của các hàm cơ sở được sử dụng ở bước 2010. Các pha của các hàm cơ sở có thể được dịch theo vị trí nội suy 2D được xác định bởi ' α_x ' và ' α_y ' hoặc theo vị trí nội suy 1D được xác định bởi ' α '.

Ở bước 2030, thiết bị nội suy hình ảnh 900 biến đổi ngược các hệ số DCT mà thu được bằng cách biến đổi các giá trị điểm ảnh ở miền không gian ở bước 2010, bằng cách sử dụng các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch ở bước 2020. Nghĩa là, các giá trị điểm ảnh ở các vị trí nội suy được tạo ra bằng cách biến đổi ngược các hệ số DCT thu được ở bước 2010.

Nếu phép biến đổi được thực hiện ở bước 2010 là DCT 2D, thì ở bước 2030, thiết bị nội suy hình ảnh 900 tạo ra các giá trị điểm ảnh ở các vị trí nội suy 2D bằng cách thực hiện DCT ngược 2D đối với các hệ số DCT bằng cách sử dụng các hàm cosin, các pha của hàm cosin này được dịch.

Nếu phép biến đổi được thực hiện ở bước 2010 là DCT 1D được thực hiện ở các hàng hoặc cột của các giá trị điểm ảnh, thì ở bước 2030, thiết bị nội suy hình ảnh 900 tạo ra các giá trị điểm ảnh ở các vị trí nội suy 1D bằng cách thực hiện DCT ngược 1D đối với các hệ số DCT bằng cách sử dụng các hàm cosin, các pha của hàm cosin này được dịch.

Các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch và phép biến đổi ngược dựa trên đó, đã được mô tả ở trên liên quan đến bộ biến đổi ngược 920 và các phương trình (4), (5), (6) và (8).

Fig.21 là lưu đồ minh họa phương pháp nội suy hình ảnh theo một phương án làm ví dụ khác. Dựa vào Fig.21, ở bước 2110, thiết bị nội suy hình ảnh 1400 trên Fig.14 chọn bộ lọc để thực hiện phép biến đổi và thực hiện phép biến đổi ngược dựa vào các hàm cơ sở, các pha của hàm cơ sở này được dịch theo vị trí nội suy. Ví dụ, bộ lọc để thực hiện DCT và thực hiện DCT ngược dựa vào các hàm cosin, các pha của hàm cosin này được dịch, được chọn theo vị trí nội suy. Nếu các giá trị điểm ảnh cần được nội suy có trong khối được xác định trước, thì bộ lọc để thực hiện DCT 2D và DCT ngược 2D được chọn dựa vào ' α_x ' và ' α_y '. Nếu các giá trị điểm ảnh cần được nội suy là các hàng hoặc cột của các giá trị điểm ảnh, thì bộ lọc để thực hiện DCT 1D và DCT ngược 1D được chọn dựa vào ' α '. Một trong số các bộ lọc được mô tả ở trên dựa vào các hình vẽ Fig.15, từ Fig.16A đến Fig.16F và Fig.17 có thể được chọn theo vị trí nội suy. Tuy nhiên, kích thước của bộ

lọc có thể được xác định bởi các yếu tố khác nhau ngoài vị trí nội suy như được mô tả ở trên liên quan đến bộ lựa chọn bộ lọc 1410 và dựa vào Fig.17.

Ở bước 2120, thiết bị nội suy hình ảnh 1400 thực hiện phép nội suy dựa vào bộ lọc được chọn ở bước 2110. Các giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy 2D hoặc giá trị điểm ảnh ở vị trí nội suy 1D có thể được tạo ra bằng cách lọc các giá trị điểm ảnh ở miền không gian bằng cách sử dụng bộ lọc được chọn ở bước 2110. Phép nội suy được thực hiện bằng cách sử dụng bước lọc đã được mô tả ở trên liên quan đến các phương trình từ (9) đến (19).

Fig.22 là lưu đồ minh họa phương pháp nội suy hình ảnh theo một phương án làm ví dụ khác. Dựa vào Fig.22, ở bước 2210, thiết bị nội suy hình ảnh 1400 trên Fig.14 chọn bộ lọc khác nhau để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các đơn vị điểm ảnh nguyên, theo vị trí nội suy. Theo một phương án làm ví dụ hiện tại, các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ có thể được tạo ra trực tiếp từ các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các giá trị điểm ảnh nguyên. Như vậy, thiết bị nội suy hình ảnh 1400 này lần lượt chọn các bộ lọc nội suy tương ứng với các vị trí nội suy ở bước 2210.

Ở bước 2220, thiết bị nội suy hình ảnh 1400 tạo ra các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ bằng cách nội suy giữa các giá trị điểm ảnh từ 1900 đến 1906 của các đơn vị điểm ảnh nguyên, dựa vào bộ lọc khác nhau được chọn theo mỗi trong số các vị trí nội suy ở bước 2210.

Ở bước 2230, thiết bị nội suy hình ảnh 1400 chọn bộ lọc khác nhau để nội suy giữa các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ được tạo ra ở bước 2220, theo vị trí nội suy. Bộ lọc khác nhau để tạo ra các giá trị điểm ảnh 1950 của một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ khác được minh họa trên Fig.19, có mặt giữa các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ được chọn theo vị trí nội suy.

Ở bước 2240, thiết bị nội suy hình ảnh 1400 tạo ra các giá trị điểm ảnh 1950 của đơn vị điểm ảnh phân nhỏ khác bằng cách nội suy các giá trị điểm ảnh 1910, 1920, 1930 và 1940 của ít nhất một đơn vị điểm ảnh phân nhỏ, dựa vào bộ lọc được chọn ở bước 2230.

Trong khi các phương án làm ví dụ đã được thể hiện và mô tả một cách cụ thể ở trên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể hiểu được rằng các thay đổi khác nhau về hình thức và các 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 và các tương đương của các điểm yêu cầu bảo hộ này. Ngoài ra, hệ thống theo một phương án làm ví dụ có thể được thể hiện dưới dạng mã đọc được bằng máy tính trên vật ghi đọc được bằng máy tính.

Ví dụ, mỗi trong số thiết bị để mã hóa hình ảnh, thiết bị để giải mã hình ảnh, bộ mã hóa hình ảnh và bộ giải mã hình ảnh theo các phương án làm ví dụ như được minh họa trên các hình vẽ Fig.1, Fig.2, Fig.4, Fig.5, Fig.9 và Fig.14 có thể bao gồm bus được ghép nối với các bộ phận của các thiết bị này, ít nhất một bộ xử lý được kết nối với bus và bộ nhớ được kết nối với bus để lưu trữ lệnh hoặc thông điệp nhận được hoặc được tạo ra và được ghép nối với ít nhất một bộ xử lý để thực thi lệnh này.

Vật ghi đọc được bằng máy tính có thể là thiết bị lưu trữ dữ liệu bất kỳ mà có thể lưu trữ dữ liệu cần 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 cập ngẫu nhiên (random-access memory, RAM), bộ nhớ chỉ đọc đĩa nén (compact disc-ROM, CD-ROM), băng từ, đĩa mềm và các thiết bị lưu trữ dữ liệu quang học. Vật ghi đọc được bằng máy tính có thể còn được phân tán qua các hệ thống được ghép nối mạng để mã đọc được bằng máy tính có thể được lưu trữ và thực thi theo kiểu phân tán.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp nội suy hình ảnh để dự đoán liên ảnh, phương pháp này bao gồm các bước:

chọn các hệ số lọc của bộ lọc nội suy thứ nhất, để nội suy theo vị trí nội suy thứ nhất bao gồm ít nhất một trong số vị trí $2/4$ điểm ảnh, vị trí $1/4$ điểm ảnh và vị trí $3/4$ điểm ảnh;

tạo ra ít nhất một giá trị điểm ảnh của đơn vị $1/4$ điểm ảnh bằng cách áp dụng bộ lọc nội suy thứ nhất vào tập giá trị điểm ảnh thứ nhất của đơn vị điểm ảnh nguyên của ảnh tham chiếu thứ nhất bằng cách sử dụng các hệ số lọc được chọn của bộ lọc nội suy thứ nhất;

chọn các hệ số lọc của bộ lọc nội suy thứ hai, để nội suy theo vị trí nội suy thứ hai bao gồm ít nhất một trong số vị trí $1/8$ điểm ảnh, vị trí $3/8$ điểm ảnh và vị trí $4/8$ điểm ảnh; và

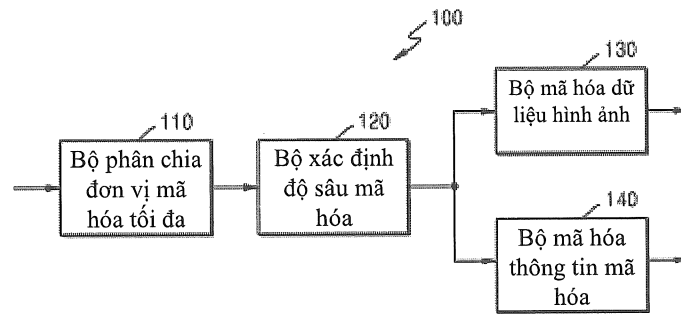
tạo ra ít nhất một giá trị điểm ảnh của đơn vị $1/8$ điểm ảnh bằng cách áp dụng bộ lọc nội suy thứ hai vào tập giá trị điểm ảnh thứ hai của đơn vị điểm ảnh nguyên của ảnh tham chiếu thứ hai bằng cách sử dụng các hệ số lọc được chọn của bộ lọc nội suy thứ hai,

trong đó: khi vị trí nội suy thứ nhất là vị trí $2/4$ điểm ảnh, thì bộ lọc nội suy thứ nhất là bộ lọc nội suy 8 tap (tap) bao gồm tám hệ số lọc: $\{-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1\}$,

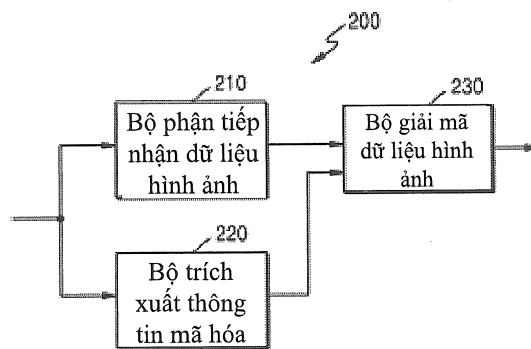
khi vị trí nội suy thứ nhất là vị trí $1/4$ điểm ảnh hoặc vị trí $3/4$ điểm ảnh, thì ít nhất một giá trị điểm ảnh được tạo ra bằng cách áp dụng bộ lọc nội suy thứ nhất vào tập giá trị điểm ảnh thứ nhất của các đơn vị điểm ảnh nguyên, mà không sử dụng giá trị điểm ảnh đã tạo ra của vị trí $2/4$ điểm ảnh, và

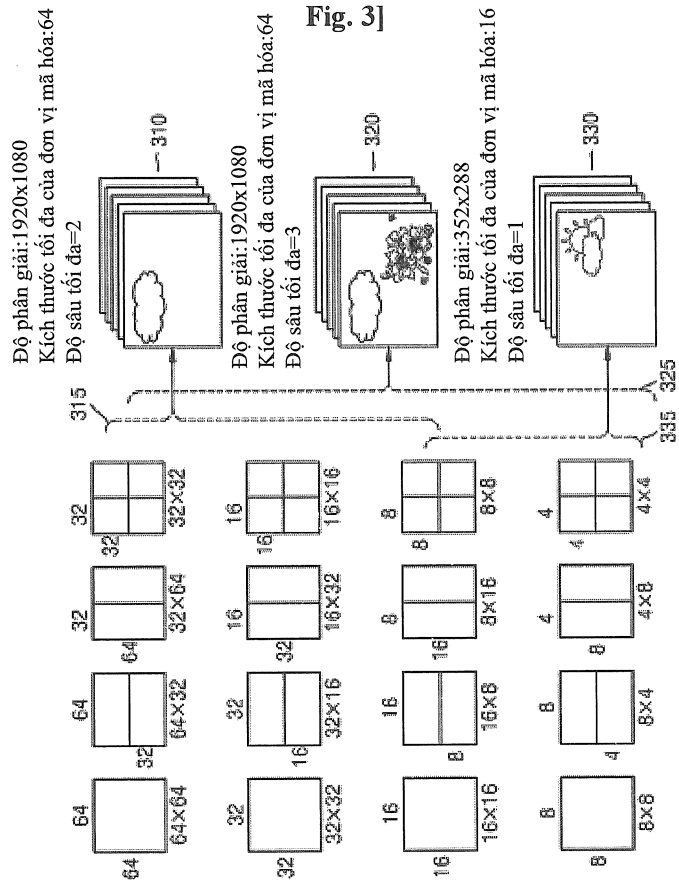
khi vị trí nội suy thứ hai là vị trí $4/8$ điểm ảnh, thì bộ lọc nội suy thứ hai là bộ lọc nội suy 4 tap bao gồm bốn hệ số lọc: $\{-4, 36, 36, -4\}$.

[Fig. 1]

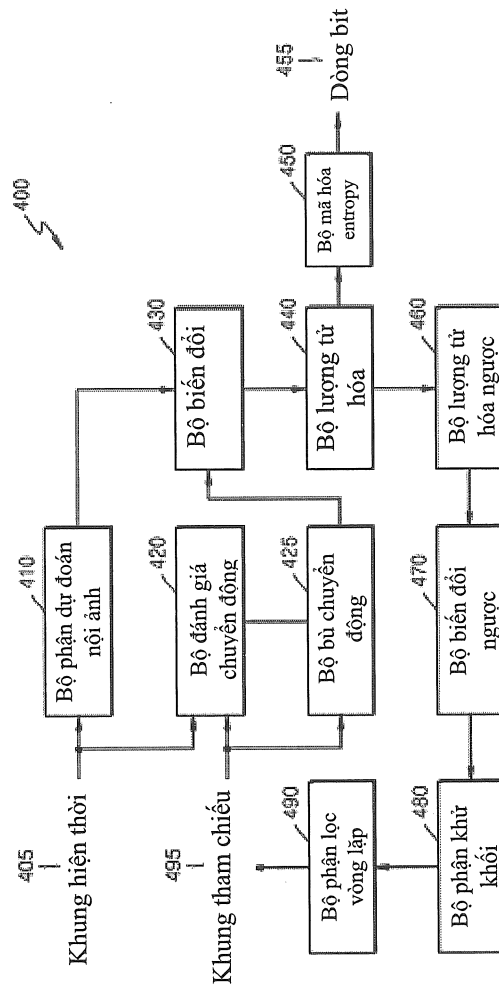


[Fig. 2]

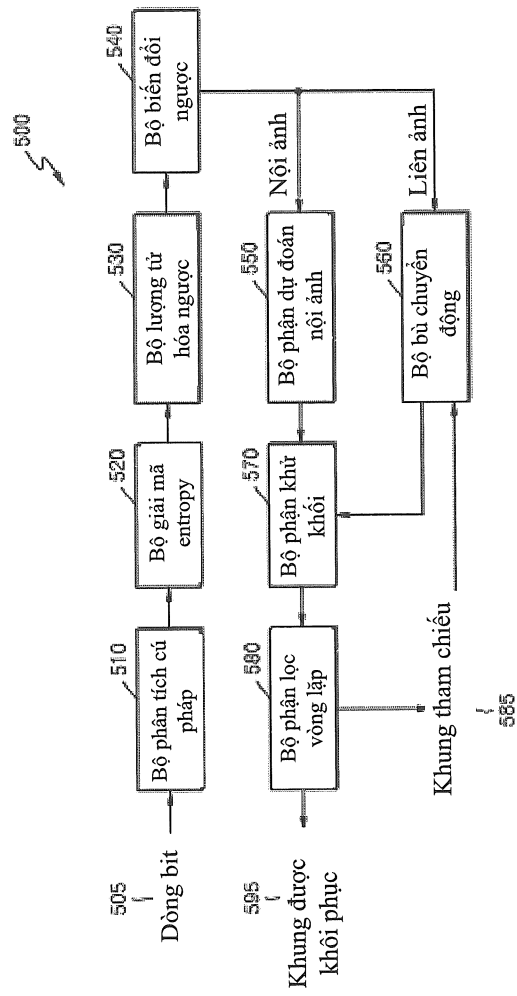




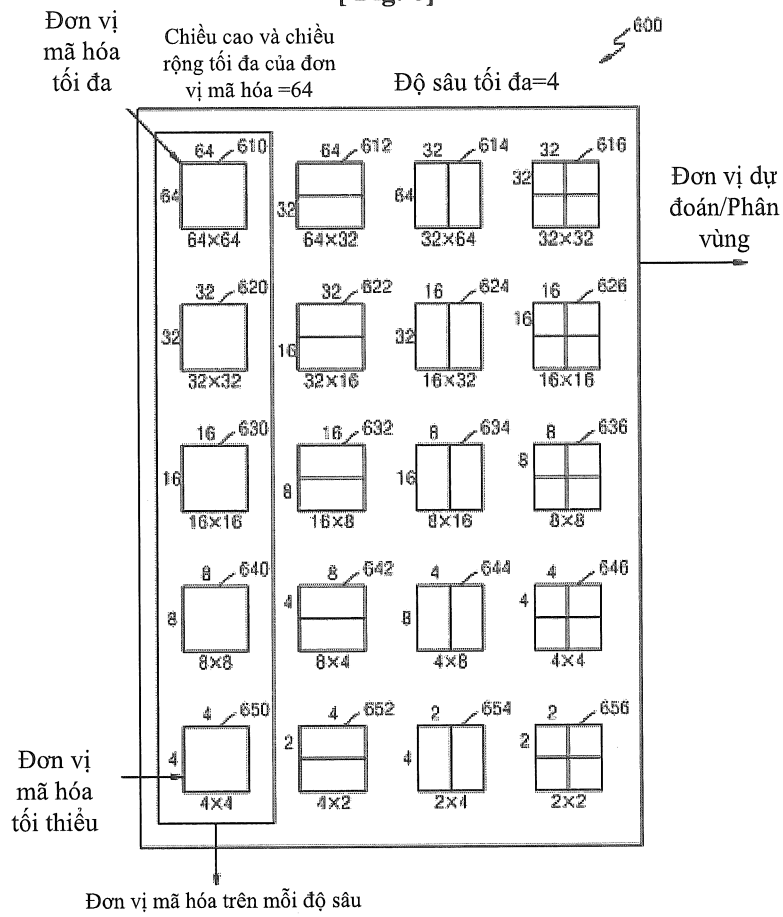
[Fig. 4]



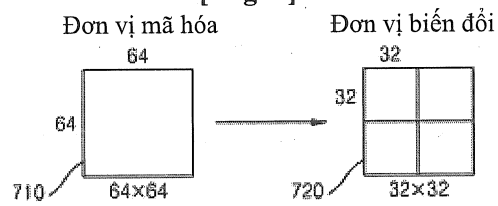
[Fig. 5]



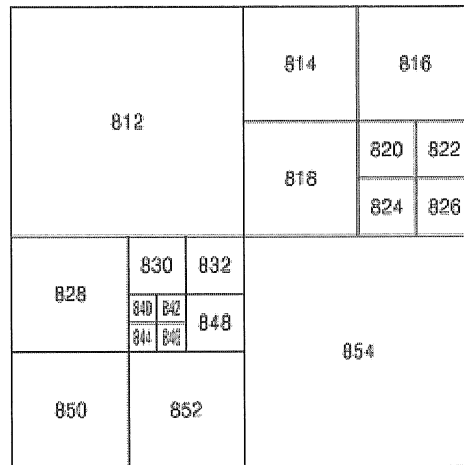
[Fig. 6]



[Fig. 7]

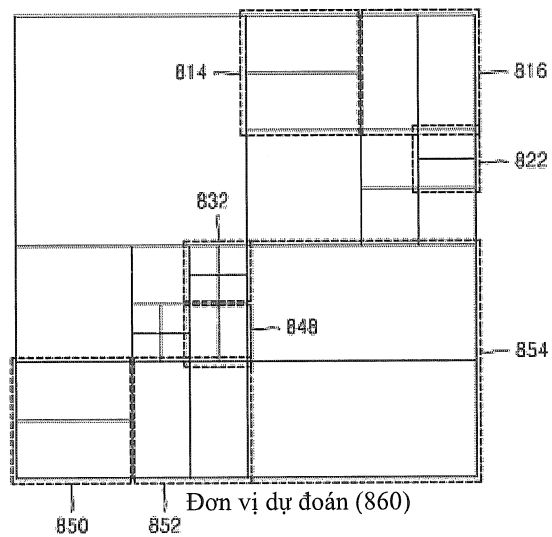


[Fig. 8a]

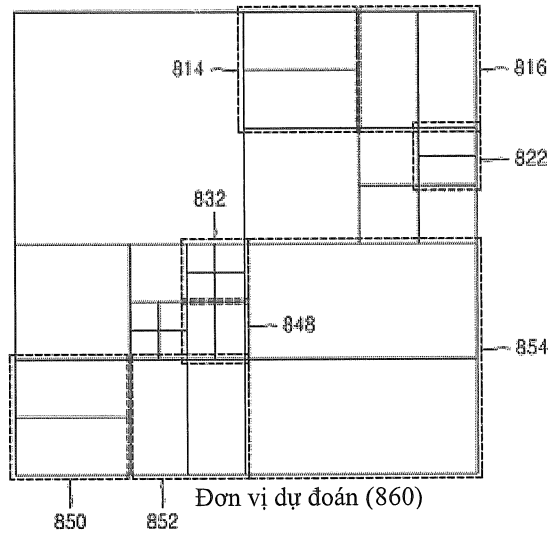


Đơn vị mã hóa (810)

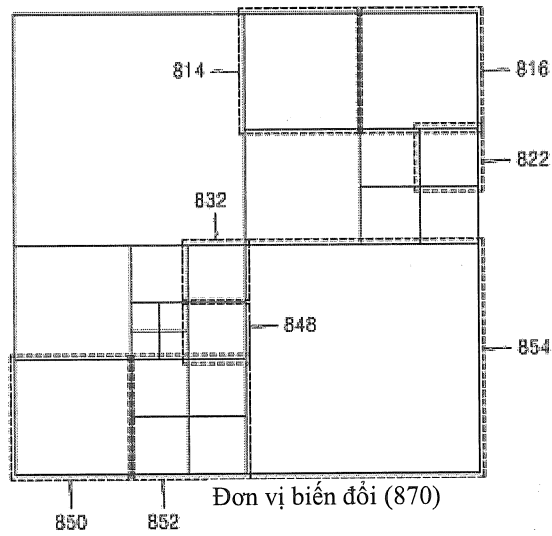
[Fig. 8b]



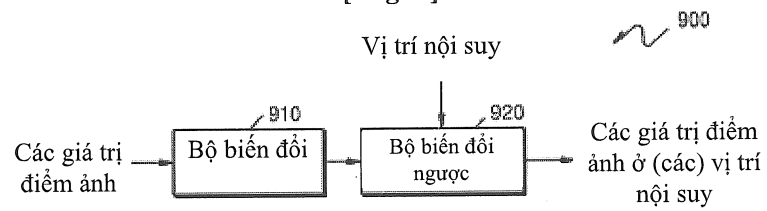
[Fig. 8c]



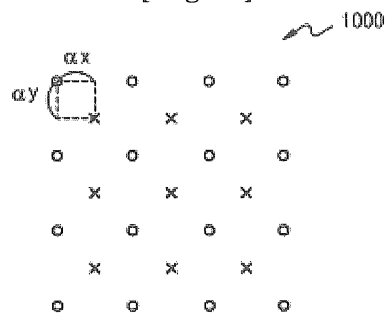
[Fig. 8d]



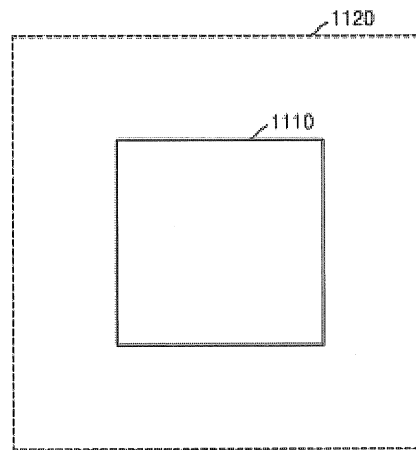
[Fig. 9]



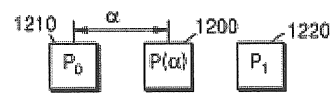
[Fig. 10]



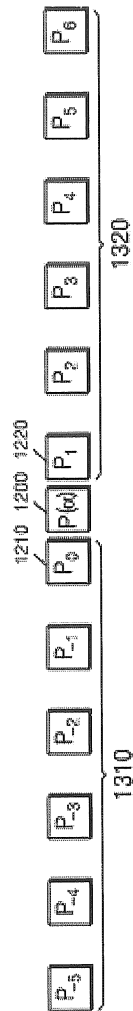
[Fig. 11]



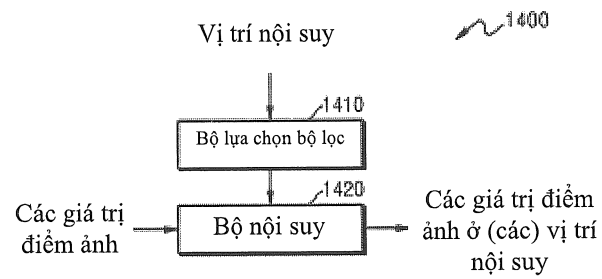
[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]



[Fig. 15]

α	Hệ số thay đổi tỷ lệ = 2^{13}
1/4	{ 5924, -680, 277, -160, 111, -87, 76, -71, }, { 3206, 6881, -1117, 548, -359, 274, -235, 220, }, { -1500, 2769, 7152, -1316, 712, -506, 419, -388, }, { 932, -1229, 2570, 7316, -1463, 856, -659, 597, }, { -616, 734, -1066, 2423, 7460, -1617, 1034, -888, }, { 398, -453, 586, -921, 2269, 7638, -1845, 1369, }, { -225, 251, -309, 433, -743, 2041, 7973, -2457, }, { 73, -61, 97, -131, 205, -408, 1429, 9810, },
1/2	{ 3511, -730, 334, -204, 147, -118, 105, -101, }, { 6156, 4575, -1268, 684, -469, 370, -324, 311, }, { -2312, 5619, 4925, -1533, 907, -674, 576, -547, }, { 1378, -1962, 5354, 5148, -1738, 1113, -898, 840, }, { -898, 1113, -1738, 5148, 5354, -1962, 1378, -1248, }, { 576, -674, 907, -1533, 4925, 5619, -2312, 1916, }, { -324, 370, -469, 684, -1268, 4575, 6156, -3376, }, { 105, -118, 147, -204, 334, -730, 3511, 10397, },
3/4	{ 1429, -408, 205, -131, 97, -81, 73, -71, }, { 7973, 2041, -743, 433, -309, 251, -225, 220, }, { -1845, 7638, 2269, -921, 586, -453, 398, -388, }, { 1034, -1617, 7460, 2423, -1066, 734, -616, 597, }, { -659, 856, -1463, 7316, 2570, -1229, 932, -888, }, { 419, -506, 712, -1316, 7152, 2769, -1500, 1369, }, { -235, 274, -359, 548, -1117, 6881, 3206, -2457, }, { 76, -87, 111, -160, 277, -680, 5924, 9810, },

[Fig. 16a]

α	2M = 4 (bộ lọc 4-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
-1/12	{ 13, 257, -19, 5, }
-1/16	{ 10, 255, -14, 4, }
1/16	{ -8, 252, 16, -4, }
1/12	{ -11, 250, 22, -5, }
1/8	{ -15, 245, 34, -8, }
1/6	{ -18, 238, 46, -10, }
3/16	{ -20, 235, 53, -12, }
1/4	{ -24, 223, 72, -15, }
5/16	{ -26, 208, 93, -19, }
1/3	{ -27, 203, 100, -20, }
3/8	{ -27, 191, 114, -22, }
5/12	{ -28, 181, 127, -24, }
7/16	{ -27, 174, 134, -25, }
1/2	{ -27, 155, 155, -27, }
9/16	{ -25, 134, 174, -27, }
7/12	{ -24, 127, 181, -28, }
5/8	{ -22, 114, 191, -27, }
2/3	{ -20, 100, 203, -27, }
11/16	{ -19, 93, 208, -26, }
3/4	{ -15, 72, 223, -24, }
13/16	{ -12, 53, 235, -20, }
5/6	{ -10, 46, 238, -18, }
7/8	{ -8, 34, 245, -15, }
11/12	{ -5, 22, 250, -11, }
15/16	{ -4, 16, 252, -8, }

[Fig. 16b]

α	$2M = 6$ (bộ lọc 6-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
-1/12	{ -4, 19, 254, -19, 8, -2, }
-1/16	{ -3, 14, 256, -15, 6, -2, }
1/16	{ 3, -12, 252, 17, -6, 2, }
1/12	{ 4, -16, 252, 22, -8, 2, }
1/8	{ 5, -23, 248, 35, -13, 4, }
1/6	{ 7, -28, 241, 48, -17, 5, }
3/16	{ 8, -31, 239, 54, -19, 5, }
1/4	{ 9, -37, 227, 75, -25, 7, }
5/16	{ 11, -41, 212, 96, -31, 9, }
1/3	{ 11, -42, 208, 103, -33, 9, }
3/8	{ 11, -43, 197, 117, -36, 10, }
5/12	{ 12, -46, 184, 132, -39, 11, }
7/16	{ 12, -44, 178, 139, -40, 11, }
1/2	{ 11, -43, 160, 160, -43, 11, }
9/16	{ 11, -40, 139, 178, -44, 12, }
7/12	{ 11, -39, 132, 184, -44, 12, }
5/8	{ 10, -36, 117, 197, -43, 11, }
2/3	{ 9, -33, 103, 208, -42, 11, }
11/16	{ 9, -31, 96, 212, -41, 11, }
3/4	{ 7, -25, 75, 227, -37, 9, }
13/16	{ 5, -19, 54, 239, -31, 8, }
5/6	{ 5, -17, 48, 241, -28, 7, }
7/8	{ 4, -13, 35, 248, -23, 5, }
11/12	{ 2, -8, 22, 252, -16, 4, }
15/16	{ 2, -6, 17, 252, -12, 3, }

[Fig. 16c]

α	$2M = 8$ (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
-1/12	{ 2, -8, 21, 254, -19, 9, -4, 1, }
-1/16	{ 2, -6, 15, 255, -15, 7, -3, 1, }
1/16	{ -2, 5, -13, 254, 17, -7, 3, -1, }
1/12	{ -2, 7, -18, 252, 23, -10, 5, -1, }
1/8	{ -3, 10, -25, 248, 35, -14, 7, -2, }
1/6	{ -4, 13, -31, 243, 48, -19, 9, -3, }
3/16	{ -4, 14, -34, 240, 55, -22, 10, -3, }
1/4	{ -5, 17, -41, 228, 76, -29, 14, -4, }
5/16	{ -6, 20, -46, 215, 97, -35, 16, -5, }
1/3	{ -6, 20, -47, 210, 104, -37, 17, -5, }
3/8	{ -6, 21, -49, 199, 119, -41, 19, -6, }
5/12	{ -6, 21, -49, 187, 133, -44, 20, -6, }
7/16	{ -6, 22, -49, 180, 140, -45, 20, -6, }
1/2	{ -6, 21, -48, 161, 161, -48, 21, -6, }
9/16	{ -6, 20, -45, 140, 180, -49, 22, -6, }
7/12	{ -6, 20, -44, 133, 187, -49, 21, -6, }
5/8	{ -6, 19, -41, 119, 199, -49, 21, -6, }
2/3	{ -5, 17, -37, 104, 210, -47, 20, -6, }
11/16	{ -5, 16, -35, 97, 215, -46, 20, -6, }
3/4	{ -4, 14, -29, 76, 228, -41, 17, -5, }
13/16	{ -3, 10, -22, 55, 240, -34, 14, -4, }
5/6	{ -3, 9, -19, 48, 243, -31, 13, -4, }
7/8	{ -2, 7, -14, 35, 248, -25, 10, -3, }
11/12	{ -1, 5, -10, 23, 252, -18, 7, -2, }
15/16	{ -1, 3, -7, 17, 254, -13, 5, -2, }

[Fig. 16d]

α	$2M = 10$ (bộ lọc 10-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
-1/12	{ -1, 4, -9, 22, 253, -19, 9, -5, 3, -1, }
-1/16	{ -1, 3, -7, 16, 256, -15, 7, -4, 2, -1, }
1/16	{ 1, -3, 6, -14, 254, 17, -8, 4, -2, 1, }
1/12	{ 1, -4, 8, -18, 252, 23, -10, 6, -3, 1, }
1/8	{ 2, -6, 12, -26, 249, 35, -15, 8, -4, 1, }
1/6	{ 2, -7, 15, -33, 244, 48, -20, 11, -6, 2, }
3/16	{ 3, -8, 17, -36, 241, 55, -23, 12, -7, 2, }
1/4	{ 3, -10, 20, -43, 229, 76, -30, 16, -8, 3, }
5/16	{ 4, -12, 23, -48, 215, 98, -37, 20, -10, 3, }
1/3	{ 4, -12, 24, -48, 210, 105, -39, 21, -11, 3, }
3/8	{ 4, -13, 25, -51, 200, 120, -43, 22, -12, 4, }
5/12	{ 4, -13, 26, -52, 187, 134, -46, 24, -12, 4, }
7/16	{ 4, -13, 26, -52, 182, 141, -47, 24, -13, 4, }
1/2	{ 4, -13, 26, -50, 161, 161, -50, 26, -13, 4, }
9/16	{ 4, -13, 24, -47, 141, 182, -52, 26, -13, 4, }
7/12	{ 4, -12, 24, -46, 134, 187, -52, 26, -13, 4, }
5/8	{ 4, -12, 22, -43, 120, 200, -51, 25, -13, 4, }
2/3	{ 3, -11, 21, -39, 105, 210, -49, 24, -12, 4, }
11/16	{ 3, -10, 20, -37, 98, 215, -48, 23, -12, 4, }
3/4	{ 3, -8, 16, -30, 76, 229, -43, 20, -10, 3, }
13/16	{ 2, -7, 12, -23, 55, 241, -36, 17, -8, 3, }
5/6	{ 2, -6, 11, -20, 48, 244, -33, 15, -7, 2, }
7/8	{ 1, -4, 8, -15, 35, 249, -26, 12, -6, 2, }
11/12	{ 1, -3, 6, -10, 23, 252, -18, 8, -4, 1, }
15/16	{ 1, -2, 4, -9, 17, 254, -14, 6, -3, 1, }

[Fig. 16e]

α	2M = 12 (bộ lọc 12-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
-1/12	{ 1, -3, 5, -10, 22, 253, -19, 10, -6, 4, -2, 1, }
-1/16	{ 1, -2, 4, -7, 16, 254, -15, 7, -4, 3, -1, 0, }
1/16	{ -1, 2, -4, 7, -14, 253, 17, -8, 5, -3, 2, 0, }
1/12	{ -1, 3, -5, 9, -19, 253, 23, -10, 6, -4, 2, -1, }
1/8	{ -1, 4, -7, 13, -26, 249, 35, -16, 9, -6, 3, -1, }
1/6	{ -2, 5, -9, 16, -33, 243, 49, -21, 12, -7, 4, -1, }
3/16	{ -2, 5, -10, 18, -36, 240, 55, -24, 14, -8, 5, -1, }
1/4	{ -2, 7, -13, 22, -44, 230, 76, -31, 18, -11, 6, -2, }
5/16	{ -2, 8, -15, 25, -49, 216, 98, -38, 21, -13, 7, -2, }
1/3	{ -3, 8, -15, 26, -50, 211, 105, -40, 22, -13, 7, -2, }
3/8	{ -3, 8, -16, 27, -52, 201, 121, -44, 24, -15, 8, -3, }
5/12	{ -3, 9, -16, 28, -53, 188, 134, -47, 26, -15, 8, -3, }
7/16	{ -3, 9, -16, 28, -53, 181, 141, -48, 27, -16, 9, -3, }
1/2	{ -3, 9, -16, 28, -52, 162, 162, -52, 28, -16, 9, -3, }
9/16	{ -3, 9, -16, 27, -48, 141, 181, -53, 28, -16, 9, -3, }
7/12	{ -3, 8, -15, 26, -47, 134, 188, -53, 28, -16, 9, -3, }
5/8	{ -3, 8, -15, 24, -44, 121, 201, -52, 27, -16, 8, -3, }
2/3	{ -2, 7, -13, 22, -40, 105, 211, -50, 26, -15, 8, -3, }
11/16	{ -2, 7, -13, 21, -38, 98, 216, -49, 25, -15, 8, -2, }
3/4	{ -2, 6, -11, 18, -31, 76, 230, -44, 22, -13, 7, -2, }
13/16	{ -1, 5, -8, 14, -24, 55, 240, -36, 18, -10, 5, -2, }
5/6	{ -1, 4, -7, 12, -21, 49, 243, -33, 16, -9, 5, -2, }
7/8	{ -1, 3, -6, 9, -16, 35, 249, -26, 13, -7, 4, -1, }
11/12	{ -1, 2, -4, 6, -10, 23, 253, -19, 9, -5, 3, -1, }
15/16	{ 0, 2, -3, 5, -8, 17, 253, -14, 7, -4, 2, -1, }

[Fig. 16f]

α	$2M = 14$ (bộ lọc 14-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
-1/12	{ -1, 2, -4, 6, -10, 22, 254, -19, 10, -6, 4, -3, 1, 0, }
-1/16	{ 0, 1, -3, 4, -7, 16, 256, -15, 7, -5, 3, -2, 1, 0, }
1/16	{ 0, -1, 3, -4, 7, -14, 253, 17, -8, 5, -3, 2, -1, 0, }
1/12	{ 1, -2, 3, -5, 9, -19, 254, 23, -11, 6, -4, 3, -2, 0, }
1/8	{ 1, -3, 5, -8, 13, -27, 249, 35, -16, 10, -6, 4, -2, 1, }
1/6	{ 1, -3, 6, -10, 17, -34, 243, 49, -21, 13, -8, 5, -3, 1, }
3/16	{ 1, -4, 7, -11, 19, -37, 241, 55, -24, 14, -9, 6, -3, 1, }
1/4	{ 2, -5, 9, -14, 23, -45, 230, 76, -32, 19, -12, 8, -4, 1, }
5/16	{ 2, -6, 10, -16, 26, -50, 217, 98, -39, 22, -14, 9, -5, 2, }
1/3	{ 2, -6, 10, -17, 27, -51, 211, 105, -41, 24, -15, 10, -5, 2, }
3/8	{ 2, -6, 11, -18, 28, -53, 201, 120, -45, 26, -16, 10, -6, 2, }
5/12	{ 2, -6, 11, -18, 29, -54, 189, 134, -48, 27, -17, 11, -6, 2, }
7/16	{ 2, -6, 11, -18, 29, -54, 183, 141, -49, 28, -18, 11, -6, 2, }
1/2	{ 2, -6, 11, -18, 29, -52, 162, 162, -52, 29, -18, 11, -6, 2, }
9/16	{ 2, -6, 11, -18, 28, -49, 141, 183, -54, 29, -18, 11, -6, 2, }
7/12	{ 2, -6, 11, -17, 27, -48, 134, 189, -54, 29, -18, 11, -6, 2, }
5/8	{ 2, -6, 10, -16, 26, -45, 120, 201, -53, 28, -18, 11, -6, 2, }
2/3	{ 2, -5, 10, -15, 24, -41, 105, 211, -51, 27, -17, 10, -6, 2, }
11/16	{ 2, -5, 9, -14, 22, -39, 98, 217, -50, 26, -16, 10, -6, 2, }
3/4	{ 1, -4, 8, -12, 19, -32, 76, 230, -45, 23, -14, 9, -5, 2, }
13/16	{ 1, -3, 6, -9, 14, -24, 55, 241, -37, 19, -11, 7, -4, 1, }
5/6	{ 1, -3, 5, -8, 13, -21, 49, 243, -34, 17, -10, 6, -3, 1, }
7/8	{ 1, -2, 4, -6, 10, -16, 35, 249, -27, 13, -8, 5, -3, 1, }
11/12	{ 0, -2, 3, -4, 6, -11, 23, 254, -19, 9, -5, 3, -2, 1, }
15/16	{ 0, -1, 2, -3, 5, -8, 17, 253, -14, 7, -4, 3, -1, 0, }

[Fig. 17a]

α	$2M = 6$ (bộ lọc 6-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/4	{ 8, -32, 224, 72, -24, 8 } (cộng 8, dịch 4)
1/2	{ 8, -40, 160, 160, -40, 8 } (cộng 6, dịch 3)
3/4	{ 8, -24, 72, 224, -32, 8 } (cộng 8, dịch 4)

[Fig. 17b]

α	$2M = 12$ (bộ lọc 12-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/4	{ -1, 5, -12, 20, -40, 229, 76, -32, 16, -8, 4, -1 } (cộng 18, dịch 6)
1/2	{ -1, 8, -16, 24, -48, 161, 161, -48, 24, -16, 8, -1 } (cộng 15, dịch 4)
3/4	{ -1, 4, -8, 16, -32, 76, 229, -40, 20, -12, 5, -1 } (cộng 18, dịch 6)

[Fig. 17c]

α	$2M = 8$ (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/4	{ -4, 16, -32, 228, 68, -28, 12, -4 }
1/2	{ -1, 9, -40, 160, 160, -40, 9, -1 }
3/4	{ -4, 12, -28, 68, 228, -32, 16, -4 }

[Fig. 17d]

α	$2M = 8$ (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/4	{ -4, 16, -40, 228, 76, -28, 12, -4 }
1/2	{ -4, 20, -48, 160, 160, -48, 20, -4 }
3/4	{ -4, 12, -28, 76, 228, -40, 16, -4 }

[Fig. 17e]

α	$2M = 8$ (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/4	{ -6, 17, -41, 228, 76, -29, 14, -4 }
1/2	{ -6, 21, -48, 161, 161, -48, 21, -6 }
3/4	{ -4, 14, -29, 76, 228, -41, 17, -5 }

[Fig. 17f]

α	$2M = 8$ (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 64)
1/4	{ -1, 4, -10, 57, 19, -7, 3, -1 }
1/2	{ -1, 5, -12, 40, 40, -12, 5, -1 }
3/4	{ -1, 3, -7, 19, 57, -10, 4, -1 }

[Fig. 17g]

α	$2M = 8$ (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 64)
1/4	{ -1, 4, -8, 57, 17, -7, 3, -1 }
1/2	{ -1, 5, -12, 40, 40, -12, 5, -1 }
3/4	{ -1, 3, -7, 17, 57, -8, 4, -1 }

[Fig. 17h]

α	$2M = 6$ (bộ lọc 6-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 64)
1/8	{ 1, -6, 62, 9, -3, 1 }
2/8	{ 2, -8, 56, 18, -6, 2 }
3/8	{ 3, -10, 48, 30, -9, 2 }
4/8	{ 2, -10, 40, 40, -10, 2 }
5/8	{ 2, -9, 30, 48, -10, 3 }
6/8	{ 2, -6, 18, 56, -8, 2 }
7/8	{ 1, -3, 9, 62, -6, 1 }

[Fig. 17i]

α	$2M = 6$ (bộ lọc 6-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/8	{ 4, -24, 248, 36, -12, 4 }
2/8	{ 8, -32, 224, 72, -24, 8 }
3/8	{ 12, -40, 192, 120, -36, 8 }
4/8	{ 8, -40, 160, 160, -40, 8 }
5/8	{ 8, -36, 120, 192, -40, 12 }
6/8	{ 8, -24, 72, 224, -32, 8 }
7/8	{ 4, -12, 36, 248, -24, 4 }

[Fig. 17j]

α	$2M = 4$ (bộ lọc 4-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 32)
1/8	{ -2, 31, 4, -1 }
2/8	{ -3, 28, 9, -2 }
3/8	{ -3, 24, 14, -3 }
4/8	{ -4, 20, 20, -4 }
5/8	{ -3, 14, 24, -3 }
6/8	{ -2, 9, 28, -3 }
7/8	{ -1, 4, 31, -2 }

[Fig. 17k]

α	$2M = 4$ (bộ lọc 4-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 32)
1/8	{ -2, 31, 4, -1 }
2/8	{ -3, 28, 9, -2 }
3/8	{ -4, 24, 14, -2 }
4/8	{ -3, 19, 19, -3 }
5/8	{ -2, 14, 24, -4 }
6/8	{ -2, 9, 28, -3 }
7/8	{ -1, 4, 31, -2 }

[Fig. 17l]

α	$2M = 4$ (bộ lọc 4-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/8	{ -16, 248, 32, -8 }
2/8	{ -24, 224, 72, -16 }
3/8	{ -24, 192, 112, -24 }
4/8	{ -32, 160, 160, -32 }
5/8	{ -24, 112, 192, -24 }
6/8	{ -16, 72, 224, -24 }
7/8	{ -8, 32, 248, -16 }

[Fig. 17m]

α	2M = 4 (bộ lọc 4-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/8	{ -16, 248, 32, -8 }
2/8	{ -24, 224, 72, -16 }
3/8	{ -32, 192, 112, -16 }
4/8	{ -24, 152, 152, -24 }
5/8	{ -16, 112, 192, -32 }
6/8	{ -16, 72, 224, -24 }
7/8	{ -8, 32, 248, -16 }

[Fig. 17n]

α	2M = 4 (bộ lọc 4-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/8	{ -14, 244, 34, -8 }
2/8	{ -24, 224, 72, -16 }
3/8	{ -28, 192, 114, -22 }
4/8	{ -32, 160, 160, -32 }
5/8	{ -22, 114, 192, -28 }
6/8	{ -16, 72, 224, -24 }
7/8	{ -8, 34, 244, -14 }

[Fig. 17o]

α	2M = 6 (bộ lọc 6-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/8	{ 5, -22, 247, 35, -13, 4 }
2/8	{ 8, -32, 224, 72, -24, 8 }
3/8	{ 11, -43, 196, 118, -36, 10 }
4/8	{ 8, -40, 160, 160, -40, 8 }
5/8	{ 10, -36, 118, 196, -43, 11 }
6/8	{ 8, -24, 72, 224, -32, 8 }
7/8	{ 4, -13, 35, 247, -22, 5 }

[Fig. 17p]

α	2M = 8 (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/8	{ -3, 10, -25, 248, 36, -15, 7, -2 }
2/8	{ -4, 16, -40, 228, 76, -28, 12, -4 }
3/8	{ -6, 21, -48, 198, 119, -41, 19, -6 }
4/8	{ -4, 20, -48, 160, 160, -48, 20, -4 }
5/8	{ -6, 19, -41, 119, 198, -48, 21, -6 }
6/8	{ -4, 12, -28, 76, 228, -40, 16, -4 }
7/8	{ -2, 7, -15, 36, 248, -25, 10, -3 }

[Fig. 17q]

α	2M = 10 (bộ lọc 10-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/8	{ 2, -6, 12, -26, 248, 36, -15, 9, -5, 1 }
2/8	{ 4, -8, 20, -44, 228, 76, -32, 16, -8, 4 }
3/8	{ 4, -13, 25, -51, 199, 120, -43, 23, -12, 4 }
4/8	{ 4, -16, 28, -48, 160, 160, -48, 28, -16, 4 }
5/8	{ 4, -12, 23, -43, 120, 199, -51, 25, -13, 4 }
6/8	{ 4, -8, 16, -32, 76, 228, -44, 20, -8, 4 }
7/8	{ 1, -5, 9, -15, 36, 248, -26, 12, -6, 2 }

[Fig. 17r]

α	2M = 12 (bộ lọc 12-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)
1/8	{ -1, 4, -7, 13, -27, 249, 36, -16, 9, -6, 3, -1 }
2/8	{ -1, 5, -12, 20, -40, 229, 76, -32, 16, -8, 4, -1 }
3/8	{ -3, 9, -15, 27, -51, 200, 119, -44, 24, -14, 7, -3 }
4/8	{ -1, 8, -16, 24, -48, 161, 161, -48, 24, -16, 8, -1 }
5/8	{ -3, 7, -14, 24, -44, 119, 200, -51, 27, -15, 9, -3 }
6/8	{ -1, 4, -8, 16, -32, 76, 229, -40, 20, -12, 5, -1 }
7/8	{ -1, 3, -6, 9, -16, 36, 249, -27, 13, -7, 4, -1 }

[Fig. 17s]

$\bar{c}_i$	$2M = 4$ (bộ lọc 4-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 64)
1/8	$\{-3, 60, 8, -1, \} \{-3, 61, 7, -1\}$
2/8	$\{-4, 54, 16, -2, \}$
3/8	$\{-5, 46, 27, -4, \} \{-4, 46, 25, -3\} \{-5, 46, 26, -3, \}$
4/8	$\{-4, 36, 36, -4, \}$
5/8	$\{-4, 27, 46, -5, \} \{-3, 25, 46, -4\} \{-3, 26, 46, -5\}$
6/8	$\{-2, 16, 54, -4, \}$
7/8	$\{-1, 8, 60, -3, \}$

[Fig. 17t]

$\bar{c}_i$	$2M = 4$ (bộ lọc 4-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 32)
1/8	$\{-1, 29, 5, -1, \} \{-2, 29, 6, -2, \} \{-2, 30, 4, 0\} \{-2, 31, 4, -1, \}$
2/8	$\{-2, 27, 8, -1, \} \{-3, 28, 9, -2, \}$
3/8	$\{-3, 23, 14, -2, \} \{-2, 23, 13, -2, \} \{-2, 23, 14, -2, \} \{-2, 23, 12, -1\} \{-4, 24, 14, -2, \} \{-3, 24, 14, -3, \}$
4/8	$\{-2, 18, 18, -2, \} \{-3, 19, 19, -3, \} \{-4, 20, 20, -4, \}$
5/8	$\{-2, 14, 23, -3, \} \{-2, 13, 23, -2, \} \{-2, 14, 22, -2, \} \{-1, 12, 23, -2\} \{-2, 14, 24, -4, \} \{-3, 14, 24, -3, \}$
6/8	$\{-1, 8, 27, -2, \} \{-2, 9, 28, -3, \}$
7/8	$\{-1, 5, 29, -1, \} \{-1, 6, 29, -2, \} \{0, 4, 30, -2\} \{-1, 4, 31, -2, \}$

[Fig. 17u]

Q_8	$2M=6$ (bộ lọc 6-áp) (hệ số thay đổi tỷ lệ 25%)
1/8	{1, -13, 241, 34, -8, 1, } {4, -24, 248, 36, -12, 4}
2/8	{2, -22, 217, 72, -16, 2, } {8, -32, 224, 72, -24, 8} {6, -35, 227, 73, -23, 6}
3/8	{3, -25, 185, 111, -21, 3, } {12, -40, 192, 120, -36, 8}
4/8	{3, -25, 150, 150, -25, 3, } {8, -40, 160, 160, -40, 8} {5, -33, 156, 156, -33, 5}
5/8	{3, -21, 111, 185, -25, 3, } {8, -36, 120, 192, -40, 12}
6/8	{2, -15, 72, 217, -22, 2, } {8, -24, 72, 224, -32, 8} {6, -23, 73, 227, -35, 8}
7/8	{1, -8, 34, 241, -13, 1, } {4, -12, 36, 248, -24, 4}

[Fig. 17v]

Q ₁	: 2M -6 (bỏ loc 6-up) (bộ số thay đổi từ 64)
1/8	{ 1, -6, 62, 9, -3, 1 }
2/8	{ 2, -8, 56, 18, -6, 2 } { 2, -9, 57, 19, -7, 2 } { 2, -9, 57, 19, -6, 1 } { 2, -9, 57, 20, -7, 1 }
3/8	{ 3, -10, 48, 30, -9, 2 }
4/8	{ 2, -10, 40, 40, -10, 2 } { 1, -7, 38, 38, -7, 1 } { 1, -8, 39, 39, -8, 1 } { }
5/8	{ 2, -9, 30, 48, -10, 3 }
6/8	{ 2, -6, 18, 56, -8, 2 } { 2, -7, 19, 57, -9, 2 } { 2, -6, 18, 57, -9, 2 } { 1, -6, 19, 57, -9, 2 } { 1, -7, 20, 57, -9, 2 }
7/8	{ 1, -3, 9, 62, -6, 1 }

[Fig. 17w]

Ch.	2M-8 (bộ lọc 8tap) (tập số thay đổi từ 256)
1/4	{-4,16,-32,228,68,-28,12,-4} {-4,16,-40,228,76,-28,12,-4} {-4,15,-39,228,74,-28,11,-3},
1/2	{-1,9,-40,160,160,-40,9,-1} {-4,20,-48,160,160,-48,20,-4} {-3,12,-40,199,199,-40,12,-3},
3/4	{-4,12,-28,68,228,-32,16,-4} {-4,12,-28,76,228,-40,16,-4} {-3,11,-26,74,228,-39,15,-4},

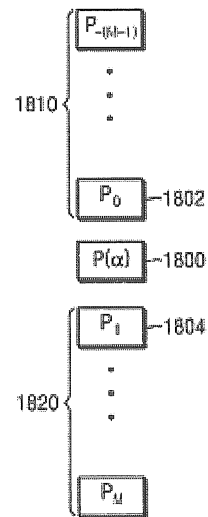
[Fig. 17x]

2M = S (Số loc S-tap) (Số số thay đổi từ 16 bit)	
1/4	{-1,4,-10,57,19,-7,3,-1} {-1,4,-8,57,19,-7,3,-1} {-1,3,-9,57,18,-6,2,0} {-1,2,-8,56,19,-6,2,0} {-1,3,-10,57,19,-6,2,0} {-1,4,-9,57,18,-7,3,-1} {-1,4,-11,57,20,-7,3,-1},
1/2	{-1,4,-11,40,40,-11,4,-1} {-1,5,-12,40,40,-12,5,-1} {-1,3,-9,39,39,-9,3,-1} {-2,5,-12,41,42,-12,5,-2} {-1,4,-10,39,39,-10,4,-1}
3/4	{-1,3,-7,19,57,-10,4,-1} {-1,3,-7,17,57,-8,4,-1} {0,2,-6,18,57,-9,3,-1} {0,2,-6,19,56,-8,2,-1} {0,2,-6,19,57,-10,3,-1} {-1,3,-7,18,57,-9,4,-1} {-1,3,-7,20,57,-11,4,-1},

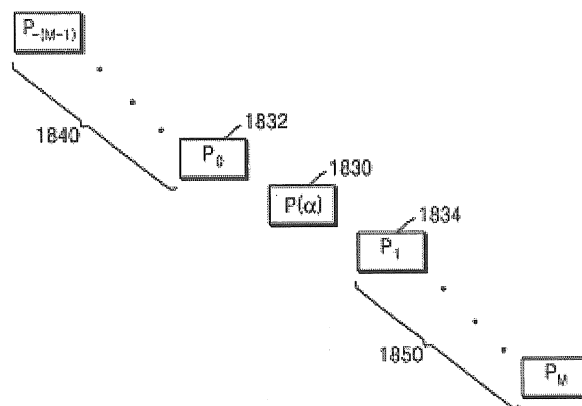
[Fig. 17y]

CE	2M-12 (66 hoc 12-4up) (66 số thay đổi tỷ lệ 256)
1/4	{-2, 5, -9, 18, -41, 229, 76, -30, 16, -9, 4, -1, 1}
1/2	{-1, 4, -10, 22, -48, 161, 161, -48, 22, -10, 4, -1}
3/4	{-1, 4, -9, 16, -30, 76, 229, -41, 18, -9, 5, -2}

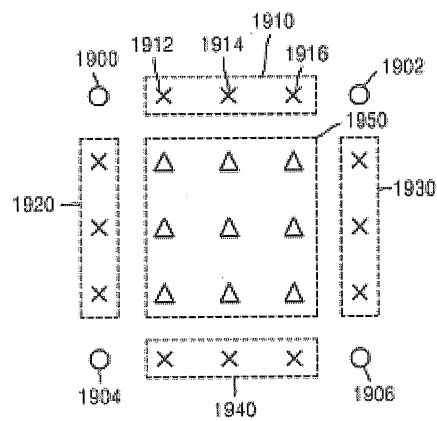
[Fig. 18a]



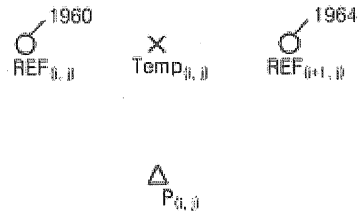
[Fig. 18b]



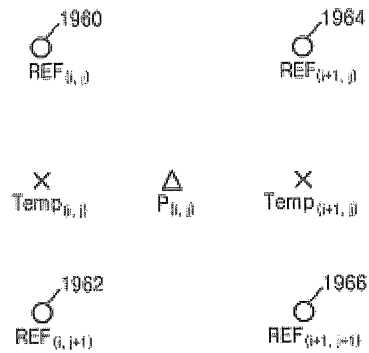
[Fig. 19a]



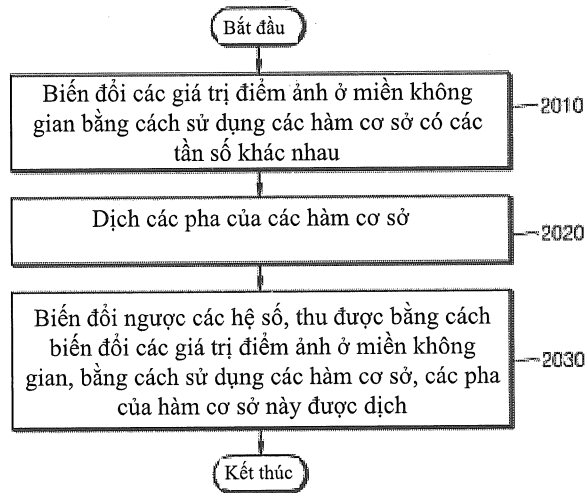
[Fig. 19b]



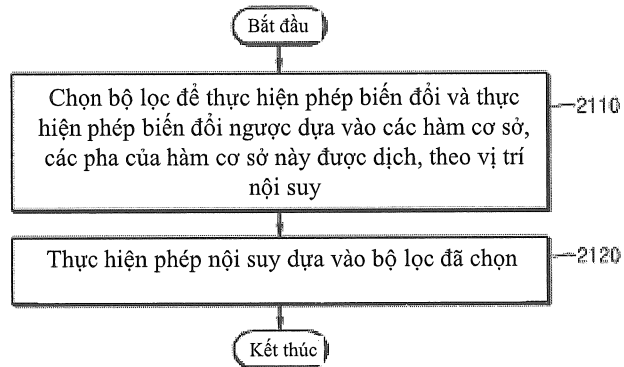
[Fig. 19c]



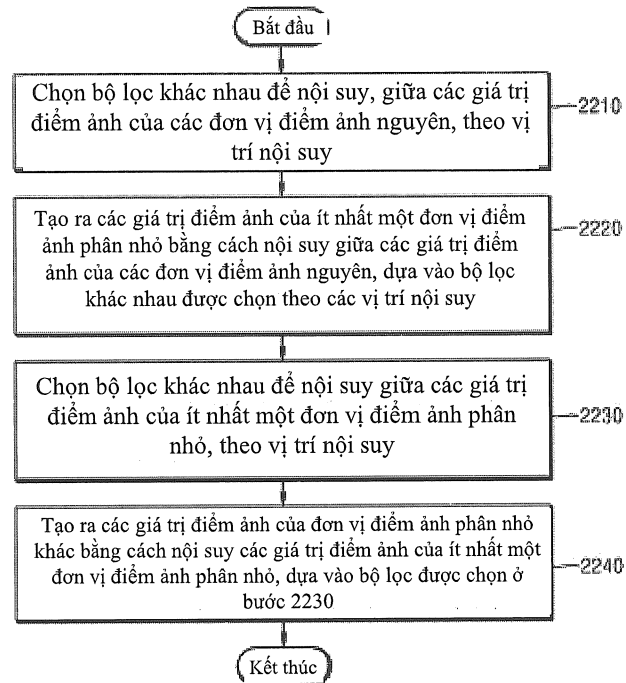
[Fig. 20]



[Fig. 21]



[Fig. 22]



[Fig. 23a]

α	2M = 12 (bộ lọc 12-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ 256)											
1/8	{ -1.19, 3.78, -7.15, 12.68, -26.5, 248.98, 35.42, -15.69, 9.16, -5.58, 3.06, -0.98 }											
1/4	{ -2.13, 6.72, -12.62, 22.03, -43.93, 229.66, 76.33, -31.1, 17.75, -10.69, 5.84, -1.86 }											
3/8	{ -2.68, 8.46, -15.77, 27.14, -52.03, 199.79, 119.7, -43.83, 24.38, -14.52, 7.88, -2.51 }											
1/2	{ -2.81, 8.84, -16.37, 27.8, -51.5, 162.04, 162.04, -51.5, 27.8, -16.37, 8.84, -2.81 }											
5/8	{ -2.51, 7.88, -14.52, 24.38, -43.83, 119.7, 199.79, -52.03, 27.14, -15.77, 8.46, -2.68 }											
3/4	{ -1.86, 5.84, -10.69, 17.75, -31.1, 76.33, 229.66, -43.93, 22.03, -12.62, 6.72, -2.13 }											
7/8	{ -0.98, 3.06, -5.58, 9.16, -15.69, 35.42, 248.98, -26.5, 12.68, -7.15, 3.78, -1.19 }											

[Fig. 23b]

α	2M = 12 (hệ lọc 12-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ 256)										Tổng
1/8	{ -1, 4, -7, 13, -27, 249, 35, -16, 9, -6, 3, -1 }										255
1/4	{ -2, 7, -13, 22, -44, 230, 76, -31, 18, -11, 6, -2 }										256
3/8	{ -3, 8, -16, 27, -52, 200, 120, -44, 24, -15, 8, -3 }										254
1/2	{ -3, 9, -16, 28, -52, 162, 162, -52, 28, -16, 9, -3 }										256
5/8	{ -3, 8, -15, 24, -44, 120, 200, -52, 27, -16, 8, -3 }										254
3/4	{ -2, 6, -11, 18, -31, 76, 230, -44, 22, -13, 7, -2 }										256
7/8	{ -1, 3, -6, 9, -16, 35, 249, -27, 13, -7, 4, -1 }										255

[Fig. 23c]

α	2M = 12 (bộ lọc 12-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ 256)										Tổng
1/8	{-1, 4, -7, 13, -27, 249, 36, -16, 9, -6, 3, -1}										256
1/4	{-2, 7, -13, 22, -44, 230, 76, -31, 18, -11, 6, -2}										256
3/8	{-3, 9, -15, 27, -51, 200, 119, -44, 24, -14, 7, -3}										256
1/2	{-3, 9, -16, 28, -52, 162, 162, -52, 28, -16, 9, -3}										256
5/8	{-3, 7, -14, 24, -44, 119, 200, -51, 27, -15, 9, -3}										256
3/4	{-2, 6, -11, 18, -31, 76, 230, -44, 22, -13, 7, -2}										256
7/8	{-1, 3, -6, 9, -16, 36, 249, -27, 13, -7, 4, -1}										256

[Fig. 23d]

α	2M = 8 (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ 256)							
1/8	{ -2.86, 9.94, -24.9, 248.36, 35.14, -14.5, 6.96, -2.12 }							
1/4	{ -5, 17.14, -42.12, 228.62, 75.72, -28.79, 13.52, -4.09 }							
3/8	{ -6.19, 20.99, -48.53, 198.57, 118.76, -40.66, 18.65, -5.6 }							
1/2	{ -6.37, 21.38, -47.89, 160.87, 160.87, -47.89, 21.38, -6.37 }							
5/8	{ -5.6, 18.65, -40.66, 118.76, 198.57, -48.53, 20.99, -6.19 }							
3/4	{ -4.09, 13.52, -28.79, 75.72, 228.62, -41.12, 17.14, -5 }							
7/8	{ -2.12, 6.96, -14.5, 35.14, 248.36, -24.9, 9.94, -2.86 }							

[Fig. 23e]

α	2M = 8 (bộ lọc 8-tap) (hệ số thay đổi tỷ lệ = 256)	Tổng
1/8	{ -3, 10, -25, 248, 36, -15, 7, -2 }	256
1/4	{ -5, 17, -41, 228, 76, -29, 14, -4 }	256
3/8	{ -6, 21, -48, 198, 119, -41, 19, -6 }	256
1/2	{ -6, 21, -48, 161, 161, -48, 21, -6 }	256
5/8	{ -6, 19, -41, 119, 198, -48, 21, -6 }	256
3/4	{ -4, 14, -29, 76, 228, -41, 17, -5 }	256
7/8	{ -2, 7, -15, 36, 248, -25, 10, -3 }	256