

# Aplicação do Algoritmo LBG Ponderado e da Transformada Discreta do Cosseno na Compressão de Imagens

Lia Vogas K. Marrara e Waslon Terllizzie A. Lopes

**Resumo**— Neste artigo mostra-se que a qualidade das imagens reconstruídas após a quantização vetorial dos coeficientes da Transformada Discreta do Cosseno pode ser melhorada por meio da utilização do Algoritmo LBG ponderado com pesos calculados usando a Lei  $\mu$ . Os resultados de simulação mostram que ganhos médios da ordem de 0,62 dB podem ser obtidos.

**Palavras-Chave**— Processamento de Imagem, Quantização Vetorial, Transformada Discreta do Cosseno, Lei  $\mu$ .

**Abstract**— This paper shows that the quality of coded images based on Vector Quantization and Discrete Cosine Transform could be enhanced by using the weighted LBG Algorithm where the weights are calculated using  $\mu$  Law. Simulation results show improvements up to 0.62 dB.

**Keywords**— Image Processing, Vector Quantization, Discrete Cosine Transform, Mu-Law.

## I. INTRODUÇÃO

A compressão de sinais permite a representação adequada de determinada informação utilizando um número menor de bits. Dessa forma, haverá um menor requisito de largura da faixa de transmissão e na capacidade de armazenamento de dispositivos [1]. No âmbito mais específico de compressão de imagens, a Transformada Discreta do Cosseno (DCT) tem sido amplamente utilizada [2].

Outra técnica que tem se destacado no estudo da compressão de imagens (e também na compressão de áudio) [3] é a de Quantização Vetorial (QV). O projeto de dicionários para codificação e decodificação na QV é determinante para o desempenho desse sistema. Nesse contexto, o algoritmo LBG, também conhecido como  $k$ -médias, é amplamente utilizado [4].

Os coeficientes de maior ordem da DCT normalmente correspondem a menores amplitudes. Baseado nisso, uma quantização não uniforme destes coeficientes pode levar a um melhor desempenho no sistema de codificação de imagens.

A Lei  $\mu$  consiste em uma forma de compressão não linear de um sinal [5]. Associada à Quantização Vetorial, é possível obter uma representação melhor da imagem atribuindo maior importância aos coeficientes que terão maior contribuição para a qualidade da mesma.

Neste artigo, explora-se as expressões da Lei  $\mu$  para compressão não linear dos coeficientes da DCT [5]. Mostra-se

por meio de simulações que esta abordagem pode melhorar a qualidade das imagens reconstruídas utilizando a quantização vetorial dos coeficientes da DCT, em que o cálculo da distorção no projeto de dicionários é ponderado [6] pela Lei  $\mu$ .

## II. QUANTIZAÇÃO VETORIAL

Considere um vetor  $K$ -dimensional representado por  $x = [x_0 x_1 \dots x_{K-1}]^T$ , cujas componentes  $x_K$ , que variam de 0 a  $K - 1$ , são variáveis aleatórias que assumem valores reais. Na QV, um vetor  $x$  é mapeado em um vetor  $y$ , discreto em amplitude e escolhido dentre um conjunto finito, representado por  $Y = \{y_i, 0 < i < N - 1\}$ . Os vetores-código  $y_i$  são dados por  $y_i = [y_{i0} y_{i1} \dots y_{i(K-1)}]^T$ . Dessa forma, tem-se que

$$y = Q(x). \quad (1)$$

Ou seja,  $y$  é o resultado da quantização vetorial, correspondente à operação  $Q(\cdot)$ , aplicada ao vetor  $x$ . O conjunto  $Y$  é denominado dicionário do quantizador vetorial. O número máximo de vetores-código,  $N$ , corresponde à quantidade de níveis do dicionário. O algoritmo LBG [4] proposto por Linde, Buzo e Gray é amplamente utilizado no projeto de dicionários.

## III. TRANSFORMADA DISCRETA DO COSSENO

A DCT tem como princípio de funcionamento converter o sinal de entrada nas suas frequências elementares. Uma imagem com dimensões  $N \times N$  pixels com cada pixel sendo um nível de cinza denotado por  $f(j, k)$ , com  $j, k = 0, 1, 2, \dots, N - 1$  tem sua DCT  $F(j, k)$  dada por [7]:

$$F(j, k) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{N-1} f(n, m) \cos \left[ \frac{(2n+1)j\pi}{2N} \right] \times \cos \left[ \frac{(2m+1)k\pi}{2N} \right] \quad (2)$$

A matriz dos coeficientes da DCT, ao final do processo, apresenta as maiores energias concentradas nos primeiros elementos. Utilizando a reordenação em zigzag [8], torna-se possível fazer o descarte dos coeficientes de maior frequência espectral, proporcionando uma compactação maior da imagem.

## IV. LEI $\mu$

Na quantização não linear de sinais pode-se utilizar a Lei  $\mu$  para melhorar a distorção nas componentes de baixa amplitude dos sinais a serem codificados [5]. Os coeficientes da DCT apresentam esta característica após a leitura em Zigzag. Assim,

Lia Vogas Ker Marrara Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Instituto de Estudos Avançados em Comunicações (Iecom), Campina Grande-PB, Brasil, E-mail: lia.marrara@ee.ufcg.edu.br.

Waslon Terllizzie Araújo Lopes, Departamento de Engenharia Elétrica, Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil, E-mail: waslon@ieee.org.

os coeficientes correspondentes às baixas frequências (que tem as maiores amplitudes) tem maior impacto no cálculo da distorção nos passos do algoritmo LBG.

A Lei  $\mu$  [9] dentre as leis de compressão é definida por:

$$y = C(x) = \frac{V \ln(1 + \mu x/V)}{\ln(1 + \mu)}, \text{ se } x > 0 \quad (3)$$

e

$$y = -C(-x), \text{ se } x \leq 0. \quad (4)$$

Em (3) e (4),  $C(\cdot)$  representa a aplicação da Lei  $\mu$ , em que  $x$  representa o coeficiente DCT original da imagem e  $y$  é o coeficiente resultante. A constante  $\mu$  é determinada experimentalmente por meio da maximização da relação sinal-ruído de pico (PSNR) das imagens reconstruídas. A PSNR é dada por [1]

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left[ \frac{255^2}{\text{MSE}} \right], \quad (5)$$

em que o MSE (*Mean Square Error*) representa ao erro médio quadrático entre a imagem original e a imagem codificada.

## V. RESULTADOS

Para a avaliação do desempenho da Quantização Vetorial associada à DCT e à Lei  $\mu$  como ferramentas para a compressão de imagens, foi feita a quantização vetorial da imagem Lena.

A rotina de simulação implementou a seguinte sequência de operações na imagem de entrada: DCT  $\rightarrow$  Lei  $\mu$   $\rightarrow$  QV  $\rightarrow$  (QV) $^{-1}$   $\rightarrow$  (Lei  $\mu$ ) $^{-1}$   $\rightarrow$  (DCT) $^{-1}$ , em que o expoente  $(\cdot)^{-1}$  indica a operação inversa da operação entre parênteses. Foi utilizado o descarte de 48 coeficientes dentre os 64 coeficientes disponíveis (DCT de ordem  $8 \times 8$ ).

A avaliação de desempenho da técnica proposta pode ser vista na Tabela I em que se observa que a ponderação dos coeficientes DCT no cálculo da distorção do algoritmo LBG leva a uma PSNR mais alta para todas as taxas de codificação ( $R$ ) apresentadas. O valor do parâmetro  $\mu = 0,01$  foi obtido experimentalmente por meio de simulações visando o aumento da PSNR. Neste conjunto de experimentos percebe-se que a técnica proposta apresenta um ganho médio da ordem de 0,62 dB considerando a faixa de valores de taxa de codificação analisada.

TABELA I

PSNR DAS IMAGENS RECONSTRUÍDAS APÓS A QUANTIZAÇÃO VETORIAL DOS COEFICIENTES DCT COM E SEM APLICAÇÃO DA PONDERAÇÃO BASEADA NA LEI  $\mu$ .

$N$	$R$ (bpp)	QV+DCT	QV+Lei $\mu$ +DCT	Ganho(dB)
16	0,0625	22,25	22,62	0,37
32	0,0781	23,13	23,57	0,44
64	0,0937	23,69	24,27	0,58
128	0,1093	24,06	24,84	0,78
256	0,1250	24,29	25,27	0,98
512	0,1406	24,45	25,44	0,99
1024	0,1562	26,38	26,54	0,16
<b>PSNR média</b>		<b>24,03</b>	<b>24,65</b>	<b>0,62</b>

Por sua vez, a qualidade subjetiva das imagens reconstruídas também foi melhorada. Este fato pode ser observado na Fig. 1 em que foram utilizados  $N = 1024$  vetores na reconstrução da imagem Lena.

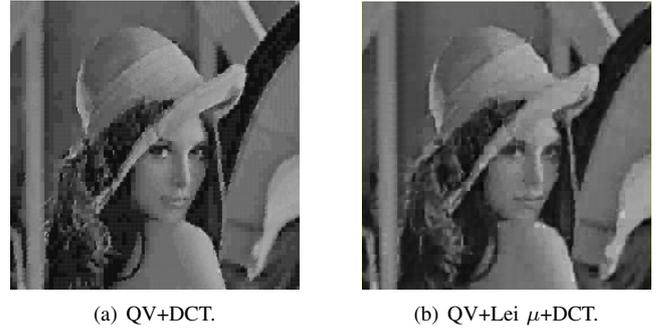


Fig. 1. Imagem Lena reconstruída para  $N = 1024$  vetores.

## VI. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os resultados da aplicação da ponderação do algoritmo LBG aplicado a quantização vetorial de coeficientes DCT no contexto da compressão de imagens. A ponderação dos coeficientes DCT foi realizada utilizando a Lei  $\mu$  ampliando a importância dos coeficientes de menor amplitude no cálculo da distorção entre o sinal original e o sinal codificado. Resultados de simulação mostraram que ganhos da ordem de 0,62 dB podem ser obtidos com a aplicação da técnica proposta. Como trabalhos futuros, os autores pretendem investigar técnicas para alocação não-uniforme de bits aos coeficientes DCT.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o PIBIC/CNPq/UFCG por financiar este trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] W. T. A. Lopes. "Diversidade em Modulação Aplicada à Transmissão de Imagens em Canais com Desvanecimento". Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil, Junho 2003.
- [2] H. Caglar, S. Gunturk, B. Sankur and E. Anarim. "VQ-adaptive Block Transform Coding of Images". *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 7, no. 1, pp. 110–115, January 1998.
- [3] J. Makhoul, S. Roucos and H. Gish. "Vector Quantization in Speech Coding". *Proceedings of the IEEE*, vol. 73, pp. 1551–1558, November 1985.
- [4] Y. Linde, A. Buzo and R. M. Gray. "An Algorithm for Vector Quantizer Design". *IEEE Transactions on Communications*, vol. 28, pp. 84–95, January 1980.
- [5] B. P. Lathi. *Modern Digital and Analog Communication Systems*. Saunders College Publishing, New York, third edition, 1989.
- [6] B. Macq and H. Q. Shi. "Perceptually Weighted Vector Quantisation in the DCT Domain". *Electronics Letters*, vol. 29, no. 15, pp. 1382–1384, July 1993.
- [7] R. M. Gray. "Vector Quantization". *IEEE ASSP Magazine*, vol. 1, pp. 4–29, April 1984.
- [8] A. K. Pal, G. P. Biswas and S. Mukhopadhyay. "A Hybrid DCT-VQ Based Approach for Efficient Compression of Color Images". In *Int'l Conf. on Computer & Communication Technology — ICCCT'10—*, pp. 177–181, 2010.
- [9] C. W. Brokish and M. Lewis. *A-Law and Mu-Law Companding Implementation Using the TMS320C54x*. Texas Instruments Incorporated, December 1997.