



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

**(11) PI 0413904-6 B1**

**(22) Data do Depósito:** 07/04/2004

**(45) Data de Concessão:** 06/06/2017



---

**(54) Título:** MÉTODO PARA MODELAR PADRÕES DE GRANULAÇÃO DE FILME NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

**(51) Int.Cl.:** G06T 5/00; G06T 5/10

**(52) CPC:** G06T 5/002,G06T 5/10,G06T 2207/20204

**(30) Prioridade Unionista:** 29/08/2003 US 60/498.945

**(73) Titular(es):** THOMSON LICENSING

**(72) Inventor(es):** CRISTINA GOMILA; JOAN LLACH

“MÉTODO PARA MODELAR PADRÕES DE GRANULAÇÃO DE FILME NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA”

Referências Cruzadas a Pedidos Relacionados

Esse pedido reivindica prioridade sob 35 U.S.C  
5 119(e) para o Pedido de Patente Provisória Norte-Americana  
No. Serial 60/498.945, depositado em 29 de Agosto de 2003,  
os ensinamentos do qual estão incorporados aqui.

Campo da Invenção

Essa invenção está relacionada a uma técnica para  
10 modelar padrões de granulação de filme no domínio da fre-  
quência.

Fundamentos da Invenção

Filme cinematográfico tipicamente contém ruído de-  
pendente de sinal, freqüentemente relacionado como granula-  
15 ção de filme, resultando do processo de exposição e desen-  
volvimento do filme fotográfico. Tal ruído resulta em um pa-  
drão ou textura característico quase aleatório, causado pela  
granularidade física da emulsão fotográfica. Alternativamen-  
te, ruído dependente de sinal pode ocorrer como resultado de  
20 subseqüente edição das imagens. O padrão de granulação pode  
ser simulado para propósitos de compressão de vídeo.

O padrão de compressão de vídeo ITU-T H.264 |  
MPEG-4 AVC tem aceitado em sua Emenda de Extensões de Faixa  
de Fidelidade a inclusão de uma mensagem SEI (Informação de  
25 Aperfeiçoamento Suplementar) de granulação de filme. A men-  
sagem de SEI de granulação de filme transporta uma série de  
parâmetros permitindo simulação de granulação de filme no  
receptor. Para o padrão de compressão ITU-T H.264 | MPEG-4

AVC, parâmetros na mensagem SEI podem ser especificados de acordo com dois modelos diferentes: o modelo auto-regressivo e o modelo de filtragem de frequência. Ambos os modelos permitem caracterizar o padrão (tamanho e forma) da granulação de filme, correlação de intensidade e de cor através de diferentes conjuntos de parâmetros para diferentes níveis de intensidade. Em particular, o modelo de filtragem de frequência caracteriza o padrão de granulação de filme através da especificação de um conjunto de frequências de corte que define um filtro de passa-bandas 2D no domínio da frequência. Note que ITU-T H.264 | MPEG-4 AVC somente padroniza a sintaxe necessária para transmitir as frequências de corte, mas não fornece um método para computá-las para uma sequência de vídeo com granulação de filme.

Assim, existe uma necessidade por uma técnica permitindo a modelagem automática do padrão de granulação de filme no domínio da frequência como especificado pelo modelo de filtragem de frequência no padrão de compressão ITU-T H.264 | MPEG-4 AVC. Resultados para essa técnica poderiam ser usados tanto para aplicações de modelagem de granulação de filme quanto como a etapa de inicialização para um processo de modelagem assistida de granulação de filme.

#### Sumário da Invenção

Brevemente, de acordo com a modalidade ilustrativa, é fornecido um método para modelagem (isto é, caracterização) de padrões de granulação de filme no domínio da frequência. O método compreende as etapas de (1) transformar um conjunto de amostras de granulação de filme homogêneo rece-

bidadas como uma entrada ao processo para o domínio da frequência, desse modo resultando em um conjunto de coeficientes de transformada tendo um padrão particular: (2) analisar o padrão criado pelos coeficientes transformados; e (3) estimar as frequências de corte de um filtro de frequência 2D que pode efetivamente simular o padrão de coeficientes de transformada através de filtrar ruído aleatório. As frequências de corte estabelecidas por esse método podem ser transportadas em uma mensagem SEI de acordo com o padrão ITU-T H.264 | MPEG-4 AVC permitindo simulação e re-inserção de granulação de filme em um decodificador.

#### Breve Descrição dos Desenhos

A Fig. 1 representa na forma de fluxograma as etapas de um método para caracterizar padrões de granulação de filme de acordo com os princípios presentes; e

A Fig. 2 representa na forma de fluxograma uma variação do método de caracterização de granulação de filme da Fig. 1.

#### Descrição Detalhada da Invenção

A Fig. 1 representa na forma de fluxograma as etapas de um método de acordo com os presentes princípios para modelar um padrão de granulação de filme no domínio da frequência mediante recebimento de uma série de amostras de granulação de filme representando um padrão de granulação de filme homogêneo. Como discutido em maiores detalhes a seguir, o método dos presentes princípios parametriza o padrão das amostras de entrada através da análise do tamanho e forma das estruturas formando a granulação. Como a granulação

pode formar diferentemente dependendo da exposição de filme, amostras de granulação de filme homogêneo são tipicamente aquelas associadas a valores de luminância similares medidos na imagem de filme. Amostras de granulação de filme na entrada do processo poderiam ser qualquer grupo (ou grupos) de pixels vizinhos que retém informação sobre o tamanho e forma da granulação de filme. Na modalidade ilustrada, assume-se para simplicidade que as amostras de granulação de filme são dispostas em blocos quadrados de  $N \times N$  pixels com uma implementação de transformada particular baseada em DCT de blocos quadrados de  $N \times N$  pixels, embora outras transformadas, tais como uma Transformada Rápida de Fourier, trabalhem igualmente bem.

O método dos presentes princípios assume que a modelagem da granulação de filme presente em  $I_{\text{granulação}}[x,y,c]$  ocorre de acordo com a relação:

$$I_{\text{granulação}}[x,y,c] = I_{\text{sem granulação}}[x,y,c] + G[x,y,c] \quad (1)$$

Onde  $G[x,y,c]$  representa a granulação simulada em coordenadas de pixel  $(x,y)$  para o componente de cor  $c$ .  $G[x,y,c]$  é computado como:

$$G[x,y,c] = p * Q[x,y,c] + u * G[x,y,c-1] \quad (2)$$

Onde o parâmetro  $p$  é o desvio padrão do ruído aleatório e o parâmetro  $u$  modela a correlação cruzada de cor entre diferentes componentes de cor. Mais particularmente, o termo  $Q[c]$  compreende um campo aleatório bi-dimensional gerado por filtragem de blocos  $b$  de  $N \times M$  valores aleatórios, que foram gerados com uma distribuição Gaussiana normalizada  $N(0,1)$ . Em uma modalidade particular, a filtragem de passa-

bandas de blocos  $b$  pode ser executada no domínio da frequência pelas seguintes três etapas:

Etapa 1: Transformada

$B = \text{DCT}_N \times M(b)$

5

Etapa 2: Filtragem de frequência

for ( $y=0$ ;  $y<N$ ;  $y++$ )

for ( $x=0$ ;  $x<M$ ;  $x++$ )

if ( ( $x < \text{LOW\_HF} \ \&\& \ y < \text{LOW\_VF}$ ) ||

10

$x > \text{HIGH\_HF} \ || \ y > \text{HIGH\_VF}$ )

$B[x,y] = 0$ ;

15

Onde  $\text{LOW\_HF}$  e  $\text{LOW\_VF}$  são as frequências de corte baixas Horizontal e Vertical, respectivamente, e  $\text{HIGH\_HF}$  e  $\text{HIGH\_VF}$  são as frequências de corte altas, Horizontal e Vertical, respectivamente. As frequências de corte definem os limites entre coeficientes preservados e filtrados quando uma imagem de granulação de filme é mapeada no domínio da frequência e serve para caracterizar o tamanho da granulação.

20

Etapa 3: Transformada Inversa

$b' = \text{IDCT}_N \times M(B)$

25

Finalmente,  $Q[c]$  é formado através de combinar os blocos filtrados  $b'$  em uma imagem composta. A filtragem passa-baixas das transições de bloco reduzirá possível "bloqueio". Embora  $M$  e  $N$  poderiam tomar qualquer valor, na prática, blocos quadrados de  $16 \times 16$ ,  $8 \times 8$  ou  $4 \times 4$  pixels

trabalham melhor. Note também que outras transformadas, tais como a Transformada Rápida de Fourier (FFT) poderiam substituir o processo DCT nas Etapas 1 e 3.

Através desses princípios, modelar os padrões de granulação de filme é equivalente a extrair as frequências de corte LOW\_HF, LOW\_VF, HIGH\_HF e HIGH\_VF que caracteriza o filtro passa-bandas no domínio da frequência.

O método dos presentes princípios inicia mediante a execução da etapa 101, na qual cada bloco de  $N \times N$  pixels passa por uma Transformada Discreta de Co-seno, com subsequente armazenamento das matrizes resultantes de  $N \times N$  coeficientes durante a etapa 102. Durante a etapa 103, uma verificação ocorre para decidir se existe uma necessidade por mais blocos com amostras de granulação de filme de modo a obter mais coeficientes para armazenamento. Geralmente, todos os blocos de amostras de granulação de filme disponíveis na entrada passam por uma transformada. Entretanto, para reduzir exigências de memória ou carga computacional, o processamento poderia parar depois que um certo número de blocos ter passado por uma transformada. Seguindo armazenamento de um número suficiente de blocos transformados, a etapa 104 ocorre, quando mediante um bloco médio ( $B_{\text{médio}}$ ) é computado através de calcular a média dos coeficientes de todos os blocos armazenados. Assumindo  $K$  como o número de blocos armazenados, o processo de calcular a média para o coeficiente na posição  $[x, y]$  pode ser formulado como segue:

$$B_{\text{médio}}[x, y] = \frac{1}{K} \sum_{i=0}^{K-1} B_i[x, y] \quad (3)$$

A seguir, as etapas 105 e 106 ocorrem tipicamente em paralelo. Durante a etapa 105, um vetor médio horizontal  $B_H$  é computado através da média dos  $N$  coeficientes de frequência de cada linha de  $B_{\text{médio}}$  de acordo com a relação:

$$5 \quad B_H[y] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} B_{\text{médio}}[n, y] \quad (4)$$

Em uma modalidade particular, é possível evitar a influência do coeficiente DC na média da primeira linha com a relação:

$$B_H[0] = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} B_{\text{médio}}[n, 0]$$

10 Durante a etapa 106, o vetor médio vertical é computado através da média dos  $N$  coeficientes de frequência de cada coluna de  $B_{\text{médio}}$  de acordo com a relação:

$$B_V[x] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} B_{\text{médio}}[x, n] \quad (5)$$

15

Em uma modalidade particular, é possível evitar a influência do coeficiente DC na média da primeira coluna com a relação:

$$20 \quad B_V[0] = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} B_{\text{médio}}[0, n]$$

A partir dos vetores de frequência, a seleção das frequências de corte horizontal e vertical ocorre durante as etapas 107 e 108, respectivamente, para estimar o tamanho da granulação de filme. Como visto na Fig. 1, as etapas 107 e 25 108 tipicamente ocorrem em paralelo. A seleção da frequência

de corte horizontal durante a etapa 107 ocorre da seguinte maneira. Primeiro, os componentes no vetor médio horizontal passam por filtragem passa-baixas para evitar picos falsos. Na modalidade ilustrativa, tal filtragem passa-baixas do vetor médio horizontal ocorre através de convoluindo o vetor médio com um filtro de resposta a impulso  $h[n]$  de acordo com a relação:

$$B'_H[n] = \sum_{i=1}^n B_H[i]h[n-i] = (B_H * h)[n] \quad (6)$$

10

Por exemplo, um filtro linear de 3 derivações com coeficientes  $w_0$ ,  $w_1$  e  $w_2$  poderia ser aplicado para cada coeficiente de acordo com a relação:

$$B'_H[n] = w_0.B_H[n-1] + w_1.B_H[n] + w_2.B_H[n+1], \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (7)$$

15

Observe que, de modo a aplicar a filtragem nas extremidades do vetor médio  $B$ , é necessário atenuar o vetor médio original tal que as amostras para  $n < 0$  e  $n > N-1$  são definidas.

A seguir, o valor médio de  $B'_H$  é computado através da média de seus componentes de acordo com a relação:

20

$$\bar{B}'_H = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} B'_H[n] \quad (8)$$

Portanto, o vetor  $B'_H$  é representado como uma curva, e seus pontos de interseção com o valor médio  $\bar{B}'_H$  são computados. Se um único ponto de interseção é encontrado, o índice  $n$  do componente mais próximo em  $B'_H$  é escolhido como

25

o valor da alta freqüência de corte horizontal; a baixa freqüência de corte horizontal é assumida como sendo 0. Se dois pontos de interseção são encontrados, os índices dos componentes mais próximos são encontrados para cada um. O valor mais baixo corresponderá à baixa freqüência de corte horizontal conde o valor mais alto corresponderá à alta freqüência de corte horizontal. Se mais do que dois pontos de interseção são encontrados, nenhuma correlação espacial é detectada. A baixa freqüência de corte horizontal é assumida como sendo 0, e a alta freqüência de corte horizontal é assumida como sendo N-1, indicando à função de simulação de granulação de filme que nenhuma filtragem de freqüência é exigida para imitar a granulação original.

O mesmo procedimento descrito para selecionar a freqüência de corte horizontal ocorre durante a etapa 108 para selecionar a freqüência de corte vertical usando o vetor de freqüência vertical  $B_v$ . No término das etapas 107 e 108, o método da Fig. 1 resulta em quatro freqüências de corte (LOW-HF, HIGH\_HF, LOW\_VF, HIGH\_VF) que caracterizam ambos o tamanho e o prolongamento da granulação. A granulação prolongada ocorre quando  $LOW\_HF \neq LOW\_VF$  e/ou  $HIGH\_HF \neq HIGH\_VF$ .

A Fig. 2 ilustra um método de modelagem de granulação alternativo, onde é possível restringir a granulação à formas circulares. Isso implica que as freqüências de corte horizontal e vertical permanecem as mesmas. O método da Fig. 2 contém muitas etapas em comum com o método da Fig. 1. Portanto, numerais de referência similares foram usados na Fig.

2 como na Fig. 1 para descrever etapas similares. O método da Fig. 2 difere do da Fig. 1 em que dos vetores de frequência vertical e horizontal ( $B_V$  e  $B_H$ ) é calculada a média durante a etapa 109 da Fig. 2 para criar vetor de única frequência (B). Então, o mesmo procedimento é executado durante 5 as etapas 107 e 108 na Fig. 2 para estimar alta e baixa frequências de corte como é executado durante as etapas 107 e 108 da Fig. 1.

O precedente descreve uma técnica para modelar um 10 padrão de granulação de filme no domínio da frequência.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para modelar granulação de filme em imagens digitais, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender as etapas de:

5                    transformar um conjunto de amostras de granulação de filme, compreendido de pelo menos um grupo de pixels vizinhos que retém informações sobre o tamanho e o formato da granulação de filme, para o domínio da frequência (101);

                    armazenar cada conjunto de coeficientes resultantes de tal transformada (102);

                    analisar os coeficientes da transformada (104, 105, 106); e

                    estimar as frequências de corte de um filtro passa-bandas 2D que pode simular uma distribuição dos coeficientes de transformada (107, 108) através da filtragem de um ruído aleatório no domínio da frequência.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de compreender a etapa de transmitir pelo menos uma frequência de corte como uma  
20                    informação suplementar.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de as amostras de granulação de filme serem processadas em blocos de  $N \times N$  pixels.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3,  
25                    **CARACTERIZADO** pelo fato de a etapa de analisar o padrão criado pelos coeficientes de transformada adicionalmente compreender as etapas de:

computar um bloco médio de  $N \times N$  coeficientes de transformada através do cálculo da média dos coeficientes de todos os blocos armazenados e seguir a transformada de cada bloco de  $N \times N$  pixels;

5           definir vetores médios horizontal e vertical de  $N$  componentes cada um através do cálculo da média do bloco médio de  $N \times N$  coeficientes ao longo de linhas e colunas, respectivamente;

10           representar os vetores médios horizontal e vertical como curvas separadas; e

estabelecer freqüências de corte horizontal e vertical a partir das curvas representadas pelos vetores médios horizontal e vertical, respectivamente.

15           5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de compreender a etapa de filtragem por um filtro passa-baixas de pelo menos um vetor médio.

20           6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de pelo menos uma das freqüências de corte horizontal e vertical ser estabelecida a partir de um ponto de interseção na curva, e esta representar um dos vetores médios horizontal e vertical correspondente.

25           7. Método, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de cada uma dentre a baixa ou alta freqüência de corte horizontal e vertical ser estabelecida a partir de um primeiro e um segundo pontos de interseção na curva, e esta representar os vetores médios horizontal e vertical, respectivamente.

8. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de a etapa de analisar o padrão criado pelos coeficientes da transformada compreender adicionalmente as etapas de:

5            computar um bloco médio de  $N \times N$  coeficientes da transformada através de cálculo da média dos coeficientes da transformada de todos os blocos armazenados e seguir uma transformada de cada bloco de pixel;

             definir vetores médios horizontal e vertical de  $N$   
10            componentes cada um através do cálculo do bloco médio de  $N \times N$  coeficientes de transformada ao longo de linhas e colunas, respectivamente;

             calcular a média dos vetores médios horizontal e vertical em um único vetor médio;

15            representar os vetores médios como uma curva; e  
             estabelecer frequências de corte horizontal e vertical a partir da curva representada pelo vetor médio.

9. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de compreender a etapa de filtrar, através de um filtro passa-baixas, o vetor  
20            médio.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de uma dentre uma frequência de corte horizontal e vertical ser estabelecida a partir de um  
25            ponto de interseção na curva, e esta representar um dos vetores médios horizontal e vertical correspondente, respectivamente.

11. Método, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de cada uma dentre uma baixa e alta frequências de corte horizontal e vertical ser estabelecida a partir de um primeiro e um segundo pontos de interseção na curva, e esta representar os vetores médios horizontal e vertical, respectivamente.

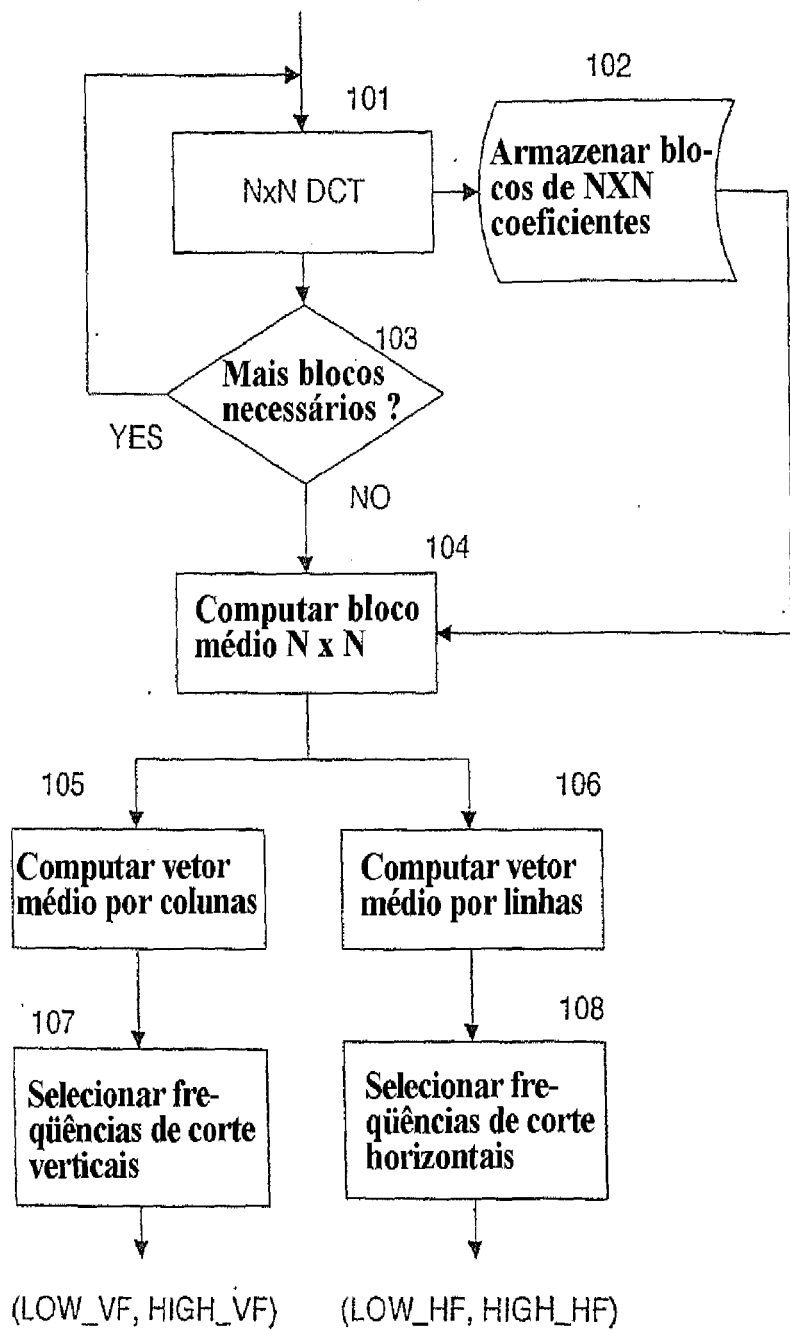
12. Método para modelar padrões de granulação de filme, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender as etapas de:  
receber um conjunto de amostras de granulação de filme;

executar uma transformada no conjunto de amostras de granulação de filme, compreendido de pelo menos um grupo de pixels vizinhos para reter informação sobre forma e tamanho de granulação de filme para o domínio da frequência;

armazenar cada conjunto de coeficientes resultantes de tal transformada, os coeficientes formando um padrão;  
analisar o padrão criado pelos coeficientes da transformada; e

estimar as frequências de corte de um filtro passa-bandas 2D para simular o padrão de coeficientes da transformada através da filtragem de um ruído aleatório em um domínio de frequência.

### N x N Blocos de granulação de filme



**FIGURA 1.**

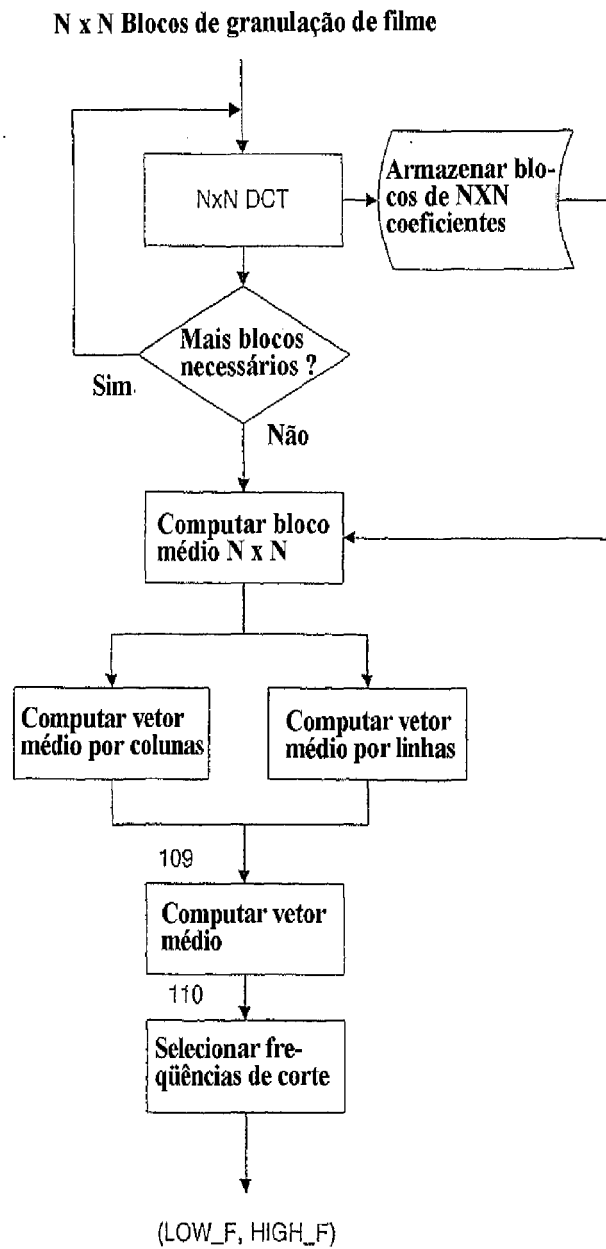


FIGURA 2