

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 265**

51 Int. Cl.:

H04R 3/12	(2006.01)
H04R 1/26	(2006.01)
H04R 3/14	(2006.01)
H04R 5/02	(2006.01)
H04R 3/04	(2006.01)
H04S 7/00	(2006.01)
H04R 1/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.01.2014 PCT/US2014/010466**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.07.2014 WO2014107714**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2014 E 14701250 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2941898**

54 Título: **Filtro de altura virtual para la reproducción de sonido reflejado usando controladores de disparo ascendente**

30 Prioridad:

07.01.2013 US 201361749789 P
14.06.2013 US 201361835466 P
11.12.2013 US 201361914854 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.05.2017

73 Titular/es:

DOLBY LABORATORIES LICENSING CORPORATION (100.0%)
1275 Market Street
San Francisco, CA 94103, US

72 Inventor/es:

CROCKETT, BRETT G.;
CHABANNE, CHRISTOPHE;
TUFFY, MARK;
SEEFELDT, ALAN J.;
BROWN, C. PHILLIP y
TURNMIRE, PATRICK

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 613 265 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

Filtro de altura virtual para la reproducción de sonido reflejado usando controladores de disparo ascendente

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional estadounidense n.º 61/749.789, presentada el 7 de enero de 2013, la solicitud de patente provisional estadounidense n.º 61/835.466, presentada el 14 de junio de 2013 y la solicitud de patente provisional estadounidense n.º 61/914.854, presentada el 11 de diciembre de 2013.

10

CAMPO DE LA INVENCIÓN

Una o más implementaciones se refieren en general al procesamiento de señales de audio, y más específicamente a altavoces y circuitos para reproducir contenido de audio adaptativo usando señales reflejadas generadas mediante altavoces de disparo ascendente.

15

ANTECEDENTES

La llegada del cine digital ha creado nuevos estándares para el sonido cinematográfico, tal como la incorporación de múltiples canales de audio para permitir una mayor creatividad por los creadores de contenido y una experiencia auditiva más envolvente y realista para el público. Se han desarrollado descripciones de audio basadas en modelos para extenderse más allá de las alimentaciones de altavoz y las señales de audio basadas en canales tradicionales como medio para distribuir contenido de audio espacial y reproducir en diferentes configuraciones de reproducción. La reproducción de sonido en entornos tridimensionales (3D) reales o 3D virtuales ha pasado a ser un área de investigación y desarrollo aumentados. La presentación espacial de sonido utiliza objetos de audio, que son señales de audio con descripciones de fuentes paramétricas asociadas de posición de fuente aparente (por ejemplo, coordenadas 3D), anchura de fuente aparente y otros parámetros. Pueden usarse señales de audio basadas en objetos para muchas aplicaciones multimedia, tales como películas digitales, videojuegos, simuladores, y es de particular importancia en un entorno doméstico en el que el número de altavoces y su colocación está generalmente limitado o restringido mediante las delimitaciones de un entorno auditivo relativamente pequeño.

20

25

30

Se han desarrollado diversas tecnologías para capturar y reproducir de manera más precisa la intención artística del creador para una banda sonora tanto en entornos de cine completos como en entornos domésticos de escala más pequeña. Se ha desarrollado un formato de audio espacial de siguiente generación (también denominado "audio adaptativo") que comprende una mezcla de objetos de audio y alimentaciones de altavoz basadas en canales tradicionales junto con metadatos posicionales para los objetos de audio. En un decodificador de audio espacial, los canales se envían directamente a sus altavoces asociados o se submezclan en un conjunto de altavoces existente, y se reproducen objetos de audio mediante el decodificador de manera flexible. La descripción de fuente paramétrica asociada con cada objeto, tal como una trayectoria posicional en el espacio 3D, se toma como entrada junto con el número y la posición de altavoces conectados al decodificador. El reproductor utiliza ciertos algoritmos para distribuir las señales de audio asociadas con cada objeto a través del conjunto acoplado de altavoces. Por tanto, la intención espacial del autor de cada objeto se presenta de manera óptima a través de la configuración de altavoces específica que está presente en el entorno auditivo.

35

40

Se han desarrollado en general sistemas de audio espacial actuales para su uso en cine y, por tanto, implican un despliegue en salas grandes y el uso de equipo relativamente caro, incluyendo disposiciones de múltiples altavoces distribuidos alrededor de un teatro. Sin embargo, se está poniendo a disposición una cantidad creciente de contenido de audio avanzado para la reproducción en el entorno doméstico a través de tecnología de flujo continuo (*streaming*) y tecnología de medios avanzada, tal como discos Blu-ray, etcétera. Además, tecnologías emergentes tales como la televisión 3D y los simuladores y juegos de ordenador avanzados están fomentando el uso de equipos relativamente sofisticados, tal como monitores de pantalla grande, receptores de sonido envolvente y disposiciones de altavoces en entornos domésticos y otros entornos auditivos. A pesar de la disponibilidad de tal contenido, el coste del equipo, la complejidad de la instalación y el tamaño de la sala siguen siendo restricciones reales que impiden la explotación completa de las señales de audio espaciales en la mayoría de los entornos domésticos. Por ejemplo, los sistemas de audio basados en objetos avanzados emplean normalmente altavoces superiores o de altura para reproducir sonido que está previsto que se origine por encima de la cabeza de un oyente. En muchos casos, y especialmente en el entorno doméstico, tales altavoces de altura pueden no estar disponibles. En este caso, la información de altura se pierde si tales objetos sonoros se reproducen sólo a través de altavoces montados en el suelo o en la pared.

45

50

55

60

Lo que se necesita, por tanto, es un sistema que permita que información espacial completa de un sistema de audio adaptativo se reproduzca en un entorno auditivo que pueda incluir sólo una parte de la disposición de altavoces completa prevista para la reproducción, tal como altavoces limitados o no superiores, y que pueden utilizar altavoces dirigidos en sentido ascendente para reflejar sonido a sitios en los que pueden no existir altavoces directos.

65

Lo que se necesita adicionalmente es un método de filtrado que aplique una función de transferencia de frecuencia deseada para reducir o eliminar las componentes de sonido directo de las componentes de sonido de altura en señales de audio previstas para reflejarse desde superficies superiores de un entorno auditivo.

5 Lo que se necesita adicionalmente es un sistema de altavoces que incorpore la función de transferencia de frecuencia deseada directamente en el diseño de transductor de los altavoces configurados para reflejar sonido desde las superficies superiores.

10 No debe asumirse que la materia comentada en la sección de antecedentes es técnica anterior simplemente como resultado de su mención en la sección de antecedentes. De manera similar, no debe asumirse que un problema mencionado en la sección de antecedentes o asociado con la materia de la sección de antecedentes se ha reconocido previamente en la técnica anterior. La materia en la sección de antecedentes simplemente representa diferentes enfoques, que en y por sí mismos también pueden ser invenciones.

15 BREVE SUMARIO DE REALIZACIONES

Las realizaciones se refieren a altavoces y circuitos que reflejan sonido desde un techo o superficie superior a una ubicación de escucha a una distancia desde un altavoz. El documento JP2010258653 muestra un sistema de reproducción que usa altavoces de disparo ascendente. El sonido reflejado proporciona indicaciones de altura para reproducir objetos de audio que tienen componentes de audio superiores. El altavoz comprende uno o más controladores de disparo ascendente para reflejar sonido desde la superficie superior y representa un altavoz de altura virtual. Un filtro de altura virtual basado en un modelo de audición direccional se aplica a la señal de controlador de disparo ascendente para mejorar la percepción de altura para señales de audio transmitidas por el altavoz de altura virtual para proporcionar una reproducción óptima del sonido reflejado superior. Adicionalmente, el filtro de altura virtual puede incorporarse como parte de un circuito de cruce que separa la banda completa y envía sonido de alta frecuencia al controlador de disparo ascendente. También se usan procesos de corrección espacial para proporcionar calibración y mantener un filtrado de altura virtual en sistemas que realizan una ecualización espacial automática y otros procesos de anulación de anomalías.

30 Tales altavoces y circuitos están configurados para usarse junto con un sistema de audio adaptativo para la reproducción de sonido usando elementos de sonido reflejados que comprende una disposición de controladores de audio para la distribución alrededor de un entorno auditivo, en el que algunos de los controladores son controladores directos y otros son controladores de disparo ascendente que proyectan ondas acústicas hacia el techo del entorno auditivo para la reflexión a un área de escucha específica; un reproductor para procesar flujos de audio y uno o más conjuntos de metadatos que están asociados con cada flujo de audio y que especifican una ubicación de reproducción en el entorno auditivo de un respectivo flujo de audio, en el que los flujos de audio comprenden uno o más flujos de audio reflejados y uno o más flujos de audio directos; y un sistema de reproducción para reproducir los flujos de audio en la disposición de controladores de audio según el uno o más conjuntos de metadatos, y en el que el uno o más flujos de audio reflejados se transmiten a los controladores de audio reflejado.

40 Las realizaciones se refieren además a altavoces o sistemas de altavoces que incorporan una función de transferencia de frecuencia deseada directamente en el diseño de transductor de los altavoces configurados para reflejar sonido desde las superficies superiores, en el que la función de transferencia de frecuencia deseada filtra las componentes de sonido directo de las componentes de sonido de altura en una señal de audio adaptativo producida por un reproductor.

45 Las realizaciones se refieren además aún a métodos de preparación y uso o despliegue de los diseños de altavoces, circuitos y transductor que optimizan la reproducción de contenido de sonido reflejado usando una función de transferencia de frecuencia que filtra las componentes de sonido directo de componentes de sonido de altura en un sistema de reproducción de audio.

50 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En los siguientes dibujos se usan números de referencia similares para hacer referencia a elementos similares. Aunque las siguientes figuras representan diversos ejemplos, la una o más implementaciones no se limitan a los ejemplos representados en las figuras.

60 La FIG. 1 ilustra el uso de un controlador de disparo ascendente usando sonido reflejado para simular un altavoz superior en un entorno auditivo.

La FIG. 2 ilustra un altavoz de altura virtual y disparo frontal integrado, en una realización.

La FIG. 3 es un gráfico que ilustra la respuesta de magnitud de un filtro de altura virtual derivada de un modelo de audición direccional, en una realización.

65

- La FIG. 4A ilustra un filtro de altura virtual incorporado como parte de una unidad de altavoz que tiene un controlador de disparo ascendente, en una realización.
- 5 La FIG. 4B ilustra un filtro de altura virtual incorporado como parte de una unidad de reproducción para controlar un controlador de disparo ascendente, en una realización.
- La FIG. 5 ilustra un filtro de altura que recibe información posicional y una señal de derivación, en una realización.
- 10 La FIG. 6 ilustra un ángulo de inclinación de un controlador de disparo ascendente usado en un altavoz de altura virtual, en una realización.
- La FIG. 7 es un diagrama que ilustra un sistema de filtro de altura virtual que incluye un circuito de cruce, en una realización.
- 15 La FIG. 8A es un diagrama de circuito de alto nivel de un filtro de cruce de dos bandas usado junto con un filtro de altura virtual, en una realización.
- La FIG. 8B ilustra un cruce de dos bandas que implementa filtrado de altura virtual en la trayectoria de filtrado de paso alto, en una realización.
- 20 La FIG. 8C ilustra un cruce que combina redes de filtro de cruce de disparo ascendente y disparo frontal para su uso con diferentes controladores de alta frecuencia, en una realización.
- La FIG. 9 muestra la respuesta de frecuencia del cruce de dos bandas de la FIG. 8, en una realización.
- 25 La FIG. 10 ilustra diversas configuraciones de altavoces de disparo ascendente y de disparo frontal o directos diferentes para su uso con un filtro de altura virtual, en una realización.
- La FIG. 11 es un diagrama de bloques de un sistema de reproducción de altura virtual que incluye capacidades de corrección espacial y de detección de altavoces de altura virtual, en una realización.
- 30 La FIG. 12 es un gráfico que presenta visualmente el efecto del filtrado de preacentuación para calibración, en una realización.
- 35 La FIG. 13 es un diagrama de flujo que ilustra a método de realización de filtrado de altura virtual en un sistema de audio adaptativo, en una realización.
- La FIG. 14A es un diagrama de circuito que ilustra un circuito de filtro de altura virtual analógico, en una realización.
- 40 La FIG. 14B ilustra una curva de respuesta de frecuencia de ejemplo del circuito de la FIG. 14A junto con una curva de respuesta deseada.
- La FIG. 15A ilustra valores de coeficiente de ejemplo para una implementación digital de un filtro de altura virtual, en una realización.
- 45 La FIG. 15B ilustra una curva de respuesta de frecuencia de ejemplo del filtro de la FIG. 15A junto con una curva de respuesta deseada.
- La FIG. 16 ilustra un altavoz que integra controladores directos y de disparo ascendente en una caja integrada, en una realización.
- 50 La FIG. 17 ilustra una colocación de ejemplo de altavoces que tienen controladores de disparo ascendente y componentes de filtro de altura virtual dentro de un entorno auditivo.
- 55 La FIG. 18 ilustra una función de transferencia de filtro de indicación de altura para su uso en diseños de transductor específicos de altura, en una realización.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 60 Se describen sistemas y métodos para un sistema de audio adaptativo que reproduce sonido reflejado para sistemas de audio adaptativo a través de altavoces de disparo ascendente que incorporan circuitos de filtro de altura virtual para reproducir contenido de audio basado en objetos usando sonido reflejado para reproducir objetos sonoros superiores y proporcionan indicaciones de altura virtual. Aspectos de la una o más realizaciones descritas en el presente documento pueden implementarse en un sistema de audio o audiovisual (AV) que procesa información de audio de fuente en un sistema de mezclado y reproducción que incluye uno o más ordenadores o dispositivos de procesamiento que ejecutan instrucciones de software. Cualquiera de las realizaciones descritas puede usarse sola
- 65

o junto con otra en cualquier combinación. Aunque diversas realizaciones pueden haber estado motivadas por diversas deficiencias de la técnica anterior, que pueden comentarse o a las que puede aludirse en uno o más sitios en la memoria descriptiva, las realizaciones no abordan necesariamente alguna de estas deficiencias. En otras palabras, diferentes realizaciones pueden abordar diferentes deficiencias que pueden comentarse en la memoria descriptiva. Algunas realizaciones pueden abordar solo parcialmente algunas deficiencias o solo una deficiencia que puede comentarse en la memoria descriptiva, y algunas realizaciones pueden no abordar ninguna de estas deficiencias.

Para los propósitos de la presente descripción, los siguientes términos tienen los significados asociados: el término “canal” significa una señal de audio más metadatos, en el que la posición se codifica como un identificador de canal, por ejemplo, envolvente frontal izquierdo o superior derecho; “señal de audio basada en canales” es una señal de audio con formato para la reproducción a través de un conjunto predefinido de zonas de altavoz con ubicaciones nominales asociadas, por ejemplo, 5.1, 7.1, etcétera; el término “objeto” o “señal de audio basada en objetos” significa uno o más canales de audio con una descripción de fuente paramétrica, tal como posición de fuente aparente (por ejemplo, coordenadas 3D), anchura de fuente aparente, etc.; y “audio adaptativo” significa señales de audio basadas en canales y/o basadas en objetos más metadatos que reproduce las señales de audio basándose en el entorno de reproducción usando un flujo de audio más metadatos, en el que la posición se codifica como una posición 3D en el espacio; y “entorno auditivo” significa cualquier área abierta, parcialmente encerrada o completamente encerrada, tal como una sala que puede usarse para la reproducción de contenido de audio solo o con video u otro contenido, y puede implementarse en una casa, un cine, un teatro, un auditorio, un estudio, una consola de juegos, y similares. Un área de este tipo puede tener una o más superficies dispuestas en la misma, tal como paredes o deflectores que pueden reflejar de manera directa o difusa ondas acústicas.

Las realizaciones se refieren a un sistema de reproducción de sonido reflejado que está configurado para trabajar con un sistema de formato y procesamiento de sonido que puede denominarse “sistema de audio espacial” o “sistema de audio adaptativo” que se basa en una tecnología de formato y reproducción de audio para permitir una mayor inmersión del público, un mayor control artístico y la flexibilidad y capacidad de ajuste de escala del sistema. Un sistema de audio adaptativo global comprende generalmente un sistema de codificación, distribución y decodificación de audio configurado para generar uno o más flujos de bits que contienen tanto elementos de audio convencionales basados en canales como elementos de codificación de objetos de audio. Un enfoque combinado de este tipo proporciona una mayor eficacia de codificación y flexibilidad de reproducción en comparación con enfoques o bien basados en canales o bien basados en objetos tomados por separado. Un ejemplo de un sistema de audio adaptativo que puede usarse junto con las presentes realizaciones se describe en la solicitud de patente provisional US en tramitación 61/636.429, presentada el 20 de abril de 2012 y titulada “System and Method for Adaptive Audio Signal Generation, Coding and Rendering” (“Sistema y método para la generación, codificación y reproducción de señales de audio adaptativo”).

En general, los objetos de audio pueden considerarse grupos de elementos de sonido que puede percibirse que emanan de una ubicación o ubicaciones físicas particulares en el entorno auditivo. Tales objetos pueden ser estáticos (estacionarios) o dinámicos (móviles). Los objetos de audio se controlan mediante metadatos que definen la posición del sonido en un punto en el tiempo dado, junto con otras funciones. Cuando se reproducen objetos, se reproducen según los metadatos posicionales usando los altavoces que están presentes, en vez de emitirlos necesariamente a un canal físico predefinido.

Una implementación de ejemplo de un sistema de audio adaptativo y formato de audio asociado es la plataforma Dolby® Atmos™. Un sistema de este tipo incorpora una dimensión de altura (arriba/abajo) que puede implementarse como sistema envolvente 9.1, o configuración de sonido envolvente similar (por ejemplo, 11.1, 13.1, 19.4, etc.). Un sistema envolvente 9.1 puede estar compuesto por cinco altavoces en el plano de suelo y cuatro altavoces en el plano de altura. En general, estos altavoces pueden usarse para producir sonido que está diseñado para emanar de cualquier posición de manera más o menos precisa dentro del entorno auditivo. En una implementación profesional o comercial típica, los altavoces en el plano de altura se proporcionan habitualmente como altavoces montados en el techo o altavoces montados en la parte alta de una pared por encima del público, tal como se observa a menudo en un cine. Estos altavoces proporcionan indicaciones de altura para señales que están destinadas a escucharse por encima del oyente transmitiendo directamente ondas acústicas hacia abajo hacia el público desde ubicaciones superiores.

Sistema de altavoces de altura virtual

En muchos casos, tales como entornos domésticos típicos, no están disponibles o no son prácticos de instalar altavoces superiores montados en el techo. En este caso, la dimensión de altura debe proporcionarse mediante altavoces montados en el suelo o en la parte baja de una pared. En una realización, la dimensión de altura se proporciona mediante altavoces de disparo ascendente que simulan altavoces de altura reflejando sonido desde el techo. En un sistema de audio adaptativo, ciertas técnicas de virtualización se implementan mediante el reproductor para reproducir contenido de audio superior a través de estos altavoces de disparo ascendente, y los altavoces usan la información específica referente a qué objetos de audio deben reproducirse por encima del plano horizontal convencional para dirigir las señales de audio en consecuencia.

Para los propósitos de la descripción, el término “controlador” significa un único transductor electroacústico que produce sonido en respuesta a una señal de entrada de audio eléctrica. Un controlador puede implementarse en cualquier tipo, geometría y tamaño apropiados, y puede incluir bocinas, conos, transductores de cinta y similares. El término “altavoz” significa uno o más controladores en un montaje unitario, y los términos “caja” o “carcasa” significan el montaje unitario que encierra uno o más controladores.

La FIG. 1 ilustra el uso de un controlador de disparo ascendente que usa sonido reflejado para simular uno o más altavoces superiores. El diagrama 100 ilustra un ejemplo en el que una posición de escucha 106 está ubicada en un sitio particular dentro de un entorno auditivo. El sistema no incluye ningún altavoz de altura para transmitir contenido de audio que contiene indicaciones de altura. En su lugar, la caja de altavoz o disposición de altavoces incluye un controlador de disparo ascendente junto con el/los controlador(es) de disparo frontal. El controlador de disparo ascendente está configurado (con respecto a la ubicación y el ángulo de inclinación) para enviar su onda acústica 108 hasta un punto particular 104 en el techo 102, en el que se refleja de nuevo hacia abajo hasta la posición de escucha 106. Se asume que el techo está fabricado de un material y una composición apropiados para reflejar de manera adecuada sonido hacia abajo al entorno auditivo. Las características relevantes del controlador de disparo ascendente (por ejemplo, tamaño, potencia, ubicación, etc.) pueden seleccionarse basándose en la composición del techo, el tamaño de la sala y otras características relevantes del entorno auditivo.

La realización de la FIG. 1 ilustra un caso en el que el controlador o controladores de disparo frontal están encerrados dentro de una primera caja 112, y el controlador de disparo ascendente está encerrado dentro de una segunda caja separada 110. El altavoz de disparo ascendente 110 para el altavoz de altura virtual se coloca generalmente encima del altavoz de disparo hacia delante 112, pero también son posibles otras orientaciones. Debe indicarse que puede usarse cualquier número de controladores de disparo ascendente en combinación para crear múltiples altavoces de altura simulados. Alternativamente, varios controladores de disparo ascendente pueden estar configurados para transmitir sonido a sustancialmente el mismo punto en el techo para conseguir una cierta intensidad o efecto de sonido.

La FIG. 2 ilustra una realización en la que el/los controlador(es) de disparo ascendente y el/los controlador(es) de disparo hacia delante se proporcionan en la misma caja. Como se muestra en la FIG. 2, la caja de altavoz 202 incluye tanto el controlador de disparo hacia delante 206 como el controlador de disparo ascendente 204. Aunque sólo se muestra un controlador de disparo ascendente en cada una de la FIG. 1 y la FIG. 2, pueden incorporarse múltiples controladores de disparo ascendente en un sistema de reproducción en algunas realizaciones. Para la realización de las FIGS. 1 y 2, debe indicarse que los controladores pueden ser de cualquier forma, tamaño y tipo apropiado dependiendo de las características de respuesta de frecuencia requeridas, así como cualquier otra restricción relevante, tales como tamaño, clasificación de potencia, coste de componente, etcétera.

Como se muestra en las FIGS. 1 y 2, los controladores de disparo ascendente están posicionados de tal manera que proyectan sonido a un ángulo hasta el techo, donde pueden rebotar hacia abajo de vuelta a un oyente. El ángulo de inclinación puede fijarse dependiendo de las características del entorno auditivo y los requisitos del sistema. Por ejemplo, el controlador ascendente 204 puede estar inclinado hasta entre 20 y 60 grados y puede estar posicionado por encima del controlador de disparo frontal 206 en el montaje de altavoz 202 para minimizar la interferencia con las ondas acústicas producidas desde el controlador de disparo frontal 206. El controlador de disparo ascendente 204 puede estar instalado a un ángulo fijo, o puede estar instalado de tal manera que el ángulo de inclinación pueda ajustarse manualmente. Alternativamente, puede usarse un servomecanismo para permitir el control automático o eléctrico del ángulo de inclinación y la dirección de proyección del controlador de disparo ascendente. Para ciertos sonidos, tales como sonido ambiente, el controlador de disparo ascendente puede apuntar directamente hacia arriba fuera de una superficie superior del montaje de altavoz 202 para crear lo que puede denominarse controlador “de disparo hacia arriba”. En este caso, una componente grande del sonido puede reflejarse hacia abajo de vuelta al altavoz, dependiendo de las características acústicas del techo. Sin embargo, en la mayoría de los casos se usa habitualmente algún ángulo de inclinación para ayudar a proyectar el sonido a través de la reflexión desde el techo hasta una ubicación diferente o más central dentro del entorno auditivo.

En una realización, el sistema de audio adaptativo utiliza controladores de disparo ascendente para proporcionar el elemento de altura para objetos de audio superiores. Esto se consigue en parte a través de la percepción de sonido reflejado desde arriba tal como se muestra en las FIGS. 1 y 2. En la práctica, sin embargo, el sonido no se radia en una manera perfectamente direccional a lo largo de la trayectoria reflejada desde el controlador de disparo ascendente. Parte del sonido del controlador de disparo ascendente se desplazará a lo largo de una trayectoria directamente desde el controlador hasta el oyente, disminuyendo la percepción de sonido desde la posición reflejada. La cantidad de este sonido directo no deseado en comparación con el sonido reflejado deseado es generalmente una función del patrón de directividad del controlador o controladores de disparo ascendente. Para compensar este sonido directo no deseado, se ha mostrado que incorporar el procesamiento de señales para introducir indicaciones de altura perceptuales en la señal de audio que se alimenta a los controladores de disparo ascendente mejora el posicionamiento y la calidad percibida de la señal de altura virtual. Por ejemplo, se ha desarrollado un modelo de audición direccional para crear un filtro de altura virtual, que cuando se usa para procesar señales de audio que se reproducen mediante un controlador de disparo ascendente, mejora esa calidad percibida

de la reproducción. En una realización, el filtro de altura virtual se deriva desde tanto la ubicación de altavoz física (aproximadamente a nivel con el oyente) como la ubicación de altavoz reflejada (por encima del oyente) con respecto a la posición de escucha. Para la ubicación de altavoz física, se determina un primer filtro direccional basándose en un modelo de sonido que se desplaza directamente desde la ubicación de altavoz hasta los oídos de un oyente en la posición de escucha. Un filtro de este tipo puede derivarse de un modelo de escucha direccional tal como una base de datos de mediciones de HRTF (*head related transfer function*, función de transferencia relativa a la cabeza) o un modelo de escucha binaural paramétrico, modelo de pabellón auricular u otro modelo de función de transferencia similar que utilice indicaciones que ayuden a percibir la altura. Aunque un modelo que tiene en cuenta modelos de pabellón auricular es generalmente útil ya que ayuda a definir cómo se percibe la altura, la función de filtro no está prevista para aislar efectos de pabellón auricular, sino más bien para procesar una relación de niveles sonoros desde una dirección hasta otra dirección, y el modelo de pabellón auricular es un ejemplo de un modelo de este tipo de un modelo de escucha binaural que puede usarse, aunque también pueden usarse otros.

Un elemento inverso de este filtro se determina a continuación y se usa para eliminar las indicaciones direccionales para las señales de audio que se desplazan a lo largo de una trayectoria directamente desde la ubicación de altavoz física hasta el oyente. A continuación, para la ubicación de altavoz reflejada, se determina un segundo filtro direccional basándose en un modelo de sonido que se desplaza directamente desde la ubicación de altavoz reflejada hasta los oídos de un oyente en la misma posición de escucha usando el mismo modelo de escucha direccional. Este filtro se aplica directamente, confiriendo esencialmente las indicaciones direccionales que recibiría el oído si el sonido estuviese emanando desde la ubicación de altavoz reflejada por encima del oyente. En la práctica, estos filtros pueden combinarse de manera que permita para un único filtro tanto que elimine al menos parcialmente las indicaciones direccionales de la ubicación de altavoz física como que inserte al menos parcialmente las indicaciones direccionales de la ubicación de altavoz reflejada. Un único filtro de este tipo proporciona una curva de respuesta de frecuencia que se denomina en el presente documento “función de transferencia de filtro de altura”, “curva de respuesta de filtro de altura virtual”, “función de transferencia de frecuencia deseada”, “curva de respuesta de indicación de altura”, o palabras similares para describir un filtro o una curva de respuesta de filtro que filtra las componentes de sonido directo de las componentes de sonido de altura en un sistema de reproducción de audio.

Con respecto al modelo de filtro, si P_1 representa la respuesta de frecuencia en dB del primer filtro que modela la transmisión de sonido desde la ubicación de altavoz física y P_2 representa la respuesta de frecuencia en dB del segundo filtro que modela la transmisión de sonido desde la posición de altavoz reflejada, entonces la respuesta total del filtro de altura virtual P_T en dB puede expresarse como: $P_T = \alpha(P_2 - P_1)$, donde α es un factor de ajuste de escala que controla la intensidad del filtro. Con $\alpha=1$, el filtro se aplica de manera máxima, y con $\alpha=0$, el filtro no hace nada (respuesta de 0 dB). En la práctica, α se fija en algún punto entre 0 y 1 (por ejemplo $\alpha=0,5$) basándose en el equilibrio relativo de sonido reflejado con respecto a directo. A medida que el nivel del sonido directo aumenta en comparación con el sonido reflejado, también debe hacerlo α con el fin de conferir de manera más completa las indicaciones direccionales de la posición de altavoz reflejada a esta trayectoria de sonido directo no deseada. Sin embargo, α no debe hacerse tan grande como para dañar el timbre de audio percibido que se desplaza a lo largo de la trayectoria reflejada, que ya contiene las indicaciones direccionales apropiadas. En la práctica, se ha encontrado que un valor de $\alpha=0,5$ funciona bien con los patrones de directividad de controladores de altavoz convencionales en una configuración de disparo ascendente. En general, los valores exactos de los filtros P_1 y P_2 serán una función del azimut de la ubicación de altavoz física con respecto al oyente y la elevación de la ubicación de altavoz reflejada. Esta elevación es a su vez una función de la distancia de la ubicación de altavoz física desde el oyente y la diferencia entre la altura del techo y la altura del altavoz (asumiendo que la cabeza del oyente está a la misma altura que la del altavoz).

La FIG. 3 representa respuestas de filtro de altura virtual P_T con $\alpha=1$ derivadas de un modelo de audición direccional basándose en una base de datos de respuestas de HRTF promediadas entre un gran conjunto de sujetos. Las líneas negras 303 representan el filtro P_T calculado por un intervalo de ángulos azimutales y un intervalo de ángulos de elevación que corresponden a distancias de altavoz y alturas de techo razonables. Viendo estos diversos ejemplos de P_T , en primer lugar se observa que la mayoría de cada variación del filtro se produce a frecuencias más altas, por encima de 4 Hz. Además, cada filtro presenta un pico ubicado a aproximadamente 7 kHz y un valle a aproximadamente 12 kHz. El nivel exacto del pico y el valle varían unos pocos dB entre las diversas curvas de respuesta. Dada esta gran concordancia en la ubicación del pico y el valle entre el conjunto de respuestas, se ha encontrado que una única respuesta de filtro promedio 302, dada por la línea gris gruesa, puede servir como filtro de indicación de altura universal para la mayoría de las ubicaciones de altavoz físicas y dimensiones de sala razonables. Dado este hallazgo, puede diseñarse un único filtro P_T para un altavoz de altura virtual, y no se requiere ningún conocimiento de la ubicación de altavoz y las dimensiones de sala exactas para un rendimiento razonable. Sin embargo, para un rendimiento aumentado, tal conocimiento puede utilizarse para fijar de manera dinámica el filtro P_T a una de las curvas negras particulares en la figura 3, de manera correspondiente con la ubicación de altavoz y las dimensiones de sala específicas.

El uso típico de un filtro de altura virtual de este tipo para reproducción de altura virtual es para señales de audio que van a preprocesarse por un filtro que presenta una de las respuestas de magnitud representadas en la figura 3 (por ejemplo curva promedio 302), antes de que se reproduzca a través del altavoz de altura virtual de disparo ascendente. El filtro puede proporcionarse como parte de la unidad de altavoz, o puede ser un componente

separado que se proporciona como parte del reproductor, amplificador u otro componente de procesamiento de audio intermedio. La FIG. 4A ilustra un filtro de altura virtual incorporado como parte de una unidad de altavoz que tiene un controlador de disparo ascendente, en una realización. Como se muestra en el sistema 400 de la figura 4A, un procesador de audio adaptativo 402 emite señales de audio que contienen componentes de señal de altura y componentes de señal directa separados. Se pretende que las componentes de señal de altura se reproduzcan a través de un altavoz de disparo ascendente 408, y se pretende que la componente de señal de audio directa se reproduzca a través de un altavoz de disparo hacia delante o directo 407. Las componentes de señal no son necesariamente diferentes en cuanto al contenido de frecuencia o contenido de audio, pero en su lugar están diferenciadas en base a las indicaciones de altura presentes en los objetos o señales de audio. Para la realización de la FIG. 4A, un filtro de altura 406 está contenido dentro de o asociado de otro modo con el altavoz de altura 408. El filtro de altura 406 compensa cualquier componente de sonido directo no deseado que pueda estar presente en la señal de altura proporcionando indicaciones de altura perceptuales a la señal de altura para mejorar el posicionamiento y la calidad percibida de la señal virtual. Un filtro de altura de este tipo puede incorporar la curva de referencia mostrada en la figura 3.

En una realización alternativa, el preprocesamiento de filtro de altura virtual puede tener lugar en el equipo de reproducción antes de la entrada a un amplificador de altavoz (es decir, un receptor AV o preamplificador). La FIG. 4B ilustra un filtro de altura virtual incorporado como parte de una unidad de reproducción para controlar un controlador de disparo ascendente, en una realización. Como se muestra en el sistema 410 de la figura 4B, el reproductor 412 emite señales de altura y directas separadas a través del amplificador 414 para controlar altavoces de disparo ascendente 418 y altavoces directos 417, respectivamente. Un filtro de altura 416 dentro del reproductor 412 proporciona la compensación de sonido directo a través de un filtro de ranura (por ejemplo, curva de referencia 302) para el altavoz de disparo ascendente 418, tal como se describió anteriormente con respecto a la FIG. 4A. Esto permite proporcionar la función de filtro de altura para altavoces que no tienen ningún filtrado de altura virtual integrado.

En una realización, se proporciona cierta información posicional al filtro de altura, junto con una señal de derivación para habilitar o deshabilitar el filtro de altura virtual dentro del sistema de altavoces. La FIG. 5 ilustra un filtro de altura que recibe información posicional y una señal de derivación, en una realización. Como se muestra en la FIG. 5, se proporciona información posicional al filtro de altura virtual 502, que está conectado al altavoz de disparo ascendente 504. La información posicional puede incluir la posición de altavoz y el tamaño de la sala utilizados para la selección de la respuesta de filtro de altura virtual apropiada del conjunto representado en la FIG. 3. Además, estos datos posicionales pueden utilizarse para variar el ángulo de inclinación del altavoz de altura virtual 504 si tal ángulo se hace ajustable a través de medios o bien automáticos o bien manuales. Un ángulo típico y eficaz para la mayoría de los casos es de aproximadamente 20 grados. La FIG. 6 ilustra un ángulo de inclinación de un controlador de disparo ascendente usado en un altavoz de altura virtual, en una realización. Como se muestra en el diagrama 600, la caja de altavoz 602 incluye controlador(es) de disparo hacia delante 606 y controlador de disparo ascendente 604. El controlador de disparo ascendente está posicionado a un ángulo 608 en relación con el plano de tierra u horizontal que define el eje de transmisión 610 del controlador de disparo hacia delante 606. La FIG. 6 ilustra un caso de ejemplo en el que el ángulo = 20 grados. Sin embargo, tal como se comentó anteriormente el ángulo debe fijarse de manera ideal para maximizar la relación de sonido reflejado con respecto a directo en la posición de escucha. Si se conoce el patrón de directividad del altavoz de disparo ascendente, entonces puede calcularse el ángulo óptimo dada la distancia al altavoz y la altura del techo exactas, y el ángulo 608 puede ajustarse entonces si el controlador de disparo ascendente 604 puede moverse con respecto al controlador de disparo hacia delante 606, tal como a través de una caja abisagrada o disposición servocontrolada. Dependiendo de la implementación del conjunto de circuitos de control (por ejemplo, o bien analógica, o bien digital, o bien electromecánica), tal información posicional puede proporcionarse a través de métodos de señalización eléctrica, medios electromecánicos u otros mecanismos similares.

En ciertos escenarios, información adicional sobre el entorno auditivo puede necesitar un ajuste adicional del ángulo de inclinación a través de medios o bien manuales o bien automáticos. Esto puede incluir casos en los que el techo es muy absorbente o inusualmente alto. En tales casos, la cantidad de sonido que se desplaza a lo largo de la trayectoria reflejada puede disminuirse, y por tanto puede ser deseable inclinar el controlador más hacia delante para aumentar la cantidad de señal de trayectoria directa desde el controlador para aumentar la eficacia de reproducción. Como esta componente de trayectoria directa aumenta, entonces es deseable aumentar el parámetro de ajuste de escala de filtro α , tal como se explicó anteriormente. Como tal, este parámetro de ajuste de escala de filtro α puede fijarse automáticamente como una función del ángulo de inclinación variable así como las otras variables relevantes para la relación de sonido reflejado con respecto a directo. Para la realización de la FIG. 6, el filtro de altura virtual 502 también recibe una señal de derivación, que permite que el filtro se elimine del circuito si no se desea un filtrado de altura virtual.

Como se muestra en las FIGS. 4A y 4B, el reproductor emite señales de altura y directas separadas directamente a los respectivos altavoces de disparo ascendente y directos. Alternativamente, el reproductor puede emitir una única señal de audio que se separa en componentes de altura y directas mediante un circuito de cruce o separación diferenciado. En este caso, la salida de audio del reproductor se separaría en sus componentes de altura y directa constituyentes mediante un circuito separado. En ciertos casos, las componentes de altura y directa no dependen de

la frecuencia y se usa un circuito de separación externo para separar las señales de audio en las componentes de sonido de altura y directo y dirigir estas señales a los respectivos controladores apropiados, en los que el filtrado de altura virtual se aplicará a la señal de altavoz de disparo ascendente.

5 Sin embargo, en la mayoría de los casos comunes las componentes de altura y directa pueden depender de la frecuencia, y el circuito de separación comprende un circuito de cruce que separa la señal de ancho de banda completo en componentes (paso banda) baja y alta para su transmisión a los controladores apropiados. Este es a menudo el caso más útil, dado que las indicaciones de altura son normalmente más prevalentes en señales de alta frecuencia que en las señales de baja frecuencia, y para esta aplicación, puede usarse un circuito de cruce junto con o integrado en la componente de filtro de altura virtual para dirigir señales de alta frecuencia al/a los controlador(es) de disparo ascendente y señales de menor frecuencia al/a los controlador(es) de disparo directo. La FIG. 7 es un diagrama que ilustra un sistema de filtro de altura virtual que incluye un circuito de cruce, en una realización. Como se muestra en el sistema 700, la salida del reproductor 702 a través de un amplificador (no mostrado) es una señal de ancho de banda completo y se usa un filtro de altavoz de altura virtual 708 para conferir la función de transferencia de filtro de altura deseada para señales enviadas al altavoz de disparo ascendente 712. Un circuito de cruce 706 separa la señal de ancho de banda completo del reproductor 702 en componentes de frecuencia alta (superior) y baja (directa) para su transmisión a los altavoces apropiados 712 (disparo ascendente) y 714 (directos). El cruce 706 puede estar integrado con o estar separado del filtro de altura 708, y estos circuitos separados o combinados pueden proporcionarse en cualquier punto dentro de la cadena de procesamiento de señales, tal como entre el reproductor y el sistema de altavoces (como se muestra), como parte de un amplificador o preamplificador en la cadena, dentro del propio sistema de altavoces, o como componentes acoplados estrechamente o integrados dentro del reproductor 702. La función de cruce puede implementarse antes de o después de la función de filtrado de altura virtual.

25 Un circuito de cruce normalmente separa las señales de audio en dos o tres bandas de frecuencia, enviándose las señales de audio filtradas de las diferentes bandas a los controladores apropiados dentro del altavoz. Por ejemplo en un cruce de dos bandas, las frecuencias menores se envían a un controlador más grande capaz de reproducir de manera fiel bajas frecuencias (por ejemplo, altavoz de bajos (*woofer*)/de rango medio) y las frecuencias mayores se envían normalmente a transductores más pequeños (por ejemplo, altavoces de altas frecuencias (*tweeters*)) que tienen más capacidad para reproducir de manera fiel frecuencias más altas. La FIG. 8A es un diagrama de circuito de alto nivel de un filtro de cruce de dos bandas usado junto con un filtro de altura virtual, tal como se muestra en la FIG. 7, en una realización. Con referencia al diagrama 800, una entrada de señal de audio al circuito de cruce 802 se envía a un filtro paso alto 804 y un filtro paso bajo 806. El cruce 802 se fija o se programa con una frecuencia de corte particular que define el punto de cruce. Esta frecuencia puede ser estática o puede ser variable (es decir, a través de un circuito de resistencia variable en una implementación analógica o un parámetro de cruce variable en una implementación digital). El filtro paso alto 804 corta las señales de baja frecuencia (aquellas por debajo de la frecuencia de corte) y envía la componente de alta frecuencia al controlador de alta frecuencia 807. De manera similar, el filtro paso bajo 806 corta las altas frecuencias (aquellas por encima de la frecuencia de corte) y envía la componente de baja frecuencia al controlador de baja frecuencia 808. Un cruce de tres vías funciona de manera similar excepto que hay dos puntos de cruce y tres filtros paso banda para separar la señal de audio de entrada en tres bandas para su transmisión a tres controladores separados, tales como *tweeters*, altavoces de rango medio y *woofers*.

45 El circuito de cruce 802 puede implementarse como un circuito analógico usando componentes analógicos conocidos (por ejemplo, condensadores, inductancias, resistencias, etc.) y diseños de circuito conocidos. Alternativamente, puede implementarse como un circuito digital usando componentes de procesador de señales digitales (DSP), compuertas lógicas, disposiciones programables u otros circuitos digitales.

50 El circuito de cruce de la FIG. 8A puede usarse para implementar al menos una parte del filtro de altura virtual, tal como el filtro de altura virtual 702 de la FIG. 7. Como se observa en la figura 3, la mayor parte del filtrado de altura virtual tiene lugar a frecuencias por encima de los 4 kHz, que es mayor que la frecuencia de corte para muchos cruces de dos vías. La FIG. 8B ilustra un cruce de dos bandas que implementa filtrado de altura virtual en la trayectoria de filtrado de paso alto, en una realización. Como se muestra en el diagrama 820, el cruce 821 incluye un filtro paso bajo 825 y un filtro paso alto 824. El filtro paso alto forma parte de un circuito 820 que incluye un componente de filtro de altura virtual 828. Este filtro de altura virtual aplica la respuesta de filtro de altura deseada, tal como la curva 302, a la señal filtrada con filtro paso alto antes de la transmisión al controlador de alta frecuencia 830.

60 Puede proporcionarse un conmutador de derivación 826 para permitir al sistema o al usuario evitar el circuito de filtro de altura virtual durante las operaciones de calibración o configuración de modo que puedan funcionar otros procesos de señales de audio sin interferir con el filtro de altura virtual. El conmutador 826 puede ser o bien un conmutador de palanca manual operado por el usuario que se proporciona en el altavoz o bien un componente de reproducción en el que reside el circuito de filtro, o puede ser un controlador electrónico controlado mediante software, o cualquier otro tipo apropiado de conmutador. También puede proporcionarse información posicional 822 al filtro de altura virtual 828.

La realización de la FIG. 8B ilustra un filtro de altura virtual usado con la fase de filtro paso alto de un cruce. Debe indicarse que, en una realización alternativa, puede usarse un filtro de altura virtual con el filtro paso bajo de modo que la banda de frecuencia menor también puede modificarse para imitar las frecuencias menores de la respuesta tal como se muestra en la FIG. 3. Sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones prácticas, el cruce puede ser excesivamente complicado a la luz de las indicaciones de altura mínimas presentes en el intervalo de baja frecuencia.

La FIG. 9 ilustra la respuesta de frecuencia del cruce de dos bandas de la FIG. 8B, en una realización. Como se muestra en el diagrama 900, el cruce tiene una frecuencia de corte 902 para crear una curva de respuesta de frecuencia 904 del filtro paso bajo que corta frecuencias por encima de la frecuencia de corte 902, y una curva de respuesta de frecuencia 906 para el filtro paso alto que corta frecuencias por debajo de la frecuencia de corte 902. La curva de filtro de altura virtual 908 se superpone a la curva de filtro paso alto 906 cuando se aplica el filtro de altura virtual a la señal de audio tras la fase de filtro paso alto.

La implementación de cruce mostrada en la FIG. 8B asume que el altavoz de altura virtual de disparo ascendente se implementa usando dos controladores, uno para bajas frecuencias y uno para altas frecuencias. Sin embargo, esta configuración puede no ser ideal en la mayoría de las condiciones. La direccionalidad específica y controlada de un altavoz de disparo ascendente es a menudo crítica para una virtualización eficaz. Por ejemplo, un único altavoz de transductor es habitualmente más eficaz cuando se implementa el altavoz de altura virtual. Adicionalmente, se prefiere un único transductor más pequeño (por ejemplo, 3" de diámetro) ya que es más direccional a frecuencias más altas y más asequible que un transductor más grande.

En una realización, el altavoz de disparo ascendente puede comprender un par o una disposición de dos o más altavoces de diferentes tamaños y/o características. La FIG. 10 ilustra diversas configuraciones de altavoces de disparo ascendente y de disparo frontal o directos diferentes para su uso con un filtro de altura virtual, en una realización. Como se muestra en la figura 10, un altavoz de disparo ascendente puede incluir dos controladores 1002 y 1004 ambos montados dentro de la misma caja 1001 para el disparo ascendente en el mismo ángulo. Los controladores pueden tener la misma configuración o pueden tener configuraciones diferentes (tamaño, potencia, respuesta de frecuencia, etc.), dependiendo de las necesidades de la aplicación. La señal de audio de disparo ascendente (UF) se transmite a este altavoz 1001 y pueden usarse un procesamiento interno para enviar señales de audio apropiadas a cualquiera o ambos de los controladores 1002 y 1004. En una realización alternativa, uno de los controladores de disparo ascendente, por ejemplo, 1004 puede tener un ángulo diferente al del otro controlador, tal como se muestra en el altavoz 1010. En este caso, el controlador de disparo ascendente 1004 se dirige para disparar sustancialmente hacia el frente fuera de la caja 1010. Debe indicarse que puede seleccionarse cualquier ángulo apropiado para cualquiera o ambos de los controladores 1002 y 1004, y que la configuración de altavoz puede incluir cualquier número apropiado de controladores o disposiciones de controladores de diversos tipos (cono, cinta, bocina, etc.). En una realización, los altavoces de disparo ascendente 1001 y 1002 pueden montarse en un altavoz de disparo hacia delante o directo 1020 que incluye uno o más controladores 1020 que transmite sonido directamente fuera de la caja principal. Este altavoz recibe la señal de entrada de audio principal, por separado de la señal de audio UF.

La FIG. 8C ilustra un cruce que combina redes de filtro de cruce de altavoz de disparo ascendente y de disparo frontal para su uso con diferentes controladores de alta frecuencia, tales como los mostrados en la figura 10, en una realización. El diagrama 8000 ilustra una realización en la que se proporcionan cruces separados para el altavoz de disparo frontal y el altavoz de altura virtual. El cruce de altavoz de disparo frontal 8012 comprende un filtro paso bajo 8016 que alimenta al controlador de baja frecuencia 8020 y un filtro paso alto 8014 que alimenta al controlador de alta frecuencia 8018. El cruce de altavoz de altura virtual 8002 incluye un filtro paso bajo 8004 que también alimenta al controlador de baja frecuencia 8020 a través de la combinación con la salida de filtro paso bajo 8016 en el cruce 8012. El cruce de altura virtual 8002 incluye un filtro paso alto 8006 que incorpora la función de filtro de altura virtual 8008. La salida de este componente 8007 alimenta al controlador de alta frecuencia 8010. El controlador 8010 es un controlador de disparo ascendente y es normalmente un controlador más pequeño y posiblemente de composición diferente que el controlador de baja frecuencia de disparo frontal 8020. Como ejemplo, el intervalo de frecuencia eficaz para un controlador de baja frecuencia dirigido hacia el frente 8020 puede fijarse desde 40 Hz hasta 2 Khz, para un controlador de alta frecuencia dirigido hacia el frente 8018 desde 2 Khz hasta 20kHz, y para un controlador de alta frecuencia de disparo ascendente 8010 desde 400 Hz hasta 20 kHz.

Hay varios beneficios de combinar las redes de cruce para los altavoces de disparo por arriba y hacia delante tal como se muestra en la figura 10. En primer lugar, el controlador más pequeño preferido no podría reproducir de manera eficaz las frecuencias menores y de hecho puede producir distorsión a niveles altos. Por tanto, el filtrado y el redireccionamiento de las bajas frecuencias a los controladores de baja frecuencia del altavoz de disparo frontal permitirán usar un único altavoz más pequeño para el altavoz de altura virtual y dar como resultado una mayor fidelidad. Adicionalmente, la investigación ha mostrado que hay poco efecto de altura virtual para señales de audio por debajo de los 400 Hz, de modo que enviar sólo frecuencias más altas al altavoz de altura virtual 1010 representa un uso óptimo de ese controlador.

Corrección espacial con altavoces de altura virtual

Como se comentó anteriormente, la adición de filtrado de altura virtual a un altavoz de altura virtual añade indicaciones perceptuales a la señal de audio que añaden o mejoran la percepción de altura para altavoces de disparo ascendente. La incorporación de técnicas de filtrado de altura virtual en altavoces y/o reproductores puede necesitar tener en cuenta otros procesos de señales de audio realizados por el equipo de reproducción. Uno de tales procesos es la corrección espacial, que es un proceso que es común en AVR comercialmente disponibles. Las técnicas de corrección espacial utilizan un micrófono colocado en el entorno auditivo para medir la respuesta de tiempo y frecuencia de señales de prueba de audio reproducidas a través de un AVR con altavoces conectados. El propósito de la medición de señales de prueba y de micrófono es medir y compensar varios factores clave, tales como los efectos acústicos de la sala y el entorno sobre las señales de audio, incluyendo los nodos de la sala (vacíos y picos), la respuesta de frecuencia no ideal de los altavoces de reproducción, los retardos de tiempo entre múltiples altavoces y la posición de escucha, y otros factores similares. Puede aplicarse una ecualización de frecuencia automática y/o compensación de volumen a la señal para superar cualquier efecto detectado por el sistema de corrección espacial. Por ejemplo, para los primeros dos factores, se usa normalmente ecualización para modificar las señales de audio reproducidas a través del sistema de AVR/altavoz, con el fin de ajustar la magnitud de respuesta de frecuencia de las señales de audio de modo que se corrijen los nodos de la sala (picos y valles) y las imprecisiones de respuesta de altavoz.

Si se usan altavoces de altura virtual en el sistema y se habilita el filtrado virtual, un sistema de corrección espacial puede detectar el filtro de altura virtual como un nodo de la sala o una anomalía de altavoz e intentar ecualizar la respuesta de magnitud de altura virtual para que sea plana. Este intento de corrección es especialmente notable si el filtro de altura virtual presenta un valle de alta frecuencia pronunciado, tal como cuando el ángulo de inclinación es relativamente alto.

Las realizaciones de un sistema de altavoces de altura virtual incluyen técnicas y componentes para impedir que un sistema de corrección espacial deshaga la virtualización de filtro de altura. La FIG. 11 es un diagrama de bloques de un sistema de reproducción de altura virtual que incluye capacidades de corrección espacial y de detección de altavoces de altura virtual, en una realización. Como se muestra en el diagrama 1100, un AVR u otro componente de reproducción 1102 está conectado a uno o más altavoces de altura virtual 1106 que incorpora un proceso de filtro de altura virtual 1108. Este filtro produce una respuesta de frecuencia, tal como se ilustra en la figura 7, que puede ser susceptible de corrección espacial 1104 u otras técnicas de compensación de anomalías realizadas por el reproductor 1102.

En una realización, el componente de compensación de corrección espacial incluye un componente 1105 que permite al AVR u otro componente de reproducción detectar que un altavoz de altura virtual está conectado al mismo. Una técnica de detección de este tipo es el uso de una interfaz de usuario de calibración de sala y una definición de altavoz que especifica un tipo de altavoz como altavoz de altura virtual o no virtual. Los presentes sistemas de audio incluyen a menudo una interfaz que pide al usuario que especifique el tamaño del altavoz en cada ubicación de altavoz, tal como pequeño, medio, grande. En una realización, se añade un tipo de altavoz de altura virtual a este conjunto de definición. Por tanto, el sistema puede anticipar la presencia de altavoces de altura virtual a través de un elemento de datos adicional, tal como pequeño, medio, grande, altura virtual, etc. En una realización alternativa, un altavoz de altura virtual puede incluir hardware de señalización que establece que es un altavoz de altura virtual en oposición a un altavoz de altura no virtual. En este caso, un dispositivo de reproducción (tal como un AVR) puede realizar un sondeo en los altavoces y buscar información relativa a si algún altavoz particular incorpora tecnología de altura virtual. Estos datos pueden proporcionarse por medio de un protocolo de comunicación definido, que puede ser inalámbrico, conexión digital directa o por medio de una trayectoria analógica dedicada usando cable de altavoz existente o una conexión separada. En una realización alternativa adicional, la detección puede realizarse a través del uso de señales de prueba y procedimientos de medición que están configurados o modificados para identificar las características de frecuencia únicas de un filtro de altura virtual en un altavoz y determinar que un altavoz de altura virtual está conectado por medio del análisis de la señal de prueba medida.

Una vez que un dispositivo de reproducción con capacidades de corrección espacial ha detectado la presencia de un altavoz (o altavoces) de altura virtual conectado al sistema, se realiza un proceso de calibración 1105 para calibrar correctamente el sistema sin afectar de manera adversa a la función de filtrado de altura virtual 1108. En una realización, la calibración puede realizarse usando un protocolo de comunicación que permite al dispositivo de reproducción hacer que el altavoz de altura virtual 1106 evite el proceso de filtrado de altura virtual 1108. Esto puede realizarse si el altavoz está activo y puede evitar el filtrado. La función de derivación puede implementarse como conmutador seleccionable por el usuario, o pueden implementarse como instrucción de software (por ejemplo, si el filtro 1108 se implementa en un DSP), o como una señal analógica (por ejemplo, si el filtro se implementa como un circuito analógico).

En una realización alternativa, la calibración del sistema puede realizarse usando un filtrado de preacentuación. En esta realización, el algoritmo de corrección espacial 1104 realiza un filtrado de preacentuación sobre la señal de prueba que genera y emite a los altavoces para su uso en el proceso de calibración. La FIG. 12 es un gráfico que presenta visualmente el efecto de filtrado de preacentuación para la calibración, en una realización. La representación gráfica 1200 ilustra una respuesta de frecuencia típica para un filtro de altura virtual 1204, y una

respuesta de frecuencia de filtro de preacentuación complementaria 1202. El filtro de preacentuación se aplica a la señal de prueba de audio usada en el proceso de calibración espacial, de modo que cuando se reproduce a través del altavoz de altura virtual, se cancela el efecto del filtro, tal como se muestra mediante las representaciones gráficas complementarias de las dos curvas 1202 y 1204 en el intervalo de frecuencia superior de la representación gráfica 1200. De este modo, la calibración se aplicará como si se estuviese usando un altavoz de altura normal, no virtual.

En aún una realización alternativa adicional, la calibración puede realizarse añadiendo la respuesta de filtro de altura virtual a la respuesta objetivo del sistema de calibración.

En cualquiera de estos dos casos (filtro de preacentuación o modificación de respuesta objetivo), el filtro de altura virtual usado para modificar el procedimiento de calibración puede elegirse para coincidir exactamente con el filtro utilizado en el altavoz. Sin embargo, si el filtro de altura virtual utilizado dentro del altavoz es un filtro universal, tal como la curva 302, que no se modifica como una función de la ubicación de altavoz y las dimensiones de sala, entonces el sistema de calibración puede seleccionar en su lugar una respuesta de filtro de altura virtual correspondiente a la ubicación y las dimensiones reales si tal información está disponible para el sistema. De este modo, el sistema de calibración aplica un equivalente de corrección a la diferencia entre la respuesta de filtro de altura virtual más precisa, dependiente de la ubicación, y la respuesta universal utilizada en el altavoz. En este sistema híbrido, el filtrado fijado en el altavoz proporciona un buen efecto de altura virtual, y el sistema de calibración en el AVR refina adicionalmente este efecto con más conocimiento del entorno auditivo.

La FIG. 13 es un diagrama de flujo que ilustra un método de realización de filtrado de altura virtual en un sistema de audio adaptativo, en una realización. El proceso de la figura 13 ilustra las funciones realizadas por los componentes mostrados en la FIG. 11. El proceso 1300 comienza enviando una señal o señales de prueba a los altavoces de altura virtual con virtualización de filtro de altura integrada, acción 1302. El filtrado de altura virtual integrado produce una curva de respuesta de frecuencia, tal como la mostrada en la FIG. 7, que puede verse como una anomalía que se corregirá mediante cualquier proceso de corrección espacial. En la acción 1304, el sistema detecta la presencia de los altavoces de altura virtual, de modo que cualquier modificación debida a la aplicación de métodos de corrección espacial puede corregirse o compensarse para permitir la operación del filtrado de altura virtual de los altavoces de altura virtual, acción 1306.

Tal como se describió anteriormente y se ilustra en las FIGS. 4A-B y 7, el filtro de altura virtual puede implementarse en un altavoz o bien por sí solo o bien con o como parte de un circuito de cruce que separa las frecuencias de audio de entrada en bandas alta y baja, o más dependiendo del diseño de cruce. Cualquiera de estos circuitos puede implementarse como circuito DSP digital u otro circuito que implementa un filtro de FIR (*finite impulse response*, respuesta de impulso finito) o IIR (*infinite impulse response*, respuesta de impulso infinito) para aproximarse a la curva de filtro de altura virtual, tal como se muestra en la FIG. 3. Cualquiera del cruce, el circuito de separación y/o el filtro de altura virtual puede implementarse como circuitos pasivos o activos, en los que un circuito activo requiere un suministro de potencia separado para funcionar, y un circuito pasivo usa potencia proporcionada por otros componentes de sistema o señales.

Para una realización en la que el filtro o cruce de altura se proporciona como parte de un sistema de altavoces (caja más controladores), este componente puede implementarse en un circuito analógico. La FIG. 14A es un diagrama de circuito que ilustra un circuito de filtro de altura virtual analógico, en una realización. El circuito 1400 incluye un filtro de altura virtual que comprende una conexión de componentes analógicos con valores elegidos para aproximarse al equivalente de la curva 302 con el parámetro de ajuste de escala $\alpha=0,5$ para un altavoz de 6 ohmios de 3 pulgadas con una respuesta teóricamente plana a 18 kHz. La respuesta de frecuencia de este circuito se representa en la FIG. 14B como curva negra 1422 junto con la curva deseada 1424 en gris. El circuito de ejemplo 1400 de la figura 14 pretende representar sólo un ejemplo de un diseño o configuración de circuito posible para un circuito de filtro de altura virtual, y son posibles otros diseños.

La figura 15A representa una implementación digital del filtro de indicación de altura para su uso en un altavoz con alimentación que emplea un DSP o un conjunto de circuitos activos. El filtro se implementa como un filtro de IIR de cuarto orden con coeficientes elegidos para una tasa de muestreo de 48 kHz. Este filtro puede convertirse alternativamente en un circuito analógico activo equivalente a través de medios ampliamente conocidos por un experto en la técnica. La figura 15B representa una curva de respuesta de frecuencia de ejemplo 1524 de este filtro junto con una curva de respuesta deseada 1522.

Especificaciones de altavoz

Los altavoces usados en un sistema de audio adaptativo que implementa filtrado de altura virtual para un teatro doméstico o entorno auditivo similar puede usarse una configuración que se basa en configuraciones de sonido envolvente existentes (por ejemplo, 5.1, 7.1, 9.1, etc.). En este caso, se proporcionan varios controladores y se definen según la convención de sonido envolvente conocida, con controladores y definiciones adicionales proporcionados para los componentes de sonido de disparo ascendente.

Como se muestra en la FIG. 10, controladores de disparo ascendente y directos pueden empaquetarse en diversas configuraciones diferentes con diferentes unidades de controlador independientes y combinaciones de controladores en cajas unitarias. La FIG. 16 ilustra la configuración de altavoces de disparo ascendente y directo para una aplicación de sonido reflejado que utiliza filtrado de altura virtual, en una realización. En el sistema de altavoces 1600, una caja contiene controladores de disparo directo que comprenden *woofer* 1604 y *tweeter* 1602. Un controlador de disparo ascendente 1606 está dispuesto para transmitir señales fuera de la parte de arriba de la caja para la reflexión desde el techo de la sala de escucha. Como se describió anteriormente, el ángulo de inclinación puede fijarse para ser cualquier ángulo apropiado, tal como 20 grados, y el controlador 1606 puede moverse manual o automáticamente con respecto a este ángulo de inclinación. Pueden incluirse espuma absorbente del sonido 1610, o cualquier material de deflexión similar en el puerto de controlador de disparo ascendente para aislar acústicamente este controlador del resto del sistema de altavoces. La configuración de la FIG. 16 está prevista para proporcionar sólo una ilustración de ejemplo, y son posibles muchas otras configuraciones. El tamaño de la caja, el tamaño del controlador, el tipo del controlador, la colocación del controlador y otras características de diseño de altavoz pueden configurarse todas de manera diferente basándose en los requisitos y las limitaciones del contenido de audio, el sistema de reproducción y el entorno auditivo.

En un entorno de audio adaptativo típico, varios montajes de altavoz estarán contenidos dentro del entorno auditivo. La FIG. 17 ilustra una colocación de ejemplo de altavoces que tienen controladores de disparo ascendente y componentes de filtro de altura virtual dentro de un entorno auditivo. Como se muestra en la FIG. 17, el entorno auditivo 1700 incluye cuatro altavoces individuales 1702, teniendo cada uno al menos un controlador de disparo frontal, de disparo lateral y de disparo ascendente. El entorno auditivo también puede contener controladores fijos usados para aplicaciones de sonido envolvente, tales como altavoz central y *subwoofer* o LFE (elemento de baja frecuencia). Como puede observarse en la FIG. 17, dependiendo del tamaño del entorno auditivo y las respectivas unidades de altavoz, la colocación apropiada de altavoces 1702 dentro del entorno auditivo puede proporcionar un entorno de audio rico que resulta de la reflexión de sonidos desde el techo a partir del número de controladores de disparo ascendente. Los altavoces pueden tener como objetivo proporcionar reflexión desde uno o más puntos en el plano de techo dependiendo del contenido, el tamaño del entorno auditivo, la posición del oyente, las características acústicas y otros parámetros relevantes.

Como se estableció anteriormente, el ángulo óptimo para un altavoz de disparo ascendente es el ángulo de inclinación del controlador de altura virtual que da como resultado la máxima energía reflejada sobre el oyente. En una realización, este ángulo es una función de la distancia desde el altavoz y la altura del techo. Aunque generalmente la altura del techo será la misma para todos los controladores de altura virtual en una sala particular, los controladores de altura virtual pueden no ser equidistantes con respecto al oyente o la posición de escucha 106. Los altavoces de altura virtual pueden usarse para diferentes funciones, tales como funciones de proyección directa y sonido envolvente. En este caso, pueden usarse diferentes ángulos de inclinación para los controladores de disparo ascendente. Por ejemplo, los altavoces de altura virtual envolventes pueden fijarse a un ángulo más bajo o pronunciado en comparación con los controladores de altura virtual frontales dependiendo de contenido y las condiciones de la sala. Además, pueden usarse diferentes factores de ajuste de escala α para los diferentes altavoces, por ejemplo, para los controladores de altura virtual envolventes frente a los controladores de altura frontales. De manera similar, puede usarse una curva de respuesta de magnitud de forma diferente para el modelo de altura virtual 302 que se aplica a los diferentes altavoces. Por tanto, en un sistema desplegado con múltiples altavoces de altura virtual diferentes, los altavoces pueden orientarse a diferentes ángulos y/o los filtros de altura virtual para estos altavoces pueden presentar diferentes curvas de filtro.

Diseño de transductor nativo

Se han descrito realizaciones en las que la curva de frecuencia de altura virtual para su uso con controladores de disparo ascendente se proporciona mediante un componente de procesamiento digital o circuito específico. Un circuito de este tipo puede añadir una cierta cantidad de coste y complejidad a un sistema de reproducción de audio, lo cual puede no ser deseable. En una realización, la función de transferencia de altura virtual deseada puede diseñarse en la respuesta de frecuencia nativa del controlador de disparo ascendente. Muchos altavoces tienen errores de alta frecuencia inherentes por partes que no permanecen lineales en el intervalo operativo de los altavoces, y que puede ser similar a la función de transferencia de filtro de altura deseada. En los diseños de controlador actuales, estos errores se minimizan normalmente para producir un altavoz más lineal. Sin embargo, una respuesta no lineal específica para mejorar la información de indicación de altura puede diseñarse directamente en controladores previstos para reflejar sonido desde superficies de techo. Ciertas características y componentes de los controladores o transductores del altavoz de disparo ascendente pueden modificarse para incorporar una curva de transferencia de indicación de altura específica, tal como la mostrada en el diagrama 1800 de la FIG. 18. La FIG. 18 ilustra una curva de transferencia de indicación de altura deseada 1804 en comparación con una curva lineal 1802 de un controlador linealizado óptimo. La curva 1804 puede corresponder a la curva de filtro de altura virtual 302, o puede ser una curva modificada optimizada para el diseño del controlador o controladores de disparo ascendente.

Ciertos elementos del controlador de disparo ascendente se modifican para crear la función de transferencia de altura deseada 1804 de manera nativa en el propio controlador, y puede incluir el cono controlador, tapón antipolvo, araña u otros elementos.

En una realización, el cono controlador y/o el borde de cono pueden modificarse. Pueden usarse un ensamblaje de borde de cono con una banda delgada en el perímetro del cono o múltiples bandas de grosor variable. El cono puede incluir alternativamente una sección abisagrada o múltiples secciones abisagradas usando áreas con forma de "u" o "v" en el cono. El controlador también puede utilizar bandas del área de cono que no son tangentes al perfil de cono principal, es decir, perfiles en zigzag; o una sección del perímetro de cono exterior que está a un ángulo muy pequeño con respecto al plano frontal del altavoz que produce un área sustancialmente plana. Alternativamente, una sección del perímetro de borde interno que está a un ángulo muy pequeño con respecto al plano frontal del altavoz puede usarse para crear un área sustancialmente plana que puede radiar independientemente del cuerpo de cono. Esto también puede llevarse a cabo mediante una sección del perímetro de borde interior que está a un ángulo muy agudo con respecto al plano frontal del altavoz con un gran aumento de la masa de brazo de palanca en la unión del ensamblaje de cono/borde. El cono también puede incorporar una sección abisagrada o múltiples secciones abisagradas usando áreas con forma de "u" o "v" en el borde; o un borde con una concordancia sustancialmente asimétrica entre el desplazamiento hacia delante y hacia atrás que crea armónicos en la banda requerida. Estas variaciones de diseño pretenden todas introducir armónicos que ayuden a crear la curva de respuesta deseada 1804 para el controlador.

El cono controlador se tapa a menudo con un tapón antipolvo posicionado en el centro del círculo del cono. El tapón antipolvo también puede estar configurado para ayudar a producir la curva de frecuencia deseada. Por ejemplo, puede usarse un tapón antipolvo para ensamblaje de cono con una sección de cono abisagrada secciones de cono delgadas que permiten que el tapón antipolvo vibre a altas frecuencias en un modo sustancialmente desacoplado. Alternativamente, el tapón antipolvo puede conformarse para pasar a ser un radiador secundario eficiente en el intervalo de frecuencia de altura deseado. De manera similar, puede usarse un tapón antipolvo con un zumbador con forma de cono u otro elemento de rotación o vibración que esté conformado para pasar a ser un radiador secundario eficiente en el intervalo de frecuencia de altura. Un tapón antipolvo de este tipo puede modificarse y usarse por sí mismo, o en combinación con el ensamblaje de cono modificado.

El cono se soporta normalmente mediante un bastidor de plástico o metal denominado araña. En una realización, puede modificarse la araña en lugar de, o junto con el cono y/o el tapón antipolvo. Por ejemplo, puede usarse una araña con una concordancia sustancialmente asimétrica entre el desplazamiento hacia delante y hacia atrás que crea armónicos en la banda requerida.

Pueden definirse ciertas especificaciones para optimizar el controlador de disparo ascendente. Por ejemplo, la memoria descriptiva puede definir un transductor que incorpora un cono con una forma de sección transversal variable que crea una respuesta de alta frecuencia con aumento a 7 kHz de 5 dB seguido de una caída de 7 dB a 12 kHz, y tal forma de sección transversal variable puede incluir una sección anular que crea una bisagra que permite que el cono de esta sección vibre en oposición de fase al resto del cuerpo de cono. Debe indicarse que todas de las modificaciones citadas para el controlador elementos pueden usarse solas o en combinación entre sí para producir la curva de respuesta de frecuencia deseada.

En lugar de la parte de cono del controlador, la curva de frecuencia deseada puede integrarse en el altavoz usando otros componentes de altavoz o adicionales. En una realización, un guíaondas (por ejemplo, bocina, lente, etc.) se usa independientemente o junto con el controlador de disparo ascendente para producir la función objetivo deseada 1804. Esta realización usa un guíaondas para crear la función de transferencia deseada controlando la directividad. Para esta realización, la propia función de transferencia deseada se crea mediante la forma del guíaondas, y/o el uso del guíaondas junto con el controlador optimizado crea la función de transferencia deseada.

En general, los altavoces de disparo ascendente que incorporan técnicas de filtrado de altura virtual tal como se describen en el presente documento pueden usarse para reflejar sonido desde una superficie de techo dura para simular la presencia de altavoces superiores/de altura posicionados en el techo. Un atributo atractivo del contenido de audio adaptativo es que las señales de audio espacialmente dispersas se reproducen usando una disposición de altavoces superiores. Como se estableció anteriormente, sin embargo, en muchos casos, la instalación de altavoces superiores es demasiado cara o poco práctica en un entorno doméstico. Simulando altavoces de altura usando altavoces posicionados de manera normal en el plano horizontal, puede crearse una experiencia 3D atractiva con altavoces fáciles de posicionar. En este caso, el sistema de audio adaptativo está usando los controladores de disparo ascendente/simulación de altura en un modo nuevo porque objetos de audio y su información de reproducción espacial se usan para crear las señales de audio que están reproduciéndose por los controladores de disparo ascendente. Los componentes de filtrado de altura virtual ayudan a reconciliar o minimizar las indicaciones de altura que pueden transmitirse directamente al oyente en comparación con el sonido reflejado, de modo que la percepción de alta se proporciona de manera apropiada mediante las señales reflejadas superiores.

Aspectos de los sistemas descritos en el presente documento pueden implementarse en un entorno de red de procesamiento de sonido basada en ordenadores apropiado para procesar archivos de audio digitales o digitalizados. Partes del sistema de audio adaptativo pueden incluir una o más redes que comprenden cualquier número deseado de máquinas individuales, incluyendo uno o más encaminadores (no mostrados) que sirven para almacenar de manera intermedia y encaminar los datos transmitidos entre los ordenadores. Una red de este tipo

puede integrarse en diversos protocolos de red diferentes, y puede ser Internet, una red de área amplia (WAN, *Wide Area Network*), una red de área local (LAN, *Local Area Network*) o cualquier combinación de las mismas.

5 Uno o más de los componentes, bloques, procesos u otros componentes funcionales pueden implementarse a través de un programa informático que controla la ejecución de un dispositivo informático basado en un procesador del sistema. También debe indicarse que las diversas funciones dadas a conocer en el presente documento pueden describirse usando cualquier número de combinaciones de hardware, firmware, y/o como datos y/o instrucciones ejemplificadas en diversos medios legibles por máquina o legibles por ordenador, en cuanto a su comportamiento, transferencia de registros, componente lógica y/u otras características. Los medios legibles por ordenador en los que
10 pueden ejemplificarse tales datos y/o instrucciones con formato incluyen, pero no se limitan a, medios de almacenamiento físicos (no transitorios), no volátiles en diversas formas, tales como medios de almacenamiento ópticos, magnéticos o semiconductores.

15 A menos que el contexto requiera claramente lo contrario, a lo largo de toda la descripción y las reivindicaciones, las palabras “comprender”, “que comprende” y similares deben interpretarse en un sentido inclusivo en oposición a un sentido exclusivo o exhaustivo; es decir, en un sentido de “que incluye, pero no se limita a”. Las palabras que usan el número singular o plural también incluyen el número plural o singular respectivamente. Adicionalmente, las palabras “en el presente documento”, “a continuación en el presente documento”, “anterior”, “más adelante” y palabras de importancia similar se refieren a esta solicitud en su conjunto y no a alguna parte particular de esta
20 solicitud. Cuando la palabra “o” se usa en referencia a una lista de dos o más elementos, esta palabra cubre todas las siguientes interpretaciones de la palabra: cualquiera de los elementos en la lista, todos los elementos en la lista y cualquier combinación de los elementos en la lista.

25 Aunque se han descrito una o más implementaciones a modo de ejemplo y en cuando a las realizaciones específicas, debe entenderse que una o más implementaciones no se limitan a las realizaciones dadas a conocer. Por el contrario, se pretende cubrir diversas modificaciones y disposiciones similares que resulten evidentes para los expertos en la técnica. Por tanto, el alcance de las reivindicaciones adjuntas debe recibir la interpretación más amplia para abarcar todas de tales modificaciones y disposiciones similares.

30

REIVINDICACIONES

- 1.- Un controlador de altavoz para la reproducción de sonido para la reflexión desde una superficie superior de un entorno auditivo, que comprende:
- 5 un cono controlador;
- un tapón antipolvo para cono fijado a un parte central del cono controlador; y
- 10 un bastidor que sujeta el cono para el montaje dentro de una caja de altavoz, en el que al menos uno del cono controlador, tapón antipolvo y bastidor están configurados para aplicar un filtro de altura que tiene una curva de respuesta de frecuencia que está configurado para eliminar al menos parcialmente indicaciones direccionales de una ubicación de altavoz e insertar al menos parcialmente las indicaciones direccionales de una ubicación de altavoz reflejada, basándose la curva de respuesta de frecuencia en
- 15 una primera respuesta de frecuencia de un filtro que modela el sonido que se desplaza directamente desde la ubicación de altavoz reflejada hasta los oídos de un oyente en una posición de escucha, para dicha inserción de indicaciones direccionales de la ubicación de altavoz reflejada, y
- 20 una segunda respuesta de frecuencia de filtro de un filtro que modela el sonido que se desplaza directamente desde la ubicación de altavoz hasta los oídos del oyente en la posición de escucha, para eliminar indicaciones direccionales para señales de audio que se desplazan a lo largo de una trayectoria directamente desde la ubicación de altavoz hasta el oyente.
- 25 2.- El controlador de altavoz según la reivindicación 1, en el que la curva de respuesta de frecuencia es una curva de respuesta de frecuencia de filtro de altura universal que representa un promedio de una pluralidad de respuestas de frecuencia de filtro de altura individuales, en el que cada una de las respuestas de frecuencia de filtro de altura individuales corresponde a una combinación diferente de ubicación de altavoz reflejada, posición de escucha y ubicación de altavoz física.
- 30 3.- El controlador de altavoz según la reivindicación 2, en el que la respuesta de filtro de altura presenta un pico ubicado a aproximadamente 7 kHz y un valle a aproximadamente 12 kHz.
- 35 4.- Un sistema para la reproducción de sonido usando elementos de sonido reflejados, que comprende:
- un altavoz colocado en una ubicación de altavoz y que comprende una carcasa que encierra un controlador de disparo ascendente orientado a un ángulo de inclinación en relación con el plano de tierra y configurado para reflejar sonido desde una superficie superior de un entorno auditivo para producir una ubicación de altavoz reflejada; y
- 40 un filtro de altura virtual que aplica una curva de respuesta de frecuencia a una señal de audio transmitida al controlador de disparo ascendente, en el que el filtro de altura virtual elimina al menos parcialmente indicaciones direccionales de la ubicación de altavoz e inserta al menos parcialmente las indicaciones direccionales de la ubicación de altavoz reflejada, basándose la curva de respuesta de frecuencia en
- 45 una primera respuesta de frecuencia de un filtro que modela el sonido que se desplaza directamente desde la ubicación de altavoz reflejada hasta los oídos de un oyente en una posición de escucha, para dicha inserción de indicaciones direccionales de la ubicación de altavoz reflejada, y
- 50 una segunda respuesta de frecuencia de filtro de un filtro que modela el sonido que se desplaza directamente desde la ubicación de altavoz hasta los oídos del oyente en la posición de escucha, para eliminar indicaciones direccionales para señales de audio que se desplazan a lo largo de una trayectoria directamente desde la ubicación de altavoz hasta el oyente.
- 55 5.- El sistema según la reivindicación 4, en el que la curva de respuesta de frecuencia es una curva de respuesta de frecuencia de filtro de altura universal que representa un promedio de una pluralidad de respuestas de frecuencia de filtro de altura individuales, en el que cada una de las respuestas de frecuencia de filtro de altura individuales corresponde a una combinación diferente de ubicación de altavoz reflejada, posición de escucha y ubicación de altavoz física.
- 60 6.- El sistema según la reivindicación 5, en el que la respuesta de filtro de altura presenta un pico ubicado a aproximadamente 7 kHz y un valle a aproximadamente 12 kHz.
- 65 7.- El sistema según la reivindicación 4, en el que el ángulo de inclinación es variable, comprendiendo el sistema además:

un componente de ubicación configurado para determinar una posición de escucha óptima dentro el entorno auditivo;

5 un componente de comunicación configurado para comunicar la posición de escucha óptima al altavoz; y

un componente de control configurado para alterar el ángulo de inclinación para reflejar las ondas acústicas desde la superficie superior hasta la posición de escucha óptima.

8.- El sistema según la reivindicación 4, que comprende además:

10 un componente de detección configurado para detectar la presencia del filtro de altura virtual en el entorno auditivo

o

15 un conmutador de derivación para evitar el filtro de altura virtual durante un proceso de calibración que prepara a un equipo de reproducción de audio para transmitir las ondas acústicas al entorno auditivo.

9.- El sistema según la reivindicación 4, que comprende además un componente de corrección espacial que:

20 o bien realiza una operación de filtrado de preacentuación sobre las ondas acústicas transmitidas al entorno auditivo para compensar el filtrado de altura virtual aplicado a la señal transmitida al controlador de disparo ascendente

o bien genera una respuesta objetivo del entorno auditivo mediante el uso de una señal de sonda y añade una respuesta de filtro de altura virtual por defecto a una respuesta objetivo del entorno auditivo.

25 10.- El sistema según la reivindicación 4, en el que el filtro de altura virtual implementa un algoritmo que usa un factor de ajuste de escala para compensar las indicaciones de altura presentes en las ondas acústicas transmitidas directamente a través del entorno auditivo en favor de las indicaciones de altura presentes en el sonido reflejado desde la superficie superior del entorno auditivo, y, opcionalmente,

30 en el que el filtro de altura virtual representa una curva de respuesta de frecuencia única, y en el que una o más características de la curva de respuesta de frecuencia se cambian basándose en el valor del ángulo de inclinación.

35 11. El sistema según la reivindicación 4, en el que la carcasa encierra además un controlador de disparo frontal configurado para transmitir ondas acústicas a lo largo de un eje que corresponde aproximadamente al plano de tierra.

40 12. El sistema según la reivindicación 11, en el que el altavoz comprende dos terminales de entrada, en el que el primer terminal de entrada está configurado para recibir señales que corresponden al sonido que va a reflejarse desde la superficie superior del entorno auditivo, y el segundo terminal de entrada está configurado para recibir señales que corresponden a las ondas acústicas que van a transmitirse a lo largo del eje que corresponde aproximadamente al plano de tierra.

45 13. El sistema según la reivindicación 11, en el que el sistema comprende además un filtro de cruce, teniendo el filtro de cruce una sección de paso bajo configurada para transmitir señales de baja frecuencia por debajo de una frecuencia umbral al controlador de disparo frontal, y una sección de paso alto configurada para transmitir señales de alta frecuencia por encima de la frecuencia umbral al controlador de disparo ascendente.

50 14. Un altavoz para transmitir ondas acústicas que van a reflejarse desde una superficie superior de un entorno auditivo, que comprende:

una carcasa;

55 un controlador de disparo ascendente dentro de la carcasa y orientado a un ángulo de inclinación en relación con un plano de tierra y configurado para reflejar sonido desde un punto de reflexión sobre la superficie superior del entorno auditivo; y

60 un filtro de altura virtual que aplica una curva de respuesta de frecuencia a una señal transmitida al controlador de disparo ascendente, basándose la curva de respuesta de frecuencia en

una primera respuesta de frecuencia de un filtro que modela el sonido que se desplaza directamente desde una ubicación de altavoz reflejada hasta los oídos de un oyente en una posición de escucha, para la inserción de indicaciones direccionales de la ubicación de altavoz reflejada, y

65 una segunda respuesta de frecuencia de filtro de un filtro que modela el sonido que se desplaza directamente desde una ubicación de altavoz hasta los oídos del oyente en la posición de escucha, para

eliminar indicaciones direccionales para señales de audio que se desplazan a lo largo de una trayectoria directamente desde una ubicación de altavoz hasta el oyente.

- 5 15. El altavoz según la reivindicación 14, en el que la curva de respuesta de frecuencia es una curva de respuesta de frecuencia de filtro de altura universal que representa un promedio de una pluralidad de respuestas de frecuencia de filtro de altura individuales, en el que cada una de las respuestas de frecuencia de filtro de altura individuales corresponde a una combinación diferente de ubicación de altavoz reflejada, posición de escucha y ubicación de altavoz física.
- 10 16. El altavoz según la reivindicación 15, en el que la respuesta de filtro de altura presenta un pico ubicado a aproximadamente 7 kHz y un valle a aproximadamente 12 kHz.

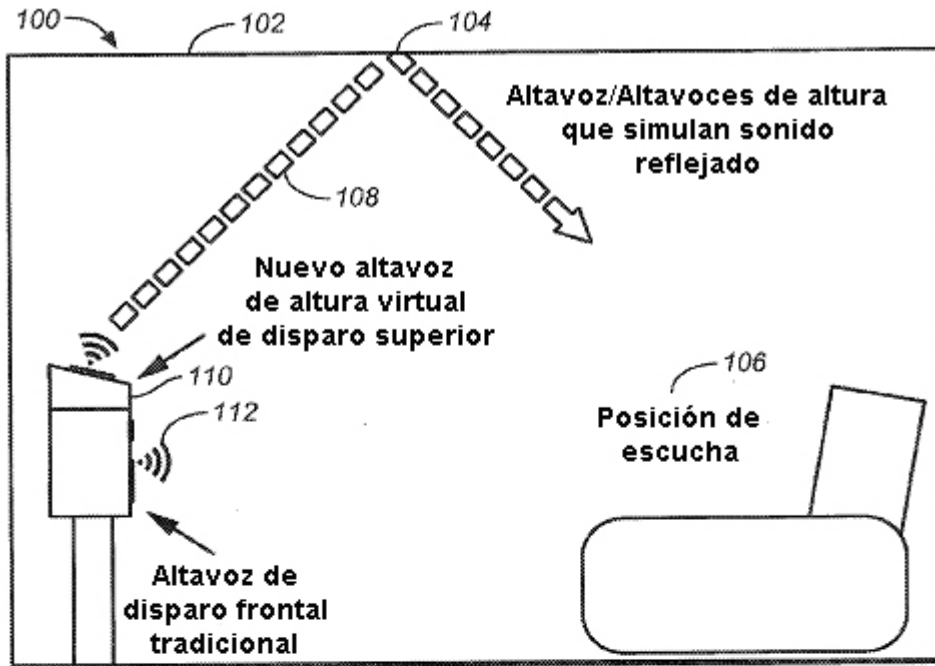


FIG. 1

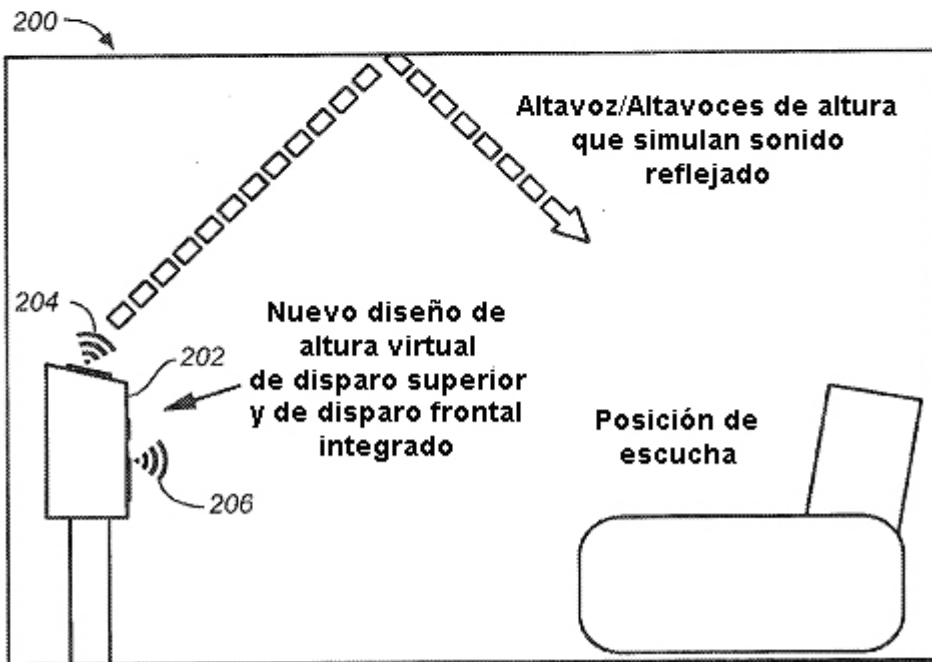


FIG. 2

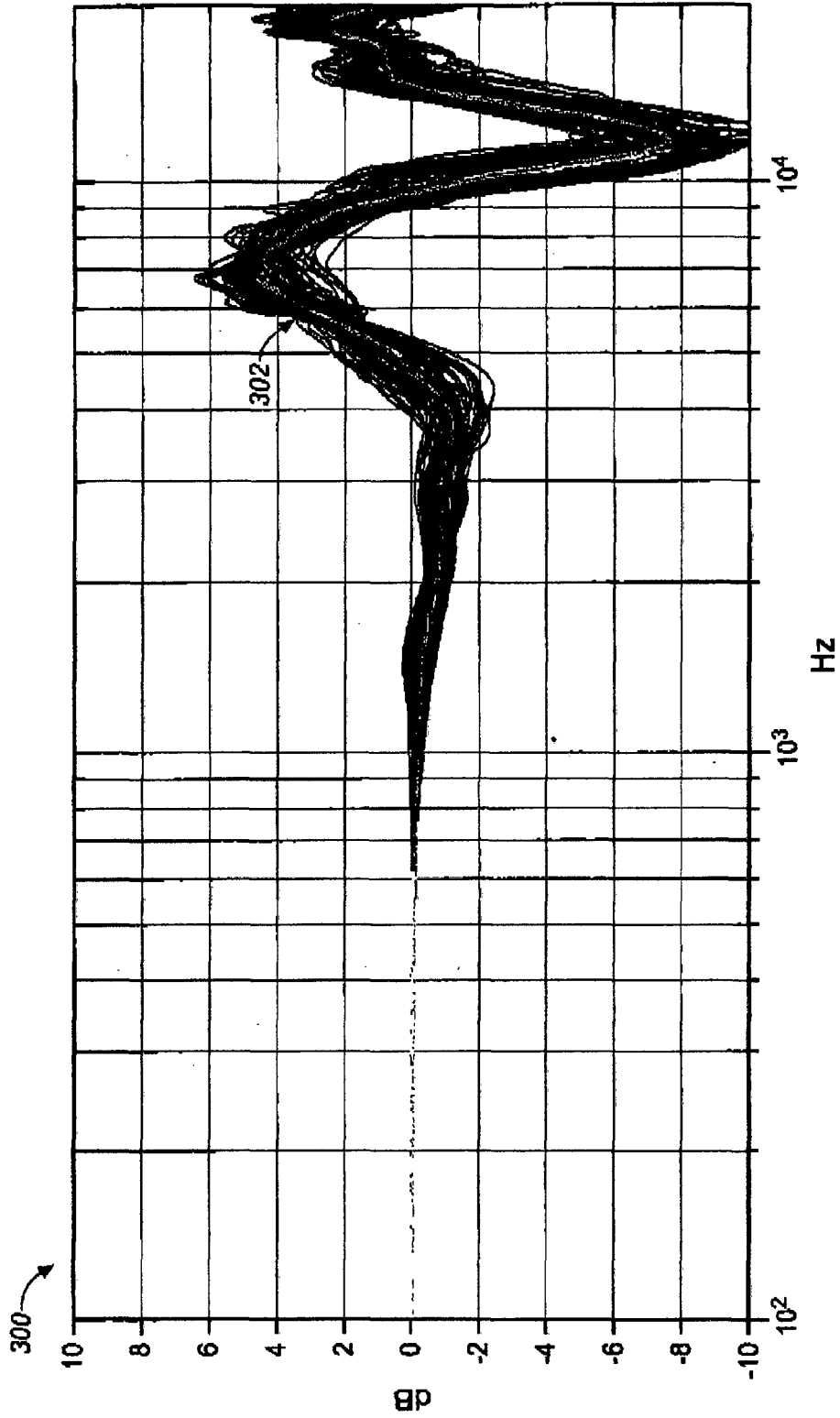


FIG. 3

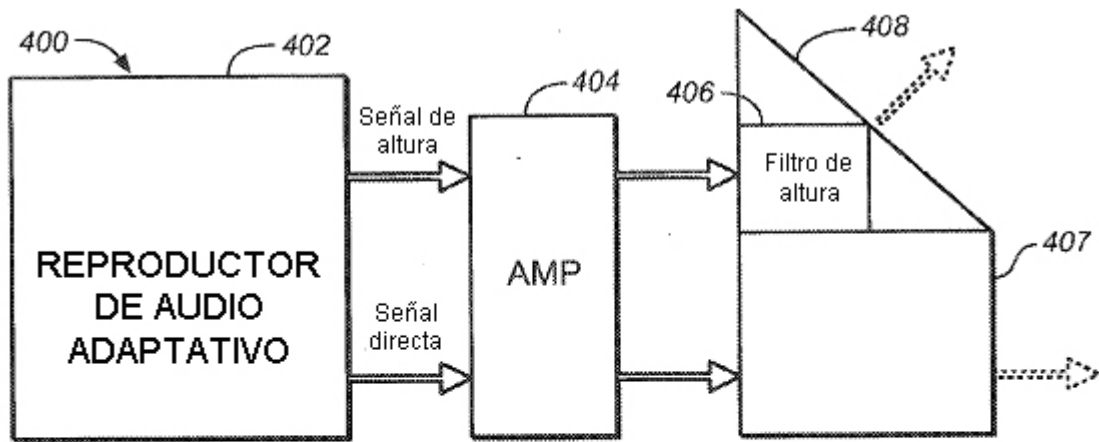


FIG. 4A

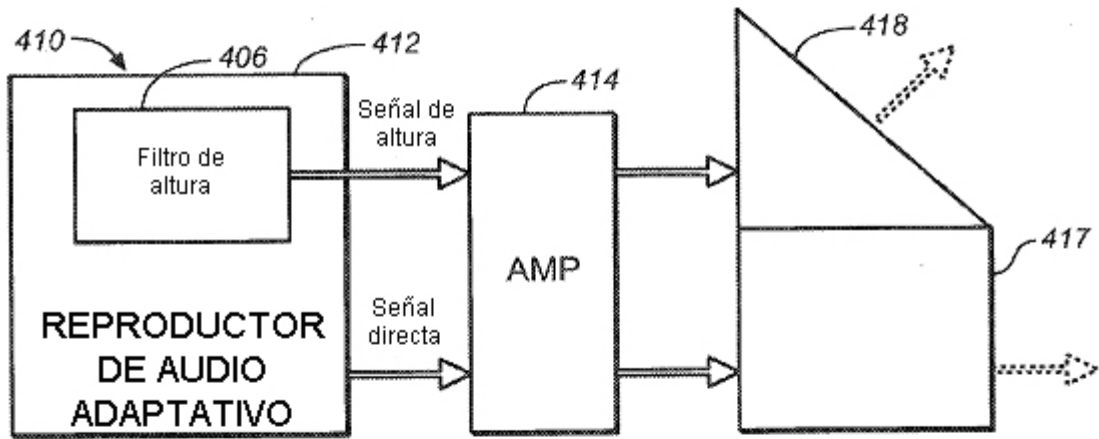


FIG. 4B

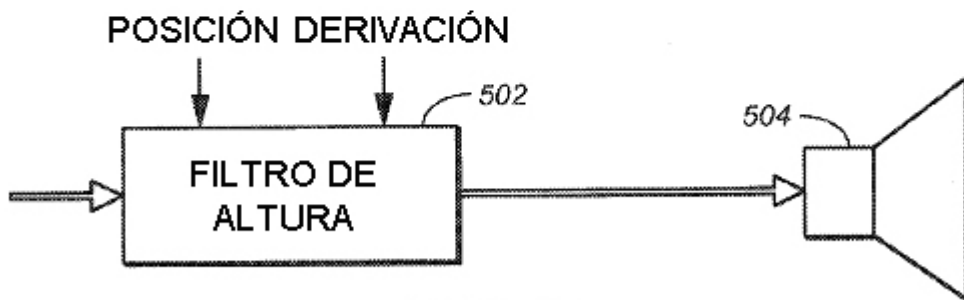


FIG. 5

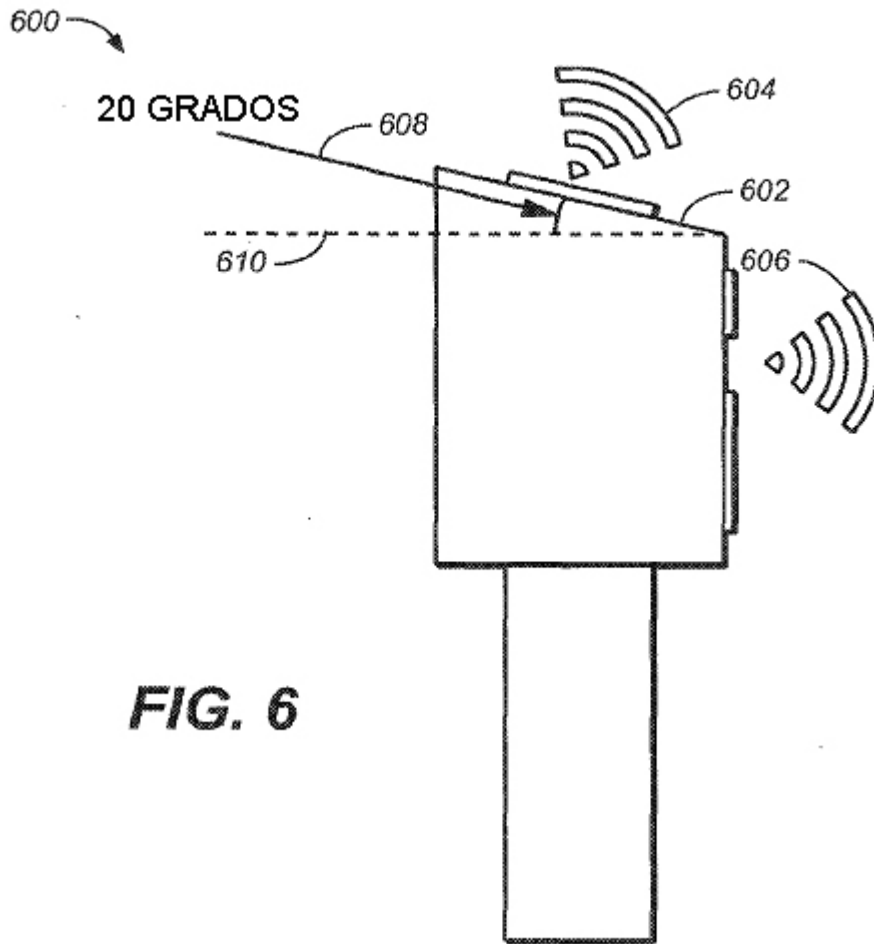


FIG. 6

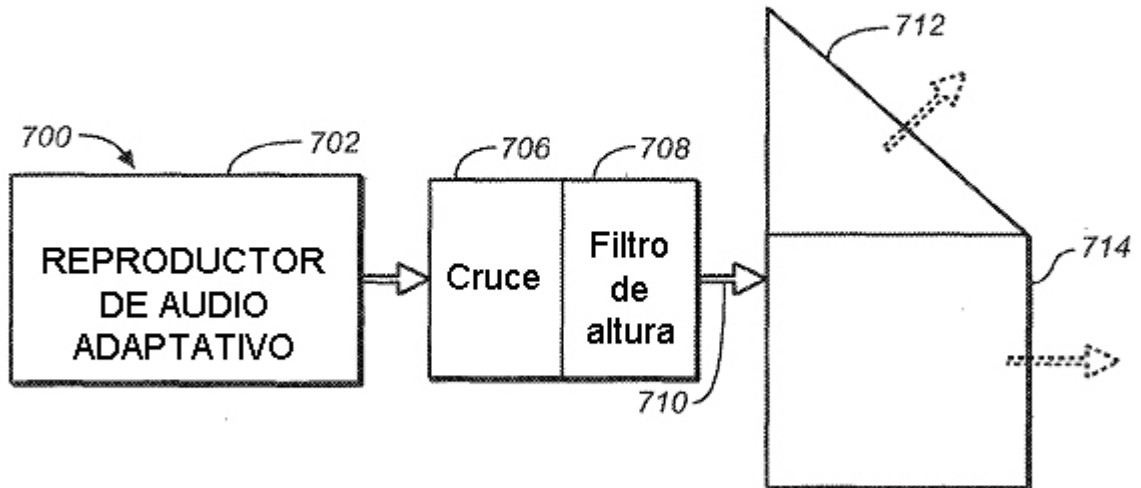
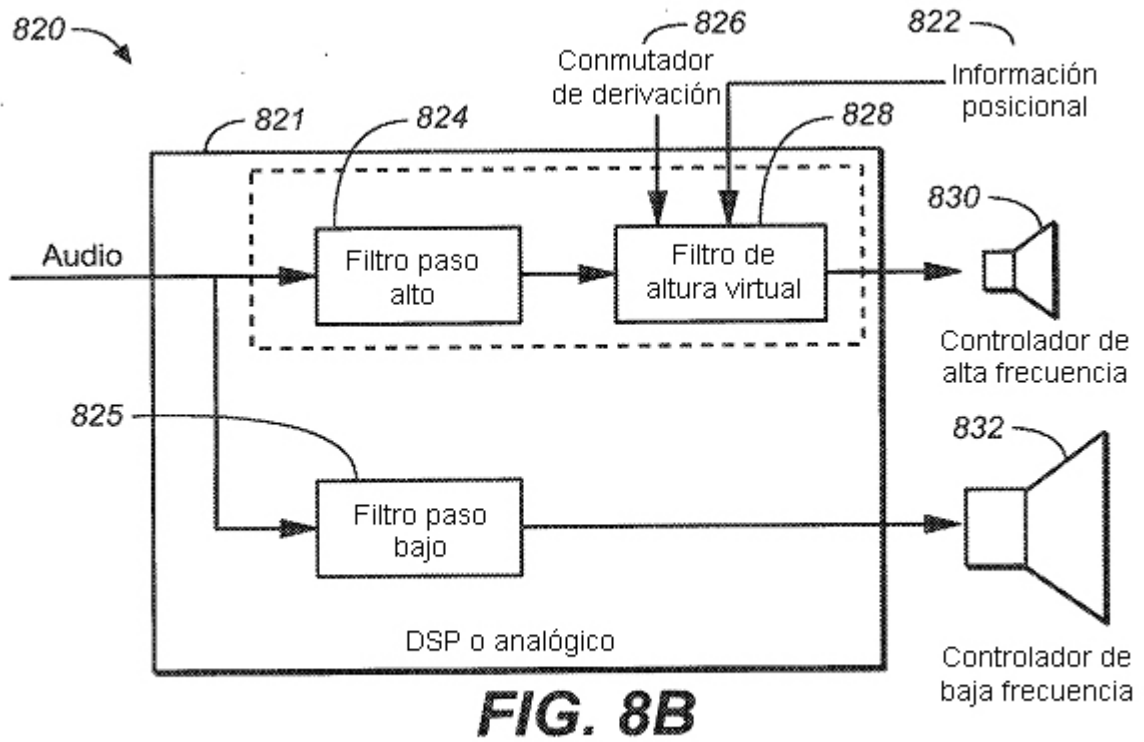
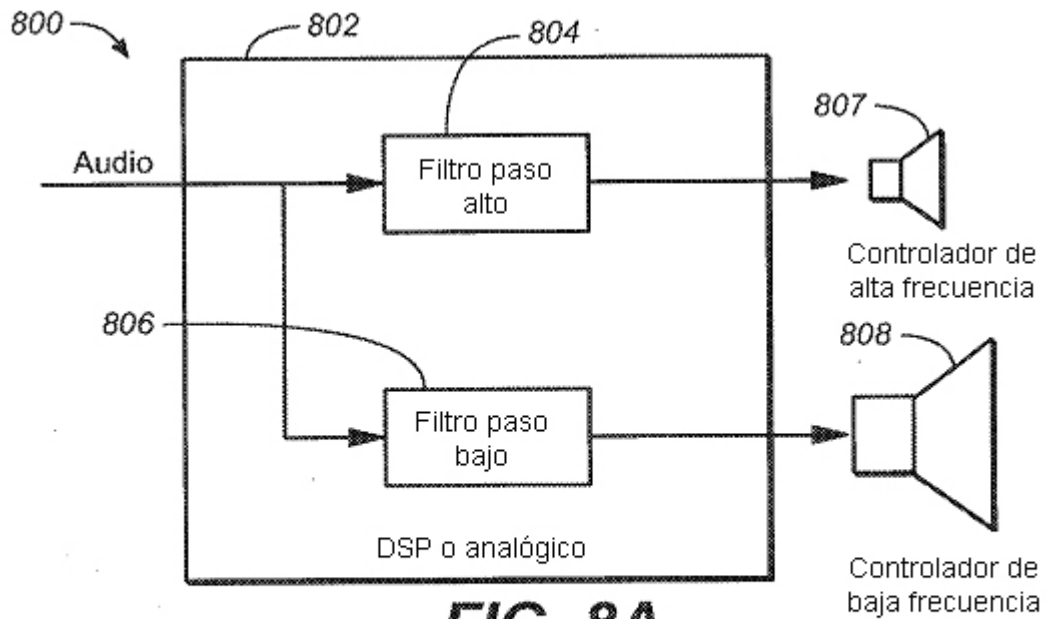


FIG. 7



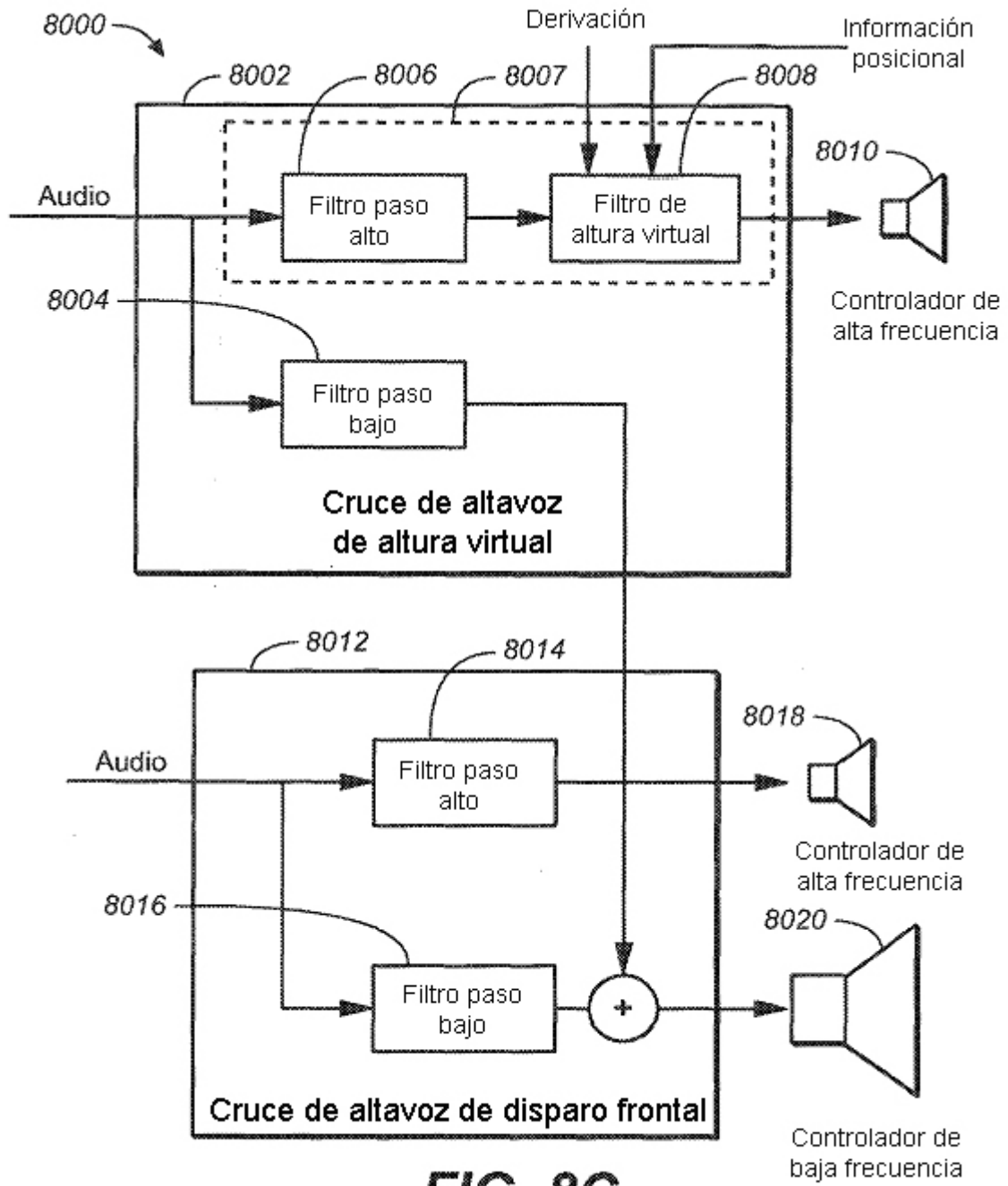
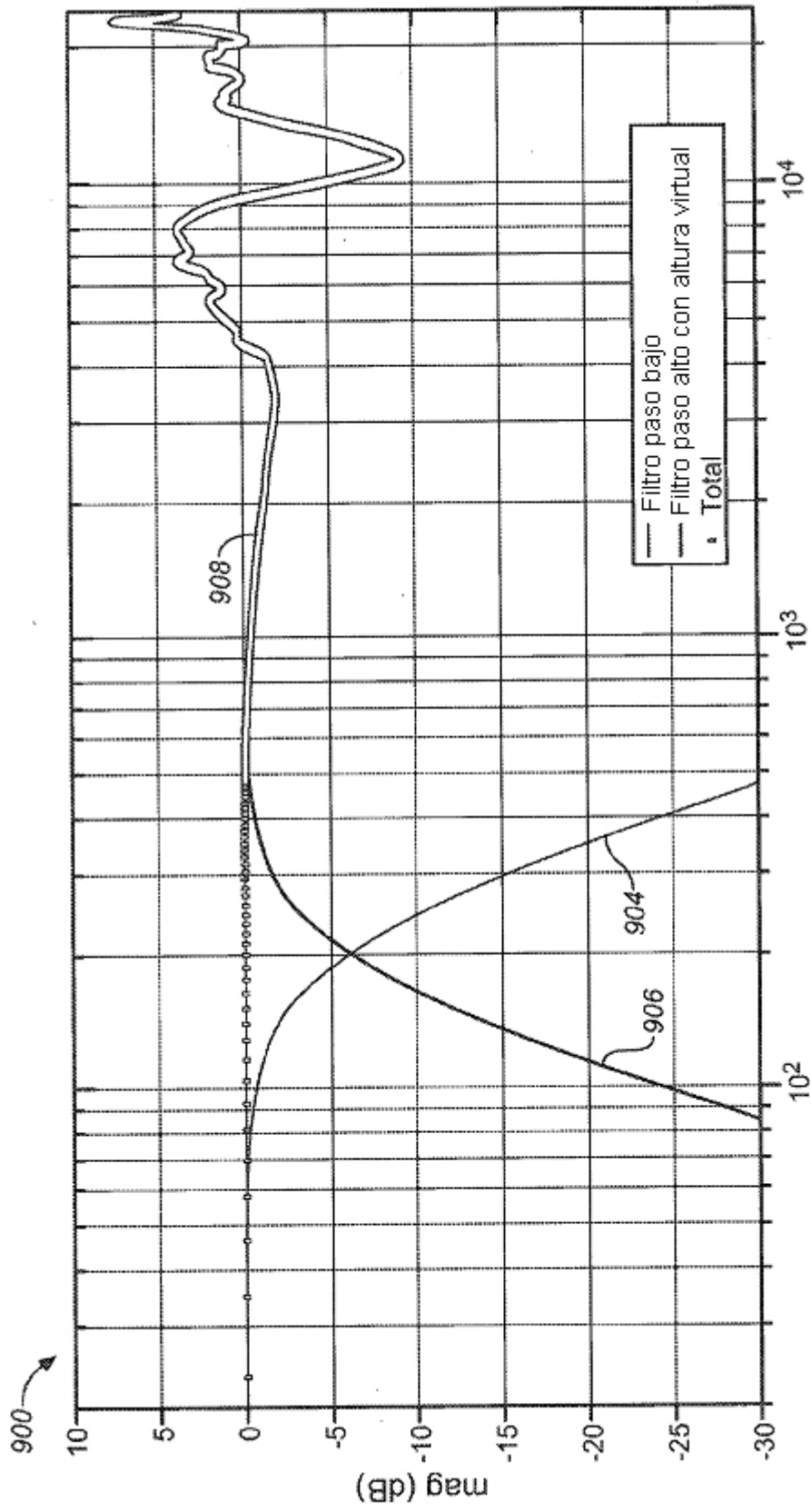


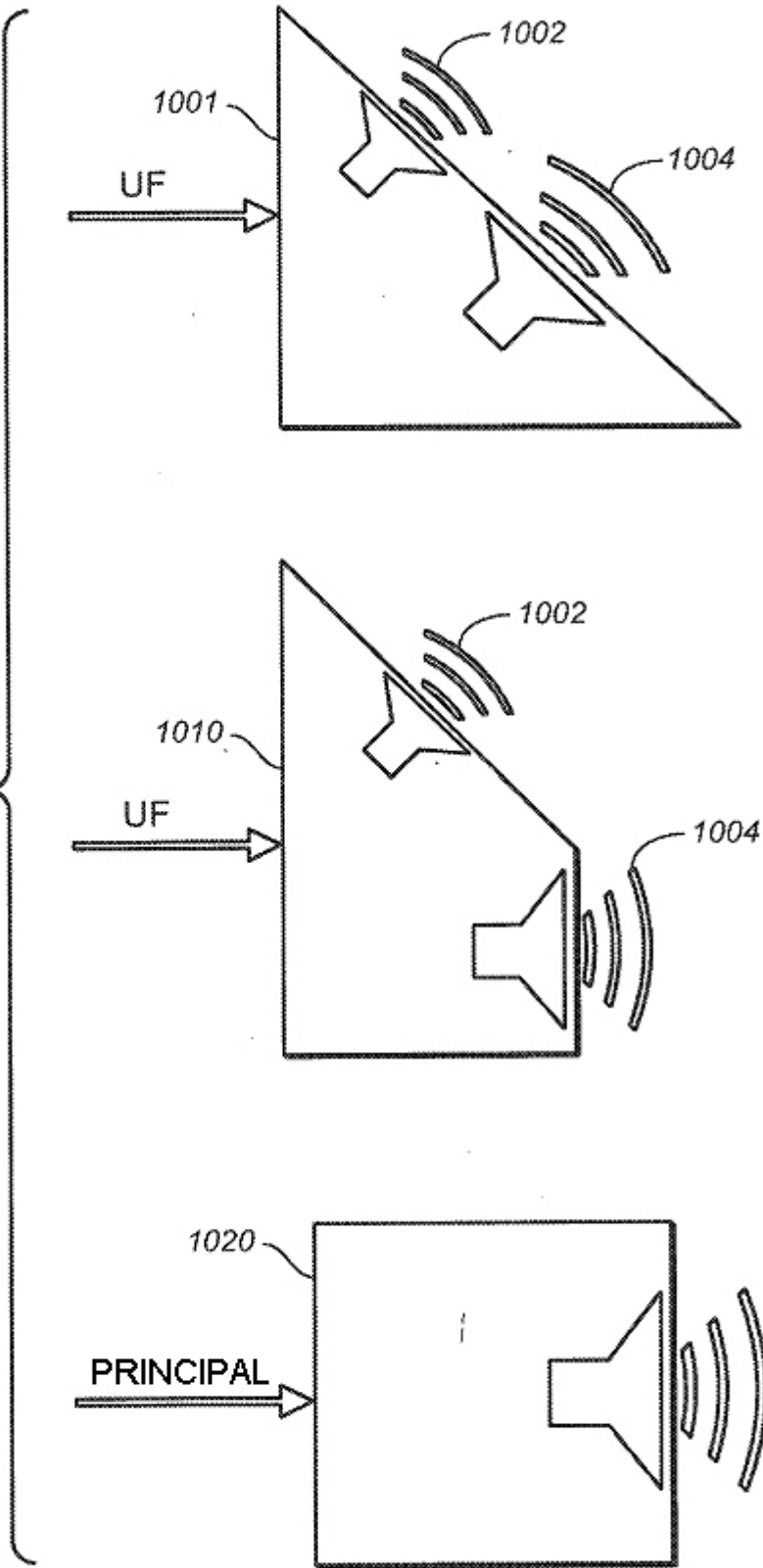
FIG. 8C



Frec. (Hz)

FIG. 9

FIG. 10



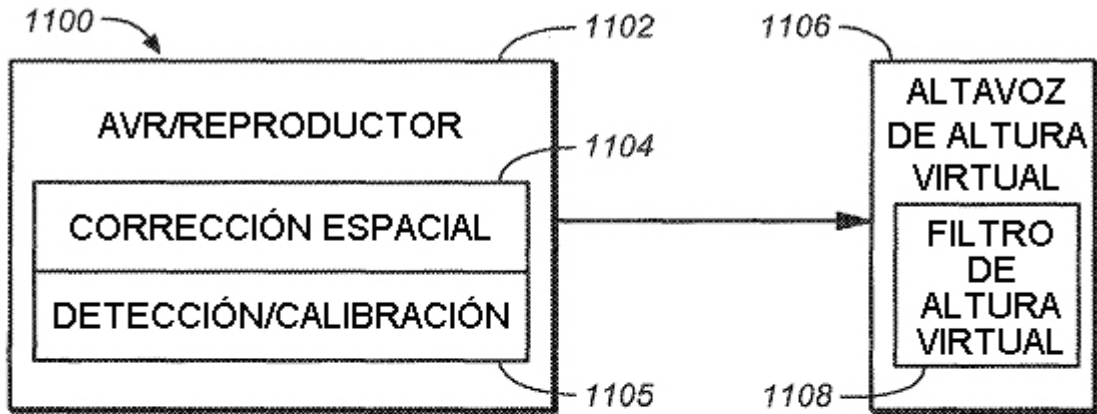


FIG. 11

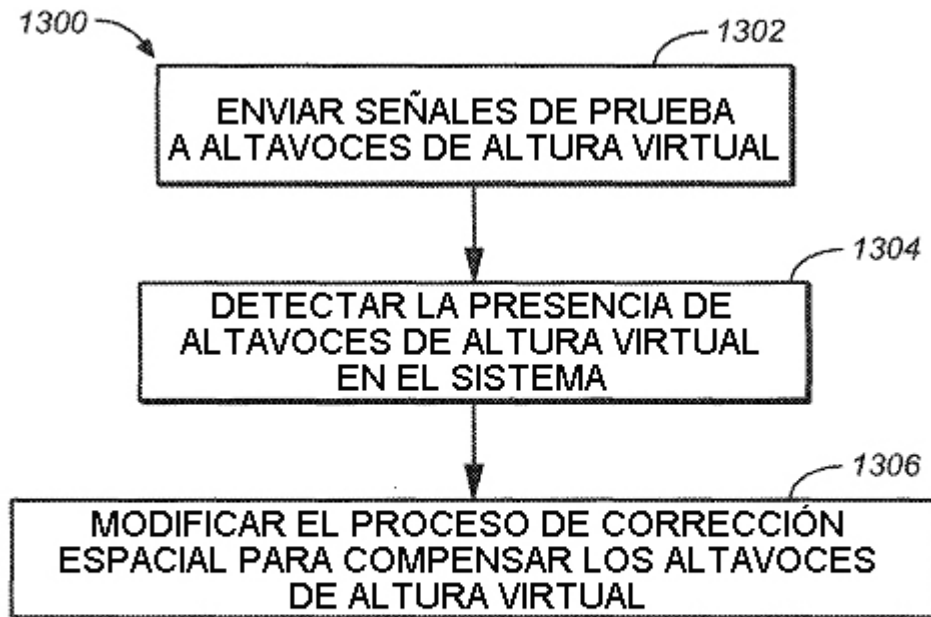
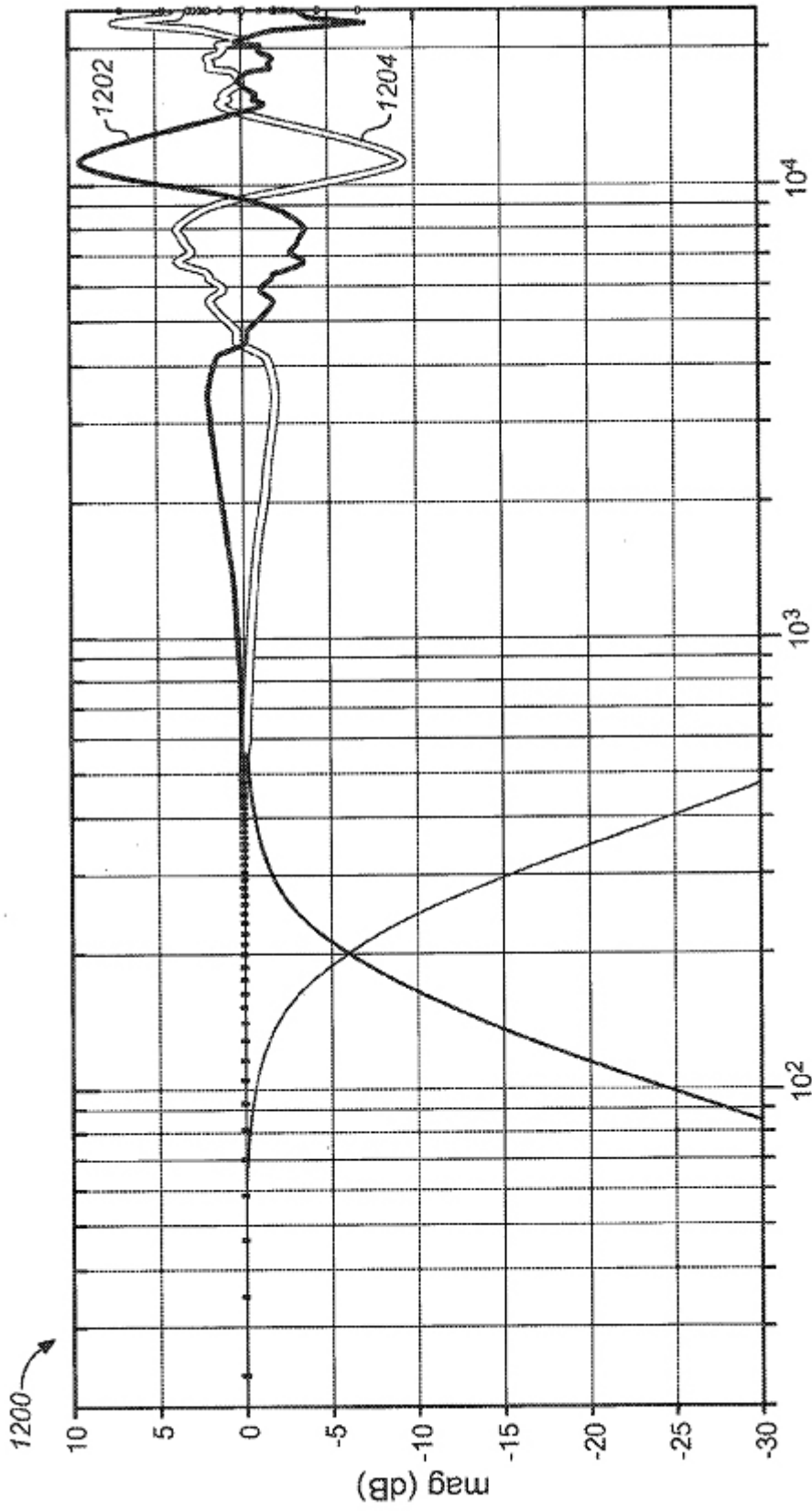


FIG. 13



Freq. (Hz)
FIG. 12

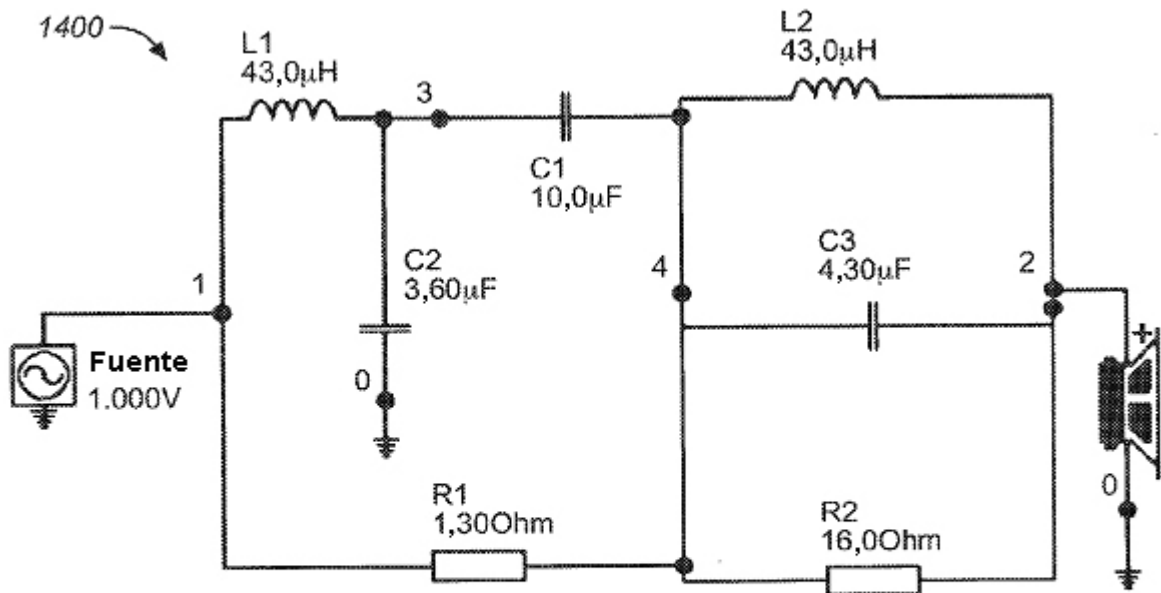


FIG. 14A

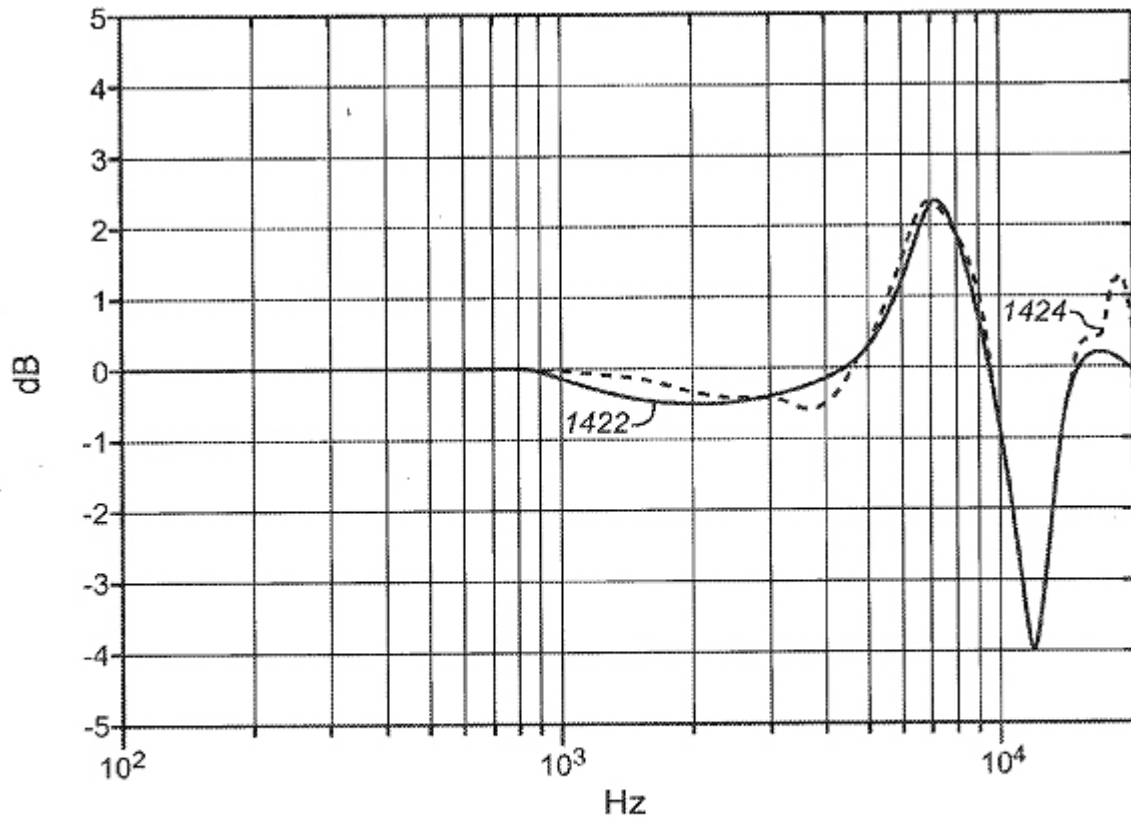


FIG. 14B

$$H(z) = \frac{0,9911 - 1,3044z^{-1} + 1,3382z^{-2} - 0,8314z^{-3} + 0,3840z^{-4}}{1,000 - 1,3143z^{-1} + 1,2533z^{-2} - 0,6224z^{-3} + 0,2656z^{-4}}$$

FIG. 15A

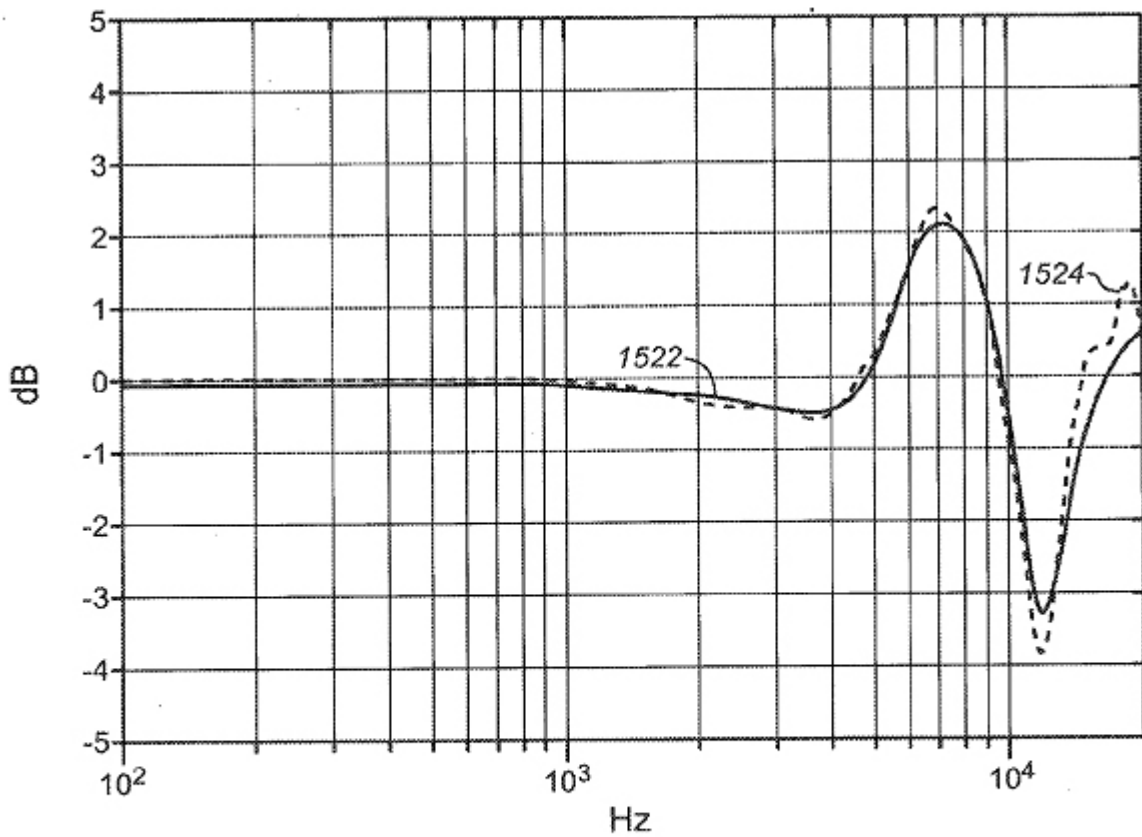


FIG. 15B

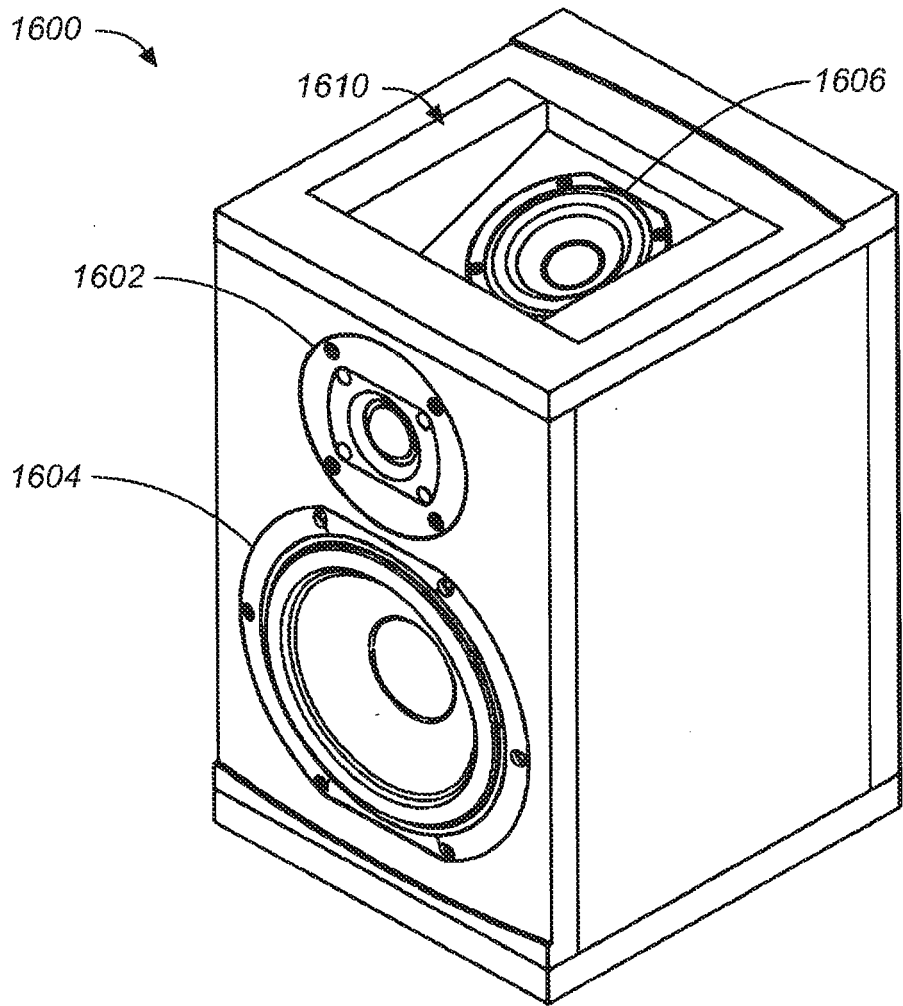


FIG. 16

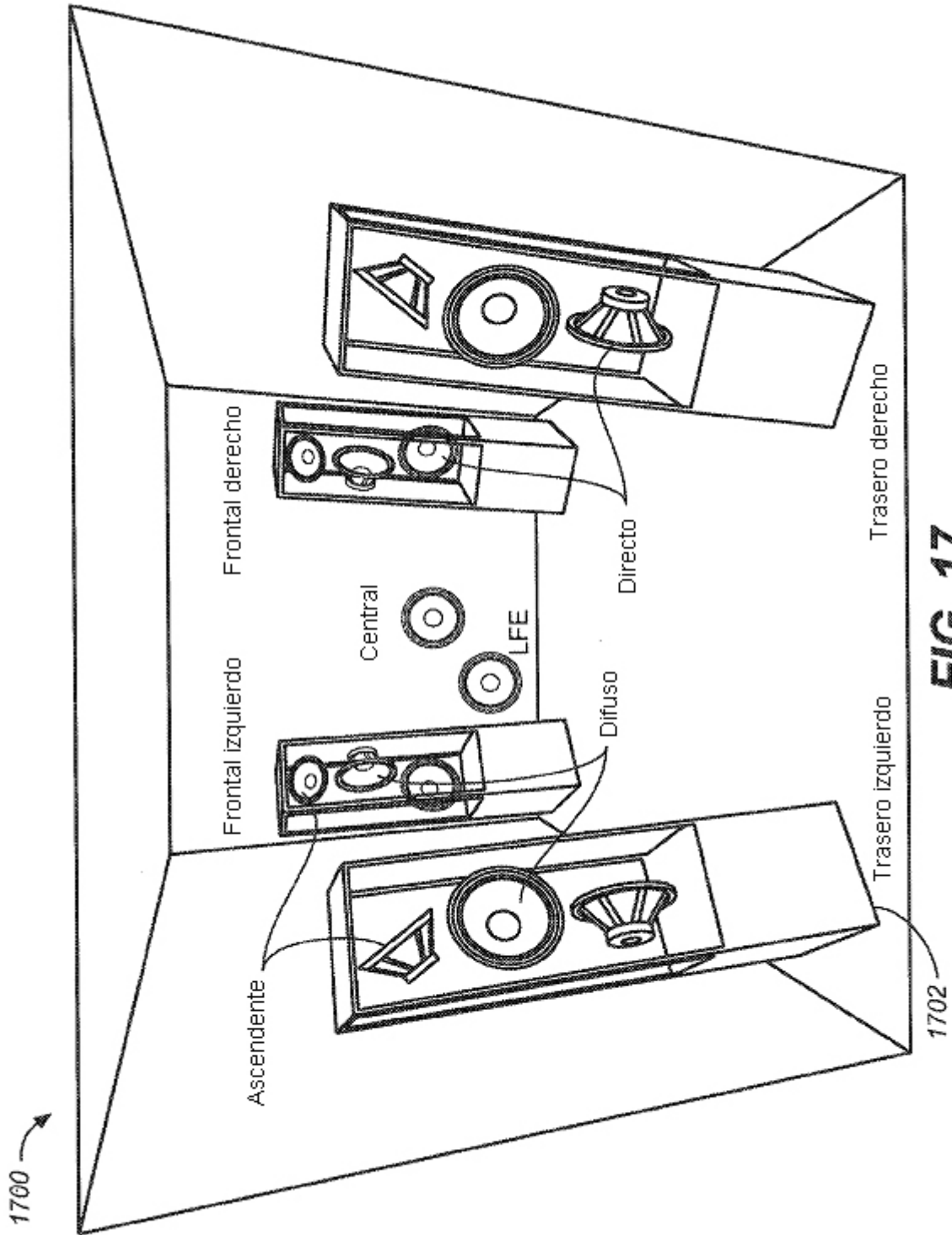


FIG. 17

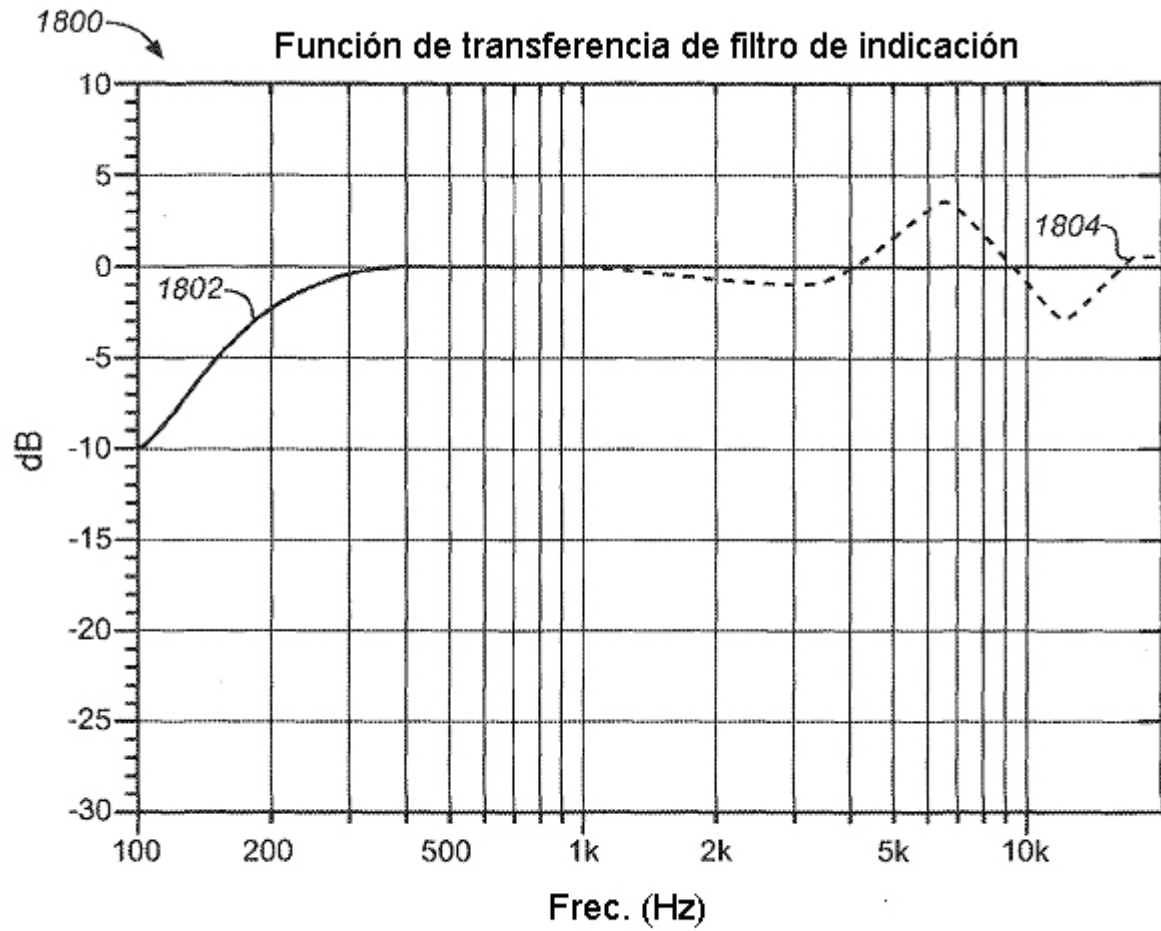


FIG. 18