

Compressão de Imagens Médicas

Sérgio S Furuie
PTC5892/EPUSP

SF 17/06/2010 - 1

Tamanhos Típicos

- CT Scan & MRI: 512 x 512 x 2 512 KB
- Gated Blood Pool: 128 x 128 x 32 x 2.....512 KB
- DSA: 512 x 512 x 30 x 17,5 MB
- RX estático: 2048 x 2048 x 28 MB
- Mamografia: 4.000 x 5.000 x 1.5 bytes..... 30 MB
- Estudo 3D CT: 512 x 512 x 128 x 2.....128 MB
- Hemodinâmica: 1024² x 1 x 30/s x 4 min4 GB
- (típico 512 x 512 x 15/s x 100 s.....390 MB)

No InCor => arquiva-se digitalmente (PACS) ~10 TB/ano

Nos EUA => imagens médicas digitais ~1000TB/ano

SF 17/06/2010 - 2

Compressão de Imagens Médicas

Definição

- Utilizar a redundância de informações em imagens de forma a descrevê-las com um menor número de parâmetros
- Descrever imagens de uma forma mais compacta do que a descrição em matriz MxN

SF 17/06/2010 - 3

Compressão de Imagens Médicas

Objetivos

- Redução do espaço de armazenamento
- Redução do tempo de transmissão
 - Calcular para 100MB ?
 - banda de 100 Kbits/s:
 - Rede a 10 Mbps:
 - Rede a 100 Mbps:

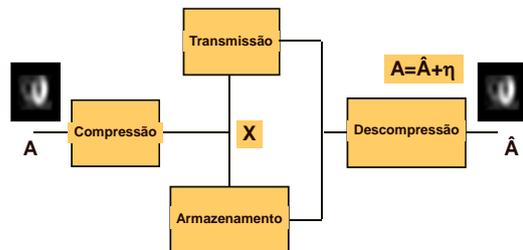
SF 17/06/2010 - 4

$$\frac{100 \times 10^6 \times 8}{100 \times 10^3} = 8000 \text{ s} = 133 \text{ min} > 2h$$

10Mbps => 80s
100Mbps => 8s

SF 17/06/2010 - 5

Compressão de Imagens Médicas



SF 17/06/2010 - 6

Compressão de Imagens Médicas



Conceitos Importantes

- Taxa de compressão:
 - Tamanho de A / Tamanho de X
 - Tamanho de X pode ser maior do que tamanho de A?
- Tempo para compressão
- Tempo para descompressão
- Medidas de erro

SF 17/06/2010 - 7

Compressão de Imagens Médicas



Medidas de Erro:

- Medidas objetivas
 - Erro Quadrático Médio: $E_{QM} = \sum_{i=1}^N (A(i) - \hat{A}(i))^2$
 - Erro máximo: $E_{MAX} = \max |A(i) - \hat{A}(i)|$
- Medidas subjetivas
 - Verificar como a compressão/descompressão altera as características visuais da imagem quanto aos pontos importantes para análise (diagnóstico, quantificação de parâmetros etc...)
 - Observador Numérico

SF 17/06/2010 - 8

Exemplo



ImageJ

- Bridge – bridge_filtrado
 - Comparar desvio-padrão e diferença máxima
 - Ver perfil
- ### Compressão com perdas: JPEG
- Ver tamanho dos arquivos em Bytes

SF 17/06/2010 - 9

Compressão de Imagens Médicas



As técnicas de compressão podem ser divididas em:

- Técnicas sem perdas (loss-less techniques)
 - $\hat{A}=A$;
- Técnicas com perdas (lossy techniques)
 - $\hat{A} \sim A \Rightarrow \hat{A} = A + \text{resíduo}$

SF 17/06/2010 - 10

Idéias para realizar compressão?



95	80	80	80
95	90	90	105
150	20	100	130
220	150	160	150

SF 17/06/2010 - 11

Compressão de Imagens Médicas



Técnicas sem perdas:

- Exploram redundâncias na imagem sem alterar o conteúdo de informação
- Exemplos:
 - Run-length code
 - Huffman coding
 - LZW
- Taxas de Compressão Típicas: 1.5 a 3

SF 17/06/2010 - 12

Compressão de Imagens Médicas Lossless techniques: Run-length



Original

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0

Run-length code

(por linhas)

9 0 6 1 2 0 6 1 5 0 2 1
6 0 1 1 5 0 2 1 6 0 2 1
6 0 2 1 4 0

Ou simplesmente:

9 6 2 6 5 2 6 1 5 2 6 2 6 2 4

SF 17/06/2010 - 13

Se não binária?



como generalizar?

SF 17/06/2010 - 14

Solução



- usar a tripla (marca, comprimento, valor) se houver repetição maior do que 3. Do contrário, apenas o valor. A marca é o primeiro dado
- marca=valor do pixel com menor ocorrência
 - para codificar o valor da marca, usa-se
 - (marca, marca)
 - 15 15 15 15 12 12 10 12 => **10 10 4 15 12 12 10 10 12**
 - não permitir que haja a tripla (marca, marca, valor), mas desdobrar
 - ...15 15 15 15 ... 4 .. => **4 ...4 3 15 4 1 15 ...**

SF 17/06/2010 - 15

Compressão de Imagens Médicas Lossless techniques: LZW



Original (arquivo texto)

a b a b c b a b a b a a a a a a

1 2 4 3 5 8 1 10 11

Tabela de Códigos

a	1	ba	5	baba	9
b	2	abc	6	aa	10
c	3	cb	7	aaaa	11
ab	4	bab	8		

SF 17/06/2010 - 16

Huffman



A	E	F	C	E	C	E	F	C	
C	C	A	D	A	D	A	D	A	G
B	B	A	C	A	B	A	E	A	E
G	A	F	C	C	F	A	B	B	B
D	D	D	D	H	D	E	E	E	B
D	D	D	D	D	D	B	A	B	
E	A	E	A	E	B	D	B	B	
F	C	C	F	A	A	B	B	B	
E	A	E	B	E	E	A	G	A	
F	F	B	C	F	C	F	C	C	A

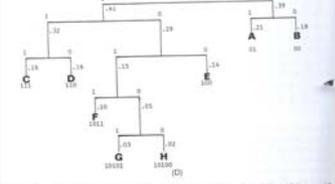
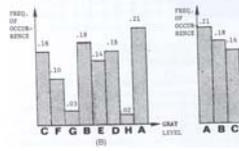


Figure 6.5 The procedure of generating Huffman coding: (A) original 10 × 10 image with eight gray levels (C, F, G, B, E, D, H, A), (B) histogram of the original image, (C) the rearranged histogram, and (D) the Huffman tree and its corresponding codes.



H K Huang, 1999 SF 17/06/2010 - 17

Codificação Huffman

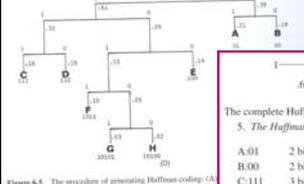


Figure 6.5 The procedure of generating Huffman coding: (A) original 10 × 10 image with eight gray levels (C, F, G, B, E, D, H, A), (B) histogram of the original image, and (D) the Huffman tree and its corresponding codes.

The complete Huffman tree is shown in Figure 6.5D.
5. The Huffman code. The Huffman code for these eight gray levels are:
A:01 2 bits
B:00 2 bits
C:111 3 bits
D:110 3 bits
E:100 3 bits
F:1011 4 bits
G:10101 5 bits
H:10100 5 bits

Therefore, the first row of the original image (Fig. 6.5A) can be encoded as:

01	100	1011	111	100	...
A	E	F	C	E	...

H K Huang, 1999 SF 17/06/2010 - 18

Compressão com perdas

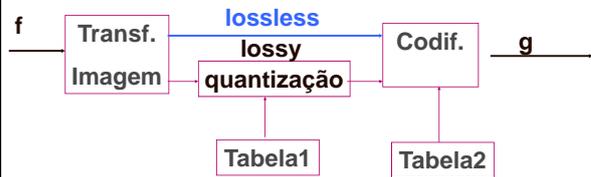


□ Técnicas com perdas:

- Exploram redundâncias mas alteram o conteúdo de informação
- Exemplos:
 - Transformadas (Hotelling, Cossenos, Walsh-Hadamard)
 - Expansões em Série
 - Quadrees
 - Critérios de homogeneidade

SF 17/06/2010 - 19

diagrama geral



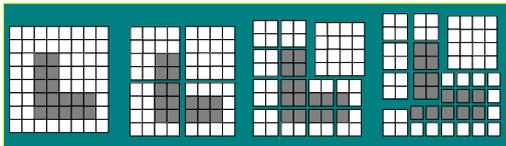
SF 17/06/2010 - 20

Compressão de Imagens Médicas Lossy Techniques



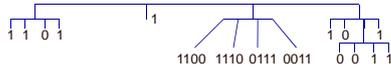
□ Quadrees: 2^n

Palavra-chave: similaridade



sentido horário, 1=>totalmente branco, 0=>preto

(1 1 0 1) 1 ((1 1 0 0) (1 1 1 0) (0 1 1 1) (0 0 1 1)) (1 0 (0 0 1 1) 1)



SF 17/06/2010 - 21

Compressão de Imagens Médicas Lossy Techniques

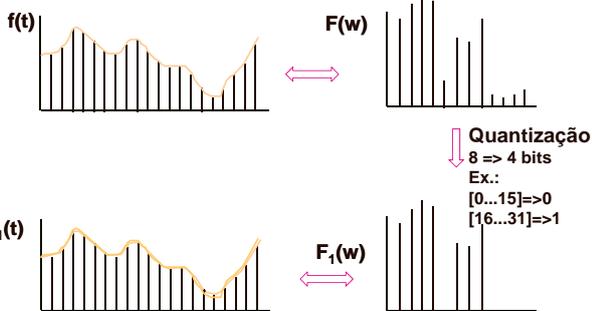


□ Critérios de Similaridade

- Emax, Emédio
- Intensidade dos pixels entre dois valores limites
- Intensidade dos pixels próxima da média da região
- Boa aproximação polinomial dentro da região
- Boa aproximação por função dentro da região

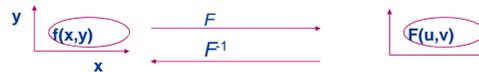
SF 17/06/2010 - 22

Compressão de Imagens Transformada do Cosseno (JPEG)



SF 17/06/2010 - 23

Transf. de Fourier, DFT, FFT



Contínuo

Direta:

$$F(u, v) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \cdot \exp(-j2\pi(ux + vy)) \cdot dx \cdot dy$$

Inversa:

$$f(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} F(u, v) \cdot \exp(j2\pi(ux + vy)) \cdot du \cdot dv$$

Discreto

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot \exp(-j2\pi(u \cdot \frac{x}{M} + v \cdot \frac{y}{N}))$$

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \cdot \exp(j2\pi(u \cdot \frac{x}{M} + v \cdot \frac{y}{N}))$$

SF 17/06/2010 - 24

codificação da entropia

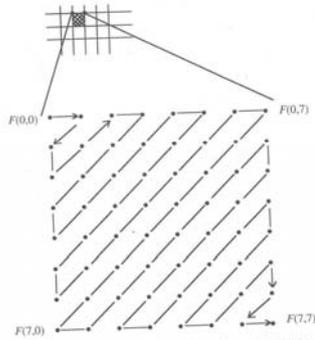
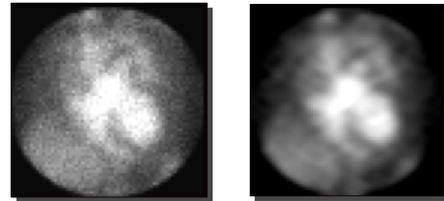


Figure 6.7 The zigzag sequence of an 8 × 8 matrix used in block quantization.

SF 17/06/2010 - 31

Compressão de Imagens Transformada do Cosseno (JPEG)



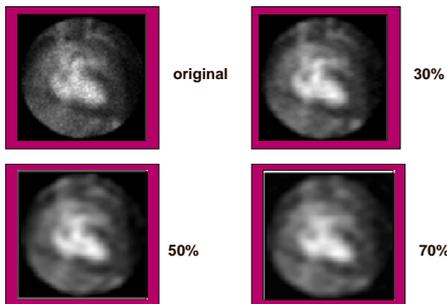
original

decompressed

Normal Heart

SF 17/06/2010 - 32

Compressão de Imagens Transformada do Cosseno (JPEG)



original

30%

50%

70%

SF 17/06/2010 - 33

Compressão: wavelets

função base:

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \Rightarrow \psi_{m,n}(x) = 2^{-m/2} \psi(2^{-m}x - n)$$

transf. wavelet:

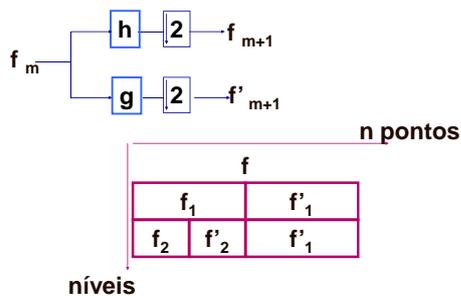
$$F(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(x) \psi^*\left(\frac{x-b}{a}\right) dx$$



$$F(m,n) = 2^{-m/2} \int f(x) \psi^*(2^{-m}x - n) dx$$

SF 17/06/2010 - 34

decomposição (Mallat)



níveis

SF 17/06/2010 - 35

nD compressão com wavelet

Compressão:

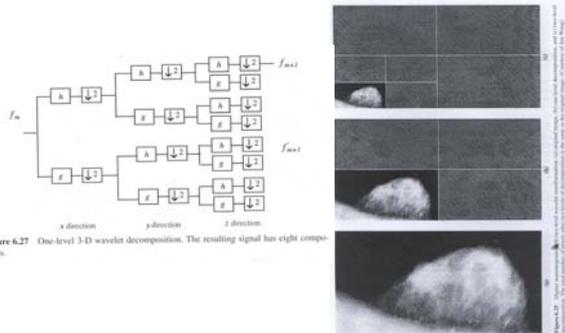
- 1) transformada wavelet nD da imagem
- 2) quantização escalar
- 3) codificação da entropia

Decompressão:

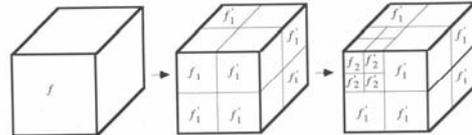
- 1) Decodificação da entropia
- 2) "Dequantização" escalar
- 3) transformada INVERSA de wavelet

SF 17/06/2010 - 36

nD compressão com wavelet



3D



wavelet

- m level (3D) => baixa resolução= $1/(2 \times 2 \times 2)^m$
- ~90% da energia
- quantização diferenciada para cada nível
- em 3D, taxa de compressão melhor 40 a 90% do que 2D
- 20:1 sem perda de qualidade (...)
- DICOM (2003) adicionou a compressão por wavelets (lossless e lossy), chamado JPEG2000

SF 17/06/2010 - 39

Compressão de Imagens

- Discussão
 - Porque compressão?
 - Compressão lossless x lossy
 - Como avaliar a perda de informação diagnóstica?
 - Análise subjetiva
 - Análise objetiva
 - Extração de parâmetros
 - compressão de imagens coloridas
 - RGB => YCbCr (luminância e crominância)
 - Y: -intensidade
 - Cb e Cr: menos flutuações => subsampling

SF 17/06/2010 - 40

Compressão de Imagens

- Conclusões
 - As técnicas de compressão podem ser úteis
 - Taxas elevadas podem ser obtidas (80:1)
 - Difícil avaliar impacto da compressão
 - Análise deve ser feita caso a caso
 - Análise objetiva e subjetiva
 - A aplicação médica deve determinar a qualidade da imagem
 - O que os olhos não vêem o coração não sente?

SF 17/06/2010 - 41