

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 183**

51 Int. Cl.:  
**H04S 1/00**

(2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03813955 .6**

96 Fecha de presentación: **04.12.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1582090**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.10.2005**

54 Título: **APARATO DE REPRODUCCIÓN DE AUDIO, SISTEMA DE REALIMENTACIÓN Y MÉTODO.**

30 Prioridad:  
**30.12.2002 EP 02080569**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.02.2012**

73 Titular/es:  
**KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.  
GROENEWOUDSEWEG 1  
5621 BA EINDHOVEN, NL**

72 Inventor/es:  
**AARTS, Ronaldus, M.;  
GOUGH, Paul, A. y  
SCHOBEN, Daniel, W., E.**

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

**ES 2 375 183 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 de reproducción de audio, sistema de realimentación y método

5 La invención se refiere a un aparato de reproducción de audio que comprende:

- medios de entrada para introducir una señal de audio de entrada;

10

- una salida para emitir una señal de audio de salida derivada de la señal de audio de entrada;

- una entrada de coste para introducir un coste matemático derivado de una medición, medición que puede verse influida por el usuario; y

15

- una unidad de acondicionamiento, que puede entregar la señal de audio de salida en dependencia del coste matemático.

La invención también se refiere a un sistema de realimentación de audio que comprende:

20

- una fuente de audio;

- un dispositivo de medición dispuesto para entregar una medición que puede verse influida por el usuario;

- una unidad de cálculo de coste matemático, dispuesta para derivar un coste matemático a partir de la medición;

25

- un dispositivo de producción de sonido; y

- una unidad de acondicionamiento dispuesta para recibir una señal de audio de entrada desde la fuente de audio, para recibir el coste matemático, y para entregar al dispositivo de producción de sonido una señal de audio de salida derivada de la señal de audio de entrada, en dependencia del coste matemático.

30

La invención también se refiere a un método para derivar una señal de audio de salida a partir de una señal de audio de entrada en dependencia de un coste matemático derivado de una medición que puede verse influida por el usuario.

35

La invención también se refiere a un programa informático para su ejecución por un procesador, que describe el método mencionado anteriormente.

La invención también se refiere a un soporte de datos que almacena el programa informático.

40

Una realización de un aparato de reproducción de audio de este tipo se conoce a partir del documento US-A-4.788.983. El resumen de patente japonesa para el documento JP 10 207 340A da a conocer un sistema para generar un espacio virtual con entradas de audio y visuales. El documento US 6 195 434 B1 da a conocer un sistema para generar una fuente de sonido virtual en una posición dada con respecto al usuario. El documento US 4 110 918 A da a conocer un sistema de entrenamiento de biorrealimentación modular. El aparato conocido a partir del

45

documento US-A-4.788.983 está diseñado para su uso por una persona que realiza una actividad deportiva, que desea escuchar música. El aparato conocido contiene una unidad de acondicionamiento que puede transmitir una señal de audio de entrada desde un *walkman* como una señal de audio de salida hacia auriculares. La unidad de acondicionamiento también recibe una señal de coste matemático desde un dispositivo de medición de frecuencia cardíaca. Un usuario especifica, según, por ejemplo, su edad o sexo, una ventana segura de frecuencia cardíaca que desea usar durante su entrenamiento. Si su frecuencia cardíaca es demasiado baja, evidentemente no está realizando suficiente ejercicio. Por otro lado, si su frecuencia cardíaca es demasiado alta, su ejercicio podría ser perjudicial. La unidad de acondicionamiento transmite la señal de audio de entrada sólo si la frecuencia cardíaca medida está dentro de la ventana deseada, y de lo contrario no se envía ningún sonido a los auriculares.

50

55

Es una desventaja del aparato conocido que tal regulación rudimentaria de la señal de audio de salida no sea sencilla de entender para el usuario. Por ejemplo si la ventana es estrecha, a un usuario le resulta difícil juzgar si ha perdido su música porque está corriendo demasiado lento o demasiado rápido.

60

Un objeto de la invención es proporcionar un aparato de reproducción de audio de la clase descrita en el párrafo inicial, que sea relativamente versátil en lo que concierne a la regulación de la señal de salida.

65

El objeto se realiza porque la unidad de acondicionamiento comprende unos medios de procesamiento de audio dispuestos para procesar la señal de audio de entrada para derivar la señal de audio de salida con una calidad de reproducción en dependencia del coste matemático. La unidad de acondicionamiento del aparato de reproducción de audio conocido contiene elementos que sólo implementan una función de conmutación. En caso de que la frecuencia cardíaca esté fuera de la ventana, no se envía ninguna señal a los auriculares. Esto no es muy deseable.

Si el usuario está entrenando tan sólo un poco suave, no escuchará absolutamente ningún sonido. En lugar de motivarse para comenzar a correr con más fuerza de nuevo, esto puede ser desmotivador para determinados usuarios. Puede desearse que haya un cambio gradual, de modo que el usuario pueda rendir menos de lo esperado durante un determinado periodo y aún así tener música. Además las mediciones de frecuencia cardíaca no siempre son fiables, por ejemplo si se capta una señal de un segundo usuario cercano. Entonces se castiga al usuario por algo fuera de su control. El aparato de reproducción de audio según la presente invención está dispuesto para ofrecer al usuario muchas estrategias más versátiles para responder a su actividad deportiva, implementadas como estrategias para calcular el coste matemático. El aparato según la invención también está dispuesto para proporcionar estrategias de presentación de audio de salida más versátiles. En lugar de simplemente interrumpir la señal de audio de salida, el aparato de la invención ofrece opciones de cambiar la calidad de reproducción de la señal de audio de salida. Se trata de una correlación física que puede medirse y determinarse con la calidad psicoacústica del sonido. Por ejemplo, el aparato de reproducción de audio puede reducir gradualmente la amplitud del sonido, conduciendo a música menos inteligible. Alternativamente, si se dispone de estéreo puede castigarse a un usuario que rinde menos de lo esperado al entregar el aparato de reproducción de audio sonido monofónico en lugar de estéreo, en cuyo caso el número de señales de salida independientes es una medida de calidad de reproducción de la calidad psicoacústica percibida.

En una realización, la calidad de reproducción comprende una posición tridimensional de una fuente de sonido virtual, pudiendo los medios de procesamiento de audio simular la fuente de sonido virtual por medio de la señal de audio de salida. Del conjunto de todas las funciones de procesamiento de audio que pueden aplicarse para obtener una cierta calidad psicoacústica, algunas realizan el posicionamiento de audio de una fuente de sonido virtual en un espacio tridimensional alrededor de la cabeza de un usuario. Esto es especialmente interesante para el usuario que se desplaza una distancia, real o virtual, tal como un corredor o una persona montada en una bicicleta estática. Si establece en el aparato la instrucción de que debe correr a una determinada velocidad, debería estar en una determinada posición, real o virtual, en un momento determinado. El aparato de reproducción de audio puede situar la fuente de sonido virtual enviando una señal de audio apropiada a un altavoz izquierdo o derecho de los auriculares, siendo la fuente de sonido virtual por ejemplo dos altavoces virtuales a una distancia de 1 metro frente al usuario. Si el usuario corre demasiado lento, los altavoces virtuales se alejarán de él, y esto puede simularse si se desea haciendo que el sonido que emerge de los altavoces virtuales se vuelva menos audible. El usuario puede alcanzar los altavoces corriendo más rápido. Mediante la adición de reverberaciones sintéticas puede influirse en otras mediciones de calidad de posición de audio tridimensional, tal como la ilusión de una pared enfrente del usuario.

En una modificación de la realización, los medios de procesamiento de audio comprenden un filtro dispuesto para simular la posición de fuente de sonido virtual derivando la señal de audio de salida filtrando la señal de audio de entrada con una función de transferencia relacionada con la cabeza (HRTF) dependiente de usuario. Por medio de una HRTF puede situarse con precisión una fuente de sonido tal como un altavoz virtual. La señal de audio de entrada para el altavoz de auricular derecho e izquierdo respectivamente se filtra por una HRTF respectiva, simulando la trayectoria a través de un espacio virtual del sonido desde un altavoz real en una posición en el espacio hasta el oído respectivo del usuario.

En otra modificación de la realización o una variación adicional en la modificación anterior, los medios de procesamiento de audio comprenden una unidad de procesamiento de audio dispuesta para simular la posición de la fuente de sonido virtual cambiando una propiedad de la señal de audio de salida seleccionada de amplitud de señal y reverberación añadida. Ambas propiedades son simples funciones de procesamiento de señales para realizar la ilusión de sonido con una calidad de posición de audio tridimensional específica.

Los medios de procesamiento de audio también pueden estar dispuestos para derivar una segunda señal de audio de salida, junto con la señal de audio de salida constituyendo una señal de audio estéreo, estando los medios de procesamiento de audio dispuestos para derivar la señal de audio estéreo a partir de la señal de audio de entrada con una calidad estéreo especificada dependiente del coste matemático. Las funciones de procesamiento de señales que influyen en la calidad estéreo son, por ejemplo, las siguientes:

- los altavoces virtuales se aproximan entre sí si el usuario rinde menos de lo esperado;
- las señales de audio para los altavoces virtuales izquierdo y derecho se hacen más similares si el usuario rinde menos de lo esperado; o
- uno de los altavoces virtuales desaparece si el usuario rinde menos de lo esperado.

La última opción también puede implementarse como una conmutación, gradual o brusca, entre envolvente multicanal tal como Dolby 5.1 y estéreo de 2 canales. Es ventajoso variar la calidad estéreo dada la presencia extendida del sonido estéreo.

Es ventajoso si la calidad de reproducción comprende una especificación de la distribución de frecuencias de la señal de audio de salida. Cambiando el contenido de frecuencia de la señal de audio de salida, los medios de

procesamiento de audio pueden simular otros efectos. Por ejemplo se castiga a un usuario que rinde menos de lo esperado eliminando los graves de la señal de audio. La posición tridimensional de una fuente de sonido virtual también puede verse influida por una función de procesamiento de audio de este tipo. Por ejemplo los medios de procesamiento de audio pueden disponerse para eliminar frecuencias altas como si el sonido tuviera que viajar un largo camino a través de una densa niebla, o se encontrara a una profundidad en una pared virtual.

También es ventajoso si el aparato de reproducción de audio comprende una primera unidad de cálculo de calidad para determinar la calidad de reproducción para su uso en la derivación posterior de la señal de audio de salida mediante los medios de procesamiento de audio. La calidad de reproducción es una propiedad de la señal de audio de salida. El aparato de reproducción de audio podría medirla en la señal de audio de salida, pero entonces la señal de audio de entrada tiene que procesarse primero mediante un algoritmo de procesamiento desconocido *a priori*. Puede determinarse una calidad de reproducción de correlación mediante la primera unidad de cálculo de calidad y enviarse a los medios de procesamiento de audio que aplican una función de procesamiento correspondiente. Por ejemplo cambiar el ángulo de dos altavoces virtuales tiene una influencia en la calidad estéreo, y en general no es necesario especificar qué calidad estéreo numérica experimenta un usuario. Si se desea más precisión, puede almacenarse una función de ángulo específico en una memoria, por ejemplo basándose en pruebas de panel de usuario. También es posible que el usuario especifique una relación entre por ejemplo su velocidad al correr y el ángulo él mismo, o que elija entre varias funciones prealmacenadas, de las que algunas cambian el ángulo lentamente y otras rápidamente.

Alternativa o adicionalmente es ventajoso si el aparato de reproducción de audio comprende medios de medición de calidad para medir una medida de calidad de salida de la señal de audio de salida, y comprende medios de cálculo de valor de parámetro para calcular un valor de parámetro, para su uso en la derivación posterior de la señal de audio de salida mediante los medios de procesamiento de audio. Si se mide la calidad de la señal de salida, puede realimentarse para cambiar el procesamiento en la señal de audio de entrada para futuras veces. Tal bucle de control de realimentación obtiene la calidad de reproducción deseada después de un cierto tiempo de sintonización. Los medios de cálculo de valor de parámetro pueden tener en cuenta una incompatibilidad entre el resultado de la medición de calidad de reproducción y la medición de calidad deseada. El valor de parámetro se cambia en consecuencia, dirigiendo la función de procesamiento hasta que obtenga la calidad de reproducción de señal de salida deseada.

En otra realización está comprendida una unidad de cálculo de coste matemático que está dispuesta para derivar el coste matemático a partir de la medición que puede recibirse desde un dispositivo de medición. Un coste matemático puede derivarse a partir de cualquier clase de aparato, por ejemplo un generador aleatorio si el aparato de reproducción de audio se usa en un juego competitivo. Normalmente el coste matemático puede determinarse basándose en una medición en la que el usuario puede influir, tal como su velocidad al correr, frecuencia cardíaca, etc. Un dispositivo de medición podría enviar el coste matemático directamente al aparato, por ejemplo como un número codificado. Normalmente, sin embargo, el aparato de reproducción de audio puede contener la nueva funcionalidad, de modo que puede usarse con un dispositivo de medición disponible en el mercado.

En una modificación de la realización anterior, la unidad de cálculo de coste matemático está dispuesta para derivar el coste matemático basándose en una diferencia entre la medición y un valor elegido. Por ejemplo, el usuario establece este valor elegido que es su velocidad al correr deseada como 10 km/h, o su frecuencia cardíaca deseada como 180 bpm. Entonces la calidad se determina por ejemplo como la velocidad al correr real menos 10 km/h. Cuanto más rápido corre, más cambia la calidad de reproducción. O en una versión alternativa, si corre un poco más fuerte no sucede nada, y si corre mucho más fuerte los medios de procesamiento de audio están dispuestos de modo que la calidad de reproducción comience a cambiar gradualmente dependiendo de la cantidad de tiempo que está corriendo más fuerte que el valor elegido.

En una modificación alternativa de la realización anterior o además de la modificación anterior, la unidad de cálculo de coste matemático está dispuesta para derivar el coste matemático a partir de una medición biométrica. Los sistemas de audio de calidad de ingeniería y las mediciones biométricas son campos no relacionados en absoluto de la tecnología. Aparentemente, nadie cree necesario combinarlos. Los sistemas de medición biométrica se diseñan habitualmente por ingenieros que trabajan en estrecha cooperación con médicos, y las prioridades en este campo son exactitud y robustez de las mediciones y seguridad. La calidad de reproducción de audio es más una cuestión de gusto artística. Esto ha conducido al hecho de que las mediciones biométricas se visualizan habitualmente en pantallas numéricas. Una excepción son los pitidos de un monitor médico, pero la funcionalidad de audio de tales monitores se diseña por cuestiones de simplicidad más que de calidad de reproducción artística. Existe una necesidad de una realimentación fácil de entender para el usuario de datos biométricos mientras entrena, puesto que a un usuario no le gusta mirar una pantalla continuamente mientras entrena. Sin embargo, cuando hay un sonido presente, entra automáticamente en el oído del usuario.

El sistema de realimentación de audio está caracterizado porque la unidad de acondicionamiento comprende unos medios de procesamiento de audio dispuestos para procesar la señal de audio de entrada para la derivación de la señal de audio de salida con una calidad de reproducción en dependencia del coste matemático. Es ventajoso producir el sistema como un todo, puesto que entonces todos los componentes pueden realizarse sintonizados

óptimamente entre sí.

El método de derivación de una señal de audio de salida a partir de la señal de audio de entrada en dependencia del coste matemático derivado de una medición que puede verse influida por el usuario está caracterizado porque la señal de salida se deriva con una calidad de reproducción especificada dependiente del coste matemático.

Estos y otros aspectos del aparato de reproducción de audio, el método, el sistema de realimentación de audio, el programa informático y el soporte de datos según la invención resultarán evidentes a partir de y se aclararán con referencia a las implementaciones y realizaciones descritas a continuación en el presente documento, y con referencia a los dibujos adjuntos, que sirven meramente como ilustraciones no limitativas.

En los dibujos:

la figura 1 muestra esquemáticamente una aplicación del aparato de reproducción de audio;

la figura 2 muestra esquemáticamente una realización del aparato de reproducción de audio;

la figura 3 muestra esquemáticamente una realización de los medios de procesamiento de audio del aparato de reproducción de audio;

la figura 4 muestra esquemáticamente una realización del sistema de realimentación de audio;

la figura 5 muestra esquemáticamente una realización del soporte de datos;

las figura 6a y b muestran esquemáticamente un ejemplo respectivo de una función de coste matemático;

la figura 7 muestra esquemáticamente una especificación de ejemplo de una calidad de posición como una función de coste matemático; y

la figura 8 muestra esquemáticamente un ejemplo de un espectro de frecuencia de una señal de audio de salida emitida por el aparato de reproducción de audio.

En estas figuras los elementos dibujados en líneas discontinuas son virtuales en la figura 1, y opcionales en las otras figuras, dependiendo de la realización deseada. No es necesario que todos los elementos presentes en la realización ilustrativa de los medios de procesamiento de audio en la figura 3 estén presentes en una realización alternativa.

La figura 1 muestra un usuario 100 del aparato 200 de reproducción de audio según la invención, que está practicando *jogging*. Por ejemplo, también podría estar remando en una máquina de remo de interior. Mientras que practica su actividad deportiva está escuchando música que procede, como una señal de audio de salida o, véase la figura 2, del aparato 200 de reproducción de audio, que es por ejemplo un reproductor de audio portátil tal como un reproductor de MP3, y reproducida por el altavoz 114 y 115 de auricular izquierdo y derecho de un dispositivo 102 de producción de sonido, que normalmente son auriculares. La calidad de reproducción R de la música se cambia por el aparato 200 de reproducción de audio en dependencia del rendimiento deportivo del usuario 100, por ejemplo variando entre Dolby 5.1 y mono sin frecuencias de graves. Por ejemplo si corre demasiado lento, se le penaliza con música de mala calidad de reproducción R. Su rendimiento puede medirse mediante al menos uno de diversos sensores. Por ejemplo un podómetro 108 conectado a su zapatilla de deporte u otro dispositivo de medición tal como un medidor 106 de frecuencia cardíaca entrega una señal de medición m. Para el medidor 106 de frecuencia cardíaca esta medición puede ser por ejemplo un complejo PQRST de un electrocardiograma, una secuencia temporal de pulsos, o un número que representa la frecuencia cardíaca. El aparato 200 de reproducción de audio convierte esta medición m en una calidad de reproducción R.

En una variante sencilla del aparato 200 de reproducción de audio, se fija la estrategia de reproducción de audio, y el usuario 100 sólo puede especificar la manera en que la medición se transforma en un coste matemático c. Obsérvese que por motivos de claridad los ejemplos se describen para una realización en la que todas las transformaciones matemáticas se realizan como algoritmos de software que se ejecutan en un procesador, pero también podría usarse un conjunto de circuitos de hardware dedicado. Por ejemplo el usuario 100 puede especificar un intervalo iv en el que su frecuencia cardíaca debe permanecer como [LL, LU] en la figura 6a. Se muestra una función 602 de coste matemático en un sistema 600 de coordenadas con en el eje x la medición de frecuencia cardíaca m menos un valor elegido d y en el eje y el coste matemático c. Este valor elegido d se establece por el usuario como la frecuencia cardíaca objetivo para su entrenamiento, por ejemplo 180 bpm. El intervalo [LL, LU] puede ser simétrico o asimétrico alrededor del valor elegido d. Puede fijarse la función de coste matemático en el hardware del aparato 200 de reproducción de audio de la figura 2, o el usuario puede especificar por medio de medios 311 de interfaz de usuario de la figura 3 cómo cambia el coste matemático con m-d. Por ejemplo como en la figura 6a hasta los valores de marcador ML y MU el coste matemático cambia linealmente con una pequeña inclinación, mientras que entre los valores de marcador y los límites del intervalo iv el coste matemático se inclina

con mayor pendiente, y fuera del intervalo iv el coste matemático aumenta con mucha pendiente. En una especificación 606 de función de coste matemático alternativa mostrada en la figura 6b, el coste matemático es distinto de cero y cambia de forma lineal sólo fuera del intervalo de entrenamiento iv. Por ejemplo en la figura 6b el usuario 100 ha diseñado una función de coste con valores negativos si está corriendo demasiado lento. Entonces un coste negativo puede mapearse fácilmente durante la reproducción, por ejemplo como un ángulo negativo  $\alpha$  de una fuente de sonido virtual, y un coste positivo que corresponde a velocidades que son demasiado altas como un ángulo positivo  $\alpha$ . De esta manera pueden discriminarse fácilmente ambos casos. El usuario tiene libertad de diseñar la función de coste eligiendo, por ejemplo, límites de intervalo de entrenamiento, rapidez de cambio del coste, que puede traducirse en rapidez de cambio de calidad de reproducción de audio R, si sólo las mediciones por debajo del valor elegido d conducen a un coste distinto de cero, etc.

Los medios 311 de interfaz de usuario son por ejemplo software que se ejecuta en un procesador, que solicita al usuario que teclee valores numéricos de valores de marcador e inclinaciones, o que permite que el usuario dibuje la función 602 de coste matemático gráficamente. La estrategia de reproducción de audio fijada es por ejemplo la ilustrada en la figura 7. En este caso la calidad de reproducción R se implementa como lo que se denomina en el resto del texto una calidad de reproducción de posición P, que es cualquier especificación de un parámetro físico de la señal de audio de salida o que da como resultado la percepción de que la señal de audio de salida procede de una posición de una fuente de sonido virtual. Por ejemplo la fuente de sonido virtual puede percibirse cerca de la cabeza de un usuario o lejos, o en la figura 7 es un ángulo  $\alpha$  de una fuente de sonido virtual alrededor de la cabeza de un usuario. Si el usuario 100 está corriendo con la velocidad objetivo deseada, el coste matemático c es cero y el ángulo  $\alpha$  también es de cero grados, es decir la fuente de sonido virtual está justo enfrente del usuario 100. Si el corredor corre demasiado lento o rápido, el coste matemático c con una especificación como la de la figura 6b disminuye o aumenta respectivamente, y la fuente de sonido virtual cambia al lado izquierdo y derecho respectivamente del usuario 100. La fuente de sonido puede permanecer detrás del usuario hasta que el usuario 100 corra con la velocidad deseada del valor elegido d de nuevo o corra con la velocidad deseada de nuevo durante una cantidad determinada de tiempo. Alternativamente, la fuente de sonido también puede comenzar detrás del usuario 100, siendo una motivación molesta para correr con más fuerza.

En variantes más avanzadas del aparato 200 de reproducción de audio, el usuario 100 también puede especificar la estrategia para cambiar la calidad de reproducción como una función del coste matemático c. Puede programar una primera unidad 330 de cálculo de calidad en la figura 3 que emite por ejemplo como calidad estéreo S un ángulo 160 entre una primera fuente 152 de sonido virtual y una segunda fuente 154 de sonido virtual generadas por la señal de audio de salida o y una segunda señal de audio de salida o2, como una función lineal del coste matemático c. O puede seleccionar una función de procesamiento de audio alternativa o adicional, que por ejemplo añade una cantidad de reverberación como una función del coste matemático c para simular una distancia de un altavoz virtual en un espacio virtual.

Otra aplicación de ejemplo del aparato 200 de reproducción de audio es la prevención de lesión por esfuerzo repetitivo (RSI) o inactividad. En este caso el usuario 100 se sienta por ejemplo enfrente de un ordenador personal (PC) o en un sofá enfrente de un televisor (TV). El dispositivo 102 de producción de sonido es por ejemplo un altavoz conectado al PC o televisor. El valor elegido d es la cantidad de tiempo que el usuario 100 desea trabajar o ver la TV antes de descansar. El coste matemático c se determina por ejemplo por la cantidad de tiempo t transcurrido desde un tiempo de inicio t0 menos el valor elegido d, siendo el tiempo permisible para trabajar o ver la TV continuamente:

$$c=(t-t_0)-d \text{ si } t-t_0 > d;$$

$$c=0 \text{ si } t-t_0 < d \quad [1]$$

Con los altavoces de una TV o un PC, puede simularse una posición de fuente de sonido virtual.

La figura 2 muestra esquemáticamente una realización del aparato 200 de reproducción de audio en su forma básica. Una señal de audio de entrada i entra a través de unos medios 204 de entrada desde por ejemplo un reproductor MP3 portátil o la tarjeta de sonido de un PC. La señal de audio de entrada i can proceder desde fuera o dentro del aparato 200 de reproducción de audio. En este último caso el aparato 200 de reproducción de audio puede comprender por ejemplo una unidad de reproductor de CD o cualquier fuente 201 de audio interna. La señal de audio de entrada i puede ser audio mono o multicanal. También hay una entrada 208 de coste para recibir un coste matemático c desde una unidad 210 de cálculo de coste matemático, que está dispuesta para derivar el coste matemático a partir de una medición realizada por un dispositivo 212 de medición. La unidad 210 de cálculo de coste matemático puede estar incorporada en el aparato 200 de reproducción de audio o puede estar separada, por ejemplo en el dispositivo 212 de medición. Normalmente, el dispositivo 212 de medición no está incorporado en el aparato 200 de reproducción de audio, aunque podría estarlo, en caso de que sea por ejemplo un reloj. El aparato 200 de reproducción de audio contiene una unidad 202 de acondicionamiento, que contiene unos medios 216 de procesamiento de audio dispuestos para procesar la señal de audio de entrada i para derivar la señal de audio de salida o con una calidad de reproducción R en dependencia del coste matemático c. La señal de audio de salida o va a una salida 206, a la que puede conectarse un altavoz 214. Los medios 216 de procesamiento de audio pueden

simplemente realizar una única función paramétrica que lleva a una señal de audio de salida o de calidad de reproducción variable y por tanto de calidad psicoacústica perceptible, o múltiples algoritmos de procesamiento de audio pueden aplicarse alternativa o simultáneamente como en la figura 3.

5 La figura 3 muestra esquemáticamente unos medios 316 de procesamiento de audio, que son una realización de los medios 216 de procesamiento de audio del aparato 200 de reproducción de audio. En los medios 316 de procesamiento de audio se muestran varias unidades de procesamiento meramente para explicar diversas características del aparato 200 de reproducción de audio, y debe ser evidente que otras combinaciones son posibles. Los medios 316 de procesamiento de audio están dispuestos para suministrar una señal de audio de salida o a un primer altavoz 314 y si se requiere una segunda señal de audio de salida o2 a un segundo altavoz 315.

Para muchos algoritmos de procesamiento de audio, la calidad de reproducción R puede establecerse de antemano, y se elige un procesamiento de audio posterior dependiendo de la calidad de reproducción R. Por ejemplo la calidad de reproducción R puede ser un parámetro de un algoritmo de procesamiento de audio, como en el caso en el que se establece la amplitud de la señal de audio de salida. Esto puede realizarse con un amplificador de ganancia variable. En otros casos, pueden usarse pruebas de panel de usuario o las preferencias del usuario real del aparato 200 de reproducción de audio para seleccionar un algoritmo de procesamiento apropiado, por ejemplo el primer, segundo o tercer algoritmo 320, 322 ó 324 de procesamiento, respectivamente. En la realización de ejemplo de la figura 3, un tercer coste matemático c3 a partir de un segundo dispositivo 352 de medición va a un selector 326 de algoritmo, que por ejemplo contiene una tabla de intervalos. Si el tercer coste matemático c3 entra dentro de un primer intervalo, se selecciona el primer algoritmo 320 de procesamiento, etc. Tal configuración hace posible conmutar a algoritmos totalmente diferentes dependiendo del valor del tercer coste matemático c3. Por ejemplo, el primer algoritmo puede cambiar el ángulo 160 entre dos altavoces virtuales, dependiendo de dónde se sitúe en el primer intervalo el tercer coste matemático c3. Si el tercer coste matemático c3 se vuelve tan alto que se sitúa fuera del primer intervalo y en un segundo intervalo, se selecciona el segundo algoritmo 322 de procesamiento, que por ejemplo cambia la amplitud de las señales desde los altavoces virtuales, o tanto el ángulo 160 entre los mismos como la amplitud de las señales. Otro ejemplo en el que la calidad de reproducción R se establece antes del procesamiento es la configuración de una posición angular en una esfera alrededor de la cabeza del usuario 100 de una fuente de sonido virtual por medio de una función de transferencia relacionada con la cabeza HRTF. Por ejemplo, cuando el usuario 100 usa auriculares, la señal de audio de entrada i puede simularse que procede de una posición de fuente de sonido virtual, filtrándola por medio del filtro 332 usando una primera HRTF específica para obtener la señal de audio de salida o para el altavoz 114 de auricular izquierdo y usando una segunda HRTF específica para obtener la segunda señal de audio de salida o2 para el altavoz 115 de auricular derecho. Ambas HRTF son dependientes de la posición requerida de la fuente de sonido virtual, por ejemplo especificada como dos ángulos en una esfera unitaria, y pueden tomarse de una memoria 334 que contiene HRTF para varias posiciones diferentes. Una primera unidad 330 de cálculo de calidad determina la calidad de reproducción R necesaria para un procesamiento de audio adicional. Por ejemplo en el caso descrito anteriormente, la primera unidad 330 de cálculo de calidad calcula un ángulo  $\alpha$  de la fuente de sonido virtual, usado para tomar las HRTF, como una función lineal de un primer coste matemático c1. El primer coste matemático c1 se deriva de un dispositivo 312 de medición por una unidad 310 de cálculo de coste matemático, que por ejemplo evalúa una función como la de la figura 6a. Pueden hallarse detalles sobre medición de HRTF en la patente WO 01/49066 y el documento "F.L. Wightman and D.J. Kistler: Headphone simulation of free field listening. I: Stimulus synthesis. Journal of the Acoustical Soc. of America 85 n.º 2, febrero de 1989, páginas 858-867".

45 En otros casos, tiene que medirse la calidad de reproducción R en la señal de audio de salida o en sí misma, por ejemplo porque la relación entre la calidad de reproducción R de la señal de audio de salida o y el procesamiento particular sea demasiado compleja de formular o sea desconocida. En este caso la realimentación puede usarse para seleccionar el algoritmo de procesamiento correcto o el parámetro correcto para un algoritmo de procesamiento paramétrico. Los medios 344 de medición de calidad miden una medida de calidad de salida M de la señal de audio de salida o. La medida de calidad de salida M y una calidad de reproducción deseada R desde una segunda unidad 340 de cálculo de calidad se alimentan a unos medios 346 de cálculo de valor de parámetro. A partir de estos dos parámetros, se calcula un valor de parámetro pv para dirigir el procesamiento posterior mediante una unidad de procesamiento de audio, que selecciona un algoritmo de procesamiento particular o cambia un parámetro de un algoritmo paramétrico. Esto puede realizarse mediante cualquier técnica conocida por la teoría de control. Por ejemplo puede calcularse un valor de parámetro de actualización pv como en la ecuación [2]:

$$pv = \delta(M-R) \quad [2]$$

60 En realidad el valor de parámetro pv puede ser cualquier función de M y R, si es necesario también teniendo en cuenta que la medición de calidad de salida M es una función diferente de la calidad psicoacústica deseada que la calidad de reproducción R.

La funcionalidad implícita requerida entre la medida de calidad de salida M y la calidad de reproducción R derivada del primer coste matemático c1, puede especificarse por el usuario 100. Con los medios 360 de entrada de usuario, por ejemplo un teclado, un panel sensible al tacto, o un botón giratorio y medios 311 de interfaz de usuario, el usuario 100 puede especificar varios valores de medición deseados d, que se convierten en primeros costes

matemáticos correspondientes  $c_1$  y calidades de reproducción  $R$ . En lugar de introducir valores de medición deseados  $d$ , el usuario 100 también puede introducir costes matemáticos deseados  $cs$ . Durante esta fase de aprendizaje, para cada calidad de reproducción  $R$  se exploran varios algoritmos de procesamiento con medidas de calidad de salida correspondientes  $M$ . Cuando se alcanza la medida de calidad de salida  $M$  correspondiente a una calidad psicoacústica tal como se desea por el usuario 100, el usuario 100 puede indicar esto a los medios 346 de cálculo de valor de parámetro a través de una conexión de control de aprendizaje  $lc$ , cableada o inalámbrica. Entonces, los medios 346 de cálculo de valor de parámetro pueden almacenar el par calidad de reproducción  $R$  y valor de parámetro  $pv$ , de modo que durante el funcionamiento, ya no se necesita la realimentación, aunque en lugar de ello, a partir de una calidad de reproducción  $R$  correspondiente a una medición  $m$ , el valor de parámetro correcto  $pv$  puede enviarse a una unidad 342 de procesamiento de audio. La conexión de control de aprendizaje  $lc$  también puede usarse para especificar qué procesamiento disponible debe usarse para obtener una señal de audio de salida o con la calidad de reproducción deseada  $R$ , estableciendo un selector 370 de salida.

Otro ejemplo de poner preferencias de usuario en los medios 316 de procesamiento de audio se ilustra con un segundo medio 361 de entrada de usuario. En este ejemplo, el usuario 100 puede introducir directamente un segundo coste matemático deseado  $cs'$  y una selección de algoritmo de procesamiento deseada correspondiente  $na$  en el selector 326 de algoritmo.

Obsérvese que en muchos casos la calidad psicoacústica percibida exacta, por ejemplo la posición exacta de una fuente de sonido virtual no es importante, sino sólo que la calidad psicoacústica cambia de manera monótona. Esto mitiga los requisitos en la estrategia de reproducción. Cualquier mapeo de ángulo de fuente de sonido virtual para el coste matemático por ejemplo ya podría ser suficiente.

Pueden diseñarse muchos algoritmos de procesamiento para crear cierta calidad psicoacústica perceptible que corresponda a una calidad de reproducción  $R$  que caracterice un algoritmo seleccionado. Por ejemplo puede cambiarse una reproducción de graves en dependencia del coste matemático. Tal como se muestra en la figura 8, como una calidad de reproducción particular  $R$  o parte de una calidad de reproducción  $R$ , puede calcularse una especificación  $SPEC$  que refleje el contenido espectral de la señal de audio de salida  $o$ . Un ejemplo de la especificación  $SPEC$  es una frecuencia por debajo de la que sustancialmente no está presente ninguna energía de sonido, por ejemplo una primera frecuencia baja  $FL1$  o una segunda frecuencia baja  $FL2$ . Por ejemplo si el usuario corre casi a la velocidad deseada, se reproducen graves hasta la primera frecuencia baja  $FL1$ . Sin embargo, si corre demasiado lento, pierde los graves entre la primera frecuencia baja  $FL1$  y la segunda frecuencia baja  $FL2$ . Otro ejemplo de la especificación  $SPEC$  es el porcentaje de energía en el intervalo de graves [ $FL1$ ,  $FL2$ ] comparado con la energía en el intervalo [ $FL3$ ,  $FH$ ]. Puede emplearse cualquier estrategia de ecualización como una función del coste  $c$ , por ejemplo la cantidad de agudos puede ser una función del coste  $c$ .

Un algoritmo interesante establece la función de coste matemático por medio de una burbuja 150 tridimensional alrededor de la cabeza del usuario 100. Si corre demasiado lento, la distancia entre la posición virtual de su cabeza 158 y un punto 156 de marca en la burbuja aumenta, lo que lleva a un coste matemático aumentado  $c$ , y una calidad de reproducción disminuida  $R$ . La calidad de reproducción  $R$  también puede cambiar en dependencia de si el usuario 100 está dentro de la burbuja 150 o no, lo que le facilita una tolerancia de entrenamiento. El movimiento virtual de la burbuja 150 comparado con la acción de correr del usuario podría incluso realizar un seguimiento de si el usuario espera en un semáforo, identificándose esta situación por ejemplo cuando pulsa un botón. Cuando está dentro de la burbuja 150, el sonido puede sonar por ejemplo como si el usuario 100 estuviera en un espacio particular, seleccionando las HRTF correspondientes a ese espacio, mientras que fuera de la burbuja 150, el sonido suena sordo.

La distancia de una fuente de sonido virtual también puede simularse. La unidad 342 de procesamiento de audio por ejemplo puede simular la distancia de la fuente de sonido virtual cambiando la amplitud de la señal de audio de salida  $o$  y la segunda señal de audio de salida  $o_2$ . O puede añadirse reverberación. En un espacio si una fuente de sonido está cerca, hay poca reverberación, mientras que si la fuente de sonido está lejos, hay una mayor proporción de reverberación. Adicional o alternativamente, pueden generarse pasillos virtuales, en los que la fuente de sonido virtual refleja su sonido.

También son posibles varias opciones para cambiar una calidad estéreo  $S$  de una señal de audio estéreo. Por ejemplo un ángulo 160 entre una primera fuente 152 de sonido virtual y una segunda fuente 154 de sonido virtual puede disminuir a medida que aumenta el coste matemático  $c$ , dando como resultado una calidad estéreo inferior  $S$ . O la primera y segunda señal de audio de salida  $o$  y  $o_2$  respectivamente pueden hacerse más similares. O puede haber una conmutación rígida de estéreo a mono. Por señal estéreo también debe entenderse audio multicanal, y una calidad estéreo correspondiente  $S$  es por ejemplo el número de canales.

Un ejemplo de un cambio gradual entre estéreo y mono se realiza calculando señales estéreo cambiadas  $L'$  y  $R'$  según las siguientes ecuaciones:

$$L' = (1 + a) \frac{L}{2} + (1 - a) \frac{R}{2}$$

$$R' = (1 - a) \frac{L}{2} - (1 + a) \frac{R}{2} \quad [3]$$

5 Cambiando el valor de un parámetro  $a$  entre 0 y 1, se realiza un cambio entre mono y estéreo.

10 El dispositivo 312 de medición y el segundo dispositivo 352 de medición pueden ser cualquier cosa, por ejemplo un reloj o un sensor de GPS que indique la posición del usuario 100. En particular podría ser un dispositivo de medición biométrico, tal como un podómetro conectado a una zapatilla, una tira para el pecho o medidor 106 de la frecuencia cardiaca para el lóbulo de la oreja, un termómetro, etc. Estos dispositivos de medición son interesantes cuando se usan para la medición del rendimiento deportivo. El dispositivo 312 de medición también podría incorporarse en un aparato de entrenamiento profesional, por ejemplo una cinta sin fin para practicar *jogging* en interiores. El estilo de correr, particularmente si existen problemas de salud, también podría realimentarse.

15 En una aplicación a modo de juego, puede establecerse un segundo coste matemático  $c_2$  mediante unos medios 313 que determinan el coste, por ejemplo un generador aleatorio. Dependiendo de su suerte, el coste matemático del usuario 100 se establece de nuevo al segundo coste matemático  $c_2$  y tiene que correr más fuerte para volver a lograr el nivel del tercer coste matemático  $c_3$ , tal como se determinó por una segunda unidad 350 de cálculo de coste matemático desde el segundo dispositivo 352 de medición.

20 La figura 4 muestra esquemáticamente una realización del sistema de realimentación de audio. Una fuente 421 de audio entrega una señal de audio de entrada  $i$  a una unidad 402 de acondicionamiento. La fuente 421 de audio puede ser por ejemplo un reproductor de audio portátil o un servidor de distribución de audio en un gimnasio. Un dispositivo 412 de medición realiza una medición  $m$ , que se convierte por una unidad 410 de cálculo de coste matemático  $c$ , que también se introduce en la unidad 402 de acondicionamiento. La unidad 402 de acondicionamiento contiene unos medios 416 de procesamiento de audio, que están dispuestos para procesar la señal de audio de entrada para obtener una señal de salida o de una calidad de reproducción  $R$  dependiente del coste matemático  $c$ , que se envía a unos medios 414 de producción de sonido, por ejemplo un par de auriculares o los altavoces de un televisor. El dispositivo 412 de medición, la unidad 410 de cálculo de coste matemático, la unidad 402 de acondicionamiento, la fuente 421 de audio, y los medios 414 de producción de sonido pueden realizarse por separado o en cualquier combinación. Por ejemplo, normalmente un aparato de reproducción de audio puede contener la unidad 402 de acondicionamiento, la fuente 421 de audio y la unidad 410 de cálculo de coste matemático.

35 Puede estar presente un dispositivo de seguimiento de la cabeza, de modo que se corrijan las posiciones de las fuentes de sonido virtual para movimientos de la cabeza del usuario 100. También pueden estar presentes medios, por ejemplo un micrófono, para captar determinados sonidos del entorno y mezclarlos con la señal para el dispositivo 414 de producción de sonido para mejorar la seguridad.

40 La especificación de, por ejemplo, la función de coste en lugar de realizarse por el usuario 100 puede proceder de un canal, como por ejemplo Internet, a través de una interfaz, de una segunda persona, por ejemplo un entrenador personal. O la especificación puede realizarse en un momento diferente por el usuario 100, por ejemplo en su PC. Por ejemplo, puede realizar una planificación de entrenamiento para todo el mes, que puede descargarse por ejemplo de manera inalámbrica al aparato de reproducción de audio. Los parámetros de funciones y las funciones pueden incluso descargarse de por ejemplo Internet, y por ejemplo compartirse entre los usuarios que desean sesiones de entrenamiento similares. Las especificaciones realizadas durante el entrenamiento y almacenadas en una memoria también pueden descargarse a través de la interfaz al ordenador para su análisis adicional, por ejemplo mejora del entrenamiento.

50 Debe observarse que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar la invención y que los expertos en la técnica pueden diseñar alternativas, sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Aparte de las combinaciones de elementos de la invención tal como se combinan en las reivindicaciones, la invención cubre otras combinaciones de los elementos dentro del alcance de la invención tal como se perciben por un experto en la técnica. Cualquier combinación de elementos puede realizarse en un solo elemento dedicado. No se pretende que ningún signo de referencia entre paréntesis en la reivindicación limite la reivindicación. La expresión "que comprende" no excluye la presencia de elementos o aspectos no enumerados en una reivindicación. La palabra "un" o "una" antes de un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos.

60 La invención puede implementarse por medio de hardware o por medio de software ejecutado en un ordenador, y almacenarse anteriormente en un soporte de datos o transmitirse por un sistema de transmisión de señales.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato (200) de reproducción de audio que comprende:
  - 5 - medios (204) de entrada para introducir una señal de audio de entrada (i);
  - una salida (206) para emitir una señal de audio de salida (o) derivada de la señal de audio de entrada (i);
  - 10 - una entrada (208) de coste para introducir un coste matemático (c) derivado de una medición (m), medición (m) que puede verse influida por el usuario; y
  - una unidad (202) de acondicionamiento, que puede entregar la señal de audio de salida (o) en dependencia del coste matemático (c),
  - 15 caracterizado porque la unidad (202) de acondicionamiento comprende unos medios (216, 316) de procesamiento de audio dispuestos para procesar la señal de audio de entrada (i) para derivar la señal de audio de salida (o) con una calidad de reproducción (R) en dependencia del coste matemático (c); y caracterizado porque la calidad de reproducción comprende al menos una de:
    - 20 (a) una calidad estéreo especificada de la señal de audio de salida que es una señal de audio estéreo;
    - (b) varias señales de salida independientes;
    - 25 (c) una especificación de una distribución de frecuencias de la señal de audio de salida; y
    - (d) una amplitud de la señal de audio de salida.
2. Aparato (200) de reproducción de audio según la reivindicación 1, en el que la calidad de reproducción (R) comprende una posición tridimensional de una fuente (152) de sonido virtual, pudiendo los medios (216, 316) de procesamiento de audio simular la fuente (152) de sonido virtual por medio de la señal de audio de salida (o).
3. Aparato (200) de reproducción de audio según la reivindicación 2, en el que los medios (316) de procesamiento de audio comprenden un filtro (332) dispuesto para simular la posición de la fuente (152) de sonido virtual derivando la señal de audio de salida (o) filtrando la señal de audio de entrada (i) con una función de transferencia relacionada con la cabeza (HRTF) dependiente del usuario.
4. Aparato (200) de reproducción de audio según la reivindicación 2, en el que los medios de procesamiento de audio (316) comprenden una unidad (342) de procesamiento de audio dispuesta para simular la posición de la fuente (152) de sonido virtual cambiando una propiedad de la señal de audio de salida (o) seleccionada de amplitud de señal y reverberación añadida.
5. Aparato (200) de reproducción de audio según la reivindicación 1, que comprende una primera unidad (330) de cálculo de calidad para determinar la calidad de reproducción (R) para su uso en la derivación posterior de la señal de audio de salida (o) mediante los medios (216) de procesamiento de audio.
6. Aparato (200) de reproducción de audio según la reivindicación 1, que comprende medios (344) de medición de calidad para medir una medida de calidad de salida (M) de la señal de audio de salida (o), y que comprende medios (346) de cálculo de valor de parámetro para calcular un valor de parámetro (pv), para su uso en la derivación posterior de la señal de audio de salida (o) mediante los medios (216) de procesamiento de audio.
7. Aparato (200) de reproducción de audio según la reivindicación 1, en el que está comprendida una unidad (310) de cálculo de coste matemático que está dispuesta para derivar el coste matemático (c) a partir de la medición (m) que puede recibirse desde un dispositivo (312) de medición.
8. Aparato (200) de reproducción de audio según la reivindicación 7, en el que la unidad (310) de cálculo de coste matemático está dispuesta para derivar el coste matemático (c) basándose en una diferencia entre la medición (m) y un valor elegido (d).
9. Aparato (200) de reproducción de audio según la reivindicación 7, en el que la unidad (310) de cálculo de coste matemático está dispuesta para derivar el coste matemático (c) a partir de una medición biométrica.
10. Sistema de realimentación de audio que comprende:
  - 65 - una fuente (421) de audio;

- un dispositivo (412) de medición dispuesto para entregar una medición (m) que puede verse influida por el usuario;
- 5 - una unidad (410) de cálculo de coste matemático, dispuesta para derivar un coste matemático (c) a partir de la medición (m);
- un dispositivo (414) de producción de sonido; y
- 10 - una unidad (402) de acondicionamiento dispuesta para recibir una señal de audio de entrada (i) desde la fuente (421) de audio, para recibir el coste matemático (c), y para entregar al dispositivo (414) de producción de sonido una señal de audio de salida (o) derivada de la señal de audio de entrada (i), en dependencia del coste matemático (c),
- 15 caracterizado porque la unidad (402) de acondicionamiento comprende unos medios (416) de procesamiento de audio dispuestos para procesar la señal de audio de entrada (i) para derivar la señal de audio de salida (o) con una calidad de reproducción (R) en dependencia del coste matemático (c); y caracterizado porque la calidad de reproducción comprende al menos una de:
- 20 (a) una calidad estéreo especificada de la señal de audio de salida que es una señal de audio estéreo;
- (b) varias señales de salida independientes;
- (c) una especificación de una distribución de frecuencias de la señal de audio de salida;
- 25 (d) una amplitud de la señal de audio de salida.
11. Método para derivar una señal de audio de salida (o) a partir de una señal de audio de entrada (i) en dependencia de un coste matemático (c) derivado de una medición (m) que puede verse influida por el usuario, caracterizado porque la señal de salida (o) se deriva con una calidad de reproducción especificada (R) dependiente del coste matemático (c); y caracterizado porque la calidad de reproducción comprende al menos una de:
- 30 (a) una calidad estéreo especificada de la señal de audio de salida que es una señal de audio estéreo;
- 35 (b) varias señales de salida independientes;
- (c) una especificación de una distribución de frecuencias de la señal de audio de salida;
- 40 (d) una amplitud de la señal de audio de salida.
12. Programa informático para su ejecución por un procesador, que describe el método de la reivindicación 11.
13. Soporte (500) de datos que almacena el programa informático de la reivindicación 12.
- 45

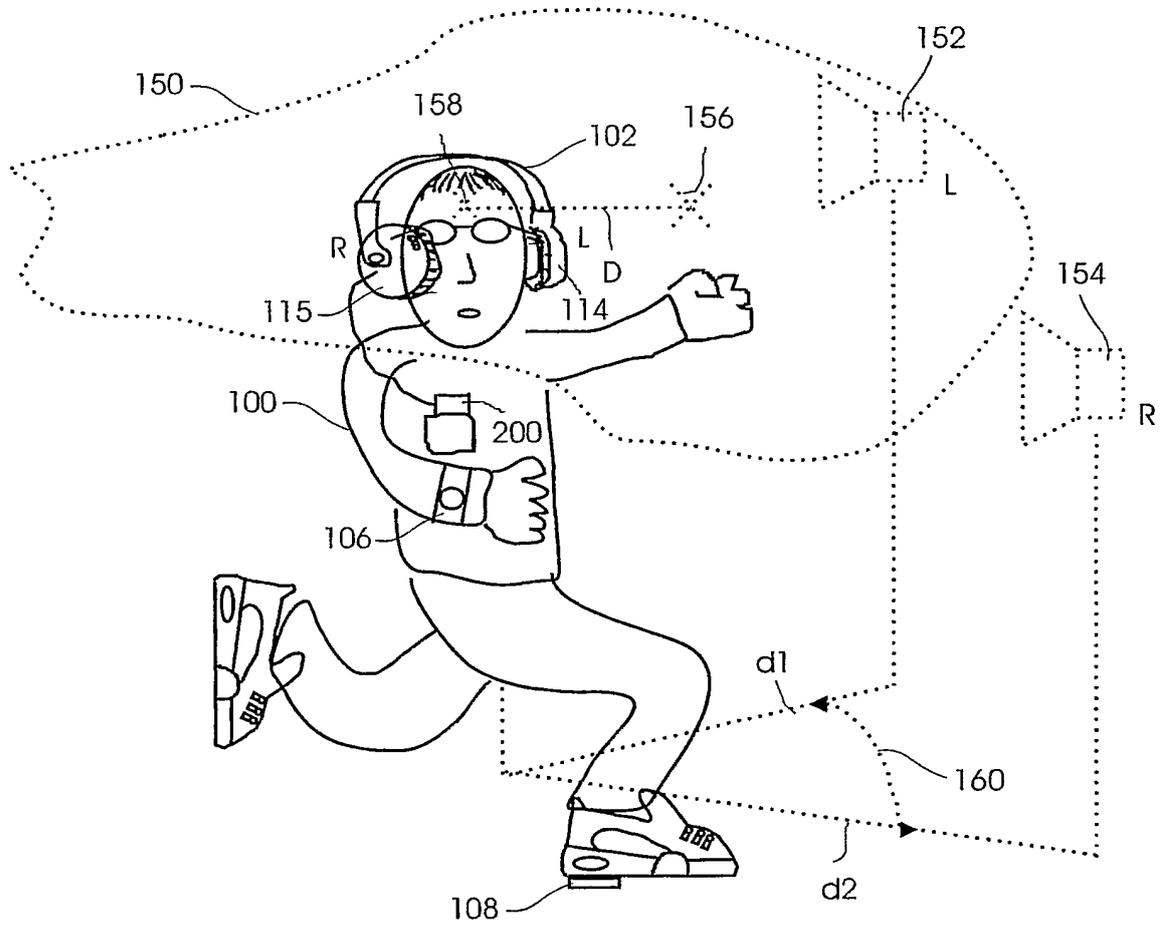


FIG.1

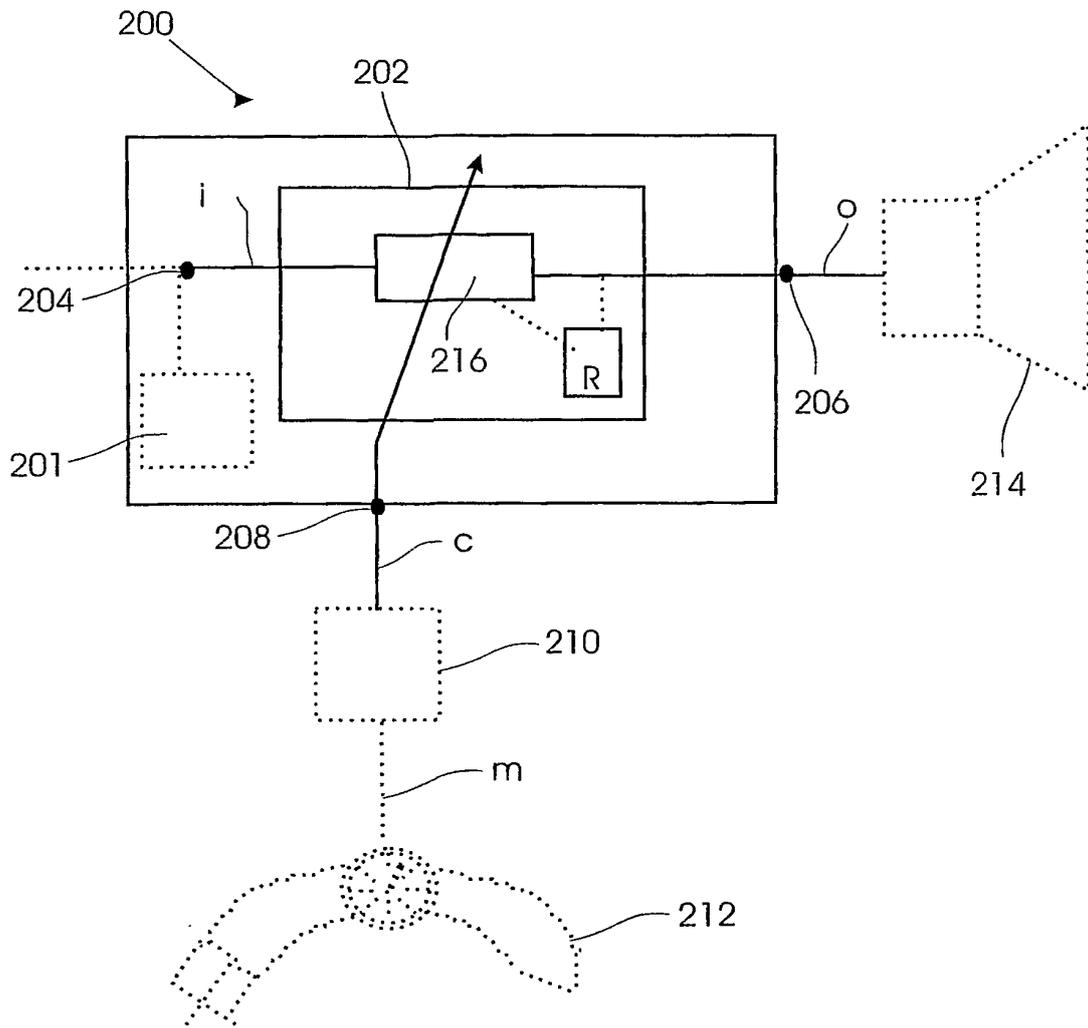


FIG.2



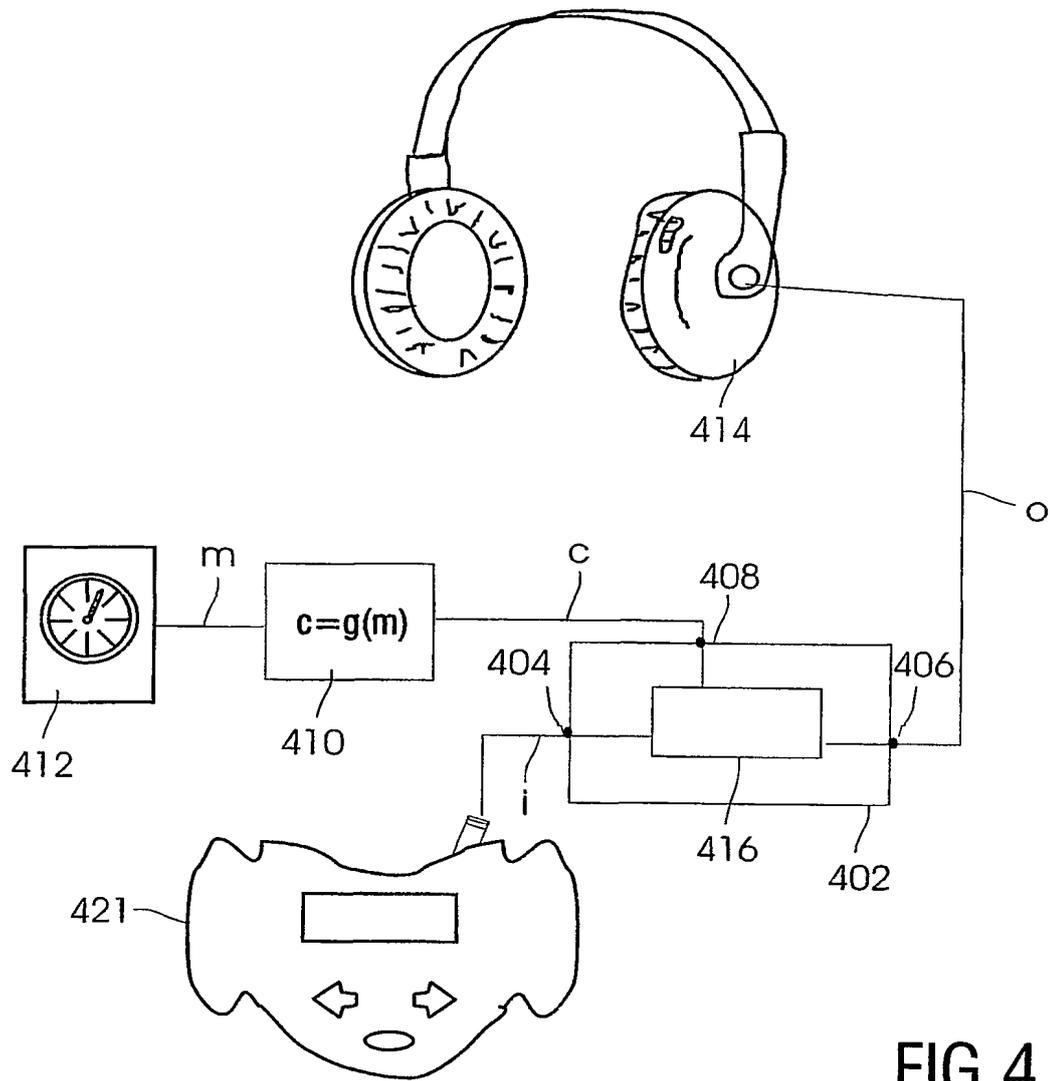


FIG.4

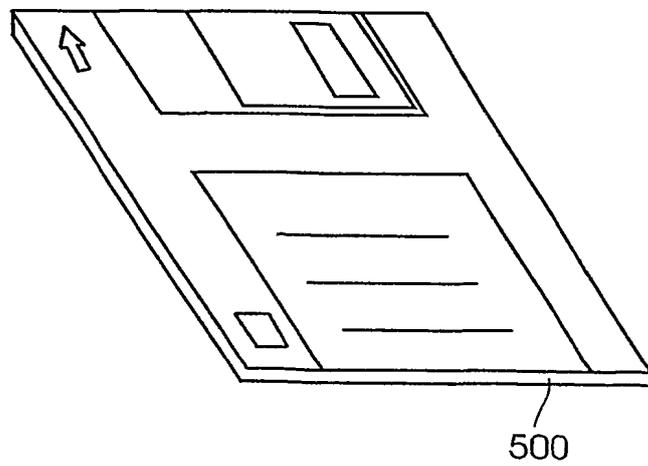


FIG.5

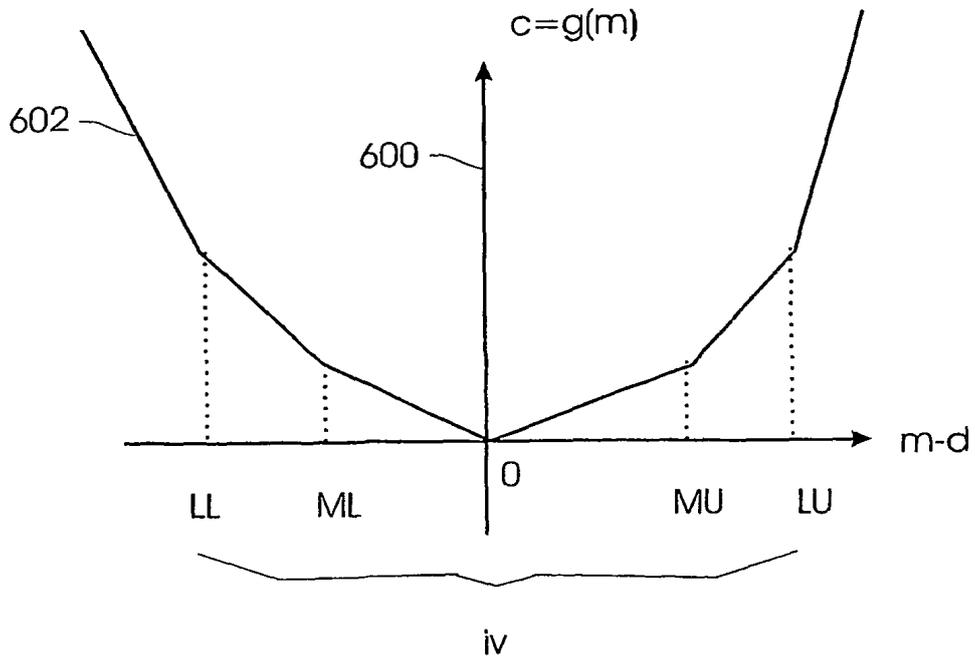


FIG.6a

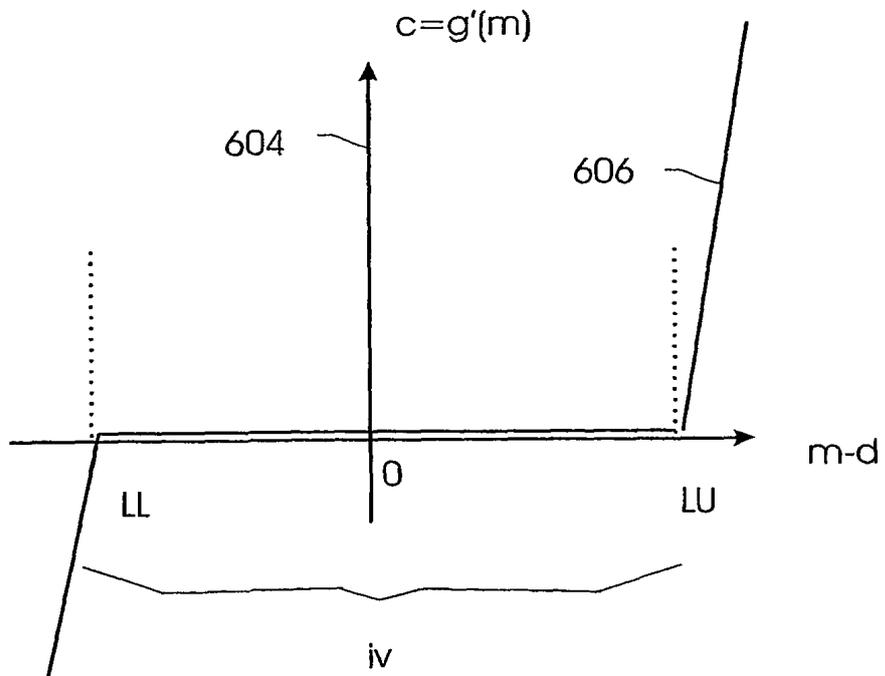


FIG.6b

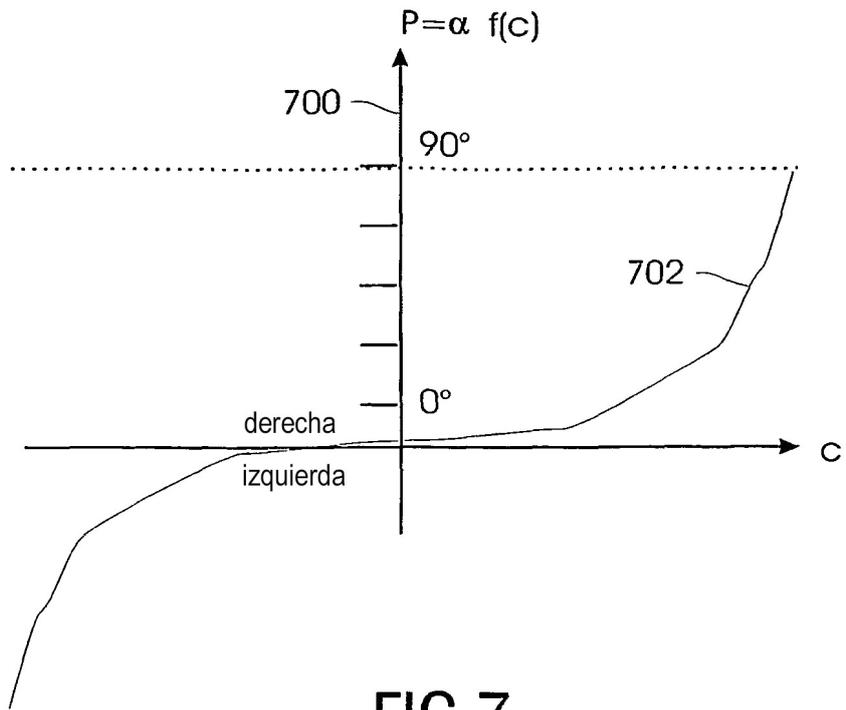


FIG.7

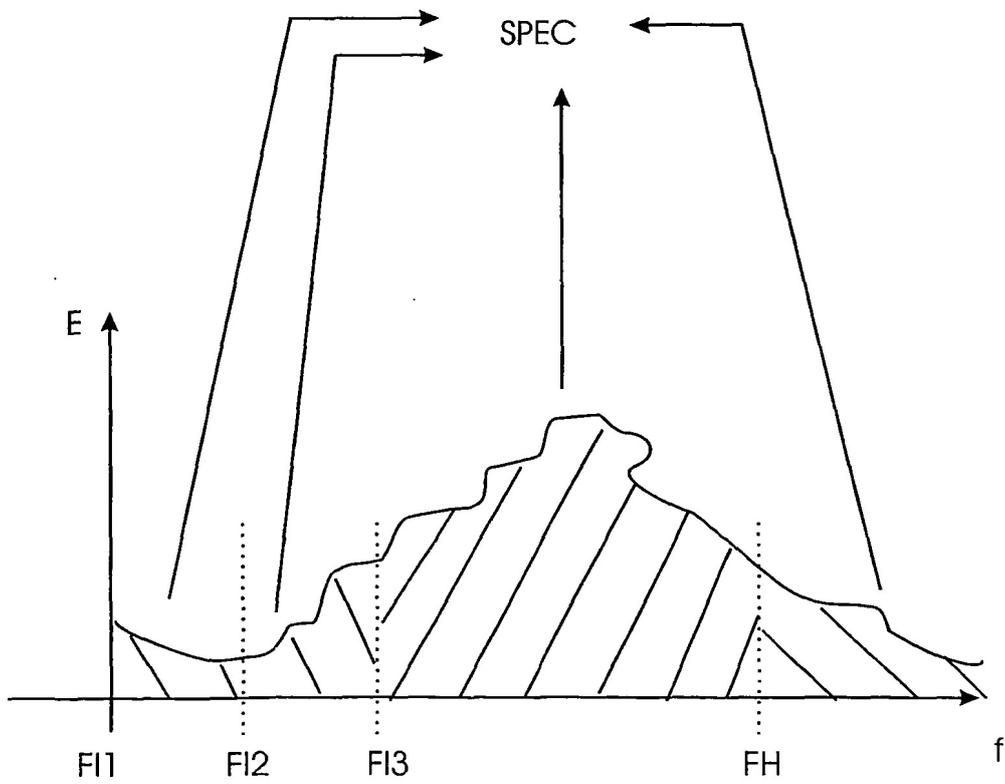


FIG.8