

Compressão de Imagens Baseada em Quantização Vetorial e Transformada Discreta do Cosseno

Fellipe André Lucena de Oliveira e Waslon Terllizzie Araújo Lopes

Resumo—Este artigo discute a utilização das técnicas de Quantização Vetorial (QV) e da Transformada Discreta do Cosseno (DCT) na compressão de imagens, visando avaliar o desempenho da combinação destas técnicas. Os resultados de simulação da quantização vetorial dos coeficientes da DCT mostram que a utilização conjunta das técnicas produz, em média, menor distorção do que aquela oriunda da aplicação da QV no domínio espacial, para a maior parte das taxas de codificação avaliadas.

Palavras-Chave—Quantização Vetorial, Transformada Discreta do Cosseno, Compressão de Imagens.

Abstract—This paper discusses the use of Vector Quantization (QV) and Discrete Cosine Transform (DCT) in image compression, in order to evaluate the performance of the combination of these techniques. Simulation results concerning the quantization of the DCT coefficients show that the joint use of the techniques leads, in average, to a smaller distortion when compared to the use of QV in the spatial domain, for most part of the considered coding rates.

Keywords—Vector Quantization, Discrete Cosine Transform, Image Compression.

I. INTRODUÇÃO

A codificação e a transmissão eficiente de sinais é importante em diversas aplicações, tais como comunicações móveis, imagens de satélite, imagens médicas, vídeo conferência e comunicações multimídia. Muitos destes sistemas apresentam restrições de largura de banda e/ou de memória, o que exige que os sinais passem por um processo de compressão, no intuito de adequá-los aos requisitos de transmissão e armazenamento. Dentro deste contexto estão incluídas as técnicas de Quantização Vetorial (QV) e Transformada Discreta do Cosseno (DCT) [1], que possuem o objetivo comum de reduzir a quantidade de bits necessários para a representação dos sinais.

Neste trabalho investiga-se se a quantização vetorial dos coeficientes da transformada produz melhores resultados do que a quantização vetorial no domínio espacial, considerando uma mesma taxa de codificação. Para isto, são avaliadas e comparadas as distorções produzidas por cada tipo de compressão, através de duas medidas objetivas de distorção: Relação Sinal-Ruído de Pico (PSNR – *Peak Signal-to-Noise Ratio*) e Similaridade Estrutural (SSIM – *Structural Similarity*) [2].

Fellipe André Lucena de Oliveira e Waslon Terllizzie Araújo Lopes, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil. E-mails: fellipe.oliveira@cear.ufpb.br, waslon@cear.ufpb.br. Este trabalho foi financiado pelo PIBIC/CNPq.

II. QUANTIZAÇÃO VETORIAL

O processo de quantização vetorial de um sinal consiste em codificar blocos de amostras (*i.e.*, vetores), em vez de amostras individuais [3]. De forma geral, sobre um vetor aleatório $\mathbf{x} = \{x_0, x_1, \dots, x_{k-1}\}$ k -dimensional atua o operador de codificação $Q(\cdot)$, que associa a \mathbf{x} um vetor de reconstrução $\mathbf{y} = \{y_0, y_1, \dots, y_{k-1}\}$ que se encontra em um conjunto finito de N vetores discretos, chamado de dicionário (*codebook*), em que N é o número de níveis do dicionário. Matematicamente, pode-se representar a quantização vetorial como

$$\mathbf{y} = Q(\mathbf{x}). \quad (1)$$

O vetor \mathbf{y} é escolhido no dicionário e associado a \mathbf{x} de tal maneira que a distorção $d(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ introduzida pela quantização seja mínima. Um exemplo de medida de distorção entre vetores é a distância euclidiana, tendo sido esta a medida utilizada nos experimentos abordados por este trabalho.

Desta forma, em um sistema de comunicações baseado em quantização vetorial, o sinal a ser transmitido é codificado pelo emissor através dos índices dos vetores que introduzem as menores distorções. O receptor, que possui uma cópia do dicionário, decodifica então o que foi transmitido e reconstrói o sinal, obtendo no final um sinal quantizado. Esta forma de codificação permite uma considerável economia de bits, visto que vários pixels são representados por um único número, que assume valores entre 0 e $N - 1$.

III. TRANSFORMADA DISCRETA DO COSSENO

Para obter a DCT de uma imagem faz-se, usualmente, uma divisão desta em blocos de $N \times N$ *pixels* e aplica-se uma transformação dada por

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

em que $f(m, n)$ é a intensidade do pixel na posição (m, n) do bloco e $F(k, j)$ é o valor do coeficiente da matriz transformada na posição (k, j) [4]. O resultado desta transformação é uma matriz de coeficientes representativos de frequências espaciais.

Uma das propriedades da DCT é que o bloco transformado apresenta maiores amplitudes nos coeficientes iniciais, o que torna possível o descarte (substituição por 0) dos coeficientes restantes, os quais carregam menos informação e tem valores que tendem a ser próximos de 0. É esta propriedade que permite o uso da DCT para fins de compressão de imagens,

pois os coeficientes descartados não precisam ser armazenados ou transmitidos.

IV. RESULTADOS

Foram escritos programas em Linguagem C para implementar os algoritmos de QV e DCT, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1, em que QV^{-1} e DCT^{-1} indicam as operações inversas da quantização vetorial e transformada discreta do cosseno, respectivamente. O processo é iniciado com a aplicação da DCT, que transforma a matriz de pixels da imagem em uma matriz de blocos 8×8 de frequências espaciais; em seguida, de cada bloco são descartados 44 coeficientes, seguindo a ordem inversa da leitura zig-zag; Finalmente, os 20 coeficientes que restam em cada bloco são quantizados vetorialmente. Os passos seguintes são feitos pelo receptor, no qual os índices dos vetores são decodificados e é montada a matriz dos blocos de frequências espaciais. Em seguida é aplicada a DCT^{-1} para obter a imagem quantizada.

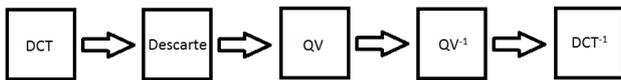


Fig. 1. Etapas da compressão, codificação e decodificação.

Como os primeiros coeficientes dos blocos transformados pela DCT têm maior influência na qualidade final da imagem, optou-se por utilizar dicionários maiores e dimensões dos quantizadores menores para eles. A escolha do número de níveis do dicionário de cada grupo de coeficientes foi feita de maneira a obter taxas de codificação finais iguais àquelas obtidas com as compressões que utilizaram apenas QV no domínio espacial, para permitir uma comparação justa entre imagens comprimidas por QV e as imagens submetidas à QV+DCT através das medidas de distorção.

Na Tabela I podem ser observados os valores de PSNR e SSIM obtidos para a compressão da imagem Lena (256×256 , 8 bpp) considerando várias taxas de codificação para ambos os tipos de compressão.

TABELA I
VALORES DE PSNR E SSIM OBTIDOS PARA IMAGEM LENA.

R (bpp)	QV		QV+DCT	
	PSNR (dB)	SSIM	PSNR (dB)	SSIM
0,3125	25,55	0,70	26,41	0,79
0,3750	26,25	0,74	27,52	0,84
0,4375	26,88	0,78	28,71	0,89
0,5000	27,33	0,80	28,92	0,88
0,5625	27,85	0,82	29,58	0,90
0,6250	29,94	0,90	30,24	0,92

A qualidade subjetiva da imagem também foi melhorada. Isto pode ser visualizado na Figura 2 que apresenta duas imagens Lena quantizadas a uma taxa de 0,4375 bpp. Nesta taxa foi obtida a maior diferença de qualidade entre os dois esquemas de compressão considerando os valores de PSNR e SSIM.

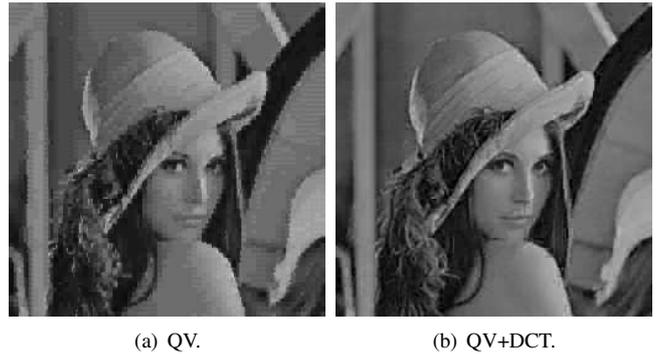


Fig. 2. Imagem Lena quantizada à taxa de 0,4375 bpp.

Na imagem Lena o uso da QV+DCT apresentou melhor desempenho em todas as taxas de codificação testadas. Porém, em testes feitos com um conjunto maior de imagens (Airplane, Boat, Frog, Godhill e Mandrill), verificou-se que essa vantagem nem sempre ocorre para as taxas mais altas. A Tabela II apresenta o comportamento médio dos ganhos obtidos com o uso da QV+DCT comparada à QV para os experimentos feitos com Lena e essas imagens adicionais. Especificamente, houve uma perda de 0,09 dB na PSNR para a taxa de 0,6250 bpp.

TABELA II
GANHOS MÉDIOS DE PSNR E SSIM.

R(bpp)	PSNR (dB)	SSIM
0,3125	0,37	0,04
0,3750	0,56	0,06
0,4375	1,03	0,09
0,5000	0,52	0,04
0,5625	0,36	0,03
0,6250	-0,09	0,01

V. CONCLUSÕES

Em se tratando da codificação de imagens digitais, este trabalho mostrou que a combinação da quantização vetorial com a transformada discreta do cosseno apresenta melhor desempenho quando comparada a utilização da QV no domínio espacial. Como trabalhos futuros os autores pretendem analisar o desempenho da transformada wavelet no processo de codificação de imagens.

REFERÊNCIAS

- [1] N. M. Nasrabadi and R. A. King, "Image coding using vector quantization: A review," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 36, no. 8, pp. 957–971, August 1988.
- [2] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli, "Image quality assesment: From error visibility to structural similarity," *IEEE Transactions On Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 600–612, April 2004.
- [3] 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.
- [4] B. P. Lathi, *Modern Digital and Analog Communication Systems*, 3rd ed., A. S. Sedra and M. R. Lightner, Eds. New York, USA: Oxford University Press, 1998.