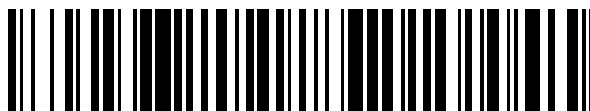


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 099**

51 Int. Cl.:

**H03G 5/00** (2006.01)

**H03G 5/16** (2006.01)

**H04R 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2014 PCT/EP2014/053480**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.08.2014 WO14128279**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2014 E 14708506 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2959579**

54 Título: **Determinador de coeficientes de filtro de ecualización, aparato, procesador de coeficientes de filtro de ecualización, sistema y procedimientos**

30 Prioridad:

**25.02.2013 US 201361768724 P**

**15.03.2013 EP 13159563**

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

**01.08.2017**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.0%)**

**Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**FLEISCHMANN, FELIX;  
PLOGSTIES, JAN y  
NEUGEBAUER, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

ES 2 628 099 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

Determinador de coeficientes de filtro de ecualización, aparato, procesador de coeficientes de filtro de ecualización, sistema y procedimientos

5

### Campo técnico

**[0001]** Algunas realizaciones de acuerdo con la invención se refieren a un determinador de coeficientes de filtro de ecualización para determinar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización para su uso por un ecualizador.

**[0002]** Algunas realizaciones se refieren a un aparato que comprenden una interfaz de usuario, un determinador de coeficientes de filtro de ecualización y un ecualizador.

**[0003]** Algunas realizaciones de acuerdo con la invención se refieren a un procesador de coeficientes de filtro de ecualización.

**[0004]** Algunas realizaciones se refieren a un sistema que comprende un procesador de coeficientes de filtro de ecualización y un determinador de coeficientes de filtro de ecualización.

20

**[0005]** Algunas realizaciones se refieren a un procedimiento para determinar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización para su uso por un ecualizador.

**[0006]** Algunas realizaciones de acuerdo con la invención se refieren a una ecualización progresiva ajustable de auriculares basada en el análisis de componentes principales (PCA).

25

### Antecedentes de la invención

**[0007]** Los transductores de sonido como, por ejemplo, auriculares o altavoces se usan ampliamente para presentar señales de audio a los oyentes. En algunos casos, los transductores de sonido se venden conjuntamente con el equipo que proporciona las señales de audio que se van a presentar por los transductores de sonido. Sin embargo, en muchos casos, los transductores de sonido se venden de forma separada por los clientes, lo que a menudo da como resultado una degradación de la calidad del audio.

30

**[0008]** A continuación, se describirán algunos problemas haciendo referencia a auriculares, que son un posible ejemplo de un transductor de sonido.

**[0009]** En primer lugar, se describirán algunas características generales de los auriculares. Existen diferentes tipos de auriculares utilizados en el audio profesional y de consumo: auriculares de inserción (intra-canal), auriculares de botón (intra-concha), auriculares sobre la oreja (supra-aurales) y auriculares encima de la oreja (circum-aurales). En las comunicaciones móviles, los auriculares se combinan a menudo con micrófonos en un dispositivo a fin de hacer vídeo llamadas en manos libres. Por simplicidad, estos "audífonos" también se denominarán como auriculares en este documento.

40

**[0010]** Los auriculares se producen utilizando diferentes tecnologías y materiales de diferentes niveles de calidad. Estas diferencias conducen a diferentes características de sonido.

**[0011]** Esto se debe principalmente a las respuestas de frecuencia variables producidas por diferentes auriculares (véase, por ejemplo, la figura 9, que muestra una respuesta de frecuencia de diferentes auriculares). Además, también se hace referencia al documento [1]. Por ejemplo, en la representación gráfica 900 de acuerdo con la figura 9, una abscisa 910 describe una frecuencia (en la unidad de Hertzio) de manera logarítmica. Una ordenada 920 describe un nivel (o nivel relativo) en la unidad de decibelios de manera logarítmica. Como se puede ver, una curva 930 describe una denominada respuesta de frecuencia de "campo difuso" de acuerdo con la norma internacional ISO-11904-1. Una segunda curva 932 describe la respuesta de frecuencia de un auricular de "alta calidad". Una tercera curva 934 describe una respuesta de frecuencia de un auricular de "bajo coste". Como se puede ver, los auriculares de "alta calidad" comprenden una respuesta de frecuencia que se aproxima a la respuesta de frecuencia de "campo difuso" mejor que la respuesta de frecuencia de los auriculares de "baja calidad".

50

**[0012]** Además, cabe señalar que la respuesta de frecuencia de unos auriculares es un componente importante de

su calidad percibida (véase, por ejemplo, la referencia [2]).

**[0013]** De forma ideal, los auriculares deben ser capaces de proporcionar una respuesta de frecuencia que sigue una curva objetivo definida, por ejemplo, ecualización de campo difuso (véase, por ejemplo, la referencia [3]). Los auriculares que tienen una respuesta de frecuencia que difiere ampliamente de una respuesta de frecuencia ideal se estiman convencionalmente como con mala calidad de audio.

**[0014]** La respuesta de frecuencia de unos auriculares se puede identificar, por ejemplo, mediante una medición en un acoplador definido (véase, por ejemplo, la referencia [4]). La respuesta de frecuencia describe cuánta presión sonora se produce en el canal auditivo cuando se suministra una tensión eléctrica de nivel específico a los auriculares. El nivel de presión sonora es dependiente de la frecuencia.

**[0015]** La medición de estas respuestas de frecuencia de los auriculares es todo un reto. Una cabeza de maniquí equipada con simuladores de oído o un acoplador acústico, software y hardware de medición de audio especial y un conocimiento apropiado son altamente recomendables o incluso obligatorios para unos resultados apropiados. Por lo tanto, la medición de las respuestas de frecuencia de los auriculares se debe realizar preferentemente por profesionales y no por consumidores y/o usuarios finales.

**[0016]** A continuación, se describirán algunos filtros convencionales para auriculares. Sin embargo, cabe señalar que los filtros se pueden utilizar para cualquier tipo de transductor de sonido.

**[0017]** La calidad de audio de los auriculares se puede mejorar de forma significativa. Por lo tanto, la señal que se suministra posteriormente a los auriculares se puede preprocesar. Cada auricular muestra una respuesta de frecuencia única (véase, por ejemplo, la figura 10a). Un filtro específico para este auricular (véase, por ejemplo, la figura 10b) compensa la respuesta de frecuencia imperfecta, como se describe por ejemplo en la referencia [5]. Este proceso se denomina como ecualización de auriculares. Por lo tanto, la calidad ideal de estos auriculares se eleva al adaptar la respuesta de frecuencia a un cierto objetivo de diseño (véase, por ejemplo, la figura 10c).

**[0018]** A continuación, se explicarán algunos detalles tomando como referencia la figura 10, que muestra un esquema para la generación de filtros discretos para auriculares específicos. La figura 10a muestra una respuesta de frecuencia de un auricular. Una abscisa 1010 describe una frecuencia en Hertzios, y una ordenada 1012 describe una magnitud de la respuesta de frecuencia, por ejemplo, de una forma logarítmica en decibelios. Una curva 1014 describe la respuesta de frecuencia de un auricular ejemplar. La figura 10b muestra un filtro para la respuesta de frecuencia de acuerdo con la figura 10a para lograr una curva objetivo de acuerdo con la figura 10c. En otras palabras, la figura 10b muestra una respuesta de frecuencia de un filtro o filtro de ecualización, que se puede utilizar para lograr la respuesta de frecuencia objetivo total de acuerdo con la figura 10c cuando se utiliza para ecualizar una señal de audio proporcionada a los auriculares que tiene la respuesta de frecuencia de acuerdo con la figura 10a. Una abscisa 1020 describe una frecuencia (por ejemplo, en Hertzios) y una ordenada 1022 describe una magnitud (relativa) de la respuesta de filtro (por ejemplo, en la unidad de decibelios). Una curva 1024 describe la respuesta de frecuencia del filtro de ecualización. La figura 10c describe una curva de respuesta de frecuencia objetivo. Una abscisa 1030 describe una frecuencia en Hertzios, y una ordenada 1032 describe una magnitud de la respuesta de frecuencia objetivo, por ejemplo, en decibelios. Una curva 1034 describe la respuesta de frecuencia objetivo, que, por ejemplo, puede aproximarse a la respuesta de frecuencia de campo difuso de acuerdo con la norma ISO-11904-1.

**[0019]** Cabe señalar que la respuesta de frecuencia de un filtro de ecualización, que filtra (o ecualiza) una señal de audio que se va a transmitir a través de un auricular específico, se puede determinar como la "diferencia" (o, de forma más precisa, el cociente) entre la respuesta de frecuencia objetivo (como se describe, por ejemplo, en la figura 10c) y la respuesta de frecuencia real (medida) de los auriculares actualmente en consideración (como se muestra, por ejemplo, en la figura 10a). En otras palabras, la respuesta de frecuencia objetivo del filtro (filtro de ecualizador) se puede determinar con base en el conocimiento de la curva de respuesta de frecuencia objetivo y la curva de respuesta de frecuencia real de los auriculares en consideración. Dado que las curvas de respuesta de frecuencia reales de los diferentes auriculares difieren, también difieren las curvas de respuesta de frecuencia del filtro de ecualización asociado.

**[0020]** Además, cabe señalar que la técnica descrita en la referencia [5] se puede utilizar para crear diferentes filtros discretos para diversos auriculares. Sin embargo, los conceptos convencionales para ecualización de auriculares requieren típicamente altas habilidades del operador y difícilmente son utilizables por usuarios finales inexpertos.

[0021] El documento WO2010/138309 [8] describe un control de procesamiento de ecualización dinámica de señales de audio que, sin embargo, es computacionalmente muy complejo y no permite la definición de ecualización independiente de la señal temporalmente constante.

5

[0022] El documento US 8.160.280 B2 describe que en un entorno de reproducción, los altavoces se agrupan en grupos direccionales, en los que los grupos direccionales se superponen con respecto a los altavoces asociados de manera que están presentes altavoces que tienen un parámetro de altavoz que tiene diferentes valores para el primer grupo direccional y el segundo grupo direccional. Un controlador para controlar una pluralidad de altavoces tiene un proveedor para proporcionar una posición de origen de una fuente de audio, en el que la posición de origen está situada entre la primera posición de grupo direccional y la segunda posición de grupo direccional. El aparato tiene además una calculadora para calcular una señal de altavoz para el al menos un altavoz, en base al primer valor de parámetro para el parámetro de altavoz y en base al segundo valor de parámetro para el parámetro de altavoz.

10

15

[0023] Para resumir, no es convencionalmente posible o muy difícil que un usuario final ajuste apropiadamente los coeficientes de filtro de un filtro de ecualización para obtener una buena impresión de audición utilizando auriculares.

20

[0024] Por consiguiente, existe un deseo de crear un concepto que haga más fácil que un usuario final obtenga un conjunto razonablemente bueno de coeficientes de filtro para un filtro de ecualización para mejorar la respuesta de frecuencia (eficaz) de un transductor de sonido dado (como, por ejemplo, unos auriculares) utilizando un ecualizador.

#### Resumen de la invención

25

[0025] La invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

30

[0026] Una realización de acuerdo con la invención crea un determinador de coeficientes de filtro de ecualización para determinar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización para uso por un ecualizador, en el que los coeficientes objetivo de filtro de ecualización, por ejemplo, pueden describir una respuesta de frecuencia del ecualizador, o en el que los coeficientes objetivo de filtro de ecualización, por ejemplo, pueden ser iguales a los coeficientes de filtro del ecualizador. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuarse de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador en dependencia de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Un ajuste de ecualizador actual se describe por el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Un número de parámetros de ajuste es más pequeño que un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto actual de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

35

40

[0027] Esta realización de acuerdo con la invención está basada en el hallazgo de que una atenuación continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador en respuesta a un número comparativamente pequeño de parámetros de ajuste, que es menor que un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, permite que incluso los usuarios inexpertos encuentren un conjunto razonablemente bueno de parámetros de filtro de ecualización.

45

[0028] En otras palabras, esta realización de acuerdo con la invención está basada en el hallazgo de que incluso los usuarios inexpertos son convencionalmente capaces de encontrar un ajuste de ecualizador razonablemente bueno si es posible una atenuación continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador en base a un número comparativamente pequeño de parámetros de ajuste, en el que el número de parámetros de ajuste es más pequeño que el número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Se ha encontrado que el número comparativamente mayor de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que se deben utilizar para obtener un filtro de ecualización razonablemente bueno, no se pueden manejar fácilmente por un usuario. Por consiguiente, la realización descrita anteriormente de acuerdo con la invención permite que el usuario atenúe forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador (que se definen por un conjunto actual respectivo de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) dependiendo solamente de un número comparativamente pequeño de parámetros de ajuste, lo que facilita de forma significativa el manejo para el usuario. Además, se reduce un número de grados de libertad por la atenuación de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, en el que el número de parámetros de ajuste es más pequeño, o incluso significativamente más pequeño, que el número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Por lo tanto, el usuario puede ajustar directamente los ajustes de ecualizador variando los uno o más parámetros de ajuste, sin enfrentarse al número típicamente muy alto de

50

55

parámetros de filtro de ecualización. En otras palabras, un cambio de un parámetro de ajuste controla directamente e inequívocamente el ajuste de ecualizador ya que controla una atenuación entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador mientras que mantiene una pequeña complejidad para el usuario (y el número de grados de libertad). Por consiguiente, se proporciona un concepto fácil de usar para el ajuste de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que a su vez da como resultado una buena satisfacción del usuario. Además, la complejidad computacional es comparativamente pequeña, de tal forma que es típicamente suficiente un hardware sencillo. Además, el ajuste de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización es típicamente independiente de la señal de audio, lo que facilita el ajuste para el usuario.

- 10 **[0029]** Cabe señalar que los coeficientes objetivo de filtro de ecualización, por ejemplo, pueden representar una respuesta de frecuencia de un filtro de ecualización. Por ejemplo, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden representar una amplitud de la respuesta de filtro para diferentes frecuencias. Por ejemplo, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización individuales pueden representar (individualmente) una amplitud (y, opcionalmente, también una fase) de la respuesta de filtro para una pluralidad de frecuencias respectivas o intervalos de frecuencia.
- 15 En otras palabras, los valores de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden representar directamente las amplitudes de la respuesta de filtro, en los que cada uno de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización se puede asociar con una frecuencia o un intervalo de frecuencia y representar una amplitud (y, opcionalmente, también una fase) para su frecuencia o intervalo de frecuencia asociado. En otras palabras, en algunos casos, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser coeficientes de filtro en el dominio de la frecuencia, que representan una respuesta de filtro para diferentes frecuencias, y pueden ser directamente aplicables a componentes en el dominio de frecuencia de una señal de audio. Como alternativa, sin embargo, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser coeficientes de filtro objetivo del dominio temporal, que representan coeficientes de un filtro de respuesta finita al impulso o de un filtro de respuesta infinita al impulso, y pueden ser directamente aplicables en un filtro de respuesta finita al impulso o un filtro de respuesta infinita al impulso. Como alternativa, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización se pueden introducir en un proceso de conversión, en el que los coeficientes de filtro para un filtro de respuesta finita al impulso o un filtro de respuesta infinita al impulso se diseñan en base a los coeficientes objetivo de filtro de ecualización.
- 20 **[0030]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuarse de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador dependiendo de un único parámetro de ajuste. Utilizando un único parámetro de ajuste solamente para atenuar de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador, puede ser muy sencilla una interfaz de usuario para ajustar el único parámetro de ajuste. También, incluso un usuario inexperto puede variar fácilmente un único parámetro de ajuste y decidir para cuál ajuste del único parámetro de ajuste de ecualizador definido por el único parámetro de ajuste proporciona una impresión de audición razonablemente buena. Por lo tanto, el uso de un único parámetro de ajuste, que controla una atenuación continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador (es decir, una atenuación continua o casi continua entre diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) facilita el diseño de una interfaz de usuario, simplifica la interacción del usuario y mejora la satisfacción del usuario.
- 25 **[0031]** En una realización preferida, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización están asociados con diferentes frecuencias o intervalos de frecuencia. En este caso, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura de tal forma que un cambio del único parámetro de ajuste varía los coeficientes objetivo de filtro de ecualización (de un conjunto de coeficientes de filtro de ecualización) asociados con al menos una mitad de un intervalo de frecuencia completo cubierto por el conjunto de coeficientes objetivo de filtro de frecuencia. En otras palabras, el único parámetro de ajuste cambia directamente el conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización a través de un "amplio" intervalo de frecuencia, lo que permite atenuar entre sustancialmente diferentes ajustes de ecualizador utilizando el único parámetro de ajuste. Por consiguiente, se puede elegir una amplia diversidad de ajustes de ecualizador sustancialmente diferentes utilizando el único parámetro de ajuste, lo que permite adaptar el ajuste de ecualizador a una gran diversidad de transductores de sonido. Por consiguiente, ajustando los coeficientes objetivo de filtro de ecualización a través de un amplio intervalo de frecuencia dependiendo del único parámetro de ajuste, es fácil para un usuario adaptar el ajuste de ecualizador actual descrito por el conjunto actual de parámetros de ecualización al transductor de sonido actualmente utilizado.
- 30 **[0032]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener el uno o más parámetros de ajuste a partir de uno o más deslizadores, o para obtener el uno o más parámetros de ajuste a partir de una o más perillas. Por consiguiente, los parámetros de ajuste se pueden introducir de una forma fácil de usar.

**[0033]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener el uno o más parámetros de ajuste a partir de uno o más deslizadores implementados usando una pantalla táctil. Esta configuración permite un ajuste fácil de usar del ajuste de ecualizador utilizando dispositivos multimedia modernos.

5

**[0034]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener dos o tres parámetros de ajuste en base a una información de posición bidimensional o una información de posición tridimensional, en el que la información de posición bidimensional o la información de posición tridimensional se obtiene utilizando un dispositivo de entrada de usuario bidimensional o un dispositivo de entrada de usuario tridimensional. Por consiguiente, puede usarse un dispositivo de entrada de usuario bidimensional o un dispositivo de entrada de usuario tridimensional para definir directamente el ajuste de ecualización, es decir, una pluralidad de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. El uso de un dispositivo de entrada de usuario bidimensional permite una definición de dos parámetros de ajuste, que a su vez proporciona dos grados de libertad para la atenuación continua o casi continua entre diferentes ajustes de ecualizador. Por consiguiente, existe más flexibilidad en la definición basada en el usuario de los diferentes ajustes de ecualizador en comparación con el uso de un único parámetro de ajuste. Además, se ha encontrado que un dispositivo de entrada de usuario bidimensional es aún fácil de usar y permite un ajuste eficiente de los ajustes de ecualizador para una muy amplia diversidad de transductores de sonido. El uso de un dispositivo de entrada de usuario tridimensional también proporciona buenos resultados ya que un dispositivo de entrada de usuario tridimensional aún permite un manejo intuitivo. Además, se ha encontrado que tres parámetros de ajuste siguen siendo manejables por un usuario.

**[0035]** En una realización preferida, un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización es mayor de 15 o mayor de 63 o mayor de 255 o incluso mayor de 1023. Se ha encontrado que un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se debe elegir comparativamente grande a fin de ser capaz de compensar una respuesta de frecuencia imperfecta de un transductor de sonido. También se ha encontrado que el uso de un número comparativamente grande de coeficientes objetivo de filtro de ecualización es compatible con un procesamiento de sonido en el dominio de la frecuencia (por ejemplo, codificación/decodificación de sonido en el dominio de la frecuencia), en el que los coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser coeficientes de filtro en el dominio espectral que afectan diferentes intervalos espectrales. Además, se ha encontrado que se debe elegir un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización suficientemente grande para evitar distorsiones indeseadas que resultarán de un número insuficientemente pequeño de coeficientes de filtro.

**[0036]** En una realización preferida, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización se eligen en puntos de frecuencia que son relevantes para la audición humana. Se conoce que la resolución de frecuencia de la audición humana no es lineal. Por lo tanto, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización se pueden definir en frecuencias que no se distribuyen igualmente en un eje de frecuencia lineal. Se ha encontrado que puede ser útil una resolución de banda crítica o un tercio de octava. Sin embargo, este concepto puede no ser necesario de utilizar en combinación con un banco de filtros fijo distribuido igualmente, que se utiliza en algunas implementaciones del ecualizador (en el que la ecualización se puede aplicar a una representación en el dominio de la frecuencia de la señal de audio de entrada). Sin embargo, el concepto puede ser significativo para algunas implementaciones, como, por ejemplo, implementaciones en las que se realiza un procesamiento en el dominio del tiempo por el ecualizador.

**[0037]** En una realización preferida, un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización es más grande, al menos en un factor de 16, o al menos en un factor de 64, o al menos en un factor de 256, que un número de parámetros de ajuste. Se ha encontrado que el concepto de atenuación entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador dependiendo de uno o más parámetros de ajuste trae consigo particularmente buenos resultados, y una particularmente gran ventaja, si el número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización es sustancialmente más grande que un número de parámetros de ajuste.

**[0038]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para añadir una versión ponderada de un segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, ponderados dependiendo de uno o más parámetros de ajuste (variables), con respecto a un primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Se ha encontrado que tal sencilla combinación del primer conjunto de parámetros de filtro de ecualización (que se puede considerar como un primer componente de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) y del segundo conjunto de parámetros de filtro de ecualización (que se puede considerar como un segundo componente de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) es computacionalmente muy eficiente pero, sin embargo proporciona una flexibilidad suficiente en el ajuste del conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

**[0039]** En una realización preferida, el primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización y el segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización son componentes principales de más de dos conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Se ha encontrado que una combinación lineal de dos o más conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (que se pueden considerar como componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización), que son componentes principales de más de dos conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, permite obtener un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que está bien adaptado a un gran número de transductores de sonido. Se ha encontrado que los coeficientes objetivo de filtro de ecualización que son componentes principales de más de dos conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia reflejan las características más significativas de los conjuntos de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Por consiguiente, el primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización y el segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (y conjuntos posiblemente adicionales de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) están bien adaptados para obtener, utilizando una combinación lineal, un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que está bien adaptado a características convencionales de un transductor de sonido. Por ejemplo, el primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede representar, o aproximarse a, una media (o promedio) de los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Además, el segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, por ejemplo, puede representar una desviación más característica de los diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia a partir de dicha media (o promedio). Por lo tanto, al añadir una versión variablemente ponderada del segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización al primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, el conjunto actual de parámetro de filtro de ecualización se puede atenuar del promedio de los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia a otro ajuste de ecualización que muestra una desviación "típica" (o "más característica") de dicho promedio (o media).

**[0040]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma variable  $N'$  componentes principales de  $N$  conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia dependiendo del uno o más parámetros de ajuste, a fin de obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, en el que  $N' \geq 2$ , y en el que  $N > N'$ . Al combinar de forma variable (por ejemplo, combinación lineal)  $N'$  componentes principales de un número comparativamente grande de  $N$  conjuntos de coeficientes de filtro de ecualización de referencia, las características más significativas de los  $N$  conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, que están asociadas típicamente a los transductores de sonido de referencia, se pueden considerar al determinar el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, debido a que las características más importantes y/o más significativas de los  $N$  conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia se reflejan en los  $N'$  componentes principales (en los que cada uno de los  $N'$  componentes principales es típicamente un conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, y se puede considerar como un componente de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización). Por lo tanto, la información acerca de (o incluida en) el número comparativamente grande de  $N$  conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia se puede aprovechar, aunque solamente se combina un número comparativamente pequeño  $N'$  de componentes principales (que, a su vez, requiere solamente un número comparativamente pequeño de parámetros de ajuste, por ejemplo  $N' - 1$  parámetros de ajuste o  $N'$  parámetros de ajuste). En consecuencia, es posible aprovechar la información contenida en el número comparativamente grande de  $N$  conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, aunque solamente se utilice un número comparativamente pequeño (y en consecuencia fácil de usar) de parámetros de ajuste.

**[0041]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma variable un primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que es una media de una pluralidad de  $N$  conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, y un segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que es un primer componente principal de la pluralidad de  $N$  conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, dependiendo de un parámetro de ajuste (o incluso dependiendo de un único parámetro de ajuste) a fin de obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Al utilizar tal combinación, el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede estar bien adaptado a un gran número de diferentes transductores de sonido que utilizan un pequeño número de parámetros de ajuste (por ejemplo, solamente un único parámetro de ajuste o solamente unos pocos parámetros de ajuste).

**[0042]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuar de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de

filtro de ecualización dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, en el que el primero de los diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se basa en una primera agrupación de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, y en el que un segundo de los diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se basa en una segunda agrupación de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Se ha encontrado que la atenuación entre dichos diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización permite proporcionar conjuntos actuales de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que están bien adaptados a un gran número de diferentes transductores de sonido. Se ha encontrado que los coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que están "entre" agrupaciones (o centros de agrupaciones) de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia asociados con transductores de sonido de referencia están bien adaptados a muchos diferentes transductores de sonido, debido a que muchos transductores de sonido diferentes tienen características que están "entre" las características de los transductores de sonido de referencia "típicas". Por consiguiente, este concepto permite un ajuste fácil de usar de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización que están bien adaptados a los transductores de sonido.

15 En una realización preferida, el primero de los diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización es un conjunto representativo de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que representa los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de la primera agrupación, y el segundo de los diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización es un conjunto representativo de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que representa los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de la segunda agrupación. Por ejemplo, el primero de los diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede ser un conjunto "central" de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de la primera agrupación, o puede ser un conjunto medio (o promedio) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de la primera agrupación. De forma similar, el segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede ser un conjunto central de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de la segunda agrupación o un conjunto medio (o promedio) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de la segunda agrupación. Por consiguiente, se puede lograr una atenuación sustancial entre diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

**[0043]** En una realización preferida de acuerdo con la invención, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuar de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que son conjuntos representativos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización asociados con diferentes tipos de transductores de sonido, dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Al atenuarse generalmente entre una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que son conjuntos representativos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización asociados con diferentes tipos de transductores de sonido (por ejemplo, diferentes modelos de transductores de sonido, o incluso diferentes formas de construcción de transductores de sonido), se puede alcanzar el conjunto actual de parámetros de ecualización que se pueden adaptar a muchos transductores de sonido diferentes con solamente interacción de usuario sencilla (por ejemplo, la modificación de un pequeño número de parámetros de ajuste).

**[0044]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma ajustable una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes de filtro, que describen filtros de ecualización asociados con una compensación de diferentes rasgos característicos (o, de forma equivalente, imperfecciones características) de transductores de sonido, dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Al combinar (por ejemplo, por combinación lineal) una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que describen filtros de ecualización asociados con una compensación de diferentes rasgos característicos de transductores de sonido, dependiendo solamente de un pequeño número de parámetros de ajuste, es posible incluso que un usuario inexperto encuentre un conjunto actual apropiado de parámetros de ecualización que se adapte a los diferentes rasgos característicos (o imperfecciones) del transductor de sonido actualmente utilizado. Por ejemplo, se puede adaptar un primer conjunto de parámetros de filtro de ecualización para compensar un rasgo específico (o imperfección) de un transductor de sonido (o de la función de transferencia del mismo) en un intervalo de baja frecuencia, y un segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se puede adaptar para compensar una característica específica (o imperfección) en el intervalo de alta frecuencia de un transductor de sonido. Por consiguiente, un usuario puede atenuar de forma ajustable entre un primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que da como resultado (o adaptado para) la compensación del rasgo específico en el intervalo de baja frecuencia y un segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que da como resultado (o adaptado para) la compensación del rasgo específico en el intervalo de alta frecuencia, para identificar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que proporciona un balance apropiado entre una compensación del rasgo característico en el intervalo de baja frecuencia y una compensación del rasgo



característico en el intervalo de alta frecuencia, y que se adapta a las características del transductor de sonido actualmente utilizado. En otras palabras, al utilizar este concepto, se puede encontrar un balance entre conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que están adaptados para compensación de diferentes rasgos característicos (o imperfecciones) de transductores de sonido, en el que un usuario puede manejar fácilmente el ajuste.

**[0045]** En otra realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma ajustable uno o más conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que describen filtros de ecualización asociados con una compensación de diferentes rasgos característicos de transductores de sonido, con un conjunto básico de coeficientes objetivo de filtro de ecualización dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Al considerar tanto un conjunto básico de coeficientes objetivo de filtro de ecualización como uno o más conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que describen filtros de ecualización asociados con una compensación de diferentes rasgos característicos de transductores de sonido (como, por ejemplo, rasgos característicos en el intervalo de baja frecuencia, rasgos característicos en el intervalo de alta frecuencia, rasgos característicos de resonancia, etc.), se pueden obtener particularmente buenos resultados de ajuste. Al considerar el conjunto básico de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (que, por ejemplo, puede describir un conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización promedio asociado con una pluralidad de transductores de sonido de referencia), se puede lograr una ecualización moderada que evita que un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización introduzca una calidad de sonido inaceptablemente mala. Sin embargo, el conjunto básico de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se puede adaptar a una o más características específicas del transductor de sonido actualmente atribuyendo una ponderación comparativamente alta al uno o más conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que describen coeficientes objetivo de filtro de ecualización asociados con una compensación de uno o más rasgos característicos diferentes de transductores de sonido (por ejemplo, por un ajuste apropiado de los parámetros de ajuste).

**[0046]** Una realización de acuerdo con la invención crea un determinador de coeficientes de filtro de ecualización para determinar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización para su uso por un ecualizador. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma lineal una pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Se describe un ajuste de ecualizador actual por el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Un número de parámetros de ajuste es más pequeño que un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto actual de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

**[0047]** Esta realización de acuerdo a la invención se basa en el hallazgo de que una combinación lineal de una pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (es decir, de componentes de un conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) permite un ajuste especificado por el usuario del conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización con poco esfuerzo computacional pero aún con un buen resultado. Cabe señalar que se pueden utilizar diferentes tipos de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Por ejemplo, los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización asociados con diferentes transductores de sonido de referencia. Como alternativa, sin embargo, los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización obtenidos utilizando un análisis de componentes principales o un análisis de agrupación de una pluralidad de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Por ejemplo, los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser componentes principales extraídos de una pluralidad de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia asociados con transductores de sonido de referencia. Por lo tanto, uno de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede ser un primer componente principal o un promedio de una pluralidad de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Otro de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede ser un segundo componente principal de los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Como alternativa, sin embargo, los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser componentes de coeficientes de filtro que representan una pluralidad de agrupaciones identificadas en base a una pluralidad de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Por lo tanto, combinando de forma lineal una pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (es decir, conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que forman la base de la combinación lineal, o que forman vectores de base de la combinación lineal), un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se puede obtener que está bien adaptado a un transductor de sonido actualmente utilizado dependiendo de solamente

un pequeño número de parámetros de ajuste variables. En algunos casos, un único parámetro de ajuste puede ser suficiente para definir la combinación lineal del componente de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, en el que el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se obtiene directamente como resultado de dicha combinación lineal de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

- 5 [0048] En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma lineal la pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización dependiendo de un único parámetro de ajuste. Por lo tanto, el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se obtiene, por ejemplo, como un resultado inmediato de una combinación lineal muy simple con solamente un grado de libertad. Sin embargo, se ha encontrado que los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que están bien adaptados a muchos transductores de sonido comunes, se pueden obtener de acuerdo a solamente un único parámetro de ajuste variable.
- 10
- 15 [0049] En una realización preferida, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización están asociados con diferentes frecuencias o intervalos de frecuencia. En este caso, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura de tal forma que un cambio del único parámetro de ajuste varía los coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización asociados con al menos una mitad de un intervalo de frecuencia completo cubierto por el conjunto de coeficientes objetivo de filtro de frecuencia. Se ha encontrado que el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se puede adaptar a diferentes tipos de transductores de sonido utilizando solamente un único parámetro de ajuste variando los coeficientes objetivo de filtro de ecualización de un intervalo de frecuencia "amplio" (por ejemplo, tan amplio como dos tercios de un intervalo de frecuencia de audio completo) en dependencia de un único parámetro de ajuste.
- 20
- 25 [0050] En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener el parámetro de ajuste único desde un solo deslizador, o para obtener el parámetro de ajuste único desde una sola perilla. Esto hace al concepto particularmente fácil de usar.
- [0051] En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para añadir una versión ponderada de un segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, ponderados dependiendo de uno del uno o más parámetros de ajuste variables, con respecto a un primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Utilizando este concepto, se puede obtener una configuración lineal particularmente sencilla. Por ejemplo, el primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede ser un conjunto constante de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. En consecuencia, el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se puede obtener por una súper posición de dicho primer conjunto (constante, y preferentemente ponderado de forma constante) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización y la versión variablemente ponderada del segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Por lo tanto, el primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede determinar un conjunto "promedio" de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, y el segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede determinar una desviación de dicho promedio. Sin embargo, se obtiene un mecanismo sencillo computacional y fácil de utilizar para el ajuste del conjunto actual de parámetros de filtro de ecualización utilizando este concepto.
- 30
- 35
- 40
- [0052] En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para añadir una versión ponderada de un segundo conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, ponderados dependiendo de un único parámetro de ajuste variable, con respecto a un primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. En este caso, una ponderación del primer conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede ser fija.
- 45
- 50 [0053] Otra realización de acuerdo con la invención crea un determinador de coeficientes de filtro de ecualización para determinar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización para su uso por un ecualizador. En esta realización, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización dependiendo de una información de posición bidimensional o una información de posición tridimensional obtenida utilizando un dispositivo de entrada de usuario bidimensional o tridimensional. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuar de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador dependiendo de dos o tres parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, o para combinar de forma lineal una pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (como se ha definido anteriormente) dependiendo de dos o tres parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de
- 55

coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Esta realización de acuerdo a la invención proporciona una interfaz de usuario intuitiva para el ajuste de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Al proporcionar dos o tres grados de libertad para el ajuste de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, es posible un ajuste suficientemente detallado sin desalentar a un usuario inexperto.

5

**[0054]** En una realización preferida, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para derivar dos parámetros de ajuste de la información de posición bidimensional, o derivar tres parámetros de ajuste de la información de posición tridimensional. En este caso, el determinador de parámetros de ecualización se configura para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización en base a los dos parámetros de ajuste o en base a los tres parámetros de ajuste. Por ejemplo, los dos parámetros de ajuste o los tres parámetros de ajuste se pueden utilizar para derivar directamente un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización combinando una pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

10

**[0055]** Una realización de acuerdo con la invención crea un aparato que comprende una interfaz de usuario, un determinador de coeficientes de filtro de ecualización y un ecualizador. La interfaz de usuario se configura para obtener uno o más parámetros de ajuste en respuesta a una interacción de usuario. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización puede ser equivalente a uno de los determinadores de coeficientes de filtro de ecualización descritos anteriormente. En particular, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se puede configurar para recibir el uno o más parámetros de ajuste desde la interfaz de usuario. Además, el ecualizador se configura para recibir un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización desde el determinador de coeficientes de filtro de ecualización, y para ecualizar una señal de audio que se va a transmitir por el transductor de sonido en base al conjunto recibido de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Por consiguiente, el aparato permite una retroalimentación inmediata a la interacción de usuario proporcionada a través de la interfaz de usuario. Por ejemplo, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizados por el ecualizador se pueden adaptar justo a tiempo (es decir, tan rápido como sea posible) en respuesta a una entrada del usuario mediante la interfaz de usuario. Por consiguiente, el usuario puede tener retroalimentación instantánea o casi instantánea de manera que una entrada de la interfaz de usuario afecta a la ecualización realizada por el ecualizador. En particular, la determinación simple de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que se realiza por el determinador de coeficientes de filtro de ecualización, da como resultado un cálculo muy rápido y eficiente de los recursos de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización para su uso por el ecualizador en respuesta a una entrada de usuario. La entrada de usuario desde la interfaz de usuario, por ejemplo, puede definir los parámetros de ajuste analizados anteriormente, en la que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se atenúa entre diferentes ajustes de ecualizador dependiendo de los parámetros de ajuste. Por ejemplo, los parámetros de ajuste pueden determinar una combinación lineal de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, en la que el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se puede derivar de una forma muy simple y rápida por esta combinación lineal variable de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Por lo tanto, se puede observar que el aparato que comprende una interfaz de usuario, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización y el ecualizador están muy bien adaptados para un ajuste justo a tiempo del conjunto actual de parámetros de ecualización y, por lo tanto, permiten que usuarios incluso inexpertos logren un ajuste de ecualizador razonable con poco esfuerzo y utilizando una interfaz de usuario sencilla.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

**[0056]** Una realización de acuerdo con la invención crea un procesador de coeficientes de filtro de ecualización. El procesador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener (por ejemplo, recibir o generar) N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. El procesador de coeficientes de filtro de ecualización también se configura para determinar N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base que representan una pluralidad de rasgos característicos de los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. El procesador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para proporcionar los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base a un determinador de coeficientes de filtro de ecualización para la derivación de un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Preferentemente, N' es mayor que o igual a dos, y N es mayor que N'. Este procesador de coeficientes de filtro de ecualización proporciona coeficientes objetivo de filtro de ecualización base que se pueden utilizar por el determinador de coeficientes de filtro de ecualización como se ha descrito anteriormente. Los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base pueden representar rasgos característicos de los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia de muchas formas diferentes. Por ejemplo, los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base pueden representar una media de los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, y también representan una o más desviaciones características de esta media. Esto se puede obtener, por ejemplo, si los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se proporcionan para que sean los componentes principales de los N conjuntos de

coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Sin embargo, los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base también pueden representar una agrupación de los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, en los que las agrupaciones se consideran como rasgos característicos de los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Sin embargo, también se pueden describir diferentes rasgos característicos mediante las características de filtro de ecualización base, como, por ejemplo, una evolución característica de un ajuste de ecualizador en un intervalo de baja frecuencia, una evolución característica de ajuste de ecualizador en un intervalo de alta frecuencia, un ajuste de ecualizador característico en un entorno de una frecuencia de resonancia, o similares. Por lo tanto, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización se puede configurar para proporcionar los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base de tal forma que un número comparativamente pequeño de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base describe una pluralidad de rasgos característicos del número comparativamente grande de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Por lo tanto, el número de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base necesario para aproximar, con suficientemente buena precisión, un gran número de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia se mantiene pequeño, lo que facilita el ajuste del conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando el determinador de coeficientes de filtro de ecualización.

**[0057]** En una realización preferida, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para realizar un análisis de componentes principales de acuerdo con los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, para obtener los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Como se ha analizado anteriormente, el uso de los componentes principales de los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia como coeficientes objetivo de filtro de ecualización base (también designados como componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) permite un ajuste computacionalmente eficiente del conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización en base a los parámetros de ajuste proporcionados por el usuario.

**[0058]** En otra realización preferida, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para realizar un análisis de agrupación sobre la base de los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, para obtener los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base, de tal forma que los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se asocian con N' agrupaciones. Los coeficientes objetivo de filtro de ecualización base que se asocian con agrupaciones (o, de forma equivalente, representan agrupaciones) son una base muy eficiente para la determinación de un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando el determinador de coeficientes de filtro de ecualización. Por ejemplo, un coeficiente de filtro de ecualización base que representan un "centro" o una "media" de una agrupación puede ser una buena base para una interpolación lineal. Por lo tanto, el análisis de agrupación es un buen concepto para proporcionar coeficientes objetivo de filtro de ecualización base para una derivación de un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando el determinador de coeficientes de filtro de ecualización descrito anteriormente.

**[0059]** En una realización preferida, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para derivar los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia a partir de las características de transferencia de referencia medidas de una pluralidad de transductores de sonido de referencia utilizando una o más características de transferencia objetivo. En otras palabras, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia se pueden derivar a partir de las características de transferencia de referencia medidas de una pluralidad de transductores de sonido de referencia, en los que los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia describen qué ajustes de ecualizador se deben utilizar en combinación con los transductores de sonido de referencia para obtener una característica de transferencia total que coincida con la característica de transferencia objetivo. Por lo tanto, los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia están bien adaptados a los transductores de sonido de referencia y compensan las imperfecciones de las características de transferencia de los transductores de sonido de referencia. En consecuencia, los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base forman una muy buena base para una derivación simple del conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando el determinador de coeficientes de filtro de ecualización descrito anteriormente.

**[0060]** Una realización de acuerdo con la invención crea un sistema que comprende un procesador de coeficientes de filtro de ecualización, como se ha descrito anteriormente, y un determinador de coeficientes de filtro de ecualización, como se ha descrito anteriormente. Como ya se ha mencionado, una cooperación del procesador de coeficientes de filtro de ecualización y del determinador de coeficientes de filtro de ecualización permite un ajuste fácil de utilizar de un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, ya que los conjuntos de

coeficientes objetivo de filtro de ecualización base proporcionados por el procesador de coeficientes de filtro de ecualización está bien adaptado para su uso por el determinador de coeficientes de filtro de ecualización.

**[0061]** Las realizaciones adicionales de acuerdo a la invención proporcionan procedimientos para determinar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización para su uso por un ecualizador, y también procedimientos para proporcionar conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base.

**[0062]** Las realizaciones adicionales de acuerdo con la invención crean programas informáticos para realizar dichos procedimientos.

10

Breve descripción de las figuras

**[0063]** Las realizaciones de acuerdo con la invención se describirán posteriormente tomando como referencia las figuras adjuntas, en las que:

15

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un determinador de coeficientes de filtro de ecualización, de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 2 muestra un diagrama de bloques de otro determinador de coeficientes de filtro de ecualización, de acuerdo con otra realización de la invención;

20 la figura 3 muestra un diagrama de bloques de otro determinador de coeficientes de filtro de ecualización, de acuerdo con otra realización de la invención;

la figura 4 muestra un diagrama esquemático de bloques de un aparato, de acuerdo con una realización de la invención;

25 La figura 5 muestra un diagrama de bloques de un procesador de coeficientes de filtro de ecualización, de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 6 muestra un diagrama esquemático de un sistema, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 7 muestra una representación gráfica de un ejemplo para un grupo de 13 filtros específicos de auriculares obtenidos de mediciones de una cabeza de maniquí;

30 la figura 8 muestra un resumen de los pasos de procesamiento necesarios para crear una curva de filtro final;

la figura 9 muestra una representación gráfica de las respuestas de frecuencia de diferentes auriculares; y

la figura 10 muestra una representación gráfica de un esquema para una generación de filtros discretos para auriculares específicos.

35 Descripción detallada de las realizaciones

1. Determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la figura 1

**[0064]** La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un determinador de coeficientes de filtro de ecualización, de acuerdo con una realización de la invención. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la figura 1 se designa en su totalidad con 100.

**[0065]** El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 100 se configura para recibir uno o más parámetros de ajuste 110, por ejemplo, desde una interfaz de usuario. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 100 también se configura para proporcionar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización 120, que pueden describir un ajuste de ecualizador actual. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 100 se configura para atenuarse de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador en dependencia del uno o más parámetros de ajuste 110, para obtener el conjunto actual 120 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. El número de parámetros de ajuste 110 es típicamente más pequeño que el número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto actual 120 de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

**[0066]** Con respecto a la funcionalidad del determinador de coeficientes de filtro de ecualización, cabe señalar que el uno o más parámetros de ajuste 110, preferentemente, pero no necesariamente, definen directamente la atenuación entre la pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador. Por lo tanto, el uno o más parámetros de ajuste pueden definir directamente, independientemente de las características de una señal de audio, cómo proporcionar el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización sobre la base de un intervalo de atenuación determinado previamente, en el que dicho intervalo de atenuación puede, por ejemplo, definirse mediante los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (fijos) previamente determinados o, de

forma equivalente, conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base.

**[0067]** Para concluir, atenuando de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajuste de ecualizador de acuerdo al los uno o más parámetros de ajuste, se puede proporcionar un conjunto actual de 5 coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando una interfaz de usuario sencilla y de acuerdo con una regla lineal independiente de la señal.

**[0068]** Cabe señalar que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 100 se puede mejorar mediante cualquiera de los rasgos y funcionalidades descritos en el presente documento, tanto de forma individual o en 10 combinación.

## 2. Determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la figura 2

**[0069]** La figura 2 muestra un diagrama esquemático de un determinador de coeficientes de filtro de ecualización 15 de acuerdo con una realización de la invención.

**[0070]** El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la figura 2 se designa en su totalidad con 200. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 200 se configura para recibir uno o más parámetros de ajuste 210, por ejemplo, desde una interfaz de usuario. El determinador de coeficientes de filtro de 20 ecualización 200 se configura para proporcionar un conjunto actual 220 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que pueden describir un ajuste de ecualizador actual de un ecualizador, en el que el ecualizador se puede acoplar al determinador de coeficientes de filtro de ecualización 200 como se describe más adelante.

**[0071]** El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 200 se configura para combinar de forma lineal una 25 pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. En este caso, un número de parámetros de ajuste es preferentemente más pequeño que un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto actual de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

**[0072]** Por consiguiente, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 200 puede obtener el conjunto 30 actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando un esfuerzo computacional moderado. Los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se pueden pre-calcular, de tal forma que es suficiente una combinación lineal ponderada de dichos componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pre-calculados para determinar el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, 35 en el que la ponderación de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización diferentes se determina directamente por el uno o más parámetros de ajuste (en el que la ponderación puede ser proporcional a un valor definido por los parámetros de ajuste, por ejemplo, proporcional a un valor definido por la interfaz de usuario). Por consiguiente, se puede obtener una transición lineal entre dos o más ajustes de ecualizador diferentes de forma fácil variando el uno o más parámetros de ajuste, en la que los ajustes de ecualizador diferentes entre los 40 cuales existe una transición se definen por la pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Cabe señalar que los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización entre los cuales se realizar una interpolación lineal. Como alternativa, sin embargo, uno de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede definir una media de múltiples componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de 45 ecualización de referencia, en los que otro de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden definir la desviación más característica a partir de dicha media de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, y en los que un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se obtiene mediante una combinación variable, dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, de dichos componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Por ejemplo, los 50 componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden ser componentes principales de una pluralidad de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, en los que se puede determinar una ponderación de al menos algunos de los componentes principales por el uno o más parámetros de ajuste 210. Como alternativa, los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización pueden describir (o representar) diferentes agrupaciones de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización 55 asociados con transductores de sonido de referencia. Como alternativa, el primero de los componentes de conjunto de filtro de ecualización pueden definir un "punto de partida" mientras que uno o más de otros componentes de conjunto de filtro de ecualización describen una o más direcciones de cambio, en los que uno o más de otros componentes de conjunto de filtro de ecualización se ponderan dependiendo de uno o más parámetros de ajuste correspondientes y añadidos (de una forma ponderada) al primero de los componentes de conjunto de filtro de

ecualización.

**[0073]** Para concluir, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 200 permite una provisión directa de un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización dependiendo del número comparativamente pequeño de uno o más parámetros de ajuste 210. El conjunto actual de parámetros de filtro de ecualización puede ser el resultado directo de una combinación lineal de una pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, en los que se determina una ponderación de los diferentes componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización en esta combinación lineal mediante el uno o más parámetros de ajuste (en los que la ponderación puede ser dependiente de forma lineal de los parámetros de ajuste). Por lo tanto, se puede obtener una transición lineal entre diferentes ajustes de ecualizador, en la que, sin embargo, sólo se requiere una pequeña cantidad de información de entrada (es decir, uno o más parámetros de ajuste que determinan la combinación lineal).

**[0074]** Además, cabe señalar que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se puede complementar mediante cualquiera de los rasgos y funcionalidades descritos en el presente documento, ya sea en solitario o en combinación.

### 3. Determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la figura 3

**[0075]** La figura 3 muestra un diagrama esquemático de un determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con una realización de la invención. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la figura 3 se designa en su totalidad con 300.

**[0076]** El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 300 se configura para obtener (o recibir) una información de posición bidimensional o tridimensional 310, por ejemplo, desde un dispositivo de entrada de usuario bidimensional o desde un dispositivo de entrada de usuario tridimensional. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 300 se configura para proporcionar un conjunto actual 320 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que pueden describir un ajuste de ecualizador actual. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 300 se configura para obtener el conjunto actual 320 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización dependiendo de la información de posición bidimensional o la información de posición tridimensional 310 obtenida utilizando un dispositivo de entrada de usuario bidimensional o tridimensional. Para este propósito, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuar de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador diferentes dependiendo de dos o tres parámetros de ajuste derivados de, o determinados por, la información de posición bidimensional o tridimensional 310. Los dos o tres parámetros de ajuste pueden determinar directamente la posición de atenuación entre los diferentes ajustes de ecualizador, de tal forma que el conjunto actual de parámetros de ecualización se obtiene mediante la atenuación continua o casi continua (en la que una posición de atenuación puede ser linealmente dependiente de los dos o tres parámetros de ajuste). Como alternativa, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 300 se configura para combinar de forma lineal una pluralidad de componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (como se ha descrito anteriormente) dependiendo de dos o tres parámetros de ajuste derivados de, o definidos por, la información de posición bidimensional o tridimensional. Por consiguiente, se puede obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización mediante esta combinación lineal. Por ejemplo, los coeficientes de ponderación pueden ser linealmente dependientes de los parámetros de ajuste (o incluso linealmente dependientes de la posición), o pueden ser idénticos a los parámetros de ajuste.

**[0077]** Por consiguiente, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 300 se configura para proporcionar el conjunto actual de parámetros de ecualización de acuerdo a una información de control muy intuitiva, concretamente una información de posición bidimensional o tridimensional obtenida desde un dispositivo de entrada de usuario bidimensional o un dispositivo de entrada de usuario tridimensional. Por lo tanto, es posible incluso para un usuario inexperto ajustar de forma intuitiva y sintonizar el ajuste de ecualizador actual descrito por el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Un cambio de la posición definido por el dispositivo de entrada de usuario bidimensional o el dispositivo de entrada de usuario tridimensional da como resultado una atenuación entre diferentes ajustes de ecualizador. Además, un cambio de la posición definido por el dispositivo de entrada de usuario tridimensional o bidimensional puede dar como resultado un cambio (por ejemplo, en un cambio proporcional) de la combinación lineal de una pluralidad de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, de tal forma que el usuario puede percibir un cambio del ajuste de ecualizador en respuesta a un cambio de la posición definida utilizando el dispositivo de entrada de usuario bidimensional o tridimensional. Por consiguiente, el usuario puede identificar de forma intuitiva una posición definida utilizando el dispositivo de entrada de usuario bidimensional o tridimensional que da como resultado un resultado de ecualización razonablemente bueno.

[0078] Para concluir, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 300 proporciona una solución intuitiva para ajustar un ajuste de ecualizador, en el que la determinación del conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de acuerdo a la información de posición bidimensional o tridimensional 310 requiere poco esfuerzo computacional.

#### 4. Aparato de acuerdo con la figura 4

[0079] La figura 4 muestra un diagrama esquemático de bloques de un aparato de acuerdo con una realización de la presente invención.

[0080] El aparato de acuerdo con la figura 4 se designa en su totalidad con 400.

[0081] El aparato 400 se configura para recibir una señal de audio de entrada 410 y proporcionar, de acuerdo a la misma, una señal de audio ecualizada 412. El aparato 400 también se configura para recibir una interacción de usuario 420, que determina (o define) un ajuste de ecualizador para la derivación de la señal de audio ecualizada 412 de la señal de audio de entrada 410.

[0082] El aparato 400 comprende una interfaz de usuario 430, en el que la interfaz de usuario se configura para obtener uno o más parámetros de ajuste 432 en respuesta a la interacción de usuario 420. El aparato 400 también comprende un determinador de coeficientes de filtro de ecualización 440 que se configura para recibir el uno o más parámetros de ajuste 432 desde la interfaz de usuario. Cabe señalar que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 440 puede ser idéntico al determinador de coeficientes de filtro de ecualización 100 de acuerdo con la figura 1, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 200 de acuerdo con la figura 2, o el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 300 de acuerdo con la figura 3. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 440 se configura para proporcionar un conjunto actual 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización sobre la base del uno o más parámetros de ajuste 432. El aparato 400 también comprende un ecualizador 450 que se configura para recibir el conjunto actual 442 de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización desde el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 440 y para ecualizar la señal de audio 410 sobre la base del conjunto actual recibido 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, para obtener la señal de audio ecualizada 412. Por consiguiente, la señal de audio de entrada, que se propone transmitir por un transductor de sonido, se ecualiza por el ecualizador 452, que utiliza el conjunto actual 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, para obtener de esta forma la señal de audio ecualizada 412. La ecualización realizada por el ecualizador 450, por ejemplo, puede servir para el propósito de compensar las imperfecciones de la respuesta de frecuencia de un transductor de sonido (por ejemplo, auriculares) que transmite la señal de audio ecualizada.

[0083] Por ejemplo, el ecualizador se puede configurar para realizar la ecualización en el dominio de la frecuencia. En este caso, los coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que pueden representar directamente amplitudes de una respuesta de filtro de ecualización objetivo para una pluralidad de diferentes frecuencias, se pueden aplicar, por ejemplo como factores de ganancias o coeficientes de ponderación, a los coeficientes en el dominio de la frecuencia que representa la señal de audio. Por ejemplo, cada uno de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede determinar una ganancia o una ponderación de uno o más componentes en el dominio de la frecuencia que representa la señal de audio.

[0084] Como alternativa, el ecualizador se puede configurar para realizar una ecualización en el dominio del tiempo, es decir, realizar un filtrado de respuesta finita al impulso de la señal de audio de entrada en el dominio del tiempo o puede realizar un filtrado de respuesta infinita al impulso de la señal de audio en el dominio del tiempo. En este caso, el ecualizador puede de forma opcional (conferir, por ejemplo, número de referencia 452) derivar, por ejemplo mediante coeficientes de diseño de filtro para el filtro de respuesta finita al impulso o coeficientes para el filtro de respuesta infinita al impulso del conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, si los coeficientes objetivo de filtro de ecualización representan la respuesta de filtro de ecualización objetivo en el dominio de la frecuencia, es decir, representan amplitudes de una respuesta de filtro de ecualización objetivo para una pluralidad de diferentes frecuencias. Sin embargo, si los coeficientes objetivo de filtro de ecualización son coeficientes de filtro en el dominio del tiempo (es decir, coeficientes de un filtro de respuesta finita al impulso o de un filtro de respuesta infinita al impulso), el ecualizador puede utilizar directamente los coeficientes objetivo de filtro de ecualización como coeficientes de un filtro en el dominio del tiempo.

[0085] En consecuencia, el aparato 400 proporciona una solución sencilla para definir una ecualización de la señal de audio de entrada 410 sobre la base de la interacción de usuario 420. El determinador de coeficientes de filtro de



ecualización 440 se configura convencionalmente para proporcionar el conjunto actual 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización en dependencia a los uno o más parámetros de ajuste 432, de tal forma que el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización 442 está bien adaptado a diferentes tipos de transductores de sonido dependiendo del uno o más parámetros de ajuste. En otras palabras, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización mapea un número comparativamente pequeño de uno o más parámetros de ajuste 442, que se definen por la interacción de usuario 420, en conjuntos correspondientes 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 440 evalúa una regla convencionalmente lineal para mapear el uno o más parámetros de ajuste 432 en el conjunto actual 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Por consiguiente, la complejidad del determinador de coeficientes de filtro de ecualización 440 es típicamente convencionalmente muy moderada. Además, cabe señalar que un cambio de un único parámetro de ajuste, que se puede lograr fácilmente a través de la interacción de usuario 420, modifica típicamente un gran número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto actual 440 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, de tal forma que es posible una transición de forma eficiente, y convencionalmente de forma uniforme, entre diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

**[0086]** Preferentemente, el aparato permite una retroalimentación instantánea, de tal forma que un retardo entre una interacción de usuario 420 y un cambio del conjunto actual 442 de parámetros de filtro de ecualización es típicamente menor de 100 ms. Por consiguiente, el usuario puede obtener inmediatamente retroalimentación acústica de qué manera el cambio del conjunto actual 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización efectuado por su interacción de usuario 420 afecta a la impresión de audición de la señal de audio ecualizada 412, que se reproduce típicamente utilizando un transductor de sonido. Por consiguiente, el usuario puede controlar el conjunto actual 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización a través de una entrada de usuario (interacción de usuario) 420, de tal forma que una impresión de audición de la señal de audio ecualizada 412, reproducida por un transductor de sonido particular actualmente utilizado, satisface sus expectativas.

**[0087]** Para resumir, el aparato 420 permite compensar las imperfecciones de una respuesta de frecuencia del transductor de sonido, en donde una interfaz de usuario sencilla 430, que, por ejemplo, puede comprender un único deslizador o una única perilla o una posibilidad de una entrada bidimensional o una posibilidad de una entrada tridimensional, se puede utilizar para ajustar el conjunto actual 442 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizados para una ecualización de una señal de audio de entrada, para obtener la señal de audio ecualizada 412 a transmitir por el transductor de sonido actualmente utilizado. Al utilizar un determinador de coeficientes de filtro de ecualización, como se ha descrito anteriormente, la complejidad computacional se puede mantener baja mientras que aún se permite que el usuario seleccione una ecualización apropiada e incluso afine la ecualización.

### 35 5. Procesador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la figura 5

**[0088]** La figura 5 muestra un diagrama esquemático de un procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 de acuerdo con una realización de la invención. El procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 se designa en su totalidad con 500.

**[0089]** El procesador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener (por ejemplo, recibir o generar) N conjuntos 500 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Además, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 se configura para determinar y proporcionar N' conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base que representan (o que reflejan, o que describen) una pluralidad de rasgos característicos de los N conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. El procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 se configura para proporcionar los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base a un determinador de coeficientes de filtro de ecualización (por ejemplo, como se ha explicado anteriormente) para la derivación de un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Preferentemente, un número N' de conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base es mayor que o igual a 2, mientras que un número de N conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia es mayor que el número N' de conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base.

**[0090]** En otras palabras, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 se configura para proporcionar un número reducido de conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base de acuerdo con un gran número de conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, en el que el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 se configura para proporcionar los conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base de tal forma que los conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base representan, al menos aproximadamente, algunos de los rasgos más característicos de los conjuntos 510 de

coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Por lo tanto, los conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se proporcionan de tal forma que éstos se pueden utilizar para aproximar los conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Redactado todavía de manera diferente, los conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se proporcionan de tal forma que una combinación de los conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base produce, como un resultado de la combinación y en dependencia de una ponderación, diferentes conjuntos de parámetros de ecualización, que tienen, al menos aproximadamente, algunos rasgos característicos en común con uno o más de los conjuntos 510 de parámetros de filtro de ecualización de referencia.

10 **[0091]** Por ejemplo, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 se puede configurar para realizar un análisis de componentes principales de acuerdo con los N conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, para obtener los N' conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base. Los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, en este caso, pueden representar (o ser igual a) componentes principales de los N conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia.

15

**[0092]** En una realización alternativa, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización se puede configurar para realizar un análisis de agrupaciones de acuerdo con los N conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, para identificar una pluralidad de agrupaciones en los que se pueden agrupar los N conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. En consecuencia, los N' conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se proporcionan, en este caso, de tal forma que los N' conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se asocian con las N' agrupaciones. Por ejemplo, los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base pueden describir, o representar, N' agrupaciones. Por ejemplo, cada uno de los N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se puede asociar con una agrupación y representar, por ejemplo, un centro de una agrupación de una pluralidad de conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, o una media de una pluralidad de conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia asociados con la agrupación respectiva.

**[0093]** Además, cabe señalar que el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 puede recibir los N conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia desde una unidad externa, o puede derivar los N conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia a partir de características de transferencia de referencia medidas para una pluralidad de transductor de sonido de referencia utilizando una o más características de transferencia objetivo. Por ejemplo, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 puede determinar los conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia de tal forma que los conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia definen ajustes de ecualizador para compensar una desviación de características de transferencia de referencia medidas de una pluralidad de transductores de sonido de referencia de las una o más funciones de transferencia objetivo. En otras palabras, cada conjunto 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia puede definir un ajuste de ecualizador que logra que la función de transferencia del transductor de sonido de referencia respectivo se ecualice para seguir una característica de transferencia objetivo respectiva.

40

**[0094]** Para concluir de forma adicional, el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500 proporciona un número comparativamente pequeño de conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base que, sin embargo, transportan la información más importante de un número comparativamente grande de conjuntos 510 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Por consiguiente, los conjuntos 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base forman una buena base para derivar de forma eficiente un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando el determinador de coeficientes de filtro de ecualización como se describe en el presente documento.

## 6. Sistema de acuerdo con la figura 6

50

**[0095]** La figura 6 muestra un diagrama esquemático de bloques de un sistema, de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema se designa en su totalidad con 600.

**[0096]** El sistema 600 comprende un procesador de coeficientes de filtro de ecualización 610 que se configura para recibir o generar N conjuntos 612 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. El procesador de coeficientes de filtro de ecualización 610 se configura para proporcionar, en base al mismo, N' conjuntos 614 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base. Cabe señalar que el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 610 puede ser equivalente al procesador de coeficientes de filtro de ecualización 500, y que el conjunto 612 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia puede ser equivalente al conjunto 510 de

coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Además, el conjunto 614 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base puede ser equivalente al conjunto 520 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base.

**[0097]** El sistema 600 también comprende un determinador de coeficientes de filtro de ecualización 620 que se configura para recibir los N' conjuntos 614 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base. Además, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 620 se configura para recibir uno o más parámetros de ajuste 622 desde una interfaz de usuario 624, que puede ser opcionalmente parte del sistema 600. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 620 se configura para proporcionar, en base al uno o más parámetros de ajuste 622, y también a los N' conjuntos 614 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base, un conjunto actual 626 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Cabe señalar que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 620 puede ser equivalente a los determinadores de coeficientes de filtro de ecualización 100, 200, 300, 440 descritos en el presente documento. Además, cabe señalar que el conjunto 614 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base puede definir una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador, y/o puede adoptar el papel de los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

**[0098]** El sistema 600 comprende opcionalmente un ecualizador 630, que se configura para recibir el conjunto actual 626 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización. Además, el ecualizador opcional 630 recibe típicamente una señal de audio de entrada 632 y proporciona, en base a la misma, una señal de audio ecualizada 634, en la que la funcionalidad de ecualización del ecualizador 630 se realiza dependiendo del conjunto actual 626 de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización. En otras palabras, el conjunto actual 626 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización puede definir la función de filtro aplicada por el ecualizador 630 a la señal de audio de entrada 632, para obtener la señal de audio ecualizada 634.

**[0099]** El sistema 600 permite ajustar de forma fácil el ecualizador 630 para compensar las imperfecciones de un transductor de sonido actualmente utilizado. Un número comparativamente pequeño de N' conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se proporciona por el procesador de coeficientes de filtro de ecualización 610 sobre la base del número comparativamente grande de N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización 620 puede determinar el conjunto actual 626 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando una interfaz de usuario relativamente simple y fácil de utilizar, en la que puede ser pequeño un esfuerzo computacional para derivar el conjunto actual 626 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto 614 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base. Además, un número pequeño de parámetros de ajuste que se puede modificar por el usuario puede ser suficiente debido a que los conjuntos 614 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base comprenden la información más relevante acerca de los conjuntos reales de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia.

**[0100]** Por consiguiente, el sistema, que se puede operar de una forma distribuida (en el que, por ejemplo, los conjuntos 614 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base se proporcionan por un servidor a un dispositivo de usuario que comprende el determinador de coeficientes de filtro de ecualización 620 y el ecualizador 630), facilita la adaptación de un ajuste de ecualizador a un transductor de sonido actualmente utilizado (por ejemplo, a unos auriculares actualmente utilizados) y por lo tanto, mejora la satisfacción del consumidor. Solamente se deben implementar el determinador de coeficientes de filtro de ecualización y el ecualizador 630 computacionalmente sencillos en el dispositivo de usuario final, que permite una implementación económica y de bajo consumo.

#### 7. Ejemplo de implementación de acuerdo con las figuras 7 y 8

**[0101]** A continuación, se describirá otro ejemplo de implementación de acuerdo con una realización. Sin embargo, las enseñanzas descritas en esta sección se pueden utilizar en combinación con cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento.

**[0102]** Una realización de acuerdo con la invención está basada en la realización de un análisis de componentes principales (análisis PCA) en los datos de filtro de transductor de sonido (por ejemplo, datos de filtro de auriculares). Esta realización de acuerdo a la presente invención hace posible adaptar de forma conveniente un filtro perceptivamente correcto (o al menos un filtro que proporciona una calidad de sonido razonablemente buena) a unos auriculares (u otro transductor de sonido), independientemente de si se ha medido o no previamente. Esto se hace posible al extraer los rasgos más significativos de un grupo de filtros (que corresponden a diferentes modelos de auriculares) y permitiendo que el usuario controle estos rasgos. Un ejemplo para 13 filtros se da en la figura 7, que muestra un ejemplo para un grupo de 13 filtros específicos de auriculares obtenidos a partir de las mediciones de cabeza de maniquí.

- [0103]** Ahora tomando como referencia la figura 7, cabe señalar que una abscisa 710 describe una frecuencia en la unidad de Hertzios, en la que se utiliza una escala logarítmica. Una ordenada 712 describe una magnitud (o magnitud relativa) en la unidad de decibelios. 14 curvas diferentes describen una característica de filtro a través de la frecuencia. En otras palabras, las curvas de la figura 7 representan características de filtros de ecualización que se pueden utilizar para compensar las características de transferencia no ideales de los auriculares de referencia (transductores de sonido de referencia). En otras palabras, las curvas de la figura 13 representan ajustes de ecualizador que dan como resultado una función de transferencia total del ecualizador y los auriculares de tal forma que la función de transferencia total se aproxima (o es igual a) una característica de transferencia objetivo.
- [0104]** Cabe señalar que las curvas del filtro de ecualización mostradas en la figura 7 comprenden variaciones comparativamente fuertes a través de la frecuencia. Por consiguiente, las curvas del filtro de ecualización de acuerdo con la figura 7 se deben representar preferentemente - pero no necesariamente - por un número comparativamente grande de coeficientes objetivo de filtro de ecualización en un sistema de procesamiento de señales digitales a fin de reflejar apropiadamente las variaciones a través de la frecuencia. También cabe señalar que las curvas del filtro de ecualización mostradas en la figura 7 se pueden representar por los coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia mencionados en la descripción. Además, cabe señalar que los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia que representan las curvas del filtro de ecualización de la figura 7 se pueden utilizar por el procesador de coeficientes de filtro de ecualización descrito en el presente documento.
- [0105]** Se ha encontrado que, al aplicar un análisis de componentes principales (PCA) (para detalles, se hace referencia, por ejemplo, a la referencia [6]), un número de curvas de filtro (o, de forma equivalente, el número de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) se puede reducir de forma significativa sin perder mucha información. Las curvas de filtro, cada una específica para un auricular, se transforman de este modo en curvas de filtro genéricas y ponderaciones específicas de los auriculares (en las que, sin embargo, no es necesario en algunas realizaciones de acuerdo con la invención determinar dichas ponderaciones específicas de los auriculares).
- [0106]** Con M como la resolución de puntos del eje de frecuencia para cada una de las curvas de filtro (por ejemplo, M = 1024) y N como el número de curvas de filtro (por ejemplo, N = 13), se puede crear una matriz con MxN dimensiones. Cabe señalar que M = 1024 y N = 13 son ejemplos, en los que se puede asignar cualquier número positivo y entero a M y N.
- [0107]** En otras palabras, las N = 13 curvas de filtro de ecualización se pueden representar por los N = 13 conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, en los que cada uno de los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia puede comprender M = 1024 coeficientes de filtro. Por consiguiente, se puede crear una matriz con MxN dimensiones que comprende N = 13 columnas de M = 1024 coeficientes objetivo de filtro de ecualización cada una.
- [0108]** Esta funcionalidad, por ejemplo, se puede realizar por el procesador de coeficientes de filtro de ecualización descrito en el presente documento.
- [0109]** En un procesamiento adicional, se puede reducir un número de dimensiones, por ejemplo, de la matriz. Por ejemplo, se puede reducir un número de dimensiones de N = 13 hasta N = 2 (en el que cabe señalar que el número reducido de dimensiones también se designa en el presente documento con N').
- [0110]** En otras palabras, al aplicar el análisis de componentes principales, las dimensiones (o número de dimensiones) N se pueden reducir de 13 hasta, por ejemplo, 2. Sin embargo, la resolución M = 1024 en el eje de frecuencia permanece de manera preferente igual.
- [0111]** Estos, por ejemplo, dos vectores  $(\vec{p}_0, \vec{p}_1)$  son llamados componentes principales.
- [0112]** Al utilizar, por ejemplo, dos componentes principales (también designados como "PC", por ejemplo, componentes principales  $\vec{p}_0, \vec{p}_1$ ), existe un grado de libertad que ajusta las curvas con una ponderación W:

55 
$$\vec{f} = \vec{p}_0 + W \cdot \vec{p}_1$$

**[0113]** Anteriormente,  $\vec{f}$  es un vector, cuyos elementos (o entradas) son los coeficientes objetivo de filtro de ecualización. En otras palabras, el vector  $\vec{f}$  representa un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.  $\vec{p}_0$  representa, por ejemplo, una media de todos los coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Por ejemplo,  $\vec{p}_0$  representa una media de una pluralidad de vectores, cuyos elementos representan 5 (conjuntos de) coeficientes objetivo de filtro de ecualización de diferentes filtros de ecualización de referencia (asociados con diferentes transductores de sonido de referencia).  $\vec{p}_1$  representa un primer componente principal de los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia.

**[0114]** Sin embargo, se debe señalar que, en la bibliografía, algunas veces se utilizan diferentes notaciones, de tal 10 forma que  $\vec{p}_0$  se designarla como un "primer componente principal" en algunas bibliografías, y que  $\vec{p}_1$  se designará como un segundo componente principal en algunas bibliografías.

**[0115]** Sin embargo,  $\vec{f}$  es igual a la suma de la media de todas las curvas de filtro ( $\vec{p}_0$ ) y el primer componente ponderado (PC) ( $W \cdot \vec{p}_1$ ). W es un coeficiente de ponderación, y puede ser equivalente a un parámetro de ajuste 15 como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, W puede ser (directamente) proporcional a un ajuste de un deslizador o una perilla.

**[0116]** En lugar de almacenar cada una de las 13 curvas de filtro únicas (o, de forma equivalente, 13 conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia), se pueden almacenar las dos curvas genéricas 20 (vectores  $\vec{p}_0, \vec{p}_1$ ) y las 13 ponderaciones escalares únicas. Sin embargo, cabe señalar que, en algunas realizaciones de acuerdo con la presente invención, no es necesario almacenar 13 ponderaciones escalares únicas W (o ninguna ponderación escalar).

**[0117]** Sin embargo, se debe señalar que, al realizar una suma y multiplicación utilizando una de las 13 25 ponderaciones W en la fórmula  $\vec{f} = \vec{p}_0 + W \cdot \vec{p}_1$ , una curva resultante (o conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización)  $\vec{f}$  proporciona el mejor ajuste (o al menos un ajuste suficientemente bueno) para restablecer la curva original.

**[0118]** En otras palabras, la fórmula  $\vec{f} = \vec{p}_0 + W \cdot \vec{p}_1$  se puede utilizar para reconstruir de forma eficiente 30 conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización descritos por el vector  $\vec{f}$  que se aproximan a los N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia siempre que se almacenen los componentes principales  $\vec{p}_0$  y  $\vec{p}_1$  y los 13 valores diferentes para el parámetro de ponderación W, en los que los 13 valores diferentes para los parámetros de ponderación W se asocian con unos diferentes de los conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia.

**[0119]** Sin embargo, en algunas realizaciones de acuerdo con la invención, puede ser suficiente derivar dos (o, de 35 forma opcional más) componentes principales  $\vec{p}_0, \vec{p}_1$  a partir de una pluralidad de, por ejemplo, N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia. Esta tarea se puede realizar, por ejemplo, mediante el procesador de coeficientes de filtro de ecualización, que puede proporcionar los N' componentes principales  $\vec{p}_0, \vec{p}_1$  40 como conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización base para uso por un determinador de coeficientes de filtro de ecualización.

**[0120]** A continuación, se describirá una implementación e interfaz de usuario que se pueden utilizar, por ejemplo, 45 para determinar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

**[0121]** Por ejemplo, en un dispositivo del usuario, puede ser necesario elegir la una o más ponderaciones W por el usuario (por ejemplo, usando la interfaz de usuario). En el caso de una ponderación (como se describe en el ejemplo anterior para reducir el número de dimensiones N = 13 a N' = 2), una interfaz de usuario adecuada puede ser un

deslizador o una perilla de sintonización (en la que la posición del deslizador o perilla de sintonización, por ejemplo, puede definir la ponderación  $W$ ). Para dos ponderaciones (por ejemplo, en el caso de que se extraigan y se combinen de forma lineal tres componentes principales  $\vec{p}_0, \vec{p}_1$  y  $\vec{p}_2$ ) se puede utilizar un área similar a una pantalla de un teléfono inteligente (que proporciona dos ejes  $[x, y]$  y, por lo tanto, la posibilidad de ajustar dos ponderaciones).

5  
10 **[0122]** Las ponderaciones, que representan una repuesta de frecuencia, se aplican más fácilmente en una señal en un dominio de la frecuencia al aplicar una ganancia por banda de frecuencia. Para una señal en el dominio del tiempo, éstas se necesitan convertir a un filtro correspondiente (por ejemplo, un filtro en el dominio del tiempo).

**[0123]** En otras palabras, un determinador de coeficientes de filtro de ecualización, que puede ser parte de un dispositivo de usuario, puede obtener (por ejemplo, descargar desde una base de datos externa alimentada por un procesador de coeficientes de filtro de ecualización, o tomar desde una base de datos interna) los componentes principales, y puede, por ejemplo, obtener el vector  $\vec{f}$  (que representa un conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización) de acuerdo con la ecuación  $\vec{f} = \vec{p}_0 + W \cdot \vec{p}_1$ . La ponderación  $W$  se puede ajustar de acuerdo con un parámetro de ajuste recibido por una interfaz de usuario o incluso puede ser igual al parámetro de ajuste recibido desde la interfaz de usuario. Por consiguiente, el determinador de coeficientes de filtro de ecualización puede obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización utilizando una simple combinación ponderada de los dos componentes principales. Si se utilizan más de dos componentes principales, se pueden aplicar ponderaciones adicionales (derivadas de parámetros de ajuste adicionales o iguales a los parámetros de ajuste adicionales) en esta combinación lineal.

15  
20 **[0124]** A continuación, se describirá un ejemplo de uso. Por ejemplo, después de conectar unos auriculares nuevos a un dispositivo de reproducción (por ejemplo, un dispositivo de usuario final que comprende el determinador de coeficientes de filtro de ecualización), se puede iniciar una reproducción del material de sonido. El usuario puede entonces activar la ecualización de auriculares y puede cambiar las una o más ponderaciones  $W$  mientras que escucha la música, y puede encontrar de este modo la sintonización óptima perceptiva para los auriculares conectados.

30 **[0125]** A continuación, se resumirá una implementación posible del concepto de acuerdo con la presente invención tomando como referencia el diagrama de flujo de la figura 8, que muestra el resumen de las etapas de procesamiento para crear una curva de filtro final.

**[0126]** En una etapa 810, que se puede realizar fuera de línea (por ejemplo, por el procesador de coeficientes de filtro de ecualización), se realiza un pre-procesamiento y creación de parámetros de filtro genéricos. En una etapa 35 820, que se puede realizar "en línea" (por ejemplo, mediante el determinador de coeficientes de filtro de ecualización), se realiza una generación de filtro sobre la marcha por medio de la entrada de usuario.

**[0127]** La etapa 810 de pre-procesamiento y creación de parámetros de filtro genéricos comprende realizar 40 una medición de  $N$  auriculares (u otros transductores de sonido) en un acoplador acústico.

**[0128]** La etapa 810 también comprende una creación 814 de  $N$  curvas de filtros para  $N$  auriculares (u otros transductores de sonido) utilizando las mediciones (por ejemplo, las mediciones realizadas en la etapa 812) y una función objetivo. Por consiguiente, se pueden generar las curvas de filtro de ecualización de referencia o conjuntos 45 de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia en la etapa 814.

**[0129]** La etapa 810 también comprende una reducción 816 de  $N$  curvas de filtro (por ejemplo, de las curvas de filtro creadas en la etapa 814) a  $N'$  curvas de filtro, en la que  $N'$  es convencionalmente más pequeño que  $N$  (siendo  $N'$  y  $N$  números enteros). Por consiguiente, se pueden obtener los componentes de conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (por ejemplo, componentes principales o conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización que representan una pluralidad de agrupaciones) en la etapa 816.

**[0130]** La etapa 820, que se puede realizar por un dispositivo de usuario final (por ejemplo, en un teléfono móvil, o cualquier otro aparato que transmita una señal de audio mediante un transductor de sonido) se realizará "en línea" o 55 "sobre la marcha", por ejemplo, durante una reproducción de una señal de audio.

**[0131]** La etapa 820 puede comprender el uso de una interfaz de usuario para introducir las  $N'-1$  ponderaciones  $W$

(que se pueden considerar como parámetros de ajuste). La etapa 820 también comprende un cálculo de una curva de filtro final de acuerdo con las  $N'$  curvas de filtro proporcionadas en la etapa 816 y en dependencia a la entrada de las  $N'-1$  ponderaciones  $W$  utilizando la interfaz de usuario en la etapa 820. Por consiguiente, se obtiene una curva de filtro final, que, por ejemplo, se puede representar por un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecuación.

**[0132]** En la etapa 820, se puede implementar la funcionalidad descrita anteriormente con respecto al determinador de coeficientes objetivo de filtro de ecuación.

## 10 8. Conclusiones

**[0133]** Para resumir lo anterior, las realizaciones de acuerdo a la invención crean un "aspecto y sensación" que permite modificar de forma progresiva una curva objetivo en un dominio de la frecuencia utilizando un deslizador o un pequeño número de deslizadores o un selector de control (o perilla) o un pequeño número de selectores de control (o perillas) o un área bidimensional como una pantalla de un dispositivo móvil (o similares). Los ajustes (del filtro) se deben, preferentemente, pero no necesariamente, hacer audibles directamente cuando se cambia el elemento de control (deslizador, etc.).

**[0134]** Además, las realizaciones de acuerdo con la invención están basadas en la idea que los filtros progresivamente variables compensan o reducen las imperfecciones de los transductores electro-acústicos, en los que se realiza un control y/o supervisión directamente por el usuario a través de su sentido auditivo.

**[0135]** En algunas realizaciones de acuerdo con la invención, se implementa un análisis de componentes principales. Sin embargo, en implementaciones alternativas, se puede utilizar en principio cada posibilidad para extraer las características más importantes (o rasgos) y/o para reducir un número de curvas de filtro. Por ejemplo, se puede utilizar un análisis de agrupaciones que separa un grupo de curvas (por ejemplo, curvas de filtro de ecuación de referencia o conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecuación de referencia) en múltiples agrupaciones dentro de las cuales, se integran (o concentran, o combinan) de nuevo, curvas que son tan similares como sea posible. Por consiguiente, es posible una atenuación cruzada progresiva entre estas curvas (o conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecuación de referencia).

**[0136]** Además, cabe señalar que existen diferentes posibilidades para que el usuario controle los rasgos. En una implementación (que utiliza el análisis de componentes principales), el usuario controla la ponderación de los componentes principales 1-n antes de la suma (por ejemplo, la superposición de los componentes principales). Sin embargo, también es posible una atenuación cruzada progresiva entre filtros discretos.

**[0137]** Por ejemplo, se pueden utilizar los siguientes procedimientos (en los que aumenta la complejidad):

- Ponderación de un único filtro entre el 0 por ciento y el 100 por ciento, que se puede ajustar utilizando un deslizador, selector de control, o similares;
- Atenuación cruzada entre dos filtros (que se puede encontrar, por ejemplo, al dividir un grupo (por ejemplo, de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecuación de referencia) en agrupaciones y al obtener el promedio);
- u
- Otros procedimientos.

**[0138]** En general, en algunas realizaciones, el dispositivo de usuario realiza una combinación lineal de dos o más curvas de filtro, en el que la combinación se determina por un deslizador, u otro (por ejemplo, un único) elemento de interfaz de usuario.

**[0139]** Con respecto al análisis de componentes principales, se hace referencia también al documento [7].

**[0140]** Para concluir de forma adicional, las realizaciones de acuerdo a la invención crean un concepto para mejorar la calidad de audio percibida de los auriculares. La mejor calidad de sonido está basada en filtros que se diseñan de forma especial para auriculares. Estos filtros compensan las deficiencias que son únicas para cada auricular. Las realizaciones de acuerdo con la invención permiten una transición progresiva entre diferentes filtros, y de este modo permiten que un usuario encuentre fácilmente los parámetros de filtro deseado sin conocimiento previo del tipo de auricular.

**[0141]** Una realización de acuerdo a la invención crea una solución de un deslizador, que se puede utilizar para

ajustar un ecualizador.

**[0142]** Algunas realizaciones de acuerdo a la invención llevan consigo una o más de las siguientes mejoras específicas:

- 5
- La ventaja más importante para el usuario es una calidad de sonido mejorada, debido a la mejor respuesta de frecuencia de los auriculares (puesto que se compensan las deficiencias de los auriculares);
  - El usuario no tiene que gastar mucho dinero en auriculares costosos a fin de lograr una buena calidad de audio;
  - Los dispositivos que utilizan la invención son más fáciles de usar; el usuario no tiene que entrar en detalles (como
- 10 parámetros de ajuste de un ecualizador) o medir respuestas de frecuencia de los auriculares. Mediante medios simples como una perilla o un deslizador, el usuario puede sintonizar las curvas de filtro hasta que el resultado sea satisfactorio;
- Se puede mejorar la calidad de audio de los auriculares económicos (y no ideales); y
  - Los proveedores de software multimedia pueden desarrollar aplicaciones que incluyen ecualización de auriculares
- 15 para las señales de audio.

**[0143]** Las realizaciones de acuerdo a la invención se pueden utilizar, por ejemplo, en las siguientes áreas de aplicación técnica:

- 20 - Teléfonos inteligentes;
- Reproductores de música personales;
  - Dispositivos de tableta;
  - Reproductores Blu-Ray/DVD/CD;
  - Receptores A/V;
- 25 - Televisiones;
- Sistemas de entretenimiento en coches/en vuelo;
  - Audio profesional;
  - Tarjetas de sonido;
  - Amplificadores de auriculares.

30

#### 9. Alternativas de implementación

**[0144]** Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es evidente que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponde a una etapa de procedimiento o un rasgo de una etapa de procedimiento. De forma análoga, los aspectos descritos en el contexto de una etapa de procedimiento también representan una descripción de un bloque o elemento o rasgo correspondiente de un aparato correspondiente. Algunas o todas las etapas del procedimiento se pueden ejecutar por (o utilizando) un aparato de hardware, como, por ejemplo, un microprocesador, un ordenador programable o un circuito electrónico. En algunas realizaciones, algunas de una o más de las etapas de procedimiento más importantes se pueden ejecutar por tales aparatos.

35

40

**[0145]** Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención se pueden implementar en hardware o software. La implementación se puede realizar utilizando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco flexible, un DVD, un Blu-ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM, o una memoria flash, que tiene señales de control electrónicamente legibles almacenadas en la misma, que cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema informático programable de tal forma que se realiza el procedimiento respectivo. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por ordenador.

45

**[0146]** Algunas realizaciones de acuerdo a la invención comprenden un portador de datos que tiene señales de control electrónicamente legibles, que son capaces de cooperar con un sistema informático programable, de tal forma que se realiza de los procedimientos descritos en el presente documento.

50

**[0147]** En general, las realizaciones de la presente invención se pueden implementar como un producto de programa informático con un código de programa, siendo código de programa operativo para realizar uno de los procedimientos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. El código de programa, por ejemplo, puede almacenarse en un portador legible por máquina.

55

**[0148]** Otras realizaciones comprenden el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento, almacenados en un portador legible por máquina.



**[0149]** En otras palabras, una realización del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código de programa para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

5

**[0150]** Una realización adicional del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un portador de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) que comprende, grabado en el mismo, el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El portador de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio grabado son típicamente tangibles y/o no transitorios.

10

**[0151]** Una realización adicional del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El flujo de datos o la secuencia de señales se pueden configurar, por ejemplo, para que se transfiera a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

15

**[0152]** Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado para o adaptado para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

20 **[0153]** Una realización adicional comprende una computadora que tiene instalado en la misma el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

**[0154]** Una realización adicional de acuerdo con la invención comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónicamente u ópticamente) un programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento a un receptor. El receptor puede, por ejemplo, ser una computadora, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o similares. El aparato o sistema puede, por ejemplo, comprender un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.

30 **[0155]** En algunas realizaciones, se puede utilizar un dispositivo lógico programable (por ejemplo una matriz de compuertas programables en el campo) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, una matriz de compuertas programables en el campo puede cooperar con un microprocesador a fin de realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. En general, los procedimientos se realizan preferentemente mediante cualquier aparato de hardware.

35 **[0156]** Las realizaciones descritas anteriormente son simplemente ilustrativas de los principios de la presente invención. Se entiende que serán evidentes modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en el presente documento para otros expertos en la técnica. Por lo tanto, pretende limitarse únicamente por el alcance de las próximas reivindicaciones de patente y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y explicación de las realizaciones en el presente documento.

40

#### Referencias

#### **[0157]**

45 [1] Møller, H.; Jensen, C.; Hammershøi, D. & Sørensen, M. Design Criteria for Headphones J. Audio Eng. Soc, 1995, 43, 218-232

[2] Lorho, Gaetan: Subjective Evaluation of Headphone Target Frequency Responses. In: Audio Engineering Society Convention 126 # 7770. Munich, Germany, May 2009

50 [3] Bestimmung der Schallimmission von ohrnahen Schallquellen Teil 1: Verfahren mit Mikrofonen in menschlichen Ohren (MIRE-Verfahren), DIN EN ISO 11904-1, Deutsches Institut für Normung e.V., February 2003

[4] Akustik - Simulatoren des menschlichen Kopfes und Ohres - Teil 1: Ohrsimulator zur Kalibrierung von supra-auralen und circumauralen Kopfhörern (IEC 60318-1:2009); Deutsche Fassung EN 60318-1:2009, Deutsches Institut für Normung e.V., July 2010

[5] Fleischmann, Silzle, Plogsties: Headphone Equalization - Measurement, Design and Psychoacoustic Evaluation, Microelectronic Systems, Springer Verlag 2011, Pages 301-312

55 [6] Jolliffe I.T. Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics, 2nd ed., Springer, NY, 2002, XXIX, 487 p. 28 illus. ISBN 978-0-387-95442-4

[7] SUNGMOK HWANG AND YOUNGJIN PARK, "HRIR CUSTOMIZATION IN THE MEDIAN PLANE VIA PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS", AES 31st International Conference, London, UK, 2007 June 25-27

[8] WO2010/138309

REIVINDICACIONES

1. Un determinador de coeficientes de filtro de ecualización (100; 200;300; 440; 620) para determinar un conjunto actual (120; 220; 320; 442; 626;  $\vec{f}$ ) de coeficientes de filtro de ecualización para su uso por un ecualizador  
5 (450; 630),  
en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuarse de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador en dependencia de uno o más parámetros de ajuste (110; 210; 310; 432; 622; W), para obtener el conjunto actual de coeficientes de filtro de ecualización.  
en el que se describe un ajuste de ecualizador actual por el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de  
10 ecualización, y  
en el que un número de parámetros de ajuste es más pequeño que un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto actual de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización;  
en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener el uno o más parámetros de ajuste desde una interfaz de usuario,  
15 en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización está configurado para permitir que un usuario atenúe continuamente o casi continuamente entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador dependiendo del uno o más parámetros de ajuste, de tal forma que el usuario puede ajustar directamente el ajuste de ecualizador variando el uno o más parámetros de ajuste;  
en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuar de forma continua o casi  
20 continua entre una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que son conjuntos representativos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización asociados con diferentes modelos de un tipo de transductores de sonido, dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.
- 25 2. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización (100; 200; 300; 440; 620) de acuerdo con la reivindicación 1,  
en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma variable N' componentes principales ( $\vec{p}_0, \vec{p}_1$ ) de N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia  
(510; 612) dependiendo del uno o más parámetros de ajuste, a fin de obtener el conjunto actual de coeficientes  
30 objetivo de filtro de ecualización,  
en el que  $N' \geq 2$ , y  
en el que  $N > N'$ ; o  
en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma variable un  
primer conjunto ( $\vec{p}_0$ ) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que es una media de una pluralidad de N  
35 conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, y un segundo conjunto ( $\vec{p}_1$ ) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que es un primer componente principal de la pluralidad de N conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, dependiendo de un parámetro de ajuste, con el fin de obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.
- 40 3. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2,  
en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuarse de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador dependiendo de un único parámetro de  
ajuste.  
45
4. El determinador de parámetros de ecualización de acuerdo con la reivindicación 3,  
en el que los coeficientes objetivo de filtro de ecualización están asociados con diferentes frecuencias o intervalos de frecuencia; y  
en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura de tal forma que un cambio del único  
50 parámetro de ajuste varía los coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto de coeficientes objetivo de filtro de ecualización asociados con al menos una mitad de un intervalo de frecuencia completo cubierto por el conjunto de coeficientes objetivo de filtro de frecuencia.
5. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con una de las reivindicaciones 1  
55 a 4,  
en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener el uno o más

parámetros de ajuste a partir de uno o más deslizadores, o para obtener el unos o más parámetros de ajuste a partir de una o más perillas.

6. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para obtener dos o tres parámetros de ajuste en base a una información de posición bidimensional o una información de posición tridimensional, cuya información de posición bidimensional o información de posición tridimensional se obtiene utilizando un dispositivo de entrada de usuario bidimensional o tridimensional.
7. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para añadir una versión ponderada de un segundo conjunto ( $\vec{p}_1$ ) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, ponderados dependiendo de uno (W) del uno o más parámetros de ajuste, con respecto a un primer conjunto ( $\vec{p}_0$ ) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.
8. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el primer conjunto ( $\vec{p}_0$ ) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización y el segundo conjunto ( $\vec{p}_1$ ) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización son componentes principales de más de dos conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia (510; 612).
9. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para atenuarse de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización en dependencia de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, en el que un primero de los diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se basa en una primera agrupación de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia, y en el que un segundo de los diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización se basa en una segunda agrupación de conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización de referencia.
10. El determinador de coeficientes de filtro de ecualización de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma ajustable una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que describen filtros de ecualización asociados con una compensación de diferentes rasgos característicos de transductores de sonido, dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización; o en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización se configura para combinar de forma ajustable uno o más conjuntos ( $\vec{p}_1$ ) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que describen filtros de ecualización asociados con una compensación de diferentes rasgos característicos de transductores de sonido, con un conjunto básico ( $\vec{p}_0$ ) de coeficientes objetivo de filtro de ecualización dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.
11. El aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que coeficientes objetivo de filtro de ecualización son coeficientes de filtro de ecualización de un filtro de ecualización, o en el que los coeficientes objetivo de filtro de ecualización representan amplitudes de una respuesta de frecuencia objetivo de un filtro de ecualización para una pluralidad de frecuencias o intervalos de frecuencia asociados.
12. Un aparato (400), que comprende:  
una interfaz de usuario (430; 624), en el que la interfaz de usuario está configurada para obtener uno o más parámetros de ajuste (110; 210; 310; 432; 622) en respuesta a una interacción de usuario;

un determinador de coeficientes de filtro de ecualización (100; 200; 300; 440; 620) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el determinador de coeficientes de filtro de ecualización está configurado para recibir los parámetros de ajuste de la interfaz de usuario;

un ecualizador (450; 630) configurado para recibir un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización (120; 220; 320; 442; 626;  $\vec{f}$ ) del determinador de coeficientes de filtro de ecualización, y para ecualizar una señal de audio (410; 632) que se va a transmitir por un transductor de sonido en base al conjunto recibido de coeficientes objetivo de filtro de ecualización.

13. Un procedimiento para determinar un conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización para su uso por un ecualizador,
- 10 en el que el procedimiento comprende atenuar de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador en dependencia de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de ecualización,
- en el que se describe un ajuste de ecualizador actual por el conjunto actual de parámetros de ecualización, y
- 15 en el que un número de parámetros de ajuste es más pequeño que un número de coeficientes objetivo de filtro de ecualización del conjunto actual de los coeficientes objetivo de filtro de ecualización;
- en el que el uno o más parámetros de ajuste se obtienen de una interfaz de usuario,
- para permitir a un usuario atenuar continuamente o casi continuamente entre una pluralidad de diferentes ajustes de ecualizador dependiendo del uno o más parámetros, y de tal forma que el usuario puede ajustar directamente el
- 20 ajuste de ecualizador variando el uno o más parámetros de ajuste;
- en el que el procedimiento comprende atenuar de forma continua o casi continua entre una pluralidad de diferentes conjuntos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización, que son conjuntos representativos de coeficientes objetivo de filtro de ecualización asociados con diferentes modelos de un tipo de transductores de sonido, dependiendo de uno o más parámetros de ajuste, para obtener el conjunto actual de coeficientes objetivo de filtro de
- 25 ecualización.

14. Un programa informático para realizar uno de los procedimientos de acuerdo con la reivindicación 13 cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

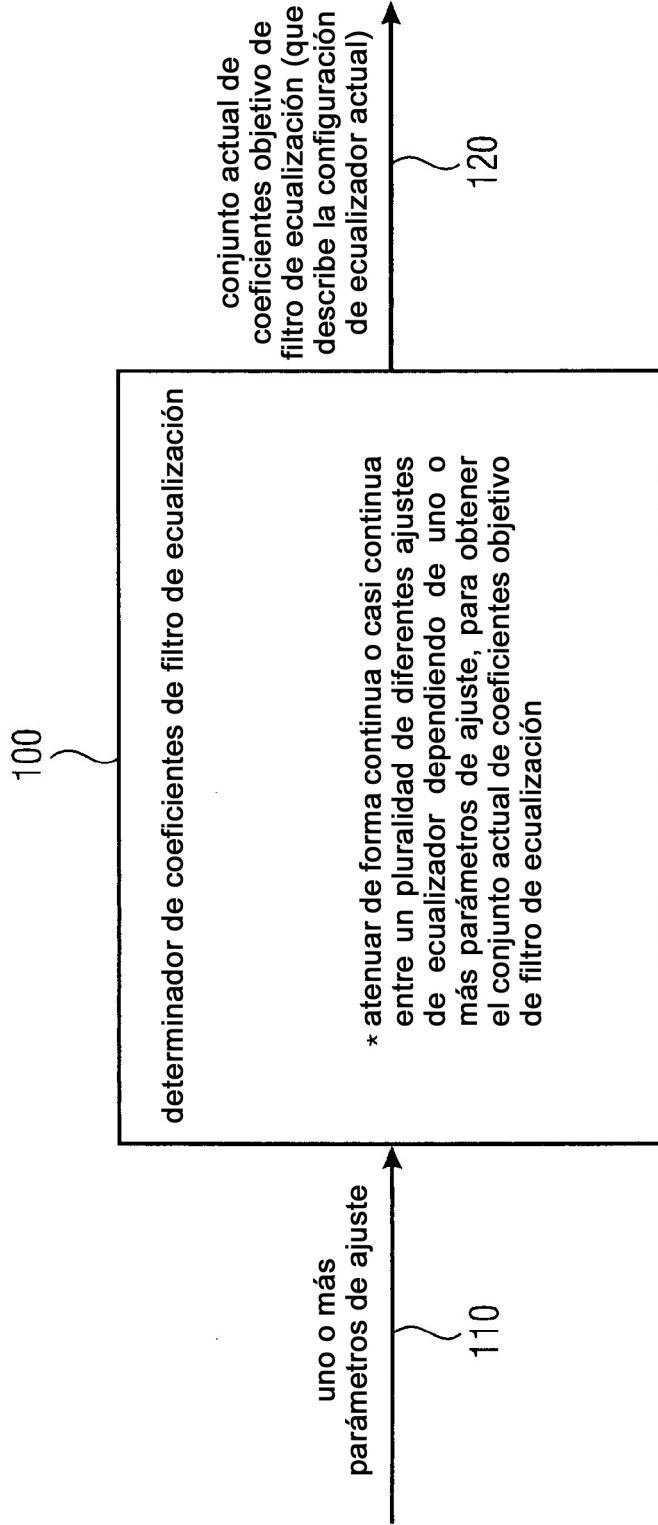


FIG 1

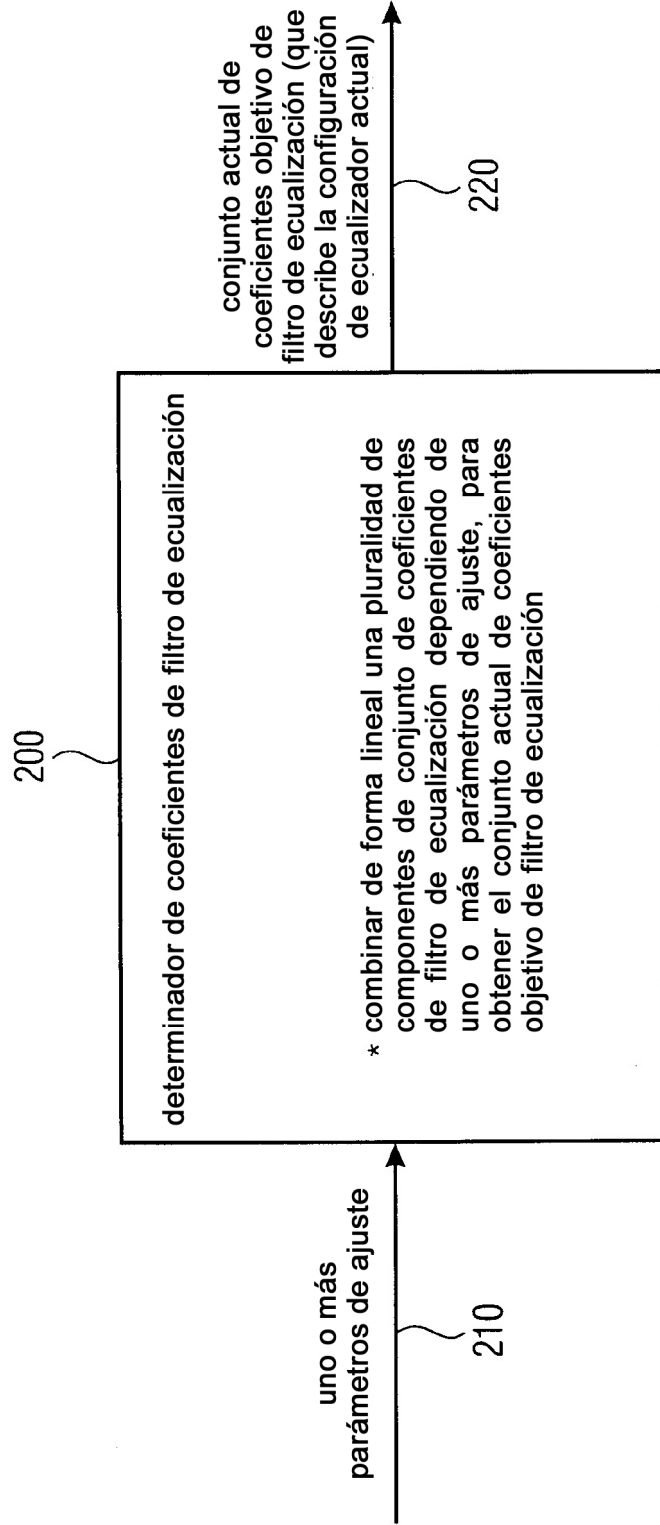


FIG 2

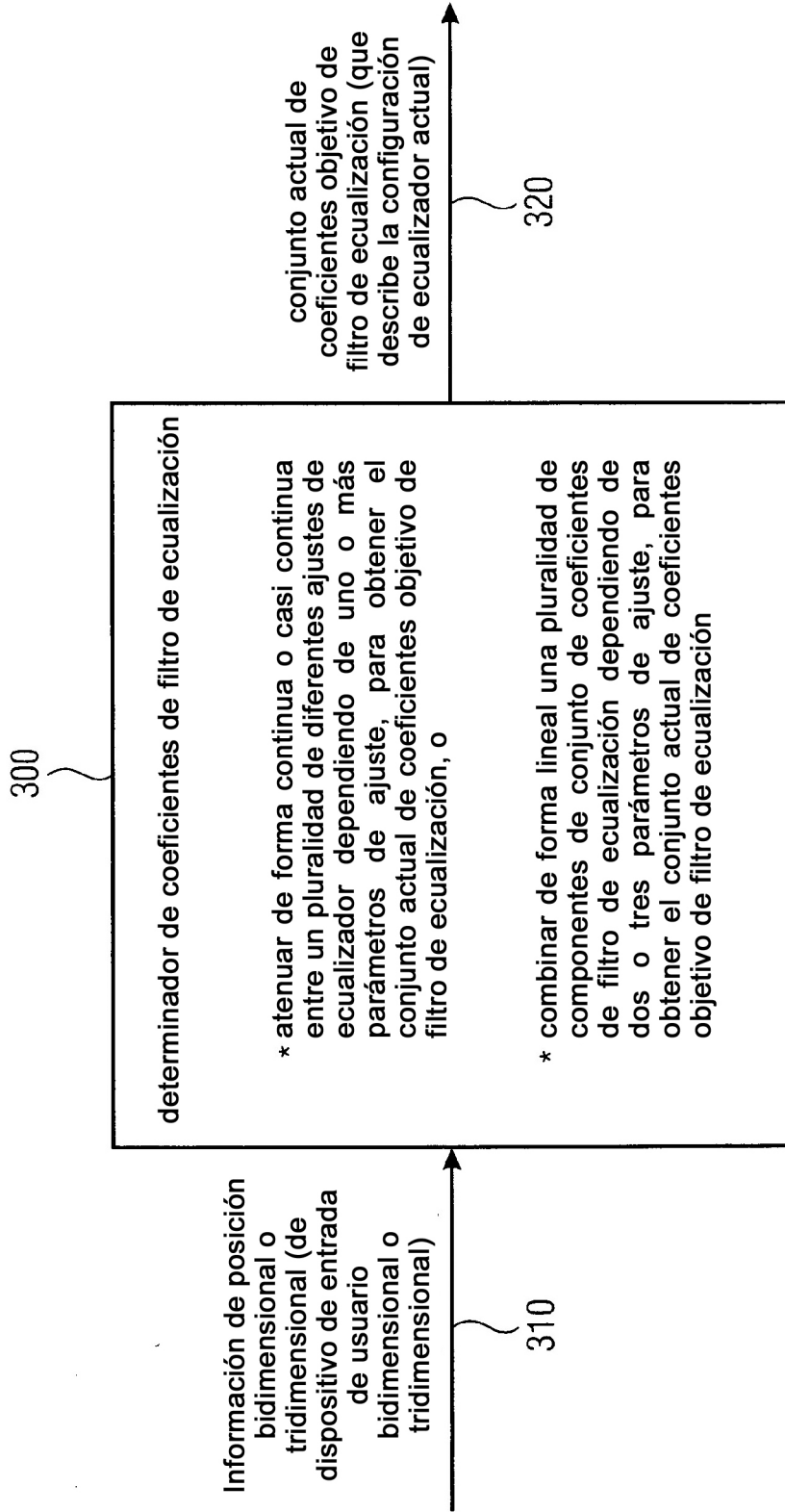


FIG 3



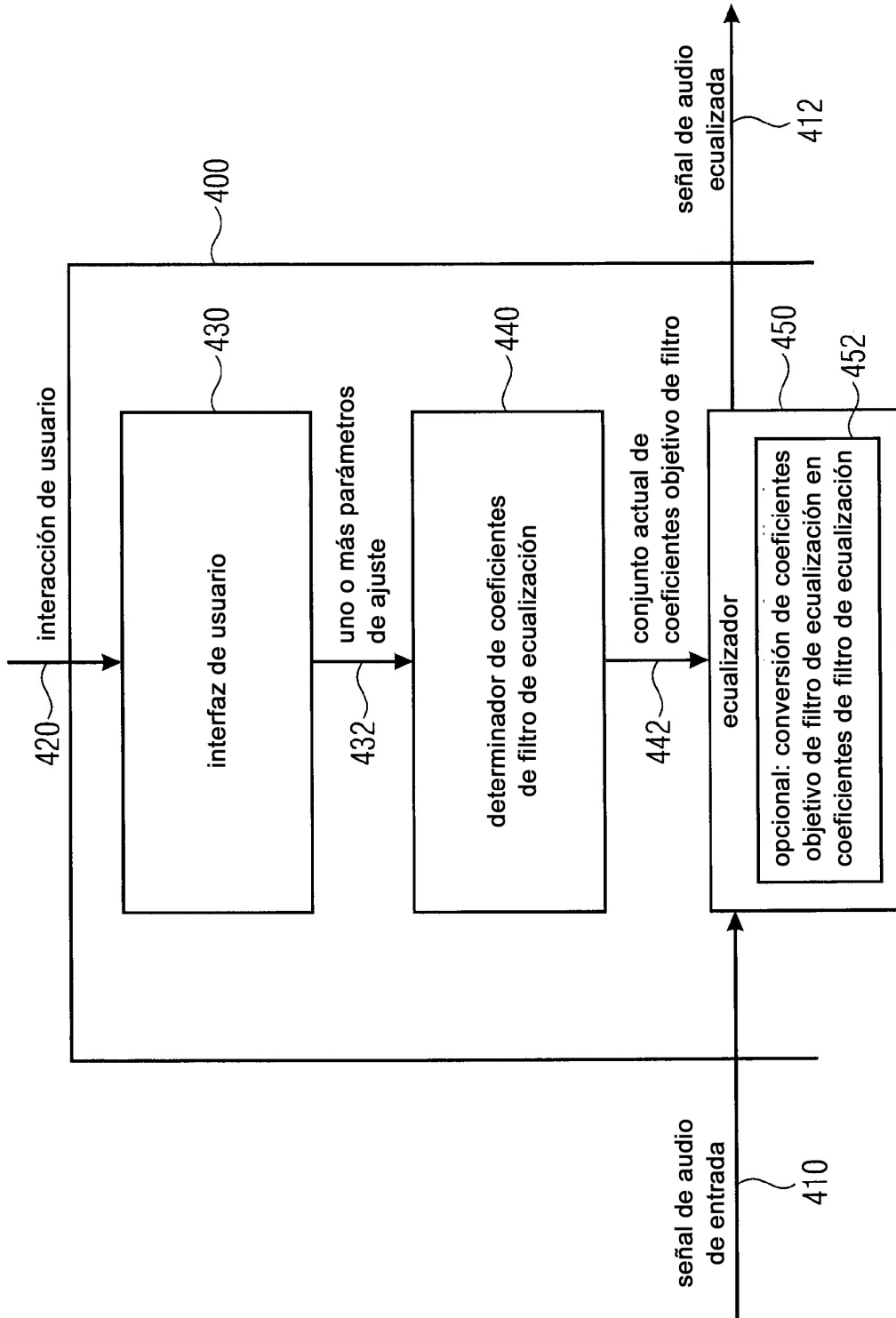


FIG 4

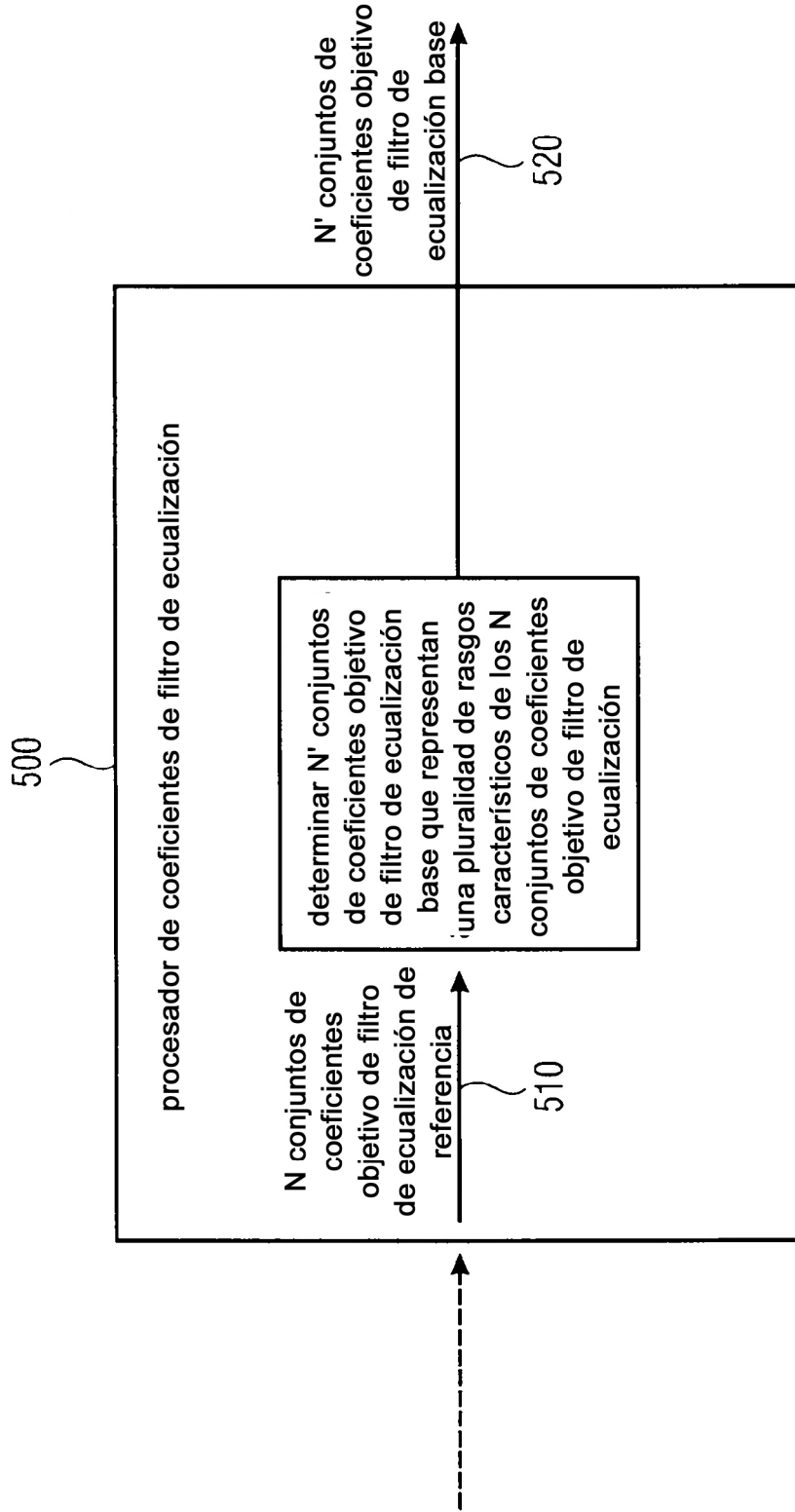


FIG 5

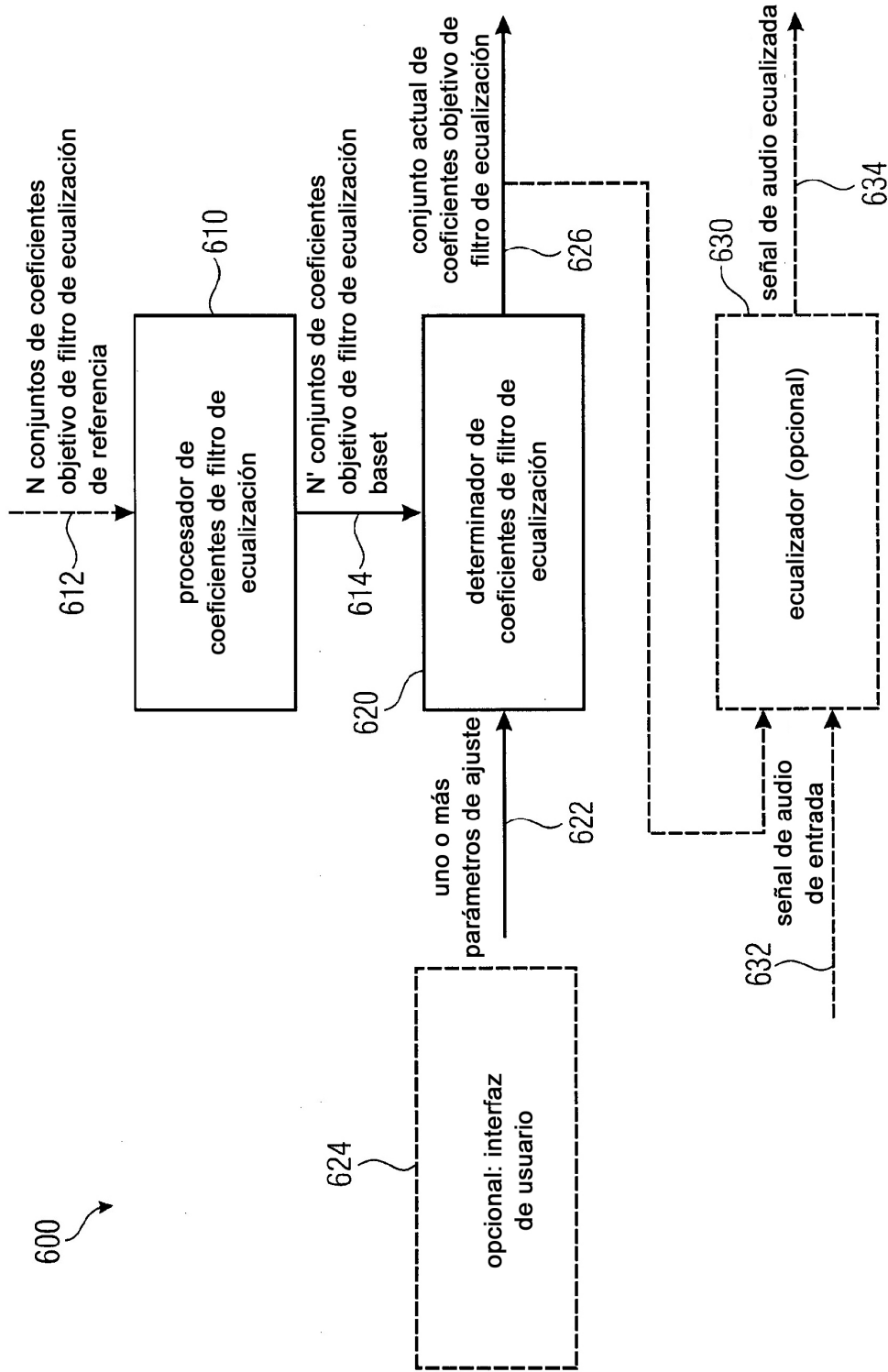


FIG 6

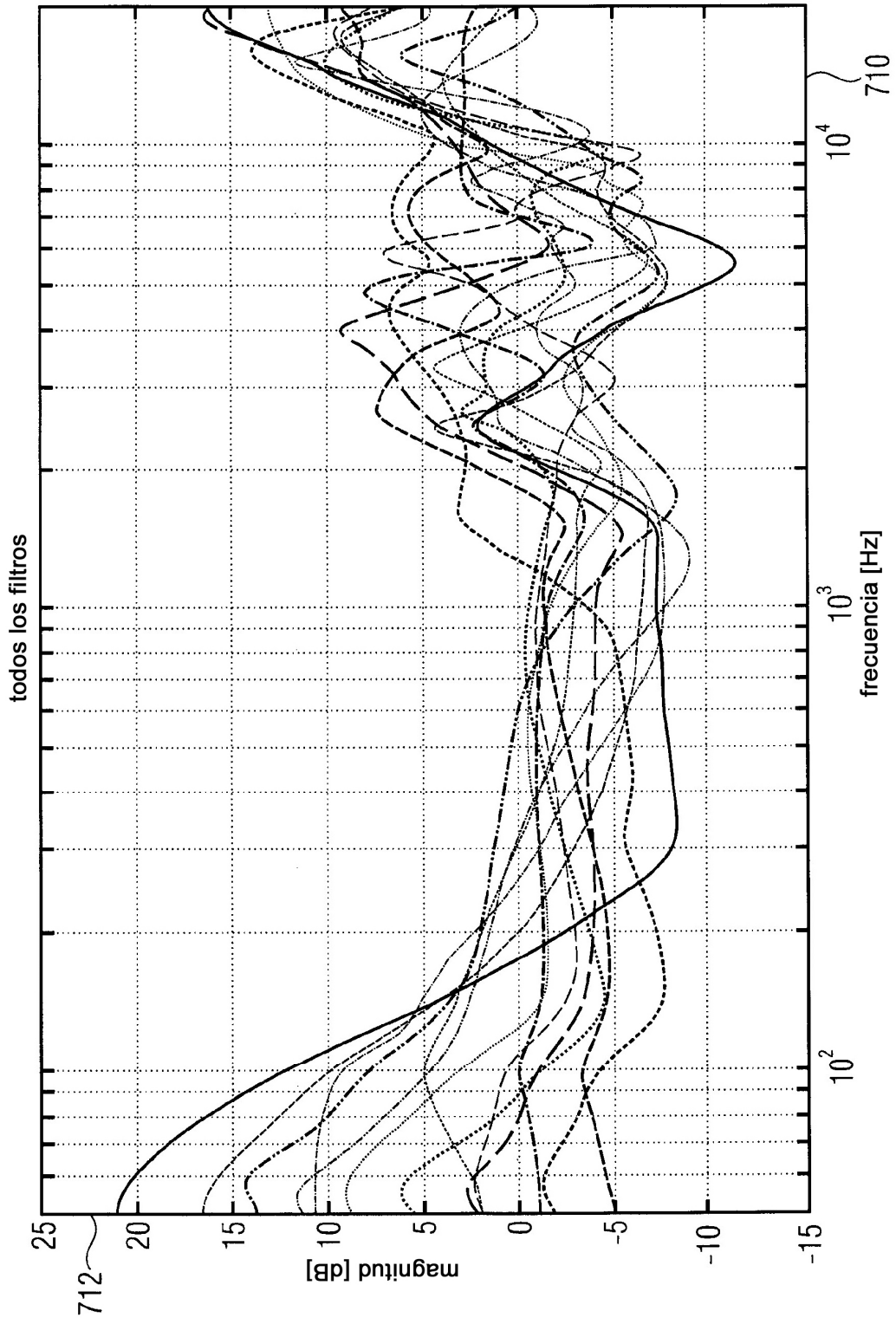


FIG 7

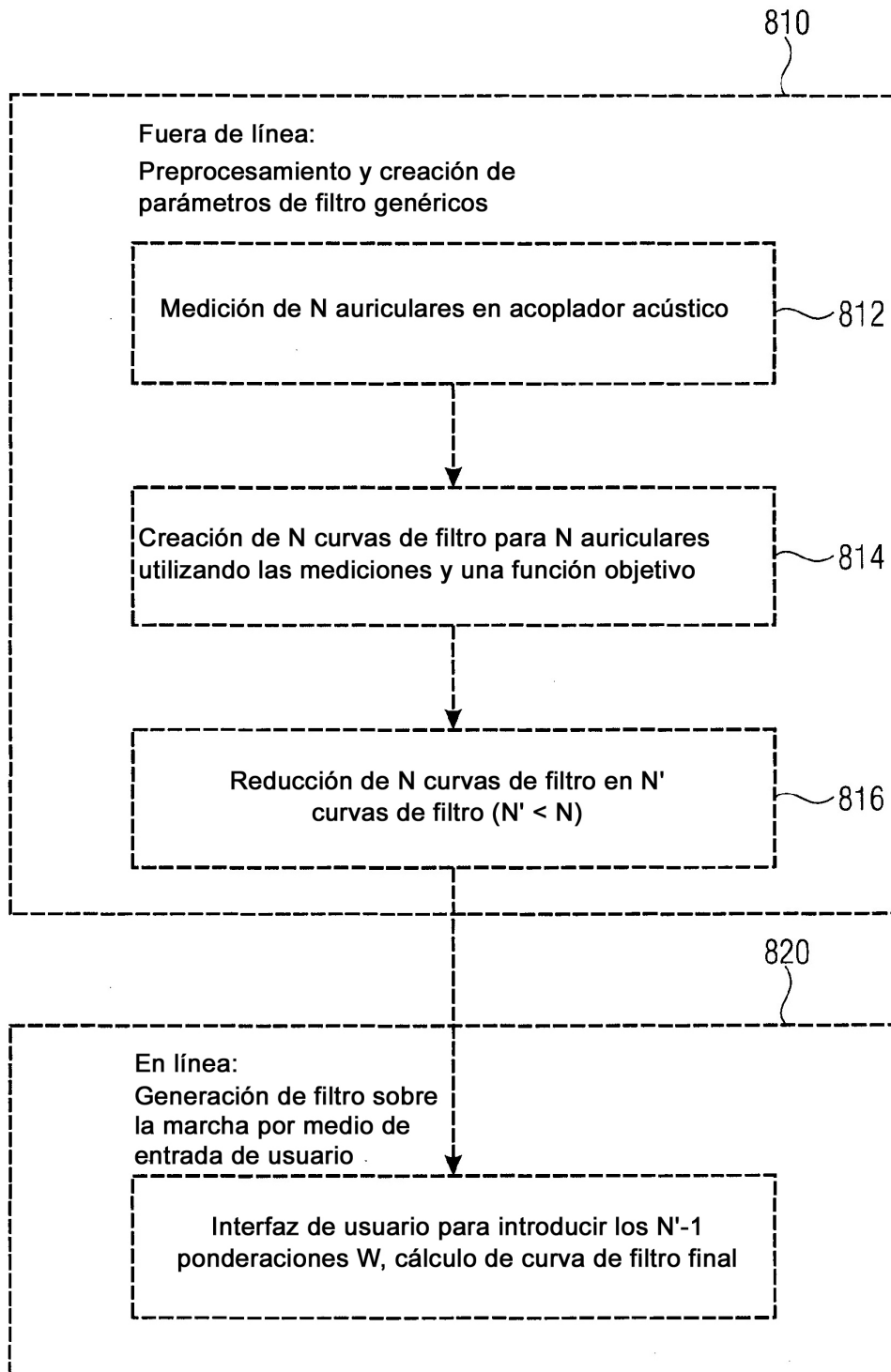


FIG 8

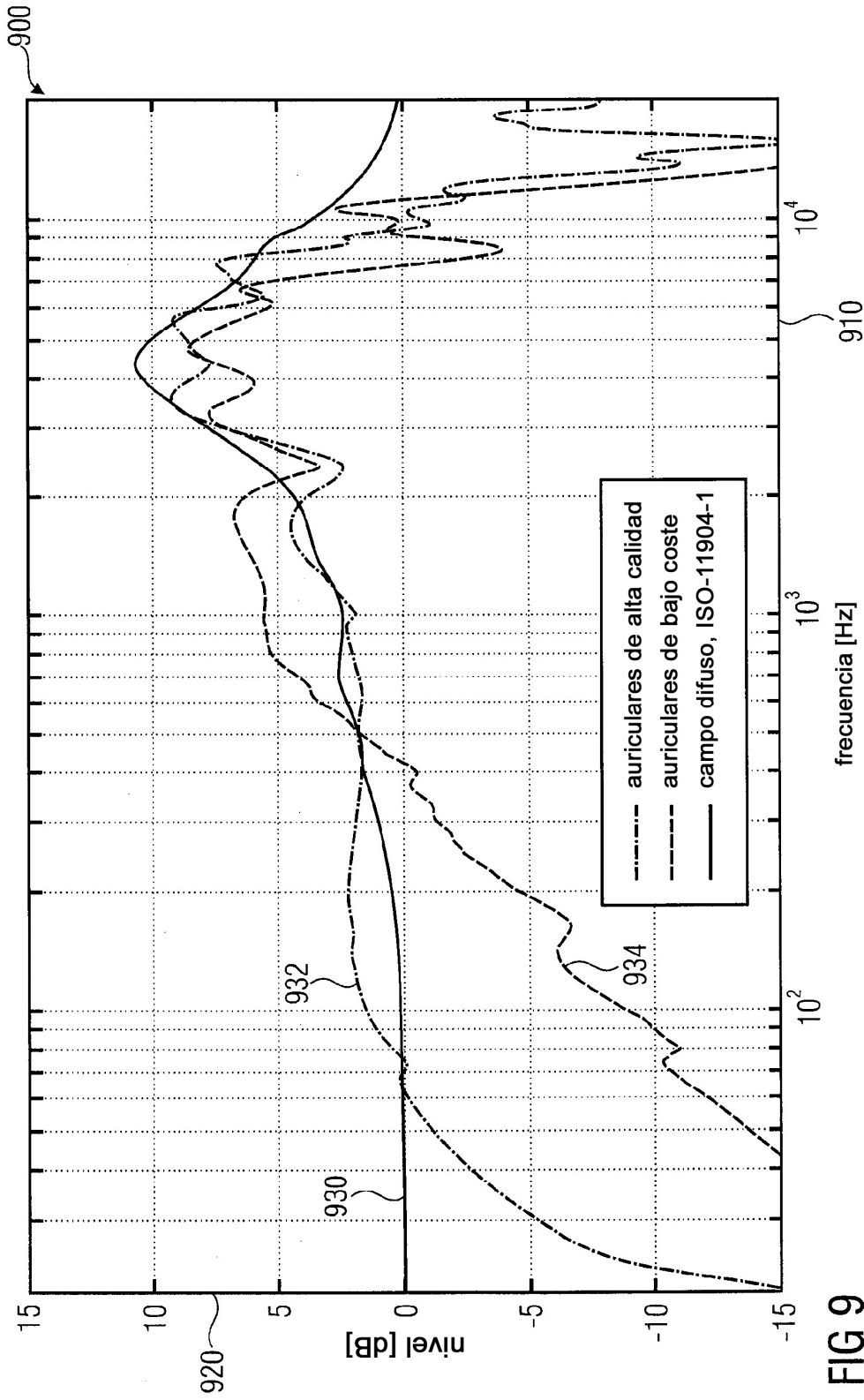


FIG 9

(RESPUESTA DE FRECUENCIA DE DIFERENTES AURICULARES)

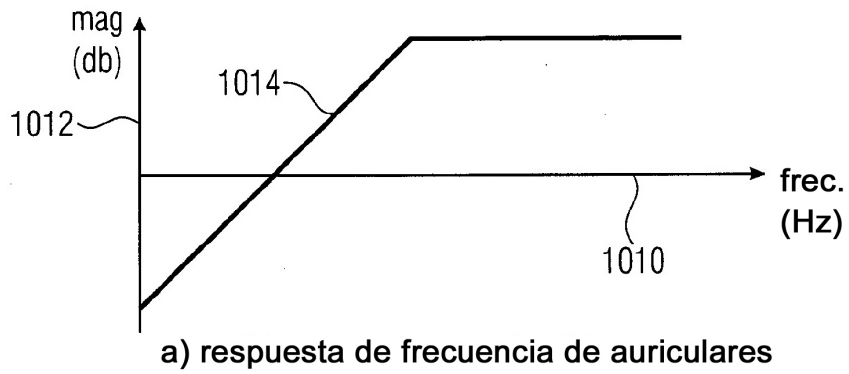


FIG 10A

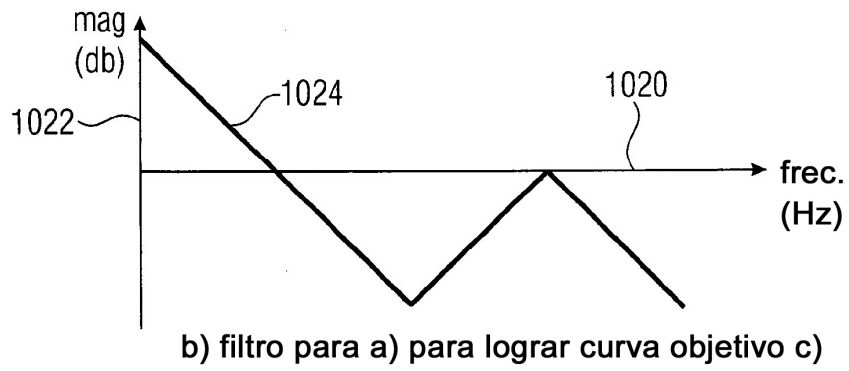


FIG 10B

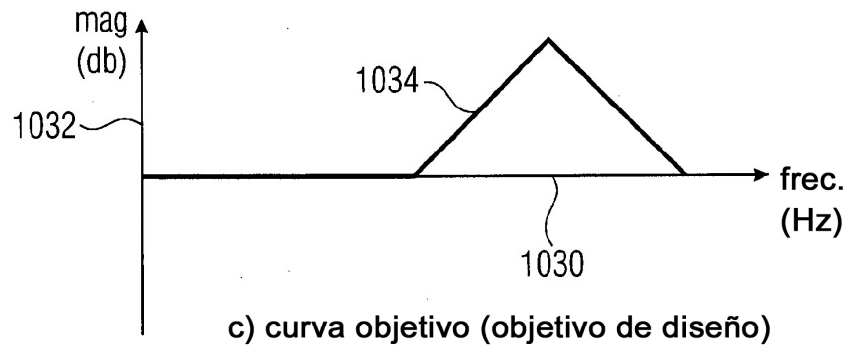


FIG 10C

FIG 10

(ESQUEMA PARA LA GENERACIÓN DE FILTROS DISCRETOS PARA AURICULARES ESPECÍFICOS)