



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

(21) BR 102020016689-1 A2



(22) Data do Depósito: 15/08/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 03/03/2022

(54) **Título:** SISTEMA DE APROXIMAÇÃO DA TRANSFORMADA DISCRETA DO COSSENO DE COMPRIMENTO 16 PARA ALTA COMPRESSÃO DE IMAGENS COM 66 ADIÇÕES

(51) **Int. Cl.:** H04N 19/60.

(52) **CPC:** H04N 19/60.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM.

(72) **Inventor(es):** DIEGO FELIPE GOMES COELHO; RENATO JOSÉ DE SOBRAL CINTRA; FÁBIO MARIANO BAYER.

(57) **Resumo:** SISTEMA DE APROXIMAÇÃO DA TRANSFORMADA DISCRETA DO COSSENO DE COMPRIMENTO 16 PARA ALTA COMPRESSÃO DE IMAGENS COM 66 ADIÇÕES. A presente invenção trata sobre a compactação de mídia digital baseada em transformada de bloco, e descreve um sistema de processamento de imagem objetivando compressão de dados de imagem ou vídeo, similar ao esquema JPEG nos seus mais variados formatos, baseada na substituição do bloco de transformada comumente implementada por meio da DCT por uma outra transformada com alto poder de decorrelação de sinais estacionários de Markov tipo I, modelo no qual se encaixam sinais de imagens estáticas.

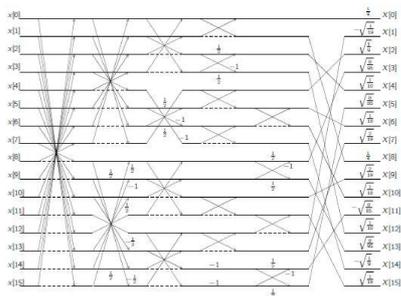


Figura 3

SISTEMA DE APROXIMAÇÃO DA TRANSFORMADA DISCRETA DO COSSENO DE COMPRIMENTO 16 PARA ALTA COMPRESSÃO DE IMAGENS COM 66 ADIÇÕES

[001] A presente invenção trata sobre a compactação de mídia digital baseada em transformada de bloco. Descreve um sistema de processamento de imagem objetivando compressão de dados de imagem ou vídeo, similar ao esquema JPEG nos seus mais variados formatos. A invenção se baseia na substituição do bloco de transformada comumente implementada por meio da DCT por uma outra transformada com alto poder de decorrelação de sinais estacionários de Markov tipo I, modelo no qual se encaixam sinais de imagens estáticas.

Estado da técnica

[002] A codificação baseada em transformadas discretas é largamente usada em sistemas de codificação de vídeo, imagem e áudio. Imagens são usualmente representadas em sua forma descompactada como amostras de quadros da imagem, em que são representados e organizados de forma bidimensional (2D). Isso é comumente chamado de domínio espacial da imagem em análise. O ponto de onde as amostras são retiradas forma um reticulado chamado de grade. Cada amostra é um número que representa a intensidade de luz da imagem original em cada um destes pontos da grade. Um esquema comum de representação baseia cada amostra em um número inteiro representado com 8 bits para imagens em escala de cinza. Imagens coloridas são representadas como uma composição de grades de pontos que representam, cada uma, a intensidade de luz de cada uma das cores básicas,

vermelho, verde e azul - chamado de rgb em inglês. Usando uma representação de 8 bits para cada uma das amostras, temos que cada ponto da imagem colorida é representado com um total de 24 bits. Cada amostra da imagem é chamada de pixel. Assim, cada imagem em escala de cinza é representada por uma matriz, cujos coeficientes são os valores assumidos por cada pixel resultante da amostragem da imagem original. De modo similar, cada imagem colorida é representada por um conjunto de três matrizes, em que cada pixel é representado pelos três coeficientes na mesma posição em cada matriz de cada cor da imagem. Sistemas de imagem podem usar diferentes resoluções de cor e período de amostragem. Como consequência, a forma como a imagem é processada também varia.

[003] Sinais de imagem descompactados podem consumir considerável banda de transmissão de dados. A compactação de tais sinais permite a redução do tamanho do arquivo necessário para armazenar a imagem em questão. A representação no domínio espacial dá assim lugar a representação no domínio espectral.

[004] Um típico compressor de imagens usa um esquema de compressão baseado na transformada discreta do cosseno (DCT) [1, 2, 3]. Dado um sinal bidimensional, o sinal de entrada é submetido a transformação linear definida pela DCT, resultando em um sinal no domínio espectral. A DCT é uma aproximação assintótica para a expansão de Karhunen-Loève, ou como é chamada, a transformada de Karhunen-Loève (KLT), para sinais de Markov estacionários de primeira ordem altamente correlacionados [3]. Em tal tipo de classificação se encaixam os sinais representativos de imagens. Em contextos

estatísticos, a KLT é conhecida como análise de componente principal (PCA) [4], com larga aplicação na descorrelação de dados, redução de dimensionalidade e processamento de imagens [5, 6, 7, 8, 9].

[005] Mais especificamente, cada imagem é aplicada a uma transformação bidimensional, representada matematicamente por um produto matricial. Usualmente, esquemas de codificação de imagem tratam o sinal de entrada de acordo com a filosofia "dividir para conquistar" [10, 11]. Tal tipo de abordagem se reflete em como o sinal é submetido a DCT.

[006] Usualmente, as imagens são divididas, ou quebradas em sub-blocos de menor comprimento. Cada sub-bloco da imagem é assim representado por uma matriz de menor comprimento. A composição de todos sub-blocos feita de modo apropriado reconstrói a imagem original.

[007] Esquemas de codificação de imagens e/ou vídeo, como JPEG, H.265 e HEVC usam blocos de comprimento que variam entre 4 e 32, i.e., cada imagem é quebrada em pequenos sub-blocos cuja a matriz que representa cada bloco tem dimensão de 4×4 a 32×32 [12]. Um comprimento adotado em algumas aplicações, em particular como é feito com o HEVC, é o comprimento 16 [12].

[008] Assim, sendo a imagem quebrada em sub-blocos, cada sub-bloco, representado pela matriz A, é então submetido à transformação bidimensional definida como

$$B = C \cdot A \cdot C^T,$$

em que a matriz da DCT é dada por

$$C_{DCT} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \beta_8 & \beta_8 \\ \beta_1 & \beta_3 & \beta_5 & \beta_7 & \beta_9 & \beta_{11} & \beta_{13} & \beta_{15} & -\beta_{15} & -\beta_{13} & -\beta_{11} & -\beta_9 & -\beta_7 & -\beta_5 & -\beta_3 & -\beta_1 \\ \beta_2 & \beta_6 & \beta_{10} & \beta_{14} & -\beta_{14} & -\beta_{10} & -\beta_6 & -\beta_2 & -\beta_2 & -\beta_6 & -\beta_{10} & -\beta_{14} & \beta_{14} & \beta_{10} & \beta_6 & \beta_2 \\ \beta_3 & \beta_9 & \beta_{15} & -\beta_{11} & -\beta_5 & -\beta_1 & -\beta_7 & -\beta_{13} & \beta_{13} & \beta_7 & \beta_1 & \beta_5 & \beta_{11} & -\beta_{15} & -\beta_9 & -\beta_3 \\ \beta_4 & \beta_{12} & -\beta_{12} & -\beta_4 & -\beta_4 & -\beta_{12} & \beta_{12} & \beta_4 & \beta_4 & \beta_{12} & -\beta_{12} & -\beta_4 & -\beta_4 & -\beta_{12} & \beta_{12} & \beta_4 \\ \beta_5 & \beta_{15} & -\beta_7 & -\beta_3 & -\beta_{13} & \beta_9 & \beta_1 & \beta_{11} & -\beta_{11} & -\beta_1 & -\beta_9 & \beta_{13} & \beta_3 & \beta_7 & -\beta_{15} & -\beta_5 \\ \beta_6 & -\beta_{14} & -\beta_2 & -\beta_{10} & \beta_{10} & \beta_2 & \beta_{14} & -\beta_6 & -\beta_6 & \beta_{14} & \beta_2 & \beta_{10} & -\beta_{10} & -\beta_2 & -\beta_{14} & \beta_6 \\ \beta_7 & -\beta_{11} & -\beta_3 & \beta_{15} & \beta_1 & \beta_{13} & -\beta_5 & -\beta_9 & \beta_9 & \beta_5 & -\beta_{13} & -\beta_1 & -\beta_{15} & \beta_3 & \beta_{11} & -\beta_7 \\ \beta_8 & -\beta_8 & -\beta_8 & \beta_8 & \beta_8 & -\beta_8 & -\beta_8 & \beta_8 & \beta_8 & -\beta_8 & -\beta_8 & \beta_8 & \beta_8 & -\beta_8 & -\beta_8 & \beta_8 \\ \beta_9 & -\beta_5 & -\beta_{13} & \beta_1 & -\beta_{15} & -\beta_3 & \beta_{11} & \beta_7 & -\beta_7 & -\beta_{11} & \beta_3 & \beta_{15} & -\beta_1 & \beta_{13} & \beta_5 & -\beta_9 \\ \beta_{10} & -\beta_2 & \beta_{14} & \beta_6 & -\beta_6 & -\beta_{14} & \beta_2 & -\beta_{10} & -\beta_{10} & \beta_2 & -\beta_{14} & -\beta_6 & \beta_6 & \beta_{14} & -\beta_2 & \beta_{10} \\ \beta_{11} & -\beta_1 & \beta_9 & \beta_{13} & -\beta_3 & \beta_7 & \beta_{15} & -\beta_5 & \beta_5 & -\beta_{15} & -\beta_7 & \beta_3 & -\beta_{13} & -\beta_9 & \beta_1 & -\beta_{11} \\ \beta_{12} & -\beta_4 & \beta_4 & -\beta_{12} & -\beta_{12} & \beta_4 & -\beta_4 & \beta_{12} & \beta_{12} & -\beta_4 & \beta_4 & -\beta_{12} & -\beta_{12} & \beta_4 & -\beta_4 & \beta_{12} \\ \beta_{13} & -\beta_7 & \beta_1 & -\beta_5 & \beta_{11} & \beta_{15} & -\beta_9 & \beta_3 & -\beta_3 & \beta_9 & -\beta_{15} & -\beta_{11} & \beta_5 & -\beta_1 & \beta_7 & -\beta_{13} \\ \beta_{14} & -\beta_{10} & \beta_6 & -\beta_2 & \beta_2 & -\beta_6 & \beta_{10} & -\beta_{14} & \beta_{14} & \beta_{10} & -\beta_6 & \beta_2 & -\beta_2 & \beta_6 & -\beta_{10} & \beta_{14} \\ \beta_{15} & -\beta_{13} & \beta_{11} & -\beta_9 & \beta_7 & -\beta_5 & \beta_3 & -\beta_1 & \beta_1 & -\beta_3 & \beta_5 & -\beta_7 & \beta_9 & -\beta_{11} & \beta_{13} & -\beta_{15} \end{bmatrix}$$

em que $\beta_k = \cos((k + 1)\pi/32)$, para $k = 1, 2, \dots, 16$, e B representa matriz de cada sub-bloco no domínio espectral.

[009] Como aproximação assintótica para a KLT, a DCT é capaz de concentrar maior parte da energia de cada sub-bloco nos primeiros coeficientes de cada sub-bloco no domínio espectral. Sendo assim, fazendo uma seleção apropriada dos coeficientes de cada sub-bloco o domínio espectral, é possível representar a imagem por um conjunto reduzido de coeficientes, em geral, menor do que o número de coeficientes necessários para representar cada sub-bloco da imagem no domínio espacial. Após o processamento por meio da DCT ao qual cada sub-bloco é submetido, os sub-blocos resultantes no domínio espectral são submetidos a um processo de quantização

[0010] Visto que o olho humano é sensível às variações nas imagens em componentes de menor frequência, estas recebem uma menor atenuação em relação as componentes de maior frequência da imagem original. Assim, cada matriz que representa um sub-bloco dá origem a uma outra matriz cujos coeficientes são função dos coeficientes da matriz do sub-bloco no domínio espectral. O passo de quantização pode ser entendido como uma operação matricial de divisão elemento-a-elemento da matriz dos coeficientes do domínio

espectral de cada sub-bloco por uma matriz denominada Q. Após a divisão elemento-a-elemento pela matriz Q, a matriz obtida é aplicada a uma operação de arredondamento, em geral implementada pela função `round(*)` semelhante as implementações nativas da linguagem C ou matlab. Esta é uma operação irreversível, ou com perdas, i.e., a imagem original não é exatamente reconstruída.

[0011] Após o passo de quantização, cada sub-bloco é submetido ao processo de codificação, em que os coeficientes das matrizes que representam cada sub-bloco quantizado é organizado de acordo com o esquema de leitura zig-zag e um código de entropia, que pode usar o circuito esquemático de Huffman [13, 3]. Nessa etapa, um conjunto de coeficientes cuja magnitude é desprezível é descartado, reduzindo a quantidade de dados final sem prejuízo visível à qualidade da imagem quando reconstruída. Após o processo de codificação, a imagem está pronta para armazenamento ou transmissão por meios de comunicação.

[0012] O processo de descompressão é representado na Figura 1. A operação inversa da codificação é aplicada ao conjunto de dados armazenados ou recebido. Os coeficientes de cada sub-bloco são recuperados e é feita a leitura no sentido inverso do movimento em zig-zag feito no estágio de codificação [3]. Os coeficientes que foram antes descartados são substituídos por coeficientes com magnitude nula. Os coeficientes não nulos em cada matriz que representa um sub-bloco é o conjunto de coeficientes necessários para reconstruir a imagem original sem perda de qualidade visível ao olho humano.

[0013] Após a inversão do código de Huffman e do esquema de leitura zig-zag, cada sub-bloco é desquantizado [3]. Isto significa que cada matriz de sub-bloco no domínio espectral é submetida a uma operação de multiplicação elemento-a-elemento com uma matriz D cujo objetivo é reverter do melhor modo possível o passo de quantização durante a compressão. Visto que usualmente o passo de quantização envolve operações de arredondamento e truncamento, tal operação é em geral irreversível. Assim, o que é encontrado, novamente, é apenas uma aproximação dos coeficientes das matrizes que representam cada sub-bloco antes do passo de quantização no processo de compressão.

[0014] Após desquantização das matrizes que representam cada sub-bloco armazenado, cada sub-bloco é aplicado à transformada inversa do cosseno (IDCT). A operação linear definida pela IDCT é capaz de reconstruir de modo aproximado o sub-bloco original. Assim, o que se faz é encontrar uma aproximação para cada sub-bloco no domínio espacial. A operação definida pela IDCT retorna uma aproximação para o sub-bloco no domínio espacial, pois a operação de quantização já definida no processo de compressão é irreversível. Os sub-blocos obtidos no domínio espacial são então submetidos a interpolação, i.e., cada matriz de crominância é interpolada para aproximar a matriz original antes do bloco de decimação no domínio espacial. Após esta etapa, cada sub-bloco obtido é então submetido a transformação no sentido inverso, retornando sub-blocos no formato de cor original. Assim, ao reorganizar cada sub-bloco, a imagem recuperada está pronta para exibição.

[0015] Tendo em vista a possibilidade de se propor e usar circuitos esquemáticos rápidos para a DCT, esta tomou destaque na comunidade

científica e técnica, permitindo seu uso no desenvolvimento de sistemas de processamento de imagens. Ainda assim, a abordagem convencional sofre por natureza de um problema inerente a DCT, a complexidade computacional.

[0016] Visto que por definição, como em [1], a matriz da DCT envolve quantidades irracionais, circuitos esquemáticos rápidos têm sido desenvolvidos ao longo do tempo com o objetivo de minimizar a quantidade de operações necessárias para processar uma dada imagem.

[0017] No que tange a sistemas que manipulam uma grande quantidade de dados e imagens, cada operação se torna importante. Cada modificação com o objetivo de minimizar as operações necessárias ao processamento de imagens representa um grande ganho ao final do processamento de dados massivos. Este é o caso de codecs de vídeo, como o H.264 e HEVC, cujo funcionamento se baseia em processar um frame por vez, em que cada frame pode ser visto como uma imagem estática que deve ser processada [14].

[0018] A crescente demanda de dispositivos para processamento de imagens tem ressaltado a necessidade de sistemas e implementações capazes de processar os dados com a necessidade de poucos recursos computacionais. O uso da arquitetura usual com uso da DCT traz diversas dificuldades para a implementação de sistemas capazes de processar dados de modo rápido e confiável. Dentre as principais dificuldades pode-se listar: propagação de erro decorrente do uso de quantidades em ponto flutuante; necessidade de palavras de processador de maior comprimento; limitada velocidade de processamento de dados decorrente de operações em ponto flutuante. Vários circuitos esquemáticos foram desenvolvidos com objetivo de se reduzir a complexidade

computacional da DCT de comprimento 8. Alguns desses circuitos esquemáticos rápidos que merecem destaque são o método de Lee [15], o esquema de Arai [16], o circuito esquemático de Feig-Winograd [17] e o circuito esquemático de Loeffler-Ligtenberg-Moschytz [18]. Tais resultados teóricos trouxeram implementações práticas de dispositivos de processamento de sinais e imagens que fazem uso da DCT de comprimento 8 [19, 20, 21, 22, 13, 14].

[0019] O aumento de aplicações que requerem quantidades massivas de dados a serem processados exigiu dos computadores digitais cada vez mais velocidade de processamento para manipular grandes quantidades de dados. Este cenário abriu espaço para a área de aproximações de transformadas. A proposição de transformadas discretas aproximadas baseia-se na filosofia de balancear, ou considerar um trade-off, velocidade e qualidade de processamento [23].

[0020] Recentes desdobramentos desta nova área permitiram avanços na busca de aproximações que apresentem um compromisso entre custo computacional e as boas propriedades da DCT [24].

[0021] Algumas destas aproximações são conhecidas como as de melhor performance, tal com a aproximação level 1 de Lengwehasatit-Ortega [24]. Outras aproximações são dedicadas para aplicações específicas, como esquemas de codificação. Neste contexto, destaca-se a série de aproximações de Bouguezal-Ahmad-Swamy (BAS) [25, 26, 27, 28, 29, 30]. Entre as formas de desenvolver aproximações, pode-se destacar funções de arredondamento [23] e métodos de busca exaustiva através de circuito esquemáticos rápidos conhecidos [31].

[0022] Diversos métodos já patenteados foram desenvolvidos com o objetivo de contornar o problema da complexidade computacional. Dentre elas pode-se destacar transformada reversível para compactação de dados bidimensionais com perdas e sem perdas [32]; projeto de transformada com interfaces escalonadas e não-escalonadas [33]; transformada de 16 pontos para codificação de mídia [34] e método e circuito para execução de cordic baseado no circuito esquemático de Loeffler [35].

[0023] O esquema apresentado em [32] se baseia em transformadas com coeficientes pertencentes ao conjunto dos inteiros diádicos [36], implicando na necessidade de multiplicações não-triviais. Apesar de baixar a complexidade multiplicativa das operações de transformação do sinal de entrada - quer seja imagem ou vídeo são necessárias multiplicações por inteiros diferentes de 0, $\pm 1/2$, ± 1 .

[0024] O esquema de processamento de imagens e vídeo apresentado em [33] se baseia em transformadas escalonadas aproximadas para a DCT e com uso de racionais diádicos [36]. Este esquema difere do proposto neste trabalho pois este não faz uso de transformadas escalonadas aproximadas para a DCT e faz uso de coeficientes apenas no conjunto $\{0, \pm 1/2, \pm 1\}$.

[0025] O esquema proposto em [34] se baseia na aproximação escalonadas da DCT por transformadas com coeficientes no conjunto dos inteiros, e cujo efeito geral se aproxima em termos de poder de decorrelação da DCT. A presente invenção se diferente deste trabalho pois não usa racionais diádicos e apresenta uma transformada com coeficientes apenas no conjunto $\{0, \pm 1/2, \pm 1\}$.

[0026] O dispositivo proposto em [35] se baseia na aproximação da DCT com o uso do circuito esquemático de Loeffler [18] por uma matriz com coeficientes da forma $1 + (1/2)^n$, em que n é um natural. O presente trabalho difere deste pois apresenta uma transformada com coeficientes em $\{0, \pm 1/2, \pm 1\}$ e apresenta um circuito esquemático rápido próprio.

[0027] O dispositivo proposto em [37] se aplica a conversão de sinais digitais para analógico de quantidades que representam o espectro da DCT já calculados. A invenção em [37] não se preocupa em como calcular os coeficientes da DCT. O presente trabalho difere deste pois trata do cômputo de modo eficiente livre de operações em ponto flutuante da imagem compactada.

[0028] O dispositivo proposto em [38] se propõe a codificar e processar sinais de vídeo digital e oferecer suporte à gravação de sinais de vídeo. O dispositivo em [38] não se preocupa em otimizar e modificar o bloco de processamento da DCT, apenas usando a sua saída para uma dada entrada com qualquer que seja a implementação usada. O presente trabalho difere deste pois se preocupa a computar de modo aproximado o espectro de frequência da DCT para a compactação de imagens estáticas.

[0029] O esquema proposto em [39] se propõe a alterar o bloco de codificação do esquema de compressão de vídeo, mantendo o bloco da DCT sem modificação. A presente invenção não altera o bloco de codificação e propõe uma substituição do bloco da DCT e IDCT pelos circuitos esquemáticos nas Figuras 3 e 5.

[0030] O método proposto em [40] se propõe a predizer coeficientes da DCT baseado em macro-blocos sem redução da complexidade computacional

da DCT usando aritmética em ponto flutuante. A presente invenção difere deste pois implementa a compactação de dados baseado em uma transformada livre de quantidades que exigem a representação em ponto flutuante.

[0031] O método proposto em [41] substitui o bloco de codificação para aplicações de vídeo e usa a DCT implementada com operações em ponto flutuante para executar a codificação proposta. A presente invenção difere desta pois não altera o bloco de codificação e substitui o bloco da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3.

[0032] O dispositivo proposto em [42] é capaz de processar e armazenar imagem fazendo uso da DCT com operações em ponto flutuante. A presente invenção difere deste por substituir o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3.

[0033] O dispositivo proposto em [43] substitui o bloco de codificação usual por um capaz de sub-amostrar a imagem no domínio espectral calculado de modo usual com operações em ponto flutuante. A presente invenção difere deste pois não altera o bloco de codificação e substitui o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3.

[0034] O método proposto em [44] se baseia na substituição e modificação do bloco de codificação de vídeo com o uso da DCT com operações em ponto flutuante. A presente invenção difere desta pois não altera o bloco de codificação e substitui o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3.

[0035] O método proposto em [45] implementa um dispositivo de rádio portátil baseado em multiplexação no domínio do tempo e processamento de

sinais de entrada com a DCT em operações com ponto flutuante. A presente invenção difere deste pois substitui o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3.

[0036] O método proposto em [46] se baseia no aumento da taxa de compressão de uma imagem estática a partir da decimação no tempo da imagem original de entrada. O método não aborda a forma como o bloco da DCT deve ser implementado, podendo ser usadas técnicas novas ou usuais. A presente invenção difere deste pois substitui o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3.

[0037] O método proposto em [47] se baseia na quebra da imagem original em sub-blocos de tamanho menor do que o usual em sistemas de compressão de imagem JPEG. O método não aborda a forma como o bloco da DCT deve ser implementado, podendo ser usadas técnicas novas ou usuais. A presente invenção difere deste pois substitui o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3.

[0038] O método proposto em [48] se baseia na computação do espectro da DCT combinado com coeficientes de escalonamento de cada um dos coeficientes não nulos e uma fase de pré-processamento. A presente invenção difere deste por substituir o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits sem fase de pré-processamento.

[0039] O método proposto em [49] se baseia na computação do espectro da DCT combinado com coeficientes de escalonamento de cada um dos coeficientes não nulos e uma fase de pré-processamento. A presente invenção

difere deste por substituir o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits sem fase de pré-processamento.

[0040] O método proposto em [50] se baseia no descarte ou eliminação de coeficientes da imagem transformada no domínio da transformada para a redução da quantidade de operações necessárias para descomprimir uma imagem. A presente invenção difere deste por substituir o bloco de processamento da IDCT pelo circuito esquemático da Figura 5 que retorna a imagem reconstruída de modo aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits e sem eliminação de coeficientes no domínio da transformada.

[0041] O método proposto em [51] se baseia no uso de lapped transforms para o processamento de imagens. O presente método faz uso de aproximações para a DCT.

[0042] O método proposto em [52] se baseia no uso da DCT exata com uso de operações em ponto flutuante. O presente método faz uso de aproximações para a DCT, o que evita o uso de operações de ponto flutuante.

[0043] O método proposto em [53] se baseia no processamento paralelo de cada sub-bloco da imagem original, não se preocupando com o modo como o bloco da DCT é implementado, podendo ser implementado com técnica inovadora ou usual. A presente invenção difere deste por substituir o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits.

[0044] O método proposto em [54] se baseia na proposição de etapas de pré- e pós-processamento ao bloco da DCT sem a especificação do método

usado para a computação do bloco da DCT, quer seja com técnicas novas ou usuais. A presente invenção difere deste por substituir o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits sem fase de pré-processamento.

[0045] O método proposto em [55] se baseia na implementação do bloco da DCT de comprimento 8 com o algoritmo de Loeffler [18]. A presente invenção difere deste por substituir o bloco de processamento da DCT de comprimento 16 pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT de comprimento 16 aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits sem fase de pré-processamento.

[0046] O método proposto em [56] se baseia na eliminação ou descarte de componentes da imagem original que são suficientemente pequenos comparado a um valor limiar inferior com o objetivo de se reduzir a complexidade global do processo de compressão de imagem. A presente invenção difere deste por aplicar a imagem original sem eliminação de coeficientes ao bloco de processamento da DCT modificado, implementado pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits.

[0047] O método proposto em [57] implementa o bloco da DCT como usual. A presente invenção difere deste por substituir o bloco de processamento da DCT pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits.

[0048] O método proposto em [58] aplica uma correção de contraste e brilho para a compensação de movimento em esquemas de processamento de vídeo. O método implementa o bloco da DCT de forma usual e não se propõe a reduzir a complexidade das operações de processamento de vídeos. A presente invenção difere deste por aplicar a imagem original sem eliminação de coeficientes ao bloco de processamento da DCT modificado, implementado pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits.

[0049] O método proposto em [59] se baseia na compressão de documentos, por exemplo, do tipo texto no formato imagem, com o esquema de compressão JPEG. Neste método é feito o uso do bloco da DCT usual. A presente invenção difere deste por aplicar a imagem original sem eliminação de coeficientes ao bloco de processamento da DCT modificado, implementado pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits.

[0050] O método proposto em [60] usa a forma de cada imagem original para aumentar a qualidade da imagem reconstruída a partir da permutação dos pixels. O bloco de processamento da DCT é implementado como usual. A presente invenção difere deste por aplicar a imagem original sem eliminação de coeficientes ao bloco de processamento da DCT modificado, implementado pelo circuito esquemático da Figura 3 que retorna o espectro da DCT aproximado com apenas somas e deslocamentos de bits sem permutação do pixels da imagem original. O método proposto se baseia em uma transformação não-ortonormal

com o objetivo de permitir a compressão de dados em sub-blocos de comprimento 16.

Sumário

[0051] Esta invenção trata de um esquema que implementa a compressão de imagens estáticas e dinâmicas nos mais variados formatos com alto poder de compactação e baixo custo computacional. O método pode ser aplicado para imagens estáticas, como no esquema JPEG, e imagens dinâmicas como vídeo. Este esquema se baseia em uma transformada proposta neste trabalho. Tal transformada evita a necessidade de operações em ponto flutuante durante a etapa de compactação e descompactação dos dados processados. O bloco da transformada usualmente implementada pela transformada discreta do cosseno (DCT) é substituído por uma transformada de baixa complexidade computacional e com alto poder de decorrelação de sinais estacionário Markov do tipo I, classe na qual as imagens se encaixam.

[0052] O esquema proposto apresenta uma transformada com uma eficiência de transformada de 95.44% [3]. Para tanto, além da substituição do bloco da DCT por uma outra transformada, o bloco de quantização é modificado para permitir explorar a baixa complexidade da transformada apresentada. A presente invenção difere em aspectos relevantes de sistemas já patenteados e propostos em trabalhos relacionados. Além disso, a presente invenção, por fazer uso de transformadas com coeficientes apenas em $\{0, \pm 1/2, \pm 1\}$, apresenta reduzido consumo de energia quando implementada efetivamente em hardware. Isso implica em eliminação da complexidade multiplicativa da etapa de processamento do sinal de entrada. A eliminação da complexidade multiplicativa

implica numa conseqüente redução de complexidade computacional do sistema global, reduzindo o consumo de energia do dispositivo em questão. Este comportamento do presente esquema configura um dispositivo ambientalmente correto – livre tradução de eco-friendly ou green device.

Descrição das figuras

[0053] A Figura 1 apresenta o esquema geral do formato de compressão e descompressão de imagens estáticas;

[0054] A Figura 2 apresenta o esquema geral proposto de compressão e descompressão de imagens estáticas;

[0055] A Figura 3 apresenta o diagrama de fluxo de sinal representativo do circuito esquemático que implementa a aproximação \hat{C} como proposta em (2);

[0056] A Figura 4 apresenta o diagrama de fluxo de sinal representativo do circuito esquemático que implementa a transformação $T(3)$ como proposta em (3);

[0057] A Figura 5 apresenta o diagrama de fluxo de sinal representativo do circuito esquemático da transformada $T^T(9)$ com ou sem modificação do bloco de quantização(4);

[0058] A Figura 6 exhibe o circuito esquemático associado ao algoritmo rápido induzido, para a transformação $T^T(9)$.

Descrição detalhada da invenção

[0059] No proposto método, todos os blocos e processos descritos na Figura 1 são mantidos como no método usual de compressão de imagens estáticas ou vídeo, exceto pelo bloco da DCT e de quantização(4). No proposto

método, a DCT é substituída por uma transformação $T(3)$ linear descrita a seguir.

Considere a transformação definida pela matriz de transformação

$$\hat{C} = S \cdot T \quad (2)$$

$$T = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 1 & 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{3}{2} & \frac{3}{2} & \frac{3}{2} & 1 & 1 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -1 & -1 & -\frac{1}{2} & -\frac{3}{2} & -\frac{3}{2} \\ 1 & 1 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & -1 & -1 & -1 & -1 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 1 & 1 \\ \frac{5}{4} & \frac{3}{4} & 0 & -\frac{1}{2} & -1 & -\frac{5}{4} & -1 & 0 & 0 & 1 & \frac{5}{4} & 1 & \frac{1}{2} & 0 & -\frac{3}{4} & -\frac{5}{4} \\ 1 & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -1 & -1 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -1 & -1 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 \\ 1 & 0 & -\frac{3}{4} & -1 & -\frac{1}{2} & 1 & \frac{5}{4} & \frac{3}{4} & -\frac{3}{4} & -\frac{5}{4} & -1 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{3}{4} & 0 & -1 \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{3}{2} & -1 & 1 & \frac{3}{2} & \frac{1}{2} & -1 & -1 & \frac{1}{2} & \frac{3}{2} & 1 & -1 & -\frac{3}{2} & -\frac{1}{2} & 1 \\ 1 & -\frac{1}{2} & -1 & 0 & 1 & \frac{1}{2} & -1 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{2} & -1 & 0 & 1 & \frac{1}{2} & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ \frac{1}{2} & -1 & -\frac{1}{2} & 1 & 0 & -1 & \frac{1}{2} & 1 & -1 & -\frac{1}{2} & 1 & 0 & -1 & \frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{2} \\ 1 & -\frac{3}{2} & \frac{1}{2} & 1 & -1 & -\frac{1}{2} & \frac{3}{2} & -1 & -1 & \frac{3}{2} & -\frac{1}{2} & -1 & 1 & \frac{1}{2} & -\frac{3}{2} & 1 \\ \frac{3}{4} & -\frac{5}{4} & 1 & \frac{1}{2} & -1 & \frac{3}{4} & 0 & -1 & 1 & 0 & -\frac{3}{4} & 1 & -\frac{1}{2} & -1 & \frac{5}{4} & -\frac{3}{4} \\ \frac{1}{2} & -1 & 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 1 & -1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -1 & 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 1 & -1 & \frac{1}{2} \\ 0 & -1 & \frac{5}{4} & -1 & \frac{1}{2} & 0 & -\frac{3}{4} & \frac{5}{4} & -\frac{5}{4} & \frac{3}{4} & 0 & -\frac{1}{2} & 1 & -\frac{5}{4} & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 1 & -1 & 1 & -1 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & \frac{1}{2} & -1 & 1 & -1 & 1 & -\frac{1}{2} & 0 \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -1 & 1 & -\frac{3}{2} & \frac{3}{2} & -\frac{3}{2} & \frac{3}{2} & -\frac{3}{2} & \frac{3}{2} & -1 & 1 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$S = \text{diag} \left(\frac{1}{4} \cdot \sqrt{\frac{1}{19}}, \sqrt{\frac{1}{9}}, \sqrt{\frac{8}{95}}, \sqrt{\frac{1}{10}}, \sqrt{\frac{8}{95}}, \sqrt{\frac{1}{18}}, \sqrt{\frac{2}{19}}, \right. \\ \left. \frac{1}{4} \cdot \sqrt{\frac{2}{19}}, \sqrt{\frac{1}{18}}, \sqrt{\frac{8}{95}}, \sqrt{\frac{1}{10}}, \sqrt{\frac{8}{95}}, \sqrt{\frac{1}{9}}, \sqrt{\frac{1}{19}} \right) \quad (4)$$

[0060] O método proposto de compressão de imagens pode ser representado pelo esquema da Figura 2. Neste esquema, a DCT é substituída pela transformação apresentada em (3).

[0061] A transformação \hat{C} apresenta um bom compromisso entre complexidade computacional e desempenho em critérios de compressão de imagens. A razão principal pela qual a matriz \hat{C} é aqui considerada e proposta é que esta apresenta elevado poder de decorrelação de um sinal estacionário de

Markov tipo I. Uma transformada linear pode ser avaliada em termos de poder de decorrelação de um sinal estacionário de Markov tipo I por meio da métrica chamada eficiência de transformada [3]. A matriz \hat{C} apresentada possui uma medida de eficiência de transformada de 80.36%. Para critérios de comparação, a DCT tipo II apresenta uma eficiência de transformada de 88.45%, enquanto que a melhor aproximação da DCT de comprimento 16 encontrada na literatura nesta métrica apresenta eficiência de 73.6345%. Medidas de desempenho usualmente adotadas para avaliar aproximações para a DCT [3] são erro quadrático médio (EQM), erro total de energia (ϱ), ganho unificado de transformada (C_g) e eficiência de transformada (η). A aproximação proposta possui um erro quadrático médio (EQM) de 5.56, um erro total de energia de 1.085, um ganho unificado de codificação(5) de 9.031 uma eficiência de transformada de 80.3671. Uma comparação da transformada proposta com as transformadas na literatura no contexto de compressão de imagens é apresentada na Tabela 1.

Medidas de codificação para transformadas competitivas

Transformada	$\varrho(T_\alpha)$	EQM(T_α)	$C_g(T_\alpha)$	$\eta(T_\alpha)$
DCT [3]	0	0	9.45	88.45
WHT [61]	92.5631	0.4284	8.1941	70.6465
BAS-2010 [28]	64.749	0.1866	8.5208	73.6345
BAS-2013 [30]	54.6207	0.132	8.1941	70.6465
BCEM [62]	8.0806	0.0465	7.8401	65.2789
TFRSAA [63]	30.323	0.0639	8.295	70.8315
Proposta	1.085	0.0055	9.031	80.3671

[0062] Observe que a matriz \hat{C} apresentada em (2) pode ser escrita da forma

$$\hat{C} = S \cdot P \cdot E \cdot D \cdot C \cdot B \cdot A, \quad (5)$$

proposta. É notável que a aproximação proposta apresenta uma complexidade próxima da aproximação de menor custo computacional, mas possui melhores métricas de desempenho que qualquer outra na literatura.

[0066] A matriz $T(3)$ pode ser usada para processar imagens sem necessidade de multiplicação alguma. Isso pode ser visto pela decomposição apresentada em (9). A matriz diagonal S pode ser transferida para o bloco de quantização(4), representando nenhum acréscimo na complexidade computacional do circuito esquemático usado para a processar a imagem [65, 66]. Isso implica que o bloco de quantização(4) deve ser modificado de modo a absorver a matriz diagonal S . Seja Q a matriz de quantização(4). De acordo com a teoria desenvolvida em [3, 14, 67, 68] a matriz de quantização(4) modificada Q^* para o esquema proposto é obtida por

$$Q^*(i,j) = \text{round} \left(\frac{Q(i,j)}{K_S(i,j)} \right), \quad (6)$$

em que

$$K_S = \text{diag}(\mathbf{S}) \otimes \text{diag}(\mathbf{S})^T, \quad (7)$$

com \otimes denotando o produto de Kronecker e $\text{diag}(\bullet)$ retornando um vetor coluna com os elementos da diagonal principal de seu argumento matricial [69, 3] e o superscrito T representa transposição. A matriz K_S é numericamente dada por

$$K_S = \begin{bmatrix} \frac{1}{16} & \sqrt{\frac{1}{304}} & \sqrt{\frac{1}{144}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{160}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{288}} & \sqrt{\frac{1}{152}} & \frac{1}{16} & \sqrt{\frac{1}{152}} & \sqrt{\frac{1}{288}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{160}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{144}} & \sqrt{\frac{1}{304}} \\ \sqrt{\frac{1}{304}} & \sqrt{\frac{1}{361}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{342}} & \sqrt{\frac{1}{361}} & \sqrt{\frac{1}{304}} & \sqrt{\frac{2}{361}} & \sqrt{\frac{1}{342}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{1}{361}} \\ \sqrt{\frac{1}{144}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{1}{81}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{1}{90}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{1}{162}} & \sqrt{\frac{2}{171}} & \sqrt{\frac{1}{144}} & \sqrt{\frac{2}{171}} & \sqrt{\frac{1}{162}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{1}{90}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{1}{81}} & \sqrt{\frac{1}{171}} \\ \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} \\ \sqrt{\frac{1}{160}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{90}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{1}{100}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{1}{180}} & \sqrt{\frac{1}{95}} & \sqrt{\frac{1}{160}} & \sqrt{\frac{1}{95}} & \sqrt{\frac{1}{180}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{1}{100}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{1}{90}} & \sqrt{\frac{1}{190}} \\ \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} \\ \sqrt{\frac{1}{288}} & \sqrt{\frac{1}{342}} & \sqrt{\frac{1}{162}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{1}{180}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{1}{324}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{1}{288}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{1}{324}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{1}{180}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{1}{162}} & \sqrt{\frac{1}{342}} \\ \sqrt{\frac{1}{152}} & \sqrt{\frac{2}{361}} & \sqrt{\frac{2}{171}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{95}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{4}{361}} & \sqrt{\frac{1}{152}} & \sqrt{\frac{4}{361}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{95}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{2}{171}} & \sqrt{\frac{2}{361}} \\ \frac{1}{16} & \sqrt{\frac{1}{304}} & \sqrt{\frac{1}{144}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{160}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{288}} & \sqrt{\frac{1}{152}} & \frac{1}{16} & \sqrt{\frac{1}{152}} & \sqrt{\frac{1}{288}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{160}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{144}} & \sqrt{\frac{1}{304}} \\ \sqrt{\frac{1}{152}} & \sqrt{\frac{2}{361}} & \sqrt{\frac{2}{171}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{95}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{4}{361}} & \sqrt{\frac{1}{152}} & \sqrt{\frac{4}{361}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{95}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{2}{171}} & \sqrt{\frac{2}{361}} \\ \sqrt{\frac{1}{288}} & \sqrt{\frac{1}{342}} & \sqrt{\frac{1}{162}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{1}{180}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{1}{324}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{1}{288}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{1}{324}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{1}{180}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{1}{162}} & \sqrt{\frac{1}{342}} \\ \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} \\ \sqrt{\frac{1}{160}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{1}{90}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{1}{100}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{1}{180}} & \sqrt{\frac{1}{95}} & \sqrt{\frac{1}{160}} & \sqrt{\frac{1}{95}} & \sqrt{\frac{1}{180}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{1}{100}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{1}{90}} & \sqrt{\frac{1}{190}} \\ \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{16}{1805}} & \sqrt{\frac{4}{855}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{4}{475}} & \sqrt{\frac{64}{9025}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} \\ \sqrt{\frac{1}{144}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{1}{81}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{1}{90}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{1}{162}} & \sqrt{\frac{2}{171}} & \sqrt{\frac{1}{144}} & \sqrt{\frac{2}{171}} & \sqrt{\frac{1}{162}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{1}{90}} & \sqrt{\frac{8}{855}} & \sqrt{\frac{1}{81}} & \sqrt{\frac{1}{171}} \\ \sqrt{\frac{1}{304}} & \sqrt{\frac{1}{361}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{342}} & \sqrt{\frac{2}{361}} & \sqrt{\frac{1}{304}} & \sqrt{\frac{2}{361}} & \sqrt{\frac{1}{342}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{190}} & \sqrt{\frac{8}{1805}} & \sqrt{\frac{1}{171}} & \sqrt{\frac{1}{361}} \end{bmatrix}$$

[0067] O bloco de quantização (4) modificado é denotado com um asterisco como na Figura 2.

[0068] Todos os blocos já descritos, como transformação de cores(1), decimação (2) e codificação (5), podem ser implementados de modo arbitrário e com técnicas usuais ou novas para os mais diversos padrões de imagens estáticas, como JPEG, ou vídeo. O presente esquema trata da modificação no bloco da DCT e de quantização (4).

[0069] Com a presente proposição, cada sub-bloco da imagem original, após o processo de transformação de cores (1), e decimação (2) no espectro do tempo, é submetido a transformação T (3).

[0070] O circuito esquemático na Figura 3 associado com o algoritmo rápido para a matriz T (3) apresenta coeficientes apenas no conjunto $\{0, \pm 1/2, \pm 1\}$. Isto que permite que a operação de compressão seja implementada apenas

por meio de operações de soma e subtração e deslocamento de bits, evitando operações em ponto flutuante.

[0071] O processo de descompressão pode ser reformulado para se adequar ao esquema de compressão de imagem aqui proposto. Assim, a IDCT deve ser substituída pela transformada inversa de \hat{C} . Contudo, sendo a aproximação \hat{C} quase-ortogonal [31, 70] com desvio de ortogonalidade de aproximadamente 0.007, a matriz inversa de \hat{C} pode ser substituída pela sua transposta \hat{C}^T [3, 31]. Usando a fatoração em (9), temos

$$\hat{C}^T = A \cdot B^T \cdot C^T \cdot D^T \cdot E^T \cdot P^T \cdot S. \quad (9)$$

[0072] A Figura 5 exibe o circuito esquemático associado ao algoritmo rápido induzido pela fatoração acima para a transformação \hat{C}^T .

[0073] De modo semelhante ao que foi feito para a aproximação \hat{C} , a matriz diagonal S na fatoração acima é transferida para o bloco de desquantização (8). O bloco de desquantização (8) modificado é denotado com um asterisco como na Figura 2.

[0074] Todos os blocos já descritos, como transformação de cores (1), decimação (2) e codificação (5), podem ser implementados de modo arbitrário e com técnicas usuais ou novas para os mais diversos padrões de imagens estáticas, como JPEG, ou vídeo, contanto que o bloco de desquantização (8) considere os coeficientes de escalonamento da matriz S .

[0075] De modo geral, para uma matriz de desquantização (8) arbitrária D , a matriz de desquantização (8) modificada é obtida por

$$D^*(i,j) = 1/\text{round} \left(\frac{K_S(i,j)}{D(i,j)} \right), \quad (10)$$

em que K_S é matriz dada em (7).

[0076] O presente esquema trata da modificação no bloco da IDCT e de desquantização (8). O bloco de descompressão da imagem modificado é denotado com um asterisco como na Figura 2 e usa a matriz transposta $T^T(9)$ ao invés da IDCT. Com a presente proposição, cada sub-bloco da imagem comprimida é submetido a transformação $T^T(9)$. A Figura 6 exhibe o circuito esquemático associado ao algoritmo rápido induzido pela fatoração acima para a transformação $T^T(9)$.

[0077] Este método aqui proposto apresenta as seguintes vantagens:

- Ausência de necessidade de operações em ponto flutuantes;
- Esquema de compressão e descompressão de baixa complexidade computacional;
- Alta velocidade de processamento das imagens a serem processadas;
- Alto poder de compressão de imagens;
- Reduzido consumo de energia.

Bibliografia

[0078] [1] N. Ahmed, T. Natarajan, and K. R. Rao, "Discrete cosine transform," IEEE Transactions on Computers, vol. C-23, no. 1, pp. 90–93, Jan. 1974.

[0079] [2] N. Ahmed and K. R. Rao, Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing. New York, NY: Springer-Verlag, 1975.

[0080] [3] V. Britanak, P. Yip, and K. R. Rao, Discrete Cossine and Sine Transforms. Academic Press, 2007.

[0081] [4] C. M. Sousa Junior, “Compressão de imagens utilizando análise de componentes independentes,” Master’s thesis, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, Brazil, 2007.

[0082] [5] X. Zou, P. Jancovic, and M. Kokuer, “On the effectiveness of the ICA-based signal representation in non-Gaussian noise,” in 9th International Conference on Signal Processing, 2008, pp. 1–4.

[0083] [6] Kolossa, H. Sawada, R. F. Astudillo, R. Orglmeister, and S. Makino, “Recognition of convolutive speech mixtures by missing feature techniques for ICA,” in Fortieth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 2006, pp. 1397–1401.

[0084] [7] Y. Zhang and W. H. Abdulla, “Eigenanalysis applied to speaker identification using gammatone auditory filterbank and independent component analysis,” in 9th International Symposium on Signal Processing and Its Applications (ISSPA), 2007, pp. 1–4.

[0085] [8] Balakrishna, P. V. A. Kumar, C. Prakash, and S. V. Gangashetty, “Speech enhancement using ICA with Bessel features,” in 18th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), 2011, pp. 1–4.

[0086] [9] T. J.-H. Lee, H.-Y. Jung, T.-W. Lee, and S.-Y. Lee, “Speech feature extraction using independent component analysis,” in IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), vol. 3, 2000, pp. 1631–1634.

[0087] [10] A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, and J. R. Buck, Discrete-time signal processing, 2nd ed., A. V. Oppenheim, Ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc., 1999, vol. 1.

[0088] [11] R. E. Blahut, Fast Algorithms for Digital Signal Processing. Cambridge University Press, 2010.

[0089] [12] A. Ahmed, M. Awais, M. Maurizio, and G. Masera, "VLSI implementation of 16-point DCT for H.265/HEVC using Walsh Hadamard transform and lifting scheme," in 14th International Multitopic Conference (INMIC), 2011, pp. 144–148.

[0090] [13] G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 38, no. 1, pp. xviii–xxxiv, Feb. 1992.

[0091] [14] V. Bhaskaran and K. Konstantinides, Image and Video Compression Standards. Kluwer Academic Publishers, Jun. 1997.

[0092] [15] B. Lee, "A new algorithm to compute the discrete cosine transform," IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 32, no. 6, pp. 1243–1245, Dec. 1984.

[0093] [16] Y. Arai, T. Agui, and M. Nakajima, "A fast DCT-SQ scheme for images," IEICE Transactions, vol. E71, no. 11, pp. 1095–1097, Nov. 1988.

[0094] [17] E. Feig and S. Winograd, "Fast algorithms for the discrete cosine transform," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 40, no. 9, pp. 2174–2193, Sep. 1992.

[0095] [18] C. Loeffler, A. Ligtenberg, and G. S. Moschytz, "A Practical Fast 1-D DCT Algorithms with 11 Multiplications," in International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 2, May 1989, pp. 988–991.

[0096] [19] S. K. Gupta, J. Jain, and R. Pachauri, "Improved noise cancellation in discrete cosine transform domain using adaptive block LMS filter," International Journal of Engineering Science and Advanced Technology, vol. 2, no. 3, pp. 498–502, Jun. 2012.

[0097] [20] H. El-Banna, A. A. El-Fattah, and W. Fakhr, "An efficient implementation of the 1D DCT using FPGA technology," in 11th IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-Based Systems, 2004, pp. 356–360.

[0098] [21] M. T. Pourazad, C. Doutre, M. Azimi, and P. Nasiopoulos, "HEVC: The new gold standard for video compression: How does HEVC compare with H.264/AVC?" IEEE Consumer Electronics Magazine, vol. 1, no. 3, pp. 36–46, Jul. 2012.

[0099] [22] Y. Shen and H. Oh, "Pipelined implementation of AI-based Loeffler DCT," IEICI Electronics Express, vol. 10, no. 12, pp. 1–7, May 2013.

[00100] [23] R. J. Cintra and F. M. Bayer, "A DCT approximation for image compression," IEEE Signal Processing Letters, vol. 18, no. 10, pp. 579–582, Aug. 2011.

[00101] [24] K. Lengwehasatit and A. Ortega, "Scalable variable complexity approximate forward DCT," IEEE Transactions on Circuits and Systems and Systems for Video Technology, vol. 14, no. 11, pp. 1236–1248, Nov. 2004.

[00102] [25] S. Bouguezel, M. O. Ahmad, and M. N. S. Swamy, “A multiplication-free transform for image compression,” in the 2nd International Conference on Signals, Circuits and Systems, Monastir, TN, 2008, pp. 1–4.

[00103] [26] —, “Low-complexity 8x8 transform for image compression,” *Electronics Letters*, vol. 44, no. 21, pp. 1249–1250, Oct. 2008.

[00104] [27] —, “A fast 8x8 transform for image compression,” in *International Conference on Microelectronics*, Dec. 2009, pp. 74–77.

[00105] [28] —, “A novel transform for image compression,” in *53rd IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems*, Aug. 2010, pp. 509–512.

[00106] [29] —, “A low-complexity parametric transform for image compression,” in *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Rio de Janeiro, BR, May 2011, pp. 2145–2148.

[00107] [30] —, “Binary discrete cosine and hartley transforms,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems I*, vol. 60, no. 4, pp. 989–1002, Apr. 2013.

[00108] [31] R. J. Cintra, F. M. Bayer, and C. J. Tablada, “Low-complexity 8-point DCT approximations based on integer functions,” *Signal Processing*, vol. 99, p. 201–214, Jun. 2014.

[00109] [32] S. Srinivasan, “Transformada reversível para compactação de dados bidimensionais com perdas e sem perdas,” Patent BRPI 0 506 084-2 A, Sep. 19, 2006.

[00110] [33] A. S. Ludwin, H. Garudadri, H. Chung, N. B. Srinivasamurthy, P. Sagetong, and Y. Reznik, “Projeto de transformada com interfaces escalonadas e Não-escalonadas,” Patent BRPI 709 263-6 A2, Jun. 28, 2011.

[00111] [34] Y. Reznik, R. L. Joshi, and M. Karczewicz, "16-point transform for media data coding," Patent US 2011/0 153 699 A1, Jun. 23, 2011.

[00112] [35] S.-J. Ruan, B. Heyne, J. Götze, and C.-C. Sun, "Method and circuit for performing based Loeffler discrete cosine transformation (DCT), particularly for signal processing," Patent EP 1 850 597 A1, Oct. 31, 2007.

[00113] [36] R. L. Graham, D. E. Knuth, and O. Patashnik, Concrete Mathematics. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.

[00114] [37] E. Keehr, S. Wang, and S. Bazarjani, "Filtragem aplicável a sistemas de conversão digital/analógico," Patent BR PI 0 312 079-1 A, May 29, 2007.

[00115] [38] T. Oda, "Processo e aparelho para codificação de imagens, e, suporte de gravação de imagens," Patent BR PI 9 404 929-7 A, Sep. 27, 1999.

[00116] [39] C. Christopoulos, "Processo e sistema de transmissão, em particular para uso em transmissão de imagem progressiva, transmissor, receptor e sistema para codificação de imagens imóveis e/ou sequenciais de Vídeo," Patent BR PI 9 707 825-5 A, Jul. 27, 1999.

[00117] [40] R. O. Eifrig, X. Chen, and A. Luthra, "Predição de coeficiente DC e AC par Vídeo digital entrelaçado intra-macrobloco," Patent BR PI 9 800 852-2 A, Nov. 23, 1999.

[00118] [41] X. Chen, A. Luthra, G. Rajan, and M. Narasimhan, "Codificação temporal e especial capaz de ser graduada para planos de objeto de Vídeo," Patent BR PI 9 801 762-4 A, Jun. 29, 1999.

[00119] [42] C. S. Boon, “Método de processamento de imagem, aparelho de processamento de imagem e meio de armazenamento de dados,” Patent BR PI 9 805 296-9 A, Nov. 09, 1999.

[00120] [43] G. Shen, S. Li, W. Cao, and Y. He, “Decodificador de subamostragem de mudança de resolução arbitrária,” Patent BR PI 0 616 034-4 A2, Jun. 07, 2011.

[00121] [44] M. L. Comer and I. H. Izzar, “Compensação de movimento para Vídeo escalonável por granulação fina,” Patent BR PI 0 210 276-5 A, Apr. 26, 2005.

[00122] [45] S. Omori, M. Nishiguch, J. Matsumoto, and K. Iijima, “Processo e aparelho para decodificar sinal, aparelho de terminal de Rádio portátil, e, processo e aparelho para multiplexar um sinal codificado,” Patent BR PI 9 605 251-1 A, Jul. 21, 1998.

[00123] [46] H. Tabuchi, A. Taguchi, K. Shimauchi, and T. Morohashi, “Image compression device,” Aug. 2005, wO Patent App. PCT/JP2005/002,259. [Online]. Available:

[00124] [47] T. Morohashi, “Image compression method, image compression device, image transmission system, data compression pre-processing device, and computer program,” Sep. 2005, wO Patent App. PCT/JP2005/002,237. [Online]. Available:

[00125] [48] C. T. S. Sung, “Method of performing discrete cosine transform,” Nov. 2011, US Patent App. 12/800,787. [Online]. Available:

[00126] [49] C. T. Sung and C. Lien, "Fast DCT method and apparatus for digital video compression," Apr. 2005, uS Patent App. 10/678,916. [Online]. Available:

[00127] [50] G. Wu, B. Lamb, and E. Yang, "Method and system for decoding encoded images and reducing the size of said images," Sep. 2009, uS Patent App. 12/038,905. [Online]. Available:

[00128] [51] S. Srinivasan, "Spatial-domain lapped transform in digital media compression," Jan. 2005, US Patent App. 10/620,744. [Online]. Available:

[00129] [52] A. Ligtenberg, "Image compression technique with regionally selective compression ratio," Jul. 26 1994, uS Patent 5,333,212. [Online]. Available:

[00130] [53] M. Matsuhira, "Image-processing method and program, and image-processing apparatus," May 2011, uS Patent App. 12/939,261. [Online]. Available:

[00131] [54] N. Abe, "Image processing device," Mar. 1999, uS Patent 5,886,790. [Online]. Available:

[00132] [55] J. Gotze, B. Heyne, S. J. Ruan, and C. C. Sun, "Method and circuit for performing cordic based loeffler discrete cosine transformation (dct) for signal processing," Oct. 2007, uS Patent App. 11/739,669. [Online]. Available:

[00133] [56] Y. Hu and T. A. Simpson, "Adaptive image data compression," Apr. 2003, eP Patent App. EP20,010,113,717. [Online]. Available:

[00134] [57] A. Nafarieh, "Adaptive quantization compatible with the JPEG baseline sequential mode," Jun. 2012, eP Patent 0,933,947. [Online]. Available:

[00135] [58] J. Luo, F. Chebil, and A. Islam, "Image processing of dct-based video sequences in compressed domain," Dec. 2006, wO Patent App. PCT/IB2006/000,997. [Online]. Available:

[00136] [59] Y. Nakayama, "Image compressing apparatus and image reading apparatus including the same, image processing apparatus including image compressing apparatus and image forming apparatus including the same, image compression processing method, computer program thereof, and recording medium," Dec. 20 2007, US Patent App. 11/812,385. [Online]. Available:

[00137] [60] K. Horie and S. Sakata, "Methods and apparatus for image encoding/decoding, and extended image compression expansion," Feb. 2006, WO PatentApp. PCT/JP2005/012,269. [Online]. Available:

[00138] [61] R. K. R. Yarlagadda and J. E. Hershey, Hadamard Matrix Analysis and Synthesis: With Applications to Communications and Signal/Image Processing. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 1997.

[00139] [62] F. M. Bayer, R. J. Cintra, A. Edirisuriya, and A. Madanayake, "A digital hardware fast algorithm and FPGA-based prototype for a novel 16-point approximate DCT for image compression applications," Measurement Science and Technology, vol. 23, no. 11, pp. 114 010–114 019, 2012.

[00140] [63] T. L. T. da Silveira, F. M. Bayer, R. J. Cintra, S. Kulasekera, A. Madanayake, and A. J. Kozakevicius, "An orthogonal 16-point approximate DCT for image and video compression," Multidimensional Systems and Signal Processing, pp. 1–18, 2014.

[00141] [64] H. W.-H. Chen, C. Smith, and S. Fralick, "A fast computational algorithm for the discrete cosine transform," IEEE Transactions on Communications, vol. 25, no. 9, pp. 1004–1009, Sep. 1977.

[00142] [65] F. M. Bayer and R. J. Cintra, "DCT-like transform for image compression requires 14 additions only," Electronics Letters, vol. 48, no. 15, pp. 919–921, Jul. 2012.

[00143] [66] R. J. Cintra and V. S. Dimitrov, "The arithmetic cosine transform: exact and approximate algorithms," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 58, no. 6, pp. 3076–3085, Jun. 2010.

[00144] [67] W. Burger and M. J. Burge, Principles of Digital Image Processing. Hagenberg, Austria and Washington DC, USA: Springer, Jul. 2008.

[00145] [68] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 2nd ed. Prentice-Hall, Inc., 2001.

[00146] [69] J. T. Manassah, Elementary Mathematical and Computational Tools for Electrical and Computer Engineers Using Matlab QR . New York, NY: CRC Press, 2001.

[00147] [70] T. I. Haweel, "A new square wave transform based on the DCT," Signal Processing, vol. 81, no. 11, pp. 2309–2319, Nov. 2001.

REIVINDICAÇÕES

- 1) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, **caracterizado por** ser executado sem operações em ponto flutuante que use a transformada T no lugar da DCT ou variações da DCT com compensação da matriz diagonal S no bloco de quantização do esquema geral proposto de compressão e descompressão de imagens estáticas.
- 2) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de compressão e descompressão de imagem que substitua o bloco de transformação inversa da IDCT pela matriz T^T como em T , com matriz de escalonamento S .
- 3) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de compressão e descompressão de imagem capaz de ser executado sem operações em ponto flutuante que use o circuito esquemático da Figura 4 para a transformada T no lugar de qualquer circuito esquemático para o cálculo da DCT ou variações da DCT com ou sem modificação do bloco de quantização.
- 4) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de descompressão de imagem que substitua o bloco de transformação inversa IDCT pelo circuito esquemático da Figura 5, da transformada T^T com ou sem modificação do bloco de quantização.

5) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de compressão de imagem que substitua o bloco de quantização por um bloco de quantização modificado pela matriz K_S como dado por $K_S = \text{diag}(S) \otimes \text{diag}(S)^T$, com divisão elemento a elemento como na Figura 6.

6) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de descompressão de imagem que substitua o bloco de desquantização por um bloco de desquantização modificado pela matriz K_S como dado por $K_S = \text{diag}(S) \otimes \text{diag}(S)^T$, com divisão elemento a elemento conforme a Equação 10.

7) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de compressão e descompressão de vídeo capaz de ser executado sem operações em ponto flutuante e que use a transformada T no lugar da DCT ou variações da DCT com compensação da matriz de escalonamento S como dado por $K_S = \text{diag}(S) \otimes \text{diag}(S)^T$, no bloco de quantização.

8) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de compressão e descompressão de vídeo que aplique o disposto na Figura 2 a cada um de seus *frames*, em parte ou por completo, que substitua o bloco de transformação inversa da IDCT pela

T^T com compensação da matriz de escalonamento S como dado por $K_S = \text{diag}(S) \otimes \text{diag}(S)^T$, no bloco de desquantização.

9) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de compressão e descompressão de vídeo que aplique a cada um de seus *frames*, em parte ou por completo, o circuito esquemático da Figura 3, para a transformada T no lugar do circuito do algoritmo rápido para a DCT ou variações da DCT empregadas.

10) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de descompressão de vídeo que aplique a cada um de seus *frames*, em parte ou por completo, e que substitua o bloco de transformação inversa IDCT pelo circuito esquemático da Figura 5, da transformada T^T .

11) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de compressão de vídeo que aplique a cada um de seus *frames*, em parte ou por completo, e que substitua o bloco de quantização por um bloco de quantização modificado pela matriz K_S como dado por $K_S = \text{diag}(S) \otimes \text{diag}(S)^T$, com divisão elemento a elemento como na Equação 6.

12) Sistema de aproximação da transformada discreta do cosseno de comprimento 16 para alta compressão de imagens com 66 adições, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado por** possuir dispositivo ou software de descompressão de vídeo que aplique a cada um de seus *frames*, em parte ou por completo, e que substitua o bloco de

desquantização por um bloco de desquantização modificado pela matriz K_s como dado por $Q^*(i, j)$, com divisão elemento a elemento como na Equação 10.

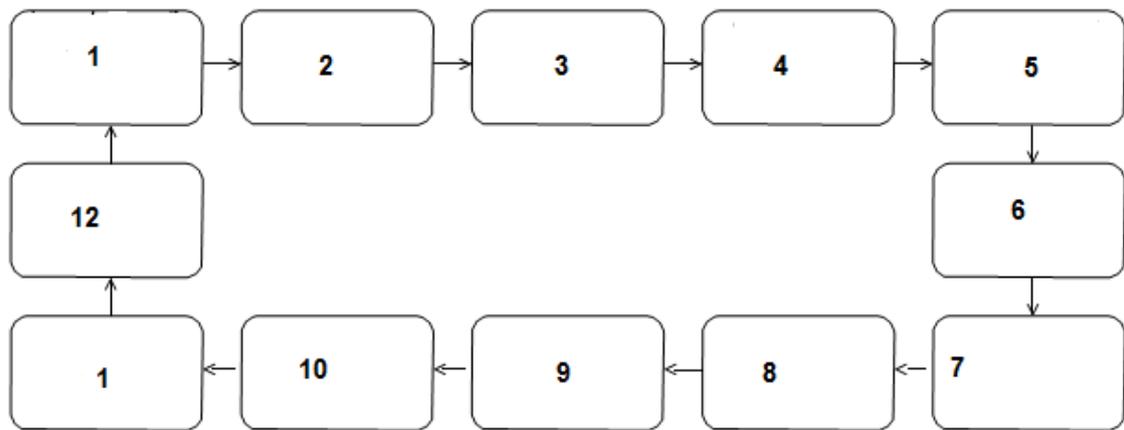


Figura 1

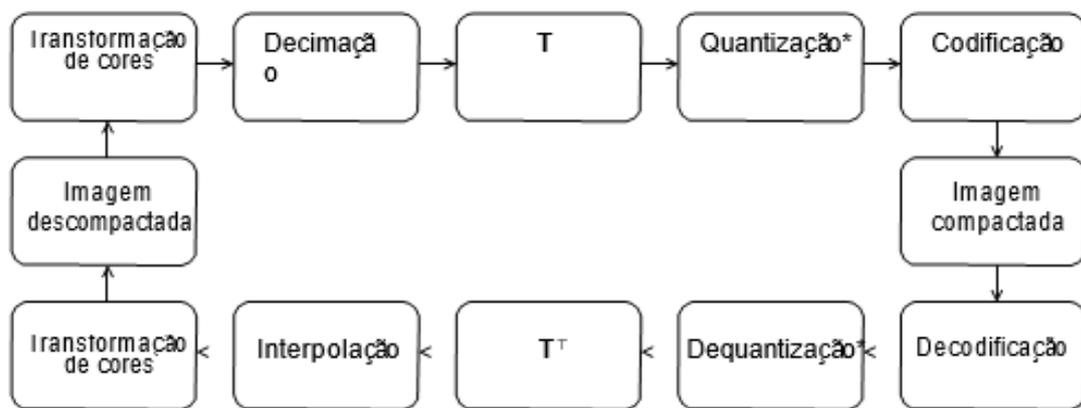


Figura 2

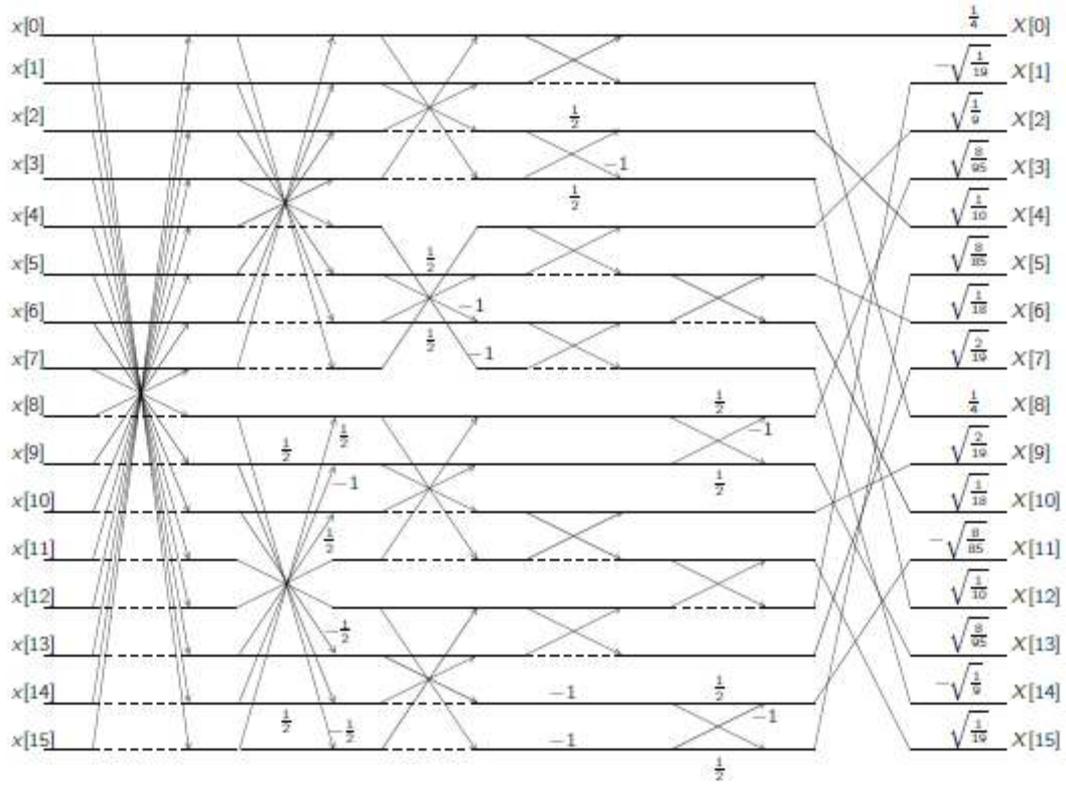


Figura 3

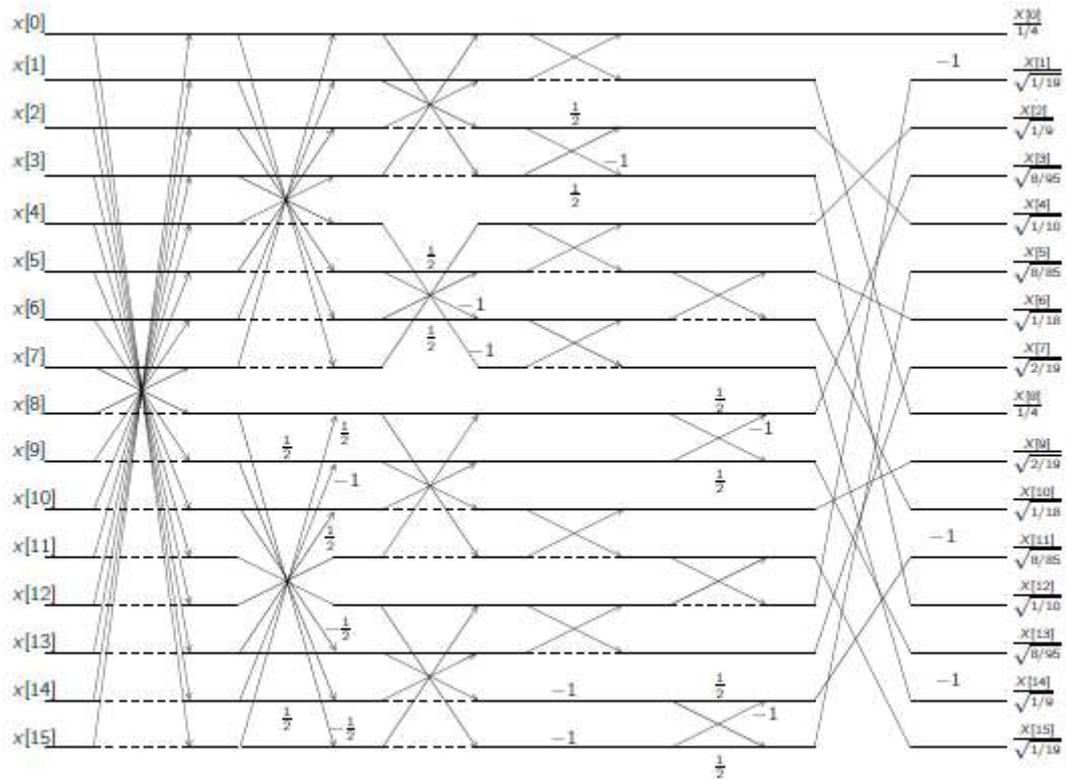


Figura 4

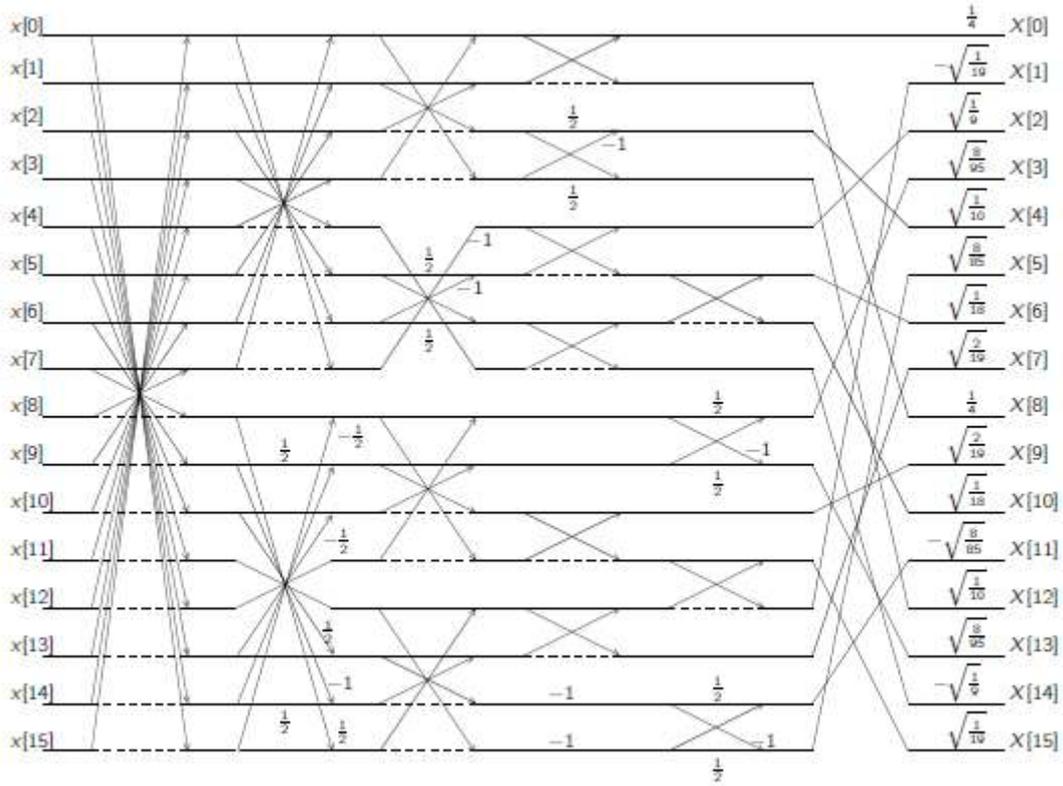


Figura 5

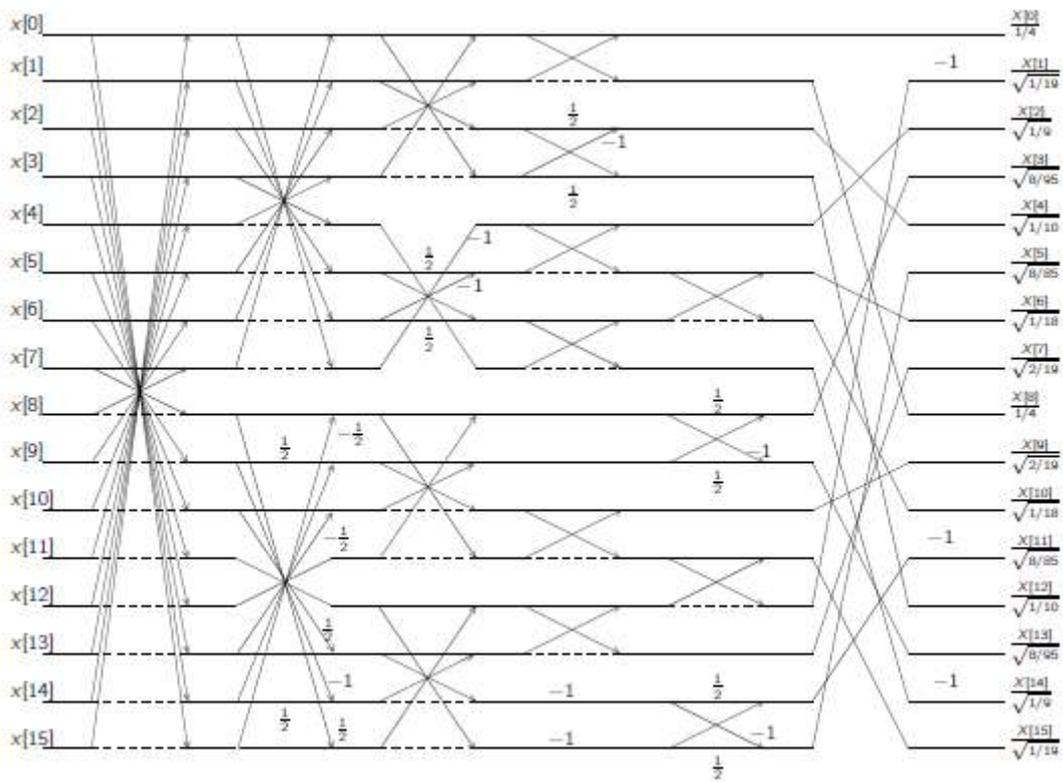


Figura 6

RESUMO

“SISTEMA DE APROXIMAÇÃO DA TRANSFORMADA DISCRETA DO COSSENO DE COMPRIMENTO 16 PARA ALTA COMPRESSÃO DE IMAGENS COM 66 ADIÇÕES”. A presente invenção trata sobre a compactação de mídia digital baseada em transformada de bloco, e descreve um sistema de processamento de imagem objetivando compressão de dados de imagem ou vídeo, similar ao esquema JPEG nos seus mais variados formatos, baseada na substituição do bloco de transformada comumente implementada por meio da DCT por uma outra transformada com alto poder de descorrelação de sinais estacionários de Markov tipo I, modelo no qual se encaixam sinais de imagens estáticas.