

Extração Automática de Características em Imagens de Impressão Digital

Eduardo da Silva Ribeiro, Erikson Freitas Morais (*orientador*) e Gilberto Luis Valente da Costa
Faculdades Integradas de Caratinga
Caratinga – Minas Gerais - Brasil
{*eduardoss,eriksonfm,betogil*}@gmail.com

Resumo

Esse artigo trata-se de um estudo onde foi investigado uma metodologia para a extração de características em imagens de impressão digital. O principal objetivo foi selecionar métodos que fossem eficientes para o processamento de imagens de impressões digitais originados por equipamentos de diversas tecnologias. Na etapa de segmentação foi escolhido um método que utiliza o cálculo da variância. O filtro de Gabor foi selecionado para a melhoria da qualidade da impressão digital e foi usado um método para a obtenção do mapa de direções para este filtro. Para a extração de características, conhecidas como minúcias, utilizou-se o filtro de afinamento de Zhang e Suen e o algoritmo Cross-number. Para os testes foi escolhido o banco de dados de imagens da competição FVC e imagens obtidas a partir de um leitor Digital Persona.

1. Introdução

Com a popularização dos coletores de impressão digital, esta passou a ser utilizada em aplicações comerciais e financeiras. Seu uso anterior era mais restrito a investigações criminais e identificação civil. Segundo [7], a impressão digital é a que melhor atende os requisitos biométricos, por isso é a mais usada em sistemas de identificação por biometria. Entretanto, no mercado existem muitos tipos de coletores de impressão digital, que empregam tecnologias distintas e geram imagens com características diferentes. Cada fabricante disponibiliza um *software* que faz o reconhecimento da impressão digital do seu leitor, mas estes *softwares* são geralmente de código proprietário e utilizados em aplicações restritas.

A idéia principal deste trabalho é utilizar um método de processamento de imagem que seja eficaz em processar imagens de impressões digitais de

leitores diferentes, utilizando o mesmo *software*. O trabalho desenvolvido tem o objetivo de iniciar um projeto maior que consiste em projetar um sistema de autenticação de usuários feito pela impressão digital para usado na plataforma *Web*.

2. Impressões Digitais

As impressões digitais são elevações da pele existentes na ponta dos dedos. O desenho formado por essas elevações são diferentes para cada indivíduo, ou seja dois indivíduos não possuem exatamente igual a mesma impressão digital[1]. Historiadores descobriram que os egípcios antigos já utilizavam a impressão digital como forma de identificação. Entretanto somente no final do século XIX foi feito um estudo científico da impressão digital, e esta passou a ser utilizada como meio para comprovar a identidade de uma pessoa[1,7].

Existem algumas formas de fazer a identificação de uma pessoa através da impressão digital, uma delas é através das relações que existem entre as minúcias das impressões digitais. As minúcias são acidentes que ocorrem com as cristas das digitais. Existem vários tipos de minúcias mas as encontradas com maior frequência são as terminações e bifurcações [5]. Esses dois tipos de minúcias foram utilizadas no trabalho.

3. Metodologia

A análise bibliográfica realizada foi importante para a seleção de métodos de processamento de imagem utilizados, considerou-se principalmente os trabalhos de [2,8,9,10]. Em seguida, foi proposto uma série de etapas para o sistema de detecção de minúcias. Para segmentar escolheu-se utilizar o calculo da variância e para a melhoria da qualidade da imagem utilizou-se o filtro de Gabor com um mapa direcional. A etapa seguinte consistiu em aplicar um filtro de

afinamento e o algoritmo para a detecção das minúcias.

3.1. Segmentação

A segmentação de uma imagem tem o objetivo de separar a região de interesse da imagem das demais. Geralmente consiste em discernir um objeto do fundo[6]. No caso de uma imagem de impressão digital a segmentação separa a região onde está a impressão digital do fundo. Este tende a ser constante ou ter uma variação de intensidade de cor pequena. Já a região onde está localizada a impressão digital tem uma variação de cor maior porque as cristas e os vales da possuem um variação de cor acentuada. Dessa forma alguns trabalhos fazem segmentação da imagem utilizando a variância de uma determinada região na imagem[10]. Outras formas de segmentar são utilizadas, mas optou-se por utilizar a variância por ser mais simples e também eficaz.

A variância é uma medida estatística que consiste no desvio quadrático médio da medida de um conjunto de dados, sua fórmula é mostrada na equação 3.1. No caso de imagens o cálculo da variância é feito utilizando os valores dos *pixels* de uma região na imagem. Após o cálculo, o valor da variância é comparado com um limiar de classificação pré-estabelecido. Caso a variância seja menor que o limiar, esta é classificada como fundo, se a variância supera este limiar a região é classificada como área de interesse.

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x')^2}{n-1} \quad (3.1)$$

O tamanho da região para o cálculo da variância, e o limiar de classificação devem ser estabelecidos previamente mediante a testes de forma empírica. Deve-se estabelecer esses parâmetros para que se adéqüem a cada tipo de imagem de impressão digital, sabendo que a coleta feita com tecnologias distintas geram imagens com características diferentes.

3.2. Filtro de Gabor

Após definido a região de interesse com a segmentação é preciso melhorar a qualidade das cristas da impressão digital. Estas apresentam algumas imperfeições que são peculiares das digitais, ou ocorrem devido a tecnologia de coleta empregada. Em

alguns casos se a imagem possuir uma qualidade boa, são empregados filtros gaussianos e filtros passa-altas como visto em [2]. Mas no caso de imagens mais ruidosas é preciso de um filtro mais robusto. Nesse trabalho foi utilizado o filtro de Gabor, como sugerido por [5,9].

Esse filtro foi proposto inicialmente por Dennis Gabor em 1945 [4]. É muito utilizado para a melhoria da qualidade de impressões digitais e em processos de análise de textura[5,10]. A formulação do filtro é vista na equação 3.2.

$$G(x, y, f) = \exp \left[-0.5 \cdot \left(\frac{x_r^2}{g_x^2} + \frac{y_r^2}{g_y^2} \right) \right] \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot y_r)$$

onde

$$\begin{aligned} x_r &= x \cdot \cos(\theta) - y \cdot \sin(\theta) \\ y_r &= y \cdot \cos(\theta) + x \cdot \sin(\theta) \end{aligned} \quad (3.2)$$

O filtro consiste em um envelope gaussiano com uma função cosseno. O seu resultado é uma suavização da imagem, onde também ocorre destaque das senóides com uma determinada frequência[8]. No caso de aplicá-lo em impressões digitais o filtro destaca as senóides representadas pelas cristas e os vales e suprime os ruídos.

Para um bom funcionamento do filtro é preciso estabelecer adequadamente o tamanho da região onde este será aplicado. O nível de suavização pode ser calibrado nos parâmetros g_x e g_y . O parâmetro da frequência f pode ser estimado, baseado em medições das distâncias entre os topos das cristas das digitais. Já o parâmetro de direção das senóides θ precisa ser obtido previamente através de uma mapa de direções.

3.3. Mapa de direções

Para obter o mapa de direções foi utilizado um método baseado no filtro de detecção de bordas de Sobel. Aplicou-se os filtros de detecção de bordas utilizando a convolução com máscara que detectam bordas nas direções de 0°, 45°, 90°, e 135°. Em seguida, verificou-se a direção que obteve maior estímulo aos filtros e essa direção foi selecionada para aquela região, ou seja é escolhido a direção representada pela máscara que detectou mais bordas.

Por causa das imperfeições das imagens, somente com essa etapa não foi possível gerar um mapa correto de direções para o filtro de Gabor. Em algumas regiões

a direção detectada não foi a correta, mas observou-se que na maior parte dos casos a direção detectada foi a correta. Então foi proposto após essa etapa fazer uma uniformização do mapa de direções, aplicando um filtro que utiliza a moda. Para uma região central foi atribuída a direção que aparece mais vezes nas suas oito regiões vizinhas, ou seja o valor da moda da vizinhança.

Na figura 3.1 é visto o mapa de direção sem a uniformização e a aplicação do filtro de Gabor com esse mapa, em seguida é visto o mapa com a uniformização e o seu resultado com o filtro de Gabor. No mapa as regiões mais escuras representam 0° graus e as mais claras representam 45° , 90° , 135° gradativamente.

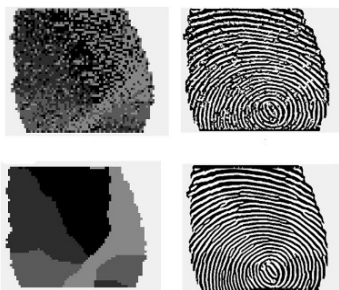


Figura 3.1 imagem do método de detecção da direção o filtro de Gabor, em baixo a detecção da direção com a uniformização e o resultado do filtro de Gabor.

3.4. Afinamento

Após obter uma imagem com boa qualidade, foi utilizado um método de afinamento para reduzir a representação das cristas da impressão digital para um esqueleto digital. Essa redução gera uma imagem com o mesmo conteúdo mas com cristas de um *pixel* de espessura. Foi utilizado o filtro de Zhang e Suen para fazer o afinamento da imagem [6].

3.5. Extração e eliminação de falsas minúcias

No esqueleto digital da imagem é preciso localizar as minúcias. Para tal foi utilizado o algoritmo *cross-number*[2], que verifica as transições de cor dos oito vizinhos de um *pixel*. Para um *pixel* na imagem ser considerado uma minúcia do tipo terminação este deve ter uma única transição de cor e do tipo bifurcação três transições.

Nem todas as minúcias encontradas foram verdadeiras. O algoritmo detectou falsas terminações nas extremidades do esqueleto digital, estas foram eliminadas. Minúcias muito próximas também foram removidas onde porque caracterizavam cristas fragmentadas.

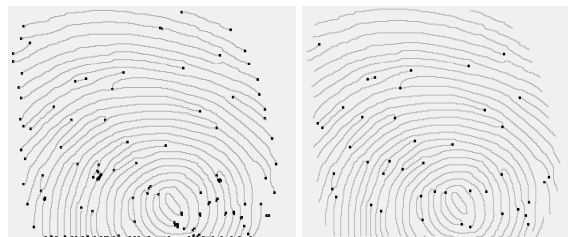


Figura 3.2 minúcias detectadas sem eliminação das minúcias falsas e em seguida com a eliminação.

4. Testes

Para testar os métodos selecionados, foram utilizadas imagens capturadas por um leitor Digital Persona e também imagens da base de dados da FVC de 2004 [3], na qual consiste em um banco de dados com 4 tipos de imagens de impressão digital, coletadas com diferentes tecnologias, sendo que a quarta base dados são imagens sintéticas geradas por *software*. A FVC (*Fingerprint Verification Competition*) é uma competição de softwares de reconhecimento de impressão digital, organizado por algumas universidades internacionais. Na figura 4.1 é mostrado as imagens utilizadas para os testes.

Na etapa de segmentação foi utilizado uma região com janela de tamanho 13×13 porque foi a que melhor se adequou as imagens de resolução de 500dpi, o limiar da variância variou entre 500 e 3000. Para o cálculo da direção foram utilizadas janelas de 5×5 e quatro direções: 0° , 45° , 90° e 135° , sendo que para a aplicação do filtro essas direções foram convertidas para radianos. O filtro de Gabor foi aplicado com uma janela de 13×13 e com parâmetro da frequência estabelecida em 0.7. Este valor representa o inverso do dobro da largura das cristas [8].

A comparação dos resultados gerados pelos algoritmos proposto com os resultados esperados, foi feita por uma avaliação subjetiva dos autores. Esperasse investigar posteriormente um critério automatizado para avaliar a extração de minúcias.

Imagens originadas do leitor Digital Persona obtiveram os melhores resultados, tanto na segmentação quanto no filtro de Gabor e detecção das minúcias.

Nas imagens do primeiro e terceiro banco de dados da FVC os resultados foram satisfatórios. Destaca-se o resultado da segmentação no terceiro banco de dados da FVC (terceira imagem da figura 4.1) onde a segmentação foi eficiente mesmo com um fundo imagem com variação de cor mais acentuadas do que as imagens dos outros banco de dados.

No segundo banco de dados da FVC a segmentação em algumas imagens não foi eficiente, devido ao baixo contraste com o fundo. No quarto banco de dados da FVC, que são imagens sintéticas produzidas por *software*, o mapa de direção gerado em algumas imagens não foi o esperado, devido as cristas das digitais estarem muito fragmentadas.



Figura 4.1 – Exemplo de imagens do banco de dados da FVC de 2004 e uma imagem coletada por um leitor Digital Persona.

5. Conclusões e trabalhos futuros

Foi constatado a eficiência do método de segmentação que utiliza a variância. O filtro de Gabor também mostrou bons resultados mas este é extremamente dependente da etapa de detecção da direção das cristas da impressão digital. Os resultados das outras etapas são originados do sucesso dessas duas etapas iniciais.

No geral pode-se considerar satisfatório o conjunto dos métodos selecionados, principalmente por causa de ótimos resultados obtidos com as imagens capturadas pelo leitor Digital Persona. Entretanto a utilização do banco de dados da FVC foi importante para verificar o comportamento dos algoritmos com imagens degradadas e geradas por tecnologias diferentes.

Para os trabalhos futuros pretende-se estender as pesquisas buscando soluções para os casos onde a metodologia proposta não foi eficiente. A continuidade do trabalho dar-se-á com a investigação e

seleção de técnicas de comparação de minúcias. Posteriormente pretende-se fazer uma estruturação para utilizar esse sistema de reconhecimento de impressão digital para a autenticação de usuários na plataforma *Web*.

6. Referências

[1] ARAÚJO, Marcos Elias Cláudio de, PASQUALI, Luiz, HISTÓRICO DOS PROCESSOS DE IDENTIFICAÇÃO. Disponível em: <http://www.papiloscopistas.org/historico.doc>

[2] FARIA, Diego Resende, Reconhecimento de Impressões Digitais com Baixo Custo Computacional para um Sistema de Controle de Acesso, Dissertação (mestrado). UFPR, Curitiba, 2005.

[3] Fingerprint Verification Competition. Disponível em: <http://bias.csr.unibo.it/fvc2006/>

[4] Gabor, D., “Theory of Communication”, Journal of the Institute of Electrical Engineers, 1946, pp. 429-457

[5] GONZAGA, S. L. de O. ; VIOLA, F. ; CONCI, A. . Filtro adaptativo para melhoria de imagens de impressões digitais utilizando o filtro de Gabor e campos direcionais. In: 4º Congresso Temático de Dinâmica, Controle e Aplicações, 2005, Bauru.

[6] GONZALEZ, Rafael C., WOODS, Richard E., Processamento de Imagens de Impressões Digitais. São Paulo: Edgar Blucher, 2000.

[7] Jain, A. K, and Maltoni, D., “Handbook of Fingerprint Recognition”, Springer, New York, 2003.

[8] MARQUES, Airam Carlos Pais Barreto, Extração de Minúcias em Imagens de Impressões Digitais utilizando Redes Neurais, Dissertação(mestrado) NCE-UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

[9] OLIVEIRA, Sanderson Lincoln Gonzaga de, Desenvolvimento de um algoritmo baseado no filtro de Gabor para identificação de impressões digitais. Dissertação(mestrado), UERJ,Nova Frigurbo, 2004.

[10] SÁ, Gustavo Ferreira Cardoso de, Melhorias no Reconhecimento de Impressões Digitais Baseado no Método FingerCode. Dissertação(mestrado), UNICAMP, Campinas, 2006.