



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 338 286**

51 Int. Cl.:
A61C 7/00 (2006.01)
A61C 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99954825 .8**
96 Fecha de presentación : **08.10.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1178760**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.02.2002**

54 Título: **Método y aparato para diseñar aparatos ortodóncicos.**

30 Prioridad: **08.10.1998 US 169036**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.05.2010

73 Titular/es: **Align Technology, Inc.**
881 Martin Avenue
Santa Clara, California 95050, US

72 Inventor/es: **Chishti, Muhammad, Ziaullah, Khan y**
Beers, Andrew

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 338 286 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

Método y aparato para diseñar aparatos ortodóncicos.

5 Antecedentes

El presente invento está relacionado generalmente con el campo de la ortodoncia, y más particularmente con un sistema y un método para reposicionar los dientes gradualmente.

10 Un objetivo fundamental en ortodoncia es realinear los dientes de un paciente en posiciones en las que los dientes funcionen óptima y estéticamente. Típicamente, los dispositivos tales como abrazaderas se aplican a los dientes del paciente mediante un tratamiento de ortodoncia. Cada dispositivo ejerce unas fuerzas continuas sobre los dientes, las cuales gradualmente fuerzan a los dientes hacia sus posiciones ideales. A lo largo de un periodo de tiempo el ortodoncista ajusta los dispositivos para mover los dientes hacia su destino final.

15 El proceso de sujetar las abrazaderas a los dientes es tedioso y doloroso. Adicionalmente, cada visita al ortodoncista lleva tiempo y es cara. El proceso es además complicado por las incertidumbres en la determinación de una disposición final para cada diente. Generalmente, la disposición final del diente está determinada por el ortodoncista que realiza el tratamiento que hace una prescripción. Tradicionalmente, la prescripción está basada en el conocimiento y la experiencia del ortodoncista en la selección de la posición final prevista de cada diente y sin un cálculo preciso de las fuerzas que se están ejerciendo sobre los dientes cuando están en contacto unos con otros.

20 El documento US-A-5368478 describe un método para formar plantillas para la colocación a la medida de los dispositivos de ortodoncia en los dientes, particularmente para colocar soportes contra las superficies de los dientes, de forma que puedan ser unidos a los dientes. Las plantillas están realizadas con maquinaria controlada numéricamente que desarrolla las instrucciones de formación de la plantilla a partir de la forma digitalizada de datos de los dientes y a partir de representaciones digitales de las posiciones finales de los dientes y del diseño del dispositivo. Las instrucciones que forman la plantilla se deducen preferiblemente de los mismos datos y de información digital a partir de la cual se calculan las posiciones finales de los dientes y la geometría del dispositivo del cliente. La colocación final de los
30 dientes puede en ciertas realizaciones incluir el establecimiento de criterios de elevación de colmillos mediante cálculos rigurosos realizados a partir de datos medidos y estadísticos y atómicos, de forma que la altura de los colmillos y de los otros dientes pueda ser ajustada una con relación a la otra, de forma que los dientes puedan ser colocados para guiar las mandíbulas a una oclusión apropiada.

35 Resumen

El invento suministra un método de diseño de dispositivos dentales para reposicionar dientes, tal como está especificado en la reivindicación 1.

40 Las aplicaciones del invento incluyen una o más de las siguientes. La oclusión puede ser una oclusión estática, que está determinada por la realización de un modelo de un conjunto ideal de dientes; que aplica automáticamente el conjunto ideal de dientes a la representación informatizada del sistema masticatorio del paciente; y que optimiza la posición de los dientes del paciente para ajustar al conjunto ideal de dientes. El paso de realización del modelo puede seleccionar una o más formas de arco que especifican el conjunto ideal de dientes. El paso de aplicación puede incluir hacer corresponder un modelo de los dientes superiores e inferiores con un modelo del sistema masticatorio; simular el movimiento de las mandíbulas para generar datos de contacto entre los dientes superiores y los inferiores; y colocar los dientes en una posición final basada en los datos de contacto. El modelo puede ser hecho corresponder usando datos de rayos X, datos de tomografía informatizada, o datos asociados con un modelo mecánico. El paso de simulación puede aplicar la cinemática al modelo de los dientes o un movimiento forzado al modelo del diente. El paso de colocación puede estar basado en una medida de la indeseabilidad de los contactos. La posición del diente puede ser determinada de acuerdo con la medida de indeseabilidad, tal como minimizando la medida de indeseabilidad. La medida de indeseabilidad puede ser una función de una o más mediciones de Clasificación de Evaluación de Peer (PAR), de medición basada en la distancia y de medición basada en la forma. El paso de simulación puede proporcionar un conjunto de movimientos con movimientos hacia afuera, movimientos laterales, o movimientos guiados por los
55 dientes. Se pueden aplicar fuerzas físicas a las mandíbulas del paciente. La representación informatizada del sistema masticatorio puede ser actualizada con nuevos datos del paciente. Los nuevos datos del paciente pueden ser usados con los antiguos datos en la aplicación de una transformación de posición final al segundo modelo de dientes. El paso de adaptación puede comparar las correspondencias entre los modelos de dientes primero y segundo. Las correspondencias incluyen correspondencias de características. La transformación de posición final puede incluir información de una nueva prescripción.

60 Otras aplicaciones incluyen una o más de las siguientes. El paso de determinación de la oclusión incluye la determinación de uno o más índices basados en la posición del diente; la determinación de un índice de optimalidad a partir de los índices; y la fijación del diente de acuerdo con el índice de optimalidad. El paso de determinación de la optimalidad incluye minimizar el índice de optimalidad. Los índices pueden estar basados en un índice de Clasificación de Evaluación de Peer (PAR), en una medición de la distancia, o en una medición de la forma. La medición de la forma puede ser obtenida a partir de un arco. Los índices pueden estar basados en un índice oclusional o en un índice ortodóncico. La fijación de los dientes puede estar basada en una correspondencia de características del diente, que

incluyen una correspondencia de los picos del diente, de las fosas del diente, o de las aristas del diente. El índice de optimalidad puede ser optimizado usando una técnica de esmaltación, una técnica de escalada, una técnica del primer mejor y una técnica de heurística. La aplicación puede determinar si un movimiento del diente reduce el índice. El movimiento del diente puede hacerse a lo largo de cada eje principal y puede incluir rotaciones. La posición del diente puede ser actualizada si el movimiento del diente reduce el índice.

En un segundo aspecto el presente invento proporciona un aparato como el expuesto en la Reivindicación 19.

Las aplicaciones de este aspecto incluyen una o más de las siguientes. La provisión 5 puede determinar una oclusión estática mediante instrucciones para realizar un modelo de un conjunto ideal de dientes; puede aplicar automáticamente el conjunto ideal de dientes a la representación informatizada del sistema masticatorio del paciente; y puede optimizar la posición de los dientes del paciente para ajustarse al conjunto ideal de dientes. La instrucción que determina la oclusión puede también incluir instrucciones para: determinar uno o más índices basados en la posición del diente; determinar un índice de optimalidad a partir de los índices; y fijar el diente de acuerdo con el índice de optimalidad.

Las ventajas del invento incluyen una o más de las siguientes acciones. Cuando se proporciona una prescripción u otra designación final se puede generar y manipular un modelo informático para adaptarse a la prescripción. La prescripción puede ser interpretada automáticamente con el fin de generar una imagen así como un conjunto de datos digitales que representen la disposición final del diente.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama en alzado que muestra la relación anatómica de las mandíbulas de un paciente.

La Figura 2A ilustra con más detalle la mandíbula inferior del paciente y proporciona una indicación general sobre cómo pueden ser movidos los dientes por los métodos y aparatos del presente invento.

La Figura 2B ilustra un único diente de la Figura 2A y define cómo se determinan las distancias de movimiento del diente.

La Figura 2C ilustra la mandíbula de la Figura 2A junto con un dispositivo de ajuste de posición incremental que ha sido configurado de acuerdo con los métodos y aparatos del presente invento.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso para producir dispositivos de ajuste de posición incremental.

La Figura 4 es un diagrama de flujos que ilustra un proceso para optimizar una colocación final de los dientes del paciente.

La Figura 5 es un diagrama de flujos que ilustra un proceso para realizar una oclusión funcional en los dientes del paciente.

La Figura 6 es un diagrama de flujos que ilustra un proceso opcional para la incorporación de información a mitad del tratamiento para la colocación final de los dientes del paciente.

La Figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema para generar dispositivos de acuerdo con el presente invento.

Descripción

La Figura 1 muestra un cráneo 10 con un hueso 22 de la mandíbula superior y un hueso 20 de la mandíbula inferior. El hueso 20 de la mandíbula inferior gira en una junta 30 con respecto al cráneo 10. La junta 30 se llama junta temporomandibular (TMJ). El hueso 22 de la mandíbula superior está asociado con una mandíbula superior 101, en tanto que el hueso 20 de la mandíbula inferior está asociado con una mandíbula inferior 100.

Se genera un modelo informatizado de las mandíbulas 100 y 101, y una simulación informatizada realiza un modelo de las interacciones entre los dientes en las mandíbulas 100 y 101. La simulación informatizada permite que el sistema se centre en los movimientos en los que intervienen contactos entre los dientes montados en las mandíbulas. La simulación informatizada permite que el sistema proporcione movimientos reales de la mandíbula que sean físicamente correctos cuando las mandíbulas 100 y 101 hagan contacto una con otra. El modelo de la mandíbula coloca cada uno de los dientes en una posición tratada. Además, el modelo puede ser usado para simular movimientos de la mandíbula que incluyen movimientos hacia afuera, movimientos laterales, y movimientos "guiados por los dientes" donde el recorrido de la mandíbula inferior 100 está guiado por contactos de los dientes más bien que por límites anatómicos de las mandíbulas 100 y 101. Los movimientos son aplicados a una mandíbula, pero pueden también aplicarse a ambas mandíbulas. Basada en la determinación de la oclusión, se puede verificar la posición final de los dientes.

Con referencia ahora a la Figura 2A, la mandíbula inferior 100 incluye una pluralidad de dientes 102, por ejemplo. Al menos algunos de estos dientes pueden ser movidos desde una disposición inicial del diente hasta una disposición

final del diente. Como marco de referencia que describe cómo puede ser movido un diente se puede trazar una línea central (CL) a través del diente 102. Con referencia a esta línea central (CL), cada diente puede ser movido en las direcciones ortogonales representadas por los ejes 104, 106, y 108 (donde 104 es la línea central). La línea central puede ser rotada alrededor del eje 108 (formación de ángulos en la raíz) y el eje 104 (momento de torsión) como está indicado mediante las flechas 110 y 112, respectivamente. Adicionalmente, el diente puede ser rotado alrededor de la línea central, como está representado por una flecha 114. De este modo se pueden realizar todos los movimientos posibles de forma libre del diente.

la Figura 2B muestra cómo puede definirse la magnitud de cualquier movimiento del diente en cuanto a una traslación lineal máxima de cualquier punto P en un diente 102. Cada punto P_1 experimentará una traslación acumulativa cuando ese diente es movido en cualquiera de las direcciones ortogonales o rotacionales definidas en la Figura 2A. Esto es, mientras que el punto usualmente seguirá un camino no lineal existe una distancia lineal entre cualquier punto en el diente cuando es determinada en cualquiera de los dos momentos durante el tratamiento. De este modo, un punto arbitrario P_1 puede de hecho experimentar una traslación verdadera lado a lado como está indicada por la flecha d_1 , en tanto que un segundo punto arbitrario P_2 puede desplazarse a lo largo de un camino curvo, dando lugar a una traslación final d_2 . Muchos aspectos del presente invento están definidos en cuanto al máximo movimiento permisible de un punto P_1 provocado en cualquier diente particular. Tal movimiento máximo del diente, a su vez, está definido por la traslación lineal máxima de ese punto P_1 en el diente que experimenta el desplazamiento máximo para ese diente en cualquier paso del tratamiento.

La Figura 2C muestra un dispositivo de ajuste 111 que es llevado por el paciente con el fin de conseguir un reposicionamiento incremental de cada uno de los dientes en la mandíbula tal como se ha descrito antes de forma general. El dispositivo es un armazón polimérico que tiene una cavidad que recibe el diente.

Como se ha expuesto en las aplicaciones anteriores, cada armazón polimérico puede ser configurado de forma que su cavidad que recibe un diente tenga una geometría correspondiente a una disposición intermedia o final del diente prevista para el dispositivo. Los dientes del paciente son reposicionados a partir de su disposición inicial del diente hasta una disposición final del diente colocando una serie de dispositivos de ajuste de posición incremental sobre los dientes del paciente. Los dispositivos de ajuste son generados al principio del tratamiento, y el paciente lleva cada dispositivo hasta que la presión de cada dispositivo sobre los dientes ya no pueda ser sentida. En ese punto, el paciente sustituye el dispositivo de ajuste actual por el siguiente dispositivo de ajuste en la serie hasta que ya no queden más dispositivos. Convenientemente, los dispositivos generalmente no están fijados a los dientes y el paciente puede colocar y sustituir los dispositivos en cualquier momento durante el procedimiento. El dispositivo final o varios dispositivos en la serie pueden tener una geometría o geometrías seleccionadas para sobre corregir la disposición del diente, es decir, pueden tener una geometría que movería (si estuviera totalmente conseguida) un determinado diente más allá de la disposición del diente que ha sido seleccionada como la "final". Tal sobre corrección puede ser deseable con el fin de equilibrar una potencial recurrencia después de que el método de reposicionamiento haya terminado, es decir, permitir algún movimiento de cada uno de los dientes de nuevo hacia sus posiciones anteriores a la corrección. La sobre corrección puede también ser beneficiosa para acelerar la velocidad de la corrección, o sea, teniendo un dispositivo con una geometría que esté colocada más allá de una posición intermedia o final deseada, cada uno de los dientes será desplazado hacia la posición a una mayor velocidad. En tales casos el uso de un dispositivo puede ser terminado antes de que los dientes alcancen las posiciones definidas por el dispositivo.

El armazón polimérico 111 puede ajustar sobre todos los dientes presentes en la mandíbula superior o inferior. A menudo, solamente alguno o algunos dientes serán reposicionados mientras los otros dientes proporcionarán una base o una zona de anclaje para sujetar el dispositivo 111 en posición cuando el dispositivo aplica una fuerza de reposicionamiento contra el diente o dientes para ser reposicionados. En casos complejos, sin embargo, muchos dientes pueden ser reposicionados en algunos puntos durante el tratamiento. En tales casos los dientes que son movidos pueden también servir como base o zona de anclaje para sujetar el dispositivo de reposicionamiento.

El dispositivo polimérico 111 de la Figura 2C puede estar formado a partir de una capa delgada de un polímero elastomérico adecuado, tal como Tru-Train 0,03", de material dental conformado térmicamente, realizado por Tru-Tain Plastics, Rochester, Minnesota. Usualmente, no se proporcionan alambres u otros medios para sujetar el dispositivo en posición sobre los dientes. Sin embargo, en algunos casos, será deseable o necesario proporcionar anclajes individuales sobre los dientes con los correspondientes receptáculos o aberturas en el dispositivo 100 de forma que el dispositivo pueda aplicar una fuerza hacia arriba que no sería posible en la ausencia de tal anclaje.

La Figura 3 muestra un proceso 200 para producir los dispositivos de ajuste de posición incremental para su posterior uso por un paciente para reposicionar los dientes de un paciente. Como un primer paso, se obtiene (paso 202) un conjunto de datos digitales iniciales (IDDS) que representan una disposición inicial del diente. El IDDS puede obtenerse de varias maneras. Por ejemplo, los dientes del paciente pueden ser explorados o representados mediante una imagen por medio de rayos X, rayos X tridimensionales, imágenes tomográficas ayudadas por ordenador o conjuntos de datos, o imágenes de resonancia magnética, entre otros. Los datos de los dientes pueden ser generados por un explorador destructivo.

El IDDS es manipulado a continuación usando un ordenador que tiene una interfaz de usuario gráfico (GUT) y un soporte lógico apropiado para visionar y modificar las imágenes. A continuación se describirán con detalle más aspectos específicos de este proceso.

Cada diente y otros componentes pueden ser segmentados o aislados en el modelo para permitir su reposicionamiento o retirada individual del modelo digital. Después de la segmentación o aislamiento de los componentes, el usuario a menudo reposicionará el diente en el modelo siguiendo una prescripción u otra especificación escrita proporcionada por el profesional del tratamiento. Alternativamente, el usuario puede reposicionar uno o más dientes basándose en una apariencia visual o basándose en reglas y algoritmos programados en el ordenador. Una vez satisfecho el usuario, la disposición final de los dientes es incorporada a un conjunto de datos digitales (FDDS) (paso 204). El FDDS se usa para generar dispositivos que muevan los dientes en una secuencia especificada. Primero, los centros de cada modelo de diente pueden ser alineados usando varios métodos. Un método es un arco normalizado. Después los modelos de dientes son rotados hasta que sus raíces se encuentren en la posición vertical apropiada. A continuación los modelos de dientes son rotados alrededor de su eje vertical a su orientación apropiada. Los modelos de dientes son después observados desde el lado, y trasladados verticalmente a su posición vertical apropiada. Finalmente, los dos arcos son situados juntos, y los modelos de dientes son movidos ligeramente para asegurarse de que los arcos superior e inferior encajen correctamente uno con otro. El encaje de los arcos superior e inferior uno con otro es visualizado usando un proceso de detección de colisión para resaltar los puntos de contacto de los dientes.

Basándose en el IDDS y el FDDS, se define una pluralidad de conjuntos de datos digitales intermedios (INTDDSs) para corresponderse a los dispositivos ajustados incrementalmente (paso 206). Finalmente se produce un conjunto de dispositivos de ajuste de posición incremental basándose en los INTDDS y en el FDDS (paso 208).

En el paso 204 se determinan las posiciones finales de los dientes superiores e inferiores en un sistema masticatorio de un paciente generando una representación informatizada del sistema masticatorio. Se calcula una oclusión de los dientes superiores e inferiores a partir de la representación informatizada; y se calcula una oclusión funcional basada en las interacciones en la representación informatizada del sistema masticatorio. La oclusión puede determinarse generando un conjunto de modelos ideales de los dientes. Cada modelo ideal en el conjunto de modelos ideales es un modelo abstracto de la colocación idealizada de los dientes, la cual es personalizada para los dientes del paciente, como se discutirá más adelante. Después se aplica el modelo ideal a la representación informatizada, y la posición de los dientes se optimiza para ajustarse al modelo ideal. El modelo ideal puede ser especificado por una o más formas de arco, o puede ser especificado usando diversas características asociadas con los dientes.

La Figura 4 ilustra un proceso 300 que optimiza la colocación final de los dientes basada en las características de los dientes. Primero, el proceso 300 automáticamente o no, con ayuda humana, identifica las diversas características asociadas con cada diente para llegar a un modelo de los dientes (paso 302). A continuación se genera un conjunto de modelos ideales bien mediante moldes de los dientes del paciente o de pacientes con una buena oclusión (paso 303).

A partir del paso 302, el proceso 300 coloca el modelo de los dientes en su posición final aproximada basada en una correspondencia de características con el modelo ideal (paso 304). En ese paso, cada modelo de diente es movido de forma que sus características son alineadas con las características de un diente correspondiente en el modelo ideal. Las características pueden estar basadas en picos, fosas, aristas, medidas de distancias, o medidas basadas en la forma. Las medidas basadas en la forma pueden ser expresadas como una función de los arcos del paciente, entre otros.

Por ejemplo, pueden usarse las características de los picos asociadas con cada diente. Los picos son salientes en punta en la superficie de masticación de un diente. En una fase de detección, un posible pico se ve como una "isla" en la superficie del diente, con el pico candidato en el punto más alto de la isla. SE mide "el más alto" con respecto al sistema coordenado del modelo, pero podría precisamente ser fácilmente medida con respecto al sistema local de coordenadas de cada diente. El conjunto de todas los posibles picos se determina buscando todos los máximos locales en el modelo de diente que están dentro de una distancia especificada de la parte más alta de la caja de contorno del modelo. Primero, el punto más alto en el modelo es designado como el primer punto candidato. Se pasa un plano a través de este punto, perpendicular a la dirección a lo largo de la cual se ha medido la altura de un punto. El plano es después bajado una pequeña distancia predeterminada a lo largo del eje Z. A continuación, todos los vértices conectados al diente y que están por encima del plano y sobre algún componente conectado se asocian con el pico candidato como puntas. Este paso es también referido como un paso de llenado por riego. A partir de cada punto candidato a pico, se realiza el riego hacia afuera, que marca cada vértice en el modelo visitado en esta materia como parte del correspondiente pico candidato. Después de realizado el paso de llenado por riego, se examina cada modelo en el vértice. Cualquier vértice que está por encima del plano y que no haya sido visitado por uno de los llenados por riego se añade a la lista de picos candidatos. Se repiten los pasos hasta que el plano haya sido recorrido una distancia especificada.

Después de la etapa de detección, el proceso de detección de picos puede incluir una etapa de rechazo en la que las geometrías locales alrededor de cada pico candidato son analizados para determinar si poseen características que no son de pico. Se pueden usar varios criterios para identificar las características de no puntas. De acuerdo con una prueba, la curvatura local de la superficie alrededor del candidato a pico se usa para determinar si el candidato posee características que no son de pico. Alternativamente, se informatiza una medida de lisura basada en el valor medio normal en un área alrededor del pico candidato. Si el valor medio normal se desvía del normal en el pico en más de una cantidad especificada, el pico candidato es rechazado.

A continuación, el proceso 300 calcula un índice ortodóncico/oclusión (paso 306). Un índice que puede ser usado es el índice PAR (Clasificación de Evaluación de Peer). Además del PAR, se pueden usar otras medidas tales como las medidas basadas en la forma o las medidas basadas en la distancia.

ES 2 338 286 T3

5 El índice PAR identifica lo alejado que está un diente de una buena oclusión. Se asigna una puntuación a los diversos trazos oclusales que son causa de una mala oclusión. Se suman las puntuaciones individuales para obtener un total general que representa el grado en el que un caso se desvía de un alineamiento y oclusión normales. La oclusión y el alineamiento normales están definidos por los puntos de contacto anatómicos que son contiguos, con un buen encaje de puntas entre los dientes de la boca, y con un mal alineamiento y una sobremordida no excesivos.

10 En el PAR, una puntuación cero indicaría una buena alineación, y puntuaciones más altas indicarían unos mayores niveles de irregularidad. La puntuación general es registrada en moldes dentales previos y posteriores al tratamiento. La diferencia entre estas puntuaciones representa el grado de mejora como resultado de una intervención ortodóncica y de un tratamiento activo. Los once componentes del Índice PAR son: segmento derecho superior; segmento izquierdo superior; segmento derecho inferior; segmento anterior inferior; segmento izquierdo inferior; oclusión bucal derecha; mal alineamiento; sobremordida; línea central; y oclusión bucal izquierda. Además del Índice PAR, otros índices pueden basarse en distancias de las características en el diente a partir de sus posiciones ideales o formas ideales.

15 A partir del paso 306 el proceso 300 determina si son posibles movimientos adicionales de reducción del índice (paso 308). Aquí, se intentan todos los movimientos posibles, que incluyen pequeños movimientos a lo largo de cada eje principal así como pequeños movimientos con rotaciones menores. Se mide un valor del índice después de cada pequeño movimiento y se selecciona el movimiento con el mejor resultado. En este contexto el mejor resultado es el resultado que minimiza una o más medidas tales como la medida basada en el PAR, la medición basada en la forma o la medición basada en la distancia. La optimización puede usar varias técnicas que incluyen la técnica de la esmaltación simulada, la técnica de la escalada, la técnica del primer mejor, el método Powell, y la técnica heurística, entre otras. Las técnicas de la esmaltación simulada puede usarse cuando el índice es temporalmente aumentado de forma que se puede encontrar otro recorrido en el espacio de búsqueda con un mínimo más bajo. Sin embargo, comenzando con los 20 dientes en una posición casi ideal, cualquier disminución del índice debería converger hacia el mejor resultado.

25 En el paso 308, si el índice puede ser optimizado moviendo el diente se añaden los datos del movimiento de reducción del índice (paso 310) y el proceso vuelve al paso 306 para continuar calculando el índice ortodóncico/oclusión. Alternativamente, en el caso en que el índice no pueda ser optimizado más, el proceso 300 sale (paso 312).

30 Volviendo ahora a la Figura 5, se muestra un proceso 320 para realizar la oclusión funcional. La oclusión funcional es un proceso para determinar lo bien que los dientes ajustan conjuntamente cuando las mandíbulas se mueven. El proceso 320 primero obtiene una correspondencia diente/arco de mandíbula. Esto puede hacerse usando técnicas convencionales tales como rayos X, una tomografía informatizada, o un dispositivo mecánico tal como una transferencia de arco frontal.

35 Después de obtener la información de correspondencia el proceso 320 coloca los modelos dentales digitales de los dientes en un simulador de articulación digital (paso 324). El simulador de articulación permite un subconjunto de movimientos de mandíbula tales como movimientos de mordisco para ser simulados, como se describe más adelante.

40 A partir del paso 324 el proceso 320 simula movimientos de mandíbula (paso 326). Un conjunto simplificado de física (cinemática) del movimiento se aplica a los modelos dentales. El proceso 320 realiza una simulación usando un conjunto simplificado de fuerzas que interactúan sobre las mandíbulas 100 y 101 en relación una con otra. La simulación física simplificada permite que el sistema se centre en movimientos en los que hay mucho contacto entre las mandíbulas. La simulación física permite que el sistema produzca movimientos de mandíbula correctos físicamente reales cuando las mandíbulas 100 y 101 hagan contacto una con otra.

45 Se puede suministrar una gama de movimientos simulados usando un conjunto de programas de movimientos. Un movimiento típico suministrado por el conjunto de programas es un movimiento saliente en el que la mandíbula inferior 101 es movida hacia adelante y hacia atrás para llevar los dientes frontales sobre ambas mandíbulas a hacer contacto una con otra. Otro movimiento es un movimiento lateral encontrado en la masticación de la comida. El movimiento lateral implica mover las mandíbulas 100 y 101 de lado a lado. Otros movimientos que pueden ser suministrados en el conjunto incluyen movimientos que son “guiados por los dientes” en los que el camino de la mandíbula inferior 100 es guiado por los dientes en contacto entre sí.

50 A continuación, el proceso 320 ajusta la posición final basado en los contactos observados durante la simulación de movimientos en el paso 326 (paso 328). Se analiza el resultado de la simulación, la posición de cada diente puede ser ajustada si los contactos asociados con ese diente son considerados excesivos.

55 Finalmente, basado en los datos de contacto generados, el proceso determina si es necesario hacer simulaciones de movimientos adicionales. La simulación de movimientos puede ser ejecutada de nuevo hasta que los contactos asociados con cada diente sean aceptables para el ortodoncista del tratamiento. El proceso de manipulación del modelo de diente puede ser hecho subjetivamente, es decir el usuario puede simplemente colocar de nuevo los dientes en una forma estética y/o terapéuticamente deseada basada en observaciones de la posición final o basada en la simulación de contactos. Alternativamente, se pueden usar reglas y algoritmos para ayudar al usuario en la nueva colocación de los dientes basada en los contactos. Si la simulación necesita repetirse, el proceso vuelve al paso 326 (paso 330). Alternativamente, el proceso sale (paso 332).

La Figura 6 muestra un proceso opcional 340 de incorporar información de mitad del tratamiento al proceso de colocación final. Primero, a partir de una exploración de los dientes del paciente se genera un modelo digital que incorpora información digital asociada con el paciente (paso 342). La exploración puede realizarse usando moldes, rayos X o cualesquiera de los métodos de exploración convencionales.

A continuación, el modelo digital es segmentado en un modelo para cada diente (paso 344). Cada diente es después comparado con un modelo asociado con una exploración previa desarrollada al principio del plan de tratamiento (paso 346). El proceso de comparación está basado en la comparación de puntos correspondientes entre la exploración actual y la exploración anterior de los dientes. En la mayoría de los casos los dientes segmentados a partir de la exploración actual conservan las formas determinadas al comienzo del plan de tratamiento, y el proceso de comparación es fácil debido a que los modelos deberían ser similares entre sí.

Se aplica a continuación una transformación de la posición final al nuevo modelo de dientes (paso 348). La posición y especificación finales a partir del modelo anterior es copiada al modelo actual del paciente, y la posición final es ajustada basándose en los nuevos modelos, en la nueva información de rayos X, o en una nueva prescripción (paso 350). El paso 350 implica básicamente repetir la ejecución del proceso de minimización 300 (Figura 4) descrito previamente con la nueva información, que puede ser un ligero cambio en el modelo, un cambio en la exploración por rayos X, o un cambio de la prescripción. Finalmente, el proceso 340 sale (paso 352).

La Figura 7 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema de procesamiento de datos 500. El sistema de procesamiento de datos 500 incluye típicamente al menos un procesador 502 que comunica con varios dispositivos periféricos a través del subsistema 504 de la barra distribuidora. Estos dispositivos periféricos incluyen típicamente un subsistema 506 de almacenamiento (subsistema 508 de memoria y un subsistema 514 de almacenamiento de archivos), un conjunto de dispositivos 518 de entrada y salida de interfaz de usuario, y una interfaz con las redes exteriores 516, que incluye la red telefónica pública conmutada. Esta interfaz se muestra esquemáticamente como el bloque 516 de "Interfaz de Modems y Red", y está acoplado a los dispositivos de interfaz correspondientes en otros sistemas de procesamiento de datos a través de la interfaz 524 de la red de comunicación. El sistema 500 de procesamiento de datos puede incluir un terminal o un ordenador personal de gama baja o un ordenador personal, puesto de trabajo u ordenador principal de gama alta.

Los dispositivos de entrada de interfaz de usuario típicamente incluyen un teclado y pueden incluir además un dispositivo apuntador y un explorador. El dispositivo apuntador puede ser un dispositivo apuntador indirecto tal como un ratón, bola giratoria de seguimiento, almohadilla táctil, o tablero gráfico, o un dispositivo apuntador directo tal como una pantalla táctil incorporada en la visualización. Se pueden usar otros tipos de entrada de interfaz de usuario, tales como sistemas de reconocimiento de voz.

Los dispositivos de salida de la interfaz de usuario pueden incluir un subsistema de impresora y visualización, que incluye un controlador de la visualización y un dispositivo visualizador acoplado al controlador. El dispositivo de visualización puede ser un tubo de rayos catódicos (CRT), un dispositivo de panel plano tal como una visualización de cristal líquido (LCD), o un dispositivo de proyección. El subsistema de visualización puede también proporcionar una visualización no visual tal como una salida de audio.

El subsistema de almacenamiento 506 mantiene la programación básica y las interpretaciones de datos que proporcionan la funcionalidad del presente invento. Los módulos de soporte lógico discutidos antes son típicamente almacenados en el subsistema de almacenamiento 506. El subsistema de almacenamiento 506 comprende típicamente un subsistema de memoria 508 y un subsistema de almacenamiento 514 de archivos.

El subsistema de memoria 508 incluye típicamente varias memorias que incluyen una memoria de acceso aleatorio principal (RAM) 510 para el almacenamiento de instrucciones y datos durante la ejecución del programa y una memoria de sólo lectura (ROM) 512 en la que se almacenan instrucciones fijas. En el caso de ordenadores personales Macintosh compatibles la ROM incluiría partes del sistema operativo; en el caso de ordenadores personales IBM compatibles, ésta incluiría el BIOS (sistema básico entrada/salida).

El subsistema de almacenamiento de archivos 514 proporciona un almacenamiento permanente (no volátil) de archivos de programas y de datos, y típicamente incluye al menos una unidad de disco duro y al menos una unidad de disco flexible (con los medios retirables asociados). También hay otros dispositivos tales como una unidad CD-ROM y unidades ópticas (todas con sus medios retirables asociados). Adicionalmente, el sistema puede incluir unidades del tipo con cartuchos de medios retirables. Los cartuchos de medios retirables pueden, por ejemplo, ser cartuchos de disco duro, tales como los comercializados por Syquest y otros, y cartuchos de disco flexible, tales como los comercializados por Iomega. Una o más de las unidades puede estar situada en un lugar alejado, tal como en un servidor o en una red de área local o en un sitio en la Red Ancha Mundial de Internet.

En este contexto el término "subsistema de barra distribuidora" se usa genéricamente con objeto de incluir cualquier mecanismo para permitir que los diversos componentes y subsistemas se comuniquen entre sí como se ha previsto. Con la excepción de los dispositivos de entrada y el visualizador, los otros componentes no necesitan estar en el mismo sitio físico. De este modo, por ejemplo, partes del sistema de almacenamiento de archivos podrían estar conectados por medio de diversos medios de red de área local o de red de área extensa, incluyendo líneas telefónicas. Igualmente, los dispositivos de entrada y la visualización no necesitan estar en el mismo sitio que el procesador, aun-

ES 2 338 286 T3

que se anticipa que el presente invento se pondrá en práctica más bien en el contexto de Servicios de Comunicaciones Personales y de puestos de trabajo.

5 El subsistema de barra colectora 504 se muestra esquemáticamente como una única barra colectora, pero un sistema típico tiene varias barras colectoras como una barra colectora local y una o más barras colectoras de ampliación (por ejemplo, ADB, SDCI, ISA, EISA, MCA, Nubus, o PCI), así como puertos serie y paralelo. Las conexiones de red son usualmente establecidas a través de un dispositivo tal como un adaptador de red en una de estas barras colectoras de ampliación o un modem en un puerto serie. El ordenador del cliente puede ser un sistema de sobremesa o un sistema portátil.

10 El explorador 520 es responsable de la exploración de los moldes de los dientes del paciente obtenidos ya sea del paciente o de un ortodoncista y de proporcionar la información del conjunto de datos digitales explorados al sistema de procesamiento de datos 500 para un posterior procesamiento. En un entorno distribuido el explorador 520 puede estar situado en un lugar alejado y comunicar la información del conjunto de datos digitales explorados al sistema de procesamiento de datos 500 a través de la interfaz de red 524.

20 La máquina de fabricación 522 fabrica dispositivos dentales basados en la información del conjunto de datos finales recibida del sistema de procesamiento de datos 500. En un entorno distribuido la máquina de fabricación 522 puede estar situada en un lugar alejado y recibir la información del conjunto de datos del sistema de procesamiento de datos 500 a través de la interfaz de red 524.

25 Se pueden usar diversas alternativas, modificaciones, y equivalente en lugar de los anteriores componentes. A pesar de que la posición final de los dientes puede ser determinada usando técnicas informáticas, un usuario puede mover los dientes a sus posiciones finales manipulando de forma independiente uno o más dientes a la vez que satisface las limitaciones de la prescripción.

30 Adicionalmente, las técnicas descritas aquí pueden ser puestas en práctica en un soporte físico o soporte lógico, o en una combinación de los dos. Las técnicas pueden ser aplicadas en programas informáticos que se ejecutan en ordenadores programables que cada uno incluye un procesador, un medio de almacenamiento que puede ser leído por el procesador (incluyendo una memoria volátil y no volátil y/o elementos de almacenamiento), y dispositivos apropiados de entrada y salida. El código de programa se aplica a los datos introducidos usando un dispositivo para realizar las funciones descritas y para generar información de salida. La información de salida se aplica a uno o más dispositivos de salida.

35 Cada programa puede ser aplicado en un lenguaje de programación de alto nivel procedimental u orientado al objeto para operar en conjunción con un sistema informático. No obstante, los programas pueden ser aplicados en un lenguaje de ensamblaje o de máquina, si se desea. En cualquier caso, el lenguaje puede ser un lenguaje compilado o interpretado.

40 Cada programa informático de este tipo puede ser almacenado en un medio o dispositivo de almacenamiento (por ejemplo, CD-ROM, disco duro o disquete magnético) que puede ser leído por un ordenador programable general o especializado para configurar y operar el ordenador cuando el medio o dispositivo de almacenamiento es leído por el ordenador para realizar los procedimientos descritos. El sistema también puede ser aplicado como un medio de almacenamiento que puede ser leído por un ordenador, configurado con un programa informático, en el que el medio de almacenamiento así configurado haga que un ordenador opere de un modo específico y predefinido.

45 Además, en tanto que el invento ha sido mostrado y descrito con referencia a una realización de él, los expertos en la técnica entenderán que se pueden realizar el anterior y otros cambios en la forma y detalle sin apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de diseño de dispositivos dentales para reposicionar dientes, comprendiendo el método:

5 obtener un primer conjunto de datos digitales que representan una disposición de dientes inicial de un paciente;
generar una representación informatizada del sistema masticatorio de un paciente;

10 calcular una oclusión de los dientes superiores e inferiores del paciente a partir de la representación informatizada del sistema masticatorio del paciente;

determinar el reposicionamiento requerido de los dientes superiores e inferiores basado en la oclusión calculada;

15 generar un conjunto digital final sobre la base del reposicionamiento requerido de los dientes superiores e inferiores;

20 determinar una pluralidad de conjuntos digitales intermedios basados en el conjunto de datos digitales iniciales y en el conjunto de datos digitales finales, correspondiendo dicha pluralidad de conjuntos de datos digitales a una pluralidad de dispositivos dentales, siendo los dispositivos armazones poliméricos que tienen cavidades receptoras del diente con las cavidades de los sucesivos armazones que tienen geometrías diferentes, de forma que, en uso, el desgaste de los sucesivos dispositivos en sucesión reposicione progresivamente los dientes de una disposición a otra disposición sucesiva.

25 2. El método de la reivindicación 1, en el que generar la representación informatizada comprende explorar los dientes de un paciente o un modelo físico de ellos, para obtener los datos.

30 3. El método de la reivindicación 1 ó 2, en el que la oclusión es una oclusión estática y el método comprende además:

hacer un modelo de un conjunto de dientes ideal;

35 aplicar automáticamente el conjunto ideal de dientes a la representación informatizada del sistema masticatorio del paciente; y

optimizar la posición de los dientes del paciente para adaptarse al conjunto de dientes ideal.

40 4. El método de la reivindicación 3, en el que el paso de realización de un modelo comprende además el paso de seleccionar una o más formas de arco que especifica el conjunto ideal de dientes.

5. El método de la reivindicación 3 ó 4, en el que el paso de aplicación incluye:

45 hacer corresponder un modelo de los dientes superiores e inferiores del paciente con un modelo del sistema masticatorio;

simular el movimiento de las mandíbulas para generar datos de contacto entre los dientes superiores e inferiores; y

50 colocar un diente en una posición final basándose en los datos de contacto.

6. El método de la reivindicación 5, en el que el modelo es registrado usando al menos datos de rayos X, datos de tomografía informatizada y datos asociados con un modelo mecánico.

55 7. El método de la reivindicación 5 ó 6, en el que el paso de simulación comprende además al menos una de: aplicar la cinemática al modelo de los dientes o aplicar un movimiento forzado al modelo del diente.

60 8. El método de la reivindicación 5, 6 ó 7, en el que el paso de colocación está basado en una medida de indeseabilidad de los contactos.

9. El método de la reivindicación 8, que además comprende minimizar la medida de indeseabilidad, en el que la medida de indeseabilidad es una función de una o más medidas de Clasificación de Evaluación de Peer (PAR), de una medición basada en la distancia y de una medición basada en la forma.

65 10. El método de la reivindicación 5, 6, 7, 8 ó 9, en el que el paso de simulación incluye proporcionar un conjunto de movimientos, que incluye al menos uno de un movimiento hacia afuera, un movimiento lateral, y movimientos guiados por los dientes.

ES 2 338 286 T3

11. El método de la reivindicación 1, que además comprende, cuando el paciente tiene un primer modelo de los dientes:

5 explorar los dientes del paciente para generar un segundo modelo de los dientes;

adaptar el segundo modelo de los dientes con el primer modelo de los dientes;

aplicar una transformación de posición final al segundo modelo de los dientes; y

10 ajustar la posición de los dientes en el segundo modelo basado en nueva información.

12. El método de la reivindicación 1, en el que el paso que determina la oclusión comprende además:

15 determinar uno o más índices basándose en la posición del diente;

determinar un índice de optimalidad de los índices; y

20 fijar el diente de acuerdo con el índice de optimalidad.

13. El método de la reivindicación 12, en el que el paso que determina la optimalidad incluye minimizar el índice de optimalidad.

25 14. El método de la reivindicación 12 ó 13, en el que los índices están basados en al menos uno de: un índice de Clasificación de Evaluación de Peer (PAR), una medición de distancia, una medición de forma; un índice oclusional; y un índice ortodóncico.

30 15. El método de la reivindicación 12, 13 ó 14, en el que la fijación del diente está basada en al menos una de: una correspondencia de características del diente; una correspondencia de puntas del diente; una correspondencia de fosas del diente; una correspondencia de aristas del diente.

35 16. El método de la reivindicación 12, en el que el índice de optimalidad se calcula usando una de: una técnica de esmaltación simulada; una técnica de subida a un monte, una técnica del primer mejor y una técnica heurística.

17. El método de la reivindicación 12, que además comprende determinar si un movimiento del diente reduce el índice y actualizar la posición del diente si el movimiento del diente reduce el índice.

40 18. El método de cualquier reivindicación anterior, que además comprende fabricar los dispositivos dentales.

45 19. Un aparato aplicado informáticamente para diseñar dispositivos dentales para reposicionar dientes, comprendiendo el aparato un procesador y un dispositivo de almacenamiento de datos que almacena instrucciones para hacer que el dispositivo de almacenamiento de datos almacene un primer conjunto de datos digitales que representa una primera disposición del diente de un paciente;

y hacer que el procesador:

50 genere una representación informatizada del sistema masticatorio de un paciente;

determine una oclusión de los dientes superiores e inferiores del paciente a partir de la representación informatizada del sistema masticatorio del paciente;

determine el reposicionamiento requerido de los dientes superiores e inferiores basado en la oclusión determinada;

55 genere un conjunto de datos digitales final sobre la base del reposicionamiento requerido de los dientes superiores e inferiores;

60 determine una pluralidad de conjuntos de datos digitales intermedios basada en el conjunto de datos digitales inicial y en el conjunto de datos digitales final, correspondiendo dicha pluralidad de conjuntos de datos digitales a una pluralidad de dispositivos dentales, siendo los dispositivos armazones poliméricos que tienen cavidades receptoras del diente con las cavidades de los sucesivos armazones con geometrías diferentes de forma que, en uso, el desgaste de los sucesivos dispositivos en sucesión progresiva reposicione los dientes a partir de una disposición a otra disposición sucesiva.

65

ES 2 338 286 T3

20. El aparato de la reivindicación 19, en el que el dispositivo de almacenamiento de datos almacena instrucciones para hacer que el procesador:

5 realice un modelo de dientes ideal;

10 aplique de forma automática el conjunto de dientes ideal a la representación informatizada del sistema masticatorio del paciente; y

10 optimice la posición de los dientes del paciente para ajustarse al conjunto de dientes ideal.

21. El aparato de las reivindicaciones 19 ó 20, en el que el dispositivo de almacenamiento de datos almacena las instrucciones que determinan la oclusión para hacer que el procesador:

15 determine uno o más índices basándose en la posición del diente;

determine un índice de optimalidad a partir de los índices; y

20 fije el diente de acuerdo con el índice de optimalidad.

22. El aparato de la reivindicación 19, 20 ó 21, que además comprende un explorador acoplado al procesador para proporcionar datos para realizar un modelo del sistema masticatorio.

25 23. El aparato de la reivindicación 19, 20, 21 ó 22, que además comprende medios para fabricar los dispositivos dentales.

30

35

40

45

50

55

60

65

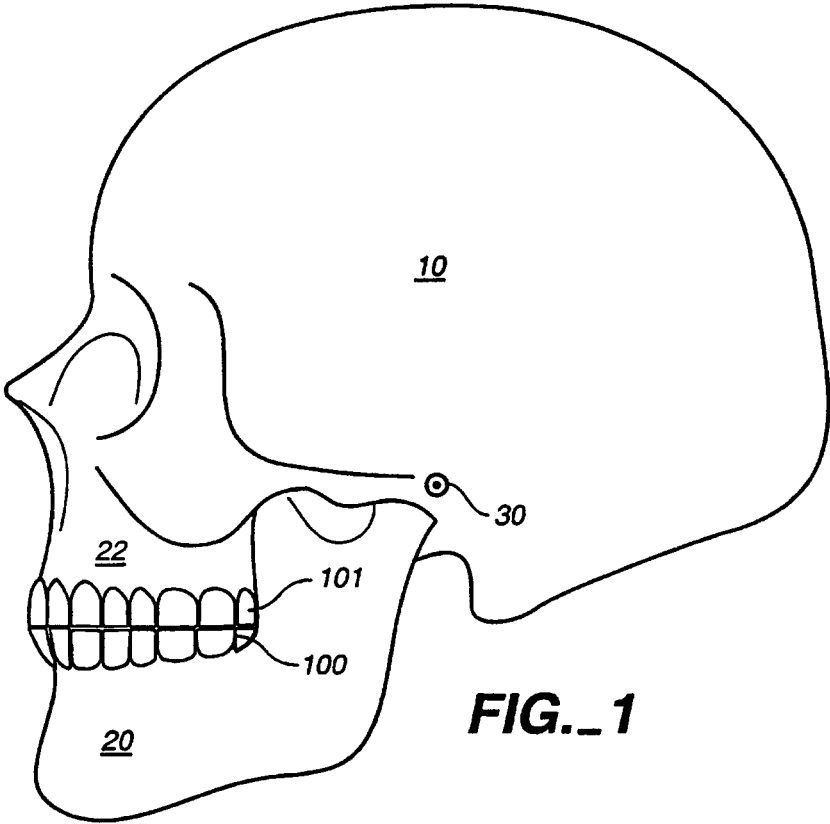


FIG._1

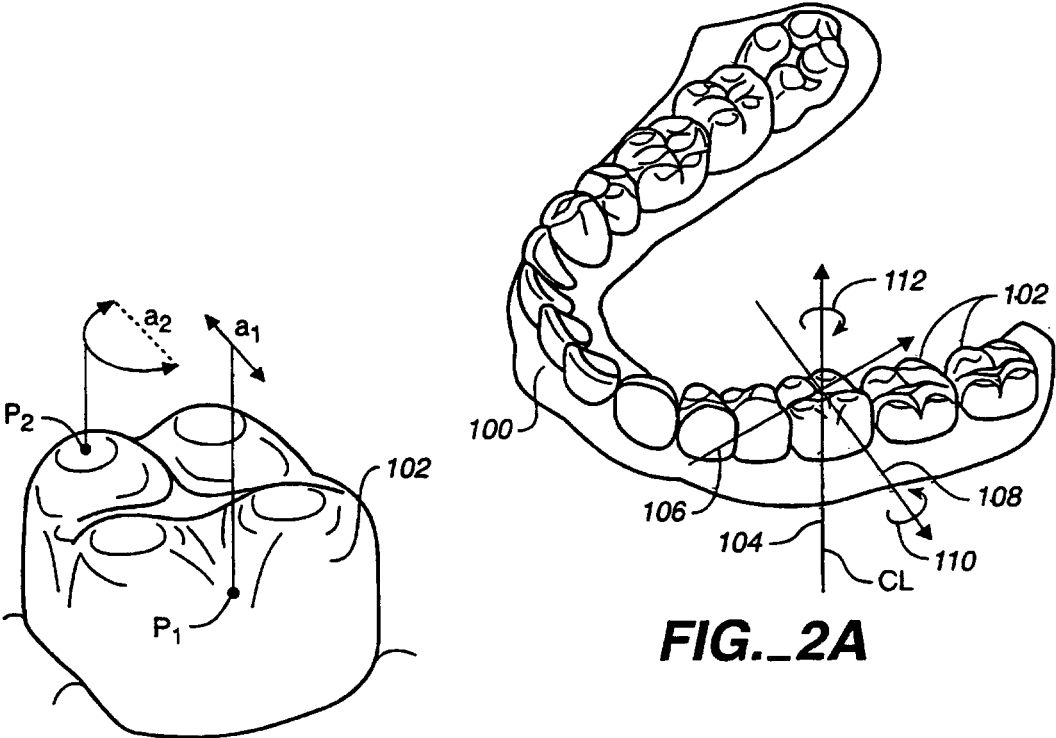
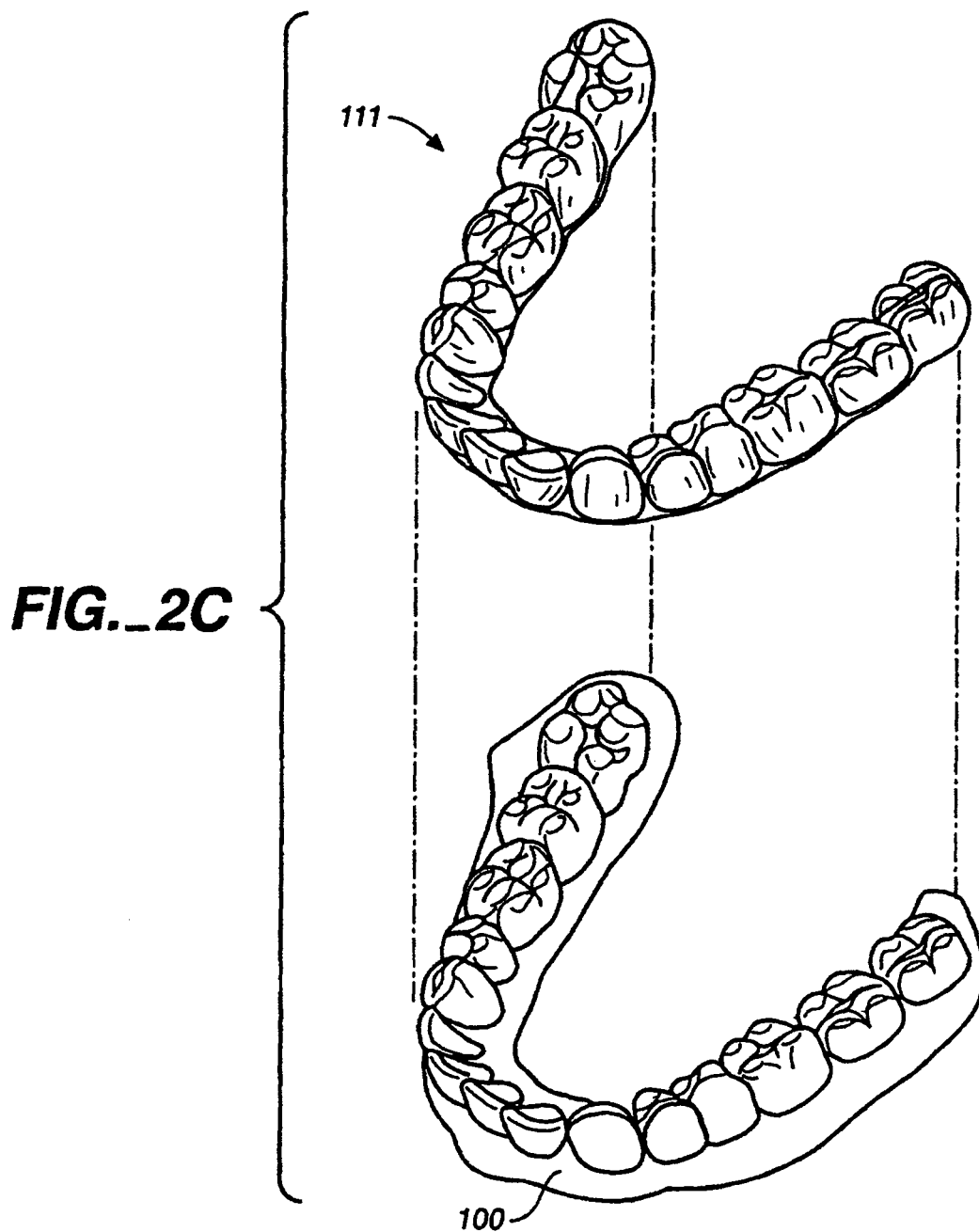


FIG._2A

FIG._2B



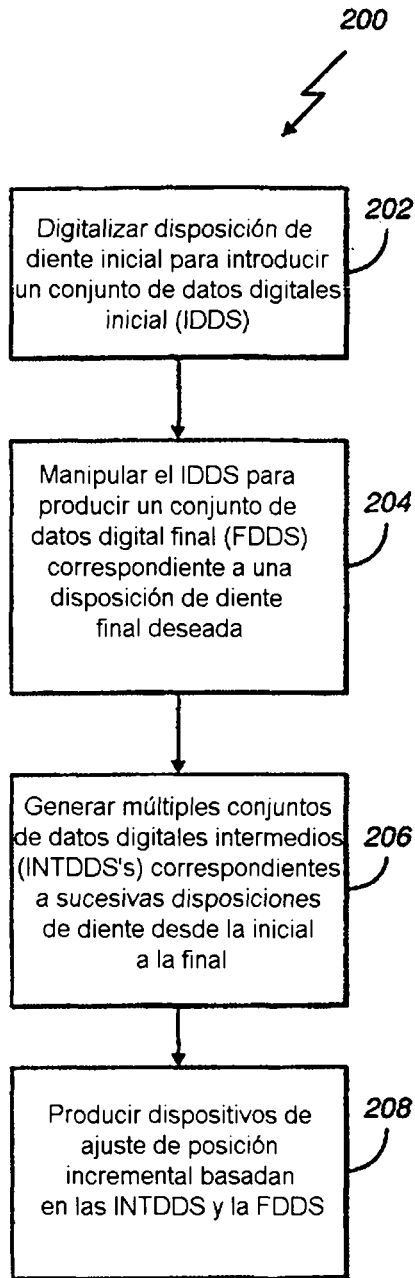


FIG._3

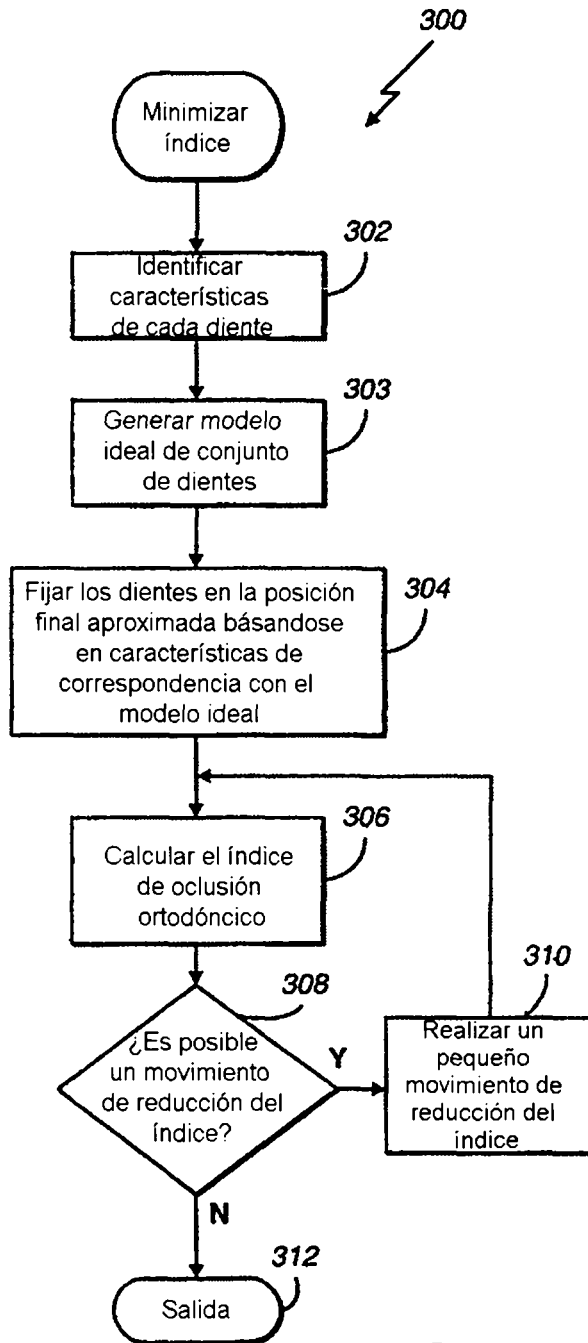


FIG._4

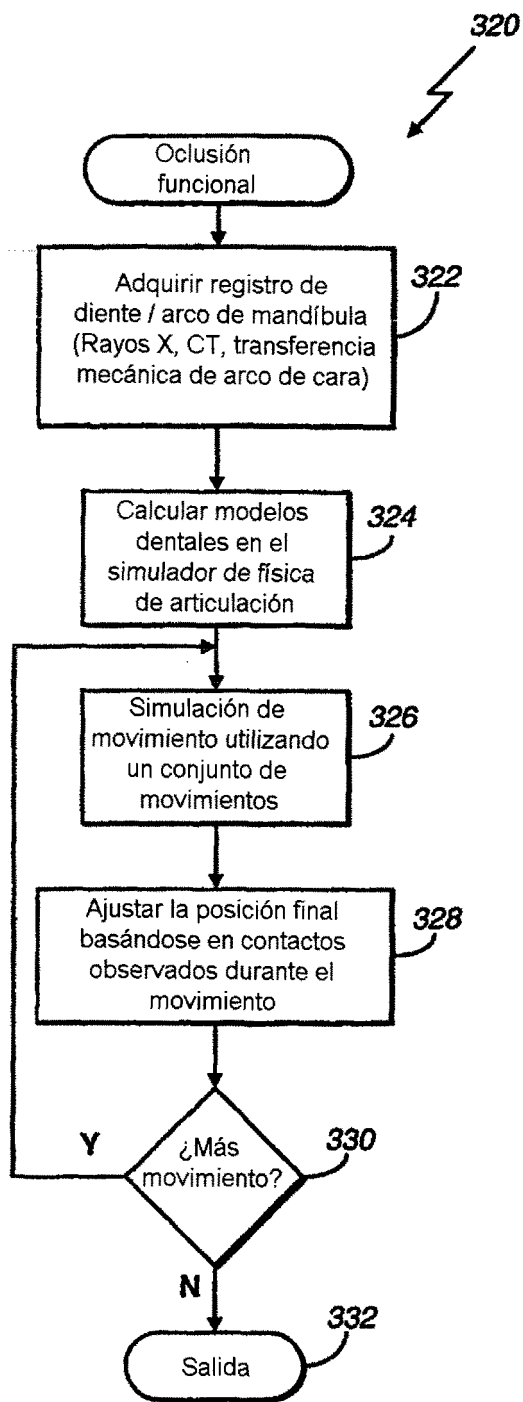


FIG. 5

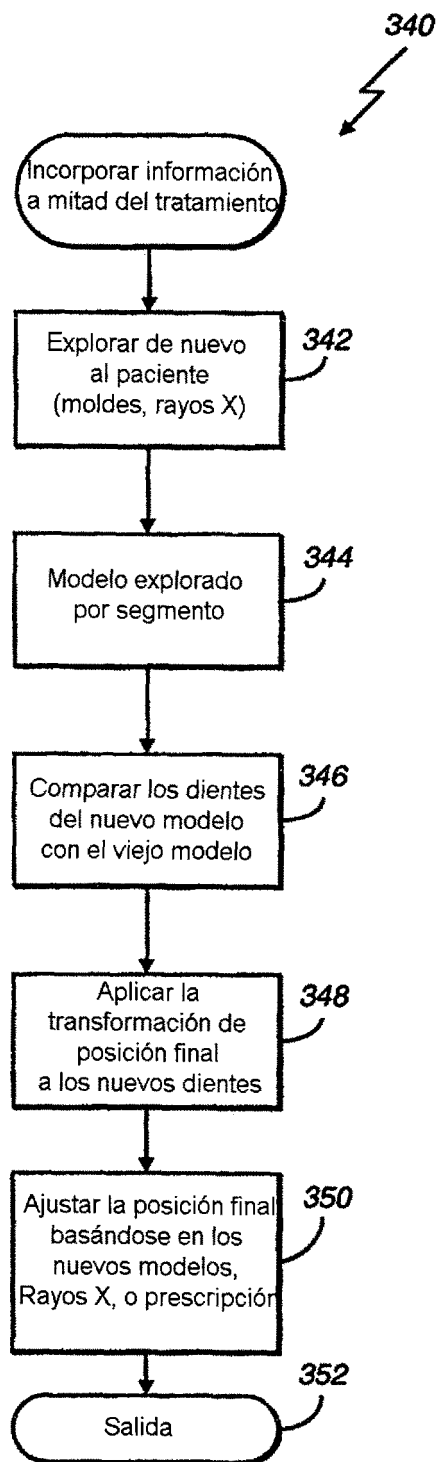


FIG. 6

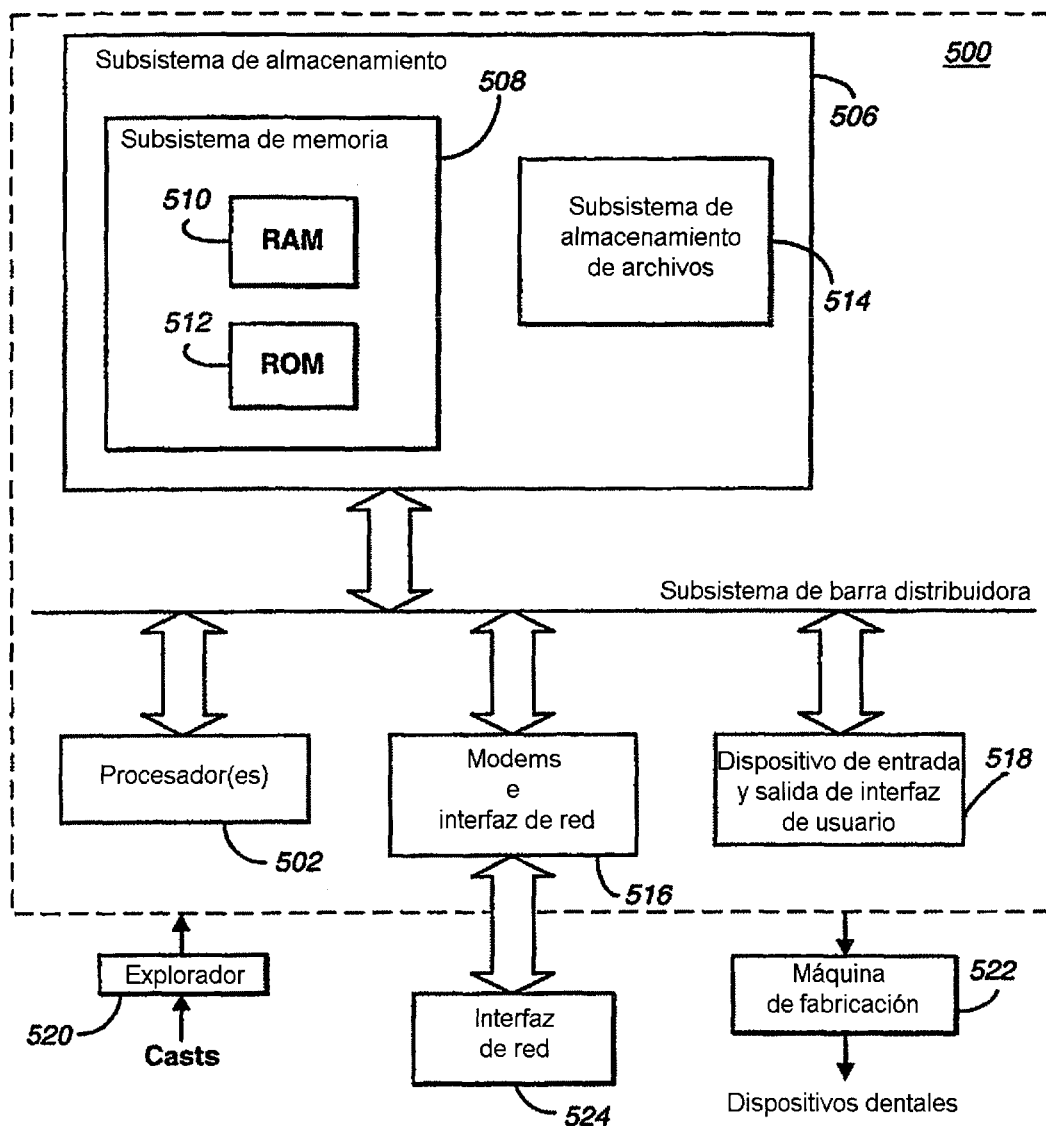


FIG. 7