



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 122021004604-2 B1**



**(22) Data do Depósito: 28/06/2012**

**(45) Data de Concessão: 26/07/2022**

**(54) Título:** APARELHO PARA DECODIFICAR VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA DE UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO MEDIANTE USAR UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO, MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO USANDO UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO, E APARELHO PARA CODIFICAR VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA DE UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO MEDIANTE USO DE UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO

**(51) Int.Cl.:** H04N 19/117; H04N 19/182; H04N 19/523; H04N 19/59; H04N 19/61; (...).

**(52) CPC:** H04N 19/117; H04N 19/182; H04N 19/523; H04N 19/59; H04N 19/61; (...).

**(30) Prioridade Unionista:** 28/06/2011 US 61/502,056.

**(73) Titular(es):** SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD..

**(72) Inventor(es):** ELENA ALSHINA; ALEXANDER ALSHIN.

**(86) Pedido PCT:** PCT KR2012005135 de 28/06/2012

**(87) Publicação PCT:** WO 2013/002579 de 03/01/2013

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 11/03/2021

**(62) Pedido Original do Dividido:** BR112013033703-6 - 28/06/2012

**(57) Resumo:** Um método de interpolação de imagem de unidade sub-pel usando um filtro de interpolação à base de transformação inclui, de acordo com uma localização de interpolação de unidade sub-pel em uma região suportada por filtros de interpolação para gerar pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel localizado entre pixels de unidade pel inteiros, individualmente selecionar um filtro de interpolação simétrica ou assimétrica com respeito à localização de interpolação dentre os filtros de interpolação; e gerar o pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel interpolando os pixels de unidade pel inteiros usando o filtro de interpolação selecionado.

APARELHO PARA DECODIFICAR VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA DE UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO MEDIANTE USAR UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO, MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO USANDO UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO, E APARELHO PARA CODIFICAR VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA DE UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO MEDIANTE USO DE UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO

Dividido do pedido BR1120130337036 de 28.06.202

Campo Técnico

[0001] A presente invenção se refere à codificação de predição utilizando compensação de movimento.

FUNDAMENTOS DA TÉCNICA

[0002] Nos métodos de codificação e de decodificação de imagem, típicos, para codificar uma imagem, uma ilustração é dividida em macro blocos. Após isso, codificação de predição é realizada em cada macro bloco mediante uso de predição inter, ou predição intra.

[0003] Predição inter se refere a um método de compactar uma imagem mediante remoção de redundância temporal entre imagens e seu exemplo representativo é a codificação de estimativa de movimento. Na codificação de estimativa de movimento, cada bloco de uma ilustração atual é predito mediante uso de pelo menos uma ilustração de referência. Um bloco de referência que é mais similar a um bloco atual é encontrado em uma faixa de busca predeterminada mediante uso de uma função de avaliação predeterminada.

[0004] Um bloco atual é predito com base em um bloco de referência, e um bloco residual obtido mediante subtração a partir do bloco atual de um bloco de predição gerado como um resultado de predição é codificado. Nesse caso, para realizar com mais exatidão a predição, a interpolação é realizada em uma faixa de busca de

ilustração de referência, pixels de unidade sub-pel menores do que pixels de unidade pel inteiro são gerados, e a predição inter é realizada nos pixels de unidade sub-pel gerados.

#### Revelação

##### Problema Técnico

[0005] A presente invenção provê um método e aparelho para determinar os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico de modo a gerar um pixel de unidade sub-pel mediante interpolação de pixels de unidade pel inteiro.

##### Solução Técnica

[0006] De acordo com um aspecto da presente invenção é provido um método de interpolação de imagem usando um filtro de interpolação à base de transformação, o método incluindo, de acordo com uma localização de interpolação de unidade sub-pel, em uma região suportada por filtros de interpolação para gerar pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel localizado entre pixels de unidade pel inteiros, selecionando individualmente um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico com relação à localização de interpolação dentre os filtros de interpolação; e gerar pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel mediante interpolação dos pixels de unidade pel inteiro mediante uso do filtro de interpolação selecionado.

##### Efeitos Vantajosos

[0007] Para realizar eficientemente a interpolação de imagem, dentre os filtros de interpolação para gerar um valor de pixel de unidade sub-pel, um filtro de interpolação é selecionado diferentemente com base em uma localização de

interpolação de unidade de sub-pel. O filtro de interpolação pode ser um filtro de interpolação de derivações de número ímpar ou de número par em ordem para interpolação de unidade de sub-pel. O filtro de interpolação pode ser selecionado como um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico de acordo com uma localização de interpolação.

#### Descrição dos Desenhos

[0008] A Figura 1 é um diagrama de blocos de um aparelho de interpolação de imagem de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[0009] A Figura 2 é um diagrama para descrever uma relação entre uma unidade de pel inteiro e uma unidade sub-pel;

[00010] A Figura 3 é um diagrama ilustrando pixels adjacentes de unidade de pel inteiro a serem referidas de modo a determinar um valor de pixel de unidade sub-pel, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00011] As Figuras 4A a 4C são diagramas ilustrando exemplos de pixels de unidade de pel inteiro a serem referidas de modo a se determinar um valor de pixel de unidade sub-pel, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00012] A Figura 5A é um diagrama para descrever um método de filtragem de interpolação usando pixels de referência localizados assimetricamente com relação a uma localização de interpolação para determinar um valor de pixel de unidade sub-pel, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00013] A Figura 5B é um diagrama para descrever um método de interpolação utilizando um filtro de interpolação incluindo um número ímpar de coeficientes de filtro para determinar um valor de pixel de unidade de sub-pel, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00014] A Figura 6 é um gráfico de um fator de suavização com base em um parâmetro de suavização de um filtro de interpolação suavizada, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00015] A Figura 7 é um gráfico de resposta de frequência de amplitude de filtros de interpolação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00016] A Figura 8 é um fluxograma de um método de interpolação de imagem de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00017] As Figuras 9A a 9D mostram respectivamente coeficientes de filtro de filtros de interpolação de 3 derivações até 6 derivações determinados com base em uma localização de interpolação e um tamanho de filtro de janela, de acordo com as modalidades da presente invenção;

[00018] As Figuras 10A a 10C mostram respectivamente coeficientes de filtro de filtros de interpolação de 7 derivações determinados com base em uma localização de interpolação e um tamanho de filtro de janela, de acordo com as modalidades da presente invenção;

[00019] As Figuras 11A a 11C mostram respectivamente os coeficientes de filtro dos filtros de interpolação de 8 derivações determinados com base em uma localização de interpolação e um tamanho de filtro de janela, de acordo com as modalidades da presente invenção;

[00020] As Figuras 12A e 12B mostram respectivamente os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação luma regularizado e um filtro de interpolação croma regularizado, de acordo com as modalidades da presente invenção;

[00021] A Figura 13A é um diagrama de blocos de um aparelho

de codificação de vídeo utilizando um filtro de interpolação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00022] A Figura 13B é um diagrama de blocos de um aparelho de decodificação de vídeo utilizando um filtro de interpolação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00023] A Figura 14A é um fluxograma de um método de codificação de imagem utilizando um filtro de interpolação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00024] A Figura 14B é um fluxograma de um método de decodificação de imagem utilizando um filtro de interpolação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00025] A Figura 15 é um diagrama para descrever um conceito de unidades de codificação de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00026] A Figura 16 é um diagrama de blocos de um codificador de imagem com base nas unidades de codificação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00027] A Figura 17 é um diagrama de blocos de um decodificador de imagem com base nas unidades de codificação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00028] A Figura 18 é um diagrama ilustrando unidades de codificação mais profundas de acordo com as profundidades, e partições, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00029] A Figura 19 é um diagrama para descrever uma relação entre uma unidade de codificação e unidades de transformação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00030] A Figura 20 é um diagrama para descrever informação de codificação das unidades de codificação correspondendo a uma profundidade codificada, de acordo com uma modalidade da

presente invenção;

[00031] A Figura 21 é um diagrama de unidades de codificação mais profundas de acordo com as profundidades, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00032] As Figuras 22 a 24 são diagramas para descrever uma relação entre as unidades de codificação, unidades de predição, e unidades de transformação, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[00033] A Figura 25 é um diagrama para descrever uma relação entre uma unidade de codificação, uma unidade de predição ou uma partição, e uma unidade de transformação, de acordo com uma informação de modo de codificação da Tabela 1;

[00034] A Figura 26 é um fluxograma de um método de codificação de vídeo utilizando um filtro de interpolação com base nas unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, de acordo com uma modalidade da presente invenção; e

[00035] A Figura 27 é um fluxograma de um método de decodificação de vídeo utilizando um filtro de interpolação com base nas unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

#### Melhor Modo

[00036] De acordo com um aspecto da presente invenção, é provido um método de interpolação de imagem utilizando um filtro de interpolação com base em transformação, o método incluindo, de acordo com um local de interpolação unidade sub-pel em uma região suportada pelos filtros de interpolação para gerar pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel localizado entre pixels de unidade pel inteiro individualmente, selecionando um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico no que diz respeito à localização de

interpolação entre os filtros de interpolação e geração de pelo menos uma unidade sub-pel de valor de pixel mediante interpolação dos pixels de unidades pel inteiro usando o filtro de interpolação selecionada.

[00037] filtro de interpolação simétrico pode incluir os mesmos números de coeficientes de filtro para ambos os lados do local de interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação simétrico, e o filtro de interpolação assimétrico pode incluir um número diferente de coeficientes de filtro para ambos os lados do local de interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação assimétrico.

[00038] A geração de pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel pode incluir, se o filtro de interpolação assimétrico é selecionado, a realização de filtragem utilizando os coeficientes de filtro do filtro de interpolação assimétrico para suportar os pixels de unidades pel inteiro, assimetricamente localizados em ambos os lados o local de interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação assimétrico, e, se o filtro de interpolação simétrico for escolhido, realizar a filtragem utilizando os coeficientes de filtro do filtro de interpolação simétrico para apoiar pixels de unidades pel inteiro situados simetricamente em ambos os lados da localização interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação simétrico.

[00039] A geração de pelo menos um valor de pixel de unidades sub-pel pode incluir, se um filtro de interpolação de número ímpar de derivações assimétricas, incluindo um número ímpar de coeficientes de filtro for selecionado dentre os filtros de interpolação, que executa a filtragem através do número ímpar de coeficientes de filtro do filtro de interpolação de número

ímpar de derivações assimétricas para suportar um número ímpar de pixels de unidades pel inteiro localizados em ambos os lados do local de interpolação em uma região suportada pelo filtro de interpolação de número ímpar de derivações assimétricas, e, se um filtro de interpolação de número par de derivações simétricas, incluindo um número par de coeficientes de filtro for escolhido entre os filtros de interpolação, realizar filtragem usando o número par de coeficientes de filtro do filtro de interpolação de número par de derivações simétricas para suportar um número par de pixels de unidades pel inteiro localizados em ambos os lados do local de interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação de número par de derivações simétricas.

[00040] Cada um dos filtros de interpolação pode incluir, para interpolar os pixels de unidades pel inteiro num domínio espacial, os coeficientes de filtro obtidos pela combinação de um filtro que utiliza uma pluralidade de funções básicas para transformação e transformação inversa, e um filtro de janela simétrico ou assimétrico.

[00041] A seleção do filtro de interpolação pode incluir a seleção, dentre os filtros de interpolação, de um filtro de interpolação regularizada para minimizar um erro de frequência de resposta gerado como um resultado de interpolação utilizando o filtro de interpolação selecionado, e o filtro de interpolação regularizado pode incluir i) um filtro de interpolação de unidade 1/4-pel dos coeficientes de filtro incluindo 7-derivações  $\{-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1\}$  e que tem um tamanho de janela de 8.7, e ii) um filtro de interpolação de unidade 1/2-pel incluindo os coeficientes de filtro de 8-derivações  $\{-1, 4, -11, 40, 40, 11, 4, -1\}$  e tendo um tamanho

de janela de 9.5.

[00042] De acordo com outro aspecto da presente invenção, é provido um aparelho de interpolação de imagem utilizando um filtro de interpolação com base em transformação, o aparelho inclui um seletor de filtro para, de acordo com um local de interpolação de unidade sub-pel em uma região suportada pelos filtros de interpolação para gerar pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel localizada entre pixels de unidades pel inteiro individualmente, selecionando um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico no que diz respeito à localização de interpolação entre os filtros de interpolação e um interpolador para gerar, pelo menos um valor de unidade sub-pel de pixel mediante interpolação dos pixels de unidades pel inteiro usando o filtro de interpolação selecionado.

[00043] De acordo com outro aspecto da presente invenção, é provido um aparelho de codificação de vídeo através de um filtro de interpolação de imagem, incluindo o aparelho um codificador para, de acordo com um local de interpolação de unidade sub-pel em uma região suportada pelos filtros de interpolação para gerar pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel localizado entre pixels de unidades pel inteiro, selecionar individualmente para cada bloco de uma imagem de entrada um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico no que diz respeito à localização de interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação selecionado dentre o filtros de interpolação, gerando, pelo menos, um valor de pixel de unidade sub-pel mediante interpolação dos pixels de unidades pel inteiro usando o filtro de interpolação selecionado, realizando a codificação de predição, e realizar a transformação e a quantização em um resultado de predição de

acordo com a codificação de predição; uma unidade de saída para emitir um fluxo de bits gerado através da realização de codificação de entropia em coeficientes de transformação quantificados e informação de codificação, e uma unidade de armazenamento para armazenar os coeficientes de filtro dos filtros de interpolação.

[00044] De acordo com outro aspecto da presente invenção, é provido um aparelho de decodificação de vídeo através de um filtro de interpolação de imagem, o aparelho incluindo um receptor e um extrator para receber um fluxo de bits codificado de um vídeo, que executa a decodificação de entropia e de análise, e extrair informação de codificação e dados codificados de uma imagem de vídeo; um decodificador para a realização de quantificação inversa e a transformação inversa de coeficientes de transformação quantificados dos dados codificados de um bloco atual da imagem, de acordo com um local de interpolação de unidade sub-pel em uma região suportada pelos filtros de interpolação para gerar pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel localizado entre pixels de unidades pel inteiro, selecionando, individualmente, um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico no que diz respeito à localização de interpolação entre os filtros de interpolação, gerando, pelo menos, um valor de pixel de unidade sub-pel mediante interpolação dos pixels de unidades pel inteiro usando o filtro de interpolação selecionada, e realizando predição de decodificação para restaurar a imagem, e uma unidade de armazenamento para armazenar coeficientes de filtro dos filtros de interpolação.

[00045] De acordo com outro aspecto da presente invenção, é provido um meio de gravação legível por computador tendo nele

gravado um programa para executar o método acima.

#### Modo da invenção

[00046] Na descrição seguinte, uma 'imagem' pode se referir de forma abrangente a uma imagem em movimento, tal como um vídeo, assim como uma imagem fixa.

[00047] Interpolação utilizando um filtro de interpolação assimétrico e um filtro de interpolação simétrico considerando suavização, de acordo com uma modalidade da presente invenção, é descrita com referência às figuras 1 a 12B. Além disso, a codificação e a decodificação de vídeo através de um filtro de interpolação assimétrico e de um filtro de interpolação simétrico, de acordo com uma modalidade da presente invenção, estão descritas com referência às figuras 13A a 27. Especificamente, a codificação e a decodificação de vídeo através de um filtro de interpolação assimétrico e de um filtro de interpolação simétrico com base nas unidades codificação que têm uma estrutura em árvore, de acordo com uma modalidade da presente invenção, são descritas com referência às figuras 15 a 25.

[00048] Interpolação utilizando um filtro de interpolação assimétrico e um filtro de interpolação simétrico considerando suavização, de acordo com uma modalidade da presente invenção, será descrita agora, em detalhe, com referência às figuras 1 a 12B.

[00049] A Figura 1 é um diagrama de blocos de um aparelho de interpolação de imagem 10 de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[00050] aparelho de interpolação de imagem 10 considerando suavização inclui um seletor de filtro 12 e um interpolador 14. Operações do seletor de filtro 12 e do interpolador 14 do

aparelho de interpolação de imagem 10 podem ser controladas de forma cooperativa mediante um processador de codificação de vídeo, uma unidade de processamento central (na sigla em inglês para *Central Processing Unity*, CPU), e um processador gráfico.

[00051] aparelho de interpolação de imagem 10 pode receber uma imagem de entrada e pode gerar valores de pixel de unidade sub-pel mediante interpolação de pixels de unidade de pel inteiro. A imagem de entrada pode ser uma sequência de ilustrações, uma ilustração, um quadro, ou blocos de um vídeo.

[00052] seletor de filtro 12 pode selecionar diferentemente um filtro de interpolação para gerar pelo menos um valor de pixel de unidade sub-pel localizado entre unidades de pel inteiro, com base em um local de interpolação de unidade sub-pel.

[00053] interpolador 14 pode interpolar pixels de unidade de pel inteiro adjacentes ao local de interpolação de unidade sub-pel mediante uso do filtro de interpolação selecionado pelo seletor de filtro 12, desse modo gerando valores de pixel de unidade sub-pel. Filtração de interpolação dos pixels de unidade de pel inteiro para gerar valores de pixel de unidade sub-pel pode incluir filtração de interpolação de valores de pixel de referência de unidade de pel inteiro incluindo pixels de unidade de pel inteiro adjacentes ao local de interpolação de unidade sub-pel em uma região suportada pelo filtro de interpolação.

[00054] filtro de interpolação de acordo com uma modalidade pode incluir coeficientes de filtro para transformar pixels de referência de unidade de pel inteiro com base em uma pluralidade de funções básicas, e para transformar

inversamente uma pluralidade de coeficientes gerados como um resultado de transformação.

[00055] filtro de interpolação pode ser um filtro unidimensional ou um filtro bidimensional. Se o filtro de interpolação selecionado for um filtro unidimensional, o interpolador 14 pode realizar seqüencialmente a filtração mediante uso de filtros de interpolação unidimensionais em duas ou mais direções, gerando assim um valor atual de pixel de unidade sub-pel.

[00056] seletor de filtro 12 pode selecionar individualmente um filtro de interpolação de acordo com o local de interpolação de unidade sub-pel. O filtro de interpolação pode incluir um filtro de interpolação simétrico incluindo os mesmos números de coeficientes de filtro em ambos os lados de um local de interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação simétrico, e um filtro de interpolação assimétrico, incluindo um número diferente de coeficientes de filtro em ambos os lados de uma interpolação localização numa região suportada pelo filtro de interpolação assimétrico. O seletor de filtro 12 pode selecionar, individualmente, um filtro de interpolação simétrico e um filtro de interpolação assimétrico de acordo com a localização de interpolação de unidade sub-pel.

[00057] Por exemplo, um filtro de interpolação de 7 derivações pode incluir três coeficientes de filtro e quatro coeficientes de filtro para ambos os lados de um local de interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação de 7-derivações. Neste caso, o filtro de interpolação de 7-derivações pode ser considerado como um filtro de interpolação assimétrico.

[00058] Por exemplo, um filtro de interpolação de 8 derivações pode incluir quatro coeficientes de filtro e quatro coeficientes de filtro para ambos os lados de um local de interpolação numa região suportada pelo filtro de interpolação de 8 derivações. Neste caso, o filtro de interpolação de 8 derivações pode ser considerado como um filtro de interpolação simétrico.

[00059] Se o seletor de filtro 12 seleciona um filtro de interpolação assimétrico, o interpolador 14 pode executar a filtragem em pixels de unidades de pel inteiro, assimetricamente situados em relação a um local de interpolação. Caso contrário, se um filtro de interpolação simétrico é selecionado, o interpolador 14 pode executar a filtragem em pixels de unidades de pel inteiro, simetricamente em relação a um local de interpolação.

[00060] filtro de interpolação pode incluir um filtro de interpolação assimétrico de número ímpar de derivações incluindo um número ímpar de coeficientes de filtro, e um filtro de interpolação simétrico de número par de derivações, incluindo um número par de coeficientes de filtro. O seletor de filtro 12 pode selecionar individualmente um filtro de interpolação assimétrico de número ímpar de derivações e um filtro de interpolação simétrico de número par de derivações de acordo com o local de interpolação de unidade sub-pel. Por exemplo, um filtro de interpolação de unidade 1/2-pel e um filtro de interpolação unidade 1/4-pel podem ser individualmente diferentes e selecionados. Assim, um filtro de interpolação de 8-derivações, ou seja, um filtro de interpolação simétrico de número par de derivações pode ser selecionado como o filtro de interpolação de unidade 1/2-pel,

e um filtro de interpolação 7-derivações, ou seja, um filtro de interpolação assimétrico de número ímpar de derivações pode ser selecionado como o filtro de interpolação de unidade 1/4-pel.

[00061] Para interpolar pixels de unidades de pel inteiro num domínio espacial, cada filtro de interpolação pode ser obtido através da combinação de coeficientes de filtro para efetuar a transformação e a transformação inversa, utilizando uma pluralidade de funções básicas, e coeficientes de filtro de janela para a realização de filtragem passa baixa.

[00062] filtro de interpolação pode ser gerado com base em um filtro de janela que é assimétrico em relação a um local ou um filtro de interpolação de janela que é simétrico em relação a um local de interpolação.

[00063] filtro de interpolação assimétrico também pode ser gerado pela combinação de um filtro para realizar a transformação e a transformação inversa com base numa pluralidade de funções básicas, e um filtro de janela assimétrico.

[00064] Se um filtro de interpolação de número ímpar de derivações é selecionado, o interpolador 14 pode executar a filtragem em um número ímpar de pixels de unidades pel inteiro, localizados em relação a um local de interpolação, utilizando um número ímpar de coeficientes de filtro do filtro de interpolação de número ímpar de derivações.

[00065] Se um filtro de interpolação de número par de derivações é selecionado, o interpolador 14 pode executar a filtragem em um número par de pixels de unidades de pel inteiro, localizados em relação a um local de interpolação, usando um mesmo número de coeficientes de filtro do filtro de

interpolação de número par de derivações.

[00066] filtro de interpolação de número ímpar de derivações pode incluir um número diferente de coeficientes de filtro para ambos os lados de um local de interpolação de uma região de suporte correspondente e, portanto, pode ser um filtro de interpolação assimétrico. O filtro de interpolação número par de derivações pode ser um filtro de interpolação simétrico incluindo os mesmos números de coeficientes de filtro em ambos os lados de um local de interpolação em uma região de suporte correspondente.

[00067] seletor de filtro 12 pode selecionar um filtro de interpolação regularizada para minimizar um erro de resposta de freqüência gerado como um resultado de interpolação usando o filtro de interpolação. Por exemplo, o filtro de interpolação regularizado podem incluir i) um filtro de interpolação de unidade 1/4-pel incluindo os coeficientes de filtro de 7-derivações  $\{-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1\}$  e que tem um tamanho de janela de 8.7, e ii) um filtro de interpolação dos coeficientes de filtro de unidade 1/2-pel incluindo 8-derivações  $\{-1, 4, -11, 40, 40, 11, 4, -1\}$  e que tem um tamanho de janela de 9.5.

[00068] Além disso, o seletor de filtro 12 pode individualmente e de forma diferente selecionar um filtro de interpolação de acordo com os componentes de cor. Por exemplo, o filtro de interpolação regularizada para pixels de luma pode ser determinado como um filtro de interpolação de unidade 1/4-pel de 7-derivações e um filtro de interpolação unidade 1/2-pel de 8-derivações.

[00069] filtro de interpolação regularizada para pixels de croma pode ser determinado como filtros de interpolação de

unidade 1/8-pel, de unidade 1/4-pel e de unidade 1/2-pel de 4-derivações. O filtro de interpolação regularizada determinado por pixels de croma podem incluir i) um filtro de interpolação de unidade 1/8-pel incluindo os coeficientes de filtro de 4-derivações {-2, 58, 10, -2} para uma localização de interpolação de 1/8 e que tem uma suavidade de 0.012, ii) um filtro de interpolação de unidade 1/4-pel incluindo os coeficientes de filtro de 4-derivações {-4, 54, 16, -2} para uma localização de interpolação de 1/4 e que tem uma suavidade de 0,016, iii) um filtro de interpolação de unidade 1/8-pel, incluindo os coeficientes de filtro de 4-derivações {-6, 46, 28, -4} para uma localização de interpolação 3/8 e que tem uma suavidade de 0,018, e iv) um filtro de interpolação de unidade 1/2-pel, incluindo os coeficientes de filtro de 4-derivações {-4, 36, 36, -4} para uma localização de interpolação de 1/2 e tendo uma suavidade de 0,02

[00070] filtro de interpolação pode ser um filtro simétrico espelho refletor em que um coeficiente de filtro  $F(\alpha)$  de uma localização de interpolação  $\alpha$  e um coeficiente de filtro  $f_1(1-\alpha)$  de uma localização de interpolação  $(1-\alpha)$  pode ser o mesmo.

[00071] filtro de interpolação de unidade 1/4-pel para pixels de luma pode ser um filtro simétrico espelho refletor. Deste modo, um filtro de interpolação para a localização de interpolação de 1/4 e um filtro de interpolação para um local de interpolação 3/4 podem incluir simetricamente os mesmos coeficientes. Se um filtro de interpolação de unidade 1/4-pel de 7-derivações de luminância inclui coeficientes de filtro {1, 4, -10, 58, 17, -5, 1} de uma localização de interpolação de 1/4, pode incluir os coeficientes de filtro {1, -5, 17, 58, -10, 4, -1} de um local de interpolação de 3/4.

[00072] filtro de interpolação de unidade 1/8-pel para pixels de croma pode ser um filtro simétrico espelho refletor. Deste modo, um filtro de interpolação para a localização de interpolação de 1/8 e um filtro de interpolação para a localização de interpolação de 7/8 podem incluir simetricamente os mesmos coeficientes. Do mesmo modo, um filtro de interpolação para a localização de interpolação de 3/8 e um filtro de interpolação para a localização de interpolação de 5/8 podem incluir simetricamente os mesmos coeficientes. O filtro de interpolação pode ser determinado com base em um filtro de interpolação com base em transformação, incluindo os coeficientes de filtro determinados, utilizando uma pluralidade de funções básicas. Além disso, um filtro de interpolação suavizado modificado a partir do filtro de interpolação com base em transformação pode ser utilizado para efetuar a filtragem, variando a sua suavidade de acordo com a distância entre um local de interpolação e pixels de unidades de pel inteiro.

[00073] A suavidade do filtro de interpolação suavizada pode ser determinada com base na distância entre um local de interpolação de pixels de unidades de pel inteiro. O filtro de interpolação pode incluir diferentes coeficientes de filtro de acordo com a localização de interpolação de unidade sub-pel e sua suavidade.

[00074] A suavidade do filtro de interpolação suavizada também pode ser determinada com base na distância entre um local de interpolação e os pixels de unidades pel inteiro, adjacentes ao local de interpolação.

[00075] Além disso, o filtro de interpolação pode incluir os coeficientes de filtro para permitir que os pixels de

referência de unidade de pel inteiro, que estão longe do local de interpolação, sejam suavizados.

[00076] filtro de interpolação suavizada obtido através da combinação de coeficientes de filtro para a realização de transformação e de transformação inversa e coeficientes de filtro de janela para a realização de filtragem passa-baixa podem incluir coeficientes de filtro para dar um grande peso para um pixel de referência de unidade pel inteiro perto do lugar de interpolação e dando um peso pequeno para um pixel de referência de unidade pel inteiro afastado do local de interpolação.

[00077] filtro de interpolação suavizada pode incluir os coeficientes de filtro para suavização de pixels de referência de unidade pel inteiro, transformando os pixels de referência de unidade pel inteiro, suavizados, utilizando uma pluralidade de funções básicas, e inversamente transformando uma pluralidade de coeficientes gerados como um resultado da transformação.

[00078] filtro de interpolação suavizada pode incluir diferentes coeficientes de filtro de acordo com o seu comprimento, bem como a localização de interpolação de unidade sub-pel e a sua suavidade.

[00079] Além disso, o filtro de interpolação suavizada pode incluir diferentes coeficientes de filtro de acordo com uma relação de escalonamento, como um resultado de interpolação, bem como a localização de interpolação de unidade sub-pel, a sua suavidade e a sua extensão. O seletor de filtro 12 pode selecionar um filtro de interpolação suavizada dos quais os coeficientes de filtro são aumentados para números inteiros. O interpolador 14 regulariza os valores de pixel gerados usando

o filtro de interpolação suavizada, selecionado pelo seletor de filtro 12.

[00080] Além disso, o seletor de filtro de 12 pode de forma diferente selecionar um filtro de interpolação de acordo com as características de pixel. O interpolador 14 pode gerar valores de pixel de unidade sub-pel usando o filtro de interpolação diferente selecionado de acordo com as características de pixel.

[00081] filtro de interpolação selecionável pelo seletor filtro 12 pode incluir um filtro de interpolação suavizada e um filtro de interpolação geral que não considera a suavização. Assim, de acordo com as características de imagem, o seletor de filtro 12 pode selecionar um filtro de interpolação geral que não considera absolutamente a suavização.

[00082] Por exemplo, de acordo com outra modalidade, o aparelho de interpolação de imagem de 10 pode efetuar a interpolação de imagem, usando diferentes filtros de interpolação de acordo com os componentes de cor.

[00083] De acordo com outra modalidade, o seletor de filtro 12 pode de forma diferente selecionar um filtro de interpolação com base no local de interpolação de unidade sub-pel e um componente de cor de um pixel de fonte atual. De acordo com outra modalidade, o interpolador 14 pode interpolar pixels de unidades pel inteiro usando o filtro de interpolação selecionado, gerando desse modo, pelo menos, um valor de pixel de unidade sub-pel.

[00084] Por exemplo, o seletor de filtro 12 pode de forma diferente determinar um filtro de interpolação de um componente de luminância e um filtro de interpolação de uma

componente de crominância.

[00085] Para interpolar um pixel de crominância, o seletor de filtro 12 pode selecionar um filtro de interpolação suavizada com uma suavidade superior a de um filtro de interpolação de um pixel de luminância.

[00086] Além disso, para interpolar um pixel de crominância, pode ser selecionado um filtro de interpolação incluindo os coeficientes de filtro determinados com base num parâmetro de suavização tendo uma suavidade maior do que a de um filtro de interpolação de um pixel de luminância, ou um filtro de interpolação incluindo os coeficientes de filtro combinado com um filtro de janela para remoção de mais componentes de alta freqüência do que um filtro de interpolação para um pixel luma.

[00087] Para obter um resultado de interpolação suave de um componente de crominância, pode ser selecionado um filtro de interpolação suavizada obtido através da combinação de coeficientes de filtro para efetuar a transformação e a transformação inversa com base numa pluralidade de funções básicas, e os coeficientes de filtro de janela para a realização de filtragem passa-baixa.

[00088] aparelho de interpolação de imagem 10 pode incluir uma CPU (não mostrada) para controlar de forma abrangente do seletor de filtro 12 e do interpolador 14. Alternativamente, o seletor de filtro 12 e o interpolador 14 podem ser acionados por processadores individuais (não mostrados) e os processadores podem operar em cooperação uns com os outros, operando, assim, todo o aparelho de interpolação de imagem 10. Alternativamente, um processador (não mostrado) fora do aparelho de interpolação de imagem 10 pode controlar o seletor

de filtro 12 e do interpolador 14.

[00089] aparelho de interpolação de imagem 10 pode incluir uma ou mais unidades de armazenamento de dados (não mostradas) para armazenamento de dados de entrada/saída (I/O) do seletor de filtro 12 e do interpolador 14. O aparelho de interpolação de imagem 10 também pode incluir um controlador de memória (não mostrado) para controlar os dados de I/O de unidades de armazenamento de dados (não mostradas).

[00090] aparelho de interpolação de imagem 10 pode incluir um processador adicional, incluindo um circuito para executar interpolação de imagem. Alternativamente, o aparelho de interpolação de imagem 10 pode incluir um meio de armazenamento no qual um módulo de interpolação imagem é gravado e a CPU pode chamar e acionar o módulo de interpolação de imagem, de modo a executar a interpolação de imagem.

[00091] Interpolação de imagem é utilizada para transformar uma imagem de baixa qualidade em uma imagem de alta qualidade, para transformar uma imagem entrelaçada em uma imagem progressiva, ou para amostragem ascendente de uma imagem de baixa qualidade para uma imagem de alta qualidade. Além disso, quando um aparelho de codificação de vídeo codifica uma imagem, um estimador de movimento e compensador podem realizar predição inter usando um quadro de referência interpolado. A precisão da predição inter pode ser aumentada pela interpolação de um quadro de referência para gerar uma imagem de alta qualidade, e realizar estimativa de movimento e compensação com base na imagem de alta qualidade. Do mesmo modo, quando um aparelho de decodificação de imagem decodifica uma imagem, um compensador de movimento pode executar a compensação de movimento por meio de um quadro de referência

interpolado, aumentando assim a precisão de predição inter.

[00092] Além disso, o filtro de interpolação suavizada utilizado pelo aparelho de interpolação de imagem 10 pode obter um resultado de interpolação suave, mediante redução dos componentes de alta frequência em um resultado de interpolação utilizando um filtro de interpolação. Uma vez que os componentes de alta frequência reduzem a eficiência da compressão de imagem, a eficiência de codificação e de decodificação de imagem pode também ser melhorada através de execução de interpolação de imagem de suavidade ajustável.

[00093] Além disso, um filtro de interpolação simétrico em que os coeficientes de filtro são localizados simetricamente em relação a uma localização de interpolação, ou um filtro de interpolação assimétrico, em que os coeficientes de filtro são localizados assimetricamente em relação a um local de interpolação, pode ser utilizado seletivamente. Além disso, como um filtro de interpolação, um filtro de interpolação de número ímpar de derivações, ou um filtro de interpolação de número par de derivações, pode ser usado seletivamente de acordo com o local de interpolação. Consequentemente, o aparelho de interpolação de imagem de 10 pode efetuar a filtragem de interpolação de imagem em pixels de unidades pel inteiro localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação, bem como pixels de unidade de pel inteiro situados simetricamente em relação a um local de interpolação.

[00094] Interpolação utilizando um filtro de interpolação obtida combinando os coeficientes de filtro para efetuar a transformação e a transformação inversa com base numa pluralidade de funções básicas, e os coeficientes de filtro de

janela, de acordo com modalidades da presente invenção, será agora descrita em detalhe com referência às figuras 2 a 7B.

[00095] A Figura 2 é um diagrama para descrever uma relação entre uma unidade de pel inteiro e uma unidade sub-pel.

[00096] Com referência à Figura 2, o aparelho de interpolação de imagem 10 gera valores de pixel de locais 'X' mediante interpolação de valores de pixel de unidade de pel inteiro de locais '0' de um bloco predeterminado 20 em um domínio espacial. Os valores de pixel dos locais 'X' são valores de pixel de unidade sub-pel de locais de interpolação determinados por  $\alpha_x$  e  $\alpha_y$ . Embora a Figura 2 ilustre que o bloco predeterminado 20 é um bloco 4x4, será facilmente entendido por aqueles de conhecimento comum na técnica que o tamanho de bloco não é limitado a 4x4 e pode ser maior ou menor do que 4x4.

[00097] No processamento de vídeo, um vetor de movimento é usado para realizar compensação de movimento e predição em uma imagem atual. Com base na codificação de predição, uma imagem previamente decodificada é referida de modo a predizer uma imagem atual, e um vetor de movimento indica um ponto predeterminado de uma imagem de referência. Portanto, um vetor de movimento indica uma unidade de pel inteiro de uma imagem de referência.

[00098] Contudo, um pixel a ser referido por uma imagem atual pode estar localizado entre pixels de unidade de pel inteiro de uma imagem de referência. Tal local é referido como um local de unidade sub-pel. Como um pixel não existe em um local de unidade sub-pel, um valor de pixel de unidade sub-pel é meramente predito mediante uso de valores de pixel de unidade de pel inteiro. Em outras palavras, um valor de pixel de

unidade sub-pel é estimado mediante interpolação de pixels de unidade de pel inteiro.

[00099] Um método de interpolar pixels de unidade de pel inteiro será descrito agora em detalhe com referência às Figuras 3, e 4A a 4C.

[000100] A Figura 3 é um diagrama ilustrando pixels adjacentes de unidade de pel inteiro a serem referidos de modo a se determinar um valor de pixel de unidade sub-pel, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000101] Com referência à Figura 3, o aparelho de interpolação de imagem 10 gera um valor de pixel de unidade sub-pel 35 de um local de interpolação mediante interpolação de valores de pixel de unidade de pel inteiro 31 e 33 em um domínio espacial. O local de interpolação é determinado por  $\alpha$ .

[000102] As Figuras 4A a 4C são diagramas ilustrando exemplos de pixels de unidade de pel inteiro a serem referidos de modo a determinar um valor de pixel de unidade sub-pel, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000103] Com referência à Figura 4A, para gerar o valor de pixel de unidade sub-pel 35 mediante interpolação dos dois valores de pixel de unidade de pel inteiro 31 e 33, diversos valores de pixels de unidade de pel inteiro adjacentes 37 e 39 incluindo os valores de pixel de unidade de pel inteiro 31 e 33, são utilizados. Em outras palavras, os pixels de ordem 0 e o 1º pixel podem ser interpolados mediante realização de filtração de interpolação unidimensional em valores de pixel 2M a partir de um valor de pixel  $-(M-1)^\circ$  até um valor de pixel  $M^\circ$ .

[000104] Além disso, embora a Figura 4A ilustre que valores de pixel em uma direção horizontal são interpolados, filtração de

interpolação unidimensional pode ser realizada mediante uso de valores de pixel em uma direção vertical ou diagonal.

[000105] Com referência à Figura 4B, um valor de pixel  $P(\alpha)$  de um local de interpolação  $\alpha$  pode ser gerado mediante interpolação dos pixels  $P_0$  41 e  $P_1$  43 que são adjacentes um ao outro em uma direção vertical. Quando as Figuras 4A e 4B são comparadas, seus métodos de filtração de interpolação são similares e a única diferença entre os mesmos é que os valores de pixel 47 e 49 alinhados em uma direção vertical são interpolados na Figura 4B enquanto que os valores de pixel 37 e 39 alinhados em uma direção horizontal são interpolados na Figura 4A.

[000106] Com referência à Figura 4C, similarmente, um valor de pixel 44 do local de interpolação  $\alpha$  é gerado mediante interpolação de dois valores de pixel adjacentes 40 e 42. A única diferença a partir da Figura 4A é que os valores de pixel 46 e 48 alinhados em uma direção diagonal são usados em vez dos valores de pixel 37 e 39 alinhados em uma direção horizontal.

[000107] Além das direções mostradas nas Figuras 4A a 4C, filtração de interpolação unidimensional pode ser realizada em várias direções.

[000108] Filtração de interpolação pode ser realizada para interpolar pixels de unidade de pel inteiro para gerar um valor de pixel de unidade sub-pel. A filtração de interpolação pode ser representada pela seguinte equação.

$$p(\alpha) = f(\alpha) \times p = \sum_{-M+1}^M f_m \cdot p_m$$

[000109] Um valor de pixel  $p(x)$  é gerado mediante realização

de interpolação com base em um produto de pontos de um vetor  $P$  de pixels de referência de unidade de pel inteiro  $2M$   $\{p_m\} = \{p_{-M+1}, p_{-M+2}, \dots, p_0, p_1, \dots, p_M\}$  e um vetor  $f(x)$  de coeficientes de filtro  $\{f_m\} = \{f_{-M+1}, f_{-M+2}, \dots, f_0, f_1, \dots, f_M\}$ . Como um coeficiente de filtro  $f(\alpha)$  varia com base no local de interpolação  $\alpha$  e um valor de pixel  $p(\alpha)$  obtido mediante realização de interpolação é determinado com base no coeficiente de filtro  $f(\alpha)$ , um filtro de interpolação selecionado, isto é, o coeficiente de filtro determinado  $f(x)$  influencia muito o desempenho da filtração de interpolação.

[000110] Interpolação de imagem utilizando transformação e transformação inversa com base em funções básicas, e um método de determinar um filtro de interpolação serão descritos agora em detalhe.

[000111] Um filtro de interpolação utilizando transformação e transformação inversa inicialmente transforma os valores de pixel mediante uso de uma pluralidade de funções básicas tendo diferentes componentes de frequência. A transformação pode incluir todos os tipos de transformação a partir dos valores de pixel em um domínio espacial em coeficientes em um domínio de transformação, e pode ser transformação discreta de cosseno (na sigla em inglês para *discrete cosene transformation*, DCT). Valores de pixel de unidade de pel inteiro são transformados mediante uso de uma pluralidade de funções básicas. Um valor de pixel pode ser um valor de pixel luma ou um valor de pixel croma. Funções básicas não são limitadas às funções básicas específicas e podem incluir todas as funções básicas para transformar valores de pixel em um domínio espacial em valores de pixel em um domínio de transformação. Por exemplo, uma função básica pode ser uma função de cosseno ou de seno para

realizar DCT e DCT inversa (IDCT). Alternativamente, várias funções básicas tal como uma função spline e uma função polinomial podem ser usadas. Além disso, DCT pode ser DCT modificado (MDCT) ou MDCT com janelamento.

[000112] filtro de interpolação utilizando transformação e transformação inversa muda as fases das funções básicas usadas para realizar transformação e transforma inversamente os valores de uma pluralidade de coeficientes gerados mediante uso das funções básicas de fase mudada, isto é, valores em um domínio de transformação. Como um resultado de transformação inversa, valores de pixel em um domínio espacial são produzidos e os valores produzidos podem ser valores de pixel de um local de interpolação.

[000113] Coeficientes de Filtro utilizando Transformação Ortogonal e Transformação Inversa com Base em Funções Básicas Ortogonais

[000114] Um caso quando o interpolador 14 realiza filtração de interpolação utilizando transformação e transformação inversa com base nas funções básicas ortogonais, será descrito agora em detalhe. Especificamente, DCT é descrito como um exemplo da transformação.

[000115] Por exemplo, com referência à Figura 4A, para gerar o valor de pixel de unidade sub-pel 35 mediante interpolação de dois valores de pixel de unidade de pel inteiro 31 e 33, mediante uso de uma pluralidade de valores de pixels adjacentes de unidade de pel inteiro 37 e 39 incluindo os valores de pixel de unidade de pel inteiro 31 e 33, os pixels de ordem 0 e os primeiros pixels podem ser interpolados mediante realização de DCT unidimensional em valores de pixel  $2M$  a partir de um valor de pixel  $-(M-1)^\circ$  até um valor de pixel

M°, e realizando IDCT unidimensional com base em funções básicas de fase mudada.

[000116] interpolador 14 inicialmente realiza DCT unidimensional em valores de pixel de unidade de pel inteiro. DCT unidimensional pode ser realizado conforme representado na Equação 38.

Equação 38

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

**0 ≤ k ≤ 2M-1**

[000117] p(l) representa os valores de pixel 37 e 39 a partir de um valor de pixel -(M-1)° até um valor de pixel M°; e Ck representa uma pluralidade de coeficientes em um domínio de frequência, que são gerados mediante realização de DCT unidimensional nos valores de pixel 37 e 39. Nesse caso, k é um número inteiro positivo que satisfaz à condição acima da Equação 38.

[000118] Após o DCT unidimensional ser realizado nos valores de pixel 37 e 39 mediante uso da Equação 38, o interpolador 14 realiza transformação inversa nos coeficientes conforme representado na Equação 39.

Equação 39

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

[000119] representa um local de interpolação entre dois valores de pixel conforme ilustrado na Figura 13, e pode ter diversos valores fracionários tais como 1/2, 1/4, 3/4, 1/8, 3/8, 5/8, 7/8, 1/16, etc. O valor fracionário não é limitado a um valor específico, e α pode ser um valor real em vez de um

valor fracionário.  $P(\alpha)$  representa o valor de pixel de unidade sub-pel 35 do local de interpolação  $\alpha$ , o qual é gerado como um resultado IDCT unidimensional.

[000120] Quando a Equação 39 é comparada com a Equação 38, a fase de uma função de cosseno que é uma função básica usada para realizar IDCT é determinada com base em um número fracionário  $\alpha$  em vez de um número inteiro 1, e assim é diferente da fase de uma função básica usada para realizar DCT unidimensional. Em outras palavras, a fase de cada função básica usada para realizar transformação inversa, isto é, uma função de cosseno, é mudada com base em  $2\alpha$ . Se o interpolador 14 realiza IDCT com base nas funções de cosseno de fase mudada de acordo com a Equação 39, o valor de pixel de unidade sub-pel 35 do local de interpolação  $\alpha$ , isto é,  $P(\alpha)$ , é gerado.

[000121] DCT de acordo com a Equação 38 é expresso por uma equação de matriz representada na Equação 40.

Equação 40

$$C = D \times REF$$

[000122] Aqui,  $C$  é uma matriz  $2M \times 1$  dos coeficientes  $2M$  descritos acima em relação à Equação 38, e  $REF$  é uma matriz  $2M \times 1$  dos valores de pixel de unidade de pel inteiro, isto é,  $P_{(M-1)}, \dots, P_M$  valores de pixel, descritos acima em relação à Equação 38. O número de valores de pixel de unidade de pel inteiro usados para realizar interpolação, isto é,  $2M$ , se refere ao número de derivações de um filtro de interpolação unidimensional.  $D$  é uma matriz quadrada para realizar DCT unidimensional e pode ser definida conforme representado na Equação 4.

Equação 4

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

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

$$-(M-1) \leq l \leq M$$

[000123]  $k$  e  $l$  são números inteiros que satisfazem às condições acima, e  $D_{kl}$  se refere a uma fileira  $k$  e uma coluna  $l$  da matriz quadrada  $D$  para realizar DCT na Equação 40.  $M$  é o mesmo que aquele da Equação 40.

[000124] IDCT utilizando uma pluralidade de funções básicas de fase mudada de acordo com a Equação 39 é expresso por uma equação de matriz representada na Equação 5.

Equação 5

$$P(\alpha) = W(\alpha) \times C$$

[000125] Aqui,  $P(\alpha)$  é o mesmo que aquele da Equação 39, e  $W(\alpha)$  é uma matriz  $1 \times 2M$  para realizar IDCT unidimensional mediante uso de uma pluralidade de funções básicas de fase mudada e pode ser definido como representado na Equação 6.

Equação 6

$$W_0(\alpha) = \frac{1}{2},$$

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

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

[000126]  $k$  é um número inteiro que satisfaz à condição acima, e  $W_k(\alpha)$  se refere a uma coluna  $k$  da matriz  $W(\alpha)$  descrita acima em relação à Equação 5. Um filtro  $F(\alpha)$  para realizar DCT unidimensional e IDCT unidimensional utilizando uma pluralidade de funções básicas de fase mudada de acordo com as

Equações 3 e 5 pode ser definido como representado na Equação 7.

Equação 7

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

$$F_l(\alpha) = \sum_{k=0}^{2M-1} W_k(\alpha) D_{kl},$$

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

$$-(M-1) \leq l \leq M$$

[000127]  $k$  e  $l$  são números inteiros que satisfazem às condições acima,  $F_l(\alpha)$  se refere a uma coluna  $l$  de  $F(\alpha)$ , e  $W(\alpha)$  e  $D$  são idênticos àqueles da Equação 40.

Coeficientes de Filtro de Interpolação para Interpolação Escalonada

[000128] Vários métodos de geração de filtro de interpolação suavizada de acordo com as modalidades da presente invenção se baseiam em uma pressão aritmética para gerar um número de ponto flutuante em vez de um número inteiro, e valores absolutos de coeficientes de filtro não são normalmente maiores do que 1. Especificamente, um resultado de cálculo de um número real em vez de um número inteiro pode ser gerado por um local de interpolação de unidade sub-pel  $\alpha$ .

[000129] A eficiência do cálculo baseado em número inteiro é maior do que aquela do cálculo baseado em ponto flutuante. Como tal, o aparelho de interpolação de imagem 10 pode aperfeiçoar a eficiência de cálculo de filtração de interpolação mediante escalonamento dos coeficientes de filtro para números inteiros mediante uso de um fator de escala. Além disso, como uma profundidade de bit de valores de pixel é

aumentada, a exatidão da filtração de interpolação também pode ser aperfeiçoada.

[000130] aparelho de interpolação de imagem 10 pode multiplicar os coeficientes de filtro  $f_m(\alpha)$  por intermédio de um valor predeterminado, e pode realizar interpolação de imagem mediante uso de coeficientes de filtro grandes  $F_m(\alpha)$ . Por exemplo, os coeficientes de filtro  $F_m(\alpha)$  podem ser escalados a partir dos coeficientes de filtro  $f_m(\alpha)$  conforme representado na Equação 8.

Equação 8

$$F_m(\alpha) = \text{int}(f_m(\alpha) \cdot 2^n)$$

[000131] Para eficiência de cálculo, o fator de escala pode estar na forma de  $2^n$ .  $n$  pode ser 0 ou um número inteiro positivo. O resultado da filtração de interpolação utilizando coeficientes de filtro escalados por  $2^n$  pode ter uma profundidade de bit escalonada por  $n$  bits em comparação com um resultado obtido mediante uso de coeficientes originais de filtro.

[000132] Filtração de interpolação de cálculo de número inteiro utilizando os coeficientes de filtro escalados  $F_m(\alpha)$  pode satisfazer à Equação 9. Em outras palavras, após a filtração de interpolação ser realizada mediante uso dos coeficientes de filtro escalados  $F_m(\alpha)$ , a profundidade de bits escalados tem que ser reconstruída para uma profundidade de bits original.

Equação 9

$$p(\alpha) = \left( \sum_{-M+1}^M F_m(\alpha) \cdot p_m + \text{offset} \right) \gg n$$

Nesse caso, um deslocamento pode ser de  $2^{n-1}$ .

[000133] Em outras palavras, como um resultado a filtração escalonada utilizando um filtro de interpolação suavizada escalonada tem que ser reduzido por um fator de escala, isto é,  $2^n$  de modo a ser reconstruída para bits originais, uma profundidade de bits do resultado de filtração escalonado pode ser reduzida por  $n$  bits.

[000134] Se filtração de interpolação de duas etapas for realizada mediante realização de uma filtração de interpolação unidimensional em uma direção horizontal e realizando filtração de interpolação unidimensional em uma direção vertical, uma redução pode ser feita por um total de  $2n$  bits. Consequentemente, se um primeiro filtro de interpolação unidimensional for escalonado por  $n_1$  bits e um segundo filtro de interpolação unidimensional for escalonado por  $n_2$  bits, após a filtração de interpolação de duas etapas ser realizada mediante uso do primeiro e do segundo filtro de interpolação unidimensional, uma redução pode ser feita por intermédio de uma soma de  $n_1$  e  $n_2$ , isto é,  $2n$  bits. O primeiro filtro de interpolação unidimensional pode ser um filtro de interpolação que não é escalonado.

[000135] Como uma soma dos coeficientes de filtro de suavização  $f_m(\alpha)$  é 1,

Equação 10

$$\sum_{-M+1}^M f_m(\alpha) = 1$$

[000136] uma condição para normalizar os coeficientes de filtro de suavização escalados  $F_m(\alpha)$  do filtro de interpolação escalonada precisa satisfazer à Equação 11.

Equação 11

$$\sum_{-M+1}^M F_m(\alpha) = 2^n$$

[000137] Contudo, a condição de normalização de acordo com a Equação 25 pode causar um erro de arredondamento. O aparelho de interpolação de imagem 10 pode arredondar os coeficientes de filtro escalados  $F_m(\alpha)$  com base na condição de normalização de acordo com a Equação 11. Para a normalização, alguns dos coeficientes de filtro escalados  $F_m(\alpha)$  podem ser ajustados dentro de uma faixa predeterminada de valores originais. Por exemplo, alguns dos coeficientes de filtro escalados  $F_m(\alpha)$  podem ser ajustados dentro de uma faixa de  $\pm 1$  para corrigir um erro de arredondamento.

[000138] Para um filtro de interpolação tendo um número ímpar de pixels de referência ou de um filtro de interpolação assimétrico em relação a um local de interpolação, o interpolador 14 pode mudar um filtro de interpolação usando transformação e a transformação inversa com base numa pluralidade de funções básicas.

[000139] Interpolação de imagem utilizando um filtro de interpolação de número ímpar de derivações, incluindo um número ímpar de coeficientes de filtro, como um filtro de interpolação usando transformação e transformação inversa com base numa pluralidade de funções básicas, será descrito a seguir.

< Filtro de interpolação assimétrico >

[000140] A figura 5A é um diagrama que descreve um método de filtragem de interpolação utilizando pixels de referência

localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação, para determinar um valor de pixel de unidades sub-pel, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000141] Supõe-se que, para calcular um pixel  $p(\alpha)$  50 de uma localização interpolação  $\alpha$  de unidade sub-pel, pixels de referência esquerdos 52 e pixels de referência direitos 54 com relação à localização interpolação  $\alpha$  são utilizados para realizar uma filtragem de interpolação. São três os pixels de referência esquerdos 52 e cinco os pixels de referência direitos 54. Uma vez que um número ímpar de pixels é suportado pela filtragem de interpolação, os pixels de referência esquerdos 52 e direitos 54 estão localizados assimetricamente em relação à localização de interpolação  $\alpha$ .

[000142] Tal como descrito acima em relação às Equações 38 a 40 e 4 a 7, a filtragem de interpolação é executada usando pixels referência de unidade de pel inteiro  $2M$   $p_{-M+1}, p_{-M+2}, \dots, p_0, p_1, \dots, p_M$ , simetricamente distribuídos, no que diz respeito à localização de interpolação  $\alpha$ . Isto é, se pixels de referência são representados como  $p_I$ , o intervalo de um número inteiro  $I$  é representado como  $-M+1 \leq I \leq M$ .

[000143] Se a localização interpolação  $\alpha$  das Equações 38 a 40 e 4 a 7 é movida em translação paralela ao  $\alpha - h$ , os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação utilizando pixels de referência localizados assimetricamente no que diz respeito à localização de interpolação  $\alpha$  como ilustrado na figura 5A podem ser gerados usando as equações 38 a 40 e 4 a 7.

[000144] Em outras palavras, se os pixels de referência, assimétricos, esquerdo e direito 52 e 54 são representados como  $p_I$ , o intervalo de um número inteiro  $I$  é  $-M+1+h \leq I \leq M+h$ .

Nesse caso, se  $M$  é 4 e  $h$  é 1. O número de pixels de referência esquerdos 52 é menor do que no caso quando  $2M$  pixels de referência estão distribuídos simetricamente em relação à localização de interpolação  $\alpha$ .

[000145] filtro de interpolação de acordo com as equações 38 a 40 e 4 a 7 é um filtro unidimensional. Para executar a filtragem bidimensional, utilizando o filtro unidimensional, filtragem de interpolação é realizada numa direção vertical e numa direção horizontal. Em outras palavras, a filtragem de interpolação unidimensional é realizada duas vezes. A partir da realização da filtragem de interpolação unidimensional duas vezes, para realizar uma compensação de movimento, a segunda filtragem de interpolação unidimensional utiliza um filtro do qual o número de derivações do filtro é aumentado em uma metade e a primeira filtragem de interpolação unidimensional é realizada em um bloco expandido.

[000146] Quando a filtragem de interpolação é executada em um limite esquerdo de um bloco, o bloco tem de ser expandido para a esquerda a partir do limite esquerdo. Se um filtro de interpolação simétrico utilizando pixels de referência  $2M$  situados simetricamente em relação à localização de interpolação  $\alpha$  é utilizado, para executar a filtragem de interpolação, o bloco tem que ser expandido para a esquerda, em  $M$  pixels.

[000147] No entanto, se um filtro de interpolação assimétrico utilizando pixels de referência localizados assimetricamente no que diz respeito à localização de interpolação  $\alpha$  é utilizado, para executar a filtragem de interpolação, uma região de filtragem tem que ser expandida para a esquerda do bloco de pixels em  $Mh$ . Da mesma forma, se  $h$  é uma direção

negativa, quando a filtragem de interpolação é executada em um limite direito de um bloco, uma região de filtragem tem que ser expandida para a direita do bloco em  $M+h$  pixels. Em outras palavras, se o filtro de interpolação é executado em um limite de um bloco, em comparação com um caso em que um filtro de interpolação simétrico é utilizado, quando um filtro de interpolação assimétrico é utilizado, uma região do bloco a ser expandida pode ser reduzida. Como tal, um espaço de armazenamento para armazenar os valores de pixel da região expandida pode ser reduzido, e a quantidade de cálculo para expandir o bloco pode também ser reduzida.

**<Filtro de Interpolação de Derivação de Número Ímpar>**

[000148] A figura 5B é um diagrama que descreve um método de interpolação utilizando um filtro de interpolação, incluindo um número ímpar de coeficientes de filtro, para determinar um valor de pixel de unidades sub-pel, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000149] Supõe-se que, para calcular um pixel  $p(\alpha)$  55 de uma localização interpolação  $\alpha$  de unidade sub-pel, um filtro de interpolação utiliza pixels de referência  $\{p_{-2}, p_{-1}, p_0, p_1, p_2\}$ . O número de pixels de referência é cinco, isto é, um número ímpar, e se pode recorrer a três pixels de referência esquerdos 51 e dois pixels de referência direitos 53 no que diz respeito à localização de interpolação  $\alpha$ , de modo a executar a filtragem de interpolação.

[000150] Uma vez que os pixels de referência direitos 51 e esquerdos 53 são localizados assimetricamente no que diz respeito à localização de interpolação  $\alpha$  e o número de pixels de referência direitos 53 é menor do que a dos pixels de referência esquerdos 51, o filtro de interpolação ilustrado na

figura 5B pode ser eficaz para realizar a filtragem de interpolação em um limite direito de um bloco.

[000151] Inicialmente, de acordo com as equações 12 a 15, os coeficientes de filtro  $\{p(\alpha)\}$  de um filtro de interpolação utilizando pixels de referência  $\{p_l\}$  em que o intervalo de um número inteiro  $l$  é  $-M+1 \leq l \leq M-1$ , e tendo um tamanho do filtro (isto é, o número de derivações de filtro) de  $2M-1$  são determinados.

[Equação 12]

$$D_{lk} = \frac{2}{Size} \cos\left(\frac{\pi k(l + Size/2)}{Size}\right)$$

$$-M + 1 \leq l \leq M - 1;$$

$$0 \leq k \leq Size - 1$$

[Equação 13]

$$W_k = \cos\left(\frac{\pi k(\alpha + Size/2)}{Size}\right);$$

$$0 \leq k \leq Size - 1$$

[Equação 14]

$$Filter_l(\alpha) = \sum_{k=0}^{Size-1} W_k D_{lk}$$

[Equação 15]

$$p(\alpha) = \sum_{l=-M+1}^{M-1} Filter(\alpha)_l p_l$$

[000152] Se  $M$  é 3, os coeficientes de filtro de interpolação da figura 5B podem ser determinados de acordo com a equação 15.

[000153] Alternativamente, de acordo com as equações 16 a 19, os coeficientes de filtro  $\{p(\alpha)\}$  de um filtro de interpolação utilizando pixels de referência em  $\{p_l\}$  em que o intervalo de

um número inteiro  $I$  é  $-M+2 \leq l \leq M$ , e tendo um tamanho de filtro (isto é, o número de derivações do filtro) de  $2M-1$ , podem ser determinados.

[Equação 16]

$$D_{lk} = \frac{2}{Size} \cos\left(\frac{\pi k(l + Size/2)}{Size}\right);$$

$$-M + 2 \leq l \leq M;$$

$$0 \leq k \leq Size - 1$$

[Equação 17]

$$W_k = \cos\left(\frac{\pi k(\alpha + Size/2)}{Size}\right)$$

[Equação 18]

$$Filter_l(\alpha) = \sum_{k=0}^{Size-1} W_k D_{lk}$$

[Equação 19]

$$p(\alpha) = \sum_{l=-M+2}^M Filter(\alpha)_l p_l$$

[000154] Filtragem de interpolação utilizando os coeficientes de filtro determinados de acordo com a Equação 19 pode ser realizada em pixels movidos em translação paralela por 1 para a direita a partir dos pixels de referência da figura 5B.

[000155] Nas equações 12 a 19,  $\alpha$  não é limitado a um valor igual ou superior a 0 e igual ou inferior a 1. Em outras palavras,  $\alpha$  pode ter um valor inferior a 0 ou maior do que 1. Consequentemente, com base nas Equações 12 a 19, um filtro de interpolação de número ímpar de derivações tendo um número ímpar de derivações de filtro pode ser obtido. Como o número de derivações de filtro é um número ímpar, a filtragem de

interpolação usando o filtro de interpolação pode ser realizada em um número ímpar de pixels de referência.

[000156] filtro de interpolação pode também ser obtido pela combinação de um filtro de interpolação utilizando pixels de referência localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação, e um filtro de interpolação de número ímpar de derivações. Ou seja, um filtro de interpolação para a realização de filtragem de interpolação em um número ímpar de pixels localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação também está disponível.

[000157] Se o centro dos pixels de referência nas Equações 12 a 15 é generalizado, os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação podem ser induzidos de acordo com as equações 20 e 21.

[Equação 20]

$$C_k = \sum_{l=M_{\min}}^{M_{\max}} D_{lk} \cdot p_l$$

[Equação 21]

$$D_{lk} = \frac{2}{Size} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot k \cdot (2 \cdot l - 2 \cdot Center + Size)}{2 \cdot Size}\right)$$

[000158] Aqui,  $M_{\max}$  e  $M_{\min}$  representam, respectivamente, os valores de índice máximos e mínimos entre os pixels de referência e podem representar o intervalo de pixels de referência. Deste modo, um tamanho de filtro pode ser determinado como  $M_{\max} - M_{\min}$ . Por exemplo, em um filtro de interpolação de 7-derivações, se  $M_{\max} = 3$  e  $M_{\min} = -3$ , um Centro de índice central de pixels de referência pode ser 0. Em outras palavras, o centro tem um valor médio de  $M_{\max}$  e  $M_{\min}$ .

[000159] Além disso, se uma função básica de um filtro de interpolação, de acordo com as equações 20 e 21, for

representada como uma função básica  $W_k$  de uma função de transformação de co-seno, as equações 22 e 23 são induzidas.

[Equação 22]

$$p_\alpha = \sum_{k=0}^{Size-1} W_k \cdot C_k$$

[Equação 23]

$$W_0 = \frac{1}{2};$$

$$W_k = \cos\left(\frac{\pi \cdot k \cdot (2 \cdot \alpha - 2 \cdot Center + Size)}{2 \cdot Size}\right);$$

$$1 \leq k \leq Size - 1$$

[000160] Consequentemente, o filtro de interpolação pode ser um filtro de interpolação assimétrico utilizando pixels de referência localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação, e pode incluir um filtro de interpolação de número ímpar de derivações em que o número de coeficientes de filtro é um número ímpar. Tal como descrito acima em relação às Equações 38 a 40 e 4 a 7, o filtro de interpolação também pode incluir um filtro de interpolação simétrico e um filtro de interpolação de número par de derivações.

[000161] Em geral, um filtro de interpolação de número ímpar de derivações pode ser um filtro de interpolação assimétrico. No entanto, um filtro de interpolação de número par de derivações pode ser um filtro de interpolação simétrico ou um filtro de interpolação assimétrico. Por exemplo, um filtro de interpolação de 8-derivações pode ser um filtro de

interpolação de número par de derivações simétricas se incluisse quatro coeficientes de filtro e quatro coeficientes de filtro em ambos os lados de um local de interpolação em uma região suportada pelo filtro de interpolação simétrico de número par de derivações, e pode ser um filtro de interpolação assimétrico de número par de derivações se incluisse três coeficientes de filtro e cinco coeficientes de filtro em ambos os lados de um local de interpolação em uma região suportada pelo filtro de interpolação assimétrico de número par de derivações.

[000162] filtro de interpolação pode incluir os coeficientes de filtro gerados mediante ajuste da suavidade de uma resposta do filtro de interpolação de acordo com uma localização de interpolação.

[000163] Um caso em que um filtro de janela é usado para determinar os vários filtros de interpolação suavizada será descrito agora em detalhe.

#### Filtro de Interpolação Suavizada utilizando Filtro de Janela

[000164] Um método de suavizar os coeficientes de filtro de interpolação mediante uso de uma função de janela será descrito agora em detalhe.

[000165] Um filtro de janela pode incluir uma função de janela de Hamming, uma função de janela de cosseno, uma função de janela exponencial, uma função de janela de Hanning, uma função de janela de Blackman, e uma função de janela de triângulo. Embora sejam descritos abaixo, para conveniência de explanação, casos quando filtros de interpolação com base em transformação e transformação inversa são suavizados mediante uso de certas funções de janela, será facilmente entendido por

aqueles de conhecimento comum na técnica que, além das funções de janela descritas, outras funções de janela tendo respostas de frequência similares também podem ser usadas.

[000166] Os coeficientes de janela com base em uma função de janela de Hamming satisfazem à Equação 24.

Equação 24

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right), 0 \leq n \leq N$$

[000167] Em várias funções de janela incluindo a função de janela de Hamming, uma entrada  $n$  é simétrica com referência a  $N/2$  e uma resposta de frequência é similar àquela de um filtro passa-baixa. Dentre as entradas de uma função de janela, apenas uma entrada coberta por uma janela formada pela função de janela pode ser produzida. Um tamanho de janela  $N$  pode ser estabelecido como um número inteiro positivo maior do que o comprimento de um filtro de interpolação original. Por exemplo, para aplicar uma função de janela a um filtro de interpolação para gerar um pixel de unidade sub-pel tal como 1/2 ou 1/4 pixel, o local central da função de janela pode ser movido em 1/2 ou 1/4 pixel. Isto é, como o local central da função de janela é movido para um local de interpolação, a função de janela pode ser simétrica com relação ao local de interpolação.

[000168] Por exemplo, as Equações 25 e 26 mostram respectivamente coeficientes de janela de funções de janela de Hamming para filtros de interpolação de unidade 1/2 pel e de unidade 1/4 pel, respectivamente.

Equação 25

$$w_{1/2}(n) = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2\pi}{N} \left( \frac{N-1}{2} + n \right)$$

Equação 26

$$w_{1/4}(n) = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2\pi}{N} \left( \frac{2N-1}{4} + n \right)$$

[000169] A Equação 27 mostra seqüencialmente os coeficientes de janela de uma função de janela de Hamming, uma função de janela de cosseno e uma função de janela exponencial como funções de janela para filtros de interpolação, os quais são generalizados com base em um local de interpolação de unidade sub-pel  $\alpha$ .

Equação 27

$$w_{\alpha}(n) = 0.54 - 0.46 \cos \left( \frac{2\pi}{N} \left( \frac{N}{2} - \alpha + n \right) \right),$$

$$w_{\alpha}(n) = \cos \left( \pi \frac{n - \alpha}{N} \right),$$

$$w_{\alpha} = \exp - \beta (\alpha - n)^2$$

[000170] Mediante combinação dos coeficientes de janela de acordo com a Equação 11 com um filtro de interpolação original  $f_k(\alpha)$ , coeficientes de filtro de interpolação suavizada podem ser determinados de acordo com a Equação 28.

[Equação 28]

$$\bar{f}_k(\alpha) = f_k(\alpha) w_{\alpha}(k), k = -M + 1, \dots, M$$

[000171] Como um filtro de interpolação suavizada é determinado mediante uso de um filtro de janela, um peso de um coeficiente de filtro de interpolação pode ser ajustado com base na distância entre um pixel de referência de unidade de pel inteiro e um local de interpolação. Por exemplo, um filtro de interpolação suavizada pode ser determinado de tal modo

que, por intermédio de uma função de janela, dentre os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação, um coeficiente de filtro para um pixel de referência de unidade de pel inteiro localizado distante a partir de um local de interpolação é muito mudado e um coeficiente de filtro para um pixel de referência de unidade de pel inteiro localizado próximo ao local de interpolação não é muito mudado.

[000172] Além disso, se um filtro de interpolação suavizada for determinado mediante uso de uma função de janela, a filtração de interpolação pode ser realizada após os pixels de referência de unidade de pel inteiro serem suavizados. Pixels de referência de unidade de pel inteiro introduzidos  $\text{Ref}=\{p_{-M+1}, p_{-M+2}, \dots, p_0, p_1, \dots, p_M\}$  podem incluir ruído ou podem ser danificados devido a um erro tal como um erro de quantização. Como tal, se os pixels de referência de unidade de pel inteiro forem suavizados antes de a filtração de interpolação ser realizada, o aparelho de interpolação de imagem 10 pode aperfeiçoar um efeito de interpolação.

< Filtro de Interpolação Usando Filtro de Janela Assimétrico >

[000173] Um filtro de janela assimétrico é assimétrico em relação ao centro do filtro. Consequentemente, um filtro assimétrico para uma janela de filtro de interpolação pode ser usado para realizar uma filtragem de interpolação de forma assimétrica em relação a um local de interpolação.

[000174] Equação 29 mostra filtro coeficientes  $w_i$  de uma janela de filtro assimétrico na forma mais simples.

[Equação 29]

$$w_l = \cos\left(\pi \frac{l-\alpha}{N-1}\right);$$

$$-M_{\min} \leq l \leq M_{\max}$$

[000175] N representa o tamanho da janela, e  $M_{\min}$  e  $M_{\max}$  representam pixels de referência dos locais mais distantes de uma localização de interpolação.

[000176] Características de filtro de um filtro de janela podem ser ajustadas pela variação do tamanho de janela N. O tamanho da janela N pode ser igual a ou maior do que um tamanho de filtro de um filtro de interpolação e pode ser igual a ou inferior a duas vezes o tamanho de filtro Size (Size  $\leq N \leq 2 \times \text{Size}$ ).

[000177] Por exemplo, quando as Equações 38 a 40 e 4 a 7 são combinadas com a Equação 29, se os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação simétrico em que M é 4 são determinados, uma vez que o número de pixels de referência ( $2M$ ) é de oito, um filtro de interpolação de 8 derivações é obtido. Se uma função de janela, em que o tamanho da janela de  $N = 13$  é usado, os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação de unidade 1/4-pel e um filtro de interpolação de unidade 1/2-pel são como representado abaixo. Aqui, um fator de escalonamento utilizado S é 64.

[000178] coeficientes de filtro de interpolação de unidade 1/4-pel  $\{p_1\} = \{-1, 4, -10, 57, 19, -7, 3, -1\}$

[000179] coeficientes de filtro de interpolação de unidade 1/2-pel  $\{p_1\} = \{-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1\}$

[000180] Do mesmo modo, quando as equações de 38 a 40 e 4 a 7 são combinadas com a Equação 29, se  $M_{\min}$  e  $M_{\max}$  são ajustadas de maneira diferente, os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação assimétrico podem ser determinados usando-se um

filtro de janela assimétrico.

### Filtro de Interpolação Suavizada Utilizando Dois Parâmetros

[000181] Um filtro de interpolação suavizada pode determinar a suavidade dos coeficientes de filtro com base em dois parâmetros. Os coeficientes de filtro de interpolação suavizada de unidade sub-pel obtidos mediante combinação de uma matriz de suavização  $S$  e coeficientes de filtro de interpolação com base em transformação e transformação inversa satisfazem à Equação 30.

Equação 30

$$\tilde{f}(\alpha) = f(\alpha)^T S$$

A Equação 31 mostra um exemplo da matriz de suavização  $S$ .

Equação 31

$$s_{i,j} = 0;$$

$$\{s_{i,i} = 1 - \sigma_i; s_{i,i+1} = \sigma_i\}; \quad i = -M+1$$

$$\{s_{i,i} = 1 - 2\sigma_i; s_{i,i\pm 1} = \sigma_i\}; \quad -M+1 \leq i \leq M$$

$$\{s_{i,i} = 1 - \sigma_i; s_{i,i-1} = \sigma_i\}; \quad i = M$$

[000182] A matriz de suavização  $S$  de acordo com a Equação 31 é uma matriz de diagonal-3. Em outras palavras, dentre os componentes da matriz de suavização  $S$ , componentes exceto os componentes em uma linha diagonal central e em duas linhas diagonais correspondendo uma à outra e adjacentes à linha diagonal central são todos 0.

[000183] Na matriz de suavização  $S$ , uma suavidade  $\sigma_i$  pode ser determinada independentemente da distância  $(i-\alpha)$  a partir dos pixels de unidade de pel inteiro a serem interpolados. Nesse

caso, a suavização com base na matriz de suavização  $S$  pode ser referida como suavização uniforme.

[000184] Além disso, na matriz de  $S$ , a suavização  $\sigma_i$  pode variar com base em um índice  $l$  de um local de pixel de unidade de pel inteiro. Nesse caso, suavização com base na matriz de suavização  $S$  pode ser referida como suavização não uniforme.

Por exemplo, a suavidade  $\sigma_i$  pode satisfazer à Equação 32.

Equação 32

$$\sigma_i = \beta (i - \alpha)^l$$

[000185] Um índice positivo  $l$  pode aumentar um efeito de suavização se a distância entre um local de interpolação e um pixel de referência de unidade de pel inteiro for grande. Consequentemente, o índice positivo  $l$  pode controlar a velocidade de suavização com base na distância entre um local de interpolação e um pixel de referência de unidade de pel inteiro. Um parâmetro de suavização  $\beta$  pode controlar a faixa de suavização em torno de um local de interpolação.

[000186] Se o parâmetro de suavização  $\beta$  for menor do que 0, a matriz de suavização  $S$  de acordo com a Equação 13 pode ser mudada para um filtro de aguçamento. Consequentemente, se a matriz de suavização  $S$ , que é menor do que 0 for combinada com um filtro de interpolação utilizando transformação e transformação inversa, um filtro para amplificar os componentes de alta frequência pode ser gerado.

[000187] Para realizar predição de unidade sub-pel, o aparelho de interpolação de imagem 10 pode usar dados de coeficiente de filtro de interpolação suavizada previamente armazenados na memória.

[000188] A Figura 6 é um gráfico 67 de um fator de suavização

baseado em um parâmetro de suavização  $\beta$  de um filtro de interpolação suavizada, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000189] Primeira e segunda curva, 68 e 69, mostram um fator de suavização para suavizar um filtro de interpolação com base em transformação discreta. Se  $m$  for grande, isto é, se a distância a partir dos pixels de unidade de pel inteiro a serem interpolados for aumentada, o fator de suavização está próximo de 0.

[000190] Aqui, em comparação com a segunda curva 54 em um caso quando o parâmetro de suavização  $\beta$  é grande, a primeira curva 68 em um caso quando parâmetro de suavização  $\beta$  é pequeno tem uma largura relativamente grande do fator de suavização. Em outras palavras, se o parâmetro de suavização  $\beta$  do filtro de interpolação suavizada for grande, componentes de baixa frequência podem ser principalmente filtrados e assim valores de pixel de unidade sub-pel suavizados relativamente de forma intensa podem ser gerados. Se o parâmetro de suavização  $\beta$  do filtro de interpolação suavizada for relativamente pequeno, componentes de frequência relativamente elevada podem permanecer e ser interpolados e assim os valores de pixel de unidade sub-pel podem ser gerados.

[000191] Vários filtros de interpolação e os coeficientes de filtro são descritos acima. Especificamente, como uma função para determinar os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação, uma função de janela, uma função spline, uma função polinomial, etc. podem ser utilizadas. Para um filtro de interpolação, uma resposta de uma função de frequência pode variar de acordo com a frequência, mas o ganho de um filtro de

resposta de frequência da função pode ser próximo de 1. Consequentemente, o aparelho de interpolação de imagem de 10 poderá determinar os coeficientes de filtro por meio de uma função de que um ganho de filtro de uma resposta de frequência é mais próximo de 1, mesmo quando a frequência varia, e podem selecionar um filtro de interpolação incluindo os coeficientes de filtro.

< Filtro de Interpolação Regularizada >

[000192] Se um tamanho de filtro de um filtro de interpolação é aumentado, a precisão da interpolação pode ser melhorada. No entanto, se o tamanho do filtro é aumentado, os componentes de alta frequência permanecem em consequência de filtragem e, assim, o filtro de interpolação é vulnerável ao ruído. O filtro de interpolação pode suavizar os valores de pixel de referência  $\{p_l\}$  usando uma função de janela de cosseno tendo uma localização interpolação  $\alpha$  como seu centro, reduzindo assim o ruído em um resultado de filtragem de interpolação. Uma operação de suavização dos valores de pixel de referência  $\{p_l\}$  mediante uso de uma função de janela cosseno satisfaz a Equação 33.

[Equação 33]

$$p_l = p_l \cdot \cos\left(\pi \cdot \frac{l - \alpha}{N}\right)$$

[000193] N representa um tamanho de janela de suavização, mas pode não ser necessariamente um número inteiro. Assim, se a filtragem usando a transformação e a transformação inversa de acordo com a Equação 7 for combinada com filtragem de janela de acordo com a Equação 33, filtragem de interpolação suavizada para uma localização de interpolação  $\alpha$  de unidade

sub-pel é habilitada. A filtragem de interpolação suavizada pode ser realizada através da utilização de um filtro de resposta de impulso finito (FIR) e satisfaz as Equações 34 e 35.

[Equação 34]

$$p_\alpha = \sum_{l=M_{\min}}^{M_{\max}} Filter_l(\alpha) \cdot p_l$$

[Equação 35]

$$Filter_l(\alpha) = \cos\left(\pi \cdot \frac{l - \beta}{N}\right) \cdot \sum_{k=0}^{Size-1} W_k(\alpha) \cdot D_{lk}$$

[000194] Nas Equações 34 e 35,  $p_\alpha$  representa um valor de pixel gerado como um resultado de filtragem de interpolação suavizada, e  $Filter_l(\alpha)$  representa os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação suavizada.  $M_{\min}$  e  $M_{\max}$  representam o intervalo de pixels de referência.

[000195] Num filtro de interpolação suavizada para pixels de croma, um parâmetro de suavização do filtro de interpolação suavizada pode ser ajustado para eliminar a influência dos componentes de alta frequência. Coeficientes de filtro de um filtro de interpolação de croma usando um parâmetro de suavização podem ser determinados tal como representado nas Equações 36 e 37.

[Equação 36]

$$\tilde{W}_k = \frac{W_k(\alpha)}{1 + \sigma \cdot k^2},$$

$$1 \leq k \leq Size - 1$$

[Equação 37]

$$Filter_l(\alpha) = \sum_{k=0}^{Size-1} \tilde{W}_k(\alpha) \cdot D_{lk}$$

[000196] A figura 7 é um gráfico de resposta de frequência de amplitude 70 dos filtros de interpolação, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000197] Se um sinal de harmônica tendo uma dimensão de 1 é introduzido nos filtros de interpolação, o gráfico de resposta de frequência de amplitude 70 dos filtros de interpolação pode mostrar os resultados da realização de filtragem de interpolação.

[000198] gráfico de resposta de freqüência de amplitude 70 mostra uma primeira resposta de freqüência 71 de um filtro de interpolação suavizada de 8 derivações usando DCT e IDCT com base em funções básicas, de acordo com uma modalidade da presente invenção, uma segunda resposta de frequência 72 de um filtro de interpolação suavizada de 8-derivações regularizadas de acordo com uma modalidade da presente invenção, e uma terceira resposta de frequência 73 de um filtro de interpolação de 6 derivações de acordo com o padrão de codificação de vídeo H.264.

[000199] Na primeira até a terceira resposta de freqüência 71 a 73, colinas 711, 715, 721 e 731 representam que os sinais são amplificados em frequências correspondentes, e um vale 713 representa que um sinal é suavizado em uma freqüência correspondente. Um efeito em que um sinal de entrada é amplificado ou suavizado não é apropriado na filtragem de interpolação.

[000200] Em uma resposta de freqüência de amplitude ideal 74, um ganho do filtro é constantemente mantido como 1 em todas as

freqüências e, portanto, uma colina ou vale não existe absolutamente. Isso significa que distorção devido à filtragem de interpolação não ocorre.

[000201] Se uma resposta de frequência de um filtro de interpolação está mais perto da resposta de frequência de amplitude ideal 74, um resultado de filtragem de interpolação é mais preciso. A distorção em resposta de frequências de um filtro de interpolação em comparação com a resposta de frequência de amplitude ideal 74 pode ser representada como um quadrado da diferença entre a resposta de frequência do filtro de interpolação e a resposta de frequência de amplitude ideal 74, ou seja, uma área de uma região de diferença.

[000202] Por exemplo, a distorção em uma resposta de freqüência do filtro de interpolação suavizada regularizada em comparação com a resposta de freqüência de amplitude ideal 74 pode ser minimizada através do ajustamento do seu tamanho de filtro de janela  $N$  e sua suavidade  $\sigma$ . A distorção na resposta de freqüência do filtro de interpolação suavizada regularizada em comparação com a resposta de freqüência de amplitude ideal 74 corresponde a uma área de uma região sombreada entre a resposta de freqüência de amplitude ideal 74 e a segunda resposta de freqüência 72 no gráfico de resposta de freqüência de amplitude 70. Isto é, se a área da região sombreada é pequena, a precisão da interpolação realizada usando o filtro de interpolação suavizado regularizado pode ser melhorada.

[000203] Além disso, como uma resposta de freqüência de um filtro FIR está próxima de 0 como uma freqüência está perto de  $\pi$ , o filtro FIR não pode gerar componentes de alta freqüência. Além disso, se um nível de corte de um filtro de interpolação é baixo, o filtro de interpolação não pode restaurar

informações detalhadas de uma imagem de referência. Em geral, se o comprimento de um filtro é grande, pode ser aplicado um nível de corte elevado. No gráfico da resposta de frequência de amplitude 70, uma vez que os níveis de corte 719 e 729 da primeira e da segunda resposta de frequência 71 e 72 do filtro de interpolação suavizada e do filtro de interpolação suavizado regularizado é maior do que um nível de corte 739 da terceira resposta de frequência 73 do filtro de interpolação H.264, o filtro de interpolação suavizada e o filtro de interpolação suavizada regularizada podem restaurar as informações detalhadas de uma imagem de referência de maior precisão, em comparação com o filtro de interpolação H.264.

[000204] Consequentemente, em comparação com o filtro de interpolação H.264, o filtro de interpolação suavizado pode deixar os componentes de um sinal de entrada de alta frequência após a realização de filtragem de interpolação. Além disso, em comparação com o filtro de interpolação H.264, uma região de deformação do filtro de interpolação suavizado é relativamente pequena e, assim, a distorção em um resultado de interpolação é relativamente pequena.

[000205] Dentre os filtros de interpolação suavizada, a segunda resposta de freqüência 72 do filtro de interpolação suavizada regularizada fica perto da resposta de freqüência de amplitude ideal 74, e a primeira resposta de freqüência 71 do filtro de interpolação suavizado regularizada tem uma região de distorção relativamente grande devido a colinas e vales. Em outras palavras, em comparação com o filtro de interpolação suavizada regularizada, um resultado de filtragem do filtro de interpolação suavizada regularizada pode incluir mais artefatos indesejados.

[000206] Consequentemente, como os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação de acordo com uma modalidade da presente invenção, os coeficientes de filtro do filtro de interpolação suavizada regularizada para minimizar a distorção de uma região em comparação com a resposta de frequência de amplitude ideal 74 podem ser selecionado. Em outras palavras, se o tamanho do filtro de janela  $N$  e a suavidade  $\sigma$  do filtro de interpolação suavizada são ajustados e os seus coeficientes de filtro são regularizados, coeficientes de filtro para minimizar a distorção de uma região de uma resposta do filtro de interpolação suavizado frequência podem ser determinados.

[000207] Portanto, os filtros de interpolação do aparelho de interpolação de imagem 10 podem incluir os coeficientes de filtro determinados em consequência de uma suavização.

[000208] < Mudança de Fase  $\alpha$  & Valor de Vetor de Movimento>

[000209] A precisão para a compensação do movimento é típica de uma unidade sub-pel de uma unidade  $1/2^p$ -pel, tal como uma unidade  $1/2$ -pel ou unidade  $1/4$ -pel. No entanto, uma localização de interpolação  $\alpha$  para determinar os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação de unidade sub-pel de acordo com uma modalidade da presente invenção não se limita a uma unidade  $1/2^p$ -pel.

[000210] Para realizar uma compensação de movimento na localização interpolação  $\alpha$  em uma unidade sub-pel com exceção de uma unidade  $1/2$ -pel ou de uma unidade  $1/4$ -pel, vetores parciais de uma unidade  $1/2$ -pel ou vetor de movimento de unidade  $1/4$ -pel podem ser usados. Por exemplo, um conjunto de componentes de unidade sub-pel  $\{\alpha, 1/2, 1-\alpha\}$  de um vetor de movimento MV de unidade  $1/2$ -pel é suposto. Uma vez que o comprimento de componentes da unidade de codificação do vetor

de movimento MV é reduzido se  $\alpha$  é inferior a  $1/4$ , a estabilidade de filtragem de interpolação para a compensação de movimento pode ser melhorada e bits de codificação para um vetor de movimento diferencial podem ser salvos.

[000211] formato de cor mais usado na codificação de vídeo é um formato de 4:2:0. Neste caso, as amostras de crominância correspondente a uma metade do número de amostras de luminância podem ser codificadas. Se o mesmo vetor de movimento é partilhado entre as amostras de luminância e crominância, o tamanho de um vetor de movimento de croma é uma metade do tamanho de um vetor de movimento de luma. Deste modo, uma mudança de fase de um filtro de interpolação de luma pode ser sincronizada com a mudança de fase de um filtro de interpolação de croma.

[000212] Por exemplo, se a mudança de fase do filtro de interpolação de luma é  $\{\alpha_i\}$ , a mudança de fase do filtro de interpolação de croma pode ser sincronizado para  $\{\alpha/2, (1-\alpha)/2, 1/2, 1-\alpha/2, 1-(1-\alpha)/2\}$ .

[000213] Por exemplo, quando a compensação do movimento é efetuada utilizando o conjunto de componentes de unidade de sub-pel do vetor de movimento MV, se a mudança de fase do filtro de interpolação de luma é  $\{\alpha, 1/2, 1-\alpha\}$ , a mudança de fase do filtro de interpolação croma pode ser sincronizado para  $\{\alpha/2, (1-\alpha)/2, 1/2, 1-\alpha/2, 1-(1-\alpha)/2\}$ .

[000214] Como filtros de interpolação de acordo com modalidades da presente invenção, um filtro de interpolação usando transformação e a transformação inversa com base numa pluralidade de funções básicas, um filtro de interpolação para a execução da interpolação de uma unidade sub-pel, um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico, de um ângulo

diferente, ou filtro de interpolação de número par de derivações, um filtro de interpolação com uma janela de filtro, um filtro de interpolação considerando suavização, e um filtro de interpolação regularizada são descritos acima.

[000215] Os filtros de interpolação acima mencionados podem funcionar individualmente ou podem ser combinados. Por exemplo, um filtro de interpolação de acordo com uma modalidade da presente invenção, pode executar a interpolação de uma unidade sub-pel e pode executar a filtragem de interpolação independentemente de os pixels de referência estar simetricamente ou assimetricamente localizados em relação a um local de interpolação. Além disso, uma vez que o número de coeficientes de filtro pode ser um número par ou ímpar, o filtro de interpolação pode executar a filtragem de interpolação em um número ímpar de pixels de unidades de pel inteiro, bem como um número par de pixels de unidades de pel inteiro. Além disso, uma vez que os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação suavizada regularizada podem ser selecionados, a informação detalhada de pixels de referência pode permanecer e componentes de alta frequência indesejáveis, tais como ruído, podem ser minimizados, desse modo minimizando a distorção devido à filtragem de interpolação.

[000216] A figura 8 é um fluxograma de um método de interpolação de imagem de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000217] Na operação 81, dentre os filtros de interpolação para a geração de, pelo menos, um valor de pixel de unidade sub-pel localizado entre as unidades de pixel inteiro de uma imagem, um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico é selecionado individualmente de acordo com a localização de

interpolação de unidade sub-pel.

[000218] filtro de interpolação assimétrico selecionado pode ser um filtro de interpolação de número ímpar de derivações. O filtro de interpolação simétrico selecionado pode ser um filtro de interpolação de número par de derivações. Para interpolar os pixels de unidade pel inteiro em um domínio espacial, o filtro de interpolação pode incluir os coeficientes de filtro obtidos pela combinação de um filtro usando transformação e transformação inversa com base numa pluralidade de funções básicas, e um filtro de janela assimétrico ou simétrico.

[000219] Um filtro de interpolação, que seja regularizado para minimizar um erro de resposta de freqüência gerado como um resultado de interpolação quando se utiliza o filtro de interpolação selecionada, é selecionado. Além disso, para evitar que os componentes de alta freqüência, tal como ruído, sejam restaurados, um filtro de interpolação incluindo os coeficientes de filtro para suavização de pixels de referência pode ser selecionado.

[000220] Na operação 83, os valores de pixel de unidade pel inteiro são interpolados utilizando o filtro de interpolação selecionado na operação 81, gerando, assim, pelo menos, um valor de pixel de unidade sub-pel.

[000221] Se um filtro de interpolação assimétrico é selecionado na operação 81, na operação 83, a filtragem pode ser realizada em pixels de unidades pel inteiro localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação. Se um filtro de interpolação simétrico é selecionado na operação 81, na operação 83, a filtragem pode ser realizada em pixels de unidades pel inteiro, situados simetricamente em

relação a um local de interpolação.

[000222] Além disso, se um filtro de interpolação assimétrico de número ímpar de derivações for selecionado na operação 81, na operação 83, a filtragem pode ser realizada em um número ímpar de pixels de unidades pel inteiro, localizados em relação a um local de interpolação usando um número ímpar de coeficientes de filtro do filtro de interpolação assimétrico de número ímpar de derivações. Se um filtro de interpolação simétrico de número par de derivações é selecionado na operação 81, na operação 83, a filtragem pode ser realizada em um mesmo número de pixels de unidades pel inteiro, localizados em relação a uma localização de interpolação utilizando um mesmo número de coeficientes de filtro do filtro de interpolação simétrico de número par de derivações.

[000223] Vários exemplos de coeficientes de filtro de um filtro de interpolação simétrico ou assimétrico determinado seletivamente de acordo com um local de interpolação de unidade sub-pel serão agora ser descritos com referência às Figuras 9A a 12B.

[000224] De acordo com os princípios acima descritos, o filtro de interpolação ilustrado nas figuras 9A a 12B é um filtro obtido pela combinação de um filtro de interpolação de unidade sub-pel usando transformação e transformação inversa com base numa pluralidade de funções básicas, e um filtro de janela para a suavização de componentes de alta frequência, e inclui coeficientes de filtro dos quais tamanho de janela e suavidade são ajustados para minimizar a distorção em um resultado de interpolação. Além disso, os vários filtros de interpolação, simétricos e assimétricos, e filtros de interpolação de números de derivações, ímpares e pares, serão descrito abaixo.

[000225] Uma vez que o filtro de interpolação é um filtro simétrico de espelho refletor, um coeficiente de filtro  $f_m(1-\alpha)$  de um local de interpolação  $(1-\alpha)$  pode ser determinado usando um coeficiente de filtro  $f_m(\alpha)$  de uma localização interpolação  $\alpha$ . Consequentemente, nas tabelas mostradas nas figuras 9A a 12B, embora sejam mostrados apenas os coeficientes de filtro de interpolação  $\{f_m(\alpha)\}$  em um caso em que uma unidade de sub-pel de um vetor MV de movimento é igual a ou inferior a  $1/2$ , deve ser entendido por aqueles de conhecimento comum na técnica que podem ser determinados outros coeficientes de filtro de interpolação  $\{f_m(\alpha)\}$  em um caso em que a unidade de sub-pel de vetor de movimento MV é maior do que  $1/2$ .

[000226] Inicialmente, nas tabelas mostradas nas figuras 9A a 11C, 'FracMV' na primeira coluna representa uma unidade sub-pel de um vetor de movimento MV para compensação de movimento de unidade  $1/2^p$ -pel. Para executar a filtragem de interpolação de unidade sub-pel, um valor de 'FracMV' pode ser combinado com os coeficientes de filtro, na segunda coluna. Uma localização interpolação  $\alpha$  na terceira coluna é um parâmetro para definir um local de interpolação de unidade sub-pel e pode representar uma quantidade de mudança de fase a partir de uma unidade de pel inteiro. Um tamanho de janela de filtro  $N$  na quarta coluna pode não ser necessariamente um número inteiro. O escalonamento de bits do filtro de interpolação é de 6 bits.

[000227] As figuras 9A a 9D mostram, respectivamente, os coeficientes de filtro de 3 derivações através de filtros de interpolação de 6 derivações, determinados com base em uma localização de interpolação e um tamanho de janela de filtro, de acordo com modalidades da presente invenção.

[000228] A figura 9A mostra um filtro de interpolação assimétrico que é um filtro de interpolação de 3 derivações e inclui coeficientes de filtro  $\{p_{-1}, p_0, p_1\}$ . Consequentemente, o filtro de interpolação ilustrado na figura 9A pode executar a filtragem de interpolação em pixels de unidades de pel inteiro, assimetricamente situados em relação a um local de interpolação. Por exemplo, se interpolação horizontal é realizada, a filtragem de interpolação pode ser realizada em dois pixels esquerdos de referência de unidade pel inteiro e um pixel direito de referência de unidade pel inteiro em relação a uma localização de interpolação.

[000229] A figura 9B mostra um filtro de interpolação simétrico que é um filtro de interpolação de 4 derivações e inclui coeficientes de filtro  $\{p_{-1}, p_0, p_1, p_2\}$ . Consequentemente, o filtro de interpolação ilustrado na figura 9B pode executar a filtragem de interpolação em pixels de unidades de pel inteiro simetricamente em relação a um local de interpolação. Por exemplo, se a interpolação horizontal é realizada, a filtragem de interpolação pode ser realizada através da utilização de dois pixels esquerdos de referência de unidade pel inteiro e dois pixels direitos de referência de unidade pel inteiro no que diz respeito à localização de uma interpolação.

[000230] A figura 9C mostra um filtro de interpolação assimétrico que é um filtro de interpolação de 5 derivações e inclui coeficientes de filtro  $\{p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3\}$ . Consequentemente, se a interpolação horizontal é realizada, filtragem de interpolação pode ser realizada em dois pixels esquerdos de referência de unidade pel inteiro e três pixels direitos de referência de unidade de pel inteiro, localizados

assimetricamente em relação a uma localização de interpolação.

[000231] A figura 9D mostra um filtro de interpolação simétrico que é um filtro de interpolação de 6 derivações e inclui coeficientes de filtro  $\{p_{-2}, p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3\}$ . Consequentemente, se a interpolação horizontal é realizada, de filtragem de interpolação pode ser realizada por meio de três pixels esquerdos de referência de unidade pel inteiro e três pixels direitos de referência de unidade de pel inteiro, simetricamente localizados em relação a um local de interpolação.

[000232] As figuras 10A a 10C mostram, respectivamente, os coeficientes de filtro dos filtros de interpolação de 7 derivações determinados com base em uma localização de interpolação e um tamanho de janela de filtro, de acordo com modalidades da presente invenção.

[000233] A figura 10A mostra um filtro de interpolação assimétrico, incluindo os coeficientes de filtro  $\{p_{-3}, p_{-2}, p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3\}$ . Consequentemente, se a interpolação horizontal é realizada usando o filtro de interpolação ilustrado na figura 10A, a filtragem de interpolação pode ser realizada em quatro pixels esquerdos de referência de unidade de pel inteiro e três pixels direitos de referência de unidade de pel inteiro, localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação.

[000234] A figura 10B mostra um filtro de interpolação assimétrico, incluindo os coeficientes de filtro  $\{p_{-2}, p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3, p_4\}$ . Consequentemente, se a interpolação horizontal é realizada usando o filtro de interpolação ilustrado na figura 10B, a filtragem de interpolação pode ser realizada em três pixels esquerdos de referência de unidade pel inteiro e

quatro pixels direitos de referência de unidade pel inteiro localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação.

[000235] A figura 10C mostra um filtro de interpolação assimétrico, incluindo filtros de coeficientes  $\{p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$ . Consequentemente, se a interpolação horizontal é realizada usando o filtro de interpolação ilustrado na figura 10C, a filtragem de interpolação pode ser realizada em dois pixels esquerdos de referência de unidade pel inteiro e cinco pixels direitos de referência de unidade pel inteiro localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação.

[000236] As figuras 11A a 11C mostram, respectivamente, os coeficientes de filtro dos filtros de interpolação de 8 derivações, determinados com base em uma localização de interpolação e um tamanho de janela de filtro, de acordo com modalidades da presente invenção.

[000237] A figura 11A mostra um filtro de interpolação simétrico incluindo os coeficientes de filtro  $\{p_{-3}, p_{-2}, p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3, p_4\}$ . Consequentemente, se a interpolação horizontal é realizada usando o filtro de interpolação ilustrado na figura 11A, a filtragem de interpolação pode ser realizada em quatro pixels esquerdos de referência de unidade pel inteiro e quatro pixels direitos de referência de unidade pel inteiro, situados simetricamente em relação a um local de interpolação.

[000238] A figura 11B mostra um filtro de interpolação assimétrico, incluindo os coeficientes de filtro  $\{p_{-2}, p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$ . Consequentemente, se a interpolação horizontal é realizada usando o filtro de interpolação ilustrado na figura 11B, a filtragem de interpolação pode ser

realizada em três pixels esquerdos de referência de unidade de pel inteiro e cinco pixels direitos de referência de unidade de pel inteiro, localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação.

[000239] A figura 11C mostra um filtro de interpolação assimétrico, incluindo os coeficientes de filtro  $\{p_{-4}, p_{-3}, p_{-2}, p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3\}$ . Consequentemente, se a interpolação horizontal é realizada usando o filtro de interpolação ilustrado na figura 11C, a filtragem de interpolação pode ser realizada em cinco pixels esquerdos de referência de unidade pel inteiro e três pixels direitos de referência de unidade pel inteiro, localizados assimetricamente em relação a uma localização de interpolação.

[000240] As figuras 12A e 12B mostram, respectivamente, os coeficientes de filtro de um filtro de interpolação de luma regularizada e um filtro de interpolação de croma regularizada, de acordo com modalidades da presente invenção.

[000241] As figuras 12A e 12B mostram coeficientes de filtro dos filtros de interpolação regularizada, selecionados para minimizar a distorção de uma região, tal como descrito acima em

< Filtro de Interpolação Regularizada >.

[000242] De acordo com a figura 12A, um tamanho de janela de filtro N é ajustado para a regularização de um filtro de interpolação de luma. Dentre os vários filtros de interpolação mostrados na figura 9A a 11C, um filtro de interpolação de 7 derivações  $\{-1, 4, -10, 58, 17, -5, -1\}$  com um tamanho de janela de 8,7 pode ser definido como um filtro de interpolação de luma regularizada para realizar filtragem de interpolação

de unidade 1/4-pel. Além disso, um filtro de interpolação de 8 derivações {-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1} com um tamanho de janela de 9,5 pode ser definido como um filtro de interpolação de luminância regularizada para realizar filtragem de interpolação de unidade 1/2-pel. Em outras palavras, um filtro de interpolação assimétrico pode ser selecionado como um filtro de interpolação de luma regularizada de unidade 1/4-pel; e um filtro de interpolação simétrico pode ser selecionado como um filtro de interpolação de luma regularizada de unidade 1/2-pel.

[000243] De acordo com a figura 12B, uma suavidade  $\sigma$  é ajustada para a regularização de um filtro de interpolação de croma. O filtro de interpolação simétrico de 4 derivações de unidade 1/8-pel pode ser selecionado como um filtro de interpolação de croma regularizada.

[000244] Codificação e decodificação de vídeo usando um filtro de interpolação, de acordo com as modalidades da presente invenção, são descritas abaixo com referência às Figuras 13A a 27. A codificação e a decodificação de vídeo com base nas unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, de acordo com as modalidades da presente invenção, são descritas abaixo com referência às Figuras 15 a 25. Os métodos de codificação e de decodificação de vídeo utilizando um filtro de interpolação, de acordo com as modalidades da presente invenção, são descritos abaixo com referência às Figuras 26 e 27.

[000245] Quando várias operações são realizadas nos dados de imagem, os dados de imagem podem ser divididos em grupos de dados e a mesma operação pode ser realizada nos dados do mesmo grupo de dados. Na descrição a seguir, um grupo de dados

formado de acordo com um padrão predeterminado é referido como uma 'unidade de dados', de uma operação é realizada em cada 'unidade de dados' mediante uso de dados incluídos na unidade de dados.

#### Codificação e Decodificação de Vídeo utilizando Filtro de Interpolação

[000246] A Figura 13A é um diagrama de blocos de um aparelho de codificação de vídeo 100 utilizando um filtro de interpolação suavizada, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000247] As operações de um codificador 120 e de uma unidade de saída 130 do aparelho de codificação de vídeo 100 podem ser controladas de forma cooperativa mediante um processador de codificação de vídeo, uma CPU, e um processador gráfico.

[000248] Para codificar uma imagem atual de um vídeo de entrada, o aparelho de codificação de vídeo 100 divide a imagem atual em unidades de dados tendo um tamanho predeterminado e codifica cada unidade de dados.

[000249] Por exemplo, a imagem atual inclui pixels em um domínio espacial. Para codificar pixels espacialmente adjacentes da imagem atual ao mesmo tempo, a imagem atual pode ser dividida em grupos de pixels tendo um tamanho predeterminado de tal modo que pixels adjacentes dentro de uma faixa predeterminada formam um grupo. Mediante realização de uma série de operações de codificação nos pixels dos grupos de pixels divididos, a imagem atual pode ser codificada.

[000250] Como os dados iniciais de uma imagem a ser codificada são valores de pixel no domínio espacial, cada grupo de pixels pode ser usado como uma unidade de dados a ser codificada. Além disso, quando coeficientes de transformação em um domínio

de transformação são gerados mediante realização de transformação para codificação de vídeo em valores de pixel do grupo de pixels no domínio espacial, os coeficientes de transformação são incluídos em grupos de coeficientes tendo o mesmo tamanho que os grupos de pixels no domínio espacial. Consequentemente, um grupo de coeficientes dos coeficientes de transformação no domínio de transformação também pode ser usado como uma unidade de dados para codificar uma imagem.

[000251] Consequentemente, no domínio espacial e no domínio de transformação, um grupo de dados tendo um tamanho predeterminado pode ser usado como uma unidade de dados a ser codificada. Nesse caso, o tamanho de uma unidade de dados pode ser definido como o número de peças de dados incluídas na unidade de dados. Por exemplo, o número de pixels no domínio espacial ou o número de coeficientes de transformação no domínio de transformação pode representar o tamanho de uma unidade de dados.

[000252] Um método de codificação ou características de codificação de uma unidade de dados atual pode ser determinado com relação a cada grupo de dados de qualquer nível de dados dentre uma unidade de dados, uma fatia, uma imagem, e uma sequência de imagens de um vídeo que devem ser atualmente codificados.

[000253] aparelho de codificação de vídeo 100 pode codificar uma imagem atual mediante realização de codificação de predição incluindo predição inter e predição intra, transformação, quantização e codificação de entropia em cada unidade de dados.

[000254] De acordo com predição inter, para estimar um valor de pixel atual com referência a um valor de pixel de uma

imagem temporalmente anterior ou subsequente, dados residuais entre um valor de pixel de uma região de referência de uma imagem de referência e um valor de pixel, de uma imagem atual, e os dados de referência indicando o valor de pixel referido, podem ser determinados.

[000255] Para realizar com maior exatidão a predição inter, o aparelho de codificação de vídeo 100 pode determinar os dados residuais e os dados de referência mediante uso de um valor de pixel de unidade sub-pel. Para realizar predição inter de unidade sub-pel, o aparelho de codificação de vídeo 100 pode determinar um valor de pixel de unidade sub-pel localizado entre pixels de unidade de pel inteiro adjacentes mediante interpolação dos pixels de unidade de pel inteiro, adjacentes.

[000256] Além disso, o valor de pixel de unidade sub-pel pode ser gerado mediante realização de filtração de interpolação em dois ou mais pixels de referência de unidade de pel inteiro incluindo os pixels adjacentes de unidade de pel inteiro. Os pixels de referência para realizar filtração de interpolação podem ser pixels de uma imagem de referência.

[000257] Para realizar eficientemente interpolação de imagem, o aparelho de codificação de vídeo 100 pode determinar seletivamente os coeficientes de filtro de interpolação. O codificador 120 pode incluir o aparelho de interpolação de imagem 10 ilustrado na Figura 1. Em outras palavras, para realizar predição inter de unidade sub-pel, o codificador 120 pode gerar um valor de pixel de unidade sub-pel mediante uso de um filtro de interpolação incluindo os coeficientes de filtro determinados pelo aparelho de interpolação de imagem 10 com base em transformação e transformação inversa.

[000258] Para realizar eficientemente filtração de

interpolação, o aparelho de codificação de vídeo 100 pode previamente armazenar coeficientes de filtro de interpolação na memória. De acordo com um local de interpolação, uma suavidade, o número de derivações de filtro, uma profundidade de bit, um fator de escala, e uma função básica de filtragem de interpolação com base na transformação podem ser armazenados na memória do aparelho de codificação de vídeo 100.

[000259] Por exemplo, (i) um filtro de interpolação de unidade pel de 1/4 incluindo coeficientes de filtro de 7 derivações {-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1} e tendo um tamanho de janela de 8.7, e (ii) um filtro de interpolação de unidade pel de 1/2 incluindo coeficientes de filtro de 8 derivações {-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1} e tendo um tamanho de janela de 9.5 podem ser armazenados em memória e podem ser usados para realizar filtragem de interpolação.

[000260] Além dos coeficientes de filtro mencionados acima, coeficientes de filtro de interpolação suavizada que podem ser modificados com base em diversas funções básicas e funções de janela como mostrado nas Figuras 9A a 12B podem ser usados para realizar filtragem de interpolação.

[000261] Se filtragem de interpolação for realizada mediante uso dos coeficientes de filtro armazenados na memória, uma velocidade de cálculo de predição inter pode ser aperfeiçoada.

[000262] Dentre uma pluralidade de filtros de interpolação, o codificador 120 pode selecionar e usar um filtro de interpolação suavizada desejado para realizar predição inter com base em um local de interpolação de unidade sub-pel  $\alpha$  e uma suavidade. Além disso, um filtro de interpolação suavizada apropriado para um pixel atual pode ser determinado com base

no número de derivações de filtro, uma profundidade de bits, um fator de escala, etc.

[000263] codificador 120 pode determinar um filtro de interpolação com base nas características de imagem. Por exemplo, o codificador 120 pode determinar diferentes filtros de interpolação com base nos componentes de cor dos pixels. Por exemplo, um filtro de interpolação para pixels luma e um filtro de interpolação para pixels croma podem ser selecionados separadamente e assim os valores de pixel de unidade sub-pel podem ser individualmente gerados mediante realização de filtração de interpolação.

[000264] Um vídeo pode ser codificado mediante realização de predição inter com base na interpolação de unidade sub-pel, predição intra, transformação, e quantização.

[000265] A unidade de saída 130 pode codificar e produzir informação de codificação e pode produzir dados de imagem codificados. Como a informação de codificação, informação sobre o filtro de interpolação selecionado pode ser codificada adicionalmente. Em outras palavras, informação sobre um filtro de interpolação usado para realizar codificação de predição de unidade sub-pel pode ser codificada. Por exemplo, um decodificador tem que saber sobre um filtro de interpolação usado para codificar uma imagem para decodificar a imagem mediante uso do mesmo filtro de interpolação usado no processo de codificação. Para isso, a informação indicando o filtro de interpolação usado pode ser codificada em conjunto com a imagem. Contudo, se um filtro for selecionado com base em um resultado de codificação anterior, isto é, contexto, informação sobre o filtro selecionado pode não ser adicionalmente codificada.

[000266] A unidade de saída 130 pode realizar codificação de entropia na informação de codificação e dados de imagem codificados e pode produzir um fluxo de bits.

[000267] A Figura 13B é um diagrama de blocos de um aparelho de decodificação de vídeo 200 utilizando um filtro de interpolação suavizada, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000268] aparelho de decodificação de vídeo 200 inclui um receptor e extrator 220 e um decodificador 230. As operações do receptor e extrator 220 e do decodificador 230 do aparelho de decodificação de vídeo 200 podem ser controlados de forma cooperativa por intermédio de um processador de decodificação de vídeo, um processador gráfico, e uma CPU.

[000269] Para restaurar uma imagem a partir de um fluxo de bits, o aparelho de decodificação de vídeo 200 pode decodificar os dados de imagem codificados do fluxo de bits mediante realização de operações incluindo decodificação de entropia, quantização inversa, transformação inversa, predição inter/compensação, e predição intra/compensação.

[000270] receptor e extrator 220 recebe, e analisa, um fluxo de bits de um vídeo codificado. O receptor e o extrator 220 podem extraír os dados codificados de cada unidade de dados de uma imagem atual, e codificar informação incluindo a informação sobre um método de codificação a ser usado para decodificar os dados codificados, a partir do fluxo de bits analisado.

[000271] Se a informação de codificação incluir informação de filtro de interpolação, o decodificador 230 pode ler informação sobre um filtro de interpolação usado para realizar predição intra de unidade sub-pel a partir da informação de

filtro de interpolação, e pode realizar compensação de movimento mediante uso do filtro de interpolação usado em um processo de codificação.

[000272] decodificador 230 pode decodificar os dados de imagem codificados mediante realização de várias operações de decodificação tal como decodificação de entropia, quantização inversa, transformação inversa, predição inter/compensação, e predição intra/compensação em uma imagem codificada de acordo com os vários métodos de decodificação determinados com base na informação sobre um modo de codificação.

[000273] Para realizar compensação de movimento, uma região de referência de uma imagem de referência que é temporalmente anterior ou subsequente a uma imagem atual, pode ser determinada mediante uso de dados de referência, e um valor de pixel da região de referência e os dados residuais podem ser combinados para reconstruir um valor de pixel atual.

[000274] Se os dados residuais e os dados de referência forem determinados com base nos pixels interpolados em uma unidade de subpixel em um processo de codificação, o decodificador 230 também pode realizar compensação de movimento com base nos pixels interpolados em uma unidade de subpixel. Para realizar compensação de movimento de unidade de subpixel, o decodificador 230 pode gerar um valor de pixel de unidade sub-pel mediante interpolação de pixels de unidade de pel inteiro, adjacentes da imagem de referência. O valor de pixel de unidade sub-pel pode ser gerado mediante realização de filtração de interpolação em dois ou mais pixels de referência de unidade de pel inteiro incluindo os pixels adjacentes de unidade de pel inteiro.

[000275] Para realizar eficientemente informação de imagem, o

aparelho de decodificação de vídeo 200 pode determinar seletivamente os coeficientes de filtro de interpolação. O decodificador 230 pode incluir o aparelho de interpolação de imagem 10 ilustrado na Figura 1. Em outras palavras, para realizar compensação de movimento de unidade sub-pel, decodificador 230 pode gerar o valor de pixel de unidade sub-pel mediante uso de um filtro de interpolação com base na transformação.

[000276] Para realizar eficientemente filtração de interpolação, o aparelho de decodificação de vídeo 200 pode armazenar previamente os coeficientes de filtro de interpolação selecionáveis de forma variada em memória de acordo com um local de interpolação, uma suavidade, o número de derivações de filtro, uma profundidade de bits, um fator de escala e uma função básica de filtração de interpolação com base na transformação.

[000277] Conforme descrito acima, por exemplo, pelo menos um de (i) um filtro de interpolação de unidade pel de 1/4 incluindo coeficientes de filtro de 7 derivações {-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1} e tendo um tamanho de janela de 8.7, e (ii) um filtro de interpolação de unidade pel de 1/2 incluindo coeficientes de filtro de 8 derivações {-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1} e tendo um tamanho de janela de 9.5 podem ser armazenados em memória e podem ser usados para realizar filtração de interpolação. Além dos coeficientes de filtro mencionados acima, coeficientes de filtro de interpolação suavizada que podem ser modificados de acordo com diversas funções básicas e funções de janela como mostrado nas Figuras 8A a 12C podem ser usados para realizar filtração de interpolação suavizada.

[000278] Dentre uma pluralidade de filtros de interpolação, o decodificador 230 pode selecionar e usar um filtro de interpolação apropriado para um pixel atual para realizar compensação de movimento de unidade sub-pel de acordo com um local de interpolação de unidade sub-pel  $\alpha$ , o número de derivações de filtro, uma profundidade de bits, um fator de escala, etc.

[000279] Além disso, o decodificador 230 pode determinar um filtro de interpolação suavizada com base nas características de imagem. Por exemplo, diferentes filtros de interpolação podem ser determinados de acordo com os componentes de cor dos pixels, filtração de interpolação para pixels luma e filtração de interpolação para pixels croma podem ser realizadas separadamente, e assim os valores de pixel de unidade sub-pel interpolados podem ser individualmente gerados.

[000280] Consequentemente, o decodificador 230 pode reconstruir os dados em um domínio espacial mediante realização de quantização inversa/transformação inversa, e pode reconstruir os valores de pixel em uma imagem atual mediante realização de predição intra e compensação de movimento com base em interpolação de unidade sub-pel assim como interpolação de unidade de pel inteiro. Se imagens forem reconstruídas, um vídeo pode ser decodificado.

[000281] A Figura 14A é um fluxograma de um método de codificação de imagem utilizando um filtro de interpolação suavizada, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000282] Na operação 1410, para codificar uma imagem atual de um vídeo de entrada, é realizada codificação de predição utilizando interpolação de unidade sub-pel. Um filtro de interpolação é selecionado diferentemente com base em um local

de interpolação de unidade sub-pel e uma suavidade dentre os filtros de interpolação para gerar um valor de pixel de unidade sub-pel. A suavidade do filtro de interpolação pode ser determinada com base na distância entre um local de interpolação e unidades de pel inteiro.

[000283] valor de pixel de unidade sub-pel pode ser gerado mediante realização de filtração de interpolação em dois ou mais pixels de referência de unidade de pel inteiro de uma imagem de referência. Dados residuais e dados de referência são determinados mediante uso do valor gerado de pixel de unidade sub-pel gerada, desse modo realizando codificação de predição.

[000284] Para realizar eficientemente interpolação de imagem, os coeficientes de filtro de interpolação podem ser determinados seletivamente. Dentre os coeficientes de filtro de interpolação previamente armazenados na memória, um filtro de interpolação desejado pode ser selecionado com base em um local de interpolação de unidade sub-pel, uma suavidade, um número de derivações de filtro, uma profundidade de bits, um fator de escala, uma função básica de filtração de interpolação com base na transformação, e um componente de cor, e interpolação pode ser realizada para gerar o valor de pixel de unidade sub-pel.

[000285] Na operação 1420, transformação e quantização são realizadas em um resultado de predição inter com base na interpolação de unidade sub-pel, e predição intra.

[000286] Na operação 1430, um fluxo de bits pode ser produzido mediante realização de codificação de entropia na informação de codificação e dados de imagem codificados na forma de coeficientes de transformação quantizados. A informação de

codificação pode incluir informação sobre um filtro de interpolação usado para realizar codificação de predição de unidade sub-pel.

[000287] A Figura 14B é um fluxograma de um método de decodificação de imagem utilizando um filtro de interpolação suavizada, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000288] Na operação 1450, um fluxo de bits de um vídeo codificado é recebido, decodificado por entropia e analisado para extrair coeficientes de transformação quantizados e codificar informação de uma imagem atual a partir do fluxo de bits.

[000289] Se a informação de codificação incluir informação sobre um filtro de interpolação, o tipo de um filtro de interpolação exigido pode ser lido a partir da informação.

[000290] Na operação 1460, de acordo com vários métodos de decodificação determinados com base em um modo de codificação lido a partir da informação de codificação, quantização inversa e transformação inversa são realizadas nos coeficientes de transformação quantizados, e dados residuais são adicionais, desse modo reconstruindo os dados em um domínio espacial.

[000291] Na operação 1470, dados de imagem codificados podem ser decodificados mediante realização de várias operações de decodificação tal como compensação de movimento e predição intra com base no modo de codificação.

[000292] Especificamente, se dados residuais codificados e dados de referência forem extraídos com base nos pixels interpolados em uma unidade sub-pel, compensação de movimento pode ser realizada com base nos pixels interpolados em uma unidade sub-pel. Dentre os filtros de interpolação para gerar

um valor de pixel de unidade sub-pel, um filtro de interpolação é selecionado diferentemente com base em um local de interpolação de unidade sub-pel e uma suavidade.

[000293] Para realizar eficientemente interpolação de imagem, coeficientes de filtro de interpolação podem ser determinados seletivamente. Dentre os coeficientes de filtro de interpolação previamente armazenados na memória, um filtro de interpolação desejado pode ser selecionado de acordo com um local de interpolação de unidade sub-pel, uma suavidade, um número de derivações de filtro, uma profundidade de bits, um fator de escala, uma função básica de filtração de interpolação com base na transformação, e um componente de cor, e a interpolação pode ser realizada para gerar o valor de pixel de unidade sub-pel.

[000294] Como a compensação de movimento é realizada nos pixels interpolados mediante uso dos coeficientes de filtro interpolados previamente armazenados na memória, a velocidade de cálculo pode ser aumentada. A memória pode armazenar filtros de interpolação simétrico e assimétrico e filtros de interpolação de derivação de número ímpar e de número par.

[000295] Uma imagem de referência e uma região de referência são determinadas mediante uso dos dados de referência, e o valor de pixel de unidade sub-pel pode ser gerado mediante realização de filtração de interpolação em dois ou mais pixels de referência de unidade de pel inteiro da estrutura de referência. Compensação de movimento pode ser realizada mediante combinação do valor de pixel de unidade sub-pel gerado e os dados residuais, e assim a decodificação de predição pode ser realizada.

[000296] Na operação 1480, uma imagem atual é reconstruída

mediante uso dos valores de pixel obtidos mediante realização de decodificação de predição, e assim um vídeo é decodificado.

**Codificação e Decodificação de Vídeo Utilizando Interpolação com Base em Unidades de Codificação Tendo Estrutura de Árvore**

[000297] Aparelhos de codificação e decodificação de vídeo utilizando um filtro de interpolação baseado em unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, e métodos de codificação e decodificação de vídeo correspondendo aos aparelhos de codificação e decodificação de vídeo, de acordo com as modalidades da presente invenção, serão descritos agora em detalhe com referência às Figuras 13 a 27.

[000298] aparelho de codificação de vídeo 100 pode codificar um vídeo com base nas unidades de codificação e unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore.

[000299] Uma imagem atual de um vídeo pode ser dividida com base em uma unidade de codificação máxima para a imagem atual. Se a imagem atual for maior do que a unidade de codificação máxima, dados de imagem da imagem atual podem ser divididos em pelo menos uma unidade de codificação máxima. A unidade de codificação máxima pode ser uma unidade de dados tendo um tamanho de 32x32, 64x64, 128x128, 256x256, etc., em que um formato da unidade de dados é um quadrado tendo uma largura em comprimento em quadrados de 2. O codificador 120 pode codificar os dados de imagem de cada uma de pelo menos uma unidade de codificação máxima.

[000300] Uma unidade de codificação de acordo com uma modalidade da presente invenção pode ser caracterizada por um tamanho e uma profundidade máxima. A profundidade denota o número de vezes em que a unidade de codificação é dividida

espacialmente a partir da unidade de codificação máxima, e à medida que a profundidade aumenta, as unidades de codificação mais profundas de acordo com as profundidades podem ser divididas a partir da unidade de codificação máxima para uma unidade de codificação mínima. Uma profundidade da unidade de codificação máxima é uma profundidade mais elevada e uma profundidade da unidade de codificação mínima é uma profundidade mais inferior. Como um tamanho de uma unidade de codificação correspondendo a cada profundidade diminui à medida que a profundidade da unidade de codificação máxima se aprofunda, uma unidade de codificação correspondendo a uma profundidade superior pode incluir uma pluralidade de unidades de codificação correspondendo a profundidades inferiores.

[000301] Conforme descrito acima, os dados de imagem da imagem atual são divididos em unidades de codificação máxima de acordo com o tamanho máximo da unidade de codificação, e cada uma das unidades de codificação máxima pode incluir unidades de codificação mais profundas que são divididas de acordo com as profundidades. Como a unidade de codificação máxima de acordo com uma modalidade da presente invenção é dividida de acordo com as profundidades, os dados de imagem de um domínio espacial incluídos na unidade de codificação máxima podem ser classificados hierarquicamente de acordo com as profundidades.

[000302] Uma profundidade máxima e um tamanho máximo de uma unidade de codificação, que limitam o número total de vezes em que uma altura e uma largura da unidade de codificação máxima são divididas hierarquicamente, podem ser predeterminados.

[000303] codificador 120 codifica pelo menos uma região dividida obtida mediante divisão de uma região da unidade de codificação máxima de acordo com as profundidades, e determina

a profundidade para produzir dados de imagem finalmente codificados de acordo com pelo menos uma região dividida. Em outras modalidades, o codificador 120 determina uma profundidade codificada mediante codificação dos dados de imagem nas unidades de codificação mais profundas de acordo com as profundidades, de acordo com a unidade de codificação máxima da imagem atual, e selecionando uma profundidade tendo o menor erro de codificação.

[000304] codificador 120 pode produzir os dados de imagem codificados da unidade de codificação correspondendo à profundidade codificada determinada. Além disso, o codificador 120 pode transmitir informação sobre a profundidade codificada determinada para a unidade de saída 130 de tal modo que a informação sobre a profundidade codificada pode ser codificada como informação de codificação.

[000305] Os dados de imagem na unidade de codificação máxima são codificados com base nas unidades de codificação mais profundas correspondendo a pelo menos uma profundidade igual ou abaixo da profundidade máxima, e os resultados da codificação dos dados de imagem são comparados com base em cada uma das unidades de codificação mais profundas. Uma profundidade tendo o erro de codificação mínimo pode ser selecionada após comparação dos erros de codificação das unidades de codificação mais profundas. Pelo menos uma profundidade codificada pode ser selecionada para cada unidade de codificação máxima.

[000306] tamanho da unidade de codificação máxima é dividido à medida que uma unidade de codificação é dividida hierarquicamente de acordo com as profundidades, e à medida que aumenta o número de unidades de codificação. Além disso,

mesmo se as unidades de codificação corresponderem à mesma profundidade em uma unidade de codificação máxima, é determinado se deve ser dividida cada uma das unidades de codificação correspondendo à mesma profundidade para uma profundidade inferior mediante medição de um erro de codificação dos dados de imagem de cada unidade de codificação, separadamente. Consequentemente, mesmo quando os dados de imagem são incluídos em uma unidade de codificação máxima, os dados de imagem são divididos em regiões de acordo com as profundidades e os erros de codificação podem diferir de acordo com as regiões em uma unidade de codificação máxima, e assim as profundidades codificadas podem diferir de acordo com as regiões nos dados de imagem. Assim, uma ou mais profundidades codificadas podem ser determinadas em uma unidade de codificação máxima, e os dados de imagem da unidade de codificação máxima podem ser divididos de acordo com as unidades de codificação de pelo menos uma profundidade codificada.

[000307] Consequentemente, o codificador 120 pode determinar unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore incluída na unidade de codificação máxima. As 'unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore' de acordo com uma modalidade da presente invenção incluem unidades de codificação correspondendo a uma profundidade determinada para ser a profundidade codificada, dentre todas as unidades de codificação mais profunda incluídas na unidade de codificação máxima. Uma unidade de codificação de uma profundidade codificada pode ser determinada hierarquicamente de acordo com as profundidades na mesma região da unidade de codificação máxima, e podem ser determinadas independentemente em

diferentes regiões. Similarmente, uma profundidade codificada em uma região atual pode ser determinada independentemente a partir de uma profundidade codificada em outra região.

[000308] Uma profundidade máxima de acordo com uma modalidade da presente invenção é um índice relacionado ao número de vezes que a divisão é realizada a partir de uma unidade de codificação máxima para uma unidade de codificação mínima. Uma primeira profundidade máxima de acordo com uma modalidade da presente invenção pode denotar o número total de vezes em que a divisão é realizada a partir da unidade de codificação máxima para a unidade de codificação mínima. Uma segunda profundidade máxima de acordo com uma modalidade da presente invenção pode denotar o número total de níveis de profundidade a partir da unidade de codificação máxima para a unidade de codificação mínima. Por exemplo, quando uma profundidade da unidade de codificação máxima é de 0, uma profundidade de uma unidade de codificação, na qual a unidade de codificação máxima é dividida uma vez, pode ser ajustada para 1, e uma profundidade de uma unidade de codificação, na qual a unidade de codificação máxima dividida duas vezes, pode ser ajustada para 2. Aqui, se a unidade de codificação mínima for uma unidade de codificação na qual a unidade de codificação máxima é dividida quatro vezes, 5 níveis de profundidade, de profundidade 0, 1, 2, 3 e 4 existem, e assim a primeira profundidade máxima pode ser ajustada para 4, e a segunda profundidade máxima pode ser ajustada para 5.

[000309] A codificação de predição, e a transformação, podem ser realizadas de acordo com a unidade de codificação máxima. A codificação de predição e a transformação também são realizadas com base nas unidades de codificação mais profundas

de acordo com uma profundidade igual ou uma profundidade menor do que a profundidade máxima, de acordo com a unidade de codificação máxima.

[000310] Como o número de unidades de codificação mais profunda aumenta sempre que a unidade de codificação máxima é dividida de acordo com as profundidades, a codificação incluindo a codificação de predição e a transformação é realizada em todas as unidades de codificação mais profunda geradas à medida que aumenta a profundidade. Para conveniência de descrição, a codificação de predição e a transformação serão descritas agora com base na unidade de codificação de uma profundidade atual, em uma unidade de codificação máxima.

[000311] aparelho de codificação de vídeo 100 pode selecionar de forma variada um tamanho ou formato de uma unidade de dados para codificar os dados de imagem. Para codificar os dados de imagem, operações tal como codificação de predição, transformação, e codificação de entropia, são realizadas, e dessa vez, a mesma unidade de dados pode ser usada para todas as operações ou unidades de dados diferentes podem ser usadas para cada operação.

[000312] Por exemplo, o aparelho de codificação de vídeo 100 pode selecionar não apenas uma unidade de codificação para codificar os dados de imagem, mas também uma unidade de dados diferente da unidade de codificação de modo a realizar a codificação de predição nos dados de imagem na unidade de codificação.

[000313] Para realizar codificação de predição na unidade de codificação máxima, a codificação de predição pode ser realizada com base em uma unidade de codificação correspondendo a uma profundidade codificada, isto é, com base

em uma unidade de codificação que não mais é dividida em unidades de codificação correspondendo a uma profundidade inferior. Em seguida, a unidade de codificação que não é mais dividida e se torna uma unidade básica para codificação de predição será referida agora como uma 'unidade de predição'. Uma partição obtida mediante divisão da unidade de predição pode incluir uma unidade de predição ou uma unidade de dados obtida mediante divisão de pelo menos uma de uma altura e uma largura da unidade de predição.

[000314] Por exemplo, quando uma unidade de codificação de  $2Nx2N$  (onde  $N$  é um número inteiro positivo) não é mais dividida e se torna uma unidade de predição de  $2Nx2N$ , um tamanho de uma partição pode ser  $2Nx2N$ ,  $2NxN$ ,  $Nx2N$ , ou  $NxN$ . Exemplos de um tipo de partição incluem partições simétricos que são obtidas mediante divisão simétrico de uma altura ou largura da unidade de predição, partições obtidas mediante divisão assimétrico da altura ou largura da unidade de predição, tal como  $1:n$  ou  $n:1$ , partições que são obtidas mediante divisão geométrica da unidade de predição, e partições tendo formatos arbitrários.

[000315] Um modo de predição da unidade de predição pode ser pelo menos um de um modo *intra*, um modo *inter*, e um modo de salto. Por exemplo, o modo *intra* ou o modo *inter* pode ser realizado na partição de  $2Nx2N$ ,  $2NxN$ ,  $Nx2N$  ou  $NxN$ . Além disso, o modo de salto pode ser realizado apenas na partição de  $2Nx2N$ . A codificação é realizada independentemente em uma unidade de predição em uma unidade de codificação, desse modo selecionando um modo de predição tendo um erro de codificação mínimo.

[000316] aparelho de codificação de vídeo 100 também pode

realizar a transformação nos dados de imagem em uma unidade de codificação com base não apenas na unidade de codificação para codificar os dados de imagem, mas também com base em uma unidade de dados que é diferente da unidade de codificação.

[000317] Para realizar a transformação na unidade de codificação, a transformação pode ser realizada com base em uma unidade de transformação tendo um tamanho menor do que ou igual à unidade de codificação. Por exemplo, a unidade de transformação para a transformação pode incluir uma unidade de dados para um modo intra e uma unidade de dados para um modo inter.

[000318] Similarmente à unidade de codificação, a unidade de transformação na unidade de codificação pode ser dividida de forma recursiva em regiões de tamanhos menores, de modo que a unidade de transformação pode ser determinada independentemente em unidades de regiões. Assim, os dados residuais na unidade de codificação podem ser divididos de acordo com as unidades de transformação tendo a estrutura de árvore de acordo com as profundidades de transformação.

[000319] Uma profundidade de transformação indicando o número de vezes em que a divisão é realizada para alcançar a unidade de transformação mediante divisão da altura e largura da unidade de codificação, também pode ser estabelecida na unidade de transformação. Por exemplo, em uma unidade de codificação atual de  $2N \times 2N$ , uma profundidade de transformação pode ser de 0 quando o tamanho de uma unidade de transformação também for  $2N \times 2N$ , pode ser de 1 quando o tamanho da unidade de transformação for de  $N \times N$ , e pode ser de 2 quando o tamanho da unidade de transformação for  $N/2 \times N/2$ . Em outras palavras, unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore podem

ser estabelecidas de acordo com as profundidades de transformação.

[000320] Informação de codificação de acordo com uma profundidade codificada requer não apenas informação sobre a profundidade codificada, mas também informação sobre codificação de predição e transformação. Consequentemente, o codificador 120 não apenas determina uma profundidade codificada tendo um erro de codificação mínimo, mas também determina um tipo de partição em uma unidade de predição, um modo de predição de acordo com as unidades de predição, e um tamanho de uma unidade de transformação para transformação. Para predição inter, a informação de codificação de acordo com uma profundidade codificada pode incluir informação relacionada à filtração de interpolação para interpolar unidades sub-pel.

[000321] Além disso, o codificador 120 pode realizar transformação mediante uso de unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore para codificar as unidades de codificação, com base em um nível de divisão máximo das unidades de transformação, o qual é ajustado previamente e de forma restritiva em cada unidade de codificação máxima ou em uma unidade de codificação atual.

[000322] Em cada uma das unidades de codificação mais profunda de acordo com as profundidades, uma unidade de transformação básica tendo um tamanho menor do que ou igual a uma unidade de codificação pode ser dividida hierarquicamente em unidades de transformação ou profundidades de transformação inferiores. As unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore podem incluir uma unidade de transformação básica tendo um tamanho máximo que é atualmente permitido, e unidades de transformação

de nível inferior em relação a um nível de divisão máximo que é permitido para as unidades de codificação.

[000323] Após realizar a transformação em cada nível de acordo com uma profundidade de transformação em uma unidade de codificação atual, o codificador 120 pode determinar unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore, as quais são independentes das unidades de transformação de regiões adjacentes e a partir de uma estrutura hierárquica entre unidades de transformação na mesma região de acordo com as profundidades de transformação.

[000324] Em outras palavras, unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore podem ser determinadas mediante realização de transformação em cada unidade de codificação mediante uso de unidades de transformação de tamanhos diversos e então comparando os resultados da transformação. Embora uma unidade de codificação esteja sendo determinada, uma unidade de transformação para transformar a unidade de codificação pode ser determinado. Sempre que as unidades de codificação de acordo com cada uma ou mais profundidades são codificadas, as unidades de transformação de acordo com cada uma ou mais profundidades de transformação podem ser usadas para realizar a transformação.

[000325] Uma unidade de transformação tendo um erro de codificação mínimo tem que ser determinada para cada unidade de codificação. Para determinar uma profundidade de transformação tendo um erro de codificação mínimo em uma unidade de transformação, erros de codificação podem ser medidos e comparados em todas as unidades de transformação mais profundas de acordo com as profundidades. Uma unidade de transformação pode ser determinada como uma unidade para

minimizar um erro de transformação de uma unidade de codificação.

[000326] Consequentemente, como uma combinação de uma unidade de codificação mais profunda e uma unidade de transformação mais profunda de acordo com as profundidades, a qual tem um erro de codificação mínimo, é determinado individualmente em cada região de uma unidade de codificação máxima, unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore e unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore podem ser determinadas.

[000327] Métodos de determinar unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, partições, e unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore em uma unidade de codificação máxima, de acordo com as modalidades da presente invenção, serão descritos em detalhe posteriormente com referência às Figuras 15 a 25.

[000328] codificador 120 pode medir um erro de codificação de unidades de codificação mais profunda de acordo com as profundidades mediante uso de otimização de distorção de taxa com base em multiplicadores Lagrangianos.

[000329] aparelho de codificação de vídeo 100 pode produzir os dados de imagem da unidade de codificação máxima, os quais são codificados com base na pelo menos uma profundidade codificada determinada pelo codificador 120, e informação sobre um modo de codificação de acordo com a profundidade codificada, que é codificada pela unidade de saída 130, na forma de um fluxo de bits.

[000330] A informação sobre o modo de codificação de unidades de codificação mais profundas de acordo com as profundidades, que é determinada como uma imagem é codificada com base nas

unidades de codificação, unidades de predição, e unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore, podem ser incluídas em um cabeçalho, um conjunto de parâmetros de sequência (na sigla em inglês para *sequence parameter set*, SPS), ou um conjunto de parâmetros de imagem (na sigla em inglês para *picture parameter set*, PPS) de um fluxo de bits.

[000331] Os dados de imagem codificados podem ser obtidos mediante codificação de dados residuais de uma imagem.

[000332] A informação sobre o modo de codificação de acordo com a profundidade codificada pode incluir informação sobre a profundidade codificada, sobre o tipo de partição na unidade de predição, o modo de predição, e o tamanho da unidade de transformação.

[000333] A informação sobre a profundidade codificada pode ser definida pelo uso de informação de divisão de acordo com as profundidades, que representa se a codificação é realizada em unidades de codificação de uma profundidade inferior em vez de uma profundidade atual. Se a profundidade atual da unidade de codificação atual for a profundidade codificada, os dados de imagem na unidade de codificação atual são codificados e produzidos, e assim a informação de divisão pode ser definida não para dividir a unidade de codificação atual para uma profundidade menor. Alternativamente, se a profundidade atual da unidade de codificação atual não for a profundidade codificada, a codificação é realizada na unidade de codificação da profundidade inferior, e assim a informação de divisão pode ser definida para dividir a unidade de codificação atual para obter as unidades de codificação da profundidade inferior.

[000334] Se a profundidade atual não for a profundidade

codificada, a codificação é realizada na unidade de codificação que é dividida para unidade de codificação da profundidade inferior. Como existe pelo menos uma unidade de codificação da profundidade inferior em uma unidade de codificação da profundidade atual, a codificação é realizada repetidamente em cada unidade de codificação da profundidade inferior, e assim a codificação pode ser realizada de forma recursiva para as unidades de codificação tendo a mesma profundidade.

[000335] Como as unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore são determinadas para uma unidade de codificação máxima, e informação sobre pelo menos um modo de codificação é determinada para uma unidade de codificação de uma profundidade codificada, a informação sobre pelo menos um modo de codificação pode ser determinada para uma unidade de codificação máxima. Além disso, uma profundidade codificada dos dados de imagem da unidade de codificação máxima pode ser diferente de acordo com os locais, visto que os dados de imagem são divididos hierarquicamente de acordo com as profundidades e, assim, a informação sobre o percurso codificado, e sobre o modo de codificação, pode ser ajustada para os dados de imagem.

[000336] Consequentemente, a unidade de saída 130 pode atribuir informação de codificação sobre um percurso codificado correspondente e um modo de codificação para pelo menos uma da unidade de codificação, unidade de predição, e um modo de codificação para ao menos uma da unidade de codificação, unidade de predição, e uma unidade mínima incluída na unidade de codificação máxima.

[000337] A unidade mínima de acordo com uma modalidade da

presente invenção é uma unidade de dados retangular obtida mediante divisão da unidade de codificação mínima constituindo a profundidade mais baixa por 4. Alternativamente, a unidade mínima pode ser uma unidade de dados retangular máxima que pode ser incluída em todas as unidades de codificação, unidades de predição, unidades de partição e unidades de transformação incluídas na unidade de codificação máxima.

[000338] Por exemplo, a informação de codificação produzida através da unidade de saída 130 pode ser classificada em informação de codificação de acordo com as unidades de codificação, e informação de codificação de acordo com as unidades de predição. A informação de codificação de acordo com as unidades de codificação pode incluir a informação sobre o modo de predição e sobre o tamanho das partições. A informação de codificação de acordo com as unidades de predição pode incluir informação sobre uma direção estimada de um modo inter, em relação a um índice de imagem de referência do modo inter, em relação a um vetor de movimento, em relação a um componente croma de um modo intra, e em relação a um método de interpolação do modo intra.

[000339] Informação sobre um tamanho máximo da unidade de codificação definido de acordo com as imagens, fatias, ou GOPs, e informação sobre uma profundidade máxima pode ser inserida em um cabeçalho, um SPS, ou um PPS de um fluxo de bits.

[000340] No aparelho de codificação de vídeo 100, a unidade de codificação mais profunda pode ser uma unidade de codificação obtida mediante divisão de uma altura ou largura de uma unidade de codificação de uma profundidade superior, que está uma camada acima, por dois. Em outras palavras, quando o

tamanho da unidade de codificação da profundidade atual é  $2Nx2N$ , o tamanho da unidade de codificação da profundidade inferior é  $NxN$ . Além disso, a unidade de codificação da profundidade atual tendo o tamanho de  $2Nx2N$  pode incluir no máximo 4 das unidades de codificação da profundidade inferior.

[000341] Consequentemente, o aparelho de codificação de vídeo 100 pode formar as unidades de codificação tendo a estrutura de árvore mediante determinação das unidades de codificação tendo um formato ótimo e um tamanho ótimo para cada unidade de codificação máxima, com base no tamanho da unidade de codificação máxima e profundidade máxima determinada considerando-se as características da imagem atual. Além disso, como a codificação pode ser realizada em cada unidade de codificação máxima mediante uso de qualquer um dos vários modos de predição e transformações, um modo de codificação ótima pode ser determinado considerando as características da unidade de codificação de vários tamanhos de imagem.

[000342] Assim, se uma imagem tendo alta resolução ou grande quantidade de dados for codificada em um macro bloco convencional, um número de macro blocos por imagem aumenta excessivamente. Consequentemente, um número de informações compactada gerados para cada macro bloco aumenta, e assim é difícil transmitir a informação compactada e diminui a eficiência de compactação de dados. Contudo, mediante uso do aparelho de codificação de vídeo 100, a eficiência de compactação de imagem pode ser aumentada uma vez que uma unidade de codificação é ajustada enquanto considerando as características de uma imagem enquanto aumentando o tamanho máximo de uma unidade de codificação enquanto considerando um tamanho da imagem.

[000343] A unidade de saída 130 pode codificar e emitir informação de codificação indicado um método de codificação usado para codificar um vídeo com base nas unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore e unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore. A informação de codificação pode incluir informação sobre vários modos de codificação das unidades de codificação correspondendo a uma profundidade codificada, e informação sobre a profundidade codificada.

[000344] Definições de vários termos, tal como uma unidade de codificação, uma profundidade, uma unidade de predição, uma unidade de transformação e informação sobre vários modos de codificação, para diversas operações do aparelho de decodificação de vídeo 200, são idênticas àquelas descritas com referência ao aparelho de codificação de vídeo 100.

[000345] receptor 210 recebe um fluxo de bits de um vídeo codificado. O receptor e o extrator 220 analisam o fluxo de bits recebido. O receptor e o extrator 220 extraem os dados de imagem codificados para cada unidade de codificação a partir do fluxo de bits analisado, em que as unidades de codificação têm uma estrutura de árvore de acordo com cada unidade de codificação máxima, e produz os dados de imagem extraídos para o decodificador 230. O receptor e o extrator 220 podem extraír informação sobre um tamanho máximo de uma unidade de codificação de uma imagem atual, a partir de um cabeçalho, de um SPS, ou de um PPS sobre a imagem atual.

[000346] Além disso, o receptor e o extrator 220 podem extraír informação de codificação sobre as unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore de acordo com cada unidade de codificação máxima a partir do fluxo de bits analisado. A

informação sobre uma profundidade codificada e um modo de codificação é extraída a partir da informação de codificação. A informação extraída sobre a profundidade codificada e o modo de codificação é emitida para o decodificador 230. Em outras palavras, os dados de imagem em um fluxo de bits podem ser divididos em unidade de codificação máxima de modo que o decodificador 230 pode decodificar os dados de imagem para cada unidade de codificação máxima.

[000347] A informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação de acordo com a unidade de codificação máxima pode ser estabelecida para informação sobre pelo menos uma unidade de codificação correspondendo à profundidade codificada, e informação sobre um modo de codificação pode incluir informação sobre um tipo de partição de uma unidade de codificação correspondente que corresponde à profundidade codificada, em relação ao modo de predição, e a um tamanho de uma unidade de transformação. Para predição inter, informação relacionada à filtração de interpolação para interpolar unidades sub-pel pode ser extraída a partir da informação de codificação de acordo com uma profundidade codificada. Além disso, a informação de divisão de acordo com as profundidades pode ser extraída como a informação sobre a profundidade codificada.

[000348] A informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação de acordo com cada unidade de codificação máxima extraída pelo receptor e extrator 220 é informação sobre uma profundidade codificada e um modo de codificação determinado para gerar um erro de codificação mínimo quando um codificador, tal como o aparelho de codificação de vídeo 100, realiza repetidamente a codificação para cada unidade de

codificação mais profunda de acordo com as profundidades em conformidade com cada unidade de codificação máxima. Consequentemente, o aparelho de decodificação de vídeo 200 pode reconstruir uma imagem mediante decodificação dos dados de imagem de acordo com uma profundidade codificada e um modo de codificação que gera o erro de codificação mínimo.

[000349] Como a informação de codificação sobre a profundidade codificada, e o modo de codificação, pode ser atribuída a uma unidade de dados predeterminada dentre uma unidade de codificação correspondente, uma unidade de predição, e uma unidade mínima, o receptor e extrator 220 podem extrair a informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação de acordo com as unidades de dados predeterminadas. As unidades de dados predeterminadas para os quais a mesma informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação é atribuída pode ser deduzida como sendo as unidades de dados incluídas na mesma unidade de codificação máxima.

[000350] decodificador 230 pode determinar pelo menos uma profundidade codificada de uma unidade de codificação máxima mediante uso de informação de divisão de acordo com as profundidades. Se a informação de divisão representar que dados de imagem não mais são divididos na profundidade atual, a profundidade atual é a profundidade codificada. Consequentemente, o decodificador 230 pode decodificar os dados de imagem codificados de pelo menos uma unidade de codificação correspondendo a cada profundidade codificada na unidade de codificação máxima atual mediante uso da informação sobre o tipo de partição da unidade de predição, o modo de predição, e o tamanho da unidade de transformação para cada

unidade de codificação correspondendo à profundidade codificada, e emitir os dados de imagem da unidade de codificação máxima atual.

[000351] Em outras palavras, unidades de dados contendo a informação de codificação incluindo a mesma informação de divisão podem ser agrupadas mediante observação do conjunto de informações de codificação atribuído para a unidade de dados predeterminada dentre a unidade de codificação, a unidade de predição e a unidade mínima, e as unidades de dados agrupadas podem ser consideradas como sendo uma unidade de dados a ser decodificada pelo decodificador 230 no mesmo modo de codificação.

[000352] decodificador 230 pode reconstruir a imagem atual mediante decodificação dos dados de imagem codificados em cada unidade de codificação máxima com base na informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação de acordo com as unidades de codificação máxima. O tipo de partição, o modo de predição, e a unidade de transformação podem ser lidos como o modo de codificação para cada unidade de codificação dentre as unidades de codificação tendo a estrutura de árvore incluída em cada unidade de codificação máxima. Um processo de decodificação pode incluir uma predição incluindo predição intra e compensação de movimento e uma transformação inversa.

[000353] decodificador 230 pode realizar predição intra ou compensação de movimento de acordo com uma partição e um modo de predição de cada unidade de codificação com base na informação sobre o tipo de partição e o modo de predição da unidade de predição das unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore.

[000354] Além disso, o decodificador 230 pode ler a estrutura

das unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore e pode realizar transformação inversa em cada unidade de codificação com base nas unidades de transformação.

[000355] equipamento de decodificação de vídeo 200 pode obter informação sobre ao menos uma unidade de codificação que gera o erro de codificação mínimo quando a codificação é realizada de forma recursiva para cada unidade de codificação máxima, e pode usar a informação para decodificar a imagem atual. Em outras palavras, as unidades de codificação tendo a estrutura de árvore determinada para ser a unidade de codificação ótima em cada unidade de codificação máxima podem ser decodificadas. Além disso, o tamanho máximo da unidade de codificação é determinado considerando a resolução e uma quantidade de dados de imagem.

[000356] Consequentemente, mesmo se os dados de imagem tiverem elevada resolução e uma grande quantidade de dados, os dados de imagem podem ser decodificados eficientemente e restaurados mediante uso de um tamanho de uma unidade de codificação e de um modo de codificação, os quais são determinados de forma adaptativa de acordo com as características dos dados de imagem, mediante uso de informação sobre um modo de codificação ótimo recebido a partir de um codificador.

[000357] A Figura 15 é um diagrama para descrever um conceito das unidades de codificação hierárquicas de acordo com uma modalidade exemplar.

[000358] Um tamanho de uma unidade de codificação pode ser expresso em largura x altura, e pode ser 64x64, 32x32, 16x16 e 8x8. Uma unidade de codificação de 64x64 pode ser dividida em partições de 64x64, 64x32, 32x64 ou 32x32, e uma unidade de codificação de 32x32 pode ser dividida em partições de 32x32,

32x16, 16x32, ou 16x16, uma unidade de codificação de 16x16 pode ser dividida em partições de 16x16, 16x8, 8x16 ou 8x8, e uma unidade de codificação de 8x8 pode ser dividida em partições de 8x8, 8x4, 4x8 ou 4x4.

[000359] Nos dados de vídeo 310, uma resolução é de 1920x1080, um tamanho máximo de uma unidade de codificação é de 64, e uma profundidade máxima é de 2. Nos dados de vídeo 320, uma resolução é de 1920x1080, um tamanho máximo de codificação é de 64, e uma profundidade máxima é de 3. Nos dados de vídeo 330, uma resolução é de 352x288, um tamanho máximo de uma unidade de codificação é de 16, e uma profundidade máxima é de 1. A profundidade máxima mostrada na Figura 15 denota um número total de divisões a partir de uma unidade de codificação máxima para uma unidade de decodificação mínima.

[000360] Se uma resolução for elevada ou se uma quantidade de dados for grande, um tamanho máximo de uma unidade de codificação pode ser tão grande de modo a não apenas aumentar a eficiência de codificação, mas também refletir de forma exata as características de uma imagem. Consequentemente, o tamanho máximo da unidade de codificação dos dados de vídeo 310 e 320 tendo a resolução mais alta do que os dados de vídeo 330 pode ser de 64.

[000361] Como a profundidade máxima dos dados de vídeo 310 é de 2, as unidades de codificação 315 dos dados de vídeo 310 podem incluir uma unidade de codificação máxima tendo um tamanho de eixo longo de 64, e unidades de codificação tendo tamanhos de eixo longos de 32 e 16 uma vez que as profundidades são aprofundadas para duas camadas mediante divisão duas vezes da unidade de codificação máxima. Entretanto, como a profundidade máxima dos dados de vídeo 330

é de 1, as unidades de codificação 335 dos dados de vídeo 330 podem incluir uma unidade de codificação máxima tendo um tamanho de eixo longo de 16, e unidades de codificação tendo um tamanho de eixo longo de 8 uma vez que as profundidades são aprofundadas para uma camada mediante divisão uma vez da unidade de codificação máxima.

[000362] Como a profundidade máxima dos dados de vídeo 320 é de 3, as unidades de codificação 325 dos dados de vídeo 320 podem incluir uma unidade de codificação máxima tendo um tamanho de eixo longo de 64, e unidades de codificação tendo tamanhos de eixo longo de 32, 16 e 8 uma vez que as profundidades são aprofundadas para 3 camadas mediante divisão da unidade de codificação máxima três vezes. À medida que a profundidade é aprofundada, informação detalhada pode ser expressa com exatidão.

[000363] A Figura 16 é um diagrama de blocos de um codificador de imagem 400 com base nas unidades de codificação, de acordo com uma modalidade exemplar.

[000364] codificador de imagem 400 realiza operações do determinador de unidade de codificação 120 do equipamento de codificação de vídeo 100 para codificar os dados de imagem. Em outras palavras, um preditor intra 410 realiza predição intra nas unidades de codificação em um modo intra, dentre um quadro atual 405, e um estimador de movimento 420 e um compensador de movimento 425 realiza estimação inter e compensação de movimento nas unidades de codificação em um modo inter dentre o quadro atual 405 mediante uso do quadro atual 405, e um quadro de referência 495.

[000365] Para realizar com exatidão estimação de movimento mediante uso de pixels de referência em unidades sub-pel, o

estimador de movimento 420 e o compensador de movimento 425 podem gerar pixels em unidades sub-pel mediante interpolação de pixels em unidades de pel inteiro. Um filtro de interpolação para gerar pixels em unidades sub-pel pode ser o filtro de interpolação suavizada descrito acima em relação às Figuras 1 e 13A.

[000366] Dados emitidos a partir do preditor intra 410, do estimador de movimento 420, e do compensador de movimento 425 são emitidos como um coeficiente de transformação quantizado através do transformador 430 e de um quantizador 440. O coeficiente de transformação quantizado é restaurado como dados em um domínio espacial através de um quantizador inverso 460 e um transformador inverso 470, e os dados restaurados no domínio espacial são emitidos como o quadro de referência 495 após ser pós-processado através de uma unidade de desblocagem 480 e uma unidade de filtração de laço 490. O coeficiente de transformação quantizado pode ser emitido como um fluxo de bits 455 através de um codificador de entropia 450.

[000367] Para que o codificador de imagem 400 seja aplicado no equipamento de codificação de vídeo 100, todos os elementos do codificador de imagem 400, isto é, o preditor intra 410, o estimador de movimento 420, o compensador de movimento 425, o transformador 430, o quantizador 440, o codificador de entropia 450, o quantizador inverso 460, o transformador inverso 470, a unidade de desblocagem 480, e a unidade de filtração de laço 490 realizam operações com base em cada unidade de codificação dentre unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore enquanto considerando a profundidade máxima de cada unidade de codificação máxima.

[000368] Especificamente, o preditor intra 410, o estimador de

movimento 420, e o compensador de movimento 425 determinam partições e um modo de predição de cada unidade de codificação dentre as unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore enquanto considerando o tamanho máximo e a profundidade máxima de uma unidade de codificação máxima atual, e o transformador 430 determina o tamanho da unidade de transformação em cada unidade de codificação dentre as unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore.

[000369] A Figura 17 é um diagrama de blocos de um decodificador de imagem 500 com base nas unidades de codificação, de acordo com uma modalidade exemplar.

[000370] Um analisador 510 analisa os dados de imagem codificados a serem decodificados e informação sobre a codificação exigida para decodificação a partir de um fluxo de bits 505. Os dados de imagem codificados são emitidos como dados quantizados inversos através de um decodificador de entropia 520 e um quantizador inverso 530, e os dados quantizados inversos são restaurados para dados de imagem em um domínio espacial através de um transformador inverso 540.

[000371] Um preditor intra 550 realiza predição intra nas unidades de codificação em um modo intra com relação aos dados de imagem no domínio espacial, e um compensador de movimento 560 realiza compensação de movimento nas unidades de codificação em um modo inter, mediante uso de um quadro de referência 585.

[000372] Para realizar com exatidão a estimação de movimento mediante uso de pixels de referência em unidades sub-pel, o compensador de movimento 560 pode gerar pixels em unidades sub-pel mediante interpolação de pixels em unidades de pel inteiro. Um filtro de interpolação para gerar pixels em

unidades sub-pel pode ser o filtro de interpolação suavizada descrito acima em relação às Figuras 2 e 13B.

[000373] Os dados de imagem no domínio espacial, os quais passaram através do preditor intra 550 e do compensador de movimento 560, podem ser emitidos como um quadro restaurado 595 após serem pós-processados através de uma unidade de desblocagem 570 e uma unidade de filtração de laço 580. Além disso, os dados de imagem que são pós-processados através da unidade de desblocagem 570 e da unidade de filtração de laço 580 podem ser emitidos como o quadro de referência 585.

[000374] Para decodificar os dados de imagem no decodificador 95 do equipamento de decodificação de vídeo 90, o decodificador de imagem 500 pode realizar as operações que são executadas após o analisador 510.

[000375] Para que o decodificador de imagem 500 seja aplicado no equipamento de decodificação de vídeo 200, todos os elementos do decodificador de imagem 500, isto é, o analisador 510, o decodificador de entropia 520, o quantizador inverso 530, o transformador inverso 540, o preditor intra 550, o compensador de movimento 560, a unidade de desblocagem 570, e a unidade de filtração de laço 580 realizam operações com base nas unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore para cada unidade de codificação máxima.

[000376] Especificamente, a predição intra 550 e o compensador de movimento 560 realizam operações com base nas partições e em um modo de predição para cada uma das unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, e o transformador inverso 540 realiza operações com base em um tamanho de uma unidade de transformação para cada unidade de codificação.

[000377] A Figura 18 é um diagrama ilustrando unidades de

codificação mais profunda de acordo com as profundidades, e partições, de acordo com uma modalidade exemplar.

[000378] equipamento de codificação de vídeo 100 e o equipamento de decodificação de vídeo 200 utilizam unidades de codificação hierárquicas de modo a considerar as características de uma imagem. Uma altura máxima, uma largura máxima, e uma profundidade máxima das unidades de codificação podem ser determinadas de forma adaptativa de acordo com as características da imagem, ou podem ser ajustadas de forma diferente por um usuário. Tamanhos de unidades de codificação mais profundas, de acordo com as profundidades, podem ser determinados de acordo com o tamanho máximo predeterminado da unidade de codificação.

[000379] Em uma estrutura hierárquica 600 das unidades de codificação, de acordo com uma modalidade exemplar, a altura máxima e a largura máxima das unidades de codificação são individualmente de 64, e a profundidade máxima é de 4. Como uma profundidade é aprofundada ao longo de um eixo vertical da estrutura hierárquica 600, uma altura e uma largura da unidade de codificação mais profunda são individualmente divididas. Além disso, uma unidade de predição e as partições, que são as bases para codificação de predição de cada unidade de codificação mais profunda, são mostradas ao longo de um eixo horizontal da estrutura hierárquica 600.

[000380] Em outras palavras, uma unidade de codificação 610 é uma unidade de codificação máxima na estrutura hierárquica 600, em que uma profundidade é de 0 e um tamanho, isto é, uma altura por largura, é de 64x64. A profundidade é aprofundada ao longo do eixo vertical, e existe uma unidade de codificação 620, tendo um tamanho de 32x32, e uma profundidade de 1; uma

unidade de codificação 630, tendo um tamanho de 16x16, e uma profundidade de 2; uma unidade de codificação 640, tendo um tamanho de 8x8, e uma profundidade de 3; e uma unidade de codificação 650, tendo um tamanho de 4x4, e uma profundidade de 4. A unidade de codificação 650 tendo o tamanho de 4x4 e a profundidade de 4 é uma unidade de codificação mínima.

[000381] A unidade de predição e as partições de uma unidade de codificação são arranjadas ao longo do eixo horizontal de acordo com cada profundidade. Em outras palavras, se a unidade de codificação 610, tendo o tamanho de 64x64, e a profundidade de 0, for uma unidade de predição, a unidade de predição pode ser dividida em partições incluídas na unidade de codificação 610, isto é, uma partição 610 tendo um tamanho de 64x64, partições 612 tendo o tamanho de 64x32, partições 614 tendo o tamanho de 32x64, ou partições 616 tendo o tamanho de 32x32.

[000382] Similarmente, uma unidade de predição da unidade de codificação 620 tendo o tamanho de 32x32 e a profundidade de 1 pode ser dividida em partições incluídas na unidade de codificação 620, isto é, uma partição 620 tendo um tamanho de 32x32, partições 622 tendo um tamanho de 32x16, partições 624 tendo um tamanho de 16x32, e partições 626 tendo um tamanho de 16x16.

[000383] Similarmente, uma unidade de predição da unidade de codificação 630 tendo o tamanho de 16x16 e a profundidade de 2 pode ser dividida em partições incluídas na unidade de codificação 630, isto é, uma partição tendo um tamanho de 16x16 incluída na unidade de codificação 630, partições 632 tendo um tamanho de 16x8, partições 634 tendo um tamanho de 8x16, e partições 636 tendo um tamanho de 8x8.

[000384] Similarmente, uma unidade de predição da unidade de

codificação 640 tendo o tamanho de 8x8 e a profundidade de 3 pode ser dividida em partições incluídas na unidade de codificação 640, isto é, uma partição tendo um tamanho de 8x8 incluída na unidade de codificação 640, partições 642 tendo um tamanho de 8x4, partições 644 tendo um tamanho de 4x8, e partições 646 tendo um tamanho de 4x4.

[000385] Para determinar a pelo menos uma profundidade codificada das unidades de codificação constituindo a unidade de codificação máxima 610, a unidade de decodificação 11 do aparelho de codificação de vídeo 10 realiza codificação para as unidades de codificação correspondendo a cada profundidade incluída na unidade de codificação máxima 610.

[000386] Um número de unidades de codificação mais profunda, de acordo com as profundidades incluindo dados na mesma faixa e no mesmo tamanho, aumenta à medida que é aprofundada a profundidade. Por exemplo, quatro unidades de codificação correspondendo a uma profundidade de 2 são exigidas para cobrir os dados que são incluídos em uma unidade de codificação correspondendo a uma profundidade de 1. Consequentemente, para comparar os resultados de codificação dos mesmos dados de acordo com as profundidades, a unidade de codificação correspondendo à profundidade de 1; e quatro unidades de codificação correspondendo à profundidade de 2; são individualmente codificadas.

[000387] Para realizar a codificação para cada profundidade, um erro de codificação mínimo pode ser selecionado para a profundidade atual mediante realização de codificação para cada unidade de predição nas unidades de codificação correspondendo à profundidade atual, ao longo do eixo horizontal da estrutura hierárquica 600. Alternativamente, o

erro de codificação mínimo pode ser pesquisado mediante comparação dos erros de codificação mínimos de acordo com as profundidades, mediante realização de codificação para cada profundidade à medida que a profundidade é aprofundada ao longo do eixo vertical da estrutura hierárquica 600. Uma profundidade e uma partição tendo o erro de codificação mínimo na unidade de codificação 610 podem ser selecionadas como a profundidade codificada e um tipo de partição da unidade de codificação 610.

[000388] A Figura 19 é um diagrama para descrever uma relação entre uma unidade de codificação 710 e uma unidade de transformação 720, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000389] aparelho de codificação de vídeo 100 ou o aparelho de decodificação de vídeo 200 de acordo com uma modalidade pode codificar ou decodificar uma imagem de acordo com as unidades de codificação tendo tamanhos menores do que ou iguais a uma unidade de codificação máxima para cada unidade de codificação máxima. Tamanhos de unidades de transformação para transformação durante codificação podem ser selecionados com base nas unidades de dados que não são maiores do que uma unidade de codificação correspondente.

[000390] Por exemplo, no aparelho de codificação de vídeo 100, ou o aparelho de decodificação de vídeo 200, se um tamanho da unidade de codificação 710 é de 64x64, a transformação pode ser realizada mediante uso das unidades de transformação 720 tendo um tamanho de 32x32.

[000391] Além disso, os dados da unidade de codificação 710 tendo o tamanho de 64x64 podem ser codificados mediante realização da transformação em cada uma das unidades de

transformação tendo o tamanho de 32x32, 16x16, 8x8, e 4x4, que são menores do que 64x64, e então uma unidade de transformação tendo o erro de codificação mínimo pode ser selecionada.

[000392] A Figura 20 é um diagrama para descrever informação de codificação das unidades de codificação correspondendo a uma profundidade codificada, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000393] A unidade de saída 130 do aparelho de codificação de vídeo 100 pode codificar e transmitir informação 800 sobre um tipo de partição, informação 810 sobre um modo de predição, e informação 820 sobre um tamanho de uma unidade de transformação para cada unidade de codificação correspondendo a uma profundidade codificada, como informação sobre um modo de codificação.

[000394] A informação 800 indica informação sobre um formato de uma partição obtida mediante divisão de uma unidade de predição de uma unidade de codificação atual, em que a partição é uma unidade de dados para codificação de predição da unidade de codificação atual. Por exemplo, uma unidade de codificação atual CU\_0 tendo um tamanho de 2Nx2N pode ser dividida em qualquer uma de uma partição 802 tendo um tamanho de 2Nx2N, uma partição 804 tendo um tamanho de 2NxN, uma partição de 806 tendo um tamanho de Nx2N, e uma partição 808 tendo um tamanho de NxN. Aqui, a informação 800 sobre um tipo de partição é estabelecida para indicar uma da partição 804 tendo um tamanho de 2NxN, a partição 806 tendo um tamanho de Nx2N, e a partição 808 tendo um tamanho de NxN.

[000395] A informação 810 indica um modo de predição de cada partição. Por exemplo, a informação 810 pode indicar um modo de codificação de predição realizado em uma partição indicada

pela informação 800, isto é, um modo intra 812, um modo inter 814, ou um modo de salto 816.

[000396] A informação 820 indica uma unidade de transformação para ser baseada em quando a transformação é realizada em uma unidade de codificação atual. Por exemplo, a unidade de transformação pode ser uma primeira unidade de transformação intra 822, uma segunda unidade de intra transformação 824, uma primeira unidade de inter transformação 826, ou uma segunda unidade de intra transformação 828.

[000397] receptor e o extrator 220 do aparelho de decodificação de vídeo 200 podem extrair e usar a informação 800, 810 e 820 para decodificação, de acordo com cada unidade de codificação mais profunda.

[000398] A Figura 21 é um diagrama de unidades de codificação mais profunda de acordo com as profundidades, de acordo com uma modalidade exemplar.

[000399] Informação de divisão pode ser usada para indicar uma mudança de uma profundidade. A informação de divisão indica se uma unidade de codificação de uma profundidade atual é dividida em unidades de codificação de uma profundidade inferior.

[000400] Uma unidade de predição 910 para codificação de predição de uma unidade de codificação 900 tendo uma profundidade de 0 e um tamanho de  $2N_0 \times 2N_0$  pode incluir partições de um tipo de partição 912 tendo um tamanho de  $2N_0 \times 2N_0$ , um tipo de partição 914 tendo um tamanho de  $2N_0 \times N_0$ , um tipo de partição 916 tendo um tamanho de  $N_0 \times 2N_0$ , e um tipo de partição 918 tendo um tamanho de  $N_0 \times N_0$ . A Figura 9 ilustra apenas os tipos de partição 912 a 918 que são obtidos mediante divisão simétrico da unidade de

predição 910, porém um tipo de partição não é limitado a isso, e as partições da unidade de predição 910 podem incluir partições assimétricas, partições tendo um formato predeterminado e partições tendo um formato geométrico.

[000401] A codificação de predição é realizada de forma repetida em uma partição tendo um tamanho de  $2N_0 \times 2N_0$ , duas partições tendo um tamanho de  $2N_0 \times N_0$ , duas partições tendo um tamanho de  $N_0 \times 2N_0$ , e quatro partições tendo um tamanho de  $N_0 \times N_0$ , de acordo com cada tipo de partição. A codificação de predição em um modo intra e em um modo inter pode ser realizada nas partições tendo os tamanhos de  $2N_0 \times 2N_0$ ,  $N_0 \times 2N_0$ ,  $2N_0 \times N_0$  e  $N_0 \times N_0$ . A codificação de predição em um modo de salto é realizada apenas na partição tendo o tamanho de  $2N_0 \times 2N_0$ .

[000402] Erros de codificação incluindo a codificação de predição nos tipos de partição 912 a 918 são comparados, e o erro de codificação mínimo é determinado entre os tipos de partição. Se um erro de codificação for menor em um dos tipos de partição 912 a 916, a unidade de predição 910 pode não ser dividida em uma profundidade inferior.

[000403] Se o erro de codificação for o menor no tipo de partição 918, uma profundidade é mudada de 0 para 1 para dividir o tipo de partição 918 na operação 920, e a codificação é realizada repetidamente nas unidades de codificação 930 tendo uma profundidade de 2 e um tamanho de  $N_0 \times N_0$  para procurar um erro de codificação mínimo.

[000404] Uma unidade de predição 940 para codificação de predição da unidade de codificação 930 tendo uma profundidade de 1 e um tamanho de  $2N_1 \times 2N_1 (=N_0 \times N_0)$  pode incluir partições de um tipo de partição 942 tendo um tamanho de

$2N_{\_1} \times 2N_{\_1}$ , um tipo de partição 944 tendo um tamanho de  $2N_{\_1} \times N_{\_1}$ , um tipo de partição 946 tendo um tamanho de  $N_{\_1} \times 2N_{\_1}$ , e um tipo de partição 948 tendo um tamanho de  $N_{\_1} \times N_{\_1}$ .

[000405] Se um erro de codificação for o menor no tipo de partição 948, uma profundidade é mudada de 1 para 2 para dividir o tipo de partição 948 em operação 950, e a codificação é realizada repetidamente nas unidades de codificação 960, as quais têm uma profundidade de 2 e um tamanho de  $N_{\_2} \times N_{\_2}$  para procurar um erro de codificação mínimo.

[000406] Quando uma profundidade máxima é  $d$ , a operação de divisão de acordo com cada profundidade pode ser realizada até quando uma profundidade se tornar  $d-1$ ; e a informação de divisão pode ser codificada até quando uma profundidade for uma de 0 a  $d-2$ . Em outras palavras, quando a codificação é realizada até quando a profundidade é  $d-1$  após uma unidade de codificação correspondendo a uma profundidade de  $d-2$  ser dividida na operação 970, uma unidade de predição 990 para codificação de predição de uma unidade de codificação 980 tendo uma profundidade de  $d-1$  e um tamanho de  $2N_{\_(d-1)} \times 2N_{\_(d-1)}$  pode incluir partições de um tipo de partição 992 tendo um tamanho de  $2N_{\_(d-1)} \times 2N_{\_(d-1)}$ , um tipo de partição 994 tendo um tamanho de  $2N_{\_(d-1)} \times N_{\_(d-1)}$ , um tipo de partição 996 tendo um tamanho de  $N_{\_(d-1)} \times 2N_{\_(d-1)}$ , um tipo de partição 998 tendo um tamanho de  $N_{\_(d-1)} \times N_{\_(d-1)}$ .

[000407] Codificação de predição pode ser realizada repetidamente em uma partição tendo um tamanho de  $2N_{\_(d-1)} \times 2N_{\_(d-1)}$ , duas partições tendo um tamanho de  $2N_{\_(d-1)} \times N_{\_(d-1)}$ , duas partições tendo um tamanho de  $N_{\_(d-1)} \times 2N_{\_(d-1)}$ ,

quatro partições tendo um tamanho de  $N_{(d-1)} \times N_{(d-1)}$  dentre os tipos de partição 992 a 998 para procurar um tipo de partição tendo um erro de codificação mínimo.

[000408] Mesmo quando o tipo de partição 998 tem o erro de codificação mínimo, como uma profundidade máxima é  $d$ , uma unidade de codificação  $CU_{(d-1)}$ , tendo uma profundidade de  $d-1$  não mais é dividida para uma profundidade inferior, e uma profundidade codificada para as unidades de codificação constituindo uma unidade de codificação máxima atual 900 é determinada para ser  $d-1$  e um tipo de partição da unidade de codificação máxima atual 900 pode ser determinada para ser  $N_{(d-1)} \times N_{(d-1)}$ . Além disso, como a profundidade máxima é  $d$  e uma unidade de codificação mínima 980 tendo a profundidade mais baixa de  $d-1$  não mais é dividida para uma profundidade inferior, a informação de divisão para a unidade de codificação mínima 980 não é estabelecida.

[000409] A unidade de dados 999 pode ser uma unidade mínima para a unidade de codificação máxima atual. Uma unidade mínima de acordo com uma modalidade exemplar pode ser uma unidade de dados retangular obtida mediante divisão de uma unidade de codificação mínima 980 por 4. Mediante realização da codificação repetidamente, o equipamento de codificação de vídeo 100 pode selecionar uma profundidade tendo o erro de codificação mínimo mediante comparação dos erros de codificação de acordo com as profundidades da unidade de codificação 900 para determinar uma profundidade codificada, e estabelecer um tipo de partição correspondente e um modo de predição como um modo de codificação da profundidade codificada.

[000410] Como tal, os erros de codificação mínimos de acordo

com as profundidades são comparados em todas as profundidades de 1 a d, e a profundidade tendo o menor erro de codificação pode ser determinada como uma profundidade codificada. A profundidade codificada, o tipo de partição da unidade de predição, e o modo de predição podem ser codificados e transmitidos como informação sobre um modo de codificação. Além disso, como uma unidade de codificação é dividida a partir de uma profundidade de 0 até uma profundidade codificada, apenas a informação de divisão da profundidade codificada é ajustada para 0, e a informação de divisão das profundidades excluindo a profundidade codificada é ajustada para 1.

[000411] receptor e o extrator 220 do aparelho de decodificação de vídeo 200 podem extrair e usar a informação sobre a profundidade codificada e a unidade de predição da unidade de codificação 900 para decodificar a partição 912. O aparelho de decodificação de vídeo 200 pode determinar uma profundidade, na qual a informação de divisão é 0, como uma profundidade codificada mediante uso da informação de divisão de acordo com as profundidades, e usar a informação sobre um modo de codificação da profundidade correspondente para decodificação.

[000412] As Figuras 22 a 24 são diagramas para descrever uma relação entre as unidades de codificação 1010, unidades de predição 1060, e unidades de transformação 1070, de acordo com uma modalidade exemplar.

[000413] As unidades de codificação 1010 são unidades de codificação que têm uma estrutura de árvore, correspondendo às profundidades codificadas determinadas pelo aparelho de codificação de vídeo 100, em uma unidade de codificação

máxima. As unidades de predição 1060 são partições das unidades de predição de cada uma das unidades de codificação 1010, e as unidades de transformação 1070 são unidades de transformação de cada uma das unidades de codificação 1010.

[000414] Quando uma profundidade de uma unidade de codificação máxima é 0 nas unidades de codificação 1010, as profundidades das unidades de codificação 1012 e 1054 são 1, as profundidades das unidades de codificação 1014, 1016, 1018, 1028, 1050, e 1052 são 2, as profundidades das unidades de decodificação 1020, 1022, 1024, 1026, 1030, 1032 e 1048 são 3, e as profundidades das unidades de codificação 1040, 1042, 1044 e 1046 são 4.

[000415] Nas unidades de predição 1060, algumas unidades de codificação 1014, 1016, 1022, 1032, 1048, 1050, 1052, 1054 são obtidas mediante divisão das unidades de codificação nas unidades de codificação 1010. Em outras palavras, tipos de partição nas unidades de codificação 1014, 1022, 1050, e 1054 têm um tamanho de  $2NxN$ , os tipos de partição nas unidades de codificação 1016, 1048 e 1052 têm um tamanho de  $Nx2N$ , e um tipo de partição da unidade de codificação 1032 tem um tamanho de  $NxN$ . As unidades de predição e partições das unidades de codificação 1010 são menores do que ou iguais a cada unidade de codificação.

[000416] Transformação ou transformação inversa é realizada nos dados de imagem da unidade de codificação 1052 nas unidades de transformação 1070 em uma unidade de dados que é menor do que a unidade de codificação 1052. Além disso, as unidades de codificação 1014, 1016, 1022, 1032, 1048, 1050 e 1052 nas unidades de transformação 1070 são diferentes daquelas nas unidades de predição 1060 em termos de tamanhos e

formatos. Em outras palavras, os aparelhos de codificação e decodificação de vídeo 100 e 200 podem realizar predição intra, estimativa de movimento, compensação de movimento, transformação, e transformação inversa individualmente em uma unidade de dados na mesma unidade de codificação.

[000417] Consequentemente, a codificação é realizada de forma recursiva em cada uma das unidades de codificação tendo uma estrutura hierárquica em cada região de uma unidade de codificação máxima para determinar uma unidade de codificação ótima, e assim unidades de codificação que têm uma estrutura de árvore recursiva podem ser obtidas. A informação de codificação pode incluir informação de divisão sobre uma unidade de codificação, informação sobre um tipo de partição, informação sobre um modo de predição, e informação sobre um tamanho de uma unidade de transformação. A Tabela 1 mostra a informação de codificação que pode ser estabelecida pelos aparelhos de codificação de vídeo e de decodificação de vídeo 100 e 200.

Tabela 1

Informação de divisão 0 (Codificação na Unidade de Codificação tendo Tamanho de 2Nx2N e Profundidade Atual de d)					Informação de divisão 1	
Modo de Predição	Tipo de Partição		Tamanho da Unidade de Transformação			Codificar Repetidamente as Unidades de Codificação tendo Profundidade Inferior de d+1
Salto Intra/Inter (Apenas 2Nx2N)	_tipo de Partição Simétrico	tipo de Partição Assimétrico	informação de divisão 0 da Unidade de Transformação	informação de divisão 1 da Unidade de Transformação		
	2Nx2N 2NxN Nx2N NxN	2NxN 2NxN nLx2N nRx2N	2Nx2N	NxN(Tipo de partição Simétrico)N/2xN/2 (Tipo de partição Assimétrico)		

[000418] A unidade de saída 130 do aparelho de codificação de vídeo 100 pode emitir a informação de codificação sobre as unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, e o receptor e extrator 220, do aparelho de decodificação de vídeo 200, pode extrair a informação de codificação sobre as unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore a partir de um fluxo de bits recebido.

[000419] A informação de divisão indica se uma unidade de codificação atual é dividida em unidades de codificação de uma profundidade inferior. Se a informação de divisão de uma profundidade atual d for 0, uma profundidade, na qual uma unidade de codificação atual não mais é dividida em uma profundidade inferior, é uma profundidade codificada, e assim a informação sobre um tipo de partição, o modo de predição, e um tamanho de uma unidade de transformação, pode ser definida para a profundidade codificada. Se a unidade de codificação atual for dividida adicionalmente de acordo com a informação de divisão, a codificação é realizada independentemente em quatro unidades de codificação divididas de uma profundidade inferior.

[000420] Um modo de predição pode ser um de: um modo intra, um modo inter, e um modo de salto. O intra-modo e o inter-modo podem ser definidos em todos os tipos de partição, e o modo de salto é definido apenas em um tipo de partição tendo um tamanho de  $2N \times 2N$ .

[000421] A informação sobre o tipo de partição pode indicar tipos de partição simétrico tendo tamanhos de  $2N \times 2N$ ,  $2N \times N$ ,  $N \times 2N$ , e  $N \times N$ , que são obtidos mediante divisão de forma simétrico de uma altura ou de uma largura de uma unidade de predição, e tipos de partição assimétrico tendo tamanhos de

$2NxN$ ,  $2NxN$ ,  $nLx2N$  e  $nRx2N$ , os quais são obtidos mediante divisão de forma assimétrico da altura ou largura da unidade de predição. Os tipos de partição assimétrico tendo os tamanhos de  $2NxN$  e  $2NxN$  podem ser obtidos respectivamente mediante divisão da altura da unidade de predição em 1:3 e 3:1, e os tipos de partição assimétrico tendo os tamanhos de  $nLx2N$  e  $nRx2N$  podem ser obtidos respectivamente mediante divisão da largura da unidade de predição em 1:3 e 3:1.

[000422] tamanho da unidade de transformação pode ser ajustado para ser de dois tipos no modo intra e de dois tipos no modo inter. Em outras palavras, se a informação de divisão da unidade de transformação for 0, o tamanho da unidade de transformação pode ser  $2Nx2N$ , que é o tamanho da unidade de codificação atual. Se informação de divisão da unidade de transformação for 1, as unidades de transformação podem ser obtidas mediante divisão da unidade de codificação atual. Além disso, se um tipo de divisão da unidade de codificação atual tendo o tamanho de  $2Nx2N$  for um tipo de partição assimétrico, um tamanho de uma unidade de transformação pode ser  $NxN$ , e se o tipo de partição da unidade de codificação atual for um tipo de partição assimétrico, o tamanho da unidade de transformação pode ser  $N/2xN/2$ .

[000423] A informação de codificação sobre as unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore pode incluir ao menos uma de uma unidade de codificação correspondendo a uma profundidade codificada, uma unidade de predição, e uma unidade mínima. A unidade de codificação correspondendo à profundidade codificada pode incluir ao menos uma de uma unidade de predição e uma unidade mínima contendo a mesma informação de codificação.

[000424] Consequentemente é determinado se as unidades de dados adjacentes são incluídas na mesma unidade de codificação correspondendo à profundidade codificada mediante comparação da informação de codificação das unidades de dados adjacentes. Além disso, uma unidade de codificação correspondente que corresponde a uma profundidade codificada é determinada mediante uso da informação de codificação de uma unidade de dados, e assim uma distribuição das profundidades codificadas em uma unidade de codificação máxima pode ser determinada.

[000425] Consequentemente, se uma unidade de codificação atual for predita com base na informação de codificação das unidades de dados adjacentes, informação de codificação das unidades de dados em unidades de codificação mais profunda adjacentes à unidade de codificação atual pode ser diretamente consultada e utilizada.

[000426] Alternativamente, se uma unidade de codificação atual for predita com base na informação de codificação das unidades de dados adjacentes, as unidades de dados adjacentes à unidade de codificação atual são procuradas utilizando-se a informação de codificação das unidades de dados, e as unidades de codificação adjacentes procuradas podem ser referidas para predição da unidade de codificação atual.

[000427] A Figura 25 é um diagrama para descrever uma relação entre uma unidade de codificação, uma unidade de predição ou uma partição, e uma unidade de transformação, de acordo com a informação de modo de codificação da Tabela 1.

[000428] A unidade de codificação máxima 1300 inclui unidades de codificação 1302 1304, 1306, 1312, 1314, 1316 e 1318 de profundidades codificadas. Aqui, como a unidade de codificação 1318 é uma unidade de codificação de uma profundidade

codificada, a informação de divisão pode ser ajustada para 0. A informação sobre um tipo de partição da unidade de codificação 1318 tendo um tamanho de  $2Nx2N$  pode ser ajustada para ser um de: um tipo de partição 1322 tendo um tamanho de  $2Nx2N$ , um tipo de partição 1324 tendo um tamanho de  $2NxN$ , um tipo de partição 1326 tendo um tamanho de  $Nx2N$ , um tipo de partição 328 tendo um tamanho de  $NxN$ , um tipo de partição 1332 tendo um tamanho de  $2NxN$ , um tipo de partição 1334 tendo um tamanho de  $2NxN$ , um tipo de partição 1336 tendo um tamanho de  $nLx2N$ , e um tipo de partição 1338 tendo um tamanho de  $nRx2N$ .

[000429] Uma informação de divisão de unidade de transformação (sinalizador de tamanho TU) é um tipo de índice de transformação; um tamanho de uma unidade de transformação correspondendo a um índice de transformação pode ser modificado de acordo com um tipo de unidade de predição ou um tipo de partição de uma unidade de codificação.

[000430] Por exemplo, quando o tipo de partição é ajustado para ser simétrico, isto é, o tipo de partição 1322 ( $2Nx2N$ ), 1324 ( $2NxN$ ), 1326 ( $Nx2N$ ) ou 1328 ( $NxN$ ), uma unidade de transformação 1342 tendo um tamanho de  $2Nx2N$  é estabelecido se informação de divisão (sinalizador de tamanho TU) de uma unidade de transformação é 0, e uma unidade de transformação 1344 tendo um tamanho de  $NxN$  é estabelecido se informação de divisão (sinalizador de tamanho TU) de uma unidade de transformação for 1.

[000431] Quando o tipo de partição é estabelecido como sendo assimétrico, isto é, o tipo de partição 1332 ( $2NxN$ ), 1334 ( $2NxN$ ), 1336 ( $nLx2N$ ) ou 1338 ( $nRx2N$ ), uma unidade de transformação 1352 tendo um tamanho de  $2Nx2N$  é estabelecido se um sinalizador de tamanho TU for 0, e uma unidade de

transformação 1354 tendo um tamanho de  $N/2 \times N/2$  é estabelecido se um sinalizador de tamanho TU for 1.

[000432] Com referência à Figura 21, o sinalizador de tamanho TU é um sinalizador tendo um valor de 0 ou 1, porém o sinalizador de tamanho TU não é limitado a 1 bit, e a unidade de transformação pode ser dividida de forma hierárquica tendo uma estrutura de árvore enquanto o sinalizador de tamanho TU aumenta a partir de 0. O sinalizador de tamanho TU pode ser usado como um exemplo de um índice de transformação.

[000433] Nesse caso, o tamanho de uma unidade de transformação que foi efetivamente usada pode ser expresso mediante uso de um indicador de tamanho TU de uma unidade de transformação, de acordo com uma modalidade exemplar, em conjunto com um tamanho máximo e um tamanho mínimo da unidade de transformação. De acordo com uma modalidade exemplar, o equipamento de codificação de vídeo 80 é capaz de codificar informação de tamanho de unidade de transformação máximo, informação de tamanho de unidade de transformação mínimo, e um indicador de tamanho TU máximo. O resultado da codificação da informação de tamanho de unidade de transformação máximo, informação de tamanho de unidade de transformação mínimo, e o indicador de tamanho TU máximo podem ser inseridos em um SPS. De acordo com uma modalidade exemplar, o equipamento de codificação de vídeo 200 pode decodificar vídeo mediante uso da informação de tamanho de unidade de transformação máximo, da informação de tamanho de unidade de transformação mínima, e do indicador de tamanho TU máximo.

[000434] Por exemplo, (a) se o tamanho de uma unidade de codificação atual for 64x64 e um tamanho de unidade de transformação máximo for 32x32, então o tamanho de uma unidade

de transformação pode ser 32x32 quando um indicador de tamanho TU é 0, pode ser 16x16 quando o indicador de tamanho TU for 1, e pode ser 8x8 quando o indicador de tamanho TU for 2.

[000435] Como outro exemplo, (b) se o tamanho da unidade de codificação atual for 32x32 e um tamanho de unidade de transformação mínimo for 32x32, então o tamanho da unidade de transformação pode ser 32x32 quando o indicador de tamanho TU for 0. Aqui, o indicador de tamanho TU não pode ser ajustado para um valor diferente de 0, uma vez que o tamanho da unidade de transformação não pode ser menor do que 32x32.

[000436] Como outro exemplo, (c) se o tamanho da unidade de codificação atual for 64x64 e um indicador de tamanho TU máximo for 1, então o indicador de tamanho TU pode ser 0 ou 1. Aqui, o indicador de tamanho TU não pode ser ajustado para um valor diferente de 0 ou 1.

[000437] Assim, se for definido que o indicador de tamanho TU máximo é 'MaxTransformSizeIndex', um tamanho de unidade de transformação mínimo é 'MinTransformSize', e um tamanho de unidade de transformação é 'RootTuSize' quando o indicador de tamanho TU for 0, então um tamanho de unidade de transformação mínimo atual 'CurrMinTuSize' que pode ser determinado em uma unidade de codificação atual, pode ser definido pela Equação (1):

$$\text{CurrMinTuSize} = \max(\text{MinTransformSize}, \text{RootTuSize} / (2^{\text{MaxTransformSizeIndex}})) \quad (1)$$

[000438] Em comparação com o tamanho de unidade de transformação mínimo atual 'CurrMinTuSize' que pode ser determinado na unidade de codificação atual, um tamanho de unidade de transformação 'RootTuSize' quando o indicador de tamanho TU é 0, pode denotar um tamanho de unidade de

transformação máximo que pode ser selecionado no sistema. Na Equação (1), 'RootTuSize( $2^{\text{MaxTransformSizeIndex}}$ )' denota um tamanho de unidade de transformação quando o tamanho de unidade de transformação 'RootTuSize', quando o indicador de tamanho TU for 0, é dividido o número de vezes correspondendo ao indicador de tamanho TU máximo, e 'MintransformSize' denota um tamanho de transformação mínimo. Assim, um valor menor entre 'RootTuSize/ ( $2^{\text{MaxTransformSizeIndex}}$ )' e 'MinTransformSize' pode ser o tamanho de unidade de transformação mínimo atual 'CurrMinTuSize' que pode ser determinado na unidade de codificação atual.

[000439] De acordo com uma modalidade exemplar, o tamanho de unidade de transformação máximo 'RootTuSize' pode variar de acordo com o tipo de modo de predição.

[000440] Por exemplo, se um modo de predição atual for um modo inter, então 'RootTuSize' pode ser determinado mediante uso da Equação (2) abaixo. Na Equação (2), 'MaxTransformSize' denota um tamanho de unidade de transformação máximo, e 'PUSize' denota um tamanho de unidade de predição atual.

$$\text{RootTuSize} = \min(\text{MaxTransformSize}, \text{PUSize}) \dots (2)$$

[000441] Isto é, se o modo de predição atual for o modo inter, o tamanho de unidade de transformação 'RootTuSize' quando o indicador de tamanho TU for 0, pode ser um valor menor entre o tamanho de unidade de transformação máximo e o tamanho de unidade de predição atual.

[000442] Se um modo de predição de uma unidade de partição atual for um modo intra, 'RootTuSize' pode ser determinado mediante uso da Equação (3) abaixo. Na Equação (3), 'PartitionSize' denota o tamanho da unidade de partição atual.

RootTuSize = min(MaxTransformSize, PartitionSize) ... (3)

[000443] Isto é, se o modo de predição atual for o modo intra, o tamanho de unidade de transformação 'RootTuSize' quando o indicador de tamanho TU for 0 pode ser um valor menor entre o tamanho de unidade de transformação máximo e o tamanho da unidade de partição atual.

[000444] Contudo, o tamanho de unidade de transformação máximo atual que varia de acordo com o tipo de um modo de predição em uma unidade de partição, o tamanho de unidade de transformação de raiz 'RootTuSize', é apenas um exemplo e a presente invenção não é limitado a ele.

[000445] A Figura 26 é um fluxograma de um método de codificação de vídeo utilizando um filtro de interpolação suavizada com base nas unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000446] Na operação 2610, para codificar uma imagem atual de um vídeo de entrada, a imagem atual é dividida em pelo menos uma unidade de codificação máxima. Cada uma da pelo menos uma região de divisão, que é obtida mediante divisão de uma região de cada unidade de codificação máxima de acordo com as profundidades, pode ser codificada. Para codificar cada região de divisão de acordo com as profundidades, transformação e quantização são realizadas em um resultado de predição inter, com base na interpolação de unidade sub-pel, e predição intra.

[000447] Aqui, uma profundidade de divisão para produzir um resultado de codificação final de acordo com a pelo menos uma região de divisão pode ser determinada mediante comparação dos resultados de codificação das regiões de divisão de acordo com as profundidades, e unidades de codificação incluídas em uma

unidade de codificação máxima atual e tendo uma estrutura de árvore podem ser determinadas. Como as unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, as unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore podem ser determinadas. Em outras palavras, como um resultado de codificação de uma imagem, como as unidades de codificação determinadas tendo uma estrutura de árvore, um resultado de codificação das unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore pode ser produzido como dados codificados da imagem.

[000448] Predição inter pode ser realizada em cada unidade de predição ou partição da unidade de codificação. Movimento de uma unidade de predição atual ou partição pode ser predito com referência aos pixels gerados mediante realização de interpolação de unidade sub-pel. Dentre os filtros de interpolação para gerar um valor de pixel de unidade sub-pel, um filtro de interpolação é selecionado diferentemente com base em um local de interpolação de unidade sub-pel e uma suavidade. Em ordem para realizar eficientemente interpolação de imagem, coeficientes de filtro de interpolação podem ser determinados seletivamente.

[000449] Dentre os coeficientes de filtro de interpolação previamente armazenados na memória, um filtro de interpolação desejado pode ser selecionado de acordo com um local de interpolação de unidade sub-pel, uma suavidade, o número de derivações de filtro, uma profundidade de bits, um fator de escala, uma função básica de filtração de interpolação com base na transformação, e um componente de cor, e interpolação pode ser realizada para gerar o valor de pixel da unidade sub-pel.

[000450] Na operação 2620, os dados de imagem obtidos como o

resultado de codificação final de acordo com pelo menos uma região de divisão de cada unidade de codificação máxima, e informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação são produzidos como um fluxo de bits.

[000451] A informação sobre o modo de codificação pode incluir informação sobre a profundidade codificada ou informação de divisão, informação sobre um tipo de partição de uma unidade de predição, informação sobre um modo de predição e informação sobre uma estrutura de árvore de unidades de transformação. A informação de codificação pode incluir informação sobre um filtro de interpolação usado para realizar codificação de predição de unidade sub-pel. A informação codificada sobre o modo de codificação pode ser transmitida para um aparelho de decodificação em conjunto com os dados de imagem codificados.

[000452] A Figura 27 é um fluxograma de um método de decodificação de vídeo utilizando um filtro de interpolação suavizada com base nas unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[000453] Na operação 2710, um fluxo de bits de um vídeo codificado é recebido e analisado.

[000454] Na operação 2720, dados de imagem codificados de uma imagem atual atribuída a uma unidade de codificação máxima, e informação sobre uma profundidade codificada e um modo de codificação de acordo com as unidades de codificação máxima são extraídos a partir do fluxo de bits analisado. Informação sobre um filtro de interpolação exigido para realizar compensação de movimento de unidade sub-pel pode ser extraída da informação de codificação.

[000455] Informação sobre a profundidade codificada e o modo

de codificação pode ser extraída da informação de codificação. De acordo com a informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação, uma unidade de codificação máxima pode ser dividida em unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore. Além disso, de acordo com a informação sobre uma estrutura de árvore das unidades de transformação incluídas na informação extraída, unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore de acordo com as profundidades de transformação nas unidades de codificação podem ser determinadas.

[000456] Na operação 2730, mediante uso da informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação de acordo com cada unidade de codificação máxima, dados de imagem de cada unidade de codificação máxima podem ser decodificados com base nas unidades de codificação tendo uma estrutura de árvore, unidades de predição, e as unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore. Como uma unidade de codificação atual é decodificada com base na informação sobre a profundidade codificada e o modo de codificação, uma unidade de codificação atual pode ser transformada inversamente mediante uso de uma unidade de transformação determinada dentre as unidades de transformação tendo uma estrutura de árvore.

[000457] Dados de imagem codificados podem ser decodificados mediante realização de várias operações de decodificação tal como compensação de movimento e predição intra em cada unidade de predição ou partição da unidade de codificação com base no modo de codificação.

[000458] Especificamente, se dados residuais codificados e dados de referência forem extraídos com base nos pixels interpolados em uma unidade sub-pel, compensação de movimento

em uma unidade de predição atual ou em uma partição atual pode ser realizada com base nos pixels interpolados nas unidades sub-pel. Dentre os filtros de interpolação para gerar um valor de pixel de unidade sub-pel, um filtro de interpolação pode ser selecionado diferentemente com base em um local de interpolação de unidade sub-pel e uma suavidade.

[000459] Para realizar eficientemente interpolação de imagem, os coeficientes de filtro de interpolação podem ser determinados seletivamente. Dentre os coeficientes de filtro de interpolação previamente armazenados na memória, um filtro de interpolação desejado pode ser selecionado de acordo com um local de interpolação de unidade sub-pel, uma suavidade, o número de derivações de filtro, uma profundidade de bits, um fator de escala, uma função básica de filtração de interpolação com base na transformação, e um componente de cor, e a interpolação pode ser realizada para gerar o valor de pixel de unidade sub-pel.

[000460] Uma imagem de referência e uma região de referência são determinadas mediante uso dos dados de referência, e o valor de pixel de unidade sub-pel pode ser gerado mediante realização de filtração de interpolação em dois ou mais pixels de referência de unidade de pel inteiro da imagem de referência. Compensação de movimento pode ser realizada na unidade de predição atual ou na partição atual mediante combinação do valor gerado de pixel de unidade sub-pel e os dados residuais, e assim a decodificação predição pode ser realizada.

[000461] Como cada unidade de codificação máxima é decodificada, dados de imagem em um domínio espacial podem ser reconstruídos, e uma imagem e um vídeo que é uma sequência de

imagens podem ser reconstruídos. O vídeo reconstruído pode ser reproduzido por intermédio de um aparelho de reprodução, pode ser armazenado em um meio de armazenamento, ou pode ser transmitido em uma rede.

[000462] As modalidades da presente invenção podem ser gravadas como programas de computador e podem ser implementadas em computadores digitais de uso comum que executam programas utilizando um meio de gravação legível por computador. Exemplos do meio de gravação legível por computador incluem meios de armazenamento magnético (por exemplo, ROM, disquetes, discos rígidos, etc.) e meios óticos de gravação (por exemplo, CD-ROMs ou DVDs).

[000463] Embora essa invenção tenha sido particularmente mostrada e descrita com referência as suas modalidades preferidas, aqueles de conhecimento comum na técnica entenderão que diversas alterações na forma e detalhes podem ser feitas nas mesmas sem se afastar da essência e escopo do conceito inventivo conforme definido pelas reivindicações anexas. As modalidades preferidas devem ser consideradas apenas em um sentido descritivo e não com propósitos de limitação. Portanto, o escopo da invenção é definido não pela descrição detalhada das modalidades exemplares, mas pelas reivindicações anexas, e todas as diferenças dentro do escopo serão consideradas como incluídas na presente invenção.

- REIVINDICAÇÕES -

1. APARELHO PARA DECODIFICAR VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA DE UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO MEDIANTE USAR UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO, o aparelho de decodificação de vídeo caracterizado pelo fato de que comprehende:

um determinante de filtro configurado para determinar coeficientes de filtro de filtros de interpolação de 7 derivações para gerar pelo menos uma amostra de um quarto de unidade sub-pel localizada entre pixels de unidades pel inteiras;

um interpolador configurado para gerar uma amostra de uma localização de 1/4 de pixel ou de uma localização de 3/4 de pixel mediante interpolar os pixels de unidades pel inteiras usando o filtro de interpolação de 7 derivações; e

um preditor configurado para predição intra a imagem usando compensação de movimento usando a amostra da localização de 1/4 de pixel ou a localização de 3/4 de pixel, em que,

o filtro de interpolação de 7 derivações para gerar a amostra da localização de 1/4 de pixel comprehende sete coeficientes de filtro: {-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1} e

o filtro de interpolação de 7 derivações para gerar a amostra da localização de 3/4 pixels comprehende sete coeficientes de filtro: {1, -5, 17, 58, -10, 4, -1}.

2. MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO USANDO UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO, o método de codificação de vídeo caracterizado pelo fato de que comprehende:

determinar coeficientes de filtro de filtros de interpolação de 7-derivações para gerar pelo menos uma amostra

de um quarto de unidade sub-pel localizada entre pixels de unidades pel inteiras;

gerar uma amostra de uma localização de 1/4 de pixel ou uma localização de 3/4 de pixel mediante interpolar os pixels de unidades pel inteiras usando o filtro de interpolação de 7 derivações; e

fazer predição intra da imagem usando compensação de movimento usando a amostra da localização de 1/4 de pixel ou a localização de 3/4 de pixel,

em que,

o filtro de interpolação de 7 derivações para gerar a amostra da localização de 1/4 de pixel compreende sete coeficientes de filtro: {-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1} e

o filtro de interpolação de 7 derivações para gerar a amostra da localização de 3/4 pixels compreende sete coeficientes de filtro: {1, -5, 17, 58, -10, 4, -1}.

3. APARELHO PARA CODIFICAR VÍDEO PARA PREDIÇÃO INTRA DE UMA IMAGEM USANDO COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO MEDIANTE USO DE UM FILTRO DE INTERPOLAÇÃO, o aparelho de codificação de vídeo caracterizado pelo fato de que compreende:

um determinante de filtro configurado para determinar coeficientes de filtro de filtros de interpolação de 7 derivações para gerar pelo menos uma amostra de um quarto de unidade sub-pel localizada entre pixels de unidades pel inteiras;

um interpolador configurado para gerar uma amostra de uma localização de 1/4 de pixel ou de uma localização de 3/4 de pixel mediante interpolar os pixels de unidades pel inteiras usando o filtro de interpolação de 7 derivações; e

um preditor configurado para predição intra da imagem mediante usar compensação de movimento usando a amostra da localização de 1/4 de pixel ou da localização de 3/4 de pixel, em que,

o filtro de interpolação de 7 derivações para gerar a amostra da localização de 1/4 de pixel compreende sete coeficientes de filtro: {-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1} e

o filtro de interpolação de 7 derivações para gerar a amostra da localização de 3/4 pixels compreende sete coeficientes de filtro: {1, -5, 17, 58, -10, 4, -1}.

FIG. 1

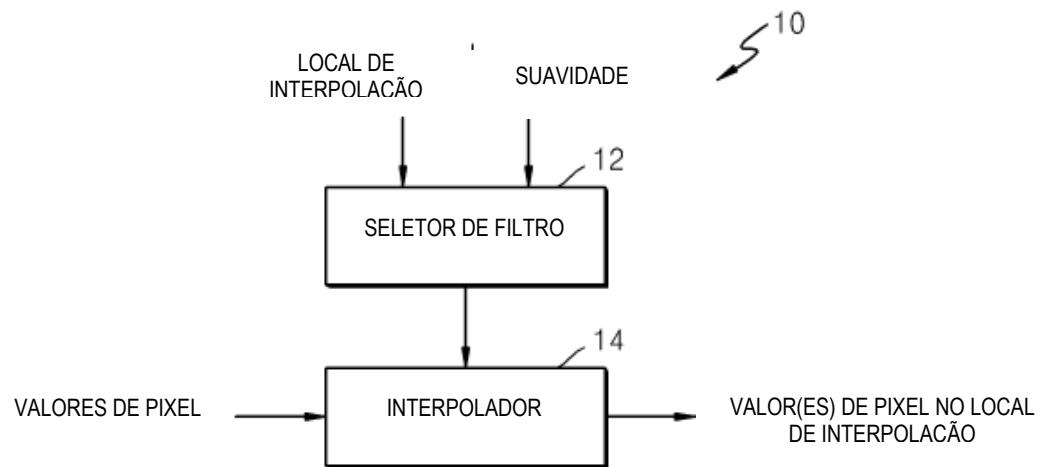
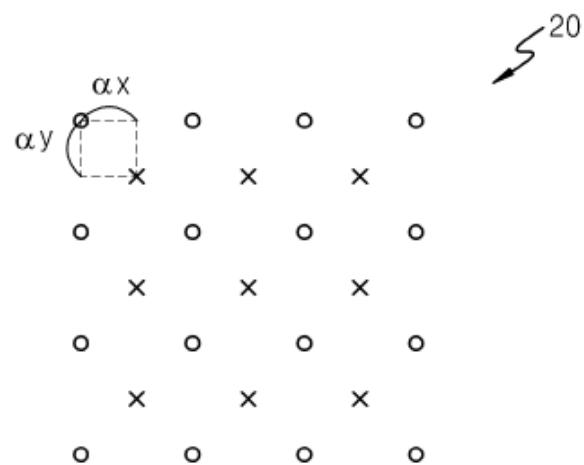
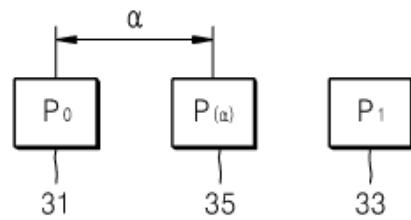
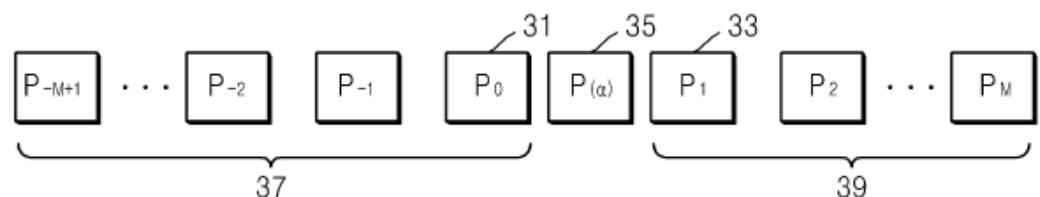
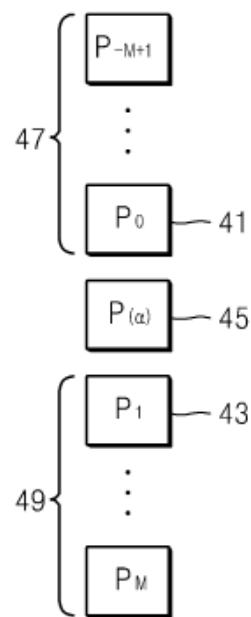
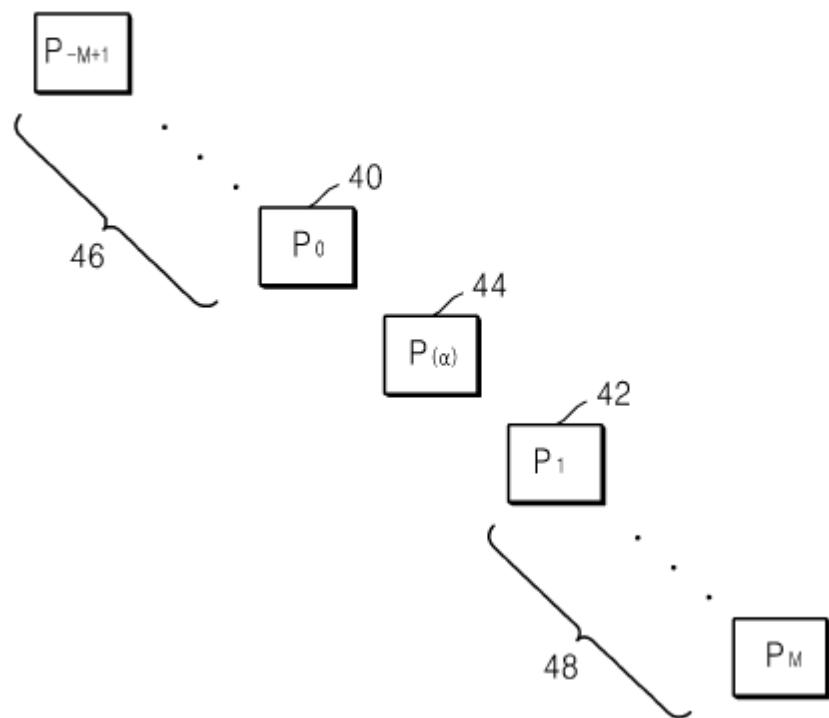


FIG. 2



**FIG. 3****FIG. 4A****FIG. 4B**

**FIG. 4C**

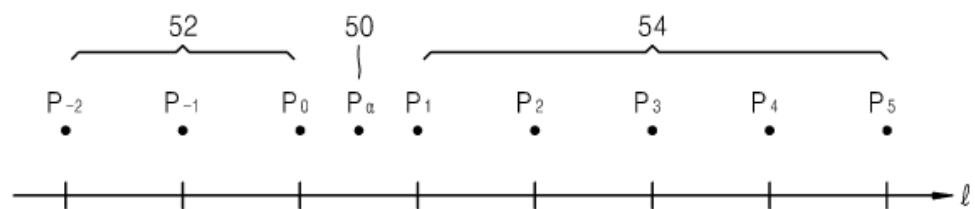
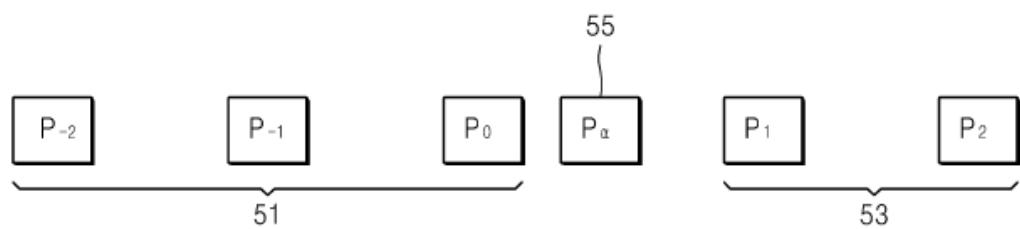
**FIG. 5A****FIG. 5B**

FIG. 6

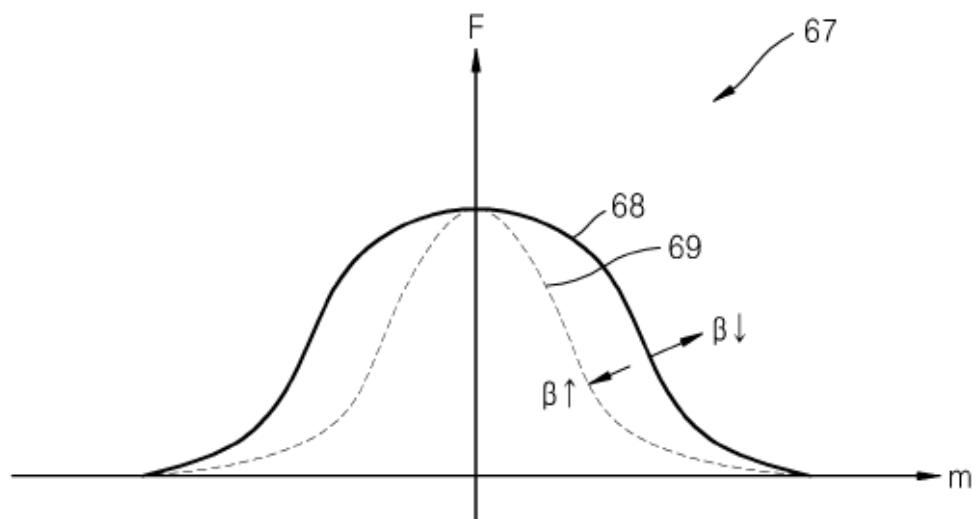


FIG. 7

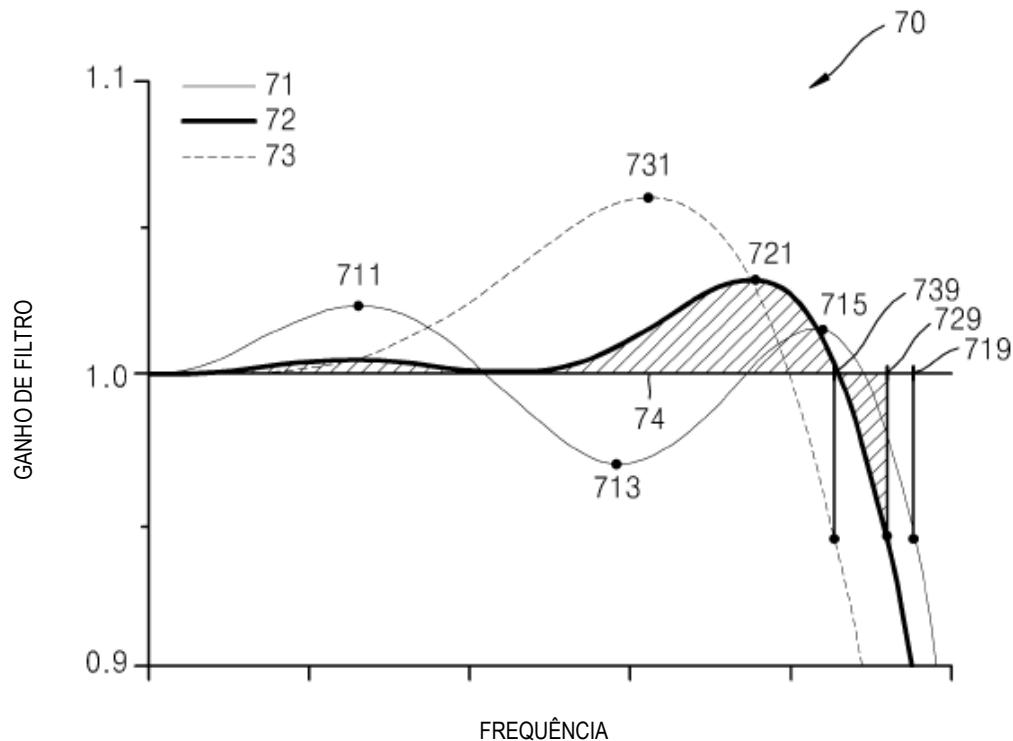
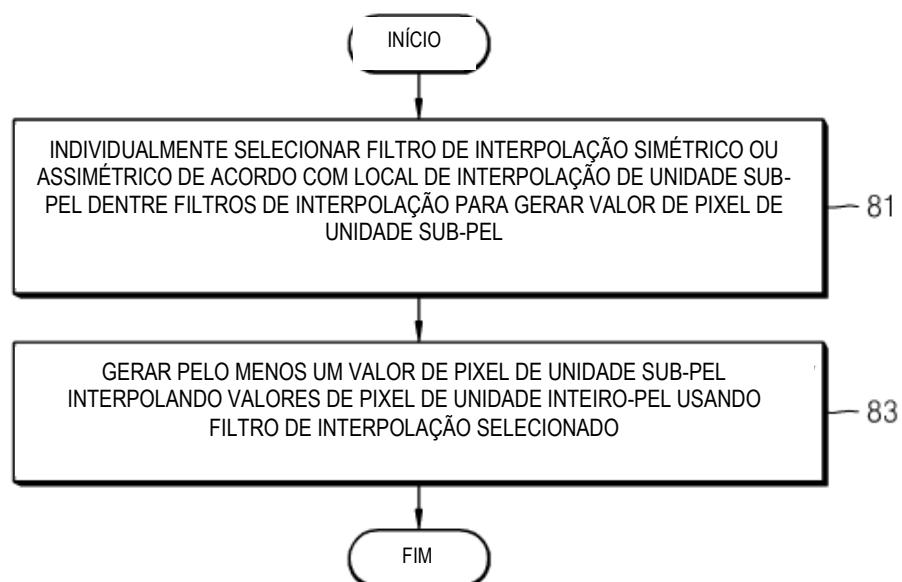


FIG. 8



**FIG. 9A**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-1}, P_0, P_1\}$	$\alpha$	N
1/8	{-3,63,4};	1/10	NÃO
1/8	{-2,63,3}	1/10	6
1/8	{-1,62,3}; {-1,63,2}	1/10	4
1/8	{-2,62,4};	0.117	5
1/8	{-5,63,6};{-4,62,6};{-4,63,5}	0.125	NÃO
1/8	{-3,62,5}	0.125	6
1/8	{-2,62,4};{-3,63,4}	0.125	5
1/8	{-2,63,3};{-1,62,3};	0.125	4
1/4	{-7,59,12};{-6,58,12};{-7,58,13}	0.25	NÃO
1/4	{-5,58,11};	0.25	6
1/4	{-4,57,11};{-4,58,10};{-3,57,10};	0.25	5
1/4	{-1,56,9};{-2,57,9};{-2,56,10};	0.25	4
3/8	{-8,52,20};	0.375	NÃO
3/8	{-7,51,20};{-6,50,20};{-6,51,19}	0.375	8
3/8	{-5,50,19}	0.375	7
3/8	{-3,49,18};{-4,50,18};{-4,49,19}	0.375	5
3/8	{-8,51,21}	0.383	NÃO
3/8	{-8,50,22}	0.4	NÃO
3/8	{-7,49,22}	0.4	10
3/8	{-6,49,21}	0.4	8
3/8	{-5,48,21}	0.4	6
3/8	{-4,47,21};{-4,48,20};{-3,47,20};	0.4	5
3/8	{-2,47,19};	0.4	4.5
1/2	{-8,43,29};	0.5	NÃO
1/2	{-7,42,29};	0.5	10
1/2	{-5,42,29};{-6,41,29};{-6,42,28};	0.5	9
1/2	{-5,41,28}	0.5	6

**FIG. 9B**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-1}, P_0, P_1, P_2\}$	$\alpha$	N
1/8	{-3,62,7,-2}	0.1	NÃO
1/8	{-3,62,6,-1}	0.1	6
1/8	{-2,61,6,-1};{-2,62,5,-1};{-2,62,6,-2};	0.1	4
1/8	{-3,61,8,-2};{-4,62,8,-2};{-4,61,9,-2}; {-4,61,8,-1}	0.017	NÃO
1/8	{-3,61,7,-1};	0.017	10
1/8	{-4,61,8,-1};{-3,60,8,-1};{-3,61,7,-1}; {-3,61,8,-2};	0.125	9
1/4	{-5,58,14,-3};	0.2	NÃO
1/4	{-5,58,13,-2};{-4,57,13,-2};{-4,58,12,-2}; {-4,58,13,-3};	0.2	8
1/4	{-5,58,12,-1};{-4,57,12,-1};{-4,58,11,-1};	0.2	6
1/4	{-5,56,15,-2};{-4,55,15,-2};{-4,56,14,-2}; {-4,56,15,-3};	0.23	6
1/4	{-6,56,18,-4}	0.25	NÃO
1/4	{-6,56,17,-3};{-5,55,17,-3};{-5,56,16,-3}; {-5,56,17,-4}	0.25	10
1/4	{-5,55,16,-2};{-4,54,16,-2};{-4,55,15,-2}; {-4,55,16,-3};	0.25	7
1/4	{-4,54,17,-2}	0.26	6
3/8	{-6,48,28,-6};{-7,49,28,-6}; {-7,48,29,-6};{-7,48,28,-5}	0.375	NÃO
3/8	{-6,47,28,-5};{-6,48,27,-5};	0.375	10
3/8	{-6,47,28,-5};{-6,48,27,-5};	0.375	9
3/8	{-6,47,27,-4};{-5,46,27,-4};{-5,47,26,-4};	0.375	7
3/8	{-7,48,29,-6};{-7,47,30,-6};{-7,47,29,-5};	0.385	NÃO
1/2	{-7,39,39,-7}	0.5	NÃO
1/2	{-6,38,38,-6}	0.5	11
1/2	{-5,37,37,-5}	0.5	7
1/2	{-4,36,36,-4};	0.5	5.7

**FIG. 9C**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-1}, P_0, P_1, P_2, P_3\}$	$\alpha$	N
1/4	$\{3, -9, 60, 13, -3\}; \{2, -8, 60, 13, -3\};$ $\{2, -9, 61, 13, -3\}; \{2, -9, 60, 14, -3\};$ $\{2, -9, 60, 13, -2\};$	0.2	NÃO
1/4	$\{1, -8, 60, 13, -2\}; \{2, -9, 60, 13, -2\};$ $\{2, -8, 59, 13, -2\}; \{2, -8, 60, 12, -2\};$ $\{2, -8, 60, 13, -3\};$	0.2	10
1/4	$\{1, -7, 60, 12, -2\};$	0.2	8
1/4	$\{3, -10, 58, 17, -4\};$	0.25	NÃO
1/4	$\{1, -8, 57, 16, -2\};$	0.25	8
1/2	$\{4, -12, 41, 37, -6\}; \{3, -11, 41, 37, -6\};$ $\{3, -12, 42, 37, -6\}; \{3, -12, 41, 38, -6\};$ $\{3, -12, 41, 37, -5\};$	0.5	NÃO
1/2	$\{3, -11, 41, 37, -6\}; \{2, -10, 41, 37, -6\};$ $\{2, -11, 42, 37, -6\}; \{2, -11, 41, 38, -6\};$ $\{2, -11, 41, 37, -5\};$	0.5	12
1/2	$\{1, -10, 41, 37, -5\}; \{2, -11, 41, 37, -5\};$ $\{2, -10, 40, 37, -5\}; \{2, -10, 41, 36, -5\};$ $\{2, -10, 41, 37, -6\};$	0.5	10
1/2	$\{2, -9, 40, 36, -5\}; \{1, -8, 40, 36, -5\};$ $\{1, -9, 41, 36, -5\}; \{1, -9, 40, 37, -5\};$ $\{1, -9, 40, 36, -4\};$	0.5	8
1/2	$\{1, -9, 40, 36, -4\}; \{1, -8, 39, 36, -4\};$ $\{1, -8, 40, 35, -4\}; \{1, -8, 40, 36, -5\};$	0.5	8

**FIG. 9D**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-2}, P_{-1}, P_0, P_1, P_2, P_3\}$	$\alpha$	N
1/4	$\{2, -8, 59, 15, -5, 1\}$	0.2	NÃO
1/4	$\{3, -8, 59, 14, -5, 1\}; \{2, -7, 59, 14, -5, 1\};$ $\{2, -8, 60, 14, -5, 1\}; \{2, -8, 59, 14, -4, 1\};$ $\{2, -8, 59, 14, -5, 2\};$	0.2	13
1/4	$\{1, -7, 59, 14, -4, 1\};$	0.2	10
1/4	$\{1, -9, 57, 19, -6, 2\}; \{2, -10, 57, 19, -6, 2\};$ $\{2, -9, 56, 19, -6, 2\}; \{2, -9, 57, 18, -6, 2\};$ $\{2, -9, 57, 19, -7, 2\}; \{2, -9, 57, 19, -6, 1\};$	0.25	NÃO
1/4	$\{3, -9, 57, 18, -6, 1\}; \{2, -10, 57, 18, -6, 1\};$ $\{2, -9, 58, 18, -6, 1\}; \{2, -9, 57, 19, -6, 1\};$ $\{2, -9, 57, 18, -5, 1\}; \{2, -9, 57, 18, -6, 2\};$	0.25	13
1/4	$\{3, -9, 57, 18, -6, 1\}; \{2, -8, 57, 18, -6, 1\};$ $\{2, -9, 58, 18, -6, 1\}; \{2, -9, 57, 19, -6, 1\};$ $\{2, -9, 57, 18, -5, 1\}; \{2, -9, 57, 18, -6, 2\};$	0.25	12
1/4	$\{1, -8, 57, 18, -5, 1\}; \{2, -9, 57, 18, -5, 1\};$ $\{2, -8, 56, 18, -5, 1\}; \{2, -8, 57, 17, -5, 1\};$ $\{2, -8, 57, 18, -6, 1\};$	0.25	10
1/4	$\{1, -7, 56, 18, -5, 1\}; \{1, -8, 57, 18, -5, 1\};$ $\{1, -8, 56, 19, -5, 1\}; \{1, -8, 56, 18, -4, 1\};$	0.25	8
1/2	$\{3, -11, 40, 40, -11, 3\}$	0.5	NÃO
1/2	$\{2, -10, 40, 40, -10, 2\}$	0.5	14
1/2	$\{2, -9, 39, 39, -9, 2\}; \{3, -10, 39, 39, -10, 3\}$	0.5	13
1/2	$\{1, -8, 39, 39, -8, 1\};$	0.5	8
1/2	$\{1, -7, 38, 38, -7, 1\}; \{2, -8, 38, 38, -8, 2\};$	0.5	7

## FIG. 10A

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-3}, P_{-2}, P_{-1}, P_0, P_1, P_2, P_3\}$	$\alpha$	N
1/4	$\{-1, 4, -9, 60, 14, -5, 1\};$	0.2	NÃO
1/4	$\{-1, 3, -9, 60, 14, -4, 1\};$	0.2	14
1/4	$\{-1, 2, -8, 60, 14, -4, 1\}; \{-1, 3, -8, 59, 14, -4, 1\};$ $\{-1, 3, -8, 60, 13, -4, 1\}; \{-1, 3, -8, 60, 14, -5, 1\};$	0.2	10.1
1/4	$\{-1, 4, -11, 58, 18, -6, 2\}; \{-2, 5, -11, 58, 18, -6, 2\};$ $\{-1, 5, -12, 58, 18, -6, 2\}; \{-1, 5, -11, 57, 18, -6, 2\};$ $\{-1, 5, -11, 58, 17, -6, 2\}; \{-1, 5, -11, 58, 18, -7, 2\};$ $\{-1, 5, -11, 58, 18, -6, 1\};$	0.25	NÃO
1/4	$\{-1, 4, -10, 58, 18, -6, 1\};$	0.25	15
1/4	$\{-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1\}; \{-2, 4, -10, 58, 18, -5, 1\};$ $\{-1, 3, -10, 58, 18, -5, 1\}; \{-1, 4, -11, 58, 18, -5, 1\};$ $\{-1, 4, -10, 57, 18, -5, 1\}; \{-1, 4, -10, 58, 18, -6, 1\};$	0.25	14
1/4	$\{-1, 3, -10, 58, 18, -5, 1\};$	0.25	11
1/4	$\{-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1\}; \{-1, 3, -9, 58, 17, -5, 1\};$ $\{-1, 3, -10, 59, 17, -5, 1\}; \{-1, 3, -10, 58, 18, -5, 1\};$ $\{-1, 3, -10, 58, 17, -4, 1\};$	0.25	10
1/2	$\{-2, 6, -13, 41, 39, -10, 3\};$	0.5	NÃO
1/2	$\{-2, 6, -12, 41, 39, -10, 2\}; \{-3, 6, -12, 41, 39, -10, 3\};$ $\{-2, 5, -12, 41, 39, -10, 3\}; \{-2, 6, -12, 40, 39, -10, 3\};$ $\{-2, 6, -12, 41, 38, -10, 3\}; \{-2, 6, -12, 41, 39, -11, 3\};$	0.5	36
1/2	$\{-2, 5, -12, 41, 39, -10, 3\};$	0.5	32
1/2	$\{-2, 5, -12, 41, 39, -10, 3\}; \{-1, 4, -12, 41, 39, -10, 3\};$ $\{-1, 5, -13, 41, 39, -10, 3\}; \{-1, 5, -12, 40, 39, -10, 3\};$ $\{-1, 5, -12, 41, 38, -10, 3\}; \{-1, 5, -12, 41, 39, -11, 3\};$	0.5	23
1/2	$\{-1, 5, -12, 41, 39, -10, 2\};$	0.5	20
1/2	$\{-1, 5, -12, 40, 39, -9, 2\}, \{-2, 5, -12, 41, 39, -9, 2\},$ $\{-1, 4, -12, 41, 39, -9, 2\}, \{-1, 5, -13, 41, 39, -9, 2\},$ $\{-1, 5, -12, 41, 38, -10, 2\}, \{-1, 5, -12, 41, 39, -9, 1\},$	0.5	13
1/2	$\{-2, 5, -11, 40, 39, -9, 2\}, \{-1, 5, -11, 40, 39, -9, 1\},$ $\{-1, 5, -11, 40, 39, -10, 2\},$	0.5	(17)-(19) $\beta=0.12, \beta=1$

**FIG. 10B**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-2}, P_{-1}, P_0, P_1, P_2, P_3, P_4\}$	$\alpha$	N
1/4	{2, -9, 56, 20, -8, 4, -1}	-0.75	NÃO
1/2	{3, -10, 39, 41, -13, 6, -2}	-0.5	NÃO
3/4	{2, -6, 18, 58, -11, 4, -1}	-0.25	NÃO

**FIG. 10C**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-1}, P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5\}$	$\alpha$	N
1/4	{-5, 54, 21, -9, 5, -3, 1}	-1.75	NÃO
1/2	{-6, 36, 44, -15, 8, -4, 1}	-1.5	NÃO
3/4	{-3, 16, 59, -12, 6, -3, 1}	-1.25	NÃO

**FIG. 11A**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-3}, P_{-2}, P_{-1}, P_0, P_1, P_2, P_3, P_4\}$	$\alpha$	N
1/4	$\{-1,3,-8,60,14,-6,3,-1\};\{-2,3,-8,60,14,-5,3,-1\};$ $\{-1,2,-8,60,14,-5,3,-1\};\{-1,3,-9,60,14,-5,3,-1\};$ $\{-1,3,-8,59,14,-5,3,-1\};\{-1,3,-8,60,13,-5,3,-1\};$ $\{-1,3,-8,60,14,-5,2,-1\}$	0.185	NÃO
1/4	$\{-1,4,-9,59,15,-6,3,-1\}$	0.2	NÃO
1/4	$\{-1,4,-10,57,19,-7,3,-1\};\{-1,4,-11,57,$ $20,-7,3,-1\};\{-1,4,-9,57,18,-7,3,-1\}$	0.25	NÃO
1/2	$\{-2,5,-12,41,41,-12,5,-2\}$	0.5	NÃO
1/2	$\{-1,5,-12,40,40,-12,5,-1\}$	0.5	15
1/2	$\{-1,4,-11,40,40,-11,4,-1\}$	0.5	14
1/2	$\{-1,3,-10,40,40,-10,3,-1\}$	0.5	10
1/2	$\{1,4,-10,39,39,-10,4,-1\}$	0.5	10.3
1/2	$\{-1,3,-9,39,39,-9,3,-1\};$	0.5	$(17)-(19)$ $\beta=0.032, l=1$

**FIG. 11B**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-2}, P_{-1}, P_0, P_1, P_2, P_3, P_4\}$	$\alpha$	N
1/4	$\{2,-9,56,20,-8,4,-2,1\}$	-0,75	NÃO
1/2	$\{3,-10,39,42,-14,7,-4,1\}$	-0,5	NÃO
3/4	$\{2,-6,18,58,-11,5,-3,1\}$	-0,25	NÃO

**FIG. 11C**

Frac MV	FILTRAR COEFICIENTES POR PIXELS DE REFERÊNCIA $\{P_{-4}, P_{-3}, P_{-2}, P_{-1}, P_0, P_1, P_2, P_3\}$	$\alpha$	N
1/4	$\{1,-3,5,-11,58,18,-6,2\}$	1.25	NÃO
1/2	$\{1,-4,7,-14,42,39,-10,3\}$	1.5	NÃO
3/4	$\{1,-2,4,-8,20,56,-9,2\}$	1.75	NÃO

FIG. 12A

$\alpha$	FILTRO $r_1(\alpha)$	N
1/4	{-1, 4, -10, 58, 17, -5, 1}	8.7
1/2	{-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1}	9.5

FIG. 12B

$\alpha$	FILTRO $r_1(\alpha)$	$\sigma$
1/8	{-2, 58, 10, -2}	0.012
1/4	{-4, 54, 16, -2}	0.016
3/8	{-6, 46, 28, -4}	0.018
1/2	{-4, 36, 36, -4}	0.020

FIG. 13A

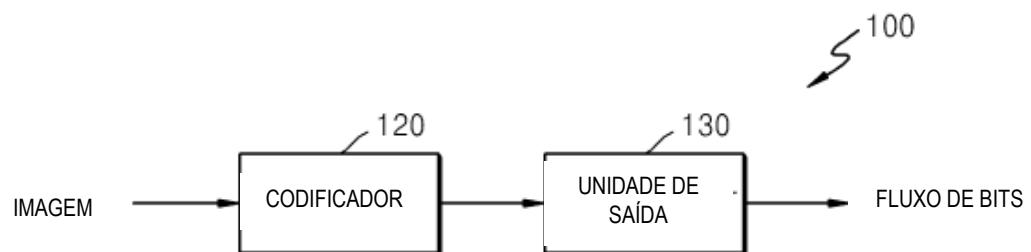
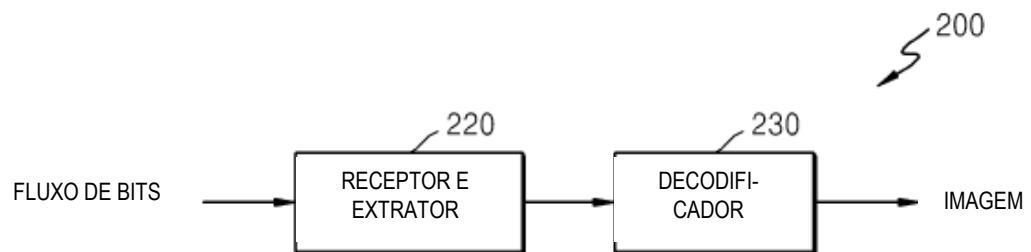


FIG. 13B



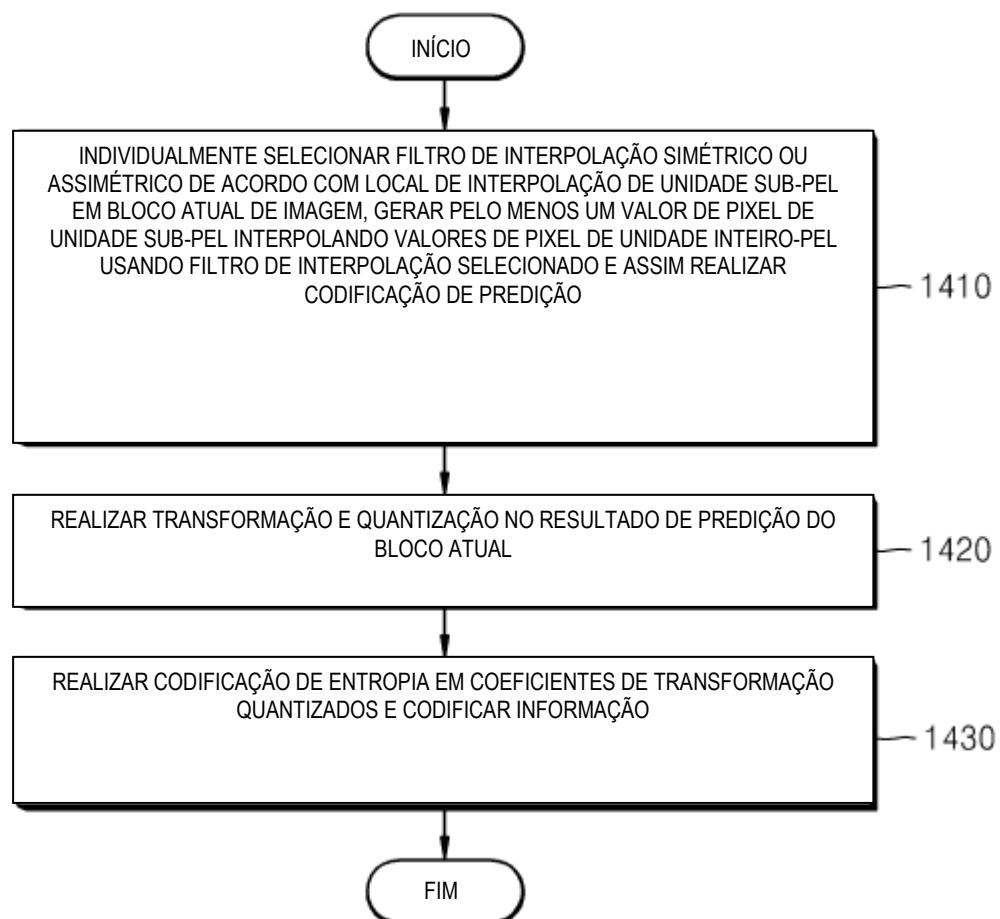
**FIG. 14A**

FIG. 14B

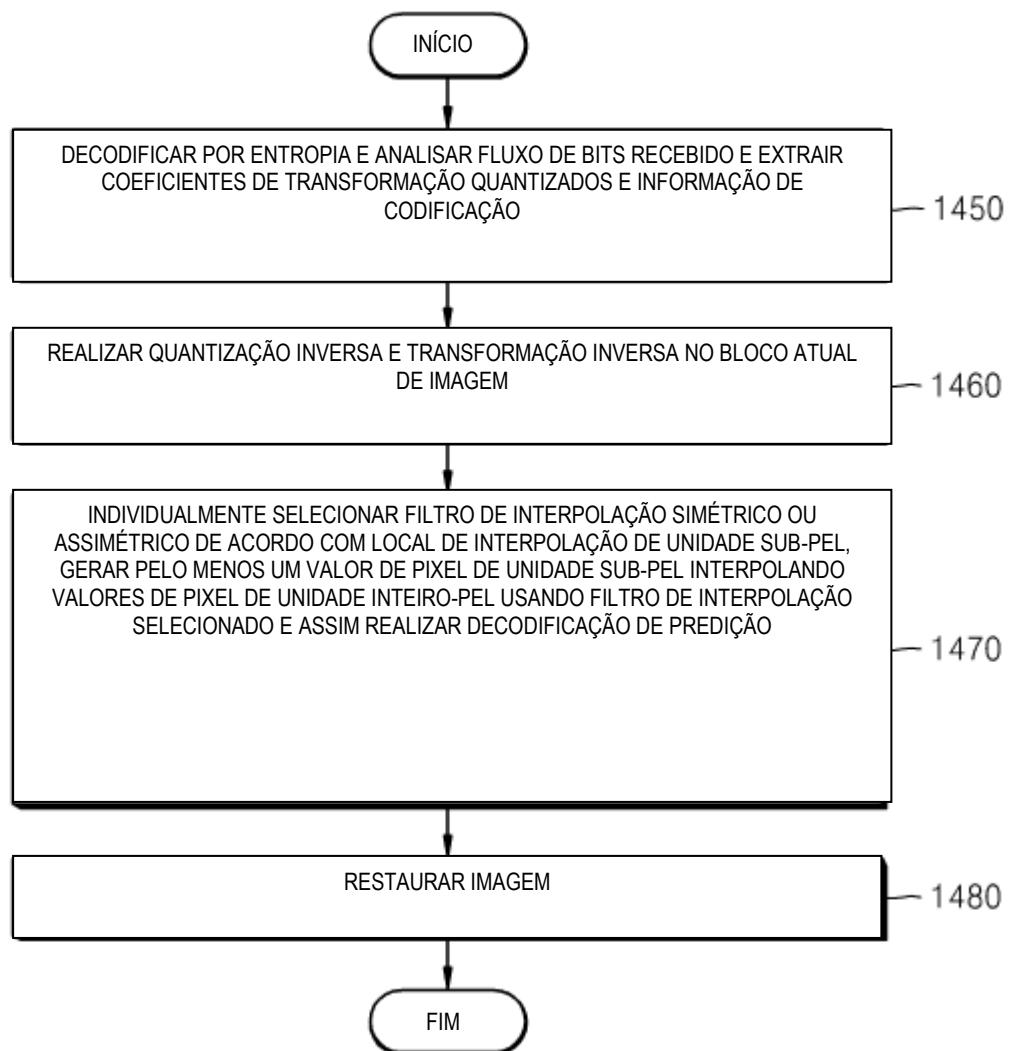


FIG. 15

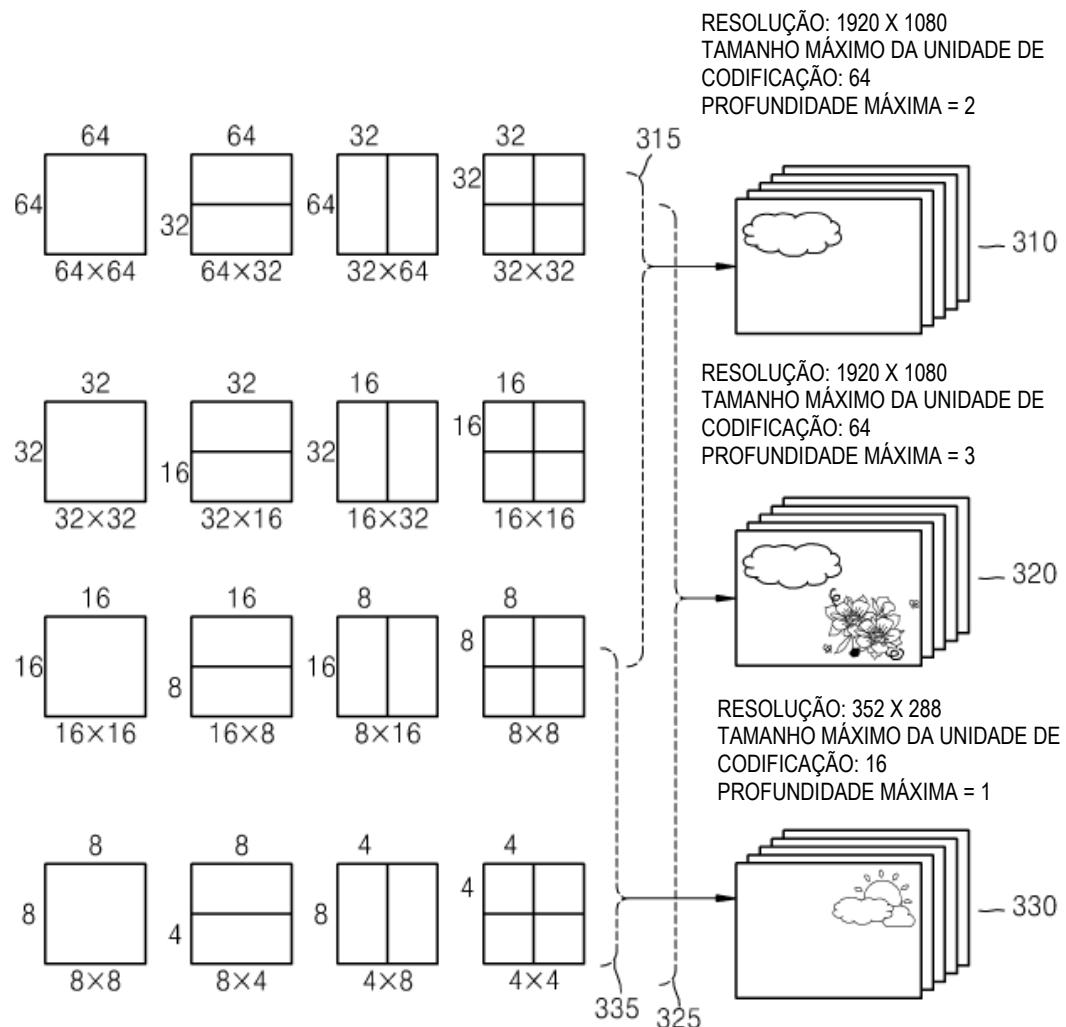


FIG. 16

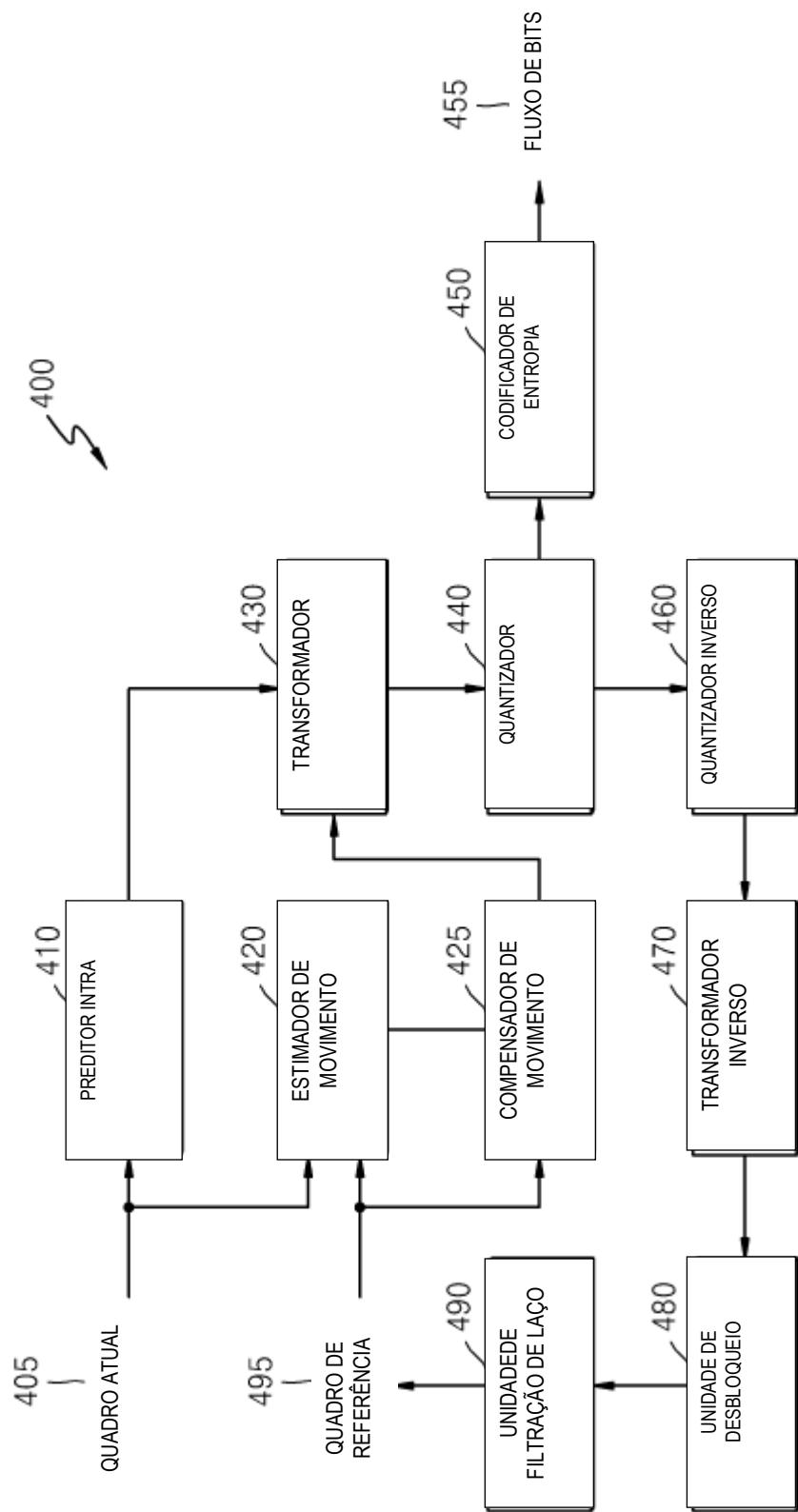


FIG. 17

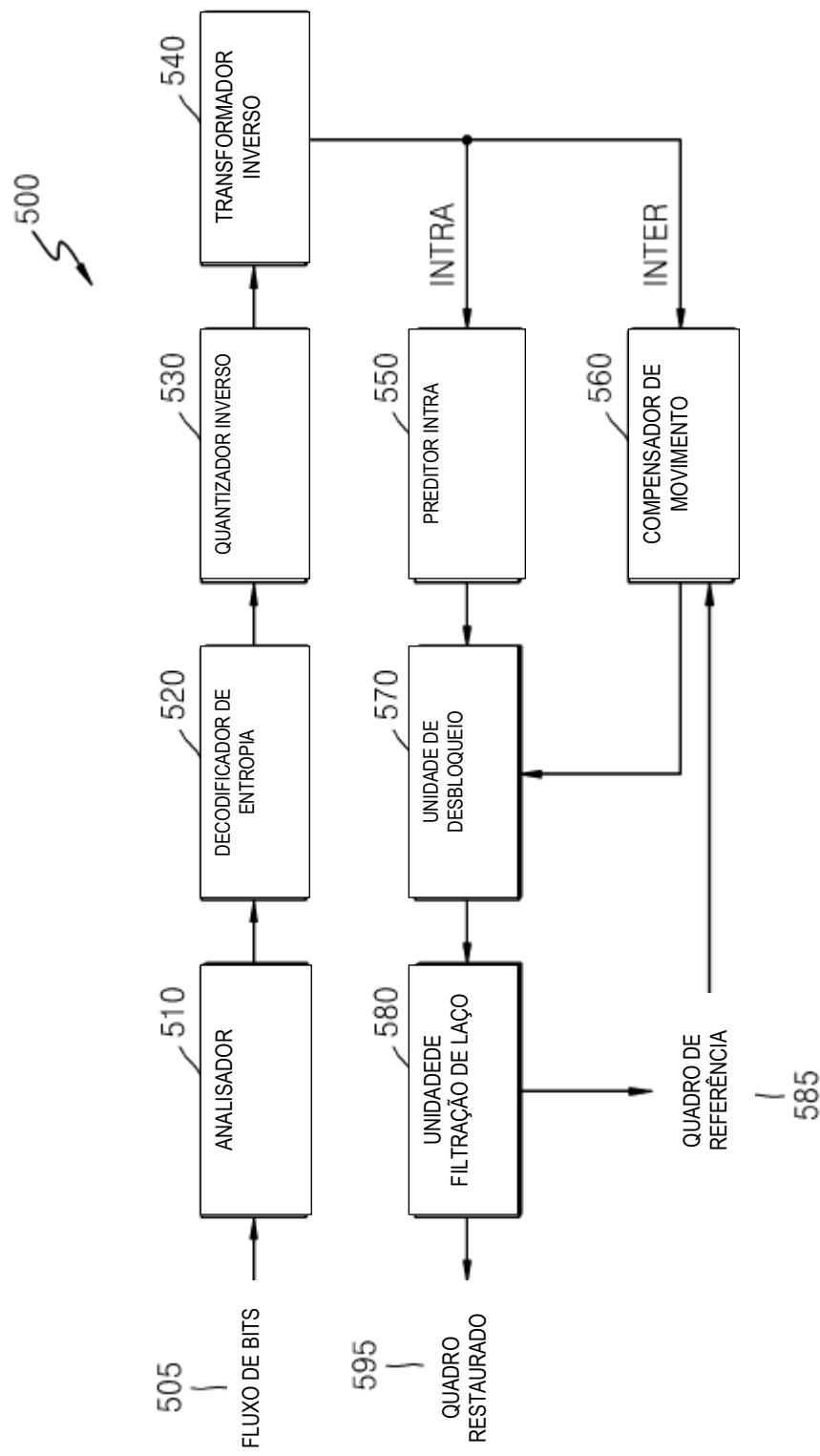
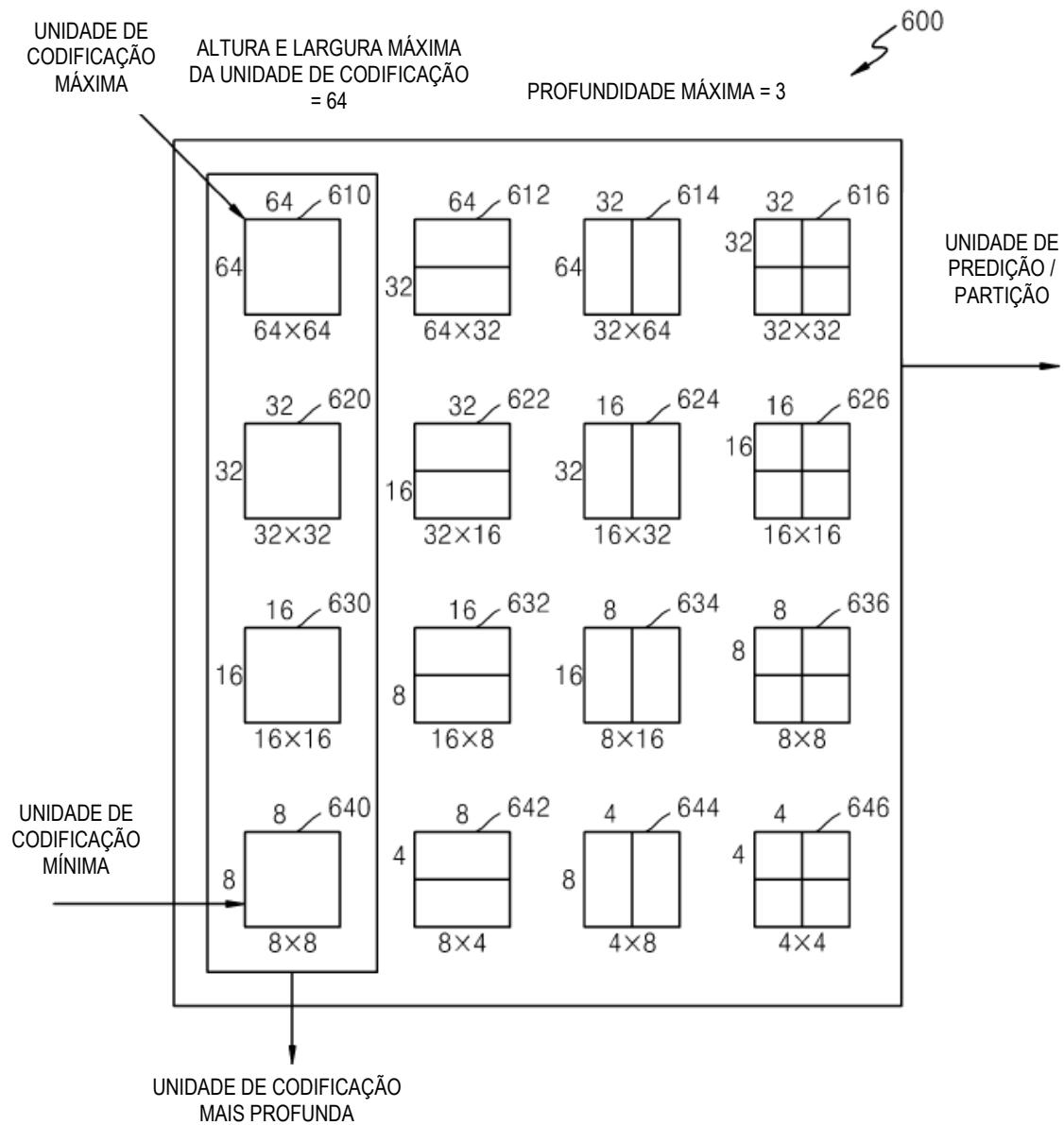
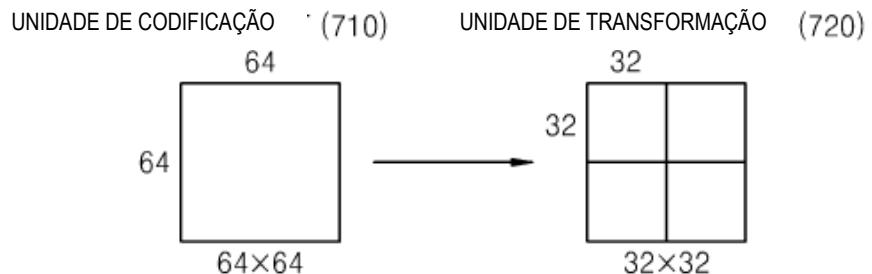
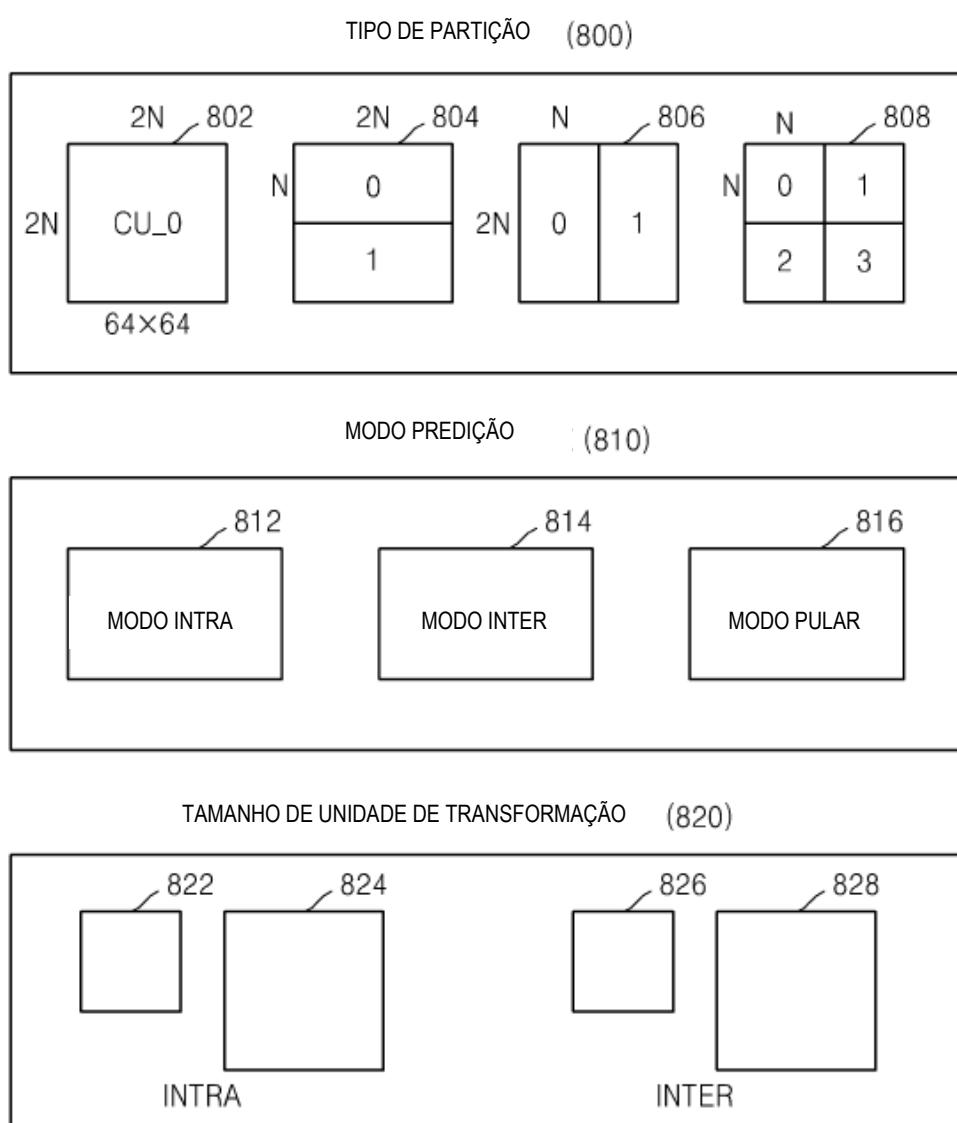
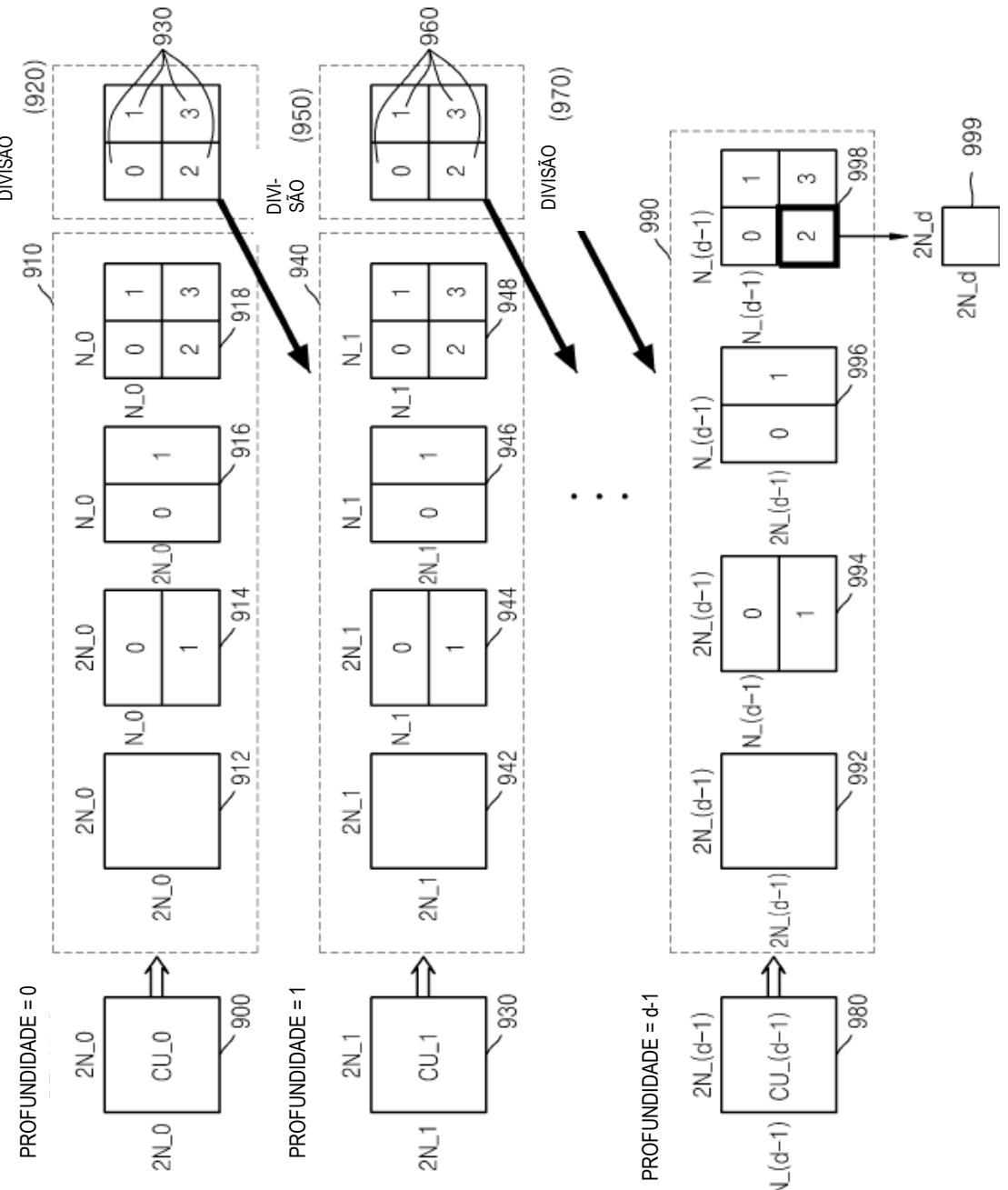


FIG. 18



**FIG. 19****FIG. 20**

**FIG. 21**

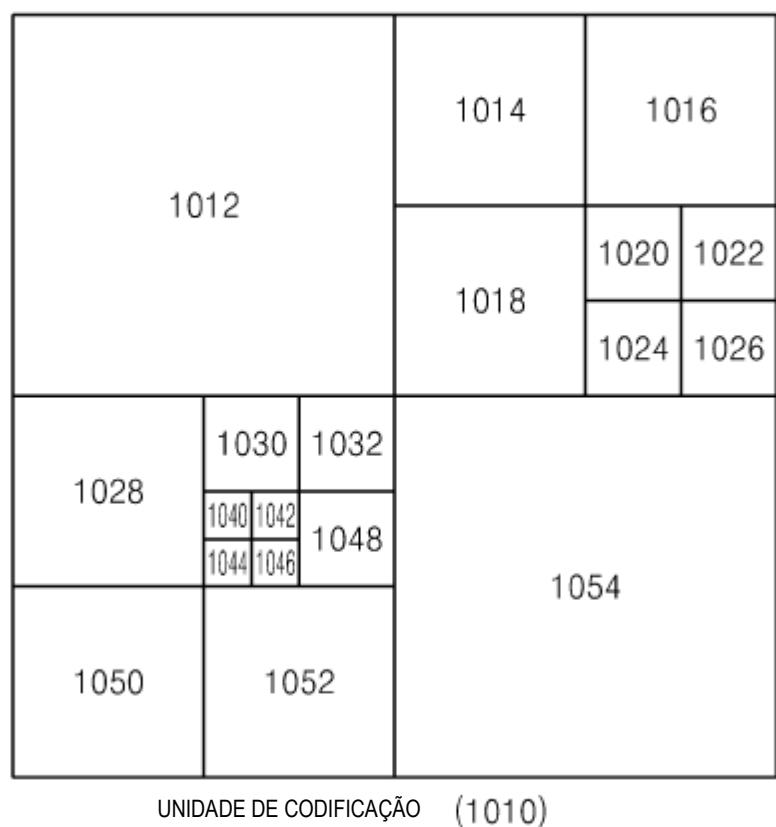
**FIG. 22**

FIG. 23

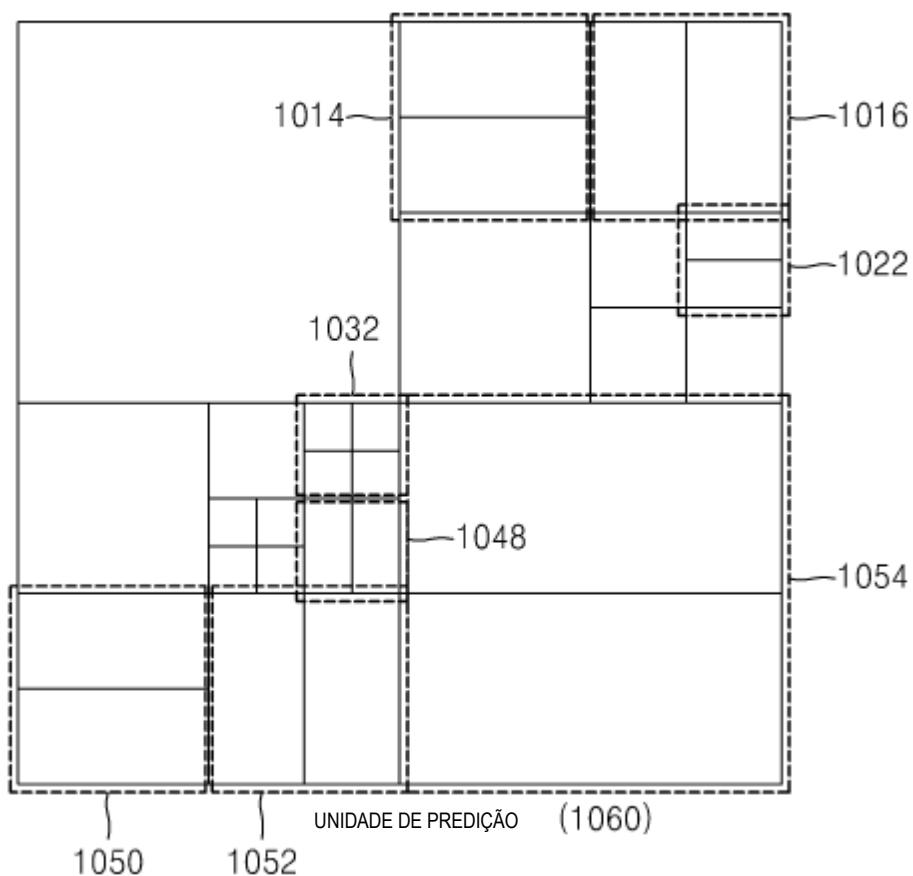


FIG. 24

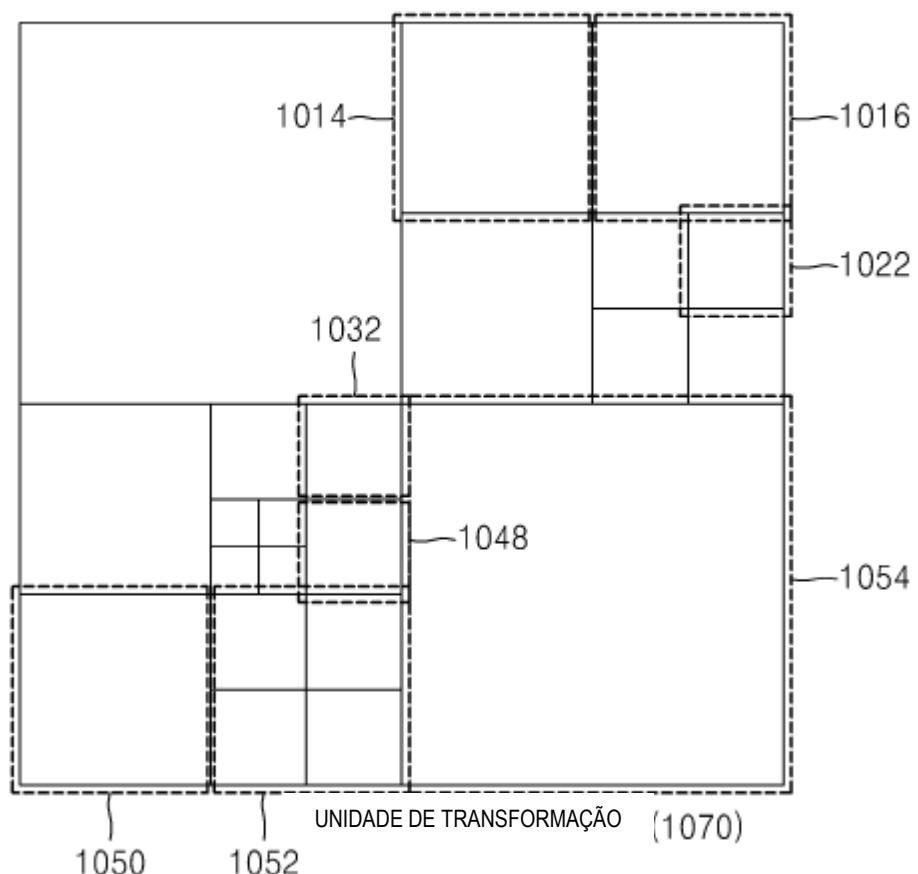
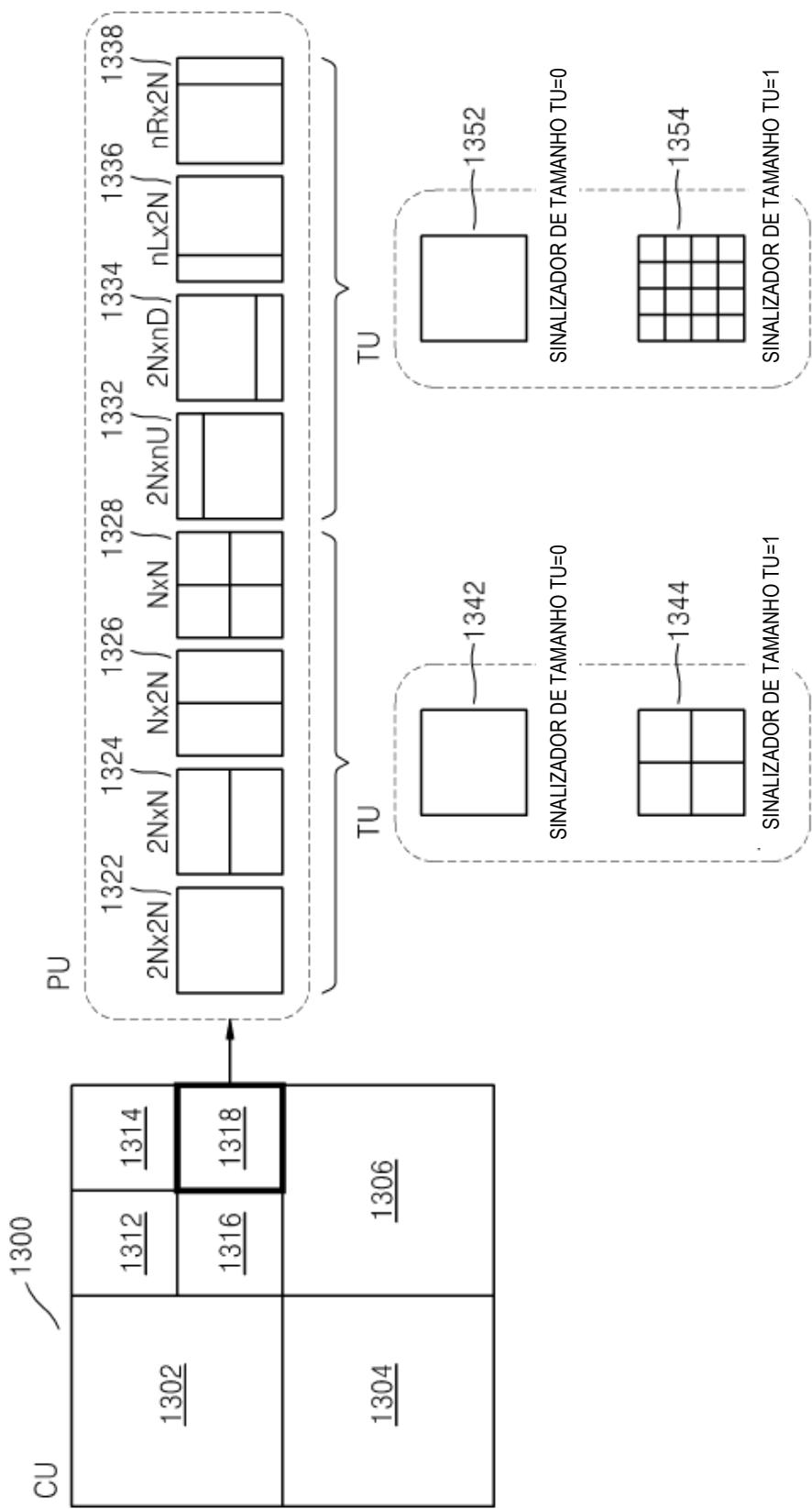
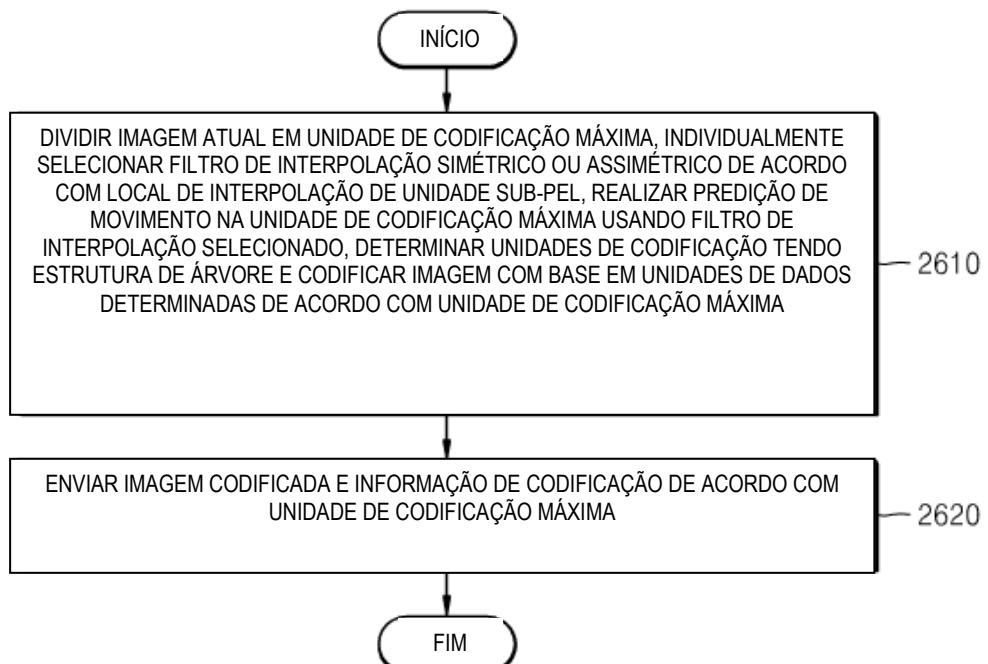


FIG. 25



**FIG. 26****FIG. 27**