

Compressão de Imagens Digitais: Um Sistema Modular com Tratamento Multiformato

Carlos Fernando Assis Paniago¹
 Agma Juci Machado Traina²

¹NMA-Núcleo de Monitoriamento Ambiental - Embrapa
 Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803
 13001-970 Campinas, SP, Brasil
 pan@nma.embrapa.br

²ICMSC- Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos - USP
 Av. Dr. Carlos Botelho, 1465
 13560-950 São Carlos, SP, Brasil
 agma@icmsc.sc.usp.br

Abstract. This paper describes a compact and modular system for compression of digital images, which has been developed in our laboratory. The system was conceived to support medical and remote sensing images. It is discussed the diversity of image formats problem, and is presented the solution used by our system.

1. Introdução

A necessidade de compactar dados deve-se principalmente a dois fatores principais. Primeiramente devido ao tamanho da imagem, pois imagens digitais são geralmente representadas por uma grande quantidade de dados. A quantidade de espaço requerido para a armazenagem dessas imagens deve ser minimizado, diminuindo o custo de armazenamento, e permitindo o uso desse meio para acomodar mais informações. Em segundo lugar, os sistemas que efetuam a coleta dos dados que serão apresentados como imagens digitais, precisam enviá-las para sistemas que efetuarão sua apresentação. Porém estes últimos sistemas freqüentemente encontram-se em máquinas distintas das que efetuaram a aquisição. Então surge a necessidade de transferência desses dados usando linhas de comunicação entre equipamentos. Para esta comunicação, quanto menor, ou mais concentrados forem estes dados mais rápida será a transferência, o que aumentaria sua performance e também diminuiria seu custo [Held (1991)].

Pode-se classificar as técnicas de compressão de informação em duas grandes categorias: 1) compactação sem perda ("lossless") - que é usada para comprimir arquivos de dados, programas

executáveis, banco de dados, etc. Nessa técnica, não se pode perder um único bit da informação previamente comprimida, pois essa perda causaria problemas enormes (por exemplo um programa executável ficaria errado ou um texto correto teria letras trocadas); 2) compactação com perda ("lossy") - que é usada para comprimir imagens e sons, onde a imagem reconstruída após a compactação não é exatamente a mesma de antes dessa, mas a perda de informações é mantida a uma quantidade que permita que o som reconstruído seja inteligível, bem como as imagens sejam (para o olho humano) extremamente parecidas com a imagem original, ou seja o erro imposto deve estar dentro de limites toleráveis pela aplicação [Nelson (1992)].

O enfoque deste trabalho é apresentar um sistema de compactação de imagens, voltadas para aplicações de sensoriamento remoto, bem como para imagens tomográficas. As imagens de sensoriamento remoto utilizadas por este sistema são provenientes do sistema SITIM (desenvolvido no INPE) [Mendes (1986)] e são manipuladas pelo NMA-EMBRAPA. As imagens de tomografia são fornecidas pelo sistema desenvolvido no Instituto de Física e Química de São Carlos - USP [Tannús (1987)] [Traina (1991)].

O sistema desenvolvido baseia-se em técnicas

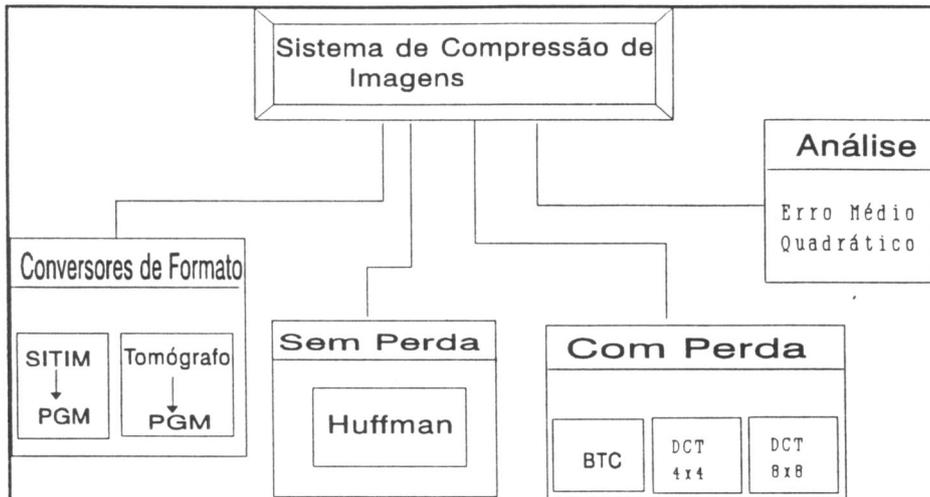


Figura 1: Diagrama de blocos, dos módulos do sistema de compressão de imagens.

onde as perdas sejam mínimas, pois a perda de informação numa tomografia, pode esconder alguma anormalidade que poderia prejudicar um diagnóstico ou mesmo mascarar anomalias que porventura existam. Mas para o armazenamento destas informações, pode-se perder algumas características, desde que sejam pequenas e imperceptíveis a olho nu. No caso de imagens de satélite, a perda de definição pode resultar em cálculos errôneos de áreas, já que as imagens dos satélites comerciais tem problemas com definições (que são na ordem de 30 x 30 metros ou 10 x 10 metros nos satélites mais modernos), mas para o armazenamento e posterior apresentação destas imagens, a perda controlada pode ser útil, já que as imagens ficam armazenadas em espaço muito reduzido.

2. Desenvolvimento do Sistema

O sistema de compressão de imagens, foi desenvolvido modularmente de forma a poder ser facilmente integrado aos sistemas de tratamento de imagens já desenvolvidos para as duas aplicações (sensoreamento remoto e imagens de tomografia) [Paniago, (1994)].

A seguir serão apresentados brevemente cada módulo do sistema de compressão (ver figura 1).

2.1 Módulos Definidos

Primeiramente foi desenvolvido um módulo de compressão sem perda, usando a técnica de Huffman [Huffman (1952)]. A codificação de Huffman é uma técnica de compressão estatística na qual há uma redução do tamanho médio do código usado para representar o alfabeto. O código de Huffman é uma solução ótima, quando todas as probabilidades de ocorrência de um determinado pixel for uma potência de 1/2.

A codificação de Huffman cria código de tamanho variável para cada símbolo de entrada, sendo que os símbolos de entrada com maior probabilidade tem um código menor e os de maior probabilidade tem código maior.

Os outros módulos desenvolvidos efetuam a compressão com perdas. Porém deve-se enfatizar que há o total controle do grau de deterioração da imagem.

O primeiro módulo de compressão com perda utiliza a técnica de "Compressão de Truncagem de Bloco - BTC". Esta técnica é baseada em [Kruger (1992)], e comprime imagens na proporção de 4:1. A idéia central deste método é usar blocos de 4 por 4 pixels e manter o primeiro e o segundo momento do bloco. O primeiro momento é a média e o segundo momento é a média dos quadrados deste mesmo bloco.

Apesar de ser uma compressão com perdas, a imagem gerada após a descompressão é bastante similar à original dependendo da imagem. Em alguns casos as bordas da imagem ficam serrilhadas, quando comparadas às imagens originais.

Os dois módulos seguintes são baseados na proposta da CCITT e da ISO, chamada de "Joint Photographic Experts Group - JPEG" [Lane (1993)]. Este grupo foi criado para padronizar compressão de imagens e terminou uma proposta

em 1991, definindo o padrão de compressão de imagens fotográficas [Wallace (1991)]. O JPEG é um padrão para compressão de imagens coloridas ou em níveis de cinza, mas não comprime imagens de dois níveis (preto e branco) que é tratado por outro grupo chamado JBIG - Joint Bi-level Image Experts Group [Gailly (1993)].

Existem diversos parâmetros no processo de compressão do JPEG. Ajustando esses parâmetros, podemos trocar qualidade de imagem reconstruída por tamanho, ou seja, se perdemos qualidade da imagem original, ganhamos mais espaço de armazenamento e se mantivermos qualidade, o ganho de armazenamento não é tão grande.

O JPEG define um algoritmo básico com perdas, mais extensões opcionais para codificação progressiva e hierárquica. Há também um modo de compressão sem perdas que tipicamente consegue razão de compressão de 2:1. A maioria do software e hardware disponível para a proposta do JPEG, usam somente o modelo básico.

O segundo e o terceiro módulo de compressão com perda utilizam uma técnica apresentada no JPEG, chamada DCT (transformada discreta dos cossenos). Isto deve-se ao fato que uma imagem transformada por DCT consegue ótima compressão e a transformada inversa, leva a uma imagem bastante próxima à original.

Definimos um método aproximado do JPEG, para conseguir imagens compactadas com fator de 4:1 fixo. Esta idéia baseia-se em usar blocos (4 por 4 ou 8 por 8) para comprimir a imagem.

Para cada bloco na imagem (4x4 ou 8x8), calcula-se a matriz DCT. Ela tem uma propriedade interessante, que é possuir muitos zeros nos elementos inferiores da diagonal secundária. Portanto precisa-se armazenar apenas os elementos superiores a diagonal secundária da matriz. Além disto os elementos na diagonal superior são mais relevantes na reconstrução da imagem do que os elementos diagonais inferiores [Embree (1991)].

Apesar destes métodos conseguirem compressão na ordem de 4:1 o resultado das imagens de satélite e de tomografia compactados, visualmente (ao nível de olho nu) não difere significativamente. Por exemplo, em imagens

testadas (23 imagens) durante este trabalho o erro médio quadrático variou para cada método: BTC entre 42,1 a 319,9; DCT 4x4 entre 7,5 e 144,8; e DCT 8x8 entre 16,3 e 66,6.

3. O Problema do Formato de Imagem

Até há pouco tempo atrás não havia uma preocupação entre os desenvolvedores de aplicativos que produzem imagens, em uniformizar o formato de produção de suas imagens. Assim, cada um apresentava o seu, e quem viesse depois teria de se adaptar ao que já existia. Porém, nem sempre os formatos previamente fornecidos se adaptavam às necessidades dos novos usuários das imagens. Isso causava a necessidade de se fazer conversores de cada formato existente para cada novo formato. O que totalizaria n^2 (se há n formatos) conversores.

Atualmente já existe uma tendência em se produzir imagens que estejam de acordo com padrões gráficos e sistemas gráficos grandemente utilizados. Para ter um formato comum e podermos utilizar visualizadores de domínio público, bem como ter a possibilidade de transformar o formato para qualquer um dos aceitos (Sun Icon file, X10 e X11 bitmap, MacPaint, CMU window manager, MGR, Group 3 FAX, GEM, .img, face, Degas .pi3, andrew toolkit, FITS, Usenix FAcESaver, Lisp machine bit-array-file, GIF, IFF ILBM, PICT, XPM, PCX, TARGA, HP Paintjet, YUV, SUN raster file, TIFF além de outros formatos só para leitura ou gravação), resolvemos usar a família de formatos definidos por Jef Poskanzer [Poskanzer (1991)], chamado de PBM (Portable BitMap format), PGM (Portable GrayMap format) e PPM (Portable PixMap format). Este formato além de ser de simples construção, é definido para ser portátil através de equipamentos e sistemas operacionais diferentes. No nosso caso o formato escolhido é o .PGM (Portable GrayMap format) binário que pode representar arquivos preto e branco com até 256 níveis de cinza (o caso dos dois tipos de imagens utilizadas). Outro ponto importante da proposta da família de formatos é a de diminuir o número de conversores existentes, convertendo qualquer um dos formatos existentes para um dos membros da família e a seguir convertendo

novamente para o formato desejado. Logo, utilizando-se este caminho precisa-se apenas de $2n$ conversores em lugar dos tradicionais n^2 .

4. Conclusão

Para obter altas taxas de compressão (de 4:1 ou mais) é necessário recorrer-se a técnicas de compressão com perdas na imagem. Apesar destas imagens reconstruídas não serem exatamente iguais às imagens originais, normalmente para o olho humano esta diferença é imperceptível. Há diversas pesquisas na área de compressão de dados a fim de diminuir a quantidade de operações necessárias para o cálculo da DCT, que é a base de um dos principais métodos de compressão atual.

Um padrão que emerge como de "facto" nessa área é o JPEG, que nas suas implementações permite compressões com perda controlada de resolução (um número de 100% a 0%), onde 100% são as perdas decorrentes apenas de arredondamento de valores e 0% perda total. 75% é muito usado, onde perde-se 25% de qualidade, mas ganha-se em torno de 4:1 em compactação. Taxas como 50% já começam a apresentar mesmo a olho nu diferenças da imagem original, mas todavia consegue-se taxas de mais de 6:1. Essa perda pode ser tolerada em algumas aplicações, como por exemplo sequências de animação.

No sentido de avaliar a qualidade das imagens comprimidas com perdas, utilizou-se a medida do erro médio quadrático entre a imagem original e a imagem comprimida com perda e depois de descomprimida.

Este sistema foi desenvolvido de forma portátil utilizando estações de trabalho Sun SparcStation e estação de trabalho PC 486 com sistema operacional FreeBSD 1.1. Este sistema pode ser executado em qualquer estação de trabalho, bem como em máquinas que aceitem programas em linguagem C padrão.

Referências

- G. Held, *Data Compression*, John Wiley & Sons LTD, (1991), 3a. Ed.
 M. Nelson, *The Data Compression Book*, M & T Books, (1992).
 C.L. Mendes, J.C.P. Garrido, G. Câmara Neto, R.C.M. Souza, *Evolução da Família de*

Sistemas de Tratamento de Imagens do INPE, IV Simpósio Brasileiro de Sensoreamento Remoto, (1986).

- A. Tannús, *Desenvolvimento de Tecnologia de Tomografia por Ressonância Magnética Nuclear*, tese de doutoramento apresentada ao IFQSC-USP, (1987).
 A. J. M. Traina, *Estudo e Implementação de Software Dedicado para um Sistema de Visualização de Imagens*, Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Física e Química de São Carlos - USP, (1991).
 D. Huffman, *A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes*, *Proceedings of the I.R.E.*, **40** (9), (1952) 1098-1101.
 A. Kruger, *Block truncation compression*, *Dr. Dobbs Journal*, (1992) 48-52.
 G. K. Wallace, *The JPEG still Picture Compression Standard*, **34** (4), (1991), 31-44.
 J. Gailly, *comp.compression Frequently Asked Questions*, *Internet compression-faq/part[1-3]*, (1993).
 P. M. Embree, B. Kimble, *C Language Algorithms for Digital Signal Processing*, Prentice Hall, (1991).
 J. Poskanzer, *Extended Portable Bitmap Toolkit*, *Programas e manuais na fita do X11R5* (diretório: contrib/clients/pbmplus), (1991).
 C. F. A. Paniago, *Um Sistema de Compressão de Imagens Digitais*, dissertação de mestrado apresentada ao ICMSC-USP, (1994).
 T. Lane, *JPEG image compression: Frequently Asked Questions*, *Internet jpeg-faq*, (1993).