



(11) *Número de Publicação:* PT 981802 E

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
G06K009/46 A A61B005/117 B

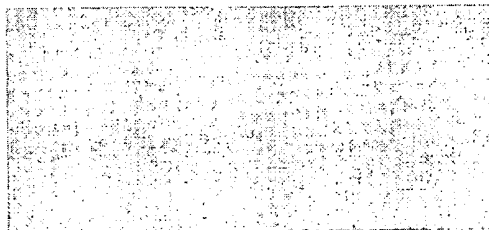
(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) <i>Data de depósito:</i> 1998.05.04	(73) <i>Titular(es):</i> SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT OSTERREICH SIEMENSSTRASSE 88 - 92 1210 WIEN AT
(30) <i>Prioridade:</i> 1997.05.13 AT 81297	
(43) <i>Data de publicação do pedido:</i> 2000.03.01	(72) <i>Inventor(es):</i> ERNST HASELSTEINER KURT HESCHGL GERD HRIBERNIG KLAMBAUER, WILHELM MICHAEL KÖRP AT AT AT AT AT
(45) <i>Data e BPI da concessão:</i> 2001.08.08	(74) <i>Mandatário(s):</i> MARIA SILVINA VIEIRA PEREIRA FERREIRA RUA CASTILHO 50, 5º AND. 1269-163 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* PROCESSO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS

(57) *Resumo:*

PROCESSO PARA AIDENTIFICAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS



Campo das Cebolas - 1149 - 035 LISBOA
Telefs.: 21 881 81 00
Linha azul: 808 200 689
Fax: 21 887 53 08 - 21 886 00 66
E-mail: inpi @ mail. telepac. pt

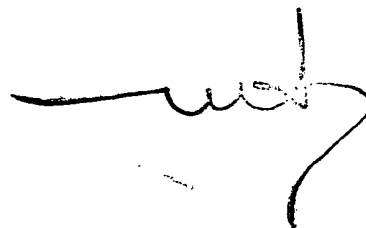


INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA

FOLHA DO RESUMO

PAT. INV. ☒	MOD. UTI. ☐	MOD. IND. ☐	DES. IND. ☐	TOP. SEMIC. ☐	CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL (51)
N.º 981802		N.º Objectos ☐		N.º Desenhos ☐	
N.º ☐ (11)		DATA DO PEDIDO ____/____/____ (22)			
REQUERENTE (71) (NOME E MORADA) SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT ÖSTERREICH, austriaca, industrial e comercial, com sede em Siemensstrasse 88 - 92, 1210 Wien, Austria CÓDIGO POSTAL					
INVENTOR(ES) / AUTOR(ES) (72) Ernst HASBLSTEINER, Kurt HESCHGL, Gerd HRIBERBIG, Wilhelm KLAMBAUER, Michael KORP, Wolfgang MARIUS, Arno RAUNEGGER, Erwin UNGER, Claudia WINDISCH					
REIVINDICAÇÃO DE PRIORIDADE(S) (30)					FIGURA (para interpretação do resumo)
DATA DO PEDIDO	PAÍS DE ORIGEM	N.º DO PEDIDO			
13-05-1997	ÁUSTRIA	81297			
EPÍGRAFE (54) "PROCESSO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS"					
RESUMO (max. 150 palavras) (57)					

NÃO ESCREVER NAS ZONAS SOMBREADAS



DESCRIÇÃO

“PROCESSO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS”

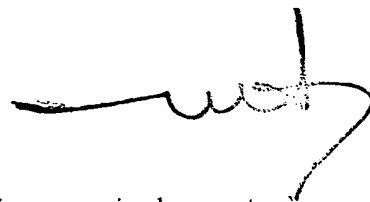
O invento refere-se a um processo para a identificação de impressões digitais.

A identificação mecânica de pessoas adquire visivelmente cada vez mais importância. As possibilidades de aplicação entre outros são os controlos de acesso, caixas automáticas e aparelhos de comunicação de qualquer género.

As características para a identificação adequadas relativas a pessoas são por exemplo o padrão dos vasos sanguíneos na retina, a estrutura da íris, o comprimento e forma dos dedos, o rosto, a voz ou então impressões digitais. As possibilidades de identificar pessoas na base destas características, são por exemplo descritas no IEEE Spectrum, Fevereiro 1994, “It had to be you”. Provavelmente as características melhor investigadas e por isso as mais fiáveis são neste caso as impressões digitais. Estas também são para o utilizador as mais confortáveis de verificar, enquanto que por exemplo o padrão da retina só poderá ser verificado através de um processo desagradável para a pessoa a ser identificada, sendo por isso somente utilizado naqueles casos, onde este efeito não tem importância ou eventualmente até é desejado.

Como se pôde comprovar através de rigorosos exames em série e estatísticas, as impressões digitais de cada pessoa têm características individuais. Mesmo no caso de gémeos idênticos as impressões digitais não são idênticas, embora que sejam semelhantes. O padrão das impressões digitais é formado pelas assim designadas linhas papilares ou Ridges, as quais se formam pela união de duas camadas da epiderme.

Neste caso são particularmente interessantes para o processo de identificação as assim designadas minúcias, que são os pontos extremos, ramificações, ilhas ou outros pontos



singulares. A impressão digital a ser identificada é por isso examinada quanto às minúcias que a mesma apresenta, as minúcias detectadas são associadas a um tipo e a sua posição uma para com a outra é determinada.

As minúcias assim obtidas descrevem a impressão digital por completo. As mesmas servem de base para a comparação da impressão digital a ser identificada para com modelos de referência memorizados.

O invento tem por isso por objectivo o de apresentar um processo, pelo qual a selecção e tipificação das minúcias, bem como a comparação com modelos memorizados possam ser executadas automaticamente.

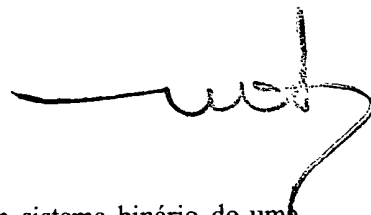
Isto sucede de acordo com o invento com um processo para a identificação de impressões digitais com as seguintes fases de operação:

- a informação de imagem referente à impressão digital a ser identificada é convertida numa imagem a preto e branco,
- da imagem a preto e branco são produzidos segmentos de linhas por adelgaçamento,
- dos segmentos de linhas são determinadas linhas digitais prováveis e as minúcias nelas contidas,
- a posição das minúcias é normalizada por meio do método do momento,
- as minúcias são classificadas por meio de uma rede neural quanto ao seu tipo e sua qualidade,
- a informação assim obtida sobre a impressão digital é comparada com o modelo de referência memorizado e é decidido sobre a coincidência com modelos memorizados.

O processo destaca-se principalmente pela elevada segurança de identificação obtida e somente com um reduzido dispêndio em cálculos.

Aperfeiçoamentos favoráveis do invento encontram-se nas reivindicações subsequentes.

O invento é explicado na base de figuras. Mostram de forma exemplificada:



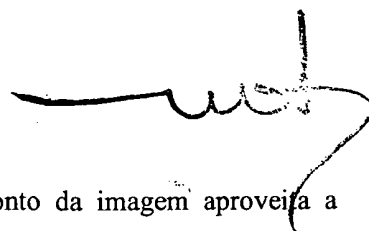
- Fig. 1 uma representação esquemática de uma imagem em sistema binário de uma impressão digital,
- Fig. 2 a representação tabular de um recorte da imagem que serve de base para o processo de crescimento iterativo,
- Fig. 3 uma representação para a exemplificação da filtração da imagem,
- Fig. 4 uma representação para o processo de crescimento anisótropo,
- Fig. 5 a imagem de uma impressão digital obtida através de um sensor,
- Fig. 6 o campo de orientação para a imagem conforme a figura 5,
- Fig. 7 a imagem conforme a Fig. 5 após a fase operacional da igualação,
- Fig. 8 a imagem filtrada da impressão digital conforme a Fig. 5,
- Fig. 9 a imagem completa em sistema binário.

Na representação conforme a Fig. 1 as linhas escuras correspondem às linhas digitais ou às linhas papilares, as quais com o seu decurso determinam a impressão digital.

Para uma classificação automática de uma impressão digital não é no entanto utilizado o modelo completo, porque neste, devido à técnica de colheita, a pressão da colheita e o envelhecimento da respectiva pessoa, podem surgir distorções. Base do processo de identificação são no entanto o tipo e a quantidade de minúcias contidas nesta impressão, como por exemplo o fim da linha digital 1, 2, 4, 5 dos pontos 3, 9, das ilhas 6, das linhas curtas 7 e bifurcações 8, 10, 11.

O tipo, a posição e a orientação destas minúcias é no entanto insensível em relação às mencionadas distorções e são por isso adequadas para um processo automatizado de identificação.

Neste caso, conforme o exemplo de execução descrito, a imagem da impressão digital digitalizada, isto é como informação em valores de cinzentos presente em elementos individuais de imagem (pixel), é filtrada numa primeira fase de processamento, para aumentar deste modo o contraste da imagem, realçar as linhas e reduzir os ruídos fotoléctricos. Os métodos aplicados para este efeito são uma igualação por histograma e



uma formação de um valor médio, a qual em cada ponto da imagem aproveita a orientação local das linhas digitais.

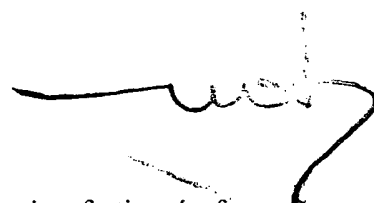
Através da igualação por histograma de acordo com um processo conhecido através da literatura (Jain A.K., "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall 1989, Englewood Cliffs, NJ 07632, ISBN 0-13-3361-65-9) são aumentados os contrastes da imagem e deste modo compensadas as diferentes características dos sensores ópticos.

Em breve resumo, o processo consiste no facto de que a distribuição da frequência do valor de cinzentos da imagem é classificada num histograma sendo na base desta distribuição atribuídos novos valores de cinzentos aos pontos da imagem (pixel). Neste caso as diferenças de claridade entre os valores de cinzentos que surgem com maior frequência são aumentadas e as diferenças de claridade entre os valores de cinzentos que surgem com menos frequência são reduzidas. O resultado deste processamento na impressão digital conforme a figura 5 é evidente na figura 7.

Uma seguinte fase de processamento consiste no apuramento de um campo de orientação que descreve a impressão digital, como é representado na Fig. 6.

Este campo de orientação obtém-se de acordo com um método conhecido na literatura (G.H. Granlund. In search of a general picture processing operator., "Computer Graphics and Image Processing, 8:155-173, 1978.) Este pode ser interpretado como função de valor vectorial em duas variáveis, em que a cada ponto da impressão digital é associado um vector, o qual decorre em paralelo à orientação das linhas digitais locais.

Para a filtração propriamente dita da imagem igualizada na base do campo de orientação já foram na literatura propostos diversos princípios. Assim existe a possibilidade de aproveitar a periodicidade dos Ridges. Este princípio (A. Jain, H. Lin, B. Ruud, "On-Line Fingerprint Verification", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, n.º 4. Apr.1997, pp. 302-314) utiliza filtros Gabor com uma largura de banda finita, e a orientação previamente calculada.



Menos operoso quanto à técnica de cálculo, mas no entanto muito efectivo, é a formação específica de valores médios quanto à orientação de acordo com o invento. Esta apresenta em relação à supressão dos poros sudoríferos e curtas interrupções de Ridges bem como um alisamento das arestas das Ridges características particularmente favoráveis. O alisamento das arestas das Ridges ou linhas papilares é particularmente importante, quando os intervalos entre as Ridges se tornarem muito pequenos (na área de 2-3 pontos da imagem).

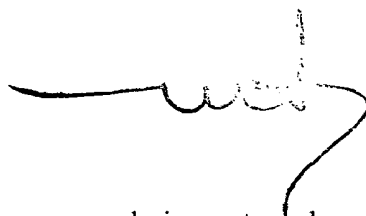
A formação do valor médio é explicada em pormenor na base da Fig. 3. Pelo ponto P, cujo valor de cinzentos filtrado deverá ser determinado, é traçada uma linha recta G, cuja direcção corresponde à direcção preferencial V do campo de orientação neste ponto. Os pontos de imagem (por exemplo 10 pontos) contíguos, mais próximos a esta linha recta G são determinados e dos seus valores de cinzentos é calculado o valor médio, o qual representa o novo valor de cinzentos filtrado do ponto P a ser calculado.

O apuramento dos pontos situados mais próximos efectua-se de forma simples, quando sobre a linha, em intervalos equidistantes, forem definidos pontos nominais S e serem fixados para estes pontos os pontos de imagem reais mais próximos.

Nos pontos P, em cuja proximidade o campo de orientação apresenta uma curvatura relativamente acentuada, também pode ser conveniente substituir a linha recta G por uma curva.

Numa próxima fase a imagem filtrada é convertida em binário, isto é a cada ponto da imagem é atribuído o valor preto ou branco.

Nos processos convencionais de conversão em binário são formados para este efeito valor de cinzentos - valor limiar locais ou um global, isto é válido para a totalidade da imagem e dependente deste serem atribuídos aos pontos de imagem individuais a cor preta ou branca. Estes processos conhecidos são - na formação de um valor limiar local - extremamente operosos no que diz respeito ao cálculo, aliás da aplicação de valores



limiares globais resulta pela prática uma alteração da imagem, a qual piora a taxa de identificação.

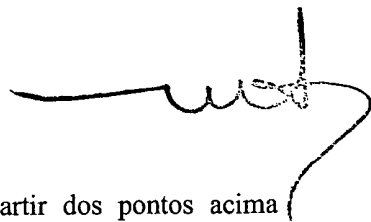
Em oposição a isto de acordo com o presente invento são convertidos em binário pontos significativos da imagem e em seguida determinados os restantes pontos da imagem por meio de um processo de crescimento iterativo.

A conversão em binário dos pontos significativos da imagem efectua-se neste caso de tal modo que a imagem é subdividida em áreas, em que as dimensões de imagem de 512 x 512 pontos e dimensões de áreas de 3 x 3 ou 4 x 4 pontos se comprovaram como favoráveis. Para isto é fixada para cada área uma área circundante. Para cada área e a área circundante definida para a mesma, são definidos respectivamente os pontos mais claros e mais escuros (o valor cinzento mais pequeno e o maior valor cinzento) da imagem e comparados entre si.

Quando agora o ponto mais claro de uma área apresentar um valor cinzento, o qual se situa dentro da área de tolerância predeterminada à volta do valor de cinzentos do ponto mais claro da respectiva área circundante, então a este ponto da área é atribuída a cor branca. Se o valor de cinzentos se situar fora desta área de tolerância, não é efectuada nenhuma atribuição. Da mesma forma é comparado respectivamente o ponto mais escuro de uma área com o ponto mais escuro da área circundante e eventualmente é lhe atribuída a cor preta.

Quando os valores de cinzentos dos dois valores extremos de uma área se situarem dentro da área de tolerância de um valor extremo, por exemplo do valor mais claro da área circundante, são-lhes atribuídos a mesma cor, neste exemplo o branco. No caso de a área e sua área circundante apresentarem somente diferenças de valores cinzentos muito reduzidos, não se efectua qualquer atribuição de branco ou preto.

De acordo com este processo, tipicamente são fixados menos de 25 % dos pontos da imagem em relação à sua cor.



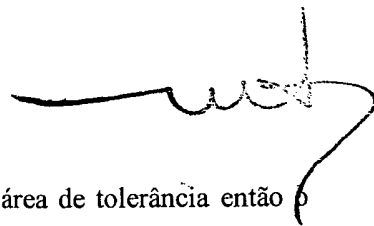
A cor dos restantes pontos de imagem é determinada a partir dos pontos acima mencionados com o auxílio de um processo de crescimento iterativo, o qual é explicado em pormenor na base da Fig. 2.

A Fig. 2 mostra um recorte de uma imagem com 25 pontos de imagem, dos quais 2 estão fixados quanto à sua cor. Estes são os pontos com as coordenadas B2 e E5.

Estes pontos e a sua área circundante agora são dotados com valores de acordo com as suas cores. O ponto de imagem B2 tem a cor branca, ele recebe como valor -3, os pontos de imagem directamente circundantes recebem o valor -2, a área circundante mais afastada o valor -1. O ponto de imagem preto E5 e sua área circundante recebem os respectivos valores positivos. Nos pontos de imagem, que pertencem tanto ao ponto branco B2 como também ao ponto preto E5, os valores distribuídos são somados. Desta forma resulta por exemplo para o ponto de imagem C3 $-2 + 1 = -1$. Em seguida a cada ponto de imagem S com um valor positivo é atribuída a cor preta e a todos os pontos de imagem com um valor negativo a cor branca.

Partindo destes pontos, de acordo com o método descrito, são agora determinadas num processo iterativo as cores dos pontos de imagem ainda não atribuídos. O número das fases iterativas é um parâmetro livre do método. De acordo com a experiência no entanto, 1 - 3 fases conduzem a uma imagem com o alisamento pretendido e a uma taxa aceitável de pontos restantes não determinados quanto à sua cor.

Num processo alternativo de conversão em binário, sob aproveitamento da informação do campo de orientação, a cor dos individuais pontos de imagem é determinada quando na perpendicular para com a direcção local das linhas digitais for formado um valor médio de claridade e em dependência da relação deste valor médio de claridade para com o valor de cinzentos do ponto de imagem, este ser classificado como branco, preto ou indeterminado. Neste caso à volta do valor médio é definida uma área de tolerância. Se o valor dos cinzentos se situar dentro da zona de tolerância, não se efectua nenhuma



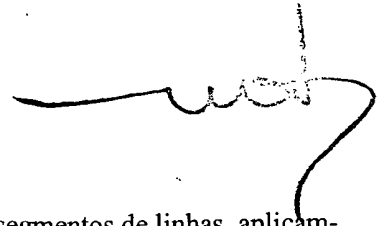
atribuição de cor, se o valor de cinzentos se situar fora da área de tolerância então o ponto é determinado como branco ou preto.

Os pontos deste modo fixados servem de base para um processo de crescimento celular, o qual aliás, ao contrário do processo de crescimento já descrito, é composto de forma anisótropa, de modo que um ponto de cor P irradia com maior intensidade para a direcção preferencial determinada por meio do campo de orientação, do que para a direcção transversal. Isto é representado de forma esquemática na Fig. 4.

O método de cálculo descrito na base da Fig. 2 é alterado na medida em que a área circundante, situada na direcção preferencial de um ponto já determinado quanto à sua cor, ser dotada de valores mais elevados do que a área circundante transversal à direcção preferencial. Com o processo de crescimento anisótropo efectua-se mais outra supressão dos poros sudoríferos e erros de reprodução da imagem.

Da imagem binária finalmente obtida, são gerados segmentos de linhas por meio de adelgaçamentos - extracção de linhas - por meio de um processo conhecido através da literatura (por exemplo R. W. Zhou et al. Patt. Rec. Lett. 16 (1995) 1267-1275), os quais se evidenciam pelas características optimizadas para o processamento posterior. A conversão em binário e a extracção de linhas são efectuadas tanto para os dados de imagem positivos como também para os invertidos, dado que pela análise dos dados invertidos da imagem contidas nos intervalos das linhas digitais, poderem ser aproveitadas as informações independentes para a síntese das linhas.

O resultado da extracção de linhas são dois conjuntos de dados de linhas, dos quais um descreve as linhas digitais e o outro os intervalos das linhas digitais. Devido a técnicas de captação de imagem, interferências e particularidades da conversão em binário, estas linhas contêm segmentos de linhas plausíveis e artificiais, isto é, segmentos de linhas que resultaram das fases de processo acima descritas, e os quais devem ser diferenciados e sintetizados em linhas digitais.



Na determinação das linhas digitais prováveis a partir dos segmentos de linhas, aplicam-se as seguintes regras:

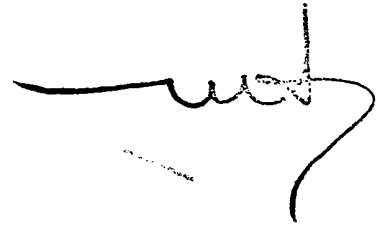
- linhas digitais compridas são mais fiáveis do que as curtas,
- a fiabilidade de uma linha digital é aumentada através da presença de linhas digitais paralelas a uma distância típica ou pela presença de concavidades das linhas digitais com metade da distância,
- linhas digitais curtas que estejam em ângulo recto para com linhas digitais compridas perdem a fiabilidade,
- linhas digitais, cujas extremidades apontam uma para a outra, são interligadas.

O resultado desta determinação é uma lista de características (minúcias) e para cada característica a indicação do tipo, da posição, da largura da linha, da orientação e padrão de qualidade, o qual é apurado da quantidade das regras aplicadas aquando da determinação.

De acordo com o presente invento este resultado é controlado por meio de uma rede neural e é eventualmente corrigido, isto é, as pressupostas minúcias são confirmadas pela rede neural ou rejeitadas, aumentando desta forma a segurança de identificação.

Para este efeito para cada suposta característica (minúcia) um respectivo recorte da imagem é novamente convertido em binário, sendo aplicado neste caso um processo convencional de conversão em binário com valor limiar. Neste caso o recorte da imagem é subdividido num recorte parcial interior e exterior. Para cada um dos recortes e para o recorte completo da imagem é calculada uma média de um valor de cinzentos. O valor limiar então é fixado em dependência da relação dos valores médios de cinzentos um para com o outro. Aos valores de cinzentos os quais se situam acima do valor limiar, é atribuída a cor preta, os restantes pontos são classificados como brancos.

A imagem binária assim obtida é considerada como função de distribuição da densidade $f(x,y)$. Para a normalização, isto é para uma rotação para uma posição predeterminada por meio do método de momentos, são apurados do conteúdo da imagem de acordo com



$$m_{pq} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i^p j^q f(i, j)$$

momentos de primeira e segunda ordem, com nm ... como quantidade dos pontos de imagem sobre a largura e altura da imagem,

i, j ... como coordenada de um ponto de imagem, e

f(i, j) ... como função de distribuição da densidade,

além disso são determinadas as coordenadas X, Y de um ponto de referência

$$x = m_{10} / m_{00}$$

$$y = m_{01} / m_{00}$$

e com auxílio do ponto de referência momentos centrais (μ) é calculado conforme,

$$\mu_{11} = m_{11} - y * m_{01}$$

$$\mu_{20} = m_{20} - x * m_{10}$$

$$\mu_{02} = m_{02} - y * m_{01}$$

e disto apurado um ângulo σ conforme

$$\frac{2 * \mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}$$

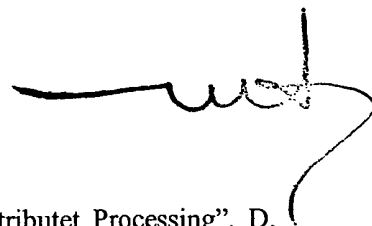
$$\sigma = 0.5 * \arctan$$

pelo qual o objecto é rodado para a posição normal.

Para possibilitar um cálculo rápido dos momentos bidimensionais, estes são apurados conforme o assim designado método delta de M. F. Zakaria. Neste método os segmentos do mesmo tipo de sequência de pixel por linha são considerados no cálculo como unidade. Para o cálculo da posição da imagem só é considerado o segmento maior.

Depois de deste modo estar determinada a posição da característica, o recorte da imagem é rodado de tal modo que a característica nela contida se encontra numa posição definida para com o eixo do momento principal.

Em seguida o recorte da imagem é classificado por meio da rede neural. Para este efeito o valor dos pontos individuais de imagem - típico aproximadamente 176 - aplicado nas



entradas de um "Feedforward Neural Network" (Parallel Distributed Processing", D. Rumelhart et al., MIT Press 1986), em que, para a descrição formal, os pontos de imagem são reunidos para um vector de entrada I . A partir daí é calculado por meio de uma rede neural um vector de saída O através de uma camada intermediária, compreendendo o vector de saída 5 no exemplo de execução 5 elementos, os quais abrangem os 5 tipos fundamentais das características de uma impressão digital. Estes são: "bifurcação branca à direita, bifurcação branca à esquerda, Ridge (linha), bifurcação preta à direita, bifurcação preta à esquerda".

"Bifurcação branca à direita aliás à esquerda" descrevem uma bifurcação dos intervalos das linhas digitais com indicação aproximada da orientação. "Bifurcação preta à direita aliás à esquerda" correspondem a uma bifurcação da linha digital.

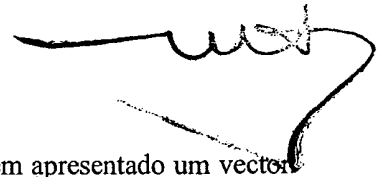
Ridge (linha) não descreve uma característica, mas conduz, devido às elevadas possibilidades de distinção entre linhas simples (sem interesse) e minúcias, para uma elevada qualidade de identificação da rede.

A topologia da mesma, isto é a quantidade de neurónios resulta no lado da entrada pela quantidade I dos pixel do padrão (por exemplo 176), no lado da saída pelo número de tipos de características diferenciadas ($K=5$) e para a camada intermédia j aplica-se:

$$j = \frac{i + k}{2}$$

Antes que esta rede neural possa ser utilizada para a classificação, esta deve ser treinada. Para esse efeito é utilizado o algoritmo "Error-backpropagation" ("Parallel Distributed Processing", D. Rumelhart et al., MIT Press 1986).

Para este efeito padrões com uma classificação predeterminada são apresentados à rede neural, a qual de forma iterativa aprende a relação entre o padrão e a classificação.



A rede neural assim treinada forma para cada recorte de imagem apresentado um vector de saída o qual abrange os valores dos 5 neurónios de saída. A relação destes valores define o tipo e a qualidade do padrão apresentado.

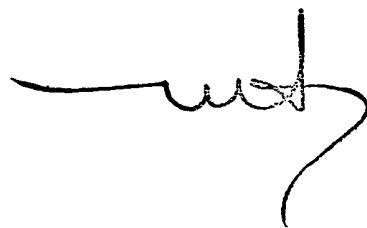
Se neste caso o valor de um neurónio de saída for muito elevado em relação para com os outros valores, então existe um resultado de qualidade muito elevada, a respectiva característica foi por isso inequivocamente associada ao tipo fundamental, o qual é definido por este neurónio de saída. Se aliás todos os neurónios de saída apresentarem aproximadamente o mesmo valor, então a rede neural não pôde atribuir a imagem apresentada a nenhum tipo de característica.

O resultado do processo de identificação é geralmente independente da posição da característica no recorte de imagem observado. Esta particularidade em si favorável da rede neural, implica aliás que a posição de uma característica não pode ser determinada facilmente, dado que à rede neural, no caso de recortes de imagens sobrepostas as quais com efeito apresentam a mesma característica mas contida em pontos diferentes, chega a um resultado praticamente igual.

Para o apuramento da posição exacta de uma característica são por isso comparados os resultados para a análise de recortes de imagem sobrepostas e escolhido como local da característica o centro do recorte da imagem, em cuja análise a rede neural resulta num máximo.

O apuramento deste máximo pode ser efectuado por exemplo quando à volta do recorte de imagem os resultados da rede neural sejam adicionados aos recortes de imagem circundantes sobrepostos. Se a soma dos resultados da área circundante for um máximo em comparação com a soma da área circundante dos recortes de imagem contíguos, então o centro deste recorte de imagem é determinado como posição evidente da característica.

Em alternativa também pode ser utilizada a qualidade dos resultados de recortes de imagem contíguos, sobrepostos para o apuramento da posição exacta de características.



Estes resultados de qualidade são considerados como campo escalar e é determinado um máximo global. O local do máximo é fixado como posição da característica.

Os resultados da rede neural, ou seja as minúcias confirmadas, são comparados com listas de características de impressões digitais conhecidas, dos assim designados candidatos.

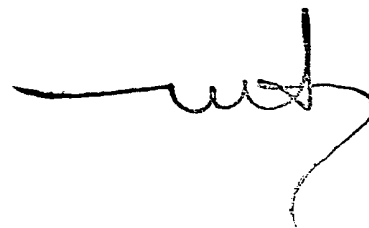
Para este efeito é verificada para cada minúcia da impressão digital a ser identificada, se existem minúcias do mesmo género do candidato numa área de tolerância espacial predeterminada. Se existirem minúcias deste género, então é formado um vector de espaçamento entre a minúcia da impressão digital a ser identificada e a minúcia do candidato.

A totalidade destes vectores de ligação e a sua relação para com o número de minúcias existentes descreve a paridade de ambas as impressões digitais.

Assim admitem-se duas impressões digitais como semelhantes aliás com grande probabilidade idênticas, quando existem vectores de ligação para pelo menos 75 % das minúcias e quando as mesmas apresentarem a pelo menos 80 % dentro de certas tolerâncias o mesmo comprimento e a mesma orientação.

Se no entanto foram apurados vectores de ligação somente para uma parte reduzida das minúcias, porque dentro das respectivas áreas de tolerância predeterminadas não foram encontradas minúcias do mesmo género do candidato, então não existe nenhuma concordância. Esta falta de concordância também existe se no entanto forem encontrados vectores de ligação, mas estes na sua maioria apresentarem comprimentos e orientações diferentes.

Conforme o caso de utilização é emitida uma lista dos candidatos mais idênticos (por exemplo na área da técnica criminal) mas ou - quando existir - uma concordância isolada (por exemplo num sistema de controlo de acesso).



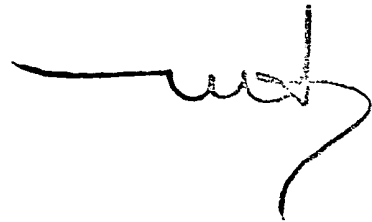
Como impressão digital idêntica então é fixado o candidato que apresente a melhor relação de vectores do mesmo género para com as minúcias. Isto aliás somente no caso quando este candidato no seu resultado se diferenciar nitidamente de outros candidatos.

- 7 NOV. 2001

Lisboa,



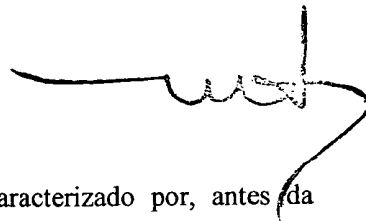
Dra. Maria Silvina Ferreira
Agente Oficial de Propriedade Industrial
R. Castilho, 50 - 5.º - 1200 - 163 LISBOA
Telefs. 213 851 339 - 21 381 50 50



REIVINDICAÇÕES

- 1) Processo para a identificação de impressões digitais compreendendo as seguintes fases de operação:
 - a informação da imagem referente a uma impressão digital a ser identificada é convertida numa imagem a preto e branco através de um processo de crescimento celular, aplicado sobre características seleccionadas da imagem,
 - da imagem a preto e branco são produzidos segmentos de linhas por meio de adelgaçamento,
 - dos segmentos de linhas são determinadas as prováveis linhas digitais e as minúcias contidas nos mesmos,
 - a posição das minúcias são normalizadas por meio do método de momentos,
 - as minúcias são classificadas quanto ao seu tipo e à sua qualidade por meio de uma rede neural.
 - a informação assim obtida sobre a impressão digital é comparada com modelos de referência memorizados e tomada uma decisão sobre a coincidência com os modelos memorizados.

- 2) Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, na conversão da informação em imagem a preto e branco de uma impressão digital a ser classificada
 - a imagem filtrada ser subdividida em dimensões comparáveis e para cada área ser determinada uma área circundante,
 - para cada área e a sua área circundante determinada serem apurados respectivamente os pontos de imagem com o maior e menor valor de cinzentos,
 - quando estes valores extremos de cinzentos de uma área coincidirem aproximadamente com os valores extremos de cinzentos da área circundante, então os mesmos serem fixados como ponto de imagem branco ou preto,
 - a partir dos pontos de imagem brancos e pretos apurados deste modo, serem apurados os outros pontos de imagem brancos e pretos por meio de um processo de crescimento celular num processo iterativo.



- 3) Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por, antes da utilização de um processo de crescimento celular, a informação de imagem ser filtrada por meio da formação de valores médios específicos de direcção na base da orientação local das linhas digitais apuradas através de um campo de orientação.
- 4) Processo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por, o processo de crescimento celular ser realizado de modo anisotrópico e a orientação local das linhas digitais apuradas sobre um campo de orientação ser utilizada para a determinação de uma direcção de crescimento preferencial de um ponto.
- 5) Processo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por, ser fixado como base para o processo de crescimento celular a cor dos pontos de imagem individuais de modo a
 - ser formado na direcção da orientação local das linhas digitais um valor médio de claridade,
 - em dependência da relação do valor médio de claridade para o valor de cinzentos do ponto de imagem, este ser classificado com branco, preto ou indefinido.
- 6) Processo de acordo com uma das reivindicações 1 até 5, caracterizado por, para a normalização da posição das supostas minúcias, ser convertido em imagem a preto e branco por meio do método de momentos um recorte circular da imagem original que abrange as mesmas, e serem apurados para o conteúdo da imagem conforme

$$m_{pq} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i^p j^q f(i, j)$$

momentos de primeira e segunda ordem com

n, m ... quantidade de pontos de imagem sobre a largura e altura da imagem,

i, j ... como coordenada de um ponto de imagem, e

$f(i, j)$... como função da distribuição de intensidade,

serem ainda determinadas as coordenadas X, Y de um ponto de referência

$$x = m_{10} / m_{00}$$

$$y = m_{01} / m_{00}$$

e com auxílio do ponto de referência serem calculados momentos centrais (μ) conforme,

$$\mu_{11} = m_{11} - y^*m_{01}$$

$$\mu_{20} = m_{20} - x^*m_{10}$$

$$\mu_{02} = m_{02} - y^*m_{01}$$

e disto ser apurado um ângulo σ conforme

$$\frac{2 * \mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}$$

$$\sigma = 0.5 * \arctan$$

sendo o objecto rodado para a posição normal.

- 7) Processo de acordo com uma das reivindicações 1 até 6, caracterizado por, na determinação das linhas digitais prováveis a partir dos segmentos de linha, se aplicarem as seguintes regras:
 - linhas digitais compridas são mais fiáveis do que linhas curtas,
 - a fiabilidade de uma linha digital é aumentada pela presença de linhas digitais paralelas a uma distância típica ou pela presença de concavidades de linhas digitais com metade da distância,
 - linhas digitais curtas as quais estão em ângulo recto para com linhas digitais compridas perdem a fiabilidade,
 - linhas digitais cujas extremidades apontam uma contra a outra, são interligadas.
- 8) Processo de acordo com uma das reivindicações 1 até 7, caracterizado por, ser utilizado para a classificação das minúcias um "Feedforward Neural Network" e além das informações iniciais da rede para a classificação referente ao seu tipo e sua qualidade também ser considerada a informação sobre o estado de excitação dos nós internos da rede.

Lisboa, - 7 NOV. 2001



Dra. Maria Silvina Ferreira
 Agente Oficial do Serviço de Propriedade Industrial
 R. Castilho, 50 - 1250 - 163 LISBOA
 Telex: 213 851 309 - 213 8150 50

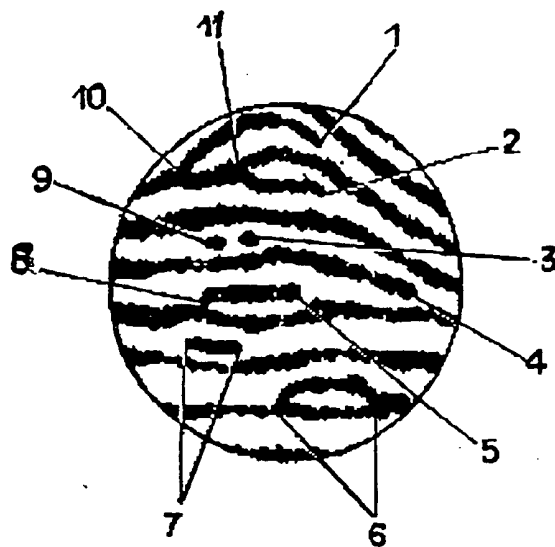


Fig. 1

	A	B	C	D	E
1					
2		W			
3					
4					
5					S

A	B	C	D	E
-2	-2	-2	-1	
-2	-3	-2	-1	
-2	-2	-1	0	1
-1	-1	0	1	2
		1	2	3

A	B	C	D	E
W	W	W	W	
W	W	W	W	
W	W	W		S
W	W		S	S
		S	S	S

Fig. 2

ust

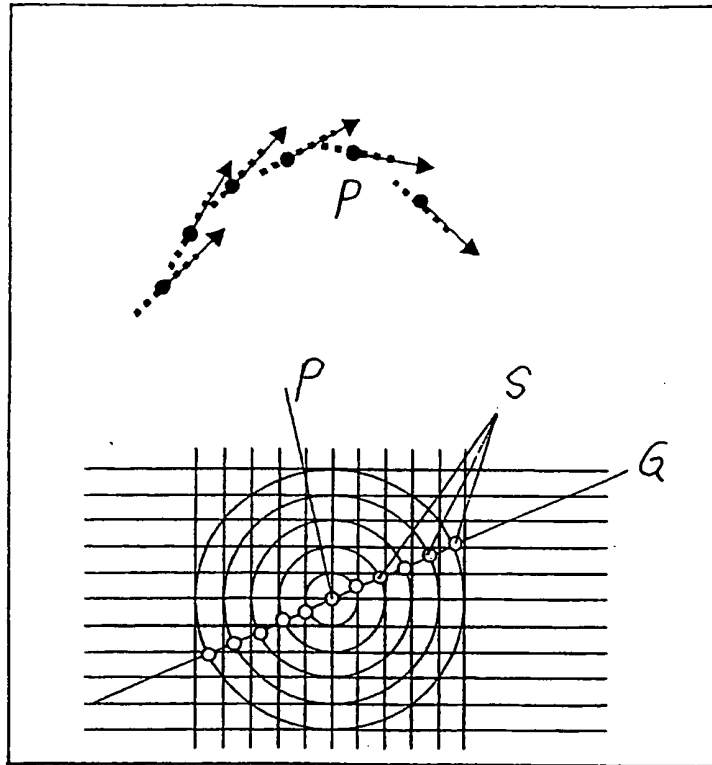


Fig. 3

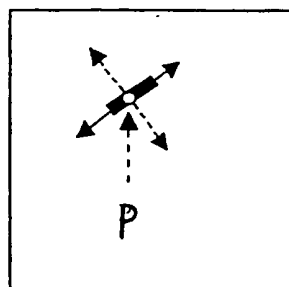


Fig.4

Handwritten signature



Fig. 5

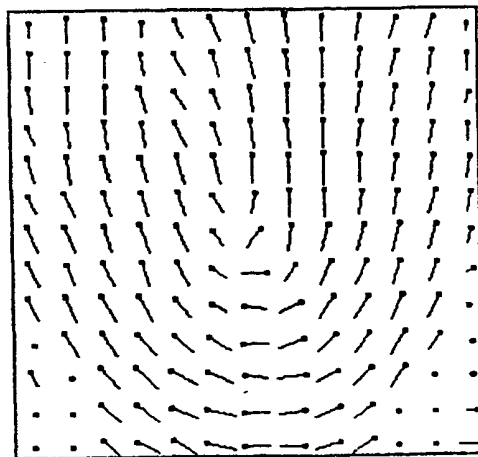


Fig. 6



Fig. 7

Handwritten signature

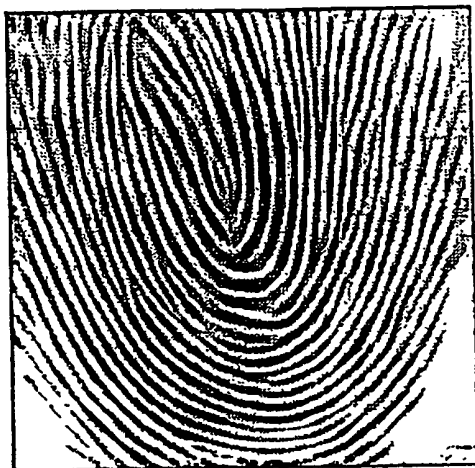


Fig. 8

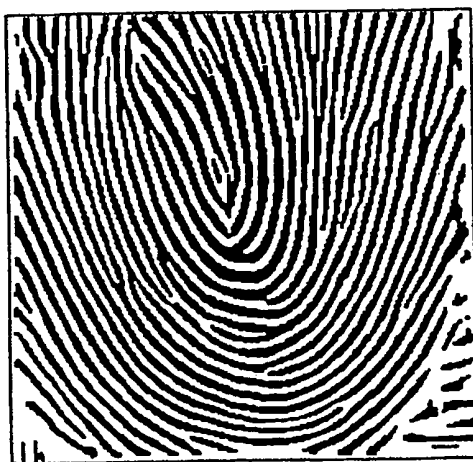


Fig.9