Experimentos em Imagens Médicas

MESSIAS MENEGUETTE JÚNIOR[1]
ANA CRISTINA DOS SANTOS[2]

[1]UNESP - Campus de Presidente Prudente
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Caixa Postal 957, CEP 19060.080, Pres. Prudente, SP, Brasil
ueppr@brfapesp.bitnet

[2]ICMSC - USP
Depto de Ciências de Computação e Estatística
Caixa Postal 668, CEP 13560.970, São Carlos, SP, Brasil
acs@icmsc.usp.br

Abstract. An encoding technique using a implementation of the Discrete Cosine Transform (DCT) for compression of monochrome medical images is described.

1 Introdução

Uma área de crescente interesse em processamento de imagens é a de compressão de dados, que visa reduzir o epaço de memória exigido para armazenar uma imagem digital, ou seja, reduzir a quantia de bits por pixel. Assim as técnicas de compressão objetivam reduzir o tempo de transmissão e o custo de armazenagem, preservando a qualidade da imagem.

Aplicações de transmissão de imagens estão em transmissão de sinais de televisão, sensoreamento remoto via satélite, radar, teleconferência, comunicações de computadores, transmissão de fac-símile, etc... Armazenamento de imagens é exigido em imagens médicas, usadas em sistemas para fazer monitoria aos pacientes, em gráficos de engenharia, arquivos de impressões digitais, etc... Devido a sua grande área de aplicação, técnicas de codificação e compressão têm sido muito importantes em processamento de imagens digitais.

Dependendo do tipo de imagem é interessante, como em imagens de vídeo, obter uma taxa de compressão maior em função de alguma distorção, podendo ser usadas técnicas aproximadas. Já em outros casos, como em imagens médicas, é preciso que não haja perda visual de informação, ocorrendo geralmente taxas de compressão menores [Netravali-Haskell (1988)].

O objetivo deste trabalho é apresentar um módulo de compressão baseado na Transformada Discreta do Cosseno (DCT) para aplicações genéricas em processamento de imagens digitais. Em particular, pretende-se fazer alguns testes com imagens médicas obtidas por Ressonância Magnética, com a finalidade de se observar seu desempenho.

2 Transformada Discreta do Cosseno (DCT)

Para uma dada sequência de dados bidimensional $\{x(n_1,n_2),\ 0 \le n_1 \le N_1-1,\ 0 \le n_2 \le N_2-1\}$, a sequência DCT bidimensional $\{C(k_1,k_2) : 0 \le k_1 \le N_1-1,\ \ 0 \le k_2 \le N_2-1\}$ é dada por:

$$C(k_1,k_2) = 4\sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1} x(n_1,n_2) cos\frac{\pi(2n_1+1)k_1}{2N_1} cos\frac{\pi(2n_2+1)k_2}{2N_2}$$

$0 \le k_1 \le N_1-1, \qquad 0 \le k_2 \le N_2-1.$

E sua inversa IDCT bidimensional é dada por:

$$x(n_1,n_2) = \frac{1}{N_1N_2}\sum_{k_1=0}^{N_1-1}\sum_{k_2=0}^{N_2-1} C'(k_1,k_2). .cos\frac{\pi(2n_1+1)k_1}{2N_1} cos\frac{\pi(2n_2+1)k_2}{2N_2},$$

onde:

$$C'(k_1,k_2) = \begin{cases} C(0,0)/4, & k_1=0, \quad k_2=0 \\ C(k_1,0)/2, & k_1\neq 0, \quad k_2=0 \\ C(0,k_2)/2, & k_1=0, \quad k_2\neq 0 \\ C(k_1,k_2), & k_1\neq 0, \quad k_2\neq 0. \end{cases}$$

Seu desempenho está próximo da Transformada Ótima Karhunen-Loève com relação ao critério de razão de distorção. Outra propriedade da DCT é que a maior parte da energia da imagem está concentrada nos coeficientes de baixa frequência.

Além dessas propriedades apontadas na literatura, a DCT é a transformada escolhida pelo JPEG

("Joint Photographic Experts Group") que vem trabalhando para estabelecer o primeiro padrão internacional de imagem digital. O JPEG tem procurado desenvolver um padrão de compressão que satisfaça a uma grande maioria de aplicações em imagens de tons-contínuos em escala de cinza e coloridas [Wallace (1991)].

Fez-se uso de um algoritmo rápido (FDCT), primeiramente desenvolvido por [Narasimha-Peterson (1978)], que permite calcular uma DCT de N pontos usando uma DFT com o mesmo número de pontos de uma versão reordenada da mesma sequência Com este método obtém-se 50% de economia sob o método tradicional que usa DFT de 2N pontos para uma DCT de N pontos. Assim, pode-se usar um software que implemente uma FFT para o cálculo da DCT.

3 Transformada Rápida do Cosseno (FCT) bidimensional

Dada uma sequência bidimensional $\{x(n_1,n_2),\ 0 \leq n_1 \leq N_1-1,\ 0 \leq n_2 \leq N_2-1\}$, forma-se uma sequência reordenada $v(n_1,n_2)$ com $N_1 \times N_2$ pontos, dada por:

$$v(n_1,n_2) = \begin{cases} x(2n_1, 2n_2); \\ x(2N_1 - 2n_1 - 1, 2n_2); \\ x(2n_1, 2N_2 - 2n_2 - 1); \\ x(2N_1 - 2n_1 - 1, 2N_2 - 2n_2 - 1); \end{cases}$$

onde: $[a]$ denota "a parte inteira de a".

Calcula-se $V(k_1,k_2)$, $0 \leq k_1 \leq N_1-1$, $0 \leq k_2 \leq N_2-1$, a transformada discreta de Fourier (DFT) de $v(n_1,n_2)$:

$$V(k_1,k_2) = \sum_{n_1=0}^{N_1-1}\sum_{n_2=0}^{N_2-1} v(n_1,n_2). .W_{N_1}^{n_1k_1} W_{N_2}^{n_2k_2},$$

onde: $W_M = e^{-j\frac{2\pi}{M}}$.

Em seguida, calcula-se $C(k_1,k_2)$ dada por:

$$C(k_1,k_2) = 2Re\{W_{4N_1}^{k_1}[W_{4N_2}^{k_2}V(k_1,k_2) + W_{4N_2}^{-k_2}V(k_1,N_2-k_2)]\}$$

ou:

$$C(k_1,k_2) = 2Re\{W_{4N_2}^{k_2}[W_{4N_1}^{k_1}V(k_1,k_2) + W_{4N_1}^{-k_1}V(N_1-k_1,k_2)]\}.$$

A IFCT bidimensional de $C(k_1,k_2)$ é obtida primeiro calculando-se $V(k_1,K_2)$ de $C(k_1,k_2)$ dada por:

$$V(k_1,k_2) = \frac{1}{4}W_{4N_1}^{-k_1}W_{4N_2}^{-k_2}\{[C(k_1,k_2) - C(N_1-k_1,N_2-k_2)] - j[C(N_1 - k_1,K_2) + C(k_1,N_2-k_2)]\}$$

onde: $0 \leq k_1 \leq N_1 - 1$ e $0 \leq k_2 \leq N_2 - 1$.

Uma vez que $V(k_1,k_2)$ é simétrica hermitiana, calcula-se somente metade dos valores. Assume-se que:

$$C(N_1,k_2) = C(k_1,N_2) = 0 \quad \forall k_1,k_2.$$

O próximo passo é obter $v(n_1,n_2)$ da IDFT:

$$v(n_1,n_2) = \frac{1}{N_1N_2}\sum_{k_1=0}^{N_1-1}\sum_{k_2=0}^{N_2-1} V(k_1,k_2). .W_{N_1}^{-n_1k_1}W_{N_2}^{-n_2k_2}.$$

Finalmente, $x(n_1,n_2)$ é obtida de $v(n_1,n_2)$ usando a mesma equação que foi utilizada no processo direto.

Este algoritmo desenvolvido por [Makhoul (1980)] pode ser utilizado para N par ou ímpar e ainda pode ser generalizado para calcular uma DCT m-D com $1/2^m$ de economia.

Caso utilize-se do fato que a sequência $v(n_1,n_2)$ é real, sua DFT de $N_1 \times N_2$ pontos pode ser calculada usando uma DFT de $(N_1/2) \times (N_2/2)$ pontos.

$0 \leq n_1 \leq [\frac{N_1-1}{2}]$,	$0 \leq n_2 \leq [\frac{N_2-1}{2}]$
$[\frac{N_1+1}{2}] \leq n_1 \leq N_1 - 1$,	$0 \leq n_2 \leq [\frac{N_2-1}{2}]$
$0 \leq n_1 \leq [\frac{N_1-1}{2}]$,	$[\frac{N_2+1}{2}] \leq n_2 \leq N_2 - 1$
$[\frac{N_1+1}{2}] \leq n_1 \leq N_1 - 1$	$[\frac{N_2+1}{2}] \leq n_2 \leq N_2 - 1$

4 Uma Técnica de Codificação por Transformada

Na Codificação por Transformada, a imagem é dividida em blocos de 8 × 8 e cada bloco é tratado como se fosse único, independente dos outros. A figura abaixo mostra um diagrama de bloco para um sistema de codificação por transformada.

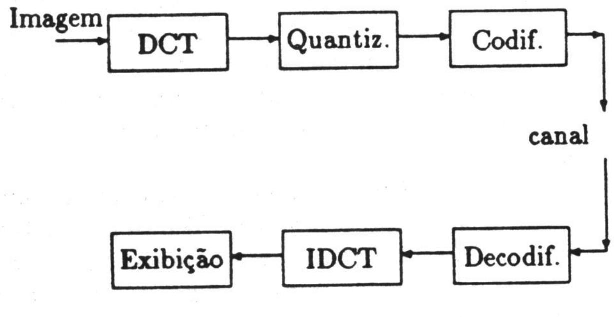

Figura 1: Sistema de Codificação por Transformada.

Arranja-se um bloco 8 × 8 de pixels num vetor de 64 pontos e aplica-se a DCT, obtendo-se um vetor de coeficientes transformados, onde os coeficientes insignificantes são descartados.

O objetivo principal de uma técnica de codificação por transformada é produzir coeficientes estatisticamente independentes, a fim de obter boa eficiência. Um outro objetivo é a compactação de energia, que significa fazer tantos coeficientes bem pequenos quanto possível, de maneira que tornem-se insignificantes e não necessitem ser codificados para transmissão.

Após ser realizada a transformação sobre os pixels, o próximo passo é a quantização dos coeficientes restantes, no qual se constitui na principal fonte de perda de informação no codificador.

O método de quantização usado aqui é o esquema de quantização ótimo Lloyd-Max, projetado sob base estatística, com o critério de minimizar o erro médio quadrático [Netravali-Haskell (1988)].

A fim de reduzir o número médio de bits por palavra de código, na codificação com comprimento de palavra variável ou codificação da entropia, associa-se níveis de cinza que possuem probabilidades de ocorrência elevadas com palavras de código pequenas, enquanto que níveis tendo baixas probabilidades são associadas palavras maiores.

Se o número médio de bits exigido por um codificador é:

$$\bar{L} = \sum_{b} L(b)P(b) \quad \text{bits/pixel},$$

onde o nível quantizado b tem probabilidade de ocorrência $P(b)$, com uma palavra de código de comprimento $L(b)$ bits; e o somatório é sobre os possíveis valores dos pixels.

Assumindo que o valor do pixel é uma variável aleatória B, então a entropia de B é definida por:

$$H(B) = -\sum_{b} P(b) log_2 P(b) \quad \text{bits/pixel}.$$

Logo, tem-se

$$\bar{L} \geq H(B).$$

O código de Huffman é um código de comprimento variável que minimiza o número médio de bits exigido por um codificador [Huffman (1952)]. Suas palavras de comprimento médio $\bar{L}_1$ estão no seguinte intervalo:

$$H(B) \leq \bar{L}_1 \leq H(B) + 1 \quad \text{bits/pixel}.$$

Na construção de um código de Huffman binário, deve-se conhecer as probabilidades de ocorrência dos níveis e ordená-los em ordem decrescente. Os ramos mais inferiores são combinados para formar um nó e segue uma reordenação de probabilidades. O procedimento é realizado até que se consiga um único nó com probabilidade unitária. Em cada nó da árvore, um passo acima produz um zero e um passo abaixo produz um 1, completando a construção do código.

Portanto, depois de transformar uma imagem para outro domínio de representação, quantizar os coeficientes e associá-los uma palavra de código de comprimento finito, a informação comprimida pode ser armazenada ou transmitida através de um canal. No receptor, os dados recebidos são decodificados e uma IDCT é aplicada para reconstruir a imagem.

5 Conclusões

Este projeto encontra-se em fase de implementação e logo após este período deve-se fazer alguns experimentos para avaliar o desempenho da técnica de codificação baseada na DCT. Pretende-se utilizar como testes imagens monocromáticas de 256 x 256 pixels com cada intensidade quantizada com 8 bits/pixel; imagens estas obtidas por Ressonância Magnética cedidas pelo Grupo de Ressonância do Instituto de Física e Química de São Carlos, IFQSC-USP.

6 Referências

HUFFMAN, D.A. A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes. *Proceedings of the IRE*, pp. 1098-1101, september 1952.

MAKHOUL, J. A Fast Cosine Transform in One and Two Dimensions. *IEEE Tran. on Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. ASSP-28, no. 1, pp. 27-34, february 1980.

NARASIMHA, M.J.; PETERSON, A.M. On the Computation of the Discrete Cosine Transform. *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-26, no.6, pp. 934-936, june 1978.

NETRAVALI, A.N.; HASKELL, B.G. *Digital Picture - Representation and Compression*. New York, Plenum Press, 1988.

WALLACE, G.K. The JPEG Still-Picture Compression Standard. *Commun. of the ACM*, vol. 34, no. 4, pp. 31-44, abril 1991.