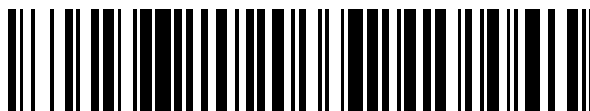


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 403**

51 Int. Cl.:

A61C 9/00 (2006.01)

A61C 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.01.2006 PCT/IL2006/000040**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.07.2007 WO07080563**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2006 E 06700368 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2016 EP 1997046**

54 Título: **Modelamiento tridimensional de la cavidad oral**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
21.06.2017

73 Titular/es:
DENSYS, LTD. (100.0%)
YOZMOT, GRANOT
38100 GAN SHMUEL, IL

72 Inventor/es:
ERNST, MAURICE MOSHE;
NETA, URI;
COHEN, CARMÍ y
GEFFEN, MICHA

74 Agente/Representante:
SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 618 403 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

Modelamiento tridimensional de la cavidad oral

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a modelamiento por ordenador de objetos tridimensionales, y más particularmente, con un sistema y método para modelamiento tridimensional de objetos intraorales y características en aplicaciones odontológicas.

10 Antecedente de la invención

Subsiste la necesidad en la medicina odontológica para fabricar modelos tridimensionales (también denominado en lo sucesivo como "3D") de escenarios internos de la boca. El término "escenario intraoral" se refiere aquí a cualquier colección de objetos intraorales, artefactos, superficies, o características que se pueden visualizar y modelar. Dichos modelos de escenarios intraorales pueden soportar diversos aspectos de la práctica odontológica. Una ilustración bien conocida de la utilidad, efectividad, y procedimiento e impacto económico de las técnicas de formación de imágenes y medición automática en odontología implica el examen, diagramación, diagnóstico, y tratamiento de pacientes odontológicos que requieren prótesis tales como coronas, puentes, dentaduras o implantes. Los datos e información obtenidos de la medición, imágenes, y mapeo de objetos intraorales se puede utilizar para diseñar en forma precisa y económica, fabricar, ajustar y hacer seguimiento a prótesis odontológicas, reemplazando por lo tanto a las técnicas que no forman imágenes, que son inexactas y utilizadas actualmente, que tienen mucha mano de obra y adicionalmente los materiales son costosos y se consume mucho tiempo. Las técnicas de formación de imágenes y mediciones odontológicas automáticas también se pueden aplicar para realizar diversos tipos de procedimientos de restauración, registro oclusal y procedimientos de ortodoncia y terapias de disfunción de articulación temporomandibular (TMJ).

Frecuentemente se utilizan técnicas electroópticas en formación de imágenes médicas en razón a que son relativamente económicas en gastos de capital, así como en costes por uso, y se percibe que no son perjudiciales para el paciente. Sin embargo, dichas técnicas se deben adaptar a circunstancias particulares y problemas asociados con la formación de imágenes odontológicas.

Restricciones importantes en la aplicación de formación de imágenes ópticas médicas al campo odontológico incluyen:

- limitaciones de espacio: el equipo debe ser suficientemente compacto para ajustarse cómodamente dentro de los límites de la boca;
- limitaciones de tiempo: la imagen se debe formar en un tiempo breve para evitar problemas de movimiento del paciente así como el movimiento del médico y los aparatos; y
- limitaciones de detalle de superficie: la representación gráfica precisa de los contornos de superficie 3D de los escenarios intraorales debe tener en cuenta la ausencia o escasez del detalle de la superficie en muchas aplicaciones de primer plano, en donde sólo pueden estar disponibles vistas parciales de las características intraorales.

La medición de la distribución tridimensional y el mapeo de los objetos intraorales, se ha implementado al utilizar diversos métodos. Características y objetos intraorales típicos incluyen, pero no se limitan a una parte o todo de cualquier combinación de: dientes; encías; tejido blando intraoral; materia ósea; socavado dental; accesorios odontológicos y prótesis odontológicas de cualquier tipo, permanentes o removibles, que se ubican dentro de la cavidad oral. Características y objetos específicos intraorales se pueden medir, por ejemplo, como se divulga en la Patente Estadounidense 6,402,707 otorgada a Ernst, uno de los actuales inventores, perteneciente principalmente a aplicaciones odontológicas. En la presente solicitud, se pueden utilizar muchos métodos bien conocidos para producir una base de datos de compuestos que se pueden almacenar en un ordenador para que sirva como referencia para posteriores tratamientos médicos.

En la práctica, se impone una limitación por la falta de características quirúrgicas superficiales reconocibles en objetos intraorales. Esta limitación se encuentra frecuentemente en situaciones en las que una superficie se va a muestrear tridimensionalmente para modelamiento 3D. Existe una variedad de técnicas conocidas para compensar los detalles superficiales cualitativos y cuantitativos superficiales. Estas técnicas para mejorar la adquisición de detalles superficiales, incluyen (ya sea combinado o por separado): pulverizar la superficie del objeto que se va a

representar; con polvo para mejorar las propiedades ópticas para formar imágenes; y proyectar y/o difractar patrones de iluminación estructurados y observar su deformación.

Se han divulgado diversos métodos para producir mapas o modelos de distribución tridimensional de características de superficie. Por ejemplo, triangulación activa es un método específico que utiliza un punto de luz activo y diversas cámaras para medir la distribución de objetos sobre una superficie. Escanear el punto de luz activo puede producir un mapa completo de la superficie. La fotogrametría es una disciplina en la que se aplican métodos analíticos para extraer información tridimensional de fotografías. La fotogrametría, así como cualquier disciplina basada en imágenes, se extiende fácilmente para mapear la producción debido al rango de información obtenido por las cámaras empleadas.

Como se sugirió anteriormente, es bien sabido que hacer las mediciones tridimensionales de un escenario intraoral para el propósito de construir electrónicamente un modelo de la distribución de características, se puede lograr al obtener imágenes de múltiples vistas del escenario intraoral y aplicar posteriormente algoritmos analíticos apropiados a las imágenes. Se adquieren por lo menos dos imágenes del mismo escenario intraoral desde diferentes ángulos de visión. Se buscan características de emparejamiento en el escenario intraoral en las imágenes correspondientes. Para calcular la altura relativa (dimensión z) de una característica, se calcula el paralaje entre aspectos coincidentes de la característica en diferentes imágenes del mismo escenario intraoral mediante triangulación, de la cual se calcula la distancia de la función de un punto de referencia. A continuación, se discuten varias técnicas comunes para incrementar la distinción de las características de las imágenes.

La figura 1, a la que ahora se hace referencia, es un diagrama de flujo que describe el orden de las etapas que lleva a cabo en el curso de un modelado tridimensional común de la técnica anterior de un sitio de interés. En la etapa 40 se mejora la peculiaridad de las características en el escenario intraoral. En la etapa 42 se adquieren imágenes del sitio de interés en diferentes ángulos. En la etapa 44 se logra emparejamiento entre las características en las diferentes imágenes adquiridas. En una etapa 46 el paralaje se mide para características idénticas en diferentes imágenes. En la etapa 48 los valores en el eje z se calculan para las características identificadas. Un mapa en 3D, o modelo, puede entonces ser compilado, describiendo la distribución de las características identificadas en el espacio de x y z.

Sin embargo, como se indicó anteriormente, una limitación importante en trabajo odontológico es la falta de detalle superficial en muchas situaciones. Sin una cantidad considerable de detalle de superficie, no es posible emparejar sin ambigüedades las características de superficie para triangulación precisa. Para resolver este problema, en lugar de iluminar el escenario intraoral uniformemente y tratar de emparejar las características a través de algoritmos de reconocimiento de patrones complejos, un método bien conocido es escanear un haz de luz a través del escenario intraoral para crear una matriz de puntos o líneas realzadas. Esta "iluminación estructurada" entonces se puede utilizar para emparejar las características en la triangulación que se mencionó anteriormente. El modelo 3D resultante es un modelo de "malla de alambre" o "poliedro" del escenario intraoral. Este es un método ventajoso, en razón a que la resolución del modelo se puede variar fácilmente al cambiar la densidad de puntos o líneas escaneados sobre el escenario intraoral, y para muchos escenarios intraorales de interés, las regiones entre las líneas o puntos (que no se iluminan mediante iluminación estructurada) se pueden aproximar a través de diversas funciones de suavizamiento. El resultado es un modelo de precisión ajustable que se puede analizar utilizando algoritmos relativamente simples.

Sin embargo, desafortunadamente, la exploración (que es esencialmente un método de una dimensión, o "1D") puede en ocasiones requerir exceso de tiempo, particularmente si se desea alta resolución. En contraste, la formación de imágenes (que es un método de dos dimensiones, o "2D") puede capturar una cantidad de información mucho mayor en el mismo tiempo, o, alternativamente, puede capturar la misma cantidad de información en mucho menor tiempo. Este factor es importante cuando se considera la limitación de tiempo mencionado anteriormente, con el fin de reducir los efectos perjudiciales del movimiento del paciente, médico y del aparato.

La Patente Estadounidense No. 4,687,325 otorgada a Corby (denominada en lo sucesivo como "Corby") indica que también es posible emplear iluminación estructurada utilizando una única imagen del escenario intraoral, por lo cual se realiza triangulación con relación a una imagen almacenada (o los datos que corresponden a la misma) de la iluminación estructurada como proyectados sobre un plano u otra superficie de curvatura conocida. Sin embargo, Corby se limita al uso de una metodología de exploración unidimensional, que (como se discutió anteriormente) puede no ser adecuada para determinadas aplicaciones odontológicas debido a que probablemente se presenta movimiento del médico/paciente. Hans-Gerd Maas in International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXIX parte B5, páginas 709-713 (1992), cuyos contenidos se incorporan por referencia para todos los propósitos como si se establecieran completamente aquí. De la misma manera enseña el uso de una rejilla perfecta proyectada sobre un objeto cercano cuya superficie se tiene que calcular. La rejilla proyectada se desvía de su

forma original en la superficie de la que se refleja, y aquellas desviaciones de la rejilla perfecta se utilizan para compilar el modelo tridimensional para la superficie reflectiva. Una limitación asociada con el empleo de rejillas regulares es el de las discontinuidades y ambigüedades. En el caso de una discontinuidad, una rejilla rota que aparece sobre la superficie reflectante es provocada por el relieve discontinuo. Las líneas de rejilla rotas son una causa de errores debido a las ambigüedades presentadas por este fenómeno.

Otra técnica anterior incluye la Patente Estadounidense 4,952,149 otorgada a Duret et al (denominado en lo sucesivo como "Duret"), en el que se divulga un método y aparato para tomar impresiones de una parte del cuerpo que utilizan la proyección de una rejilla de perfil sinusoidal sobre la parte del cuerpo de la que se van a tomar una impresión. En la Patente Estadounidense 4,964,770 otorgada a Steinbichler et al (denominado en lo sucesivo como "Steinbichler"), se divulga un proceso para fabricar dientes artificiales, en donde se generan las líneas horizontales u otras líneas de contorno sobre el raigón de dientes articulares y las superficies adyacentes para crear un mapa tridimensional. La reconstrucción tridimensional se consigue mediante el uso de interferometría, método moiré y métodos de escaneo láser. La Patente Estadounidense No. 5,372,502 otorgada a Massen et al. (denominada en lo sucesivo como "Massen 502"), una invención se basa en calcular una representación topográfica mediante la comparación entre una imagen digital de detalle de píxeles conocidos proyectados sobre una superficie dental y la imagen distorsionada resultante reflejada fuera de la superficie dental, de acuerdo con las técnicas de fotogrametría, triangulación, cambio de fase, y moiré. A través de una comparación entre el patrón no distorsionado proyectado por el patrón de sonda y distorsionado reflejado de área específica dentro de la cavidad oral, se obtiene información topográfica de los dientes representados por imágenes. En la Patente Estadounidense 5,386,292 otorgada a Massen et al. (denominada en lo sucesivo como "Massen 292"), una se describe una invención de un factor de error que corrige las distorsiones de imagen debido a factores tales como la translucidez del esmalte. En la Patente Estadounidense 6,529,627 otorgada a Callari, et al., mediante un sistema se describe que utiliza iluminación estructurada que se proyecta manualmente sobre un objeto y al derivar el modelo 3D al integrar los datos 3D en el modelo 3D inicial.

Uno de los problemas reconocidos en utilizar luz estructurada en líneas o puntos es la distorsión o emparejamiento falso de la iluminación estructurada. Un simple punto de luz es normalmente indistinguible de otros puntos planos de luz y así pueden surgir ambigüedades entre el mismo punto de una imagen a otra. Si dos puntos diferentes se combinan erróneamente cuando triangulan imágenes diferentes, el cálculo del eje z resultante será un error, y el modelo 3D será defectuoso. (El mismo problema se aplica en la utilización de líneas). En escaneo en tiempo utilizando formación de imágenes electrónicas, sincronizar la salida de los sensores de imagen diferente sirve como un mecanismo de antidistorsión. Sin embargo, esto no se puede emplear para formación de imágenes proyectadas (no escaneadas) o para imágenes almacenadas en donde las características se emparejan después de que se ha proyectado la iluminación estructurada, debido a que no hay ninguna información de tiempo. Tampoco se puede utilizar con el método sencillo de formación de imágenes mencionado anteriormente. Se describen diversos métodos de antidistorsión, utilizando diferentes esquemas de codificación de la iluminación estructurada, en Corby. Algunos de estos métodos implican la modulación de iluminación estructurada en longitud de onda o intensidad. El método de Corby incluye codificación de patrones predeterminados espacial modulado en la luz escaneada, que se puede combinar sin ambigüedades en las distintas imágenes.

Una vez más, la limitación de tiempo presentada anteriormente se tiene en cuenta para aplicaciones odontológicas. En particular, algunos esquemas de la técnica anterior requerirían iluminar las mismas áreas del escenario intraoral con patrones, durante un período de tiempo prolongado, y repetidas en diferentes momentos. Estas prácticas, sin embargo, pueden introducir imprecisiones en las mediciones debido a cualquier movimiento relativo entre el paciente dental, el aparato que proyecta la iluminación y el aparato que capta las imágenes (cámara). Esta condición se agrava si el aparato está siendo mantenido o manipulado por el odontólogo, ya que en este caso existe una fuente adicional de movimiento implicada.

La Patente Estadounidense No. 6,167,151 otorgada a Albeck, et al., (denominada en lo sucesivo como "Albeck 151") divulga unos medios para crear un patrón aleatorio espacialmente modulado mediante el fenómeno de puntos laser, que luego se puede utilizar de manera similar a los patrones predeterminados de Corby, para la identificación de los puntos correspondientes en múltiples imágenes. Una ventaja de patrones aleatorios sobre patrones predeterminados y dispersión es que determinados sistemas aleatorios pueden matemáticamente generar un gran número de patrones distintos fácilmente, mientras que sistemas de patrones predeterminados distintos son generalmente más restringidos y limitados así en número. Por otra parte, sin embargo, patrones predeterminados (tales como Corby) se pueden configurar previamente para ser absolutamente distinguibles. En contraste, no se predeterminan patrones aleatorios, y por lo tanto pueden presentar algunas similitudes entre ellos mismos. Los patrones de "Albeck 151", por ejemplo, que dependen de las propiedades de interferencia de luz coherente sobre superficies irregulares, son probabilísticos y por lo tanto diversos patrones pueden ser similares en apariencia,

aunque esto es poco probable. Por lo tanto, la antidispersión de "Albeck "151", es estadísticamente más que absoluta.

Una limitación principal de "Albeck '151" es que los patrones aleatorios, se crean mediante un proceso físico (punto láser), ni se pueden almacenar ni reproducir. Esto requiere que las múltiples imágenes de escenarios intraorales bajo iluminación estructurada se capturen simultáneamente con el fin de que los mismos patrones de punto aleatorio se incluyan en diferentes imágenes. El hecho de que los patrones aleatorios de "Albeck "151" no se puedan almacenar ni reproducir también impide que se utilice una sola imagen del escenario intraoral bajo iluminación estructurada que más tarde se hace referencia a una imagen previamente almacenada de iluminación estructurada que incide sobre una superficie conocida, como una superficie plana (previamente señalada como se ha descrito en Corby).

El documento US2003/0096210 A1 divulga un escáner que adquiere imágenes de la dentición que se convierten en marcos tridimensionales de datos mediante un proceso de decodificación.

Como se señaló anteriormente, una importante limitación es impuesta por el pequeño espacio dentro de la boca, que no permite la introducción de aparatos voluminosos. En particular, sería muy ventajoso utilizar solamente un sensor de imagen (que produce una única imagen o proyección individual) para capturar los patrones de iluminación estructurada en las características intraorales para la comparación con los patrones de iluminación estructurada grabada sobre una superficie conocida. Hacerlo reduciría significativamente la cantidad de aparatos ubicaciones en la boca y ser receptivos a la limitación del espacio de aplicaciones odontológicas, como se indicó anteriormente. Adicional, sería conveniente emplear una imagen, en lugar de una técnica de exploración, para eliminar los problemas provocados por el movimiento del paciente y/o el médico.

El documento WO2004017020A1 divulga las variaciones de medición de relieve de un objeto y/o las deformaciones de dicho objeto en la dirección de relieve del mismo (z). Un dispositivo de medición comprende medios de proyección ópticos inclinados para mostrar la imagen de referencia de un enfoscado cuyos granos se distribuyen seudoaleatoriamente, y medios de visualización para obtener la imagen de prueba del objeto iluminado de esta manera. Las variaciones de posición de los granos del enfoscado entre la imagen de prueba y la imagen de referencia que representan las variaciones en relieve del objeto se miden mediante correlación con la ayuda de medios de comparación.

El documento US2003096210 (A1) divulga la planeación del tratamiento de ortodoncia, diseño de aparato y fabricación de aparato, basado en ordenador interactivo. Un escáner adquiere imágenes de la dentición que se convierten en marcos tridimensionales de datos. Se registran los datos de los marcos de varios entre sí para proporcionar un modelo virtual tridimensional completo de la dentición.

El documento US4663720 divulga un método para fabricar una prótesis odontológica en la que los datos que representan tamaños y formas de diente estándar, las relaciones entre los dientes y dientes adyacentes y oclusivos y características para asegurar una prótesis a un sitio preparado, e instrucciones de mecanizado para dar forma a una pieza bruta a la configuración de una prótesis odontológica para que la implantación directa se almacene en una memoria de ordenador.

El documento WO2007080563A2 divulga un proceso para detectar la estructura espacial de una superficie tridimensional mediante la proyección de un patrón sobre la superficie a lo largo de una dirección de proyección que define un primer eje y mediante detección en forma de píxeles de por lo menos una región del patrón proyectada sobre la superficie, por medio de uno o más sensores en una dirección de visa del sensor o sensores, que definen un segundo eje, en el que el primero y segundo ejes (o una línea paralela recta al segundo eje) se intercepta en un ángulo diferente de 0 grados para que el primero y segundo eje (o la línea recta paralela al mismo) definen un plano de triangulación, en el que el patrón se define por lo menos luego de la proyección en un plano perpendicular al primer escenario oral y aparece en la imagen capturada. La información de "z" en el escenario intraoral se recupera luego de la imagen del escenario bajo la iluminación estructurada al realizar una triangulación de cada uno de los patrones de la matriz en la imagen individual con referencia a una imagen de iluminación estructurada proyectada sobre un plano de referencia, que también fue iluminado desde el primer ángulo.

Con el fin de emparejar inequívocamente puntos correspondientes en la imagen del escenario intraoral y la imagen almacenada, los puntos de la iluminación estructurada son espacialmente modulados con patrones aleatorios bidimensionales que se han generado y guardado en un medio proyectable, cuyo ejemplo no limitante es una diapositiva fotográfica. A diferencia de los patrones aleatorios de la técnica anterior de Albeck "151, los patrones aleatorios de la presente invención se pueden reproducir, de tal manera que los patrones proyectados en el escenario intraoral que se van a representar son los mismos que los patrones correspondientes en la imagen

guardada. Adicionalmente, a diferencia de los patrones de la técnica anterior de Corby, que son unidimensionales, los patrones de ciertas realizaciones preferidas de la presente invención son bidimensionales.

Por lo tanto, se proporciona un método para el modelado tridimensional de las características superficiales de un escenario intraoral para una aplicación odontológica de acuerdo con la reivindicación 1 y un sistema de modelado tridimensional de las características superficiales de un escenario intraoral para una aplicación odontológica, de acuerdo con la reivindicación 4.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describe aquí, solo por vía de ejemplo, con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 es un diagrama de flujo de un método de la técnica anterior para el modelado tridimensional de un escenario intraoral utilizando imágenes de múltiples vistas.

La figura 2A ilustra ejemplos de patrones aleatorios para iluminación estructurada de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

La figura 2B ilustra los ejemplos de la figura 2A como patrones detectados de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

La figura 3 ilustra ejemplos de patrones aleatorios de una dimensión para iluminación estructurada de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de flujo de un método para generar y almacenar patrones de iluminación estructurados y producir modelos tridimensionales de escenarios intraorales de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción de las realizaciones preferidas

Los principios y operación de un método de acuerdo con la presente invención se pueden comprender con referencia a los dibujos y la descripción acompañantes.

De acuerdo con la presente invención, la iluminación estructurada que contiene patrones aleatorios almacenados se utiliza para características de superficie a un escenario intraoral que se va a modelar en tres dimensiones mediante una única imagen, en el que la triangulación se realiza con relación a una imagen almacenada de la iluminación estructurada que inciden desde un ángulo diferente sobre una superficie conocida, tal como un plano. El método de la invención se puede aplicar en diversos campos y aplicaciones odontológicas, así como para colocarse en uso en la práctica de la odontología veterinaria, y medicina odontológica forense. En una realización preferida de la presente invención, la luz proyectada sobre el sitio de interés dentro de la boca lleva patrones distribuidos aleatoriamente y estructurados aleatoriamente de tal manera que cada patrón proyectado es probabilísticamente único sobre el área completa sobre el cual se ha proyectado la luz. Para ilustrar el método de la invención se hace referencia a la figura 2A y figura 2B. Una imagen 60 adquirida está delimitada por la línea 62 de límite. Dentro de la imagen 60, diversos agregados 64, 66 y 68 de píxeles distintos son evidentes, de tal manera que cada agregado forma un patrón distinto que es diferente de los otros patrones y también es distintamente diferente de un fondo 70. En la figura 2B, un patrón 84 ahora se define como una entidad separada, delimitada esquemáticamente por una elipse de línea discontinua. Un patrón 86 se define y delinea de la misma forma, y un patrón 88 es un tercer patrón delineado de esta forma. Una vez más se observa que estos patrones de la presente invención son bidimensionales, en contraste a los patrones de la técnica anterior, tal como aquellos de Corby, que son unidimensionales.

De acuerdo con la presente invención, se proyectan patrones aleatorios guardados en el escenario intraoral que se va a modelar, de tal manera que la probabilidad de que un cierto patrón aparezca más de una vez en el área proyectada es extremadamente baja. En el nivel de imagen, un patrón proyectado se define como un patrón específico de píxeles agregados. Un aspecto adicional de determinadas realizaciones de la presente invención es que cualquier patrón de píxeles se caracteriza no sólo por su forma, es decir, las formas específicas formadas por los píxeles en cada punto, sino también por la distribución (es decir, el orden y proximidad relativo a otros patrones) de los patrones dentro de la iluminación estructurada. Por lo tanto, el orden y la proximidad relativa a otros patrones dentro de la imagen se pueden utilizar para distinguir puntos de uno a otro y emparejar adecuadamente los puntos

correspondientes en diferentes imágenes. En particular, en determinadas realizaciones de la presente invención los patrones se distribuyen aleatoriamente sobre un escenario intraoral, además de tener forma aleatoria. El término “aleatoriamente distribuido” designa aquí que un patrón propiamente dicho, separado de la forma del mismo, se ha generado con una posición aleatoria en el escenario intraoral.

De esta manera en la figura 2B, en el nivel de imagen, el patrón 84 (que es equivalente al patrón 64) se encuentra a la izquierda del 86 (que es equivalente al patrón 66) y el patrón 88 (que es equivalente al patrón 68) en un orden en sentido horario. Como se puede observar, los patrones identificados no sólo difieren entre sí, sino que también se distribuyen y tienen relaciones espaciales con otros patrones de la imagen.

Al emparejar los patrones que corresponden al mismo punto de la iluminación estructurada se obtienen en la imagen del escenario intraoral y la imagen de referencia, y se puede realizar triangulación, para determinar la posición de del eje z del patrón. Las posiciones x-y del patrón se pueden obtener directamente de la imagen. De esta manera se pueden obtenerla posición x-y-z tridimensional del patrón para modelado 3D.

Patrones aleatorios unidimensionales

La figura 3 ilustra un ejemplo de un patrón 101 generado aleatoriamente cuyo contenido de información aleatoria se extiende unidimensionalmente en una dirección 103 en el plano x-y. El patrón contiene bandas de ancho variable, similar a los patrones familiares “código de barras”, excepto que el ancho y separación entre las bandas se asigna aleatoriamente. No se codifica información aleatoria perpendicular a la dirección 103. Una versión estrecha del patrón 101 se muestra en el patrón 105.

Aunque la restricción de la codificación de la información aleatoria en una sola dirección limita la cantidad de información que se puede incluir en el patrón y por lo tanto permite una mayor probabilidad de dispersión, esto se puede superar al generar un patrón continuo, que permite el seguimiento ininterrumpido a través de las imágenes. Es decir, esta forma de iluminación estructurada es propicia para proyectar una serie de líneas escaneadas sobre el escenario intraoral, a diferencia de una rejilla de puntos. Por lo tanto, El contenido de información en las líneas se puede incrementar para lograr el efecto antidispersión.

Adicionalmente, existen diversas ventajas para restringir la información a una única dirección en una forma como se presenta en la figura 3. Porque el contenido de la información se restringe a una dirección paralela a la exploración, el análisis y emparejamiento de los patrones correspondientes en las diferentes imágenes es más simple que para los patrones de puntos (tal como se ilustra en las figuras 2A y 2B), en donde la información es bidimensional. De esta manera, el análisis es más rápido para los patrones unidimensionales como se ejemplifica en la figura 3.

La figura 4 es un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización de la presente invención, mediante el cual se generan y guardan patrones aleatorios. En una etapa 121 se generan patrones aleatorios bidimensionales (como se detalló anteriormente) y se guardan para su uso en iluminación estructurada en una matriz 123 bidimensional. La matriz 123 se puede guardar utilizando almacenamiento fotográfico, tal como en una diapositiva que es adecuada para proyectar la matriz sobre una superficie.

La matriz 123 con los patrones aleatorios descritos anteriormente se proyecta sobre una superficie de referencia en una etapa 125 desde un primer ángulo con relación a una superficie de referencia. En una realización de la presente invención, la superficie de referencia es un plano. En otra realización de la presente invención, la superficie de referencia es una superficie general con una descripción matemática

Una imagen de la iluminación estructurada sobre la superficie de referencia de la proyección de la matriz 123 se adquiere y guarda como una imagen 127 de referencia.

A continuación, la matriz 123 se proyecta en el primer ángulo utilizado anteriormente (véase lo anterior) sobre el escenario intraoral en una etapa 129. En una etapa 131, se captura una imagen 133 del escenario intraoral de un segundo ángulo con relación al escenario intraoral. Se observa que esa imagen 133 contiene las ubicaciones puntuales en donde la proyección de la matriz 123 incide sobre la superficie del escenario intraoral es decir, la imagen 133 contiene una imagen bidimensional de la iluminación estructurada sobre la superficie del escenario intraoral. Finalmente, en una etapa 135 los puntos de iluminación estructurada de matriz 123 de la imagen 133 se emparejan con los puntos de iluminación estructurada de matriz 123 en la imagen 127 de referencia y las posiciones del eje z de aquellos puntos se calculan por triangulación, utilizando mediciones de paralaje, para obtener un modelo 137 tridimensional del escenario intraoral.

La figura 5 es una representación esquemática de un sistema de modelado tridimensional de las características de superficie de un escenario intraoral para una aplicación dental, el sistema comprende un generador 51 para generar una matriz bidimensional de una pluralidad de patrones unidimensionales o dimensionales aleatorios. El patrón creado se almacena en medios de almacenamiento de información operativos para permitir proyectar dicha matriz 52, y primer proyector 92 para proyectar dicha matriz desde dicho medio proyectable sobre una superficie 93 de referencia desde un primer ángulo. Una unidad 94 de adquisición tiene unos primeros medios de adquisición para adquirir una primera imagen 95 de dicha matriz proyectada sobre dicha superficie de referencia desde un segundo ángulo. Se utiliza un segundo proyector 92 para proyectar dicha matriz desde dicho medio proyectable en el escenario intraoral en dicho primer ángulo y unos segundos medios de adquisición, y unidad 53 de adquisición para adquirir una segunda imagen 55 de dicha matriz proyectada en el escenario intraoral desde dicho segundo ángulo. Se utiliza un primer calculador 56 posición para calcular las posiciones relativas bidimensionales de dichos patrones aleatorios basados en posiciones relativas de los mismos en unos medios de emparejamiento de patrón e imagen, para emparejar dichos patrones bidimensionales aleatorios en dicha primera imagen 95 con dichos patrones bidimensionales aleatorios en dicha segunda imagen 55. Se utiliza un calculador 57 de paralaje para calcular el paralaje entre dichos patrones aleatorios en dicha primera imagen 95 con dichos patrones aleatorios en dicha segunda imagen 96. Se utiliza un segundo calculador de posición 58 para calcular las posiciones relativas tridimensionales de los patrones aleatorios basados en las posiciones relativas bidimensionales y dicho paralaje, y unos medios 59 de modelamiento para construir un modelo tridimensional del escenario intraoral en función de dichas posiciones relativas tridimensionales. Un sistema utilizado por el usuario necesita la imagen de referencia pero no los medios para generar la imagen de referencia.

Formación de múltiples imágenes

Aunque el uso de una sola imagen es preferible en uso intraoral debido a limitaciones de espacio, también es posible utilizar la presente invención con múltiples imágenes. En este caso, realizaciones de la presente invención utilizan el método anterior para generar patrones de iluminación estructurada aleatorias almacenables como se describe en este documento y luego utiliza aquellos patrones con múltiples técnicas de formación de imagen como se ejemplifica en la figura 1 y como se describió anteriormente.

Usos de la invención

En odontología, la reconstitución de elementos odontológicos es una práctica común. Proyectar estructuras iluminadas en objetos intraorales que se van a modelar, puede proporcionar un fondo ventajoso a un económico para un modelado 3D potencialmente eficaz de las partes de la cavidad oral. Otras aplicaciones de mapeo 3D de características intraorales incluyen, pero no se limita a: medicina odontológica forense; propósitos de seguros; examen y planeación de tratamiento; y automatización del tratamiento. Esta invención es particularmente ventajosa ya que no requiere una perfecta formación sobre una superficie ideal, características superficiales existentes presentes en objetos intraorales pueden aún mejorar el patrón superficial aleatorio.

Mientras que la invención se ha descrito con respecto a un número limitado de realizaciones, se apreciará que se pueden hacer muchas variaciones, modificaciones y otras aplicaciones de la invención.

Reivindicaciones

1. Un método para el modelado tridimensional de las características superficiales de un escenario intraoral para una aplicación odontológica, el método comprende:

• generar una matriz bidimensional de una pluralidad de patrones bidimensionales que son aleatorios en una dirección, o que generan una matriz bidimensional de una pluralidad de patrones bidimensionales que son aleatorios en dos direcciones, en el que cada una de dicha pluralidad de patrones bidimensionales incluye píxeles agregados y cada uno de dichos píxeles forma un patrón distinto, que es diferente de los otros patrones de dicha pluralidad de patrones bidimensionales, y también es distintamente diferente de un fondo;

• guardar dicha matriz en un medio proyectable;

• proyectar dicha matriz de dicho medio proyectable sobre una superficie de referencia de un primer ángulo;

• adquirir una primera imagen de dicha matriz proyectada sobre dicha superficie de referencia, en el que dicha adquisición de dicha primera imagen se realiza desde un segundo ángulo;

• proyectar dicha matriz desde dichos medios proyectables en el escenario intraoral desde dicho primer ángulo;

• adquirir una segunda imagen de dicha matriz proyectada sobre el escenario intraoral desde dicho segundo ángulo;

• obtener información de x-y en el escenario intraoral desde la segunda imagen;

• obtener información de z en el escenario intraoral al realizar una triangulación de cada uno de los patrones en la matriz en la segunda imagen con referencia a la primera imagen; y

• construir un modelo tridimensional del escenario intraoral basado en dicha información x-y y z.

2. El método de la reivindicación 1, en el que el escenario intraoral contiene por lo menos una parte de un objeto intraoral.

3. El método de la reivindicación 1, en el que dicho patrón bidimensional se distribuye aleatoriamente en dicha matriz.

4. Un sistema para el modelamiento tridimensional de las características de superficie en un escenario intraoral para una aplicación odontológica, el sistema comprende:

• una matriz bidimensional de una pluralidad de patrones bidimensionales que son aleatorios en una dirección o una matriz bidimensional de una pluralidad de patrones bidimensionales que son aleatorios en dos direcciones, en el que cada una de dicha pluralidad de patrones bidimensionales incluye agregados de píxeles y cada uno de dichos agregados de píxeles forma un patrón distinto, que es diferente de los otros patrones de dicha pluralidad de patrones bidimensionales, y también es distintamente diferente de un fondo;

• un medio de almacenamiento para dicha matriz, dicho medio de almacenamiento operativo permite proyectar dicha matriz;

• unos medios de adquisición para adquirir una primera imagen de dicha matriz proyectada sobre una superficie de referencia;

• un proyector para proyectar dicha matriz desde dicho medio de almacenamiento sobre el escenario intraoral en un primer ángulo;

• unos medios de adquisición para adquirir una segunda imagen de dicha matriz proyectada sobre el escenario intraoral desde un segundo ángulo;

• un primer calculador de posición para calcular las posiciones relativas bidimensionales de dichos patrones aleatorios basados en posiciones relativas del mismo en una imagen;

• unos medios de obtención para obtener información x-y en el escenario intraoral a partir de la segunda imagen;

- unos medios de obtención para obtener información z en el escenario intraoral al realizar una triangulación de cada uno de los patrones en la matriz en la segunda imagen con referencia a la primera imagen; y

5 • unos medios de modelamiento para construir un modelo tridimensional del escenario intraoral basado en dicha información x-y y z.

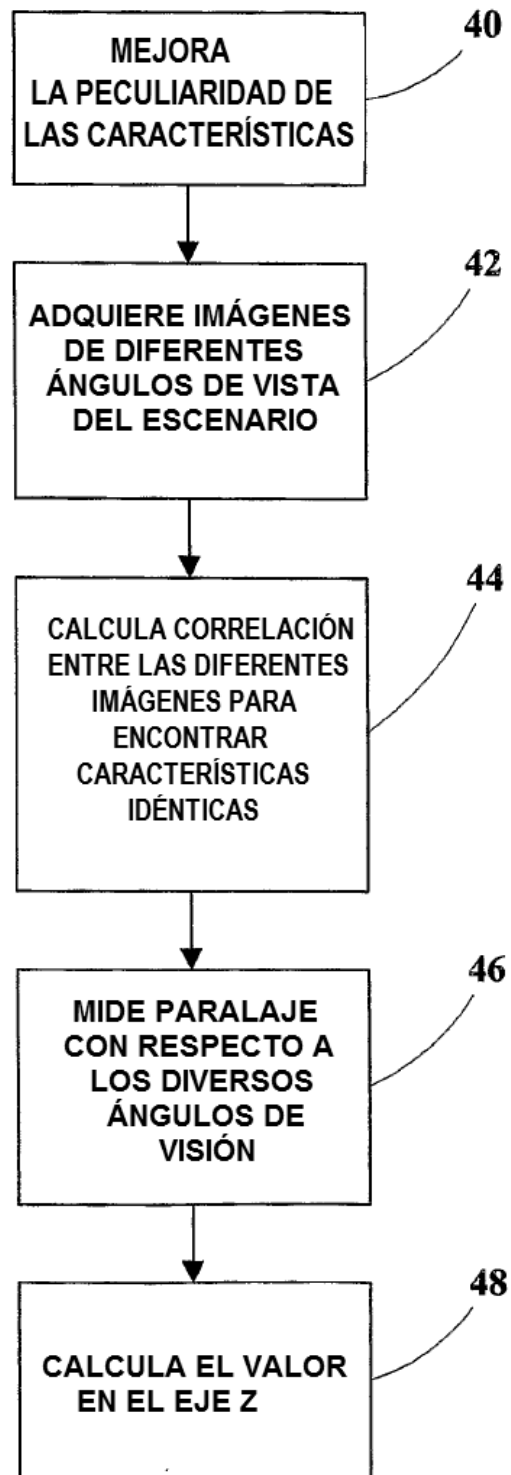


FIG. 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

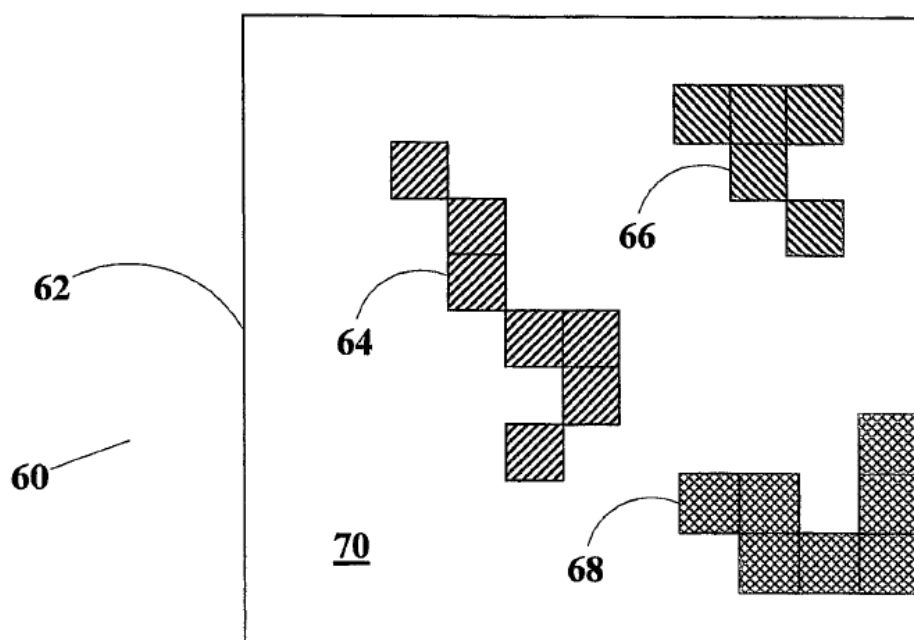


FIG. 2A

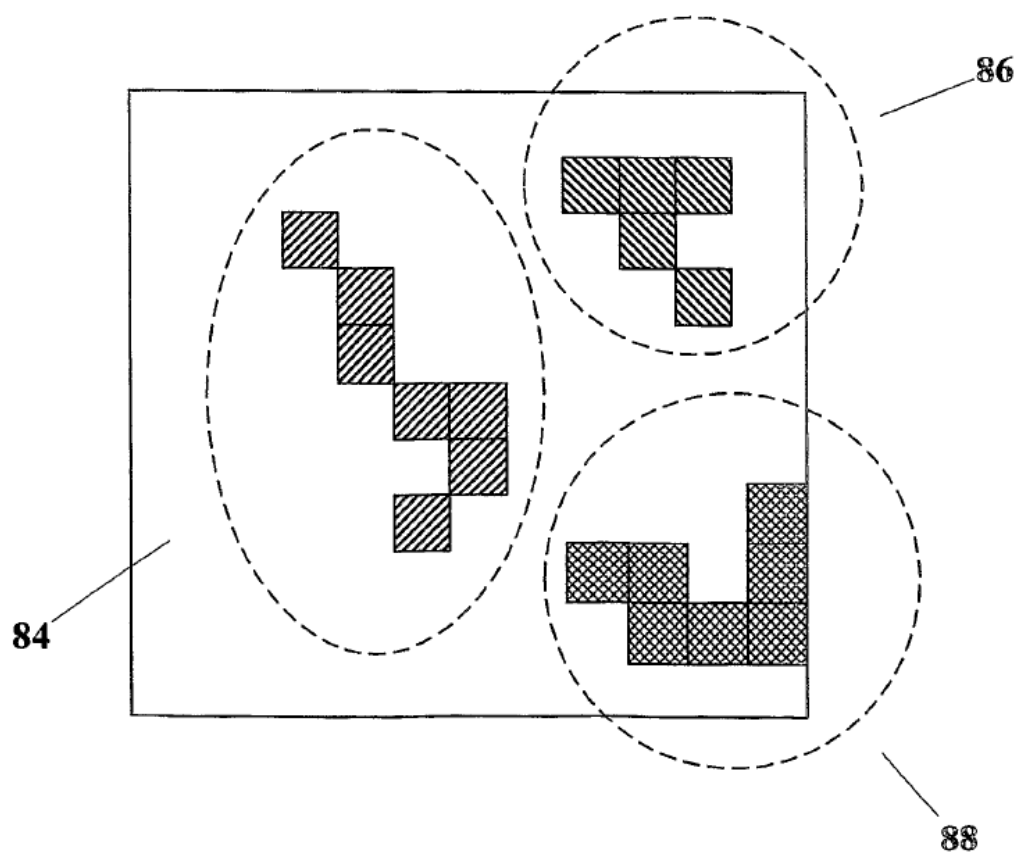


FIG. 2B

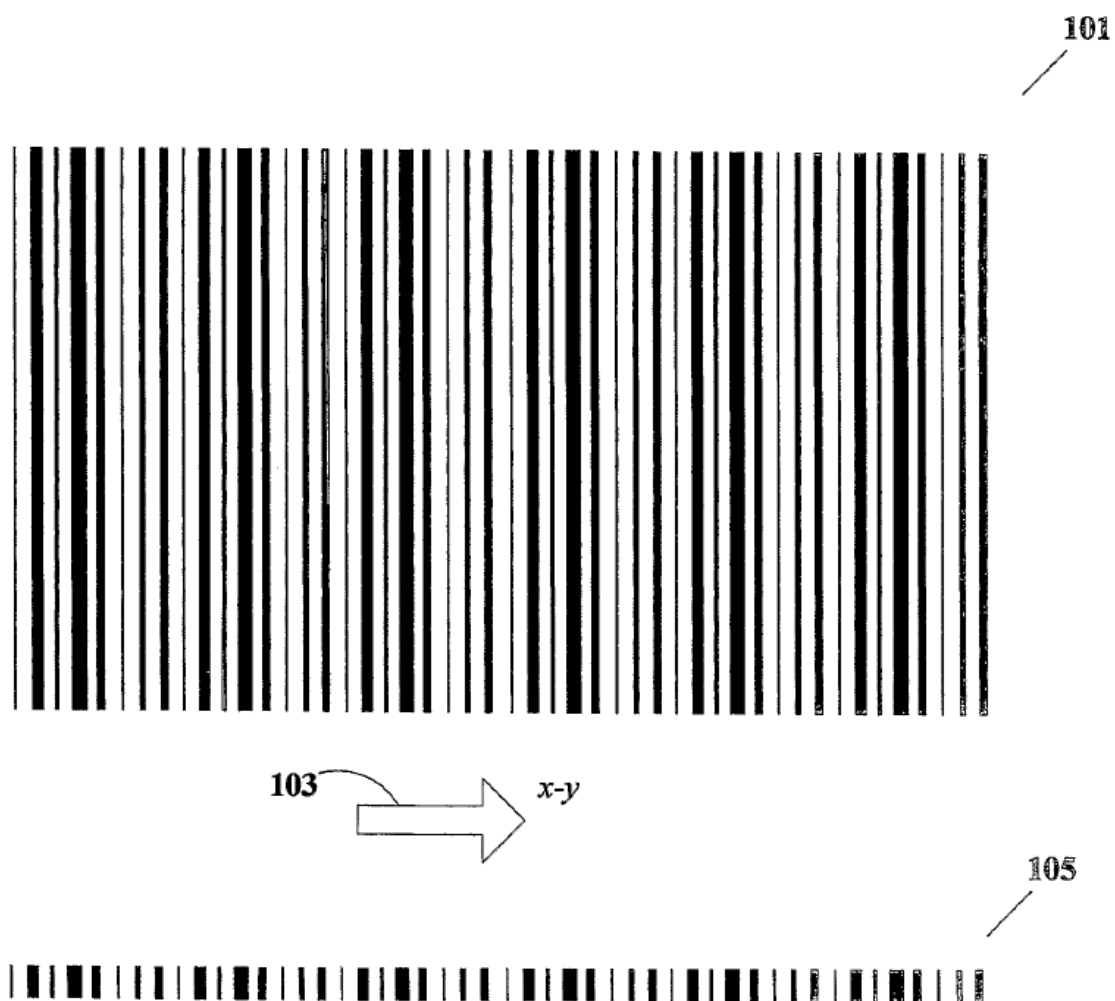


FIG.3

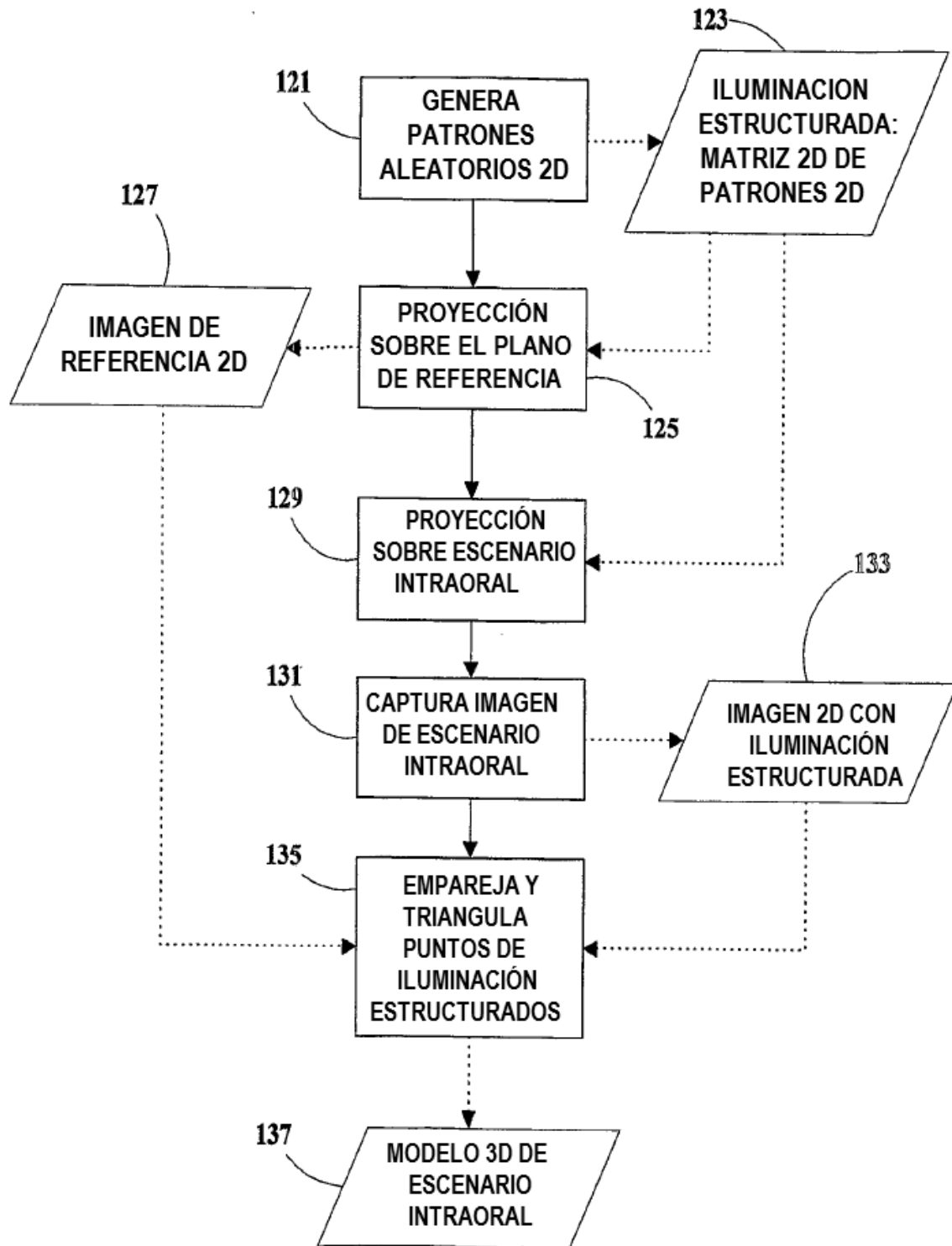


FIG. 4

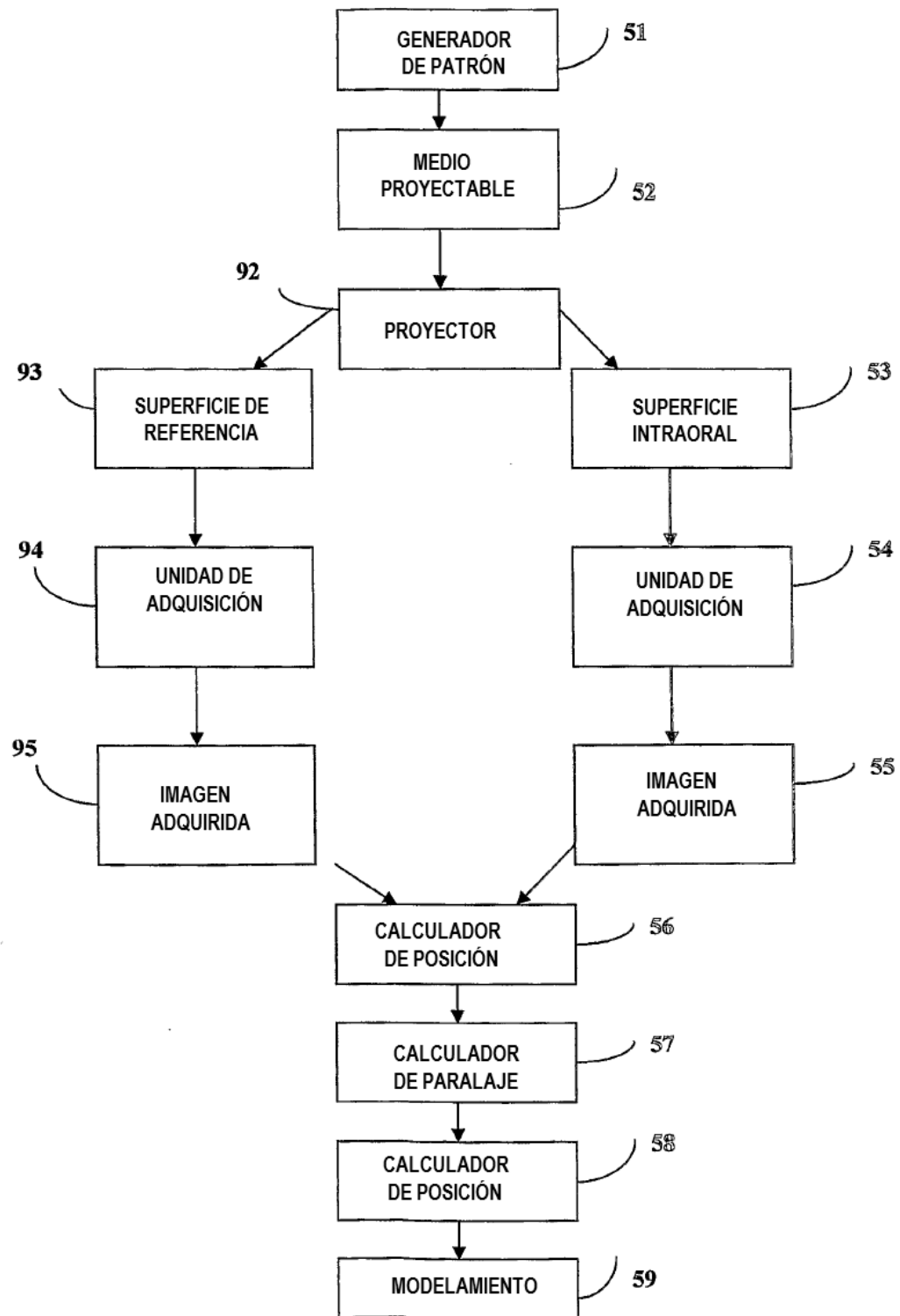


FIG. 5