



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0049136
(51)^{2021.01} H04N 19/126; H04N 19/196; H04N (13) B
19/186; H04N 19/136; H04N 19/176
-

- (21) 1-2022-06101 (22) 26/03/2021
(86) PCT/US2021/024493 26/03/2021 (87) WO 2021/195569 30/09/2021
(30) 63/001,229 27/03/2020 US
(45) 25/07/2025 448 (43) 26/12/2022 417A
(73) BEIJING DAJIA INTERNET INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD. (CN)
Room 101D1-7, 1st Floor, Building 1, No. 6 Shangdi West Road, Haidian District,
Beijing, 100085 China
(72) XIU, Xiaoyu (CN); CHEN, Yi-Wen (TW); MA, Tsung-Chuan (TW); JHU, Hong-
Jheng (TW); CHEN, Wei (CN); WANG, Xianglin (US); YU, Bing (CN).
(74) CÔNG TY LUẬT TRÁCH NHIỆM HỮU HẠN AMBYS HÀ NỘI (AMBYS
HANOI)
-

- (54) PHƯƠNG PHÁP MÃ HOÁ VIDEO, THIẾT BỊ TÍNH TOÁN VÀ VẬT GHI LƯU
TRỮ ĐƯỢC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH KHÔNG TẠM THỜI ĐỂ MÃ HOÁ VIDEO

(21) 1-2022-06101

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp mã hoá video, thiết bị tính toán và vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời để mã hoá video, cụ thể sáng chế đề cập đến các phương pháp và thiết bị để giảm độ trễ giải mã được đưa ra bởi ánh xạ độ chói bằng cách chia tỷ lệ sắc độ (luma mapping with chroma scaling - LMCS). Theo một phương pháp, trong quá trình giải mã đơn vị mã hóa (coding unit - CU), nhiều mẫu độ chói được tái tạo được chọn từ vùng được xác định trước thứ nhất lân cận với vùng được xác định trước thứ hai nơi mà CU nằm tại đó, giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo được tính toán và giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo được sử dụng trực tiếp, mà không cắt bớt, để suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU.

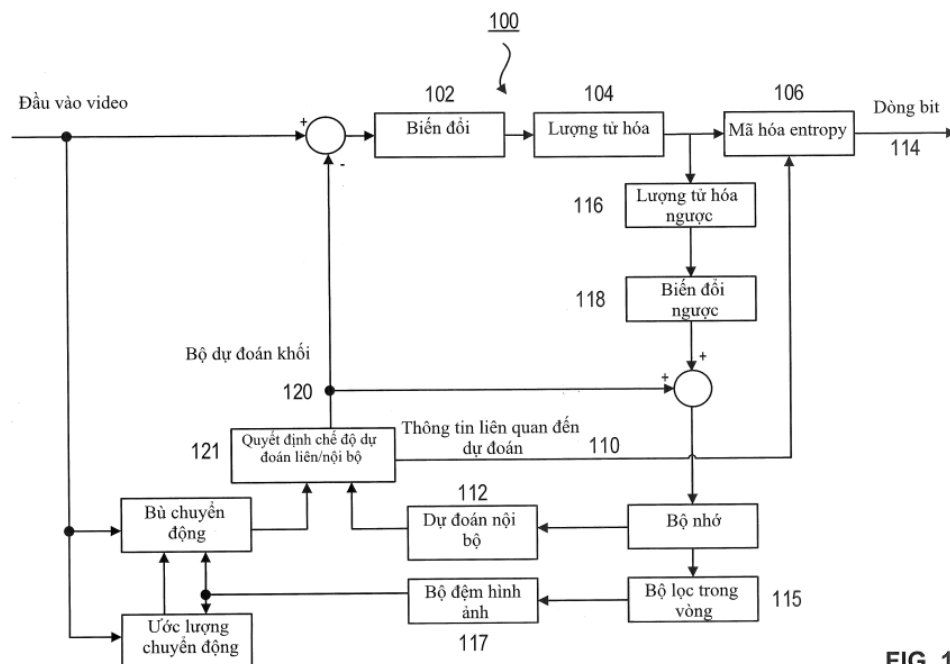


FIG. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung đến mã hóa và nén video. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến các hệ thống và phương pháp mã hóa video sử dụng sự chia tỷ lệ phần dư phụ thuộc dự đoán trên các đơn vị mã.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phần này cung cấp thông tin nền tảng liên quan đến sáng chế. Thông tin có trong phần này không nhất thiết phải được hiểu là tình trạng kỹ thuật.

Bất kỳ kỹ thuật mã hóa video khác nhau nào đều có thể được sử dụng để nén dữ liệu video. Mã hóa video có thể được thực hiện theo một hoặc nhiều tiêu chuẩn mã hóa video. Một số tiêu chuẩn mã hóa video minh họa bao gồm mã hóa video đa năng (versatile video coding - VVC), mã hóa mô hình thử nghiệm thăm dò chung (joint exploration test model - JEM), mã hóa video hiệu quả cao (high-efficiency video coding - H.265/HEVC), mã hóa video nâng cao (advanced video coding - H.264/AVC) và mã hóa nhóm các chuyên gia hình ảnh động (moving picture experts group - MPEG).

Mã hóa video thường sử dụng các phương pháp dự đoán (ví dụ, liên dự đoán, dự đoán nội bộ hoặc tương tự) tận dụng khả năng dự phòng vốn có trong các hình ảnh hoặc chuỗi video. Một mục tiêu của kỹ thuật mã hóa video là nén dữ liệu video thành dạng mà sử dụng tốc độ bit thấp hơn, đồng thời tránh hoặc giảm thiểu sự suy giảm chất lượng video.

Phiên bản thứ nhất của tiêu chuẩn HEVC đã được hoàn thiện vào tháng 10 năm 2013, cung cấp khả năng tiết kiệm tốc độ bit khoảng 50% hoặc chất lượng cảm nhận tương đương so với tiêu chuẩn mã hóa video thế hệ trước H.264/MPEG AVC. Mặc dù tiêu chuẩn HEVC cung cấp những cải tiến đáng kể về mã hóa so với kỹ thuật tiền nhiệm của nó, nhưng có bằng chứng cho thấy hiệu quả mã hóa vượt trội có thể đạt được với các công cụ mã hóa bổ sung vượt qua HEVC. Trên cơ sở đó, cả VCEG và MPEG đều bắt đầu công việc khám phá các công nghệ mã hóa mới để tiêu chuẩn hóa mã hóa video trong tương lai. Một nhóm thăm

dò video chung (Joint Video Exploration Team - JVET) được thành lập vào tháng 10 năm 2015 bởi ITU-T VCEG và ISO/IEC MPEG để bắt đầu nghiên cứu quan trọng về các công nghệ tiên tiến có thể cho phép nâng cao đáng kể hiệu quả mã hóa. Một phần mềm tham chiếu được gọi là mô hình thăm dò chung (joint exploration model - JEM) đã được JVET duy trì bằng cách tích hợp một số công cụ mã hóa bổ sung trên đầu mô hình thử nghiệm HEVC (HM).

Vào tháng 10 năm 2017, lời kêu gọi chung cho các đề xuất (CfP) về nén video với khả năng vượt qua HEVC đã được ITU-T và ISO/IEC đưa ra. Vào tháng 4 năm 2018, 23 phản hồi CfP đã được nhận và đánh giá tại cuộc họp JVET lần thứ 10, chứng tỏ hiệu suất nén đạt được vượt qua HEVC khoảng 40%. Dựa trên kết quả đánh giá đó, JVET đã khởi động một dự án mới nhằm phát triển tiêu chuẩn mã hóa video thế hệ mới được đặt tên là mã hóa video đa năng (Versatile Video Coding - VVC). Trong cùng tháng, một phần mềm tham chiếu, được gọi là mô hình thử nghiệm VVC (VTM), đã được thành lập để chứng minh việc triển khai tham chiếu của tiêu chuẩn VVC.

Các phương pháp dự đoán được sử dụng trong mã hóa video thường bao gồm thực hiện dự đoán theo không gian (trong khung) và/hoặc thời gian (giữa khung) để giảm hoặc loại bỏ phần dư vốn có trong dữ liệu video và thường được kết hợp với mã hóa video dựa trên khối. Giống như HEVC, VVC được xây dựng dựa trên khung mã hóa video kết hợp dựa trên khối.

Trong mã hóa video dựa trên khối, tín hiệu video đầu vào được xử lý từng khối. Đối với mỗi khối (còn được gọi là đơn vị mã hóa (coding unit - CU)), dự đoán không gian và/hoặc dự đoán thời gian có thể được thực hiện. Trong các tiêu chuẩn mã hóa video mới hơn, chẳng hạn như thiết kế VVC hiện tại, các khối có thể được phân vùng thêm dựa trên cấu trúc cây nhiều loại không chỉ bao gồm cây tứ phân mà còn cả cây nhị phân và/hoặc cây tam phân. Điều này cho phép chứa tốt hơn với các đặc điểm cục bộ khác nhau.

Dự đoán không gian (còn được gọi là "dự đoán nội bộ") sử dụng điểm ảnh (pixel) từ các mẫu của các khối lân cận đã được mã hóa (được gọi là mẫu tham chiếu) trong cùng một

hình ảnh/lát video để dự đoán khối hiện tại. Dự đoán không gian làm giảm phần dư không gian vốn có trong tín hiệu video.

Trong quá trình giải mã, dòng bit video đầu tiên được giải mã entropy tại đơn vị giải mã entropy. Chế độ mã hóa và thông tin dự đoán được gửi đến đơn vị dự đoán không gian (khi được mã hóa nội bộ) hoặc đơn vị dự đoán thời gian (khi được liên mã hóa) để tạo thành khối dự đoán. Các hệ số biến đổi phần dư được gửi đến đơn vị lượng tử hóa nghịch đảo và đơn vị biến đổi nghịch đảo để tái tạo khối phần dư. Khối dự đoán và khối phần dư sau đó được cộng lại với nhau. Khối được tái tạo có thể tiếp tục trải qua quá trình lọc vòng kín trước khi nó được lưu trữ trong kho hình ảnh tham chiếu. Sau đó, video được tái tạo trong kho hình ảnh tham chiếu sẽ được gửi đến thiết bị hiển thị, cũng như được sử dụng để dự đoán các khối video trong tương lai.

Trong các tiêu chuẩn mã hóa video mới hơn, chẳng hạn như thiết kế VVC hiện tại, công cụ mã hóa của ánh xạ độ chói bằng cách chia tỷ lệ sắc độ (luma mapping with chroma scaling - LMCS) có thể được áp dụng trước khi lọc vòng kín. LMCS nhằm mục đích điều chỉnh dải động của tín hiệu đầu vào để cải thiện hiệu quả mã hóa.

Tuy nhiên, thiết kế hiện tại của LMCS phải chịu thêm yêu cầu về độ phức tạp tính toán và bộ nhớ trên chip vì nó sử dụng các ánh xạ miền khác nhau tại các mô đun giải mã khác nhau. Hơn nữa, thiết kế hiện tại của LMCS sử dụng các giá trị mẫu dự đoán độ chói khác nhau để suy ra các hệ số chia tỷ lệ độ chói và sắc độ, điều này làm tăng thêm độ phức tạp.

Hơn nữa, thiết kế hiện tại của LMCS làm tăng độ trễ của quá trình tái tạo các mẫu phần dư sắc độ vì nó yêu cầu hoãn việc tái tạo các mẫu phần dư sắc độ cho đến sau khi hoàn thành thành công các mẫu dự đoán độ chói, do đó yêu cầu hoàn thành thành công các ứng dụng tuần tự của các công cụ mã hóa liên chế độ phức tạp giữa các chế độ như khai thác vector chuyển động phía bộ giải mã (Decoder-side Motion Vector Derivation - DMVR), luồng quang hai hướng (Bi-Directional Optical Flow - BDOF) và dự đoán nội bộ và liên dự đoán kết hợp (Combined Inter and Intra Prediction - CIIP). Thiết kế hiện tại của LMCS

cũng thực hiện phép toán cắt bớt không cần thiết trong quá trình suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ, làm tăng thêm yêu cầu về độ phức tạp tính toán và bộ nhớ trên chip.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phần này cung cấp tóm tắt chung về nội dung bộc lộ của sáng chế và không phải là bộc lộ toàn diện về phạm vi đầy đủ hoặc tất cả các dấu hiệu của sáng chế.

Theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế, phương pháp mã hóa video được đề xuất. Phương pháp bao gồm nhiều mẫu độ chói được tái tạo từ vùng được xác định trước thứ nhất lân cận với vùng được xác định trước thứ hai, trong đó CU nằm ở đó được chọn trong quá trình giải mã CU, giá trị trung bình là nhiều mẫu độ chói được tái tạo được tính toán và giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo được sử dụng trực tiếp, không cắt bớt, để suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU.

Theo khía cạnh thứ hai của sáng chế, thiết bị tính toán được đề xuất. Thiết bị tính toán bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý, bộ nhớ và nhiều chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ. Các chương trình, khi được chạy bởi một hoặc nhiều bộ xử lý, khiến thiết bị tính toán thực hiện các phép toán như được mô tả ở trên theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Theo khía cạnh thứ ba của sáng chế, vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời lưu trữ nhiều chương trình để chạy bởi thiết bị tính toán có một hoặc nhiều bộ xử lý. Các chương trình, khi được chạy bởi một hoặc nhiều bộ xử lý, khiến thiết bị tính toán thực hiện các phép toán như được mô tả ở trên trong khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây, tập hợp các phương án minh họa, không giới hạn của sáng chế sẽ được mô tả cùng với các hình vẽ kèm theo. Các biến thể về cấu trúc, phương pháp hoặc chức năng có thể được thực hiện bởi những người có hiểu biết thông thường trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan dựa trên các ví dụ được trình bày ở đây và các biến thể đó đều nằm trong phạm vi của sáng chế. Trong những trường hợp không có xung đột, những hướng dẫn của các phương án khác nhau có thể, nhưng không cần thiết, được kết hợp với nhau.

Fig. 1 là sơ đồ khối thiết lập bộ mã hóa video kết hợp dựa trên khối minh họa có thể được sử dụng cùng với nhiều tiêu chuẩn mã hóa video.

Fig. 2 là sơ đồ khối thiết lập bộ giải mã video minh họa có thể được sử dụng cùng với nhiều tiêu chuẩn mã hóa video.

Fig. 3 là hình minh họa về các phân vùng khối trong cấu trúc cây nhiều loại có thể được sử dụng cùng với nhiều tiêu chuẩn mã hóa video.

Fig. 4 là lưu đồ minh họa quá trình giải mã với LMCS đang được áp dụng.

Fig. 5 là hình minh họa của quy trình BDOF.

Fig. 6 là lưu đồ minh họa quy trình chia tỷ lệ phần dư sắc độ trong LMCS khi tất cả DMVR, BDOF và CIIP được kích hoạt.

Fig. 7 là lưu đồ minh họa các bước của trình tự chia tỷ lệ phần dư phụ thuộc dự đoán (prediction dependent residual scaling - PDRS).

Fig. 8 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã khi trình tự PDRS được áp dụng trong quy trình LMCS.

Fig. 9 là hình minh họa về lỗi ánh xạ phần dư gây ra do chỉ sử dụng mẫu dự đoán để suy ra hệ số chia tỷ lệ.

Fig. 10 là lưu đồ minh họa các bước của một trình tự tái tạo mẫu sắc độ.

Fig. 11 là lưu đồ minh họa các bước của trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai.

Fig. 12 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã LMCS theo một ví dụ về quy trình tái tạo mẫu sắc độ thứ hai trong đó DMVR, BDOF và CIIP không được áp dụng để tạo các mẫu dự đoán độ chói cho việc chia tỷ lệ sắc độ.

Fig. 13 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã LMCS trong ví dụ thứ hai về trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, trong đó tín hiệu đơn dự đoán ban đầu được áp dụng để tạo ra các mẫu dự đoán độ chói cho việc chia tỷ lệ sắc độ.

Fig. 14 là lưu đồ minh họa các bước của một trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ.

Fig. 15 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã LMCS theo một hoặc nhiều phương án của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ.

Fig. 16 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã LMCS theo một phương án khác của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ.

Fig. 17 là lưu đồ minh họa các bước của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ thứ hai.

Fig. 18 là lưu đồ minh họa các bước của khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Fig. 19 là hình ảnh minh họa các vùng liên quan theo phương án của khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, việc tham chiếu sẽ được thực hiện chi tiết theo các phương án ví dụ, các ví dụ về các phương án này được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Phần mô tả sau đây đề cập đến các hình vẽ kèm theo trong đó các số giống nhau trong các hình vẽ khác nhau thể hiện các phần tử giống nhau hoặc tương tự trừ khi được thể hiện theo cách khác. Việc triển khai được nêu trong phần mô tả các ví dụ sau đây không đại diện cho tất cả các cách triển khai phù hợp với sáng chế. Thay vào đó, chúng chỉ là các ví dụ về các thiết bị và phương pháp phù hợp với các khía cạnh liên quan đến nội dung bộc lộ như được trình bày trong các yêu cầu bảo hộ phụ thuộc.

Các thuật ngữ được sử dụng trong sáng chế này hướng đến việc minh họa các ví dụ cụ thể, thay vì giới hạn sáng chế. Các danh từ được sử dụng trong phần mô tả sáng chế cũng như trong phần yêu cầu bảo hộ đi kèm được đề cập đến với số lượng ít cũng như với số lượng nhiều trừ khi các nghĩa khác chắc chắn có trong ngữ cảnh. Cần phải đánh giá cao rằng thuật ngữ "và/hoặc" như được sử dụng ở đây đề cập đến bất kỳ hoặc tất cả các kết hợp có thể có của một hoặc nhiều mục được liệt kê liên quan.

Cần phải hiểu rằng, mặc dù các thuật ngữ “thứ nhất,” “thứ hai”, “thứ ba”, v.v. có thể được sử dụng ở đây để mô tả các thông tin khác nhau, thông tin không bị giới hạn bởi các thuật ngữ này. Các thuật ngữ này chỉ được sử dụng để phân biệt một loại thông tin với một loại thông tin khác. Ví dụ, không rời khỏi phạm vi của sáng chế, thông tin thứ nhất có thể

được gọi là thông tin thứ hai; và tương tự, thông tin thứ hai cũng có thể được gọi là thông tin thứ nhất. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “nếu” có thể được hiểu là “khi nào” hoặc “khi” hoặc “đáp lại”, tùy thuộc vào ngữ cảnh.

Trong toàn bản mô tả này, tham chiếu đến “một phương án”, “phương án”, “phương án khác” hoặc tương tự ở dạng số lượng ít hay nhiều có nghĩa là một hoặc nhiều dấu hiệu, cấu trúc hoặc đặc điểm cụ thể được mô tả liên quan đến phương án là được bao gồm trong ít nhất một phương án của sáng chế. Do đó, sự xuất hiện của các cụm từ “theo một phương án” hoặc “theo phương án”, “theo phương án khác” hoặc tương tự ở dạng số lượng ít hay nhiều ở các vị trí khác nhau trong toàn bộ bản mô tả này không nhất thiết phải đề cập đến cùng một phương án. Hơn nữa, các dấu hiệu, cấu trúc hoặc đặc điểm cụ thể theo một hoặc nhiều phương án có thể được kết hợp theo bất kỳ cách nào phù hợp.

Để giúp những người có hiểu biết trong lĩnh vực này hiểu một cách thuận lợi, nhiều phương thức triển khai được liệt kê trong các phương án của sáng chế để mô tả rõ ràng các giải pháp kỹ thuật của các phương án theo sáng chế. Tất nhiên, những người có hiểu biết trong lĩnh vực này có thể hiểu rằng nhiều phương án được cung cấp trong các phương án của sáng chế có thể được thực hiện độc lập, hoặc có thể được kết hợp với các phương pháp của các phương án khác trong các phương án của sáng chế để thực hiện cùng nhau, hoặc có thể được thực hiện độc lập hoặc sau khi kết hợp với một số phương pháp trong các công nghệ liên quan khác. Không có giới hạn nào được đưa ra theo các phương án của sáng chế.

Về mặt khái niệm, nhiều tiêu chuẩn mã hóa video tương tự nhau, bao gồm cả những tiêu chuẩn đã được đề cập trước đây trong phần tình trạng kỹ thuật của sáng chế. Ví dụ, hầu như tất cả các tiêu chuẩn mã hóa video đều sử dụng xử lý dựa trên khối và chia sẻ các sơ đồ khối mã hóa video tương tự để đạt được độ nén video.

Fig. 1 thể hiện sơ đồ khối của bộ mã hóa video kết hợp dựa trên khối minh họa 100 có thể được sử dụng cùng với nhiều tiêu chuẩn mã hóa video. Trong bộ mã hóa 100, khung video được phân chia thành nhiều khối video để xử lý. Đối với mỗi khối video nhất định, dự đoán được hình thành dựa trên phương thức liên dự đoán hoặc phương thức dự đoán nội bộ. Trong liên dự đoán, một hoặc nhiều bộ dự đoán được hình thành thông qua ước tính

chuyển động và bù chuyển động, dựa trên các điểm ảnh từ các khung được tái tạo trước đó. Trong dự đoán nội bộ, các bộ dự đoán được hình thành dựa trên các điểm ảnh được tái tạo trong khung hiện tại. Thông qua quyết định chế độ, bộ dự đoán tốt nhất có thể được chọn để dự đoán khối hiện tại.

Phần dư dự đoán, đại diện cho chênh lệch giữa khối video hiện tại và bộ dự đoán của nó, được gửi đến mạch biến đổi 102. Sau đó, hệ số biến đổi được gửi từ mạch biến đổi 102 đến mạch lượng tử hóa 104 để giảm entropy. Sau đó, các hệ số được lượng tử hóa được đưa đến mạch mã hóa entropy 106 để tạo ra dòng bit video được nén. Như thể hiện trên Fig. 1, thông tin liên quan đến dự đoán 110 từ mạch liên dự đoán và/hoặc mạch dự đoán nội bộ 112, chẳng hạn như thông tin phân vùng khối video, các vectơ chuyển động, chỉ mục hình ảnh tham chiếu và chế độ dự đoán nội bộ, cũng được cấp thông qua mạch mã hóa entropy 106 và được lưu vào dòng bit video được nén 114.

Trong bộ mã hóa 100, các mạch liên quan đến bộ giải mã cũng cần thiết để tái tạo các điểm ảnh cho mục đích dự đoán. Thứ nhất, phần dư dự đoán được tái tạo thông qua lượng tử hóa nghịch đảo 116 và mạch biến đổi nghịch đảo 118. Phần dư dự đoán được tái tạo này được kết hợp với bộ dự đoán khối 120 để tạo ra các điểm ảnh được tái tạo chưa được lọc cho khối video hiện tại.

Dự đoán theo thời gian (còn được gọi là "liên dự đoán" hoặc "dự đoán bù chuyển động") sử dụng các điểm ảnh được tái tạo từ các hình ảnh video đã được mã hóa để dự đoán khối video hiện tại. Dự đoán theo thời gian làm giảm phần dư tạm thời vốn có trong tín hiệu video. Tín hiệu dự đoán theo thời gian cho CU nhất định thường được tín hiệu hóa bởi một hoặc nhiều vectơ chuyển động (motion vector-MV) cho biết số lượng và hướng chuyển động giữa CU hiện tại và tham chiếu thời gian của nó. Ngoài ra, nếu nhiều hình ảnh tham chiếu được hỗ trợ, một chỉ mục hình ảnh tham chiếu sẽ được gửi bổ sung, được sử dụng để xác định từ hình ảnh tham chiếu nào trong hình ảnh tham chiếu lưu trữ tín hiệu dự đoán theo thời gian đến.

Sau khi dự đoán theo không gian và/hoặc thời gian được thực hiện, mạch quyết định chế độ liên dự đoán/dự đoán nội bộ 121 trong bộ mã hóa 100 sẽ chọn chế độ dự đoán tốt

tử hóa và thông tin liên quan đến dự đoán. Các mức hệ số lượng tử hóa sau đó được xử lý thông qua lượng tử hóa nghịch đảo 204 và biến đổi nghịch đảo 206 để thu được phần dư dự đoán được tái tạo. Cơ chế dự đoán khối, được triển khai trong bộ chọn chế độ nội bộ/liên 212, được tạo cấu hình để thực hiện dự đoán nội bộ 208 hoặc bù chuyển động 210, dựa trên thông tin dự đoán được giải mã. Tập hợp các điểm ảnh được tái tạo chưa được lọc có được bằng cách tính tổng phần dư dự đoán được tái tạo từ biến đổi nghịch đảo 206 và kết quả dự đoán được tạo ra bởi cơ chế dự đoán khối, sử dụng bộ tính tổng 214.

Khối được tái tạo có thể còn đi qua bộ lọc vòng kín 209 trước khi nó được lưu trữ trong bộ đệm hình ảnh 213 mà có chức năng như bộ lưu trữ hình ảnh tham chiếu. Sau đó, video được tái tạo trong bộ đệm ảnh 213 có thể được gửi ra ngoài để điều khiển thiết bị hiển thị, cũng như được sử dụng để dự đoán các khối video trong tương lai. Trong các tình huống mà bộ lọc vòng kín 209 được bật, phép toán lọc được thực hiện trên các điểm ảnh được tái tạo này để suy ra đầu ra video 222 được tái tạo cuối cùng.

Trong các tiêu chuẩn mã hóa video như HEVC, các khối có thể được phân vùng dựa trên cây tứ phân. Trong các tiêu chuẩn mã hóa video mới hơn như VVC hiện tại, nhiều phương pháp phân vùng hơn được sử dụng và một đơn vị cây mã hóa (coding tree unit - CTU) có thể được chia thành các CU để thích ứng với các đặc điểm cục bộ khác nhau dựa trên cây tứ phân, cây nhị phân hoặc cây tam phân. Sự tách biệt giữa CU, đơn vị dự đoán (prediction unit - PU) và đơn vị biến đổi (transform unit - TU) không tồn tại trong hầu hết các chế độ mã hóa trong VVC hiện tại và mỗi CU luôn được sử dụng làm đơn vị cơ bản cho cả dự đoán và biến đổi mà không cần phân vùng thêm. Tuy nhiên, trong một số chế độ mã hóa cụ thể như chế độ mã hóa phân vùng phụ nội bộ, mỗi CU vẫn có thể chứa nhiều TU. Trong cấu trúc cây nhiều loại, một CTU trước hết được phân vùng theo cấu trúc cây tứ phân. Sau đó, mỗi nút lá cây tứ phân có thể được phân chia thêm bằng cấu trúc cây nhị phân và tam phân.

Fig. 3 thể hiện năm kiểu phân tách được sử dụng trong VVC hiện tại, cụ thể là, phân vùng tứ phân 301, phân vùng nhị phân ngang 302, phân vùng nhị phân dọc 303, phân vùng tam phân ngang 304 và phân vùng tam phân dọc 305. Trong các tình huống có cấu trúc cây

nhất, ví dụ dựa trên phương pháp tối ưu hóa tốc độ biến dạng. Sau đó, bộ dự đoán khối 120 được trừ khỏi khối video hiện tại; và phần dư dự đoán kết quả được khử tương quan bằng cách sử dụng mạch biến đổi 102 và mạch lượng tử hóa 104. Các hệ số phần dư lượng tử hóa thu được được lượng tử hóa nghịch đảo bởi mạch lượng tử hóa nghịch đảo 116 và được biến đổi nghịch đảo bởi mạch biến đổi nghịch đảo 118 để tạo thành phần dư được tái tạo, sau đó được cộng trở lại khối dự đoán để tạo thành tín hiệu được tái tạo của CU. Lọc vòng kín tiếp theo 115, chẳng hạn như bộ lọc tách khối, độ lệch thích ứng mẫu (sample adaptive offset - SAO) và/hoặc bộ lọc vòng kín thích ứng (adaptive in-loop filter - ALF) có thể được áp dụng trên CU được tái tạo trước khi nó được đưa vào kho hình ảnh tham chiếu của bộ đệm hình ảnh 117 và được sử dụng để mã hóa các khối video trong tương lai. Để tạo thành dòng bit video đầu ra 114, chế độ mã hóa (liên hoặc nội bộ), thông tin chế độ dự đoán, thông tin chuyển động và các hệ số phần dư được lượng tử hóa đều được gửi đến đơn vị mã hóa entropy 106 để được nén và đóng gói thêm để tạo thành dòng bit.

Ví dụ, bộ lọc tách khối có sẵn trong AVC, HEVC cũng như phiên bản mới nhất của VVC. Trong HEVC, bộ lọc vòng kín bổ sung được gọi là SAO (độ lệch thích ứng mẫu) được xác định để cải thiện hơn nữa hiệu quả mã hóa. Trong phiên bản hiện tại của tiêu chuẩn VVC, bộ lọc vòng kín khác được gọi là ALF (bộ lọc vòng thích ứng) đang được nghiên cứu tích cực và nó có khả năng được đưa vào tiêu chuẩn cuối cùng.

Các phép toán của bộ lọc vòng kín này là tùy chọn. Thực hiện các phép toán này giúp cải thiện hiệu quả mã hóa và chất lượng hình ảnh. Chúng cũng có thể bị tắt dưới dạng quyết định do bộ mã hóa 100 kết xuất để tiết kiệm độ phức tạp tính toán.

Cần lưu ý rằng dự đoán nội bộ thường dựa trên các điểm ảnh được tái tạo chưa được lọc, trong khi liên dự đoán dựa trên các điểm ảnh được tái tạo đã lọc nếu bộ mã hóa 100 bật các tùy chọn bộ lọc này.

Fig. 2 là sơ đồ khối thiết lập bộ giải mã video minh họa 200 có thể được sử dụng cùng với nhiều tiêu chuẩn mã hóa video. Bộ giải mã 200 này tương tự như phần liên quan đến tái tạo nằm trong bộ mã hóa 100 của Fig. 1. Trong bộ giải mã 200 (Fig. 2), dòng bit video đến 201 đầu tiên được giải mã thông qua giải mã entropy 202 để suy ra các mức hệ số lượng

nhiều kiểu được sử dụng, một CTU trước tiên được phân vùng theo cấu trúc cây tứ phân. Sau đó, mỗi nút lá cây tứ phân có thể được phân chia thêm bằng cấu trúc cây nhị phân và tam phân.

Sử dụng một hoặc nhiều phân vùng khối làm ví dụ 301, 302, 303, 304 hoặc 305 của Fig. 3, dự đoán không gian và/hoặc dự đoán thời gian có thể được thực hiện bằng cách sử dụng cấu hình được hiển thị trên Fig. 1. Dự đoán không gian (hoặc "dự đoán nội bộ") sử dụng điểm ảnh từ các mẫu của các khối lân cận đã được mã hóa (được gọi là mẫu tham chiếu) trong cùng một hình ảnh/lát video để dự đoán khối video hiện tại. Dự đoán không gian làm giảm phần dư không gian vốn có trong tín hiệu video.

Trong các tiêu chuẩn mã hóa video mới hơn như VVC hiện tại, công cụ mã hóa mới, ánh xạ độ chói bằng cách chia tỷ lệ sắc độ (LMCS) đã được thêm vào. LMCS được thêm vào như một công cụ mã hóa mới được áp dụng trước các bộ lọc vòng lặp (ví dụ, bộ lọc tách khối, SAO và ALF).

Nói chung, LMCS có hai mô đun chính: thứ nhất, ánh xạ vòng kín của thành phần độ chói dựa trên các mô hình tuyến tính theo mảnh thích ứng; và thứ hai, chia tỷ lệ phần dư sắc độ phụ thuộc độ chói.

Fig. 4 thể hiện quy trình giải mã được sửa đổi với LMCS đang được áp dụng. Trên Fig. 4, một số khối nhất định đại diện cho các mô đun giải mã được tiến hành trong miền được ánh xạ, bao gồm giải mã entropy 401, lượng tử hóa nghịch đảo 402, biến đổi nghịch đảo 403, dự đoán nội bộ độ chói 404 và tái tạo mẫu độ chói 405 (tức là bổ sung các mẫu dự đoán độ chói Y'_{pred} và các mẫu phần dư độ chói Y'_{res} để tạo ra mẫu độ chói được tái tạo Y'_{recon}). Một số khối nhất định khác chỉ ra các mô đun giải mã được tiến hành trong miền ban đầu (tức là không được ánh xạ), bao gồm dự đoán bù chuyển động 409, dự đoán nội bộ sắc độ 412, tái tạo mẫu sắc độ 413 (tức là, bổ sung các mẫu dự đoán sắc độ C_{pred} và các mẫu phần dư sắc độ C_{res} để tạo ra mẫu sắc độ được tái tạo C_{recon}) và quy trình lọc vòng kín 407 (bao gồm tách khối, SAO và ALF). Nhóm khối khác đại diện cho các mô đun phép toán mới được đưa ra bởi LMCS, bao gồm ánh xạ xuôi 410 và ánh xạ ngược (hoặc ngược) 406

của các mẫu độ chói, và chia tỷ lệ phần dư sắc độ 411. Ngoài ra, như thể hiện trên Fig. 4, tất cả các hình ảnh tham chiếu được lưu trữ trong bộ đệm hình ảnh đã giải mã (DPB) 408 (đối với độ chói) và 415 (đối với sắc độ) đều nằm trong miền ban đầu.

Ảnh xạ vòng kín của LMCS nhằm mục đích điều chỉnh dải động của tín hiệu đầu vào để cải thiện hiệu quả mã hóa. Ảnh xạ vòng kín của các mẫu độ chói trong thiết kế LMCS hiện có được xây dựng dựa trên hai hàm ánh xạ, một hàm ánh xạ xuôi *FwdMap* và một hàm ánh xạ ngược tương ứng *InvMap*. Chức năng ánh xạ xuôi được báo hiệu từ bộ mã hóa đến bộ giải mã bằng cách sử dụng một mô hình tuyến tính theo mảnh với 16 mảnh có kích thước bằng nhau. Hàm ánh xạ ngược có thể được suy ra trực tiếp từ hàm ánh xạ xuôi và do đó không cần báo hiệu.

Các tham số của mô hình ánh xạ độ chói được báo hiệu ở mức lát. Cờ hiệu hiện diện trước hết được báo hiệu để cho biết liệu mô hình ánh xạ độ chói có được báo hiệu cho lát hiện tại hay không. Nếu mô hình ánh xạ độ chói có mặt trong lát hiện tại, các tham số mô hình tuyến tính theo mảnh tương ứng được báo hiệu thêm không. Dựa trên mô hình tuyến tính theo mảnh, dải động của tín hiệu đầu vào được phân vùng thành 16 đoạn có kích thước bằng nhau trong miền ban đầu và mỗi phân đoạn được ánh xạ tới phân đoạn tương ứng. Đối với phân đoạn nhất định trong miền ban đầu, phân đoạn tương ứng của nó trong miền được ánh xạ có thể có cùng kích thước hoặc khác nhau. Kích thước của mỗi phân đoạn trong miền được ánh xạ được biểu thị bằng số lượng từ mã (tức là giá trị mẫu được ánh xạ) của phân đoạn đó. Đối với mỗi phân đoạn trong miền ban đầu, các tham số ánh xạ tuyến tính có thể được suy ra dựa trên số lượng từ mã trong phân đoạn tương ứng của nó trong miền được ánh xạ. Ví dụ, khi đầu vào ở độ sâu 10 bit, mỗi phân đoạn trong số 16 phân đoạn trong miền ban đầu có 64 giá trị điểm ảnh, nếu mỗi phân đoạn trong miền được ánh xạ cũng có 64 từ mã được gán cho nó, thì nó chỉ ra giá trị ánh xạ một – một đơn giản (tức là ánh xạ với mỗi giá trị mẫu không thay đổi). Số lượng từ mã được báo hiệu cho mỗi phân đoạn trong miền được ánh xạ được sử dụng để tính toán hệ số chia tỷ lệ và điều chỉnh chức năng ánh xạ cho phù hợp cho phân đoạn đó. Ngoài ra, ở cấp độ lát, cờ hiệu điều khiển LMCS khác được báo hiệu để bật/tắt LMCS cho lát.

Đối với mỗi phân đoạn, mô hình tuyến tính theo mảnh tương ứng được xác định như mô tả trong hộp ngay sau đoạn này

Đối với phân đoạn thứ $i, i = 0 \dots 15$, mô hình tuyến tính theo mảnh tương ứng được xác định bởi hai điểm trục đầu vào $InputPivot[i]$ và $InputPivot[i+1]$, và hai điểm trục đầu ra (được ánh xạ) $MappedPivot[i]$ và $MappedPivot[i+1]$. Hơn nữa, giả sử video đầu vào 10 bit, các giá trị của $InputPivot[i]$ và $MappedPivot[i], i = 0 \dots 15$, được tính toán như sau:

1. Đặt biến $OrgCW = 64$

2. Với $i = 0:16, InputPivot[i] = i * OrgCW$

3. Với $i=0:16, MappedPivot[i]$ được tính toán như sau:

$MappedPivot[0] = 0;$

với $(i = 0; i < 16; i++)$

$MappedPivot[i+1] = MappedPivot[i] + SignaledCW[i]$

trong đó $SignaledCW[i]$ là số từ mã được báo hiệu cho đoạn thứ i .

Như minh họa trên Fig. 4, có nhu cầu hoạt động trong hai miền khác nhau trong quá trình LMCS. Đối với mỗi CU được mã hóa thông qua chế độ liên dự đoán (“liên CU”), dự đoán bù chuyển động của nó được thực hiện trong miền ban đầu. Tuy nhiên, vì việc tái tạo thành phần độ chói (tức là việc bổ sung các mẫu dự đoán độ chói và các mẫu phần dư độ chói) được thực hiện trong miền được ánh xạ, nên dự đoán độ chói bù chuyển động Y_{pred} cần được ánh xạ từ miền ban đầu đến giá trị Y'_{pred} trong miền được ánh xạ thông qua hàm ánh xạ xuôi 410, tức là $Y'_{pred} = FwdMap(Y_{pred})$, trước khi Y'_{pred} được sử dụng để tái tạo điểm ảnh 405. Mặt khác, đối với mỗi CU được mã hóa thông qua chế độ dự đoán nội bộ (“CU nội bộ”), việc ánh xạ các mẫu dự đoán là không cần thiết vì dự đoán nội bộ 404 được thực hiện trong miền được ánh xạ (như thể hiện trên Fig. 4) trước khi Y'_{pred} được sử dụng để tái tạo điểm ảnh 405. Cuối cùng, sau khi tạo ra các mẫu độ chói được tái tạo Y'_{recon} , chức năng ánh xạ ngược 406 được áp dụng để chuyển đổi các mẫu độ chói được tái tạo Y'_{recon} trở lại

giá trị Y_{recon} trong miền ban đầu trước khi tiếp tục thành độ chói DPB 408, tức là $Y_{recon} = InvMap(Y'_{recon})$. Không giống như ánh xạ xuôi 410 của các mẫu dự đoán chỉ cần được áp dụng liên CU, ánh xạ ngược 406 của các mẫu được tái tạo cần được áp dụng cho cả liên CU và CU nội bộ.

Tóm lại, ở phía bộ giải mã, ánh xạ độ chói vòng kín của LMCS hiện tại được tiến hành theo cách mà các mẫu dự đoán độ chói Y_{pred} trước tiên được chuyển đổi thành miền được ánh xạ nếu cần: $Y'_{pred} = FwdMap(Y_{pred})$. Sau đó, các mẫu dự đoán được ánh xạ được thêm vào với phần dư độ chói đã giải mã để tạo thành các mẫu độ chói được tái tạo trong miền được ánh xạ: $Y'_{recon} = Y'_{pred} + Y'_{res}$. Cuối cùng, ánh xạ ngược được áp dụng để chuyển các mẫu độ chói được tái tạo Y'_{recon} trở lại miền ban đầu: $Y_{recon} = InvMap(Y'_{recon})$. Ở phía bộ mã hóa, vì các phần dư độ chói được mã hóa trong miền được ánh xạ, chúng được tạo ra như chênh lệch giữa các mẫu độ chói ban đầu được ánh xạ và các mẫu dự đoán độ chói được ánh xạ: $Y'_{res} = FwdMap(Y_{org}) - FwdMap(Y_{pred})$.

Bước thứ hai của LMCS, chia tỷ lệ phần dư sắc độ phụ thuộc độ chói, được thiết kế để bù cho sự tương quan của độ chính xác lượng tử hóa giữa tín hiệu độ chói và các tín hiệu sắc độ tương ứng của nó khi ánh xạ vòng kín được áp dụng cho tín hiệu độ chói. Việc chia tỷ lệ phần dư sắc độ được bật hay tắt cũng được báo hiệu trong tiêu đề lát. Nếu ánh xạ độ chói được bật và nếu phân vùng cây kép của các thành phần độ chói và sắc độ bị tắt cho lát hiện tại, thì cờ hiệu bổ sung sẽ được báo hiệu để cho biết liệu việc chia tỷ lệ phần dư sắc độ phụ thuộc độ chói có được áp dụng hay không. Khi ánh xạ độ chói không được sử dụng hoặc khi phân vùng cây kép được bật cho lát hiện tại, việc chia tỷ lệ phần dư sắc độ phụ thuộc độ chói luôn bị tắt. Ngoài ra, việc chia tỷ lệ phần dư sắc độ luôn bị tắt đối với các CU có chứa ít hơn hoặc bằng bốn mẫu sắc độ.

Đối với cả CU nội bộ và liên CU, các tham số chia tỷ lệ được sử dụng để chia tỷ lệ phần dư sắc độ phụ thuộc vào giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói được ánh xạ tương ứng. Các tham số chia tỷ lệ được suy ra như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này

Ký hiệu avg'_Y là giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói trong miền được ánh xạ. Tham số chia tỷ lệ $C_{ScaleInv}$ được tính theo các bước sau:

1. Tìm chỉ số phân đoạn Y_{Idx} của chế độ tuyến tính theo mảnh mà avg'_Y thuộc về trong miền ánh xạ. Ở đây Y_{Idx} có phạm vi giá trị số nguyên từ 0 đến 15.
2. $C_{ScaleInv} = cScaleInv[Y_{Idx}]$, trong đó $cScaleInv[i]$, $i = 0 \dots 15$, là bảng tra cứu 16 mảnh được tính toán trước (look-up table - LUT).

Bởi vì dự đoán nội bộ được thực hiện trong miền được ánh xạ trong LMCS, đối với các CU được mã hóa là chế độ dự đoán nội bộ, chế độ liên dự đoán và nội bộ được kết hợp (CIIP) hoặc chế độ sao chép nội bộ khối (IBC), avg'_Y được tính là giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói; ngược lại, avg'_Y được tính là giá trị trung bình của các mẫu độ chói được liên dự đoán được ánh xạ xuôi.

Fig. 4 cũng minh họa việc tính toán giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói đối với việc chia tỷ lệ phần dư sắc độ phụ thuộc độ chói. Đối với các liên CU, dự đoán độ chói được ánh xạ xuôi Y'_{pred} được đưa vào cùng với phần dư sắc độ được chia tỷ lệ $C_{resScale}$ thành chia tỷ lệ phần dư sắc độ 411 để suy ra các phần dư sắc độ C_{res} , được đưa vào tái tạo sắc độ 413 cùng với dự đoán sắc độ C_{pred} , để suy ra các giá trị sắc độ được tái tạo C_{recon} . Đối với các CU nội bộ, dự đoán nội bộ 404 tạo ra Y'_{pred} , đã có trong miền được ánh xạ và được đưa vào chia tỷ lệ phần dư sắc độ 411 theo cách tương tự như đối với các liên CU.

Không giống như ánh xạ độ chói được thực hiện trên cơ sở mẫu, $C_{ScaleInv}$ được cố định cho toàn bộ CU sắc độ. Với $C_{ScaleInv}$ nhất định, chia tỷ lệ phần dư sắc độ được áp dụng như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

Phía bộ mã hóa: $C_{ResScale} = C_{Res} / C_{ScaleInv}$

Phía bộ giải mã: $C_{Res} = C_{ResScale} * C_{ScaleInv}$

Trong đó $C_{ResScale}$ và C_{Res} lần lượt là các giá trị ban đầu và các giá trị mẫu phần dư sắc độ được chia tỷ lệ.

Trong các tiêu chuẩn mã hóa video mới hơn như VVC hiện tại, các công cụ mã hóa mới đã được giới thiệu và một số ví dụ về các công cụ mã hóa mới là: luồng quang hai hướng (Bi-Directional Optical Flow - BDOF), tinh chỉnh vector chuyển động phía bộ giải mã (Decoder-side Motion Vector Refinement - DMVR), liên dự đoán và dự đoán nội bộ được kết hợp (CIIP), chế độ affin và tinh chỉnh dự đoán với luồng quang học (PROF) cho chế độ affin.

Trong VVC hiện tại, luồng quang học hai chiều (BDOF) được áp dụng để tinh chỉnh các mẫu dự đoán của các khối mã hóa được dự đoán hai chiều.

Fig. 5 minh họa quy trình BDOF. BDOF là sự tinh chỉnh chuyển động theo mẫu được thực hiện trên đầu các dự đoán bù chuyển động dựa trên khối khi sử dụng dự đoán kép. Sự tinh chỉnh chuyển động (v_x, v_y) của mỗi khối phụ 4×4 501 được tính toán bằng cách giảm thiểu sự khác biệt giữa mẫu dự đoán danh sách hình ảnh tham chiếu 0 (L0) và danh sách hình ảnh tham chiếu 1 (L1) 502 và 503 sau khi áp dụng BDOF bên trong một cửa sổ 6×6 Ω xung quanh khối phụ.

Cụ thể, giá trị của sự tinh chỉnh chuyển động (v_x, v_y) được suy ra như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$v_x = S_1 > 0? \text{clip3} \left(-th_{BDOF}, th_{BDOF}, -((S_3 \cdot 2^3) \gg \lfloor \log_2 S_1 \rfloor) \right) : 0$$

$$v_y = S_5 > 0? \text{clip3} \left(-th_{BDOF}, th_{BDOF}, - \left(\left(S_6 \cdot 2^3 - ((v_x S_{2,m}) \ll n_{S_2} + v_x S_{2,s}) / 2 \right) \gg \lfloor \log_2 S_5 \rfloor \right) \right) : 0$$

trong đó $\lfloor \cdot \rfloor$ là hàm phần nguyên nhỏ hơn (floor function); $\text{clip3}(\min, \max, x)$ là hàm mà kẹp giá trị đã cho x bên trong phạm vi $[\min, \max]$; biểu tượng $\gg$ là phép toán dịch chuyển sang phải theo bit; biểu tượng $\ll$ là phép toán dịch chuyển sang trái theo bit; th_{BDOF} là ngưỡng tinh chỉnh chuyển động để ngăn chặn các lỗi lan truyền do chuyển động cục bộ không đều, bằng $1 \ll \max(5, bitDepth-7)$, trong đó $bitDepth$ là bit độ sâu bên trong. Ngoài ra, $S_{2,m} = S_2 \gg n_{S_2}$, $S_{2,s} = S_2 \& (2^{n_{S_2}} - 1)$.

Các giá trị S_1, S_2, S_3, S_5 và S_6 trong hộp ngay bên trên được tính thêm như mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$S_1 = \sum_{(i,j) \in \Omega} \psi_x(i,j) \cdot \psi_x(i,j), \quad S_3 = \sum_{(i,j) \in \Omega} \theta(i,j) \cdot \psi_x(i,j)$$

$$S_2 = \sum_{(i,j) \in \Omega} \psi_x(i,j) \cdot \psi_y(i,j)$$

$$S_5 = \sum_{(i,j) \in \Omega} \psi_y(i,j) \cdot \psi_y(i,j) \quad S_6 = \sum_{(i,j) \in \Omega} \theta(i,j) \cdot \psi_y(i,j)$$

trong đó

$$\psi_x(i,j) = \left(\frac{\partial I^{(1)}}{\partial x}(i,j) + \frac{\partial I^{(0)}}{\partial x}(i,j) \right) \gg \max(1, bitdepth - 11)$$

$$\psi_y(i,j) = \left(\frac{\partial I^{(1)}}{\partial y}(i,j) + \frac{\partial I^{(0)}}{\partial y}(i,j) \right) \gg \max(1, bitdepth - 11)$$

$$\theta(i,j) = (I^{(1)}(i,j) \gg \max(4, bitdepth - 8)) - (I^{(0)}(i,j) \gg \max(4, bitdepth - 8))$$

Các giá trị $I^{(k)}(i,j)$ trong hộp ngay phía trên là giá trị mẫu tại tọa độ (i,j) của tín hiệu dự đoán trong danh sách k , $k = 0,1$, được tạo ra ở độ chính xác cao trung bình (tức là, 16-bit); và các giá trị $\frac{\partial I^{(k)}}{\partial x}(i,j)$ và $\frac{\partial I^{(k)}}{\partial y}(i,j)$ là các gradient ngang và dọc của mẫu thu được bằng cách tính toán trực tiếp sự khác biệt giữa hai mẫu lân cận của nó. Các giá trị $\frac{\partial I^{(k)}}{\partial x}(i,j)$ và $\frac{\partial I^{(k)}}{\partial y}(i,j)$ được tính như mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$\frac{\partial I^{(k)}}{\partial x}(i, j) = \left(I^{(k)}(i+1, j) - I^{(k)}(i-1, j) \right) \gg \max(6, \text{bitdepth} - 6)$$

$$\frac{\partial I^{(k)}}{\partial y}(i, j) = \left(I^{(k)}(i, j+1) - I^{(k)}(i, j-1) \right) \gg \max(6, \text{bitdepth} - 6)$$

Dựa trên sự tinh chỉnh chuyển động được suy ra như được mô tả trong hộp phía trên, các mẫu dự đoán kép cuối cùng của CU được tính bằng cách nội suy các mẫu dự đoán L0/L1 dọc theo quỹ đạo chuyển động dựa trên mô hình luồng quang, như được chỉ ra trong hộp ngay sau đoạn này.

Dựa trên phương pháp điều khiển độ sâu bit được mô tả ở trên, đảm bảo rằng độ sâu bit tối đa của các tham số trung gian của toàn bộ quá trình BDOF không vượt quá 32 bit và đầu vào lớn nhất cho phép nhân nằm trong 15 bit, tức là, một hệ số nhân 15 bit là đủ để triển khai BDOF.

$$\text{pred}_{BDOF}(x, y) = \left(I^{(0)}(x, y) + I^{(1)}(x, y) + b + o_{offset} \right) \gg \text{shift}$$

$$b = \text{rnd} \left(\left(v_x \left(\frac{\partial I^{(1)}(x, y)}{\partial x} - \frac{\partial I^{(0)}(x, y)}{\partial x} \right) \right) / 2 \right)$$

$$+ \text{rnd} \left(\left(v_y \left(\frac{\partial I^{(1)}(x, y)}{\partial y} - \frac{\partial I^{(0)}(x, y)}{\partial y} \right) \right) / 2 \right)$$

trong đó shift và o_{offset} là giá trị dịch chuyển phải và giá trị độ lệch được áp dụng để kết hợp các tín hiệu dự đoán L0 và L1 cho dự đoán kép, tương ứng bằng $15 - BD$ và $1 \ll (14 - BD) + 2 \cdot (1 \ll 13)$.

DMVR là kỹ thuật dự đoán kép được sử dụng để hợp nhất các khối với hai MV được báo hiệu ban đầu có thể được tinh chỉnh thêm bằng cách sử dụng dự đoán so khớp hai hướng.

Cụ thể, trong DMVR, so khớp hai hướng được sử dụng để suy ra thông tin chuyển động của CU hiện tại bằng cách tìm kiếm so khớp tốt nhất giữa hai khối dọc theo quỹ đạo

chuyển động của CU hiện tại trong hai hình ảnh tham chiếu khác nhau. Hàm chi phí được sử dụng trong quá trình so khớp là SAD lấy mẫu con theo hàng (tổng của sai phân tuyệt đối). Sau khi quá trình so khớp được thực hiện, các MV đã tinh chỉnh được sử dụng để bù chuyển động trong giai đoạn dự đoán, dự đoán vector chuyển động theo thời gian cho hình ảnh tiếp theo và các MV chưa tinh chỉnh được sử dụng cho dự đoán vector chuyển động giữa vector chuyển động của CU hiện tại và vector chuyển động các vùng lân cận không gian của nó.

Theo giả định về quỹ đạo chuyển động liên tục, vector chuyển động MV0 và MV1 chỉ đến hai khối tham chiếu sẽ tỷ lệ với khoảng cách theo thời gian, tức là TD0 và TD1, giữa hình ảnh hiện tại và hai hình ảnh tham chiếu. Trong trường hợp đặc biệt, khi hình ảnh hiện tại nằm giữa hai hình ảnh tham chiếu và khoảng cách theo thời gian từ hình ảnh hiện tại đến hai hình ảnh tham chiếu là như nhau, so khớp hai hướng sẽ trở thành MV hai hướng qua gương.

Trong VVC hiện tại, các phương pháp liên dự đoán và dự đoán nội bộ được sử dụng trong sơ đồ mã hóa video kết hợp, trong đó mỗi PU chỉ được phép chọn liên dự đoán hoặc dự đoán nội bộ để khai thác mối tương quan trong miền thời gian hoặc không gian trong khi không bao giờ là cả hai. Tuy nhiên, như đã chỉ ra trong các tài liệu có trước, tín hiệu dư được tạo ra bởi các khối được liên dự đoán và các khối được dự đoán nội bộ có thể có các đặc điểm rất khác nhau. Do đó, nếu hai loại dự đoán có thể được kết hợp một cách hiệu quả, thì một dự đoán chính xác hơn có thể được mong đợi để giảm năng lượng của phần dư dự đoán và do đó cải thiện hiệu quả mã hóa. Ngoài ra, trong nội dung video tự nhiên, chuyển động của các đối tượng chuyển động có thể phức tạp. Ví dụ, có thể tồn tại các khu vực chứa cả nội dung cũ (ví dụ, các đối tượng có trong ảnh được mã hóa trước đó) và nội dung mới xuất hiện (ví dụ, các đối tượng bị loại trừ trong ảnh được mã hóa trước). Trong trường hợp như vậy, cả liên dự đoán hoặc dự đoán nội bộ đều không thể cung cấp một dự đoán chính xác về khối hiện tại.

Để cải thiện hơn nữa hiệu quả dự đoán, dự đoán nội bộ và liên dự đoán được kết hợp (CIIP), kết hợp dự đoán nội bộ và liên dự đoán của một CU được mã hóa bằng chế độ hợp

nhất, được áp dụng trong tiêu chuẩn VVC. Cụ thể, đối với mỗi CU hợp nhất, một cờ hiệu bổ sung được báo hiệu để cho biết liệu CIIP có được bật cho CU hiện tại hay không. Khi cờ hiệu bằng một, CIIP chỉ áp dụng chế độ phẳng để tạo ra các mẫu được dự đoán nội bộ của các thành phần độ chói và sắc độ. Ngoài ra, trọng số bằng nhau (nghĩa là 0,5) được áp dụng để tính trung bình các mẫu liên dự đoán và các mẫu dự đoán nội bộ làm các mẫu dự đoán cuối cùng của CIIP CU.

VVC cũng hỗ trợ chế độ afin để dự đoán bù chuyển động. Trong HEVC, chỉ có mô hình chuyển động tịnh tiến được áp dụng cho dự đoán bù chuyển động. Trong khi ở thế giới thực, có rất nhiều loại chuyển động, ví dụ, phóng to/thu nhỏ, xoay, chuyển động phối cảnh và các chuyển động bất thường khác. Trong VVC, dự đoán bù chuyển động afin được áp dụng bằng cách báo hiệu một cờ hiệu cho mỗi khối liên mã hóa để cho biết liệu chuyển động tịnh tiến hay mô hình chuyển động afin được áp dụng cho liên dự đoán. Trong thiết kế VVC hiện tại, hai chế độ afin, bao gồm chế độ afin 4 tham số và chế độ afin 6 tham số, được hỗ trợ cho một khối mã hóa afin.

Mô hình afin 4 tham số có các tham số sau: hai tham số cho chuyển động tịnh tiến lần lượt theo hướng ngang và dọc, một tham số cho chuyển động thu phóng và một tham số cho chuyển động quay cho cả hai hướng. Tham số thu phóng ngang bằng với tham số thu phóng dọc. Tham số quay ngang bằng với tham số quay dọc. Để đạt được sự phù hợp tốt hơn của các vectơ chuyển động và tham số afin, trong VVC, các tham số afin đó được tịnh tiến thành hai MV (còn được gọi là vectơ chuyển động điểm điều khiển (CPMV)) nằm ở góc trên cùng bên trái và góc trên cùng bên phải của khối hiện tại. Trường chuyển động afin của khối được mô tả bởi hai điểm điều khiển MV (V_0 , V_1).

Dựa trên chuyển động của điểm điều khiển, trường chuyển động (v_x , v_y) của khối mã hóa afin được tính toán như mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$\begin{aligned} v_x &= \frac{(v_{1x} - v_{0x})}{w} x - \frac{(v_{1y} - v_{0y})}{w} y + v_{0x} \\ v_y &= \frac{(v_{1x} - v_{0x})}{w} x + \frac{(v_{1y} - v_{0y})}{w} y + v_{0y} \end{aligned}$$

Chế độ afin 6 tham số có các tham số sau: hai tham số cho chuyển động tịnh tiến theo hướng ngang và dọc tương ứng, một tham số cho chuyển động thu phóng và một tham số cho chuyển động quay theo hướng ngang, một tham số cho chuyển động thu phóng và một tham số cho chuyển động quay theo hướng dọc. Mô hình chuyển động afin 6 tham số được mã hóa với ba MV ở ba CPMV.

Ba điểm điều khiển của khối afin 6 tham số được đặt ở góc trên cùng bên trái, trên cùng bên phải và dưới cùng bên trái của khối. Chuyển động ở điểm điều khiển trên cùng bên trái liên quan đến chuyển động tịnh tiến và chuyển động ở điểm điều khiển trên cùng bên phải liên quan đến chuyển động quay và thu phóng theo hướng ngang và chuyển động ở điểm điều khiển dưới cùng bên trái liên quan đến chuyển động quay và thu phóng theo phương thẳng đứng. So với mô hình chuyển động afin 4 tham số, chuyển động quay và thu phóng theo hướng ngang của 6 tham số có thể không giống với những chuyển động theo hướng dọc.

Giả sử (V_0 , V_1 , V_2) là các MV của các góc trên cùng bên trái, trên cùng bên phải và dưới cùng bên trái của khối hiện tại, vectơ chuyển động của mỗi khối phụ (v_x , v_y) được suy ra bằng cách sử dụng ba MV tại các điểm điều khiển như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$v_x = v_{0x} + (v_{1x} - v_{0x}) * \frac{x}{w} + (v_{2x} - v_{0x}) * \frac{y}{h}$$

$$v_y = v_{0y} + (v_{1y} - v_{0y}) * \frac{x}{w} + (v_{2y} - v_{0y}) * \frac{y}{h}$$

Để cải thiện độ chính xác của bù chuyển động afin, tính năng tinh chỉnh dự đoán với luồng quang (PROF) hiện đang được nghiên cứu trong VVC hiện tại mà tinh chỉnh bù chuyển động afin dựa trên khối phụ dựa trên mô hình luồng quang. Cụ thể, sau khi thực hiện bù chuyển động afin dựa trên khối phụ, mẫu dự đoán độ chói của một khối afin được

sửa đổi bởi một giá trị tinh chỉnh mẫu được suy ra dựa trên phương trình dòng quang. Cụ thể, các phép toán của PROF có thể được tóm tắt theo bốn bước sau.

Trong bước một, bù chuyển động affin dựa trên khối phụ được thực hiện để tạo dự đoán khối phụ $I(i, j)$ bằng cách sử dụng MV khối phụ như được suy ra trong hộp phía trên cho mô hình affin 4 tham số và hộp phía trên cho mô hình affin 6 tham số.

Trong bước hai, các gradient không gian $g_x(i, j)$ và $g_y(i, j)$ của mỗi mẫu dự đoán được tính như mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$g_x(i, j) = (I(i + 1, j) - I(i - 1, j)) \gg (\max(2, 14 - \text{bitdepth}) - 4)$$

$$g_y(i, j) = (I(i, j + 1) - I(i, j - 1)) \gg (\max(2, 14 - \text{bitdepth}) - 4)$$

Vẫn trong bước hai, để tính toán các gradients, một hàng/cột bổ sung của các mẫu dự đoán cần được tạo ở mỗi bên của một khối phụ. Để giảm độ phức tạp và băng thông bộ nhớ, các mẫu trên các đường biên mở rộng được sao chép từ vị trí điểm ảnh số nguyên gần nhất trong ảnh tham chiếu để tránh các quá trình nội suy bổ sung.

Trong bước ba, giá trị tinh chỉnh dự đoán độ chói được tính như mô tả trong hộp ngay sau đoạn này

$$\Delta I(i, j) = g_x(i, j) * \Delta v_x(i, j) + g_y(i, j) * \Delta v_y(i, j)$$

trong đó $\Delta v(i, j)$ là sự khác biệt giữa điểm ảnh MV được tính cho vị trí mẫu (i, j) , được kí hiệu bằng $v(i, j)$, và khối phụ MV của khối phụ mà điểm ảnh (i, j) nằm tại đó.

Ngoài ra, trong thiết kế PROF hiện tại, sau khi thêm tinh chỉnh dự đoán vào mẫu dự đoán ban đầu, một phép toán cắt bớt được thực hiện như bước thứ tư để cắt giá trị của mẫu dự đoán đã tinh chỉnh trong phạm vi 15 bit, như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$I^r(i, j) = I(i, j) + \Delta I(i, j)$$

$$I^r(i, j) = \text{clip3}(-2^{14}, 2^{14} - 1, I^r(i, j))$$

trong đó $I(i, j)$ và $I^r(i, j)$ là mẫu dự đoán ban đầu và đã được tinh chỉnh tại vị trí (i, j) , tương ứng.

Bởi vì các tham số mô hình affine và vị trí điểm ảnh liên quan đến trung tâm khối phụ không được thay đổi từ khối phụ sang khối phụ, $\Delta v(i, j)$ có thể được tính cho khối phụ thứ nhất và được sử dụng lại cho khối phụ khác trong cùng CU. Gọi Δx và Δy là độ lệch ngang và dọc khỏi vị trí mẫu (i, j) đến tâm của khối phụ mà mẫu đó thuộc về, $\Delta v(i, j)$ có thể được suy ra như mô tả trong hộp ngay sau đây.

$$\begin{aligned}\Delta v_x(i, j) &= c * \Delta x + d * \Delta y \\ \Delta v_y(i, j) &= e * \Delta x + f * \Delta y\end{aligned}$$

Dựa trên các phương trình suy ra MV khối phụ affine trong các hộp phía trên cho mô hình affine 4 tham số và cho mô hình affine 6 tham số, sai phân MV $\Delta v(i, j)$ có thể được suy ra như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

Với mô hình affine 4 tham số,

$$\begin{cases} c = f = \frac{v_{1x} - v_{0x}}{w} \\ e = -d = \frac{v_{1y} - v_{0y}}{w} \end{cases}$$

Với mô hình affine 6 tham số,

$$\begin{cases} c = \frac{v_{1x} - v_{0x}}{w} \\ d = \frac{v_{2x} - v_{0x}}{h} \\ e = \frac{v_{1y} - v_{0y}}{w} \\ f = \frac{v_{2y} - v_{0y}}{h} \end{cases}$$

trong đó (v_{0x}, v_{0y}) , (v_{1x}, v_{1y}) , (v_{2x}, v_{2y}) là các MV điểm ảnh điều khiển trên cùng bên trái, trên cùng bên phải và dưới cùng bên trái của khối mã hóa hiện thời, w và h là chiều rộng và chiều cao của khối. Trong thiết kế PROF hiện tại, sai phân Δv_x và Δv_y luôn được suy ra tại dự đoán của 1/32-pel.

Theo thiết kế LMCS hiện tại, các mẫu phần dư sắc độ được chia tỷ lệ dựa trên các mẫu dự đoán độ chói tương ứng của chúng. Khi các công cụ mã hóa mới hơn được kích hoạt cho liên CU, các mẫu dự đoán độ chói được sử dụng để chia tỷ lệ các mẫu phần dư sắc độ thông qua LMCS trong liên CU này sẽ thu được ở cuối các ứng dụng tuần tự của các công cụ mã hóa mới hơn này.

Fig. 6 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của việc chia tỷ lệ phần dư sắc độ trong LMCS khi tất cả DMVR, BDOF và CIIP được bật. Kết quả đầu ra từ giá trị dự đoán độ chói L0 601 và giá trị dự đoán L1 602 được đưa vào DMVR 603 và BDOF 604 một cách tuần tự, và giá trị liên dự đoán kết quả 621 được đưa cùng với giá trị dự đoán nội bộ độ chói 622 từ dự đoán nội bộ độ chói 605 vào giá trị trung bình 606 để tạo ra giá trị dự đoán độ chói trung bình 623, được đưa cùng với phần dư sắc độ 608 vào chia tỉ lệ phần dư sắc độ 607, sao cho việc chia tỉ lệ phần dư sắc độ 607, dự đoán sắc độ 610 và tái tạo sắc độ 609 có thể làm việc cùng nhau để tạo ra kết quả cuối cùng.

Thiết kế LMCS này đưa ra ba thách thức đối với quá trình giải mã video. Đầu tiên, ánh xạ giữa các miền khác nhau đòi hỏi độ phức tạp tính toán cao hơn và bộ nhớ trên chip. Thứ hai, thực tế là các dẫn xuất của hệ số chia tỷ lệ độ chói và sắc độ sử dụng các giá trị dự đoán độ chói khác nhau làm tăng thêm độ phức tạp. Thứ ba, sự tương tác giữa LMCS và các công cụ mã hóa mới hơn đưa độ trễ vào quá trình giải mã.

Đầu tiên, trong thiết kế LMCS hiện tại, cả các mẫu được tái tạo trong miền ban đầu và miền được ánh xạ đều được sử dụng ở các môđun giải mã khác nhau. Do đó, các mẫu này thường cần được chuyển đổi từ miền này sang miền khác giữa các môđun giải mã khác nhau, điều này có thể khiến độ phức tạp tính toán cao hơn và bộ nhớ trên chip nhiều hơn.

Cụ thể, đối với chế độ nội bộ, chế độ CIIP và chế độ IBC, các mẫu tham chiếu miền được ánh xạ từ các vùng được tái tạo lân cận của một CU hiện tại được sử dụng để tạo các

mẫu dự đoán. Nhưng đối với các chế độ liên dự đoán, dự đoán bù chuyển động được thực hiện bằng cách sử dụng các mẫu được tái tạo trong miền ban đầu của các hình ảnh tham chiếu theo thời gian làm tham chiếu. Các mẫu được tái tạo được lưu trữ trong DPB cũng nằm trong miền ban đầu.

Ví dụ, đối với liên CU, vì phép toán tái tạo độ chói (tức là cộng các mẫu dự đoán và các mẫu phần dư lại với nhau) được thực hiện trong miền được ánh xạ, các mẫu độ chói liên dự đoán được tạo trong miền ban đầu cần được chuyển đổi sang miền được ánh xạ trước khi chúng được sử dụng cho tái tạo mẫu độ chói. Trong ví dụ khác, đối với cả liên CU và CU nội bộ, ánh xạ ngược (hoặc ngược) luôn được áp dụng để chuyển đổi các mẫu độ chói được tái tạo từ miền được ánh xạ sang miền ban đầu trước khi lưu trữ chúng trong DPB. Thiết kế như vậy không chỉ làm tăng độ phức tạp tính toán do các phép toán ánh xạ xuôi/ngược bổ sung mà còn yêu cầu nhiều bộ nhớ trên chip hơn để duy trì nhiều phiên bản của các mẫu được tái tạo.

Trong triển khai phần cứng thực tế, các chức năng ánh xạ xuôi/ngược (nghịch đảo) *FwdMap* và *InvMap* có thể được thực hiện bằng cách sử dụng bảng tìm kiếm (LUT) hoặc được tính toán nhanh chóng. Khi giải pháp dựa trên LUT được sử dụng, các phần tử đầu ra có thể có từ các hàm *FwdMap*, *InvMap* và *cScaleInv* có thể được tính toán trước và lưu trữ trước dưới dạng LUT, sau đó có thể được sử dụng cho các phép toán ánh xạ độ chói và chia tỷ lệ phần dư sắc độ của tất cả các CU trong lát hiện tại. Giả sử video đầu vào là 10-bit, có $2^{10} = 1024$ phần tử trong mỗi LUT với *FwdMap* và *InvMap*, và mỗi phần tử trong LUTs có 10-bit. Do đó, tổng dung lượng lưu trữ cho các LUT của ánh xạ độ chói xuôi và ngược bằng $2 * 1024 * 10 = 20480$ bit = 2560 byte. Mặt khác, để suy ra các hệ số chia tỷ lệ sắc độ *cScaleInv*, một bảng LUT 16 lối vào *cScaleInv* cần được duy trì tại bộ mã hóa và bộ giải mã và mỗi tham số chia tỷ lệ sắc độ được lưu trữ trong 32-bit. Tương ứng, kích thước bộ nhớ được sử dụng để lưu trữ LUT *cScaleInv* bằng $16 * 32 = 512$ bits = 64 byte. Sai phân giữa 2560 và 64 cho thấy quy mô của bộ nhớ trên chip bổ sung được yêu cầu bởi các phép toán ánh xạ xuôi và ngược (nghịch đảo).

Hơn nữa, trong các tiêu chuẩn mã hóa video mới hơn như VVC hiện tại, cả dự đoán nội bộ và bộ lọc tách khối đều sử dụng các mẫu được tái tạo của khối lân cận phía trên. Do đó, một hàng mẫu được tái tạo bổ sung theo chiều rộng của hình ảnh/lát hiện tại cần được duy trì trong bộ đệm, còn được gọi là “bộ đệm dòng” trong mã hóa video. Các mẫu được tái tạo trong bộ đệm dòng ít nhất được sử dụng làm tham chiếu cho dự đoán nội bộ và phép toán tách khối của các CU nằm bên trong hàng đầu tiên bên trong một CTU. Theo thiết kế LMCS hiện có, dự đoán nội bộ và bộ lọc tách khối sử dụng các mẫu được tái tạo trong các miền khác nhau. Do đó, bộ nhớ trên chip bổ sung trở nên cần thiết để lưu trữ cả mẫu gốc và mẫu được tái tạo trong miền được ánh xạ, có thể tăng gần gấp đôi kích thước bộ đệm dòng.

Một lựa chọn triển khai để tránh tăng gấp đôi kích thước bộ đệm dòng là thực hiện phép toán ánh xạ miền một cách nhanh chóng. Tuy nhiên, điều này phải trả giá bằng sự gia tăng độ phức tạp tính toán không đáng kể.

Do đó, thiết kế hiện tại của LMCS, do các ánh xạ bắt buộc giữa các miền khác nhau, sẽ yêu cầu thêm độ phức tạp tính toán và bộ nhớ trên chip.

Thứ hai, mặc dù cả hai phương pháp suy ra hệ số chia tỷ lệ độ chói và sắc độ trong thiết kế hiện tại của LMCS đều sử dụng các giá trị mẫu dự đoán độ chói để suy ra các hệ số chia tỷ lệ tương ứng, nhưng có sự khác biệt giữa các phép toán tương ứng của chúng.

Đối với chia tỷ lệ phần dư độ chói, các hệ số chia tỷ lệ được suy ra trên mỗi mẫu bằng cách cho phép mỗi mẫu phần dư độ chói có hệ số chia tỷ lệ riêng. Tuy nhiên, đối với chia tỷ lệ phần dư sắc độ, hệ số chia tỷ lệ được cố định cho toàn bộ CU, tức là tất cả các mẫu phần dư sắc độ trong CU có chung hệ số chia tỷ lệ được tính toán dựa trên giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói được ánh xạ.

Ngoài ra, hai LUT khác nhau được sử dụng để tính toán các hệ số chia tỷ lệ của phần dư độ chói và sắc độ. Cụ thể, đầu vào cho LUT độ chói là chỉ số phân đoạn mô hình ánh xạ của giá trị mẫu dự đoán sắc độ ban đầu, trong khi đầu vào LUT sắc độ là chỉ số phân đoạn mô hình ánh xạ của giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói được ánh xạ.

Những khác biệt như vậy làm tăng thêm độ phức tạp cho quá trình mã hóa và mong muốn có một cách tiếp cận hài hòa để suy ra hệ số chia tỷ lệ độ chói và sắc độ.

Thứ ba, đối với việc chia tỷ lệ phần dư sắc độ của thiết kế hiện tại của LMCS, các công cụ mã hóa mới hơn, chẳng hạn như tất cả ba mô đun DMVR, BDOF và CIIP, có thể được gọi tuần tự để tạo ra các mẫu dự đoán độ chói sau đó được sử dụng để xác định hệ số chia tỷ lệ của phần dư sắc độ. Do độ phức tạp tính toán cao của ba mô đun đã cho, việc đợi cho đến khi chúng hoàn thành thành công trước khi thực hiện chia tỷ lệ phần dư sắc độ của LMCS có thể gây ra độ trễ nghiêm trọng cho việc giải mã các mẫu sắc độ. Đối với CU affin, quy trình PROF cũng có thể có vấn đề về độ trễ, vì mỗi CU affin có thể thực hiện quy trình PROF theo sau là LMCS, điều này cũng có thể gây ra vấn đề độ trễ đối với việc giải mã các mẫu sắc độ.

Hơn nữa, trong thiết kế hiện tại của LMCS, phép toán cắt bớt phần không cần thiết được thực hiện trong quá trình suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ, làm tăng thêm yêu cầu về độ phức tạp tính toán và bộ nhớ trên chip.

Sáng chế nhằm giải quyết hoặc giảm thiểu những thách thức này được trình bày bởi thiết kế hiện tại của LMCS, cụ thể hơn, sáng chế thảo luận về các kế hoạch có thể làm giảm độ phức tạp của LMCS đối với việc triển khai mã hóa-giải mã phần cứng trong khi duy trì độ khuếch đại mã hóa.

Thay vì sử dụng khung LMCS hiện có để chuyển đổi các mẫu dự đoán/tái tạo thông qua các phép toán ánh xạ, một phương pháp mới, được gọi là chia tỷ lệ phần dư phụ thuộc dự đoán (prediction dependent residual scaling - PDRS), được đề xuất để chia tỷ lệ phần dư dự đoán trực tiếp mà không cần ánh xạ mẫu. Phương pháp được đề xuất có thể đạt được hiệu quả và hiệu quả mã hóa tương tự như LMCS, nhưng với độ phức tạp triển khai thấp hơn nhiều.

Trong quy trình PDRS, như được minh họa trên Fig. 7, mẫu dự đoán độ chói thu được để giải mã mẫu phần dư độ chói 701, hệ số chia tỷ lệ được suy ra bằng cách sử dụng mẫu dự đoán độ chói 702, hệ số chia tỷ lệ được sử dụng để chia tỷ lệ mẫu phần dư độ chói 703

và mẫu độ chói được tái tạo được tính bằng cách thêm mẫu dự đoán độ chói và mẫu phần dư độ chói được chia tỷ lệ 704.

Không giống như phương pháp LMCS hiện có chuyển đổi trực tiếp các mẫu độ chói được dự đoán/tái tạo thành miền được ánh xạ trước khi tính phần dư dự đoán độ chói, trong phương pháp được đề xuất của quy trình PDRS, các mẫu phần dư dự đoán độ chói được suy ra theo cách tương tự như trong quá trình dự đoán thông thường trong miền ban đầu mà không có bất kỳ hoạt động ánh xạ nào, tiếp theo là phép toán chia tỷ lệ trên phần dư dự đoán độ chói. Việc chia tỷ lệ của phần dư dự đoán độ chói phụ thuộc vào giá trị mẫu dự đoán độ chói tương ứng và mô hình tuyến tính theo mảnh. Do đó, các phép toán ánh xạ độ chói xuôi và ngược trong thiết kế LMCS hiện tại có thể bị loại bỏ hoàn toàn, với tất cả các mẫu dự đoán và tái tạo liên quan trong quá trình giải mã được duy trì trong miền mẫu ban đầu. Dựa trên các đặc điểm trên, phương pháp được đề xuất được đặt tên là chia tỷ lệ phần dư phụ thuộc dự đoán.

Fig. 8 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã khi trình tự PDRS được áp dụng trong quy trình LMCS. Fig. 8 minh họa việc loại bỏ nhu cầu ánh xạ giữa các miền khác nhau. Bây giờ, ngoại trừ các môđun giải mã phần dư (ví dụ, giải mã entropy 801, lượng tử hóa nghịch đảo 802 và phép biến đổi nghịch đảo 803), tất cả các môđun giải mã khác (bao gồm dự đoán nội bộ và liên dự đoán 804, 809, 812 và 816, tái tạo 806 và 813, và tất cả các bộ lọc vòng kín 807 và 814) đang hoạt động trong miền ban đầu. Cụ thể, để tái tạo các mẫu độ chói, phương pháp được đề xuất trong trình tự PDRS chỉ cần khử chia tỷ lệ các mẫu phần dư dự đoán độ chói Y_{res} trở lại mức biên độ ban đầu của chúng, sau đó thêm chúng vào các mẫu dự đoán độ chói Y_{pred} .

Với trình tự PDRS, các phép toán ánh xạ mẫu độ chói xuôi và nghịch đảo trong thiết kế LMCS hiện có hoàn toàn bị loại bỏ. Điều này không chỉ tiết kiệm/giảm độ phức tạp tính toán mà còn giảm kích thước của bộ lưu trữ tiềm năng để lưu các tham số LMCS. Ví dụ, khi giải pháp dựa trên LUT được sử dụng để triển khai ánh xạ độ chói, thì bộ nhớ được sử dụng trước đó để lưu trữ hai ánh xạ LUT $FwdMap[]$ và $InvMap[]$ (khoảng 2560 byte) không cần thiết nữa trong phương pháp đề xuất. Hơn nữa, không giống như phương pháp

ánh xạ độ chói hiện có cần lưu trữ các mẫu độ chói tái tạo trong cả miền ban đầu và miền được ánh xạ, phương pháp được đề xuất trong trình tự PDRS chỉ tạo và duy trì tất cả các mẫu dự đoán và tái tạo trong miền ban đầu. Tương ứng, so với cách ánh xạ độ chói hiện có, phương pháp được đề xuất trong quy trình PDRS có thể giảm một nửa kích thước bộ đệm dòng được sử dụng để lưu trữ các mẫu được tái tạo cho dự đoán nội bộ và tách khối xuống một nửa.

Theo một hoặc nhiều phương án của trình tự PDRS, mẫu dự đoán độ chói và mẫu phần dư độ chói từ một vị trí được phân bố giống nhau trong khối dự đoán độ chói và khối phần dư liên quan của nó.

Theo một hoặc nhiều phương án của trình tự PDRS, việc suy ra hệ số chia tỷ lệ bằng cách sử dụng mẫu dự đoán độ chói bao gồm việc chia toàn bộ khoảng giá trị mẫu dự đoán độ chói có thể có thành nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói, tính toán một hệ số chia tỷ lệ cho mỗi phân đoạn trong số nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói dựa trên mô hình tuyến tính mảnh được xác định trước và xác định hệ số chia tỷ lệ của mẫu dự đoán độ chói dựa trên các hệ số chia tỷ lệ của nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói.

Theo một ví dụ, việc xác định hệ số chia tỷ lệ của mẫu dự đoán độ chói dựa trên hệ số chia tỷ lệ của nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói bao gồm việc phân bố mẫu dự đoán độ chói thành một phân đoạn trong số nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói và tính toán hệ số chia tỷ lệ của mẫu dự đoán độ chói như là hệ số chia tỷ lệ của phân đoạn mẫu dự đoán độ chói được phân bố.

Trong ví dụ này, nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói bao gồm 16 phân đoạn trong bảng LUT 16 mảnh được xác định trước *scaleForward*, và mô hình tuyến tính theo mảnh được xác định trước để tính toán một hệ số chia tỷ lệ cho mỗi phân đoạn trong số nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói bao gồm 16 giá trị tương ứng với 16 phân đoạn trong bảng LUT được xác định trước *scaleForward*.

Trong cùng một ví dụ, hệ số tỷ lệ được tính toán dựa trên phân đoạn mẫu dự đoán độ chói được phân bố như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$Scale_Y = scaleForward[Idx_Y]$$

trong đó Y là giá trị phần dư độ chói mà hệ số chia tỷ lệ được tính toán. $Scale_Y$ là hệ số chia tỷ lệ, $scaleForward[i]$, $i = 0 \dots 15$, là bảng LUT 16 mảnh được xác định trước, và Idx_Y là chỉ số phân đoạn của phân đoạn được phân bố cho giá trị miền mẫu dự đoán độ chói.

$scaleForward[i]$, $i = 0 \dots 15$ được tính toán trước như

$$scaleForward[i] = (OrgCW \ll SCALE_FP_PREC) / SignaledCW[i]$$

trong đó $OrgCW$ and $SignaledCW[i]$ là số lượng từ mã của phân đoạn thứ i trong miền ban đầu và miền được ánh xạ và $SCALE_FP_PREC$ là độ chính xác của hệ số chia tỷ lệ

Trong cùng một ví dụ, với hệ số chia tỷ lệ độ chói $Scale_Y$, phương pháp chia tỷ lệ mẫu phần dư độ chói có thể được áp dụng như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

$$\text{Ở phía bộ mã hóa: } Y'_{res} = (Y_{res} \ll SCALE_FP_PREC) / Scale_Y$$

$$\text{Ở phía bộ giải mã: } Y_{res} = (Y'_{res} * Scale_Y) \gg SCALE_FP_PREC$$

Động lực đằng sau ví dụ này là, ánh xạ xuôi trong LMCS hiện tại dựa trên một mô hình tuyến tính theo mảnh. Nếu cả mẫu độ chói ban đầu và mẫu dự đoán độ chói nằm trên cùng một mảnh (tức là cùng một phân đoạn được xác định bởi hai điểm trục $InputPivot[i]$ và $InputPivot[i+1]$), hai chức năng ánh xạ xuôi của các mẫu độ chói ban đầu và dự đoán trở nên hoàn toàn giống nhau. Tương ứng, nó dẫn đến $Y'_{res} = FwdMap(Y_{org}) - FwdMap(Y_{pred}) = FwdMap(Y_{org} - Y_{pred}) = FwdMap(Y_{res})$. Bằng cách áp dụng ánh xạ ngược trên cả hai phía của phương trình này, phép toán tái tạo phía bộ giải mã tương ứng có thể được biểu diễn như sau: $Y_{recon} = Y_{pred} + InvMap(Y'_{res})$.

Nói cách khác, trong trường hợp cả mẫu độ chói ban đầu và mẫu dự đoán độ chói đều nằm trên cùng một mảnh, phương pháp ánh xạ độ chói trong LMCS có thể đạt được thông

qua phép toán chia tỷ lệ phần dư trong quá trình giải mã, như được thực hiện trong cách triển khai có thể thực hiện này.

Mặc dù kết luận như vậy được đưa ra dựa trên giả định rằng cả mẫu độ chói ban đầu và mẫu dự đoán độ chói đều nằm trong cùng một phân đoạn được xác định bởi hai điểm trục $InputPivot[i]$ and $InputPivot[i+1]$, nhưng cách triển khai có thể có này của ví dụ này trong mọi trường hợp vẫn có thể được sử dụng làm đơn giản hóa và/hoặc tính gần đúng cho phép toán ánh xạ độ chói hiện có trong VVC ngay cả khi mẫu độ chói ban đầu và mẫu dự đoán độ chói nằm trong các phân đoạn khác nhau của mô hình tuyến tính theo mảnh. Kết quả thử nghiệm cho thấy rằng việc đơn giản hóa và/hoặc gần đúng như vậy ít gây ra tác động đến hiệu suất mã hóa.

Để nhắc lại, ví dụ này dựa trên giả định rằng cả giá trị mẫu độ chói ban đầu và dự đoán đều nằm trong cùng một phân đoạn của chế độ tuyến tính theo mảnh. Trong trường hợp này, các hàm ánh xạ xuôi/ngược được áp dụng cho các mẫu độ chói ban đầu và dự đoán là giống nhau; do đó, có thể an toàn khi tính toán hệ số chia tỷ lệ phần dư tương ứng chỉ phụ thuộc vào mẫu dự đoán độ chói.

Tuy nhiên, khi các mẫu được dự đoán của CU không đủ chính xác (ví dụ, đối với CU được dự đoán nội bộ trong đó các mẫu ở xa mẫu tham chiếu thường được dự đoán kém chính xác hơn), thì mẫu dự đoán và mẫu ban đầu thường được nằm trong các phân đoạn khác nhau của mô hình tuyến tính theo mảnh. Trong trường hợp này, hệ số chia tỷ lệ thu được dựa trên giá trị mẫu dự đoán có thể không đáng tin cậy trong việc ánh xạ mối quan hệ ánh xạ ban đầu giữa các mẫu còn lại trong miền ban đầu (tức là không được ánh xạ) và các mẫu phần dư trong miền được ánh xạ.

Fig. 9 là hình minh họa về lỗi ánh xạ phần dư gây ra do chỉ sử dụng mẫu dự đoán để suy ra hệ số chia tỷ lệ. Trên Fig. 9, các chấm liền hình tam giác đại diện cho các điểm điều khiển trục của các phân đoạn khác nhau trong hàm tuyến tính theo mảnh và các chấm liền hình tròn đại diện cho các giá trị mẫu ban đầu và được dự đoán; Y_{org} và Y_{pred} là các mẫu ban đầu và được dự đoán trong miền ban đầu (tức là không được ánh xạ); Y'_{org} và Y'_{pred} lần lượt

là các mẫu được ánh xạ của Y_{org} và Y_{pred} . Y_{res} và Y'_{res} là phần dư tương ứng trong miền ban đầu và miền được ánh xạ khi áp dụng phương pháp ánh xạ độ chói dựa trên mẫu hiện có trong VVC; $Y'_{resScale}$ là mẫu phần dư được ánh xạ được suy ra dựa trên sơ đồ chia tỷ lệ phần dư độ chói được đề xuất. Như trên Fig. 9, bởi vì mẫu ban đầu và mẫu dự đoán không nằm trong cùng một phân đoạn của mô hình tuyến tính theo mảnh, hệ số chia tỷ lệ thu được dựa trên mẫu dự đoán có thể không đủ chính xác để tạo ra phần dư được chia tỷ lệ (tức là $Y'_{resScale}$)) gần đúng phần dư ban đầu trong miền được ánh xạ (tức là Y'_{res}).

Trong ví dụ thứ hai, giả định rằng cả giá trị mẫu độ chói ban đầu và được dự đoán đều nằm trong cùng một phân đoạn của chế độ tuyến tính theo mảnh là không cần thiết.

Trong ví dụ thứ hai này, thay vì suy ra hệ số chia tỷ lệ trực tiếp từ phân đoạn của mô hình tuyến tính theo mảnh nơi mà mẫu dự đoán độ chói nằm tại đó, hệ số chia tỷ lệ được tính là giá trị trung bình của các hệ số tỷ lệ của N phân đoạn lân cận (N là một số nguyên dương).

Trong ví dụ thứ hai này, việc xác định các hệ số chia tỷ lệ của mẫu dự đoán độ chói dựa trên các hệ số chia tỷ lệ của nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói bao gồm việc phân bố mẫu dự đoán độ chói thành một phân đoạn trong số nhiều phân đoạn mẫu dự đoán độ chói và tính toán các hệ số chia tỷ lệ của mẫu dự đoán độ chói là giá trị trung bình của các hệ số chia tỷ lệ của một số phân đoạn mẫu dự đoán độ chói lân cận với phân đoạn mẫu dự đoán độ chói được phân bố.

Cụ thể hơn, theo một cách triển khai có thể có của ví dụ thứ hai này, hệ số chia tỷ lệ có thể được tính toán dựa trên phân đoạn mẫu dự đoán độ chói được phân bố như được mô tả trong các bước sau.

- 1) Tìm hoặc lấy chỉ số phân đoạn tương ứng Idx_Y của mô hình tuyến tính theo mảnh mà $Pred_Y$ thuộc về trong miền ban đầu.
- 2) Nếu $Y'_{res} \geq 0$, hệ số chia tỷ lệ phần dư độ chói được tính theo:

$$Scale_Y = \frac{1}{N} \sum_{i=Idx_Y}^{Idx_Y+N-1} scaleForward[i]$$

3) Ngược lại (tức là, $Y'_{res} < 0$), hệ số chia tỷ lệ phần dư độ chói được tính theo:

$$Scale_Y = \frac{1}{N} \sum_{i=Idx_Y-N+1}^{Idx_Y} scaleForward[i].$$

trong đó $scaleForward[i]$, $i = 0 \dots 15$, là LUT 16 mảnh được xác định trước, được tính theo:

$$scaleForward[i] = (OrgCW \ll SCALE_FP_PREC) / SignaledCW[i]$$

trong đó $OrgCW$ và $SignaledCW[i]$ lần lượt là số lượng từ mã của phân đoạn thứ i trong miền ban đầu và miền được ánh xạ, và $SCALE_FP_PREC$ là độ chính xác của hệ số chia tỷ lệ.

Trong cách triển khai thứ hai có thể xảy ra của ví dụ thứ hai này ngược lại hoàn toàn với cách triển khai được mô tả ở trên, hệ số chia tỷ lệ có thể được tính toán dựa trên phân đoạn mẫu dự đoán độ chói được phân bố như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này:

1) Tìm hoặc lấy chỉ số phân đoạn tương ứng Idx_Y của mô hình tuyến tính theo mảnh mà $Pred_Y$ thuộc về trong miền ban đầu.

2) Hệ số chia tỷ lệ phần dư độ chói được tính theo:

$$Scale_Y = \frac{1}{N} \sum_{i=Idx_Y-M}^{Idx_Y+N-1-M} scaleForward[i]$$

Trong đó $scaleForward$ vẫn giống như trong ví dụ trước, và M là số nguyên trong đoạn $[0, (N-1)]$. Một giá trị ví dụ của M là $(N-1)/2$. Giá trị ví dụ khác của M có thể là $N/2$.

Hai cách triển khai có thể có ở trên của ví dụ thứ hai này chỉ khác nhau ở việc lựa chọn phân đoạn giá trị miền mẫu dự đoán độ chói N dựa trên phân đoạn được phân bố.

Trong một trình tự tái tạo mẫu sắc độ, như được minh họa trên Fig. 10, giá trị mẫu dự đoán độ chói thu được để giải mã cả mẫu phần dư độ chói và mẫu phần dư sắc độ ở vị trí đầu vào 1001, sau đó thu được mẫu dự đoán độ chói kết hợp với mẫu phần dư độ chói 1002, sau đó thu được mẫu dự đoán sắc độ kết hợp với mẫu phần dư sắc độ 1003, mẫu dự đoán độ chói được sử dụng để suy ra hệ số chia tỷ lệ thứ nhất cho mẫu phần dư độ chói và hệ số chia tỷ lệ thứ hai cho mẫu phần dư sắc độ 1004, hệ số chia tỷ lệ thứ nhất được sử dụng để chia tỷ lệ mẫu phần dư sắc độ 1005, hệ số chia tỷ lệ thứ hai được sử dụng để chia tỷ lệ mẫu phần dư sắc độ 1006, mẫu độ chói được tái tạo được tính bằng cách cộng mẫu dự đoán độ chói và mẫu phần dư độ chói đã chia tỷ lệ 1007, và mẫu sắc độ được tái tạo được tính toán bằng cách cộng mẫu dự đoán sắc độ và mẫu phần dư sắc độ được chia tỷ lệ 1008.

Trình tự tái tạo mẫu sắc độ nhằm hài hòa các phương pháp chia tỷ lệ của các phần dư độ chói và sắc độ để đạt được thiết kế thống nhất hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án của trình tự tái tạo mẫu sắc độ, giá trị mẫu dự đoán độ chói là giá trị trung bình của tất cả các mẫu dự đoán độ chói trong đơn vị mã hóa (CU) chứa vị trí đầu vào. Theo các phương án này, phương pháp suy ra chia tỷ lệ sắc độ được sử dụng để tính toán hệ số chia tỷ lệ cho các phần dư độ chói, cụ thể hơn, thay vì suy ra riêng lẻ một hệ số chia tỷ lệ cho mỗi mẫu phần dư độ chói, một hệ số chia tỷ lệ dùng chung mà được tính toán dựa trên giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói được sử dụng để chia tỷ lệ các mẫu phần dư độ chói của toàn CU.

Theo phương án khác của trình tự tái tạo mẫu sắc độ, giá trị mẫu dự đoán độ chói là giá trị trung bình của tất cả các mẫu dự đoán độ chói trong khối phụ được xác định trước được phân chia phụ từ đơn vị mã hóa (CU) có chứa vị trí đầu vào. Theo phương án này, một CU trước hết được phân chia bằng nhau thành nhiều khối phụ $M \times N$; sau đó đối với mỗi khối phụ, tất cả hoặc một phần các mẫu dự đoán độ chói được sử dụng để suy ra hệ số chia tỷ lệ tương ứng được sử dụng để chia tỷ lệ cả phần dư độ chói và sắc độ của khối phụ. So với phương pháp đầu tiên, phương pháp thứ hai có thể cải thiện độ chính xác không gian của hệ số tỷ lệ được ước tính vì các mẫu dự đoán độ chói ít tương quan hơn nằm ngoài khối phụ bị loại trừ khỏi việc tính toán hệ số chia tỷ lệ của khối phụ. Trong khi đó, phương pháp

thứ hai cũng có thể làm giảm độ trễ của quá trình tái tạo phần dư độ chói và sắc độ cho rằng việc chia tỷ lệ phần dư độ chói và sắc độ trong một khối phụ có thể được bắt đầu ngay lập tức sau khi kết thúc dự đoán độ chói của khối phụ, tức là, không cần đợi tạo ra đầy đủ các mẫu dự đoán độ chói của toàn bộ CU.

Theo phương án thứ ba của trình tự tái tạo mẫu sắc độ, giá trị miền mẫu dự đoán độ chói bao gồm mẫu dự đoán độ chói được phân bổ. Trong phương án này, phương pháp chia tỷ lệ phần dư độ chói được mở rộng để chia tỷ lệ phần dư sắc độ và các hệ số chia tỷ lệ khác nhau đối với mỗi mẫu phần dư sắc độ được suy ra dựa trên giá trị mẫu dự đoán độ chói được phân bổ của nó.

Trong các phương án trên của trình tự tái tạo mẫu sắc độ, đề xuất sử dụng cùng một LUT được sử dụng để tính toán hệ số chia tỷ lệ độ chói để thực hiện chia tỷ lệ các phần dư sắc độ. Trong một ví dụ, để suy ra được hệ số chia tỷ lệ cấp CU $Scale_C$ cho phần dư sắc độ, có thể làm theo các bước sau:

- 1) Tính giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói (được đại diện trong miền ban đầu) trong CU, được ký hiệu là avg_Y .
- 2) Tìm hoặc lấy chỉ số phân đoạn tương ứng Idx_Y của mô hình tuyến tính theo mảnh mà avg_Y thuộc về.
- 3) Tính giá trị của $Scale_C$ như sau:

$$Scale_C = scaleForward[Idx_Y]$$

trong đó $scaleForward[i]$, $i = 0 \dots 15$, là LUT 16 mảnh được xác định trước, được tính theo

$$scaleForward[i] = (OrgCW \ll SCALE_FP_PREC) / SignaledCW[i]$$

trong đó $OrgCW$ và $SignaledCW[i]$ lần lượt là số từ mã của phân đoạn thứ i trong miền ban đầu và miền được ánh xạ, và $SCALE_FP_PREC$ là độ chính xác của hệ số chia tỷ lệ.

Ví dụ trên có thể dễ dàng mở rộng cho trường hợp hệ số chia tỷ lệ cho phần dư sắc độ được suy ra trên mỗi khối phụ của CU hiện tại. Trong trường hợp đó, trong bước đầu tiên trên $avgY$ sẽ được tính là giá trị trung bình của các mẫu dự đoán độ chói trong miền ban đầu của khối phụ, trong khi bước 2 và bước 3 vẫn giữ nguyên.

Trong trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, như được minh họa trên Fig. 11, nhiều mẫu dự đoán độ chói thu được bằng cách bỏ qua một số giai đoạn dự đoán độ chói trung gian được xác định trước trong quá trình dự đoán độ chói cho đơn vị mã hóa (CU) 1101, số lượng mẫu dự đoán độ chói thu được được sử dụng để suy ra hệ số chia tỷ lệ cho các mẫu phần dư sắc độ trong CU 1102, hệ số chia tỷ lệ được sử dụng để chia tỷ lệ các mẫu phần dư sắc độ trong CU 1103, và mẫu sắc độ được tái tạo được tính toán bằng cách cộng các mẫu dự đoán sắc độ và các mẫu phần dư sắc độ được chia tỷ lệ trong CU 1104.

Theo một hoặc nhiều phương án của trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, các giai đoạn dự đoán độ chói trung gian được xác định trước chứa một hoặc nhiều môđun dự đoán kép của phép suy ra vector chuyển động phía bộ giải mã (Decoder-side Motion Vector Derivation - DMVR), luồng quang hai hướng (Bi-Directional Optical Flow - BDOF) và liên dự đoán và dự đoán nội bộ kết hợp (Combined Inter and Intra Prediction - CIIP). Theo các phương án này, các mẫu liên dự đoán được suy ra trước DMVR, BDOF/PROF, quy trình kết hợp CIIP được sử dụng để suy ra hệ số chia tỷ lệ cho các phần dư sắc độ.

Fig. 12 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã LMCS trong một ví dụ của phương án này về trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai trong đó DMVR, BDOF và CIIP không được áp dụng để tạo ra các mẫu dự đoán độ chói cho chia tỷ lệ sắc độ. Tại đây, thay vì đợi DMVR 1203, BDOF 1204 và/hoặc phần dự đoán nội bộ độ chói của CIIP 1205 hoàn tất, quá trình chia tỷ lệ phần dư sắc độ 1208 có thể được bắt đầu ngay khi các mẫu dự đoán 1221 và 1222 dựa trên dự đoán độ chói L0 và L1 1201 và 1202 ban đầu có sẵn.

Trên Fig. 12, cần thêm một phép toán lấy trung bình 1211 ngoài phép toán lấy trung bình ban đầu 1206 để kết hợp các mẫu dự đoán L0 và L1 ban đầu 1221 và 1222 trước DMVR 1203, BDOF 1204 và/hoặc CIIP 1205.

Để giảm độ phức tạp, trong ví dụ thứ hai của phương án này về trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, các mẫu dự đoán L0 ban đầu có thể được sử dụng để suy ra hệ số chia tỷ lệ cho phần dư sắc độ.

Fig. 13 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã LMCS trong ví dụ thứ hai của phương án này về trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, trong đó tín hiệu đơn dự đoán ban đầu được áp dụng để tạo ra các mẫu dự đoán độ chói cho việc chia tỷ lệ sắc độ. Không cần phép toán tính trung bình bổ sung nào ngoài phép toán lấy trung bình ban đầu 1306. Các mẫu dự đoán L0 ban đầu 1321 được sử dụng để suy ra hệ số chia tỷ lệ cho các phần dư sắc độ trước DMVR 1303, BDOF 1304 và/hoặc CIIP 1305.

Trong ví dụ thứ ba của phương án này về quy trình tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, một tín hiệu dự đoán ban đầu (L0 hoặc L1) được chọn theo cách thích ứng làm các mẫu dự đoán sắc độ được sử dụng để suy ra hệ số tỷ lệ phần dư sắc độ. Trong một cách triển khai có thể có của ví dụ này, giữa tín hiệu dự đoán ban đầu (L0 hoặc L1), tín hiệu có hình ảnh tham chiếu có khoảng cách đếm thứ tự hình ảnh (POC) nhỏ hơn so với hình ảnh hiện tại được chọn để suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ.

Theo một phương án khác của trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, đề xuất chỉ vô hiệu hóa DMVR, BDOF/PROF trong khi cho phép CIIP tạo ra các mẫu liên dự đoán được sử dụng để xác định hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ. Cụ thể, trong phương pháp này, các mẫu liên dự đoán thu được trước DMVR và BDOF/PROF trước hết được lấy trung bình, sau đó được kết hợp với các mẫu dự đoán nội bộ cho CIIP; cuối cùng, các mẫu dự đoán kết hợp được sử dụng làm mẫu dự đoán để quyết định hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ.

Trong phương án khác của trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, người ta đề xuất chỉ vô hiệu hóa BDOF/PROF trong khi vẫn giữ DMVR và CIIP để tạo ra các mẫu dự đoán được sử dụng để xác định hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ.

Vẫn theo phương án khác của trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai, đề xuất giữ lại BDOF/PROF và CIIP trong khi vô hiệu hóa DMVR khi suy ra các mẫu dự đoán độ chói được sử dụng để xác định hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ.

Hơn nữa, điều đáng nói là mặc dù các phương pháp trong các phương án ở trên của trình tự tái tạo mẫu sắc độ thứ hai được minh họa vì chúng được thiết kế để giảm độ trễ của việc chia tỷ lệ phần dư dự đoán sắc độ, nhưng các phương pháp đó cũng có thể được sử dụng để giảm độ trễ của việc chia tỷ lệ phần dư dự đoán độ chói. Ví dụ, tất cả các phương pháp đó cũng có thể được áp dụng cho phương pháp PDRS được giải thích trong phần “ánh xạ độ chói dựa trên việc chia tỷ lệ phần dư phụ thuộc dự đoán”.

Theo thiết kế DMVR hiện có, để tiết kiệm độ phức tạp trong tính toán, các mẫu dự đoán được sử dụng cho quá trình tinh chỉnh chuyển động DMVR được tạo bằng cách sử dụng bộ lọc song tuyến tính 2 chạm thay vì nội suy 8 chạm mặc định. Sau khi chuyển động tinh chỉnh được xác định, bộ lọc 8 chạm mặc định sẽ được áp dụng để tạo ra các mẫu dự đoán cuối cùng của CU hiện tại. Do đó, để giảm độ trễ giải mã phần dư sắc độ do DMVR gây ra, đề xuất sử dụng các mẫu dự đoán độ chói (giá trị trung bình của các mẫu dự đoán L0 và L1 nếu CU hiện tại là dự đoán kép) được tạo ra bởi các bộ lọc song tuyến tính để xác định hệ số chia tỷ lệ của phần dư sắc độ.

Theo một trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ, như được minh họa trên Fig. 14, một hoặc nhiều giá trị mẫu dự đoán độ chói được chọn từ kết quả đầu ra của bộ lọc song tuyến tính của phép suy ra vectơ chuyển động phía bộ giải mã (DMVR) 1401, một hoặc nhiều giá trị mẫu dự đoán độ chói đã chọn được điều chỉnh thành một hoặc nhiều mẫu dự đoán sắc độ khác các giá trị có cùng độ sâu bit với độ sâu bit mã hóa ban đầu của video đầu vào 1402, các giá trị mẫu dự đoán độ chói có cùng độ sâu bit với độ sâu bit mã hóa ban đầu của video đầu vào được sử dụng để suy ra hệ số chia tỷ lệ để giải mã một hoặc nhiều mẫu phần dư sắc độ 1403, các hệ số chia tỷ lệ được sử dụng để chia tỷ lệ một hoặc nhiều mẫu phần dư sắc độ 1404, và một hoặc nhiều mẫu phần dư sắc độ được tái tạo bằng cách thêm một hoặc nhiều mẫu phần dư sắc độ được chia tỷ lệ và các mẫu dự đoán sắc độ tương ứng của chúng 1405.

Theo một hoặc nhiều phương án của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ, việc chọn một hoặc nhiều giá trị mẫu dự đoán độ chói từ đầu ra của bộ lọc song tuyến tính của DMVR

bao gồm việc chọn các mẫu dự đoán độ chói L0 và L1 từ đầu ra của bộ lọc song tuyến tính của DMVR.

Fig. 15 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã LMCS trong một phương án như vậy của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ. Các mẫu dự đoán L0 và L1 1521 và 1522 từ đầu ra của bộ lọc song tuyến tính 1512 thành phần DMVR 1503 được đưa vào giá trị trung bình 1511 để suy ra đầu vào chia tỷ lệ phần dư sắc độ 1523 được sử dụng trong chia tỷ lệ phần dư sắc độ 1507 để giải mã một hoặc nhiều mẫu phần dư sắc độ.

Theo các phương án này, có vấn đề về độ sâu bit. Để tiết kiệm kích thước bộ nhớ trong được DMVR sử dụng, các mẫu dự đoán L0 và L1 trung gian được tạo bởi bộ lọc song tuyến tính của DMVR có độ chính xác 10 bit. Điều này khác với độ sâu bit đại diện của các mẫu dự đoán tức thời của dự đoán kép thông thường, bằng 14 bit. Do đó, các mẫu dự đoán trung gian xuất ra từ bộ lọc song tuyến tính không thể được áp dụng trực tiếp để xác định hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ do độ chính xác khác nhau của nó.

Để giải quyết vấn đề này, trước tiên đề xuất căn chỉnh độ sâu bit trung gian của DMVR với độ sâu bit trung gian được sử dụng cho nội suy bù chuyển động thông thường, tức là tăng độ sâu bit từ 10 bit lên 14 bit. Sau đó, quy trình trung bình hiện có được áp dụng để tạo ra tín hiệu dự đoán kép thông thường có thể được sử dụng lại để tạo ra các mẫu dự đoán tương ứng để xác định hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ.

Theo một ví dụ của các phương án này, việc điều chỉnh một hoặc nhiều giá trị mẫu dự đoán độ chói đã chọn thành một hoặc nhiều giá trị mẫu dự đoán độ chói khác có cùng độ sâu bit với độ sâu bit mã hóa ban đầu của video đầu vào bao gồm việc tăng độ sâu bit bên trong của các mẫu dự đoán độ chói L0 và L1 từ đầu ra của bộ lọc song tuyến tính của DMVR thành 14 bit thông qua dịch chuyển sang trái, thu được giá trị mẫu dự đoán độ chói trung bình 14 bit bằng cách lấy trung bình các giá trị mẫu dự đoán L0 và L1 độ chói dịch chuyển 14 bit, và chuyển đổi các giá trị mẫu dự đoán độ chói trung bình 14 bit bằng cách thay đổi độ sâu bit bên trong của các giá trị mẫu dự đoán độ chói trung bình 14 bit thành độ sâu bit mã hóa ban đầu của video đầu vào thông qua dịch chuyển sang phải.

Cụ thể hơn, trong ví dụ này, hệ số chia tỷ lệ sắc độ được xác định bằng các bước được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

1) Căn chỉnh độ sâu bit bên trong: tăng độ sâu bit bên trong của các mẫu dự đoán L0 và L1 được tạo bởi các bộ lọc song tuyến tính từ 10 bit đến 14 bit, như được minh họa như

$$P_0^{scale}(i, j) = (P_0(i, j) \ll 4) - 2^{13}$$

$$P_1^{scale}(i, j) = (P_1(i, j) \ll 4) - 2^{13}$$

trong đó $P_0(i, j)$ và $P_1(i, j)$ là các mẫu dự đoán xuất ra từ các bộ lọc song tuyến tính và $P_0^{scale}(i, j)$ và $P_1^{scale}(i, j)$ là các mẫu dự đoán sau khi căn chỉnh độ sâu; 2^{13} là các hằng số được sử dụng để bù là số không đổi được sử dụng để bù dải động đã thay đổi của các mẫu dự đoán do phép toán trung bình sau gây ra.

2) Giá trị trung bình của các mẫu dự đoán theo tỷ lệ L0 và L1: các mẫu độ chói cuối cùng được sử dụng để xác định hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ được tính bằng cách lấy trung bình của hai mẫu dự đoán độ chói được chia tỷ lệ như

$$P_{ave}(i, j) = \left((P_0^{scale}(i, j) + P_1^{scale}(i, j)) + 2 \cdot 2^{13} + 2^{14-bitdepth} \right) \\ \gg (14 - bitdepth + 1)$$

trong đó bitdepth là độ sâu bit mã hóa của video đầu vào.

Theo các phương án khác của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ, chọn một hoặc nhiều giá trị mẫu dự đoán độ chói từ đầu ra của bộ lọc song tuyến tính của DMVR và điều chỉnh một hoặc nhiều giá trị mẫu dự đoán độ chói đã chọn thành một hoặc nhiều giá trị mẫu dự đoán độ chói khác có cùng độ sâu bit như độ sâu bit mã hóa ban đầu của video đầu vào

bao gồm việc chọn một mẫu dự đoán độ chói trong số các mẫu dự đoán độ chói L0 và L1 từ đầu ra của bộ lọc song tuyến tính của DMVR, điều chỉnh một mẫu dự đoán độ chói đã chọn bằng cách thay đổi độ sâu bit bên trong của một giá trị dự đoán độ chói đã chọn sang độ sâu bit mã hóa ban đầu của video đầu vào thông qua việc dịch chuyển và sử dụng mẫu dự đoán độ chói đã điều chỉnh làm mẫu dự đoán độ chói với cùng độ sâu bit với độ sâu bit mã hóa ban đầu của video đầu vào.

Fig. 16 là lưu đồ minh họa quy trình làm việc của quy trình giải mã LMCS theo một phương án khác như vậy của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ. Các mẫu dự đoán L0 1621 từ đầu ra của bộ lọc song tuyến tính 1612 thành phần của DMVR 1603 được sử dụng trong việc chia tỷ lệ phần dư sắc độ 1607 để giải mã một hoặc nhiều mẫu phần dư sắc độ.

Theo một ví dụ của một phương án khác như vậy về trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ, hệ số chia tỷ lệ sắc độ được xác định bằng cách chuyển đầu ra của các mẫu độ chói từ bộ lọc song tuyến tính sang độ sâu bit mã hóa ban đầu của video đầu vào như được mô tả trong hộp ngay sau đoạn này.

Nếu bitdepth không lớn hơn 10 thì

$$P_{ave}(i, j) = P_0(i, j) \gg (10 - bitdepth)$$

Ngược lại,

$$P_{ave}(i, j) = P_0(i, j) \ll (bitdepth - 10)$$

Theo trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ thứ hai, như được minh họa trên Fig. 17, một hoặc nhiều giá trị mẫu tham chiếu độ chói được chọn từ các hình ảnh tham chiếu 1701, một hoặc nhiều giá trị mẫu tham chiếu độ chói đã chọn được chuyển thành giá trị mẫu độ chói 1702, giá trị mẫu độ chói được biến đổi được sử dụng để suy ra hệ số chia tỷ lệ 1703, hệ số chia tỷ lệ được sử dụng để chia tỷ lệ một hoặc nhiều mẫu phần dư sắc độ 1704, và một hoặc

nhiều mẫu phần dư sắc độ được tái tạo bằng cách thêm một hoặc nhiều mẫu phần dư sắc độ được chia tỷ lệ và các mẫu dự đoán sắc độ tương ứng của chúng 1705.

Theo một hoặc nhiều phương án của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ thứ hai, việc chọn một hoặc nhiều giá trị mẫu tham chiếu độ chói từ các hình ảnh tham chiếu và chuyển một hoặc nhiều giá trị mẫu tham chiếu độ chói đã chọn thành giá trị mẫu độ chói bao gồm việc thu được cả hai giá trị mẫu tham chiếu độ chói L0 và L1 từ hình ảnh tham chiếu L0 và L1 và tính trung bình các giá trị mẫu tham chiếu độ chói L0 và L1 làm giá trị mẫu độ chói được biến đổi.

Theo các phương án khác của trình tự tái tạo mẫu phần dư sắc độ thứ hai, việc chọn một hoặc nhiều mẫu tham chiếu độ chói từ các hình ảnh tham chiếu và biến đổi một hoặc nhiều mẫu tham chiếu độ chói đã chọn thành giá trị mẫu độ chói bao gồm việc chọn ra một giá trị mẫu tham chiếu độ chói trong số các giá trị mẫu tham chiếu độ chói L0 và L1 từ hình ảnh tham chiếu L0 và L1 và sử dụng một giá trị mẫu tham chiếu độ chói đã chọn làm giá trị mẫu độ chói được biến đổi.

Theo thiết kế LMCS hiện có, các mẫu độ chói được tái tạo lân cận với vùng 64x64 nơi mà CU hiện tại nằm tại đó được sử dụng để tính toán hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ cho các CU bên trong vùng. Ngoài ra, một phép toán cắt, tức là Clip1 (), được áp dụng để cắt các mẫu lân cận độ chói được tái tạo thành dải động của độ sâu bit bên trong (tức là trong phạm vi $[0, (1 \ll \text{bitDepth}) - 1]$ trước đó giá trị trung bình được tính toán.

Cụ thể, phương pháp đầu tiên lấy 64 mẫu độ chói lân cận bên trái và 64 mẫu độ chói lân cận trên cùng của vùng 64x64 tương ứng mà CU hiện tại thuộc về; sau đó tính giá trị trung bình, tức là avgY, của các mẫu lân cận bên trái và trên cùng và tìm chỉ số phân đoạn Y_{Idx} của avgY trong mô hình tuyến tính theo mảnh LMCS; và cuối cùng suy ra phần dư sắc độ $C_{ScaleInv} = cScaleInv[Y_{Idx}]$.

Cụ thể, trong bản nháp VVC hiện tại, cách suy ra độ chói trung bình tương ứng được mô tả như sau, trong đó việc áp dụng phép toán Clip1 () được hiển thị với kích thước và khuôn mặt phông chữ nổi bật:

Để suy ra biến `varScale`, áp dụng các bước có thứ tự sau:

Biến `invAvgLuma` được suy ra như sau:

- Mảng `recLuma[ i ]` with $i=0..(2 * \text{sizeY} - 1)$ và biến `cnt` được suy ra như sau:

- Biến `cnt` được đặt bằng 0.

- Khi `availL` bằng `TRUE`, mảng `recLuma[ i ]` với $i = 0..\text{sizeY} - 1$ được đặt bằng

`currPic[ xCuCb - 1 ][ Min( yCuCb + i, pic_height_in_luma_samples - 1 ) ]`

với $i = 0..\text{sizeY} - 1$, và `cnt` được đặt bằng `sizeY`.

- Khi `availT` bằng `TRUE`, mảng `recLuma[ cnt + i ]` với $i = 0..\text{sizeY} - 1$ được đặt bằng

`currPic[ Min( xCuCb + i, pic_width_in_luma_samples - 1 ) ][ yCuCb - 1 ]`

với $i = 0..\text{sizeY} - 1$, và `cnt` được đặt bằng $(\text{cnt} + \text{sizeY})$.

- Biến `invAvgLuma` được suy ra như sau:

Nếu `cnt` bằng 0, phương trình sau được áp dụng:

$$\text{invAvgLuma} = \text{Clip1}((\sum_{k=0}^{\text{cnt}-1} \text{recLuma}[k] + (\text{cnt} \gg 1)) \gg \text{Log2}(\text{cnt}))$$

- Ngược lại (`cnt` bằng 0), phương trình sau được áp dụng:

$$\text{invAvgLuma} = 1 \ll (\text{BitDepth} - 1)$$

Tuy nhiên, trong quá trình tái tạo, sau khi thêm các mẫu dự đoán vào các mẫu phần dư của một CU, các giá trị mẫu kết quả đã được cắt bớt thành dải động của độ sâu bit bên trong. Điều đó có nghĩa là tất cả các mẫu độ chói được tái tạo lân cận xung quanh vùng 64x64 hiện tại được đảm bảo nằm trong phạm vi của độ sâu bit bên trong. Do đó, giá trị trung bình của chúng, tức là `avgY`, cũng không thể vượt ra ngoài phạm vi này. Do đó, việc cắt hiện tại (tức là `Clip1()`) là không cần thiết để tính toán hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ

tương ứng. Để giảm hơn nữa độ phức tạp và yêu cầu bộ nhớ của thiết kế LMCS, người ta đề xuất loại bỏ phép toán cắt khi tính giá trị trung bình của các mẫu độ chói được tái tạo lân cận để suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ.

Theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế, như được minh họa trên Fig. 18, nhiều mẫu độ chói được tái tạo từ vùng được xác định trước thứ nhất lân cận với vùng được xác định trước thứ hai mà CU nằm tại đó được chọn trong quá trình giải mã CU 1801, giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo được tính 1802, và giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo được sử dụng trực tiếp, không cắt bớt, để suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU 1803.

Theo một hoặc nhiều phương án của khía cạnh thứ nhất của sáng chế, giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo là giá trị trung bình số học của nhiều mẫu độ chói được tái tạo.

Theo một hoặc nhiều phương án của khía cạnh thứ nhất của sáng chế, sử dụng giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo trực tiếp, không cắt bớt, để suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU bao gồm việc xác định chỉ số phân đoạn cho giá trị trung bình trong mô hình tuyến tính theo mảnh được xác định trước và suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU dựa trên độ dốc của mô hình tuyến tính của phân đoạn.

Theo một hoặc nhiều phương án của khía cạnh thứ nhất của sáng chế, nhiều mẫu độ chói được tái tạo trong vùng xác định trước thứ nhất được tạo ra bằng cách tạo ra các mẫu dự đoán độ chói và mẫu phần dư độ chói trong vùng được xác định trước đầu tiên, thêm các mẫu phần dư độ chói vào mẫu dự đoán độ chói, và cắt các mẫu độ chói đã thêm đến dải động của độ sâu bit mã hóa.

Theo một hoặc nhiều phương án của khía cạnh thứ nhất của sáng chế, nhiều mẫu độ chói được tái tạo là nhiều mẫu độ chói được liên tái tạo được ánh xạ xuôi.

Theo một hoặc nhiều phương án của khía cạnh thứ nhất của sáng chế, vùng được xác định trước thứ hai là vùng 64x64 mà trong đó CU nằm tại đó.

Theo một ví dụ, như được minh họa trên Fig. 19, vùng xác định trước thứ nhất có thể bao gồm các mẫu lân cận trên cùng trong vùng 1x64 1902 ngay trên vùng xác định trước thứ hai 1904. Theo cách bổ sung hoặc thay thế, vùng được xác định trước thứ nhất có thể bao gồm các mẫu lân cận bên trái trong vùng 64x1 1903 ở ngay bên trái của vùng xác định trước thứ hai 1904. Theo cách bổ sung hoặc thay thế, vùng được xác định trước thứ nhất có thể bao gồm vùng 1x64 ngay trên vùng được xác định trước thứ hai và vùng 64x1 ngay bên trái của vùng được xác định trước thứ hai.

Theo một hoặc nhiều ví dụ, các hàm được mô tả có thể được triển khai trong phần cứng, phần mềm, phần sụn hoặc bất kỳ sự kết hợp nào của chúng. Nếu được triển khai trong phần mềm, các hàm có thể được lưu trữ trên hoặc được truyền qua, dưới dạng một hoặc nhiều lệnh hoặc mã, vật ghi có thể đọc được bằng máy tính và được chạy bởi đơn vị xử lý dựa trên phần cứng. Vật ghi có thể đọc được bằng máy tính có thể bao gồm vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính, tương ứng với vật ghi lưu trữ hữu hình như vật ghi lưu trữ dữ liệu hoặc vật ghi truyền thông bao gồm bất kỳ vật ghi nào tạo điều kiện chuyển chương trình máy tính từ nơi này sang nơi khác, ví dụ, theo một giao thức truyền thông. Theo cách này, vật ghi có thể đọc được bằng máy tính thường có thể tương ứng với (1) vật ghi lưu trữ hữu hình có thể đọc được bằng máy tính, không phải là vật ghi tạm thời hoặc (2) vật ghi truyền thông như tín hiệu hoặc sóng mang. Vật ghi lưu trữ dữ liệu có thể là bất kỳ vật ghi sẵn có nào có thể được truy cập bởi một hoặc nhiều máy tính hoặc một hoặc nhiều bộ xử lý để truy xuất lệnh, mã và/hoặc cấu trúc dữ liệu để thực hiện các triển khai được mô tả trong sáng chế. Sản phẩm chương trình máy tính có thể bao gồm vật ghi có thể đọc được bằng máy tính.

Hơn nữa, các phương pháp trên có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị bao gồm một hoặc nhiều mạch, bao gồm các mạch tích hợp dành riêng cho ứng dụng (application specific integrated circuits - ASICs), các bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số (digital signal processors - DSPs), các thiết bị xử lý tín hiệu kỹ thuật số (digital signal processing devices - DSPDs), các thiết bị logic có thể lập trình (programmable logic devices -PLDs), các mảng cổng có thể lập trình trường (field programmable gate arrays - FPGAs), bộ điều

khiển, bộ vi điều khiển, bộ vi xử lý hoặc các thành phần điện tử khác. Thiết bị có thể sử dụng mạch kết hợp với các thành phần phần cứng hoặc phần mềm khác để thực hiện các phương pháp được mô tả ở trên. Mỗi môđun, môđun phụ, đơn vị hoặc đơn vị phụ được bộc lộ ở trên có thể được triển khai ít nhất một phần bằng cách sử dụng một hoặc nhiều mạch.

Sáng chế có thể bao gồm các cách triển khai phần cứng chuyên dụng như mạch tích hợp dành riêng cho ứng dụng, mảng logic có thể lập trình và các thiết bị phần cứng khác. Việc triển khai phần cứng có thể được xây dựng để triển khai một hoặc nhiều phương pháp được mô tả ở đây. Các ví dụ có thể bao gồm thiết bị và hệ thống triển khai khác nhau, nói chung có thể bao gồm nhiều hệ thống điện tử và máy tính. Một hoặc nhiều ví dụ được mô tả ở đây có thể triển khai các chức năng sử dụng hai hoặc nhiều môđun hoặc thiết bị phần cứng được kết nối với nhau cụ thể với các tín hiệu dữ liệu và điều khiển liên quan có thể được giao tiếp giữa và thông qua các môđun hoặc dưới dạng các phần của mạch tích hợp dành riêng cho ứng dụng. Theo đó, thiết bị hoặc hệ thống được bộc lộ có thể bao gồm các triển khai phần mềm, phần sụn và phần cứng. Các thuật ngữ "môđun", "môđun phụ", "mạch", "mạch phụ", "mạch điện", "mạch điện phụ", "đơn vị" hoặc "đơn vị phụ" có thể bao gồm bộ nhớ (dùng chung, dành riêng, hoặc nhóm) lưu trữ mã hoặc lệnh có thể được thực thi bởi một hoặc nhiều bộ xử lý. Môđun được đề cập ở đây có thể bao gồm một hoặc nhiều mạch có hoặc không có mã hoặc lệnh được lưu trữ. Môđun hoặc mạch có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần được kết nối.

Các phương án khác của sáng chế sẽ rõ ràng đối với những người có hiểu biết trong lĩnh vực này khi xem xét đặc điểm kỹ thuật và thực hành của sáng chế được bộc lộ ở đây. Bản mô tả sáng chế này nhằm mục đích bao gồm mọi biến thể, cách sử dụng hoặc sự thích ứng của sáng chế tuân theo các nguyên tắc chung của sáng chế và bao gồm cả những điểm khác biệt so với sáng chế như đã biết hoặc thông lệ trong lĩnh vực này. Mục đích của bản mô tả sáng chế và các ví dụ chỉ được coi là ví dụ minh họa, với phạm vi và nguyên lý thực sự của sáng chế được chỉ ra bởi các yêu cầu bảo hộ sau đây.

Sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ chính xác được mô tả ở trên và được minh họa trong các hình vẽ kèm theo, và có thể thực hiện các sửa đổi và thay đổi khác nhau mà không

rời khỏi phạm vi của sáng chế. Phạm vi của sáng chế chỉ bị giới hạn bởi các yêu cầu bảo hộ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

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

chọn nhiều mẫu độ chói được tái tạo từ vùng được xác định trước thứ nhất lân cận với vùng được xác định trước thứ hai mà đơn vị mã hoá (coding unit – CU) nằm tại đó;

tính giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo; và

suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU bằng cách sử dụng giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo trực tiếp, mà không cắt bớt.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo là giá trị trung bình số học của nhiều mẫu độ chói được tái tạo.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU bằng cách sử dụng giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo trực tiếp, mà không cắt bớt bao gồm:

xác định chỉ số phân đoạn cho giá trị trung bình trong mô hình tuyến tính theo mảnh được xác định trước; và

suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU dựa trên chỉ số phân đoạn.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiều mẫu độ chói được tái tạo được tạo ra bằng cách:

tạo ra các mẫu dự đoán độ chói và các mẫu phần dư độ chói;

thêm các mẫu phần dư độ chói vào các mẫu dự đoán độ chói; và

cắt các mẫu độ chói được thêm vào đến dải động của độ sâu bit mã hóa.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiều mẫu độ chói được tái tạo được suy ra dựa trên các mẫu được liên dự đoán được ánh xạ xuôi.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vùng được xác định trước thứ hai là vùng 64x64 nơi mà CU nằm tại đó.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó vùng được xác định trước thứ nhất bao gồm vùng 1×64 ngay phía trên vùng được xác định trước thứ hai và vùng 64×1 nằm ngay bên trái của vùng được xác định trước thứ hai.

8. Thiết bị tính toán bao gồm:

một hoặc nhiều bộ xử lý;

bộ nhớ không tạm thời được kết hợp với một hoặc nhiều bộ xử lý; và

nhiều chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ không tạm thời mà, khi được chạy bởi một hoặc nhiều bộ xử lý, khiến thiết bị tính toán thực hiện các hành vi bao gồm:

chọn nhiều mẫu độ chói được tái tạo từ vùng được xác định trước thứ nhất lân cận với vùng được xác định trước thứ hai nơi mà đơn vị mã hoá (CU) nằm tại đó;

tính giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo; và

suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU bằng cách sử dụng giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo trực tiếp, mà không cắt bớt.

9. Thiết bị tính toán theo điểm 8, trong đó giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo là giá trị trung bình số học của nhiều mẫu độ chói được tái tạo.

10. Thiết bị tính toán theo điểm 8, trong đó bước suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU bằng cách sử dụng giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo trực tiếp, mà không cắt bớt, bao gồm:

xác định chỉ số phân đoạn cho giá trị trung bình trong mô hình tuyến tính theo mảnh được xác định trước; và

suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU dựa trên chỉ số phân đoạn.

11. Thiết bị tính toán theo điểm 8, trong đó nhiều mẫu độ chói được tái tạo được tạo ra bằng cách:

tạo ra các mẫu dự đoán độ chói và các mẫu phần dư độ chói;

thêm các mẫu phần dư độ chói vào các mẫu dự đoán độ chói; và

cắt các mẫu độ chói được thêm vào đến dải động của độ sâu bit mã hóa.

12. Thiết bị tính toán theo điểm 8, trong đó nhiều mẫu độ chói được tái tạo được suy ra dựa trên các mẫu được liên dự đoán được ánh xạ xuôi.

13. Thiết bị tính toán theo điểm 8, trong đó vùng được xác định trước thứ hai là vùng 64×64 nơi mà CU nằm tại đó.

14. Thiết bị tính toán theo điểm 13, trong đó vùng được xác định trước thứ nhất bao gồm vùng 1×64 ngay phía trên vùng được xác định trước thứ hai và vùng 64×1 nằm ngay bên trái của vùng được xác định trước thứ hai.

15. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời lưu trữ nhiều chương trình để chạy bởi thiết bị tính toán có một hoặc nhiều bộ xử lý, trong đó nhiều chương trình, khi được chạy bởi một hoặc nhiều bộ xử lý, khiến thiết bị tính toán thực hiện các hành vi bao gồm:

trong quá trình giải mã đơn vị mã hóa (coding unit-CU), chọn nhiều mẫu độ chói được tái tạo từ vùng được xác định trước thứ nhất lân cận với vùng được xác định trước thứ hai nơi mà đơn vị mã hoá (CU) nằm tại đó;

tính giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo; và

suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU bằng cách sử dụng giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo trực tiếp, mà không cắt bớt.

16. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời theo điểm 15, trong đó giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo là giá trị trung bình số học của nhiều mẫu độ chói được tái tạo.

17. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời theo điểm 15, trong đó việc suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU bằng cách sử dụng giá trị trung bình của nhiều mẫu độ chói được tái tạo trực tiếp, mà không cắt bớt, bao gồm:

xác định chỉ số phân đoạn cho giá trị trung bình trong mô hình tuyến tính theo mảnh được xác định trước; và

suy ra hệ số chia tỷ lệ phần dư sắc độ để giải mã CU dựa trên chỉ số phân đoạn.

18. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời theo điểm 15, trong đó nhiều mẫu độ chói được tái tạo được tạo ra bằng cách:

tạo ra các mẫu dự đoán độ chói và các mẫu phần dư độ chói;

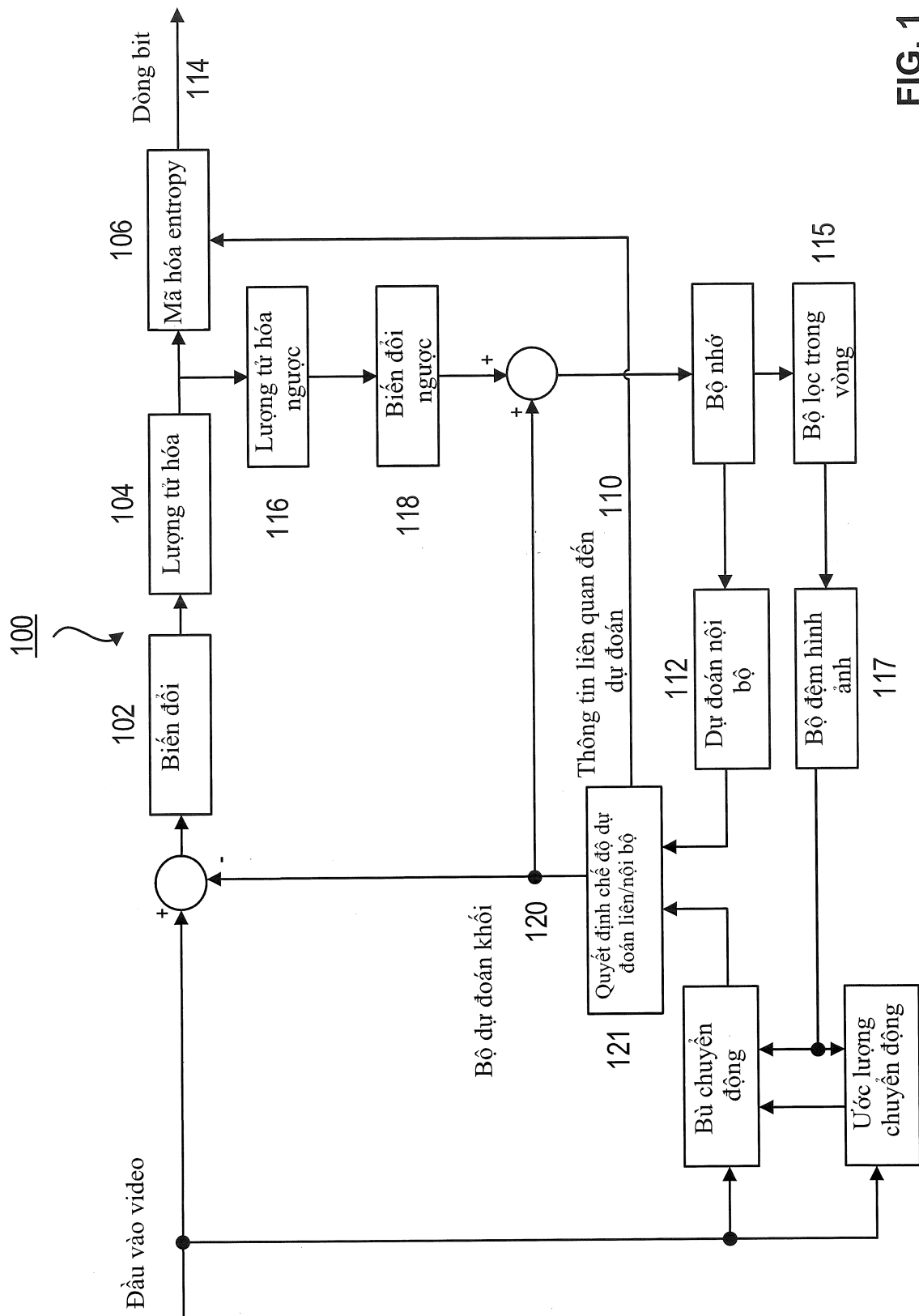
thêm các mẫu phần dư độ chói vào các mẫu dự đoán độ chói; và

cắt các mẫu độ chói được thêm vào đến dải động của độ sâu bit mã hóa.

19. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời theo điểm 15, trong đó nhiều mẫu độ chói được tái tạo được suy ra dựa trên các mẫu được liên dự đoán được ánh xạ xuôi.

20. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời theo điểm 15, trong đó vùng được xác định trước thứ hai là vùng 64x64 nơi mà CU nằm tại đó.

21. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính không tạm thời theo điểm 20, trong đó vùng được xác định trước thứ nhất bao gồm vùng 1x64 nằm ngay phía trên vùng được xác định trước thứ hai và vùng 64x1 nằm ngay bên trái của vùng được xác định trước thứ hai.



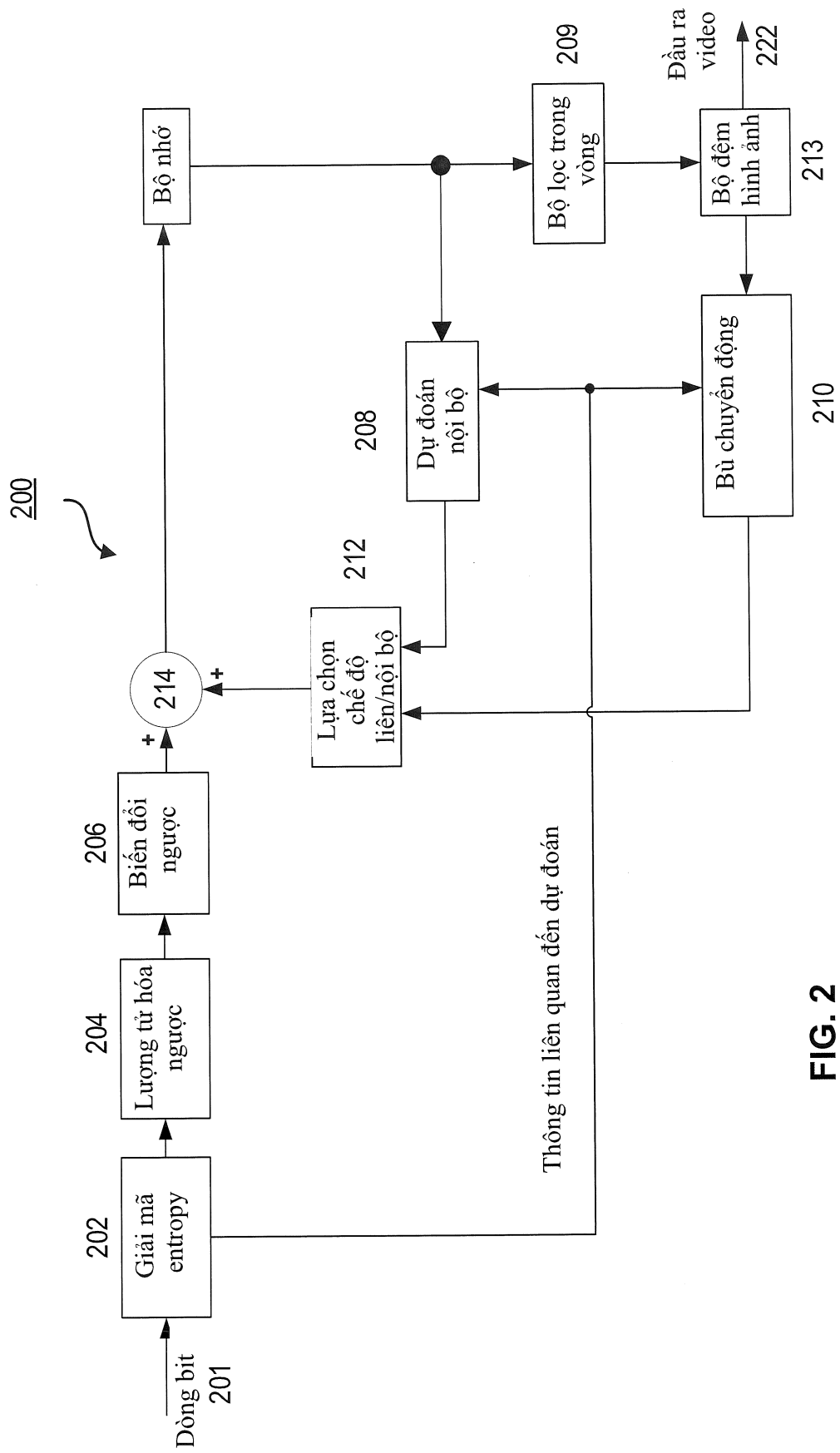


FIG. 2

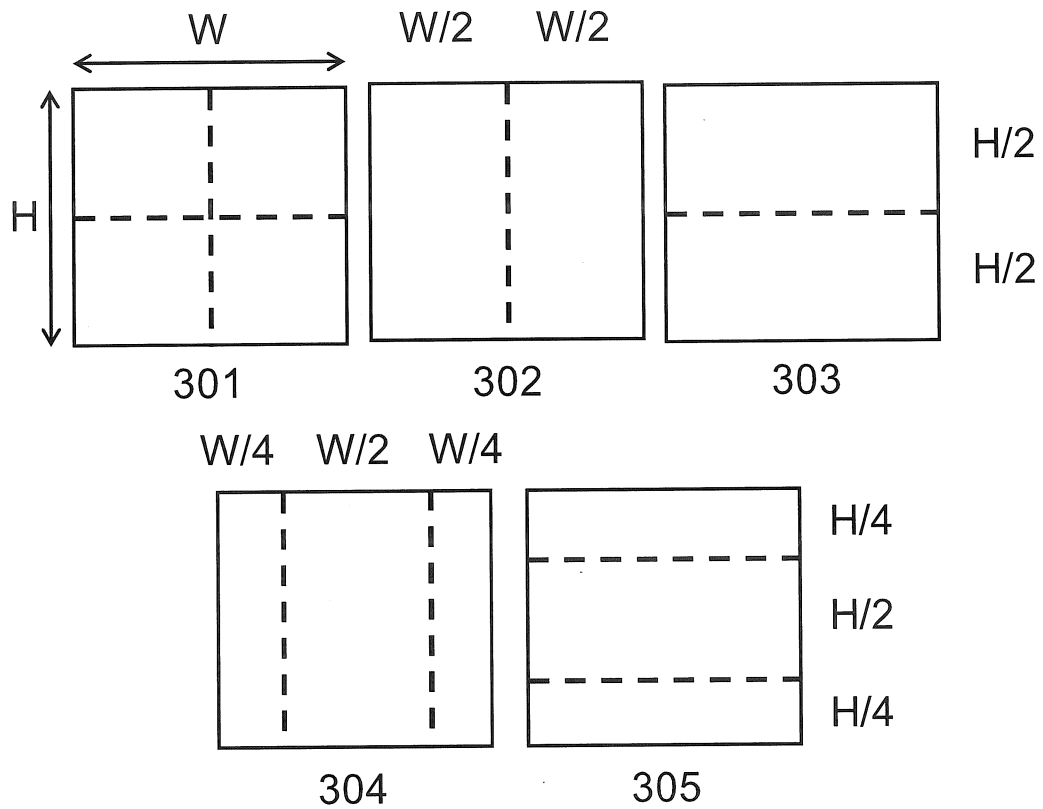


FIG. 3

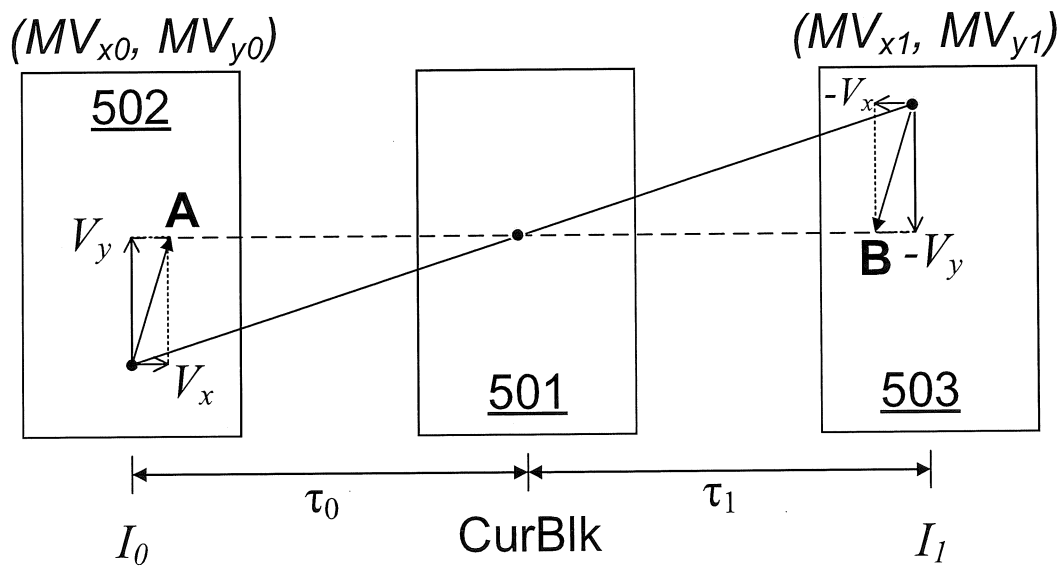


FIG. 5

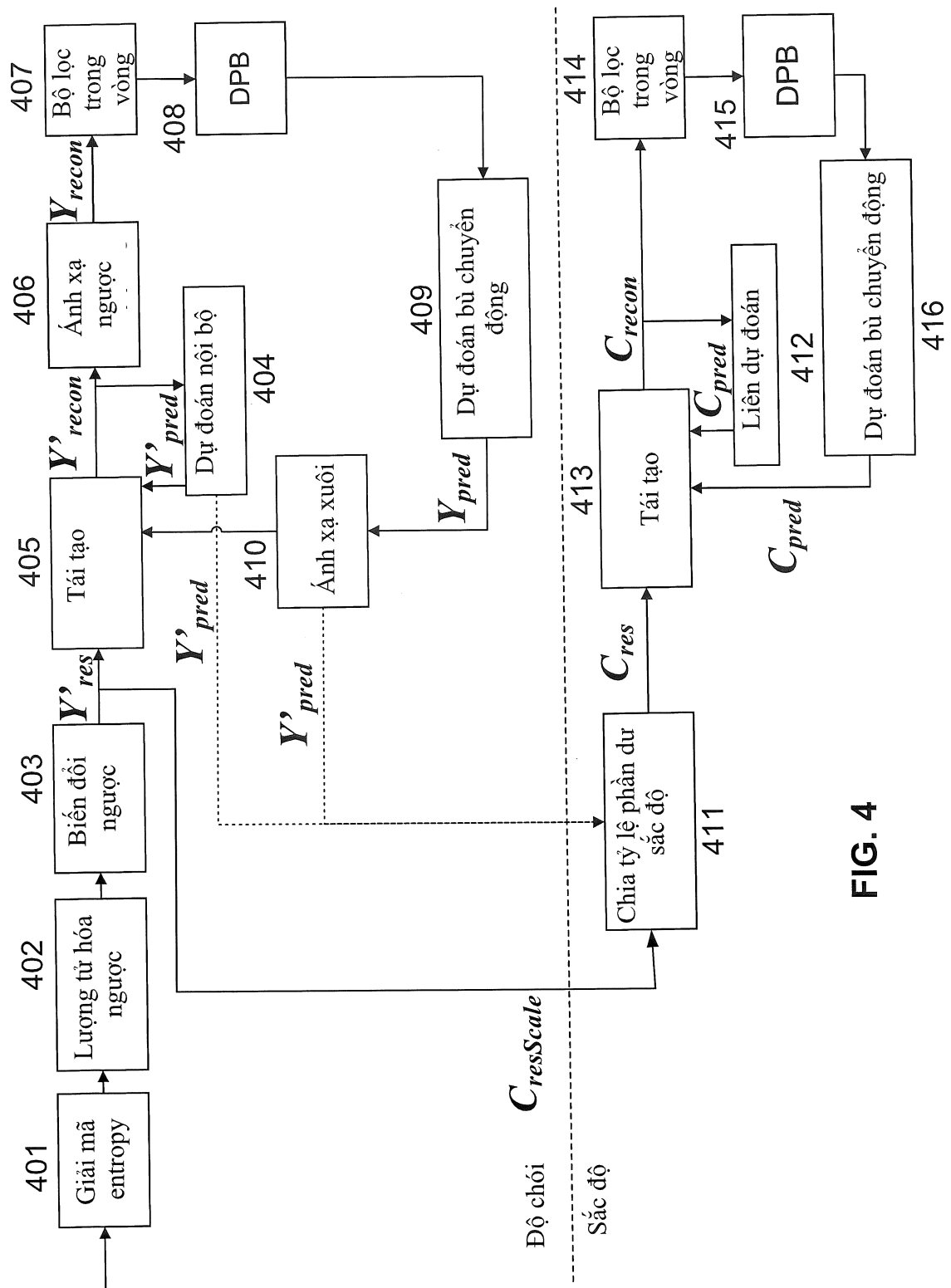


FIG. 4

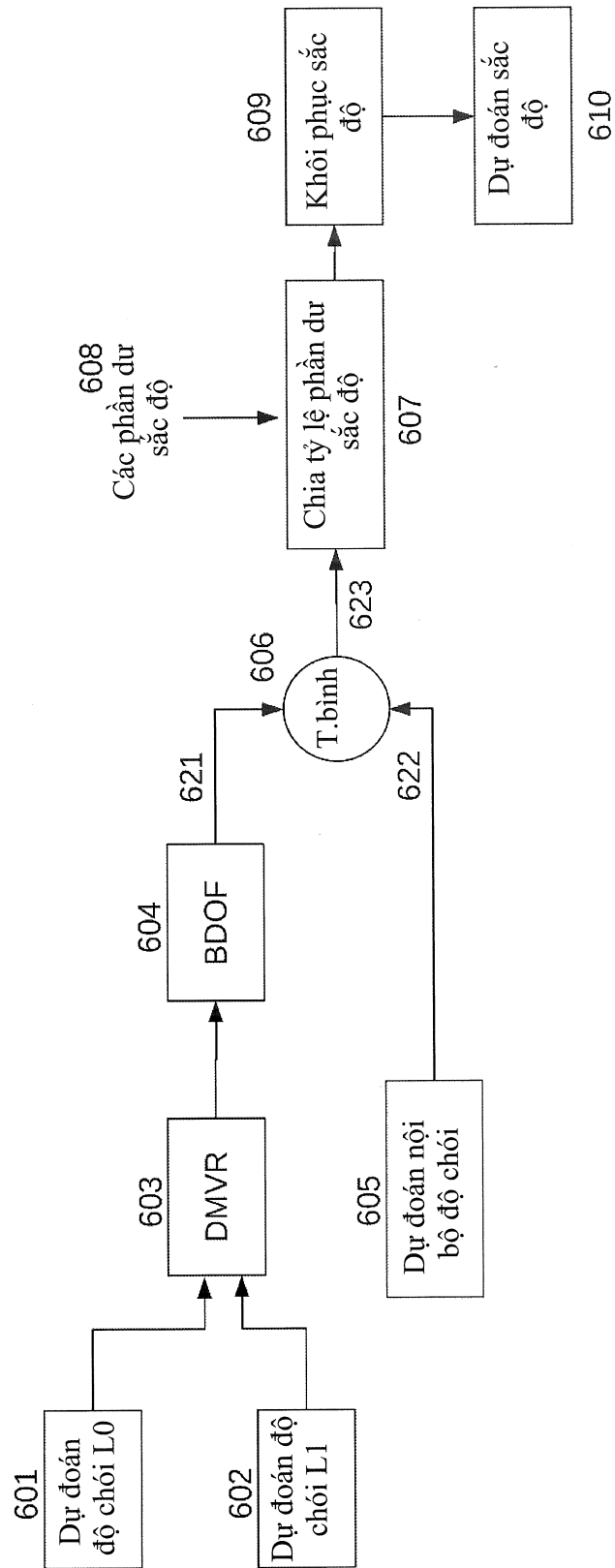


FIG. 6

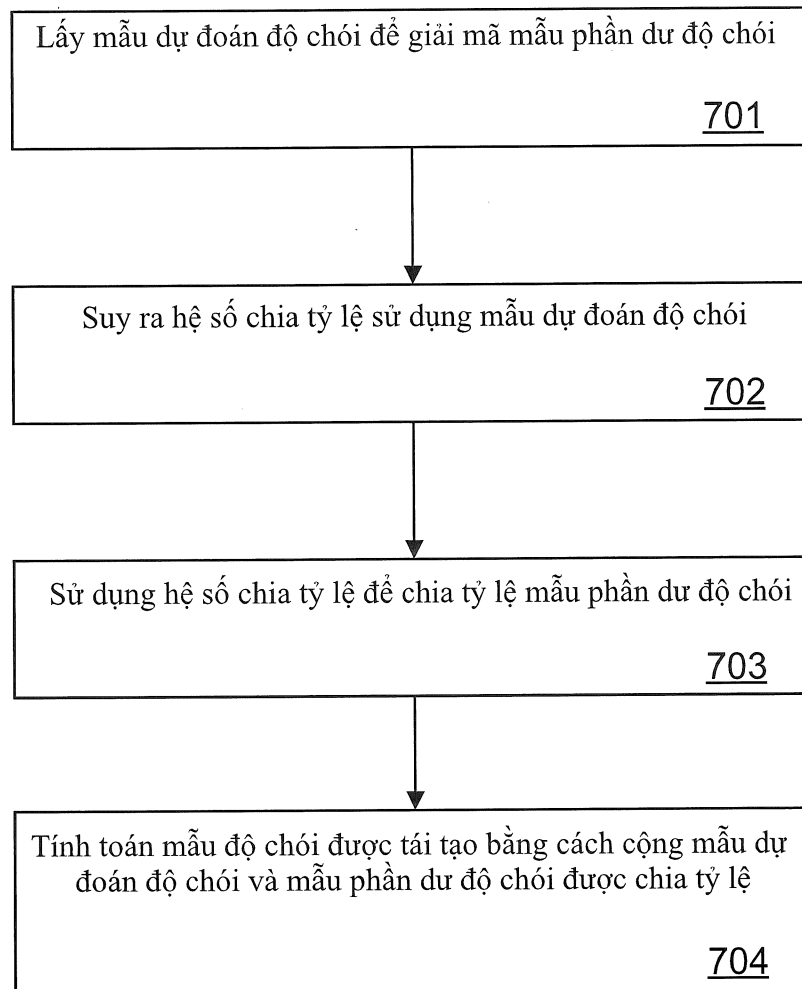


FIG. 7

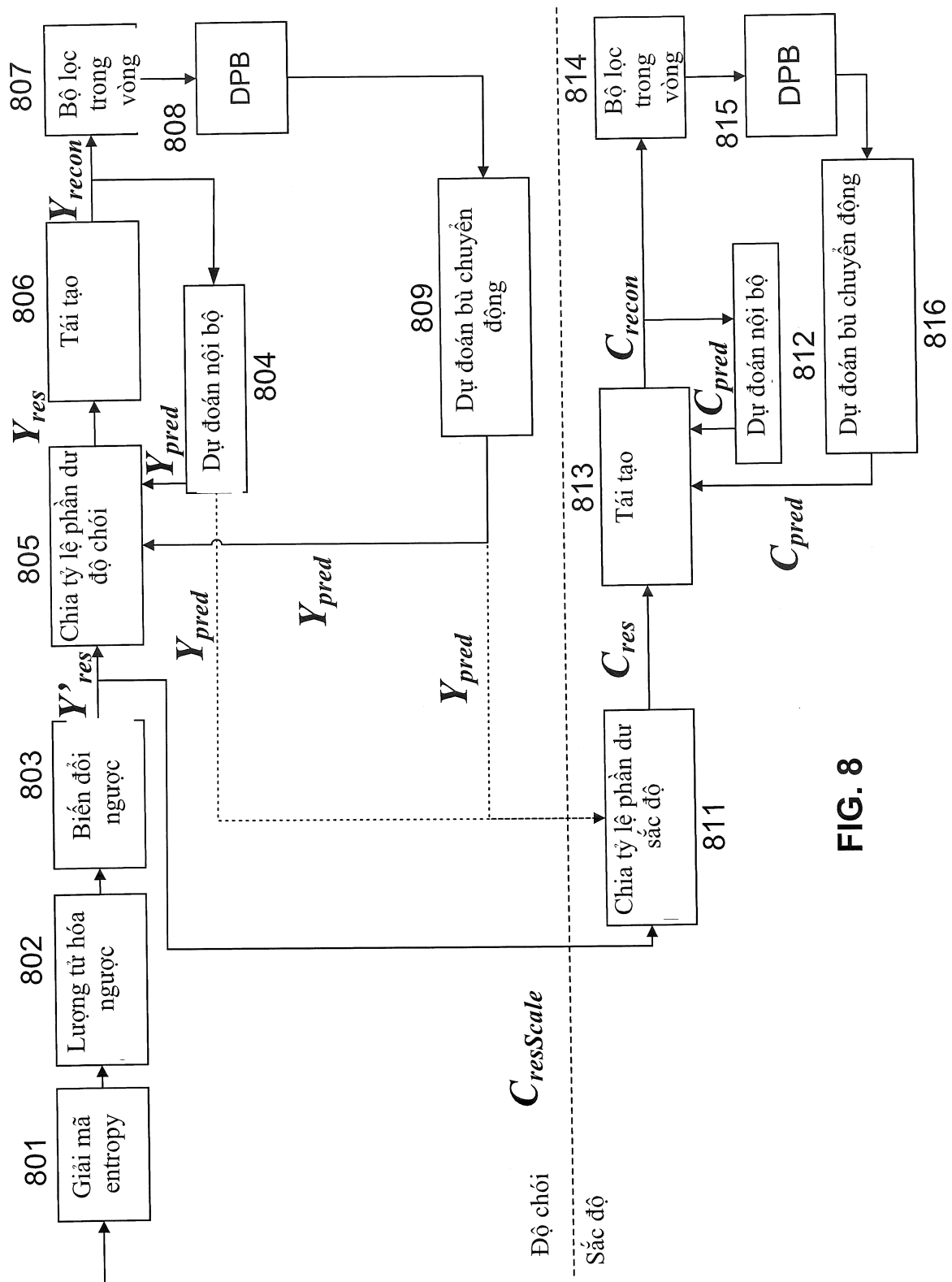


FIG. 8

Miền mẫu được ánh xạ

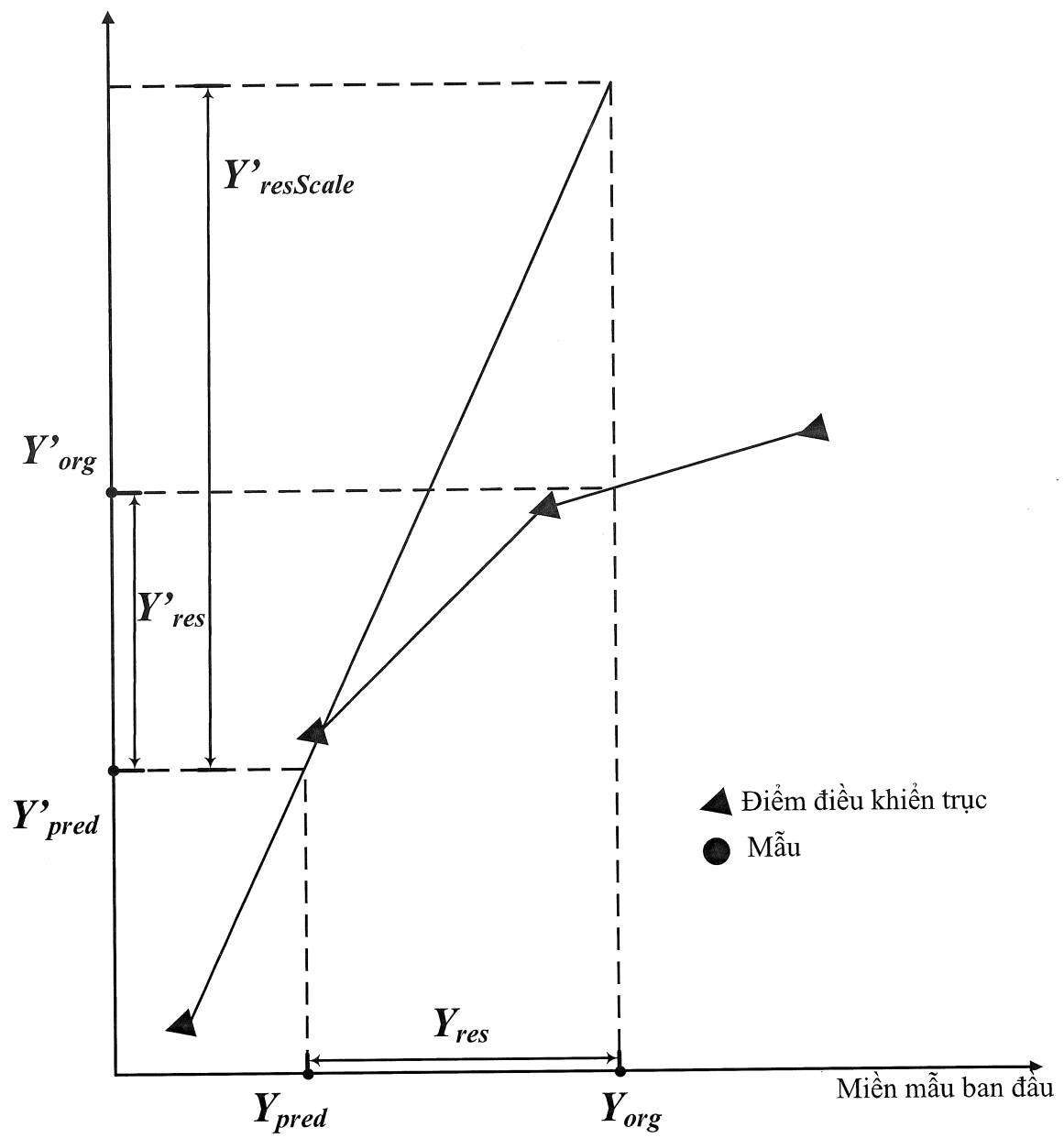


FIG. 9

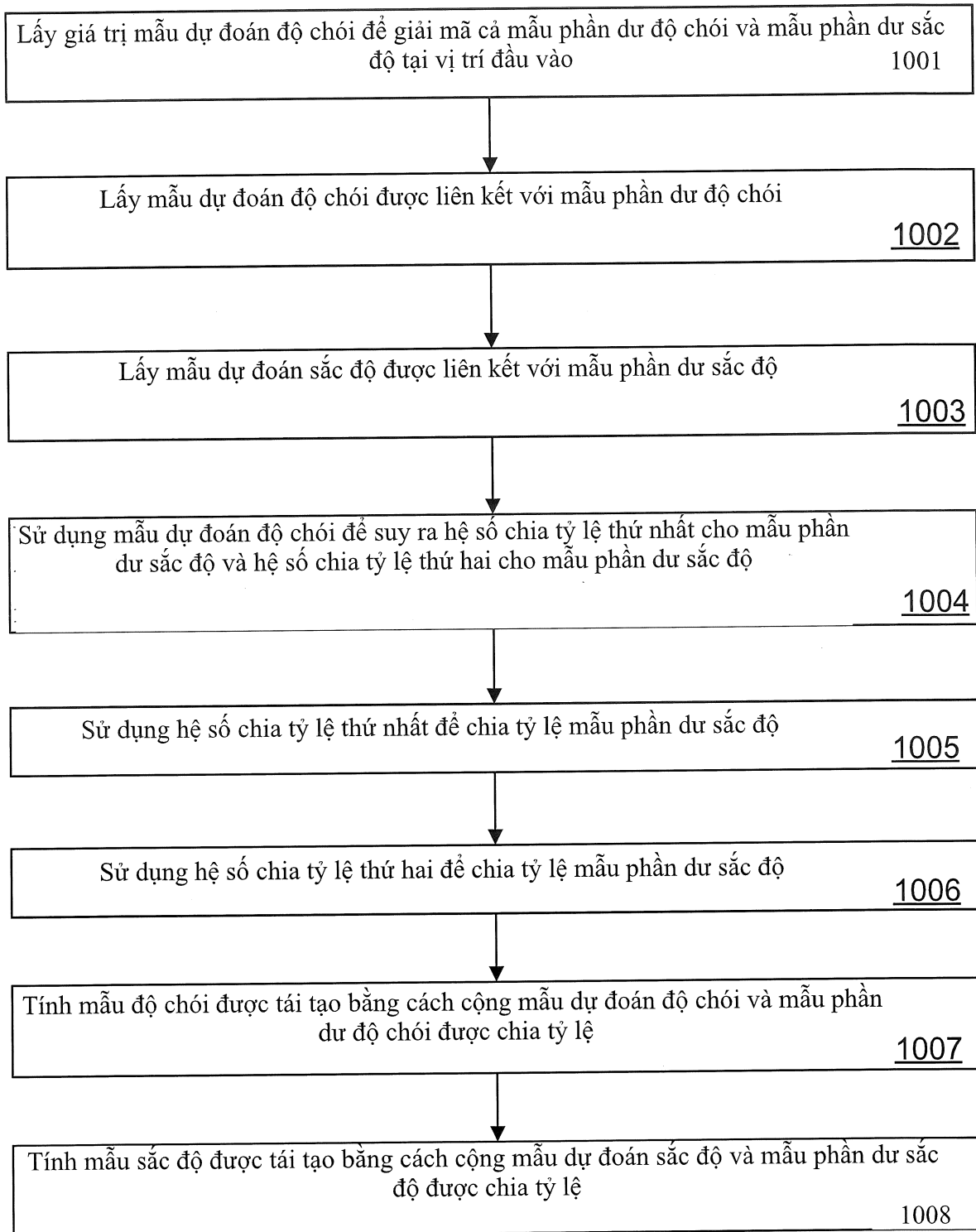
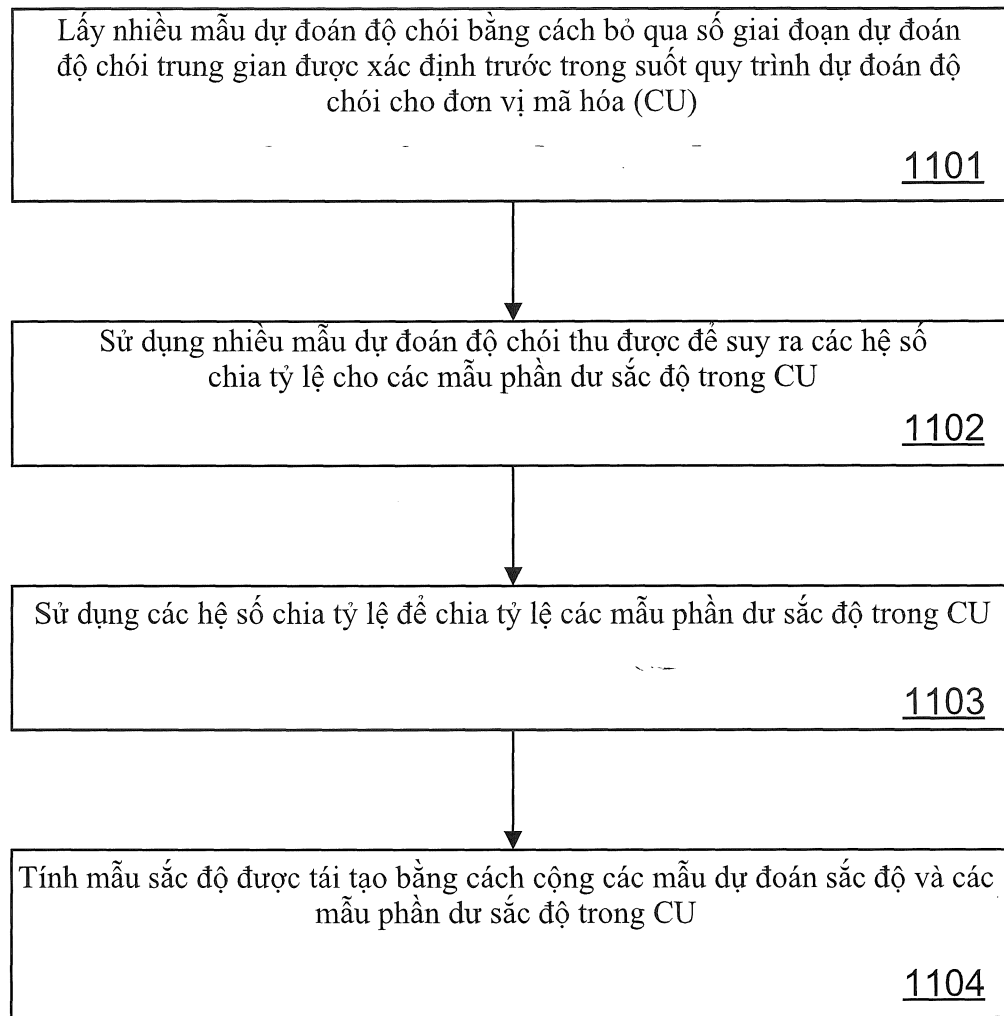


FIG. 10

**FIG. 11**

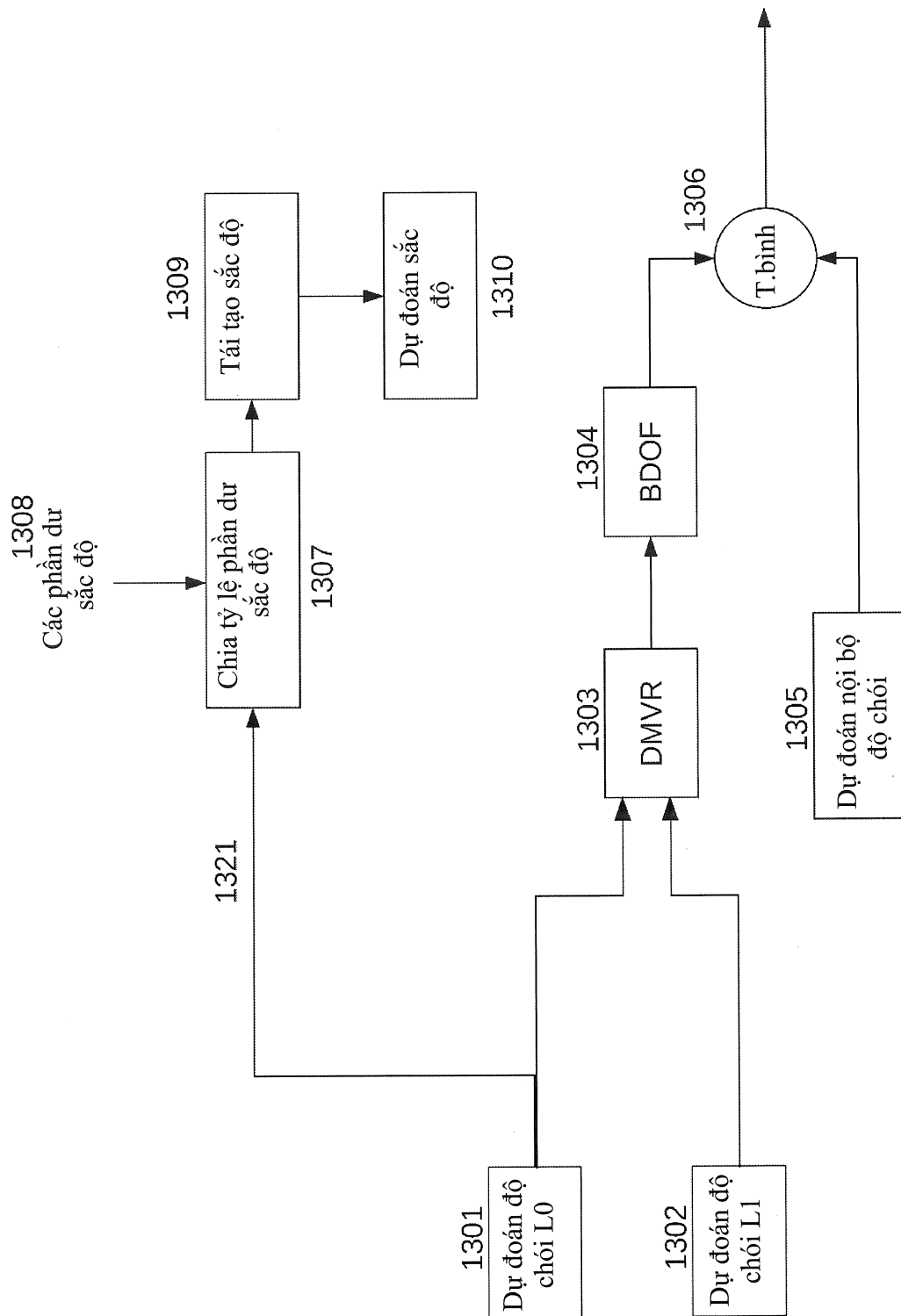


FIG. 13

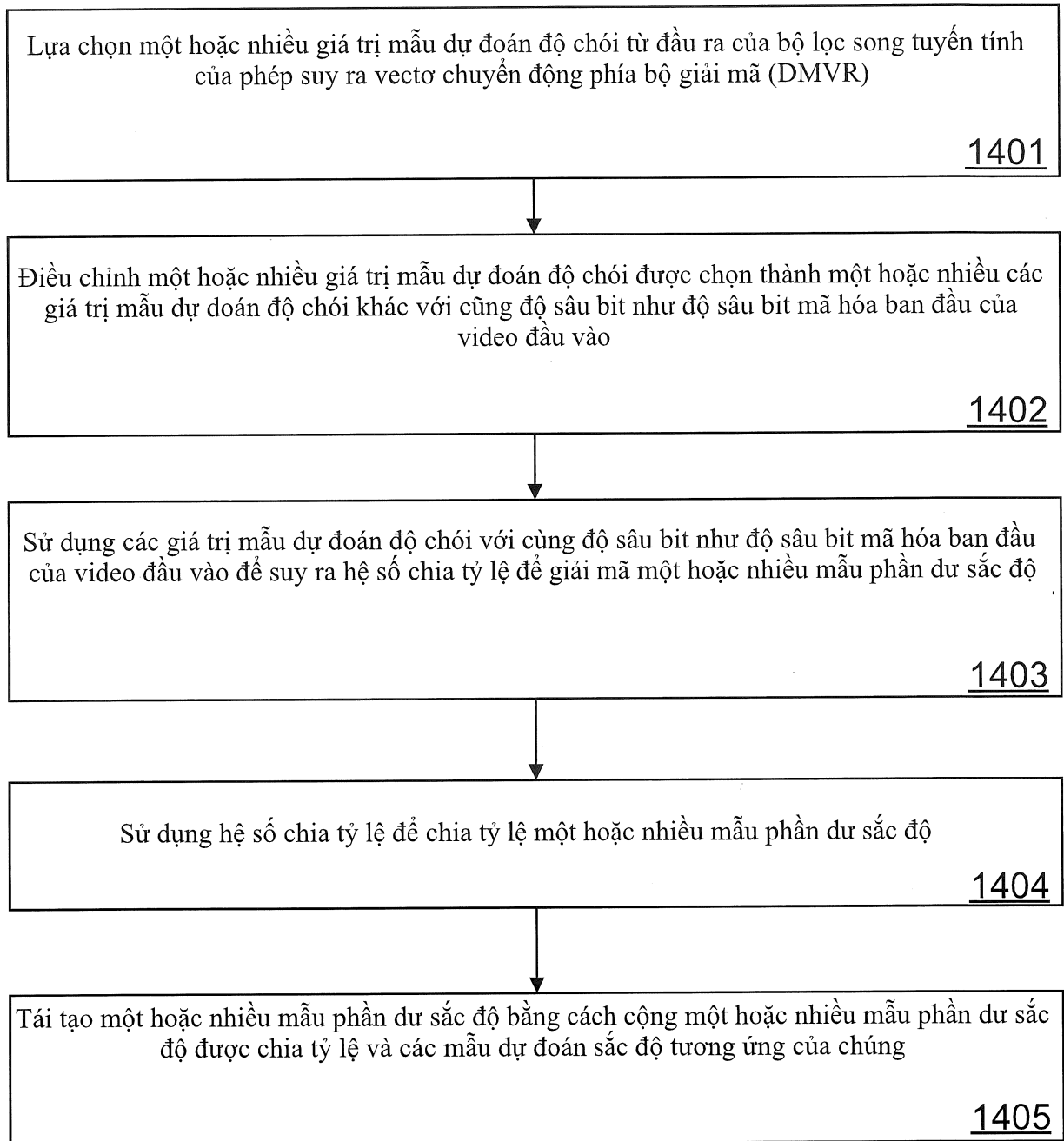


FIG. 14

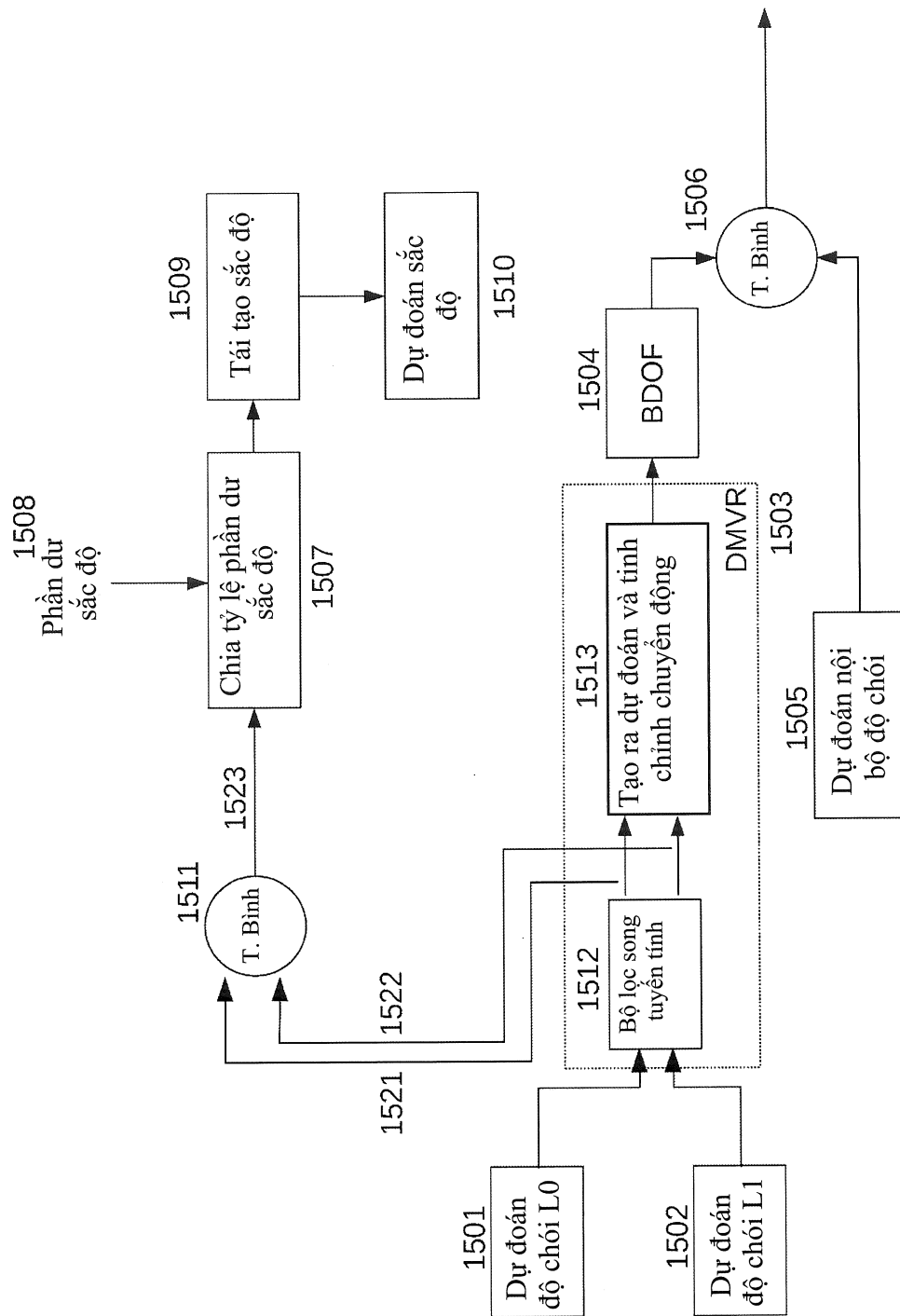


FIG. 15

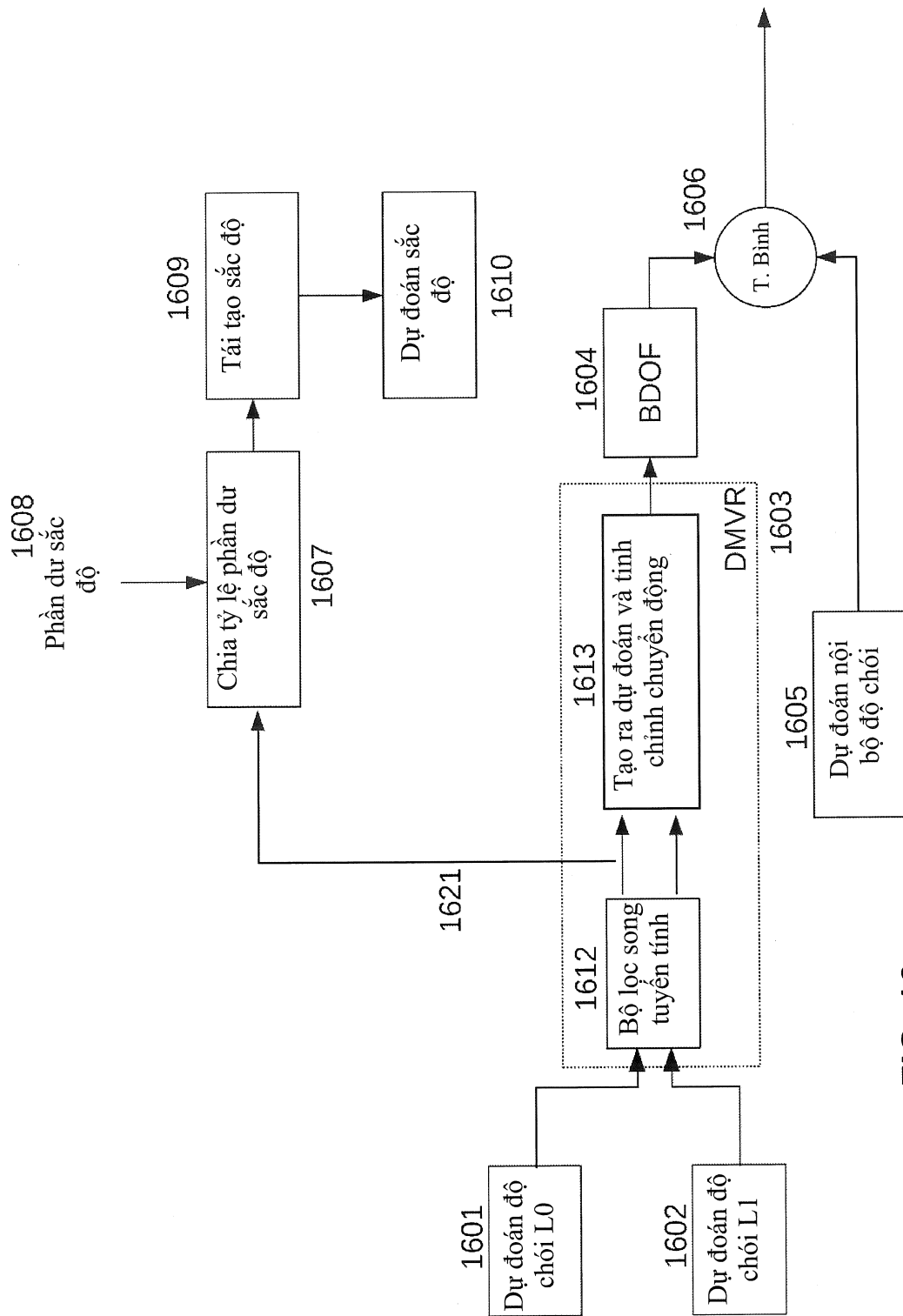


FIG. 16

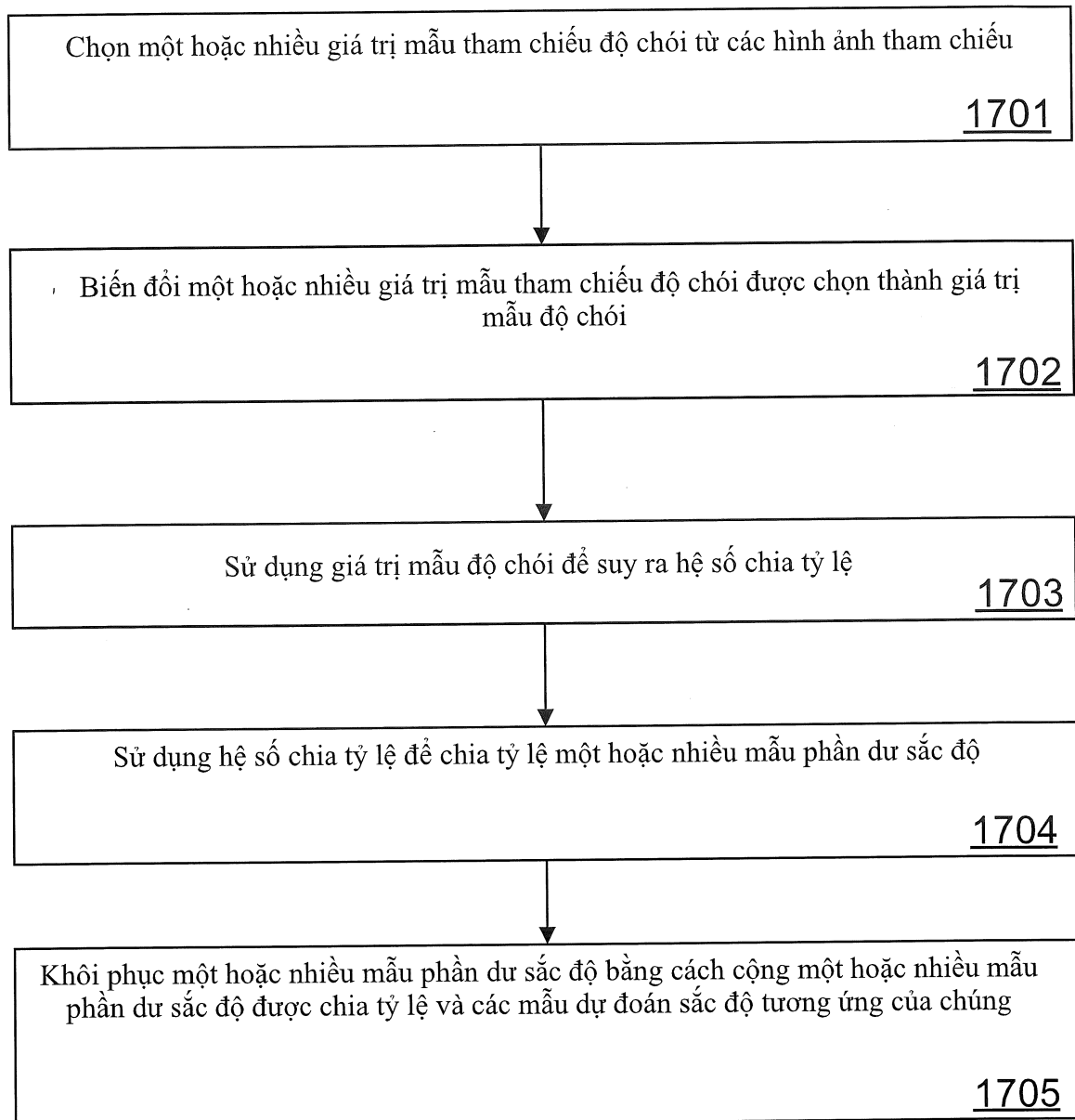


FIG. 17

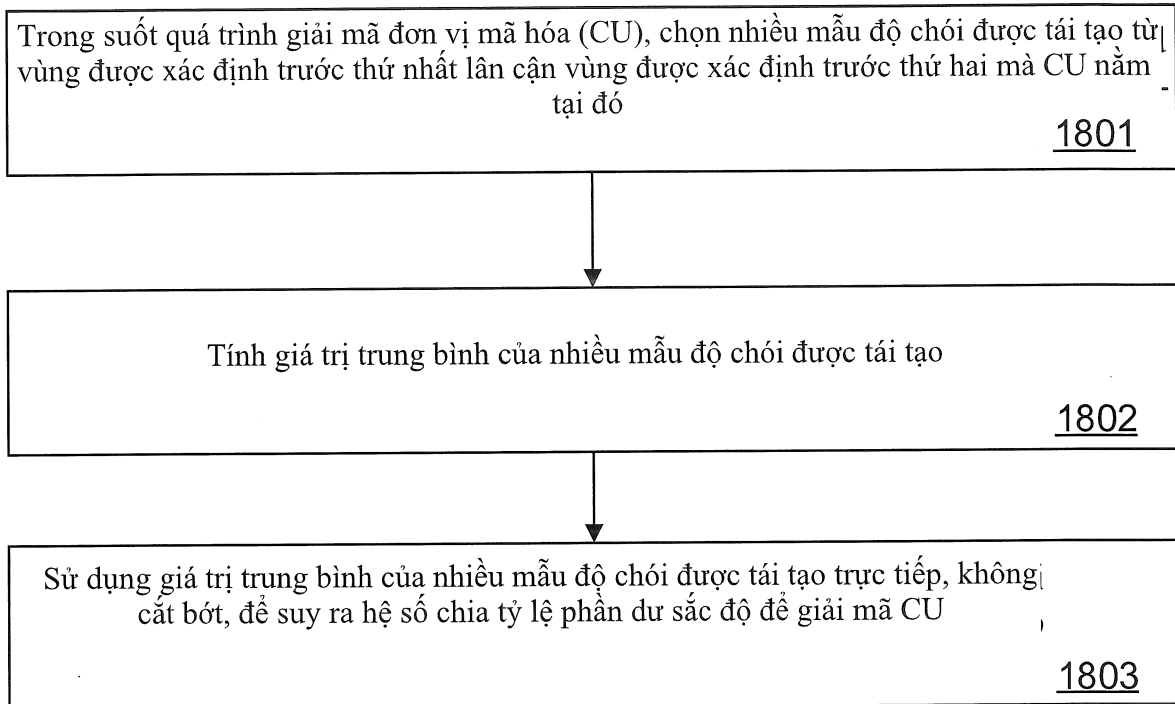


FIG. 18

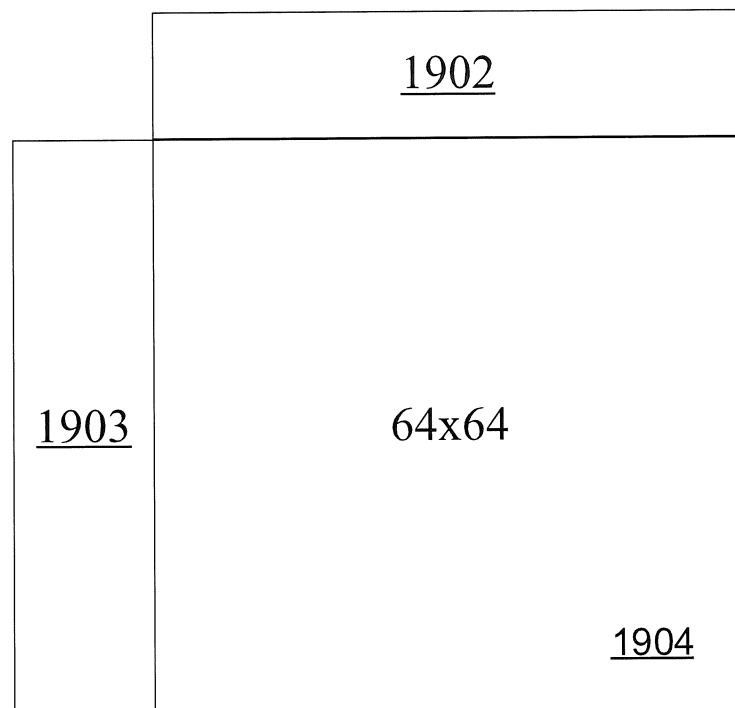


FIG. 19