(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 623 853**

(51) Int. Cl.:
A61C 7/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.03.2005 PCT/US2005/007701**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2005 WO05094436**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2005 E 05725069 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2017 EP 1729666**

(54) Título: **Secuencia de movimiento de un diente basándose en la raíz**

(30) Prioridad:

19.03.2004 US 805468

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.07.2017

(73) Titular/es:

ALIGN TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
2560 ORCHARD PARKWAY
SAN JOSE, CA 95131, US

(72) Inventor/es:

ABOLFATHI, AMIR y
BEERS, ANDREW, C.

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 623 853 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

Secuencia de movimiento de un diente basándose en la raíz

Antecedentes de la invención

Campo de la invención La presente invención se refiere a la ortodoncia computacional. En el tratamiento ortodóntico, los dientes de un paciente se mueven de una posición inicial a una final usando cualquiera de una variedad de aparatos. Un aparato ejerce fuerza sobre los dientes mediante la cual uno o más de ellos se mueven o se mantienen en su sitio, según resulte apropiado para la etapa del tratamiento.

Breve sumario de la invención

Se desvelan sistemas y procedimientos para reposicionar los dientes de un paciente, proporcionando un modelo digital de cada diente del paciente; determinando uno o más parámetros de la raíz a partir del modelo digital; y mover digitalmente uno o más modelos dentales y evaluar un resultado de tratamiento basándose en una o más limitaciones clínicas de desplazamiento de la raíz.

La presente invención también proporciona procedimientos y aparataje para definir configuraciones de los aparatos en las etapas de un procedimiento de reposición de dientes desde una disposición dental inicial hasta una disposición dental final. La invención puede operar para definir cómo se logra la reposición mediante una serie de aparatos o mediante una serie de ajustes en los aparatos configurados para reposicionar gradualmente dientes individuales. La invención puede aplicarse ventajosamente para especificar una serie de aparatos formados como carcasas poliméricas que tienen las cavidades de recepción dental, es decir, carcasas del tipo descrito en la patente anteriormente mencionada N.º 5.975.893 de los EE. UU.

Otro documento relacionado con este campo se ejemplifica en el documento US 2002 064 746.

Los dientes de un paciente se reposicionan a partir de una disposición dental inicial hasta una disposición dental final haciendo una serie de ajustes graduales de posición usando aparatos especificados de conformidad con la invención. En una implementación, la invención se usa para especificar formas para las carcasas poliméricas de aparatos anteriormente mencionadas. El primer aparato de una serie tendrá una geometría seleccionada para reposicionar los dientes a partir de la disposición dental inicial hasta una primera disposición intermedia. Está previsto que el aparato se lleve puesto hasta aproximarse o lograr la primera disposición intermedia y entonces uno o más aparatos adicionales (intermedios) se colocan sucesivamente sobre los dientes. El aparato final tiene una geometría seleccionada para reposicionar progresivamente los dientes a partir de la última disposición intermedia hasta una disposición dental final deseada.

La invención especifica los aparatos de modo que apliquen un nivel de fuerza aceptable, provoquen malestar solo dentro de unos límites aceptables y logren el aumento deseado de reposicionamiento dental en un periodo de tiempo aceptable. La invención puede implementarse para interactuar con otras partes de un sistema de ortodoncia computacional y en particular para interactuar con un módulo de definición de trayectoria que calcula las trayectorias tomadas por los dientes a medida que se reposicionan durante el tratamiento.

Entre las ventajas del sistema se pueden incluir una o más de las siguientes. Aparatos especificados de conformidad con la invención tan solo aplican niveles de fuerza ortodónticamente aceptables, tan solo causan una cantidad aceptable de malestar en el paciente y logran el incremento deseado de reposicionamiento dental en un periodo de tiempo aceptable. La invención puede usarse para aumentar un procedimiento computacional o manual para definir trayectorias dentales en el tratamiento ortodóntico, confirmando que las trayectorias propuestas pueden obtenerse mediante el aparato en consideración y dentro de las limitaciones de usuario seleccionables según las buenas prácticas de la ortodoncia. El uso de la invención para diseñar alineadores le permite al diseñador (humano o automático) a configurar con precisión el rendimiento de los alineadores con respecto a limitaciones particulares. Asimismo, puede lograrse un control de ortodoncia más preciso sobre el efecto de los alineadores y su comportamiento puede predecirse mejor de lo que de otro modo sería el caso. Además, definir computacionalmente la geometría del alineador facilita la fabricación directa del alineador bajo control numérico.

Los detalles de una o más realizaciones de la invención están representados en los dibujos adjuntos y en la siguiente descripción. Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de flujo de un procedimiento que especifica el curso de un tratamiento, incluyendo un procedimiento secundario para calcular formas del alineador de acuerdo con la invención.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo de un procedimiento para calcular formas del alineador.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento secundario para crear modelos de elementos finitos.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento secundario para computar cambios del alineador.

La FIG. 5A es un diagrama de flujo de un procedimiento secundario para calcular cambios en la forma del alineador.

La FIG. 5B es un diagrama de flujo de un procedimiento secundario para calcular cambios en la forma del alineador.

La FIG. 5C es un diagrama de flujo de un procedimiento secundario para calcular cambios en la forma del alineador.

La FIG. 5D es una vista esquemática que ilustra la operación del procedimiento secundario de la FIG. 5B.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento para computar formas para conjuntos de alineadores.

La FIG. 7 es un ejemplo de diagrama de un modelo estadístico de raíz.

La FIG. 8 muestra ejemplos de diagramas de modelado de raíz.

La FIG. 9 muestra ejemplos de diagramas de exploración por TC.

La FIG. 10 muestra un ejemplo de interfaz de usuario que muestra dientes.

La FIG. 11 muestra el ejemplo de diagrama de la FIG. 10 con datos de la raíz.

La FIG. 12 muestra otro conjunto de métricas relacionadas con un desplazamiento dental planeado.

La FIG. 13 muestra un ejemplo de procedimiento para tratar dientes basándose en datos de la raíz.

Los números y designaciones de referencia similares en los distintos dibujos indican elementos similares.

Descripción detallada de la invención

En la presente invención, se proporcionan sistemas y procedimientos para definir configuraciones de aparato o cambios en las configuraciones del aparato para mover dientes gradualmente. Los desplazamientos dentales serán aquellos normalmente asociados con el tratamiento de ortodoncia, incluyendo una traslación en las tres direcciones ortogonales relativas a una línea central vertical, una rotación de la línea central del diente en dos direcciones ortodónticas ("angulación de raíz" y "par de torsión"), así como una rotación alrededor de la línea central.

La FIG. 1 ilustra el flujo general de un ejemplo de procedimiento 100 para definir y generar aparatos de reposicionamiento para el tratamiento ortodóntico de un paciente. El procedimiento 100 incluye las técnicas y es adecuado para el aparataje, de la presente invención, como se describirá. Las etapas computacionales del procedimiento ventajosamente se implementan como módulos de programa informático para su ejecución en uno o más ordenadores digitales.

Como etapa inicial, se adquiere (110) un molde o escaneo de los dientes o tejido bucal del paciente. Esta etapa generalmente implica tomar moldes de yeso de los dientes y encías del paciente y también puede implicar tomar mordidas en cera, escaneo por contacto directo, toma de imágenes por rayos x, toma de imágenes por tomografía, toma de imágenes por ecografía y otras técnicas para obtener información sobre la posición y estructura de los dientes, maxilares, encías y otros tejidos relevantes para la ortodoncia. A partir de los datos así obtenidos, se deriva un conjunto de datos digitales que representa la disposición inicial (es decir, un tratamiento previo) de los dientes y otros tejidos del paciente.

El conjunto inicial de datos digitales, que puede incluir tanto datos en bruto de las operaciones de escaneado y datos que representan modelos de la superficie derivados a partir de los datos en bruto, se procesa para segmentar los constituyentes del tejido entre sí (etapa 120). En particular, en esta etapa, se producen estructuras de datos que representan digitalmente coronas dentales. Ventajosamente, se producen modelos digitales de dientes enteros, incluyendo superficies medidas o extrapoladas y estructuras de raíz.

La posición final deseada de los dientes-- es decir, el resultado final deseado y previsto del tratamiento ortodóntico -- puede recibirse de un especialista clínico en forma de prescripción, puede calcularse a partir de principios ortodónticos o puede extrapolarse computacionalmente a partir de una prescripción clínica (etapa 130). Con una especificación de las posiciones finales deseadas de los dientes y una representación digital de los propios dientes, puede especificarse la posición final y la geometría de la superficie de cada diente (etapa 140) para formar un modelo completo deseado de los dientes al final del tratamiento. Generalmente, en esta etapa, se especifica la posición de cada diente. El resultado de esta etapa es un conjunto de estructuras de datos digitales que representa un reposicionamiento ortodónticamente correcto de los dientes modelados con respecto a tejido presumiblemente estable. Los dientes y el tejido se representan ambos como datos digitales.

Teniendo ambos una posición de comienzo y una posición final para cada diente, el procedimiento define a continuación una trayectoria dental para el movimiento de cada diente. Las trayectorias dentales se optimizan respecto al total de modo que los dientes se muevan de la manera más rápida con la menor cantidad posible de ida y vuelta para llevar los dientes desde sus posiciones iniciales a sus posiciones finales deseadas. (La ida y vuelta es cualquier movimiento de un diente en cualquier dirección que no sea directamente hacia la posición final deseada. La idea y vuelta es a veces necesaria para permitir que los dientes se muevan adelantándose unos a otros). Las trayectorias dentales se segmentan. Los segmentos se calculan de modo que el movimiento de cada diente dentro de un segmento permanezca dentro de límites umbral de traslación lineal y rotacional. De esta forma, los puntos finales de cada segmento de trayectoria pueden constituir un reposicionamiento clínicamente viable, y el total de puntos finales de los segmentos constituye una secuencia clínicamente viable de posiciones dentales, de modo que el movimiento desde un punto al siguiente de la secuencia no tenga como resultado una colisión de dientes.

Los límites umbral de traslación lineal y rotativa se inicializan, en una implementación, con valores por defecto basándose en la naturaleza del aparato a usar. Pueden calcularse valores límite personalizados de manera más individual usando datos específicos del paciente. Los valores límite pueden también actualizarse basándose en el resultado de un cálculo de aparato (etapa 170, descrita más adelante), que puede determinar que en uno o más puntos a lo largo de una o más trayectorias dentales, las fuerzas que puede generar el aparato en la entonces existente configuración de los dientes y tejido es incapaz de efectuar el reposicionamiento que está representado por uno o más segmentos de trayectoria dental. Con esta información, el procedimiento secundario que define trayectorias segmentadas (etapa 150) puede recalcular las trayectorias o las trayectorias secundarias afectadas.

En varios estadios del procedimiento, y en particular después de que se hayan definido las trayectorias segmentadas, el procedimiento puede, y generalmente podrá, interactuar con un especialista clínico responsable del tratamiento del paciente (etapa 160). La interacción con el especialista clínico puede implementarse usando un procedimiento cliente programado para recibir posiciones y modelos dentales, así como información de trayectoria desde un ordenador servidor o procedimiento en el que otras etapas del procedimiento 100 se implementan. El procedimiento cliente ventajosamente está programado para permitir que el especialista clínico exhiba una animación de las posiciones y trayectorias, para permitir que el especialista clínico reinicialice las posiciones finales de uno o más de los dientes y para especificar limitaciones a aplicar a las trayectorias segmentadas. Si el especialista clínico hace alguno de tales cambios, el procedimiento secundario para definir trayectorias segmentadas (etapa 150) se realiza de nuevo.

Las trayectorias dentales segmentadas y los datos de posición dental asociados se usan para calcular configuraciones del aparato clínicamente aceptables (o cambios sucesivos en la configuración del aparato) que moverá los dientes en la trayectoria de tratamiento definida en las etapas especificadas por los segmentos de trayectoria (etapa 170). Cada configuración de aparato representa una etapa a lo largo de la trayectoria de tratamiento para el paciente. Las etapas están definidas y calculadas de manera que cada posición discreta pueda ir seguida de un desplazamiento dental en línea recta o una simple rotación de las posiciones dentales obtenidas por la etapa discreta anterior y de manera que la cantidad de reposicionamiento requerida en cada etapa implique una cantidad de fuerza ortodónticamente óptima sobre la dentición del paciente. Al igual que con la etapa de definición de trayectoria, esta etapa de cálculo del aparato puede incluir interacciones e incluso interacciones iterativas con el especialista clínico (etapa 160). La operación de una etapa 200 del procedimiento (FIG. 2) que implementa esta etapa se describirá con más detalle más adelante.

Habiendo calculado las definiciones del aparato, el procedimiento 100 puede proceder a la etapa de fabricación (etapa 180) en la que se fabrican los aparatos definidos por el procedimiento o se produce información electrónica o impresa que puede usarse mediante un procedimiento manual o automático para definir configuraciones del aparato o cambios en las configuraciones del aparato.

La FIG. 2 ilustra un procedimiento 200 que implementa la etapa de cálculo del aparato (FIG. 1, etapa 170) para alineadores de carcasa polimérica del tipo descrito en la patente de EE. UU. anteriormente mencionada N.º 5.975.893. Las entradas en el procedimiento incluyen una forma 202 inicial de alineador, diversos parámetros 204 de control y una configuración final deseada para los dientes al final del segmento 206 de trayectoria de tratamiento en curso. Otras entradas incluyen modelos digitales de los dientes en su posición en el maxilar, modelos del tejido maxilar y especificaciones de una forma inicial de alineador y del material del alineador. Usando los datos de entrada, el procedimiento crea un modelo de elementos finitos del alineador, los dientes y el tejido, con el alineador colocado en los dientes (etapa 210). A continuación, el procedimiento aplica un análisis de elementos finitos al modelo compuesto de elementos finitos del alineador, los dientes y el tejido (etapa 220). El análisis prosigue hasta que se alcance una condición de salida, momento en el que el procedimiento evalúa si los dientes han alcanzado la posición final deseada para el segmento de trayectoria actual o una posición suficientemente cercana a la posición final deseada (etapa 230). Si los dientes no han alcanzado una posición final aceptable, el procedimiento calcula una nueva forma candidata para el alineador (etapa 240). Si se ha alcanzado una posición final aceptable, los movimientos de los dientes calculados por el análisis de elementos finitos se evalúan para determinar si son ortodónticamente aceptables (etapa 232). Si no lo son, el procedimiento también procede a calcular una nueva forma candidata para el alineador (etapa 240). Si los movimientos son ortodónticamente aceptables y los dientes han alcanzado una posición aceptable, la forma actual del alineador se compara con las formas de alineador calculadas anteriormente. Si la forma actual es la mejor solución hasta ahora (etapa 250 de decisión), se guarda

como mejor candidata hasta ahora (etapa 260). Si no, se guarda en una etapa opcional como posible resultado intermedio (etapa 252). Si la forma actual de alineador es la mejor candidata hasta ahora, el procedimiento determina si es lo bastante buena para ser aceptada (etapa 270 de decisión). Si lo es, el procedimiento se sale. Por otro lado, el procedimiento continua y calcula otra forma candidata (etapa 240) para su análisis.

Los modelos de elementos finitos pueden crearse usando software de aplicaciones de programas informáticos disponibles en una variedad de distribuidores. Para crear modelos de geometría sólida, pueden usarse programas de ingeniería asistida por ordenador (CAE) o diseño asistido por ordenador (CAD), tal como los productos de programa informático AutoCAD™ disponibles en Autodesk, Inc., de San Rafael, California. Para crear modelos de elementos finitos y analizarlos, pueden usarse productos de programa de una serie de distribuidores, incluyendo el producto PolyFEM disponible en CADSI de Coralville, Iowa, el programa informático de simulación Pro/Mechanica, disponible en Parametric Technology Corporation de Waltham, Mass., los productos de diseño informático I-DEAS disponibles en Structural Dynamics Research Corporation (SDRC) de Cincinnati, Ohio, y el producto MSC/NASTRAN disponible en MacNeal-Schwendler Corporation de Los Ángeles, California.

La FIG. 3 muestra un procedimiento 300 de creación de un modelo de elementos finitos que puede usarse para realizar la etapa 210 del procedimiento 200 (FIG. 2). Las entradas al procedimiento 300 de creación del modelo incluyen datos 302 de entrada que describen los dientes, tejidos y datos 304 de entrada que describen el alineador. Los datos de entrada que describen los dientes 302 incluyen los modelos digitales de los dientes; modelos digitales de estructuras de tejido rígido, si están disponibles; especificaciones de forma y viscosidad para un fluido altamente viscoso que sirve de modelo para el tejido del substrato en el que los dientes están embebidos y al que los dientes están conectados, en ausencia de modelos específicos para estos tejidos; y condiciones límite que especifican los límites inamovibles de los elementos del modelo. En una implementación, los elementos del modelo incluyen solo modelos de los dientes, un modelo de un fluido de substrato de embebido viscoso y condiciones límite que definen, en efecto, un contenedor rígido en el que está contenido el fluido modelado.

Se crea un modelo de elementos finitos de la configuración inicial de los dientes y del tejido (etapa 310) y opcionalmente se almacena en caché para reutilizarlo en iteraciones posteriores del procedimiento (etapa 320). Como se hizo con los dientes y el tejido, se crea un modelo de elementos finitos del alineador de carcasa polimérica (etapa 330). Los datos de entrada para este modelo incluyen datos que especifican el material del que se fabrica el alineador y la forma del alineador (entrada 304 de datos).

El alineador modelo se manipula entonces computacionalmente para colocarlo sobre los dientes modelados en el maxilar modelo para crear un modelo compuesto de un alineador ya colocado (etapa 340). Opcionalmente, las fuerzas necesarias para deformar el alineador para que se ajuste sobre los dientes, incluyendo cualquier fijación unida a los dientes, se computan y usan como un factor de mérito para medir la aceptabilidad de la configuración particular del alineador. En una alternativa más simple, sin embargo, la deformación del alineador se modela aplicando suficiente fuerza en su interior para agrandarlo lo suficiente para que se ajuste sobre los dientes, colocando el modelo de alineador sobre los dientes modelo en el modelo compuesto, estableciendo las condiciones del tejido y los dientes modelo para que sean infinitamente rígidos, y permitiendo que el modelo de alineador se relaje en su posición sobre los dientes fijos. Las superficies del alineador y los dientes se modelan para interactuar sin fricción en este estadio, de manera que el modelo de alineador alcance la configuración inicial correcta sobre los dientes modelo antes de que empiece el análisis de elementos finitos para encontrar una solución al modelo compuesto y computar el desplazamiento de los dientes bajo la influencia del alineador deformado.

La FIG. 4 muestra un procedimiento 400 para calcular la forma del siguiente alineador que puede usarse en los cálculos de alineador, etapa 240 del procedimiento 200 (FIG. 2). Se usa una variedad de entradas para calcular la forma del siguiente alineador candidato. Estas incluyen entradas 402 de datos generados por la solución del análisis de elementos finitos del modelo compuesto y los datos 404 definidos por la trayectoria dental actual. Los datos 402 derivados del análisis de elementos finitos incluyen la cantidad de tiempo real transcurrido en el que tuvo lugar el reposicionamiento simulado de los dientes; las posiciones dentales actuales calculadas por el análisis; la fuerza máxima lineal y de torsión aplicada a cada diente; la velocidad máxima lineal y angular de cada diente. A partir de la información introducida sobre la trayectoria, los datos 404 de entrada incluyen las posiciones dentales iniciales para el segmento de trayectoria actual, las posiciones dentales al final del segmento de trayectoria actual, la velocidad máxima permisible de desplazamiento para cada diente y la fuerza máxima permisible de cada tipo para cada diente.

Si se descubriera que un alineador evaluado previamente infringe una o más limitaciones, opcionalmente el procedimiento 400 puede usar datos 406 de entrada adicionales. Estos datos 406 pueden incluir información que identifica las limitaciones infringidas por, así como cualquier rendimiento deficiente identificado del alineador evaluado anteriormente. Asimismo, el procedimiento 400 puede usar datos 408 de entrada relacionados con limitaciones infringidas por y un rendimiento deficiente de dispositivos dentales anteriores.

Habiendo recibido los datos de entrada iniciales (etapa 420), el procedimiento se itera sobre los dientes movibles del modelo. (Algunos dientes podrían estar identificados como y estar limitados a ser inmóviles). Si la posición final y la dinámica del movimiento del diente actualmente seleccionado por el alienador seleccionado anteriormente es aceptable (rama "sí" de la etapa 440 de decisión), el procedimiento continua seleccionando el siguiente diente para

su consideración (etapa 430) hasta que se hayan considerado todos los dientes (rama "hecho" de la etapa 430 a la etapa 470). De lo contrario (rama "no" de la etapa 440), se calcula un cambio en el alineador, en la región del diente actualmente seleccionado (etapa 450). El procedimiento entonces vuelve a seleccionar el siguiente diente actual (etapa 430) como se ha descrito.

Cuando se han considerado todos los dientes, se evalúa el total de los cambios efectuados en el alineador respecto a las limitaciones definidas anteriormente (etapa 470), de las que ya se han mencionado ejemplos. Se pueden definir las limitaciones con referencia a una variedad de consideraciones adicionales, tales como posibilidad de fabricación. Por ejemplo, pueden definirse limitaciones para establecer un espesor máximo o mínimo del material del alineador o para establecer una cobertura máxima o mínima del alineador sobre las coronas de los dientes. Si se satisfacen las limitaciones del alineador, se aplican los cambios para definir una nueva forma de alienador (etapa 490). Por otro lado, los cambios del alineador se revisan para comprobar que se satisfacen las limitaciones (etapa 480) y los cambios revisados se aplican para definir una nueva forma de alienador (etapa 490).

La FIG. 5A ilustra una implementación de la etapa de cómputo de un cambio en un alineador en una región de un diente actual (etapa 450). En esta implementación, se usa un motor 456 de inferencia basado en reglas para tratar los datos de entrada anteriormente descritos (entrada 454) y un conjunto de reglas 452a- 452n en una base de datos de reglas 452. El motor 456 de inferencia y las reglas 452 definen un sistema de producción que, cuando se aplica a los datos de entrada factuales, produce un conjunto de conclusiones de salida que especifica los cambios a hacer en el alineador en la región del diente actual (salida 458).

Las reglas 452a….452n tienen una forma convencional en dos partes: una parte que define una condición y luego la parte del "entonces" que define una conclusión o acción que se impone si se satisface la condición. Las condiciones pueden ser simples o puede ser conjunciones o disyunciones complejas de múltiples aseveraciones. Un ejemplo de conjunto de reglas, que define cambios a hacer en el alineador, incluye las siguientes: si el movimiento del diente es demasiado rápido, añadir material de accionamiento al alineador opuesto a la dirección deseada de movimiento; si el movimiento del diente es demasiado lento, añadir material de accionamiento para sobrecorregir la posición del diente; si el diente está demasiado lejos de la posición final deseada, añadir material para sobrecorregir; si se ha movido el diente demasiado y se pasa de la posición final deseada, añadir material para endurecer el alineador donde el diente se mueve para encontrarse con él; si se ha añadido una cantidad máxima de material de accionamiento, añadir material para sobrecorregir el reposicionamiento del diente y no añadir material de accionamiento; si el movimiento del diente es en una dirección distinta a la dirección deseada, retirar y añadir material para reorientar el diente.

En una realización alternativa, ilustrada en las FIGS. 5B y 5C, se computa una configuración absoluta del alineador, en lugar de una diferencia gradual. Como se muestra en la FIG. 5B, un procedimiento 460 computa una configuración absoluta para un alineador en una región de un diente actual. Usando los datos de entrada descritos anteriormente, el procedimiento computa la diferencia entre la posición final deseada y la posición final alcanzada por el diente actual (462). Usando la intersección de la línea central del diente con el nivel de tejido gingival como punto de referencia, el procedimiento computa el complemento de la diferencia en los seis grados de libertad de movimiento, en concreto, tres grados de traslación y tres grados de rotación (etapa 464). A continuación, el diente modelo se desplaza de su posición final deseada por las cantidades de las diferencias complementarias (etapa 466), que se ilustra en la FIG. 5B.

La FIG. 5D muestra una vista en planta de un alineador 60 modelo ilustrativo sobre un diente 62 modelo ilustrativo. El diente está en su posición final deseada y la forma del alineador está definida por el diente en esta posición final. El movimiento real del diente calculado por el análisis de elementos finitos se ilustra como la colocación del diente en la posición 64 en lugar de en la posición 62 deseada. Un complemento de la posición final computada se ilustra como posición 66. La siguiente etapa del procedimiento 460 (FIG. 5B) define el alineador en la región del diente actual en esta iteración del procedimiento mediante la posición del diente modelo desplazado (etapa 468) calculada en la etapa (466) anterior. Esta configuración computada para el alineador en la región del diente actual se ilustra en la FIG. 5D como la forma 68 que está definida por el diente modelo reposicionado en la posición 66.

Una etapa adicional del procedimiento 460, que también puede implementarse como una regla 452 (FIG. 5A), se muestra en la FIG. 5C. Para mover el diente actual en la dirección de su eje central, el tamaño del diente modelo que define esa región del alineador o la cantidad de espacio disponible en el alineador para el diente, se reduce en la zona alejándose de la zona desde la que el procedimiento ha decidido mover el diente (etapa 465).

Como se muestra en la FIG. 6, el procedimiento 200 (FIG. 2) de computación de la forma para un alineador para una etapa en una trayectoria de tratamiento es una etapa en un procedimiento 600 de computación de formas de una serie de alineadores. Este procedimiento 600 empieza con una etapa 602 de inicialización en la que se obtienen los datos iniciales y los valores de control y limitación.

Cuando se ha encontrado una configuración de alineador para cada etapa o segmento de la trayectoria de tratamiento (etapa 604), el procedimiento 600 determina si todos los alineadores son aceptables (etapa 606). Si lo son, el procedimiento se ha completado. Por otro lado, el procedimiento emprende opcionalmente un conjunto de etapas 610 en un intento por calcular un conjunto de alineadores aceptables. En primer lugar, se ha relajado una o

más de las limitaciones de los alineadores (etapa 612). Entonces, para cada segmento de trayectoria con un alineador inaceptable, se realiza el procedimiento 200 (FIG. 2) de conformación de un alineador con las nuevas limitaciones (etapa 614). Si todos los alineadores son ahora aceptables, el procedimiento 600 se sale (etapa 616).

Los alineadores puede ser inaceptables por una variedad de razones, algunas de las cuales las gestiona el procedimiento. Por ejemplo, si se requiriera algún desplazamiento imposible (etapa 620 de decisión), es decir, si se requiriera que el procedimiento 200 de cálculo de la forma (FIG. 2) para efectuar un movimiento para el que no hubiera ninguna regla o ajuste disponible, el procedimiento 600 procede a ejecutar un módulo que calcula la configuración de una sujeción de fijación al diente objeto al que pueden aplicarse fuerzas para efectuar el movimiento requerido (etapa 640). Dado que añadir una fijación puede tener un efecto que no sea solo local, cuando se añaden fijaciones al modelo, el bucle externo del procedimiento 600 se ejecuta de nuevo (etapa 642).

Si no se requiere ningún desplazamiento imposible (rama "no" de la etapa 620), el procedimiento transfiere el control a un procedimiento de definición de etapa (tal como la etapa 150, La FIG. 1) para redefinir aquellas partes de la trayectoria de tratamiento que tengan alineadores inaceptables (etapa 630). Esta etapa puede incluir el cambiar los incrementos del movimiento dental, es decir, cambiando la segmentación, en la trayectoria de tratamiento, cambiando la trayectoria seguida por uno o más dientes en la trayectoria de tratamiento, o ambos. Una vez que se ha redefinido la trayectoria de tratamiento, se ejecuta de nuevo el bucle externo del procedimiento (etapa 632). El recálculo está ventajosamente limitado a recalcular solo estos alineadores en las partes redefinidas de la trayectoria de tratamiento. Si todos los alineadores son ahora aceptables, el procedimiento se sale (etapa 634). Si sigue habiendo alineadores inaceptables, el procedimiento puede repetirse hasta que se encuentre un conjunto aceptable de alineadores o se supere un límite de iteraciones (etapa 650). En este punto, así como en otros puntos de los procedimientos que se describen en esta memoria descriptiva, tal como el cómputo de fijaciones adicionales (etapa 640), el procedimiento puede interactuar con un operador humano, tal como un especialista clínico o técnico, para solicitar asistencia (etapa 652). La asistencia que un operador proporciona puede incluir la definición o selección de sujeciones adecuadas a unirse a un diente o un hueso, la definición de un elemento elástico añadido para proporcionar una fuerza necesaria para uno o más segmentos de la trayectoria de tratamiento, la sugerencia de una alteración en la trayectoria de tratamiento, bien en la trayectoria de movimiento de un diente o en la segmentación de la trayectoria de tratamiento y aprobar una desviación o relajación de una limitación operativa.

Como se ha mencionado anteriormente, el procedimiento 600 está definido y parametrizado por varios elementos de los datos de entrada (etapa 602). En una implementación, estos datos de inicialización y definición incluyen los siguientes elementos: un límite de iteraciones para el bucle externo del procedimiento; la especificación de factores de mérito que se calculan para determinar si un alineador es lo bastante bueno (véase la FIG. 2, etapa 270); una especificación del material de alineador; una especificación de las limitaciones que la forma o configuración de un alineador deben satisfacer para ser aceptables; una especificación de las fuerzas, movimientos de posicionamiento y velocidades que son ortodónticamente aceptables; una trayectoria de tratamiento inicial, que incluye la trayectoria de movimiento para cada diente y una segmentación de la trayectoria de tratamiento en segmentos, lográndose cada segmento mediante un alineador; una especificación de las formas y posiciones de cualquier anclaje instalado en los dientes o de otra forma; y una especificación de un modelo de un hueso maxilar y otros tejidos en o sobre los que se sitúan los dientes (en la implementación que se está describiendo, este modelo consiste en un modelo de un fluido viscoso de sustrato en el que los dientes están embebidos y tiene las condiciones límites que definen esencialmente un contenedor para el fluido).

La FIG. 7 es un ejemplo de diagrama de un modelo estadístico de raíz. Como se muestra en la misma, al usar los procedimientos de escaneado descritos anteriormente, se identifica una parte 700 superior escaneada de cada diente. La parte superior escaneada, incluyendo la corona, se complementa entonces con una raíz modelada en 3D. El modelo en 3D de la raíz puede modelarse estadísticamente. El modelo en 3D de la raíz 702 y el modelo en 3D de la parte superior 700 forman juntos un modelo completo 3D de un diente.

La FIG. 8 muestra ejemplos de diagramas de modelado de raíz, mejorados usando información dental adicional. En la FIG. 8, la información dental adicional es información de rayos X. Se escanea una imagen 710 de rayos X para proporcionar una vista en 2D de las formas completas del diente. Se identifica un perfil del diente diana en la imagen de rayos X. El modelo 712 como se ha desarrollado en la FIG. 7 se modificas de conformidad con la información adicional. En una realización, el modelo dental de la FIG. 7 se transforma para formar un modelo 714 nuevo que se conforma con los datos de los rayos X.

La FIG. 9 muestra ejemplos de diagramas de un escaneado de dientes por TC. En esta realización, las raíces se derivan directamente de un escaneado de alta resolución CBCT del paciente. Las raíces escaneadas pueden entonces aplicarse a las coronas derivadas de una impresión o usarse con las coronas existentes extraídas a partir de los datos de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Una única exploración CBCT proporciona datos 3D y múltiples formas de datos de tipo rayos X. se evitan impresiones en PVS.

En un modo de realización, una fuente de haz cónico y un detector de área de 2D escanea la anatomía dental del paciente, preferentemente sobre un intervalo angular de 360 grados y a lo largo de toda su longitud, mediante uno de diversos procedimientos en el que la posición del detector de área es fija con respecto a la fuente y un desplazamiento relativo de rotación y traslación entre la fuente y el objeto proporciona el escaneado (irradiación del

objeto mediante una energía de radiación). Como resultado del desplazamiento relativo de la fuente del haz cónico a una pluralidad de posiciones de fuente (es decir, "vistas") a lo largo de la trayectoria de escaneado, el detector adquiere una pluralidad correspondiente de conjuntos secuenciales de datos de proyección de haces cónicos (también denominados en el presente documento datos de haz cónico o datos de proyección), siendo cada conjunto de datos de haz cónico representativo de una atenuación de rayos x provocada por el objeto en una de las respectivas posiciones de la fuente.

La FIG. 10 muestra un ejemplo de interfaz de usuario que muestra dientes erupcionados, mientras que la FIG. 11 muestra el ejemplo de diagrama de los dientes de la FIG. 10 con información sobre la raíz. Cada diente puede ajustarse individualmente usando un mango adecuado. En una realización de las FIGS. 10 y 11, el mango le permite a un operador mover el diente en tres dimensiones con seis grados de libertad.

El desplazamiento de los dientes se guía en parte usando un sistema de secuenciación basado en la raíz. En una realización, el desplazamiento está limitado por una limitación de área superficial. En otra realización, el desplazamiento está limitado por una limitación de volumen.

En un modo de realización, el sistema determina un área superficial para cada modelo dental. El sistema entonces suma todas las áreas superficiales para todos los modelos dentales a mover. A continuación, el sistema suma todas las áreas superficiales de todos los modelos dentales en el arco. Para cada estadio de desplazamiento de los dientes, el sistema comprueba que una relación predeterminada de área o limitación se cumpla mientras se mueven los modelos dentales. En una implementación, la limitación puede ser garantizar que las áreas superficiales de los dientes en movimiento sean inferiores al total de áreas superficiales de los dientes en un arco que soporta los dientes que se están moviendo. Si la relación es mayor que un número particular tal como un 50 %, el sistema indica una señal de error a un operador para indicar que los dientes deberían moverse a un ritmo más lento.

En otra realización, el sistema determina el volumen para cada modelo dental. El sistema entonces suma los volúmenes para todos los modelos dentales que se están moviendo. A continuación, el sistema determina el volumen total de todos los modelos dentales en el arco. Para cada estadio de desplazamiento de los dientes, el sistema comprueba que una relación predeterminada de volumen o limitación se cumpla mientras se mueven los modelos dentales. En una implementación, la limitación puede ser garantizar que el volumen de los dientes en movimiento sea inferior al volumen de todos los dientes en un arco que soporta los dientes que se están moviendo. Si la relación es mayor que un número particular tal como un 50 %, el sistema indica una señal de error a un operador para indicar que los dientes deberían moverse a un ritmo más lento.

Opcionalmente, se añaden otras características a los conjuntos de datos del modelo dental para producir las características deseadas en los alineadores. Por ejemplo, podría ser deseable añadir parches de cera digitales para definir cavidades o recesos para mantener un espacio entre el alineador y las regiones particulares de los dientes o del maxilar. También podría resultar deseable añadir parches digitales de cera para definir formas corrugadas u otras formas estructurales para crear regiones que tengan una rigidez particular u otras propiedades estructurales. En los procedimientos de fabricación que dependen de la generación de modelos positivos para producir el aparato de reposicionamiento, al añadir un parche de cera al modelo digital se generará un molde positivo que tiene la misma geometría de parche de cera añadido. Esto puede hacerse globalmente definiendo la forma base de los alineadores o en el cálculo de formas de alineador particulares. Una característica que puede añadirse es un reborde alrededor de la línea de encías, que puede producirse añadiendo un modelo digital de alambre en la línea de encías del modelo de dientes digitales a partir del cual se fabrica el alineador. Cuando se fabrica un alineador por encajado a presión de un material polimérico sobre un modelo físico positivo de los dientes digitales, el alambre junto con la línea de encía hace que el alineador tenga un reborde a su alrededor que proporciona una rigidez adicional a lo largo de la línea de encías.

En otra técnica opcional de fabricación, se encajan dos láminas de material a presión sobre el modelo dental positivo, donde una de las láminas se corta a lo largo del arco apical del alineador y la otra se superpone encima. Esto proporciona un doble espesor de material alineador a lo largo de las paredes verticales de los dientes.

Los cambios que pueden hacerse en el diseño de un alineador están limitados por la técnica de fabricación que se usará para producirlo. Por ejemplo, si el alineador se hará encajando a presión una lámina polimérica sobre un modelo positivo, el espesor del alineador viene determinado por el espesor de la lámina. Como consecuencia, el sistema ajustará generalmente el rendimiento del alineador cambiando la orientación de los dientes modelo, el tamaño de partes de los dientes modelo, la posición y selección de sujeciones y la adición o eliminación de material (por ejemplo, añadir alambres o crear hoyuelos) para cambiar la estructura del alineador. Opcionalmente, el sistema puede ajustar el alineador especificando que uno o más de los alineadores se han de hacer de una lámina con un espesor distinto al estándar, para proporcionar más o menos fuerza a los dientes. Por otro lado, si el alineador se hará mediante un procedimiento de estereolitografía, el espesor del alineador puede variarse localmente y características estructurales como rebordes, hoyuelos, y corrugados pueden añadirse sin modificar el modelo digital de los dientes.

La FIG. 12 muestra otro conjunto de métricas relacionadas con un desplazamiento dental planeado. En esta realización, se determina un volumen de un diente 800 a mover. Después de un desplazamiento, el sistema

determina un volumen 802 que se está desplazando cuando se mueve una parte del modelo dental (la raíz). El sistema determina una primera suma para volúmenes desplazados de todos los modelos dentales a mover en un arco; determina una segunda suma para volúmenes de raíz de todos los modelos dentales en el arco; y garantiza que se satisface una limitación predeterminada de volumen mientras se mueven los modelos dentales.

Un ejemplo de pseudocódigo para determinar el volumen desplazado es como sigue:

```
Procedimiento calcular Volumen Desplazado (posición 1, posición 2 del diente)

Dividir espacio entre los elementos de volumen (voxels)

Definir una región de interés del modelo dental (por ejemplo, solo raíces)

Mover diente a posición 1

elementSet1 = Definir conjunto de elementos de volumen dentro de la región de interés

volumen = recuento de número de elementos en elementSet1

Mover diente a posición 2

elementSet2 = Definir conjunto de elementos de volumen dentro de la región de interés

volumen = volumen + recuento de número de elementos en elementSet2

elementSet3 = Definir conjunto de elementos de volumen en común entre elementSet1 y elementSet2

compartido = recuento de número de elementos en elementSet3

volumen = volumen - compartido
```

La FIG. 13 muestra un ejemplo de procedimiento para tratar dientes basándose en datos de la raíz. El procedimiento primero calcula una o más métricas basadas en la raíz en todos los modelos (850) dentales. El procedimiento determina entonces qué dientes se están moviendo (852). A continuación, el procedimiento determina las métricas sobre los dientes (854) en movimiento. Se evalúa una o más métricas respecto a las limitaciones (856) clínicas. El procedimiento comprueba entonces si se ha infringido una o más limitaciones (858). Si no, el procedimiento se acaba. Como alternativa, a partir de 858, el procedimiento ajusta el desplazamiento de los dientes (860) que se mueven y repite la comprobación respecto a una infracción de limitaciones.

También puede usarse el sistema para modelar los efectos de aparatos más tradicionales tales como retenedores y frenillos y por lo tanto usarse para generar diseños y programas de tratamiento óptimos para particulares.

Los aspectos sobre el tratamiento de datos de la invención en circuitos electrónicos digitales o en un equipo informático, firmware, programas informáticos o en combinaciones de los mismos. El aparataje de procesamiento de datos de la invención puede implementarse en un programa informático incorporado tangiblemente en un dispositivo de almacenamiento legible por una máquina para su ejecución mediante un procesador programable; y etapas de procedimiento de tratamiento de datos de la invención pueden realizarse mediante un procesador programable que ejecuta un programa de instrucciones para realizar funciones de la invención operando sobre datos de entrada y generando una salida. Los aspectos del tratamiento de datos pueden implementarse ventajosamente en uno o más programas de ordenador que sean ejecutables en un sistema programable que incluya al menos un procesador programable acoplado para recibir datos e instrucciones de y para transmitir datos e instrucciones a un sistema de almacenamiento de datos, al menos un dispositivo de entrada y al menos un dispositivo de salida. Cada programa de ordenador puede implementarse en un lenguaje de programación de alto nivel procesual y/o orientado a objetos, o, en lenguaje ensamblador o máquina, si se desea; y, en cualquier caso, el lenguaje puede ser un lenguaje compilado o interpretado. Entre los procesadores adecuados se incluyen, a modo de ejemplo, tanto microprocesadores de propósito general como específico. Generalmente, un procesador recibirá instrucciones y datos de una memoria de solo lectura y/o una memoria de acceso aleatorio. Entre los dispositivos de almacenamiento adecuados para materializar tangiblemente instrucciones de programa de ordenador y datos se incluyen todas las formas de memoria no volátil, incluyendo a modo de ejemplo, dispositivos de memoria semiconductores, tales como EPROM, EEPROM y dispositivos de memoria flash; discos magnéticos tales como discos duros y discos amovibles; discos magneto-ópticos; y discos CD-ROM. Cualquiera de los anteriores puede complementarse con, o incorporarse a, ASIC (circuitos integrados de aplicación específica).

Para proporcionar una interacción con un usuario, la invención puede implementarse usando un sistema informático que tenga un dispositivo de visualización tal como un monitor o pantalla LCD (visor de cristal líquido) para mostrar información al usuario y dispositivos de entrada mediante los cuales el usuario puede introducir datos en el sistema informático tal como un teclado, un dispositivo puntero bidimensional tal como un ratón o rueda de desplazamiento, o un dispositivo puntero tridimensional tal como un guante de datos o un ratón giroscópico. El sistema informático puede programarse para proporcionar una interfaz gráfica de usuario a través de la cual el programa de ordenador

interacciona con los usuarios. El sistema informático puede programarse para proporcionar una realidad virtual, una interfaz de visualización tridimensional.

Se ha descrito la invención en términos de realizaciones particulares. Otras realizaciones se encuentran dentro del ámbito de las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, las etapas de la invención pueden realizarse en un orden distinto y aun así obtener los resultados deseados.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento implementado por ordenador para la planificación de una reposición de dientes de un paciente, que comprende:

proporcionar un modelo digital de cada diente en un arco del paciente;
determinar uno o más parámetros dentales a partir del modelo digital;
mover digitalmente uno o más modelos dentales y evaluar una o más métricas de tratamiento basándose en una o más limitaciones clínicas del desplazamiento de la raíz, que además comprende:

determinar un área superficial, un volumen o un volumen de raíz para cada modelo dental, y
determinar una primera suma para dichas áreas superficiales, volúmenes o volúmenes de raíz para todos los modelos dentales a mover en un arco;
determinar una segunda suma para dichas áreas superficiales, volúmenes o volúmenes de raíz para todos los modelos dentales en el arco; y
satisfacer una limitación de área o volumen respectiva predeterminada mientras se mueven los modelos dentales.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende generar una pluralidad de aparatos que tengan geometrías seleccionadas para reposicionar progresivamente los dientes, en el que los aparatos comprenden carcasas poliméricas que tienen cavidades y en el que las cavidades de las sucesivas carcasas tienen diferentes geometrías conformadas para recibir y reposicionar elásticamente dientes desde una disposición a una disposición sucesiva.

3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la secuencia de aparatos incluye una secuencia de configuraciones de frenillos, incluyendo los frenillos abrazaderas y arcos de alambre, o en el que la secuencia de aparatos incluye una secuencia de carcasas poliméricas fabricadas ajustando láminas poliméricas sobre modelos positivos correspondientes a los dientes del paciente.

4. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la secuencia de aparatos incluye una secuencia de carcasas poliméricas fabricadas por estereolitografía a partir de modelos digitales.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que las limitaciones clínicas incluyen una velocidad máxima de desplazamiento de un diente, una fuerza máxima sobre un diente y una posición final deseada de un diente.

6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que la fuerza máxima es una fuerza lineal o una fuerza de torsión, y/o en el que la velocidad máxima de desplazamiento es una velocidad de desplazamiento lineal o angular.

7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que las limitaciones clínicas incluyen una velocidad máxima de desplazamiento de un diente, y/o una velocidad máxima de desplazamiento lineal de un diente, y/o una velocidad máxima de desplazamiento rotatorio de un diente.

8. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la última de la secuencia de aparatos es un posicionador para el acabado y mantenimiento de las posiciones de los dientes.

9. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende determinar un área superficial, o volumen para, o un volumen desplazado por, una parte del modelo dental.

10. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:

determinar una primera suma para áreas superficiales de raíz para todos los modelos dentales a mover en un arco;
determinar una segunda suma para áreas superficiales de raíz de todos los modelos dentales en el arco;
satisfacer una limitación de área predeterminada mientras se mueven los modelos dentales.

11. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 10, que además comprende limitar la relación de la primera suma respecto a la segunda suma para que no supere un valor predeterminado.

12. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 10, que además comprende limitar la primera suma a menos de la mitad de la segunda suma.

13. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:

determinar una primera suma para volúmenes desplazados de todos los modelos dentales a mover en un arco;
determinar una segunda suma para volúmenes de raíz de todos los modelos dentales en el arco;
satisfacer una limitación de volumen predeterminada mientras se mueven los modelos dentales.

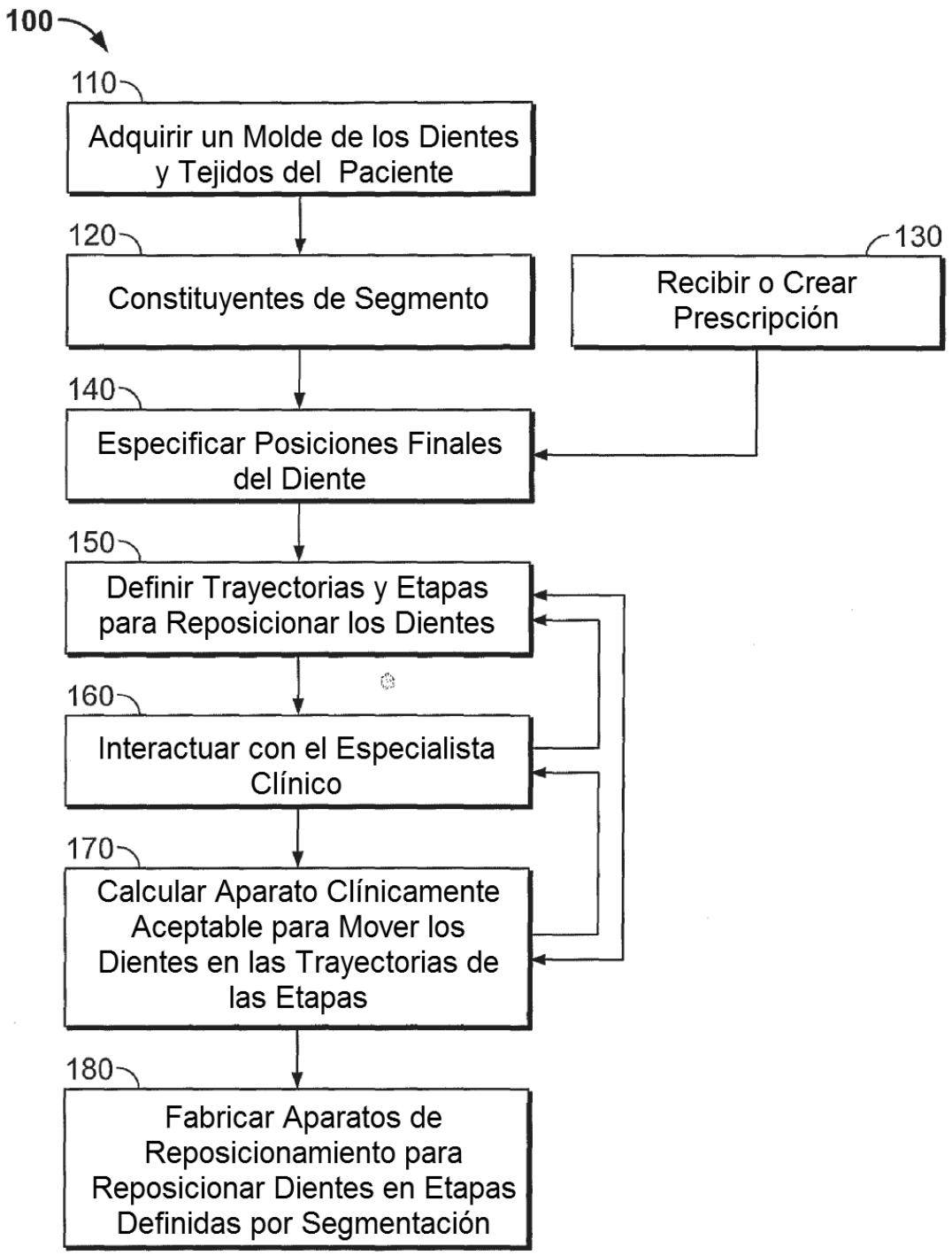
100
110
Adquirir un Molde de los Dientes y Tejidos del Paciente
120
Constituyentes de Segmento
130
Recibir o Crear Prescripción
140
Especificar Posiciones Finales del Diente
150
Definir Trayectorias y Etapas para Reposicionar los Dientes
160
Interactuar con el Especialista Clínico
170
Calcular Aparato Clínicamente Aceptable para Mover los Dientes en las Trayectorias de las Etapas
180
Fabricar Aparatos de Reposicionamiento para Reposicionar Dientes en Etapas Definidas por Segmentación

FIG. 1

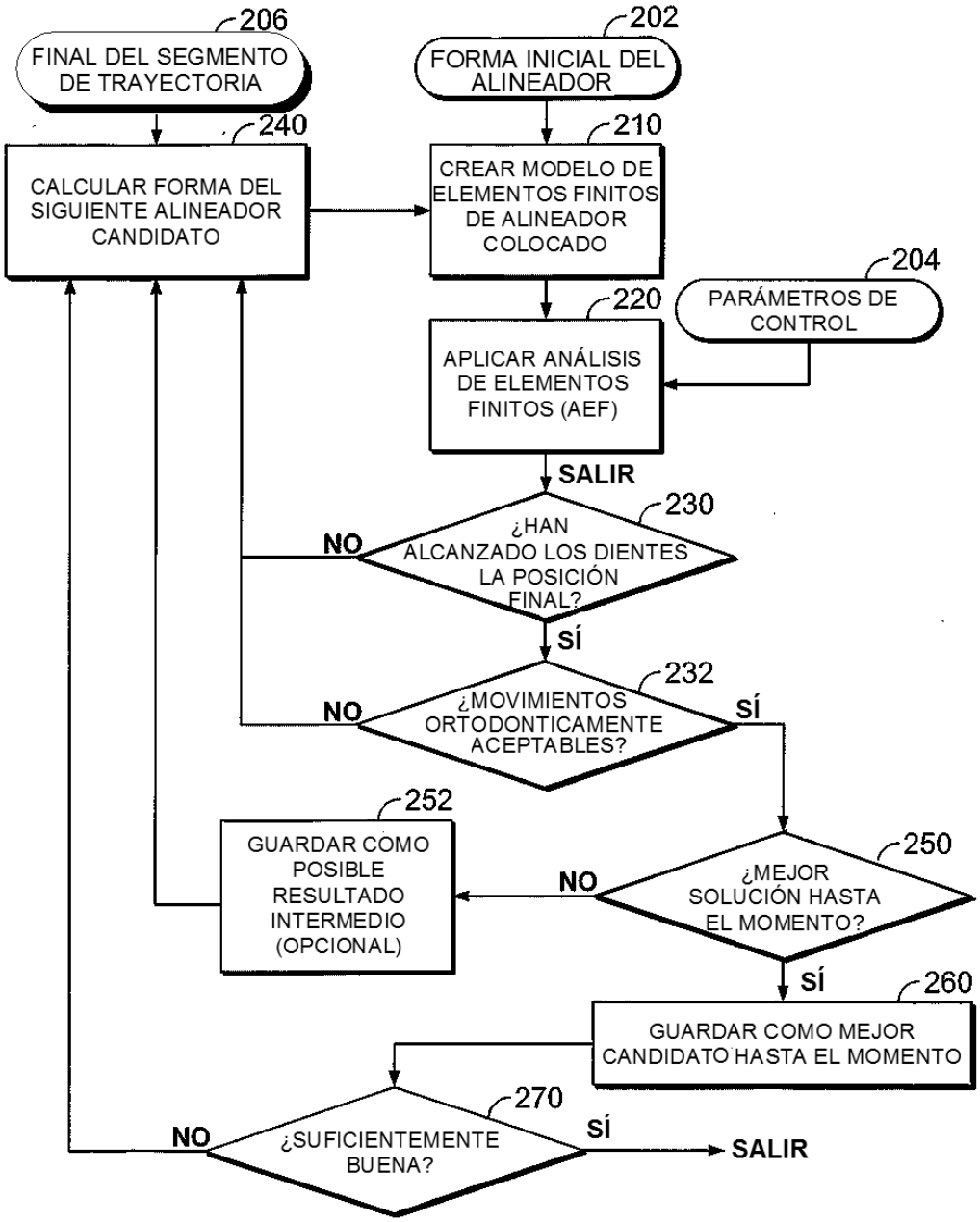
206
FINAL DEL SEGMENTO DE TRAYECTORIA
202
FORMA INICIAL DEL ALINEADOR
240
CALCULAR FORMA DEL SIGUIENTE ALINEADOR CANDIDATO
210
CREAR MODELO DE ELEMENTOS FINITOS DE ALINEADOR COLOCADO
204
PARÁMETROS DE CONTROL
220
APLICAR ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS (AEF)
SALIR
230
¿HAN ALCANZADO LOS DIENTES LA POSICIÓN FINAL?
NO
SÍ
232
¿MOVIMIENTOS ORTODONTICAMENTE ACEPTABLES?
NO
SÍ
252
GUARDAR COMO POSIBLE RESULTADO INTERMEDIO (OPCIONAL)
250
¿MEJOR SOLUCIÓN HASTA EL MOMENTO?
NO
SÍ
260
GUARDAR COMO MEJOR CANDIDATO HASTA EL MOMENTO
270
¿SUFICIENTEMENTE BUENA?
NO
SÍ
SALIR

FIG. 2

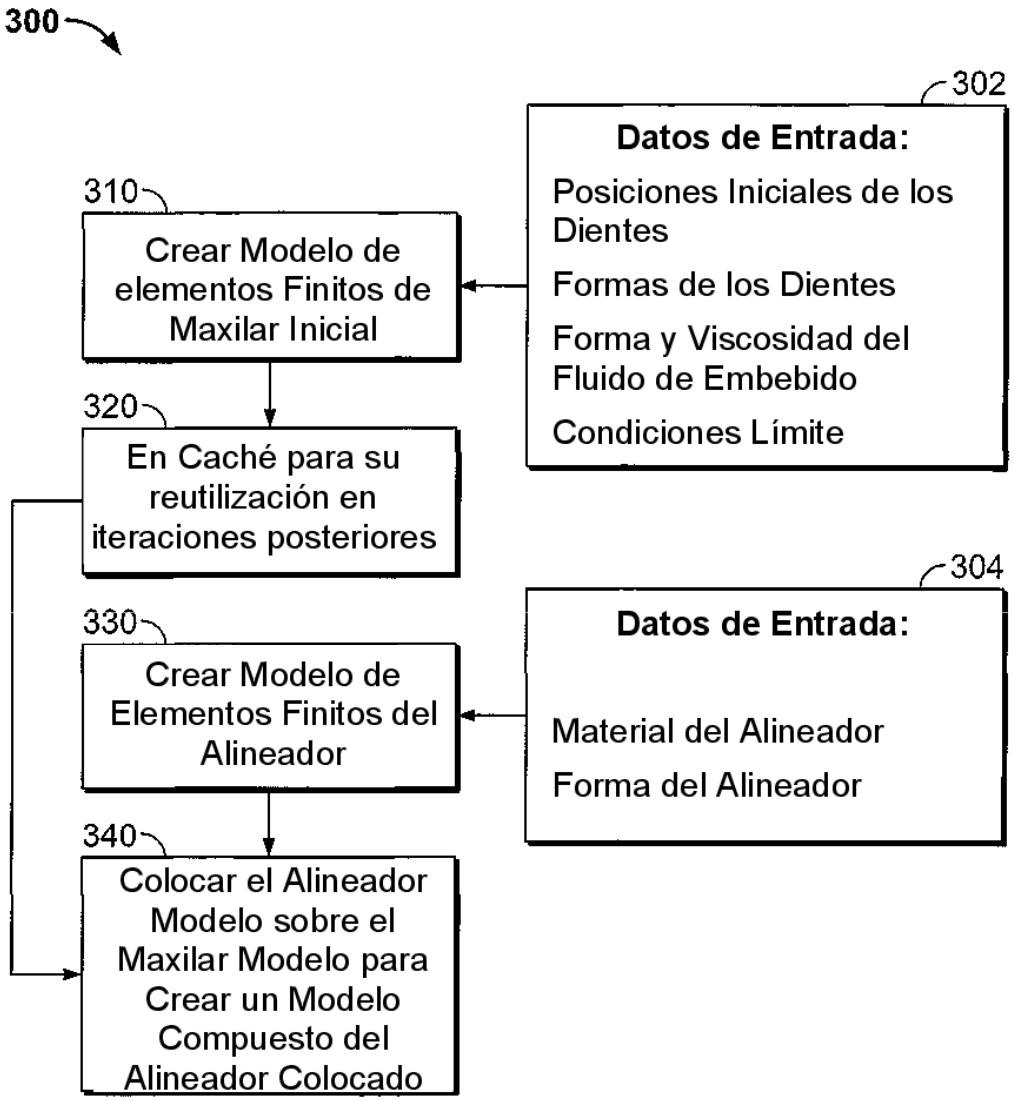
300
302
Datos de Entrada:
Posiciones Iniciales de los Dientes
Formas de los Dientes
Forma y Viscosidad del Fluido de Embebido
Condiciones Límite
310
Crear Modelo de elementos Finitos de Maxilar Inicial
320
En Caché para su reutilización en iteraciones posteriores
304
Datos de Entrada:
Material del Alineador
Forma del Alineador
330
Crear Modelo de Elementos Finitos del Alineador
340
Colocar el Alineador Modelo sobre el Maxilar Modelo para Crear un Modelo Compuesto del Alineador Colocado

FIG. 3

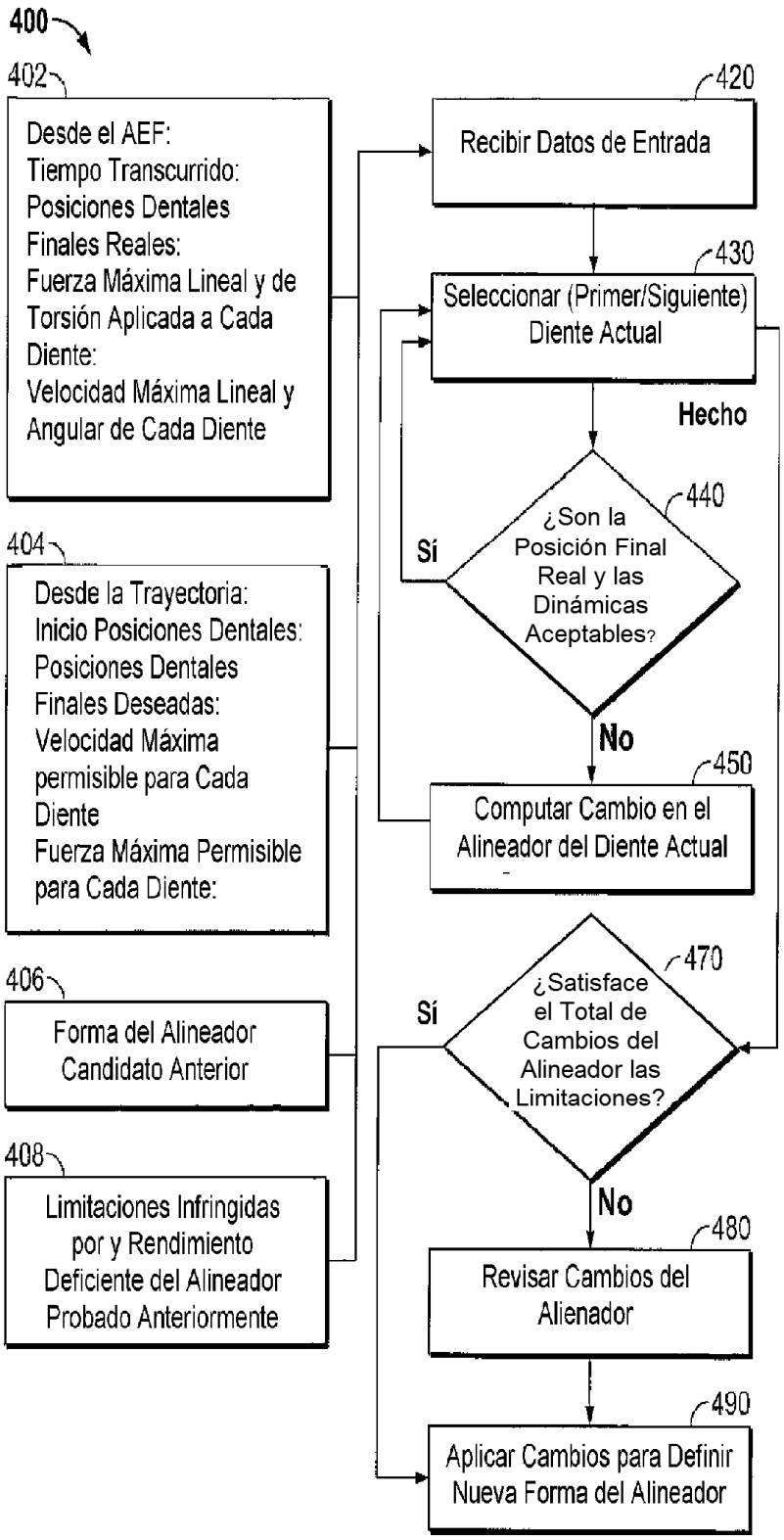
400
402
Desde el AEF:
Tiempo Transcurrido:
Posiciones Dentales Finales Reales:
Fuerza Máxima Lineal y de Torsión Aplicada a Cada Diente:
Velocidad Máxima Lineal y Angular de Cada Diente
404
Desde la Trayectoria:
Inicio Posiciones Dentales:
Posiciones Dentales Finales Deseadas:
Velocidad Máxima permisible para Cada Diente
Fuerza Máxima Permisible para Cada Diente:
406
Forma del Alineador Candidato Anterior
408
Limitaciones Infringidas por y Rendimiento Deficiente del Alineador Probado Anteriormente
420
Recibir Datos de Entrada
430
Seleccionar (Primer/Siguiente) Diente Actual
Hecho
440
¿Son la Posición Final Real y las Dinámicas Aceptables?
Sí
No
450
Computar Cambio en el Alineador del Diente Actual
470
¿Satisface el Total de Cambios del Alineador las Limitaciones?
Sí
No
480
Revisar Cambios del Alienador
490
Aplicar Cambios para Definir Nueva Forma del Alineador

FIG. 4

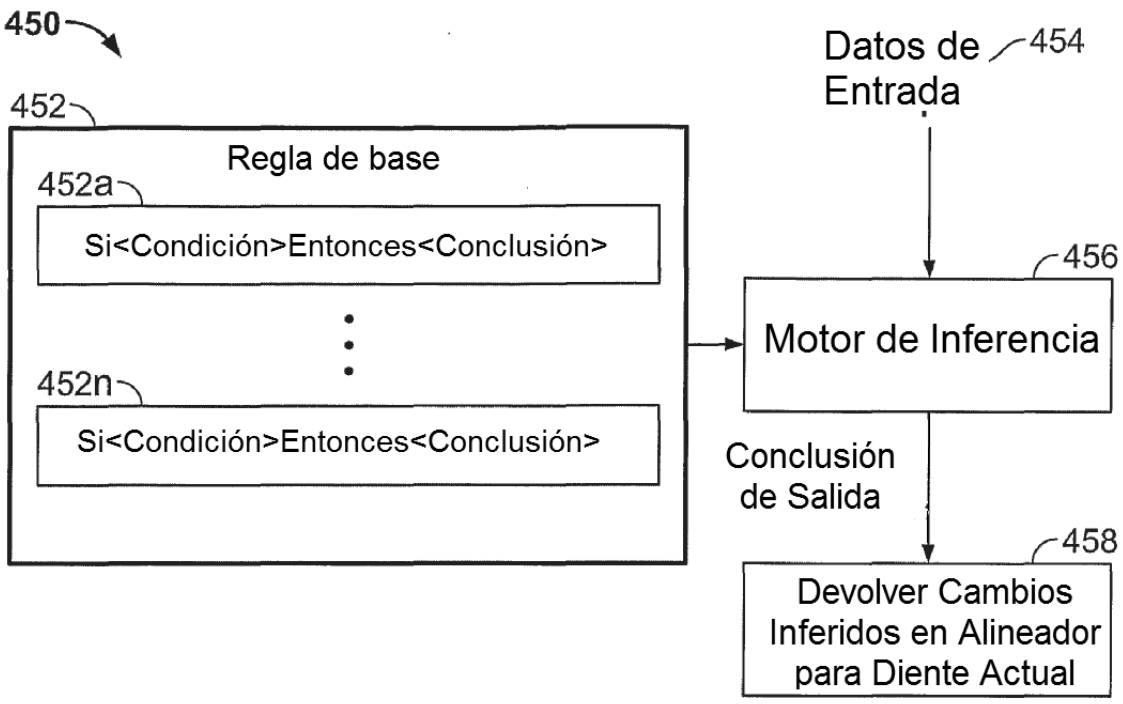
450
452
Regla de base
452a
Si<Condición>Entonces<Conclusión>
452n
Si<Condición>Entonces<Conclusión>
Datos de Entrada
454
456
Motor de Inferencia
Conclusión de Salida
458
Devolver Cambios Inferidos en Alineador para Diente Actual

FIG. 5A

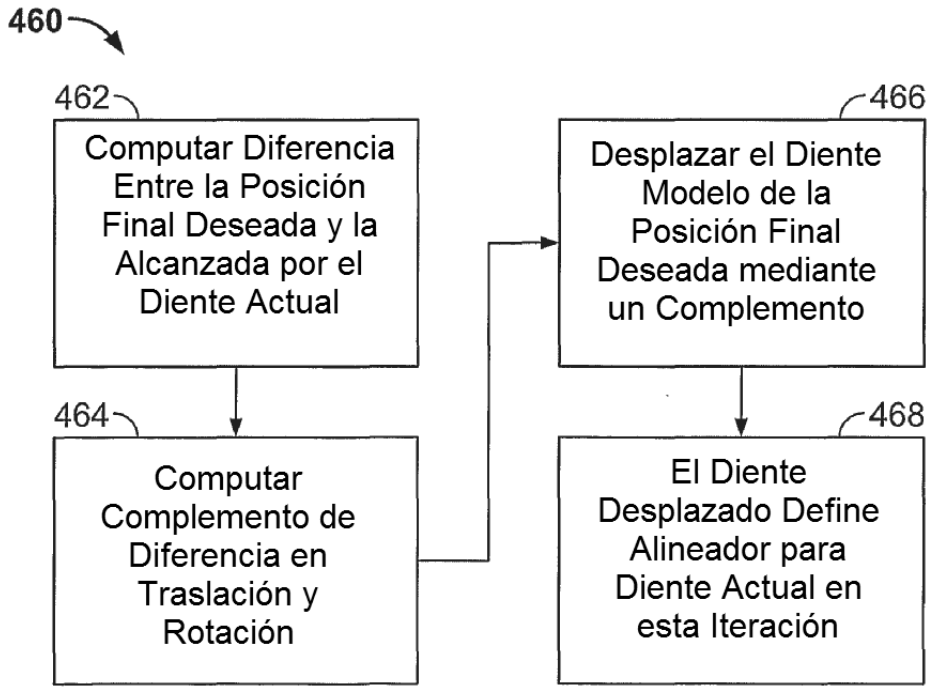
460
462
Computar Diferencia Entre la Posición Final Deseada y la Alcanzada por el Diente Actual
464
Computar Complemento de Diferencia en Traslación y Rotación
466
Desplazar el Diente Modelo de la Posición Final Deseada mediante un Complemento
468
El Diente Desplazado Define Alineador para Diente Actual en esta Iteración

FIG. 5B

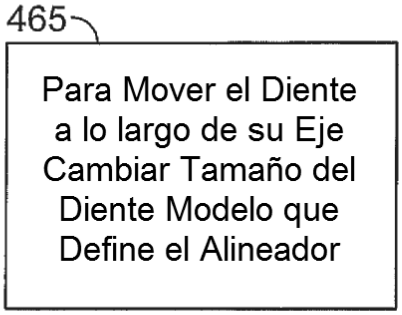
465
Para Mover el Diente a lo largo de su Eje Cambiar Tamaño del Diente Modelo que Define el Alineador

FIG. 5C

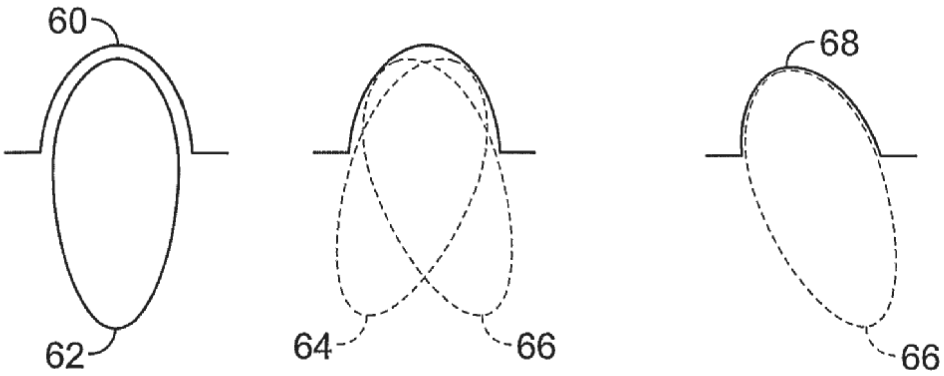
60
62
64
66
68
66

FIG. 5D

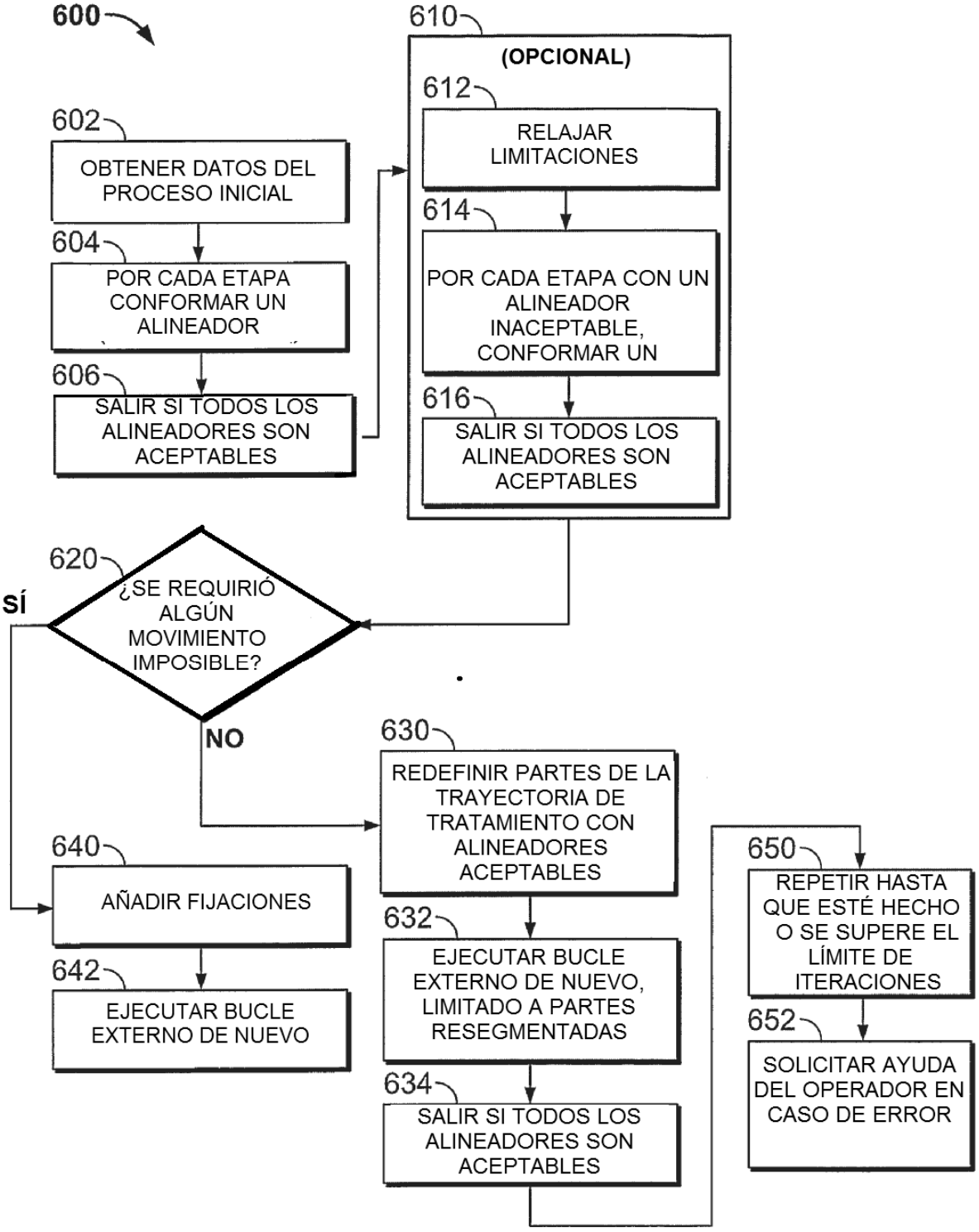
600
602
OBTENER DATOS DEL PROCESO INICIAL
604
POR CADA ETAPA CONFORMAR UN ALINEADOR
606
SALIR SI TODOS LOS ALINEADORES SON ACEPTABLES
610
(OPCIONAL)
612
RELAJAR LIMITACIONES
614
POR CADA ETAPA CON UN ALINEADOR INACEPTABLE, CONFORMAR UN
616
SALIR SI TODOS LOS ALINEADORES SON ACEPTABLES
620
¿SE REQUIRIÓ ALGÚN MOVIMIENTO IMPOSIBLE?
SÍ
NO
630
REDEFINIR PARTES DE LA TRAYECTORIA DE TRATAMIENTO CON ALINEADORES ACEPTABLES
632
EJECUTAR BUCLE EXTERNO DE NUEVO, LIMITADO A PARTES RESEGMENTADAS
634
SALIR SI TODOS LOS ALINEADORES SON ACEPTABLES
640
AÑADIR FIJACIONES
642
EJECUTAR BUCLE EXTERNO DE NUEVO
650
REPETIR HASTA QUE ESTÉ HECHO O SE SUPERE EL LÍMITE DE ITERACIONES
652
SOLICITAR AYUDA DEL OPERADOR EN CASO DE ERROR

FIG. 6

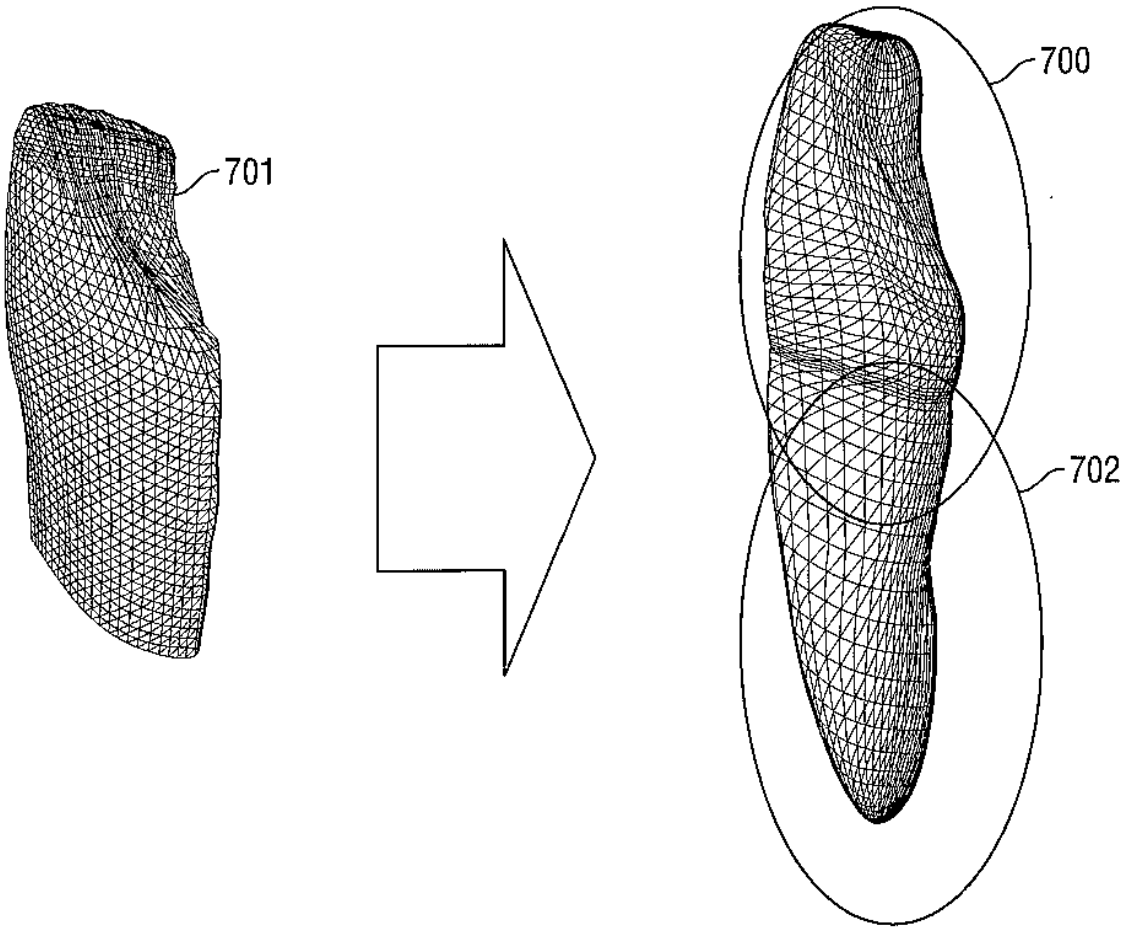

FIG. 7

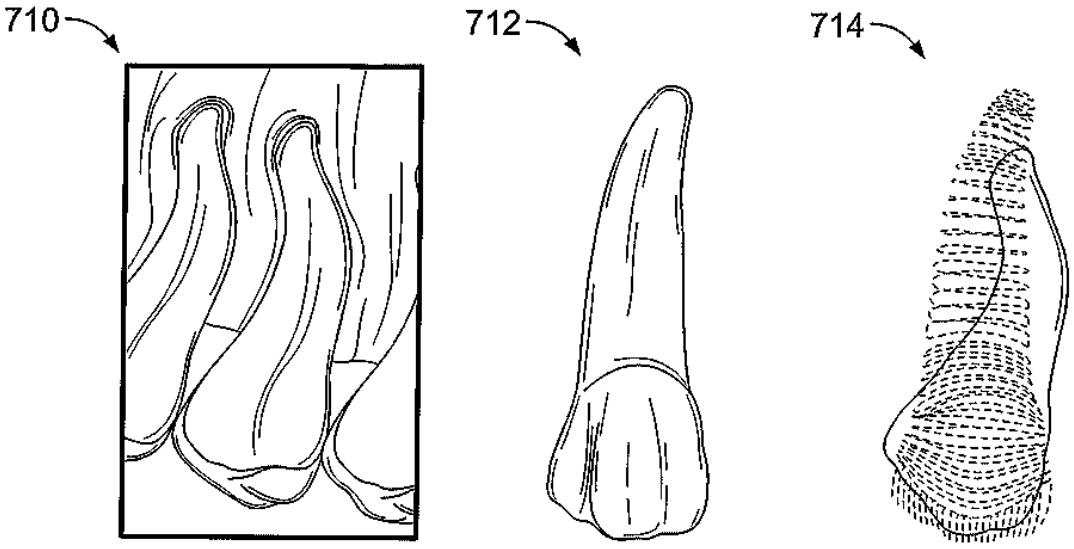

FIG. 8

FIG. 9

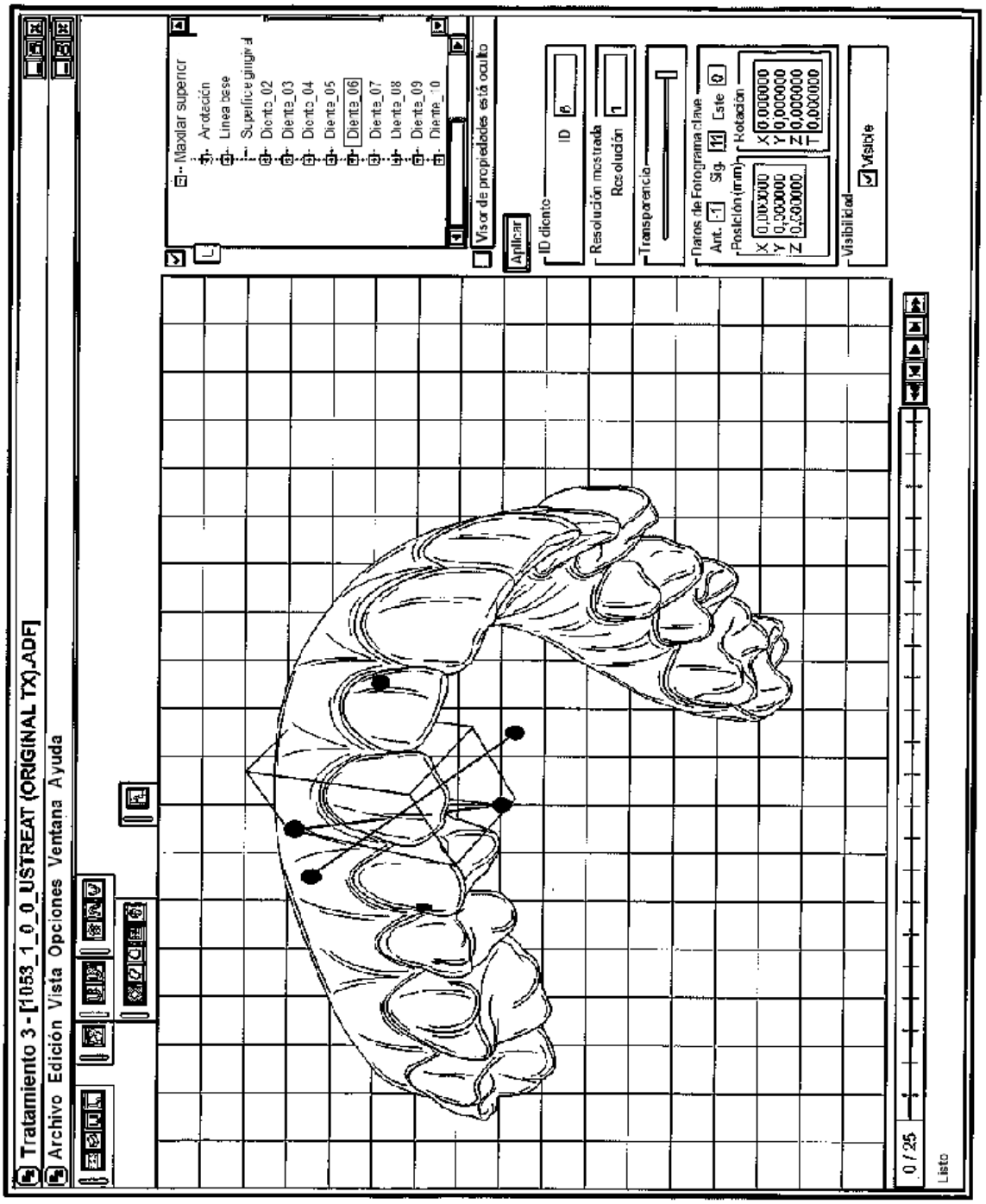
Tratamiento 3 - [1053_1_0_0_USTREAT (ORIGINAL TX).ADF]
Archivo Edición Vista Opciones Ventana Ayuda
Maxilar superior
Anotación
Línea base
Superficie gingival
Diente_02
Diente_03
Diente_04
Diente_05
Diente_06
Diente_07
Diente_08
Diente_09
Diente_10
Visor de propiedades está oculto
Aplicar
ID diente
ID
Resolución mostrada
Resolución
Transparencia
Datos de Fotograma clave
Ant.
Sig.
Este
Posición (mm)
Rotación
Visibilidad
Visible
0 / 25
Listo

FIG. 10

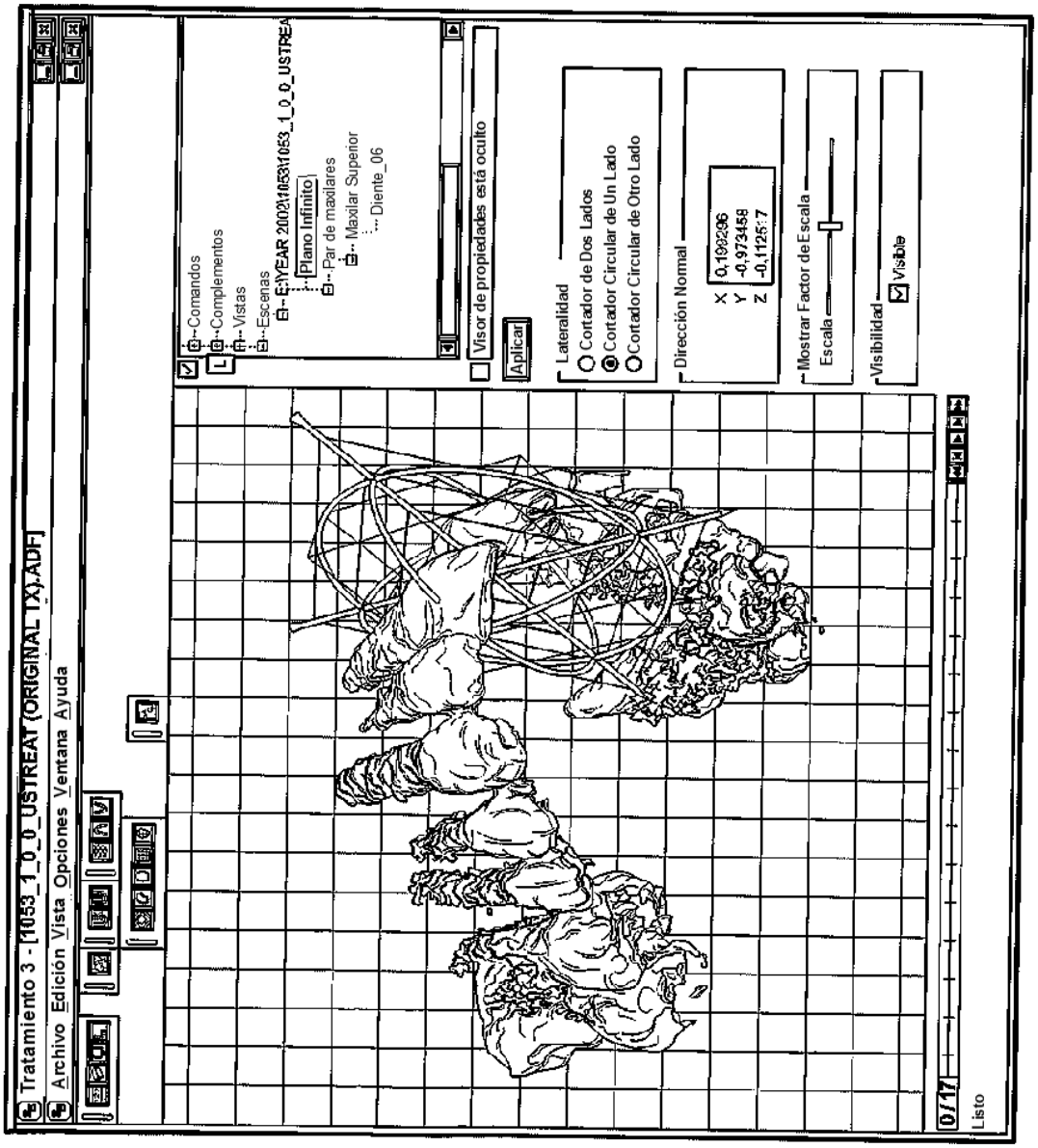
Tratamiento 3 - [1053_1_0_0_USTREAT (ORIGINAL TX).ADF]
Archivo Edición Vista Opciones Ventana Ayuda
Comandos
Complementos
Vistas
Escenas
E:\YEAR 2002\1053\1053_1_0_0_USTREA
Plano Infinito
Par de maxilares
Maxilar Superior
Diente_06
Visor de propiedades está oculto
Aplicar
Lateralidad
Cortador de Dos Lados
Cortador Circular de Un Lado
Cortador Circular de Otro Lado
Dirección Normal
X 0,199296
Y -0,973458
Z -0,1125:7
Mostrar Factor de Escala
Escala
Visibilidad
Visible
0 / 17
Listo

FIG. 11

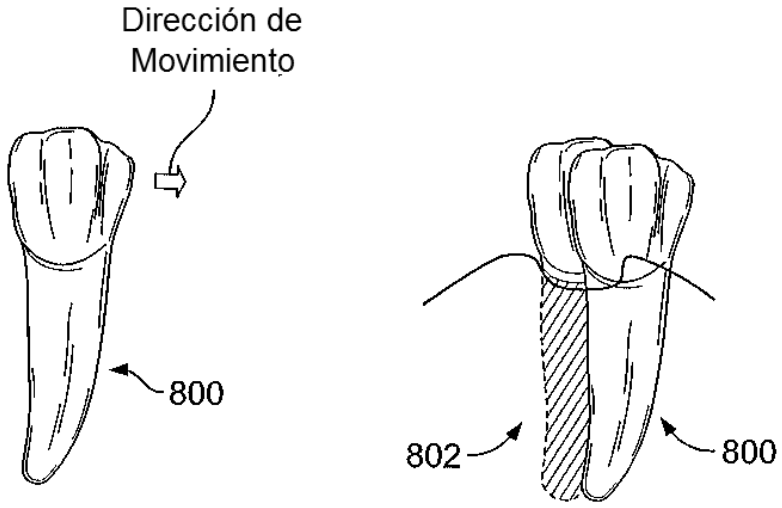
Dirección de
Movimiento
800
802
800

FIG. 12

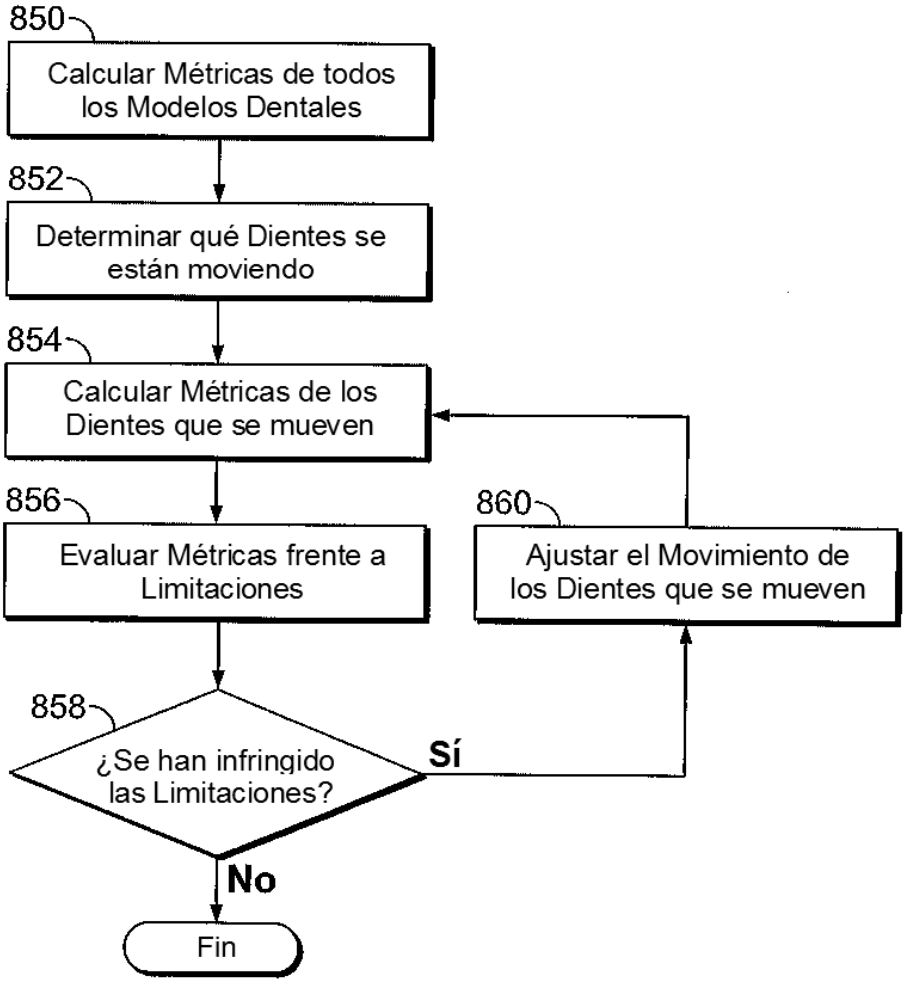
850
Calcular Métricas de todos los Modelos Dentales
852
Determinar qué Dientes se están moviendo
854
Calcular Métricas de los Dientes que se mueven
856
Evaluar Métricas frente a Limitaciones
860
Ajustar el Movimiento de los Dientes que se mueven
858
¿Se han infringido las Limitaciones?
Sí
No
Fin

FIG. 13