

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 468**

51 Int. Cl.:  
**G06K 9/00**

(2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06723867 .5**

96 Fecha de presentación: **30.03.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1866833**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.12.2007**

54 Título: **Verificación de huellas dactilares**

30 Prioridad:  
**31.03.2005 DE 102005015180**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**05.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**05.07.2012**

73 Titular/es:  
**GIESECKE & DEVRIENT GMBH  
PRINZREGENTENSTRASSE 159  
81677 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:  
**MÜLLER, Robert;  
SCHAAL, Alexander;  
BARTSCH, Armin y  
STEPHAN, Elmar**

74 Agente/Representante:  
**Arpe Fernández, Manuel**

**ES 2 384 468 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

## Verificación de huellas dactilares

La invención se refiere a procedimientos, a una tarjeta de circuitos, a un sistema y a un producto de programa informático para verificar una huella dactilar de una persona.

5 La comprobación de la identidad o de una autorización de acceso de una persona se realiza hoy día con frecuencia por medio de identificadores biométricos de la persona difíciles de falsificar. Con este fin se determina en primer lugar como referencia, en una etapa de registro, al menos un identificador biométrico adecuado de la persona, por ejemplo una huella dactilar, un patrón de iris, etc., que se almacena para la posterior comparación con datos comparativos correspondientes de la persona.

10 Por motivos de seguridad y accesibilidad resulta conveniente almacenar los datos de referencia en un soporte de datos portátil, por ejemplo una tarjeta de circuitos o una tarjeta inteligente, que la persona debe llevar consigo. Para verificación de su identidad, la persona se acerca con el soporte de datos portátil a un dispositivo de verificación, que determina los datos biométricos comparativos correspondientes para su comparación con los datos de referencia almacenados en el soporte de datos. La comparación propiamente dicha puede ser realizada tanto por el dispositivo como, si el soporte de datos dispone de capacidad de cálculo, por el soporte de datos mismo. Si se emplea una tarjeta de circuitos con procesador, el último caso, la así llamada *On-Card-Matching* (comparación en tarjeta), tiene ventajas relativas a la seguridad, ya que, si la comparación se realiza en la tarjeta de circuitos, los datos de referencia sensibles permanecen en una memoria de la misma dotada de una seguridad especial.

20 Dado que los sistemas actuales para la *On-Card-Matching* utilizan en la mayoría de los casos formatos de datos propios, para mejorar la interoperabilidad se definen y emplean cada vez en mayor medida formatos de datos normalizados. Sin embargo, en relación con los formatos de datos propios optimizados desde el punto de vista técnico y algorítmico, los formatos de datos normalizados tienen en general la desventaja de que la comparación de identificadores biométricos de una persona en la tarjeta de circuitos sólo es posible con un tiempo de ejecución a veces mucho mayor. Un factor que aquí influye en gran medida es que, en la mayoría de los casos, los procedimientos de comparación convencionales proceden de forma iterativa y debido a ello requieren mucho tiempo.

25 Un identificador biométrico especialmente adecuado para la comprobación de la identidad es la huella dactilar de una persona. Sin embargo, dado que para la comparación no es posible recurrir a esta compleja información como tal, se extraen en primer lugar determinados identificadores característicos de la huella dactilar, las así llamadas "minucias", que describen los recorridos característicos de las líneas de la estructura de surcos de una huella dactilar, como por ejemplo los finales o los desdoblamientos (bifurcaciones) de las líneas.

30 Para verificar la identidad de una persona se compara una huella dactilar comparativa de la persona con una huella dactilar de referencia extrayendo de la huella dactilar comparativa minucias comparativas, con el fin de comparar éstas con minucias de referencia, previamente extraídas de una huella dactilar de referencia y presentes en la tarjeta de circuitos. Para ello se determina y evalúa el mayor número posible de pares de minucias, consistentes en minucias de referencia y minucias comparativas correspondientes entre sí, por medio de criterios geométricos locales. La determinación de pares de minucias puede dividirse en principio en dos etapas: la determinación de un par de línea de base consistente en dos pares de minucias y, partiendo del par de línea de base, la determinación del mayor número posible de pares de minucias adicionales. El par de línea de base se determina aquí por medio de criterios absolutos (por ejemplo la coincidencia de situación, posición o características locales de las minucias en las huellas dactilares respectivas), mientras que los pares de minucias adicionales se determinan en función del par de línea de base ya determinado o en relación con éste.

35 Sin embargo, este modo de proceder requiere en general procesos de cálculo anidados unos en otros (iterativos o recursivos), con el fin de hallar el mayor número posible de pares de minucias y poder garantizar una gran fiabilidad del resultado. En tales procedimientos de optimización es necesario también, en la mayoría de los casos, realizar operaciones de corrección particularmente costosas, dado que a menudo los pares de minucias ya hallados resultan ser óptimos locales y deben desecharse para lograr una mejor solución y una mayor fiabilidad mediante un nuevo cálculo revisado.

40 En el documento US 2003/0044052 A1 se describe un procedimiento para la comparación de huellas dactilares. En este procedimiento se coloca en primer lugar un origen de coordenadas en la imagen de referencia y en la imagen comparativa de la huella dactilar y se clasifica cada minucia de acuerdo con el sistema de coordenadas. A continuación se busca un par de línea de base, consistente en 2 pares de minucias, en la imagen de referencia y en la imagen comparativa. Si se encuentra un par de línea de base coincidente, se busca en la imagen de referencia la siguiente minucia partiendo del último par de minucias coincidente. El nuevo segmento así obtenido se compara con un segmento potencial en la imagen comparativa. La huella dactilar se considera verificada cuando se ha encontrado cierto número de segmentos coincidentes en la imagen de referencia y la imagen comparativa. La búsqueda de nuevos segmentos se realiza exclusivamente sobre la base del último par de minucias encontrado, de modo que existe una gran probabilidad de seleccionar una minucia subsiguiente incorrecta en la imagen comparativa debido a los límites de tolerancia existentes. Esto retarda enormemente el proceso de comparación.

Por consiguiente, la presente invención tiene el objetivo de poner a disposición una verificación de huellas dactilares rápida y sin embargo fiable y segura.

5 Según la invención, este objetivo se logra mediante un procedimiento, una tarjeta de circuitos, un sistema y un producto de programa informático con las características de las reivindicaciones independientes 1, 19, 37 y 38. En las reivindicaciones dependientes de éstas se indican configuraciones ventajosas y perfeccionamientos de la invención.

10 Según la invención, al comparar minucias comparativas y de referencia se define a partir de todos los pares de minucias ya determinados, incluyendo los dos pares de minucias del par de línea de base, una cadena que establece un orden de pares de minucias invariable en el curso posterior del proceso y que se va prolongando en la medida de cada par de minucias adicional determinado. Cada par de minucias se define entonces por medio de relaciones geométricas o relaciones de las minucias consideradas, respecto de minucias de, al menos, tres pares de minucias de referencia ya determinados y definidos por su posición dentro de la cadena.

15 Como pares de minucias de referencia se preestablecen los pares de minucias que se hallan en ciertas posiciones dentro de la cadena de los pares de minucias ya determinados, de modo que un nuevo par de minucias se verifica en relación con estos tres pares de minucias ya determinados. Para ello se calculan ciertas relaciones de una minucia de referencia seleccionada, perteneciente a un par de minucias adicional potencial, respecto de las minucias de referencia de los tres pares de minucias de referencia y se comparan con los valores de las mismas relaciones de una minucia comparativa seleccionada, potencialmente correspondiente a la minucia de referencia seleccionada, respecto de las minucias comparativas de los tres pares de minucias de referencia. Si todos los valores  
20 determinados de la minucia comparativa seleccionada están dentro de ciertos márgenes de tolerancia de los valores correspondientes de la minucia de referencia seleccionada, se supone que la minucia comparativa seleccionada y la minucia de referencia seleccionada corresponden una a otra y forman un par de minucias, que se añade a la cadena como elemento actualmente último.

25 Una persona se considera autenticada por ejemplo si la cadena alcanza una longitud mínima preestablecida, es decir si el número de pares de minucias determinados sobrepasa un valor umbral preestablecido.

30 En el caso más sencillo se procede aquí seleccionando durante la determinación de pares de minucias adicionales en primer lugar una minucia de referencia que se halle dentro de cierto entorno local cerca de la minucia de referencia del último par de minucias determinado, y seleccionando para la comprobación de las relaciones minucias comparativas que se hallen en la misma zona local de la huella dactilar comparativa (o sea que tengan coordenadas espaciales similares) que la minucia de referencia en la huella dactilar de referencia. Pueden calcularse en primer lugar todas las relaciones respecto de una minucia de referencia para comprobar en el conjunto de las minucias comparativas si existe al menos una minucia comparativa cuyos valores de relación se hallen dentro de los márgenes de tolerancia de los valores de relación de la minucia de referencia. Si existen varias de tales minucias comparativas, puede seleccionarse aquella cuyas relaciones presenten menos diferencia respecto de las de la minucia de referencia seleccionada.  
35

40 Formando la cadena a partir de todos los pares de minucias determinados hasta el momento y definiendo tres pares de minucias de referencia dentro de esta cadena se reduce drásticamente el número de comparaciones necesarias entre minucias comparativas y minucias de referencia respecto de los procedimientos convencionales, lo que acelera considerablemente el proceso, ya que sólo han de efectuarse comparaciones con los tres pares de minucias de referencia. Al mismo tiempo se aseguran la fiabilidad y exactitud necesarias de los resultados gracias a que, además de los valores que representan únicamente características locales de una minucia (por ejemplo su posición en la huella dactilar o su ángulo de minucia), se evalúan también relaciones que establecen una relación geométrica particular de una minucia seleccionada respecto de las minucias de pares de minucias ya determinados.

45 El procedimiento descrito puede realizarse mediante una tarjeta de circuitos equipada según la invención, que comprenda un procesador y una disposición de memoria con, en particular, una memoria EEPROM no volátil. El procedimiento según la invención lo realiza preferentemente un módulo de biometría configurado como programa de software y presente en la tarjeta de circuitos (bien en la memoria EEPROM o en la memoria ROM). Como alternativa, también es concebible una solución de hardware, por ejemplo en forma de un coprocesador biométrico. La tarjeta de circuitos comprende además cierta área de memoria o una memoria separada para almacenar  
50 minucias de referencia, satisfaciendo esta memoria preferentemente unos requisitos de seguridad especiales para garantizar la seguridad de los datos biométricos sensibles.

55 Para emplear la tarjeta de circuitos, una persona la pone en contacto con un dispositivo de verificación (terminal) y proporciona en éste una huella dactilar comparativa mediante un sensor biométrico previsto con este fin. Esta huella dactilar comparativa se transmite a la tarjeta de circuitos mediante unas interfaces de comunicación de datos correspondientes y se almacena en esta última en un área de memoria prevista con este fin, extrayéndose entonces las minucias comparativas.

En una forma de realización preferida se definen como pares de minucias de referencia los pares de minucias que se hallan en la primera, en la penúltima y en la última posición de la cadena. El primer par de minucias de la cadena

es uno de los dos pares de minucias del par de línea de base, mientras que el penúltimo y el último par de minucias de la cadena representan los dos pares de minucias determinados en último lugar. Por supuesto, también podrían definirse otros o más pares de minucias de acuerdo con su posición en la cadena, por ejemplo todos los pares de minucias en posiciones pares o impares de la cadena.

- 5 Como relación a evaluar en el desarrollo de pares de minucias adicionales resulta especialmente ventajoso determinar la distancia de la minucia de referencia o comparativa seleccionada respecto de las respectivas minucias de referencia o comparativas de los pares de minucias de referencia. Como otro valor de relación a comparar puede determinarse el ángulo abarcado por una línea imaginaria que vaya desde la minucia de referencia o comparativa seleccionada hasta la minucia de referencia o comparativa del último par de minucias y continúe hasta la minucia de referencia o comparativa del penúltimo par de minucias. Por supuesto, también pueden evaluarse adicionalmente o como alternativa otros ángulos así formados mediante los pares de minucias de referencia.

Además puede evaluarse como característica local de una minucia el ángulo de minucia de una minucia de referencia o comparativa seleccionada que defina la orientación en un sistema de coordenadas de referencia del surco que parte de la minucia en la huella dactilar correspondiente.

- 15 Para optimizar la velocidad de realización del procedimiento, en una forma de realización preferida es posible comparar en primer lugar a modo de preselección el ángulo de minucia de las minucias de referencia y minucias comparativas seleccionadas, ya que esto es lo que menos tiempo de cálculo requiere. Sólo si los ángulos de minucia se hallan dentro del margen de tolerancia preestablecido se calculan otras relaciones, ya que de lo contrario las minucias seleccionadas de todos modos no son correspondientes entre sí.

- 20 Si los ángulos de minucia se hallan dentro del margen de tolerancia preestablecido, lo siguiente que puede calcularse, de acuerdo con una estimación del tiempo de cálculo, son las distancias de las minucias seleccionadas respecto de las minucias correspondientes de los pares de minucias de referencia y sólo al final, si también las distancias se hallan dentro de los márgenes de tolerancia correspondientes, los ángulos abarcados por las minucias seleccionadas y las minucias correspondientes de los pares de minucias de referencia, ya que esto es lo que requiere el cálculo más costoso.

- 25 Si una minucia comparativa seleccionada no corresponde a una minucia de referencia seleccionada, es decir que no coinciden en las huellas dactilares de referencia y comparativa correspondientes, se repite la determinación de un par de minucias con la misma minucia de referencia seleccionada, pero con otra minucia comparativa, hasta que, según criterios preestablecidos (por ejemplo un número máximo de intentos), parezca improbable que sea posible encontrar una minucia comparativa correspondiente a la minucia de referencia seleccionada.

- 30 Con vistas a que la comparación de minucias de referencia y minucias comparativas sea lo más eficaz posible, resulta conveniente clasificar previamente las minucias comparativas, o almacenarlas previamente clasificadas en un área de memoria de la tarjeta de circuitos prevista con este fin, durante o inmediatamente después de extraerlas de una huella dactilar comparativa y de acuerdo con su ángulo de minucia, para poder seleccionar con la mayor rapidez posible, de acuerdo con su ángulo de minucia, una minucia comparativa que cuadre con una minucia de referencia seleccionada. Adicionalmente puede ser conveniente no calcular los ángulos, las distancias u otras relaciones de las minucias de referencia hasta que éstos(as) se requieran para la determinación de una minucia comparativa correspondiente. Tales ángulos y distancias ya calculados(as) pueden entonces almacenarse en una estructura de datos adecuada en una memoria no volátil (EEPROM) de la tarjeta de circuitos junto con las minucias comparativas correspondientes, para eventuales comparaciones adicionales con otras minucias comparativas seleccionadas.

- 35 En una forma de realización especialmente preferida, el orden en el que las minucias de referencia se tienen en cuenta para la determinación de pares de minucias se fija ya antes de comparar huellas dactilares, mediante una secuencia de minucias de referencia preestablecida. Esto puede realizarse ya durante el registro de la huella dactilar de referencia y la extracción de las minucias de referencia. En este caso, en la comparación propiamente dicha de minucias de referencia y minucias comparativas, no se selecciona una minucia de referencia individualmente en función de criterios de selección preestablecidos o de los pares de minucias antes determinados, sino que se fija un camino definido de minucias de referencia a través de la huella dactilar de referencia, que define también el mismo camino de minucias comparativas a través de la huella dactilar comparativa, con lo que, limitando las posibilidades de combinación, es posible acelerar aun más el proceso.

- 40 Al mismo tiempo es posible en particular que, si no puede encontrarse ninguna minucia comparativa que cuadre con una minucia de referencia definida, la determinación de un par de minucias adicional continúe con la siguiente minucia de referencia fijada por la secuencia de minucias de referencia. Dado que con ello la determinación de pares de minucias adicionales ya no se ve bloqueada por una minucia comparativa "incorrecta" aislada, se consigue así que los resultados de la comparación sean más fiables sin que por ello se vea afectada la velocidad del proceso. Éste puede acelerarse aun más, sin pérdidas detectables de fiabilidad, si sólo se admiten dos pares de línea de base que sean consecutivos en la secuencia de minucias de referencia preestablecida.

En esta forma de realización especialmente preferida de la invención resulta ventajoso formar la secuencia de minucias de referencia ya durante la extracción de las minucias de referencia de una huella dactilar de referencia. Esto puede realizarse de acuerdo con ciertos criterios preestablecidos, fijados de acuerdo con una calidad, una relevancia o una significancia estadística o de acuerdo con criterios geométricos para las minucias de referencia. Para ello es posible en particular ponderar las minucias de referencia según sus ángulos de minucia, según las distancias respecto de minucias adyacentes, según la posición de la minucia dentro de la huella dactilar (por ejemplo, una minucia situada en el centro de la huella dactilar puede ser más importante que una minucia situada en la periferia) o según valores de confianza, que se calculan al extraer por análisis de imagen las minucias comparativas de la huella dactilar comparativa.

De la siguiente descripción de distintos ejemplos y alternativas de realización según la invención en relación con los dibujos adjuntos se desprenden otras características y ventajas de la invención. Muestran:

- figura 1 tipos de minucias en una imagen esquemática de una huella dactilar;

- figura 2 criterios para la determinación de un par de línea de base;

- figura 3 criterios para la determinación de pares de minucias adicionales;

- figura 4 salto de una minucia de referencia durante la determinación de un par de minucias adicional;

- figura 5 un organigrama de un procedimiento de emparejamiento de cadenas según la presente invención;

- figura 6 un ejemplo de la formación de una cadena en una forma de realización preferida de la invención; y

- figura 7 una tarjeta de circuitos según la invención.

La figura 1 muestra dos detalles esquemáticos de los recorridos de los surcos de la imagen de una huella dactilar. Los surcos conforman aquí minucias como puntos característicos. Los dos tipos de minucia más importantes son surcos que terminan (*Ridge Ending*; izquierda) y surcos que se desdoblan en dos nuevos surcos (*Ridge Bifurcation*; derecha). Aunque en dos huellas del mismo dedo la misma minucia debería ser siempre del mismo tipo, por lo general una comprobación del tipo de minucia no ofrece ninguna ventaja y por lo tanto puede omitirse.

El procedimiento según la invención es en principio un algoritmo de comparación (*Matcher*), que en primer lugar busca un identificador de inicio común al patrón de referencia y al patrón comparativo (un patrón es el juego de datos de las minucias extraídas de la imagen de una huella dactilar digitalizada). Partiendo de estas minucias de inicio se busca un número grande en lo posible de minucias adicionales correspondientes entre sí. Por lo tanto, puede decirse que se ejecutan dos pasos: una búsqueda de un par doble inicial de minucias correspondientes entre sí (así llamado par de línea de base) y una búsqueda subsiguiente de pares de minucias que cuadren con el mismo. Si se encuentran suficientes minucias correspondientes entre sí (dependiendo de la seguridad deseada), puede suponerse con cierta probabilidad que las huellas dactilares proceden del mismo dedo.

En el sentido de esta invención, una línea de base consiste en dos minucias dentro de un patrón a partir de las cuales pueden buscarse o compararse minucias adicionales. Sirve de base para otros pasos. Por consiguiente, un par de línea de base se forma respectivamente a partir de minucias presentes en el patrón de referencia y en el patrón comparativo que, tras el cálculo de distintos parámetros, se consideran coincidentes. Así pues, un par de línea de base es un par de líneas de base correspondientes entre sí en el patrón de referencia y el patrón comparativo.

La comparación de minucias se inicia con un par de línea de base. Para que respectivamente dos minucias del patrón de referencia y del patrón comparativo puedan dar como resultado un par de línea de base, deben cumplirse los criterios ilustrados en la figura 2. Pueden verse respectivamente dos puntos de los dos patrones. A las minucias de referencia A y B les corresponden las minucias comparativas A' y B'. Mediante algoritmos se selecciona en primer lugar una minucia A en el patrón de referencia, se define una minucia correspondiente A' en el patrón comparativo ( $\alpha' = \alpha \pm$  torsión máxima de las huellas) y se selecciona un punto adicional B. Para encontrar un punto B' que cuadre con el mismo, en primer lugar se calculan previamente los valores  $d$ ,  $\gamma$  y  $\beta - (\alpha - \alpha')$ . Ahora se recurre a todos los posibles puntos del patrón comparativo que tienen un ángulo de minucia determinado ( $\beta' = \beta - (\alpha - \alpha') \pm$  tolerancia de ángulo de minucia). Por último se calculan  $d'$  y  $\gamma'$ , que deben estar dentro de la tolerancia de distancia, o la tolerancia del eje x del ángulo de minucia. Si es éste el caso, se ha encontrado un par de línea de base.

Para decidir si  $\alpha'$  se halla dentro de la torsión máxima sólo es necesaria una suma (además de la comparación propiamente dicha). Si la tolerancia es por ejemplo  $\pi/4$ , quedan ya suprimidos un 75% de los pares de línea de base posibles. Los valores  $d$ ,  $\gamma$  y  $\beta - (\alpha - \alpha')$  se calculan previamente, ya que se usan una y otra vez durante la búsqueda de B'. Dado que las minucias del patrón comparativo están clasificadas previamente según los ángulos de minucia, para B' se tiene en cuenta sólo una pequeña cantidad de las mismas. La búsqueda en la lista clasificada comienza con la minucia cuyo  $\beta'$  tenga justo la magnitud suficiente para estar dentro de la tolerancia y termina en la primera minucia, cuyo  $\beta'$  es demasiado grande. En este momento han quedado suprimidos casi todos los pares de línea de base posibles incorrectos y ahora sólo es necesario calcular y comparar  $d'$  y  $\gamma'$ . Si la tolerancia para  $\beta'$  es tan

pequeña que casi nunca sea necesario calcular los valores  $d'$  y  $\gamma'$ , puede utilizarse una variante en la que  $d$  y  $\gamma$  no se calculen hasta que exista necesidad de ello. En este caso, el esfuerzo adicional que supone comprobar la necesidad debe ser menor que el ahorro logrado por la omisión frecuente del cálculo de  $d$  y  $\gamma$ .

5 La idea fundamental del procedimiento según la invención es el emparejamiento de cadenas, o sea la búsqueda de una cadena lo más larga posible de pares de minucias que cuadren unos con otros. Para ello, el par respectivamente siguiente debe cuadrar con el primero, con el penúltimo y con el último de los pares de minucias de la cadena ya encontrados, o sea con tres pares de minucias ya encontrados. Dado que los nuevos pares de minucias siempre deben cuadrar geoméricamente con los pares encontrados en último lugar, se forma una cadena de pares de minucias.

10 Como se ilustra en la figura 3, se comprueban los siguientes criterios para encontrar un par de minucias adicional que cuadre con la cadena:

- la distancia entre la nueva minucia potencial (en lo que sigue denominada E) y la primera (A), la penúltima (C) y la última minucia (D),

- el ángulo de minucia de E, así como

15 - el ángulo entre los recorridos C-D y D-E.

La comprobación de algunos de estos criterios, es decir de las tres distancias y el ángulo  $\alpha$ , requiere cierto tiempo de cálculo. Sin embargo, existe una posibilidad sencilla para no tener que efectuar algunos de los cálculos: Una comparación se interrumpe de inmediato si un criterio se halla fuera de una tolerancia preestablecida. Esto significa que el segundo criterio se comprueba con menos frecuencia que el primero, el tercero con menos frecuencia que el segundo, etc. A menudo sucede que el quinto criterio ni siquiera es necesario, ya que todos los puntos posibles del patrón comparativo fracasan en los anteriores cuatro criterios. Este conocimiento lleva consigo dos posibilidades de optimización:

20 - Orden óptimo de comprobación de los criterios: Lo más sencillo de comprobar aquí es el ángulo  $\beta$ , ya que este valor no es necesario calcularlo y sólo debe incluirse la torsión de las huellas. Por lo tanto, sólo son necesarias una suma (debido a la torsión) y una comparación (con  $\beta'$  en el patrón comparativo). Dado que las minucias comparativas están clasificadas previamente según los ángulos  $\beta$ , se añade el hecho de que en realidad  $\beta$  sólo ha de comprobarse en unas pocas minucias.

25 - Los cálculos de las distancias son ligeramente más rápidos que el cálculo del ángulo  $\alpha$ , de modo que en primer lugar se calculan las distancias y en último lugar  $\alpha$ .

30 - Cálculo de valores del patrón de referencia "a petición": Los valores del patrón de referencia se calculan sólo cuando se ha de comprobar una distancia ( $d_1$ ,  $d_n$  y  $d_{n-1}$ ) o el ángulo  $\alpha$ . Una vez calculado el valor, se utiliza de nuevo el mismo para la búsqueda de una pareja del punto actual (punto E en la figura 3). Por lo tanto, en cada ocasión se requiere una comparación adicional en cuanto a si el valor ya está calculado o no. Sin embargo, el tiempo necesario para ello es menor que el tiempo ahorrado con la omisión del cálculo de los valores no usados.

35 Mediante algoritmos se busca en primer lugar un par de línea de base y se forma una cadena lo más larga posible de pares de minucias. Si no es posible encontrar ningún par de minucias adicional, no se intenta encontrar otra cadena para el par de línea de base actual. El tiempo necesario para una comparación se haría con ello extraordinariamente grande (si se buscan todas las cadenas posibles), sin lograr prácticamente ninguna mejora de las tasas de error.

40 Naturalmente puede suceder que en la cadena se haya colado un par de minucias incorrecto (suponiendo que se estén comparando dos huellas del mismo dedo). En este caso, hay dos posibilidades:

1. La cadena continúa porque la minucia incorrecta del patrón comparativo se acerca mucho a la minucia correcta del patrón de referencia. Esto es lo normal.

2. La cadena se para, dado que los pares de minucias reales ya no cuadran con la cadena.

45 En la figura 4 se calcula en primer lugar un par de línea de base correcto (A-B/A'-B'). Sin embargo, a continuación no se encuentra C' para la minucia C, sino erróneamente D'. La consecuencia de ello es que, en lugar de una longitud de cinco, la cadena alcanza sólo una longitud de tres. Para el ejemplo anterior, implica que el par de minucias C/D' aún se halla dentro de las tolerancias de búsqueda y las demás combinaciones D/C', D/E', E/C' y E/E' se hallan fuera de estas tolerancias (en el caso de E/E', por ejemplo, la diferencia de  $\alpha$  y  $\alpha'$  es demasiado grande).

50 Si no se encuentra ningún par de minucias adicional, no puede comprobarse si en la cadena hay un par de minucias "incorrecto" y no se tiene ningún punto de referencia sobre si existe una cadena más larga o no. El probar diferentes cadenas no es una alternativa, por motivos de tiempo. Sin embargo, dado que, si existen suficientes pares de minucias que cuadren entre sí, también existen bastantes pares de línea de base que puedan encontrarse, el algoritmo compara la longitud de la cadena actual con el máximo logrado hasta el momento (que al principio se pone

en el valor uno) y actualiza en caso dado el máximo y continúa con siguiente par de línea de base. Si hay suficientes pares de minucias, existe una probabilidad muy grande de que para al menos un par de línea de base pueda encontrarse una cadena suficientemente larga para que la comparación tenga un resultado positivo.

5 Para puntuar, o sea juzgar, si el patrón comparativo correspondiente debe evaluarse como correcto, es importante la longitud máxima de cadena que puede encontrarse. En el cálculo de la puntuación se incluye también el tamaño del patrón. Son mejores las puntuaciones con la media geométrica de los tamaños de patrón:

$$\text{Puntuación} = \frac{\text{Longitud}_{\text{máxima de cadena}}}{\sqrt{\text{Minucias}_{\text{patrón comparativo}} \times \text{Minucias}_{\text{patrón de referencia}}}}$$

10 Si el par de línea de base se tiene también en cuenta en la longitud y el número de minucias del patrón de referencia y del patrón comparativo es igual, la puntuación máxima es 1. Para evitar la raíz pueden elevarse al cuadrado el numerador y el denominador.

15 En la figura 5 está representado el algoritmo en su totalidad, con los bucles para la búsqueda de líneas de base y para la búsqueda de pares de minucias adicionales. Una cadena es aquí un arreglo que almacena la cadena actual con un par de minucias por índice. "longitudmáxcadena" almacena el número de pares de minucias en la cadena más larga encontrada hasta el momento y "longitudumbr" es la longitud a partir de la cual la comparación puede interrumpirse con un resultado positivo.

20 En la búsqueda de elementos adicionales en el patrón de referencia se consideran sólo las minucias que tienen un índice mayor que el último elemento encontrado. Esta restricción tiene la ventaja de que por término medio sólo se considera la mitad de las minucias que entran en consideración para el elemento respectivamente siguiente. Además, se suprime la comprobación en el patrón de referencia en cuanto a minucias ya existentes en la cadena, dado que todas ellas tienen un índice menor que la última minucia encontrada. Mediante esta optimización se acelera el algoritmo en aproximadamente un 30%, dependiendo de la base de datos. Las tasas de error permanecen casi constantes, porque las minucias con un índice menor que la última minucia encontrada ya se han tenido en cuenta al menos una vez y rechazado. Es muy improbable que puedan incluirse en la cadena en otro lugar.

25 Al almacenar las cadenas se almacenan todos los índices de las minucias comparativas en la memoria EEPROM de una tarjeta de circuitos, para asegurar que una minucia no aparezca varias veces en la cadena. El almacenamiento de todos los índices de las minucias de referencia no es necesario, porque esto puede controlarse mediante algoritmos, haciendo que los índices de las minucias de referencia aumenten de forma estrictamente monótona en la cadena. De este modo, para continuar la cadena se necesitan siempre sólo tres índices del patrón de referencia: los índices de la primera, la penúltima y la última minucia. Así sólo es necesario reservar tres bytes para la lista de las minucias de referencia.

30 Los índices de las minucias de línea de base en el patrón de referencia pueden diferir como máximo en un valor fijo definido (por ejemplo 4). La idea que subyace a esta optimización es que no es necesario probar todos los pares de línea de base posibles. Si, por ejemplo, los pares de línea de base con los índices 0-1, 0-2, 0-3 y 0-4 del patrón de referencia no dan resultado, puede suponerse que la minucia del patrón de referencia con el índice 0 no tiene ninguna pareja en el patrón comparativo. Por lo tanto, algorítmicamente es conveniente realizar respectivamente una comprobación (por ejemplo como criterio de interrupción de bucle).

35 A continuación se enumeran los puntos esenciales del emparejador de cadenas según la invención:

- Utilización de la función arco tangente, en lugar de la función arco coseno empleada usualmente, para la determinación de ángulos.
- 40 - Clasificación previa del patrón comparativo según ángulos de minucia.
- El primer criterio de comparación es por lo tanto siempre el ángulo de minucia.
- Las distancias no se calculan previamente, dado que mediante una comprobación previa de ángulos de minucia se requiere en realidad sólo una cantidad comparativamente pequeña de distancias, por lo que un cálculo previo en forma de tabla repercutiría incluso negativamente en el tiempo necesario.
- 45 - Por lo tanto no se ocupa espacio de memoria para una tabla de distancias.
- Los valores de algunos criterios comparativos se calculan en el patrón de referencia "a petición".
- La búsqueda de pares de línea de base es bastante exacta y comprueba con más criterios. Así se utilizan menos pares de línea de base incorrectos.
- 50 - Utilización de un bit de tipo de minucia para el ángulo de minucia, es decir que para los ángulos se usan siempre ocho bits. De este modo no es necesario realizar conversiones.

- Código fuente de estructura optimizada, para mejorar el tiempo de ejecución.

5 Una forma de realización particularmente ventajosa del emparejador de cadenas arriba descrito es el "emparejador de cadenas rápido". La idea fundamental del emparejador de cadenas rápido consiste en que durante el *Enrollment*, o sea durante el registro de la huella dactilar de referencia, se fija una única cadena en el patrón de referencia, que a continuación se busca en el patrón comparativo durante la verificación. Si no es posible encontrar la cadena prefijada, la comparación se interrumpe con un resultado negativo.

10 En principio, el algoritmo rápido es el mismo que el del emparejador de cadenas normal. Sin embargo, existe la diferencia de que sólo se admiten determinados pares de línea de base. Lo decisivo para los resultados es la elección de dichos determinados pares de línea de base. La idea subyacente es que durante el *Enrollment* se decide qué camino puede tomar la cadena a través del patrón de referencia. Otros caminos no se admiten. Se trata de encontrar un camino que proporcione resultados óptimos. Un camino definido significa lo siguiente:

- El patrón de referencia debe ordenarse durante el *Enrollment* según este camino.

- Los índices de las minucias de referencia en un par de línea de base deben diferir exactamente en un valor de uno.

15 - Si falta un elemento en la cadena preestablecida (o sea que para una minucia del patrón de referencia no es posible encontrar ninguna minucia en el patrón comparativo), debe omitirse este elemento y continuarse con el siguiente.

20 El primer punto de la lista anterior sirve para simplificar los otros dos puntos. En principio, este camino preestablecido puede estar almacenado también en la tarjeta de circuitos, por ejemplo en la memoria EEPROM, pero si las minucias del patrón de referencia están ordenadas según este camino no es necesario ocupar espacio de memoria adicional en la tarjeta de circuitos. Un ordenamiento de este tipo implica entonces el segundo punto: que los índices de las minucias de referencia en un par de línea de base estén siempre uno junto a otro. Dado que naturalmente es posible que en el patrón comparativo no estén presentes todas las minucias del patrón de referencia, debe aceptarse un hueco en el camino (tercer punto de la lista anterior), ya que de lo contrario se encontrarían sólo muchas cadenas pequeñas en lugar de una cadena grande.

25 La figura 6 ilustra un ejemplo al respecto. Las minucias A, C, D y F del patrón de referencia (izquierda) tienen sus equivalentes en el patrón comparativo (derecha), pero no la minucia B, cuyo índice está entre los índices de las minucias A y C, ni la minucia E, cuyo índice está entre los índices de las minucias D y F. El emparejador de cadenas normal encontraría las siguientes cadenas (naturalmente siempre con la pareja correspondiente en el patrón comparativo):

30 - Línea de base A/C, minucias adicionales D y F

- Línea de base A/D, minucia adicional F

- Línea de base A/F, sin minucias adicionales

- Línea de base C/D, minucia adicional F

- Línea de base C/F, sin minucias adicionales

35 - Línea de base D/F, sin minucias adicionales

Así pues, la longitud máxima de cadena es 4. Dado que en el emparejador de cadenas rápido los índices de la línea de base en el patrón de referencia sólo pueden diferir en un valor de uno, en este algoritmo se encuentra sólo una cadena:

- Línea de base C/D, minucia adicional F.

40 La longitud máxima de cadena es aquí sólo 3. De este ejemplo se desprende claramente qué resultados pueden esperarse: la velocidad aumenta en gran medida y las tasas de error se hacen algo peores. Si se observa el ejemplo, puede concebirse una alternativa para mejorar algo más las tasas de error: no restringir la búsqueda de pares de minucias adicionales admitiendo sólo minucias de referencia que tengan un índice mayor que los índices de las minucias de referencia en el par de línea de base. Así pues, no se busca en la cadena sólo hacia delante, sino también hacia atrás. En el ejemplo anterior se encontraría entonces (de nuevo exactamente) una cadena:

45 - Línea de base C/D, minucias adicionales A y F.

De este modo se tiene aquí también una longitud de cadena de 4. Esta variante promete tasas de error mejores que se acercan a las del emparejador de cadenas normal, pero a expensas del tiempo.

50 El mayor problema del emparejador de cadenas rápido es hallar el camino óptimo durante el *Enrollment*. En muchos sistemas actuales se toman varias huellas durante el *Enrollment*, bien para seleccionar la mejor huella o bien para

fundir las minucias de todas las huellas en un nuevo patrón óptimo (proceso que por regla general no se desarrolla en la tarjeta de circuitos, sino fuera de ésta en un procesador más rápido). En este proceso podría implementarse también la búsqueda del camino óptimo. Para ello es muy importante que aparezcan minucias seguras, que se dan en casi todas las huellas, una tras otra (importante para ambas variantes) y que las mismas se hallen al principio (para la primera variante del emparejador de cadenas rápido), porque de este modo es muy probable que por medio de estas minucias puedan encontrarse pares de línea de base. Otra idea para la clasificación previa es observar además si las distancias entre las minucias de referencia contiguas (según el índice) son suficientemente grandes, de modo que los pares de línea de base correspondientes se hallen desde un principio fuera del intervalo numéricamente desfavorable. Sin embargo, además debe tenerse en cuenta que las huellas dactilares están muy a menudo distorsionadas, por lo que es frecuente que las líneas de base demasiado largas no proporcionen resultados ideales.

Para aprovechar las posibilidades de una búsqueda del camino óptimo, pueden realizarse las siguientes clasificaciones (el orden de los índices debe representar el camino óptimo) en el patrón de referencia:

- ninguna,

- clasificación según los ángulos de minucia (como en el patrón comparativo),

- aleatoria (se registra en la lista uno de cada dos resultados),

- distancias entre dos puntos adyacentes si es posible mayores que  $dx_{Max}/4$  y menores que  $dx_{Max}/2$ .  $dx_{Max}$  representa la diferencia máxima entre las coordenadas x de dos minucias del patrón de referencia.

Estas clasificaciones tienen la ventaja de que son muy rápidas y pueden por lo tanto efectuarse en la tarjeta de circuitos durante una comparación. Hay que recordar que como patrón de referencia se selecciona siempre el patrón que tenga menos minucias. Si la búsqueda del camino óptimo se realizase durante el *Enrollment*, ya no sería posible (sin más) cambiar el patrón.

La figura 7 muestra esquemáticamente una tarjeta de circuitos 10 que está conectada, mediante unas interfaces 15, 22 correspondientes entre sí, a un dispositivo de verificación 20, por ejemplo a un terminal de autenticación para un área segura de un edificio, un cajero automático u otro dispositivo de seguridad. La tarjeta de circuitos 10 comprende un procesador 14 y una jerarquía de memoria, consistente en una memoria ROM permanente 11, una memoria EEPROM no volátil y regrabable 12 y una memoria de trabajo RAM volátil 13. En la memoria ROM 11 reside un sistema operativo 16 (por ejemplo JavaCard), que pone a disposición las funciones fundamentales de la tarjeta de circuitos, como la entrada y salida o la organización de memoria, así como funcionalidades específicas de las tarjetas chip, como la criptografía y la autenticación. Entre otras cosas, el sistema operativo tiene integrado un módulo de biometría 17, que realiza uno de los procedimientos de emparejamiento de minucias para la comparación de huellas dactilares arriba descritos. El procedimiento de comparación según la invención podría igualmente estar presente en la memoria EEPROM 12 como componente de software separado (por ejemplo como Java-Applet) o también estar realizado como solución de hardware en forma de un coprocesador biométrico.

En la memoria EEPROM 12 está configurada un área de memoria 18 en la que se ha almacenado un juego de datos de las minucias de referencia 19 durante el *Enrollment* y la configuración de la tarjeta de circuitos 10. Por regla general, las minucias de referencia 19 se extraen de una huella dactilar de referencia registrada y se almacenan en el área de memoria 18 de la tarjeta de circuitos 10 en una etapa separada. Aunque éste es el procedimiento usual, en principio también es posible almacenar la huella dactilar de referencia completa en el área de memoria 18 y extraer las minucias de referencia 19 ya en la tarjeta de circuitos 10.

Para una forma de realización especialmente preferida de la presente invención, las minucias de referencia 19 pueden estar almacenadas en el área de memoria 18 en forma de una secuencia previamente clasificada, con el fin de determinar en el orden preestablecido en las mismas minucias comparativas, correspondientes a las minucias de referencia 19 para formar pares de minucias.

El área de memoria 18 para las minucias de referencia 19 puede por supuesto hallarse también en la memoria ROM 11. Sin embargo, en este caso las minucias de referencia 19 deben extraerse y grabarse en la memoria ROM 11 ya durante la fabricación de la tarjeta de circuitos 10 o la grabación del sistema operativo 16. En cualquier caso es conveniente configurar el área de memoria 18 como área de memoria dotada de una seguridad especial, para proteger suficientemente las minucias de referencia 19 como información biométrica de referencia.

Si un usuario de la tarjeta de circuitos 10 acude a un dispositivo de verificación 20 para demostrar su autorización de acceso mediante una autenticación biométrica, en primer lugar un sensor 21 registra y digitaliza su huella dactilar comparativa 23. El sensor 21 puede ser por ejemplo un sensor óptico, por ejemplo una cámara CCD, que genere directamente una imagen digital, o un sensor ultrasónico. Acto seguido se transmite la huella dactilar comparativa 23 (en texto claro, comprimida o codificada) a la tarjeta de circuitos 10, donde se almacena en la memoria EEPROM 12 para su posterior procesamiento.

5 La comparación propiamente dicha, o el emparejamiento, la realiza a continuación el módulo de biometría 17 extrayendo de la huella dactilar comparativa 23 las minucias comparativas, para comprobar su coincidencia con las minucias de referencia 19 según uno de los procedimientos arriba descritos. A partir de una coincidencia suficiente, evaluada según criterios preestablecidos, de las minucias comparativas y las minucias de referencia 19 puede concluirse una coincidencia de la huella dactilar comparativa 23 con la huella dactilar de referencia y, finalmente, la autorización de la persona.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para verificación biométrica de una huella dactilar comparativa de una persona con la ayuda de una huella dactilar de referencia mediante una comparación de minucias comparativas (A', B', C', D', E', F') de la huella dactilar comparativa con minucias de referencia (A, B, C, D, E, F) de la huella dactilar de referencia con el fin de autenticar a la persona a través de etapas de:
- 5
- determinación de un par de línea de base (A-B, A'-B'), consistente en dos pares de minucias (A-A', B-B'), que están formados respectivamente por minucias comparativas (A', B') y minucias de referencia (A, B) correspondientes entre sí;
  - determinación de terceros pares de minucias (C-C', D-D') a partir de minucias comparativas (C', D') y minucias de referencia (C, D) respectivamente correspondientes entre sí;
  - determinación del mayor número posible de pares de minucias adicionales (E-E') a partir de minucias comparativas (E') y minucias de referencia (E) respectivamente correspondientes entre sí;
  - evaluación de la huella dactilar comparativa de la persona con la ayuda de los pares de minucias determinados, considerándose la persona como autenticada cuando el número de todos los pares de minucias determinados sobrepasa un valor umbral preestablecido;
- 10
- 15
- caracterizado porque
- los pares de minucias determinados definen una cadena que comienza con los pares de minucias (A-A', B-B') del par de línea de base (A-B, A'-B'), prolongándose dicha cadena en la medida de cada par de minucias determinado (C-C', D-D'), y comprendiendo la cadena al menos tres pares de minucias determinados y estando el orden de los pares de minucias determinados fijado de manera invariable en la cadena,
  - se definen tres pares de minucias de referencia dentro de la cadena de todos los pares de minucias ya determinados (A-A', B-B', C-C', D-D') y,
  - con la ayuda de los tres pares de minucias de referencia definidos, se determina un par de minucias adicional (E-E') comparando relaciones geométricas entre una minucia de referencia seleccionada (E) y las minucias de referencia de los tres pares de minucias de referencia con relaciones geométricas entre una minucia comparativa seleccionada (E') y las minucias comparativas de tres pares de minucias de referencia.
- 20
- 25
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque como pares de minucias de referencia se utilizan los pares de minucias que se hallan en la primera, la penúltima y la última posición de la cadena.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque durante la determinación del par de minucias adicional (E-E'), en las relaciones, se incluyen las distancias de las minucias del par de minucias adicional (E-E') respecto de las minucias correspondientes de los pares de minucias de referencia.
- 30
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque durante la determinación del par de minucias adicional (E-E'), en las relaciones, se incluyen los ángulos abarcados por las minucias del par de minucias adicional (E-E') y las minucias correspondientes del último y del penúltimo par de minucias de la cadena.
- 35
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque una minucia tiene un ángulo de minucia y durante la determinación del par de minucias adicional (E-E'), el ángulo de minucia de la minucia comparativa del par de minucias adicional (E-E') se compara con el ángulo de minucia de la minucia de referencia del par de minucias adicional (E-E').
- 40
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque durante la determinación del par de minucias adicional (E-E') se comparan en primer lugar los ángulos de minucia y la determinación se interrumpe si éstos no se encuentran dentro de un margen de tolerancia preestablecido.
7. Procedimiento según la reivindicación 6 con 3, caracterizado porque, tras la comparación de los ángulos de minucia de las minucias del par de minucias adicional (E-E'), se comparan las distancias de las minucias del par de minucias adicional (E-E') y la determinación se interrumpe si éstas no se encuentran dentro de unos márgenes de tolerancia preestablecidos.
- 45
8. Procedimiento según la reivindicación 6 ó 7, caracterizado porque en caso de una interrupción de la determinación del par de minucias adicional (E-E'), dicha determinación se realiza de nuevo con otra minucia comparativa y/u otra minucia de referencia.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque las minucias comparativas se clasifican de acuerdo con su ángulo de minucia antes de realizarse la comparación con minucias de referencia.
- 50

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la huella dactilar comparativa de la persona se evalúa en cuanto no pueda determinarse ningún par de minucias adicional (E-E').
- 5 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque, durante la determinación del par de minucias adicional (E-E'), los ángulos y/o las distancias de las minucias de referencia no se calculan hasta que sean necesarios(as) para compararlos(as) con ángulos y/o distancias de las minucias comparativas correspondientes.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque los ángulos y las distancias calculados se almacenan para otras comparaciones.
- 10 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque el orden de las minucias de referencia a tener en cuenta durante la determinación de los pares de línea de base y los pares de minucias adicionales (E-E'), se define mediante una secuencia de minucias de referencia preestablecida.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado porque si en el orden definido por la secuencia de minucias de referencia no es posible determinar ningún par de minucias (E-E') para una minucia de referencia, se continúa con la siguiente minucia de referencia de la secuencia.
- 15 15. Procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, caracterizado porque en la formación del par de línea de base (A-B, A'-B') se tienen en cuenta sólo minucias de referencia que sean consecutivas en la secuencia de minucias de referencia.
- 20 16. Procedimiento para puesta a disposición de minucias de referencia de una huella dactilar de referencia para verificación biométrica de una huella dactilar comparativa de una persona de acuerdo con las minucias de referencia según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, a partir de las minucias de referencia extraídas y de acuerdo con unos criterios preestablecidos, se determina una secuencia de minucias de referencia que se pone a disposición junto con las minucias de referencia.
- 25 17. Procedimiento según la reivindicación 16, caracterizado porque la secuencia de minucias de referencia preestablece el orden en el que, durante la verificación de la huella dactilar comparativa, se determinan minucias comparativas de la huella dactilar comparativa correspondientes a las minucias de referencia.
- 30 18. Procedimiento según la reivindicación 16 ó 17, caracterizado porque la secuencia de minucias de referencia se determina con la ayuda de los ángulos de minucia de las minucias de referencia.
19. Tarjeta de circuitos (10) para verificación biométrica de una huella dactilar comparativa (23) de una persona con la ayuda de una huella dactilar de referencia, que comprende una memoria, un procesador (14) y un módulo de biometría (17) ejecutable por el procesador (14) para comparar minucias comparativas de la huella dactilar comparativa (23) con minucias de referencia (19) de la huella dactilar de referencia y en la que:
- la memoria está configurada para almacenar las minucias de referencia (19) de la huella dactilar de referencia; y
  - el módulo de biometría (17) está configurado para determinar un par de línea de base, al menos un tercer par de minucias y el mayor número posible de pares de minucias adicionales y para evaluar la huella dactilar comparativa (23) de la persona con la ayuda de los pares de minucias determinados, comprendiendo el par de línea de base dos pares de minucias formados respectivamente por minucias comparativas y minucias de referencia (19) correspondientes entre sí y comprendiendo el tercer par de minucias una minucia comparativa y una minucia de referencia (19) correspondiente;
- caracterizada porque
- 40 el módulo de biometría (19) está configurado además para:
- definir a partir de los pares de minucias determinados una cadena que comience con el par de línea de base;
  - prolongar la cadena en la medida de cada par de minucias determinado, comprendiendo la cadena al menos tres pares de minucias determinados y estando el orden de los pares de minucias determinados fijado de manera invariable en la cadena;
- 45 - determinar tres pares de minucias de referencia dentro de la cadena de todos los pares de minucias ya determinados;
- con la ayuda de los tres pares de minucias de referencia definidos, determinar un par de minucias adicional, comparando relaciones geométricas entre una minucia de referencia seleccionada y las minucias de referencia de los tres pares de minucias de referencia con relaciones geométricas entre una minucia comparativa seleccionada y las minucias comparativas de los tres pares de minucias de referencia; y
- 50 estando dicha la memoria configurada además para almacenar la cadena de pares de minucias determinados.

20. Tarjeta de circuitos (10) según la reivindicación 19, caracterizada porque como memoria se utiliza una memoria no volátil (12) y/o una memoria permanente (11).
- 5 21. Tarjeta de circuitos (10) según la reivindicación 19 ó 20, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está integrado en un sistema operativo (16) de la tarjeta de circuitos (10) residente en una memoria permanente (11) o se halla en una memoria no volátil (12) o está realizado en forma de coprocesador biométrico.
22. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 21, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para definir como pares de minucias de referencia los pares de minucias que se hallen en la primera, la penúltima y la última posición de la cadena.
- 10 23. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 22, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para, durante la determinación del par de minucias adicional, incluir en las relaciones las distancias de las minucias del par de minucias adicional respecto de las minucias correspondientes de los pares de minucias de referencia.
- 15 24. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 23, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para, durante la determinación del par de minucias adicional, incluir en las relaciones los ángulos abarcados por las minucias del par de minucias adicional y las minucias correspondientes del último y del penúltimo par de minucias de la cadena.
- 20 25. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 24, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para, durante la determinación del par de minucias adicional, comparar el ángulo de minucia de la minucia comparativa del par de minucias adicional con el ángulo de minucia de la minucia de referencia (19) del par de minucias adicional.
26. Tarjeta de circuitos (10) según la reivindicación 25, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para, durante la determinación del par de minucias adicional, comparar en primer lugar los ángulos de minucia e interrumpir la determinación si éstos no se encuentran dentro de un margen de tolerancia preestablecido.
- 25 27. Tarjeta de circuitos (10) según la reivindicación 26 con 23, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para, tras la comparación de los ángulos de minucia de las minucias del par de minucias adicional, comparar las distancias de las minucias del par de minucias adicional e interrumpir la determinación si éstas no se encuentran dentro de unos márgenes de tolerancia preestablecidos.
- 30 28. Tarjeta de circuitos (10) según la reivindicación 26 ó 27, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para, en caso de una interrupción de la determinación del par de minucias adicional, realizar de nuevo dicha determinación con otra minucia comparativa y/u otra minucia de referencia (19).
29. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 25 a 27, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para clasificar las minucias comparativas de acuerdo con su ángulo de minucia antes de realizarse la comparación con minucias de referencia (19) y la tarjeta de circuitos comprende una memoria no volátil (12), que está configurada para almacenar esta clasificación de las minucias comparativas.
- 35 30. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 29, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para evaluar la huella dactilar comparativa (23) de la persona en cuanto no pueda determinarse ningún par de minucias adicional.
- 40 31. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 30, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para, durante la determinación del par de minucias adicional, no calcular los ángulos y/o las distancias de las minucias de referencia (19) hasta que sean necesarios(as) para compararlos(as) con ángulos y/o distancias de las minucias comparativas correspondientes.
32. Tarjeta de circuitos (10) según la reivindicación 31, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para almacenar los ángulos y las distancias calculados en una memoria no volátil (12) para otras comparaciones.
- 45 33. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 32, caracterizada porque la memoria está configurada para almacenar una secuencia de minucias de referencia preestablecida para las minucias de referencia (19) y estando configurado el módulo de biometría (17) para, durante la determinación del par de línea de base y de los pares de minucias adicionales, tener en cuenta las minucias de referencia (19) en el orden preestablecido por la secuencia de minucias de referencia.
- 50 34. Tarjeta de circuitos (10) según la reivindicación 33, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para continuar con la siguiente minucia de referencia (19) de la secuencia, si en el orden definido por la secuencia de minucias de referencia no es posible determinar ningún par de minucias para una minucia de referencia (19).

35. Tarjeta de circuitos (10) según la reivindicación 33 ó 34, caracterizada porque el módulo de biometría (17) está configurado para, durante la determinación del par de línea de base, tener en cuenta sólo minucias de referencia (19) que sean consecutivas en la secuencia de minucias de referencia.
- 5 36. Tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 25, caracterizada porque la tarjeta de circuitos (10) comprende una interfaz de comunicación de datos (15), mediante la cual se recibe la huella dactilar comparativa (23).
37. Programa informático, caracterizado porque realiza un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 18.
- 10 38. Sistema para verificación biométrica de una huella dactilar comparativa (23) de una persona con la ayuda de una huella dactilar de referencia, caracterizado por una tarjeta de circuitos (10) según una de las reivindicaciones 19 a 36 y un dispositivo de verificación (20), presentando el dispositivo de verificación (20) un sensor (21) que está configurado para registrar la huella dactilar comparativa (23) de la persona.
39. Sistema según la reivindicación 39, caracterizado porque el dispositivo de verificación (20) presenta una interfaz de comunicación de datos (22), que está configurada para corresponder a la interfaz de comunicación de datos (15) de la tarjeta de circuitos (10) y transmitir la huella dactilar comparativa (23) a la tarjeta de circuitos (10).

FIG 1

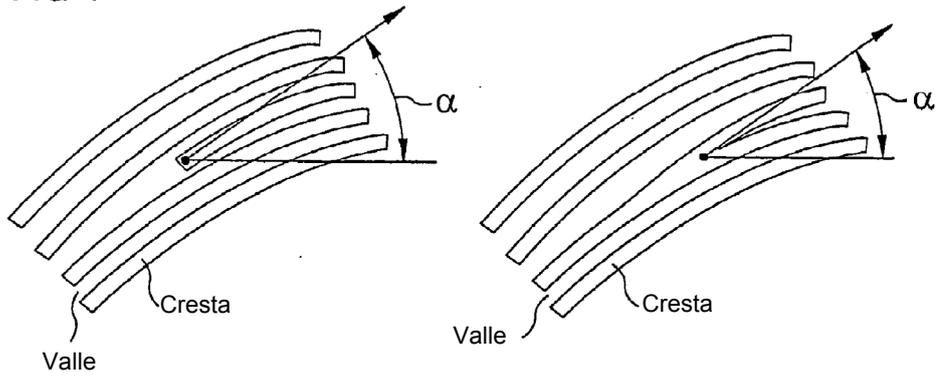


FIG 2

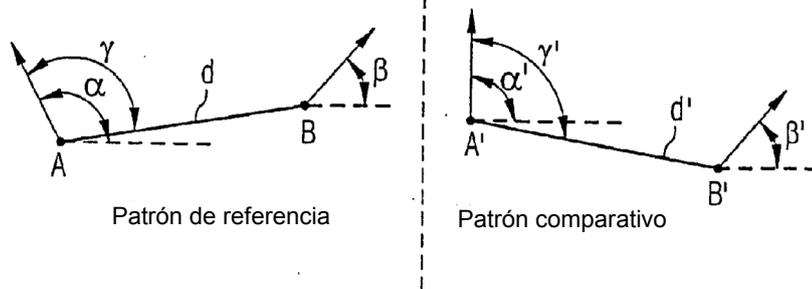


FIG 3

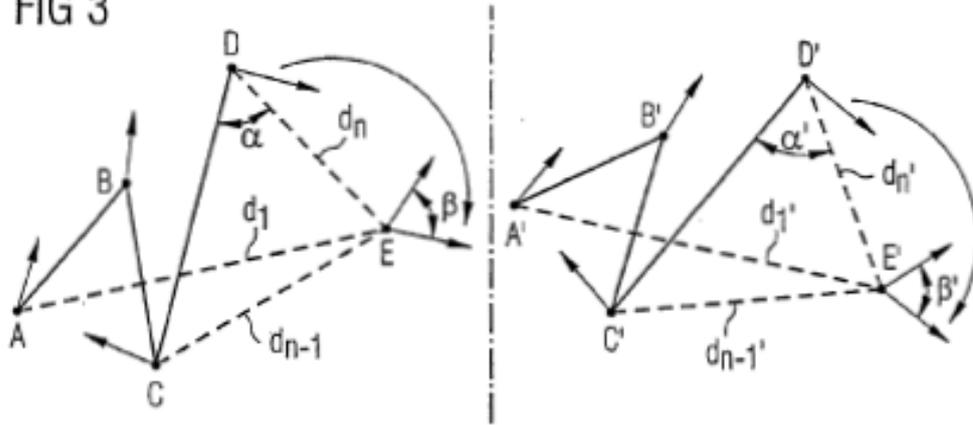


FIG 4

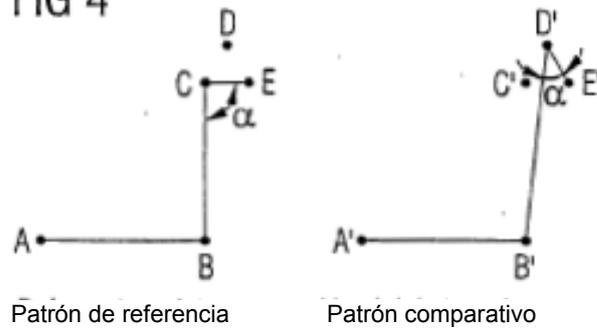


FIG. 5

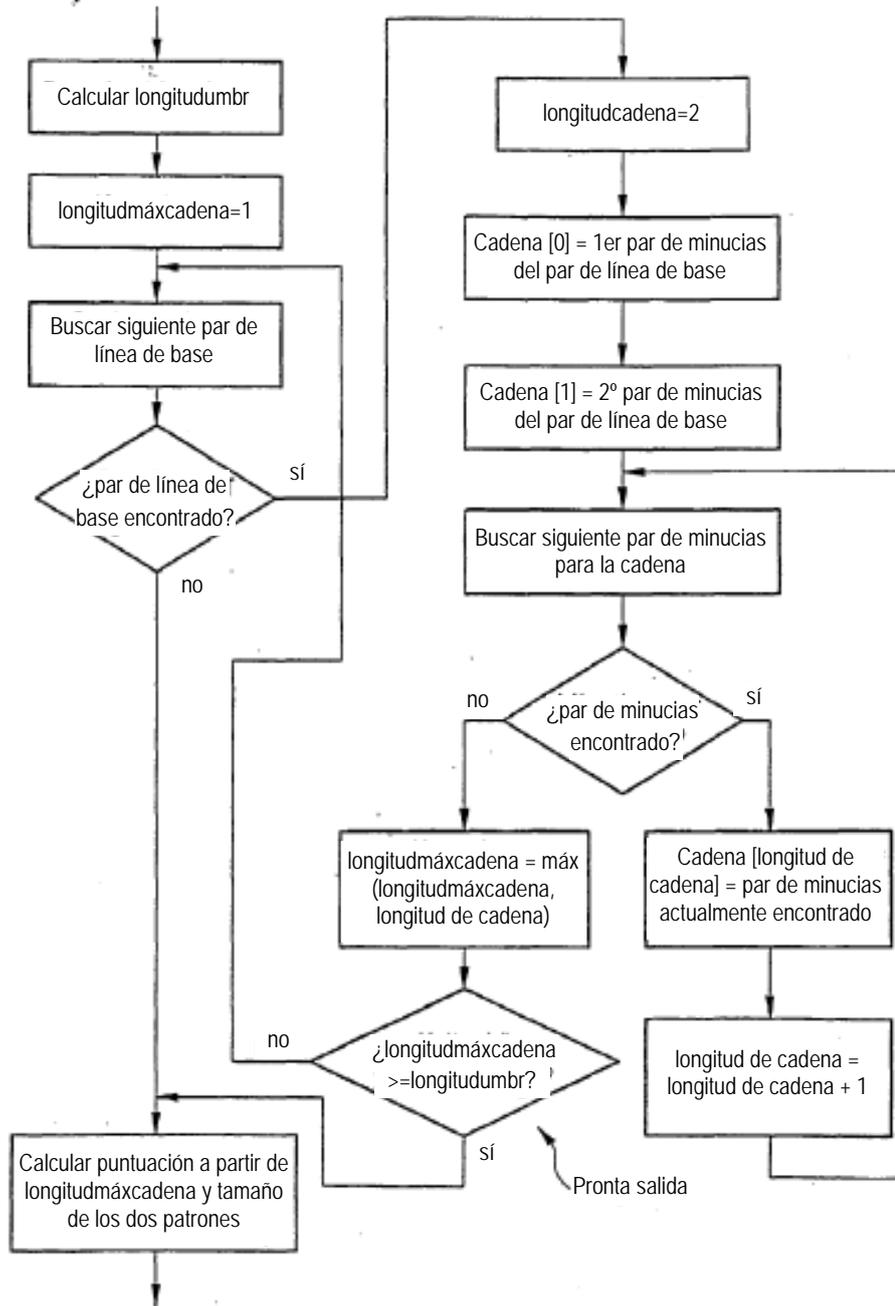


FIG 6

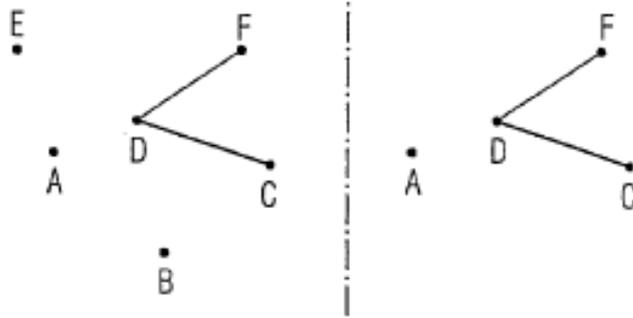
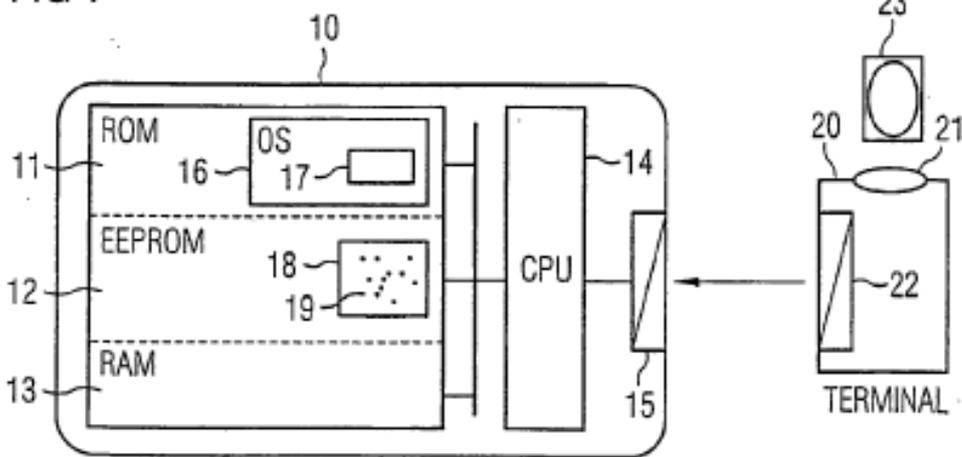


FIG 7



**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

5

**Documentos de patente citados en la descripción**

- US 20030044052 A1 [0008]