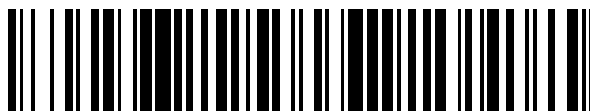


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 378**

51 Int. Cl.:

**A61C 17/22** (2006.01)

**A46B 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.10.2016 PCT/IB2016/056039**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017 WO17068453**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2016 E 16784579 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3244827**

54 Título: **Métodos y sistemas de localización de dispositivos de limpieza oral**

30 Prioridad:

**21.10.2015 US 201562244338 P**

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

**05.05.2020**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)**

**High Tech Campus 52**

**5656 AG Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**TAMMINGA, STEPHANUS JACOB GERARDUS y**

**NUNES, DIONISIO MASSINGO**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 758 378 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**

Métodos y sistemas de localización de dispositivos de limpieza oral

5 Campo de la invención

La presente divulgación está dirigida generalmente a métodos y sistemas para localizar la posición y rastrear el movimiento de un dispositivo de limpieza oral usando la entrada del sensor.

10 Antecedentes

La técnica adecuada de cepillado dental, incluida la longitud y la cobertura del cepillado, ayuda a garantizar la salud dental a largo plazo. Muchos problemas dentales son experimentados por personas que no se cepillan los dientes regularmente o que lo hacen de manera inadecuada. Entre las personas que cepillan regularmente, los hábitos de cepillado incorrectos pueden dar como resultado una cobertura deficiente del cepillado y, por lo tanto, superficies que no se limpian adecuadamente.

Para facilitar una técnica adecuada de cepillado, los cepillos de dientes se han diseñado para proporcionar una función de temporizador de manera que el usuario sepa cepillarse durante un tiempo mínimo recomendado. La función del temporizador puede incluir un sonido audible, retroalimentación háptica u otro mecanismo de notificación para informar al usuario cuando ha transcurrido una cantidad de tiempo predeterminada. Esto proporciona al usuario una indicación de que se han cepillado los dientes durante un período de tiempo adecuado.

Otro mecanismo para facilitar una técnica adecuada de cepillado es asegurar que haya una limpieza adecuada de todas las superficies dentales, incluidas las áreas de la boca que son difíciles de alcanzar o que tienden a limpiarse de manera incorrecta durante una sesión de cepillado promedio. Una forma de garantizar una cobertura adecuada es rastrear la posición del cepillo de dientes en la boca durante una sesión de cepillado y compararlo con un mapa de las superficies dentales. Por ejemplo, un sistema con sensores posicionados en una relación fija con los dientes del usuario podría seguir el movimiento de un cepillo de dientes sobre los dientes del usuario.

Alternativamente, el cepillo de dientes podría incluir uno o más sensores internos que intentan rastrear el movimiento del dispositivo dentro de la boca. En dicho sistema, el usuario comienza con el cepillo de dientes en una posición conocida y fija dentro de la boca y el movimiento posterior del cepillo se determina a partir de uno o más sensores internos. Sin embargo, este enfoque tiene varias limitaciones. Los usuarios no pueden mover la cabeza durante el cepillado, ya que esto interfiere con el posicionamiento adecuado del punto de referencia fijo original. El sistema se confunde entre ciertas regiones de la boca donde los datos serán similares, como la parte superior izquierda dentro de la boca y la parte superior derecha fuera de la boca. La resolución del sistema es baja, lo que significa que solo se pueden rastrear secciones amplias de la boca en lugar de un posicionamiento más exacto, como los dientes.

40 GB2519579 divulga un dispositivo de limpieza oral con un identificador de movimiento.

Por consiguiente, existe una necesidad continua en la técnica de un método para seguir el movimiento de un cepillo de dientes dentro de la boca usando la entrada del sensor.

45 Sumario de la invención

La presente divulgación está dirigida a métodos y sistemas inventivos para rastrear el movimiento de un dispositivo de limpieza oral dentro de la boca. Aplicados a un sistema configurado para localizar un dispositivo de limpieza oral dentro de la boca, los métodos y sistemas inventivos permiten una mayor precisión de seguimiento y, por lo tanto, proporcionan una evaluación de la técnica de cepillado del usuario. El sistema utiliza un modelo basado en la ley de Fitts para obtener una medida cuantitativa de la actividad de cepillado humano en la boca. Según una realización, el modelo basado en la ley de Fitts permite la determinación de una distancia cubierta dentro de una sección de la boca y, por lo tanto, la cantidad de dientes cepillados, según la cantidad de tiempo necesario para completar el movimiento y el tiempo observado. Según una realización, el modelo basado en la ley de Fitts también permite la determinación de una transición particular de un segmento de la boca a otro en función de la cantidad de tiempo necesaria para completar la transición y un tiempo observado. El sistema rastrea los movimientos y las posiciones en el transcurso de una sesión de cepillado, y utiliza esa información para proporcionar comentarios a un usuario.

La presente invención se define en las reivindicaciones.

60 De acuerdo con una realización, la determinación de varios dientes por los cuales se desplazó el dispositivo de limpieza oral durante el movimiento se utiliza para determinar cuáles de los dientes del usuario fueron cepillados durante el movimiento.

65 Según una realización, la primera ubicación es una sección de la boca.

Según una realización, la ley de Fitts comprende la fórmula

$$W * 2^{((MT - a) / b) - 1} = D$$

5 donde  $MT$  es la cantidad de tiempo transcurrida,  $W$ ,  $a$  y  $b$  son valores predeterminados, y  $D$  es una distancia movida dentro de la primera ubicación.

Según una realización, el método incluye además el paso de proporcionar datos de calibración para el dispositivo de limpieza oral.

10 Según una realización, los datos de calibración comprenden uno o más valores para  $W$ ,  $a$  y  $b$ .

Según una realización, el método incluye además el paso de evaluar la sesión de cepillado. Según una realización, la evaluación comprende información sobre qué dientes se limpiaron durante la sesión de cepillado. Según una realización, la evaluación comprende información sobre qué tan bien se limpió cada diente durante la sesión de cepillado.

Según un aspecto es un dispositivo de limpieza oral. El dispositivo incluye un identificador de movimiento y un controlador en comunicación con el identificador de movimiento. El controlador está configurado para: (i) determinar, con base en la información del sensor recibida del identificador de movimiento, una primera ubicación del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario; (ii) medir, utilizando la información del sensor recibida del identificador de movimiento, una cantidad de tiempo transcurrido entre el inicio y la detención de un movimiento del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario en la primera ubicación; (iii) calcular, usando la ley de Fitts y la cantidad de tiempo medido transcurrido, el número de dientes en los que el dispositivo de limpieza oral se desplazó durante el tiempo transcurrido; y (iv) determinar, basándose en la primera ubicación y la cantidad de dientes en los que el dispositivo de limpieza oral fue desplazado durante el tiempo transcurrido, cuáles de los dientes del usuario se incluyeron en el desplazamiento.

Según un aspecto es un sistema de limpieza bucal. El sistema incluye un dispositivo de limpieza oral con un identificador de movimiento y un módulo de comunicaciones, donde el dispositivo de limpieza oral está configurado para transmitir, a través del módulo de comunicaciones, datos del sensor desde el identificador de movimiento. El sistema también incluye un dispositivo en comunicación con el dispositivo de limpieza oral y que comprende un procesador, donde el procesador está configurado para: (i) determinar, con base en la información del sensor recibida del identificador de movimiento, una primera ubicación del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario; (ii) medir, utilizando la información del sensor recibida del identificador de movimiento, una cantidad de tiempo transcurrido entre el inicio y la detención de un movimiento del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario en la primera ubicación; (iii) calcular, usando la ley de Fitts y la cantidad de tiempo medido transcurrido, el número de dientes en los que el dispositivo de limpieza oral fue desplazado durante el tiempo transcurrido; y (iv) determinar, basándose en la primera ubicación y la cantidad de dientes en los que el dispositivo de limpieza oral fue desplazado durante el tiempo transcurrido, cuáles de los dientes del usuario se incluyeron en el desplazamiento.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a la(s) realización(es) descrita(s) a continuación.

45 Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, los caracteres de referencia similares generalmente se refieren a las mismas partes en las diferentes vistas. Además, los dibujos no están necesariamente a escala, sino que generalmente se pone énfasis en ilustrar los principios de la invención.

50 La figura 1 es una representación de un dispositivo de limpieza oral de acuerdo con una realización.

La figura 2A es una representación esquemática de un sistema de control del dispositivo de limpieza oral de acuerdo con una realización.

55 La figura 2B es una representación esquemática de un sistema de control del dispositivo de limpieza oral de acuerdo con una realización.

60 La figura 3 es un diagrama de flujo que representa un método para rastrear el movimiento de un dispositivo de limpieza oral dentro de la boca usando la entrada del sensor espacial de acuerdo con una realización.

La figura 4 es una representación esquemática de varios estados dentro de la cavidad oral de acuerdo con una realización.

La figura 5 es una representación esquemática de transiciones entre varios estados dentro de la cavidad oral de acuerdo con una realización.

La figura 6 es una tabla de probabilidades de transición de acuerdo con una realización.

La figura 7 es una tabla de transiciones entre varios estados dentro de la cavidad oral de acuerdo con una realización.

La figura 8 es un diagrama de flujo que representa un método para rastrear el movimiento de un dispositivo de limpieza oral dentro de la boca usando la entrada del sensor espacial de acuerdo con una realización.

#### Descripción detallada de las realizaciones

La presente divulgación describe diversas realizaciones de un método y un controlador para seguir el movimiento y la posición de un dispositivo de limpieza oral dentro de la boca. En términos más generales, el solicitante ha reconocido y apreciado que sería beneficioso proporcionar un sistema para rastrear el movimiento de un dispositivo de limpieza oral dentro de la boca para proporcionar retroalimentación de cepillado al usuario. Por consiguiente, los métodos descritos o previstos en este documento proporcionan un dispositivo de limpieza oral configurado para determinar la posición del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario y determinar, entre otras variables, cuánto tiempo el usuario cepilla posiciones discretas dentro de la boca. Según una realización, el método utiliza un modelo basado en la ley de Fitts para proporcionar una medida cuantitativa de la actividad de cepillado humano en la boca. Según una realización, el modelo basado en la ley de Fitts permite la determinación de una distancia cubierta dentro de una sección de la boca en función de la cantidad de tiempo necesaria para completar el movimiento y un tiempo observado.

Un objetivo particular de la utilización de las realizaciones e implementaciones en este documento es proporcionar información de cepillado usando un dispositivo de limpieza oral tal como un cepillo de dientes eléctrico.

Con referencia a la figura 1, en una realización, se proporciona un dispositivo 10 de limpieza oral que incluye una porción 12 de cuerpo y un miembro 14 del cabezal del cepillo montado en la porción de cuerpo. El miembro 14 del cabezal del cepillo incluye en su extremo alejado de la porción del cuerpo un cabezal 16 del cepillo. El cabezal 16 del cepillo incluye una cara 18 de cerdas, que proporciona una pluralidad de cerdas. Según una realización, las cerdas se extienden a lo largo de un eje sustancialmente perpendicular al eje de alargamiento del cabezal, aunque son posibles muchas otras realizaciones del cabezal del cepillo y las cerdas.

De acuerdo con una realización, el miembro 14 del cabezal del cepillo está montado para poder moverse con relación a la porción 12 del cuerpo. El movimiento puede ser cualquiera de una variedad de movimientos diferentes, incluyendo vibraciones o rotación, entre otros.

De acuerdo con una realización, la porción 12 de cuerpo incluye un tren motriz 22 para generar movimiento y un componente 24 de transmisión para transmitir los movimientos generados al miembro del cabezal del cepillo 14. Por ejemplo, el tren motriz 22 puede comprender un motor o electroimán que genere movimiento del componente 24 de transmisión, que posteriormente se transmite al miembro 14 del cabezal del cepillo. El tren motriz 22 puede incluir componentes tales como una fuente de alimentación, un oscilador y uno o más electroimanes, entre otros componentes.

La porción 12 de cuerpo está provista además de una entrada 26 de usuario para activar y desactivar el generador de movimiento 22. La entrada 26 de usuario permite que un usuario opere el dispositivo 10 de limpieza oral, por ejemplo, para encender y apagar el dispositivo 10 de limpieza oral. La entrada 26 de usuario puede ser, por ejemplo, un botón, pantalla táctil o interruptor.

Aunque en la presente realización el dispositivo 10 de limpieza oral es un cepillo de dientes eléctrico, se entenderá que, en una realización alternativa, el dispositivo de limpieza oral es un cepillo de dientes manual (no mostrado). En tal disposición, el cepillo de dientes manual tiene componentes eléctricos, pero el cabezal del cepillo no es accionado mecánicamente por un componente eléctrico.

El dispositivo 10 de limpieza oral incluye uno o más identificadores 28 de movimiento. El identificador 28 de movimiento se muestra en la figura 1 dentro de la porción 12 de cuerpo, pero puede ubicarse en cualquier lugar dentro del dispositivo, incluyendo, por ejemplo, dentro del miembro 14 del cabezal del cepillo o el cabezal 16 del cepillo. Los identificadores 28 de movimiento comprenden, por ejemplo, un sistema de sensor espacial de 6 ejes o 9 ejes. Por ejemplo, el identificador 28 de movimiento está configurado para proporcionar las lecturas de seis ejes de movimiento relativo (traslación de tres ejes y rotación de tres ejes), utilizando, por ejemplo, un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes. Como otro ejemplo, el identificador 28 de movimiento está configurado para proporcionar las lecturas de nueve ejes de movimiento relativo usando, por ejemplo, giroscopio de 3 ejes, un acelerómetro de 3 ejes y un magnetómetro de 3 ejes. Se pueden utilizar otros sensores solos o en combinación con estos sensores, incluidos, entre otros, un sensor de presión y otros tipos de sensores. Se podrían utilizar muchos tipos diferentes de

sensores para determinar un estado y/o transición del dispositivo, como se describe o se prevé en el presente documento.

5 El identificador 28 de movimiento está dispuesto en una posición y orientación predefinidas en el dispositivo 10 de limpieza oral. Por lo tanto, la orientación y la posición del miembro 14 del cabezal del cepillo se pueden determinar fácilmente con base en la orientación y posición conocidas del identificador 28 de movimiento. En consecuencia, el miembro 14 del cabezal del cepillo está en una disposición espacial relativa fija con respecto al identificador 28 de movimiento.

10 El identificador 28 de movimiento está configurado para generar información indicativa de la aceleración y orientación angular del dispositivo 10 de limpieza oral. El sistema de sensor puede comprender dos o más identificadores 28 de movimiento que funcionan juntos como el sistema de sensor espacial de 6 ejes o 9 ejes. Según otra realización, un sensor espacial integrado de 9 ejes puede proporcionar ahorro de espacio en un dispositivo 10 de limpieza oral.

15 La información generada por el primer identificador 28 de movimiento se proporciona a un controlador 30. El controlador 30 puede comprender un procesador 32 y una memoria 34. El procesador 32 puede tomar cualquier forma adecuada. Por ejemplo, el procesador 32 puede ser o incluir un microcontrolador, microcontroladores plurales, circuitos, un único procesador o procesadores plurales. El controlador 30 puede estar formado por uno o múltiples módulos, y es operable para operar el dispositivo 10 de limpieza oral en respuesta a una entrada, por ejemplo, la entrada 26 del usuario. Por ejemplo, el controlador 30 puede configurarse para accionar una unidad de control de motor. De acuerdo con una realización, el identificador 28 de movimiento es integral al controlador 30. El controlador 30 también puede comprender, o estar en comunicación con, un reloj y/o temporizador configurado para medir una o más cantidades de tiempo, como se expone con mayor detalle a continuación.

25 La memoria 34 puede adoptar cualquier forma adecuada, incluida una memoria no volátil y/o RAM. La memoria no volátil puede incluir memoria de solo lectura (ROM), una unidad de disco duro (HDD) o una unidad de estado sólido (SSD). La memoria puede almacenar, entre otras cosas, un sistema operativo. El procesador utiliza la RAM para el almacenamiento temporal de datos. El sistema operativo puede contener un código que, cuando lo ejecuta el controlador 30, controla el funcionamiento de cada uno de los componentes de hardware del dispositivo 10 de limpieza oral.

30 Con referencia a la figura 2A, se proporciona una realización de un sistema 200 de limpieza oral. Según una realización, el sistema 200 de limpieza oral incluye uno o más identificadores 28 de movimiento y un controlador 30 que comprende un procesador 32 y una memoria 34. Cuando se utiliza con dispositivos de limpieza eléctricos, el sistema 200 de limpieza oral incluye un tren motriz 22, cuya operación es controlada por el controlador 30.

35 Con referencia a la figura 2B, hay otra realización de un sistema 200 de limpieza oral que comprende un dispositivo 10 de limpieza oral y un dispositivo 40 que está separado del dispositivo de limpieza oral. El dispositivo 10 de limpieza oral puede ser cualquiera de las realizaciones del dispositivo de limpieza oral descritas o previstas de otro modo en el presente documento. De acuerdo con una realización, el dispositivo 10 de limpieza oral incluye uno o más identificadores 28 de movimiento para la información espacial del sensor, y un controlador 30 que comprende un procesador 32. El dispositivo 10 de limpieza oral puede incluir un tren motriz 22, cuya operación está controlada por el controlador 30.

40 De acuerdo con una realización, el dispositivo 10 de limpieza oral comprende además un módulo de comunicaciones 38 que transmite información del sensor espacial recopilada. El módulo de comunicaciones puede ser cualquier módulo, dispositivo o medio capaz de transmitir una señal cableada o inalámbrica, incluidos, entre otros, un módulo de Wi-Fi, Bluetooth, comunicación de campo cercano y/o celular.

45 Según una realización, el dispositivo 40 puede ser cualquier dispositivo configurado para o capaz de recibir y procesar la información del sensor espacial transmitida desde el dispositivo 10 de limpieza oral. Por ejemplo, el dispositivo 40 puede ser un dispositivo o estación de limpieza, un teléfono inteligente, una computadora, un servidor o cualquier otro dispositivo computarizado. De acuerdo con una realización, el dispositivo 40 incluye un módulo 42 de comunicaciones, que puede ser cualquier módulo, dispositivo o medio capaz de recibir una señal cableada o inalámbrica, incluidos, entre otros, un módulo de Wi-Fi, Bluetooth, comunicación de campo cercano y/o celular. El dispositivo 40 también incluye un procesador 44 que usa la información del sensor espacial recibida del identificador 28 de movimiento para determinar y rastrear la posición del dispositivo 10 de limpieza oral a medida que el usuario mueve el dispositivo por la boca, como se describe aquí. Según una realización, el dispositivo 40 puede incluir memoria 34 para almacenar datos de calibración, información de sensor espacial recibida o cualquier otra información.

50 A modo de ejemplo, el dispositivo 10 de limpieza oral puede recopilar información del sensor utilizando el identificador 28 de movimiento y transmitir esa información localmente a través de una conexión Bluetooth a un dispositivo 40 de teléfono inteligente, donde la información del sensor se procesa y/o almacena. Como otro ejemplo, el dispositivo 10 de limpieza oral puede recopilar información del sensor utilizando el identificador 28 de movimiento

y transmitir esa información a través de una conexión Wi-Fi a Internet donde se comunica a un dispositivo 40 de servidor remoto. El dispositivo 40 de servidor remoto procesa y/o almacena la información del sensor. Un usuario puede acceder a esa información directamente o puede recibir informes, actualizaciones u otra información desde el dispositivo 40 de servidor remoto o un dispositivo asociado.

5 De acuerdo con una realización, el controlador 30 del dispositivo 10 de limpieza oral y/o un controlador de un dispositivo 40 remoto también usa información del sensor del identificador 28 de movimiento para determinar y rastrear la posición del dispositivo 10 de limpieza oral usando un modelo gráfico probabilístico, como el modelo oculto de Markov ("HMM") o cualquier otro modelo gráfico probabilístico o método híbrido, para estimar la ubicación del dispositivo 10 de limpieza oral a partir de la información del sensor espacial recibida del identificador 28 de movimiento. Las posiciones dentro de la boca tienen una designación específica, y cada una de estas designaciones puede verse como una posición distinta del cabezal del cepillo del dispositivo 10 de limpieza oral. Por ejemplo, la posición aproximada del cabezal del cepillo en la boca se denomina estado. Aunque de acuerdo con algunas realizaciones, el estado puede ser la posición exacta del cabezal del cepillo en un diente, o más específicamente en una parte específica de un diente, el estado puede ser más ampliamente un segmento o sección de la boca, como arriba a la izquierda afuera, arriba a la izquierda adentro y otros (ver Tabla 1). A medida que el usuario se mueve entre diferentes estados dentro de la boca, el identificador 28 de movimiento genera información de movimiento y la envía al controlador 30. El modelo gráfico probabilístico crea una mejor estimación para un estado actual, donde la distribución de probabilidad del estado actual se calcula a partir de una distribución de probabilidad del estado anterior y las probabilidades de transición de un estado a otro estado detectado por el identificador 28 de movimiento. Por lo tanto, la ubicación más probable del dispositivo dentro de un espacio determinado se determina en función de las distribuciones de probabilidad de estados anteriores combinadas con las distribuciones de probabilidad de transición, donde las distribuciones son una o más matrices que contienen la información sobre la probabilidad de transiciones entre estados. Puede haber múltiples matrices de transición involucradas, como una matriz estadística que contiene información de comportamiento, como qué tan probable es una transición, según la calibración realizada por el usuario, y una matriz que contiene la probabilidad de que haya ocurrido una transición en función de las lecturas del sensor, y/o una matriz que contiene la probabilidad de que haya ocurrido una transición en función del conocimiento previo del sistema.

30 Según una realización, el controlador 30 del dispositivo 10 de limpieza oral y/o un controlador de un dispositivo 40 remoto utiliza información del sensor del identificador 28 de movimiento para el seguimiento de alta resolución del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario. Según una realización, el sistema está configurado para medir la posición y el movimiento con resolución diente por diente. El sistema utiliza un modelo basado en la ley de Fitts para determinar la distancia recorrida por un usuario dentro de una sección de la boca, y por lo tanto la cantidad de dientes cepillados, en función de la cantidad de tiempo necesario para completar el movimiento y el tiempo observado. La ley de Fitts predice que el tiempo requerido para moverse a un área objetivo es una función de la relación entre la distancia al objetivo y el ancho del objetivo, utilizando la siguiente ecuación:

$$MT = a + b * \log_2(2D/W) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

40 donde  $MT$  es el tiempo de movimiento, o el tiempo promedio para completar un movimiento, que puede medirse por un componente de reloj del sistema. Además,  $a$  y  $b$  son parámetros del modelo, y se pueden determinar en el desarrollo o durante la calibración del dispositivo. Por ejemplo,  $a$  y  $b$  pueden ser valores predeterminados de fábrica según el usuario previsto del dispositivo, como adulto versus niño y/o hombre versus mujer. Como otro ejemplo,  $a$  y  $b$  podrían ser valores que se determinan durante una sesión de calibración en la que el usuario realiza una sesión de cepillado dirigida. Los datos obtenidos durante la sesión de calibración pueden procesarse y almacenarse opcionalmente, y los parámetros del modelo  $a$  y  $b$  pueden determinarse y establecerse.  $D$  es la distancia desde el punto de partida hasta el centro del objetivo, y según una realización es el resultado de la predicción.  $W$  es el ancho del objetivo medido a lo largo del eje de movimiento. Por ejemplo,  $W$  puede ser la tolerancia de error permitida en la posición final, ya que el punto final del movimiento debe estar dentro de  $+ W/2$  del centro del objetivo. Según una realización,  $W$  puede ser aproximadamente del tamaño de un diente humano. En consecuencia,  $W$  puede basarse, al menos en parte, en un usuario previsto del dispositivo, como adulto versus niño y/o hombre versus mujer.

55 Según una realización, la Ecuación 1 puede modificarse para:

$$(MT - a) / b = \log_2(2D/W) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

$$2^{((MT - a) / b)} = 2D/W \quad \text{(Ecuación 3)}$$

$$W * 2^{((MT - a) / b) - 1} = D \quad \text{(Ecuación 4)}$$

En consecuencia, cuando se conocen los parámetros  $W$ ,  $a$  y  $b$ , la ecuación 4 permite la estimación de una distancia movida  $D$  cuando se observa un tiempo  $MT$ .

5 Según una realización, el sistema 200 utiliza la información de ubicación de mayor resolución obtenida por el modelo basado en la ley de Fitts solo o en combinación con la información de ubicación de menor resolución obtenida usando el modelo gráfico probabilístico. Por ejemplo, una vez que se identifica un estado en particular, un segmento u otra medida de nivel superior de una ubicación dentro de la boca, esa información se puede aumentar con información más específica diente por diente obtenida usando el modelo basado en la ley de Fitts.

10 Con referencia a la figura 3, en una realización, hay un diagrama de flujo de un método 300 para seguir el movimiento de un dispositivo dentro de un espacio dado. En el paso 310 del método, se proporciona un dispositivo 10 de limpieza oral. El dispositivo de limpieza oral puede ser cualquiera de las realizaciones descritas o previstas de otro modo en este documento. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, el dispositivo 10 de limpieza oral incluye una porción 12 de cuerpo, un miembro 14 del cabezal de cepillo con una cara 18 de cerdas, un identificador 15 28 de movimiento y un controlador 30 con procesador 32 y memoria 34. También son posibles muchas otras realizaciones del dispositivo 10 de limpieza oral.

En el paso 320 opcional del método, el dispositivo 10 de limpieza oral puede calibrarse. La calibración puede comprender, por ejemplo, definir posiciones y/o transiciones dentro del sistema, lo que puede hacer en la fábrica o por el usuario. Los datos de calibración de estado consisten en conjuntos de datos de sensores anotados. Durante una sesión de calibración, por ejemplo, se cepilla un área designada y se anotan y almacenan los datos instantáneos del sensor.

25 Según una realización, el usuario individual puede realizar la calibración ya que la mandíbula es única. Esto se puede realizar de varias maneras. Por ejemplo, el usuario puede simplemente usar el dispositivo y el sistema puede reconstruir un mapa de la mandíbula registrando formas y condiciones de contorno como el punto de inflexión en los molares posteriores. De acuerdo con otro método de calibración del usuario, el usuario es guiado a través de una sesión de cepillado en la que se indica dónde debe cepillarse para que el sistema pueda asignar la ubicación a los datos de su sensor, así como entrenar el sistema al patrón de movimiento del usuario (por ejemplo, transiciones 30 rápidas o lentas).

Según una realización, se omite el paso de calibración. En cambio, el dispositivo de limpieza oral desarrolla un conjunto de datos de calibración en una o más sesiones de cepillado comparando los datos entre esas sesiones. Un método de autoaprendizaje también podría utilizarse para complementar, enmendar o ajustar la calibración de 35 fábrica o del usuario.

En el paso 330 del método, el dispositivo de limpieza oral se coloca dentro de la boca en una primera ubicación, y el usuario comienza a cepillarse los dientes.

40 En el paso 335 del método, el sistema determina la probabilidad de un primer estado utilizando un modelo gráfico probabilístico. Según una realización, el modelo determinará una probabilidad de estado actual utilizando la probabilidad de estado anterior, la probabilidad de estado actual basada en datos de calibración y la probabilidad de transición de un estado anterior al estado actual, de acuerdo con la fórmula:

$$P(s) = P(s_{cal}) \circ (P(s_{-1})P(T)) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

45 donde  $P(s)$  es la matriz de probabilidad de estado actual,  $P(s_{-1})$  es la matriz de probabilidad de estado anterior,  $P(T)$  es la matriz de probabilidad de transición de cada estado  $s-1$  a estado  $s$ , y  $P(s_{cal})$  es la matriz de probabilidad de estado actual basada en los datos de calibración del paso 320. La distribución resultante se normaliza.

50 Sin embargo, durante la estimación de la primera posición dentro de la boca del usuario no habrá una probabilidad de ubicación previa. En consecuencia, para la estimación de la primera posición, solo se pueden utilizar los datos de calibración para determinar la ubicación. Existen varios métodos para la estimación del estado actual, y estos se proporcionan con mayor detalle a continuación. Por ejemplo, según una realización, la probabilidad del primer estado desconocido se determina en función de los datos de calibración, mientras que los estados desconocidos posteriores se determinan utilizando la ecuación  $P(s) = P(s_{-1}) * P(T)$ .

Según una realización, una matriz de transición  $T$  proporciona la probabilidad de transición de cada estado posible a cualquier otro estado posible.

60 La matriz se multiplica por la matriz de estado actual  $S$ . En el ejemplo, el estado actual era 100% conocido con precisión, pero este no es necesariamente el caso. La posición actual también es mayormente incierta, lo que lleva a una matriz  $S$  con una distribución de probabilidad. El resultado de la multiplicación de las probabilidades de transición y las probabilidades de estado nos da la nueva matriz de distribución de probabilidad de estado  $P$ . A partir

de esta matriz P, se puede determinar el estado actual más probable y utilizarlo para proporcionar retroalimentación al usuario.

$$\begin{bmatrix} T_{1,1} & T_{2,1} & T_{3,1} \\ T_{1,2} & T_{2,2} & T_{3,2} \\ T_{1,3} & T_{2,3} & T_{3,3} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

5 La matriz de transición T en sí misma puede ser el resultado de una multiplicación de probabilidades y también puede comprender información de probabilidad de patrones de comportamiento. Por ejemplo, es poco probable que un usuario se salte un solo diente mientras se cepilla. Por ejemplo, es improbable una transición del diente #1 al diente #3, mientras se saltea por completo el diente #2 entre ellos. Hay una probabilidad de transición entre cada dos dientes, que se puede incorporar a la matriz de transición T. Estas probabilidades de comportamiento se pueden obtener, por ejemplo, mediante una sesión de calibración guiada o datos extraídos de estudios de consumidores.

10 Según una realización, la matriz de transición T comprende información de condición de límite. Como se conoce la forma de una mandíbula, se pueden imponer condiciones de contorno en el cálculo. Por ejemplo, si el sistema está rastreando la posición absoluta en la mandíbula y la información del indicador de movimiento sugiere que una nueva posición se encuentra a cinco centímetros de la mandíbula, entonces se le asigna una probabilidad insignificante, ya que la ubicación estimada no cae dentro de los límites del sistema. En ese momento, el seguimiento podría considerarse perdido hasta que la nueva ubicación estimada vuelva a caer dentro de las condiciones límite del sistema o una segunda posición, situada dentro de los límites del sistema, también tenga una alta probabilidad de ser la ubicación verdadera. Siempre que el seguimiento se pierde y se vuelve a encontrar, la ruta intermedia puede retroceder desde la posición recién encontrada, utilizando las probabilidades de transición que ocurrieron mientras se perdió el seguimiento.

15 Según una realización, los valores instantáneos del sensor ya pueden dar una indicación de la ubicación, antes de considerar las probabilidades de transición. Cada combinación de datos del sensor ya restringe la posición probable. Por ejemplo, cuando el cepillo apunta hacia adentro, el cepillo se encuentra en el exterior de la mandíbula, lo que excluye ciertos estados. Estas observaciones también pueden ayudar a recuperar un seguimiento de posición perdida. El modelo que vincula los estados con los datos instantáneos del sensor puede extraerse de los pasos de calibración, ya sea por el usuario final o durante el desarrollo.

20 En el paso 340 del método, se produce una transición y se detecta mediante la información del identificador 28 de movimiento. Por ejemplo, el identificador de movimiento puede detectar una traslación de un lado de la boca al otro lado, una rotación desde el interior de la boca hacia el exterior de la boca, o tanto una traslación como una rotación. El giroscopio, el acelerómetro, el magnetómetro, el sensor de presión y/u otros sensores del identificador 28 de movimiento envían información al controlador 30 de forma continua o periódica, y un cambio en esa información puede ser interpretado por el sistema como una transición, que incluye, pero no se limita a una traducción, rotación y/u otros movimientos o transiciones. Según una realización, el controlador interpreta la información del identificador 28 de movimiento como una transición basada en la comparación con datos de calibración, comparación con datos predeterminados o preprogramados, y/u otros datos.

25 Una vez que se completa una transición, el controlador 30 utilizará esa información para determinar, en el paso 350 del método, la nueva ubicación o estado del dispositivo 10 de limpieza oral en la boca. En consecuencia, a diferencia de los métodos anteriores, un estado se determina solo después de que se completa la transición del dispositivo del estado anterior al estado actual. Para determinar el nuevo estado, el controlador compara la información de transición del identificador 28 de movimiento con los datos de calibración. Por ejemplo, el controlador puede determinar qué tan bien se comparan los nuevos datos con los puntos de calibración y obtener una medida de similitud. Como se describe a continuación en detalle, existen múltiples formas de lograr el paso 350 comparando la información de transición del identificador 28 de movimiento con los datos de calibración, que incluyen: (i) una correlación de histograma; (ii) un análisis de distribución de densidad de probabilidad; y/o (iii) un análisis vecino más cercano.

30 Para el enfoque de correlación de histograma, se construye un histograma normalizado para uno o más ejes de los datos de calibración y los datos del sensor actualmente observados desde el identificador 28 de movimiento. La correlación se calcula por el producto interno de los histogramas, con la multiplicación por elementos y luego la suma. El conjunto de datos con los puntos de datos más coincidentes conducirá a la suma más alta. Cuando se usan varios ejes, la estimación total se calcula multiplicando los resultados de los ejes individuales.

35 Para el análisis de distribución de densidad de probabilidad, una función de distribución normal se ajusta al conjunto de datos de calibración utilizando la siguiente ecuación:

40



$$f(x | \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

5 Luego, la posición actual se estima al encontrar la probabilidad de cada punto individual de los datos del sensor observados en la distribución de densidad de probabilidad. Según una realización, este enfoque es menos sensible a posibles huecos en los datos de calibración, por ejemplo.

10 Algunas observaciones estatales conducen a resultados ambiguos en la localización. Para distinguir entre estos estados, es necesario observar las transiciones que condujeron al estado. La característica más distintiva de una transición en la boca puede ser, por ejemplo, el desplazamiento angular entre un primer y segundo estado. Sin embargo, cada transición solo corresponde a un conjunto de desplazamientos (x, y y z). Por lo tanto, puede que no haya datos suficientes para construir una distribución de probabilidad normal para comparar con un conjunto de calibración. Debido al pequeño número de puntos de datos, se puede utilizar el análisis de vecino más cercano. Según una realización, cuando se observa una transición, el sistema busca los cinco vecinos más cercanos (dx, dy, dz) de la transición, aunque en otras realizaciones se pueden utilizar menos de cinco o más de cinco. 15 Preferiblemente, el sistema busca una cantidad de vecinos que eviten las mismas probabilidades. La probabilidad de cada transición está determinada por el número de vecinos más cercanos que contribuyó cada grupo.

20 Por lo tanto, según una realización, para el análisis del vecino más cercano, los datos del sensor observados desde el identificador 28 de movimiento se comparan con el conjunto de datos de calibración mirando el número x del vecino más cercano en el espacio multidimensional. La distancia entre un punto medido, según lo determinado por los datos del sensor observados desde el identificador 28 de movimiento, y cada punto de calibración se calcula tomando la norma de la diferencia entre los puntos representados como dos vectores en el espacio tridimensional:

$$(d = \|\vec{a} - \vec{b}\|) \quad \text{(Ecuación 8)}$$

25 La probabilidad de cada posición se puede calcular por el número relativo de vecinos más cercanos que se asignan a esa posición, utilizando, por ejemplo, la siguiente ecuación donde n (total) es el número total de vecinos que se tienen en cuenta:

$$P(s) = n(s) / n(\text{total}) \quad \text{(Ecuación 9)}$$

30 Según una realización, los estados y las transiciones en la cavidad dental se pueden definir claramente, incluidos, entre otros, los datos de calibración. Con referencia a la figura 4, de acuerdo con una realización, se definen estados para la boca. La boca 400 incluye los dientes 410 superiores y los dientes 420 inferiores con estados definidos como se establece en la TABLA 1. Estos también se pueden identificar como secciones de la boca. Una transición es un movimiento de cualquiera de los estados a cualquier otro estado. Algunas transiciones son claras, mientras que otras son ambiguas, como se expone con mayor detalle a continuación. Además, algunas transiciones tienen más probabilidades de ocurrir mientras que otras tienen menos probabilidades de ocurrir, y esta información podría ser opcionalmente un componente del análisis. 35 40

TABLA 1. Abreviaturas de estado

Abreviatura del Estado	Nombre Completo del Estado
LLI	Abajo a la izquierda adentro
LLO	Abajo a la izquierda afuera
ULO	Superior izquierda afuera
ULI	Superior izquierda adentro
URI	Superior derecha adentro
URO	Superior derecha afuera
LRO	Inferior derecha afuera
LRI	Inferior derecha adentro
LCI	Centro inferior adentro
LCO	Centro inferior afuera
UCO	Centro superior afuera
UCI	Centro superior adentro
LCI	Centro inferior adentro

Con referencia a la figura 5, de acuerdo con una realización, se definen transiciones entre estados en la boca. La boca 400 incluye los dientes 410 superiores y los dientes 420 inferiores con transiciones definidas como una

traducción positiva o negativa ("T") y/o una rotación positiva o negativa ("R"). Algunas transiciones involucran solo un tipo de movimiento (T o R), mientras que otras transiciones involucran dos tipos de movimiento (T y R).

5 Según una realización, la probabilidad de transición se puede visualizar como una tabla, donde una señal observada, como un conjunto de cambios de ángulo acumulados, proporciona una probabilidad de que cada posible transición sea verdadera. Esto se puede hacer de manera totalmente probabilística y/o basado en un conjunto de reglas.

10 El método probabilístico

10 Según una realización, el método totalmente probabilístico requiere un conjunto completo de calibración de datos del sensor, que según una realización es rotación angular. Después de detectar una transición, la rotación del sensor entre antes y después de la transición se compara con la rotación angular calibrada para cada posible transición mediante uno de los métodos anteriores para la estimación del estado, lo que da como resultado una tabla como se muestra en la figura 6. Para cada transición de estado, indicada por un hacia/desde como LLO (abajo a la izquierda afuera) a LLI (abajo a la izquierda adentro), por ejemplo, hay una probabilidad P2 de que la posible transición sea verdadera.

20 El método basado en reglas

20 Según una realización, el método basado en reglas se basa en el conocimiento previo del sistema, donde se conoce el tipo de movimiento entre cada segmento. Se hace una tabla con un tipo de movimiento que se puede definir, en este caso traslaciones (T+/-) izquierda y derecha, rotaciones (R+/-) izquierda y derecha y/o rotaciones de 180°, como se muestra en la figura 7. Según una realización, el conjunto de calibración puede contener solo datos de calibración (por ejemplo, rotaciones angulares) para cada tipo de movimiento.

30 Cuando se detecta una transición, las firmas de rotación angular se comparan con las firmas existentes, en este ejemplo utilizando el enfoque de vecino más cercano, para asignar una probabilidad de que se observe cada movimiento. Estas probabilidades normalizadas se asignan a las posiciones correspondientes en la tabla, donde se espera que ocurra el movimiento. A todas las posiciones donde no se espera el movimiento se les asigna el inverso de la probabilidad. Según una realización, esto da como resultado una tabla completa para cada posible movimiento.

35 Por ejemplo, cuando la rotación R+ positiva se observa con una certeza de 0.6, cada elemento en la tabla de R+ donde R+ ocurre se le asigna 0.6. Todos los demás elementos se asignan (1 - 0.6), porque esta es la posibilidad de que cualquiera de los otros sea verdadero cuando NO se observa R+.

40 Según una realización, todas las tablas se multiplican por elementos para obtener la distribución final de probabilidad de transición. Cuando no se observa un movimiento, a cada elemento se le asigna el mismo valor (1/N), por lo que la tabla no influye en las probabilidades relativas al final. Según una realización, la representación no necesita ser tablas individuales. También podría realizarse utilizando bibliotecas, tablas de búsqueda u otros métodos.

45 Volviendo a la ecuación 5, arriba, la probabilidad de estar en un cierto estado,  $P(s)$ , es igual a la suma de las probabilidades dadas por todas las combinaciones de haber comenzado en cualquier otro estado,  $P(s_{-1})$ , y haciendo la transición a esa ubicación específica con probabilidad,  $P(T)$ . Para resolver ambigüedades y llegar a una mejor estimación, la estimación se vuelve a multiplicar por la probabilidad del estado actual en función de los datos de calibración,  $P(S_{cal})$ .

50 Según una realización, la resolución de ambigüedad requiere información  $P(s_{-1})$  de origen, información de transición  $P(T)$  e información  $P(S_{cal})$  de destino. Esto se debe a que, por ejemplo, para algunas posiciones, un estado detectado en la cavidad dental podría ser un mínimo de dos estados diferentes. Por ejemplo, ULO y URI pueden ser indistinguibles hasta que ocurra una transición, e incluso entonces algunas transiciones pueden ser indistinguibles. Una transición de ULO a ULI o de ULI a ULO, por ejemplo, comprende una rotación, pero podría ser difícil para el sistema determinar el posicionamiento exacto, al menos hasta que se introduzca una asimetría. Tan pronto como haya una transición distinguible, causada por la asimetría, el sistema estará libre de la ambigüedad. Típicamente, el sistema no solo estará libre de la ambigüedad, sino que podrá determinar el estado anterior que antes era ambiguo.

60 En el paso 355 opcional del método en la figura 3, según una realización, se corrigen una o más determinaciones de estado anteriores. Por ejemplo, una determinación de estado puede determinarse en el paso 350 del método, pero una transición posterior puede indicar que la transición de estado anterior era incorrecta. Por ejemplo, la transición posterior puede ser imposible o improbable desde el estado incorrectamente determinado, lo que puede desencadenar una revisión y/o posible corrección. El sistema puede utilizar una o más transiciones anteriores, junto con la transición más reciente, para determinar y corregir el estado incorrectamente determinado.

65 De manera similar, el sistema puede determinar un estado actual y/o corregir un estado anterior si el sistema pierde momentáneamente el seguimiento de un estado o transición, o no puede reconocer un estado o transición. Por ejemplo, el sistema puede determinar, utilizando información previa del sensor, que está en un estado S1 hipotético,

seguido de una transición T? indeterminable a un nuevo estado S? indeterminable. Una transición T2 conocida posterior da como resultado un estado S3 determinado, lo que significa que la transición T? al estado S? indeterminable anterior debe haber sido una transición T1 al estado S2. La información obtenida puede utilizarse para el autoaprendizaje y/o para refinar o definir el conjunto de datos de calibración.

5 Por lo tanto, en el paso 360 del método de la figura 3, el sistema detecta una segunda transición del dispositivo de limpieza oral de un estado a otro. Por ejemplo, el identificador de movimiento puede detectar una traslación de un lado de la boca al otro lado, una rotación desde el interior de la boca hacia el exterior de la boca, o tanto una traslación como una rotación. El giroscopio, el acelerómetro, el magnetómetro y/u otros sensores del identificador 28 de movimiento envían información al controlador 30 de forma continua o periódica, y un cambio en esa información puede ser interpretado por el como una transición, que incluye, pero no se limita a una traducción, rotación y/u otros movimientos o transiciones. Según una realización, el controlador interpreta la información del identificador 28 de movimiento como una transición basada en la comparación con datos de calibración, comparación con datos predeterminados o preprogramados, y/u otros datos. Los pasos 340, 350 y 360 pueden repetirse a lo largo de la sesión de cepillado.

Según otra realización, el método utiliza solo datos de transición para seguir el movimiento y determinar el estado del dispositivo de limpieza oral. Por ejemplo, cuando se detecta una transición que necesariamente define el estado al que se movió el dispositivo de limpieza oral o que ahora está ubicado, solo se necesitan los datos de transición. En un escenario donde una transición define dos o más estados posibles, puede ser necesario confiar en otros datos del sensor o utilizar una transición previa y/o posterior para determinar el estado anterior.

En el paso 370 del método, el sistema utiliza las determinaciones de estado, o solo los datos de transición como se describió anteriormente, obtenidos durante una sesión de cepillado para evaluar la sesión de cepillado. Según una realización, el sistema almacena información sobre las determinaciones de estado obtenidas durante una sesión de cepillado para crear o realizar la evaluación, ya sea ahora o en algún momento en el futuro. Según otra realización, el sistema almacena información sobre múltiples sesiones de cepillado para acumular datos a lo largo del tiempo, incluida la mejora en los tiempos de cepillado, la técnica u otra métrica, así como la falta de mejora.

Por ejemplo, un objetivo de la evaluación de la sesión de cepillado puede ser rastrear la cantidad de tiempo que el usuario pasa cepillando cada ubicación. Si el tiempo de cepillado total recomendado es de dos minutos, por ejemplo, cada una de las doce regiones identificadas en la figura 4 debe cepillarse durante aproximadamente diez segundos. El sistema puede comparar los estados rastreados con un temporizador, reloj o tabla para determinar qué regiones fueron cepilladas adecuadamente y qué regiones no fueron cepilladas adecuadamente.

Según una realización, el sistema podría utilizar otras métricas de evaluación para la sesión de cepillado. Por ejemplo, otra métrica podría ser la distancia recorrida dentro de cada región. Esto podría requerir el conocimiento del tamaño de la mandíbula que podría extraerse, por ejemplo, ya sea de una sesión de calibración o de un cepillado normal. Otra métrica podría ser la propagación de señales dentro de una sola región. Por ejemplo, si el usuario mantiene el cepillo solo en una ubicación, la extensión será muy pequeña. Cuando el usuario se mueve en una región, cubriéndola más completamente, la extensión será más grande y más conforme a las curvas de calibración, que también son más anchas. Según una realización, el sistema puede utilizar múltiples métricas para evaluar una sesión de cepillado de una manera multidimensional.

En el paso opcional 375 del método, el sistema determina quién estaba usando el cepillo durante la sesión de cepillado. El sistema puede asociar opcionalmente la información con un usuario y/o cuenta de usuario. Por ejemplo, según una realización, el sistema usa el orden observado de estados determinados para determinar quién estaba usando el cepillo durante la sesión de cepillado. Se puede suponer razonablemente que la mayoría de los usuarios se cepillarán los dientes con patrones idénticos o similares durante las sesiones de cepillado. Por consiguiente, una vez que un orden o patrón determinado se asocia con un usuario particular y/o cuenta de usuario, las sesiones de cepillado posteriores están lo suficientemente cerca del orden o patrón almacenado o asociado. La determinación de si una sesión está suficientemente cerca de una sesión previa puede determinarse por un umbral o una determinación de probabilidad, por ejemplo.

En el paso 380 del método, se puede comunicar la evaluación de la sesión de cepillado. Por ejemplo, el sistema podría comunicar información al usuario sobre qué regiones fueron cepilladas adecuadamente y qué regiones no fueron cepilladas adecuadamente. Esto podría realizarse utilizando una pantalla, como una pantalla con ocho o doce regiones objetivo y un indicador visual de qué regiones fueron cepilladas adecuadamente, qué regiones no fueron cepilladas adecuadamente, y/o ambas. Según una realización, el sistema puede proporcionar datos de localización y seguimiento en tiempo real a un usuario o a un sistema remoto. Por ejemplo, el sistema puede transmitir datos de localización y seguimiento en tiempo real a una computadora a través de una conexión de red cableada o inalámbrica. Como otro ejemplo, el sistema puede transmitir datos de localización y seguimiento almacenados a una computadora a través de una conexión de red cableada o inalámbrica. Por lo tanto, el sistema podría transmitir información sobre una sola sesión de cepillado y/o múltiples sesiones de cepillado directamente a un profesional de la salud, como un dentista o un higienista dental.

Con referencia a la figura 8, en una realización, hay un diagrama de flujo de un método 800 para seguir el movimiento de un dispositivo dentro de un espacio dado usando un modelo basado en la ley de Fitts. En el paso 810 del método, se proporciona un dispositivo 10 de limpieza oral. El dispositivo de limpieza oral puede ser cualquiera de las realizaciones descritas o previstas de otro modo en este documento. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, el dispositivo 10 de limpieza oral incluye una porción 12 de cuerpo, un miembro 14 del cabezal de cepillo con una cara 18 de cerdas, un identificador 28 de movimiento y un controlador 30 con procesador 32 y memoria 34. También son posibles muchas otras realizaciones del dispositivo 10 de limpieza oral.

En el paso opcional 820 del método, el sistema 200 puede calibrarse. La calibración puede comprender, por ejemplo, la definición de las variables  $W$ ,  $a$  y/o  $b$ , que puede realizar en la fábrica o por el usuario. Durante una sesión de calibración, por ejemplo, se cepilla un área designada y se anotan y almacenan los datos instantáneos del sensor. Según una realización, el usuario individual puede realizar la calibración ya que la mandíbula es única. Esto se puede realizar de varias maneras. Por ejemplo, el usuario puede simplemente usar el dispositivo y el sistema puede reconstruir un mapa de la mandíbula registrando formas y condiciones de contorno como el punto de inflexión en los molares posteriores. Según otro método de calibración del usuario, el usuario es guiado a través de una sesión de cepillado en la que se indica dónde debe cepillarse de modo que el sistema pueda asignar la ubicación a los datos de su sensor, así como entrenar el sistema al patrón de movimiento del usuario.

Según una realización, se omite el paso de calibración. En cambio, el dispositivo de limpieza oral desarrolla un conjunto de datos de calibración en una o más sesiones de cepillado comparando los datos entre esas sesiones. Un método de autoaprendizaje también podría utilizarse para complementar, enmendar o ajustar la calibración de fábrica o del usuario.

En el paso 830 del método, el dispositivo de limpieza oral se coloca dentro de la boca en una primera ubicación, y el usuario comienza a cepillarse los dientes.

En el paso 840 del método, el identificador 28 de movimiento obtiene datos del sensor y el sistema utiliza los datos del sensor para determinar una ubicación aproximada del dispositivo dentro de la boca. La ubicación aproximada es un estado, segmento u otra medida de nivel superior de una ubicación dentro de la boca. De acuerdo con una realización, el sistema utiliza el modelo gráfico probabilístico descrito o previsto en este documento para determinar qué parte de la boca se cepilla, incluidas, entre otras, las posiciones establecidas en la TABLA 1. También son posibles otros métodos para identificar el estado, segmento u otra medición de nivel superior de una ubicación dentro de la boca.

En el paso 850 del método, usando información sobre la ubicación aproximada del dispositivo en la boca, el sistema puede usar el modelo basado en la ley de Fitts para determinar una cantidad de dientes que el dispositivo fue desplazado usando la ecuación 4:

$$W * 2^{((MT - a) / b) - 1} = D \quad \text{(Ecuación 4)}$$

donde se conocen los parámetros  $W$ ,  $a$  y  $b$  y  $MT$  es una cantidad de tiempo observada. El tiempo  $MT$  observado puede obtenerse midiendo la cantidad de tiempo entre el inicio y el final de un movimiento, donde el movimiento es detectado por el identificador 28 de movimiento. El tiempo  $MT$  medido está correlacionado con el número de dientes entre el inicio y el final del movimiento, ya que el número de dientes cubiertos en un movimiento está relacionado exponencialmente con el tiempo necesario para completar el movimiento.

De acuerdo con una realización, el sistema puede utilizar la información sobre el número de dientes entre el inicio y el final del movimiento, es decir, el número de dientes que el dispositivo fue desplazado, para diferentes propósitos. Por ejemplo, la información se puede usar para determinar qué dientes se estaban limpiando durante el movimiento. Según otra realización, la información se puede usar para desencadenar una acción por parte del dispositivo de limpieza oral, como afectar el flujo de aire del dispositivo, la dispersión de fluidos o una variedad de otras acciones.

En el paso 860 del método de la figura 8, el sistema determina una segunda ubicación del dispositivo 10 de limpieza oral dentro de la boca. Por ejemplo, según una realización, el identificador de movimiento puede detectar una traslación de un lado de la boca al otro lado, una rotación desde el interior de la boca hacia el exterior de la boca, o tanto una traslación como una rotación. El giroscopio, el acelerómetro, el magnetómetro y/u otros sensores del identificador 28 de movimiento envían información al controlador 30 de forma continua o periódica, y un cambio en esa información puede interpretarse como una transición, incluidos, entre otros, una traslación, rotación u otros movimientos o transiciones. Según una realización, el controlador interpreta la información del identificador 28 de movimiento como una transición basada en la comparación con datos de calibración, comparación con datos predeterminados o preprogramados, y/u otros datos. Los pasos 850, 860 y 870 pueden repetirse a lo largo de la sesión de cepillado.

De acuerdo con otra realización del método, que puede utilizarse solo o junto con los pasos anteriores, el modelo basado en la ley de Fitts se utiliza para determinar cuál de una pluralidad de posibles transiciones es probable que

5 haya ocurrido según los datos recibidos del sensor. Por ejemplo, en el paso 845, el identificador de movimiento del dispositivo de limpieza oral detecta una transición de una sección de la boca a otra sección de la boca. Por ejemplo, el identificador de movimiento puede detectar una traslación de un lado de la boca al otro lado, una rotación desde el interior de la boca hacia el exterior de la boca, o tanto una traslación como una rotación. El giroscopio, el acelerómetro, el magnetómetro y/u otros sensores del identificador 28 de movimiento envían información al controlador 30 de forma continua o periódica, y un cambio en esa información puede ser interpretado por el como una transición, que incluye, pero no se limita a una traducción, rotación y/u otros movimientos o transiciones.

10 En el paso 855 de esta realización del método, usando la información del sensor sobre la transición detectada y una cantidad de tiempo observada para esa transición, el sistema puede usar el modelo basado en la ley de Fitts para determinar cuál de una pluralidad de posibles transiciones probablemente ocurrió usando la Ecuación 4 anterior, donde se conocen los parámetros  $W$ ,  $a$  y  $b$  y  $MT$  es la cantidad de tiempo observada. El tiempo  $MT$  observado se obtiene midiendo la cantidad de tiempo entre cuando se inicia una transición y cuando finaliza la transición, donde el movimiento es detectado por el identificador 28 de movimiento. El tiempo  $MT$  medido está correlacionado con el tipo de transición, ya que el tipo de transición estará relacionado con el tiempo necesario para completar el movimiento de transición. La transición identificada se puede utilizar para una variedad de propósitos, incluido el refinamiento de otras mediciones de ubicación. De acuerdo con esta realización, los pasos 845, 855 y 875 pueden repetirse a lo largo de la sesión de cepillado.

20 En el paso 880 del método, el sistema utiliza la información de cepillado obtenida durante la sesión de cepillado para evaluar la sesión de cepillado. Según una realización, el sistema almacena información sobre dientes individuales limpiados durante una sesión de cepillado para crear o realizar la evaluación, ya sea de forma inmediata o en algún momento en el futuro. Según otra realización, el sistema almacena información sobre múltiples sesiones de cepillado para acumular datos a lo largo del tiempo, incluida la mejora en los tiempos de cepillado, la técnica u otra métrica, así como la falta de mejora.

30 Por ejemplo, un objetivo de la evaluación de la sesión de cepillado puede ser rastrear la cantidad de tiempo que el usuario pasa cepillándose cada diente. Si el tiempo de cepillado total recomendado es de dos minutos, por ejemplo, cada uno de los aproximadamente 32 dientes individuales en un adulto debe cepillarse durante aproximadamente 4 segundos. El sistema puede comparar los estados rastreados con un temporizador, reloj o tabla para determinar qué regiones fueron cepilladas adecuadamente y qué regiones no fueron cepilladas adecuadamente.

35 En el paso 890 del método, se puede comunicar la evaluación de la sesión de cepillado. Por ejemplo, el sistema podría comunicar información al usuario sobre qué dientes y/o regiones se cepillaron adecuadamente y qué dientes y/o regiones no se cepillaron adecuadamente. Esto podría realizarse utilizando una pantalla, como un indicador visual de qué dientes o regiones se cepillaron adecuadamente, qué dientes o regiones no se cepillaron adecuadamente, y/o ambos. Según una realización, el sistema puede proporcionar datos de localización y seguimiento en tiempo real a un usuario o a un sistema remoto. Por ejemplo, el sistema puede transmitir datos de localización y seguimiento en tiempo real a una computadora a través de una conexión de red cableada o inalámbrica. Como otro ejemplo, el sistema puede transmitir datos de localización y seguimiento almacenados a una computadora a través de una conexión de red cableada o inalámbrica. Por lo tanto, el sistema podría transmitir información sobre una sola sesión de cepillado y/o múltiples sesiones de cepillado directamente a un profesional de la salud como un dentista o un higienista dental.

45 También debe entenderse que, a menos que se indique claramente lo contrario, en cualquier método reivindicado en el presente documento que incluya más de un paso o acto, el orden de los pasos o actos del método no se limita necesariamente al orden en que se recitan los pasos o actos del método.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo (10) de limpieza oral que comprende:

5

un identificador (28) de movimiento; y

un controlador (30) en comunicación con el identificador de movimiento, en el que el controlador está configurado para: (i) determinar, con base en la información del sensor recibida del identificador de movimiento, una primera ubicación del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario; (ii) medir, utilizando la información del sensor recibida del identificador de movimiento, una cantidad de tiempo transcurrido entre el inicio y la detención de un movimiento del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario en la primera ubicación; (iii) calcular, usando la ley de Fitts y la cantidad de tiempo medido transcurrido, el número de dientes cepillados durante la cantidad de tiempo transcurrida; y (iv) determinar, basándose en la primera ubicación y la cantidad de dientes en los que el dispositivo de limpieza oral fue desplazado durante el tiempo transcurrido, cuáles de los dientes del usuario se incluyeron en el desplazamiento.

10

15

2. El dispositivo de limpieza oral de la reivindicación 1, en el que dicha ley de Fitts comprende la fórmula

20

$$W * 2^{((MT - a) / b) - 1} = D$$

donde  $MT$  es la cantidad de tiempo transcurrida,  $W$ ,  $a$  y  $b$  son valores predeterminados, y  $D$  es una distancia movida dentro de la primera ubicación.

25

3. El dispositivo de limpieza oral de la reivindicación 1, en el que el controlador comprende además datos de calibración para el dispositivo de limpieza oral.

4. El dispositivo de limpieza oral de la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado además para evaluar la sesión de cepillado.

30

5. El dispositivo de limpieza oral de la reivindicación 1 que comprende además un módulo (38) de comunicaciones, en el que el dispositivo de limpieza oral está configurado para transmitir, a través del módulo de comunicaciones, datos del sensor desde el identificador de movimiento; y

35

un dispositivo (40) para comunicarse con el dispositivo de limpieza oral y que comprende un procesador (44), en el que el procesador está configurado para: (i) determinar, con base en la información del sensor recibida del identificador de movimiento, una primera ubicación del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario; (ii) medir, utilizando la información del sensor recibida del identificador de movimiento, una cantidad de tiempo transcurrido entre el inicio y la detención de un movimiento del dispositivo de limpieza oral dentro de la boca del usuario en la primera ubicación; (iii) calcular, usando la ley de Fitts y la cantidad de tiempo medido transcurrido, el número de dientes cepillados durante la cantidad de tiempo transcurrida; y (iv) determinar, basándose en la primera ubicación y la cantidad de dientes en los que el dispositivo de limpieza oral fue desplazado durante el tiempo transcurrido, cuáles de los dientes del usuario se incluyeron en el desplazamiento.

40

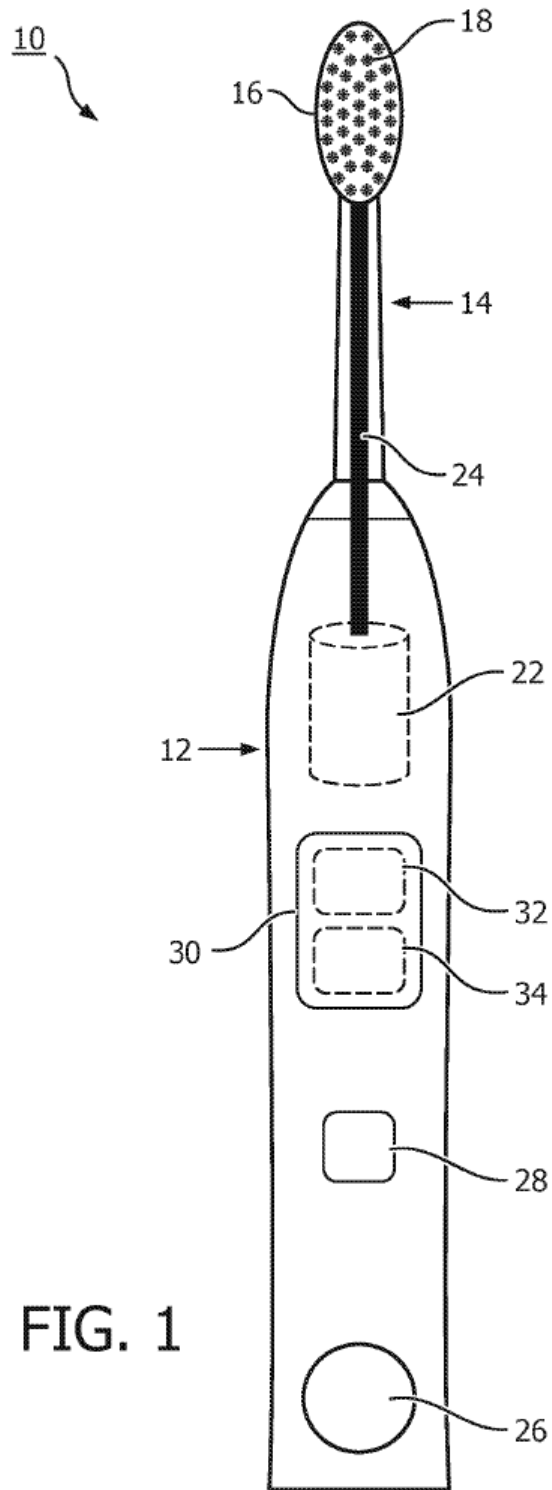
45

6. El dispositivo de limpieza oral de la reivindicación 5, en el que dicha ley de Fitts comprende la fórmula

$$W * 2^{((MT - a) / b) - 1} = D$$

donde  $MT$  es la cantidad de tiempo transcurrida,  $W$ ,  $a$  y  $b$  son valores predeterminados, y  $D$  es una distancia movida dentro de la primera ubicación.

50



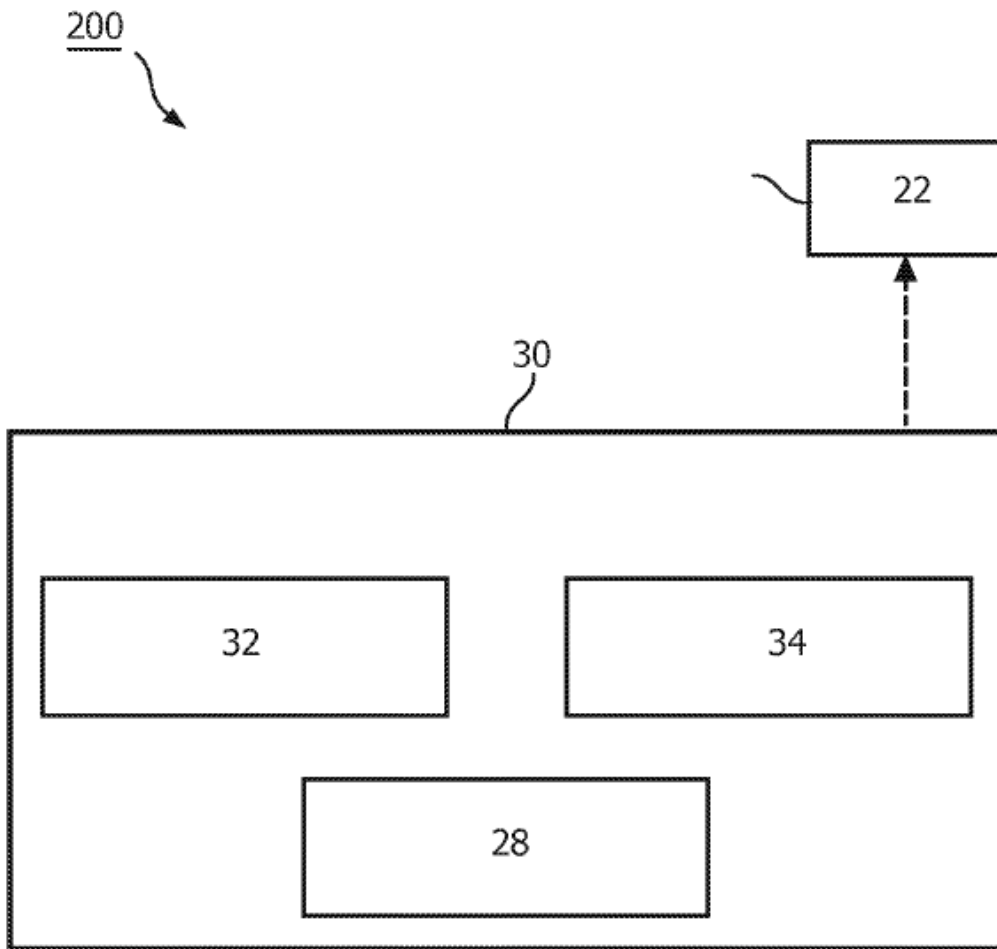


FIG. 2A



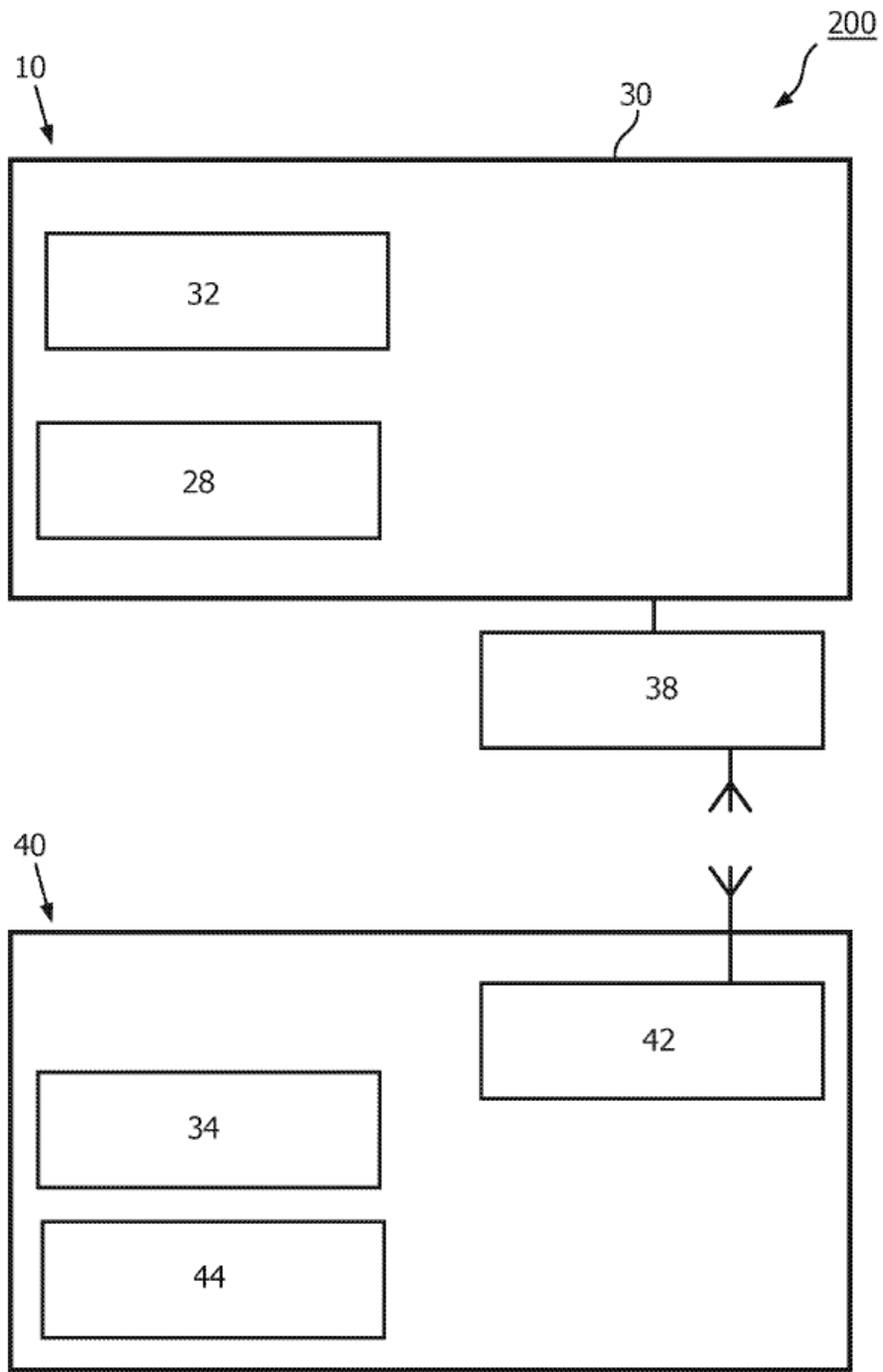


FIG. 2B

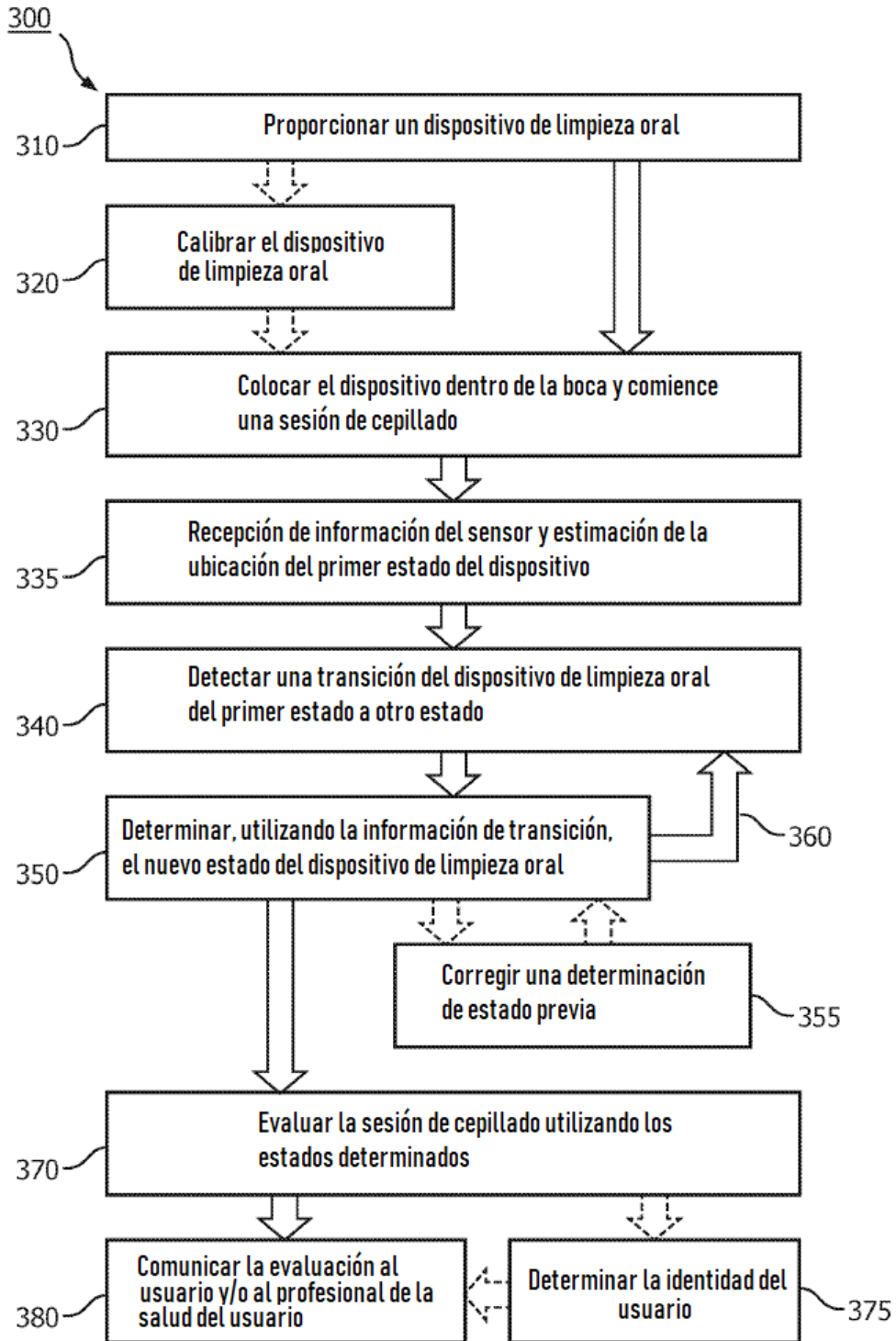


FIG. 3

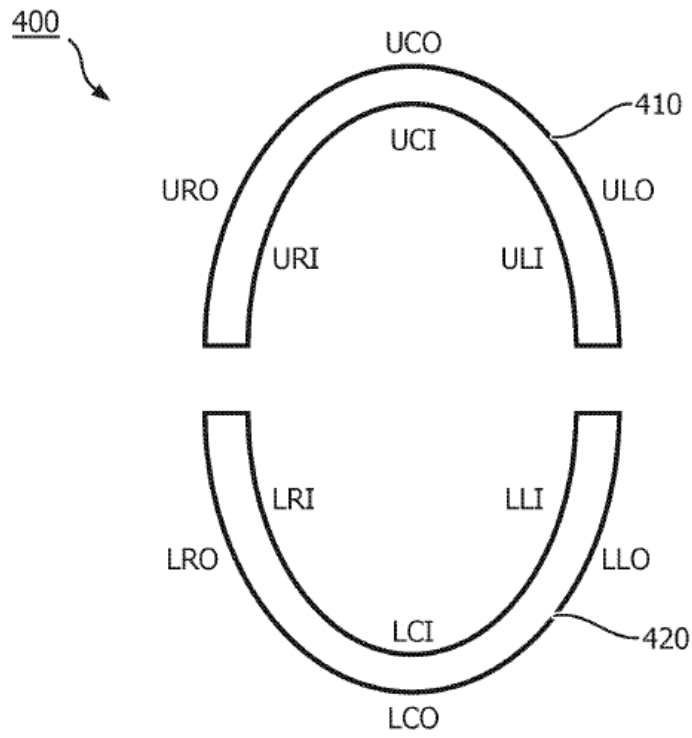


FIG. 4

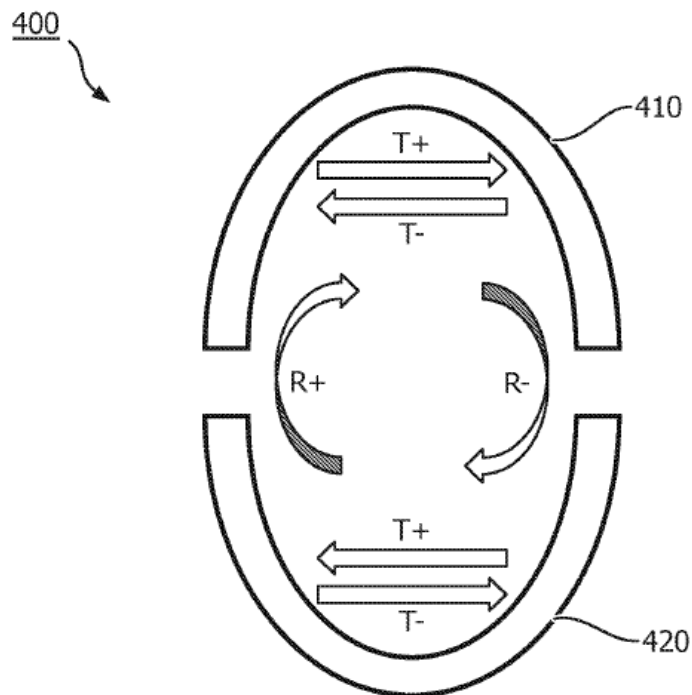


FIG. 5

V hacia/desde	LLI	LLO	[...]	LRO	LRI
LLI	P1	P2	...	...	...
LLO	...	...	...	...	...
[...]	...	...	...	...	...
LRO	...	...	...	...	...
LRI	...	...	...	...	...

FIG. 6

		DESDE							
		ULO	ULI	URI	URO	LRO	LRI	LLI	LLO
HACIA	ULO	n/a	R+	T+	R+ T+	R± T-	R- T-	R±	R-
	ULI	R-	n/a	R- T+	T+	R+ T-	R± T-	R+	R±
	URI	T-	R+ T-	n/a	R+	R±	R-	R± T+	R- T+
	URO	R- T-	T-	R-	n/a	R+	R±	R+ T+	R± T+
	LRO	R± T-	R- T-	R±	R-	n/a	R+	T+	R+ T+
	LRI	R+ T-	R± T-	R+	R±	R-	n/a	R- T+	T+
	LLI	R±	R-	R± T+	R- T+	T-	R+ T-	n/a	R+
	LLO	R+	R±	R+ T+	R± T+	R- T-	T-	R-	n/a

FIG. 7

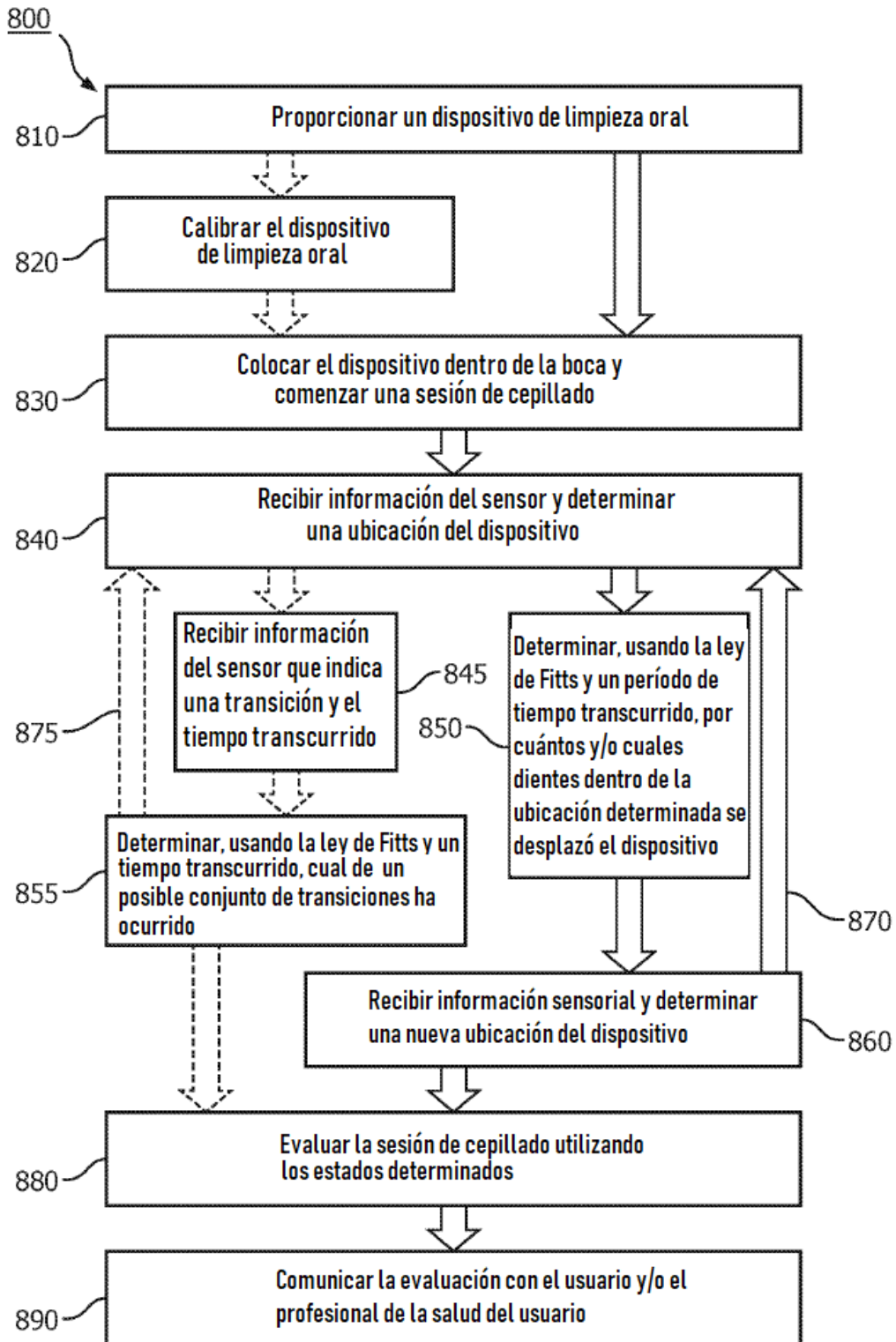


FIG. 8