

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 821 022**

51 Int. Cl.:

**A61C 3/00** (2006.01)

**A61C 7/00** (2006.01)

**A61C 9/00** (2006.01)

**A61C 13/00** (2006.01)

**G06T 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.09.2016 PCT/US2016/053798**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017 WO17062208**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2016 E 16854088 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3359080**

54 Título: **Método para el movimiento de diente como una bandada**

30 Prioridad:

**07.10.2015 US 201562238560 P**

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

**23.04.2021**

73 Titular/es:

**ULAB SYSTEMS, INC. (100.0%)**

**3 Lagoon Drive, Suite 180**

**Redwood City, CA 94065, US**

72 Inventor/es:

**WEN, HUAFENG**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 821 022 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 para el movimiento de diente como una bandada

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un método para la ortodoncia computarizada. Más particularmente, la presente invención se refiere a un método para planificar tratamientos ortodóncicos.

**Antecedentes de la invención**

10 La ortodoncia es una especialidad de la odontología que está relacionada con el estudio y el tratamiento de maloclusiones que pueden resultar de irregularidades dentales, relaciones de los huesos faciales desproporcionadas o ambas. La ortodoncia trata las maloclusiones a través del desplazamiento de los dientes mediante remodelación ósea y control y modificación del crecimiento facial.

15 Este procedimiento se ha conseguido tradicionalmente usando fuerza mecánica estática para inducir la remodelación ósea, permitiendo, de ese modo, el movimiento de los dientes. En este enfoque, se unen a cada diente aparatos que tienen una interfaz de arco de alambre con apliques. A medida que los dientes responden a la presión aplicada mediante el arco de alambre cambiando sus posiciones, los alambres se aprietan de nuevo para aplicar presión adicional. Este enfoque ampliamente aceptado para tratar maloclusiones tarda aproximadamente veinticuatro meses de media en completarse y se usa para tratar numerosas clasificaciones diferentes de maloclusiones clínicas. El tratamiento con aparato es complicado por hecho de que es incómodo y/o doloroso para los pacientes y los aparatos ortodóncicos se perciben como antiestéticos, todo lo cual crea una resistencia considerable al uso. Además, el tiempo de tratamiento no puede acortarse aumentando la fuerza, porque una fuerza demasiado elevada da como resultado la resorción de la raíz, así como mayor dolor. El tiempo de tratamiento promedio de veinticuatro meses es muy largo y, además, reduce el uso. De hecho, algunas estimaciones estipulan que menos de la mitad de los pacientes que podrían beneficiarse de tal tratamiento decide mantener la ortodoncia.

20 El documento US 2002/042038 A1 da a conocer un método implementado por ordenador para generar un plan de tratamiento dental especificando patrones de movimiento de diente usando una disposición bidimensional y generando trayectorias de tratamiento para mover los dientes según el patrón específico. Las trayectorias de tratamiento se modifican por limitaciones relacionadas con el apiñamiento de dientes, la separación de dientes, la extracción de dientes, el desgaste de dientes o la rotación de dientes.

30 Kesling introdujo el aparato de colocación de dientes en 1945 como un método para perfeccionar la fase final del acabado ortodóncico después de la retirada de los aparatos (extracción). El posicionador era un aparato de goma flexible de una pieza fabricado en los modelos de cera idealizados para pacientes cuyo tratamiento básico se había completado. Kesling también predijo que también podrían conseguirse determinados movimientos de diente importantes con una serie de posicionadores fabricados a partir de movimientos de diente secuenciales en el modelo a medida que progresara el tratamiento. Sin embargo, esta idea no se volvió práctica hasta la aparición de la exploración tridimensional (3D) y el uso de ordenadores por empresas que incluyen Align Technologies así como OrthoClear, Elementrix y ClearCorrect para proporcionar una estética considerablemente mejorada dado que los dispositivos son transparentes.

40 Sin embargo, para el modelo de ajuste tradicional para el diente individual, la geometría de encía se pierde y se recrea la encía falsa, a menudo remodelada por un técnico. Por tanto, la geometría de encía puede no ser precisa al principio y es incluso más difícil de modelar una animación de cambios de encía con el paso del tiempo debido a la falta de un modelo físico. Tal modelado impreciso provoca que el alineador resultante se desajuste dando como resultado dispositivos que son demasiado grandes o demasiado pequeños dando como resultado molestias en el paciente.

Otro problema es que sin la encía real como la referencia, algunos tratamientos denominados modelados no pueden conseguirse en realidad dando como resultado posibles errores, por ejemplo, puede producirse un movimiento de diente dentro de la encía mal modelada, sin embargo, el movimiento de diente puede moverse, de hecho, hacia el exterior de la encía real de un paciente.

45 Otro problema de ajuste y empaste de agujeros y creación de un modelo de diente y de encía individuales que hay poca información que puede definir el límite real de dos dientes. Tales modelos de ajuste y empaste fuerzan la definición de las superficies límite incluso si se recortan de manera arbitraria.

50 Dependiendo de qué superficie límite se define, el movimiento puede restringirse o relajarse, lo que significa que puede conseguirse algo de movimiento real; sin embargo, debido a tales inexactitudes, el software de modelado es incapaz de modelar de manera precisa debido a modelos que chocan entre sí. Esto puede provocar que el resultado del tratamiento real cree huecos entre los dientes y, además, requiera perfeccionamientos finales que aumentan el coste y el descontento del paciente. Por otro lado, si se relaja el movimiento remodelado, el software puede permitir movimientos que son físicamente imposibles en realidad y esto puede provocar que el dispositivo modelado empuje los dientes entre sí incapaces de moverse. Esto también puede provocar que la cubierta de plástico del alineador se estire en ocasiones tanto que la cubierta aplica una cantidad incómoda de fuerza, que podría ser dolorosa para un paciente.

Otro problema de ajuste y empaste de agujeros es el empaste de la geometría como un diente real, por debajo, las líneas inferiores son, probablemente, de superficies límite modeladas, tales modelos parecen un diente real; sin embargo, tales límites definidos provocan rebajes más profundos que, una vez impresos y formados térmicamente para tener una cubierta de plástico, hacen que la retirada de la carcasa de plástico del modelo impreso sea difícil debido a los rebajes profundos. Para compensar esto, se crea normalmente un objeto de bisel para rellenar la horquilla aumentando la inexactitud y los costes.

Otro problema de ajuste y empaste de agujeros es que el tamaño del modelo es demasiado grande para comunicarse entre el usuario y el fabricante, lo que requiere, por tanto, que el tamaño del modelo se reduzca dando como resultado la pérdida de detalles del modelo. Estas inexactitudes podrían confundir a los profesionales, por ejemplo, el modelo complejo completo puede no mostrar un hueco entre dos dientes adyacentes, sin embargo, el modelo reducido puede mostrar uno.

Estas exploraciones 3D y tratamientos de planificación por ordenador son complicados y consumen mucho tiempo. En consecuencia, existe una necesidad de un procedimiento eficaz y rentable para planificar el tratamiento ortodóncico de un paciente.

**Sumario de la invención**

En vista de los problemas mencionados anteriormente, la presente invención proporciona un método para controlar movimientos de diente para corregir maloclusiones, tal como se define por la reivindicación 1. Se disponen realizaciones preferidas de la invención por las reivindicaciones dependientes.

La siguiente descripción proporciona un método y un sistema de control para controlar dos o más modelos de diente durante el movimiento de diente sincronizado. Como un uso a modo de ejemplo, el método y el sistema de control pueden usarse para proporcionar tratamiento ortodóncico.

El método se proporciona para controlar el movimiento de diente de una pluralidad de objetos biológicos (modelos de diente) e incluye una pluralidad de modelos de diente incluyendo cada uno un código informático que controla su movimiento y también incluye un sistema de control de movimiento de diente (TMCS) con un procesador que ejecuta un módulo de gestor dental y con memoria que registra un plan de movimiento de diente diferente para cada uno de los modelos de diente. En la práctica, los planes de movimiento de diente se almacenan en la memoria de cada uno de los modelos de diente (por ejemplo, un plan de movimiento de diente diferente para cada modelo de diente). Entonces, durante el funcionamiento del movimiento de diente, cada uno de los módulos de control locales controla de manera independiente el modelo de diente para ejecutar el plan de movimiento de diente almacenado en la memoria del modelo de diente.

En algunos casos, el módulo de control local de cada uno de los modelos de diente funciona para comparar de manera periódica una posición presente del modelo de diente con el plan de movimiento de diente y, basándose en la comparación, modificar el control del modelo de diente. En estos casos, modificar el control puede incluir alterar una velocidad de movimiento de diente o seleccionar un nuevo punto de ruta para el modelo de diente en el plan de movimiento de diente como un objetivo. En otros casos, el control local de cada uno de los modelos de diente puede funcionar para detectar otro de los modelos de diente dentro de una envoltura de seguridad alrededor del modelo de diente y, en respuesta, comunicar un mensaje de alerta de choque al detectado de los modelos de diente para provocar que el detectado de los modelos de diente altere su curso para moverse fuera de la envoltura de seguridad. En algunas implementaciones específicas, los modelos de diente son dientes y el módulo de control local de cada uno de los modelos de diente funciona para detectar cabeceo y balanceo del diente y, cuando el cabeceo o el balanceo supera un máximo predefinido, cambia el funcionamiento del diente a un modo de funcionamiento seguro.

La descripción también enseña un método de control de movimiento de diente. En este método de control, una etapa inicial puede ser recibir un plan de movimiento de diente único para cada uno de los dientes para una pluralidad de dientes. Una etapa posterior puede implicar hacer funcionar al mismo tiempo los dientes para ejecutar los planes de movimiento de diente. El método incluye, además, proporcionar un canal de comunicaciones entre pares de los dientes con un primero de los dientes detectando un segundo de los dientes en un espacio predefinido proximal al primero de los dientes. El método también incluye, con el primero de los dientes, transmitir un mensaje al segundo diente por el canal de comunicación entre los dientes primero y segundo provocando que el segundo diente cambie su posición para evitar el choque.

En algunas implementaciones del método, los planes de movimiento de diente pueden incluir una pluralidad de puntos de ruta para cada uno de los dientes. En tales implementaciones, el método puede incluir, además, durante el funcionamiento de los dientes, ejecutar los planes de movimiento de diente, ajustando el curso o la velocidad de movimiento de diente de uno de los dientes basándose en la comparación de una posición presente y uno de los puntos de ruta. Los planes de movimiento de diente pueden incluir, además, un periodo de tiempo transcurrido para cada uno de los puntos de ruta y, entonces, puede realizarse el ajuste del curso o la velocidad de movimiento de diente cuando se supera el tiempo transcurrido por el uno de los dientes.

En algunas implementaciones del método, los movimientos de dientes se descomponen en diferentes métricas de movimiento, por ejemplo, un movimiento de diente puede descomponerse en inclinación, rotación alrededor del eje largo, movimiento corporal, etc. Se construye la red de inteligencia artificial, normalmente una red neuronal, teniendo tal red

5 diferentes neuronas y pesos que pueden ajustarse, donde los casos tratados son el conjunto de conocimientos de tal red neuronal. Introduciendo cada caso y ajustando los pesos de red para hacer la red más predecible al resultado del tratamiento, cuando aparece un nuevo caso, el movimiento diseñado puede pasar a través de la red y se consigue un diseño de movimiento más predecible e ideal. Cuantos más casos de entrenamiento se proporcionen, más robusta será la red que se consiga.

En una realización, cada diente ejecuta reglas que como un grupo se ajusta a uno o más de los siguientes objetivos o metas:

1. Cumplimiento de las seis claves de la oclusión de Andrews;
2. La raíz no puede moverse más de 0,5 mm al mes;
- 10 3. Ajustarse a una formación U o V;
4. Abrir la mordida;
5. Sin reducción interproximal;
6. Evitar el movimiento de cualquier implante dental;
7. Definir un subgrupo de dientes que se mueven juntos como una unidad.

15 El método permite un control cercano por los profesionales tratantes en cada fase permitiendo movimientos específicos desde una fase hasta la siguiente fase. En un ejemplo, es deseable en algunos contextos sincronizar el movimiento y el funcionamiento de los modelos de diente para que los modelos de diente funcionen de una manera coreografiada tal como dicta un profesional tratante, lo cual no es posible a través del control manual en el que los modelos de diente se mueven de manera aleatoria e independiente.

20 El presente método de control es ideal para su uso en el movimiento de numerosos modelos de diente y para proporcionar movimiento de diente sincronizado. Un método de este tipo no sería de enjambre dado que es deseable evitar choques y evitar también la aparición de movimientos meramente aleatorios (al menos en algunas aplicaciones) de los modelos de diente. En su lugar, es deseable que los modelos de diente reaccionen, cada uno, de manera segura a las condiciones ambientales tales como cambios en la estructura ósea y el tejido blando durante el movimiento grupal de diente de  
25 modelos de diente coreografiados.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques funcional de un sistema de modelo de diente múltiple útil para implementar las técnicas de control de movimiento de diente descritas en el presente documento.

30 La figura 2 es un diagrama de bloques o esquemático funcional de un sistema para su uso al proporcionar gestión de movimiento de diente o control de movimiento de diente en dos o más objetos móviles tales como modelos de diente.

#### Descripción detallada de la invención

La presente invención se describirá con respecto a realizaciones particulares pero la invención no está limitada a la misma sino solo por las reivindicaciones. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como que limita el alcance de las mismas.

35 Tal como se usa en el presente documento, las formas en singular "un", "una", "el" y "la" incluyen referentes tanto en singular como en plural a menos que el contexto dicte claramente lo contrario.

40 Los términos "que comprende", "comprende" y "compuesto de", tal como se usan en el presente documento, son sinónimos de "que incluye", "incluye" o "que contiene", "contiene" y son inclusivos o abiertos y no excluyen miembros, elementos o etapas del método adicionales y no mencionados. Los términos "que comprende", "comprende" y "compuesto de", cuando hacen referencia a miembros, elementos o etapas del método mencionados, también incluyen realizaciones que "consisten en" dichos miembros, elementos o etapas del método mencionados.

45 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden cronológico o secuencial, a menos que se especifique. Debe entenderse que los términos usados de esta manera son intercambiables en circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas en el presente documento pueden funcionar en otras secuencias que las que se describen o se ilustran en el presente documento.

50 El término "alrededor de" tal como se usa en el presente documento cuando hace referencia a un valor medible tal como un parámetro, una cantidad, una duración temporal y similares, pretende abarcar variaciones de +/-10% o menos, preferiblemente +/-5% o menos, más preferiblemente +/-1% o menos y todavía más preferiblemente +/-0,1% o menos de y desde el valor especificado, en cuanto que tales variaciones son apropiadas de realizar en la invención dada a conocer.

Debe entenderse que el valor al que se refiere el modificador "alrededor de" se da a conocer en sí mismo también específica y preferiblemente.

La mención de intervalos numéricos mediante puntos finales incluye todos los números y fracciones incorporados dentro de los respectivos intervalos, así como los puntos finales mencionados.

5 A menos que se defina lo contrario, todos los términos usados en la divulgación de la invención, incluyendo términos técnicos y científicos, tienen el significado tal como se entiende comúnmente por un experto habitual en la técnica al que pertenece esta invención. Por medio de una orientación adicional, se incluyen definiciones de los términos usados en la descripción para apreciar mejor la enseñanza de la presente invención. Los términos o definiciones usados en el presente documento se proporcionan únicamente para ayudar a entender la invención.

10 La referencia en la totalidad de esta memoria descriptiva a "realización" o "una realización" significa que se incluye un rasgo, estructura o característica particular descrito en relación con la realización en al menos una realización de la presente invención. Por tanto, las apariciones de las frases "en una realización" o "en la realización" en diversas ocasiones en toda esta memoria descriptiva no necesariamente se refieren en su totalidad a la misma realización, pero pueden. Además, los rasgos, estructuras o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada, tal como sería evidente para un experto en la técnica de esta divulgación, en una o más realizaciones. Además, mientras que algunas realizaciones descritas en el presente documento incluyen algunas pero no otras características incluidas en otras realizaciones, las combinaciones de características de diferentes realizaciones pretenden formar diferentes realizaciones, tal como entenderían los expertos en la técnica.

20 El procedimiento de planificación del tratamiento puede implementarse después de recibir y analizar el modelo dental explorado de la dentadura de un paciente. El modelo dental explorado puede procesarse, en consecuencia, para permitir el desarrollo de un plan de tratamiento que puede implementarse fácilmente para fabricar uno o más posicionadores para su uso al llevar a cabo movimientos de diente secuenciales. En general, el procedimiento de modelado de diente puede usarse en la planificación del tratamiento para corregir maloclusiones en un paciente y puede implicar inicialmente adquirir el registro dental de un paciente en la forma de, por ejemplo, archivos CAD de arco superior y/o arco inferior, fotografías intraorales, rayos X o TAC en 3D, etc. Los archivos CAD de arco superior y/o arco inferior pueden crearse, por ejemplo, a través de numerosos métodos diferentes, tales como tomar impresiones inferiores y superiores de la dentadura del paciente, rayos X, etc.

25 Con el modelo dental, la presente descripción se dirige hacia un método y un sistema de control (o múltiples sistemas de modelo de diente que incorporan tales métodos/sistemas de control) para su uso en el control de una bandada de modelos de diente con una numeración desde 2 hasta 10 o más modelos de diente (por ejemplo, desde 10 hasta 100 o más dientes). Es decir, el método trata grupos de dientes como una bandada (por ejemplo, tal como una bandada de pájaros que viajan de manera conjunta) en la planificación de los movimientos de los dientes para tratamientos para corregir maloclusiones.

35 Brevemente, el método de control usa control de vigilancia basado en jerarquía con técnicas de multidistribución junto con lógica adaptativa que incluye módulos de control locales o a bordo proporcionados en cada modelo de diente para ajustar trayectorias de movimiento de diente para evitar de manera segura choques basados en la comunicación con modelos de diente cercanos. El resultado del control descrito de los múltiples modelos de diente en una cavidad oral es un comportamiento de bandada en el que los modelos de diente parecen moverse de una manera sincronizada con movimientos que no son completamente independientes ni están controlados de manera completamente central.

40 El método de control en la planificación de un tratamiento puede implementarse en un sistema 10 que tiene, en general, varios componentes que incluyen un módulo de gestor de movimiento de diente 12, un módulo de gestor de choque 14 y un módulo de gestor de diente 16 para controlar el movimiento de modelos de diente. Estos componentes o aspectos del sistema/método de control 10 se comunican con un sistema informático 18 y se describen a continuación y tal como se muestra en la figura 1.

45 La figura 1 ilustra un ordenador/controlador de diente o sistema de control de movimiento de dientes (TMCS) 10 que puede usarse para controlar el movimiento de diente de una manera repetible y segura. El sistema 10 incluye el módulo de gestor de movimiento de diente 12 que se comunica con el sistema informático 18 (que incluye uno o más procesadores) sobre el que residen los modelos de diente digitales de los dientes de un paciente 20. Tal como se muestra, los modelos de diente digitales en el sistema informático 18 están configurados para un modelo interdental o comunicaciones dentales y, tal como se explica en el presente documento, esta intercomunicación permite que el diente 50 20 cambie de manera segura su trayectoria para corregir maloclusiones determinando si el diente particular 22, 24 está en rutas de movimiento conflictivas para evitar choques mientras se mantienen, en general, en una trayectoria de movimiento de diente predefinida.

55 Durante los tiempos de ejecución, el gestor de movimiento de diente 12 se programa para enviar órdenes al sistema informático 18 para monitorizar y mantener el rendimiento y la calidad y también para monitorizar la seguridad de los dientes que van a moverse. El gestor de movimiento de diente 12 se programa, además, para subir los requisitos de movimiento de diente al sistema informático 18 durante los tiempos de inactividad, por ejemplo, los tiempos sin ejecución.

Un segundo módulo, el módulo de gestor de choque 14, puede programarse para interactuar con el sistema informático 18 para encargarse de los choques entre dientes que van a moverse. El gestor de choque 14 puede programarse para realizar la siguiente lógica: (a) calcular una "esfera de influencia" en cada modelo de diente, por ejemplo, determinar una distancia de proximidad entre cada modelo de diente para desencadenar un acontecimiento de choque y, si un modelo de diente entra en esta esfera de influencia alrededor de un modelo de diente específico, se desencadena un acontecimiento de choque; (b) determinar a través de un algoritmo vecino más cercano si se producirá una posible ruta conflictiva; y (c) presentar al operario en una interfaz de usuario proporcionada en el sistema informático 18 (por ejemplo, mediante un dispositivo de monitorización) que se producirá un posible conflicto de ruta entre cualquiera de dos dientes. El módulo de choque 14 puede almacenar las trayectorias de movimiento de diente en la memoria, por ejemplo, dentro del sistema informático 18.

Otro módulo incluye un módulo de gestor de diente 16 que se programa para monitorizar el estado esperado y el estado real de cada uno de los dientes 20. Por ejemplo, el módulo 16 puede comparar una posición presente o velocidad de viaje de, por ejemplo, el diente 24, con su estado esperado que puede definirse por una trayectoria de movimiento de diente o un movimiento de tiempo sincronizado y/o coreografiado de modelos de diente tal como con una animación de tratamiento. Basándose en esta monitorización, el módulo de gestor de diente 16 puede hacer ajustes tales como usar las siguientes prioridades: localización (por ejemplo, posición de un modelo de diente con respecto a otro modelo de diente o dientes); entorno (por ejemplo, ajuste para enfermedades de los huesos o similares); seguridad (por ejemplo, regreso del modelo de diente a un modo de funcionamiento o ubicación segura si el modelo de diente u otros modelos de diente no están funcionando tal como se espera); rendimiento de exposición (por ejemplo, ajuste de la posición, velocidad u otros parámetros de funcionamiento para cumplir las necesidades de exposición); estado del diente; y necesidades de rendimiento/convencimiento del operario.

Tal como se comentó anteriormente, el módulo de gestor de diente 16, el módulo de choque 14 y el gestor de movimiento de diente 12 están configurados para funcionar juntos para proporcionar control de tipo bandada. En uso, las comunicaciones de modelo interdental permiten que datos de funcionamiento fluyan o se extiendan de manera jerárquica entre cada uno de los modelos de diente en vez de basarse solo en el control de movimiento de diente/centralizado. Dicho de otro modo, el módulo de gestor de diente 16 proporciona un nivel de control centralizado o lógica central que actúa para controlar el movimiento de los dientes/modelos de diente tal como proporcionando trayectorias de movimiento de diente proporcionadas por el módulo de gestor del movimiento de diente 12 y/o haciendo ajustes en tiempo real basados en una comparación del estado esperado y el estado real (o por razones de seguridad) tal como se proporciona por el módulo de gestor de choque 14. Con respecto a comunicaciones de modelo interdental, puede ser útil observar lo siguiente: (a) algunas unidades pueden diseñarse como nodos maestros que hablan con el gestor de diente 16; y (b) los nodos maestros pueden funcionar para enviar órdenes o información calculados de movimiento en el diente a los modelos de diente restantes.

El movimiento de los modelos de diente individuales y el control de los modelos no se basan en enjambres en parte porque los modelos de diente basados en enjambre pueden chocar entre sí o tener una falta inherente de seguridad. El sistema 10 está diseñado para evitar movimientos aleatorios puesto que los modelos de diente digitales están sujetos al movimiento como una bandada que tiene movimientos sincronizados entre los modelos de diente individuales. Sin embargo, las comunicaciones de modelo interdental tal como se procesan y se generan por los módulos de control locales permiten que cada modelo de diente reaccione de manera segura a condiciones ambientales tales como cambio de dirección y la presencia/movimiento de dientes vecinos puesto que se permite el cruce de trayectorias de movimiento de diente en el sistema 10. Dicho de otro modo, la lógica a bordo actúa para controlar los movimientos de diente con el fin de evitar choques mientras intenta mantenerse, en general, en la trayectoria de movimiento de diente.

La figura 2 ilustra un sistema general (o un sistema de control de gestión de movimiento de diente) 30 en general para su uso en la gestión o el control de modelos de diente para proporcionar movimiento de diente sincronizado simulando movimiento en bandada de los dientes para corregir maloclusiones. Tal como se muestra, puede desarrollarse inicialmente un plan de tratamiento para mover el uno o más dientes 32 para corregir maloclusiones. El sistema puede incluir componentes usados para realizar actividad fuera de línea y usados para realizar actividad en línea. La actividad fuera de línea puede incluir el diseño o la selección de un concepto de tratamiento o movimiento coreografiado para que una pluralidad de modelos de diente consiga un efecto particular o realice una(s) tarea(s). El concepto de movimiento de diente (por ejemplo, datos digitales almacenados en una memoria o similares) puede procesarse con un sistema informático 18 u otro dispositivo.

Cada diente que va a usarse puede modelarse como una partícula para simular el movimiento del uno o más dientes como una bandada de dientes 34 (tal como una bandada de pájaros), tal como se describió en el presente documento. En consecuencia, cada modelo de diente digitalizado puede estar configurado por el sistema informático 18 para definir un espacio tridimensional, tal como una esfera tridimensional con un diámetro predefinido, alrededor de cada modelo de diente. Esta esfera tridimensional puede usarse para definir una envoltura de seguridad para el modelo de diente u objeto volante para reducir el riesgo de un choque entre modelos de diente individuales. Por ejemplo, cada uno de los modelos de diente puede crearse y crear y coreografiarse por el sistema 18 para evitar choques entre sí y donde dos o más modelos de diente tienen prohibido la intersección o el solapamiento de sus envolturas de seguridad dado que los modelos de diente se mueven a lo largo de sus trayectorias de movimiento de diente.

El plan de movimiento de diente creado para los múltiples modelos de diente se exporta entonces a la memoria del sistema informático 18 u otros dispositivos para su procesamiento con esta "ilustración de tratamiento" que incluye normalmente un archivo por cada modelo de diente. Cada uno de estos archivos se procesa para generar coordenadas universales reales para cada modelo de diente que va a conseguirse con el paso del tiempo durante una animación o realización de una(s) tarea(s) coreografiada(s) para ilustrar el movimiento de dientes 36, por ejemplo, en una visualización, al médico y/o paciente. Este procesamiento crea planes de movimiento de diente individuales para cada modelo de diente y tal procesamiento o generación de los planes de movimiento de diente pueden incluir el procesamiento de la animación modelada basada en requisitos logísticos específicos. Por ejemplo, pueden modificarse estos requisitos según sea necesario, por ejemplo, si el espacio dental tiene el mismo tamaño y forma que en la simulación y, si no, puede ser útil una modificación para cambiar o establecer coordenadas universales reales para uno o más de los modelos de diente.

Una vez que el plan de tratamiento se ha aprobado 38, el plan de tratamiento puede usarse para fabricar uno o más aparatos dentales o posicionadores usando, por ejemplo, impresión tridimensional 46, localmente en la localización de la planificación del tratamiento.

En la planificación de la simulación del movimiento de los modelos de diente individuales como una bandada de dientes 34 para preparar un plan de tratamiento, los modelos de diente pueden manipularse usando el 10 descrito en el presente documento. Los requisitos logísticos también pueden incluir el establecimiento de una verdad de movimiento de diente para el lugar y la adición de puntos de "inicio" o seguros donde cada diente puede situarse de manera segura tal como en el principio y el final de un procedimiento de tratamiento o cuando se transmite una anulación de seguridad (por ejemplo, "parar"). Un componente de gestión de planificación de tratamiento puede considerarse un componente que traduce órdenes de controlador de plan de tratamiento central donde se envían acciones de diente al componente de gestión de diente ya sea a través de secuencias de órdenes (por ejemplo, archivos de datos), mensajes informáticos en tiempo real y/o activadores de hardware.

Los planes de movimiento de diente se proporcionan al TMCS 10, tal como se describió anteriormente, y el sistema incluye, además, numerosos modelos de diente mostrados en la forma de dientes en este ejemplo. Los dientes pueden organizarse en grupos o conjuntos con un conjunto mostrado para incluir, por ejemplo, dos molares, un conjunto que incluye un molar y un conjunto que incluye colmillos, entre otros. Estos conjuntos pueden actuar o funcionar juntos, al menos para una parte de una trayectoria de movimiento de diente o animación para realizar una tarea o visualización particular.

En otros casos, todos los dientes pueden considerarse parte de un gran conjunto que se mueve como una bandada o, de lo contrario, tiene sus movimientos de tiempo sincronizado y/o coreografiado por los planes de movimiento de diente. Un diente en el grupo puede comunicarse con sus dientes vecinos o cercanos con el fin de determinar su presencia, de determinar su proximidad y, cuando sea necesario, de procesar el plan de movimiento de diente, determinar la posición vecina y otros datos ambientales para modificar su plan de movimiento de diente para evitar el choque y/o comunicarse con el diente vecino para ordenar que mueva o, de lo contrario, cambie su movimiento/plan de movimiento de diente para evitar el choque.

Durante el movimiento de diente anterior, un operario usa el TMCS para cargar un plan de movimiento de diente en cada modelo de diente. Durante una secuencia de movimiento de diente, el TMCS y su módulo de gestor de diente 16 actúa para ejecutar el plan de movimiento de diente cargado anteriormente en el modelo de diente. Durante el tratamiento de diente, el TMCS monitoriza de manera activa la seguridad y un médico puede iniciar una acción de usuario de TMCS. Más normalmente, no obstante, el TMCS monitoriza el funcionamiento de todos los modelos de diente en la bandada procesando los datos telemétricos proporcionados por cada uno de los modelos de diente proporcionados por cada modelo de diente. En algunas realizaciones, el módulo de gestor de diente 16 tiene software/lógica que compara el estado real de cada modelo de diente frente al estado esperado en ese momento particular para el modelo de diente según el plan de movimiento de diente adoptado en el presente documento.

Después de que se emita la señal de "partida" o inicio por el módulo de gestor de diente/TMCS tras una entrada de operario, el TMCS junto con el hardware de software de control local en cada modelo de diente funciona para realizar de manera segura la exposición/el plan de movimiento de diente precargado. Tal como se comentó anteriormente, el método y el sistema de control combinan control centralizado (por ejemplo, para permitir una anulación manual por razones de seguridad u otras razones durante una tarea basada en movimiento de diente/exposición) con modelos de diente inteligentes para proporcionar de manera más eficaz movimiento de tipo bandada de los modelos de diente. Dicho de otro modo, los modelos de diente pueden recibir, cada uno, un plan de movimiento de diente particular para el que trabajan a lo largo del tiempo (por ejemplo, durante un periodo de animación) mientras intentan responder a la presencia inesperada de otro modelo de diente dentro de o cerca de su ventana de seguridad (o envoltura de funcionamiento segura que rodea cada modelo de diente tal como una esfera de, por ejemplo, 1 a 3 mm o similares, en la que no viajará normalmente ningún otro modelo de diente para evitar choques).

Durante el funcionamiento, el TMCS se usa para provocar que cada uno de los modelos de diente empiece su plan de movimiento de diente almacenado partiendo de un punto de partida inicial, por ejemplo, cada modelo de diente puede situarse en diferentes puntos de partida. En algunos casos después de la recepción de la señal de "partida" por un modelo de diente, cada modelo de diente usa su módulo de control local (u otro software/programa) para intentar seguir el plan de movimiento de diente pero sin limitaciones de tiempo. Dicho de otro modo, el plan de movimiento de diente puede

5 definir una serie de puntos o puntos de ruta para el modelo de diente. En estas realizaciones, el modelo de diente se controla de una manera relativamente fluida y no vinculada a lograr movimientos específicos en una determinada cantidad de tiempo, por ejemplo, el plan de movimiento de diente no requiere que el modelo de diente esté en una localización particular en un momento particular después de la recepción de la señal de partida, permitiendo, por tanto, flexibilidad de planificación.

10 En algunas implementaciones, puede construirse el plan de movimiento de diente asumiendo que cada modelo de diente viaja a una velocidad de movimiento de diente constante y predeterminada. Esta velocidad de movimiento de diente puede establecerse de manera independiente para cada modelo de diente o puede ser la misma (o dentro de un intervalo relativamente pequeño) para cada uno de los modelos de diente. En otros casos, no obstante, el módulo de control local puede adaptarse para ajustar la velocidad de movimiento de diente para satisfacer las condiciones en la boca del paciente. La dureza de los huesos puede determinarse en el modelo de diente con el módulo de control local y/o mediante sensores ópticos para detectar movimiento de diente real (en vez de movimiento planeado) puede proporcionarse por el TMCS para cada uno del modelo de diente. En algunos casos, se prefiere el control de bandada de manera que cada modelo de diente tiene sus velocidades ajustadas de manera común, por ejemplo, cada modelo de diente se ejecuta a velocidades de movimiento de diente similares mientras se mueve en una dirección similar con el fin de parecer que tiene movimiento sincronizado y no aleatorio.

20 En algunas realizaciones, cada modelo de diente puede actuar de manera independiente para tratar de continuar siguiendo su propio plan de movimiento de diente. Cada plan de movimiento de diente puede diferir porque cada modelo de diente empieza en un punto de partida o inicio diferente y se mueve hacia su primer punto de ruta. Con este fin, cada modelo de diente está equipado, según sea necesario, para determinar su presente posición tridimensional junto con su presente altura por encima de la línea de encía. El módulo de control local usa estos datos de posición presentes para determinar o modificar, si es necesario, su presente dirección o rumbo para continuar moviéndose hacia el siguiente punto de ruta en su plan de movimiento de diente. Esto puede implicar cambiar su curso y también su ángulo para alcanzar la altura deseada en el punto de ruta.

25 Un operario puede adoptar medidas para anular de manera manual uno particular de los muchos modelos de diente para proporcionar un mejor control de ese modelo de diente. Por ejemplo, el módulo de control de diente del TMCS 10 puede funcionar para comparar la posición esperada del modelo de diente con su posición real (proporcionada mediante canal de soporte en su telemetría u otros datos). Puede proporcionarse una advertencia en una interfaz gráfica de usuario (GUI) de que el modelo de diente se dirige fuera de curso o está fuera de una tolerancia aceptada para alcanzar su siguiente punto de ruta.

30 Por ejemplo, la GUI puede mostrar modelos de diente situados y funcionando de manera adecuada en un primer color (por ejemplo, verde) y modelos de diente que están fuera de curso o fuera de posición por una cantidad segura en un segundo color (por ejemplo, amarillo) y modelos de diente fuera de una envoltura segura en un tercer color (por ejemplo, rojo). Los modelos de diente rojos/inseguros pueden manipularse de manera automática o manual para provocar que entren en un modo de funcionamiento seguro (por ejemplo, regreso al inicio). Los modelos de diente amarillos que funcionan fuera de las condiciones deseadas pueden funcionar de manera manual para intentar ayudarles a regresar a la trayectoria de movimiento de diente tal como cambiando de manera manual la velocidad, la dirección, el ángulo de ataque o similares para llevar más rápidamente el modelo de diente a un punto de ruta deseado. Después de que las operaciones manuales hayan acabado, el control puede regresar desde el TMCS hasta el módulo de control local para el control local del modelo de diente basado en el plan de movimiento de diente almacenado en su memoria. El TMCS puede estar configurado para evaluar problemas de choque y ejecutar órdenes de evitación de choque para conservar la calidad de exposición (por ejemplo, el rendimiento de movimiento de diente) en condiciones bucales deterioradas.

45 En otras realizaciones, un módulo de control local de un modelo de diente puede funcionar para ajustar el plan de movimiento de diente durante el movimiento de diente para reaccionar mejor a condiciones ambientales (tales como dolor de dientes o molestias de encía temporales, al menos temporalmente, fuera de curso). Por ejemplo, un plan de movimiento de diente puede proporcionar un tiempo en relación con un tiempo de inicio (cuando la señal de "partida" se emitió por un archivo TMCS a los modelos de diente) para alcanzar cada uno de sus puntos de ruta en el plan de movimiento de diente. Una realización puede pedir que un modelo de diente determine una distancia al siguiente modelo de diente y su presente tiempo de llegada estimado. Si el tiempo de llegada no está dentro de una ventana alrededor de un tiempo de llegada objetivo/predeterminado, el módulo de control local puede actuar para aumentar la velocidad de movimiento de diente del modelo de diente tal como aumentando la velocidad de rotación de un diente. Asimismo, si el modelo de diente se mueve demasiado rápido, el módulo de control local del modelo de diente puede actuar para disminuir la velocidad de movimiento de diente. De esta manera, el movimiento de los modelos de diente puede permanecer mejor sincronizado para proporcionar un control de bandada.

55 En otros casos, no obstante, el módulo de control local del diente u otros modelos de diente actúan para determinar si se alcanzó un punto de ruta dentro de una ventana de tiempo predefinida definiendo el plan de movimiento de diente tiempos para estar en cada punto de ruta en relación con un tiempo de partida/inicio. Si no (por ejemplo, el modelo de diente no alcanza un punto de ruta en el tiempo "X" más un atraso permitido) el módulo de control local puede actuar para modificar el plan de movimiento de diente dirigiendo el modelo de diente para omitir el siguiente punto de ruta y moverse directamente al punto de ruta dentro de la boca.

Por ejemplo, un plan de movimiento de diente puede incluir puntos de ruta A a Z. Si un módulo de control local determina que no se consiguió una ventana de tiempo predefinida para el punto de ruta C, el módulo de control local puede omitir o eliminar el punto de ruta D del plan de movimiento de diente y provocar que el modelo de diente tome una dirección/cursos (por ejemplo, una línea recta u otra trayectoria predefinida) al punto de ruta E. De esta manera, se mantiene la velocidad de movimiento de diente (por ejemplo, todos los modelos de diente se mueven a la misma velocidad) mientras se permite que el modelo de diente "se recupere" si se queda atrás en su plan de movimiento de diente (por ejemplo, definiendo un conjunto de puntos de ruta para pasar a través de o cerca de dentro de un periodo de tiempo predefinido que puede corresponder con un tiempo para realizar una visualización/exposición o realizar una tarea con los dientes).

Con respecto a la seguridad y la monitorización de operaciones, cada modelo de diente puede almacenar una definición de una geovalla que define un perímetro o límite exterior (y una zona interior en algunos casos) de una zona geográfica. El módulo de control local de modelos de diente compara la presente posición determinada para el modelo de diente durante un movimiento de diente y compara esta posición con la geovalla. Si se cruza este límite (o se aproxima tal como dentro de una distancia predeterminada desde la geovalla), el módulo de control local puede actuar para devolver rápidamente el modelo de diente dentro de los límites de la geovalla. En otros casos, el modelo de diente puede cambiarse a un modo de funcionamiento seguro y esto puede provocar que el modelo de diente vuelva a una posición de inicio.

Además, en cuanto a las operaciones de modelo de diente seguras, algunas realizaciones del control de movimiento de diente pueden implicar configurar los modelos de diente para que tengan comunicaciones de modelo de diente a modelo de diente (o de diente a diente) para evitar choques sin depender de la intervención del TMCS. Cada modelo de diente puede usar su módulo de control local para funcionar de manera continua para detectar cuando otro modelo de diente entra dentro de una distancia predefinida desde el modelo de diente tal como dentro de una esfera de 1 a 3 mm o similares. El primer modelo de diente para detectar una condición de este tipo para ambos modelos de diente si una unión genera un mensaje de advertencia de choque y transmite este mensaje al modelo de diente cercano/problemático para alterar su curso o presente posición para moverse fuera del primer espacio dental de modelos de diente. Por ejemplo, el modelo de diente que recibe un mensaje de advertencia de choque de este tipo puede almacenar una acción evasiva en su memoria e iniciar esta acción (un movimiento fijo tal como inclinando hacia la derecha o la izquierda un ángulo predefinido). La evasión puede tomarse durante un periodo de tiempo predeterminado y, entonces, el modelo de diente puede volver a seguir su plan de movimiento de diente (por ejemplo, recalcular un curso hasta el siguiente punto de ruta desde su presente localización nueva o similares).

En otro ejemplo, el módulo de control local de modelos de diente monitoriza la presente orientación del modelo de diente y, si la orientación está fuera de un intervalo aceptable (por ejemplo, la inclinación o la rotación supera 20 grados o similares para un diente) o si el movimiento corporal es excesivo, el módulo de control local también puede actuar para introducir el modelo de diente en un modo de funcionamiento seguro (antes o después de tratar de corregir el problema de funcionamiento).

Aunque la invención se ha descrito e ilustrado con un determinado grado de particularidad, se entiende que la presente divulgación se ha realizado solo a modo de ejemplo y que puede recurrirse a numerosos cambios en la combinación y disposición de piezas por los expertos en la técnica sin alejarse del espíritu y el alcance de la invención, tal como se reivindica a continuación en el presente documento.

Tal como será evidente, las características y atributos de las realizaciones específicas dadas a conocer en el presente documento pueden combinarse de diferentes maneras para formar realizaciones adicionales, todas las cuales entran dentro del alcance de la presente divulgación.

El lenguaje condicional usado en el presente documento, tal como, entre otros, "puede", "podría", "por ejemplo" y similares, a menos que se declare específicamente lo contrario, o se entienda lo contrario dentro del contexto tal como se usa, está destinado, en general, a transmitir que determinadas realizaciones incluyen, mientras otras realizaciones no incluyen, determinadas características, elementos y/o estados. Por tanto, tal lenguaje condicional no está destinado, en general, a suponer que se requieren características, elementos y/o estados, de ninguna manera, para una o más realizaciones o que una o más realizaciones incluyen necesariamente lógicamente para decidir, con o sin entrada o impulso de autor, si estas características, elementos y/o estados se incluyen o van a realizarse en cualquier realización particular.

Cualquier descripción, elemento o bloque del procedimiento en los diagramas de flujo descritos en el presente documento y/o representados en las figuras adjuntas debería entenderse como que representa posiblemente módulos, segmentos o partes de código que incluyen una o más instrucciones que pueden ejecutarse para implementar etapas o funciones lógicas específicas en el procedimiento. Se incluyen implementaciones alternativas dentro del alcance de las realizaciones descritas en el presente documento en el que los elementos o las funciones pueden eliminarse, ejecutarse fuera de servicio de lo mostrado o comentado, incluyendo sustancialmente al mismo tiempo o en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada, tal como lo entenderían los expertos en la técnica.

Todos los métodos y procedimientos descritos en el presente documento pueden realizarse en, y automatizarse por completo mediante, módulos de código de software ejecutados por uno o más procesadores u ordenadores de uso general, tales como esos sistemas informáticos descritos en el presente documento. Los módulos de código pueden almacenarse en cualquier tipo de medio legible por ordenador u otro dispositivo de almacenamiento informático. Algunos o todos los métodos pueden realizarse alternativamente en hardware informático especializado.

Debe enfatizarse que pueden hacerse muchas variaciones y modificaciones a las realizaciones descritas en el presente documento sin apartarse de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de control de movimientos de diente para corregir maloclusiones, que comprende:
- recibir una pluralidad de modelos de diente digitales de un sujeto que tiene una o más maloclusiones;
- 5 determinar un movimiento para cada uno de los modelos de diente digitales para corregir las maloclusiones mediante un módulo de gestor de movimiento de diente (12), en el que determinar un movimiento comprende ejecutar de manera independiente un plan de movimiento de diente para cada uno de los modelos de diente, en el que ejecutar de manera independiente comprende desencadenar al mismo tiempo la iniciación de los planes de tratamiento por los múltiples modelos de diente;
- 10 asignar una esfera de influencia en cada uno de los modelos de diente para establecer una distancia de proximidad entre cada modelo de diente mediante un módulo de gestor de choque (14), en el que asignar una esfera de influencia comprende, además, monitorizar un choque entre modelos de diente;
- monitorizar un estado real de cada diente (20; 22, 24) del sujeto;
- comparar el estado real de cada diente (20; 22, 24) frente a un estado esperado de cada modelo de diente mediante un módulo de gestor de diente (16); y
- 15 ajustar el movimiento de uno o más dientes (20; 22, 24) basándose en una comparación del estado real y el estado esperado si se detecta una desviación,
- caracterizado por comprender, además, la comunicación de una advertencia de choque a un modelo de diente adyacente de manera que uno o más de los modelos de diente alteran su movimiento para evitar el choque.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en el que recibir una pluralidad de modelos de diente digitales comprende explorar una dentadura del sujeto.
3. Método según la reivindicación 1, en el que determinar un movimiento comprende asignar uno o más puntos de ruta entre un punto de ruta inicial y un punto de ruta objetivo.
4. Método según la reivindicación 3, en el que comparar el estado real comprende comparar de manera periódica el estado real frente al estado esperado en cada uno del uno o más puntos de ruta.
- 25 5. Método según la reivindicación 4, en el que ajustar el movimiento comprende asignar un nuevo punto de ruta a uno o más de los modelos de diente si se detecta la desviación.
6. Método según la reivindicación 1, en el que ajustar el movimiento comprende ajustar una velocidad o curso del movimiento del uno o más dientes (20; 22, 24).
7. Método según la reivindicación 1, en el que ajustar el movimiento comprende ajustar basándose en interrelaciones de tejido blando y óseo.
- 30 8. Método según la reivindicación 1, en el que asignar una esfera de influencia comprende asignar un espacio de 1 a 3 mm alrededor de cada uno de los modelos de diente.
9. Método según la reivindicación 1, que comprende, además, determinar si el uno o más modelos de diente requieren un reinicio.
- 35 10. Método según la reivindicación 1, que comprende, además, fabricar una pluralidad de aparatos dentales.
11. Método según la reivindicación 10, en el que fabricar comprende fabricar mediante impresión tridimensional.

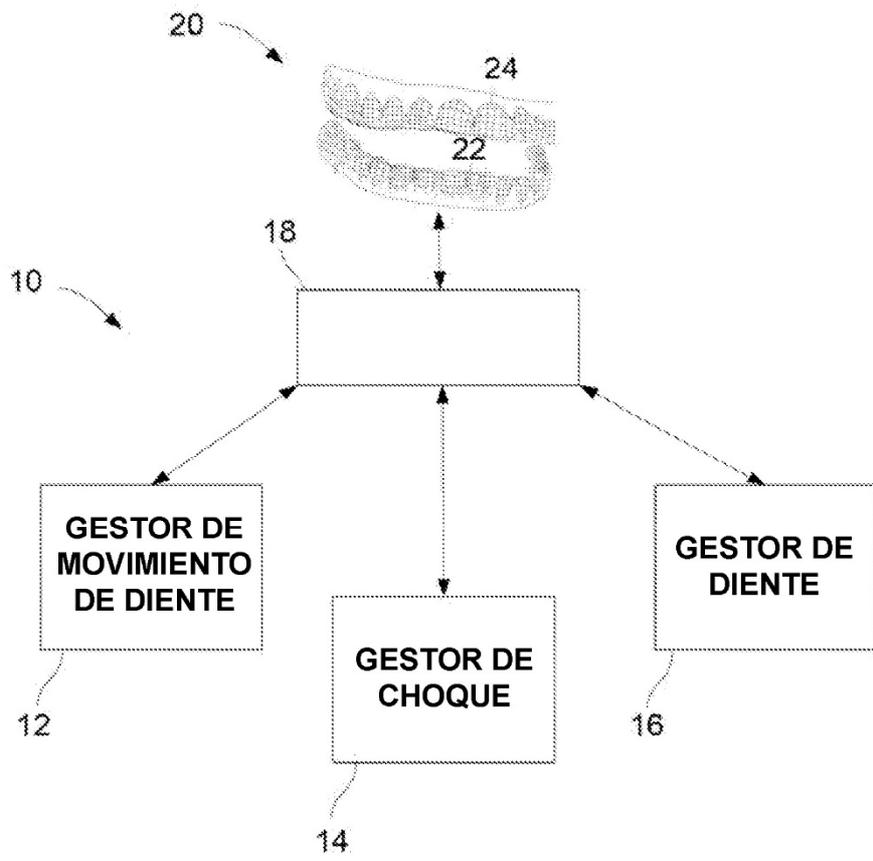


FIG. 1

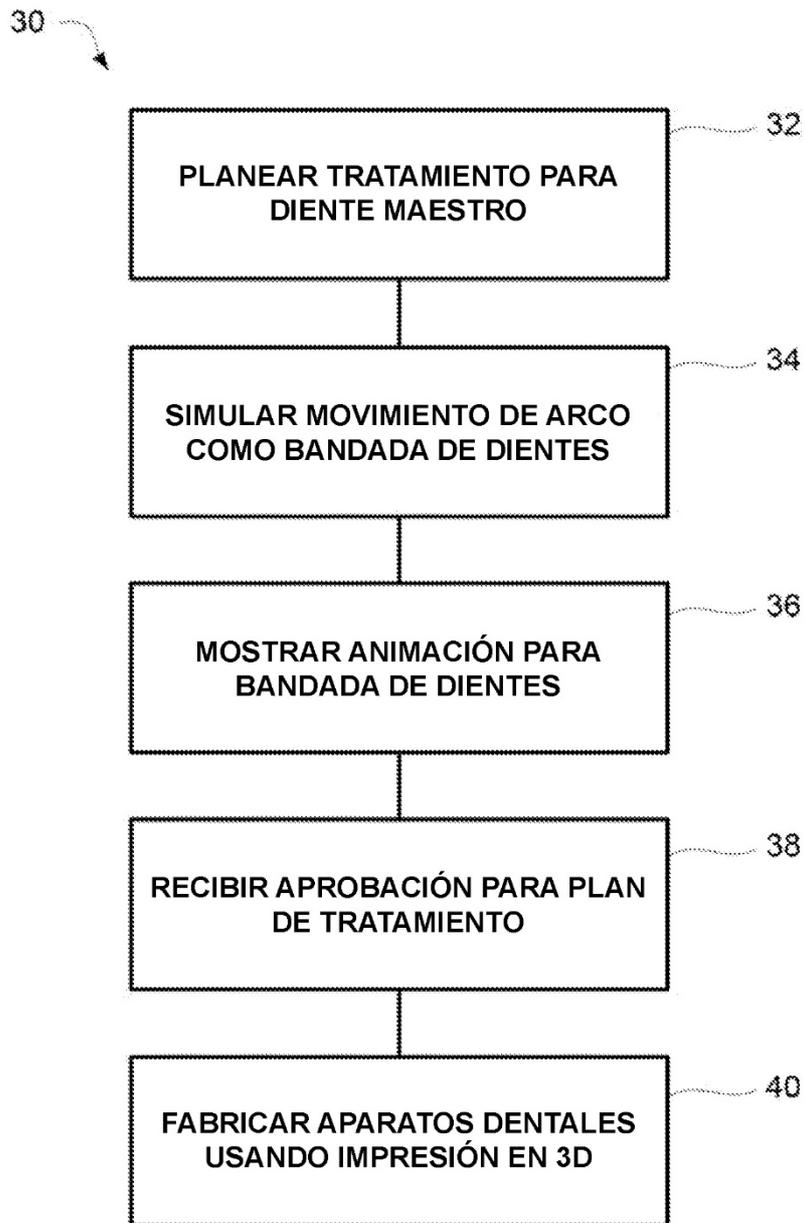


FIG. 2