

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 537**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2013 PCT/GB2013/051371**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13175228**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2013 E 13728505 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 2856426**

54 Título: **Medición corporal**

30 Prioridad:

25.05.2012 GB 201209382

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

02.12.2020

73 Titular/es:

**QUANTACORP (100.0%)
Amelia Earhartlaan 17 bus k. 08, Sint-Denijs-
Westrem
9051 Gent , BE**

72 Inventor/es:

**WATSON, ELEANOR y
EVANS, DAVID**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 797 537 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

Medición corporal

- 5 La presente invención se refiere a un método y a un sistema para determinar medidas corporales usando imágenes del cuerpo. Más específicamente, la presente invención define un método y un sistema para generar datos de imágenes corporales tridimensionales de un sujeto en comparación con una base de datos de modelos tridimensionales conocidos existentes para obtener un mejor mapeo. A partir de este mapeo, se pueden determinar datos específicos de la forma del cuerpo, incluyendo las mediciones.
- 10 Los escáneres corporales convencionales y los dispositivos de medición corporal se basan en sensores de profundidad de alta resolución, patrones fijos de luz o ángulos de cámara conocidos para generar imágenes tridimensionales del cuerpo humano. Dichas técnicas requieren equipos especializados y presentan una gran carga para el usuario que debe desplazarse a centros especializados para realizar dicha medición corporal.
- 15 Obtener datos precisos de medición tridimensional del cuerpo es particularmente beneficioso en el campo médico y puede usarse, por ejemplo, para monitorizar cambios en el volumen corporal que pueden producirse como resultado de afecciones médicas, por ejemplo, insuficiencia renal. Al evaluar los cambios en las imágenes corporales del paciente, es posible determinar factores tales como retención de agua y éxito de cirugía. De hecho, con el aumento de la telemedicina, es probable que aumente la necesidad de controlar y proporcionar información sobre las mediciones corporales.
- 20 Además, poder generar una caracterización y medición corporales precisas también es de particular interés en la industria de la confección. Se puede apreciar que poder proporcionar a un fabricante o minorista de ropa dimensiones corporales precisas sería beneficioso tanto para la persona que busca ropa como para las empresas involucradas en el suministro de ropa, esto es particularmente beneficioso para las compras en línea.
- 25 Los métodos y dispositivos actuales para proporcionar tales mediciones son grandes y caros, y/o requieren el uso de equipos complejos que incluyen detectores capaces de determinar la profundidad o la distancia por píxel del sujeto en relación con un punto de referencia. Como resultado, no permiten que los sujetos, tales como los particulares y los pacientes, monitoricen su forma tridimensional del cuerpo fácilmente o en casa. Por lo tanto, es deseable proporcionar una imagen corporal tridimensional de una manera simple, sin usar escáneres corporales complejos dedicados. La presente invención busca abordar los problemas anteriores.
- 30 "Detailed Human Shape and Pose from Images", una tesis de Alexandru O. Balan se refiere a un modelo basado en datos del cuerpo humano utilizando un modelo de malla triangulada llamado SCAPE.
- 35 "Human Body Pose Estimation Using Silhouette Shape Analysis", un artículo de Anurag Mittal se refiere a un sistema automático para la estimación de la postura del cuerpo humano desde múltiples vistas.
- 40 "Human Pose Estimation Using Consistent Max Covering", un artículo de Hao Jiang se refiere a un método consistente de cobertura máxima para la estimación de la postura humana, enfocándose en los problemas en los que está disponible la estimación aproximada en primer plano.
- 45 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para generar datos tridimensionales del cuerpo de un sujeto a partir de una o más imágenes fuente de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.
- De acuerdo con la presente divulgación, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1.
- 50 Opcionalmente, se pueden aplicar una o más etapas de preprocesamiento a la una o más imágenes de origen para mejorar los datos disponibles antes de la segmentación;
La división una o más imágenes en una pluralidad de segmentos puede comprender aplicar una o más técnicas de segmentación de imágenes, heurísticas y/o mapeos predeterminados para dividir una o más imágenes mejoradas y/o imágenes originales en una pluralidad de segmentos y/o distribuciones de probabilidad;
- 55 La combinación de los resultados de cada método de segmentación puede comprender el uso de ecuaciones matemáticas y/o heurísticas.
- Opcionalmente, se puede aplicar una técnica de segmentación adicional sembrada con los resultados de la etapa iii) para producir un mapa de probabilidad único refinado para cada imagen de origen;
- 60 La comparación de uno o más mapas de probabilidad únicos con una base de datos de representaciones puede comprender determinar el mejor mapeo entre cada uno o todos los mapas de probabilidad únicos y la base de datos de modelos tridimensionales conocidos existentes mediante la aplicación de un método de descenso de gradiente para minimizar la diferencia entre las siluetas generadas por ordenador de los datos tridimensionales y los mapas de probabilidad.
- 65 La generación de datos y/o mediciones corporales tridimensionales puede comprender además generar datos corporales tridimensionales del sujeto u otras métricas personales basadas en el mejor mapeo de la etapa iv).

La invención permite que los datos representativos de la imagen corporal tridimensional de un sujeto se generen de manera barata y fácil sobre la base de las imágenes en 2 dimensiones obtenibles desde una cámara web, teléfono con cámara u otro dispositivo de captura de imágenes. Además, debido a que no es necesario un equipo de formación de imágenes dedicado, un sujeto puede actualizar fácilmente su imagen corporal tridimensional generada, permitiendo que los cambios en la forma de su cuerpo sean rastreados y monitorizados fácilmente.

En general, se pueden proporcionar uno o más mapas de probabilidad y métodos heurísticos que identifican la forma y la postura esperadas del sujeto en una o más imágenes. Normalmente, los mapas de probabilidad son mapas de probabilidad previamente renderizados almacenados en el servidor, ya sea generados a partir de imágenes anteriores y/u obtenidos de una base de datos de mapas de probabilidad preexistente, y las heurísticas son métodos codificados dentro del sistema. Por ejemplo, si el sujeto posa en las imágenes para presentar sus perfiles laterales izquierdo y derecho, los mapas de probabilidad proporcionados y la heurística aplicada son representativos del perfil respectivo. En este caso, una imagen con un sujeto posando en una postura de perfil del lado izquierdo se puede comparar con un mapa de probabilidad del perfil del lado izquierdo y procesarse usando heurística de segmentación conocida para aplicarse a los perfiles del lado izquierdo.

El uno o más mapas de probabilidad también se pueden proporcionar en función de la postura determinada del sujeto. La postura del sujeto puede determinarse mediante la función de seguimiento del sujeto en una secuencia de cuadros, que puede ser desde una fuente de video. Un método típico de seguimiento de características utiliza las pirámides de Lucas-Kanade para calcular el flujo óptico de los puntos clave del sujeto entre imágenes (o cuadros si se aplican a video). Al tomar un cuadro donde se conoce la posición del sujeto, se pueden ubicar puntos clave en la imagen (por ejemplo, utilizando técnicas de detección de esquinas). Dichos puntos pueden ser dedos, patrones en la ropa, tatuajes, manchas en la piel, etc.). Una técnica de la Pirámide de Lucas-Kanade se puede utilizar para seguir estos puntos entre cuadros (o imágenes). Los puntos se pueden volver a comprobar cada pocos cuadros para evitar el deslizamiento. Dicha técnica permite adivinar con mayor precisión la pose del sujeto dentro de las imágenes y además permite proporcionar el uno o más mapas de probabilidad basados en la postura determinada. Esta técnica de determinación de postura aumenta la flexibilidad del sistema y es particularmente útil para determinar la postura de los sujetos a partir del video.

En realizaciones de la presente invención, la etapa de preprocesamiento ii) puede incluir:

- reescalar la imagen para reducir la sobrecarga computacional;
- aplicar filtros de reducción de ruido tales como difusión anisotrópica;
- contrarrestar características conocidas de la cámara, tal como distorsión de barril y patrones introducidos por el diseño de píxeles dentro del sensor CCD (dispositivo de carga acoplada);
- aplicar un aumento de iluminación por píxel para mejorar los detalles en la sombra, normalmente esto seguiría la fórmula $I_{nuevo}(x) = I_{bruto}(x)^\alpha$ donde x es el píxel actual, $I_{nuevo}(x)$ es el valor de intensidad mejorado para el píxel x (entre 0 y 1), $I_{bruto}(x)$ es el valor de intensidad original para el píxel x (entre 0 y 1), y α es un número que puede ser constante o estar basado en las propiedades de la imagen. Las realizaciones pueden variar α de acuerdo con la ubicación dentro de la imagen, tal como aumentar la parte inferior de la imagen con más fuerza como en este ejemplo:

$$\alpha_t = \frac{\log(b)}{\log(I_{bruto}(x \in \text{cuarto superior de imagen}))}, \quad \alpha_b = \frac{\log(b)}{\log(I_{bruto}(x \in \text{cuarto inferior de imagen}))},$$

$$\alpha = \alpha_t + \frac{y}{h} (\alpha_b - \alpha_t)$$

donde y es la coordenada vertical del píxel actual y h es la altura de la imagen.

Además, la colección de métodos de segmentación de imágenes aplicados a una o más imágenes en la etapa iii) puede incluir:

- métodos invariables, tales como mapas de probabilidad renderizados previamente para una vista particular;
- comparaciones por píxel o ventana móvil, por ejemplo, buscando rangos de color predeterminados que correspondan a tonos de piel o una textura que coincida con el denim;
- técnicas basadas en el aprendizaje, por ejemplo, ubicar una cara en una vista frontal para aprender el color de la piel de la persona y/o los colores de la ropa, y/o usar el mapa de probabilidad prediseñado elegido para conocer los colores de fondo. Los colores identificados (en el espacio RGB o no) y/o las ubicaciones (en el espacio de la imagen) se pueden analizar (por ejemplo, utilizando un modelo de mezcla gaussiana) para producir una distribución de color esperada para cada segmento, que luego se puede utilizar para generar una segmentación

de la imagen;

- 5 • optimizaciones iterativas, por ejemplo utilizando contornos activos (sembrados con una forma humana predefinida de acuerdo con la vista actual y/o postura detectada por otros métodos) para maximizar la intensidad del borde de la imagen a lo largo del perímetro del contorno, que también puede combinarse con simulaciones de cuerpo rígido o de cuerpo blando para obtener mejores resultados:
- 10 • comparar regiones de píxeles en una vista con la región correspondiente en otra vista, por ejemplo, comparar los lados izquierdo y derecho de las imágenes de frente con los brazos extendidos y de vista lateral para identificar los brazos (suponiendo que el fondo permanezca constante entre las imágenes). Las realizaciones pueden incluir una imagen adicional de solo fondo (sujeto fuera del marco) para este propósito;
- 15 • técnicas de análisis de bordes, por ejemplo, buscando bordes con propiedades particulares, tal como una forma de semicírculo (correspondiente a pies) o un ángulo particular (correspondiente a brazos, piernas o torso). Los bordes se pueden detectar utilizando una o más técnicas, tal como la aplicación del operador Sobel, el algoritmo de detección de bordes Canny y métodos personalizados;
- 20 • métodos de segmentación generalizados, como el método de corte de gráfico o métodos de múltiples escalas, tal como la segmentación por agregación ponderada;
- heurística personalizada, como la identificación de puntos de hombro en una vista frontal para definir una región para el torso, o la identificación de líneas de intersección para ubicar las axilas y el punto de la entrepierna.

25 Normalmente, los métodos se aplican a la imagen codificada en el espacio YCbCr, con algunos métodos que usan solo el canal de luminosidad y otros que potencialmente asignan una ponderación extra a los canales Cb y Cr, sin embargo, se pueden usar otros espacios de color tales como RGB o sRGB.

30 Los métodos de segmentación que devuelven una pluralidad de segmentos (por ejemplo: cabeza, camisa, silla, escritorio) pueden procesarse adicionalmente analizando la forma, color, textura y/o posición de cada segmento. Al comparar estas métricas con las expectativas predefinidas o calculadas de otro modo, los segmentos se pueden reducir a un binario en primer plano/fondo más simple, o se les puede dar una probabilidad por segmento.

35 Si se utilizan múltiples métodos de segmentación, las realizaciones pueden combinar sus resultados en un único mapa de probabilidad por vista a través de varios métodos. El método utilizado puede depender de la vista actual y/o del método de segmentación, o pueden intentarse varios métodos, con una función de calificación que decida el mejor resultado. Los posibles métodos para combinar los resultados p_1 y p_2 en p_T incluyen:

- promedio: $p_T = \frac{p_1 + p_2}{2}$;
- 40 • agregar regiones que se sabe que son el sujeto: $P_T = \max(p_1, p_2)$;
- agregar regiones conocidas que son el fondo: $P_T = \min(p_1, p_2)$;
- combinar probabilidades: $p_T = \frac{p_0 p_1}{p_0 p_1 + (1 - p_0)(1 - p_1)}$ con casos especiales para $p_0 = 0, p_1 = 1$ y $P_0 = 1, p_1 = 0$;
- 45 • métodos más complejos tales como $P_T = P_0^{2n(0,5-p_1)}$ para algunos $n > 0$ o $P_T = 2Ap_1^2 - (A + 2(x^c - x))y + x^c.A = 1 - (1 - x)^c + x^c - 2x$ para algunos $c > 1$. Estos métodos particulares son aplicables cuando P_0 contiene alguna expectativa base (tal como un mapa de probabilidad renderizado previamente) que debe ajustarse de acuerdo con P_1 pero mantener límites estrictos.

50 Puede apreciarse que muchos de estos métodos se extienden trivialmente para combinar más de dos resultados, o pueden encadenarse para combinar números arbitrarios de resultados de segmentación. También puede apreciarse que se pueden aplicar ponderaciones a cada segmentación en esta etapa, determinada de forma manual, empírica y/o automática en función de las propiedades de la segmentación (tal como el grado de simetría).

55 Después de producir un único mapa de probabilidad único para cada imagen de origen, las realizaciones pueden refinar el mapa mediante el uso de otras técnicas de segmentación, tal como la segmentación por agregación ponderada o el corte al azar. En el caso de un corte al azar, se proporciona una entrada de "primer plano conocido", "probablemente primer plano", "probablemente segundo plano" y "segundo plano conocido", que puede generarse utilizando un umbral trivial de los mapas de probabilidad. También se puede apreciar que este mapa de 4 estados, o sus variaciones, podría considerarse como un mapa de probabilidad por derecho propio y, por lo tanto, podría ser el resultado directo de etapas de segmentación anteriores.

65 Las realizaciones de la invención permiten además una compensación por la nitidez de línea variable producida por condiciones de iluminación desiguales en las imágenes de origen, con el mismo método que también permite que los

mapas de probabilidad finales se escalen a una resolución igual o mayor que las imágenes de origen originales. Esto se logra al difuminar los bordes del mapa de probabilidad único generado por el método anterior para producir un límite de píxeles inciertos. El desenfoco de los bordes da como resultado un gradiente de probabilidad en el mapa de probabilidad único desde el fondo hasta el sujeto. La dirección y la fuerza de este gradiente se pueden identificar y usar para indicar la dirección al sujeto en cada píxel incierto con una línea vectorial. Normalmente, la dirección de esta línea vectorial es sustancialmente perpendicular al borde. A partir de estos gradientes, se puede generar un mapa de probabilidad de contorno vectorial, dicho mapa proporcionando un vector de dirección (línea de vector) para cada píxel incierto (normalmente píxeles de borde) que indica la dirección local esperada del sujeto en relación con el píxel.

El mapa de probabilidad de esquema vectorial se puede aplicar a la imagen o imágenes originales. Siguiendo la trayectoria indicada por el mapa de probabilidad de contorno vectorial aplicado a la imagen original, es posible determinar los píxeles en la imagen original que se encuentran en cada línea vectorial con el mayor contraste. Estos píxeles representan los píxeles de límite ubicados en el borde del sujeto, que separan al sujeto del fondo de la imagen. Este límite es óptimo en el caso de que no haya ruido y cualquier imagen borrosa sea gaussiana, lo cual es una buena aproximación para las imágenes de la cámara. Además, comparar el color y/o la intensidad del píxel límite con los colores y/o la intensidad de los píxeles vecinos puede permitir determinar un límite verdadero estimado para cada píxel límite con una resolución de subpíxeles. El límite verdadero estimado para cada píxel límite puede calcularse usando: $b_b = 1 - \frac{c_B - c_A}{c_C - c_A}$, donde b_b da la distancia a lo largo del vector entre el límite del píxel y el límite real del subpíxel, c_E es la intensidad del píxel actual, c_A es la intensidad del píxel anterior a lo largo del vector y c_C es la intensidad del siguiente píxel a lo largo del vector. Una vez que se ha determinado el límite verdadero estimado, esto se puede aplicar a la ubicación correspondiente en el mapa de probabilidad único para proporcionar un límite verdadero estimado para cada píxel de límite del mapa de probabilidad único.

Los mapas de probabilidad únicos finales proporcionan un perfil del sujeto para cada vista, donde las regiones determinadas definitivamente como el sujeto tienen una probabilidad cercana al 100 %, las regiones determinadas como fondo (definitivamente no el sujeto) tienen una probabilidad cercana al 0 %, y las regiones de borde tienen probabilidades intermedias. Normalmente, dichos mapas de probabilidad únicos tienen una resolución de 0,2 a 0,5 píxeles dependiendo de los niveles de ruido en las imágenes de origen.

Las realizaciones de la presente invención pueden comparar uno o más mapas de probabilidad únicos con una base de datos existente de representaciones de cuerpos tridimensionales para determinar una coincidencia más cercana y/o pueden usar un método de interpolación para generar nuevos cuerpos a partir de la base de datos existente para determinar un mejor mapeo. La base de datos existente generalmente se llena con datos empíricos recopilados desde escáneres corporales dedicados. Dichas representaciones pueden incluir mediciones corporales tridimensionales, mediciones de los sujetos tomadas manualmente y/o escaneados.

Para determinar la coincidencia más cercana, los escaneados de prueba se pueden buscar exhaustivamente, optimizando cada uno para las variaciones de postura y cámara y determinando el mejor resultado como se muestra a continuación, aunque se puede apreciar que las optimizaciones como la agrupación de los escaneados por propiedades particulares (tal como género, peso, edad) se puede aplicar para reducir el espacio de búsqueda, y se podría aplicar un orden para permitir una aproximación de una búsqueda binaria. Sin embargo, determinar la coincidencia más cercana no puede ofrecer resultados que aún no estén presentes en la base de datos, y por esta razón se prefiere el mejor mapeado. Los siguientes párrafos describirán el proceso utilizado para encontrar un mejor mapeado.

La interpolación lineal puede usarse para generar nuevos escaneados a partir de la base de datos existente, lo cual es ventajoso ya que permite el uso de métodos de optimización lineal para identificar el mejor mapeado. Una representación tridimensional promedio del cuerpo y una serie de vectores que describen variaciones de las representaciones tridimensionales normalizadas del cuerpo dentro de la base de datos existente ("vectores del cuerpo") pueden generarse previamente mediante el análisis de componentes principales. Esta etapa puede incluir métodos para normalizar la postura de cada sujeto y/o inferir datos faltantes (por ejemplo, regiones ocluidas de escaneados de escáneres de luz estructurada). Los resultados de este análisis generalmente se registrarán por adelantado y se recuperarán según sea necesario, y se denominan "Espacio de cuerpos". Las realizaciones también pueden incluir datos de medición en este análisis; produciendo mediciones promedio y una tabla de BUSQUEDA que indica cómo se debe cambiar cada medición a medida que se altera la contribución de cada vector de cuerpo (por ejemplo, si un vector de cuerpo controla el peso del escaneado, generalmente aumentará la circunferencia de la cintura a medida que aumenta el tamaño del escaneado). Estas correlaciones generalmente se generarán automáticamente y pueden no tener una interpretación física obvia. Para garantizar la aplicabilidad de los métodos lineales, las mediciones pueden procesarse previamente para producir valores relacionados linealmente (por ejemplo, tomar la raíz cúbica de cualquier medición volumétrica y descomponer las mediciones elípticas en ejes mayor y menor y un factor de escala).

En realizaciones, solo se generan datos de imagen corporal seleccionados, con áreas del sujeto descontadas o descartadas. Dichas exclusiones pueden llevarse a cabo utilizando mapas de probabilidad que no incluyen áreas del

sujeto, tal como el área de la cabeza, o descartando características después de la segmentación. Esto puede ser ventajoso, ya que permite excluir características de los datos de la imagen corporal que no se relacionan con el tamaño real del cuerpo, tal como el cabello. Excluir estas características evita detalles aparentemente arbitrarios, como el estilo de cabello que influye en los resultados.

5 El espacio de los cuerpos se puede buscar utilizando un método de descenso de gradiente, con variables que controlan la cámara (por ejemplo, posición, rotación, campo de visión), postura (por ejemplo, ángulos articulares) y forma del cuerpo (por ejemplo, los primeros N vectores de cuerpo, donde normalmente $N \approx 40$) de la exploración. Esto generalmente implica comenzar con una suposición promedio o aproximada para cada variable y refinar iterativamente el valor a través de prueba y error. El método Newton-Raphson es una opción posible, y puede usarse para minimizar la suma de las diferencias absolutas de probabilidades para cada píxel en una silueta generada por ordenador contra el mapa de probabilidad único calculado para el sujeto actual. Matemáticamente,

$$\operatorname{argmin} \left(\sum_{x \in \text{imagen}} \left| p_{\text{único}}(x) - p_{\text{calc}}(x, \text{cámara}, \text{postura}, \text{forma}) \right| \right)$$

15 Donde $P_{\text{única}}(x)$ es el valor del mapa de probabilidad único en el píxel actual y $P_{\text{calc}}(\mathbf{x}, \mathbf{c}, \mathbf{p}, \mathbf{s})$ es 1 si contiene la silueta generada por ordenador para la cámara actual \mathbf{c} , postura \mathbf{p} y forma del cuerpo \mathbf{s} contiene el píxel actual y 0, de lo contrario, **cámara**, **postura** y **forma** son los argumentos para buscar. Cabe señalar que el uso de la función de valor absoluto se elige para optimizar la búsqueda de Newton-Raphson, que requiere una función cuadrática. Para otros métodos de búsqueda, pueden ser apropiados diferentes costos, como una suma de cuadrados. También puede ser beneficioso usar una función de distancia secundaria para descartar rápidamente los mínimos locales. Por ejemplo, tomar la suma de las distancias mínimas de cada uno de los píxeles de la silueta generados por ordenador a un píxel en el mapa de probabilidad único que tiene un valor por encima de un umbral predeterminado c (como $c = \frac{1}{2}$). Nuevamente, esto está optimizado para una búsqueda de Newton-Raphson. Matemáticamente,

$$\operatorname{argmin} \left(\sum_{x \in P_{\text{calc}}(x, \text{cámara}, \text{postura}, \text{forma})} \min(|y| : p_{\text{único}}(x+y) > c) \right)$$

30 Los límites, tal como aumentar el costo de la función ya que los argumentos varían más allá de los límites razonables, son beneficiosos para prevenir resultados poco realistas. Por ejemplo, incluir un límite suave a medida que la separación de las piernas se vuelve demasiado amplia, con un límite duro después de una separación o separación imposible conocida que no coincide con la postura solicitada. Se pueden aplicar principios similares a la forma del cuerpo y a las propiedades de la cámara.

35 La forma del cuerpo está optimizada en todas las vistas, y las propiedades de postura y cámara son por vista. Se puede apreciar que en entornos controlados se pueden tomar varias imágenes simultáneamente, en cuyo caso la postura se convierte en una propiedad que también se puede optimizar en todas las vistas. Las posiciones y propiedades fijas de la cámara pueden permitir que las variables de la cámara se eliminen por completo de esta etapa.

40 En realizaciones, esta etapa de minimización se puede lograr minimizando para un pequeño número de parámetros en secuencia para mejorar la velocidad. Por ejemplo, variar la cámara y las variables de postura mientras se bloquean las variables de la forma del cuerpo, luego variar los primeros 5 vectores del cuerpo mientras se bloquean todos los demás, luego variar los primeros 15 vectores del cuerpo y las variables de la cámara, etc. La secuencia precisa puede determinarse empíricamente por adelantado y/o automáticamente como resultado de analizar el estado actual (por ejemplo, dar más tiempo a la optimización de la posición de la pierna si ha cambiado significativamente anteriormente).

50 El resultado final de esta etapa es un escaneado tridimensional único para el sujeto. Los mismos principios se aplican para encontrar una coincidencia más cercana, pero implican iterar a través de todos los escaneados en la base de datos en lugar de variar los vectores del cuerpo. En cualquier caso, el escaneado resultante (ignorando la postura) ahora se denominará "escaneado tridimensional único".

55 Una vez que se ha obtenido la coincidencia más cercana o el mejor mapeado, las realizaciones pueden calcular mediciones utilizando la tabla de BÚSQUEDA de medición y/o trayectorias de medición en la exploración tridimensional única. Para un mejor mapeo, los valores de vector de cuerpo determinados se usan en combinación con la tabla de BÚSQUEDA para interpolar linealmente las mediciones promedio, produciendo un conjunto único de mediciones. Para una coincidencia más cercana, las mediciones se pueden recuperar directamente de la tabla de BÚSQUEDA. Estas mediciones no tienen escala y pueden escalarse de acuerdo con varios factores que incluyen:

- una medición conocida (por ejemplo, la altura del sujeto); una distancia determinada entre el sujeto y la cámara (por ejemplo, utilizando un sensor de profundidad de hardware o un entorno conocido); y/o comparación con un objeto conocido calibrado (por ejemplo, un marcador u objeto común tal como una hoja de papel). En ausencia de esta información, se puede aproximar una escala asumiendo que es similar a la de los sujetos conocidos con una forma corporal similar (por ejemplo, una cabeza relativamente más grande generalmente implica una escala más pequeña). Esta aproximación se puede calcular utilizando los mismos métodos de BÚSQUEDA que para otras mediciones. En esta etapa, las mediciones generalmente no estarán normalizadas; volúmenes en cubos, la circunferencia de las elipses descompuestas recalculadas, y así sucesivamente.
- Además, en las realizaciones se pueden generar los datos tridimensionales del cuerpo del sujeto. Los datos pueden enviarse a uno o más de un dispositivo de almacenamiento, almacenamiento en línea basado en la nube, un teléfono móvil, una pantalla de visualización o un dispositivo informático personal.
- Realizaciones de la presente invención se describirán ahora, con referencia a las siguientes figuras, en las que:
- La figura 1 es visión general esquemática de la presente invención;
- La figura 2 es un diagrama de flujo de la presente invención relacionado con la recopilación de datos;
- La figura 3 es un diagrama de flujo de la presente invención relacionado con los métodos utilizados para generar mapas de probabilidad únicos;
- La figura 4 es un diagrama de flujo de la presente invención relacionado con la mejora del mapa de probabilidad único; y
- La figura 5 es un diagrama de flujo de la presente invención relacionado con la generación de una imagen corporal tridimensional basada en el mapa de probabilidad único y las representaciones corporales tridimensionales de referencia.
- De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para generar datos tridimensionales del cuerpo de un sujeto a partir de una o más imágenes de origen, como se define en la reivindicación 1. En referencia a las figuras, el sistema 10 (figura 1) está provisto de un sistema de cliente de entrada para 'principiantes' 20 y una unidad de servidor 30.
- El sistema de cliente 20 comprende una cámara web 100 que se usa para capturar información de imagen de un sujeto. En uso, la cámara web 100 se usa junto con una pantalla 120, como un monitor de ordenador, que muestra una representación 110 del sujeto. El software que controla la cámara web 100, cuando la cámara web está activada, emite un comando a la pantalla 120 de manera que la pantalla 120 muestra una representación 130 correspondiente a una posición posada. Normalmente, la posición posada requerida es cara a cara, con las piernas y los brazos separados del cuerpo; la posición anatómica. Además, posiciones de perfil lateral (a lo largo del plano medio) también se pueden solicitar 225 (figura 2).
- Cuando la representación 110 del sujeto visualizado en la pantalla se alinea con un contorno predeterminado 220, se considera que el sujeto está "en postura" (esto también puede depender de permanecer inmóvil durante unos segundos). Cuando el sujeto está listo y se satisface la condición de que el sujeto se encuentra en la posición posada solicitada 130, la cámara web 100 toma una secuencia de imágenes 150, 240 del sujeto en la posición posada. Una vez que se ha recogido el número requerido de imágenes, las imágenes se comprimen y se almacenan para su posterior carga en la unidad de servidor 30, 270.
- Se puede apreciar que las etapas anteriores se pueden repetir tantas veces como se desee para generar una base de datos más grande de imágenes de sujetos planteados. Además, como alternativa a una cámara web, se pueden usar cámaras de teléfonos móviles para capturar las imágenes requeridas. En tal caso, la pantalla 120 y el software para ejecutar la captura de imágenes y emitir comandos al sujeto pueden estar en el teléfono usando una aplicación dedicada. También se puede apreciar que se puede usar una cámara convencional para generar las imágenes, así como otros dispositivos y software de captura de imágenes conocidos. También se pueden usar cuadros de fuentes de video.
- Además de la captura de imágenes, el sistema de cliente 20 puede solicitar información adicional 140 del sujeto para ayudar al proceso de calibración e identificación de imágenes. Como ejemplo, los datos de calibración para identificar escalas relativas en las imágenes bidimensionales se pueden recopilar solicitando la altura del sujeto 200. Otras opciones incluyen pedirle al sujeto que sujete un marcador calibrado en la cámara, tal como una tarjeta de juego. Otras preguntas pueden ayudar en el procesamiento de imágenes, tal como la cantidad general y/o el color de la ropa usada.
- Opcionalmente, el sistema de cliente 20 también puede realizar verificaciones rudimentarias en las imágenes tomadas y almacenadas 240. Estas comprobaciones pueden incluir el análisis de las imágenes para las

características de fondo y solicitar que el sujeto se mueva a un área diferente si se detectan demasiadas características de fondo. Dicho análisis también puede permitir una calibración adicional entre la altura relativa de las imágenes capturadas del sujeto, ya que, si se encuentra una característica de fondo común, se puede usar para garantizar que todas las imágenes del sujeto tengan una altura constante, para tener en cuenta la distancia variable
 5 entre el sujeto y el dispositivo de formación de imágenes. Alternativamente, o adicionalmente, dicho análisis puede eliminar características de fondo comunes (para ayudar a las etapas posteriores) o puede requerir que se obtengan nuevas imágenes si se detectan demasiadas características de fondo.

Una vez que las imágenes 150 han sido capturadas por el sistema de cliente 20, se cargan en la unidad de servidor
 10 30. 270. La unidad de servidor 30 puede ser el ordenador o teléfono inteligente de un sujeto o similar, aunque normalmente la unidad de servidor 30 es un servidor dedicado fuera del sitio. El servidor comprende una base de datos de mapas de probabilidad 160 conocidos que corresponden a las ubicaciones esperadas del sujeto en función de las posiciones planteadas que el sujeto recibió instrucciones de pararse en 300, y una colección de métodos de segmentación 170 que se ha determinado que son aplicables a cada postura. Alternativamente, la postura del sujeto
 15 puede determinarse utilizando una técnica de seguimiento de características. Un método típico de seguimiento de características utiliza las pirámides de Lucas-Kanade para calcular el flujo óptico de los puntos clave del sujeto entre imágenes (o cuadros si se aplican a video). Al tomar un cuadro donde se conoce la posición del sujeto, se pueden ubicar puntos clave en la imagen (por ejemplo, utilizando técnicas de detección de esquinas). Dichos puntos pueden ser dedos, patrones en la ropa, tatuajes, manchas en la piel, etc.). Luego se puede usar una técnica de flujo óptico
 20 para seguir estos puntos entre cuadros (o imágenes). Los puntos se pueden volver a comprobar cada pocos cuadros para evitar el deslizamiento. Dicha técnica permite adivinar con mayor precisión la pose del sujeto dentro de las imágenes y además permite proporcionar los mapas de probabilidad basados en la postura determinada. Esta técnica de determinación de postura aumenta la flexibilidad del sistema y es particularmente útil para determinar la postura de los sujetos a partir del video.

25 Inicialmente, la unidad de servidor 30 analiza las imágenes entrantes y las procesa previamente 320 para normalizar la iluminación, detectar y eliminar patrones en las imágenes introducidas desde sensores CCD (dispositivo de carga acoplada) o similares, tales como sensores de píxeles activos (APS) y corregir la distorsión de barril u otros defectos conocidos. A partir de estas imágenes filtradas, el servidor 30 determina qué es probable que sea la representación
 30 del sujeto 110, en lugar del fondo o ruido 330-360.

Para determinar la ubicación del sujeto dentro de la imagen, el servidor 30 aplica varias técnicas de segmentación de imágenes 330 que se han elegido de antemano para la postura particular. Estas pueden incluir métodos
 35 ajustados manual o automáticamente que producen mejores resultados en áreas específicas de la imagen, así como métodos más generales, y pueden usar tanto los mapas de probabilidad procesados previamente 160 como las imágenes de origen procesadas previamente. Los métodos de segmentación también pueden compartir resultados con otros métodos de segmentación (por ejemplo, un detector manual puede reducir el espacio de búsqueda requerido por un detector de brazo). Los resultados de cada método de segmentación se combinan 340, lo que permite al servidor generar una primera estimación en la forma del objeto (sujeto). Los mapas de probabilidad
 40 procesados previamente 160 se pueden usar adicionalmente para ajustar la silueta identificada ayudando en la eliminación de objetos de fondo que pueden haberse identificado incorrectamente. Por ejemplo, un análisis de distribución de color puede identificar un color (por ejemplo, rojo) como representativo del sujeto, sin embargo, si el fondo contiene un color idéntico, se identificará como representativo del sujeto si se basa únicamente en la distribución del color. Al combinar la distribución del color con el mapa de probabilidad, tales características de fondo
 45 pueden eliminarse.

Una vez que se ha determinado una primera estimación de la forma del cuerpo del sujeto y se ha creado un mapa de probabilidad único, el sistema realiza una etapa más para compensar las condiciones de iluminación variables en las imágenes de origen que afectan la nitidez de la línea. Para compensar esta nitidez de línea variable, el sistema difumina deliberadamente los bordes presentes dentro del mapa de probabilidad 410. Este desenfoque es normalmente del orden de 1 o 2 píxeles (en esencia, la línea está suavizada) y puede combinarse con una ampliación del mapa de probabilidad para una mayor precisión.

Al desenfocar los bordes del mapa de probabilidad generado, se ayuda al sistema a determinar la dirección de los píxeles en relación con la posición esperada del sujeto 420. Como el mapa de probabilidad es una imagen en escala de grises de alto contraste, el sistema puede identificar áreas (de píxeles inciertos) donde se produce el cambio de mayor contraste y asignar direccionalidad a ese cambio y esos píxeles. Esta dirección es normal a los bordes del mapa de probabilidad e identifica la dirección del sujeto (el blanco del mapa de probabilidad) en todos los píxeles dentro de los puntos de borde inciertos (borrosos).

60 Una vez que se determina la direccionalidad de un píxel incierto, esto se puede aplicar a la imagen RGB original para encontrar áreas (de píxeles) con el mayor contraste, es decir, donde el gradiente entre píxeles vecinos es mayor 430. Esta determinación permite que el límite del sujeto en la imagen RGB se determine con precisión dentro de una resolución de un píxel. Además, se puede obtener una resolución mejorada de subpíxeles comparando el
 65 píxel límite con los píxeles vecinos para obtener una indicación de la verdadera posición límite 440. Esto se puede lograr determinando el gradiente de color entre el píxel límite y el píxel vecino y asignando una posición límite

verdadera estimada en el punto donde el gradiente es mayor. Una indicación de la verdadera posición límite estimada viene dada por: $\mathbf{b} = \mathbf{1} - \frac{c_B - c_A}{c_C - c_A}$, donde \mathbf{b} es el límite estimado real, c_B es la intensidad del píxel actual, c_A es la intensidad del píxel anterior a lo largo del vector y c_C es la intensidad del siguiente píxel a lo largo del vector. Esta etapa representa una etapa de antisolapamiento inverso preciso para dos bloques de color sólido y, por lo tanto, es especialmente útil para explicar el suavizado introducido por los sensores CCD.

Una vez que se ha determinado el límite en la imagen RGB, esta información se utiliza en el mapa de probabilidad para proporcionar una representación precisa del borde del mapa de probabilidad generado 450. El ruido introducido por el proceso de identificación de bordes puede reducirse difuminando el borde identificado en ± 1 píxel y volviendo a suavizar 460. El resultado final de esta etapa es una secuencia de mapas de probabilidad precisos, específicos de entrada 470, uno por imagen de origen 150.

Con la secuencia de mapas de probabilidad precisos, específicos de entrada, ahora es posible realizar un mapeado de estos mapas de probabilidad a formas de cuerpo promedio calculadas previamente para intentar generar la forma de cuerpo tridimensional final del sujeto. Esto se logra mediante el uso de una base de datos que contiene una forma de cuerpo promedio calculada previamente y componentes principales extraídos "Vectores de cuerpo" que se almacenan en el servidor de la siguiente manera. Un vector de cuerpo o cuerpo propio es similar al término conocido vector propio o cara propia y es una representación de cómo puede variar un cuerpo (el aumento en las caderas conduce al aumento correspondiente en el busto, etc.). Se calcula de antemano utilizando el análisis de componentes principales. Por ejemplo, una imagen corporal particular puede comprender una forma corporal promedio más el 60 % del vector corporal 1, -12 % del vector corporal 2 y el 18 % del vector corporal 3. Esto permite almacenar una representación matemática de un escaneado corporal sin almacenar el propio escaneado. Además, la postura del cuerpo promedio precalculada se puede seleccionar o calcular para que se corresponda con la postura del sujeto como se determinó previamente.

Esta base de datos de variaciones del cuerpo está precargada por el servidor 500. Cuando se reciben una serie de mapas de probabilidad únicos 515, el servidor realizará una búsqueda en el espacio del cuerpo (los posibles cuerpos generados a partir de las combinaciones promedio de cuerpo y vector de cuerpo) para encontrar el mejor mapeado 530-575. Inicialmente, a los vectores de cuerpo se les asigna contribuciones de cero (produciendo un cuerpo promedio sin variación), y los valores predeterminados razonables por postura se asignan a la cámara y las variables de postura (por ejemplo, posición de la cámara, separación del brazo), 530. Estos valores predeterminados pueden modificarse según las características identificadas por los métodos de segmentación 330. El cuerpo correspondiente se representa para cada postura 541, y estas representaciones se comparan con los mapas de probabilidad únicos. 542. La función de distancia utilizada puede ser una simple diferencia de media absoluta por píxel, o algo más complejo, tal como una suma de la distancia mínima entre píxeles de borde. Se pueden usar varios métodos juntos, por ejemplo, usando la distancia mínima entre los píxeles del borde para determinar las propiedades de la postura y la cámara, y luego usando la diferencia media absoluta para ajustar la forma del cuerpo. Estos métodos pueden beneficiarse del almacenamiento en caché previo de los valores 520 para mejorar los tiempos de respuesta.

Al variar repetidamente ciertas propiedades (tal como la contribución de un vector de cuerpo) y volver a medir la distancia entre los escaneados renderizados y los mapas de probabilidad únicos observados 540-575, los vectores de cuerpo, las variables de postura y las propiedades de la cámara se pueden refinar iterativamente. Normalmente, esto implica muestrear algunas variaciones 550 y luego ajustar una forma matemática simple (tal como una parábola) a las distancias para identificar una distancia mínima probable. Los valores en este mínimo se pueden verificar, y el mínimo general de todas las muestras elegidas 560, luego se reduce el espacio de búsqueda y se repite el proceso. Una vez que el espacio de búsqueda es lo suficientemente pequeño, el proceso finaliza y los valores finales representan el mejor mapeado 580. Normalmente, esta etapa de optimización se repetirá varias veces, cada vez con ciertas variables "bloqueadas" y otras "libres", por ejemplo, una búsqueda inicial puede bloquear todas las contribuciones del vector de cuerpo, variando solo las propiedades de la cámara y las variables de postura, y esto podría seguirse bloqueando la cámara mientras refina los primeros 5 vectores del cuerpo y una postura aproximada, etc.

La forma final del cuerpo, la postura y las propiedades de la cámara producirán una silueta que se asemeja más a los mapas de probabilidad únicos. Se puede apreciar que en los sistemas con hardware conocido, las propiedades de la cámara pueden conocerse de antemano y no será necesario incluirlas en este proceso. Además, en sistemas con múltiples cámaras, se puede saber que la postura del sujeto es idéntica en varias imágenes, y se puede usar una postura global (en lugar de por imagen).

Cuando se completa la búsqueda iterativa y se determina el mejor mapeado, el servidor puede almacenar los datos del cuerpo tridimensional de acuerdo con sus contribuciones al vector de cuerpo. Las mediciones relacionadas con la forma del cuerpo tridimensional se pueden recuperar utilizando una tabla de búsqueda 580 basada en la forma promedio del cuerpo y las contribuciones del vector de cuerpo. Dichas mediciones pueden incluir mediciones físicas tales como la circunferencia de la cintura, la circunferencia del pecho, etc., así como información más abstracta, como el género, la edad, etc. Esta tabla de búsqueda se obtiene de dimensiones corporales empíricas generadas a partir de escáneres precisos del cuerpo completo utilizados en entornos hospitalarios. La silueta calculada de la

mejor coincidencia puede luego retroalimentarse en los mapas de probabilidad previamente renderizados, lo que puede aumentar la precisión de las etapas de segmentación en usos futuros.

- 5 Una vez que se ha calculado una aproximación real de la forma tridimensional del cuerpo del sujeto, la forma del cuerpo y las mediciones correspondientes se pueden ampliar al tamaño del sujeto teniendo en cuenta su altura ingresada u otra información de calibración 585, aunque esto también podría realizarse en una etapa posterior por el cliente 285. Finalmente, el escaneado tridimensional y/o las mediciones se pueden mostrar al sujeto 290.

REIVINDICACIONES

1. Un método para generar datos corporales tridimensionales de un sujeto a partir de una o más imágenes de origen capturadas usando un dispositivo de formación de imágenes digitales (100); comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
- (i) capturar una o más imágenes de origen (150) del usando un dispositivo de formación de imágenes digital (100);
 - (ii) dividir la una o más imágenes de origen (150) en una pluralidad de segmentos utilizando los resultados de una colección de métodos de segmentación (170);
 - (iii) combinar, usando una ponderación de métodos de segmentación (170) en áreas de desacuerdo, los resultados de cada método de segmentación en la etapa (ii) para producir, para cada imagen de origen (150), un solo mapa de probabilidad único (160) que representa al sujeto;
 - (iv) comparar el uno o más mapas de probabilidad únicos (160) con una base de datos de representaciones de cuerpos tridimensionales para determinar una coincidencia más cercana o el mejor mapeado entre el mapa de probabilidad único (160) y una representación determinada a partir de la base de datos;
- en el que comparar uno o más mapas de probabilidad únicos (160) con una base de datos de representaciones de cuerpos tridimensionales para determinar una coincidencia más cercana o el mejor mapeado comprende las etapas de:
- (v) generar una imagen de cuerpo tridimensional a partir de la base de datos de representaciones de cuerpos tridimensionales, utilizando variables que controlan la cámara, la postura y la forma del cuerpo;
 - (vi) generar una silueta de la imagen corporal tridimensional;
 - (vii) comparar la silueta con el uno o más mapas de probabilidad únicos (160) del sujeto y determinar el grado de coincidencia,
 - (viii) refinar iterativamente el valor de las variables mediante prueba y error hasta obtener el mejor mapeado;
 - (ix) generar datos corporales tridimensionales y/o mediciones del sujeto basándose en el mejor mapeado y una tabla de búsqueda de mediciones conocidas de imágenes corporales tridimensionales, en donde el método comprende además una etapa de
 - (x) alterar las imágenes corporales tridimensionales y/o las siluetas generadas para tener en cuenta los factores de formación de imágenes presentes en la una o más imágenes del sujeto.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además, antes de dividir dicha una o más imágenes de origen (150), aplicar una o más etapas de preprocesamiento a la una o más imágenes de origen (150) para mejorar los datos disponibles antes de la segmentación.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la combinación de los resultados de cada método de segmentación comprende el uso de ecuaciones matemáticas y/o heurísticas.
4. El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la generación de datos y/o mediciones corporales tridimensionales comprende además generar datos corporales tridimensionales del sujeto u otras métricas personales basadas en el mejor mapeado de la etapa (iv).
5. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además la etapa de: después de capturar dichas una o más imágenes (150), proporcionar uno o más mapas de probabilidad renderizados previamente (160) representativos de una forma y una postura esperadas del sujeto en una o más imágenes (150) y proporcionar una secuencia de métodos de segmentación (170) para aplicar de acuerdo con la forma y la postura esperadas del sujeto en cada imagen.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además la etapa de: determinar una postura del sujeto y proporcionar uno o más mapas de probabilidad (160) basados en la postura que se ha determinado.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los factores de formación de imágenes presentes son al menos uno de: cabeceo de cámara; guiñada de la cámara; distancia de la cámara y distorsión de barril.
8. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además las etapas de:
- determinar mediciones sin escala de la mejor coincidencia basadas en la tabla de BÚSQUEDA de mediciones conocidas de imágenes corporales tridimensionales; y
 - escalar las mejores mediciones de coincidencia o escaneado en función de los datos de referencia proporcionados por el sujeto, siendo dichos datos de referencia uno o más de: altura del sujeto; distancia entre sujeto y cámara; referencia a un objeto conocido calibrado.
9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que dividir la una o más imágenes

(150) en una pluralidad de segmentos comprende la etapa de:
comparar la ubicación de píxeles en la imagen o en cada imagen con sus ubicaciones correspondientes en los mapas de probabilidad renderizados previamente (160) para determinar la probabilidad de que un píxel represente al sujeto en la imagen.

5
10. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que dividir la una o más imágenes (150) en una pluralidad de segmentos comprende la etapa de:
ponderar píxeles en la imagen o en cada imagen de acuerdo con las ubicaciones correspondientes en los mapas de probabilidad renderizados previamente (160) para generar una imagen ponderada correspondiente e identificar un color y/o una distribución espacial dentro de estas imágenes ponderadas.

11. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que después de la etapa (iii), el método comprende además la etapa de:

15 agregar una región de incertidumbre alrededor de los bordes de uno o más mapas de probabilidad únicos (160) para compensar la nitidez de línea variable para producir un límite de píxeles inciertos;
identificar el gradiente de los bordes de uno o más mapas de probabilidad únicos (160) para determinar la dirección del sujeto en cada píxel incierto para producir un mapa de probabilidad de contorno vectorial correspondiente;
20 aplicar el mapa de probabilidad de contorno vectorial a la imagen (150) para determinar los puntos con el mayor contraste; e identificar, en dicho punto de mayor contraste, un píxel límite ubicado en el borde del sujeto.

12. Un método de acuerdo con la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que se identifica una distribución de color dentro de las imágenes ponderadas y la identificación de la distribución de color comprende adicionalmente las etapas de:

25 muestrear píxeles de la imagen (150) para identificar su color; y
mapear la ubicación de los píxeles muestreados al mapa de probabilidad renderizado previamente para determinar el color esperado de esa región del mapa de probabilidad.

30 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la identificación de la distribución de color comprende además las etapas de:

35 obtener una distribución de probabilidad del color de los píxeles dentro de todos dichos segmentos de la imagen (150); y generar una distribución de probabilidad multidimensional/multivariada de la imagen (150) en intensidad, color y/o espacio espacial.

14. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 12 o 13, que comprende además la etapa de:
comparar la distribución de probabilidad con el color esperado de las regiones correspondientes del mapa de probabilidad (160) para determinar la probabilidad de que un píxel represente al sujeto.

40

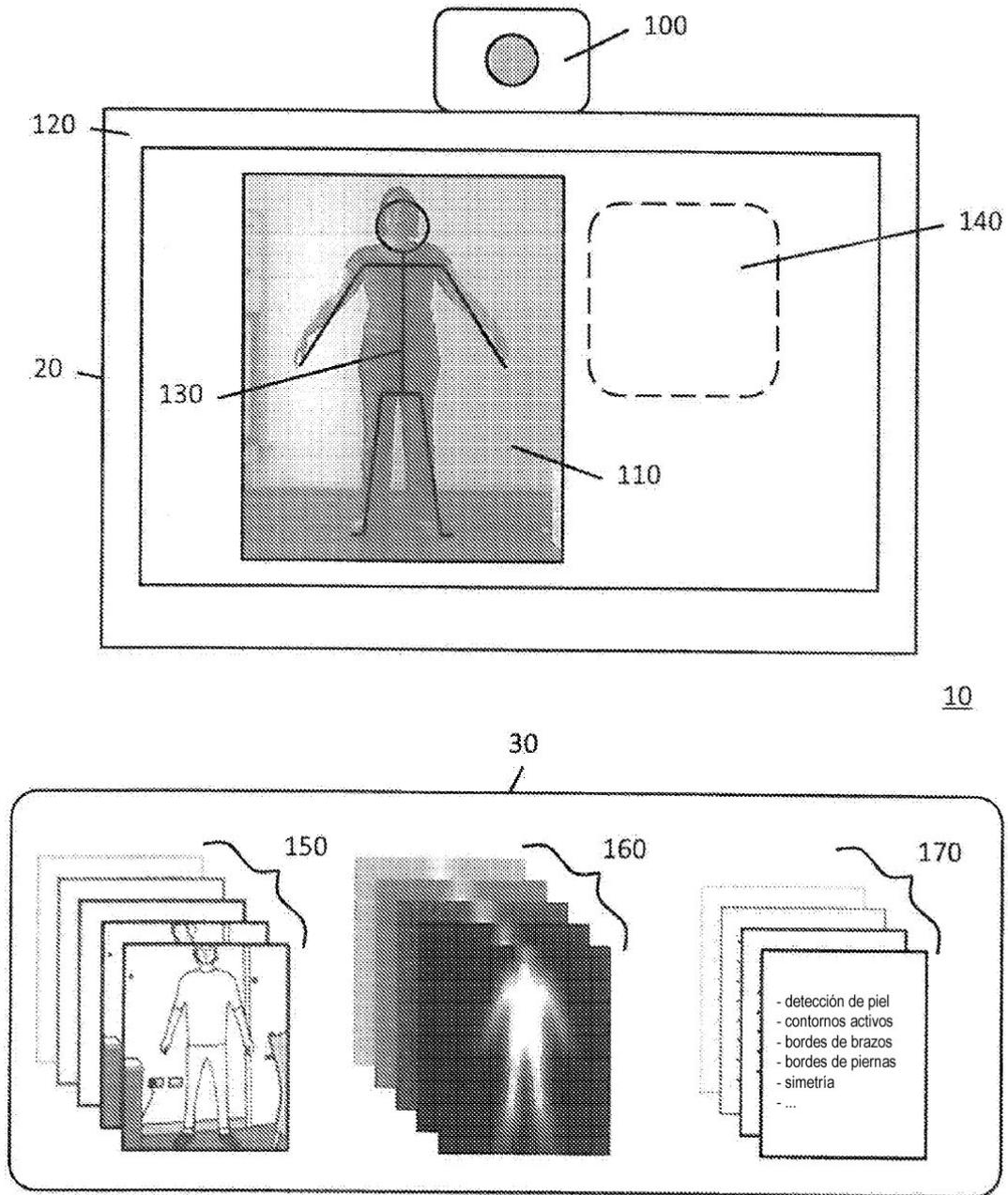


Fig 1

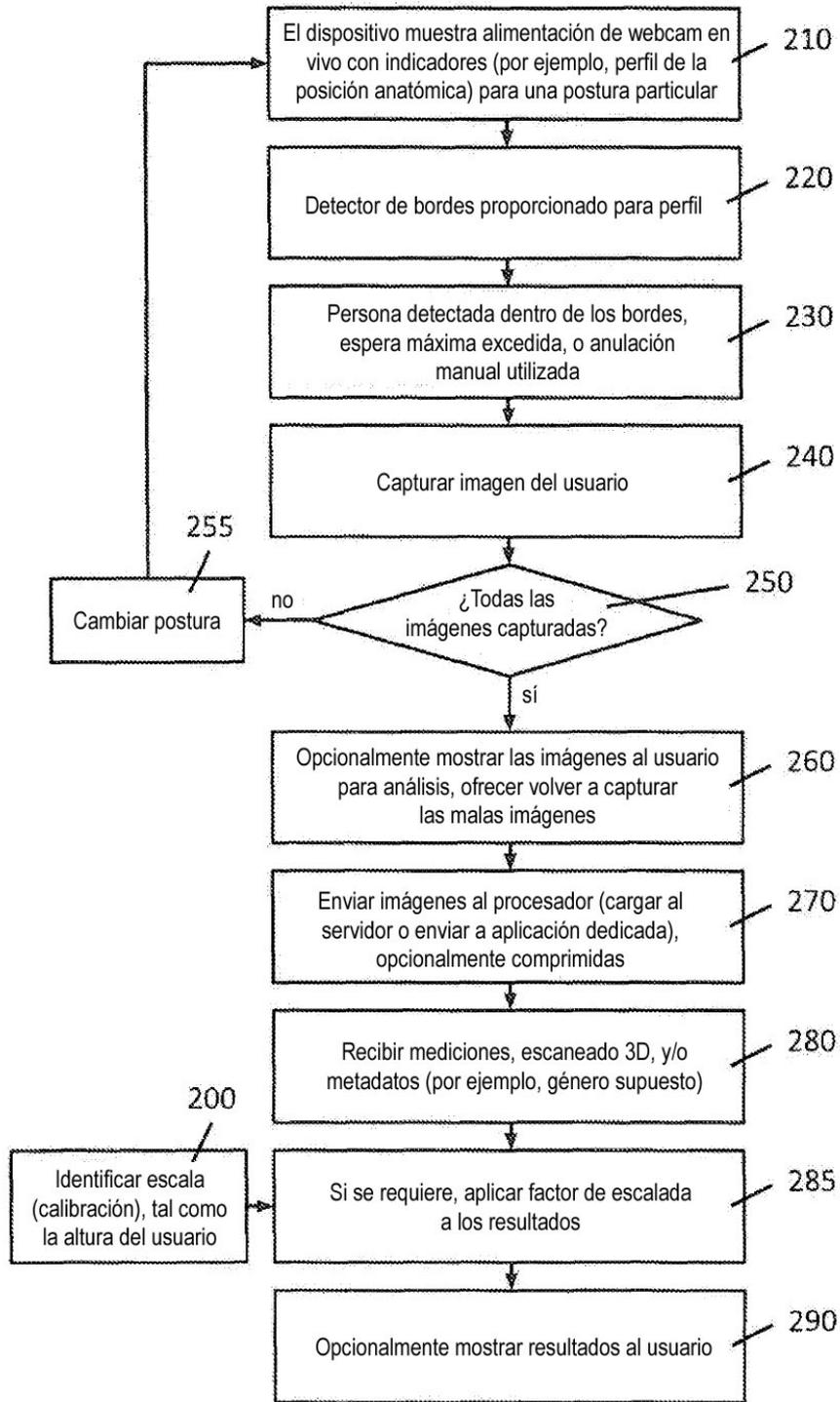


Fig 2

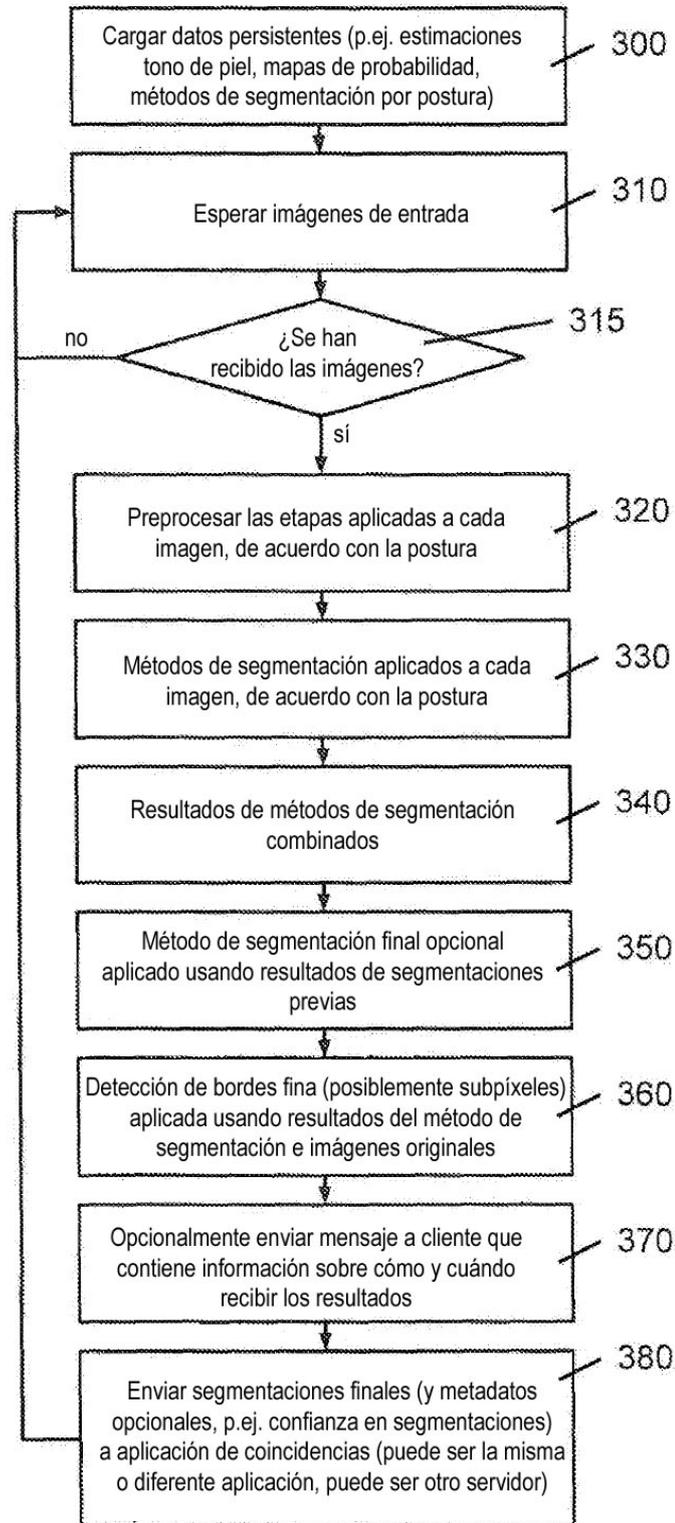


Fig 3

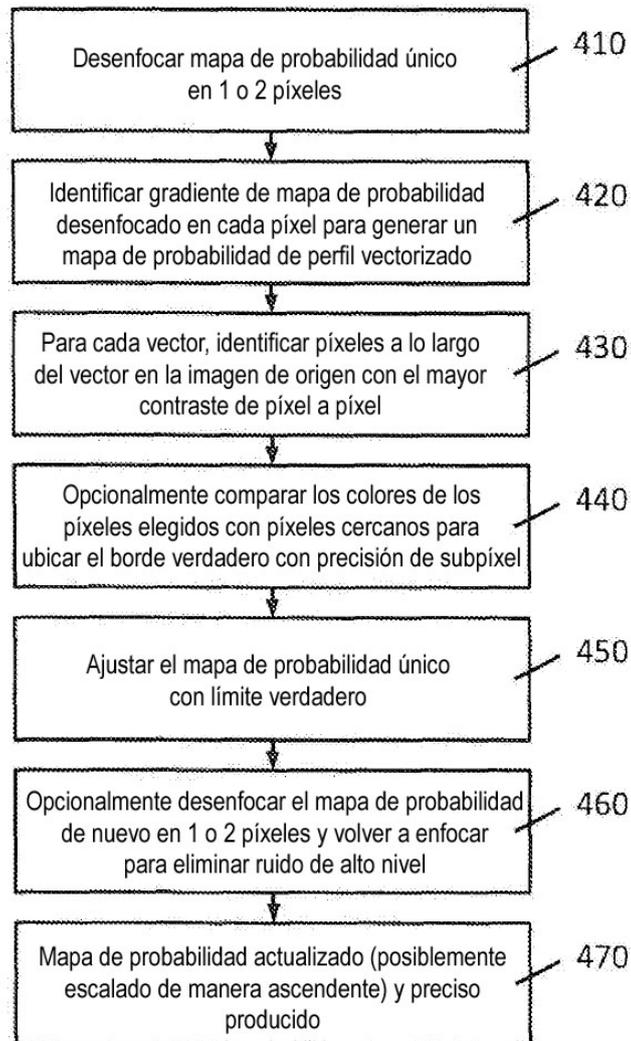


Fig 4

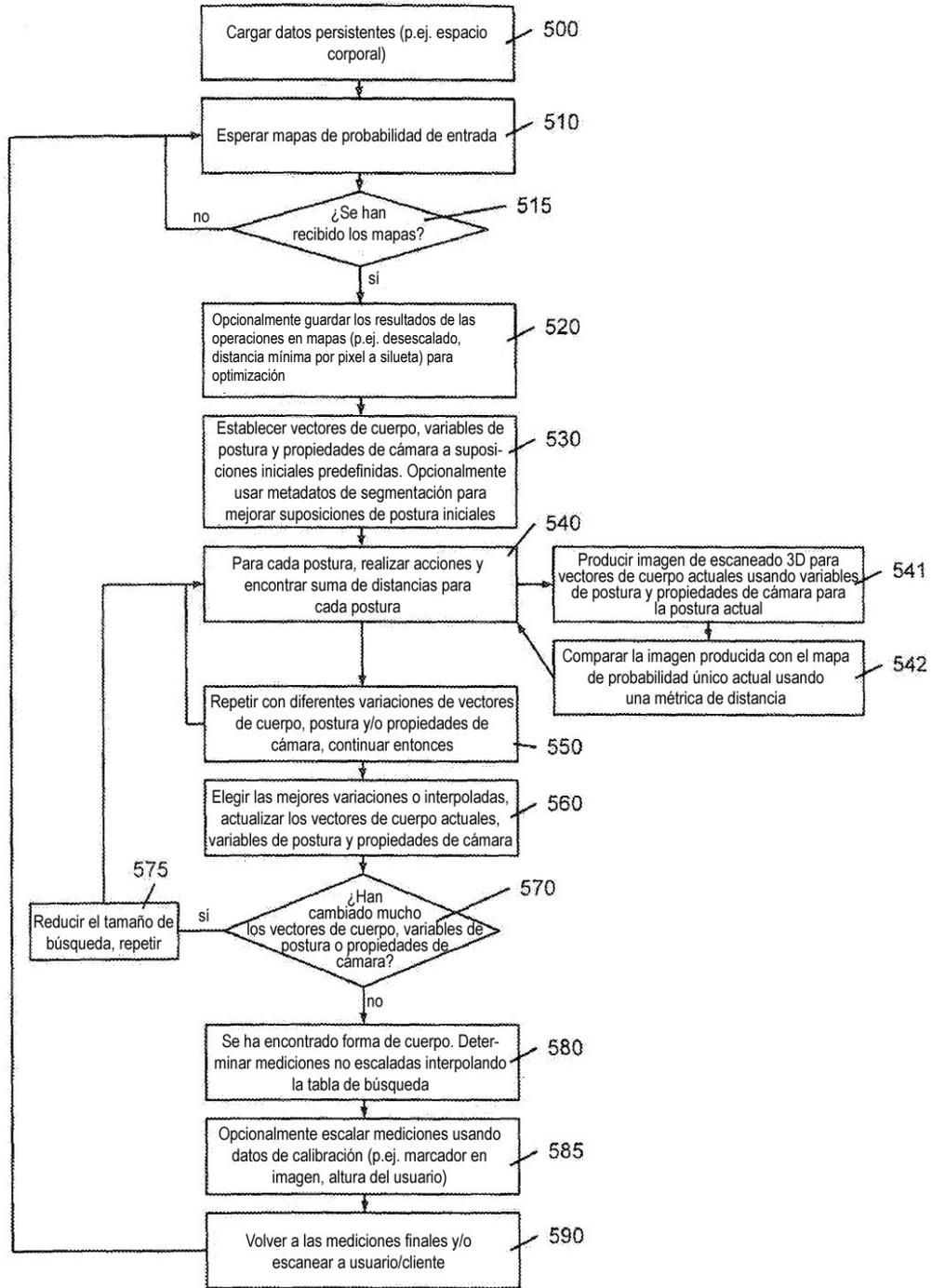


Fig 5