

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 545**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00	(2007.01)
A61B 6/14	(2006.01)
A61B 5/00	(2006.01)
A61C 9/00	(2006.01)
G01J 3/50	(2006.01)
A61B 6/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2012 PCT/US2012/029646**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2012 WO12129160**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2012 E 12760500 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2688479**

54 Título: **Un procedimiento de clasificación de superficies de diente**

30 Prioridad:

21.03.2011 US 201161454761 P

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

04.12.2018

73 Titular/es:

**CARESTREAM DENTAL TECHNOLOGY TOPCO LIMITED (100.0%)
Cleveland House, 33 King Street
London SW1Y 6RJ, GB**

72 Inventor/es:

**WANG, WEI;
SONG, LIWEI;
WU, YINGQIAN;
WONG, VICTOR, C. y
YAN, JIAYONG**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 692 545 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

Un procedimiento de clasificación de superficies de diente

Campo de la invención

5 La invención se refiere en general a captación de imagen intraoral y dental. Más específicamente, la invención se refiere a procedimientos para clasificar la superficie de diente para procesamiento posterior.

Antecedentes de la invención

A pesar de las mejoras en las técnicas de detección, tratamiento, y prevención, la caries dental continúa siendo una situación ampliamente prevalente que afecta a personas de todos los grupos de edad. Si no se trata apropiada y rápidamente, la caries puede conducir a daños dentales permanentes e incluso a la pérdida de dientes.

10 Los procedimientos tradicionales para detección de caries incluyen el examen visual y la prueba táctil con un dispositivo explorador dental puntiagudo, frecuentemente ayudado por la captación de imagen radiográfica (rayos X). La detección usando estos procedimientos puede ser de alguna forma subjetiva, variando en la precisión debido a muchos factores, incluyendo la experiencia del médico, localización del sitio infectado, extensión de la infección, condiciones de visión, precisión y procesamiento del equipo de rayos X, y otros factores. Hay también riesgos asociados con las técnicas de detección convencionales, incluyendo el riesgo de dañar un diente debilitado y extender la infección con procedimientos táctiles así como la exposición a la radiación de rayos X. En el momento en que la caries es evidente bajo un examen visual y táctil, la enfermedad está generalmente en un estado avanzado, requiriendo un empaste y, si no se trata a tiempo, conduciendo posiblemente a la pérdida de diente.

20 En respuesta a la necesidad de procedimientos mejorados de detección de la caries, hay un interés considerable en técnicas mejoradas de captación de imagen que no empleen rayos X. Un procedimiento que se ha comercializado emplea fluorescencia, provocada cuando el diente se ilumina con una luz azul de alta intensidad. Esta técnica, denominada fluorescencia cuantitativa inducida por la luz (QLF), funciona con el principio de que el esmalte de diente en buen estado, sano produce una intensidad de fluorescencia más alta bajo la excitación de algunas longitudes de onda que lo que hace el esmalte desmineralizado que ha sido dañado por la infección de la caries. La fuerte correlación entre la pérdida de mineral y la pérdida de fluorescencia para la excitación por luz azul se usa entonces para identificar y evaluar áreas de diente con caries. Se ha descubierto una relación diferente para la excitación por luz roja, una región del espectro para la que las bacterias y subproductos bacterianos en las regiones con caries absorben y fluorescen más pronunciadamente que lo que lo hacen las áreas sanas.

30 Se reconoce que, con técnicas de fluorescencia, el contraste de la imagen que se obtiene corresponde a la gravedad del estado. La identificación precisa de la caries usando esta técnica requiere frecuentemente que el estado esté en una fase más avanzada, más allá de las caries incipientes o precoces, debido a que la diferencia en fluorescencia entre la estructura dental sana y con caries es muy pequeña para las caries en una fase precoz. En dichos casos, la precisión de detección usando técnicas de fluorescencia puede no mostrar mejoras notables sobre procedimientos convencionales. Debido a esto, el uso de efectos de fluorescencia parece tener algunos límites prácticos que impiden una diagnosis precisa de la caries incipiente. Como resultado, un estado de caries puede continuar sin ser detectado hasta que sea más serio, que requiera un empaste, por ejemplo.

40 La detección de la caries en estas etapas muy precoces es de interés particular para la odontología preventiva. Como se ha indicado anteriormente, las técnicas convencionales no consiguen en general detectar caries en una fase en la que el estado pueda revertirse. Como regla simple general, la caries incipiente es una lesión que no ha penetrado sustancialmente en el esmalte dental. Cuando dicha lesión por caries se identifica antes de que ponga en riesgo la parte de dentina de diente, puede llevarse a cabo frecuentemente una remineralización, revirtiendo el daño precoz e impidiendo la necesidad de un empaste. Las caries más avanzadas, sin embargo, son cada vez más difíciles de tratar, requiriendo muy frecuentemente algún tipo de empaste u otro tipo de intervención.

45 Para aprovechar oportunidades de técnicas dentales no invasivas en la cavidad de la caries, es deseable que la caries sea detectada en su inicio. En muchos casos, este nivel de detección se ha descubierto que es difícil de conseguir usando las técnicas de captación de imagen por fluorescencia existentes, tales como la QLF. Como resultado, las caries precoces pueden continuar sin ser detectadas, de modo que en el momento que se obtiene una detección positiva, puede perderse la oportunidad de su reversión usando medidas preventivas de bajo coste.

50 En la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos asignada en común N.º 2008/0056551, se usa un procedimiento y aparato que emplea imágenes de diente tanto por reflexión como por fluorescencia para detectar caries. Emplea la retrodispersión observada, o reflectancia, para caries incipientes y en combinación con los efectos de la fluorescencia, para proporcionar una técnica mejorada de captación de imagen dental para detectar caries. La técnica, denominada como captación de imagen por fluorescencia con mejora de reflectancia (FIRE), promueve el contraste de imágenes sobre los planteamientos anteriores, y para detectar caries incipientes en fases en las que las medidas preventivas es probable que tengan efecto. Ventajosamente, la detección FIRE puede ser precisa en una etapa más precoz de la infección de caries que se haya presentado usando planteamientos de fluorescencia existentes que miden solamente la fluorescencia. La solicitud describe un procedimiento de reducción de escala

para generar la imagen FIRE.

El documento asignado en común pendiente conjuntamente PCT/CN2009/000078, titulado METHOD FOR DETECTION OF CARIES describe un procedimiento morfológico para generar una imagen FIRE con reducida sensibilidad a la variación de iluminación.

- 5 El documento US 2010/322490 A1 divulga un procedimiento para cuantificar caries, que comprende generar una imagen digital de un diente, comprendiendo la imagen valores de intensidad de una región de píxeles correspondientes al diente, encía y fondo; extraer un área de lesión de las regiones de diente en buen estado mediante la identificación de regiones de diente, extraer áreas de lesión sospechosa, y eliminar falsos positivos; identificar una región adyacente en buen estado que es adyacente al área de lesión extraída; reconstruir los valores de intensidad para el tejido de diente dentro del área de lesión de acuerdo con valores en la región en buen estado adyacente; y cuantificar el estado de la caries usando los valores de intensidad reconstruidos y los valores de intensidad desde el área de lesión.

- 15 El documento US 2005/244794 A1 divulga un procedimiento implementado por ordenador de análisis intra-oral para medición de eliminación de placa. El procedimiento implementa algoritmos para segmentar los dientes de interés respecto a la encía que lo rodea, y usa una imagen en tiempo real basada en un procedimiento de formación para superponer automáticamente una rejilla sobre cada diente segmentado. Se usan procedimientos de reconocimiento de patrones para clasificar la placa de la encía circundante y el esmalte, mientras se ignoran efectos de brillos debidos a la reflexión de la luz de la cámara y la luz ambiente desde las regiones de esmalte.

- 20 El documento US 2008/232662 A1 divulga un aparato de detección de contorno que detecta un contorno de diente en una imagen dental, que incluye: un dispositivo de especificación de alcance rectangular para la estimación de zonas en la imagen dental como un diente, encía, y fondo respectivamente, y especificar intervalos rectangulares con píxeles predeterminados en las posiciones estimadas como el diente, encía, y fondo; y un dispositivo de estimación de sitio para adquirir una cantidad característica basada en información de color de los píxeles en los intervalos rectangulares. La superficie de diente en sí es compleja. Las superficies bucal y lingual de diente son característicamente suaves, con un contorno que cambia gradualmente de un lado de diente al otro. Las superficies oclusales, por otro lado, están típicamente picadas y tienen un número significativo de transiciones en pendiente y contorno sobre la superficie de diente. Como resultado de estas diferencias en las características superficiales, los mismos tipos de técnicas de procesamiento y análisis de imagen frecuentemente no funcionan igualmente bien con ambos tipos de superficies de diente. El aspecto característico de las áreas de caries a lo largo de las superficies bucal o lingual puede diferir de formas significativas respecto a las superficies oclusales de las caries. Estos tipos disimilares de superficies pueden responder de modo diferente con respecto al contraste de las regiones con caries y reflexión especular, por ejemplo. La hipo-mineralización y otros efectos pueden confundir a los algoritmos de procesamiento de imagen diseñados para detectar áreas sospechosas de caries.

- 35 Además de la detención de caries, puede ser útil también la caracterización de la superficie de diente para otros tipos de procesamiento de imagen intraoral y dental, incluyendo procesamiento que se refiere a la forma y aspecto de diente, por ejemplo, y para clasificación global de imágenes intraorales.

Por ello, puede verse que sería útil clasificar el tipo de superficie de diente antes de intentar aplicar técnicas de detección de caries así como para otros procesamientos. Esta etapa añadida en el análisis de la imagen puede ayudar a mejorar la precisión de la detección de la caries y reducir el número de falsos positivos.

40 **Sumario de la invención**

- Un objeto de la presente invención es avanzar la técnica de procesamiento de imágenes para detección de caries dental. Las realizaciones de la presente invención acometen la necesidad de clasificar las superficies de diente más precisamente de modo que puedan usarse los procedimientos de procesamiento de imagen apropiados, dependiendo de la naturaleza de la superficie de diente. Una ventaja del procedimiento de la presente invención es que puede determinar automáticamente si una superficie de diente es suave u oclusal, sin intervención del operador, reduciendo de ese modo el número de falsos positivos cuando se aplican posteriormente los algoritmos de detección de caries.

- 50 En consecuencia, se describe un procedimiento de clasificación de superficies de diente con una o más de las siguientes ventajas: (1) la superficie de diente puede clasificarse automáticamente; (2) los resultados son relativamente robustos e insensibles a la variación de la iluminación; (3) el procedimiento no utiliza extensas complejidades de cálculo y puede ejecutarse en tiempo real; (4) el procedimiento puede usarse para detección de caries en una imagen fija o en una imagen de vídeo, con auto-resalte. Este procedimiento puede usarse claramente con un cierto número de diferentes tipos de sistemas de captación de imagen por cámara intraoral. La aplicación de este procedimiento puede ayudar a reducir la cantidad de tiempo necesario para evaluar apropiadamente el estado de unos dientes del paciente.

Estos objetos se dan solamente a modo de ejemplo ilustrativo, y dichos objetos pueden ser ejemplarmente de una o más realizaciones de la invención. Otros objetivos y ventajas deseables inherentemente conseguidas por la invención divulgada pueden tener lugar o ser evidentes para los expertos en la materia. La invención se define por

las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento tal como se expone en la reivindicación 1. Realizaciones adicionales de la invención se divulgan entre otras en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

5 Los precedentes y otros objetos, características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la descripción más particular que sigue de las realizaciones de la invención, tal como se ilustran en los dibujos adjuntos. Los elementos de los dibujos no están necesariamente a escala relativamente entre ellos.

La FIG. 1 es un diagrama de flujo lógico que muestra etapas para detección de caries.

La FIG. 2 es una imagen ejemplar de dientes por luz blanca.

10 La FIG. 3 es una imagen ejemplar de dientes por fluorescencia.

La FIG. 4 muestra umbralización para identificar el contenido del fondo.

La FIG. 5 muestra umbralización para identificar el contenido del tejido de la encía.

La FIG. 6 muestra umbralización para identificar el contenido de diente.

15 La FIG. 7 es una imagen que muestra la división de límites de los dientes de las FIGS. 1 y 2.

La FIG. 8 es una imagen que muestra la división de límites para una vista bucal.

La FIG. 9 es una imagen que muestra la división de límites para una vista oclusal.

La FIG. 10 es un diagrama de flujo lógico que muestra etapas de procesamiento para la construcción de un vector característico usado para clasificación de diente.

20 La FIG. 11A es una imagen que muestra la dilatación de una línea de límites para un cálculo de relación de escala de grises posterior.

La FIG. 11B es una imagen que muestra la identificación de una región en un lado de una línea límite para cálculo de escala de grises media.

La FIG. 11C es una imagen que muestra la identificación de una región en el otro lado de una línea límite para cálculo de escala de grises media.

25 La FIG. 12A es una imagen que muestra la dilatación de una línea de límites para un cálculo de relación de escala de grises posterior.

La FIG. 12B es una imagen que muestra la identificación de una región en un lado de una línea límite para cálculo de escala de grises media.

30 La FIG. 12C es una imagen que muestra la identificación de una región en el otro lado de una línea límite para cálculo de escala de grises media.

La FIG. 13 es un diagrama de flujo lógico que se expande tras la etapa de detección de la FIG. 1.

Descripción detallada de la invención

35 Lo que sigue es una descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención, haciéndose referencia a los dibujos en los que los mismos números de referencia identifican los mismos elementos de estructura en cada una de las diversas figuras.

En donde se usan, los términos “primero”, “segundo”, “tercero” y así sucesivamente, no indican necesariamente ninguna relación ordinal o de prioridad, sino que pueden usarse para distinguir más claramente un elemento o intervalo de tiempo de otro.

40 El término “resaltar” para una característica visualizada tiene su significado convencional tal como se entiende por los expertos en las técnicas de información y visualización de imagen. En general, el resalte usa alguna forma de destacamento de la visualización localizada para atraer la atención del observador. El resalte de una parte de una imagen, tal como un diente individual u otra estructura, o una trayectoria de una característica a la siguiente por ejemplo, puede conseguirse en cualquiera de un cierto número de formas, incluyendo, pero sin limitarse a, anotación, visualización de un símbolo próximo o superpuesto, contorneado o trazado, visualización en un color diferente o en una intensidad o valor de escala de gris marcadamente diferente que otro contenido de imagen o de información, parpadeo o animación de una parte de una visualización, o visualización con una agudeza o contraste más alto.

50 El diagrama de flujo lógico de la Figura 1 muestra etapas en una secuencia para la detección de caries de acuerdo con una realización de la presente invención. En una etapa S100 de inicialización, se obtienen para su análisis los datos de imagen digital para uno o más dientes. Se ejecuta una etapa S110 de detección de límites, calculando los límites de diente basándose en el resultado de la segmentación de la región de diente. Se ejecuta una etapa de normalización de la imagen para normalizar los valores de intensidad de píxel hasta un intervalo preestablecido que es adecuado para el procesamiento posterior de la imagen. A modo de ejemplo, la Figura 2 muestra una imagen 10 con luz blanca normalizada. La Figura 3 muestra una imagen 20 por fluorescencia correspondiente.

55 Sigue a continuación la detección del área de fondo, en la que se emplean utilidades de segmentación de la región de diente para separar las áreas de diente de las áreas de encía y de fondo. Debido a que las intensidades en las áreas de diente y de la encía pueden ser más altas que las del fondo, las áreas del fondo pueden detectarse inicialmente basándose en técnicas de umbral. En el algoritmo actual, se usa un valor de umbral fijo para procesar la

imagen de luz blanca normalizada. Alternativamente, se usan canales correspondientes de la imagen en luz blanca y la imagen 20 por fluorescencia de la Figura 3 para umbralización. En esta secuencia alternativa, el algoritmo detecta umbrales del canal verde de la imagen de luz blanca y de la imagen de fluorescencia, respectivamente. A continuación, se calcula la unión de estas regiones de umbral, en la que los resultados del umbral de la imagen de luz blanca y la imagen de fluorescencia se toman como las áreas de fondo.

Continuando con la secuencia de la Figura 1, las áreas de encía se detectan como parte de la etapa S110 de detección de límites. Debido a que la encía es roja en la imagen de luz blanca, puede identificarse fácilmente y eliminarse con información del color. De acuerdo con una realización de la presente invención, la relación entre los canales rojo y verde de la imagen de luz blanca se usa para distinguir la encía de las áreas de diente. Si la relación de los canales de color dentro de una cierta región es más alta que un valor preestablecido, la parte correspondiente de la imagen se calcula como el área de la encía. Después de que se hayan eliminado las áreas de fondo y de la encía, las regiones que permanecen se consideran como parte de la región de diente.

Las Figuras 4-6 muestran imágenes de umbral binario de ejemplo que se usan para proporcionar resultados de segmentación para las imágenes mostradas en las Figuras 2-3. La Figura 4 muestra una imagen del área 40 del fondo, mostrándose en blanco el contenido de la imagen que no es ni diente ni tejido de la encía. La Figura 5 muestra una imagen del área de la encía 50, mostrando en blanco el tejido de la encía. La Figura 6 muestra una imagen del área 60 de diente, mostrando el contenido de diente en blanco. Como se muestra en la Figura 7, puede trazarse un contorno 32 a lo largo del borde de la región de diente, identificando de ese modo los límites de diente para visualización en una imagen 30 de límites, por ejemplo.

Después de que se detecten los límites de diente, los límites de diente se dividen en dos secciones, en una etapa S120 de división de límites (Figura 1) de acuerdo con la información de localización. A continuación pueden extraerse características basándose en los límites de diente dividido. Para las superficies bucal y lingual, la identificación de límites de diente identifica dos secciones, una primera sección cerca de las áreas de la encía y una segunda sección cerca de las áreas del fondo. La Figura 8 muestra una imagen 70 de división de límites para una superficie bucal. Las líneas 74 y 76 de límites indican las diferentes secciones de límites para este tipo de superficie. Las áreas no de diente que bordean la línea 74 son áreas de la encía, que tienen valores de intensidad de píxel más altos en el canal verde. Las áreas no de diente que bordean la línea 76 son áreas del fondo, que tienen valores de intensidad de píxel más bajos en el canal verde.

Para una superficie oclusal, como se muestra en la imagen 80 en la Figura 9, los límites de diente se dividen en dos secciones siguiendo la dirección de la matriz de diente. Una sección se indica por una línea 82; las áreas no de diente vecinas con esta línea tienen valores de intensidad de píxel más bajos en el canal verde. La otra sección se destaca por una línea 84; las áreas no de diente vecinas a esta línea tienen valores de intensidad de píxel más altos en el canal verde. Los límites se separan por una distancia D que puede variar a través de diente y a lo largo de la imagen.

Con referencia de nuevo a la secuencia de la Figura 1, una etapa S130 de extracción de características usa a continuación los resultados de la etapa S120 de división de límites para una clasificación adicional de la superficie de diente. El diagrama de flujo lógico de la Figura 10 muestra una secuencia de etapas usada en la etapa S130 de extracción de características. Una etapa S131 de identificación identifica una primera sección de límites a partir de una etapa S120 de división de límites, tal como el límite identificado a lo largo de la línea de la encía por la línea 74 en la Figura 8, por ejemplo. Con referencia a la Figura 11A, esta primera curva límite se expande inicialmente usando técnicas morfológicas de procesamiento de imagen, tales como dilatación de imagen, por ejemplo. Esto expande la línea 74 y define una primera sección 44 del límite.

Continuando con la secuencia de la Figura 10, subetapas posteriores dividen la primera sección 44 del límite en dos partes, como se muestra en las Figuras 11B y 11C. La Figura 11B muestra cómo se define una primera parte 46 como aquella parte de la primera sección 44 del límite que se dispone sobre, o solapa, el lado del tejido de la encía de la línea 74. Esta parte tiene un valor de distribución de escala de gris $CarSupEncía$, calculado como el valor medio u otro valor estadístico en las áreas de encía vecinas.

La Figura 11C muestra cómo se define una segunda parte 48 como aquella parte de la primera sección 44 del límite que solapa el lado de diente de la línea 74. Esta parte tiene un valor de distribución de escala de gris $CarSupDiente$, calculado como el valor medio u otro valor estadístico en las áreas de diente vecinas.

Dadas estas regiones definidas, una primera etapa S132 de cálculo de relación calcula a continuación y almacena en una memoria un valor de Característica1 que se calcula como la primera relación de límites de los valores en escala de grises medios para el área de diente cerca de un lado del límite, segunda parte 48, al valor de escala de grises medios para las áreas de encía cerca del otro lado del límite, primera parte 46, esto es:

$$Característica1 = CarSupDiente / CarSupEncía$$

o, alternativamente, la relación expresada como su inversa:

$$Característica1b = CarSupEncía / CarSupDiente$$

En el contexto de la presente divulgación, el término “cerca” en una localización particular significa dentro de un tercio de la distancia total entre límites, preferentemente más próximo a un tercio de su longitud. La Figura 9 muestra una distancia D típica entre límites.

5 Continuyendo con la secuencia de la Figura 10, una etapa S133 de identificación posterior identifica una segunda sección límite de la etapa S120 de división de límites, tal como el límite identificado a lo largo del fondo por la línea 76 en la Figura 8, por ejemplo. Con referencia a la Figura 12A, esta segunda curva límite se expande inicialmente usando técnicas morfológicas de procesamiento de imagen, tal como dilatación imagen, por ejemplo. Esto expande la línea 76 y define una segunda sección 54 de límites.

10 Una segunda etapa S134 de cálculo de relación calcula a continuación y almacena en la memoria una segunda relación de límites de valores de escala de grises medios para el área de diente cerca de un lado del límite con el valor de escala de grises medios para las áreas de fondo cerca del otro lado del límite. Las Figuras 12A, 12B y 12C ilustran cómo se identifican las áreas individuales, de modo similar a la secuencia mostrada en las Figuras 11A, 11B y 11C.

15 Continuando con la secuencia de la Figura 10, subetapas posteriores dividen la segunda sección 54 del límite en dos partes, tal como se muestra en las Figuras 12B y 12C. La Figura 12B muestra cómo se define una primera parte 56 como aquella parte de la segunda sección 54 del límite que reposa en, o solapa, el lado del tejido de diente de la línea 76. Esta parte tiene un valor de distribución de escala de grises *CarInfDiente*, calculado como el valor medio u otro valor estadístico en las áreas de diente vecinas.

20 La Figura 12C muestra cómo se define una segunda parte 58 como aquella parte de la segunda sección 54 del límite que solapa el lado de fondo del año 76. Esta parte tiene un valor de distribución de escala de grises *CarInfFondo*, calculado como el valor medio u otro valor estadístico en las áreas de fondo vecinas.

Dadas estas regiones definidas, una segunda etapa S134 de cálculo de relación calcula a continuación y almacena en una memoria un valor *Característica2* que se calcula como:

$$\text{Característica2} = \text{CarInfDiente} / \text{CarInfFondo}$$

25 o, alternativamente, la relación expresada como su inversa:

$$\text{Característica2b} = \text{CarInfFondo} / \text{CarInfDiente}$$

Una tercera etapa S136 de cálculo de relación en la figura 10 calcula a continuación y almacena la relación de los valores de escala de grises medios para áreas de diente cerca de la primera y segunda secciones del límite. Esto es:

30
$$\text{Característica3} = \text{CarSupDiente} / \text{CarInfDiente}$$

o, alternativamente, su inversa:

$$\text{Característica3b} = \text{CarInfDiente} / \text{CarSupDiente}$$

35 Se forma a continuación un vector de características tridimensional o estructura de datos similar usando los datos de la relación calculados a partir de las etapas precedentes en una etapa S138 de generación del vector de características. El vector generado incluye así la primera relación de límites, la segunda relación de límites, y la tercera relación. El vector de características que se forma de esta manera puede almacenarse a continuación y usarse para la clasificación de la superficie de diente.

40 La construcción del vector tridimensional puede usar *Característica1*, *Característica2* y *Característica3*, o sus inversos, en cualquier orden adecuado. Alternativamente, puede formarse un vector bidimensional usando [*Característica1*, *Característica2*] o [*Característica2*, *Característica1*].

Un proceso de normalización del vector opcional genera un vector de características normalizado, tal como:

$$\text{CaracterísticaNorm} = \left[\frac{\text{Característica1} - \mu_1}{\sigma_1} \quad \frac{\text{Característica2} - \mu_2}{\sigma_2} \quad \frac{\text{Característica3} - \mu_3}{\sigma_3} \right]$$

45 en la que los valores $\mu_1 \sim \mu_3$ corresponden a valores preestablecidos, es decir a los valores medios de *Característica1* ~ *Característica3* calculados a partir del conjunto de datos de entrenamiento. De modo similar, los valores $\sigma_1 \sim \sigma_3$ corresponden a valores preestablecidos, es decir a la varianza de *Característica1* ~ *Característica3* calculadas a partir del conjunto de datos de entrenamiento. El proceso de normalización es similar para el vector de características bidimensional. El vector de características puede servir entonces como entrada al proceso de clasificación.

50 Una etapa S140 de carga del clasificador (Figura 1) carga un clasificador apropiado para la clasificación de la superficie de diente. De acuerdo con una realización de la presente invención, la etapa S140 de carga del

clasificador carga un clasificador PCA (Análisis de Componente Principal) para esta tarea. El Análisis de Componente Principal (PCA) es una técnica matemática que usa una transformación ortogonal para convertir un conjunto de observaciones de variables posiblemente correlacionadas en un conjunto de valores de variables no linealmente correlacionadas llamadas componentes principales. El número de componentes principales es menor que o igual al número de variables originales. Un clasificador PCA se desarrolla típicamente usando técnicas de redes neurales que permiten al software clasificador ser entrenado usando un conjunto de muestra de ensayo. Aunque las herramientas de clasificación PCA están particularmente bien adaptadas para la clasificación de forma y contorno, podrían usarse alternativamente otros tipos de clasificadores. Una vez el clasificador está suficientemente entrenado para distinguir las características superficiales, puede almacenarse entonces para su uso en análisis de imágenes de pacientes en una etapa S150 de clasificación. La clasificación define entonces la imagen de diente como o bien superficie bucal o bien lingual o una imagen de superficie oclusal.

Siguiendo aún con la secuencia de procedimientos de la Figura 1 y usando el flujo lógico expandido mostrado en la Figura 13, después de que se procese el vector 90 de características en la etapa S150 de clasificación, se ejecuta a continuación una etapa S160 de detección de caries una vez se ha completado la clasificación. Como se muestra en el flujo lógico de la Figura 13, la etapa S160 de detección de caries aplica diferentes parámetros o algoritmos, dependiendo del tipo de clasificación superficial que se haya identificado. Allí donde los resultados 162 indican una superficie suave, se aplica una etapa S166 de detección de caries para superficies linguales. Cuando los resultados 164 indican una superficie rugosa, se aplica una etapa S168 de detección de caries para superficies oclusales. Una etapa S170 de informe notifica a continuación sobre los resultados de la detección de caries, tal como mediante un listado del número de dientes y superficies o resaltando uno o más lugares de caries sobre una consola de visualización que muestra una imagen de diente, por ejemplo. Debería observarse que la etapa S160 de detección de caries es un tipo de procesamiento de imagen que puede usar la clasificación de la superficie de diente proporcionada en la secuencia mostrada en la Figura 1. Podrían proporcionarse etapas de procesamiento alternativas para usar la clasificación de superficie de diente en otras formas, tal como para analizar el aspecto de diente o clasificar vistas de imágenes, por ejemplo.

Como se apreciará por un experto en la materia, la presente invención puede realizarse como un sistema o procedimiento, ejecutándose partes del sistema usando un producto de programa informático u otro dispositivo procesador lógico de control que se programe con instrucciones para obtener y visualizar una imagen, aceptando instrucciones del operador y datos de entrada, y respondiendo a las entradas del operador. En consecuencia, una realización de la presente invención puede estar en la forma de una realización totalmente de hardware o una realización que combine aspectos de software y hardware a la que puede hacerse referencia en el presente documento en general como un "circuito" o "sistema". Adicionalmente, partes de la presente invención pueden tomar la forma de un producto de programa informático realizado en un medio de almacenamiento legible por ordenador, con instrucciones ejecutadas por uno o más ordenadores o procesadores huésped. Este medio puede comprender, por ejemplo: medios de almacenamiento magnético tales como un disco magnético (tal como un disco duro o disco de almacenamiento) o cinta magnética; medios de almacenamiento ópticos tales como un disco óptico, cinta óptica, o código de barras legible por máquina; dispositivos de almacenamiento electrónicos de estado sólido tal como discos duros de estado sólido, memoria de acceso aleatorio (RAM), o memoria solo de lectura (ROM); o cualquier otro dispositivo físico o medio empleado para almacenar un programa informático. El programa informático para la realización del procedimiento de la presente invención puede almacenarse también en un medio de almacenamiento legible por ordenador que se conecte a un procesador huésped por medio de internet u otro medio de comunicación.

Debería observarse que el término "memoria", equivalente a "memoria accesible por ordenador" en el contexto de la presente divulgación, puede referirse a cualquier tipo de espacio de trabajo de almacenamiento de datos temporal o más duradero para almacenamiento y operación sobre datos de imagen y accesible para un sistema informático, incluyendo una base de datos, por ejemplo. La memoria podría ser no volátil, usando, por ejemplo, un medio de almacenamiento a largo plazo tal como un almacenamiento magnético u óptico. Alternativamente, la memoria podría ser de una naturaleza más volátil, usando un circuito electrónico, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) que se usa como una memoria intermedia temporal o espacio de trabajo por un microprocesador u otro dispositivo procesador lógico de control. Los datos de visualización, por ejemplo, se almacenan típicamente en una memoria intermedia de almacenamiento temporal que se asocia directamente con un dispositivo de visualización y se refresca periódicamente según sea necesario para proporcionar los datos visualizados. Esta memoria intermedia de almacenamiento temporal puede considerarse también como una memoria, tal como se usa el término en la presente divulgación. Memoria se usa también como el espacio de trabajo de datos para ejecución y almacenamiento de resultados intermedios y finales de los cálculos y otros procesamientos. La memoria accesible por ordenador puede ser volátil, no volátil, o una combinación híbrida de los tipos volátil y no volátil.

Los expertos en la materia reconocerán fácilmente que el equivalente a dicho producto de programa informático puede construirse también en hardware. El medio utilizable por ordenador o legible por ordenador podría ser incluso papel u otro medio adecuado sobre el que se imprimen instrucciones ejecutables, según las instrucciones pueden capturarse electrónicamente, a través de, por ejemplo, escaneado óptico sobre el papel u otro medio, combinarse, interpretarse, o procesarse en otra forma a continuación, de una manera adecuada, si es necesario, y almacenarse a continuación en una memoria de ordenador. En el contexto del presente documento, un medio utilizable por ordenador o legible por ordenador puede ser cualquier medio que pueda contener, almacenar, comunicar, propagar, o transportar instrucciones informáticas para su uso por, o en conexión con, un sistema, aparato, o dispositivo de

ejecución de instrucciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento implementado por ordenador para procesamiento de imágenes dentales, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 obtener (S100) una imagen digital de uno o más dientes y regiones no de diente tal como áreas de la encía o áreas del fondo;
 - segmentar regiones de diente de la imagen digital respecto a la regiones no de diente;
 - detectar (S110, S120) un primer límite (74, 84) entre regiones no de diente que tienen una intensidad de píxel más alta y una región de diente y un segundo límite (76, 82) entre regiones no de diente que tienen intensidad del píxel más baja y la región de diente;
 - 10 calcular (S132, S134), en cada uno del primer límite (74, 84) y del segundo límite (76, 82), primera y segunda relaciones de límite, respectivamente, de los valores en escala de grises medios para el área de diente sobre un lado del límite en una sección (44, 54) del límite a los valores en escala de grises medios para el área no de diente en el otro lado del límite en la sección (44, 54) del límite;
 - 15 calcular (S136) una tercera relación de los valores en escala de grises medios para el área de diente cerca del primer límite en la primera sección (44) del límite a valores en escala de grises medios para el área de diente cerca del segundo límite en la segunda sección (55) del límite;
 - clasificar (S150) una superficie de diente como o bien suave o bien oclusal usando la primera y segunda relaciones de límite y la tercera relación;
 - 20 procesar (S160) la imagen digital para procesamiento de imagen dental de acuerdo con la clasificación de superficies de diente; y
 - notificar los resultados del procesamiento sobre una pantalla (S170).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los valores de escala de grises medios son de partes de la imagen que están dentro de un tercio de la distancia entre el primer y segundo límites.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que clasificar (S150) la superficie de diente comprende el uso de un clasificador de análisis de componentes principales.
- 25 4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que clasificar (S150) la superficie de diente comprende el uso de un clasificador entrenado.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el procesamiento de la imagen digital de acuerdo con la clasificación de superficie de diente comprende detectar (S160) uno o más lugares de caries.
- 30 6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que la notificación (S170) de los resultados de procesamiento comprende resaltar los uno o más lugares de caries sobre una pantalla.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el vector almacenado se normaliza de acuerdo con valores de un conjunto de datos de entrenamiento.
8. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende:
 - 35 expandir el primer límite (74) a una primera sección (44) del límite que incluye un área de diente y un área no de diente sobre ambos lados del primer límite (74); y
 - expandir el segundo límite (76) a una segunda sección (54) del límite que incluye un área de diente y un área no de diente sobre ambos lados del segundo límite (76).
9. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la formación y almacenamiento de una estructura de datos que contiene al menos la primera y segunda relaciones de sección del límite no de diente calculadas, en el que la imagen digital se procesa para detectar (S160) caries de acuerdo con la clasificación de superficie de diente, y en el que la notificación de los resultados del procesamiento comprende resaltar uno o más lugares de caries sobre una pantalla.
- 40

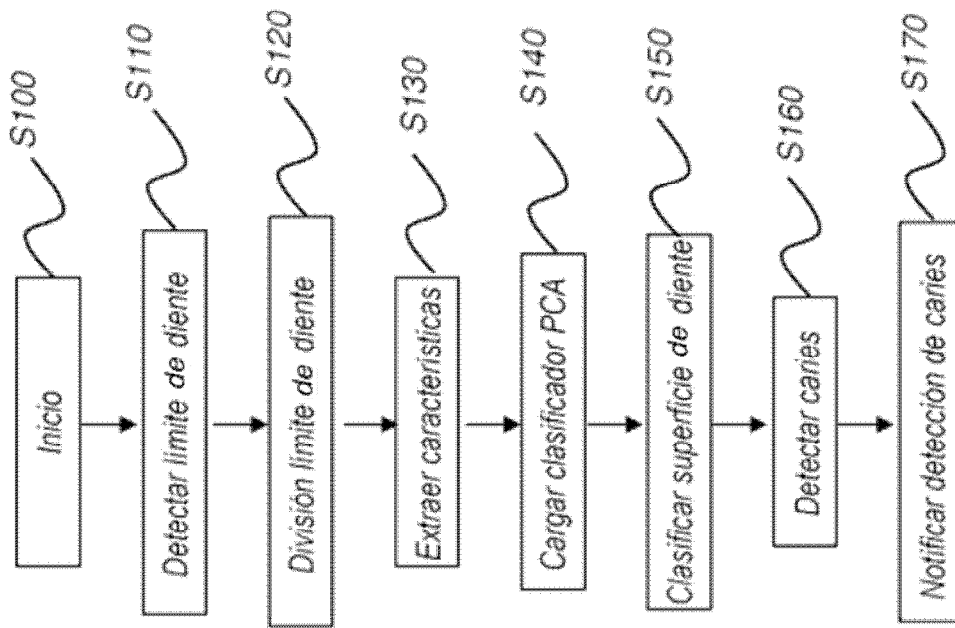


FIG. 1

20

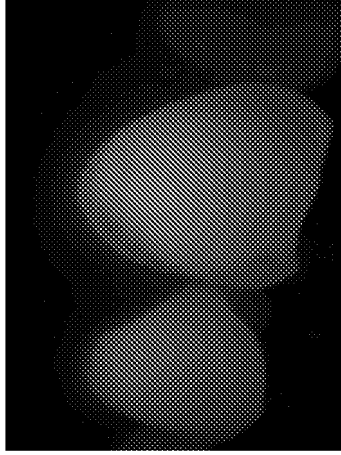


FIG. 3

10

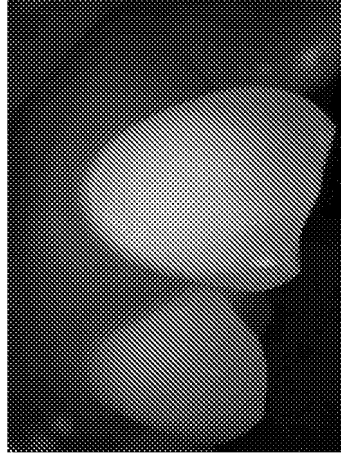


FIG. 2

50



FIG. 5

40



FIG. 4

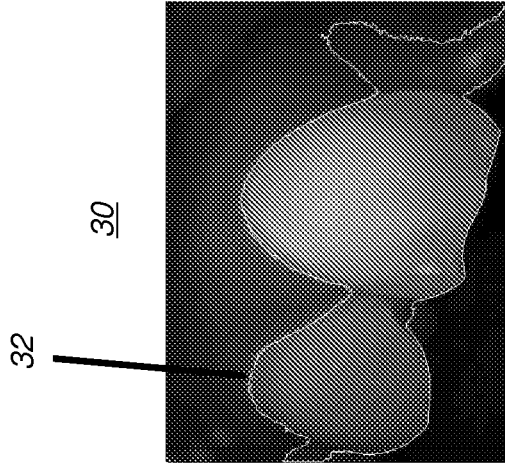


FIG. 7



FIG. 6

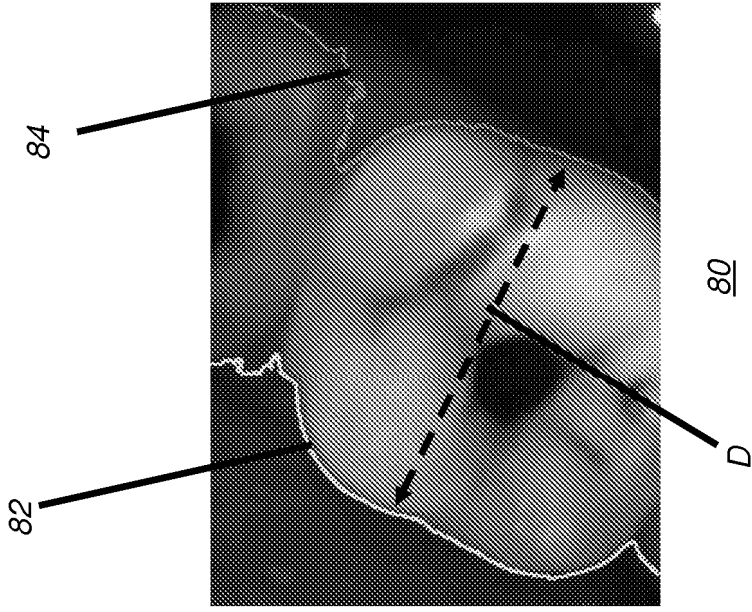


FIG. 9

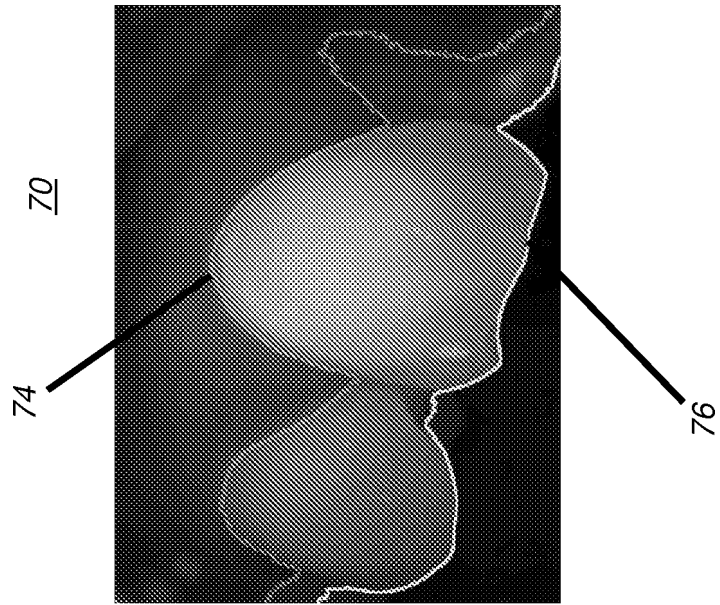


FIG. 8

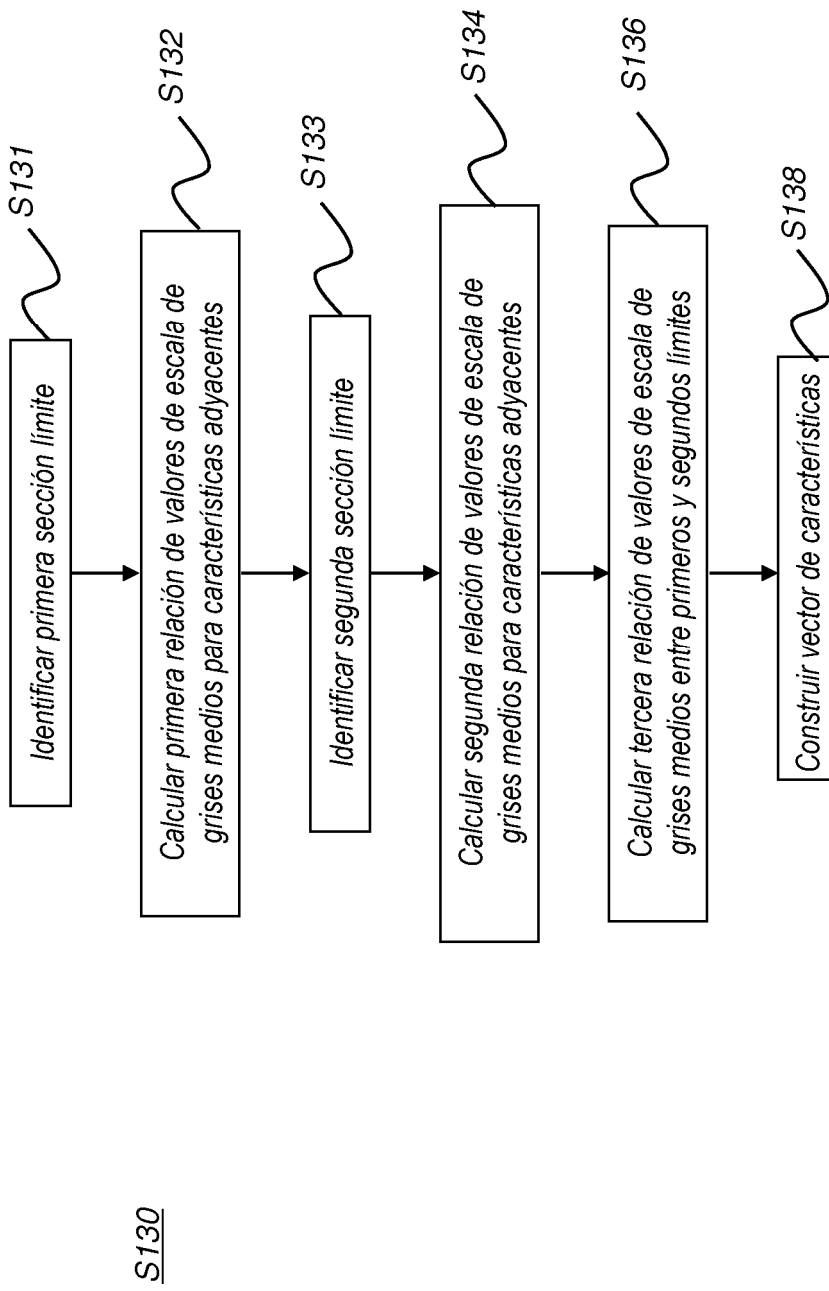


FIG. 10

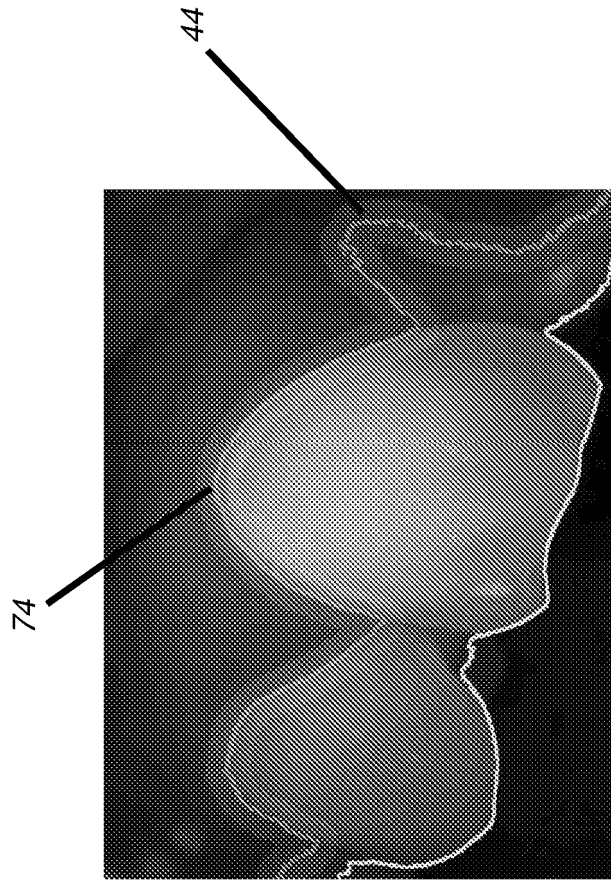


FIG. 11A

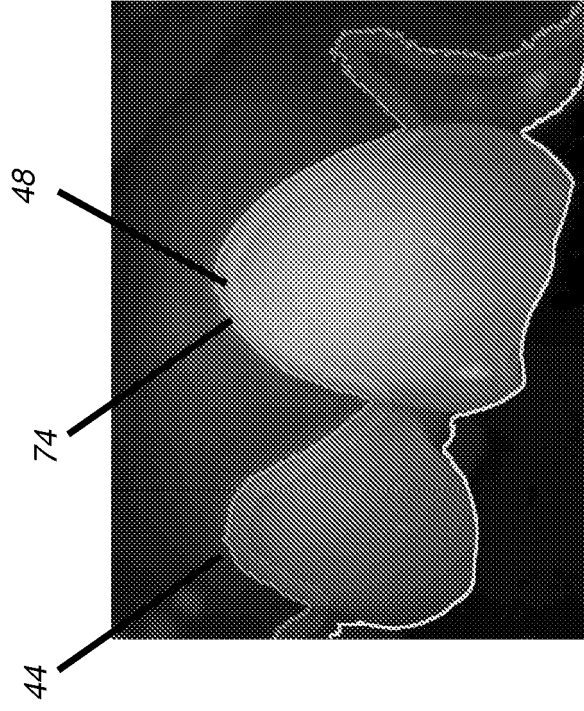


FIG. 11C

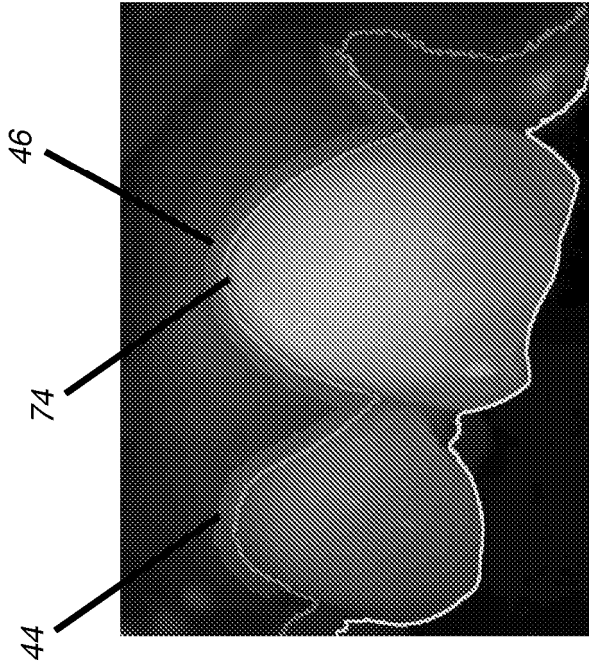


FIG. 11B

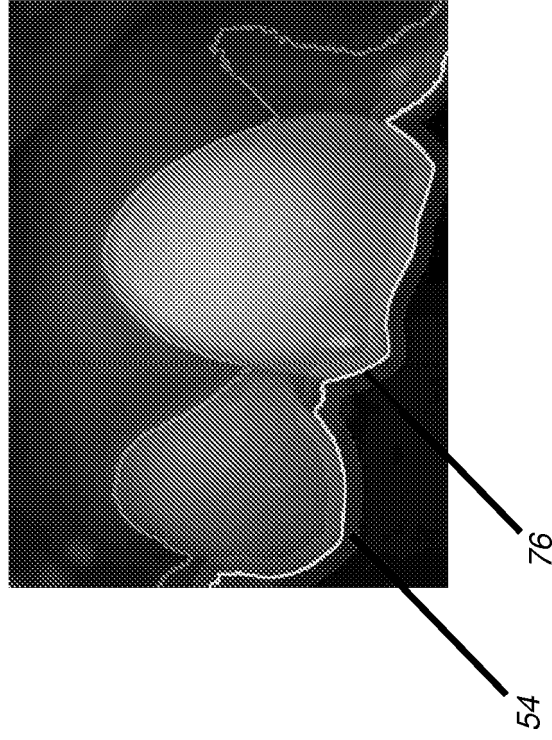


FIG. 12A

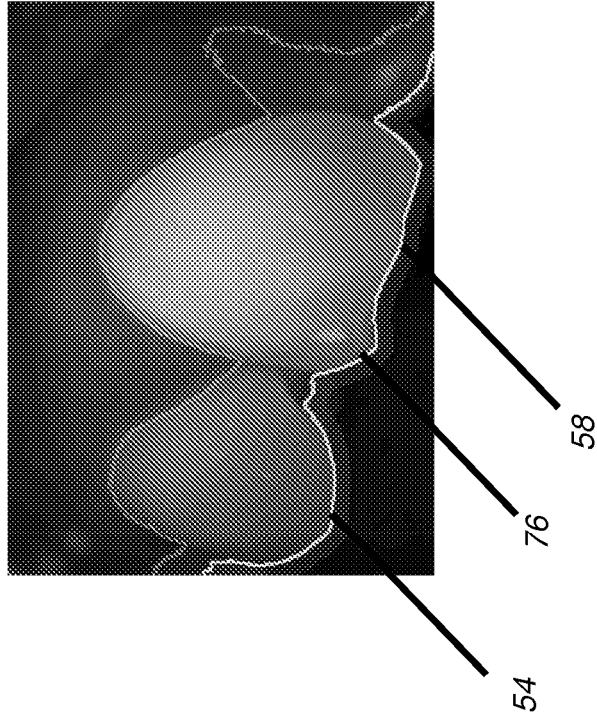


FIG. 12C

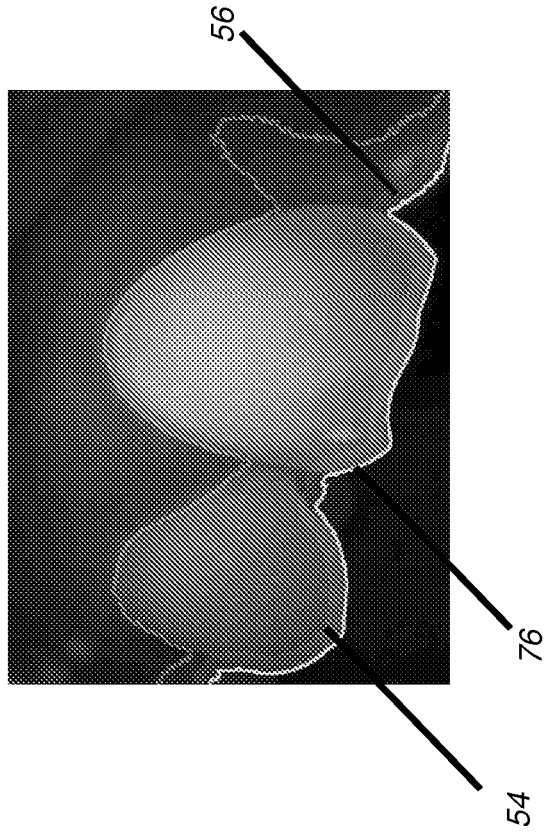


FIG. 12B

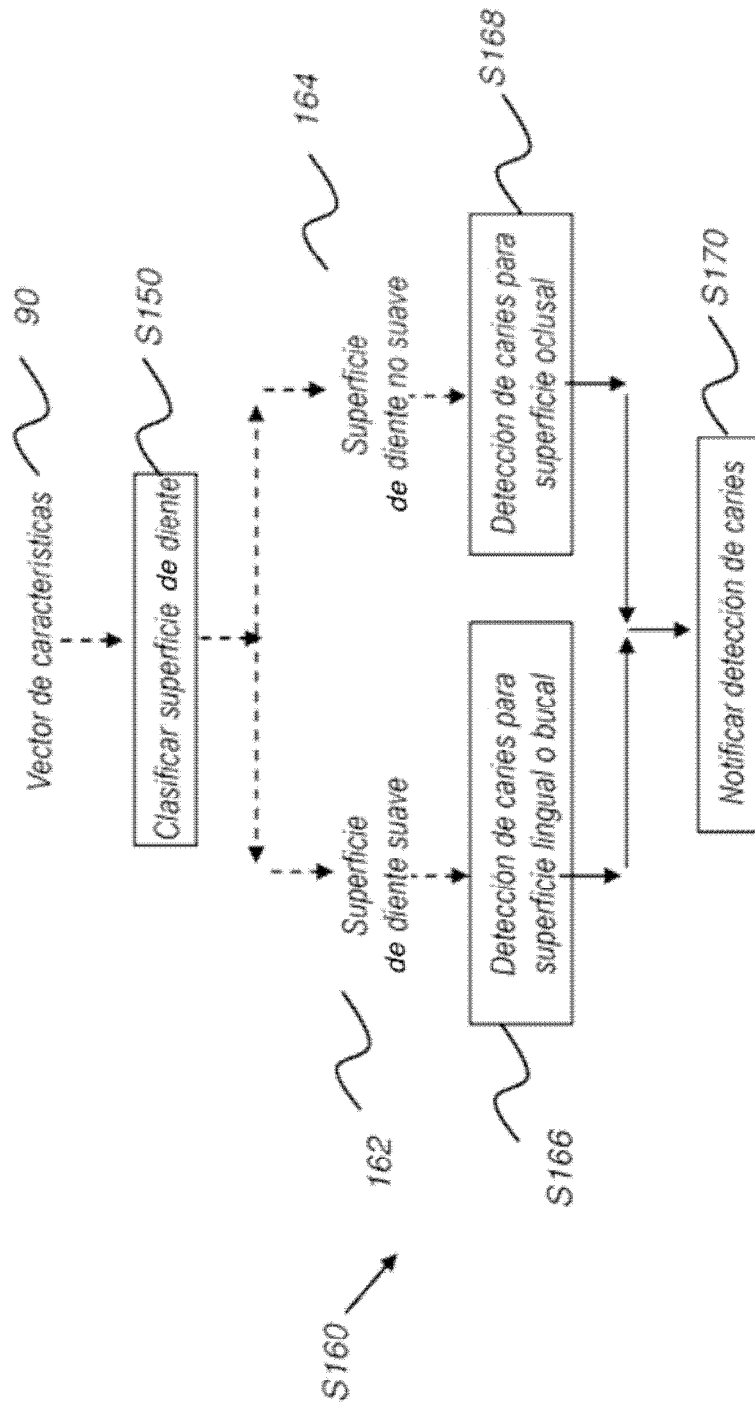


FIG. 13