

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 045**

51 Int. Cl.:

**A61F 11/00** (2006.01)

**A61B 5/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2008 E 08152464 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 2070497**

54 Título: **Aparato para la estimulación de células ciliadas usando señales acústicas**

30 Prioridad:

**10.12.2007 KR 20070127477**

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

**09.07.2020**

73 Titular/es:

**THE GOOD EAR COMPANY, INC. (100.0%)  
24811 Magic Mtn Pkwy, 1631  
Valencia, CA 91355, US**

72 Inventor/es:

**KWAK, SANGYEOP**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 773 045 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**

Aparato para la estimulación de células ciliadas usando señales acústicas

**5 Antecedentes de la invención**

10 La presente invención se refiere a un medio de grabación para la estimulación de células ciliadas usando señales acústicas. De manera más particular, la presente invención se refiere a un medio de grabación para diagnosticar con precisión la capacidad de audición de un usuario y mejorar la capacidad de audición basándose en el resultado diagnosticado.

Cada órgano para entregar sonido a un cerebro se conoce como órgano auditivo.

15 El órgano auditivo se divide en una oreja externa, una oreja media y una oreja interna. El sonido ingresado desde el exterior a través de la oreja externa hace vibrar una membrana timpánica, y luego el sonido se entrega a la cóclea de la oreja interna a través de la oreja media.

20 Las células ciliadas auditivas están dispuestas en una membrana basilar de la cóclea. Aquí, el número de células ciliadas dispuestas sobre la membrana basilar es de aproximadamente 12.000.

25 La membrana basilar tiene una longitud de aproximadamente 2,5 a 3 cm. La célula ciliada ubicada en una parte inicial de la membrana basilar detecta el sonido de alta frecuencia, y la célula ciliada ubicada en un extremo de la membrana basilar detecta el sonido de baja frecuencia. Esto se conoce como especificidad de frecuencia de las células ciliadas. Generalmente, la resolución de la especificidad de frecuencia correspondiente a la intensidad de estimulación ideal es igual a aproximadamente 0,2 mm (0,5 semitono) en la membrana basilar.

Recientemente, como se ha aumentado el uso de un dispositivo acústico portátil y las personas están expuestas a diversos ruidos, muchas personas tienen pérdida de audición neurosensorial.

30 La pérdida de audición neurosensorial es un fenómeno de degeneración de la capacidad de audición causado por el daño de células ciliadas y se genera por el envejecimiento, exposición al ruido, efecto secundario de la droga, causa genética, etc.

35 Según la gravedad, la pérdida de audición neurosensorial se divide en pérdida de audición leve, pérdida de audición moderada, pérdida de audición severa y pérdida de audición profunda. Generalmente, las personas que tienen una pérdida de audición más severa que el nivel moderado encuentran difícil mantener una conversación normal.

40 Actualmente, se estima que alrededor del diez por ciento de la población mundial tiene una pérdida de audición leve en la que las personas sienten una degeneración de su capacidad de audición. Además, se estima que aproximadamente 260.000.000 personas o más tienen pérdida de audición moderada, la pérdida de audición severa o la pérdida de audición profunda solo en países en desarrollo.

45 Sin embargo, no existe un método para el tratamiento de la pérdida de audición, sino que solo se proporciona un audífono como dispositivo alternativo relacionado con la pérdida de audición.

El audífono simplemente amplifica el sonido externo para que se escuche el sonido y, por lo tanto, el audífono no puede prevenir la degeneración de la capacidad de audición. Especialmente, existe un problema porque la capacidad de audición del usuario del audífono está más degenerada debido al sonido amplificado.

50 Por consiguiente, se ha requerido un método para el tratamiento fundamental de la pérdida de audición.

En cuanto a un método de diagnóstico de pérdida de audición, audiometría de tono puro, que usa la especificidad de frecuencia de las células ciliadas, es ampliamente usado como método de prueba de audición estándar internacional.

55 La audiometría de tono puro convencional divide uniformemente la membrana basilar en seis partes a través de una resolución de intervalo de una octava, y observa la especificidad de frecuencia de las células ciliadas ubicadas en cada una de las seis partes con seis señales de frecuencia (por ejemplo, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz).

60 En caso de que se observe una especificidad de frecuencia normal porque la célula ciliada no está dañada, la especificidad de frecuencia de las células ciliadas puede inducirse en respuesta a la señal con una pequeña intensidad de presión sonora.

65 Por ejemplo, en caso de que la especificidad de frecuencia de la célula ciliada correspondiente a 1000 Hz sea normal, la reacción eléctrica a -1,4 dB SPL (nivel de presión sonora) se puede inducir un estímulo de tono puro de 1000 Hz en la célula ciliada.

En la técnica convencional, para diagnosticar la capacidad de audición, un examinador experto presenta señales acústicas correspondientes a las partes divididas con una resolución de solo una octava a un sujeto que usa un dispositivo de diagnóstico complejo. El sujeto presiona un botón de respuesta cuando puede escuchar la señal presentada. Debido a la resolución de baja frecuencia de la audiometría convencional, es difícil diagnosticar con precisión la capacidad de audición. Adicionalmente, la técnica convencional es inconveniente para diagnosticar la capacidad de audición.

La patente US 3.531.595 trata sobre audífonos multicanal. El audífono multicanal se puede considerar como una serie de amplificadores multicanal para compensar las deficiencias de audición específicamente de frecuencia.

Por otro lado, El documento abierto de Estados Unidos 2006-167335 trata sobre la "TRT (terapia de reentrenamiento del tinnitus) basada en audiograma". Adoptan solo ruido blanco (ruido de banda ancha) como estímulo para enmascarar el tinnitus, y su estímulo de ruido blanco que tiene características ecualizadas de frecuencia basadas en el audiograma del usuario, juega un papel como solo un enmascarador de tinnitus.

### Sumario de la invención

Por consiguiente, la presente invención se proporciona para evitar sustancialmente uno o varios problemas debido a limitaciones y desventajas de la técnica relacionada.

Por lo tanto, la presente invención proporciona un medio de grabación para la estimulación de las células ciliadas usando señales acústicas para mejorar la pérdida de audición y se define por las reivindicaciones adjuntas.

Otra característica de la presente invención es proporcionar un medio de grabación para la estimulación de las células ciliadas usando señales acústicas para diagnosticar con mayor precisión la capacidad de audición de un usuario.

Todavía otra característica de la presente invención es proporcionar un medio de grabación para la estimulación de las células ciliadas usando señales acústicas para diagnosticar con precisión la capacidad de audición de un usuario en un lugar remoto para proporcionar un servicio para mejora de pérdida de audición.

Un medio de grabación legible por un ordenador y que tiene un programa de comandos ejecutados por el ordenador con el propósito de estimular las células ciliadas usando una estimulación acústica, en donde el ordenador está conectado a una sección de entrada del usuario, una sección de visualización, un aparato para la estimulación de las células ciliadas mediante señales acústicas, comprendiendo dicho aparato: - una sección de diagnóstico de audición (100) configurada para medir el umbral de audición de una región de células ciliadas sobre la base de la información de respuesta de un usuario a una señal acústica específica; - una sección de detección de región de estimulación (102) configurada para determinar una banda de frecuencia correspondiente a la región dañada de las células ciliadas como una banda de frecuencia objetivo utilizando el umbral de audición medido; y - una sección de tratamiento de estimulación (104) configurada para emitir una señal acústica con intensidad preestablecida a la banda de frecuencia objetivo determinada, y caracterizada por que el programa de comandos está adaptado para hacer que el ordenador realice un método que comprende las etapas de: (a) determinar con la sección de diagnóstico de audición (100) de un aparato de estimulación de células ciliadas, una banda de frecuencia correspondiente a una región dañada de células ciliadas al generar una interfaz de modelo coclear que es emitida por la sección de visualización (232) del ordenador incluye imágenes de la región de células ciliadas (300) divididas con una resolución de  $1/k$  de octava, en donde  $k$  es un número entero positivo superior a 2, y cuando un usuario selecciona al menos una de las imágenes de la región de células ciliadas, emitir una señal acústica de diagnóstico con una banda de frecuencia correspondiente a la imagen seleccionada de la región de células ciliadas y determinar un umbral de audición usando la información de respuesta del usuario a partir de la señal acústica de diagnóstico de salida a través de la sección de entrada del usuario; y (b) determinar con la sección de detección de la región de estimulación (102) del aparato de estimulación de células ciliadas, una banda de frecuencia de una región de células ciliadas en la que el umbral de audición de la banda de frecuencia correspondiente seleccionada de las imágenes de la región de células ciliadas (300) es mayor que un valor de referencia predeterminado como la banda de frecuencia objetivo correspondiente a la región de células ciliadas dañadas; y (c) emitir con una sección de tratamiento de estimulación del aparato de estimulación de células ciliadas, una señal acústica estimulante a la banda de frecuencia objetivo a una intensidad preestablecida para estimular la región dañada de células ciliadas, en donde la intensidad preestablecida es aproximadamente de 3 dB a 20 dB más alta que el umbral de audición de la región dañada de células ciliadas, en donde la señal acústica estimulante es al menos una de tono de amplitud modulada, tono de frecuencia modulada, tono de pulso, tono continuo y ruido de banda estrecha modulada en amplitud, o combinación de los tonos y el ruido.

Como se describió anteriormente, en un medio de grabación para la estimulación de las células ciliadas de la presente invención, un usuario puede diagnosticar fácilmente y con precisión la capacidad de audición a través de la interfaz del modelo coclear.

En un medio de grabación para la estimulación de las células ciliadas de la presente invención, un usuario puede verificar la estimulación visual de la señal acústica y la cantidad de mejora de la capacidad de audición.

Un medio de grabación para la estimulación de las células ciliadas de la presente invención puede mejorar la capacidad de audición fundamentalmente.

**Breve descripción de los dibujos**

5 Las realizaciones de ejemplo de la presente invención serán más evidentes al describir en detalle realizaciones de ejemplo de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 10 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato para la estimulación de las células ciliadas de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- la figura 2 es un diagrama de bloques en detalle que ilustra un aparato para la estimulación de las células ciliadas de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- la figura 3 es una vista que ilustra la interfaz del modelo coclear de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- 15 la figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de diagnóstico de la capacidad de audición de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- la figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de simulación de células ciliadas de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- 20 la figura 6 es una vista que ilustra la interfaz de un sistema de servicio de mejora de audición de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- la figura 7 es una vista que ilustra un gráfico que indica el resultado de audiometría de tono puro de un sujeto;
- la figura 8 es una vista que ilustra la banda de frecuencia objetivo determinada para el sujeto en la figura 7;
- la figura 9 es una vista que ilustra el cronograma para la estimulación de la señal acústica;
- 25 la figura 10 es un gráfico que muestra el umbral de audición de la oreja derecha antes y después de proporcionar la estimulación de la señal acústica;
- la figura 11 es una vista que ilustra el cronograma para verificar si la mejora de la capacidad de audición se mantiene continuamente después de que se detiene la estimulación de la señal acústica en la oreja derecha;
- la figura 12 es una vista que ilustra un gráfico correspondiente a una tabla 3.

**30 Descripción de realizaciones específicas**

Las realizaciones de ejemplo de la presente invención se divulgan en el presente documento. Sin embargo, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en el presente documento son meramente representativos para los fines de describir realizaciones de ejemplo de la presente invención, sin embargo, las realizaciones de ejemplo de la presente invención pueden realizarse en muchas formas alternativas y no deben interpretarse como limitadas a las realizaciones de ejemplo de la presente invención expuestas en el presente documento.

40 Por consiguiente, aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, realizaciones específicas de las mismas se muestran a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán en el presente documento en detalle. Se debe entender, sin embargo, que no se pretende limitar la invención a las formas particulares divulgadas, sino que, por el contrario, la invención ha de cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que entran dentro del alcance de la invención. Los números iguales se refieren a elementos similares a lo largo de la descripción de las figuras.

45 Se entenderá que, aunque los términos primero, segunda, etc. se puede usar en el presente documento para describir diversos elementos, estos elementos no deben estar limitados por estos términos. Estos términos solo se usan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podría denominarse segundo elemento, y, de manera similar, un segundo elemento podría denominarse primero elemento, sin alejarse del alcance de la presente invención. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término "y/o" incluye todas y cada una de las combinaciones de uno o varios de los elementos asociados enumerados.

50 Se entenderá que cuando se hace referencia a un elemento como "conectado" o "acoplado" a otro elemento, puede estar directamente conectado o acoplado al otro elemento o pueden estar presentes elementos intermedios. Por el contrario, cuando se hace referencia a un elemento como "conectado directamente" o "directamente acoplado" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Otras palabras utilizadas para describir la relación entre elementos deben interpretarse de manera similar (es decir, "entre" versus "directamente entre", "adyacente" versus "directamente adyacente", etc.).

60 La terminología utilizada en el presente documento tiene el propósito de describir realizaciones particulares solo y no pretende limitar la invención. Tal y como se utiliza en el presente documento, las formas en singular "un", "uno/a" y "el/la" están destinados a incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye", cuando se usan en el presente documento, especifican la presencia de características declaradas, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes, pero no excluye la presencia o adición de una o varias características adicionales, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

A menos que se definan de otro modo, todos los términos (incluidos los términos técnicos y científicos) utilizados en el presente documento tienen el mismo significado que se entiende comúnmente por habilidad ordinaria en el arte al que pertenece esta invención. Se entenderá además que los términos, tales como los definidos en los diccionarios de uso común, deben interpretarse de manera coherente con su significado en el contexto de la técnica relevante, y que no se interpretarán en un sentido idealizado o excesivamente formal, a menos que así se defina expresamente en el presente documento.

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato para la estimulación de las células ciliadas de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

En la figura 1, el aparato para la estimulación de las células ciliadas de la presente realización incluye una sección de diagnóstico de audición 100, una sección de detección de región de estimulación 102 y una sección de tratamiento de estimulación 104.

La sección de diagnóstico de audición 100 proporciona una señal acústica correspondiente a una banda de frecuencia específica a un usuario, y mide la capacidad de audición de un usuario en la banda de frecuencia a través de la respuesta del usuario en la señal acústica proporcionada. Aquí, la capacidad de audición se puede medir a través de una audiometría de tono puro (PTA), una emisión otoacústica (OAE), una audiometría de respuesta evocada (ERA), etc.

En una realización de la presente invención, a diferencia del método convencional con resolución de frecuencia de una octava, la sección de diagnóstico de audición 100 proporciona al usuario la señal acústica de la banda de frecuencia dividida con una resolución menor que una resolución de octava, y detecta la ubicación de las células ciliadas dañadas y el grado del daño.

La sección de diagnóstico de audición 100 proporciona la señal acústica de la banda de frecuencia con una resolución de  $1/k$  de octava (es un número entero positivo superior a 2), más preferentemente, resolución de  $1/3$  a  $1/24$  de octava para el usuario, y diagnostica la capacidad de audición del usuario. Aquí, en una realización de ejemplo de la presente invención, la señal acústica proporcionada al usuario corresponde a una frecuencia media en un rango de 250 Hz a 12000 Hz. En caso de dividir el rango de frecuencia media con una resolución máxima de  $1/24$  de octava, toda la región de células ciliadas del usuario puede dividirse en 134 bandas de frecuencia (134 regiones de células ciliadas).

Durante el diagnóstico de audición, la señal acústica de la banda de frecuencia específica seleccionada de 134 bandas de frecuencia se proporciona al usuario, y el usuario ingresa su información de respuesta en la señal acústica proporcionada cuyo volumen se ajusta.

La información de respuesta del usuario sobre el ajuste de volumen se almacena como umbral de audición correspondiente a la señal acústica de la banda de frecuencia seleccionada. Aquí, el umbral de audición de una banda de frecuencia significa un umbral de audición de la región de células ciliadas que tiene especificidad de frecuencia sobre la banda de frecuencia seleccionada.

La sección de detección de región de simulación 102 detecta una región de simulación usando el umbral de audición de cada banda de frecuencia. Aquí, la detección de la región de simulación indica la detección de la región de células ciliadas a la que se proporcionará la estimulación de la señal acústica. En particular, la detección de la región de simulación determina la banda de frecuencia correspondiente a una región de células ciliadas dañadas.

La sección de tratamiento de simulación 104 emite la señal acústica con intensidad preestablecida a la banda de frecuencia de la región de células ciliadas dañadas que está determinada por la sección 102 de detección de la región de estimulación. Aquí, la señal acústica se proporciona con una intensidad mayor en un nivel predeterminado que el umbral de audición de la banda de frecuencia correspondiente, que se almacena previamente en la sección de diagnóstico de audición 100.

En la presente invención, la señal acústica corresponde al menos a un tono de amplitud modulada, tono de frecuencia modulada, tono de pulso y ruido de banda estrecha modulada en amplitud, o combinación de los tonos y el ruido.

Por otra parte, en caso de que varias regiones de células ciliadas estén dañadas, la señal acústica puede proporcionarse a las regiones dañadas de las células ciliadas en un orden de gravedad del daño, se proporcionará aleatoriamente a las regiones dañadas de las células ciliadas, o se proporcionará simultáneamente a las regiones dañadas de las células ciliadas.

En caso de que la señal acústica se proporcione a las regiones dañadas de las células ciliadas del usuario con diversas intensidades, tipos u órdenes, se puede mejorar la capacidad de audición del usuario.

De aquí en adelante, el aparato para la estimulación de las células ciliadas de la presente realización se describirá en detalle con referencia al dibujo adjunto de la figura 2.

La figura 2 es un diagrama de bloques en detalle que ilustra un aparato para la estimulación de las células ciliadas de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

5 Tal y como se muestra en la figura 2, la sección de diagnóstico de audición 100 de la presente realización incluye una sección de salida de IU 200 y una sección de almacenamiento de información de respuesta 202.

10 En una realización de ejemplo de la presente invención, la sección de salida de IU 200 muestra la interfaz del modelo coclear que se muestra en la figura 3 en una sección de visualización 232 para que el sujeto que no sea un experto en la materia pueda diagnosticar su capacidad de audición por sí mismo.

15 Tal y como se muestra en la figura 3, la interfaz del modelo coclear de la presente realización tiene una imagen 300 correspondiente a las regiones de células ciliadas divididas con alta resolución. Aquí, como todo el rango de frecuencia para el diagnóstico de audición corresponde a la frecuencia media, es decir, 250 Hz a 12000 Hz, la interfaz del modelo coclear puede tener 134 imágenes de la región de células ciliadas 300 en caso de dividir el rango de frecuencia media con una resolución de 1/24 de octava.

20 En caso de que el usuario seleccione una de las imágenes de la región de células ciliadas 300 para medir la capacidad de audición, se emite una señal acústica de una banda de frecuencia combinada con la imagen de región de células ciliadas seleccionada. Aquí, la banda de frecuencia combinada con la imagen de la región de células ciliadas significa que la banda de frecuencia a la que la región de células ciliadas correspondiente tiene especificidad de frecuencia. Además, la imagen de la región de células ciliadas 300 puede seleccionarse usando un botón de tecla, un ratón, un método de pantalla táctil, etc.

25 En caso de que se emita la señal acústica, el usuario puede ajustar la intensidad de la señal acústica usando el control de volumen 302, e ingresa información de respuesta sobre un punto de intensidad en el que no se escucha la señal acústica.

30 La sección 202 de almacenamiento de información de respuesta recibe la información de respuesta correspondiente a cada una de las señales acústicas de una sección 220 de entrada de usuario, y almacena la información de respuesta recibida. Aquí, la sección de entrada del usuario 220 puede ser un teclado, un ratón o una pantalla táctil. En una realización de ejemplo de la presente invención, la información de respuesta puede almacenarse como el umbral de audición de la banda de frecuencia relacionada con la señal acústica correspondiente como se mencionó anteriormente.

35 El diagnóstico de audición en varias regiones de células ciliadas puede realizarse mediante el método anterior.

En la figura 2, la sección 102 de detección de la región de estimulación incluye una sección de comparación del umbral de audición 204 y una sección de determinación de la banda de frecuencia objetivo 206.

40 La sección de comparación del umbral de audición 204 compara el umbral de audición del usuario almacenado en la sección de almacenamiento de información de respuesta 202 con un umbral de audición de referencia.

45 La sección de comparación del umbral de audición 204 discrimina si el umbral de audición de la banda de frecuencia medida es mayor que el umbral de audición de referencia.

50 Basándose en el resultado de comparación, la sección de determinación de la banda de frecuencia objetivo 206 determina una banda de frecuencia que requiere tratamiento como una banda de frecuencia objetivo. Aquí, la determinación de la banda de frecuencia objetivo indica la detección de la región dañada de las células ciliadas, y la banda de frecuencia objetivo puede determinarse en una unidad de resolución de 1/k de octava como en la sección de diagnóstico de audición 100. Sin embargo, la determinación de la banda de frecuencia objetivo no está limitada como el método anterior. Por ejemplo, un rango de banda de frecuencia correspondiente a las regiones adyacentes de células ciliadas, en el que las regiones de células ciliadas tienen una región de umbral de audición alto, puede determinarse como la banda de frecuencia objetivo.

55 La información sobre una o varias bandas de frecuencia objetivo determinadas como anteriormente y la información sobre el orden de gravedad del daño se almacenan en la memoria 208 de acuerdo con la información de identificación del usuario.

60 La sección de tratamiento de estimulación 104 de la presente realización incluye una sección de determinación de intensidad de señal acústica 210, un tipo de señal acústica que determina la sección 212, una orden de estimulación que determina la sección 214, una sección de salida de señal acústica 216 y una sección de temporización 218, y proporciona la señal acústica al usuario usando la información almacenada en la memoria 208.

65 La sección de determinación de intensidad de señal acústica 210 determina la intensidad de la señal acústica que se proporcionará al usuario.

La sección de determinación de la intensidad de la señal acústica 210 determina la intensidad más alta en 3 decibelios a 20 decibelios que el umbral de audición de cada banda de frecuencia objetivo como la intensidad de la señal acústica de la banda de frecuencia objetivo correspondiente.

5 En caso de que la banda de frecuencia objetivo se determine como el rango de banda de frecuencia correspondiente a las regiones de células ciliadas localizadas continuamente, la sección de determinación de la intensidad de la señal acústica 210 puede determinar la intensidad más alta en 3 decibelios a 20 decibelios que el valor promedio de los umbrales de audición de las regiones de células ciliadas como la intensidad de la señal acústica.

10 Más preferentemente, la intensidad de la señal acústica puede determinarse en un rango de 3 decibelios a 10 decibelios.

Teniendo en cuenta la preferencia del usuario, gravedad de la pérdida de audición, o banda de frecuencia objetivo, la sección de determinación de tipo de señal acústica 212 determina el tipo de la señal acústica que se proporcionará al usuario.

15 En una realización de ejemplo de la presente invención, la fuente de la señal acústica puede incluir un tono de amplitud modulada, tono de frecuencia modulada, tono continuo, tono de pulso, módulo de ruido de banda estrecha modulado de amplitud, etc. Aquí, la sección de determinación del tipo de señal acústica 212 determina al menos uno de los tonos y el ruido o la combinación de los tonos y el ruido como la señal acústica que se proporcionará al usuario.

25 Teniendo en cuenta la preferencia del usuario, gravedad de la pérdida de audición o adyacencia de las bandas de frecuencia objetivo, la sección de determinación del orden de simulación 214 determina el orden de salida de las señales acústicas correspondientes a varias bandas de frecuencia objetivo.

Preferentemente, la sección de determinación del orden de estimulación 214 puede determinar el orden de salida de modo que la señal acústica se emite en secuencia desde la banda de frecuencia correspondiente a la región de células ciliadas más dañadas. Sin embargo, el orden de salida anterior no está limitado como el orden mencionado anteriormente. Por ejemplo, la señal acústica se puede emitir aleatoriamente, o se puede emitir simultáneamente a varias bandas de frecuencia objetivo.

30 La sección de salida de señal acústica 216 emite la señal acústica con la intensidad determinada, tipo y orden. Aquí, en caso de que existan varias bandas de frecuencia objetivo y las señales acústicas de las bandas de frecuencia objetivo se emitan individualmente, se puede establecer el tiempo de salida de cada señal acústica. La sección de temporización 218 detecta si el tiempo de salida de cada señal acústica está terminado y controla la sección de salida de señal acústica 216 de acuerdo con el resultado de la detección, de modo que la sección de salida de señal acústica 216 emite una señal acústica de la siguiente banda de frecuencia objetivo o termina la salida de la señal acústica.

40 En una realización de ejemplo de la presente invención, la sección de salida de IU 200 muestra información en la interfaz del modelo coclear cuando se emite la señal acústica para el tratamiento de audición del usuario, en donde el usuario reconoce visualmente la presencia o la ausencia, la intensidad, el tipo, etc. de la señal acústica a través de la información.

45 Por ejemplo, la sección de salida de IU 200 puede cambiar el color o el tamaño de la imagen 300 de la región de células ciliadas correspondiente a la banda de frecuencia (banda de frecuencia objetivo) de la señal acústica emitida ahora de acuerdo con el control de un controlador 230.

50 En caso de que la señal acústica sea el tono de amplitud modulada, la sección de salida de IU 200 puede cambiar el color o el tamaño de la imagen 300 de la región de células ciliadas correspondiente sincronizándose con el cambio de amplitud del tono de amplitud modulada.

55 En caso de que la señal acústica sea el tono de frecuencia modulada, la sección de salida de IU 200 puede cambiar el color o el tamaño de la imagen 300 de la región de células ciliadas correspondiente a la frecuencia de sincronización modificada con el cambio de frecuencia del tono de frecuencia modulada.

En caso de que la señal acústica sea el tono continuo o el tono de pulso, la sección de salida de IU 200 puede cambiar el color o el tamaño de la imagen 300 de la región de células ciliadas correspondiente para que el usuario reconozca la señal acústica proporcionada actualmente como tono continuo o tono de pulso.

60 En una realización de ejemplo de la presente invención, el usuario puede verificar intuitivamente a través de la interfaz del modelo coclear si la capacidad de audición de cada región de células ciliadas mejora o no.

65 La sección 200 de salida de IU exhibe la imagen 300 de la región de células ciliadas de la banda de frecuencia objetivo de manera diferente de otra imagen de células ciliadas. Adicionalmente, la sección de salida de IU 200 puede indicar la imagen 300 de la región de células ciliadas dañadas con color o tamaño variado de acuerdo con la gravedad del daño.

5 Después de la estimulación anterior a través de la señal acústica (en adelante, denominado "estimulación de señal acústica"), la sección de salida de IU 200 cambia el color o el tamaño de la imagen 300 de la región de células ciliadas correspondiente de acuerdo con el grado de mejora de cada región de células ciliadas para que el usuario reconozca el grado de mejora de audición.

El grado de mejora de la audición puede discriminarse midiendo nuevamente el umbral de audición de la banda de frecuencia objetivo.

10 De aquí en adelante, se describirá en detalle un método para el diagnóstico de audición y un método para la mejora de audición de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos figura 4 y figura 5.

15 La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de diagnóstico de la capacidad de audición de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención. En este ejemplo, la sección de visualización 232 del aparato para la estimulación de las células ciliadas está realizada con una pantalla táctil.

20 Haciendo referencia a la figura 4, el aparato para la estimulación de las células ciliadas muestra la interfaz del modelo coclear que se muestra en la figura 3 en la pantalla táctil 232 en caso de que el usuario solicite el diagnóstico de su capacidad de audición en la etapa. Aquí, la interfaz del modelo coclear tiene varias imágenes de la región de células ciliadas en las que se visualizan las bandas de frecuencia generadas dividiendo la frecuencia media con una resolución máxima de 1/24 de octava.

25 En la etapa S402, se discrimina si el usuario selecciona o no la imagen 300 de la región de células ciliadas visualizada en la interfaz del modelo coclear.

En la etapa S404, en caso de que el usuario seleccione la imagen 300 de la región de células ciliadas, se emite una señal acústica de la banda de frecuencia correspondiente a la región de células ciliadas relacionada con la imagen 300 seleccionada.

30 En la etapa S406, el aparato para la estimulación de las células ciliadas discrimina si se recibe o no la información de respuesta del usuario sobre la señal acústica.

35 El usuario puede ajustar el volumen en función de si escucha o no la señal acústica, e ingresa la información de respuesta en el nivel de intensidad al que no se escucha la señal acústica.

En la etapa S408, la información de respuesta del usuario se almacena como el umbral de audición de la banda de frecuencia correspondiente a cada una de las señales acústicas.

40 En la etapa S410, el aparato para la estimulación de las células ciliadas compara el umbral de audición del usuario con el umbral de audición de referencia después de que finaliza la entrada de información de respuesta.

En la etapa S412, la banda de frecuencia objetivo está determinada por el resultado de la comparación entre umbrales de audición, en donde la estimulación de la señal acústica es necesaria para la banda de frecuencia objetivo.

45 En la etapa S414, la información relativa a la banda de frecuencia objetivo se almacena en la memoria 208. Aquí, la información relativa a la banda de frecuencia objetivo puede incluir información de identificación del usuario, información del umbral de audición de la banda de frecuencia en la que se realiza el diagnóstico de audición, información de banda de frecuencia objetivo, información de orden sobre la gravedad del daño, etc.

50 En caso de que las señales acústicas se dividan con una resolución de 1/24 de octava, la banda de frecuencia objetivo puede determinarse a la banda de frecuencia individual correspondiente de cada señal acústica. Sin embargo, la determinación de la banda de frecuencia objetivo no está limitada como el método anterior. Es decir, el rango específico de banda de frecuencia en el que el promedio de los umbrales de audición de las bandas de frecuencia es mayor que un valor de referencia puede determinarse como la banda de frecuencia objetivo. Por ejemplo, en caso de medir la capacidad de audición utilizando cada una de las señales acústicas correspondientes a las bandas de frecuencia de 5920 Hz a 6093 Hz (primer intervalo), 6093 Hz a 6272 Hz (segundo intervalo) o 6272 Hz a 6456 Hz (tercer intervalo) generado al dividir la frecuencia media con resolución de 1/24 de octava, la banda de frecuencia objetivo puede determinarse en una unidad de intervalos o en un nuevo intervalo que tenga los tres intervalos anteriores, es decir, 5920 Hz a 6456 Hz.

60 La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de simulación de células ciliadas de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

65 Después de determinar la banda de frecuencia objetivo como se mencionó anteriormente, el aparato para la estimulación de las células ciliadas determina la intensidad, el tipo, el orden, etc. de la banda de frecuencia objetivo, y emite la señal acústica para mejorar la capacidad de audición del usuario de acuerdo con el resultado de la

determinación.

5 Haciendo referencia a la figura 5, en caso de que el usuario solicite la presentación de la señal acústica en la etapa S500, el aparato para la estimulación de las células ciliadas lee información relativa a la banda de frecuencia objetivo de la memoria 208 y luego determina la intensidad de la señal acústica de la banda de frecuencia objetivo en la etapa S502.

En las etapas S504 y S506, se determina el tipo y el orden de salida de la señal acústica.

10 Como se describió anteriormente, el orden de salida de la señal acústica puede determinarse de acuerdo con la gravedad del daño, o puede determinarse de modo que la señal acústica se envíe aleatoria o simultáneamente.

En la etapa S508, la señal acústica se emite de acuerdo con la intensidad determinada, tipo y orden.

15 En la etapa S510, en caso de que la señal acústica se emita de acuerdo con la gravedad del daño o se emita aleatoriamente, el aparato para la estimulación de las células ciliadas discrimina si el tiempo de salida de una señal acústica está terminado o no.

20 En la etapa S512, en caso de que termine el tiempo de salida, se emite otra señal acústica correspondiente a la siguiente banda de frecuencia objetivo.

25 Por otro lado, en caso de que se emita la señal acústica, el aparato para la estimulación de las células ciliadas sincroniza la interfaz del modelo coclear con la salida, cambio de amplitud, cambio de frecuencia o período de pulso de la señal acústica, y cambia el color o el tamaño de la imagen 300 de la región de células ciliadas de la interfaz del modelo coclear de acuerdo con la sincronización.

30 El método para la estimulación de las células ciliadas de la presente realización se proporciona a través de un ordenador o de un terminal portátil establecido por el usuario o en un hospital, etc. Además, el método puede proporcionarse a través de una red en un lugar remoto.

La figura 6 es una vista que ilustra la interfaz de un sistema de servicio de mejora de audición de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

35 En la figura 6, el sistema de servicio de mejora de audición de la presente realización incluye un servidor 600 de mejora de audición conectado eléctricamente a al menos un cliente de usuario 602 a través de una red. Aquí, la red incluye una red cableada que tiene Internet y una línea privada y una red inalámbrica que tiene Internet inalámbrico, una red de comunicación móvil y una red de satélite.

40 El servidor de mejora de audición 600 proporciona una aplicación para generar la interfaz de modelo coclear mostrado en la figura 3 al cliente de usuario 602 de acuerdo con la solicitud del usuario. Aquí, el servidor de mejora de audición 600 puede proporcionar la aplicación a través de diversos métodos tales como una descarga, formulario insertado en la página web, etc.

45 En caso de que el usuario seleccione una cierta imagen 300 de la región de células ciliadas a través de la interfaz del modelo coclear, la aplicación anterior emite una señal acústica de una banda de frecuencia correspondiente a la región de células ciliadas seleccionada por el usuario.

50 Seguidamente, en caso de que el usuario ingrese la información de respuesta sobre un nivel de intensidad en el cual la señal acústica no se escucha de acuerdo con el control de volumen de la señal acústica, el cliente de usuario 602 transmite la información de respuesta al servidor de mejora de audición 600.

55 El servidor de mejora de audición 600 incluye la sección de detección de la región de estimulación como se muestra en la figura 1 y figura 2, y determina la banda de frecuencia objetivo que requiere tratamiento sobre la base de la información de respuesta transmitida del usuario.

60 Adicionalmente, el servidor de mejora de audición 600 almacena información sobre la banda de frecuencia objetivo y determina la intensidad, el tipo, el orden, etc. de la banda de frecuencia objetivo. En caso de que el usuario lo solicite, el servidor de mejora de audición 600 proporciona la señal acústica correspondiente a la banda de frecuencia objetivo al cliente usuario 602 a través de la red de acuerdo con el resultado determinado.

El cliente de usuario 602 puede estar incorporado con un terminal que opera la aplicación y está equipado con un altavoz, e incluye ordenador de escritorio, un ordenador portátil, un terminal de comunicación móvil, etc.

65 El cliente de usuario 602 estimula la célula ciliada del usuario al emitir la señal acústica proporcionada desde el servidor de mejora de audición 600.

El grado de mejora de audición por el aparato para la estimulación de las células ciliadas de la presente realización se verifica a través de un experimento.

5 La figura 7 es una vista que ilustra un gráfico que indica el resultado de audiometría de tono puro de un sujeto. En particular, La figura 7 muestra el resultado generado al examinar la capacidad de audición en el rango de 2000 Hz a 8000 Hz con una resolución de 1/24 de octava utilizando la sección de diagnóstico de audición 100.

10 Tal y como se muestra en la Figura 7, la oreja derecha del sujeto tiene pérdida de audición de leve a moderada en una región de frecuencia de 3000 Hz a 7000 Hz.

La figura 8 es una vista que ilustra la banda de frecuencia objetivo determinada para el sujeto en la figura 7. En particular, un rango de banda de frecuencia de 5920 Hz a 6840 Hz que muestra aproximadamente 50 dBHL de umbral de audición se determina como la banda de frecuencia objetivo para el sujeto en la figura 7.

15 La señal acústica tal como el tono de frecuencia modulada o el ruido de banda estrecha modulada en amplitud relacionado con la banda de frecuencia objetivo determinada en la figura 8 se proporciona a la oreja derecha treinta minutos por la mañana y por la noche durante quince días. Aquí, la intensidad de la señal acústica se ajusta a 5 dBSL (nivel sensorial) a 10 dBSL.

20 La figura 9 es una vista que ilustra el cronograma para la estimulación de la señal acústica. En particular, la capacidad de audición se mide antes de proporcionar la estimulación de la señal acústica (primera prueba), después de proporcionar la estimulación de la señal acústica durante diez días (segunda prueba), y después de proporcionar la estimulación de la señal acústica durante quince días (tercera prueba), y luego se comparan los umbrales de audición correspondientes a la medición.

25 En cada prueba, para evitar interpretaciones erróneas debido al error experimental, la capacidad de audición se mide diez veces con una resolución de 1/24 de octava y luego se usa el promedio de los valores medidos como capacidad de audición.

30 La Tabla 1 es una tabla en la que el umbral de audición medido antes de proporcionar la estimulación de la señal acústica a la oreja derecha se compara con el medido después de proporcionar la estimulación de la señal acústica a la oreja derecha durante diez días. La Tabla 2 es una tabla en la que el umbral de audición medido después de proporcionar estimulación de señal acústica a la oreja derecha durante diez días se compara con el medido después de proporcionar la estimulación de señal acústica a la oreja derecha durante quince días.

35 Tabla 1: Resultado del umbral de audición después de 10 días

Derecha	Antes												10 días después											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	AI	A2	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	AI	A2
4067	32,5	37,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	33,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,0	
4186	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	31,0	
4309	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	31,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	29,5	
4435	32,5	37,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	33,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,0	
4565	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	36,0	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	35,5	
4699	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
4836	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,0	
4978	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	36,5	
5124	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	35,5	
5274	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	33,5	
5429	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	34,0	
5588	42,5	37,5	42,5	37,5	42,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	42,5	36,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	36,5	
5752	42,5	37,5	42,5	37,5	42,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	42,5	40,0	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	35,5	
5920	42,5	37,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	41,0	42,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
6093	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	43,5	42,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
6272	47,5	42,5	47,5	42,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	45,5	47,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	33,0	
6456	52,5	42,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,0	47,0	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	40,5	
6645	52,5	42,5	52,5	42,5	52,5	67,5	42,5	42,5	42,5	57,5	47,5	50,0	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	38,0	
6840	47,5	42,5	47,5	42,5	47,5	47,5	42,5	42,5	42,5	42,5	45,5	42,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	36,5	
7040	42,5	37,5	42,5	37,5	42,5	37,5	37,5	37,5	37,5	42,5	37,5	33,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	34,5	
7246	37,5	32,5	37,5	32,5	37,5	37,5	32,5	32,5	37,5	32,5	35,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	31,5	
7459	27,5	27,5	32,5	27,5	32,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	26,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	26,5	
7677	27,5	22,5	27,5	22,5	27,5	22,5	22,5	22,5	27,5	22,5	24,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	
7902	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	17,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	21,5	

Tabla 2: Resultado del umbral de audición después de 15 días

Derecha	10 días después												15 días después											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	AI	A2	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	AI	A2
4067	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	27,5	32,5	32,5	32,0	37,5	37,5	27,5	37,5	32,5	37,5	32,5	37,5	32,5	22,5	33,5		
4186	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	27,5	27,5	27,5	32,5	32,5	31,0	32,5	37,5	37,5	37,5	32,5	27,5	37,5	32,5	32,5	34,0		
4309	32,5	32,5	32,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	32,5	27,5	23,5	27,5	37,5	27,5	37,5	32,5	32,5	37,5	32,5	32,5	32,5	33,5		
4435	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	27,5	32,5	27,5	37,5	32,5	32,0	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	36,5			
4565	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	37,5	32,5	35,5	27,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	42,5	37,5	32,5	36,5			
4699	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	42,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5		
4836	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	37,5	37,0	37,5	37,5	22,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	36,0		
4978	37,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	37,5	36,5	37,5	37,5	27,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	36,5		
5124	37,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	32,5	37,5	37,5	37,5	35,5	32,5	32,5	27,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	32,5	33,0			
5274	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	32,5	37,5	32,5	32,5	33,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	32,5	32,5	37,5	32,5	33,5			
5429	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	32,5	37,5	32,5	32,5	34,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	32,5	33,5			
5588	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	36,5	27,5	37,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	33,5			
5752	27,5	37,5	37,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	36,5	27,5	37,5	32,5	32,5	32,5	37,5	27,5	37,5	37,5	31,5			
5920	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	42,5	37,5	42,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	27,5	34,0			
6093	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	42,5	37,5	37,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	37,5	27,5	32,5	37,5	34,5			
6272	37,5	42,5	37,5	37,5	37,5	42,5	42,5	42,5	32,5	37,5	39,0	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	27,5	32,5	32,5	37,5	34,0			
6456	37,5	42,5	42,5	37,5	37,5	42,5	42,5	47,5	32,5	42,5	40,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	36,5				
6645	27,5	42,5	42,5	37,5	37,5	42,5	37,5	42,5	32,5	37,5	38,0	27,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	32,5	32,5	33,5			
6840	27,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	42,5	32,5	37,5	36,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	27,5	32,5	37,5	32,5	34,0			
7040	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	34,5	32,5	32,5	27,5	32,5	32,5	32,5	27,5	37,5	27,5	31,5			
7246	32,5	32,5	32,5	27,5	32,5	32,5	32,5	32,5	27,5	32,5	31,5	32,5	32,5	27,5	27,5	32,5	32,5	32,5	32,5	27,5	31,0			
7459	27,5	27,5	22,5	22,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	26,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	26,5			
7677	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5		
7902	22,5	22,5	17,5	22,5	22,5	17,5	22,5	22,5	22,5	22,5	21,5	17,5	17,5	17,5	17,5	22,5	22,5	22,5	17,5	22,5	20,0			

En referencia a las tablas 1 y 2, el umbral de audición de la banda de frecuencia objetivo disminuye después de

proporcionarse la estimulación de la señal acústica, es decir, se mejora la capacidad de audición.

La figura 10 es una vista que ilustra un gráfico que muestra el umbral de audición de la oreja derecha antes y después de proporcionar la estimulación de la señal acústica.

5 En la figura 10, antes de proporcionar la estimulación de la señal acústica, el umbral de audición (oreja derecha) de una banda de frecuencia de 5920 Hz a 6840 Hz equivale a 45,4 dBHL. Sin embargo, después de la estimulación de la señal acústica durante diez días, el umbral de audición de la banda de frecuencia se reduce a 38,2 dBHL. Además, el umbral de audición se reduce más a 34,2 dBHL después de que se proporciona la estimulación de la señal acústica durante quince días.

El grado de la reducción del umbral de audición es estadísticamente significativo.

15 La figura 11 es una vista que ilustra el cronograma para verificar si la mejora de la capacidad de audición se mantiene continuamente después de que se detiene la estimulación de la señal acústica en la oreja derecha.

La capacidad de audición se mide de cinco días a dieciocho días después de que se detiene la estimulación de la señal acústica.

20 La tabla 3 es una tabla que muestra el umbral de audición de la oreja derecha después de detener la estimulación de la señal acústica. La figura 12 es una vista que ilustra un gráfico correspondiente a la Tabla 3.

Con referencia a la Tabla 3 y la figura 12, el efecto de mejora de la capacidad de audición se mantiene después de detener la estimulación de la señal acústica. Adicionalmente, se verifica que la capacidad de audición todavía mejora en aproximadamente 7,9 dB dieciocho días después de que se detiene la estimulación de la señal acústica.

Tabla 3: resultado de la medición de la capacidad de audición después de detener la estimulación

Derecha	5 d			6 d			7 d			8 d			10 d			12 d			18 d				
	A1	A2		A1	A2		A1	A2															
4067	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	35,0	37,5	32,5	35,0	37,5	32,5	35,0	32,5	27,5	30,0	32,5	37,5	35,0	32,5	32,5	32,5		
4186	32,5	32,5	32,5	27,5	32,5	30,0	32,5	32,5	32,5	27,5	32,5	30,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5		
4309	32,5	37,5	35,0	32,5	27,5	30,0	32,5	27,5	30,0	32,5	32,5	32,5	32,5	27,5	30,0	32,5	37,5	37,5	27,5	32,5	30,0		
4435	32,5	37,5	35,0	32,5	17,5	25,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	
4565	37,5	37,5	37,5	27,5	32,5	30,0	37,5	37,5	37,5	27,5	32,5	30,0	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	35,0	
4699	37,5	37,5	37,5	32,5	37,5	35,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	22,5	32,5	27,5	22,5	27,5	25,0	37,5	37,5	37,5		
4836	22,5	37,5	30,0	35,2	37,5	37,5	37,5	31,7	27,5	27,5	27,5	31,7	32,5	32,5	32,5	31,5	32,5	32,5	31,2	22,5	27,5	25,0	
4978	27,5	37,5	32,5	32,5	32,5	32,5	22,5	32,5	27,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	35,0	35,0	
5124	37,5	37,5	37,5	27,5	32,5	30,0	37,5	27,5	32,5	22,5	27,5	25,0	27,5	32,5	30,0	37,5	27,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
5274	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	37,5	32,5	35,0	32,5	32,5	32,5	32,5	27,5	30,0	37,5	27,5	32,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
5429	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	22,5	27,5	25,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	32,5	35,0	35,0	
5588	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	37,5	32,5	35,0	32,5	32,5	30,0	32,5	27,5	30,0	32,5	27,5	30,0	37,5	32,5	35,0	35,0	
5752	32,5	37,5	35,0	27,5	32,5	30,0	37,5	22,5	30,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5
5920	42,5	37,5	40,0	22,5	27,5	25,0	37,5	32,5	35,0	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	32,5	35,0	32,5	32,5	35,0	35,0	
6099	27,5	37,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	27,5	32,5	27,5	32,5	30,0	27,5	32,5	30,0	37,5	32,5	35,0	37,5	37,5	37,5	37,5	
6272	42,5	37,5	40,0	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	35,4	37,5	32,5	35,0	37,5	42,5	40,0	
6456	47,5	37,5	42,5	39,2	27,5	32,5	30,0	30,0	35,0	27,5	37,5	32,5	30,8	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
6645	42,5	37,5	40,0	37,5	27,5	32,5	42,5	37,5	40,0	32,5	27,5	30,0	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
6840	42,5	37,5	40,0	27,5	27,5	27,5	22,5	37,5	30,0	32,5	22,5	27,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
7040	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	37,5	37,5	37,5
7246	32,5	32,5	32,5	32,5	27,5	30,0	27,5	32,5	30,0	27,5	27,5	27,5	32,5	27,5	30,0	32,5	27,5	30,0	32,5	27,5	30,0	32,5	
7459	27,5	22,5	25,0	26,5	12,5	27,5	20,0	24,5	27,5	27,5	27,5	27,5	22,5	22,5	22,5	24,5	27,5	22,5	25,0	26,0	27,5	27,5	27,5
7677	27,5	22,5	25,0	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
7902	22,5	22,5	22,5	17,5	17,5	17,5	22,5	17,5	20,0	17,5	17,5	17,5	17,5	22,5	20,0	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5

30 Cualquier referencia en esta memoria descriptiva a "una realización", "una realización", "ejemplo de realización", etc., significa que una característica particular, la estructura o característica descrita en relación con la realización se incluye en al menos una realización de la invención. Las apariciones de tales frases en diversos lugares en la memoria descriptiva no necesariamente hacen todas referencia a la misma realización. Asimismo, cuando una prestación particular, estructura o característica se describe en conexión con cualquier realización, se afirma que está dentro del alcance de un experto en la materia afectar tal prestación, estructura o característica en relación con otras de las realizaciones.

40 Aunque se han descrito realizaciones con referencia a varias realizaciones ilustrativas de las mismas, debería entenderse que los expertos en la materia pueden concebir otras numerosas modificaciones y realizaciones que se encuentren dentro del alcance de los principios de esta divulgación. De manera más particular, son posibles diferentes

variantes y modificaciones de las partes integrantes y/o disposiciones de la disposición de combinación de elementos dentro del alcance de la divulgación, los dibujos y las reivindicaciones adjuntas. Además de variantes y modificaciones en las partes integrantes y/o disposiciones, también pueden ser evidentes para los expertos en la materia otros usos alternativos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un medio de grabación legible por un ordenador y que tiene un programa de comandos ejecutados por el ordenador con el propósito de estimular las células ciliadas usando una estimulación acústica, en donde el ordenador está conectado a una sección de entrada del usuario, una sección de visualización y un aparato para la estimulación de las células ciliadas mediante señales acústicas, comprendiendo dicho aparato:
- una sección de diagnóstico de audición (100) configurada para medir el umbral de audición de una región de células ciliadas sobre la base de la información de respuesta de un usuario a una señal acústica específica;
  - una sección de detección de región de estimulación (102) configurada para determinar una banda de frecuencia correspondiente a la región de células ciliadas dañadas como una banda de frecuencia objetivo usando el umbral de audición medido; y
  - una sección de tratamiento de estimulación (104) configurada para emitir una señal acústica con intensidad preestablecida a la banda de frecuencia objetivo determinada, y caracterizado por que el programa de comandos está adaptado para hacer que el ordenador realice un método que comprende las etapas de:
    - (a) determinar con la sección de diagnóstico de audición (100) de un aparato de estimulación de células ciliadas una banda de frecuencia correspondiente a una región dañada de células ciliadas generando una interfaz de modelo coclear que es emitida por la sección de visualización (232) del ordenador, incluye imágenes de la región de células ciliadas (300) divididas con una resolución de  $1/k$  de octava, en donde k es un número entero positivo superior a 2, y cuando un usuario selecciona al menos una de las imágenes de la región de células ciliadas, emitir una señal acústica de diagnóstico con una banda de frecuencia correspondiente a la imagen seleccionada de la región de células ciliadas y determinar un umbral de audición usando la información de respuesta del usuario a partir de la señal acústica de diagnóstico de salida a través de la sección de entrada del usuario; y
    - (b) determinar con la sección de detección de la región de estimulación (102) del aparato de estimulación de células ciliadas una banda de frecuencia de una región de células ciliadas en la que el umbral de audición de la banda de frecuencia correspondiente seleccionada de las imágenes de la región de células ciliadas (300) es mayor que un valor de referencia predeterminado como la banda de frecuencia objetivo correspondiente a la región de células ciliadas dañadas; y
    - (c) emitir con una sección de tratamiento de estimulación del aparato de estimulación de células ciliadas una señal acústica estimulante a la banda de frecuencia objetivo a una intensidad preestablecida para estimular la región dañada de células ciliadas, en donde la intensidad preestablecida es aproximadamente de 3 dB a 20 dB más alta que el umbral de audición de la región dañada de células ciliadas, en donde la señal acústica estimulante es al menos una de tono de amplitud modulada, tono de frecuencia modulada, tono de pulso, tono continuo y ruido de banda estrecha modulada en amplitud, o combinación de los tonos y el ruido.
2. El medio de grabación de la reivindicación 1 que comprende comandos para que, en caso de que varias regiones de células ciliadas estén dañadas, hacer que el ordenador realice en la etapa (b) una determinación de un rango de banda de frecuencia correspondiente a las regiones de células ciliadas localizadas continuamente entre las regiones de células ciliadas dañadas como la banda de frecuencia objetivo.
3. El medio de grabación de la reivindicación 1, que comprende comandos para hacer que el ordenador realice, en caso de que se determinen varias bandas de frecuencia objetivo, que en la etapa (c) las señales acústicas correspondientes se emitan en orden de gravedad del daño, o se emitan aleatoriamente.
4. El medio de grabación de la reivindicación 1, en donde en caso de que se determinen varias bandas de frecuencia objetivo, los medios de grabación comprenden comandos para hacer que el ordenador realice un método en el que la etapa (c) emita simultáneamente las señales acústicas correspondientes a las bandas de frecuencia objetivo.
5. El medio de grabación de la reivindicación 1, el medio de grabación comprende comandos para hacer que el ordenador realice un método en el que k es un número entero positivo entre 3 y 24.
6. El medio de grabación de la reivindicación 1, en donde el medio de grabación comprende comandos para hacer que el ordenador realice un método en el que además se realiza la etapa:
  - (d) emitir la imagen de la región de células ciliadas correspondiente a la banda de frecuencia objetivo determinada, en donde se visualiza la imagen de la región de células ciliadas de salida.
7. El medio de grabación de la reivindicación 1, en donde el medio de grabación comprende comandos para hacer que el ordenador realice un método, realizando, además:
  - emitir la imagen de la región de células ciliadas correspondiente a la banda de frecuencia de un tono de amplitud modulada en caso de que el tipo de señal acústica sea el tono de amplitud modulada, en donde la variación de amplitud del tono de amplitud modulada se visualiza en la imagen de la región de células ciliadas.

8. El medio de grabación de la reivindicación 1, el medio de grabación comprende comandos para hacer que el ordenador realice un método, realizando, además:

- 5       - emitir la imagen de la región de células ciliadas correspondiente a la banda de frecuencia de un tono de frecuencia modulada en caso de que el tipo de señal acústica sea el tono de frecuencia modulada, en donde la variación de frecuencia del tono de frecuencia modulada se visualiza en la imagen de la región de células ciliadas.

10      9. El medio de grabación de la reivindicación 8, en donde el medio de grabación comprende comandos para hacer que el ordenador realice un método en el que el tono de frecuencia modulada tiene una resolución menor a 1/3 de octava.

10. El medio de grabación de la reivindicación 1, el medio de grabación comprende comandos para hacer que el ordenador realice un método, realizando, además:

- 15       - emitir la imagen de la región de células ciliadas correspondiente a la banda de frecuencia de la señal acústica en caso de que el tipo de señal acústica sea el tono continuo o el tono del pulso, en donde se detecta a través de la imagen de la región de células ciliadas que la señal acústica corresponde al menos a uno del tono continuo y el tono de pulso.

20      11. El medio de grabación de la reivindicación 1, en donde el medio de grabación comprende comandos para hacer que el ordenador realice un método en el que la imagen de la región de células ciliadas se emita con un color o un tamaño diferentes dependiendo del grado de mejora de la capacidad de audición.

25      12. El medio de grabación de la reivindicación 1, el medio de grabación comprende comandos para hacer que el ordenador realice un método, realizando, además:

- 30       - generar una interfaz de modelo coclear que incluye imágenes de la región de células ciliadas (300) divididas con una resolución de 1/k de octava, en donde k es un número entero positivo superior a 2;  
- emitir una señal acústica de una banda de frecuencia correspondiente a al menos una región seleccionada de las imágenes de la región de células ciliadas anteriores; y  
- detectar la región dañada de células ciliadas sobre la base de la respuesta del usuario a la señal acústica emitida.

FIG. 1

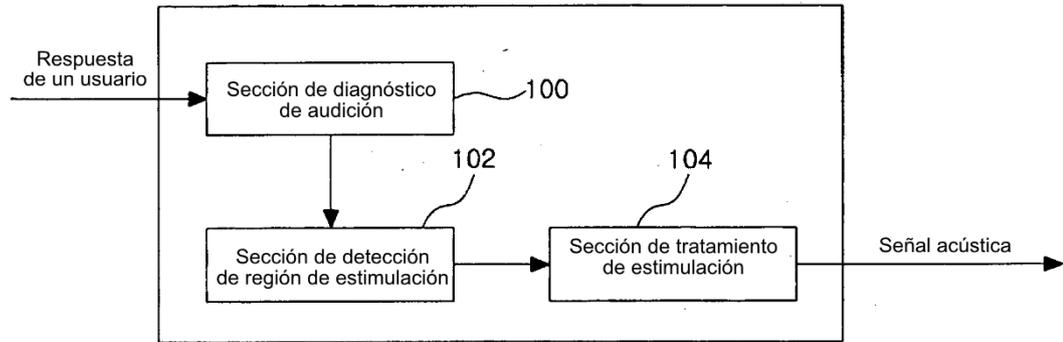


FIG. 2

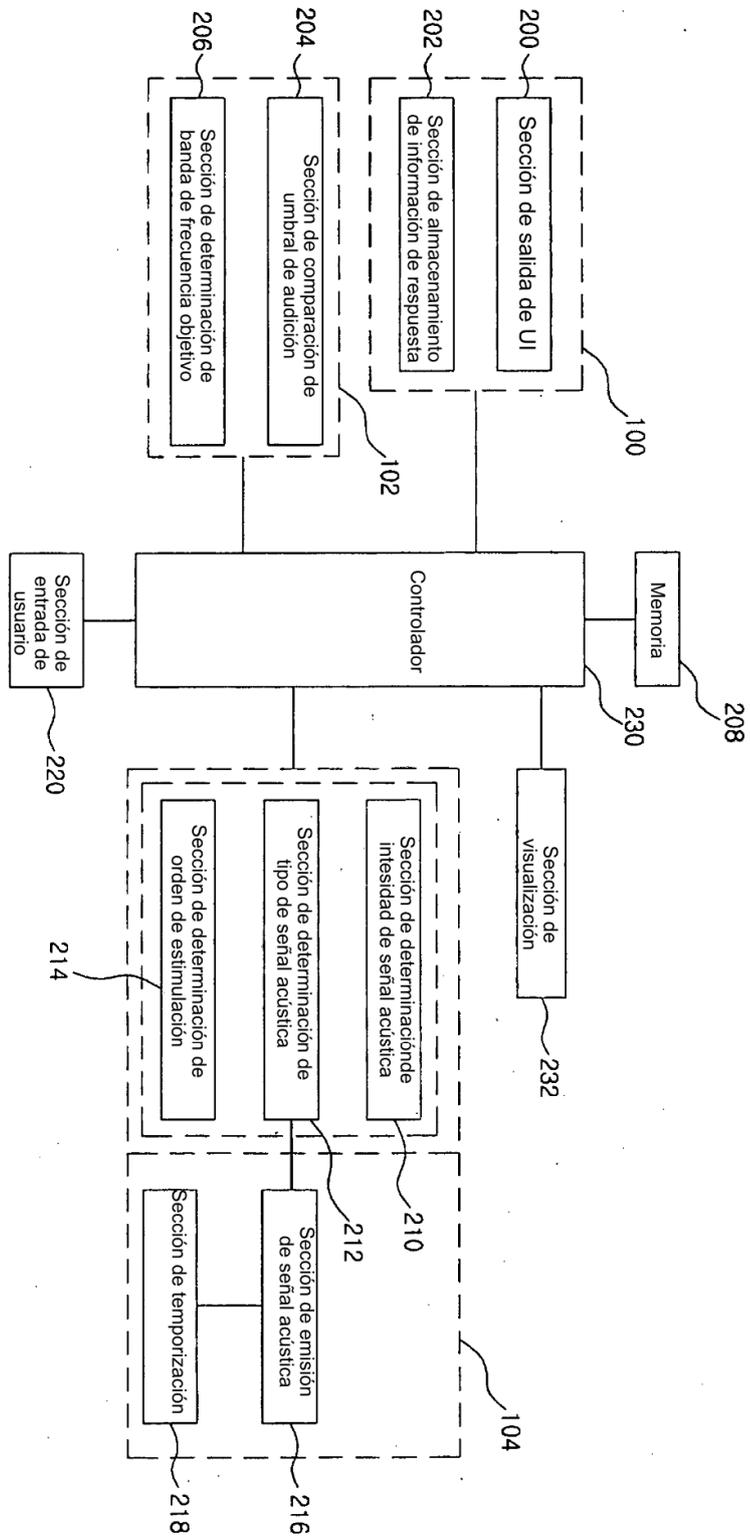


FIG. 3

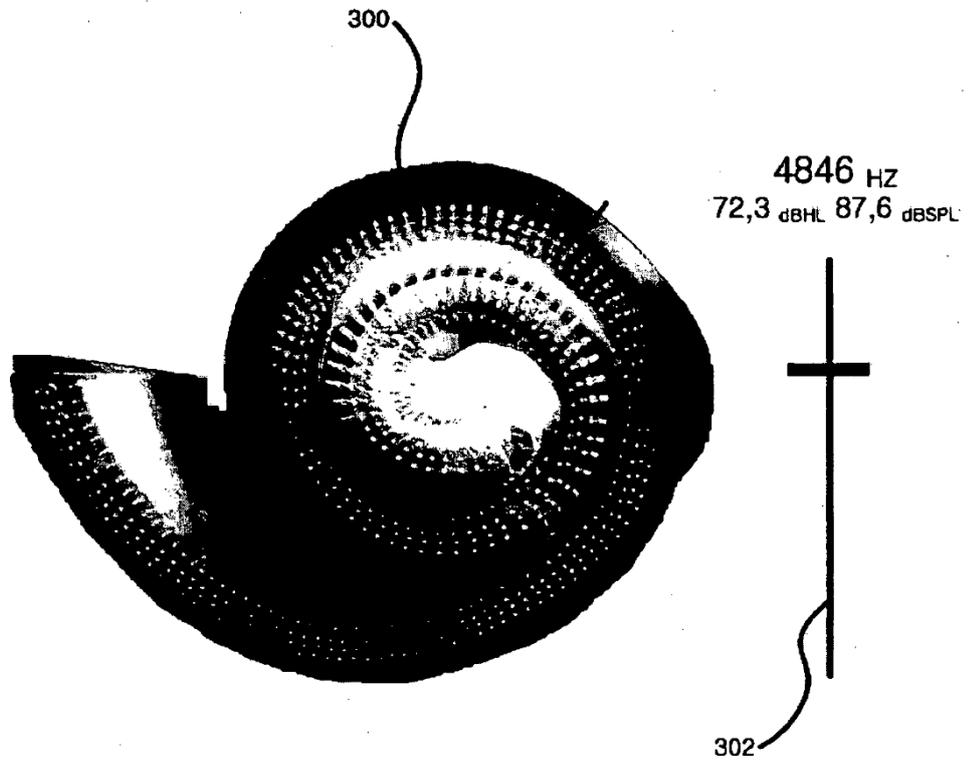


FIG. 4

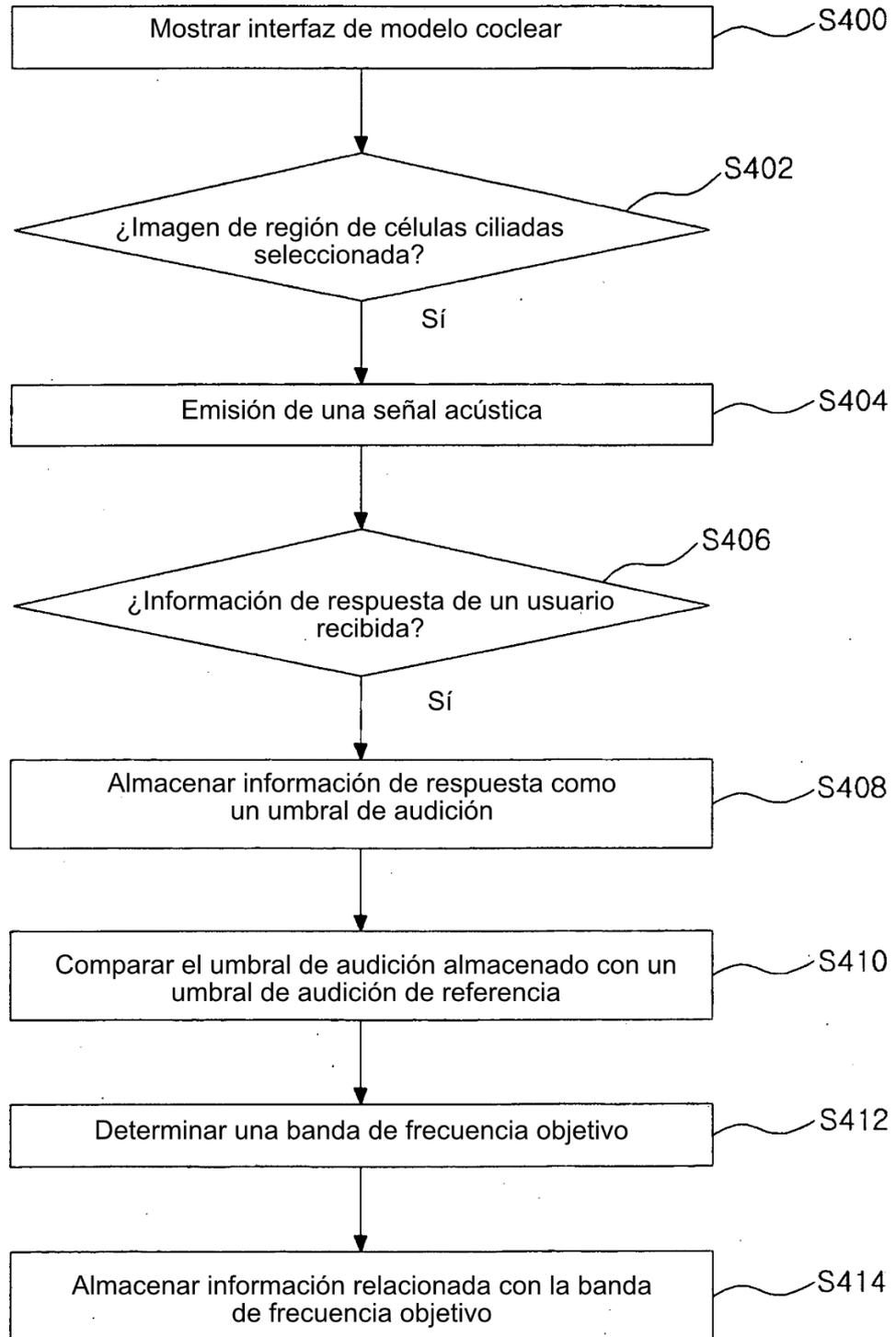


FIG. 5

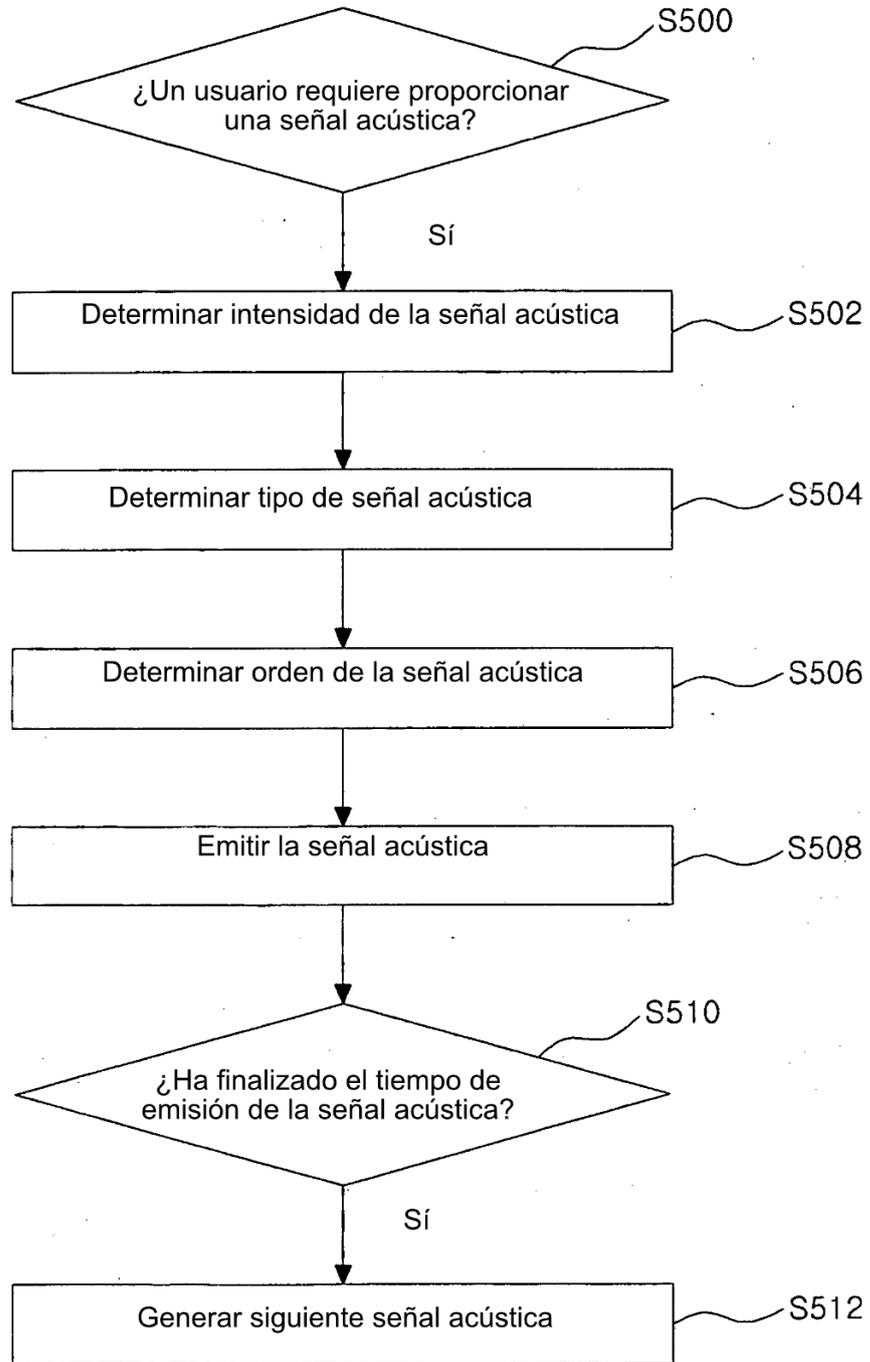


FIG. 6

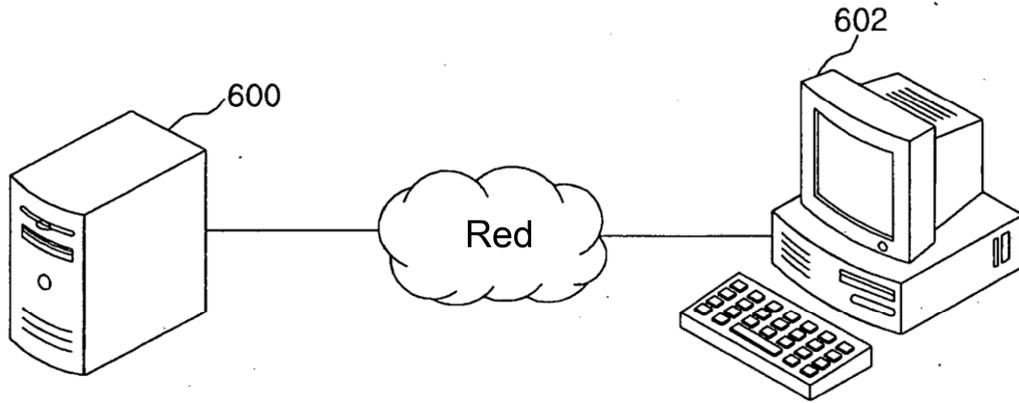


FIG. 7





FIG. 10

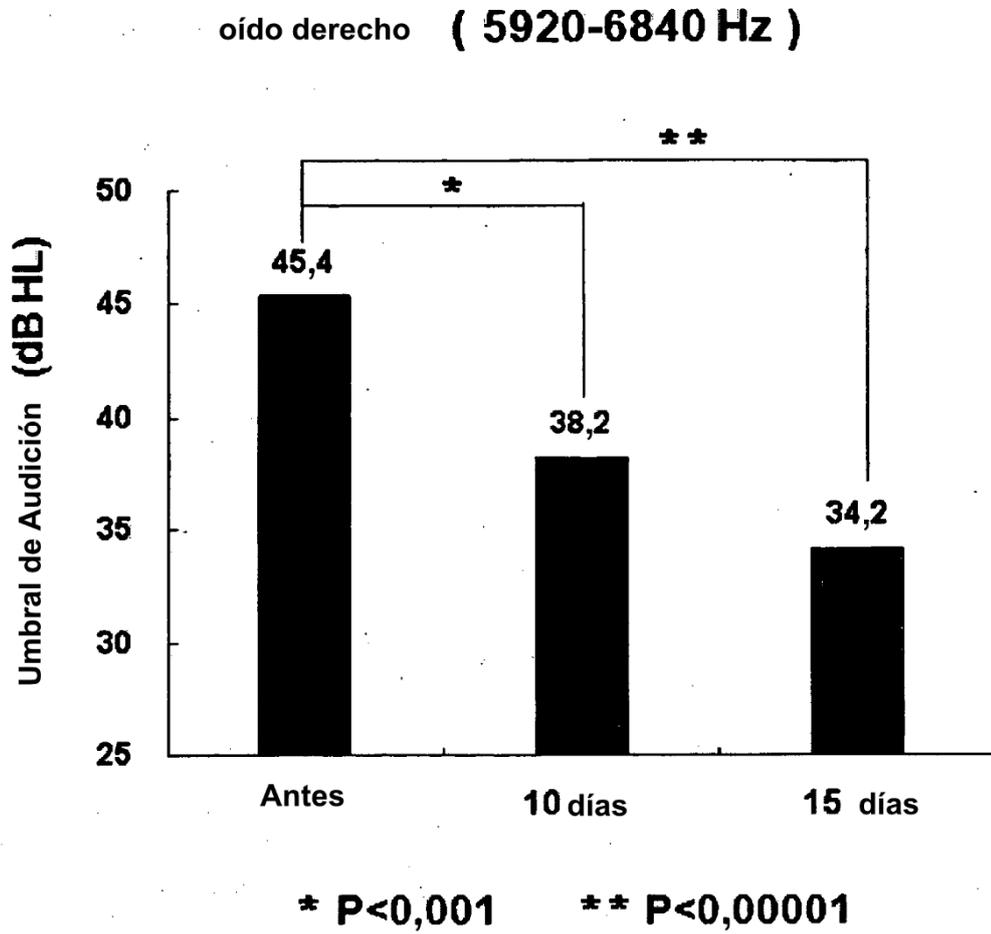


FIG. 11

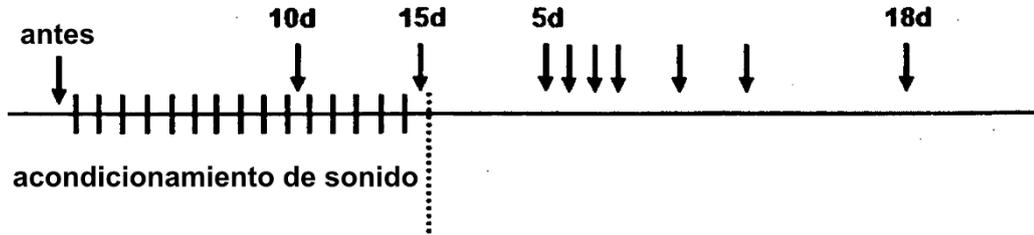


FIG. 12

