

Um Método de Compressão de Imagens de Assinaturas Estáticas para um Sistema de Identificação Pessoal

MIGUEL GUSTAVO LIZÁRRAGA ESPINOSA¹
LEE LUAN LING²

UNICAMP-Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Elétrica - Departamento de Comunicações
Caixa Postal 6101,13081-970 Campinas, São Paulo, Brasil
{espino¹,zhao²}@decom.fee.unicamp.br

Abstract. This paper describes a lossless image coding and compression method for static human signatures applicable to personal identification. The method consists of four sequential procedures: 1) the static signature image bounding; 2) the signature image partition into 3-by-3 pixels; 3) the elimination of redundancies in the signature image patterns, and 4) the code optimization through the truncated Huffman coding. Experimental results reveal that the proposed method is capable of achieving 96.05% of compression rate on the average over human static signatures.

Keywords: Image Compression, Signature Verification, Image Processing.

1. Introdução

Universalmente aceita como um dos métodos mais comuns para verificação de identidade de um indivíduo, a assinatura humana é usada como complemento na validação dos meios tradicionais de verificação, como carteira de identidade, selos, carimbos, cartões magnéticos etc.

Hoje no Brasil, o uso de cheques pela população é tão corrente quanto o papel moeda, mas raramente funcionários de lojas, bancos e cartórios estão habilitados para proceder à verificação de assinaturas.

Uma vez que assinaturas em cheques e documentos são freqüentemente forjadas, se faz necessário o estudo e a implementação de sistemas automáticos de identificação pessoal que possibilitem, entre outras funções, a consulta e a verificação automática de assinaturas.

O presente trabalho propõe a automatização do processo de consulta de assinaturas através de um sistema capaz de digitalizar, codificar, compactar, descompactar, mostrar e armazenar as imagens de assinaturas num banco de dados.

A utilização de um método para compressão de imagens de assinaturas estáticas se faz necessária por que o tamanho do arquivo gerado para uma assinatura, restrita a uma área de 10cm por 5cm, pode chegar a 90.000 bytes. Isso implica num elevado espaço para armazenamento e na utilização ineficiente dos sistemas de transmissão de dados.

A contribuição deste trabalho é apresentar um método que utiliza técnicas de compressão de imagens aplicado as imagens de assinaturas, que leva fortemente em consideração as características deste tipo de imagem. Entre essas características podemos citar:

1.- Serem imagens em preto e branco.

2.- Existir um número muito grande de pixels brancos e pixels pretos em seqüência.

3.- A espessura dos traços de escrita da assinatura se manter aproximadamente constante por toda a imagem.

2. Sistemas de identificação pessoal

Uma área da tecnologia que está evoluindo e freqüentemente simplifica a capacidade de identificar pessoas é a biometria. Sua origem encontra-se no antigo Egito, onde as pessoas eram medidas para ser identificadas. Hoje os sistemas biométricos de identificação pessoal empregam métodos automatizados para verificar ou reconhecer a identidade de uma pessoa, baseando-se em características fisiológicas como impressões digitais, padrões de íris e de rostos ou ainda alguns aspectos pessoais como manuscritos e assinaturas.

Os sistemas de identificação pessoal que utilizam as informações de assinaturas são classificados em dois tipos: Sistemas dinâmicos de verificação de assinaturas e sistemas estáticos de verificação de assinaturas [Plamondon-Lorette (1989)].

Os sistemas dinâmicos de verificação de assinaturas são aqueles que envolvem medidas que fornecem dados espaciais, temporais e de pressão de uma assinatura.

Os sistemas estáticos de verificação de assinaturas são os que utilizam apenas as informações espaciais contidas nestas imagens, as quais são obtidas com a ajuda de uma câmera ou scanner. É dentro deste contexto que a utilização do método de compressão proposto se aplica.

3. Compressão de imagens

Quando digitalizadas, as imagens em geral ocupam muito espaço para seu armazenamento. Por exemplo, uma assinatura digitalizada em 300 dpi, gerando uma imagem do tipo bitmap em preto e branco, chega a ocupar 90.000 bytes. O objetivo da compressão é o de reduzir, tanto quanto possível, o número de bytes necessários para esta representação.

A compressão de imagens apresenta três campos básicos de aplicação:

- 1.- Armazenamento.
- 2.- Transmissão.
- 3.- Análise de imagens.

Os métodos de compressão de imagens são aplicáveis a qualquer um dos campos, mas é importante salientar que a técnica empregada depende principalmente da aplicação onde será utilizada.

São exemplos de aplicações de compressão de imagens:

- 1.- A otimização da utilização de recursos de memória de bancos de imagens para uso bancário, comercial, policial, educacional, médico, etc.
- 2.- A diminuição do tempo de transmissão das imagens através de sinais digitais.
- 3.- Redução da quantidade de dados processados por algoritmos de reconhecimento de padrões.

4. Descrição do método utilizado

O método proposto consiste em fazer o enquadramento da imagem, retirar a redundância de padrões, e finalmente utilizar o código de Huffman truncado em 32 padrões para chegar ao tamanho mínimo do arquivo da assinatura.

4.1 Aquisição e digitalização de assinaturas estáticas

Para servirem como amostras neste trabalho 250 assinaturas foram coletadas - cada uma foi escrita

restrita a uma área de 10cm por 5cm, em folhas de papel de cor branca, utilizando-se caneta de tinta preta.

Dependendo do traçado, algumas assinaturas, alcançam os limites dessa área, no entanto, a maioria delas, ocupam uma área bem menor.

O objetivo da digitalização é de capturar a imagem e transformá-la num registro que possa ser entendido pelo computador. As assinaturas são digitalizadas com base numa área fixa de 10cm por 5cm. Para tal processo foi utilizado um scanner de mesa de alta resolução empregando 300 dpi.

4.2 Pré-processamento de imagens de assinaturas estáticas

As imagens das assinaturas podem ser manipuladas de forma a se conseguir uma redução de tamanho, e assim eliminar áreas que não trazem informação. A técnica utilizada consiste em encontrar as linhas e colunas mais extremas pertencentes à assinatura que ainda contenham pelo menos um pixel preto.

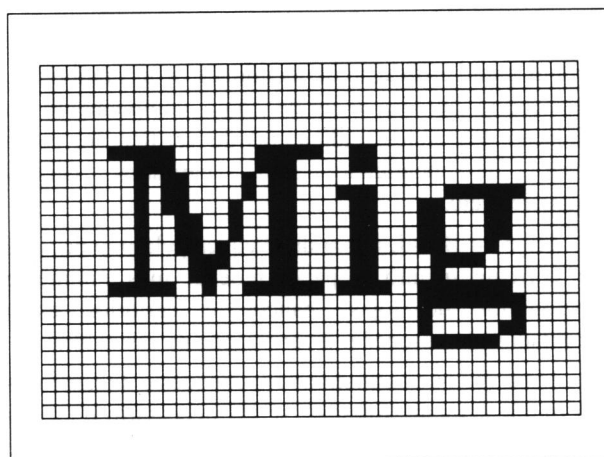


Figura 1: Imagem não enquadrada.

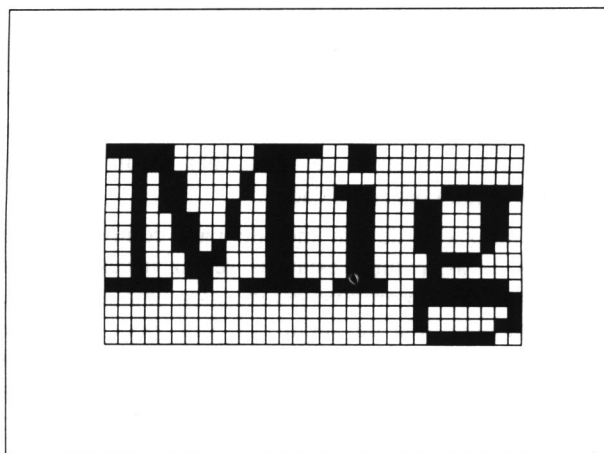


Figura 2: Imagem armazenada após enquadramento.

As coordenadas que delimitam a área a ser enquadrada serão dadas por $(X_{i_{min}}, Y_{i_{min}})$, e $(X_{f_{min}}, Y_{f_{min}})$, obtidas da seguinte maneira:

$$X_{i_{min}} = \min \{ Lp \mid Lp \in I \}$$

$$Y_{i_{min}} = \min \{ Cp \mid Cp \in I \}$$

$$X_{f_{min}} = \max \{ Lp \mid Lp \in I \}$$

$$Y_{f_{min}} = \max \{ Cp \mid Cp \in I \}$$

onde:

Lp : Número da linha contendo pelo menos um pixel preto.

Cp : Número da coluna contendo pelo menos um pixel preto.

I : Área da imagem da assinatura estática original.

De posse desses dados, passamos a utilizar apenas a imagem que fica enquadrada por estas coordenadas, como pode ser visto nas figuras 1 e 2.

O tamanho médio dos arquivos de assinaturas após o enquadramento é de 26.702 bytes.

4.3 Codificação e representação dos padrões na imagem da assinatura estática

A codificação da imagem é feita dividindo a imagem em pequenos blocos de 3 por 3 pixels, como visto na figura 3. A cada um destes blocos é associado um código que representa um padrão. No caso do bloco a ser codificado não conter todos os nove pixels, serão inseridos pixels brancos no lugar de aqueles não existentes.

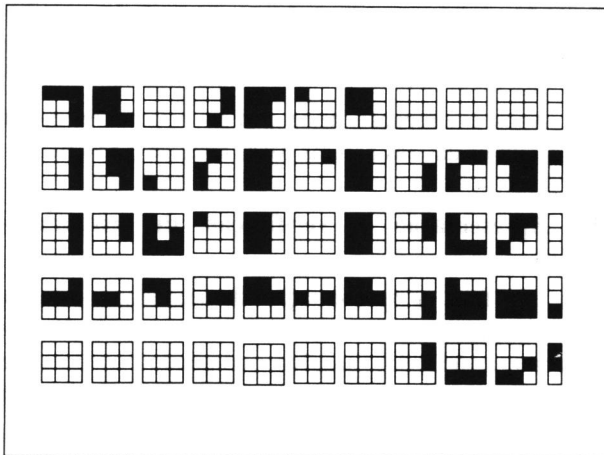


Figura 3: Imagem enquadrada e codificada em blocos de 3 por 3 pixels

Na representação utilizada, os pixels pretos são armazenados com o valor 0, e os pixels brancos com valor 1. Desta maneira, temos 29 códigos binários,

implicando em 512 tipos diferentes de padrões possíveis, começando em 0 e terminando em 511.

Na seqüência de bits gerados, o pixel mais significativo é o pixel número 1 e o pixel menos significativo é o pixel número 9, como mostrados na figura 4.

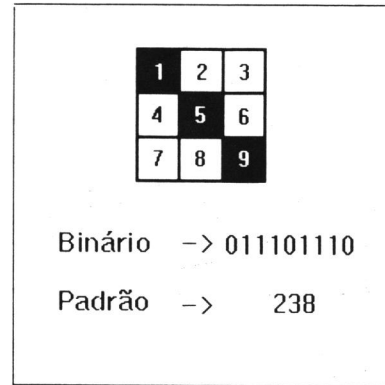


Figura 4: Representação utilizada para gerar o código dos padrões.

São as seguintes as vantagens de se fazer a codificação das imagens das assinaturas em blocos de 3 por 3 pixels:

1.- Na digitalização das assinaturas em 300 dpi, os traços feitos pela caneta ocupam blocos pretos de 3 por 3, ou 4 por 4 pixels. Assim, na hora de fazer a codificação teremos um maior número de blocos pretos e blocos brancos. Este fato ajuda na compressão da imagem, pois aumenta a probabilidade de redundância dos dados.

2.- A representação utilizada fornece dados com códigos de comprimento superior a 1 byte. Isto faz com que a razão média de compressão se torne maior quando se utiliza técnicas estatísticas para diminuição de tamanho de códigos.

3.- Este modelo de representação, reduz a quantidade de informação processada e apresenta uma maior correlação entre os dados que são utilizado pelos algoritmos de reconhecimento de padrões.

4.4 Características de imagens de assinaturas estáticas

De maneira geral as assinaturas possuem alguns traços representando o nome ou iniciais das pessoas, e outros traços mais estilizados que tentam enfeitar e personalizar a assinatura.

Percebe-se que a imagem da assinatura que apresenta hastes ou laçadas que se projetam para cima ou para baixo da sua linha de base, faz com que mesmo utilizando o enquadramento, ainda permaneçam grandes

espaços em branco pela imagem, como mostrado na figura 5.

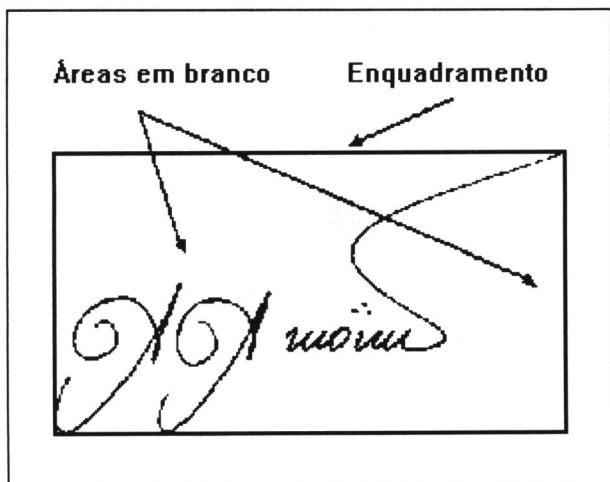


Figura 5: Grandes áreas em branco que podem aparecer após o enquadramento da imagem da assinatura.

Para resolver este problema, é necessário fazer uma análise estatística dos dados da imagem, com o objetivo de conhecer quais são os padrões que aparecem com maior frequência. A partir daí, construir uma fonte de informação que nos permita eliminar as redundâncias existentes e codificar de maneira mais eficiente, os padrões que tiverem maior probabilidade de ocorrência.

4.5 Análise estatística de imagens de assinaturas estáticas

Na análise estatística sobre o universo das 250 amostras de assinaturas digitalizadas, foi verificado que existem alguns poucos padrões que aparecem com frequência alta, e os restantes possuem frequência muito baixa ou nula.

Dos resultados obtidos constatou-se que 81,42% dos códigos referem-se ao padrão 511, isto é, um bloco todo branco, e 6,51% dos códigos se referem ao padrão 0, isto é, um bloco todo preto. Os demais padrões apresentaram probabilidade abaixo de 0,01% ou zero.

4.6 Eliminação de redundância de blocos com pixels todos pretos ou todos brancos

Esta técnica é utilizada para eliminar a redundância de códigos, consistindo em achar quantos padrões iguais se encontram repetidos sucessivamente, e transforma-los num código de menor tamanho.

A eliminação de redundância de padrões é feita através da codificação do tipo Run Length Code (RLC). O código resultante é formado pelo próprio padrão, que em nosso caso é 511 ou 0, mais o número de vezes que ele aparece repetido.

Para se conseguir o desempenho ótimo desta técnica, os códigos dos padrões da imagem são todos concatenados um a após outro, a fim de se obter o maior número de padrões repetidos em sequência.

Após a eliminação de redundância de padrões, o tamanho médio de cada assinatura caiu de 26.702 bytes para 5.553 bytes.

4.7 Código de Huffman

A técnica utilizada na redução do tamanho dos códigos empregados por este método é a dos códigos de Huffman. Estes são códigos ótimos e unicamente decodificáveis, e que permitem a obtenção da taxa média mínima de bytes para representação da informação. O algoritmo consiste basicamente em associar esses códigos ótimos aos códigos do arquivo original, resultando numa redução no tamanho necessário para seu armazenamento [Huffman (1952)].

Como em nosso caso, os 512 códigos que devem ser gerados para obtermos os códigos de Huffman é um número muito elevado, esta tarefa se torna não trivial [Gonzales-Woods (1992)]. Levando em conta esta complexidade, resolvemos utilizar o código de Huffman truncado diminuindo a eficiência do código mas visando a simplicidade da implementação.

Nosso método utiliza o código de Huffman truncado em 32 códigos. O primeiro código será utilizado como um prefixo, e os outros 31 códigos serão associados aos 31 padrões de maior probabilidade obtidos através de uma nova análise estatística feita na imagem após o processo de eliminação de redundância. Estes 31 padrões correspondem a 85,32% dos padrões existentes. Os demais padrões são codificados anexando o código do prefixo ao próprio código original.

Após a utilização deste código o tamanho médio dos arquivos das assinaturas passa a ser de 3.554 bytes.

5. Apresentação e verificação de assinaturas estáticas

Para ser feita a apresentação da assinatura estática, primeiramente realizamos a decodificação e descompressão do arquivo contendo a imagem compactada por nosso método. A seguir a imagem da assinatura passa a ser plotada em um monitor de vídeo.

A imagem da assinatura é apresentada dentro de um ambiente gráfico que possui funções de manipulação de imagens, digitalização, acesso ao banco de dados, e o envio e recepção de imagens através de rede de computadores.

Um dos pontos mais importantes no método de compressão proposto é o de ser um método de

compressão sem perdas, isto é, na hora de se apresentar a imagem, todos os pixels que pertenciam à assinatura original são mostrados sem ocasionar nenhum tipo de perturbação ou distorção de seus traços. Isto pode ser constatado observando-se as figuras 6 e 7.



Figura 6: Imagem da assinatura original.



Figura 7: Imagem da assinatura recuperada após o processo de compressão e descompressão.

A verificação da autenticidade de uma assinatura pode ser feita basicamente de duas maneiras [Lee (1991)]:

1.- Manual, onde a própria pessoa que pede a consulta ao banco de dados de assinaturas, faz a utilização de técnicas de grafoscopia para constatar sua autenticidade, comparando a imagem apresentada no seu terminal de vídeo com o documento que se deseja avaliar.

2.- Automático, neste caso, é necessário que o consultante tenha acesso a um scanner para digitalizar o documento a ser verificado. A seguir se deve entrar com o pedido junto ao banco de dados para a verificação automática da assinatura que acabou de ser digitalizada. Uma vez recebido o pedido de verificação, serão utilizados os algoritmos pertinentes que realizarão a verificação automática retornando para o consultante o resultado da operação [Wilkinson (1990)].

Vale salientar que todos os algoritmos utilizados no desenvolvimento deste método foram implementados utilizando a linguagem de programação C++ dentro do ambiente Windows. A finalidade disto é fornecer uma interface amigável ao operador que requeira a consulta e verificação da assinatura [Calvert (1990)].

6. Análise do método proposto

Os resultados obtidos tomando a média das 250 assinaturas coletadas, podem ser vista na tabela I onde é mostrado o tamanho médio dos arquivos através das diferentes etapas do método.

Tabela I: Tamanho médio dos arquivos

	Tamanho médio dos arquivos
Imagem Inicial	90.000 bytes
Enquadramento	26.702 bytes
Redundância	5.553 bytes
Huffman	3.554 bytes

Tomando como referência o tamanho médio do arquivo obtido com o enquadramento, foi conseguido uma taxa de compressão de 86,69%. Esta mesma taxa aumenta para 96,05% quando tomamos como referência o tamanho do arquivo da imagem inicial.

Tabela II: Tamanho médio dos arquivos obtido por alguns tipos de arquivos de imagens

Tipos de arquivos de imagem	Tamanho médio dos arquivos
BMP	24.686 bytes
GIF	4.927 bytes
RLE	15.770 bytes
TIF	10.382 bytes
WPG	10.151 bytes
PIC	12.343 bytes
PCX	10.967 bytes

Para avaliar o desempenho do nosso método, fizemos um enquadramento das imagens das assinaturas para retirar os espaços em branco que não contém informação, e os transformamos em vários formatos de arquivos de imagem (ver tabela II).

Constatamos que o menor tamanho médio dos arquivos apresentados foi o do tipo GIF, ocupando um espaço de 4.927 bytes. Em comparação com o resultado obtido por nosso método, que é de apenas 3.554 bytes, se consegue em média uma economia de 27,87% no código a ser armazenado pelas imagens das assinaturas.

7 Conclusões

Os resultados obtidos são satisfatórios, pois conseguimos o menor tamanho médio entre os arquivos mais utilizados para armazenamento de imagens. A taxa de compressão média máxima obtida é de 96,05% tomando como referência o tamanho do arquivo da imagem inicial. A taxa de compressão média mínima obtida é de 27,87% quando tomamos como referência o tamanho médio dos arquivos de imagens do tipo GIF.

O método foi idealizado para a compressão de imagens de assinaturas visando sua utilização dentro de um sistema de identificação pessoal. Porém este método pode ser aplicado para qualquer outra finalidade desde que as imagens que se desejam compactar, tenham características semelhantes às assinaturas, isto é, imagens em preto e branco onde o número de pixels brancos seja muito superior ao de pixels pretos. Exemplos de imagens que possuem estas características são manuscritos, textos e desenhos.

Com este trabalho oferecemos um método eficiente para minimizar o problema de armazenamento dos arquivos de imagens com as características acima descritas.

Além disso, minimiza-se também o tempo de transmissão desses arquivos através de rede de computadores. Para uma rede trabalhando a uma taxa de transmissão de 9600 bps, uma imagem de assinatura não compactada levaria até 75 segundos para ser transmitida, mas utilizando nosso método levaria em média apenas 3 segundos.

Visando obter um melhor resultado através deste método, está em andamento, o estudo e implementação dos seguintes processos:

- 1.- Codificação das imagens de assinaturas estáticas em blocos de até 8 por 8 pixels.
- 2.- Eliminação de redundância feita em cima de todos os possíveis padrões, podendo ser feita no sentido vertical ou horizontal.
- 3.- Utilização de tabelas estatísticas indicadas pela CCITT e ISO para melhorar o desempenho dos códigos de Huffman.

Referências

- R. C. Gonzales, R. E. Woods, *Digital image processing*, Addison Wesley, 1992.
- R. Plamondon, G. Lorette, "Automatic signature verification and writer identification - the state of art", *Pattern Recognition*, (1989) 107--131 Vol. 22 N° 2.
- N. A. Huffman, "A method for construction minimum redundancy codes", *Proceedings of the IRE* 40 (1952) 1098--1101.

L. L. Lee, On-line system for human signature verification, Ph.D. thesis, Cornell University, 1991.

C. Calvert, *Programando aplicações em Windows com C & C++*, Berkeley, 1994.

T. S. Wilkinson, *Novel techniques for handwritten signature verification*, Ph.D. thesis, Stanford University, 1990