

Autenticação de *fingerprints*

Pedro R. Mendes Júnior
Antônio Carlos Nazaré Júnior

19 de novembro de 2010

Introdução

- Uma impressão digital (*fingerprint*) é o desenho formado pelas papilas (elevações da pele), presente nos dedos da mão.



Introdução

- Uma impressão digital (*fingerprint*) é o desenho formado pelas papilas (elevações da pele), presente nos dedos da mão.
- As *fingerprints* são únicas em cada indivíduo.



Introdução

- Uma impressão digital (*fingerprint*) é o desenho formado pelas papilas (elevações da pele), presente nos dedos da mão.
- As *fingerprints* são únicas em cada indivíduo.
- Tal característica, chamada individualidade, as fazem serem utilizadas como forma de identificação de pessoas há séculos.



Introdução

- Uma impressão digital (*fingerprint*) é o desenho formado pelas papilas (elevações da pele), presente nos dedos da mão.
- As *fingerprints* são únicas em cada indivíduo.
- Tal característica, chamada individualidade, as fazem serem utilizadas como forma de identificação de pessoas há séculos.
- O estudo de *fingerprints* visa o desenvolvimento de sistemas que permitam reconhecimento, classificação e autenticação.



Introdução

Principais etapas de um sistema automático de identificação de *fingerprints* (*Automated Fingerprint Identification System - AFIS*):

- Pré-processamento;

Introdução

Principais etapas de um sistema automático de identificação de *fingerprints* (*Automated Fingerprint Identification System - AFIS*):

- Pré-processamento;
- Extração de Características;

Introdução

Principais etapas de um sistema automático de identificação de *fingerprints* (*Automated Fingerprint Identification System - AFIS*):

- Pré-processamento;
- Extração de Características;
- Classificação;

Introdução

Principais etapas de um sistema automático de identificação de *fingerprints* (*Automated Fingerprint Identification System - AFIS*):

- Pré-processamento;
- Extração de Características;
- Classificação;
- Alinhamento;

Introdução

Principais etapas de um sistema automático de identificação de *fingerprints* (*Automated Fingerprint Identification System - AFIS*):

- Pré-processamento;
- Extração de Características;
- Classificação;
- Alinhamento;
- *Mathcing* / Reconhecimento.

Introdução

Principais etapas de um sistema automático de identificação de *fingerprints* (*Automated Fingerprint Identification System - AFIS*):

- Pré-processamento;
- Extração de Características;
- Classificação;
- Alinhamento;
- *Mathcing* / Reconhecimento.

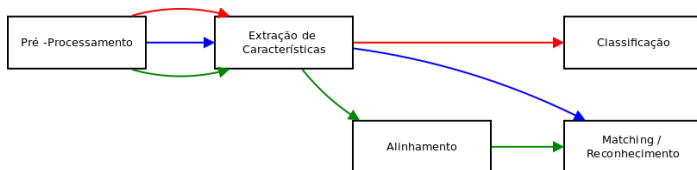


Figura: Ilustração dos AFIS.

Pré-processamento

Uma equalização de histograma é a etapa inicial do método.

Pré-processamento

Uma equalização de histograma é a etapa inicial do método.

$$B_i = \left(\sum_{j=0}^i N_j \right) \cdot \frac{\textit{intensidade_max}}{\textit{quantidade_pixels}}, i = 0, \dots, 255 ,$$

Segmentação

Segmentação: extração do “corpo” da *fingerprint* e exclusão do *background*;



Figura: Segmentação.

Filtro de Gabor

Filtro de Gabor: utilizado para realçar e emendar as cristas;

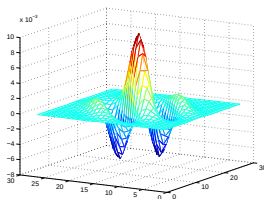
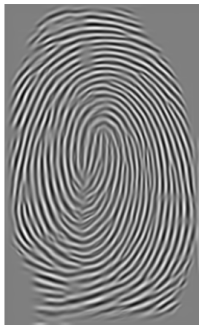


Figura: Aplicação do filtro de Gabor e filtro de gabor com os parâmetros $\theta = 3\pi/4$, $f = 1/8$, $\sigma_x = 4$ e $\sigma_y = 4$.

Cálculo da orientação

A orientação de cada bloco pode ser calculada com [Wang et al., 2007]:

$$\Theta_B = \frac{1}{2} \text{atan} \left(\frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w 2g_x(i,j)g_y(i,j)}{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w (g_x^2(i,j) - g_y^2(i,j))} \right) + \frac{\pi}{2},$$



Figura: Exemplos de aquisição das orientações.



Cálculo da frequência

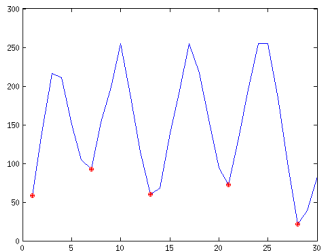


Figura: Aquisição da frequência local.

Aplicação do filtro de Gabor

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x_\theta^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_\theta^2}{\sigma_y^2}\right)\right) \cos(2\pi x_\theta f) ,$$

onde

$$x_\theta = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \text{ e}$$

$$y_\theta = -x \sin(\theta) + y \cos(\theta) .$$

Aqui, σ_x e σ_y são escolhidos em função da frequência [Thai, 2003]:

$$\sigma_x = \frac{k_x}{f}, \sigma_y = \frac{k_y}{f} ,$$

e o tamanho do filtro em função de σ_x e σ_y [Thai, 2003]:

$$w_x = 4.5\sigma_x, w_y = 4.5\sigma_y .$$

Binarização e Afinamento

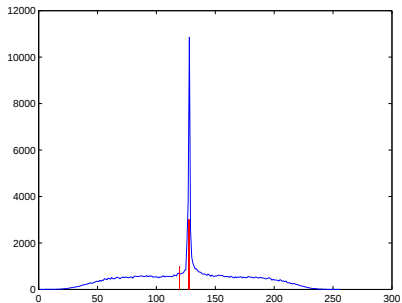
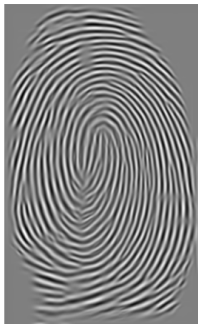


Figura: Detecção do limiar

$$T = \mu - \sigma^2$$

Binarização e Afinamento

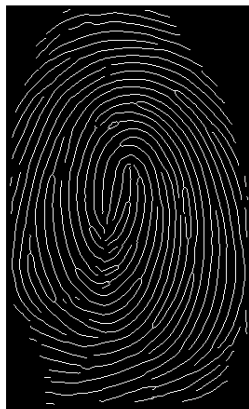
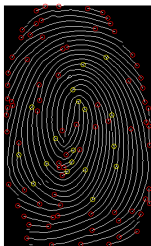


Figura: Binarização e afinamento.



$$C_N = \frac{\sum_{k=1}^8 |\Gamma(k+1) - \Gamma(k)|}{2}$$

onde

$$\Gamma(9) = \Gamma(1)$$

$$\Gamma(p) = \begin{cases} 1 & \text{se } p \text{ pertence ao ridge} \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

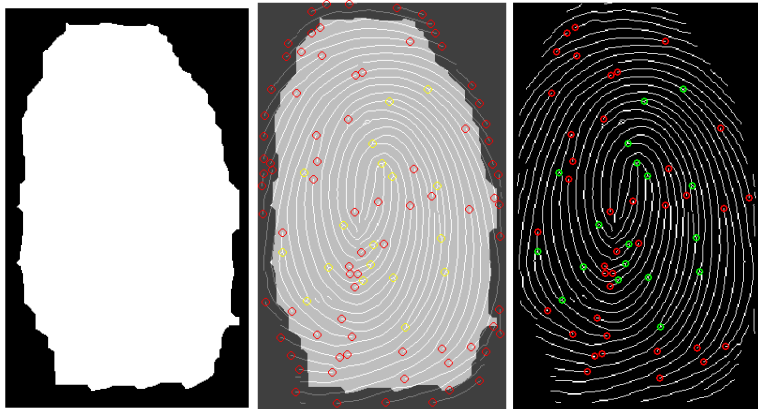


Figura: Exemplo da filtragem de falsas minúcias.

Matching

$$output = A_w(1) + \sum_{j=2}^n A_w(j) \times$$

$$\left(\frac{2}{1 + \exp((S_{j1} \times I(i) \times S_{j2}) + A_b(j))} - 1 \right)$$

$$output = A_w(1) + \sum_{j=2}^n A_w(j) \times$$

$$\left(\frac{2}{1 + \exp(-(S_{j1} \times I(i) \times S_{j2}) + A_b(j))} - 1 \right)$$

Matching

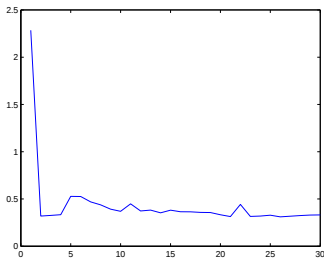
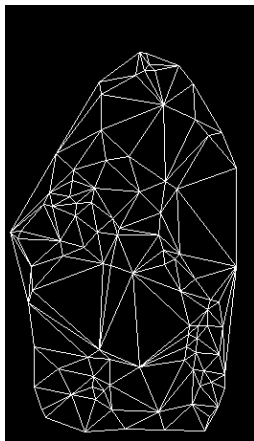
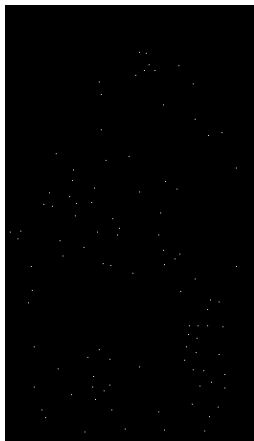
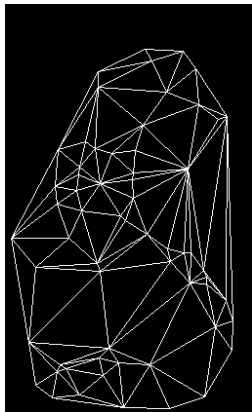
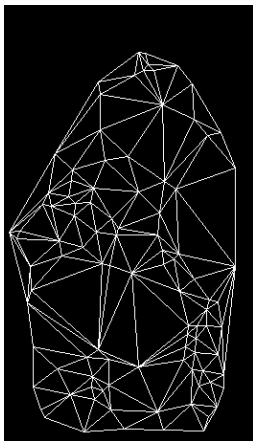


Figura: Número de épocas por MSE para $\alpha = 0,5$.

Matching (por triangulação de Delaunay)



Matching (por triangulação de Delaunay)



Matching (por triangulação de Delaunay)

Extração de características

São utilizadas seis características invariantes:



$$V_t = \left(\frac{l_1}{l_3}, \frac{l_2}{l_3}, \cos(A) \right)$$

Matching (por triangulação de Delaunay)

Extração de características

São utilizadas seis características invariantes:



$$V_t = \left(\frac{l_1}{l_3}, \frac{l_2}{l_3}, \cos(A) \right)$$



$$V_m = [\angle m_1, \angle m_2, \angle m_3]$$

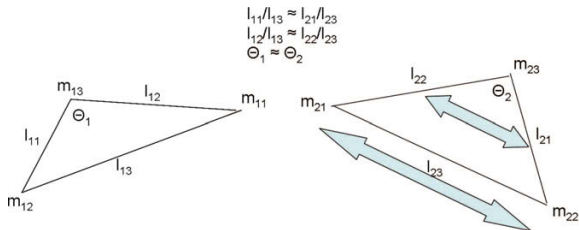
Matching (por triangulação de Delaunay) Geração de hipóteses

- *Similarity consistency*

Matching (por triangulação de Delaunay)

Geração de hipóteses

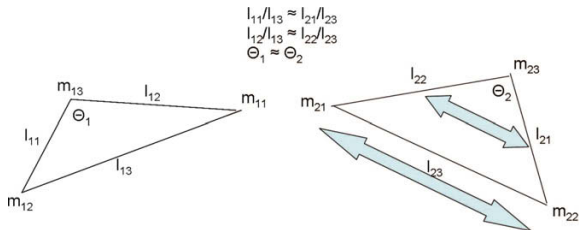
- *Similarity consistency*
- *Planarity consistency*



Matching (por triangulação de Delaunay)

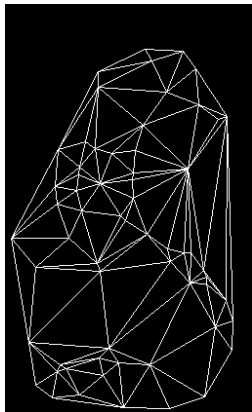
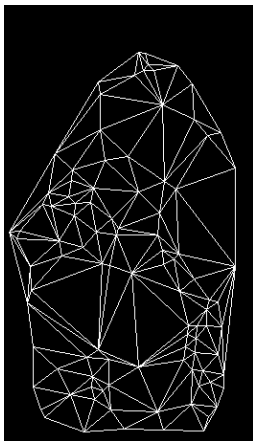
Geração de hipóteses

- *Similarity consistency*
- *Planarity consistency*



- *Minutiae orientation consistency*

Matching (por triangulação de Delaunay)



Matching (por triangulação de Delaunay)

Verificação de hipótese

$$s = \frac{2m}{t + q} \times 100$$

	P	N
T	69 (70%)	100 (100%)
F	29 (30%)	0 (0%)

Tabela: Matriz confusão denotando as taxas TP , TN , FP e FN .

Conclusão

Com o uso da triangulação de Delaunay para o *matching* de duas *fingerprints*, obtém-se resultados satisfatórios.

Tem-se como possibilidade de trabalho futuro a utilização do conceito de hierarquia de Delaunay para diminuição da complexidade do método e para uma possível implementação para utilização em aplicações (sistema de autenticação de candidatos a vestibular na UFOP).

Perguntas?



Cao, K., Yang, X., Tao, X., Li, P., Zang, Y., and Tian, J. (2010).

Combining features for distorted fingerprint matching.
Journal of Network and Computer Applications,
33(3):258–267.



Cappelli, R., Ferrara, M., and Maltoni, D. (2010).

Minutia cylinder-code: a new representation and matching
technique for fingerprint recognition.
*IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine
Intelligence*.
accepted.



Feng, J. (2008).

Combining minutiae descriptors for fingerprint matching.
Pattern Recognition, 41(1):342–352.



Hu, C., Yin, J., Zhu, E., Chen, H., and Li, Y. (2008).
Fingerprint alignment using special ridges.

In *19th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, pages 1–4.



Huckemann, S., Hotz, T., and Munk, A. (2008).

Global models for the orientation field of fingerprints: An approach based on quadratic differentials.

IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, 30(9):1507–1519.



Kaur, R., Sandhu, P. S., and Kamra, A. (2010).

A novel method for fingerprint feature extraction.

In *International Conference on Networking and Information Technology*, pages 1–5.



Khalil, M. S., Mohamad, D., Khan, M. K., and Al-Nuzaili, Q. (2010).

Fingerprint verification using statistical descriptors.

Digital Signal Processing, 20(4):1264–1273.



Kulkarni, J. V., Patil, B. D., and Holambe, R. S. (2006).

Orientation feature for fingerprint matching.

Pattern Recognition, 39(8):1551–1554.



Kumar, R. and Vikram, B. R. D. (2010).
Fingerprint matching using multi-dimensional ann.
Engineering Applications of Artificial Intelligence,
23(2):222–228.



Kwon, D., Yun, I. D., and Lee, S. U. (2007).
A robust warping method for fingerprint matching.
In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern
Recognition*, pages 1–6.



Liu, M. (2010).
Fingerprint classification based on adaboost learning from
singularity features.
Pattern Recognition, 43(3):1062–1070.



Maltoni, D. and Cappelli, R. (2009).
Advances in fingerprint modeling.
Image and Vision Computing, 27(3):258–268.



Maltoni, D., Maio, D., Jain, A. K., and Prabhakar, S. (2009).

Handbook of Fingerprint Recognition.

Springer, 2 edition.



Mei, Y., Sun, H., and Xia, D. (2009).

A gradient-based combined method for the computation of fingerprints' orientation field.

Image and Vision Computing, 27(8):1169–1177.



Miron, R. and Letia, T. (2010).

Fuzzy logic decision in partial fingerprint recognition.

In *IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, volume 3, pages 1–6.



Nanni, L. and Lumini, A. (2009).

Descriptors for image-based fingerprint matchers.

Expert Systems with Applications, 36(10):12414–12422.



Sheng, W., Howells, G., Fairhurst, M., Deravi, F., and Harmer, K. (2009).

Consensus fingerprint matching with genetically optimised approach.

Pattern Recognition, 42(7):1399–1407.



Tan, B. and Schuckers, S. (2010).

Spoofing protection for fingerprint scanner by fusing ridge signal and valley noise.

Pattern Recognition, 43(8):2845–2857.



Thai, R. (2003).

Fingerprint image enhancement and minutiae extractions.
Technical report.



The MathWorks (2010).

Image processing toolbox user's guide.



Uz, T., Bebis, G., Erol, A., and Prabhakar, S. (2009).

Minutiae-based template synthesis and matching for
fingerprint authentication.

Computer Vision and Image Understanding,
113(9):979–992.



Wang, Y., Hu, J., and Han, F. (2007).

Enhanced gradient-based algorithm for the estimation of fingerprint orientation fields.

Applied Mathematics and Computations, 185:823–833.



Wang, Y., Hu, J., and Schroder, H. (2005).

A gradient based weighted averaging method for estimation of fingerprint orientation fields.

In Proceedings of the Digital Imaging Computing: Techniques and Applications, pages 29–29.



Zegarra, J. A. M., Leite, N. J., and da Silva Torres, R. (2009).

Wavelet-based fingerprint image retrieval.

Journal of Computational and Applied Mathematics, 227(2):294–307.



Zhao, Q., Zhang, D., Zhang, L., and Luo, N. (2010).

High resolution partial fingerprint alignment using pore-valley descriptors.

Autenticação
de *fingerprints*

Pedro R.
Mendes Júnior
Antônio
Carlos Nazaré
Júnior

Introdução

Pré-
processamento

Extração de
Características

Matchig