

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 915**

51 Int. Cl.:

H04R 1/40 (2006.01)

H04R 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2016 PCT/EP2016/057669**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2016 WO16162445**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2016 E 16714933 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3189675**

54 Título: **Reproducción de sonido diferencial**

30 Prioridad:

10.04.2015 EP 15163233

12.08.2015 EP 15180745

30.09.2015 EP 15187729

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

26.05.2020

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**BORSS, CHRISTIAN;
SAARI, VILLE;
SCHMIDT, MARKUS;
FALLER, CHRISTOF y
WALTHER, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 762 915 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

Reproducción de sonido diferencial

5 Las realizaciones de la presente invención se refieren a una unidad de cálculo para un sistema de reproducción de sonido, un método correspondiente y a un sistema que comprende la unidad de cálculo y un arreglo.

10 Algunos sistemas de reproducción de sonido se basan en los llamados enfoques de reproducción de sonido diferencial. Debido a la reproducción de sonido diferencial puede ser reproducido un patrón de directividad. Los patrones de directividad son conocidos de los micrófonos directivos. Los micrófonos directivos son implementados normalmente por medio de la medición de un gradiente de presión sonora o una aproximación del mismo, como se describe por ejemplo en las publicaciones de G. Bore y S. Peus que tienen el título "Mikrophone: Arbeitsweise und Ausführungsbeispiele" y de H. Olson que tiene el título "Gradient microphones". Por ejemplo, un gradiente de primer orden tiene un patrón de directividad en forma de ocho. Retrasando un canal, cuando se mida una diferencia de presión sonora, pueden lograrse patrones de directividad como el cardioide o cardioides atados. Los micrófonos de diferencial o gradiente de primer orden son el estándar en los micrófonos directivos.

15 Usado menos frecuentemente, el mismo concepto también puede ser aplicado a altavoces, como puede ser observado por la publicación de H. Olson que tiene el título de "Gradient loudspeakers". Aunque las dimensiones son aproximadamente un orden de magnitud más grande, dando lugar a diferentes propiedades/limitaciones.

20 Esos conceptos para arreglos de altavoz diferencial tienen, cuando se comparan con formadores de haz de retraso y suma convencionales, las ventajas de una necesidad de solo unos cuantos altavoces, en contraste con los arreglos de retraso y suma que normalmente presentan muchos altavoces. Además, con una abertura más pequeña que la de un formador de retraso y suma, puede ser lograda la misma directividad a frecuencias bajas.

25 La solicitud de patente WO 2011/161567 A1 describe un procesamiento relacionado con el dipolo para un arreglo de altavoz que comprende tres o más transductores. En la configuración de tres controladores, los dos controladores más externos son operados en una configuración de dipolo (sin dirigir). El controlador entre aquellos dos es usado para producir una hendidura que puede ser dirigida preferiblemente hacia la posición de escucha. Esto es logrado por un desplazamiento relativo (selectivo de la frecuencia) de la señal del segundo controlador. Aquí, preferiblemente son usados controladores igualmente separados preferiblemente (es decir, que la distancia del primer al segundo controlador es igual a una distancia de un segundo a un tercer controlador). La señal que es generada por el controlador medio puede tener una diferencia de fase y una ganancia (selectiva de la frecuencia) con relación a la configuración de dipolo

30 La patente estadounidense 5.870.484 describe un sistema de reproducción de sonido que usa altavoces de gradiente. Esta publicación describe en detalle cómo pueden ser creados sistemas dipolo, por ejemplo usando cualquiera de dos o tres altavoces, o un altavoz y una abertura pasiva para lograr el efecto dipolo. Aquí, el uso de una característica de directividad de gradiente de primer orden es la preferida. El fondo del mismo es que de acuerdo a la publicación un altavoz de gradiente de orden mayor tiende a ser menos eficiente, requiere un gran número de transductores, más procesamiento de señal y canales de amplificación adicionales, en comparación con sistemas de gradiente de primer orden.

35 Se ha encontrado que los arreglos de altavoz diferencial no tienen una directividad decreciente a medida que disminuye la frecuencia, como lo hacen los transformadores de haz de retraso y suma, su nivel disminuye a cero cuando la frecuencia se dirige a cero. Además, los arreglos diferenciales de primer orden están limitados en directividad, a, por ejemplo, aproximadamente 6 dB. Por lo tanto, existe la necesidad de un enfoque mejorado.

40 El objetivo de la presente invención es mejorar el desempeño de directividad de una reproducción de sonido a un ancho de banda de operación más amplio.

Este objetivo es resuelto por la materia objeto de las reivindicaciones independientes.

45 Una realización proporciona una unidad de cálculo para un sistema de reproducción de sonido que comprende un arreglo que tiene al menos tres transductores. La unidad de cálculo comprende medios de entrada, un procesador y al menos tres salidas. Los medios de entrada tienen el propósito de recibir un flujo de audio que será reproducido usando el arreglo. El flujo de audio tiene un intervalo de frecuencia predefinido, por ejemplo de 20 Hz a 20 kHz o de 50 Hz a 40 kHz. Sobre la base de este flujo de audio al menos tres señales de audio individuales para al menos tres transductores del arreglo son producidas usando al menos tres salidas, después del procesamiento del flujo de audio de modo que al menos tres transductores sean controlables vía tres señales de audio individuales. El procesador está configurado para calcular (al menos) tres señales de audio individuales de modo que se genere una primera diferencial acústica que tenga un segundo orden o superior.

El procesador puede filtrar además las tres señales de audio individuales usando una primera característica de banda de paso que comprende una primera porción limitada de todo el intervalo de frecuencia del flujo de audio, por ejemplo por encima de 50 Hz o 100 Hz o en un intervalo entre 100 Hz y 200 Hz o entre 100 Hz a 2 kHz.

5 Las enseñanzas descritas en la presente se basan en el conocimiento de que una diferencial acústica que tiene un segundo orden o superior permite una mejor reproducción de sonido o, especialmente, mejor desempeño de directividad en un cierto intervalo de frecuencia, donde algunas frecuencias de este cierto intervalo de frecuencia pueden ser reproducidas de manera defectuosa. Las realizaciones de acuerdo con las enseñanzas descritas en la presente se basan en el principio de que (siendo preferiblemente cierto intervalo de frecuencia una porción de todo el intervalo de frecuencia o, en general) el intervalo de frecuencia completo es reproducido usando la diferencial acústica que tiene un segundo orden o superior. La reproducción preferida de un cierto intervalo de frecuencia permite una buena reproducción de sonido en este intervalo de frecuencia evitando a la vez las desventajas típicamente causadas cuando se efectúa la reproducción de sonido sobre la base de diferenciales acústicas que tienen un segundo orden o superior en otros intervalos de frecuencia.

15 De acuerdo con una realización los conjuntos de altavoces son seleccionados con respecto a las frecuencias que serán reproducidas, es decir, de modo que la distancia entre los altavoces esté relacionada con una región de frecuencia dentro de la cual la diferencial trabaje bien. Típicamente son usados diferentes altavoces/conjuntos de altavoces para cubrir diferentes intervalos de frecuencia.

20 De acuerdo con realizaciones adicionales al menos dos señales de audio individuales adicionales, que serán producidas usando dos de al menos tres salidas (diferentes), son calculadas de modo que una segunda diferencial acústica que tenga un primer orden sea generada usando los dos transductores controlados vía las dos salidas. El procesador filtra las dos señales de audio adicionales usando una segunda característica de banda de paso que comprende una segunda porción limitada (por ejemplo hasta 100 Hz o 200 Hz) de todo el intervalo de frecuencia del flujo de audio. En general, la segunda porción limitada difiere de la primera porción limitada; es decir que el sonido es reproducido dentro de diferentes intervalos de frecuencia usando diferentes diferenciales acústicas.

25 De acuerdo con una realización es usado un arreglo que comprende un número de altavoces, por cada diferencial un subconjunto de altavoces. Esos subconjuntos son elegidos de modo que las distancias de altavoz sean tales que las diferenciales correspondientes tengan el intervalo de operación de frecuencia deseado.

30 De acuerdo con una realización adicional es usado un arreglo que comprende al menos cuatro transductores. De este modo, la unidad de cálculo comprende al menos cuatro salidas para al menos cuatro transductores. Aquí, la primera diferencial acústica es generada usando al menos tres de las cuatro salidas pertenecientes a un primer grupo, donde el procesador es configurado para calcular tres señales de audio individuales adicionales, que serán producidas usando las tres de al menos cuatro salidas de un segundo grupo, de modo que se genere una segunda diferencial acústica de segundo orden o superior usando el arreglo. El procesador filtra las tres señales de audio individuales adicionales (pertenecientes al segundo grupo) usando una característica de banda de paso que comprende una segunda porción limitada del intervalo de frecuencia del flujo de audio. Aquí, la segunda porción limitada también difiere de la primera porción limitada. Además, deberá notarse que al menos una salida de las salidas del segundo grupo difiere de las salidas del primer grupo; es decir que no son usados los mismos transductores para reproducir la primera diferencial acústica y la segunda diferencial acústica.

35 De acuerdo con realizaciones adicionales el proceso es configurado para calcular las señales de audio individuales de modo que una respuesta de cero de la primera diferencial acústica y una respuesta de cero de la segunda diferencial acústica se encuentre sustancialmente dentro de la misma región o en el mismo punto. Esto significa que la cancelación de sonido reproducida usando la primera diferencial acústica y la cancelación de sonido reproducida usando la segunda diferencial acústica son efectuadas de modo que ambas diferenciales acústicas generen la misma respuesta mínima en la misma posición o región.

40 De acuerdo con realizaciones adicionales, el procesador efectúa un cálculo sobre la base de la fórmula

$$\begin{aligned} s_1(t) &= s(t-T_1) \\ s_2(t) &= -2s(t-T_2) \\ s_3(t) &= s(t-T_3), \end{aligned}$$

55 donde T_1 , T_2 y T_3 son características de retraso correspondientes a las tres señales de audio individuales s_1 , s_2 y s_3 .

60 El principio descrito anteriormente con respecto a la reproducción de la primera diferencial acústica también puede ser aplicado a la reproducción de una reproducción de diferencial acústica adicional de otra banda (porción) de toda la banda de frecuencia. En consecuencia, son usadas tres diferenciales acústicas para reproducir tres intervalos de frecuencia diferentes. Por ejemplo, las frecuencias de desempate entre la primera diferencial acústica y la segunda diferencial acústica pueden estar en 300 Hz (en el intervalo entre 100 Hz y 400 Hz), donde el desempate entre la segunda diferencial acústica y la tercera diferencial acústica puede estar en 500 Hz (en el intervalo entre 300 Hz y 1000 Hz).

Para la reproducción de la diferencial acústica adicional también pueden ser usados otros transductores del arreglo. De acuerdo con realizaciones preferidas, el arreglo comprende al menos cinco transductores los cuales son controlados vía cinco salidas de la unidad de cálculo. Desde otro punto de vista eso significa que la reproducción de diferentes bandas de frecuencia (pertenecientes a las diferentes diferenciales acústicas) es efectuada de modo que un primer conjunto de transductores del arreglo reproduzca la primera banda de frecuencia, donde un segundo conjunto de transductores del mismo arreglo reproduce la segunda banda de frecuencia y un tercer conjunto de transductores del arreglo reproduce la tercera banda de frecuencia. En consecuencia, debido al hecho de que los conjuntos para las tres bandas de frecuencia difieren entre sí, la separación entre los transductores que reproducen una banda de frecuencia respectiva difiere, también. Por ejemplo, una separación entre los transductores usados para una banda de frecuencia más baja puede ser más grande que una separación entre los transductores usados para reproducir la banda de frecuencia mayor. De acuerdo con las realizaciones los transductores del arreglo son arreglados de modo que siga siendo cierta la condición de que todos los transductores de un conjunto de transductores estén equidistantes si son usados algunos transductores para conjuntos diferentes.

De acuerdo con realizaciones adicionales, el principio anterior puede ser aplicado a flujos de audio estereofónico.

Una realización adicional proporciona un sistema que comprende la unidad de cálculo discutida anteriormente y el arreglo correspondiente.

De acuerdo con una realización adicional, se proporciona el método correspondiente para calcular la reproducción de sonido.

Las realizaciones de la invención serán discutidas posteriormente refiriéndose a las figuras anexas, donde:

la figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemáticos de la unidad de cálculo de acuerdo con una primera realización;

la figura 2a muestra esquemáticamente tres altavoces que generan una diferencial acústica de segundo orden y una posición de escucha preferida;

la figura 2b muestra esquemáticamente la determinación de un patrón de directividad considerado para un oyente a una distancia caminando sobre un círculo alrededor del arreglo;

la figura 2c muestra un diagrama esquemático de una respuesta de frecuencia de una diferencial acústica de segundo orden en la dirección de observación;

la figura 2d muestra un diagrama esquemático de un patrón de directividad de una diferencial acústica de segundo orden,

la figura 3 muestra esquemáticamente un arreglo de altavoces para la diferencial acústica de segundo orden hasta la banda 3,

la figura 4a muestra un diagrama esquemático de respuestas de frecuencia de tres dipolos;

la figura 4b muestra un diagrama esquemático de respuestas de frecuencia de dipolos con procesamiento de subbanda adicional;

y las figuras 5a-5c muestran tres configuraciones ejemplares de altavoces de un arreglo de altavoces.

Más abajo, serán discutidas posteriormente realizaciones de la presente invención refiriéndose a las figuras. Aquí, son proporcionados los mismos números de referencia para los mismos elementos, o elementos que tienen la misma o funciones similares. Por lo tanto, la descripción de los mismos es intercambiable y mutuamente aplicable.

La figura 1 muestra una unidad 10 de cálculo para un sistema 100 de reproducción de sonido que comprende un arreglo 20 que tiene al menos tres transductores 20a, 20b, y 20c arreglados en línea.

La unidad 10 de cálculo comprende medios 12 de entrada, al menos tres salidas 14a, 14b y 14c y un procesador 16. Los medios 12 de entrada tienen el propósito de recibir un flujo de audio que será reproducido usando el arreglo 20. El cálculo de la reproducción es efectuado por el procesador para obtener al menos tres señales de audio individuales para los tres transductores 20a-20c. En detalle, los tres transductores 20a-20c del arreglo 20 son controlados usando la salida 14a-14c.

En esta implementación básica las tres señales de audio individuales son calculadas de modo que sea generada una primera diferencial acústica que tenga al menos un segundo orden, donde la banda de frecuencia de esta primera diferencial acústica está limitada a una porción (100 Hz a 400 Hz) de todo el intervalo de frecuencia (20 Hz a 20 kHz) del flujo de audio. Esta porción es seleccionada de modo que las frecuencias "problemáticas" (por ejemplo 5 frecuencias bajas inferiores a 100 Hz), las cuales no pueden o sólo son reproducidas de manera no efectiva usando una diferencial acústica que tiene un segundo orden, sean suprimidas. Viceversa, esto significa que la primera diferencial acústica sólo comprende frecuencias las cuales pueden ser reproducidas apropiadamente usando una diferencial acústica que tenga el segundo orden. La banda de frecuencia respectiva que puede ser reproducida con el orden superior y que es incapaz de ser reproducida con este orden depende del arreglo 20, por ejemplo del tamaño de los transductores y, especialmente, de la separación entre los transductores 20a, 20b, 20c. Por ejemplo, 10 la reproducción de una banda de frecuencia mayor requiere una separación menor cuando se compara la reproducción de una banda de frecuencia menor. Para limitar la porción del intervalo de frecuencia reproducida usando la primera diferencial acústica, el procesador puede efectuar una filtración o puede comprender una entidad de filtro (digital), como un IIR, para efectuar la filtración. De este modo, la reproducción de la primera diferencial acústica permite reproducir todo el flujo de audio, pero con una banda de frecuencia limitada del flujo de audio. 15

Las porciones de la banda de frecuencia que no son reproducidas usando la primera diferencial acústica pueden ser reproducidas usando otras diferenciales acústicas. Aquí, se hace una distinción entre dos principios:

20 De acuerdo con el primer principio la segunda diferencial acústica es proporcionada de modo que la misma tenga un primer orden (esté limitada al orden n°. 1). La reproducción de una diferencial acústica que tenga un primer orden es posible típicamente usando sólo dos transductores (por ejemplo 20a y 20c, controlados por las salidas 14a y 14c). Por lo tanto, de acuerdo con una realización, el procesador 14 efectúa el cálculo de una segunda diferencial acústica que tiene sólo un primer orden por otra banda de frecuencia (la cual ha sido referida como banda de frecuencia 25 problemática anteriormente. Nótese que las frecuencias problemáticas dependen de la combinación con una configuración de transductor/arreglo específica). Con frecuencia, pero no necesariamente, la banda de frecuencia de la segunda diferencial acústica puede comprender frecuencias más bajas cuando se compara con la banda de frecuencia de la primera diferencial acústica. Regresando nuevamente a la declaración anterior de que las frecuencias más bajas son reproducidas mejor usando transductores que tienen una separación incrementada, la segunda diferencial acústica puede ser reproducida usando los dos transductores 20a y 20c externos, de este modo 30 los transductores 20a y 20c tienen una separación grande entre ellos.

De acuerdo con otro principio las porciones ausentes (problemáticas) del intervalo de frecuencia del flujo de audio son reproducidas usando una segunda diferencial acústica, que también tiene un segundo orden o superior. En este 35 caso, el concepto parte de un arreglo que tiene al menos cuatro transductores 20a-20d, como es ilustrado por las líneas discontinuas. Aquí, la reproducción de la segunda diferencial acústica es efectuada de modo que otros transductores, por ejemplo los transductores 20a, 20c y 20d, (es decir no los transductores 20a, 20b y 20c de la primera diferencial acústica), sean usados. Debido a esto, las limitaciones causadas cuando se reproduce una diferencial acústica de un segundo orden o superior en un intervalo de frecuencia problemática pueden ser 40 superadas por el uso de otra configuración/conjunto de transductores. En detalle, la configuración del transductor usada para reproducir la segunda diferencial acústica difiere de la configuración del transductor usada para reproducir la primera diferencial acústica con respecto a su separación entre los transductores individuales o al menos la separación entre dos transductores del conjunto respectivo. Las variantes de este principio serán discutidas con mayor detalle con respecto a la figura 3.

45 Sólo para complementarse deberá notarse que para este segundo principio el procesador 16 efectúa el cálculo de la segunda diferencial acústica y efectúa la filtración, de modo que la segunda diferencial acústica comprende sólo las frecuencias reproducibles usando el conjunto de transductores respectivo. Además, los medios para producir las señales de audio individuales que comprenden las salidas 14a-14c son mejorados por al menos una salida adicional 50 14d.

Ambos principios discutidos anteriormente para reproducir la segunda porción de todo el intervalo de frecuencia tienen en común que la segunda diferencial acústica (de primer, segundo orden o superior) es reproducida usando un conjunto de transductores los cuales difieren del conjunto de transductores usados para reproducir la primera 55 diferencial acústica.

De acuerdo con una realización adicional los dos conceptos básicos de reproducción de la segunda porción de toda la banda de frecuencia pueden ser combinados, de modo que puedan ser reproducidas tres o más bandas de frecuencia usando las tres o más diferenciales acústicas. Aquí, las diferenciales acústicas (excepto la primera 60 diferencial acústica) pueden tener un primer orden o superior dependiendo del principio usado.

Nótese que los dos intervalos de frecuencia (limitados en banda) están separados típicamente uno del otro, pero pueden tener una región de transición causada por el borde del filtro. De manera alternativa los filtros para filtrar las dos porciones de frecuencia pueden ser diseñados de modo que tengan una porción superpuesta.

Abajo, será explicado el fondo de las realizaciones básicas discutidas anteriormente en detalle.

5 La figura 2a muestra tres altavoces 20a, 20b y 20c en las posiciones x_1 , x_2 y x_3 y un punto de escucha preferido marcado por el número de referencia 30. Aquí, el sonido es reproducido con una diferencial acústica de segundo orden, con direccionamiento de cero hacia el punto de escucha preferido 30.

10 La diferencial acústica de segundo orden es generada sustrayendo dos diferenciales acústicas de primer orden las cuales apuntan su cero hacia un punto común. Expresado en otras palabras esto significa que una diferencial acústica de segundo orden es generada combinando dos diferenciales acústicas de primer orden. Una diferencial acústica de primer orden con los altavoces 20a y 20b en las posiciones x_1 y x_2 es generada por

$$\begin{aligned} s_1(t) &= s(t - \tau_1) \\ s_2(t) &= -s(t - \tau_2), \end{aligned} \quad (1)$$

15 Las variables s_1 y s_2 se refieren a las señales vía con las cuales los transductores 20a y 20b son controlados. El centro de la diferencial se encuentra en la posición $m_1 = \frac{1}{2}(x_1 + x_2)$. Los retrasos T_1 y T_2 son tales que un cero es dirigido de m_1 hacia la posición de escucha preferida 30. Una diferencial acústica de primer orden con los altavoces 20b y 20c en las posiciones x_2 y x_3 es generada por

$$\begin{aligned} s_2(t) &= s(t - \tau'_2) \\ s_3(t) &= -s(t - \tau_3). \end{aligned} \quad (2)$$

20 Aquí, las variables s_2 y s_3 se refieren a las señales para los transductores 20b y 20c. El centro de la diferencial se encuentra en la posición $m_2 = \frac{1}{2}(x_2 + x_3)$. Los retrasos τ'_2 y τ_3 son tales que el cero es dirigido de m_2 hacia la posición 30 de escucha preferida, es decir $\tau'_2 = \tau_2$. Las dos diferenciales de primer orden son sustraídas para generar una diferencial de segundo orden con el cero dirigiéndose hacia la posición 30 de escucha preferida

$$\begin{aligned} s_1(t) &= s(t - \tau_1) \\ s_2(t) &= -2s(t - \tau_2) \\ s_3(t) &= s(t - \tau_3). \end{aligned} \quad (3)$$

Las direcciones de los ceros de las diferenciales de primer orden son

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \text{atan2}(r, -m_1) \\ \phi_2 &= \text{atan2}(r, -m_2). \end{aligned} \quad (4)$$

Los retrasos de direccionamiento se relacionan con los ángulos de direccionamiento como sigue:

$$\begin{aligned} \tau_1 - \tau_2 &= \frac{x_1 - x_2}{c} \sin \phi_1 \\ \tau_2 - \tau_3 &= \frac{x_2 - x_3}{c} \sin \phi_2. \end{aligned} \quad (5)$$

30 Nótese que los ángulos ϕ_1 y ϕ_2 son marcados dentro de la figura 2a. Los tres retrasos son calculados con la condición adicional de que el retraso más pequeño deberá ser de cero.

35 Este procedimiento puede ser expresado en otras palabras dado que las operaciones de retraso (y/o inversión) pueden ser aplicadas de modo que las diferenciales tengan una respuesta de cero en la región de una dirección o punto específico (es decir el punto 30).

40 En la siguiente discusión se consideró que el patrón de directividad ocurre cuando se mide sobre un círculo con un radio r , como es ilustrado en la figura 2b.

Aquí, tres altavoces 20a, 20b y 20c se encuentran en $x_1 = 0,2$ m, $x_2 = -0,6$ m, y $x_3 = -1,4$ m. Generando una diferencial acústica, como se discutió con respecto a la figura 2a, puede ser generado un patrón de directividad

considerado por un oyente a una distancia r caminando sobre un círculo alrededor del arreglo o alrededor del punto 32 del arreglo.

5 La respuesta de frecuencia resultante en la dirección x negativa (dirección de observación del cardioide con cola de segundo orden) es mostrada por la figura 2c. El intervalo de operación es de aproximadamente 100 Hz a 200 Hz. Para frecuencias más bajas, la amplitud es demasiado baja, lo cual requeriría altavoces fuertes, si el giro de la frecuencia baja se extendiera. A frecuencias más altas, el patrón de directividad se vuelve inconsistente. Esos efectos dependientes de la frecuencias son ilustrados por la figura 2d que ilustra el patrón de directividad de la diferencial acústica de segundo orden. Como puede observarse, dentro del intervalo de operación (100 Hz a 200 Hz), los patrones de directividad son muy similares. Para frecuencias más bajas, como de 60 Hz de amplitud es menor, y para frecuencias mayores, como por encima de 240 Hz el patrón de directividad se alía. De acuerdo con este análisis la primera porción de todo el intervalo de frecuencia (la cual es reproducida usando la diferencial acústica que tienen el segundo orden o superior) es seleccionada. En consecuencia, la frecuencia fluctúa por debajo y por encima de esta porción seleccionada. Esta porción seleccionada (aquí por debajo de 100 Hz y por encima de 15 200 Hz) tiene que ser reproducida mediante el uso de la segunda (y tercera) diferencial acústica que es calculada por un conjunto de transductores variados como se explicó anteriormente.

20 Como se explicó, la diferencial acústica de segundo orden tiene un intervalo de frecuencia limitada dentro del cual proporciona respuestas de frecuencia y patrones de directividad consistentes. Convencionalmente, en el procesamiento de la señal de micrófono y altavoz diferencial, son usadas distancias relativamente pequeñas entre micrófonos/altavoces para desplazar el intervalo de operación a frecuencias más altas (para evitar aliasing). Entonces, el giro de la frecuencia más baja es compensado con un filtro del tipo de pasa bajos. Este procedimiento tiene, particularmente para los altavoces, desventajas, es decir que las frecuencias bajas son amplificadas, incrementando los requerimientos del altavoz para la reproducción de baja frecuencia, lo cual a menudo no es realista en factores de forma magros. Además, para el segundo orden el giro de baja frecuencia es de 12dB por 25 octava, haciendo la compensación de giro de baja frecuencia totalmente irreal.

30 Para lograr un ancho de banda de operación más amplio deberán ser usados diferentes conjuntos de altavoces para diferentes frecuencias. El ejemplo previamente descrito (véase la figura 2) es preferiblemente útil sólo dentro de un intervalo de frecuencia de aproximadamente 100 Hz a 200 Hz. Serían usados otros conjuntos de altavoces triples para cubrir los intervalos de frecuencia de 200 Hz a 400 Hz y/o 400 Hz a 800 Hz, etc.

35 Esa configuración de altavoces o arreglo de altavoces es ilustrado por la figura 3. El arreglo 20' de la figura 3 comprende cinco altavoces 20a-20e, los cuales pueden ser usados por diferenciales acústicas de segundo orden hasta la banda tres. Comparado con el ejemplo de la figura 2a, han sido agregados dos altavoces (véase 20d y 20e) y la ubicación a lo largo de los ejes x de todos los altavoces 20a a 20e ha sido cambiada. Debido a los cinco altavoces están disponibles tres combinaciones diferentes, cada una de las cuales usa tres altavoces. Esas combinaciones son referidas como triples. Los altavoces triples usados para las tres bandas son indicados por los números de referencia 26a, 26b y 26c. El primer triple 26a comprende los altavoces 20a, 20d y 20e, el segundo triple 40 26b comprende los altavoces 20a, 20b y 20d, donde un tercer triple 26c comprende los altavoces 20b, 20c y 20d.

45 Como puede observarse, los altavoces 20a-20e pueden ser arreglados de modo que los altavoces 20a y 20d estén separados uno del otro a una distancia la cual es igual a una distancia entre los altavoces 20d y 20e. El altavoz 20b es arreglado en la parte media entre los altavoces 20a y 20d. Por ejemplo, el primer altavoz 20a puede ser arreglado en la posición 0,2 m, el segundo altavoz 20b en la posición -0,2 m, el tercer altavoz 20c en la posición -0,4 m, el cuarto altavoz 20d puede ser arreglado en la posición -0,6 m, donde el quinto altavoz 20e puede ser arreglado en la posición 1,2 m. Además, el altavoz 20c es arreglado centrado entre los altavoces 20b y 20d. Debido a este arreglo la condición conserva la posición verdadera lograda de modo que todos los altavoces del primer triple 26a, el segundo triple 26b y el tercer triple 26c sean equidistantes, aún si son usados algunos transductores para diferentes 50 conjuntos.

55 La figura 4a muestra la respuesta de frecuencia de los tres dipolos antes de filtrar la misma en la dirección x negativa (dirección de observación del cardioide de cola de segundo orden). La respuesta 26a_fr1, 26b_fr1 y 26c_fr1 de frecuencia pertenece a los triples 26a, 26b y 26c de la figura 3. Estos datos implican que las frecuencias de transición de subbanda razonables pueden ser de 200 Hz y 500Hz, o en general entre 100 Hz y 300 Hz y entre 350 Hz y 800 Hz. Por ejemplo, las tres subbandas fueron implementadas con un banco de filtros de velocidad completa IIR de orden 3.

60 La respuesta de frecuencia resultante de los dipolos con el procesamiento de subbanda adicional es mostrada por la figura 4b. Las respuestas 26a_fr2, 26b_fr2 y 26c_fr2 de frecuencia pertenecen a los triples 26a, 26b y 26c y resultan del procesamiento de las respuestas 26a_fr1, 26b_fr1 y 26c_fr1 de frecuencia. Debido a las diferentes posiciones de los altavoces 20a-20e de los diferentes triples 26a-26c de altavoces usados para reproducir las diferenciales acústicas de segundo orden de subbanda, los retrasos pueden causar interferencia indeseable en las frecuencias de transición de las subbandas. Para alinear el retraso la reproducción de sonido de las diferentes señales de

subbanda, puede ser agregado un desplazamiento de retraso a los retrasos τ_1 , τ_2 y τ_3 de la fórmula (5) para los tres altavoces por subbanda.

De acuerdo con realizaciones adicionales la técnica propuesta también puede ser implementada por diferenciales acústicos de orden superior. En este caso, son considerados tres pares de altavoces, necesitando al menos cuatro altavoces. Con los cuatro altavoces, pueden ser producidas 3 diferenciales de primer orden:

$$\begin{aligned} s_1(t) &= s(t - \tau_1) \\ s_2(t) &= -s(t - \tau_2), \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} s_2(t) &= s(t - \tau_2) \\ s_3(t) &= -s(t - \tau_3), \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} s_3(t) &= s(t - \tau_3) \\ s_4(t) &= -s(t - \tau_4), \end{aligned} \quad (8)$$

Dada (6) e invertida simultáneamente (7) para los altavoces 1 a 3 se reproduce una diferencial de segundo orden (similar a (3)). Dada (7) e invertida simultáneamente (8) para los altavoces 2 a 4 se reproduce una segunda diferencial de segundo orden. Las diferenciales acústicas de tercer orden son implementadas reproduciendo simultáneamente las dos diferenciales de segundo orden, una invertida:

$$\begin{aligned} s_1(t) &= s(t - \tau_1) \\ s_2(t) &= -3s(t - \tau_2) \\ s_3(t) &= 3s(t - \tau_3) \\ s_4(t) &= -s(t - \tau_4). \end{aligned} \quad (9)$$

En general, las señales de altavoz para una diferencial acústica de $k^{\text{ésimo}}$ orden pueden ser calculadas como sigue:

$$s_n(t) = (-1)^{n-1} \binom{k}{n-1} s(t - \tau_n) \quad (10)$$

o

$$s_n(t) = (-1)^n \binom{k}{n-1} s(t - \tau_n) \quad (11)$$

donde k es el orden de la diferencial, y n es el número de altavoz, donde $n = (1, 2, \dots, k+1)$. Es decir que para una diferencial acústica de $k^{\text{ésimo}}$ orden, son necesarios $k+1$ altavoces (equidistantes).

Los retrasos son calculados con una idea similar como la descrita anteriormente para la diferencial de segundo orden.

Por ejemplo, un algoritmo simple para obtener los retrasos es:

- Fijar $\tau_1 = 0$ y calcular el retraso τ_2 (negativo o positivo) de modo que la dirección de cero de la diferencial de primer orden sea como se desee, por ejemplo que apunte hacia un punto de escucha preferido.

- Dado el τ_2 calculado anteriormente, calcular τ_3 para la segunda diferencial de modo que su cero apunte hacia la dirección deseada.

• Dado el τ_3 calculado previamente, calcular τ_4 para la tercera diferencial de modo que su cero apunte hacia la dirección deseada.

• Agregar una desviación o desplazamiento a todos los retrasos para llevarlos al intervalo deseado, por ejemplo

$$\text{desplazamiento} = -\min\{\min\{\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4\} (10)$$

• Cuando se usen diferentes subbandas, el desplazamiento de retraso agregado a cada señal de altavoz de subbanda puede ser diferente de (10), es decir puede ser determinado para reducir la interferencia entre las subbandas.

De este modo, una realización proporciona un método para calcular el retraso característico para las diferenciales acústicas respectivas.

De acuerdo con otra realización, el procesador puede estar configurado para efectuar operaciones de inversión.

Por ejemplo, un par de altavoces con una distancia entre ellos de 1 m permite producir un dipolo de primer orden con un intervalo de frecuencia similar como un dipolo de segundo orden con un arreglo de una longitud de 2 m (separación de 1 m entre el primero y el segundo altavoz, y separación de 1 m entre el segundo y el tercer altavoz).

De este modo, la abertura del arreglo se limita a un cierto tamaño. Un dipolo de primer orden (26a en la figura 5a) puede tratar un intervalo de frecuencia menor que los dipolos de segundo orden (26b, 26c, y 26d). Esto motiva el uso de un dipolo de primer orden (26a) para frecuencias más bajas y dipolos de segundo orden (26b, 26c, y 26d) para frecuencias más altas. Un ejemplo es mostrado en la figura 5a usando la notificación de la figura 3.

Por el contrario, a frecuencias altas, a menos que se usen altavoces muy pequeños, la separación de altavoz es muy grande para reproducir una diferencial acústica precisa. Esto motiva la reproducción de las frecuencias altas proporcionando las señales directamente a los altavoces (sin intentar efectuar diferenciales acústicas). También, a frecuencias altas, los altavoces son normalmente muy directivos. De este modo aun sólo un solo altavoz emite un haz efectivo hacia la dirección que está apuntando. Esa configuración es mostrada en la figura 5b usando la notificación de la figura 3. Aquí son usados dipolos de segundo orden (26a', 26b y 26c) y un solo altavoz (26d).

Hablando de manera general, puede usarse por cada banda de frecuencia el orden del diferencial acústico que dé el mejor desempeño deseado en las bandas de frecuencia correspondientes. Esto puede dar como resultado que sean usados órdenes diferentes en diferentes bandas de frecuencia.

De acuerdo con realizaciones adicionales el intervalo de baja frecuencia puede ser reproducido o soportado usando una salida adicional de un altavoz de graves. Por lo tanto la unidad de cálculo puede comprender una salida de altavoz de graves.

La figura 5c muestra un ejemplo de dos canales de múltiples bandas. Aquí, la configuración ejemplar comprende 7 altavoces (20a-20g) para la reproducción estéreo. Son usadas tres diferenciales de segundo orden (26a', 26b, 26c) para el canal izquierdo y tres para el canal derecho (26d, 26e, 26f). Son elegidos los altavoces triples del canal izquierdo por subbanda orientados hacia la izquierda, y altavoces triples del canal derecho orientados hacia la derecha. En este ejemplo, nótese que la banda 1 comparte los altavoces entre la izquierda y la derecha.

Como se describió, las diferenciales acústicas son reproducidas con un par de altavoces (primer orden), triples (segundo orden), o más (orden superior). Cuando las ubicaciones de altavoz son simétricas de izquierda a derecha con relación a la posición de escucha, se reproduce un dipolo acústico, es decir, que la característica de directividad es simétrica de izquierda a derecha. Cuando los altavoces están hacia la izquierda con relación a la posición de escucha, entonces la diferencial acústica tiene una característica de directividad orientada hacia la izquierda. De manera similar para el lado derecho. Para reproducir dos señales de entrada (estéreo) pueden elegirse grupos de altavoces sobre el lado izquierdo para reproducir diferenciales acústicas, para proyectar la señal izquierda hacia el lado izquierdo. De manera similar, para la señal derecha, pueden ser elegidos altavoces sobre el lado derecho. Esto permite la reproducción de estéreo donde las señales izquierda y derecha son proyectadas hacia el lado izquierdo y derecho, dando como resultado una imagen estéreo amplia.

Una realización proporciona una unidad 10 de cálculo como se definió anteriormente, donde el procesador 16 es configurado para calcular dos señales de audio individuales adicionales, que serán producidas usando dos de las tres salidas 14a-14c agregadas, de modo que es generada una segunda diferencial acústica que tiene primer orden usando los dos transductores 20a-20e controlados vía las dos salidas 14a-14c, y donde el procesador 16 es configurado para filtrar las dos señales de audio individuales adicionales usando una segunda característica de banda de paso que comprende una segunda porción limitada del intervalo de frecuencia del flujo de audio que difiere de la primera porción limitada.

5 Con respecto a las realizaciones anteriores deberá notarse que los transductores 20a-20e del arreglo 20/20' pueden ser arreglados (preferiblemente) en un recinto común. De manera alternativa, el arreglo 20/20' puede ser formado por una pluralidad de transductores 20a-20e, teniendo cada uno de los transductores 20a-20e (o al menos dos de los transductores 20a-20e) un recinto separado.

10 La unidad 10 de cálculo puede de acuerdo con realizaciones comprender además al menos cinco salidas (véase 14a-14d + una salida adicional) por cinco transductores 20a-20e, donde la primera diferencial acústica es generada usando al menos tres de las cinco salidas 14a-14d pertenecientes a un primer grupo, donde la segunda diferencial acústica es generada usando al menos dos de las cinco salidas 14a-14d pertenecientes a un segundo grupo, y donde la tercera diferencial acústica es generada usando al menos dos de las cinco salidas 14a-14d pertenecientes a un tercer grupo, y donde el primer, segundo y tercer grupo difieren entre sí con respecto a al menos una segunda salida 14a-14d.

15 La reproducción de sonido puede de acuerdo con realizaciones basarse en la primera diferencial acústica que tiene un segundo orden o superior y una diferencial acústica adicional limitada al primer orden.

20 De acuerdo con realizaciones adicionales la unidad de cálculo puede comprender una salida adicional para un altavoz de graves, donde el procesador 16 es configurado para calcular sobre la base del flujo de audio y filtrar la señal de audio del altavoz de graves usando una característica de banda de paso que comprende un intervalo de frecuencia del flujo de audio que es menor que el intervalo de frecuencia de la primera porción limitada, de la segunda porción limitada y/o de la tercera porción limitada.

25 El flujo de audio puede ser un flujo estereofónico, es decir que el procesador 16 puede estar configurado para calcular la primera diferencial acústica de un lóbulo que apunta hacia un lado izquierdo que reproduce un canal izquierdo del flujo estereofónico, y una segunda diferencial acústica con un lóbulo que apunta hacia un lado derecho que reproduce un canal derecho del flujo estereofónico.

30 Opcionalmente el flujo de audio puede ser un flujo de múltiples canales (por ejemplo, un flujo 5.1). En este caso, el procesador 16 puede estar configurado para transformar el flujo de múltiples canales de modo que él mismo pueda ser reproducido usando el arreglo descrito anteriormente.

35 Una realización adicional proporciona un sistema que comprende el aparato/unidad de cálculo discutida anteriormente y un arreglo que comprende al menos tres transductores.

Una realización proporciona un sistema que comprende:

- una unidad 10 de cálculo para una reproducción de sonido; y

40 - un arreglo (véase el arreglo 20) que tiene al menos tres o cuatro transductores 20a-20e, donde los transductores 20a-20e usados para generar la segunda diferencial acústica que tiene el primer orden son separadas entre sí por una distancia la cual es mayor que la distancia entre los transductores 20a-20e usados para generar la primera diferencial acústica, o donde los transductores 20a-20e controlados vía las salidas 14a-14d del segundo grupo están separados entre sí una distancia la cual es mayor que la distancia entre los transductores 20a-20e controlados vía las salidas 14a-14d pertenecientes al primer grupo.

También, las realizaciones anteriores han sido discutidas con respecto a un aparato para calcular una sola diferencial acústica, una realización adicional se refiere al método correspondiente.

50 Aunque algunos aspectos han sido descritos en el contexto de un aparato, queda claro que esos aspectos también representan una descripción del método correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponde a un paso del método o una característica de un paso del método. De manera análoga, los aspectos descritos en el contexto de un paso del método representan también una descripción de un bloque o elemento o característica correspondiente de un aparato correspondiente. Algunos o todos los pasos del método pueden ser ejecutados por (o usando) un aparato de hardware, como por ejemplo, un microprocesador, un ordenador programable o un circuito electrónico. En algunas realizaciones, algunos o más de los pasos del método más importantes pueden ser ejecutados por ese aparato.

60 La señal de audio procesada (codificada) de la invención puede ser almacenada en un medio de almacenamiento digital o puede ser transmitida sobre un medio de transmisión como un medio de transmisión inalámbrico o un medio de transmisión alámbrico como Internet.

Dependiendo de ciertos requerimientos de implementación, las realizaciones de la invención pueden ser implementadas en hardware o en software. La implementación puede ser efectuada usando un medio de

almacenamiento digital, por ejemplo un disco flexible, un DVD, un Blu-Ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, que tenga señales de control legibles electrónicamente almacenadas en él, que cooperen (o sean capaces de cooperar) con un sistema informático programable de modo que sea efectuado el método respectivo. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por ordenador.

Algunas realizaciones de acuerdo con la invención comprenden un portador de datos que comprende señales de control legibles electrónicamente, las cuales pueden cooperar con un sistema informático programable de modo que sea efectuado uno de los métodos descritos en la presente.

De manera general, las realizaciones de la presente invención pueden ser implementadas con un producto de programa informático con un código de programa, operando el código de programa para efectuar uno de los métodos cuando el producto de programa informático se ejecute en un ordenador. El código de programa puede por ejemplo ser almacenado en un portador legible de una máquina.

Otras realizaciones comprenden el programa informático para efectuar uno de los métodos descritos en la presente, almacenado por un portador legible de una máquina.

En otras palabras, una realización del método de la invención es, por lo tanto, un programa informático que tiene el código de programa para efectuar uno de los métodos descritos en la presente, cuando el programa informático se ejecute en un ordenador.

Deberá notarse que el flujo de audio usado anteriormente puede ser un flujo de audio de múltiples canales o un flujo estereofónico o un flujo ambiental.

Una realización adicional de los métodos de la invención es, por lo tanto, un portador de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) que comprende, registrado en él, el programa informático para efectuar uno de los métodos descrito en la presente. El portador de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio registrado son típicamente tangibles y/o no transitorios.

Una realización adicional del método de la invención es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representa el programa informático para efectuar uno de los métodos descritos en la presente. El flujo de datos o la secuencia de señales puede, por ejemplo estar configurada para ser transferida vía una conexión de comunicación de datos, por ejemplo vía Internet.

Una realización adicional comprende medios de procesamiento, por ejemplo un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado para o adaptado para efectuar uno de los métodos descritos en la presente.

Una realización adicional comprende un ordenador que tiene instalado en él el programa informático para efectuar uno de los métodos descritos en la presente.

Una realización adicional de acuerdo con la invención comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónicamente u ópticamente) un programa informático para efectuar uno de los métodos descritos en la presente a un receptor. El receptor puede, por ejemplo, ser un ordenador, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o similar. El aparato o sistema puede, por ejemplo, comprender un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.

En algunas realizaciones, puede ser usado un dispositivo lógico programable (por ejemplo un arreglo de puertas programable en el campo) para efectuar algunas o todas las funcionalidades de los métodos descritos en la presente. En algunas realizaciones, un arreglo de puertas programable en el campo puede cooperar con un microprocesador para efectuar uno de los métodos descritos en la presente. Generalmente, los métodos son efectuados preferiblemente por cualquier aparato de hardware.

Las realizaciones descritas anteriormente son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Debe comprenderse que las modificaciones y variaciones de los arreglos y detalles descritos en la presente serán evidentes a otros expertos en la técnica. Se pretende, por lo tanto, ser limitados únicamente por el alcance de las reivindicaciones de patente que lo impidan y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y explicación de las realizaciones de la presente.

REIVINDICACIONES

1. Una unidad (10) de cálculo para un sistema de reproducción de sonido, que comprende un arreglo (20) que tiene al menos tres transductores (20a-20e), la unidad (10) de cálculo comprende:

5 medios (12) de entrada para recibir un flujo de audio $s(t)$ que será reproducido usando el arreglo (20);
 un procesador (16); y
 10 al menos tres salidas (14a-14c) para controlar al menos tres transductores (20a-20e) del arreglo (20),
 donde el procesador (16) está configurado para calcular al menos tres señales de audio individuales, de modo que una diferencial acústica de segundo orden o superior sea reproducida usando el arreglo (20);

15 donde el procesador (16) está configurado para calcular una diferencial acústica de segundo orden sobre la base de la fórmula

$$\begin{aligned} s_1(t) &= s(t - \tau_1) \\ s_2(t) &= -2s(t - \tau_2) \\ s_3(t) &= s(t - \tau_3) \end{aligned} ,$$

20 donde τ_1, τ_2 y τ_3 respectivamente son características de retraso correspondientes a las tres señales de audio individuales s_1, s_2 y s_3 ; o

25 donde el procesador (16) está configurado para calcular una diferencial acústica de orden superior sobre la base de la fórmula

$$s_n(t) = (-1)^{n-1} \binom{k}{n-1} s(t - \tau_n)$$

30 o

$$s_n(t) = (-1)^n \binom{k}{n-1} s(t - \tau_n),$$

35 donde los respectivos τ_n ($\tau_1, \dots, \tau_{k+1}$) son características de retraso correspondientes a las n señales de audio individuales que son necesarias para una diferencial de $k^{\text{ésimo}}$ orden.

- 40 2. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el procesador (16) está configurado para calcular las señales de audio individuales de modo que la diferencial acústica de segundo orden o superior tenga una respuesta de cero hacia la región de escucha.

- 45 3. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el procesador (16) está configurado para dividir el flujo de audio recibido en al menos dos bandas de frecuencia y para calcular las señales de audio individuales para al menos dos bandas de frecuencia, donde al menos dos subconjuntos diferentes de altavoces son controlados vía las señales de audio de al menos dos bandas de frecuencia de modo que sea reproducida una diferencial acústica de segundo orden o superior dentro de al menos dos bandas de frecuencia.

- 50 4. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el procesador (16) está configurado para dividir el flujo de audio recibido en al menos dos bandas de frecuencia y para calcular las señales de audio individuales por una primera de las dos bandas de frecuencia y/o para calcular señales de audio por una segunda de al menos dos bandas de frecuencia, donde las señales de audio de la segunda banda de frecuencia o de un intervalo de frecuencia completo del flujo de audio recibido son proporcionados directamente a uno o más transductores.

- 55 5. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el procesador (16) está configurado para dividir el flujo de audio recibido en al menos dos bandas de frecuencia y para calcular las señales de audio individuales por una primera de las dos bandas de frecuencia y/o señales de audio por una segunda de al menos dos bandas de frecuencia, donde las señales de audio de la segunda banda de

frecuencia son reproducidas por medio del arreglo usando una diferencial acústica de primer orden o por medio de un par de altavoces para reproducir la diferencial acústica de primer orden.

- 5 6. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 4, donde la frecuencia de giro entre una primera y una segunda banda de al menos dos bandas de frecuencia se encuentra dentro de un intervalo entre 50 Hz y 400 Hz y/o donde la frecuencia de giro entre la segunda y una banda adicional se encuentra dentro de un intervalo entre 100 Hz y 1000 Hz.
- 10 7. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el flujo de audio comprende al menos dos señales de entrada, y donde el procesador (16) está configurado para calcular señales de audio individuales por al menos una primera de las dos señales de entrada y por al menos una segunda de las dos señales de entrada, donde las señales de audio individuales para la primera y la segunda señales de entrada difieren entre sí con respecto a los altavoces usados o los parámetros aplicados.
- 15 8. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el arreglo (20) comprende una configuración de altavoces simétrica de izquierda a derecha,
- 20 donde el flujo de audio comprende al menos dos señales de entrada para al menos dos canales, y donde el procesador (16) está configurado para transformar señales de audio individuales por una primera de los dos canales y por una segunda de los dos canales,
- 25 donde las señales de audio individuales para el primer canal comprenden diferenciales de salida acústicas producidas vía los altavoces orientados hacia la izquierda del arreglo y donde las señales de audio individuales para el segundo canal comprenden diferenciales de salida acústicas producidas vía los altavoces orientados a la derecha del arreglo.
- 30 9. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el arreglo (20) comprende una configuración de altavoces simétrica de izquierda a derecha; y
- 35 donde son usados un transductor (20a-20e) más hacia la izquierda y uno más a la derecha para frecuencias bajas.
- 40 10. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el arreglo (20) comprende una configuración de altavoces simétrica de izquierda a derecha;
- 45 donde el flujo de audio comprende al menos cuatro señales de entrada para al menos cuatro canales, y donde el procesador (16) está configurado para transformar señales de audio individuales por un primero y tercero de los cuatro canales y por un segundo y cuarto de los cuatro canales,
- 50 donde las señales de audio individuales para el primer y tercer canales comprenden diferenciales de salida acústicas producidas vía los altavoces orientados hacia la izquierda del arreglo y donde las señales de audio individuales para el segundo y cuarto canales comprenden diferenciales de salida acústicas producidas vía altavoces orientados hacia la derecha del arreglo.
- 55 11. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos cuatro salidas (14a-14c) para al menos cuatro transductores (20a-20e),
- 60 donde la primera diferencial acústica es generada usando al menos tres de las cuatro salidas (14a-14c) pertenecientes a un primer grupo, y
- donde el procesador (16) es configurado para calcular tres señales de audio individuales adicionales, que serán producidas usando tres de al menos cuatro salidas (14a-14c) de un segundo grupo, de modo que sea generada además una diferencial acústica de segundo orden o superior usando el arreglo (20),
- donde el procesador (16) está configurado para filtrar las tres señales de audio individuales adicionales usando una característica de banda de paso que comprende una segunda porción limitada del intervalo de frecuencia del flujo de audio la cual difiere de la primera porción limitada, y
- donde al menos una salida de las salidas (14a-14c) del segundo grupo difiere de las salidas (14a-14c) del primer grupo.

12. La unidad (10) de cálculo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el procesador (16) calcula las señales de audio individuales, de modo que las señales de audio individuales difieran entre sí con respecto a una característica de retraso, una característica de fase y/o una característica de magnitud.

5 13. Un sistema (100) que comprende:

una unidad (10) de cálculo para un sistema de reproducción de sonido de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores; y

10 un arreglo (20) que tiene al menos tres transductores (20a-20e).

14. Un método para calcular una reproducción de sonido por un sistema de reproducción de sonido que comprende un arreglo (20) que tiene al menos tres transductores (20a-20e), el método comprende los siguientes pasos:

15 recibir un flujo de audio $s(t)$ que será reproducido usando el arreglo (20) y que tiene un intervalo de frecuencia;

20 calcular al menos tres señales de audio individuales que serán producidas usando al menos tres salidas (14a-14c), de modo que se genere una primera diferencial acústica que tenga un segundo orden o superior usando el arreglo (20); y

25 producir al menos tres señales de audio para controlar al menos tres transductores (20a-20e) del arreglo (20);

donde el procesador (16) está configurado para calcular una diferencial acústica de segundo orden sobre la base de la fórmula

$$\begin{aligned}
 s_1(t) &= s(t - \tau_1) \\
 s_2(t) &= -2s(t - \tau_2) \\
 s_3(t) &= s(t - \tau_3)
 \end{aligned}$$

30 donde τ_1 , τ_2 y τ_3 respectivamente son características de retraso correspondientes a las tres señales de audio individuales s_1 , s_2 y s_3 ; o

35 donde el procesador (16) está configurado para calcular una diferencial acústica de orden superior sobre la base de la fórmula

$$s_n(t) = (-1)^{n-1} \binom{k}{n-1} s(t - \tau_n)$$

40 o

$$s_n(t) = (-1)^n \binom{k}{n-1} s(t - \tau_n),$$

45 donde τ_n ($\tau_1, \dots, \tau_{k+1}$) respectivamente son características de retraso correspondientes a las n señales de audio individuales que son necesarias para una diferencial de $k^{\text{ésimo}}$ orden.

15. El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además el paso de filtrar al menos tres señales de audio individuales usando una primera característica de paso de banda que comprende una primera porción limitada del intervalo de frecuencia del flujo de audio; y/o

50 que comprende además el paso de calcular una característica de retraso respectiva de las señales de audio individuales.

55 16. Un medio de almacenamiento digital legible por ordenador que tiene almacenado en él un programa informático que tiene un codificador de programa para efectuar, cuando sea ejecutado en un ordenador, el método de acuerdo con una de las reivindicaciones 14 o 15.

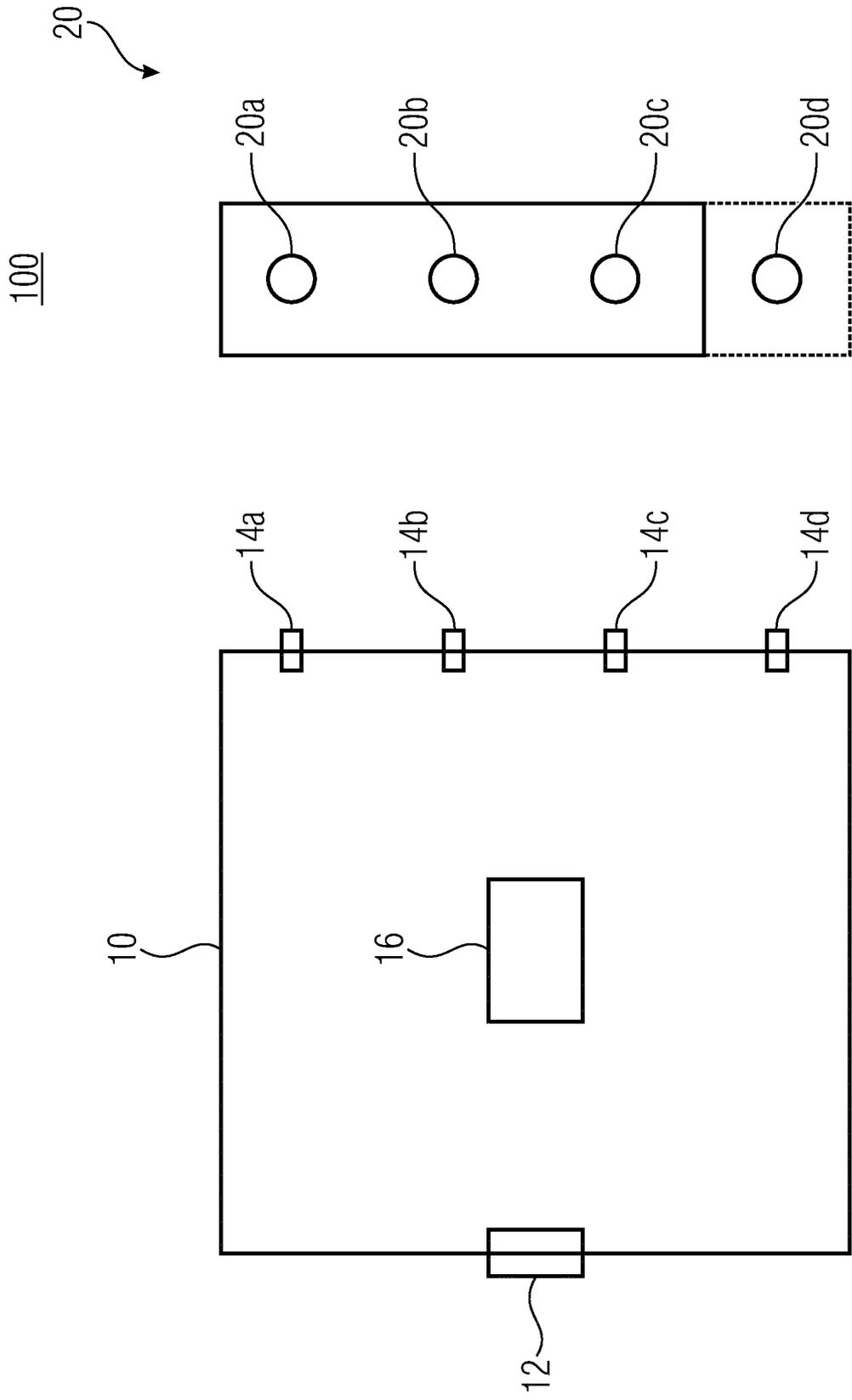


Fig. 1

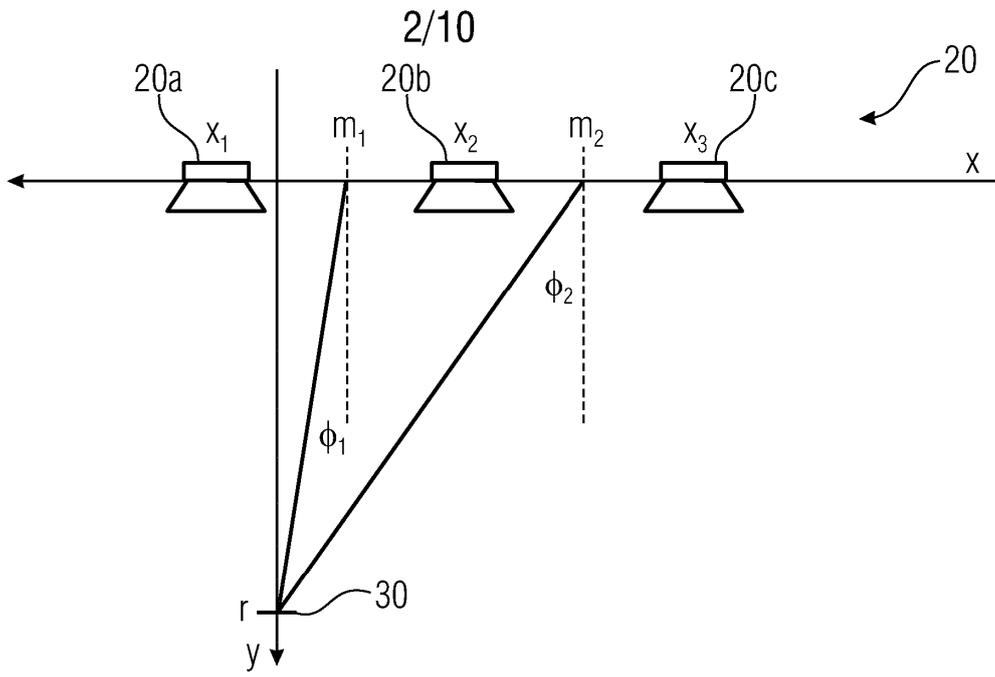


Fig. 2a

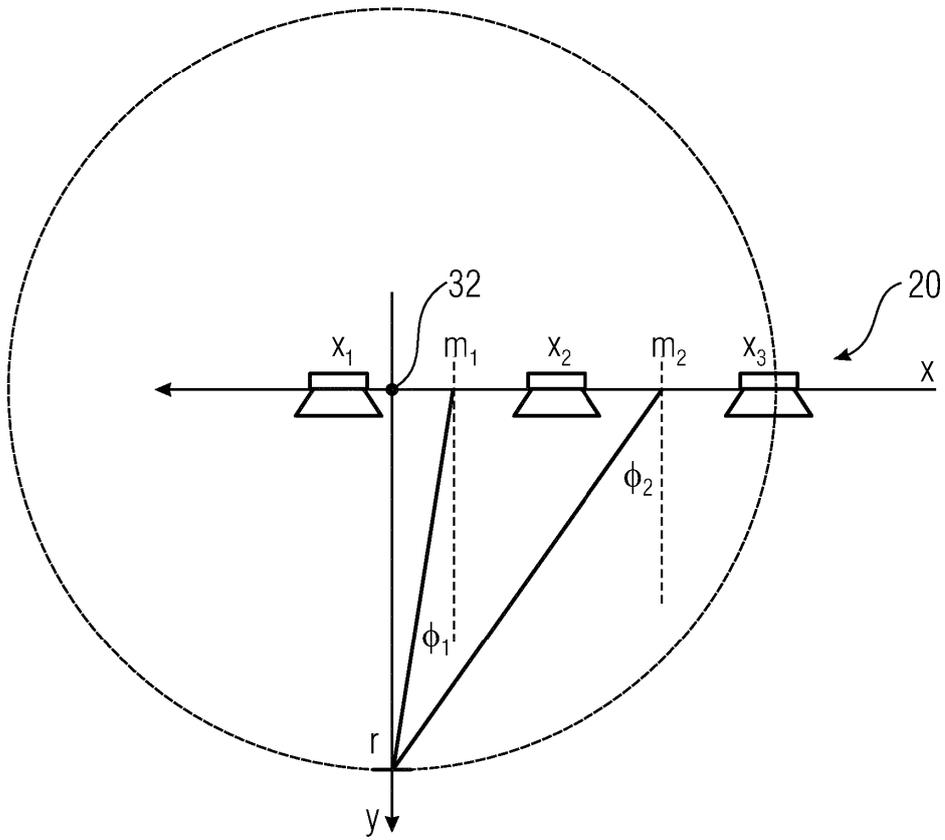


Fig. 2b

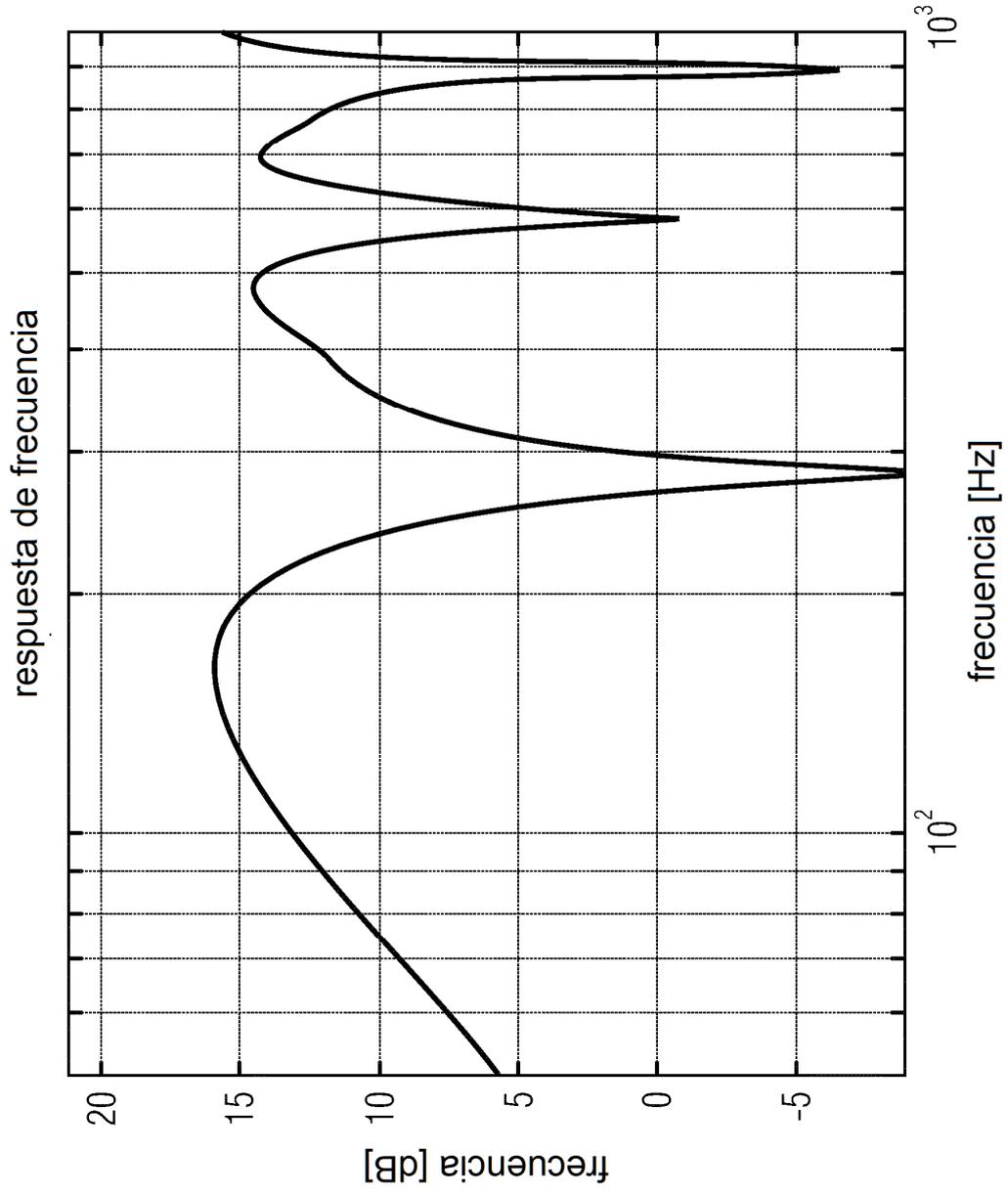


Fig. 2c

patrón de directividad

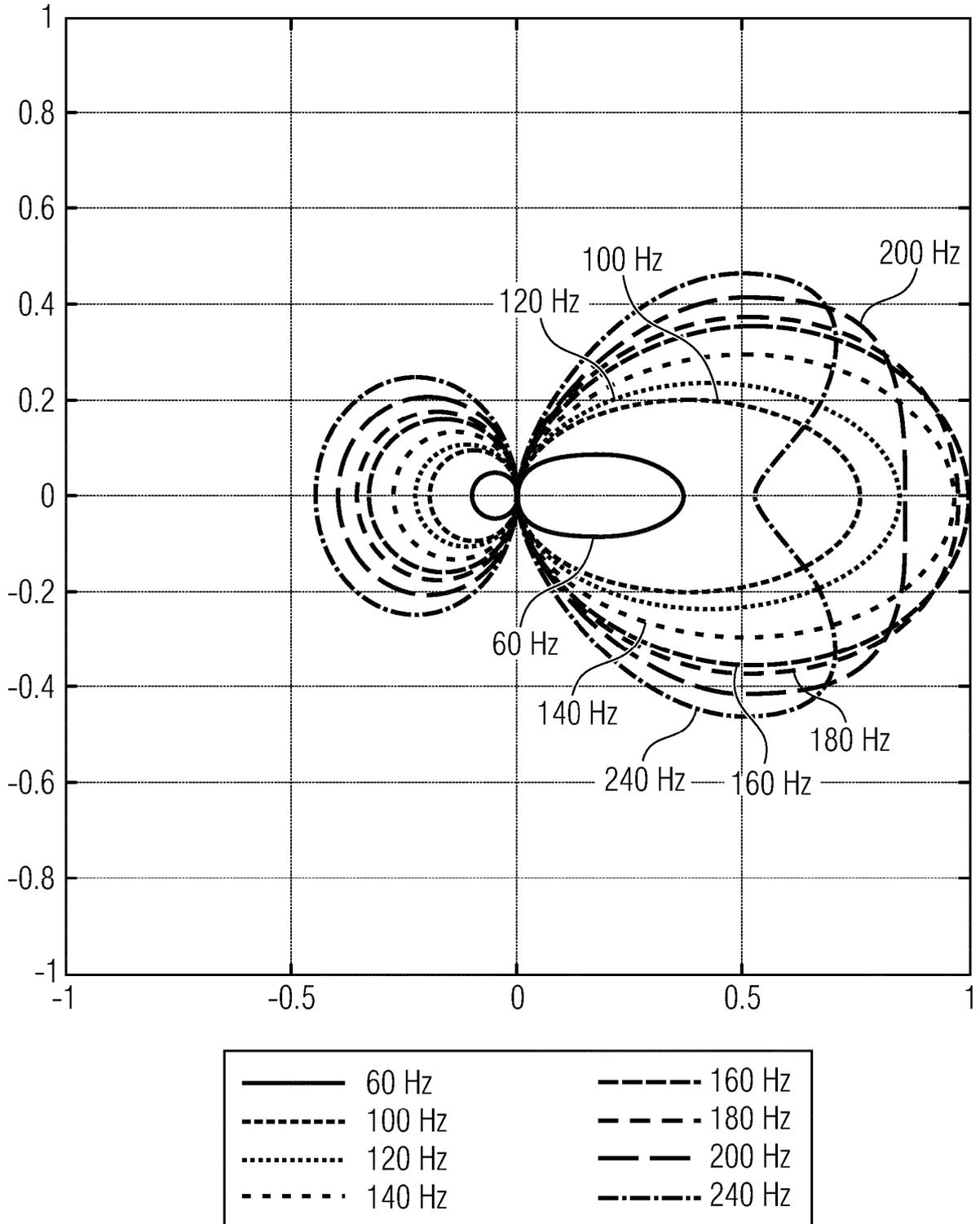


Fig. 2d

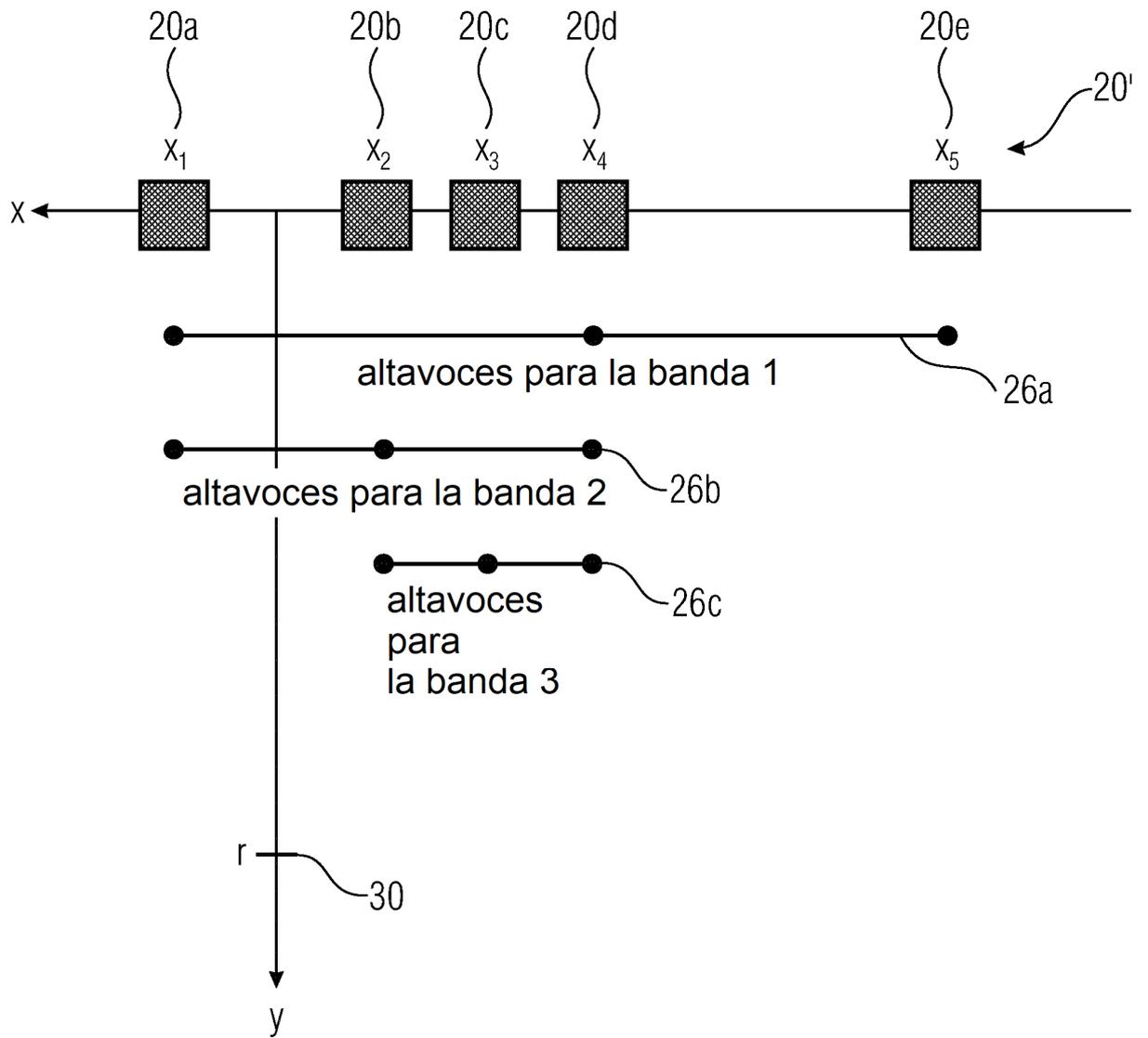


Fig. 3

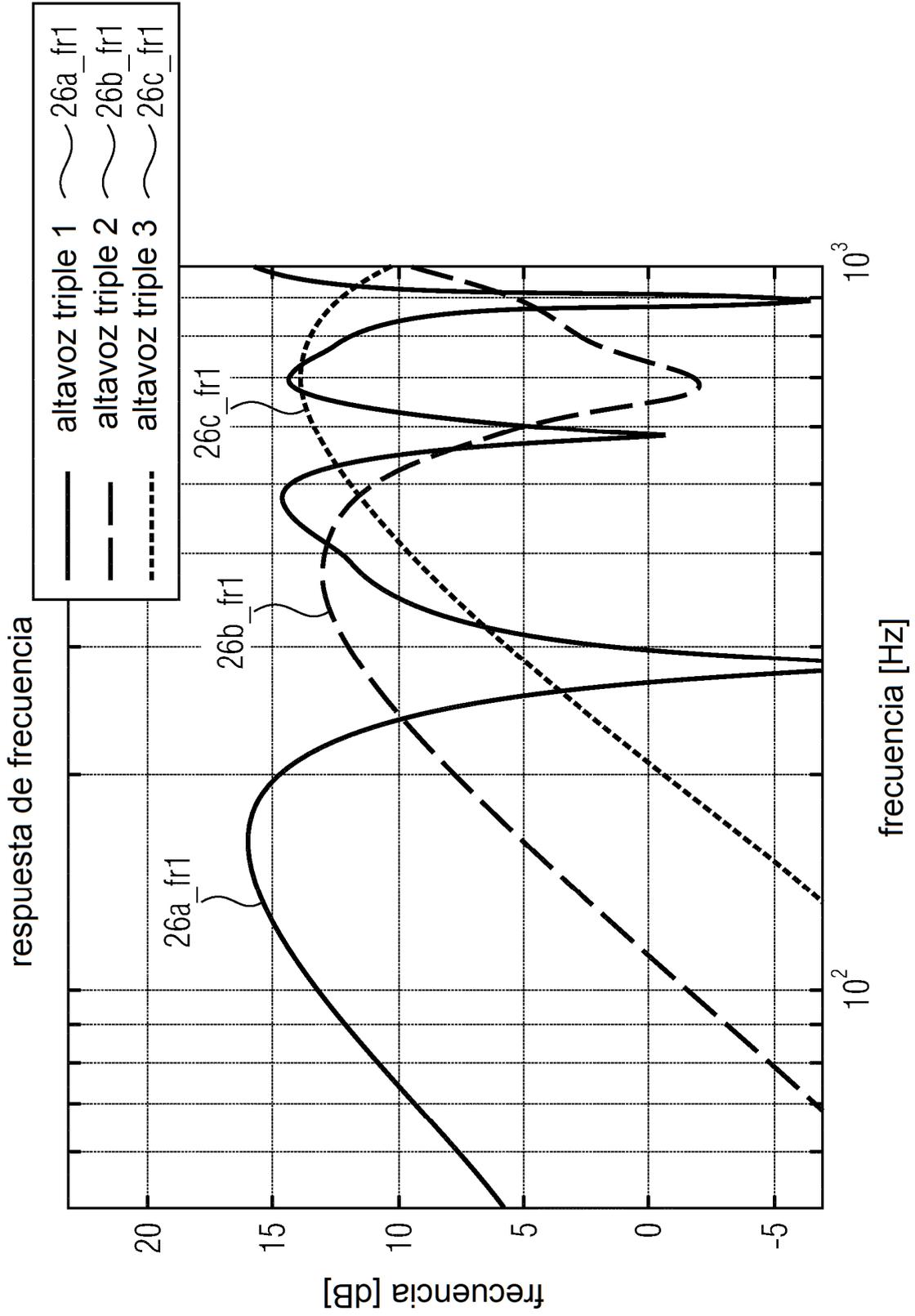


Fig. 4a

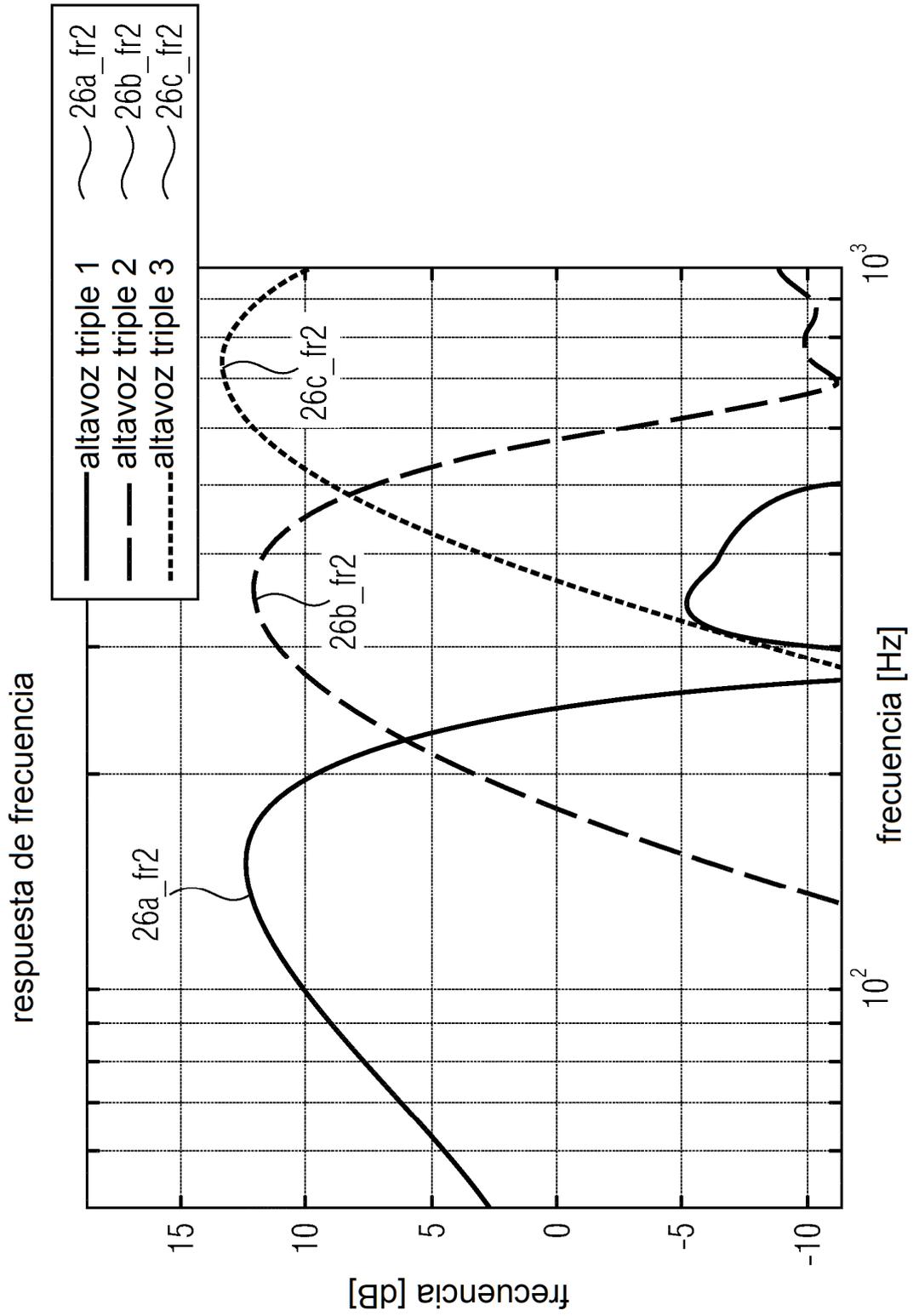


Fig. 4b

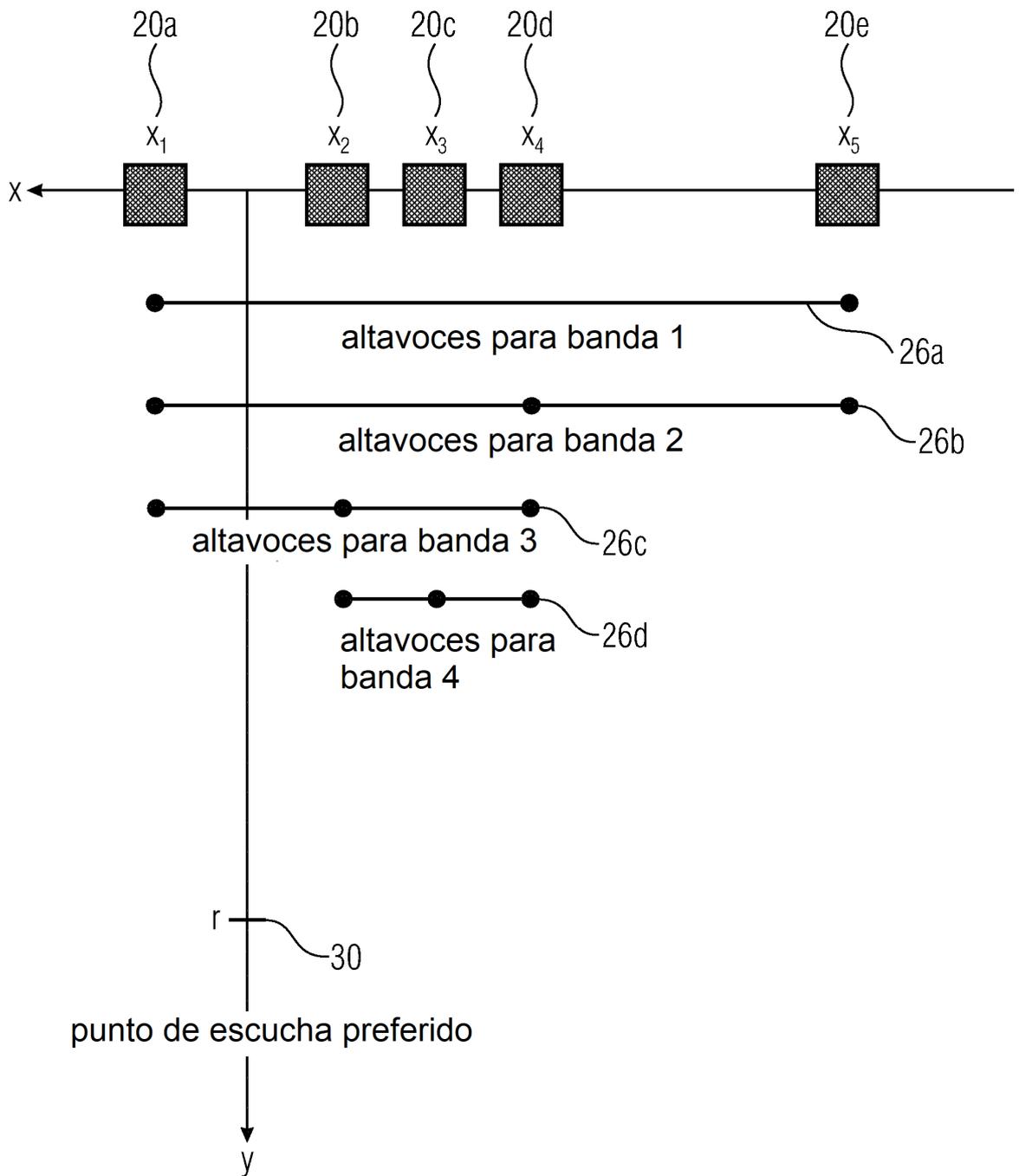


Fig. 5a

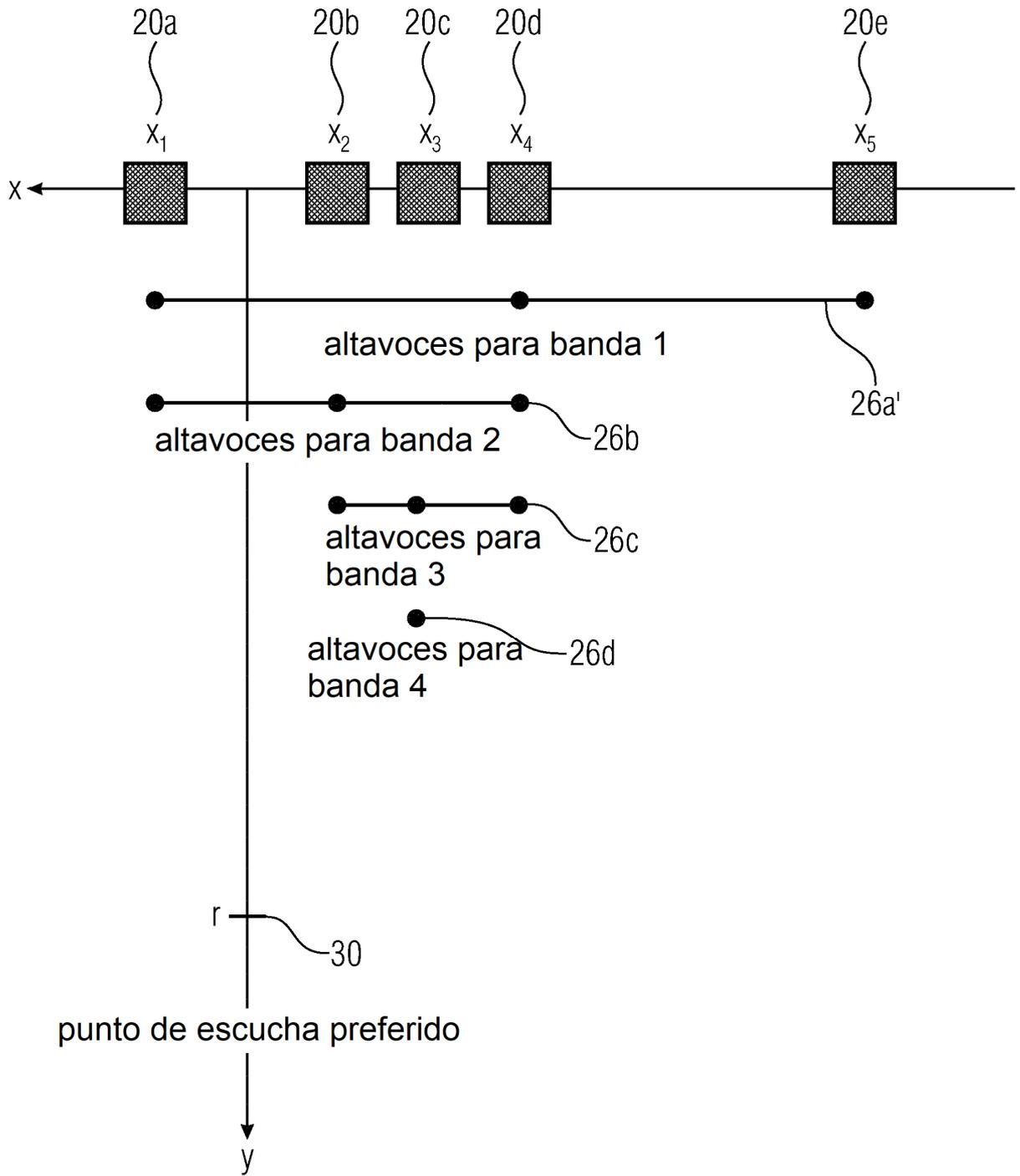


Fig. 5b

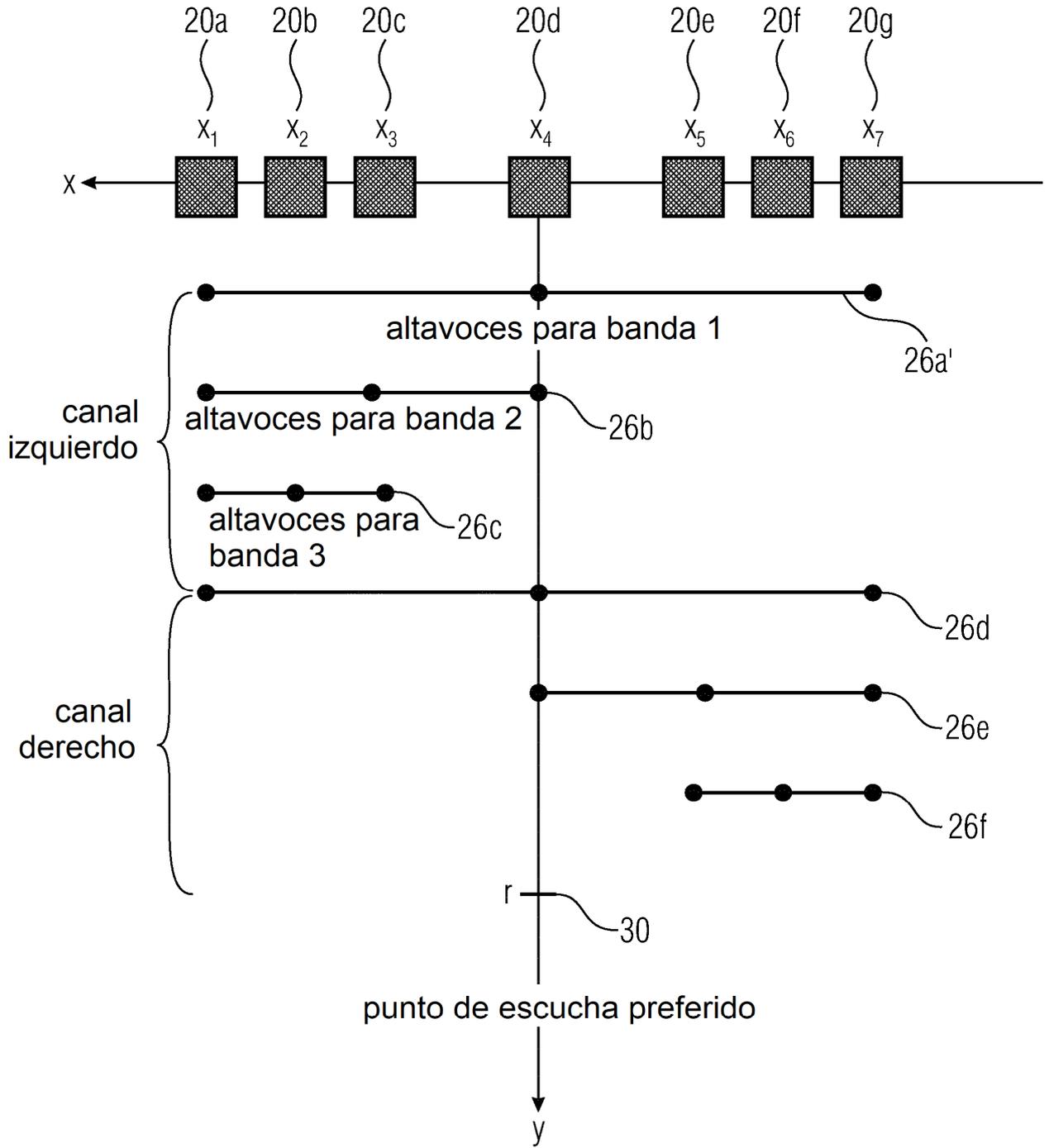


Fig. 5c