



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI0614766-6 A2**

(22) Data de Depósito: 03/08/2006
(43) Data da Publicação: 12/04/2011
(RPI 2101)



(51) *Int.Cl.:*
H04N 7/12

(54) Título: **PREDIÇÃO DE COEFICIENTES DE TRANSFORMADA PARA COMPRESSÃO DE IMAGEM**

(30) Prioridade Unionista: 12/08/2005 US 11/203.009

(73) Titular(es): MICROSOFT CORPORATION

(72) Inventor(es): Chengjie Tu, Sridhar Srinivasan

(74) Procurador(es): NELLIE ANNE DANIEL SHORES

(86) Pedido Internacional: PCT US2006030563 de 03/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/021613 de 22/02/2007

(57) **Resumo:** PREDIÇÃO DE COEFICIENTES DE TRANSFORMADA PARA COMPRESSÃO DE IMAGEM Um codec de mídia digital baseado em transformada de bloco usa uma predição de coeficiente de transformada que leva em conta uma direcionalidade dominante dos dados de mídia digital (por exemplo, uma imagem com fortes características horizontais e verticais), e adicionalmente opera de forma compatível com uma transformada em dois estágios. Para coeficientes DCAC e DC de uma transformada em estágio interno de um macrobloco, o codec calcula e compara métricas de direcionalidade baseadas em coeficientes DC de transformada em estágio interno de macroblocos vizinhos para determinar direcionalidade dominante. Para coeficientes DCAC de uma outra transformada em estágio externo de blocos dentro do macrobloco, o codec calcula e compara métricas de direcionalidade baseadas nos coeficientes DCAC de transformada em estágio interno do macrobloco para detectar direcionalidade dominante. A determinação de dominância direcional pode também levar em conta informação de outros canais (por exemplo, crominância bem como luminância)

```
1000  
↓  
If (mx == 0 and my == 0)  
    dc_mode = Null predict  
Else if (mx == 0)  
    dc_mode = Predict from top  
Else if (my == 0)  
    dc_mode = Predict from left  
Else {  
    diff_h = abs (D - L) // luminance  
    diff_v = abs (D - T) // luminance  
    If (chrominance channels are available) {  
        diff_h = diff_h * scale +  
        sum_over_chrominance_channels { abs (D - L) }  
        diff_v = diff_v * scale +  
        sum_over_chrominance_channels { abs (D - T) }  
    }  
  
    If (diff_h * orient_weight < diff_v) {  
        dc_mode = Predict from top  
    }  
    Else if (diff_v * orient_weight < diff_h) {  
        dc_mode = Predict from left  
    }  
    Else {  
        dc_mode = Predict from left and top  
    }  
}  
  
Where  
scale = 8 for YUV 420, 4 for YUV 422, 2 otherwise  
orient_weight = 4
```

"PREDIÇÃO DE COEFICIENTES DE TRANSFORMADA PARA
COMPRESSÃO DE IMAGEM"

Autorização de Direitos Autorais

Uma parte da descrição deste documento de patente
5 contém material que é assunto de proteção de proteção de di-
reitos autorais. O detentor dos direitos autorais não faz
objeção à reprodução por fax por qualquer um do documento de
patente ou descrição de patente, à medida que aparece no ar-
quivo ou gravações de patente do Escritório de Marcas e Pa-
10 tentes, mas de outra forma reserva todos os direitos auto-
rais quaisquer que sejam.

Fundamentos da Invenção

Codificação Baseada em Transformada de Bloco

A codificação por transformada é uma técnica de
15 compressão usada em muitos sistemas de compressão de áudio,
vídeo e de imagem. A imagem e o vídeo digital descomprimidos
são normalmente representados ou capturados como amostras de
elementos de figura ou cores em localizações em um quadro de
imagem ou de vídeo arranjado em uma grade de bidimensional
20 (2D). Essa é referida como uma representação no domínio es-
pacial da imagem ou vídeo. Por exemplo, um formato típico
para imagens consiste de um fluxo de amostras de elemento de
figura colorida de 24 bits arranjados como uma grade. Cada
amostra é um número que representa os componentes de cor em
25 uma localização de pixel na grade dentro de um espaço de
cor, tal como RGB, ou YIQ, entre outros. Vários sistemas de
imagens ou de vídeo podem usar várias cores diferentes, re-
soluções de espaço e de tempo da amostragem. Similarmente, o

áudio digital é tipicamente representado como fluxo de sinal de áudio amostrado no tempo. Por exemplo, um formato de áudio típico consiste de um fluxo de amostras de amplitude de 16 bits de um sinal de áudio obtido em intervalos de tempo regulares.

Tradicionalmente, a compressão de vídeo é executada pela compressão do primeiro quadro de imagem, e pela compressão de diferenças entre quadros sucessivos. Este processo é repetido periodicamente através da seqüência de vídeo. Então, a compressão de vídeo está intimamente relacionada à compressão de imagens "fixas".

Sinais de vídeo e de imagem e áudio digital descomprimidos podem consumir capacidade de armazenamento e de transmissão considerável. A codificação por transformada reduz o tamanho de áudio, imagens e vídeo digital transformando-se a representação no domínio espacial do sinal em uma representação no domínio da frequência (ou outros domínios de transformada similares), e então reduz a resolução de certos componentes de frequência geralmente menos perceptíveis da representação no domínio de transformada. Isto geralmente produz muito menos degradação perceptível do sinal digital comparada à redução da resolução de cor ou espacial de imagens ou de vídeos no domínio espacial, ou do áudio no domínio de tempo.

Mais especificamente, um codec baseado em transformada de bloco típico 100 mostrado na Figura 1 divide os pixels da imagem digital descomprimida em dois blocos bidimensionais de tamanho fixo $(X_1, \dots, X_n)$, cada bloco possivel-

mente sobreposto a outros blocos. Uma transformada linear 120-121 que analisa a frequência espacial é aplicada a cada bloco, que converte as amostras espaçadas dentro do bloco em um conjunto de coeficientes de frequência (ou transformada) 5 geralmente representando a intensidade do sinal digital nas bandas de frequência correspondentes pelo intervalo de bloco. Para compreensão, os coeficientes de transformada podem ser seletivamente quantizados 130 (isto é, reduzidos em resolução, tal como diminuindo os bits menos significativos 10 dos valores de coeficiente, ou de outra forma, mapeando os valores em um conjunto de números de resolução mais alta para uma resolução menor), e também codificados em comprimento variável ou entropia 130 em um fluxo de dados comprimidos. Em decodificação, os coeficientes de transformada inversamente se transformarão 170-171 para quase reconstruir o sinal de imagem/vídeo amostrado de cor/espacial original (blocos 15 reconstruídos $\hat{X}_1, \dots, \hat{X}_n$).

A transformada de bloco 120-121 pode ser definida como uma operação matemática em um vetor x de tamanho N . 20 Mais frequentemente, a operação é uma multiplicação linear, produzindo a saída no domínio da transformada $y = Mx$, sendo M a matriz transformada. Quando os dados de entrada são arbitrariamente longos, eles são segmentados em vetores de tamanho N e uma transformada de bloco é aplicada a cada segmento. 25 Com o propósito de compressão de dados, transformadas de bloco reversíveis são escolhidas. Em outras palavras, a matriz M é inversa. Em dimensões múltiplas (por exemplo, para imagem e vídeo), as transformadas de bloco são tipicamen-

te implementadas como operações separadas. A multiplicação da matriz é aplicada separadamente ao longo de cada dimensão dos dados (isto é, ambas linhas e colunas).

Para compressão, os coeficientes da transformada
 5 (componentes do vetor y) podem ser seletivamente quantizados (isto é, reduzidos em resolução, tal como diminuindo os bits menos significantes dos valores de coeficientes, ou de outra forma, mapeando os valores em um conjunto de números de resolução mais alto para uma resolução menor), e também codi-
 10 ficados em comprimento variável ou entropia em um fluxo de dados comprimidos.

Na decodificação no decodificador 150, a inversa
 destas operações (decodificação de desquantização/entropia
 160 e transformada de bloco inversa 170-171) é aplicada no
 15 lado do decodificador 150, como mostrado na Figura 1. En-
 quanto reconstruindo os dados, a matriz inversa M^{-1} (trans-
 formada inversa 170-171) é aplicada como um multiplicador
 aos dados no domínio da transformada. Quando aplicada aos
 dados no domínio da transformada, a transformada inversa
 20 quase reconstrói os meios digitais originais no domínio do
 tempo ou no domínio espacial.

Em muitas aplicações de codificação baseadas em
 transformada de bloco, a transformada é desejavelmente re-
 versível para suportar ambas compressão com perdas e sem
 25 perdas dependendo do fator de quantização. Sem quantização
 (geralmente representada como um fator de quantização de 1),
 por exemplo, um codec que utiliza uma transformada reversí-
 vel pode reproduzir exatamente os dados de entrada na deco-

dificação. Entretanto, a exigência de reversibilidade nestas aplicações restringe a escolha de transformadas mediante as quais o codec pode ser projetado.

Muitos sistemas de compressão de imagem e de vídeo, tal como MPEG e Windows Media, entre outros, utilizam transformadas baseadas na Transformada Discreta do Cosseno (DCT). A DCT é conhecida por ter propriedades de compactação de energia favoráveis que resultam em compressão de dados quase ótima. Nestes sistemas de compressão, a DCT inversa (IDCT) é empregada em ciclos de reconstrução em ambos o codificador e o decodificador do sistema de compressão para reconstruir blocos de imagem individuais.

Predição de Coeficiente de Transformada

Como já notado, as transformadas de bloco usam comumente a transformada discreta do cosseno (DCT) ou variantes. Em níveis altos de perda, as transformadas de bloco sofrem de instrumentos visuais devido às descontinuidades de bloco importunas. Uma técnica de "transformada superposta", na qual as janelas de transformação se sobrepõem, pode ser usada para suavizar as reconstruções mesmo sob perda.

Em ambas as transformadas de bloco e superpostas, grandes características lineares orientadas ao longo das direções verticais e horizontais causam altos valores de transformada ao longo das bordas superior ou esquerda de blocos no domínio de transformada. As bordas esquerdas ou superiores são freqüentemente referenciadas como valores DCAC. Este nome é devido a estes serem coeficientes que são DC em uma direção e AC na outra. A posição superior esquerda

é chamada o valor DC (DC em ambas as direções).

Transformadas de bloco frequentemente mostram uma combinação entre blocos. Pode ser facilmente apreciado que os coeficientes DC de blocos adjacentes são correlacionados e tendem a estar próximos em um sentido probabilístico. Menos evidente é a correlação entre os coeficientes DCAC correspondentes de blocos adjacentes. Notavelmente, se uma certa área de uma imagem mostra fortes características horizontais (tal como linha ou padrões), os coeficientes da transformada que são DC na direção horizontal e AC na direção vertical mostram correlação numérica interblocos também.

O processo de exploração da continuidade DC e DCAC interblocos formando uma predição para os termos DC e DCAC de blocos vizinhos, e de codificação das diferenças de predição é comumente referenciado como "predição DCAC". Este termo também cobre os processos no lado do decodificador de recuperar os coeficientes da transformada DC & DCAC originais (ou aproximados). Os termos DCAC que são previstos podem ser um subconjunto de todos os termos DCAC, determinados pela direção da predição.

Sumário da Invenção

Uma técnica de codificação e decodificação de mídia digital e a realização da técnica em um codec de mídia digital aqui descritas usam uma predição de coeficiente de transformada que leva em conta uma direcionalidade dominante dos dados de mídia digital (por exemplo, uma imagem com fortes características horizontais e verticais), e adicionalmente opera de forma compatível com uma transformada de dois

estágios.

Para coeficientes DC e DCAC de uma transformada de estágio interno de um macrobloco, o codec calcula e compara métricas de direcionalidade baseadas nos coeficientes DC da transformada de estágio interno de macroblocos vizinhos para determinar a direcionalidade dominante. A determinação da dominância direcional pode também levar em conta a informação de outros canais (por exemplo, cor e cromaticidade). Na ausência da dominância direcional, o coeficiente DC do macrobloco é previsto a partir de uma média de coeficientes DC de macroblocos vizinhos precedentes. A predição direcional pode ser ignorada para os coeficientes DCAC do macrobloco se o macrobloco vizinho tem um quantizador diferente. Alternativamente, a predição direcional dos coeficientes DCAC pode ser restrita a macrobloco(s) que tem o mesmo quantizador.

Para coeficientes DCAC de uma transformada de estágio externo no macrobloco, o codec calcula e compara métricas de direcionalidade baseadas na transformada de estágio interno dos coeficientes DCAC dos macroblocos para detectar a direcionalidade dominante. A determinação da dominância direcional pode também levar em conta a informação de outros canais (por exemplo, cor e cromaticidade). Esta forma de determinação de predição direcional para coeficientes DCAC de estágio externo pode ser feita unicamente baseada em informação no macrobloco. Se a dominância direcional é encontrada, os coeficientes DCAC de estágio externo dos blocos no macrobloco são previstos de forma unidirecional a partir da direção dominante.

Este sumário é fornecido para introduzir uma seleção de conceitos em uma forma simplificada que são adicionalmente descritos abaixo na Descrição Detalhada. Este sumário não pretende identificar as características chave ou características essenciais do assunto reivindicado, nem pretende ser usado como um auxílio na determinação do escopo do assunto reivindicado.

Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1 é um diagrama de bloco de um codec baseado em transformada de bloco convencional na técnica anterior.

A Figura 2 é um fluxograma de um codificador representativo que incorpora a codificação de coeficiente de transformada preditiva.

A Figura 3 é um fluxograma de um decodificador representativo que incorpora a codificação de coeficiente de transformada preditiva.

A Figura 4 é um diagrama de uma estrutura de bloco de transformada 4x4 que ilustra os coeficientes DC e DCAC.

A Figura 5 é um diagrama de uma estrutura de bloco passa-baixa de saturação 422 de coeficientes produzidos em uma transformada de estágio interno do codificador da Figura 3 para um formato de cor YUV 4:2:2.

A Figura 6 é um diagrama de uma estrutura de bloco passa-baixa de saturação 420 de coeficientes produzidos em uma transformada de estágio interno do codificador da Figura 3 para uma imagem de formato YUV 4:2:0.

A Figura 7 é um diagrama que ilustra um exemplo de

predição DCAC.

A Figura 8 é um diagrama que identifica a direção de predição na predição DCAC exemplificada da Figura 7.

A Figura 9 é um diagrama que ilustra os macroblo-
cos usados na determinação do modo de predição DC de um ma-
crobloco.

A Figura 10 é uma listagem de pseudocódigos de uma
determinação de modo de predição DC na codificação de coefi-
ciente de transformada preditiva no codificador da Figura 3
e no decodificador da Figura 4.

A Figura 11 é uma listagem de pseudocódigos de uma
determinação do modo de predição passa-baixa DCAC na codifi-
cação de coeficiente da transformada preditiva no codifica-
dor da Figura 3 e no decodificador da Figura 4.

A Figura 12 é uma listagem de pseudocódigos de uma
determinação de modo de predição passa-alta DCAC na codifi-
cação de coeficiente da transformada preditiva no codifica-
dor da Figura 3 e no decodificador da Figura 4.

A Figura 13 é um diagrama que ilustra a predição
DCAC passa-alta esquerda de um macrobloco.

A Figura 14 é um diagrama que ilustra a predição
DCAC passa-alta do topo de um macrobloco.

A Figura 15 é um diagrama de bloco de um ambiente
de computação adequado para implementar a codificação adap-
tativa de coeficientes ampla faixa da Figura 4.

Descrição Detalhada da Invenção

A seguinte descrição refere-se a técnicas de codi-
ficação e decodificação que fornecem uma eficiente codifica-

ção/decodificação de coeficientes de transformada de um co-
dec baseado em transformada baseada na predição de coefici-
ente (referenciados aqui como "Codificação de Coeficiente de
Transformada Preditiva"). A seguinte descrição descreve uma
5 implementação exemplificada da técnica no contexto de um co-
dec ou sistema de compressão de mídia digital. O sistema de
mídia digital codifica dados de mídia digital em uma forma
comprimida para transmissão ou armazenamento, e decodifica
os dados para reprodução ou outro processamento. Para propó-
10 sito de ilustração, este sistema de compressão exemplificado
incorpora essa codificação de coeficiente de transformada
preditiva em um sistema de compressão de imagem ou de vídeo.
Alternativamente, a técnica também pode ser incorporada em
sistemas ou codecs de compressão para outros dados 2D. A
15 técnica de codificação de coeficiente de transformada predi-
tiva não exige que o sistema de compressão de mídia digital
codifique os dados de mídia digital comprimidos em um forma-
to de codificação particular.

1. Codificador/Decodificador

20 As Figuras 2 e 3 são um diagrama generalizado dos
processos empregados em um codificador 200 e um decodifica-
dor 300 de dados bidimensionais (2D) representativos. Os di-
agramas apresentam uma ilustração generalizada ou simplifi-
cada de um sistema de compressão que incorpora o codificador
25 e o decodificador de dados 2D que implementam a codificação
de padrão de bloco. Em sistemas de compressão alternativos
usando a codificação de padrão de bloco, menos processos ou
processos adicionais do que aqueles ilustrados neste codifi-

cador e decodificador representativos podem ser usados para a compressão de dados 2D. Por exemplo, alguns codificadores/decodificadores podem também incluir conversão de cor, formatos de cor, codificação escalável, codificação sem perda, modos de macrobloco, etc. O sistema de compressão (codificador e decodificador) pode fornecer compressão sem perda e/ou com perda dos dados 2D, dependendo da quantização que pode ser baseada em um parâmetro de quantização variável de sem perda para com perda.

O codificador de dados 2D 200 produz um fluxo de bits comprimido 220 que é uma representação mais compacta (para entrada típica) de dados 2D 210 apresentados como entrada ao codificador. Por exemplo, a entrada de dados 2D pode ser uma imagem, um quadro de uma sequência de vídeo, ou outros dados que possuem duas dimensões. O codificador de dados 2D divide 230 os dados de entrada em macroblocos, que são pixels de tamanho 16x16 nesse codificador representativo. O codificador de dados 2D adicionalmente divide cada macrobloco em blocos de 4x4. Um operador de "sobreposição direta" 240 é aplicado a cada borda entre blocos, depois da qual cada bloco de 4x4 é transformado usando uma transformada de bloco 250. Essa transformada de bloco 250 pode ser a transformada 2D de escala livre reversível descrita por Srinivasan, Pedido de Patente Norte-Americana Nº 11/015.707, intitulado "Transformada Reversível para Compressão de Dados 2D Com Perdas e Sem Perdas", depositada em 17 de dezembro de 2004. O operador de sobreposição 240 pode ser o operador de sobreposição reversível descrito por Tu e outros, Pedido de

Patente Norte-Americana N° 11/015,148, intitulado, "Operador de Sobreposição Reversível para Compressão Eficiente de Dados Sem Perda", depositado em 17 de dezembro de 2004; e por Tu e outros, Pedido de Patente Norte-Americana N° 5 11/035.991, intitulado, "Pré/Pós Filtragem Bidimensional Reversível para Transformada Bi-ortogonal Superposta, depositado em 14 de janeiro de 2005. Alternativamente, a transformada discreta do cosseno ou outras transformadas de bloco e operadores de sobreposição podem ser usados. Subseqüente à 10 transformada, o coeficiente DC 260 de cada bloco de transformada 4x4 é submetido a uma cadeia de processamento similar (divisão, sobreposição direta, seguidas pela transformada de bloco 4x4). Os coeficientes de transformada DC resultantes e os coeficientes de transformada AC são quantizados 15 270, codificados por entropia 280 e empacotados 290.

O decodificador executa o processo reverso. No lado do decodificador, os bits dos coeficientes da transformada são extraídos 310 de seus respectivos pacotes, a partir dos quais os coeficientes são decodificados 320 e desquantizados 330. Os coeficientes DC 340 são regenerados aplicando-se uma transformada inversa, e o plano de coeficientes DC é "superposto inversamente" usando um operador de suavização adequado aplicado através das bordas de bloco DC. Subseqüentemente, os dados inteiros são regenerados aplicando-se a 25 transformada inversa 4x4 350 aos coeficientes DC, e aos coeficientes AC 342 decodificados a partir do fluxo de dados. Finalmente, as bordas de bloco nos planos de imagem resultantes são filtradas pela superposição inversa 360. Isto

produz uma saída de dados 2D reconstruída.

Em uma implementação exemplificada, um codificador 200 (Figura 2) comprime uma imagem de entrada no fluxo de bits comprimido 220 (por exemplo, um arquivo), e o decodificador 300 (Figura 3) reconstrói a entrada original ou uma aproximação dessa, baseado em se a codificação com perda ou sem perda é empregada. O processo de codificação envolve a aplicação de uma transformada superposta diretamente (LT) discutida abaixo, que é implementada com pré/pós-filtragem bidimensional reversível também descrita com mais detalhes abaixo. O processo de decodificação envolve a aplicação da transformada superposta inversa (ILT) usando a pré/pós-filtragem bidimensional reversível.

A LT e a ILT ilustradas são inversas uma da outra, em um sentido exato, a então podem ser referenciadas coletivamente como uma transformada superposta reversível. Como uma transformada reversível, o par LT/ILT pode ser usado para compressão de imagem sem perda.

A entrada de dados 210 comprimida pelo codificador 200/decodificador 300 ilustrado pode ser imagens de vários formatos de cor (por exemplo, formatos de imagem colorida RGB/YUV4:4:4, YUV4:2:2 ou YUV4:2:0). Tipicamente, a imagem de entrada sempre tem um componente de luminância (Y). Se é uma imagem RGB/YUV4:4:4, YUV4:2:2 ou YUV4:2:0, a imagem também tem componentes de croma, tal como um componente U e um componente V. Os planos ou componentes de cor separados da imagem podem ter diferentes resoluções espaciais. No caso de uma imagem de entrada no formato de cor YUV4:2:0, por e-

xemplo, os componentes U e V tem a metade da largura e da altura do componente Y.

Como discutido acima, o codificador 220 divide a imagem ou figura de entrada em macroblocos. Em uma implementação exemplar, o codificador 200 divide a imagem de entrada em macroblocos de 16x16 no canal Y (que podem ser áreas de 16x16, 16x8 ou 8x8 nos canais U e V dependendo do formato de cor). Cada plano de cor do macrobloco é dividido em regiões ou blocos de 4x4. Então, um macrobloco é composto para os vários formatos de cor da seguinte maneira para essa implementação de codificador exemplificada:

1. Para uma imagem em escala de cinza, cada macrobloco contém 16 blocos de luminância (Y) 4x4.

2. Para uma imagem colorida de formato YUV4:2:0, cada macrobloco contém 16 blocos (Y) 4x4, e 4 4 blocos de crominância 4x4 (U e V).

3. Para uma imagem colorida de formato YUV4:2:2, cada macrobloco contém 16 blocos (Y) 4x4, e 8 blocos de crominância 4x4 (U e V).

4. Para uma imagem colorida de formato RGB ou YUV4:4:4, cada macrobloco contém 16 blocos cada um dos canais Y, U e V.

As Figuras 4, 5 e 6 ilustram exemplos de vários blocos de transformada no codificador/decodificador representativo. A Figura 4 ilustra um bloco de transformada 4x4 para blocos no canal de luminância dos vários formatos, bem como os canais de crominância de uma imagem de formato de cor YUV4:4:4. A Figura 5 mostra um formato de bloco passa-

baixa de saturação 422, que contém os coeficientes do bloco de transformada a partir da transformada de estágio interno do canal de saturação de uma imagem de formato de cor YUV 422. A Figura 6 mostra um bloco passa-baixa de saturação 420 contendo os coeficientes da transformada de estágio interno do canal de saturação de uma imagem de formato de cor YUV 4:2:0.

Com relação à Figura 4, a seguinte descrição usa uma conversão de transformada de bloco ou notação que está em linha com notação de matriz, com funções de base ordenada. No bloco de coeficiente de transformada 400 mostrado na Figura 4, por exemplo, o coeficiente representando a frequência DC é a primeira linha/coluna do bloco de coeficiente de transformada (coeficiente indicado por '0'), e aquele da frequência AC mais alta é a última linha/coluna (coeficiente indicado por '15'). Adicionalmente, os coeficientes DCAC na linha superior do bloco (coeficientes indicados por '1', '2' e '3' na Figura 4) correspondem a padrões de linha vertical, e valores DCAC na coluna da esquerda (coeficientes indicados por '4', '8' e '12' na Figura 4) correspondem a padrões de linha horizontal. Em uma implementação prática real, o bloco da transformada pode ser transposto, caso no qual reindexação apropriada de coeficiente deve ser levada em conta.

25 2. Visão Geral da Codificação de Coeficiente da Transformada Preditiva

Como discutido brevemente na seção Fundamentos da Invenção anterior, a predição DCAC é um processo de exploração da continuidade interblocos DC e DCAC formando uma pre-

dição para os termos DC e DCAC a partir de blocos vizinhos, e de codificação das diferenças de predição (bem como o processo inverso no decodificador).

Com relação às Figuras 7 e 8, um exemplo de uma
5 predição DCAC é mostrado. Neste exemplo, o coeficiente DC ('0') e o conjunto de coeficientes DCAC correspondentes a quaisquer padrões verticais ('1', '2' e '3') ou padrões horizontais ('4', '8' e '12') de cada bloco de transformada são preditos a partir daqueles de um bloco vizinho precedente.
10 te. Em outras palavras, os coeficientes correspondentes do bloco vizinho são definidos como um "preditor" para aqueles do bloco corrente. A direção de predição para cada bloco neste exemplo é identificada no diagrama na Figura 8 (com a notação 'N' não indicando predição, 'L' indicando predição
15 esquerda e 'T' indicando predição de topo), bem como sendo ilustrado pelas setas no diagrama da Figura 7. Quando a direção de predição é a partir do topo, os coeficientes '1', '2' e '3' são previstos a partir dos coeficientes correspondentes no bloco até o topo. Quando a direção de predição é a
20 partir da esquerda, os coeficientes '4', '8' e '12' são previstos a partir dos coeficientes correspondentes no bloco até a esquerda. Especificamente, nenhuma predição é usada para o bloco esquerdo de topo. O segundo e o terceiro bloco da linha de topo são previstos a partir do bloco à sua
25 esquerda. Os blocos na segunda linha são previstos a partir de cima, da esquerda e acima, respectivamente. Com a predição DCAC, o codificador codifica um coeficiente como a diferença de seu preditor. Se a predição é razoavelmente acurada, as

diferenças do preditor serão iguais a zero com uma alta probabilidade, que podem ser eficientemente codificados com técnicas de codificação de entropia de comprimento variável (por exemplo, executar codificação de comprimento) na codificação de entropia 280 (Figura 2). Por exemplo, a técnica de codificação de entropia de comprimento variável descrita por Srinivasan, o Pedido de Patente Norte-Americana N° TBD, intitulado "Eficiente Codificação e Decodificação de Blocos da Transformada", depositado em 12 de agosto de 2005.

O codificador representativo acima 200 (Figura 2) e o decodificador 300 (Figura 3) apresentam certos desafios ao uso da predição DCAC. Primeiro, o codificador e o decodificador representativos usam uma transformada de 2 estágios. Estes podem ser referenciados como estágios "externo" ou "interno", que correspondem às bandas passa-alta e passa-baixa, respectivamente. Em particular, os coeficientes DC 260 (Figura 20 dos blocos são submetidos a uma transformada de segundo estágio (o estágio "interno")). Como um resultado, os coeficientes DC não estão disponíveis ao decodificador para decodificar os outros coeficientes sem primeiramente executar a transformada inversa desse estágio.

Segundo, o codificador e o decodificador representativos usam uma transformada superposta. Através de seu projeto e construção, a transformada superposta já extrai implicitamente a continuidade através de blocos adjacentes. Por essa razão, a aplicação adicional da predição DCAC poderia terminar degradando o desempenho da codificação (como comparado à condição sem predição DCAC).

Terceiro, com o propósito de minimizar o tamanho da memória e complexidade, é desejável manter a predição DCAC intermacroblocos em um mínimo.

Finalmente, o codificador e o decodificador representativos podem aplicar diferentes quantizadores em diferentes macroblocos, que adicionalmente complicam a predição DCAC.

As técnicas de codificação de coeficientes da transformada preditiva descritas aqui fornecem vários aprimoramentos à predição DCAC convencional. Em particular, uma implementação exemplar das técnicas de codificação dos coeficientes da transformada preditiva descritas abaixo aborda os eventos listados acima que usam um único conjunto de regras de predição. Em resumo, essas regras incluem:

1. Os coeficientes DC (da transformada interna) são previstos baseados nos coeficientes DC dos blocos vizinhos causais que se baseiam no mínimo em parte em informação de cor quando disponível.

2. Os coeficientes DCAC da transformada interna usam uma direção de predição derivada daquela dos coeficientes DC, e também contam com a informação fora do macrobloco.

3. A predição dos coeficientes DCAC da transformada interna é ignorada (isto é, 0 é usado como o preditor) quando os macroblocos corrente e de predição têm diferentes quantizadores.

4. A predição dos coeficientes DCAC da transformada externa é executada puramente no macrobloco.

5. A direção de predição dos coeficientes DCAC da

transformada externa é derivada de coeficientes DCAC da transformada interna do mesmo bloco.

Na descrição abaixo, a codificação de coeficiente da transformada preditiva é descrita como sendo executada nos coeficientes da transformada quantizada (por exemplo, os coeficientes de transformada depois da quantização 270 no codificador 200 da Figura 2, e antes da desquantização 330 no decodificador 300 da Figura 3). Entretanto, deveria ser entendido que implementações alternativas da técnica de codificação dos coeficientes da transformada preditiva poderiam ser executadas nos coeficientes da transformada não quantizados (ou valores desquantizados no lado do decodificador).

A codificação dos coeficientes da transformada preditiva no codificador/decodificador representativo inclui três níveis de predição que são detalhados nas seguintes seções. Essas incluem:

1. Predição DC, que é a predição dos coeficientes DC da transformada interna,
2. Predição DCAC passa-baixa, que é a predição dos coeficientes DCAC da transformada interna, e
3. Predição DCAC passa-alta, que é a predição dos coeficientes DCAC da transformada externa.

2.1 Predição DC

Como descrito acima, o codificador representativo 200 (Figura 2) divide uma imagem em macroblocos de pixels de 16x16, e adicionalmente divide os macroblocos em blocos de transformada de pixels de 4x4 cada. A transformada de estágio externo é aplicada aos blocos de transformada, que pro-

duzem blocos contendo coeficientes da transformada 4x4 como
 mostrado na Figura 4 (para o canal de luminância, bem como
 os canais de croma de uma imagem de formato de cor YUV
 4:4:4). Os coeficientes DC nestes 16 blocos de coeficientes
 5 da transformada do macrobloco são separados (formando um
 bloco de 4x4), e um estágio interno da transformada é apli-
 cado a esse bloco. O bloco de transformada de estágio inter-
 no resultante novamente tem coeficientes 4x4. O coeficiente
 DC (indicado por '0') deste bloco de transformada de estágio
 10 interno é referenciado aqui como o coeficiente DC do macrob-
 loco. Os coeficientes DCAC ('1', '2', '3', '4', '8' e '12')
 do bloco de transformada de estágio interno são referencia-
 dos aqui como coeficientes DCAC passa-baixa do macrobloco.
 Essa estrutura de macrobloco pode ser variada em codificado-
 15 res e decodificadores alternativos empregando a codificação
 de coeficientes da transformada preditiva.

Quando se codifica o coeficiente de um macrobloco,
 a codificação de coeficientes da transformada preditiva es-
 colhe a partir de quatro modos para a predição do coeficien-
 20 te DC do macrobloco. Esses modos são:

1. Predição a partir da esquerda (isto é, o predi-
 tor para o coeficiente DC do macrobloco é o coeficiente DC
 do macrobloco para sua esquerda, ou predictor =
 DC[left_MB]).
- 25 2. Predição a partir do topo (isto é, o preditor é
 o coeficiente DC do macrobloco acima dele, predictor =
 DC[top_MB]).
3. Predição a partir da esquerda e do topo (isto

é, o preditor é uma média dos coeficientes DC dos macroblocos a sua esquerda e acima dele, $\text{predictor} = ((\text{DC}[\text{left_MB}] + \text{DC}[\text{top_MB}])/2)$.

4. Predição nula (isto é, sem predição, preditor = 0).

O codificador determina qual modo de predição usar para um macrobloco de acordo com o procedimento ilustrado pela listagem de pseudocódigo 1000 na Figura 10. Na listagem 1000, o valor $[m_x, m_y]$ é um índice do macrobloco corrente em uma imagem (ou uma divisão de imagem, quando a divisão é usada) em termos de um número de deslocamento de macroblocos na direção horizontal (x) e na direção vertical (y) iniciando a partir do macrobloco da esquerda e de topo em $[0,0]$.

No procedimento ilustrado, o codificador determina qual modo de predição DC é usado na posição do macrobloco na imagem, bem como uma consideração dos coeficientes DC dos macroblocos da esquerda, do topo e do topo esquerdo do macrobloco. Mais particularmente, o codificador escolhe o modo sem predição para o do macrobloco de topo à esquerda da imagem (isto é, o macrobloco corrente $[m_x, m_y] = [0,0]$). O codificador escolhe a predição de topo para macroblocos ao longo de uma borda esquerda na imagem (isto é, onde o índice (m_x) é igual a zero). O codificador escolhe a predição à esquerda para macroblocos em uma linha de topo de macroblocos na imagem (isto é, onde o índice (m_y) é 0).

Para todos os outros macroblocos (por exemplo, aqueles no interior da imagem), o codificador determina qual modo de predição usar baseado em uma métrica de direcionali-

dade dominante. Por exemplo, uma área de uma imagem com listras horizontais tem uma direcionalidade dominante horizontal. Em outras palavras, a vizinhança horizontal do macrobloco corrente é um preditor melhor de seu coeficiente DC do que sua vizinhança vertical. Como ilustrado na Figura 9, esta métrica é calculada baseada na diferenças direcionais em coeficientes DC dos vizinhos da esquerda (L) e do topo (T) do macrobloco corrente (X) a partir do vizinho diagonal (D) do macrobloco corrente. Se a imagem tem canais de cor ou crominância (por exemplo, para imagens de formato de cor YUV, mas não para imagens em escala de cinza), a métrica pode adicionalmente considerar os coeficientes DC dos macroblocos correspondentes dos canais de crominância. De fato, o procedimento determina que existe uma direcionalidade dominante vertical se o coeficiente DC do vizinho diagonal está substancialmente mais próximo àquele do vizinho à esquerda. Por outro lado, quando o coeficiente DC do vizinho diagonal está substancialmente mais próximo àquele do vizinho de topo, então a métrica mostrará uma direcionalidade dominante horizontal. A métrica determina a "dominância" baseada em um fator de peso (`peso_orientado`). No procedimento ilustrado, este fator de peso é igual a quatro. Em outras palavras, uma direção é considerada dominante quando sua diferença direcional é maior do que quatro vezes aquela da outra direção. Entretanto, o fator de peso é um parâmetro que pode ser configurado para um valor diferente em implementações alternativas.

Em circunstâncias onde não existem nem dominância

horizontal nem vertical, então o codificador escolhe o modo de predição do topo e de esquerda combinado (#3 na listagem acima), onde o preditor é uma média dos coeficientes DC dos macroblocos de topo e da esquerda.

5 2.2 Predição DCAC de Passa-Baixa

Com relação novamente às Figuras 2 e 4, o codificador representativo 200 inclui uma transformada de segundo estágio ou de estágio interno, que é aplicada aos coeficientes DC 260 (Figura 2) a partir da transformada de estágio externo. Os coeficientes DCAC (nas localizações '1', '2', '3', '4', '8' e '12') do bloco de coeficiente resultante 400 (Figura 4) são aqui referidos como os coeficientes DCAC de passa-baixa.

O codificador e decodificador representativos usam
15 três modos de predição para a predição dos coeficientes DCAC de passa-baixa a partir da transformada de estágio interno de um macrobloco. Esses modos incluem:

1. Predição a partir da esquerda (isto é, o preditor para os coeficientes DCAC passa-baixa do macrobloco é o
20 coeficiente DCAC correspondente do macrobloco à sua esquerda, ou $\text{predictor} = \text{DCAC}[\text{left_MB}]$) - caso no qual os coeficientes marcados '4', '8' e '12' sozinhos são previstos;

2. Predição a partir do topo (isto é, o preditor é o coeficiente DCAC passa-baixa correspondente do macrobloco
25 acima dele, ou $\text{predictor} = \text{DCAC}[\text{top_MB}]$) - caso no qual os coeficientes marcados '1', '2' e '3' somente são previstos; e

3. Predição Nula (sem predição, ou predição = 0).

O codificador determina qual modo de predição usar

para um macrobloco de acordo com o procedimento ilustrado pela listagem de pseudocódigos 1100 na Figura 11. No procedimento ilustrado, o codificador determina qual modo de predição DCAC passa-baixa é usado baseado no modo de predição DC do macrobloco, junto com os índices de quantizador do macrobloco corrente e do macrobloco que é o preditor DC. Esta regra assegura que a predição dos coeficientes DCAC da transformada interna não aconteça através dos macroblocos com diferentes quantizadores. Adicionalmente, o DCAC é previsto somente se uma direção é dominante, que é derivado pelo procedimento de modo de predição DC detalhado acima (isto é, o modo de predição DC é “predição a partir da esquerda” ou “predição a partir do topo” quando a dominância horizontal e vertical é encontrada).

Com relação à Figura 5, o procedimento de predição DCAC para imagens de formato de cor YUV 4:2:2 tem um caso especial para o coeficiente DCAC passa-baixa na posição indicada por '5' no bloco. No caso especial, o coeficiente indicado por '5' é previsto a partir do coeficiente '1' quando o modo de predição DC é “predição a partir do topo” independentemente do modo de predição DCAC.

2.2 Predição DCAC Passa-Alta

Com relação novamente à Figura 2, a predição para coeficientes DCAC passa-alta é complicada no codificador/decodificador representativo devido à transformada de dois estágios. Os coeficientes DCAC passa-alta são aqueles dos coeficientes da transformada passa-alta 262 produzidos a partir da transformada de estágio externo 250. Ademais, como

previamente notado, a predição é executada depois da quantização 270 no codificador representativo, tal que a predição no decodificador representativo também acontece na decodificação 320 (Figura 3) anterior à desquantização 330 (Figura 3). Neste ponto no processo de decodificação, a transformada inversa de estágio interno não foi ainda executada para reconstruir os coeficientes DC dos blocos da transformada de estágio externo. Igualmente, na decodificação de entropia 280, o codificador representativo já aplicou a transformada de estágio interno a esses coeficientes DC 260 dos blocos da transformada de estágio externo, tal que os coeficientes DC de estágio externo 260 não estão mais disponíveis sem também executar a transformada inversa de estágio interno. É então indesejável basear-se na predição DCAC de passa-alta em coeficientes DC 260 da transformada externa. De outra forma, os decodificadores seriam restritos a ter a mesma acurácia numérica. Os codificadores estariam restritos a executar um ciclo de decodificador (isto é, a transformada inversa de estágio interno), que não é praticável para um codec operando com base em "laço aberto". Por essas razões, o codificador/decodificador representativo baseia a codificação de predição DCAC passa-alta somente nos valores quantizados decodificados antes da transformada inversa.

A transformada de dois estágios do codificador/decodificador representativo é vantajosa já que alguma informação sobre a natureza do macrobloco corrente já pode ser conhecida a partir dos coeficientes de transformada passa-baixa, mesmo antes dos coeficientes da transformada pas-

sa-alta serem decodificados. Esta informação é usada para determinar a direcionalidade da predição. O codificador/decodificador representativo usa ainda uma simples métrica efetiva para determinar a direcionalidade dominante do
5 macrobloco baseado somente nos coeficientes da transformada interna.

O codificador e o decodificador representativos usam três modos de predição para a predição dos coeficientes DCAC passa-alta a partir da transformada de estágio externo
10 de um macrobloco. Esses modos incluem:

1. Predição a partir da esquerda (isto é, o preditor para o coeficiente DCAC passa-alta do bloco é o coeficiente DCAC passa-alta correspondentemente localizado do bloco à sua esquerda, ou $\text{predictor} = \text{DCAC}[\text{left_MB}]$, como ilustrado
15 para os coeficientes DCAC previstos à esquerda do macrobloco 1300 na Figura 13);

2. Predição a partir do topo (isto é, o preditor é a localização correspondente, o coeficiente DCAC passa-alta do bloco acima dele, ou $\text{predictor} = \text{DCAC}[\text{top_MB}]$, como ilus-
20 trado para os coeficientes DCAC previstos de topo do macrobloco 1400 na Figura 14); e

3. Predição Nula (sem predição, ou $\text{predictor} = 0$).

No codificador/decodificador representativo, o mesmo modo é aplicado a todos os blocos de um macrobloco pa-
25 ra o qual a predição no macrobloco é possível (mas, as implementações alternativas não necessitam aplicar o mesmo modo a todos os blocos em um macrobloco). Em outras palavras, nenhuma predição é feita para os coeficientes DCAC passa-

alta de blocos que não têm referência válida no macrobloco, mesmo através dos modos de “predição a partir da esquerda” ou de “predição a partir do topo” são selecionados para o macrobloco.

5 O codificador determina qual modo de predição usar para um macrobloco de acordo com o procedimento ilustrado pela listagem de pseudocódigos 1200 na Figura 12. Neste procedimento, um fator de peso é novamente usado para testar a dominância direcional (similar ao procedimento de predição DC 1000 da Figura 10). O codificador e o decodificador re-
 10 presentativos usam o valor do fator de peso para ambos os procedimentos, porém o mesmo parâmetro de valor não necessita ser usado em ambos os procedimentos em implementações alternativas. As diferenças direcionais no procedimento de
 15 predição DCAC passa-alta 1200 são calculadas baseadas nos coeficientes DCAC passa-baixa a partir da transformada de estágio interno do macrobloco, bem como os coeficientes DCAC passa-baixa dos canais de crominância (quando apresentados). Na listagem de pseudocódigos 1200, os valores “passa-
 20 baixa[i]” são os coeficientes DCAC passa-baixa na posição de índice (i) correspondente indicada na ordem da esquerda para a direita, do topo para a base como na estrutura de bloco mostrado na Figura 4. Os valores “passa-baixa_U[i]” e “passa-baixa_V[i]” são os coeficientes DCAC passa-baixa dos blo-
 25 cos de transformada de estágio interno dos canais de crominância U e V de uma imagem de formato de cor YUV. Esses canais de crominância possuem índices de coeficientes como nas estruturas de bloco 400, 500 e 600 mostradas na Figuras 4, 5

e 6 para YUV 4:4:4, YUV 4:2:2 e YUV 4:2:0, respectivamente.

No procedimento de predição DCAC passa-baixa ilustrado, a única informação que necessita ser mantida disponível a partir de um macrobloco a ser usado na predição de macroblocos vizinhos é um coeficiente DC e 6 coeficientes DCAC por canal de macrobloco (menos para os canais de crominância de imagens de formato de cor YUV 4:2:0 e YUV 4:2:2). Isto é no máximo 21 coeficientes (no caso YUV 4:4:4) que necessitam ser armazenados por macrobloco. Ademais, os coeficientes usados para a predição a partir da esquerda podem ser descartados depois que o próximo macrobloco é codificado/decodificado. Para YUV 4:4:4, é então necessário somente armazenar 12 coeficientes por macrobloco para usar na próxima linha de macroblocos.

Quando a divisão é usada pelo codificador/decodificador, cada divisão é definida como sendo uma imagem separada com o propósito de codificação dos coeficientes da transformada preditiva. Isto assegura decodificação independente de divisões de imagem.

20 3. Ambiente Computacional

O codificador 200 (Figura 2) e o decodificador 300 (Figura 3) acima descritos e técnicas para codificação de coeficientes da transformada preditiva podem ser executados em qualquer uma das variedades de dispositivos nos quais o processamento de sinal de mídia digital é executado, incluindo entre outros exemplos, computadores; gravação de imagem e de vídeo, equipamento de transmissão e recepção; reproduzidores de vídeo portáteis; conferência de vídeo; e etc. As

técnicas de codificação de mídia digital podem ser implementadas em circuito de hardware, bem como em software de processamento de mídia digital executando em um computador ou outro ambiente computacional, tal como mostrado na Figura 5 15.

A Figura 15 ilustra um exemplo generalizado de um ambiente computacional adequado (1300) no qual modalidades descritas podem ser implementadas. O ambiente computacional (1300) não pretende sugerir qualquer limitação ao escopo do uso ou funcionalidade da invenção, à medida que a presente invenção pode ser implementada em ambientes computacionais de propósito geral ou de propósito especial. 10

Com relação à Figura 15, o ambiente computacional (1300) inclui no mínimo uma unidade de processamento (1510) e memória (1520). Na Figura 15, esta configuração mais básica (1530) é incluída dentro de uma linha tracejada. A unidade de processamento (1510) executa instruções executáveis por computador e pode ser um processador real ou virtual. Em um sistema de multiprocessamento, múltiplas unidades de processamento executam instruções executáveis por computador para aumentar a energia de processamento. A memória (1520) pode ser uma memória volátil (por exemplo, registradores, cache, RAM), memória não volátil (por exemplo, ROM, EEPROM, memória rápida, etc), ou alguma combinação das duas. A memória 20 (1520) armazena o software (1580) implementando as técnicas de codificação de coeficientes de transformada preditiva.

O ambiente computacional pode ter características

adicionais. Por exemplo, o ambiente computacional (1500) inclui armazenamento (1540), um ou mais dispositivos de entrada (1550), um ou mais dispositivos de saída (1560), e uma ou mais conexões de comunicação (1570). Um mecanismo de inter-
5 conexão (não mostrado) tal como um barramento, controlador, ou rede, interconecta os componentes do ambiente computacional (1500). Tipicamente, o software de sistema operacional (não mostrado) fornece um ambiente operacional para outro software executando no ambiente computacional (1500), e ati-
10 vidades coordenadas dos componentes do ambiente computacional (1500).

O armazenamento (1540) pode ser removível ou não removível, e inclui discos magnéticos, fitas magnéticas ou cassetes, CD-ROMs, CD-RWs, DVDs, ou qualquer outro meio que
15 pode ser usado para armazenar informação e que pode ser acessado no ambiente computacional (1500). O armazenamento (1540) armazena instruções para o software (1580) implementando o codificador/decodificador descrito e as técnicas de codificação de coeficiente de transformada preditiva.

20 O(s) dispositivo(s) de entrada (1550) pode ser um dispositivo de entrada sensível ao toque tal como um teclado, mouse, caneta, ou mouse estacionário, um dispositivo de entrada de voz, um dispositivo de digitalização, ou um outro dispositivo que fornece entrada ao ambiente computacional
25 (1500). Para áudio, o(s) dispositivo(s) de entrada (1550) pode ser uma placa de som ou dispositivo similar que aceita entrada de áudio na forma analógica ou digital, ou um leitor de CD-ROM que fornece amostras de áudio ao ambiente computacional.

cional. O(s) dispositivo(s) de saída (1560) pode ser uma tela, uma impressora, um alto-falante, gravador de CD, ou um outro dispositivo que fornece saída a partir do ambiente computacional (1500).

5 A conexão(s) de comunicação (1570) habilita comunicações por um meio de comunicação com outra entidade computacional. O meio de comunicação transporta informação tal como instruções executáveis por computador, informação de áudio e de vídeo comprimida, ou outros dados em um sinal mo-
10 dulado de dados. O sinal modulado de dados é um sinal que tem uma ou mais de suas características configuradas ou mudadas de tal maneira a codificar informação do sinal. A título de exemplo, e sem limitação, os meios de comunicação incluem técnicas sem fio ou com fio implementadas com um
15 portador elétrico, óptico, RF, infravermelho, acústico, ou outro portador.

 As técnicas de processamento de mídia digital aqui podem ser descritas no contexto geral de meios legíveis por computador. Os meios legíveis por computador são quaisquer
20 meios disponíveis que podem ser acessados em um ambiente computacional. A título de exemplo, e sem limitação, com o ambiente computacional (1500), os meios legíveis por computador incluem memória (1520), armazenamento (1540), meios de comunicação, e combinações de qualquer um dos acima.

25 As técnicas de processamento de mídia digital aqui podem ser descritas no contexto geral de instruções executáveis por computador, tal como aquelas incluídas nos módulos de programa, sendo executadas em um ambiente computacional

em um alvo real ou processador virtual. Geralmente, os módulos de programa incluem rotinas, programas, bibliotecas, objetos, classes, componentes, estrutura de dados, etc. que executam tarefas particulares ou implementam tipos de dados abstratos particulares. A funcionalidade dos módulos de programa pode ser combinada ou dividida entre módulos de programa como desejado em várias modalidades. Instruções executáveis por computador para módulos de programa podem ser executadas em um ambiente computacional distribuído ou local.

Com o objetivo de apresentação, a descrição detalhada usa termos como "determinar", "gerar", "ajustar" e "aplicar" para descrever operações computacionais em um ambiente computacional. Estes termos são abstrações de alto nível para operações executadas por um computador, e não deveriam ser confundidos com ações executadas por um ser humano. As operações computacionais reais correspondentes a estes termos variam dependendo da implementação.

Em vista de muitas variações possíveis do assunto descrito aqui, reivindica-se como a invenção todas as tais modalidades que vêm no escopo das seguintes reivindicações e equivalentes destas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de codificar dados de mídia digital usando uma codificação preditiva de coeficientes de transformada, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

5 aplicar uma transformada (250) a blocos dos dados de mídia digital para produzir um conjunto de coeficientes de transformada (400, 500, 600) para os respectivos blocos, onde o conjunto de coeficientes de transformada de um respectivo bloco compreende um coeficiente DC para o respectivo
10 bloco;

 determinar (1000) se uma de no mínimo duas direcionalidades dos dados de mídia digital em uma localidade de um bloco corrente é dominante.

 quando uma de no mínimo duas direcionalidades é
15 determinada como sendo dominante na localidade de mídia digital do bloco corrente, selecionar (1000) um preditor do coeficiente DC do bloco corrente de acordo com a direcionalidade dominante determinada;

 codificar (280) o coeficiente DC do bloco corrente
20 em relação ao seu preditor.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

 no caso em que nenhuma de pelo menos duas direcionalidades é determinada como sendo dominante na localidade
25 de mídia digital do bloco corrente, selecionar o preditor do coeficiente DC do bloco corrente de acordo com uma combinação de no mínimo duas direcionalidades.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as direcionalidades incluem no mínimo horizontal e vertical.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita determinação se uma de no
5 mínimo duas direcionalidades dos dados de mídia digital em uma localidade de um bloco corrente é dominante compreende:

calcular métricas de diferença direcional para no
mínimo duas direcionalidades como uma função dos coeficientes
10 DC de blocos precedentes em no mínimo duas direcionalidades;

determinar se uma de no mínimo duas direcionalidades domina baseada nas diferenças direcionais calculadas.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito cálculo de métricas de diferença
15 direcional compreende:

calcular as métricas de diferença direcional para
no mínimo duas direcionalidades como uma função dos coeficientes
DC de blocos precedentes a partir de vários canais de
20 dados de mídia digital em no mínimo duas direcionalidades.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os vários canais compreendem um
canal de luminância e no mínimo um canal de crominância.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a transformada é uma segunda
25 transformada em estágio interno aplicada a um bloco de coeficientes DC a partir de uma primeira outra transformada de

estágio aplicada a blocos em um macrobloco de dados de mídia digital.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o conjunto de coeficientes de transformada de um respectivo bloco compreende vários coeficientes DCAC para o respectivo bloco, o método adicionalmente compreende:

quando uma de no mínimo duas direcionalidades é determinada como sendo dominante na localidade de mídia digital do bloco corrente, selecionar um preditor dos coeficientes DCAC do bloco corrente de acordo com a direcionalidade dominante determinada; e

de outra maneira, codificar os coeficientes DCAC do bloco corrente sem preditor.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende, quando selecionando o preditor dos coeficientes DCAC do bloco corrente quando uma de no mínimo duas direcionalidades é determinada como sendo dominante:

determinar se o bloco que contém o preditor selecionado de acordo com a direcionalidade dominante determinada tem um mesmo quantizador do bloco corrente; e

se não tem, codificar os coeficientes DCAC do bloco corrente sem preditor.

10. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira transformada em estágio externo produz conjuntos de coeficientes de transformada para os blocos em uma macrobloco corrente, os conjuntos

de coeficientes de transformada de um respectivo bloco no macrobloco corrente compreendem vários coeficientes DCAC a partir da primeira transformada em estágio externo, o método adicionalmente compreende:

- 5 calcular métricas de diferença direcional para no mínimo duas direcionalidades como uma função dos coeficientes DCAC produzidos a partir da segunda transformada em estágio interno dos coeficientes DC dos blocos no macrobloco corrente;
- 10 determinar se uma de no mínimo duas direcionalidades dos dados de média digital para o macrobloco corrente é dominante baseada nas métricas de diferença direcional calculadas;
- quando uma de no mínimo duas direcionalidades é
- 15 determinada como sendo dominante para o macrobloco corrente, selecionar preditores dos coeficientes DCAC a partir da primeira transformada em estágio externo dos blocos do macrobloco corrente de forma unidirecional, de acordo com a direcionalidade dominante determinada;
- 20 codificar os coeficientes DCAC a partir da primeira transformada em estágio externo dos blocos do macrobloco em relação a seus preditores.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CA-**
RACTERIZADO pelo fato de que o dito cálculo das métricas de
 25 diferença direcional como uma função de coeficientes DCAC compreende:

 calcular as métricas de diferença direcional para no mínimo duas direcionalidades como uma função dos coefici-

entes DCAC produzidos a partir da segunda transformada em estágio interno dos coeficientes DC dos blocos no macrobloco corrente a partir de vários canais dos dados de mídia digital.

5 12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os vários canais compreendem um canal de luminância e no mínimo um canal de crominância.

13. Pelo menos um meio de gravação legível por computador, **CARACTERIZADO** pelo fato de que carrega um fluxo
10 de bits codificado comprimido de acordo com o método da reivindicação 1.

14. Codificador e/ou decodificador (300) de mídia digital (200), **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um armazenador temporário de dados para armazenar
15 dados de mídia digital (210) a serem codificados e/ou decodificados;

um processador (1510) programado para:

determinar (1200) se uma de no mínimo duas direcionalidades dos dados de mídia digital para blocos dentro
20 de um macrobloco corrente é dominante baseada em coeficientes DCAC produzidos a partir de uma transformada em estágio interno sendo aplicada a um bloco de coeficientes DC produzidos a partir de uma transformada em estágio externo, sendo aplicada aos blocos dentro do macrobloco corrente;

25 quando uma de no mínimo duas direcionalidades é determinada como sendo dominante para os blocos dentro do macrobloco corrente, selecionar preditores (1300, 1400) dos coeficientes DCAC produzidos a partir da transformada em es-

tágio externo dos blocos dentro do macrobloco corrente de forma unidirecional de acordo com a direcionalidade dominante determinada; e

codificar (280) e/ou decodificar (320) os coeficientes DCAC produzidos a partir da transformada em estágio externo dos blocos dentro do macrobloco corrente em relação a seus preditores.

15. Codificador e/ou decodificador de mídia digital, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processador é adicionalmente programado para:

determinar se uma de no mínimo duas direcionalidades dos dados de mídia digital em uma localidade do macrobloco corrente é dominante baseada em coeficientes DC de macroblocos vizinhos precedentes, onde o coeficiente DC de um respectivo macrobloco vizinho precedente é produzido a partir da transformada em estágio interno sendo aplicada a um bloco de coeficientes DC produzidos a partir da transformada em estágio externo, sendo aplicada a blocos dentro desse respectivo macrobloco vizinho precedente;

quando uma de no mínimo duas direcionalidades é determinada como sendo dominante na localidade do macrobloco corrente, selecionar um preditor do coeficiente DC do macrobloco corrente de acordo com a direcionalidade dominante determinada, onde o coeficiente DC do macrobloco corrente é produzido a partir da transformada em estágio interno sendo aplicada a um bloco de coeficientes DC produzidos a partir da transformada em estágio externo sendo aplicada a blocos dentro do respectivo macrobloco corrente; e

codificar e/ou decodificar o coeficiente DC do macrobloco corrente em relação a seu preditor.

16. Codificador e/ou decodificador de mídia digital, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo
5 fato de que o processador é adicionalmente programado para:

quando uma de no mínimo duas direcionalidades é determinada como sendo dominante na localidade do macrobloco corrente, e exceto quando os quantizadores do macrobloco corrente diferem daqueles de um macrobloco vizinho em uma
10 direção de acordo com a direcionalidade dominante determinada, selecionar preditores dos coeficientes DCAC do macrobloco corrente de acordo com a direcionalidade dominante determinada, onde os coeficientes DCAC do macrobloco corrente são produzidos a partir da transformada em estágio interno sendo
15 aplicada a um bloco de coeficientes DC produzidos a partir da transformada em estágio externo, sendo aplicada a blocos dentro do macrobloco corrente; e

codificar e/ou decodificar os coeficientes DCAC do macrobloco corrente em relação a seus preditores.

20 17. Codificador e/ou decodificador de mídia digital, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita determinação de se uma de no mínimo duas
~~direcionalidades é dominante para blocos dentro de um macrobloco corrente e para a localidade do macrobloco é baseada nos respectivos coeficientes em vários canais dos dados de mídia digital, os vários canais compreendem um canal de luminância e no mínimo um canal de crominância.~~
25

18. Pelo menos um meio de gravação legível por computador carregando um programa de processamento de mídia digital executável por computador neste para executar um método de processamento de dados de mídia digital, o método

5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

calcular (1200) as métricas de diferença direcional para no mínimo duas direcionalidades dos dados de mídia digital para blocos dentro de um macrobloco corrente baseado em coeficientes DCAC produzidos a partir de uma transformada em estágio interno sendo aplicada a um bloco de coeficientes DC produzidos a partir de uma transformada em estágio externo, sendo aplicada aos blocos dentro do respectivo macrobloco corrente;

determinar (1200) baseado nas métricas de diferença direcional se uma de no mínimo duas direcionalidades dos dados de mídia digital para blocos dentro de um macrobloco corrente é dominante;

se uma de no mínimo duas direcionalidades é determinada como sendo dominante para os blocos dentro do macrobloco corrente, selecionar preditores (1300, 1400) dos coeficientes DCAC produzidos a partir da transformada em estágio externo dos blocos dentro do macrobloco corrente de forma unidirecional, de acordo com a direcionalidade dominante determinada; e

25 codificar (280) e/ou decodificar (320) os coeficientes DCAC produzidos a partir da transformada em estágio externo dos blocos dentro do macrobloco corrente em relação a seus preditores.

19. Pelo menos um meio de gravação legível por computador, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o método de processamento de dados de mídia digital adicionalmente compreende:

5 calcular as métricas de diferença direcional para no mínimo duas direcionalidades dos dados de mídia digital em uma localidade do macrobloco corrente baseado em coeficientes DC de macroblocos vizinhos precedentes, onde o coeficiente DC de um respectivo macrobloco é produzido a partir da transformada em estágio interno sendo aplicada a um bloco de coeficientes DC produzido a partir da transformada em estágio externo, sendo aplicada a blocos dentro desse respectivo macrobloco;

15 determinar baseado nas métricas de diferença direcional se uma de no mínimo duas direcionalidades dos dados de mídia digital na localidade do macrobloco corrente é dominante;

20 se uma de no mínimo duas direcionalidades é determinada como sendo dominante na localidade do macrobloco corrente, selecionar um preditor do coeficiente DC do macrobloco corrente de acordo com a direcionalidade dominante determinada; e

 codificar e/ou decodificar o coeficiente DC do macrobloco corrente em relação a seu preditor.

25 20. Pelo menos um meio de gravação legível por computador, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o método de processamento de dados de mídia digital adicionalmente compreende:

se uma de no mínimo duas direcionalidades é determinada como sendo dominante na localidade do macrobloco corrente, exceto quando os quantizadores do macrobloco corrente diferem daqueles de um macrobloco vizinho em uma direção de
5 acordo com a direcionalidade dominante determinada, selecionar preditores dos coeficientes DCAC do macrobloco corrente de acordo com a direcionalidade dominante determinada, onde os coeficientes DCAC do macrobloco corrente são produzidos a partir da transformada em estágio interno sendo aplicada a
10 um bloco de coeficientes DC produzidos a partir da transformada em estágio externo, sendo aplicada a blocos dentro do macrobloco corrente; e

codificar/decodificar o coeficiente DCAC do macrobloco corrente em relação a seus preditores.

Figura 1

Técnica Anterior

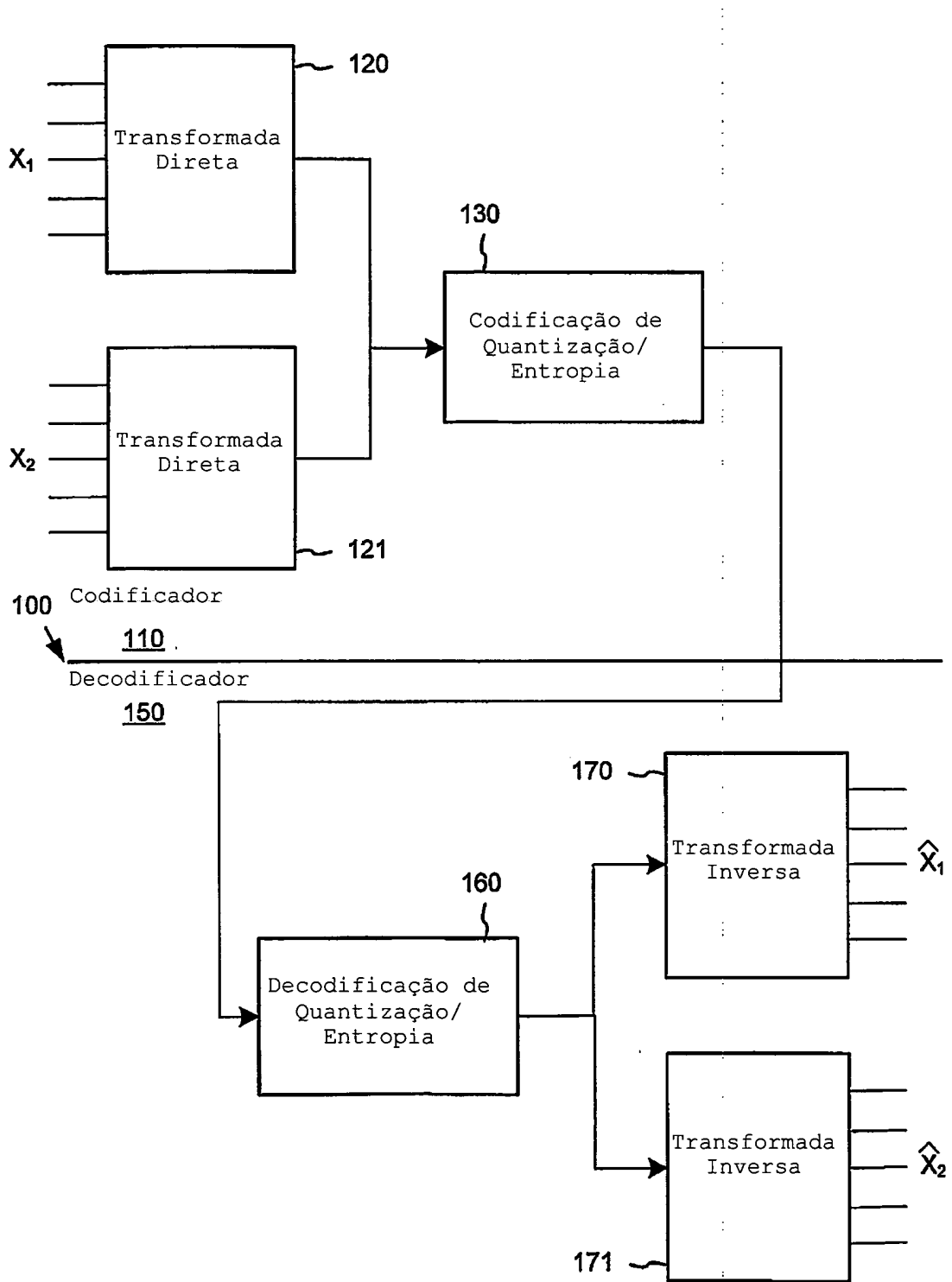


Figura 2

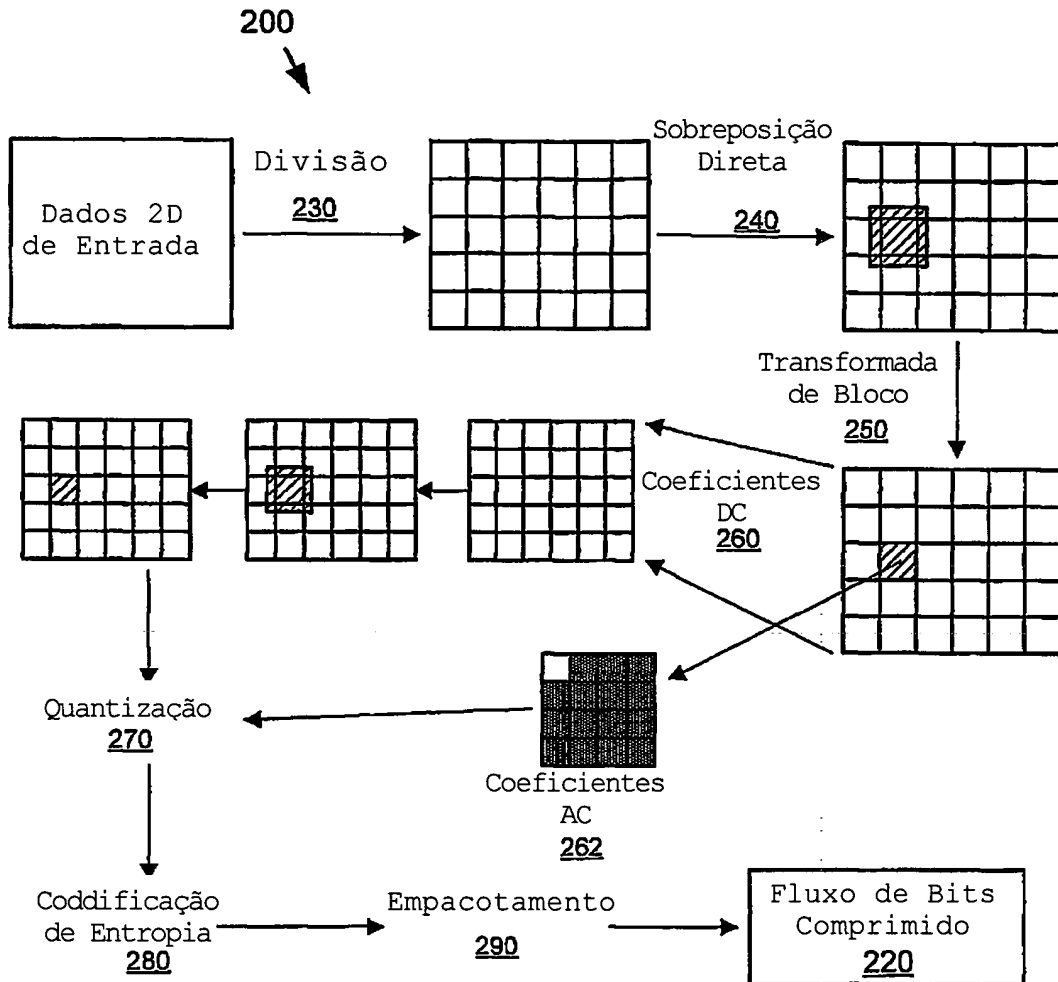


Figura 3

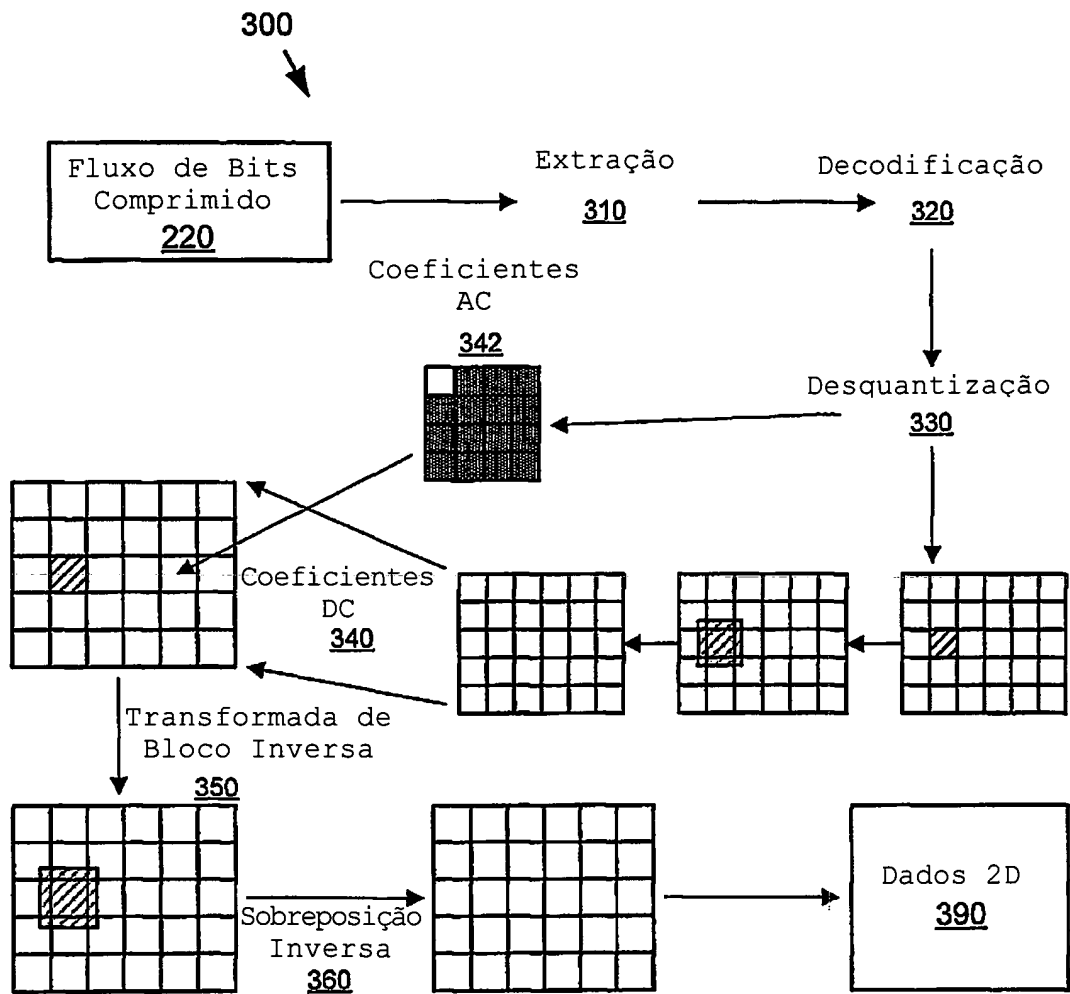


Figura 4

400



0	1	2	3
4	5	6	7
8	9	10	11
12	13	14	15

Figura 5

500



0	1
2	3
4	5
6	7

Figura 6

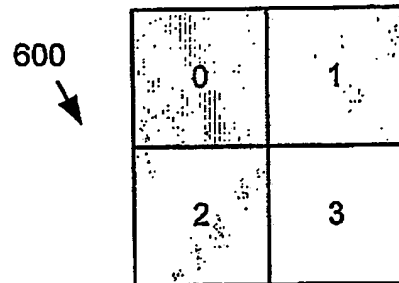


Figura 7

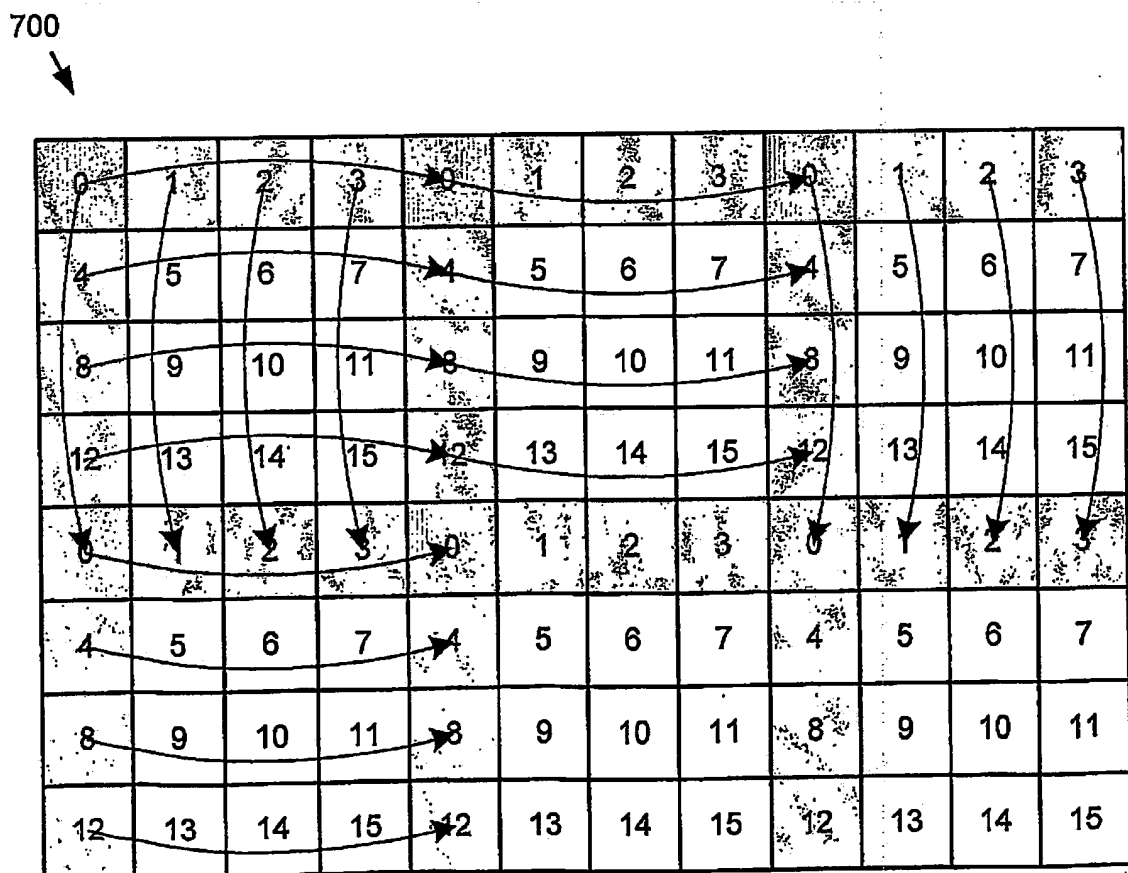


Figura 8

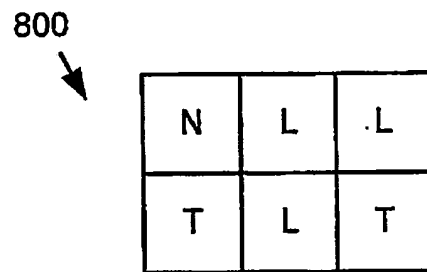


Figura 9

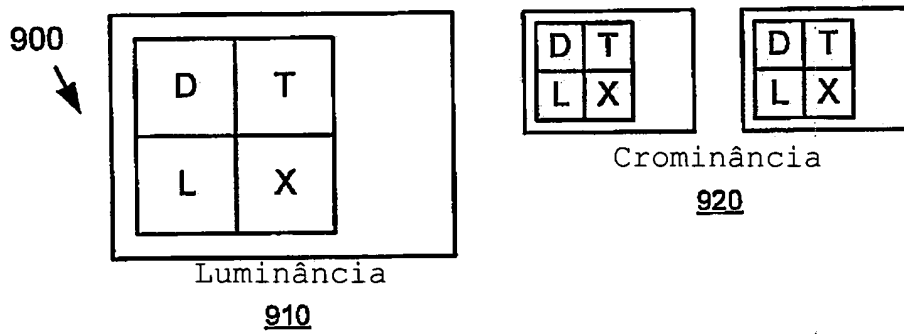


Figura 10

1000
↓

```

If (mx == 0 and my == 0)
    dc_mode = Null predict
Else if (mx == 0)
    dc_mode = Predict from top
Else if (my == 0)
    dc_mode = Predict from left
Else {
    diff_h = abs (D - L)    // luminance
    diff_v = abs (D - T)    // luminance
    If (chrominance channels are available) {
        diff_h = diff_h * scale +
sum_over_chrominance_channels { abs (D - L) }
        diff_v = diff_v * scale +
sum_over_chrominance_channels { abs (D - T) }
    }

    If (diff_h * orient_weight < diff_v) {
        dc_mode = Predict from top
    }
    Else if (diff_v * orient_weight < diff_h) {
        dc_mode = Predict from left
    }
    Else {
        dc_mode = Predict from left and top
    }
}

```

Where

scale = 8 for YUV 420, 4 for YUV 422, 2 otherwise
orient_weight = 4

Figura 11



```

1100 lowpass_DCAC_mode = Null predict

If ((DC_mode == Predict from top) && (quantizer_index
(current MB) == quantizer_index (top MB))) {
    lowpass_DCAC_mode = Predict from top
}
Else if ((DC_mode == Predict from left) &&
(quantizer_index (current MB) == quantizer_index (left
MB))) {
    lowpass_DCAC_mode = Predict from left
}

```

Figura 12

1200
↓

```

diff_h = abs(lowpass(4)) + abs(lowpass(8)) +
abs(lowpass(12))
diff_v = abs(lowpass(1)) + abs(lowpass(2)) +
abs(lowpass(3))

If (chrominance is present) {
    If (YUV 420) {
        diff_h = diff_h + abs(lowpass_U(2)) +
abs(lowpass_V(2))
        diff_v = diff_v + abs(lowpass_U(1)) +
abs(lowpass_V(1))
    }
    Else if (YUV 422) {
        diff_h = diff_h + abs(lowpass_U(2)) +
abs(lowpass_V(2)) + abs(lowpass_U(6)) + abs(lowpass_V(6))
        diff_v = diff_v + abs(lowpass_U(1)) +
abs(lowpass_V(1)) + abs(lowpass_U(5)) + abs(lowpass_V(5))
    }
    Else {
        diff_h = diff_h + abs(lowpass_U(4)) +
abs(lowpass_V(4))
        diff_v = diff_v + abs(lowpass_U(1)) +
abs(lowpass_V(1))
    }
}

If (diff_h * orient_weight < diff_v) {
    highpass_DCAC_mode = Predict from top
}
Else if (diff_v * orient_weight < diff_h) {
    highpass_DCAC_mode = Predict from left
}
Else {
    highpass_DCAC_mode = Null predict
}

```

Figura 13

1300

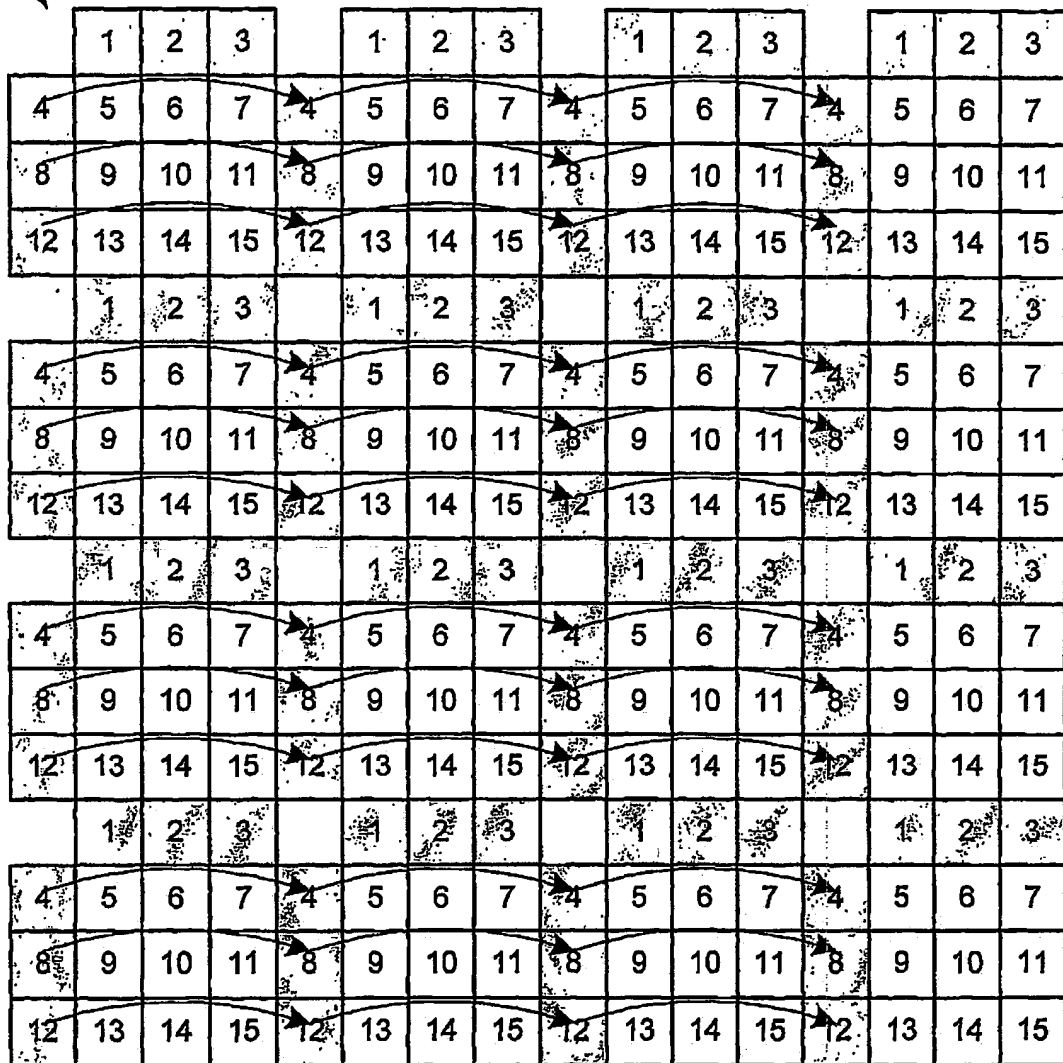


Figura 14

1400

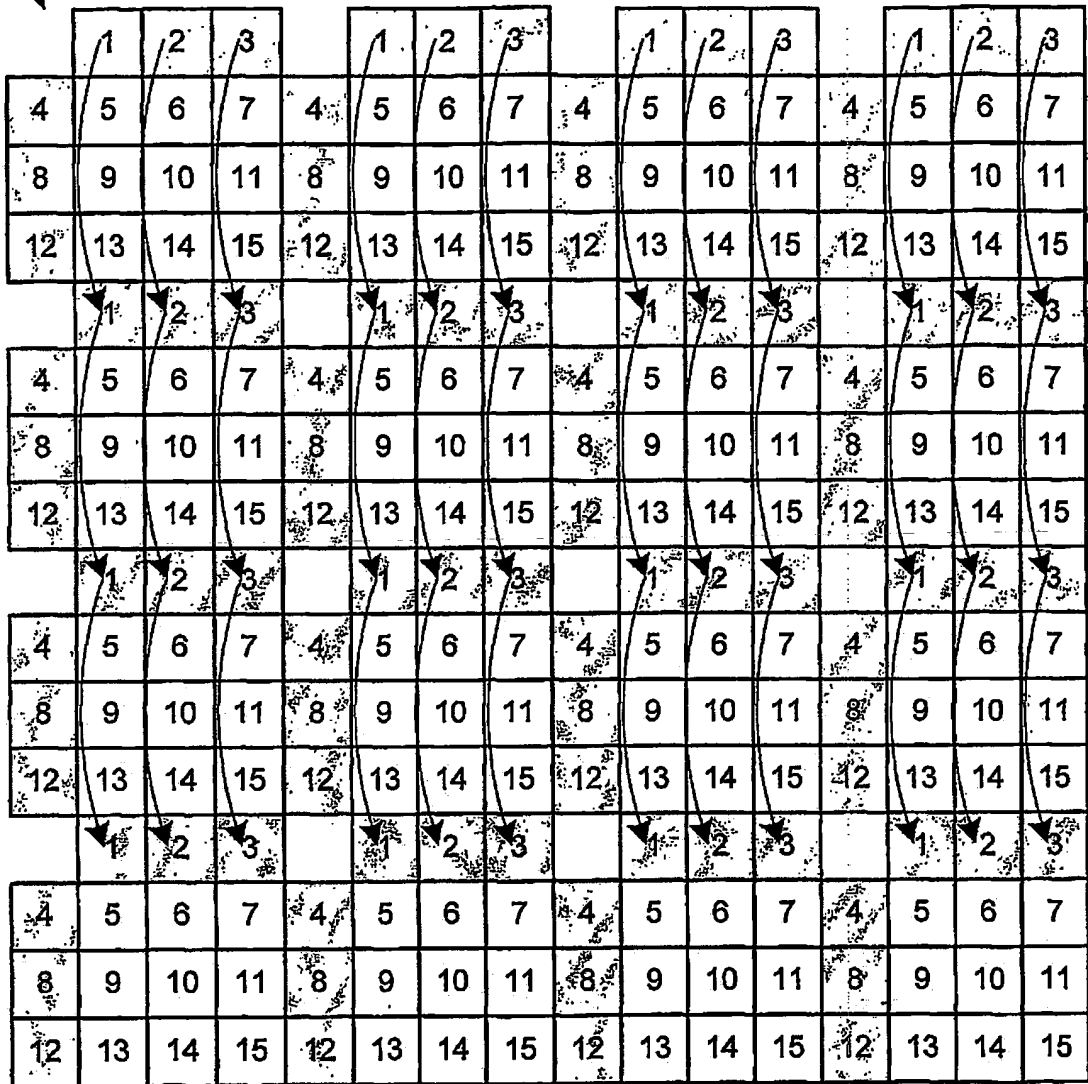
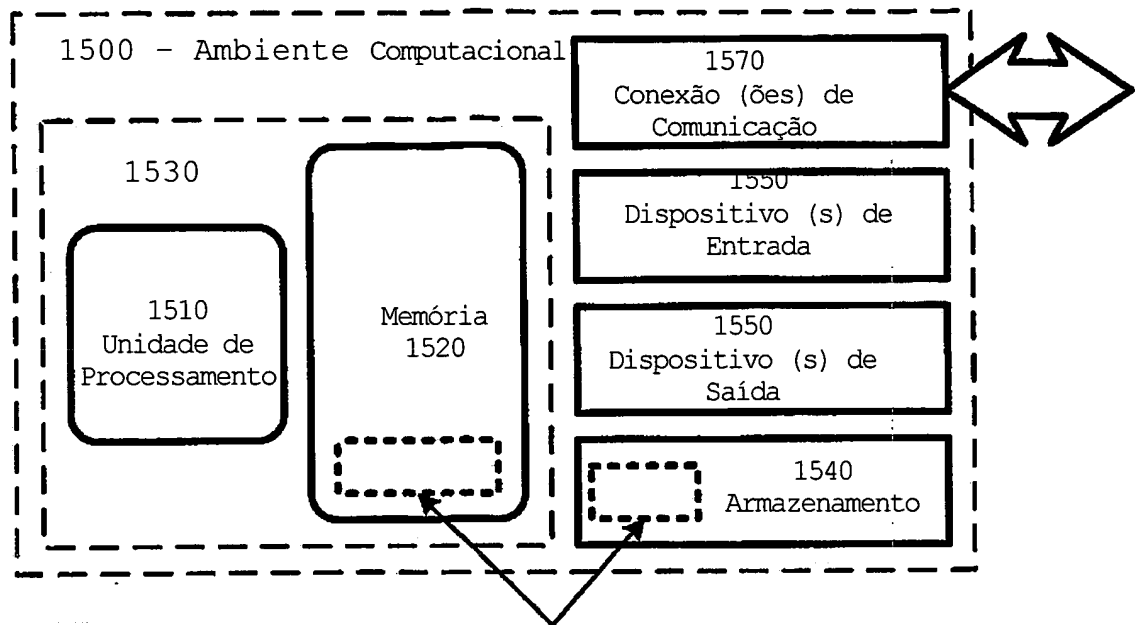


Figura 15



Software 1580 Implementando Codificação
de Coeficiente de Transformada Preditiva

RESUMO

"PREDIÇÃO DE COEFICIENTES DE TRANSFORMADA PARA
COMPRESSÃO DE IMAGEM"

Um codec de mídia digital baseado em transformada
5 de bloco usa uma predição de coeficiente de transformada que
leva em conta uma direcionalidade dominante dos dados de mí-
dia digital (por exemplo, uma imagem com fortes caracterís-
ticas horizontais e verticais), e adicionalmente opera de
forma compatível com uma transformada em dois estágios. Para
10 coeficientes DCAC e DC de uma transformada em estágio inter-
no de um macrobloco, o codec calcula e compara métricas de
direcionalidade baseadas em coeficientes DC de transformada
em estágio interno de macroblocos vizinhos para determinar
direcionalidade dominante. Para coeficientes DCAC de uma ou-
15 tra transformada em estágio externo de blocos dentro do ma-
crobloco, o codec calcula e compara métricas de direcional-
idade baseadas nos coeficientes DCAC de transformada em está-
gio interno do macrobloco para detectar direcionalidade do-
minante. A determinação de dominância direcional pode também
20 levar em conta informação de outros canais (por exemplo,
crominância bem como luminância).