



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 102015002106-2 B1



(22) Data do Depósito: 29/01/2015

(45) Data de Concessão: 03/05/2022

(54) Título: MÉTODO DE VALIDAÇÃO DO USO DE UM DEDO REAL COMO SUSTENTAÇÃO DE UMA IMPRESSÃO DIGITAL E DISPOSITIVO DE VALIDAÇÃO

(51) Int.Cl.: G06K 9/00.

(52) CPC: G06K 9/00114.

(30) Prioridade Unionista: 04/02/2014 FR 14/50834.

(73) Titular(es): MORPHO.

(72) Inventor(es): ALAIN THIEBOT; BENÔIT THOUY; JEAN-FRANÇOIS BOULANGER; JULIEN DOUBLET.

(57) Resumo: MÉTODO DE VALIDAÇÃO DO USO DE UM DEDO REAL COMO SUSTENTAÇÃO DE UMA IMPRESSÃO DIGITAL. A presente invenção refere-se a um método de validação (300) do uso de um dedo real como sustentação de uma impressão digital, em que o dito método de validação (300) compreende: uma etapa de posicionamento (302) durante a qual a sustentação é colocada de modo que a mesma se apoie, uma etapa de captura (304) durante a qual uma assim chamada imagem capturada da impressão é capturada, uma etapa de filtragem (306) durante a qual a imagem capturada é transformada em uma imagem resultante por meio da passagem através de um filtro passa baixo, uma etapa de localização (308) durante a qual um ponto de origem O, a intensidade de cujo pixel é representativo da pressão máxima exercida na sustentação, é localizado na imagem resultante, uma etapa de verificação (310) durante a qual é verificado que, na imagem resultante, para uma pluralidade de raios que saem a partir do ponto de origem O e para cada um dos ditos raios, para uma pluralidade dos pontos M, a intensidade do pixel de cada ponto M do dito raio é representativo de uma diminuição na pressão exercida na sustentação conforme a distância a (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para:
**“MÉTODO DE VALIDAÇÃO DO USO DE UM DEDO REAL COMO
SUSTENTAÇÃO DE UMA IMPRESSÃO DIGITAL E DISPOSITIVO
DE VALIDAÇÃO”.**

[00001] A presente invenção refere-se a um método de validação do uso de um dedo real como sustentação de uma impressão digital, assim como para um dispositivo de validação que implanta tal método.

[00002] Um dispositivo para identificar um indivíduo através de sua impressão digital consiste em um sensor, um meio de comparação, um meio de tomada de decisão.

[00003] O sensor exibe uma superfície de captura que serve para apoio do dedo e através da qual uma imagem da impressão digital do dedo é capturada. O meio de comparação compara a imagem capturada ou os modelos biométricos que surgem a partir da imagem com as imagens ou os modelos biométricos de um banco de dados que contém as imagens ou os modelos das pessoas anteriormente registradas no dispositivo de identificação. O meio de tomada de decisão é destinado a tomar uma decisão com relação à identificação do indivíduo com a ajuda do resultado das comparações.

[00004] Várias tecnologias comumente existem no campo dos sensores de impressão digital para capturar as imagens de um dedo em contato com uma superfície de aquisição, em particular, tecnologias ópticas, tecnologias capacitivas, medições de campos elétricos, térmicos, ultrassônicos ou de outro modo através da medição de pressão.

[00005] Determinados indivíduos mal-intencionados tentam identificar a si mesmos de modo fraudulento usando-se iscas para fraudes o dispositivo de identificação para produzir um erro.

[00006] Vários métodos de validação são conhecidos para validar o fato de que o dedo possui a impressão digital é um dedo real.

[00007] Em particular, sabe-se que usar a deformação do dedo no sensor para verificar se a dita deformação de fato corresponde à pele cujas características de elasticidade são diferentes daquelas dos materiais usados para produzir as fraudes.

[00008] Em particular, sabe-se que girar o dedo na superfície de captura de modo a induzir uma desvirtuação da imagem, tornando, desse modo, possível analisar a elasticidade da pele ou do material que sustenta a fraude.

[00009] Mas tal método não é muito ergonômico visto que tal movimento precisa ser explicado ao indivíduo que deseja ser identificado, isso é inconcebível, por exemplo, no caso de um dispositivo de identificação que não é supervisionado.

[00010] Um objetivo da presente invenção é propor um método de validação que torna possível validar o uso de um dedo real como portador de uma impressão digital que não exibe as desvantagens da técnica anterior e que, em particular, é altamente ergonômico em relação ao indivíduo.

[00011] Para esse propósito, é fornecido um método de validação do uso de um dedo real como sustentação de uma impressão digital, implantado por um dispositivo de validação que compreende uma superfície de captura na qual a dita sustentação se apoia, um sensor destinado a capturar uma imagem da impressão digital, um módulo de processamento e um módulo de tomada de decisão, em que o dito método de validação compreende:

- uma etapa de posicionamento durante a qual a sustentação é colocada de modo que a mesma se posicione contra a superfície de captura,
- uma etapa de captura durante a qual o sensor captura uma, assim chamada, imagem capturada da impressão,
- uma etapa de filtragem durante a qual o módulo de

processamento transforma a imagem capturada em uma imagem resultante pela passagem através um filtro passa baixo cuja frequência de valor de corte é muito inferior à frequência das cristas de uma impressão,

- uma etapa de localização durante a qual o módulo de processamento se localiza na imagem resultante, um ponto de origem O, a intensidade da qual pixel é representativo da pressão máxima exercida na sustentação,

- uma etapa de verificação durante a qual o módulo de processamento verifica que, na imagem resultante, para uma pluralidade de raios que saem a partir do ponto de origem O e para cada um dos ditos raios, para uma pluralidade dos pontos M, a intensidade do pixel de cada ponto M do dito raio é representativo de uma diminuição na pressão exercida na sustentação conforme a distância a partir do ponto de origem O ao ponto M aumenta, e

- uma etapa de tomada de decisão durante a qual o módulo de tomada de decisão toma uma decisão em relação à validade da sustentação como uma função dos resultados da etapa de verificação.

[00012] Vantajosamente, a dita frequência de valor de corte é da ordem de a partir de 0,1 a 1 ciclo por mm.

[00013] Vantajosamente, a etapa de verificação consiste em verificar que o começo a partir do ponto de origem O e em cada raio que sai a partir do ponto de origem O, o gradiente de intensidade de cada ponto M é negativo.

[00014] Vantajosamente, a etapa de tomada de decisão é baseada um critério cumulativo denotado $Dism(P, O)$ e que representa o desvio do perfil de intensidade do perfil de intensidade real P a partir do modelo teórica da intensidade centralizada em O de um dedo real e em uma comparação desse desvio $Dism(P, O)$ com respeito a uma limiar.

[00015] Vantajosamente, o desvio $Dism(P, O)$ é dado pela fórmula:

$$Dism(P, O) = \frac{1}{Area(P)} \int_0^{2\pi} \int_0^{R_{max}} L(\nabla_r^O P(r, \theta)). dr. d\theta \quad (3)$$

[00016] em que:

[00017] - $\nabla_r^O P(r, \theta)$ é a saliência da base de localização radial em M que se relaciona a O do gradiente de intensidade no ponto M da imagem resultante com as coordenadas polares (r, θ) ,

[00018] - L é uma função zero em $\mathbb{R}^-$ e uma função crescente em $\mathbb{R}^{+*}$,

[00019] - R_{max} é a distância máxima entre o ponto de origem O e qualquer ponto M da imagem resultante, e

[00020] - $\hat{Area}(P)$ é a área da região considerada ao redor do ponto M.

[00021] Vantajosamente, o método de validação compreende uma etapa de pré-processamento destinada a aprimorar a entrega da imagem resultante, entre a etapa de captura e a etapa de filtragem.

[00022] De acordo com uma modalidade específica, a etapa de pré-processamento consiste em aplicar aos pixels (x, y) da imagem capturada, uma função $F(x, y)$ definida pela fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

[00023] em que quando o pixel (x, y) não pertencer aos pixels das cristas, $R_r(x, y)$ será igual ao valor médio das larguras locais das cristas adjacentes em qualquer um dos lados do vale que inclui o pixel, no nível do dito pixel e em que quando o pixel (x, y) pertence aos pixels das cristas, $R_r(x, y)$ será igual à largura de localização da crista nesse pixel (x, y) , e

[00024] em que quando o pixel (x, y) não pertencer aos pixels dos vales, $R_{ir}(x, y)$ será igual ao valor médio das larguras locais dos vales adjacentes em qualquer um dos lados da crista incluindo esse pixel, no nível do dito pixel, e em que quando o pixel (x, y) pertencer aos pixels

dos vales, $R_{ir}(x, y)$ será igual à largura local do vale nesse pixel (x, y) .

[00025] De acordo com outra modalidade específica, a etapa de pré-processamento consiste em aplicar aos pixels (x, y) DA imagem capturada, uma função $F(x, y)$ definida pela fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

[00026] em que quando o pixel (x, y) não pertencer ao esqueleto das cristas, $R_r(x, y)$ será zero, e em que quando o pixel (x, y) pertencer ao esqueleto das cristas, $R_r(x, y)$ será igual à largura local da crista nesse pixel (x, y) ,

[00027] em que quando o pixel (x, y) não pertencer ao esqueleto dos vales, $R_{ir}(x, y)$ será zero, e em que quando o pixel (x, y) pertencer ao esqueleto dos vales, $R_{ir}(x, y)$ será igual à largura local do vale nesse pixel (x, y) .

[00028] De acordo com outra modalidade específica, a etapa de pré-processamento consiste em aplicar aos pixels (x, y) da imagem capturada, uma função $F(x, y)$ definida pela fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

[00029] em que $R_r(x, y)$ é a quantidade de pixels das cristas em uma zona centralizada no pixel (x, y) , e

[00030] em que $R_{ir}(x, y)$ é a quantidade de pixels dos vales em uma zona centralizada no pixel (x, y) .

[00031] Vantajosamente, a etapa de localização consiste em escolher o ponto de origem O como o ponto da imagem resultante que exige a intensidade mais alta.

[00032] A invenção também propõe um dispositivo de validação que compreende:

- uma superfície de captura na qual a dita sustentação se apoia,
- um sensor destinado a capturar uma imagem da impressão digital,

- um módulo de processamento que compreende:
 - meio de filtragem destinado a transformar a imagem capturada em uma imagem resultante por meio da passagem através um filtro passa baixo cuja frequência de valor de corte é muito inferior que a frequência das cristas de uma impressão,
 - meio de localização destinado a localizar na imagem resultante um ponto de origem O, a intensidade de cujo pixel é representativa da pressão máxima exercida na sustentação,
 - meio de verificação destinado a verificar que, na imagem resultante, para uma pluralidade de raios que saem a partir do ponto de origem O e para cada um dos ditos raios, para uma pluralidade de pontos M, a intensidade do pixel de cada ponto M do dito raio é representativo de uma diminuição na pressão exercida na sustentação conforme a distância a partir do ponto de origem O até o ponto M aumenta, e
- um módulo de tomada de decisão destinado a tomar uma decisão com relação à validade da sustentação como uma função dos resultados transmitidos através do meio de verificação.

[00033] As características supracitadas da invenção, assim como outras, serão mais claramente evidentes perante a leitura da seguinte descrição de uma modalidade exemplificativa, em que a descrição é dada em conjunto com os desenhos em anexo, entre os quais:

[00034] A Figura 1 é uma representação esquemática de um dispositivo de validação de acordo com a invenção,

[00035] A Figura 2 é uma imagem de uma impressão digital capturada por um dispositivo de validação de acordo com a invenção,

[00036] A Figura 3 é um algoritmo de um método de validação de acordo com a invenção,

[00037] A Figura 4 é uma imagem da impressão digital da Figura 2 como modificada no curso do método da validação, e

[00038] A Figura 5 mostra um diagrama que serve como sustentação para o cálculo.

[00039] Um dedo real exibe uma elasticidade específica que significa que quando o mesmo for pressionado contra uma superfície de captura, o mesmo exibe uma deformação homogênea que consiste em uma zona de pressão máxima e uma diminuição na pressão em movimento na direção contrária a partir dessa zona. A singularidade dessa zona se origina do fato de que é possível exercer apenas uma pressão constante em todo o dedo e o formato cilíndrico do dedo significa que a pressão diminui na aproximação das bordas do dedo.

[00040] Quando um dedo for coberto com uma fraude ou quando o dedo for falso, a elasticidade da fraude é diferente da elasticidade de um dedo real e quando a fraude é pressionada contra uma superfície de captura, o mesmo não se deforma homogeneamente e, então, existe várias zonas de alta pressão separadas por zonas de baixa pressão.

[00041] O princípio da invenção, portanto, consiste em buscar um ponto de origem da alta pressão e em verificar que o começo desse ponto de origem a pressão diminui.

[00042] A Figura 1 mostra um dispositivo de validação 100 que é destinado a validar o uso de um dedo real como portador de uma impressão digital.

[00043] O dispositivo de validação 100 compreende:

- uma superfície de captura 102 na qual uma sustentação 10 que dá suporte a uma impressão digital é colocada de modo que a mesma se suporte,
- um sensor 104 destinado a capturar a imagem da impressão digital através da superfície de captura 102,
- um módulo de processamento 106 destinado a receber a imagem da impressão digital capturada pelo sensor 104 e processar a

mesma conforme descrito doravante, e

- um módulo de tomada de decisão 108 destinado a tomar uma decisão com relação ao fato de que a sustentação 10 é um dedo real ou um dedo falso, com a ajuda das informações transmitidas pelo módulo de processamento 106.

[00044] A Figura 2 é uma imagem capturada 200 de uma impressão como capturada pelo sensor 104 e transmitida ao módulo de processamento 106. Convencionalmente, a impressão exibe as cristas e os vales. Aqui no presente documento, a imagem capturada 200 é uma imagem de nível cinza e as cristas aparecem aqui no presente documento como preto em um plano de fundo branco.

[00045] A Figura 4 mostra uma imagem 400 que resulta da passagem da imagem capturada 200 através de uma etapa de filtragem (306, Figura 3). As cristas e os vales não são mais discerníveis. A imagem 400 é representativa das pressões que são exercidas em todos os pontos da sustentação 10 e é chamada de imagem resultante 400 doravante. Na modalidade apresentada aqui na invenção, quanto mais clara a zona da imagem resultante 400, maior a pressão exercida nessa zona.

[00046] A Figura 3 é um algoritmo de um método de validação 300 implantado pelo dispositivo de validação 100.

[00047] O método de validação 300 compreende:

- uma etapa de posicionamento 302 durante a qual a sustentação 10 que dá suporte à impressão é colocada de modo que a mesma se posicione contra a superfície de captura 102,

- uma etapa de captura 304 durante a qual o sensor 104 captura a imagem capturada 200 da impressão,

- uma etapa de filtragem 306 durante a qual o módulo de processamento 106 transforma a imagem capturada 200 na imagem resultante 400 por meio da passagem através de um filtro passa baixo

cuja frequência de valor de corte é muito inferior que a frequência das cristas de uma impressão,

- uma etapa de localização 308 durante a qual o módulo de processamento 106 se localiza na imagem resultante 400, um ponto de origem O, a intensidade da qual pixel é representativo da pressão máxima exercida na sustentação 10,

- uma etapa de verificação 310 durante a qual o módulo de processamento 106 verifica que, na imagem resultante 400, para uma pluralidade de raios que saem a partir do ponto de origem O e para cada um dos ditos raios 402, para uma pluralidade dos pontos M, a intensidade do pixel de cada ponto M do dito raio 402 é representativo de uma diminuição na pressão exercida na sustentação 10 conforme a distância a partir do ponto de origem O ao ponto M aumenta, e

- uma etapa de tomada de decisão 312 durante a qual o módulo de tomada de decisão 108 toma uma decisão em relação à validade da sustentação 10 como uma função dos resultados da etapa de verificação 310.

[00048] O método de validação 300, portanto, permite uso sem restrição para a pessoa que apresenta seu dedo 10.

[00049] O filtro passa baixo será, por exemplo, um filtro gaussiano, um filtro intermediário, um filtro mediano ou qualquer outro filtro que torne possível preservar apenas as informações de baixa frequência da imagem capturada 200.

[00050] A etapa de localização 308 consiste em escolher o ponto de origem O como o ponto da imagem resultante 400 que exige a intensidade mais alta.

[00051] O módulo de processamento 106 compreende:

- meio de filtragem destinado a transformar a imagem capturada 200 na imagem resultante 400 por meio da passagem através de um filtro passa baixo cuja frequência de valor de corte é

muito inferior à frequência das cristas de uma impressão,

- meio de localização destinado a localizar na imagem resultante 400, um ponto de origem O, a intensidade de cujo pixel é representativa da pressão máxima exercida na sustentação 10, e

- meio de verificação destinado a verificar que na imagem resultante 400, para uma pluralidade de raios 402 que saem a partir do ponto de origem O e para cada um dos ditos raios 402, para uma pluralidade de pontos M, a intensidade do pixel de cada ponto M do dito raio 402 é representativo de uma diminuição na pressão exercida na sustentação 10 conforme a distância a partir do ponto de origem O até o ponto M aumenta.

[00052] O módulo de tomada de decisão 108 é destinado a tomar uma decisão com relação à validade da sustentação 10 como uma função dos resultados transmitidos pelo meio de verificação.

[00053] Uma impressão convencionalmente exibe uma frequência das cristas da ordem de 1,5 a 3 ciclos por mm e de modo a obter uma imagem utilizável após a etapa de filtragem 306, a frequência de valor de corte que é aplicada durante essa etapa de filtragem 306 é da ordem de 0,1 a 1 ciclo por mm e, mais particularmente, de 0,5 ciclo por mm.

[00054] Na imagem resultante 400, a intensidade de cada pixel é representativa da pressão exercida no ponto da sustentação 10 cuja imagem é o dito pixel.

[00055] De acordo com uma modalidade específica da invenção, a etapa de verificação 310 consiste em usar os gradientes de intensidade dos pixels dentro da imagem resultante 400 e em verificar que começar a partir do ponto de origem O e em cada raio 402 que sai a partir do ponto de origem O, o gradiente de intensidade de cada ponto M orientado na direção OM é negativo. Caso o gradiente seja positivo em movimento na direção contrária a partir do ponto de

origem O, isso será uma indicação do fato de que a sustentação 10 é pode ser um dedo falso. O gradiente de intensidade corresponde ao gradiente de pressão que é exercido na sustentação 10.

[00056] Na medida em que pode acontecer que, mesmo com um dedo real, o gradiente aumente ligeiramente através de uma porção de um raio 402, por exemplo, devido a um recurso específico do dedo (cicatriz, etc.) ou iluminação dispersa, a etapa de tomada de decisão 312 é baseada, de preferência, em um critério cumulativo denotado $Dism(P, O)$ e que representa o desvio da intensidade profile do perfil de intensidade real P a partir do modelo teórico da intensidade centralizada em O de um dedo real e em uma comparação desse desvio com relação a um limite.

[00057] Caso o desvio $Dism(P, O)$ seja maior que o limite, a sustentação 10 é, então, considerada como sendo um dedo falso e se o desvio $Dism(P, O)$ for menor que o limite, a sustentação 10 será, então, considerada como sendo um dedo real. O resultado da comparação entre o limite e o desvio $Dism(P, O)$ serve como base no curso da etapa de tomada de decisão 312.

[00058] Um procedimento consiste em trabalhar em uma base local radial em cada ponto M da imagem resultante 400. A base local radial em M relacionada a O é a base $(\vec{r}, \vec{t})$ de modo que $\vec{r} = \frac{OM}{\|OM\|}$ e $\vec{t}$ sejam o vetor de unidade ortogonal para $\vec{r}$ de modo que $(O, \vec{r}, \vec{t})$ seja uma estrutura de referência de mão destra.

[00059] M é um ponto na imagem resultante 400 e $\vec{\nabla}(M)$ detona o gradiente de intensidade em M. esse gradiente expressado no quadro de referência de imagem pode ser projetado na base local radial em M relacionada a O e sua projeção na base local radial em M relacionada a O no vetor $\vec{r}$ pode ser escrita $\nabla_r^O(M)$.

[00060] No caso de um dedo real, que quer se dizer no caso de um

perfil de intensidade ideal, o perfil de intensidade normalmente compreende um único local máximo detonado O e qualquer gradiente local projetado em sua base local radial em M relacionada a O é, então, e, dessa forma, satisfaz a equação:

$$\forall M, \nabla_r^O P(M) \leq 0 \quad (1)$$

[00061] em que $P(M)$ é a intensidade no ponto M.

[00062] $\nabla_r^O P(M)$ é, dessa forma, a projeção na base local radial em M relacionada a O do gradiente de intensidade no ponto M da imagem resultante 400.

[00063] Considerando o quadro de referência de coordenada polar com o centro O, as coordenadas do ponto M nesse quadro de referência são (r, θ) e a equação (1) pode ser escrita:

$$\forall M(r, \theta), r > 0, \theta \in [0, 2\pi], \nabla_r^O P(r, \theta) \leq 0 \quad (2).$$

[00064] Isso corresponde ao fato de que o perfil de gradiente de intensidade juntamente com qualquer raio 402 que comece a partir do ponto de origem O está diminuindo.

[00065] Escolheu-se uma função real L de modo que a mesma seja zero em $\mathbb{R}^-$ e aumenta em $\mathbb{R}^{+*}$.

[00066] Por exemplo, a função L pode ser escolhida de modo que:

$$L(x) = \begin{cases} x & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{if } x \leq 0 \end{cases}$$

[00067] L é uma função para selecionar os gradientes positivos, mas outra função pode tornar possível pesar os gradientes como uma função de sua intensidade.

[00068] O desvio $Dism(P, O)$ é, então, dado pela fórmula:

$$Dism(P, O) = \frac{1}{Area(P)} \int_0^{2\pi} \int_0^{R_{max}} L(\nabla_r^O P(r, \theta)) \cdot dr \cdot d\theta \quad (3)$$

[00069] em que R_{max} é a distância máxima entre o ponto de origem O e qualquer ponto M da imagem resultante 400 e em que $\text{Área}(P)$ é a área da região considerada ao redor do ponto M e que é aqui em

pixels.

[00070] Vários procedimentos podem ser usados para calcular o desvio $Dism(P, O)$. Cada procedimento de cálculo oferece um consenso entre a velocidade de cálculo e a exatidão do cálculo. Dito de outro modo, é possível escolher todos os pontos M de modo a tenha um valor muito preciso do desvio $Dism(P, O)$, mas, nesse caso, o cálculo é prolongado ou é possível limitar a quantidade de pontos M de modo a tenha um cálculo mais rápido, mas em detrimento da exatidão no cálculo.

[00071] Para calcular a integral de maneira exata, para cada pixel M da imagem resultante 400, o gradiente de intensidade local é calculado e projetado na base radial que se relaciona ao ponto de origem O.

[00072] A soma de todas as projeções locais dos gradientes $\nabla_r^0 P(r, \theta)$ que são estritamente positivos é realizada. Em coordenadas cartesianas e tomando-se uma largura W e uma altura H para a imagem resultante 400, a fórmula (3) pode ser escrita:

$$Dism(P, O) = \frac{1}{Area(P)} \sum_{x=0}^W \sum_{y=0}^H Area(M(x, y)) \cdot L(\nabla_r^0 P(x, y)) \quad (4)$$

[00073] em que L é a função definida anteriormente neste documento e que retém apenas os valores positivos.

[00074] Essas quantidades para calcular os gradientes locais através de toda a imagem resultante 400 e somar as projeções nas bases radiais locais que são positivas.

[00075] $Área(M(x, y))$ é a área de cada zona centralizada no ponto M(x,y) através da qual o gradiente é calculado. Aqui no presente documento, essa área é igual a um pixel, mas é possível realizar sub amostra no cálculo de modo a não considerar todos os pixels e acelerar o cálculo e nesse caso a área é maior que 1.

[00076] Outro procedimento consiste em retirar amostra dos

ângulos de integração e calcular os gradientes apenas ao longo dos raios escolhidos. Juntamente com cada raio, os gradientes locais são calculados com um procedimento de interpolação e, então, a soma dos gradientes positivos é calculada. Cada gradiente pode ser pesado pela área do setor em anel que o mesmo representa. Por exemplo, no caso em que os pontos para calcular os gradientes são mostrados de uma maneira uniforme com um tamanho de etapa de 1 pixel e em que escolheu-se os ângulos Θ retirados amostra uniformemente através do intervalo $[0, 2\pi]$ e que são, de modo geral, 8 ou 16 em quantidade, a fórmula (3) é aproximada pela fórmula:

$$Dism(P, O) \approx \frac{1}{Area(P)} \sum_{\theta=0}^{\Theta-1} \sum_{j=1}^{R_{max}} Area(R_j) \cdot Pos(\nabla_r^O P(r, \theta)) \quad (5)$$

[00077] e como a área de um setor em anel de raio médio j , da espessura 1 e do ângulo $\frac{2\pi}{\Theta}$ é igual a $\frac{2\pi}{\Theta} \times 2j$, a fórmula (5) se torna:

$$Dism(P, O) \approx \frac{4\pi}{\Theta \cdot Area(P)} \sum_{\theta=0}^{\Theta-1} \sum_{j=1}^{R_{max}} j \cdot L(\nabla_r^O P(r, \theta)) \quad (6)$$

[00078] O desvio $Dism(P, O)$ não é delimitado e representa as divergências do modelo teórico e é, então, possível definir um limite para o desvio $Dism(P, O)$ além do qual o módulo de tomada de decisão 108 considerará a sustentação 10 como sendo um dedo falso e curto do qual considerará a sustentação 10 como sendo um dedo real. Esse limite será capaz de ser determinado com a ajuda de um representativo de base dos dedos reais ou com a ajuda de uma base dos dedos reais e falsos. Uma rede neural ou um SVM será, por exemplo, usado.

[00079] O limite de decisão é definido com a ajuda de uma medição definida em uma base representativa dos dedos reais.

[00080] Entre a etapa de captura 304 e a etapa de filtragem 306,

uma etapa de pré-processamento 305 pode ser colocada no lugar, a fim de aprimorar a entrega da imagem resultante 400.

[00081] O módulo de processamento 106, então, compreende o meio de pré-processamento destinado a implantar a etapa de pré-processamento 305.

[00082] Com a ajuda da imagem capturada 200, o módulo de processamento 106 determina uma imagem S representativa de um esqueleto das cristas e de um esqueleto dos vales (inter-cristas). Tal determinação é descrita, por exemplo, no documento [Alessandro Farina, Zsolt M. Kovacs-Vajna, Alberto Leone, "Fingerprint Minutiae Extraction from Skeletonized Binary Images", *Pattern Recognition*, Vol. 32, páginas 877 a 889, 1999].

[00083] Em cada ponto do esqueleto das cristas, o módulo de processamento 106 calcula a largura local da crista e em cada ponto do esqueleto dos vales, o módulo de processamento 106 calcula a largura local do vale. Tais cálculos são ilustrados na Figura 5 que mostra os esqueletos das cristas 502 e os esqueletos dos vales 504 como níveis cinzas. Para cada ponto P do esqueleto das cristas 502, a largura "d" da crista correspondente é medida juntamente com a normal ao esqueleto, em que d1 e d2 são as larguras dos vales.

[00084] O módulo de processamento 106, então, constrói uma matriz, denotada R_r , das cristas e uma matriz, denotada R_{ir} , dos vales. A matriz R_r e a matriz R_{ir} têm o mesmo tamanho que a imagem capturada 200 e cada coeficiente da fileira x e da coluna y corresponde ao pixel, denotado (x, y), da fileira x e da coluna y da dita imagem capturada 200.

[00085] De acordo com uma modalidade, para cada pixel (x, y) que não pertence ao esqueleto das cristas, o coeficiente correspondente $R_r(x, y)$ da matriz de cristas R_r é zero e para cada pixel (x, y) que pertence ao esqueleto das cristas, o coeficiente correspondente $R_r(x,$

y) da matriz de cristas R_r é igual à largura local da crista nesse pixel (x, y) .

[00086] Para cada pixel (x, y) que não pertence ao esqueleto dos vales, o coeficiente correspondente $R_{ir}(x, y)$ da matriz de vales R_{ir} é zero e para cada pixel (x, y) que pertence ao esqueleto dos vales, o coeficiente correspondente $R_{ir}(x, y)$ da matriz de vales R_{ir} é igual à largura local do vale nesse pixel (x, y) .

[00087] Outro procedimento para definir $R_r(x, y)$ e $R_{ir}(x, y)$ consiste em definir a densidade das cristas (vales resp.) ao redor do pixel (x, y) . R_r pode ser, dessa forma, definido como a quantidade de pixels de cristas em uma zona centralizada no pixel (x, y) enquanto $R_{ir}(x, y)$ pode ser definido como a quantidade de pixels de vales em uma zona centralizada no pixel (x, y) . R_r e R_{ir} são, dessa forma, não mais definidos como distâncias como no primeiro procedimento descrito, mas através de uma noção de densidade.

[00088] Outro procedimento para definir $R_r(x, y)$ e $R_{ir}(x, y)$ é o seguinte, para cada pixel (x, y) da imagem capturada:

- quando o pixel (x, y) não pertencer aos pixels das cristas, $R_r(x, y)$ será igual ao valor médio das larguras locais das cristas adjacentes em qualquer lado do vale que inclui o pixel, no nível do dito pixel,

- quando o pixel (x, y) pertencer aos pixels das cristas, $R_r(x, y)$ será igual à largura local da crista nesse pixel (x, y) ,

- quando o pixel (x, y) não pertencer aos pixels dos vales, $R_{ir}(x, y)$ será igual ao valor médio das larguras locais de vales adjacentes em qualquer lado da crista que inclui esse pixel, no nível do dito pixel, e

- quando o pixel (x, y) pertencer aos pixels dos vales, $R_{ir}(x, y)$ será igual à largura local do vale nesse pixel (x, y) .

[00089] A função F é uma função que transforma a imagem

capturada 200 em uma imagem pré-processada denotada IP e que é uma função monotônica da intensidade dos pixels (x, y) da imagem capturada 200 e que é de modo que para qualquer pixel (x, y) da imagem capturada 200 que pertença a um dos dois esqueletos, o pixel (x, y) da imagem de pré-processamento IP toma um valor positivo da intensidade e para qualquer pixel (x, y) da imagem capturada 200 que não pertencer a um dos dois esqueletos, o pixel (x, y) da imagem pré-processada IP toma um valor zero da intensidade.

[00090] Por exemplo, é possível tomar a função $F(x, y)$ definida pela fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{tr}(x, y)} \quad (7)$$

[00091] A imagem pré-processada IP pode ser submetida, então, à etapa de filtragem 306.

[00092] Também, é possível executar a etapa de pré-processamento 305 e a etapa de filtragem 306 simultaneamente. Por exemplo, é possível usar a função $F(x, y)$ definida pela fórmula:

$$F(x, y) = G_{\Sigma} * \left(\alpha(255 - p(x, y)) + \beta \frac{R_r(x, y)}{R_{tr}(x, y)} \right) \text{ with } \alpha + \beta = 1 \quad (8)$$

[00093] Ou seja, a função F é a convolução da soma ponderada da imagem capturada 200 e da imagem de largura de cristas de razão para a largura de vales, com uma matriz de covariância gaussiana. Na prática, α é escolhido entre 0 e 0,5.

[00094] A imagem obtida pode ser, então, considerada diretamente como a imagem resultante 400.

[00095] Pode acontecer que a imagem resultante 400 exiba uma pluralidade de pontos e que cada um desses pontos tenha uma intensidade do pixel que é representativa de uma pressão máxima. A imagem resultante 400, então, compreende uma pluralidade de pontos de origem O.

[00096] Então, faz-se uso da noção da pressão máxima local ao

redor de cada ponto de origem O. O local da zona de busca para um ponto de origem O pode ser definido, por exemplo, pela distância mínima entre esse ponto de origem e todos os outros pontos de origem. Essa distância pode ser ajustada com um coeficiente de modo que a zona seja distanciada dos outros pontos de origem. Um valor prático desse coeficiente é 2.

[00097] Nesse caso em que vários pontos de origem O são definidos, o desvio pode ser definido fazendo-se o cálculo de desvio para cada ponto de origem O várias vezes. A consolidação é feita analisando-se os vários resultados com relação a cada ponto de origem O (por exemplo, mínimo, máximo, média, etc.). A decisão final é feita manipulando-se o limite do desvio definido após essa consolidação.

[00098] Naturalmente, a presente invenção não é limitada aos exemplos e às modalidades descritas e representadas, mas é suscetível a diversas variantes acessíveis à pessoa versada na técnica.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de validação (300) do uso de um dedo real como sustentação (10) de uma impressão digital, implantada através de um dispositivo de validação (100) que compreende uma superfície de captura (102) sobre a qual a dita sustentação (10) se apoia, um sensor (104) destinado a capturar uma imagem (200) da impressão digital, um módulo de processamento (106) e um módulo de tomada de decisão (108), sendo que o dito método de validação (300) é **caracterizado** pelo fato de que compreende:

- uma etapa de posicionamento (302) durante a qual a sustentação (10) é colocada de modo que a mesma se posicione contra a superfície de captura (102),

- uma etapa de captura (304) durante a qual o sensor (104) captura uma assim chamada imagem capturada (200) da impressão,

- uma etapa de filtragem (306) durante a qual o módulo de processamento (106) transforma a imagem capturada (200) em uma imagem resultante (400) por meio da passagem através de um filtro passa baixo cuja frequência de valor de corte é muito inferior que a frequência das cristas de uma impressão,

- uma etapa de localização (308) durante a qual o módulo de processamento (106) se localiza na imagem resultante (400), um ponto de origem O, a intensidade da qual pixel é representativo da pressão máxima exercida na sustentação (10),

- uma etapa de verificação (310) durante a qual o módulo de processamento (106) verifica que, na imagem resultante (400), para uma pluralidade de raios (402) que saem a partir do ponto de origem O e para cada um dos ditos raios (402), para uma pluralidade dos pontos M, a intensidade do pixel de cada ponto M do dito raio (402) é representativo de uma diminuição na pressão exercida na sustentação (10) conforme a distância a partir do ponto de origem O ao ponto M

aumenta, e

- uma etapa de tomada de decisão (312) durante a qual o módulo de tomada de decisão (108) toma uma decisão em relação à validade da sustentação (10) como uma função dos resultados da etapa de verificação (310).

2. Método de validação (300), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a dita frequência de valor de corte é da ordem de 0,1 a 1 ciclo por mm.

3. Método de validação (300), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de verificação (310) consiste em verificar que o começo a partir do ponto de origem O e em cada raio (402) que sai a partir do ponto de origem O, o gradiente de intensidade de cada ponto M é negativo.

4. Método de validação (300), de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de tomada de decisão (312) é baseada um critério cumulativo denotado $Dism(P, O)$ e que representa o desvio do perfil de intensidade do perfil de intensidade real P a partir do modelo teórica da intensidade centralizada em O de um dedo real e em uma comparação desse desvio $Dism(P, O)$ com relação a um limite.

5. Método de validação (300), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o desvio $Dism(P, O)$ é dado pela fórmula:

$$Dism(P, O) = \frac{1}{Area(P)} \int_0^{2\pi} \int_0^{R_{max}} L(\nabla_r^O P(r, \theta)) \cdot dr \cdot d\theta \quad (3)$$

em que:

- $\nabla_r^O P(r, \theta)$ é a saliência da base de localização radial em M que se relaciona a O do gradiente de intensidade no ponto M da imagem resultante (400) com as coordenadas polares (r, θ) ,

- L é uma função zero em $\mathbb{R}^-$ e uma função crescente em

$\mathbb{R}^{+*}$,

- $R_{\text{máx}}$ é a distância máxima entre o ponto de origem O e qualquer ponto M da imagem resultante (400), e

- $\text{Área}(P)$ é a área da região considerada ao redor do ponto M.

6. Método de validação (300), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado** pelo fato de que o mesmo compreende uma etapa de pré-processamento (305) destinada a aprimorar a entrega da imagem resultante (400), entre a etapa de captura (304) e a etapa de filtragem (306).

7. Método de validação (300), de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de pré-processamento (305) consiste em aplicar aos pixels (x, y) da imagem capturada (200), uma função $F(x, y)$ definida pela fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{lr}(x, y)} \quad (7)$$

em que quando o pixel (x, y) não pertencer aos pixels das cristas, $R_r(x, y)$ será igual ao valor médio das larguras locais das cristas adjacentes em qualquer um dos lados do vale que inclui o pixel, no nível do dito pixel e em que quando o pixel (x, y) pertence aos pixels das cristas, $R_r(x, y)$ será igual à largura de localização da crista nesse pixel (x, y),

em que quando o pixel (x, y) não pertencer aos pixels dos vales, $R_{lr}(x, y)$ será igual ao valor médio das larguras locais dos vales adjacentes em qualquer um dos lados da crista incluindo esse pixel, no nível do dito pixel, e em que quando o pixel (x, y) pertencer aos pixels dos vales, $R_{lr}(x, y)$ será igual à largura local do vale nesse pixel (x, y).

8. Método de validação (300), de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de pré-processamento (305) consiste em aplicar aos pixels (x, y) da imagem

capturada (200), uma função $F(x, y)$ definida pela fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{lr}(x, y)} \quad (7)$$

em que quando o pixel (x, y) não pertencer ao esqueleto das cristas, $R_r(x, y)$ será zero, e em que quando o pixel (x, y) pertencer ao esqueleto das cristas, $R_r(x, y)$ será igual à largura local da crista nesse pixel (x, y) ,

em que quando o pixel (x, y) não pertencer ao esqueleto dos vales, $R_{lr}(x, y)$ será zero, e em que quando o pixel (x, y) pertencer ao esqueleto dos vales, $R_{lr}(x, y)$ será igual à largura local do vale nesse pixel (x, y) .

9. Método de validação (300), de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de pré-processamento (305) consiste em aplicar aos pixels (x, y) da imagem capturada (200), uma função $F(x, y)$ definida pela fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{lr}(x, y)} \quad (7)$$

em que $R_r(x, y)$ é uma quantidade de pixels das cristas em uma zona centralizada no pixel (x, y) , e

em que $R_{lr}(x, y)$ é uma quantidade de pixels dos vales em uma zona centralizada no pixel (x, y) .

10. Método de validação (300), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de localização (308) consiste em escolher o ponto de origem O como o ponto da imagem resultante (400) que exibe a intensidade mais alta.

11. Dispositivo de validação (100) compreendendo:

- uma superfície de captura (102) sobre a qual a dita sustentação (10) se apoia,
- um sensor (104) destinado a capturar uma imagem (200) da impressão digital,
- um módulo de processamento (106) que compreende:

- meio de filtragem destinado a transformar a imagem capturada (200) na imagem resultante (400) por meio da passagem através de um filtro passa baixo cuja frequência de valor de corte é muito inferior à frequência das cristas de uma impressão,

o dispositivo **caracterizado** pelo fato de que compreende:

- meio de localização destinado a localizar na imagem resultante (400), um ponto de origem O, a intensidade de cujo pixel é representativa da pressão máxima exercida na sustentação (10),

- meio de verificação destinado a verificar que na imagem resultante (400), para uma pluralidade de raios (402) que saem a partir do ponto de origem O e para cada um dos ditos raios (402), para uma pluralidade de pontos M, a intensidade do pixel de cada ponto M do dito raio (402) é representativo de uma diminuição na pressão exercida na sustentação (10) conforme a distância a partir do ponto de origem O até o ponto M aumenta, e

- um módulo de tomada de decisão (108) é destinado a tomar uma decisão com relação à validade da sustentação (10) como uma função dos resultados transmitidos pelo meio de verificação.

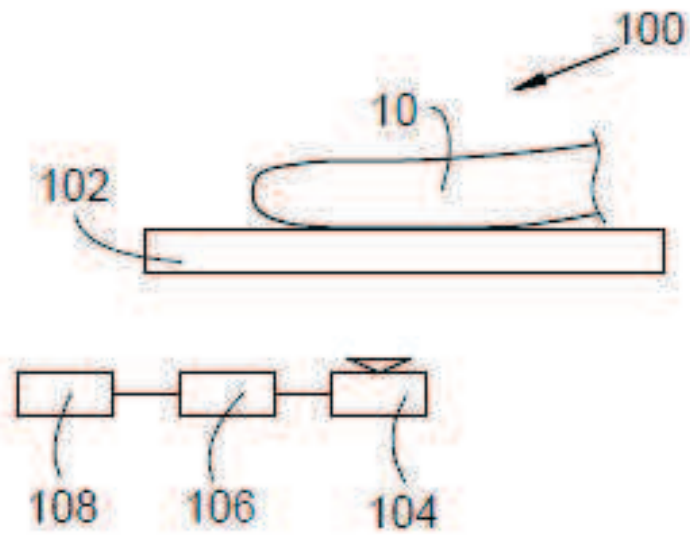


Fig. 1



Fig. 2

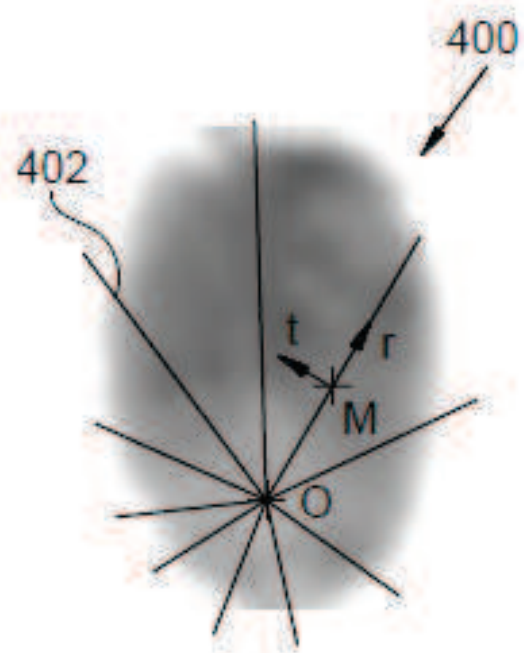


Fig. 4

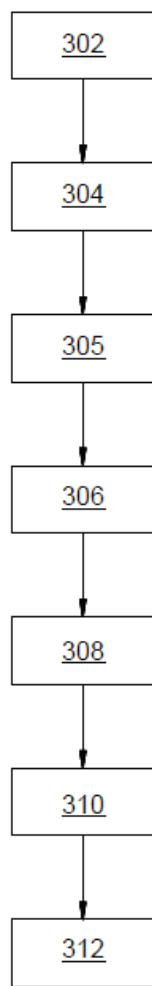


Fig. 3

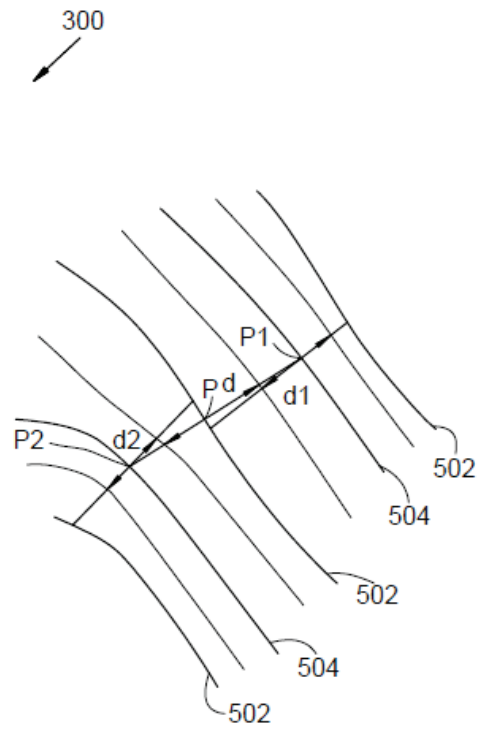


Fig. 5