

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 260**

51 Int. Cl.:

H04S 3/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.05.2012 PCT/EP2012/058433**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2012 WO12152785**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2012 E 12720155 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2708042**

54 Título: **Aparato y método para generar una señal de salida que emplea un descomponedor**

30 Prioridad:

11.05.2011 US 201161484962 P
19.09.2011 EP 11181828

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.04.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

WALTHER, ANDREAS;
SILZLE, ANDREAS;
HELLMUTH, OLIVER;
GRILL, BERNHARD y
POPP, HARALD

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 754 260 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y método para generar una señal de salida que emplea un descomponedor

- 5 La presente invención se refiere al procesamiento de audio y, en particular, a un aparato y un método para generar una señal de salida empleando un descomponedor.

10 El sistema auditivo humano detecta sonidos desde todas las direcciones. El entorno auditivo percibido (el adjetivo *auditivo* indica lo que se percibe, mientras que la palabra *sonido* se utilizará para describir fenómenos físicos) crea una impresión de las propiedades acústicas del espacio circundante y los eventos de sonido que se producen. La impresión auditiva percibida en un campo de sonido específico puede ser modelada (por lo menos parcialmente) considerando tres tipos diferentes de señales: El *sonido directo*, *las reflexiones iniciales*, y *las reflexiones difusas*. Estas señales contribuyen a la formación de una imagen auditiva espacial percibida.

15 El sonido directo indica las ondas de cada evento de sonido que llega primero al oyente directamente desde una fuente de sonido sin alteraciones. Es característico de la fuente de sonido y proporciona la información menos comprometida sobre la dirección de incidencia del evento de sonido. Los puntos de referencia primarios para estimar la dirección de una fuente de sonido en el plano horizontal son las diferencias entre las señales de entrada del oído izquierdo y derecho del oído, a saber *las diferencias interaurales de tiempo* (ITD, según sus siglas en inglés) y *las diferencias interaurales de nivel* (ILD, según sus siglas en inglés). Posteriormente, una multitud de reflexiones del sonido directo llegan a los oídos desde distintas direcciones y con distintos tiempos y niveles de retardo relativos. Con un tiempo de retardo creciente, en relación con el sonido directo, la densidad de las reflexiones aumenta hasta que constituyen un agrupamiento estadístico.

25 El sonido reflejado contribuye a la percepción a distancia, y a la *impresión auditiva espacial*, que se compone de, por lo menos, dos componentes: *de ancho aparente de la fuente* (ASW, según sus siglas en inglés) y envolvente de oyente (LEV, según sus siglas en inglés). El ancho de fuente aparente (ASW) se define como una ampliación del ancho aparente de una fuente de sonido y se determina principalmente por las reflexiones iniciales laterales. El envolvente de oyente (LEV) se refiere al sentido del oyente de estar envuelto por el sonido y se determina principalmente por las reflexiones que llegan tarde. El objetivo de la reproducción electroacústica de sonido estereofónico consiste en evocar la percepción de una imagen auditiva espacial agradable. Esto puede tener una referencia natural o arquitectónica (por ejemplo, la grabación de un concierto en una sala), o puede ser un campo de sonido que no existe en realidad (por ejemplo, la música electroacústica).

35 Desde el campo de la acústica de las salas de concierto, es bien sabido que – para obtener un campo de sonido subjetivamente agradable – es importante un sentido fuerte de impresión auditiva espacial, siendo el envolvente de oyente (LEV) una parte integral. La capacidad de las configuraciones de altavoces de reproducir un campo de sonido envolvente a través de la reproducción de un campo de sonido difuso es de interés. En un campo de sonido sintético no es posible reproducir todas las reflexiones que ocurren naturalmente utilizando transductores dedicados. Esto es especialmente cierto para las reflexiones difusas posteriores. Las propiedades de sincronización y nivel de las reflexiones difusas pueden simularse utilizando "señales" reverberadas como alimentación de altavoces. Si aquellas están suficientemente no correlacionadas, el número y la localización de los altavoces utilizados para la reproducción determinan si el campo de sonido se percibe como difuso. El objetivo consiste en evocar la percepción de un campo de sonido continuo, difuso utilizando sólo un número discreto de transductores. Es decir, la creación de campos de sonido en donde no se puede estimar la dirección de llegada del sonido y, especialmente, no se puede localizar ningún transductor.

50 Las reproducciones de sonido estereofónico tienen como objetivo evocar la percepción de un campo de sonido continuo, utilizando sólo un número discreto de transductores. Las características más deseadas son la estabilidad direccional de fuentes localizadas y la representación realista del entorno auditivo circundante. La mayoría de los formatos utilizados en la actualidad para almacenar o transportar grabaciones estereofónicas están basados en canales. Cada canal transmite una señal que está destinada a ser reproducida por un altavoz asociado en una posición específica. Una imagen auditiva específica se diseña durante el proceso de grabación o de mezcla. Esta imagen se recrea con precisión si la configuración del altavoz utilizado para la reproducción se asemeja a la configuración de destino para la que se diseñó la grabación.

60 Los sistemas de sonido envolvente comprenden una pluralidad de altavoces. Los sistemas comunes de sonido envolvente pueden comprender, por ejemplo, cinco altavoces. Si el número de canales transmitidos es menor que el número de altavoces, surge la cuestión de qué señales se han de proporcionar a qué altavoces. Por ejemplo, un sistema de sonido envolvente puede comprender cinco altavoces, mientras se transmite una señal estéreo que tiene dos canales transmitidos. Por otra parte, incluso si una señal envolvente está disponible, la señal envolvente disponible puede tener menos canales que el número de altavoces de un sistema de sonido envolvente de un usuario. Por ejemplo, una señal envolvente que tiene 5 canales envolventes puede estar disponible, mientras que el sistema de sonido envolvente destinado a reproducir la señal envolvente puede tener, por ejemplo, 9 altavoces.

En particular, en los sistemas de sonido envolvente para automóviles, el sistema de sonido envolvente puede comprender una pluralidad de altavoces, por ejemplo, 9 altavoces. Algunos de estos altavoces pueden estar dispuestos en una posición horizontal con respecto al asiento de un oyente en tanto que otros altavoces pueden estar dispuestos en una posición elevada con respecto al asiento del oyente. Puede ser necesario emplear algoritmos de mezcla ascendente para generar canales adicionales a partir de los canales disponibles de la señal de entrada. Con respecto a un sistema de sonido envolvente que tiene una pluralidad de altavoces horizontales y una pluralidad de altavoces elevados, el problema particular que surge es qué porciones de sonido han de ser reproducidas por los altavoces elevados y qué porciones de sonido han de ser reproducidas por los altavoces horizontales.

El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un concepto mejorado que proporciona un aparato para generar una señal de salida que tiene, por lo menos, dos canales. La invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Se proporcionan realizaciones en las reivindicaciones dependientes.

La presente invención se basa en la conclusión de que una descomposición de señales de audio en componentes perceptualmente distintos es necesaria para la modificación, mejora, reproducción adaptativa, y codificación perceptual de señales de alta calidad. Los componentes perceptualmente distintos de señales a partir de señales de entrada que tienen dos o más canales de entrada deberían manipularse y/o extraerse.

De acuerdo con la presente invención se proporciona un aparato para generar una señal de salida que tiene, por lo menos, dos canales de salida a partir de una señal de entrada que tiene, por lo menos, dos canales de entrada. El aparato comprende un descomponedor de sonido ambiental/directo que está adaptado para descomponer el primer canal de entrada en una primera señal ambiental de un grupo de señales de sonido ambiental y en una primera señal directa de un grupo de señales directas. Además, el aparato está adaptado para descomponer un segundo canal de entrada en una segunda señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental y en una segunda señal directa del grupo de señales directas. Asimismo, el aparato comprende una unidad de modificación de sonido ambiental que está adaptada para modificar una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental para obtener una señal modificada de sonido ambiental como el primer canal de salida a un primer altavoz. Además, el aparato comprende una unidad de combinación para combinar una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental y una señal directa del grupo de señales directas o una señal derivada de una señal directa del grupo de señales directas para obtener una señal de combinación como el segundo canal de salida a un segundo altavoz.

La presente invención se basa en otra conclusión de que un descomponedor de sonido ambiental/directo, una unidad de modificación de sonido ambiental y una unidad de combinación pueden emplearse para generar canales de salida descompuestos, modificados o combinados a partir de, por lo menos, dos canales de entrada de una señal de entrada. Cada uno de los canales de la señal de entrada es descompuesto por el descomponedor de sonido ambiental/directo en una señal ambiental de un grupo de señales de sonido ambiental y en una señal directa de un grupo de señales directas. Por lo tanto, el grupo de señales de sonido ambiental y el grupo de señales directas juntos representan las características de sonido de los canales de señales de entrada. Por ello, una cierta cantidad de la porción de señales de sonido ambiental de un canal puede ser emitida a un altavoz determinado en tanto que, por ejemplo, otro altavoz puede recibir la cantidad restante de la porción de señales de sonido ambiental del canal más la porción de señales directas. Por consiguiente, es posible dirigir la cantidad de porciones de señales de sonido ambiental de una señal de entrada que se introduce en un primer altavoz y la cantidad de porciones de señales de sonido ambiental de la señal de entrada que se introduce junto con las porciones de señales directas de la señal de entrada en un segundo altavoz.

De acuerdo con una forma de realización, el descomponedor de sonido ambiental/directo descompone los canales de la señal de entrada para formar un grupo de señales de sonido ambiental que comprende porciones de señales de sonido ambiental de los canales de la señal de entrada y en un grupo de señales directas que comprende porciones de señales directas de los canales de señales de entrada. En dicha forma de realización, las señales de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental y las señales directas del grupo de señales directas representan distintos componentes de señales de los canales de señales de entrada.

En una forma de realización, una señal proviene de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental por filtrado, modificación de ganancia o descorrelación de la señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental. Asimismo, una señal puede provenir de una señal directa del grupo de señales directas por filtrado, modificación de ganancia o descorrelación de la señal directa del grupo de señales directas.

En otra forma de realización se proporciona un primer modificador de ganancia ambiental, en el que el modificador de ganancia ambiental está adaptado para la modificación de ganancia de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de

sonido ambiental para obtener una señal modificada de sonido ambiental de ganancia. La unidad de combinación de esta forma de realización está adaptada para combinar la señal modificada de sonido ambiental de ganancia y una señal directa del grupo de señales directas o una señal derivada de una señal directa del grupo de señales directas para obtener la señal de combinación como la segunda señal de salida. Ambas señales que se combinan por la
 5 unidad de combinación pueden haber sido generadas a partir del mismo canal de la señal de entrada. Por consiguiente, en dicha forma de realización, es posible generar un canal de salida con todos los componentes de señales que ya han estado contenidos en el canal de entrada, pero en donde ciertos componentes de señales, por ejemplo, los componentes de las señales de sonido ambiental han sido modificados por el modificador de ganancia ambiental proporcionando, de este modo, un canal de salida con una cierta característica de componentes de
 10 señales modificados por el modificador de ganancia.

En otra forma de realización, la unidad de modificación de sonido ambiental comprende un descorrelador, un segundo modificador de ganancia y/o una unidad de filtro. La unidad de filtro puede ser un filtro de paso bajo. Por lo tanto, la unidad de modificación puede proporcionar un canal de salida por descorrelación, modificación de ganancia
 15 y/o filtrado, por ejemplo, filtrado de paso bajo de una señal del grupo de señales de sonido ambiental. En una forma de realización, el grupo de señales de sonido ambiental puede comprender porciones de señales de sonido ambiental de los canales de la señal de entrada. De este modo puede ser posible modificar porciones de señales de sonido ambiental del canal de la señal de entrada.

20 En una forma de realización adicional, la unidad de modificación de sonido ambiental modifica una pluralidad de canales de entrada de la señal de entrada de acuerdo con el concepto descrito anteriormente para obtener una pluralidad de señales modificadas.

En otra forma de realización se proporciona un aparato para generar una señal de salida que tiene, por lo menos, cuatro canales de salida a partir de una señal de entrada que tiene, por lo menos, dos canales de entrada. El aparato comprende un extractor de sonido ambiental que está adaptado para extraer, por lo menos, dos señales de
 25 sonido ambiental con porciones de señales de sonido ambiental a partir de, por lo menos, dos canales de entrada. Asimismo, el aparato comprende una unidad de modificación de sonido ambiental que está adaptada para modificar las por lo menos dos señales de sonido ambiental para obtener, por lo menos, una primera señal modificada de sonido ambiental y una segunda señal modificada de sonido ambiental. Adicionalmente, el aparato comprende, por lo menos, cuatro altavoces. Dos altavoces de por lo menos cuatro altavoces están colocados en primeras alturas en un entorno de escucha con respecto a un oyente. Dos altavoces adicionales de por lo menos cuatro altavoces están colocados en segundas alturas en un entorno de escucha con respecto a un oyente, en donde las segundas alturas son diferentes de las primeras alturas. La unidad de modificación de sonido ambiental está adaptada para introducir
 30 la primera señal modificada de sonido ambiental como un tercer canal de salida en un primer altavoz de los otros dos altavoces. Además, la unidad de modificación de sonido ambiental está adaptada para introducir la segunda señal modificada de sonido ambiental como un cuarto canal de salida en un segundo altavoz de los otros dos altavoces. Asimismo, el aparato para generar una señal de salida está adaptado para introducir el primer canal de entrada con porciones de señales directas y de sonido ambiental como un primer canal de salida en un primer altavoz colocado en las primeras alturas. Adicionalmente, el extractor de sonido ambiental está adaptado para introducir el segundo canal de entrada con porciones de señales directas y de sonido ambiental como un segundo canal de salida en un segundo altavoz colocado en las segundas alturas.
 35
 40

45 A continuación se describen las formas de realización preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La Fig. 1 ilustra un diagrama de bloques de un aparato de acuerdo con una forma de realización;
- La Fig. 2 ilustra un diagrama de bloques de un aparato de acuerdo con una forma de realización adicional;
- La Fig. 3 ilustra un diagrama de bloques de un aparato de acuerdo con otra forma de realización;
- La Fig. 4 ilustra un diagrama de bloques de un aparato de acuerdo con otra forma de realización;
- La Fig. 5 ilustra un diagrama de bloques de un aparato de acuerdo con otra forma de realización;
- La Fig. 6 ilustra un diagrama de bloques de un aparato de acuerdo con otra forma de realización;
- La Fig. 7 ilustra un diagrama de bloques de un aparato de acuerdo con una forma de realización adicional.
- La Fig. 8 ilustra un arreglo de altavoz de una forma de realización.

La Fig. 9 es un diagrama de bloques que ilustra un descomponedor de sonido ambiental/directo que emplea un mezclador descendente de acuerdo con una forma de realización;

La Fig. 10 es un diagrama de bloques que ilustra una aplicación de un descomponedor de sonido ambiental/directo que tiene un número de por lo menos tres canales de entrada que utiliza un analizador con una curva de correlación dependiente de la frecuencia pre-calculada de acuerdo con una forma de realización;

La Fig. 11 ilustra una aplicación preferida adicional de un descomponedor de sonido ambiental/directo con un procesamiento de dominio de la frecuencia para la mezcla descendente, análisis y procesamiento de señales de acuerdo con una forma de realización;

La Fig. 12 ilustra un ejemplo de curva de correlación dependiente de la frecuencia pre-calculada de una curva de referencia para el análisis indicado en la Fig. 9 o la Fig. 10 para un descomponedor de sonido ambiental/directo de acuerdo con una forma de realización;

La Fig. 13 ilustra un diagrama de bloques que muestra un procesamiento posterior con el fin de extraer componentes independientes para un descomponedor de sonido ambiental/directo de acuerdo con una forma de realización;

La Fig. 14 ilustra un diagrama de bloques que aplica un mezclador descendente como un generador de señales de análisis para un descomponedor de sonido ambiental/directo de acuerdo con una forma de realización;

La Fig. 15 ilustra un diagrama de flujo para indicar un modo de procesamiento en el analizador de señales de la Fig. 9 o la Fig. 10 para un descomponedor de sonido ambiental/directo de acuerdo con una forma de realización;

Las Figs. 16a–16e ilustran diferentes curvas de correlación dependientes de la frecuencia pre-calculada que pueden ser utilizadas como curvas de referencia para varias configuraciones diferentes con distintos números y posiciones de fuentes de sonido (tales como altavoces) para un descomponedor de sonido ambiental/directo de acuerdo con una forma de realización;

La Fig. 1 ilustra un aparato de acuerdo con una forma de realización. El aparato consta de un descomponedor de sonido ambiental/directo 110. El descomponedor de sonido ambiental/directo 110 está adaptado para descomponer dos canales de entrada 142, 144 de una señal de entrada de modo tal que cada uno de por lo menos los dos canales de entrada 142, 144 está descompuesto en señales de sonido ambiental 152, 154 de un grupo de señales de sonido ambiental y en señales directas 162, 164 de un grupo de señales directas. En otras formas de realización, el descomponedor de sonido ambiental/directo 110 está adaptado para descomponer más de dos canales de entrada.

Además, el aparato de la forma de realización ilustrada en la Fig. 1 comprende una unidad de modificación de sonido ambiental 120. La unidad de modificación de sonido ambiental 120 está adaptada para modificar una señal de sonido ambiental 152 del grupo de señales de sonido ambiental para obtener una señal modificada de sonido ambiental 172 como un primer canal de salida para un primer altavoz. En otras formas de realización, la unidad de modificación de sonido ambiental 120 está adaptada para modificar una señal derivada de una señal del grupo de señales de sonido ambiental. Por ejemplo, una señal del grupo de señales de sonido ambiental puede ser filtrada, modificada por el modificador de ganancia o descorrelacionada y luego transferida a la unidad de modificación de sonido ambiental 120 como una señal derivada de una señal del grupo de señales de sonido ambiental. En otras formas de realización, la unidad de modificación de sonido ambiental 120 pueden combinar dos o más señales de sonido ambiental para obtener una o más señales de sonido ambiental modificadas.

Además, el aparato de la forma de realización ilustrada en la Fig. 1 comprende una unidad de combinación 130. La unidad de combinación 130 está adaptada para combinar una señal de sonido ambiental 152 del grupo de señales de sonido ambiental y una señal directa 162 del grupo de señales directas como un segundo canal de salida para un segundo altavoz. En otras formas de realización, la unidad de combinación 130 está adaptada para combinar una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental y/o una señal derivada de una señal directa del grupo de señales directas. Por ejemplo, una señal de sonido ambiental y/o una señal directa puede ser filtrada, modificada por el modificador de ganancia o descorrelacionada y luego podría ser transferida a una unidad de combinación 130. En una forma de realización, la unidad de combinación puede estar adaptada para combinar la señal de sonido ambiental 152 y la señal directa 162 agregando ambas señales. En otra forma de realización, la señal de sonido ambiental 152 y la señal directa 162 se pueden combinar formando una combinación lineal de las dos señales 152, 162.

En la forma de realización ilustrada en la Fig. 1, la señal de sonido ambiental 154 y la señal directa 164 resultantes de la descomposición del segundo canal de entrada son emitidas sin modificación como canales de salida

adicionales de la señal de salida. Sin embargo, en otras formas de realización, las señales 154, 164 también pueden ser procesadas por la unidad de modificación 120 y/o la unidad de combinación 130.

En las formas de realización, la unidad de modificación 120 y la unidad de combinación 130 pueden estar adaptadas para comunicarse entre sí como se ilustra por la línea de puntos 135. Dependiendo de esta comunicación, la unidad de modificación 120 puede modificar sus señales de sonido ambiental recibidas, por ejemplo la señal de sonido ambiental 152, dependiendo de las combinaciones realizadas por la unidad de combinación 130, y/o la unidad de combinación 130 puede combinar sus señales recibidas, por ejemplo, la señal 152 y la señal 162, dependiendo de las modificaciones realizadas por la unidad de modificación 120.

La forma de realización de la Fig. 1 se basa en la idea de que una señal de entrada se descompone en porciones de señales de sonido ambiental y directas, que posiblemente las porciones de señales modificadas son modificadas y emitidas a un primer conjunto de altavoces y que una combinación de las porciones de señales directas y las porciones de señales de sonido ambiental de la señal de entrada son emitidas a un segundo conjunto de altavoces.

Por ello, en una forma de realización, por ejemplo, una cierta cantidad de las porciones de señales de sonido ambiental de un canal puede ser emitida a un altavoz determinado en tanto que, por ejemplo, otro altavoz recibe la cantidad restante de las porciones de señales de sonido ambiental del canal más la porción de señales directas. Por ejemplo, la unidad de modificación de sonido ambiental puede modificar por el modificador de ganancia la señal de sonido ambiental 152 multiplicando sus amplitudes por 0,7 para generar un primer canal de salida. Asimismo, la unidad de combinación puede combinar la señal directa 162 y la porción de señal de sonido ambiental para generar un segundo canal de salida, en donde las porciones de señales de sonido ambiental se multiplican por el factor 0,3. Por ello, la señal modificada de sonido ambiental 172 y la señal de combinación 182 dan como resultado:

$$\text{señal 172} = 0,7 \cdot \text{porción de señal de sonido ambiental de la señal 142}$$

$$\text{señal 182} = 0,3 \cdot \text{porción de señal de sonido ambiental de la señal 142} + \text{porción de señal directa de la señal 142}$$

Por lo tanto, la Fig. 1 está, entre otras cosas, basada en la idea de que todas las porciones de señales de una señal de entrada pueden ser emitidas a un oyente, que por lo menos un canal sólo puede comprender una cierta cantidad de las porciones de señales de sonido ambiental de un canal de entrada y que otro canal puede comprender una combinación de la parte restante de las porciones de señales de sonido ambiental del canal de entrada y las porciones de señales directas del canal de entrada.

La Fig. 2 ilustra un aparato de acuerdo con una forma de realización adicional que ilustra más detalles. El aparato comprende un descomponedor de sonido ambiental/directo 210, una unidad de modificación de sonido ambiental 220 y una unidad de combinación 230 que tiene una funcionalidad similar a las unidades correspondientes del aparato ilustrado en la forma de realización de la Fig. 1. El descomponedor de sonido ambiental/directo 210 comprende una primera unidad descomponedora 212 y una segunda unidad descomponedora 214. La primera unidad descomponedora descompone un primer canal de entrada 242 de una señal de entrada del aparato. El primer canal de entrada 242 se descompone en una primera señal de sonido ambiental 252 de un grupo de señales de sonido ambiental y en una primera señal directa 262 de un grupo de señales directas. Además, la segunda unidad descomponedora 214 descompone un segundo canal de entrada 244 de la señal de entrada en una segunda señal de sonido ambiental 254 del grupo de señales de sonido ambiental y en una segunda señal directa 264 del grupo de señales directas. Las señales de sonido ambiental y directas descompuestas se procesan de manera similar como en el aparato de la forma de realización ilustrada en la Fig. 1. En las formas de realización, la unidad de modificación 220 y la unidad de combinación 230 pueden estar adaptadas para comunicarse entre sí como se ilustra por la línea de puntos 235.

La Fig. 3 ilustra un aparato para generar una señal de salida de acuerdo con una forma de realización adicional. Una señal de entrada que comprende tres canales de entrada 342, 344, 346 se introduce en un descomponedor de sonido ambiental/directo 310. El descomponedor de sonido ambiental/directo 310 descompone el primer canal de entrada 342 para obtener una primera señal de sonido ambiental 352 de un grupo de señales de sonido ambiental y una primera señal directa 362 de un grupo de señales directas. Asimismo, el descomponedor descompone el segundo canal de entrada 344 en una segunda señal de sonido ambiental 354 del grupo de señales de sonido ambiental y en una segunda señal directa 364 del grupo de señales directas. Adicionalmente, el descomponedor 310 descompone el tercer canal de entrada 346 en una tercera señal de sonido ambiental 356 del grupo de señales de sonido ambiental y en una tercera señal directa 366 del grupo de señales directas. En otras formas de realización, el número de canales de entrada de la señal de entrada del aparato no está limitado a tres canales, pero puede ser cualquier número de canales de entrada, por ejemplo, cuatro canales de entrada, cinco canales de entrada o nueve canales de entrada. En las formas de realización, la unidad de modificación 320 y la unidad de combinación 330 pueden estar adaptadas para comunicarse entre sí como se ilustra por la línea de puntos 335.

En la forma de realización de la Fig. 3, una unidad de modificación de sonido ambiental 320 modifica la primera señal de sonido ambiental 352 del grupo de señales de sonido ambiental para obtener una primera señal modificada de sonido ambiental 372. Además, la unidad de modificación de sonido ambiental 320 modifica la segunda señal de sonido ambiental 354 del grupo de señales de sonido ambiental para obtener una segunda señal modificada de sonido ambiental 374. En otras formas de realización, la unidad de modificación de sonido ambiental 320 puede combinar la primera señal de sonido ambiental 352 y la segunda señal de sonido ambiental 354 para obtener una o más señales de sonido ambiental modificadas.

Asimismo, en la forma de realización de la Fig. 3, la primera señal directa 362 del grupo de señales directas es introducida en una unidad de combinación 330 junto con la primera señal de sonido ambiental 352 del grupo de señales de sonido ambiental. Las señales directas y de sonido ambiental 362, 352 se combinan por la unidad de combinación 330 para obtener una señal de combinación 382. En la forma de realización de la Fig. 3, la unidad de combinación combina la primera señal directa 362 del grupo de señales directas y la primera señal de sonido ambiental 352 del grupo de señales de sonido ambiental. En otras formas de realización, la unidad de combinación 330 puede combinar cualquier otra señal directa del grupo de señales directas con cualquier otra señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental. Por ejemplo, la segunda señal directa 364 del grupo de señales directas se puede combinar con la segunda señal de sonido ambiental 354 del grupo de señales de sonido ambiental. En otra forma de realización, la segunda señal directa 364 del grupo de señales directas se puede combinar con la tercera señal de sonido ambiental 356 del grupo de señales de sonido ambiental. En otras formas de realización, la unidad de combinación 330 puede combinar más de una señal directa del grupo de señales directas y más de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental para obtener una o más señales de combinación.

En la forma de realización de la Fig. 3, la primera señal modificada de sonido ambiental 372 es emitida como un primer canal de salida de una señal de salida. La señal de combinación 382 es emitida como un segundo canal de salida de la señal de salida. La segunda señal modificada de sonido ambiental 374 es emitida como un tercer canal de salida de la señal de salida. Además, la tercera señal de sonido ambiental 356 del grupo de señales de sonido ambiental y la segunda y tercera señal directa 364, 366 del grupo de señales directas son emitidas como un cuarto, quinto y sexto canal de salida de la señal de salida. En otras formas de realización, una o la totalidad de las señales 356, 364, 366 no puede ser emitida en absoluto, sino que puede descartarse.

La Fig. 4 ilustra un aparato de acuerdo con una forma de realización adicional. El aparato difiere del aparato ilustrado en la Fig. 1 ya que comprende además un modificador de ganancia ambiental 490. El modificador de ganancia ambiental 490 modifica una señal de sonido ambiental 452 de un grupo de señales de sonido ambiental para obtener una señal modificada de sonido ambiental 492 que se introduce en una unidad de combinación 490. La unidad de combinación 430 combina la señal modificada por el modificador de ganancia 492 con una señal directa 462 de un grupo de señales directas para obtener una señal de combinación 482 como una señal de salida del aparato. La modificación de ganancia puede variar según el tiempo. Por ejemplo, en un primer punto en el tiempo, una señal es modificada por un modificador de ganancia con un primer factor de modificación de ganancia en tanto que en un segundo punto diferente en el tiempo, una señal es modificada por el modificador de ganancia con un segundo factor de modificación de ganancia diferente.

La modificación de ganancia en el modificador de ganancia 490 se puede llevar a cabo multiplicando las amplitudes de la señal de sonido ambiental 452 con un factor <1 para reducir el peso de la señal de sonido ambiental 452 en la señal de combinación 482. Esto permite agregar una cierta cantidad de las porciones de señales de sonido ambiental de una señal de entrada a la señal de combinación 482, en tanto que las porciones ambientales restantes de la señal de entrada pueden ser emitidas como una señal modificada de sonido ambiental 472.

En formas de realización alternativas, el factor de multiplicación puede ser >1 para aumentar el peso de la señal de sonido ambiental 452 en la señal de combinación 482 que es generada por la unidad de combinación 430. Esto permite aumentar las porciones de señales de sonido ambiental y crear una impresión de sonido diferente para el oyente.

Mientras que en la forma de realización ilustrada en la Fig. 4, solamente una señal de sonido ambiental es introducida en el modificador de ganancia ambiental 490, en otras formas de realización, más de una señal de sonido ambiental puede ser modificada por el modificador de ganancia ambiental 490. El modificador de ganancia luego modifica las señales de sonido ambiental recibidas e introduce las señales de sonido ambiental modificadas en la unidad de combinación 430.

En otras formas de realización, la señal de entrada comprende más de dos canales que se introducen en el descomponedor de sonido ambiental/directo 410. En consecuencia, el grupo de señales de sonido ambiental comprende entonces más de dos señales de sonido ambiental y también el grupo de señales directas comprende más de dos señales directas. Correspondientemente, más de dos canales también pueden ser introducidos en el modificador de ganancia 490 para la modificación de ganancia. Por ejemplo, tres, cuatro, cinco o nueve canales de

entrada pueden ser introducidos en el modificador de ganancia ambiental 490. En las formas de realización, la unidad de modificación 420 y la unidad de combinación 430 pueden estar adaptadas para comunicarse entre sí como se ilustra por la línea de puntos 435.

5 La Fig. 5 ilustra una unidad de modificación de sonido ambiental de acuerdo con una forma de realización. La unidad de modificación de sonido ambiental comprende un descorrelador 522, un modificador de ganancia 524 y una unidad de filtro de paso bajo 526.

10 En la forma de realización de la Fig. 5, una primera 552, una segunda 554 y una tercera 556 señal de sonido ambiental es introducida en el descorrelador 522. En otras formas de realización, un número diferente de señales puede ser introducido en el descorrelador 522, por ejemplo, una señal de sonido ambiental o dos, cuatro, cinco o nueve señales de sonido ambiental. El descorrelador 522 descorrelaciona cada una de las señales de sonido ambiental introducidas 552, 554, 556 para obtener las señales descorrelacionadas 562, 564, 566, respectivamente. El descorrelador 522 de la forma de realización de la Fig. 5 puede ser cualquier tipo de descorrelador, por ejemplo, un filtro de todo paso reticulado o un filtro de todo paso de Respuesta Infinita al Impulso (IIR, según sus siglas en inglés).

20 Las señales descorrelacionadas 562, 564, 566 luego son introducidas en el modificador de ganancia 524. El modificador de ganancia luego modifica la ganancia de cada una de las señales introducidas 562, 564, 566 para obtener las señales modificadas 572, 574, 576, respectivamente. El modificador de ganancia 524 puede estar adaptado para multiplicar las amplitudes de las señales introducidas 562, 564, 566 por un factor para obtener las señales modificadas. La modificación de ganancia en el modificador de ganancia 524 puede variar según el tiempo. Por ejemplo, en un primer punto en el tiempo, la ganancia de una señal es modificada con un primer factor de modificación de ganancia en tanto que en un segundo punto diferente en el tiempo, la ganancia de una señal es modificada con un segundo factor de modificación de ganancia diferente.

30 Posteriormente, las señales modificadas por el modificador de ganancia 572, 574, 576 son introducidas en una unidad de filtro de paso bajo 526. La unidad de filtro de paso bajo 526 filtra por paso bajo cada una de las señales modificadas por el modificador de ganancia 572, 574, 576 para obtener las señales modificadas 582, 584, 586, respectivamente. En tanto que la forma de realización de la Fig. 5 emplea una unidad de filtro de paso bajo 526, otras formas de realización pueden aplicar otras unidades, por ejemplo, filtros selectivos de frecuencia o ecualizadores.

35 La Fig. 6 ilustra un aparato de acuerdo con una forma de realización adicional. El aparato genera una señal de salida que tiene nueve canales, por ejemplo, cinco canales L_h , R_h , C_h , LS_h , RS_h para altavoces dispuestos horizontalmente y cuatro canales L_e , R_e , LS_e , RS_e para altavoces elevados, a partir de una señal de entrada que tiene cinco canales de entrada. Los canales de entrada de la señal de entrada comprenden un canal izquierdo L, un canal derecho R, un canal central C, un canal envolvente izquierdo LS y un canal envolvente derecho RS.

40 Los cinco canales de entrada L, R, C, LS, RS son introducidos en un descomponedor de sonido ambiental/directo 610. El descomponedor de sonido ambiental/directo 610 descompone la señal izquierda L en una señal de sonido ambiental L_A de un grupo de señales de sonido ambiental y en una señal directa L_D de un grupo de señales directas. Asimismo, el descomponedor de sonido ambiental/directo 610 descompone la señal de entrada R en una señal de sonido ambiental R_A de un grupo de señales de sonido ambiental y en una señal directa R_D de un grupo de señales directas. Además, el descomponedor de sonido ambiental/directo 610 descompone una señal envolvente izquierda LS en una señal de sonido ambiental LS_A de un grupo de señales de sonido ambiental y en una señal directa LS_D de un grupo de señales directas. Asimismo, el descomponedor de sonido ambiental/directo 610 descompone la señal envolvente derecha RS en una señal de sonido ambiental RS_A del grupo de señales de sonido ambiental y en una señal directa RS_D del grupo de señales directas.

50 El descomponedor de sonido ambiental/directo 610 no modifica la señal central C. En cambio, la señal C es emitida como un canal de salida C_h sin modificación.

55 El descomponedor de sonido ambiental/directo 610 introduce la señal de sonido ambiental L_A en una primera unidad de descorrelación 621, que descorrelaciona la señal L_A . El descomponedor de sonido ambiental/directo 610 también transfiere la señal de sonido ambiental a una primera unidad de modificación de ganancia 691 de un primer modificador de ganancia. La primera unidad de modificación de ganancia 691 modifica la ganancia de la señal L_A e introduce la señal modificada por el modificador de ganancia en una primera unidad de combinación 631. Adicionalmente, la señal L_D es introducida por el descomponedor de sonido ambiental/directo en la primera unidad de combinación 631. La primera unidad de combinación 631 combina la señal modificada por el modificador de ganancia L_A y la señal directa L_D para obtener un canal de salida L_h .

Asimismo, el descomponedor de sonido ambiental/directo 610 introduce las señales R_A , LS_A y RS_A en una segunda 692, una tercera 693 y una cuarta 694 unidad de modificación de ganancia de un primer modificador de ganancia. La

segunda 692, una tercera 693 y una cuarta 694 unidad de modificación de ganancia modifica la ganancia de las señales recibidas R_A , LS_A , y RS_A respectivamente. La segunda 692, la tercera 693 y la cuarta 694 unidad de modificación de ganancia luego transfieren las señales de ganancia modificadas a una segunda 632, una tercera 633 y una cuarta 634 unidad de combinación, respectivamente. Asimismo, el descomponedor de sonido ambiental/directo 610 introduce la señal R_D en la unidad de combinación 632, introduce la señal LS_D en la unidad de combinación 633 e introduce la señal RS_D en la unidad de combinación 634, respectivamente. Las unidades de combinación 632, 633, 634 luego combinan las señales R_D , LS_D , RS_D con las señales modificadas por el modificador de ganancia R_A , LS_A , RS_A , respectivamente, para obtener los canales de salida respectivos R_h , LS_h , RS_h .

Además, el descomponedor de sonido ambiental/directo 610 introduce la señal L_A en una primera unidad de descorrelación 621, en donde la señal de sonido ambiental L_A es descorrelacionada. La primera unidad de descorrelación 621 luego transfiere la señal descorrelacionada L_A en una quinta unidad de modificación de ganancia 625 de un segundo modificador de ganancia, en donde la señal de sonido ambiental descorrelacionada L_A es modificada por el modificador de ganancia. A continuación, la quinta unidad de modificación de ganancia 625 transfiere la señal modificada de sonido ambiental por el modificador de ganancia L_A en una primera unidad de filtro de paso bajo 635, en donde la señal modificada de sonido ambiental por el modificador de ganancia es filtrada de paso bajo para obtener una señal de sonido ambiental filtrada de paso bajo L_e como un canal de salida de la señal de salida del aparato.

Del mismo modo, el descomponedor de sonido ambiental/directo 610 transfiere las señales R_A , LS_A y RS_A a una segunda 622, tercera 623 y cuarta 624 unidad de descorrelación que descorrelacionan las señales de sonido ambiental recibidas, respectivamente. La segunda, tercera y cuarta unidad de descorrelación 622, 623, 624 respectivamente transfieren las señales de sonido ambiental descorrelacionadas a una sexta 626, séptima 627 y octava 628 unidad de modificación de ganancia de un segundo modificador de ganancia, respectivamente. La sexta, séptima y octava unidad de modificación de ganancia 626, 627, 628 modifican la ganancia de las señales descorrelacionadas y transfieren las señales modificadas por el modificador de ganancia a una segunda 636, tercera 637 y cuarta 638 unidad de filtro de paso bajo, respectivamente. La segunda, tercera y cuarta unidad de filtro de paso bajo 636, 637, 638 filtran las señales modificadas por el modificador de ganancia, respectivamente, para obtener señales de salida filtradas de paso bajo R_e , LS_e y RS_e como canales de salida de la señal de salida del aparato.

En una forma de realización, una unidad de modificación puede comprender la primera, segunda, tercera y cuarta unidad de descorrelación 621, 622, 623, 624, la quinta, sexta, séptima y octava unidad de modificación de ganancia 625, 626, 627, 628 y la primera, segunda, tercera y cuarta unidad de filtro de paso bajo 635, 636, 637, 638. Una unidad de combinación conjunta puede comprender la primera, segunda, tercera y cuarta unidad de combinación 631, 632, 633, 634.

En la forma de realización de la Fig. 6, el descomponedor 610 descompone los canales de entrada en señales de sonido ambiental L_A , R_A , LS_A y RS_A que constituyen el grupo de señales de sonido ambiental y en señales directas L_D , R_D , LS_D y RS_D que constituyen el grupo de señales directas.

La Fig. 7 ilustra un diagrama de bloques de un aparato de acuerdo con una forma de realización. El aparato comprende un extractor de sonido ambiental 710. Una señal de entrada que consta de cinco canales L , R , C , LS , RS se introduce en un extractor de sonido ambiental 710. El extractor de sonido ambiental 710 extrae una porción ambiental del canal L como un canal ambiental L_A e introduce el canal ambiental L_A en una primera unidad descorreladora 721. Asimismo, el extractor de sonido ambiental 710 extrae porciones ambientales de los canales R , LS , RS como canales de sonido ambiental R_A , LS_A , RS_A e introduce los canales de sonido ambiental R_A , LS_A , RS_A en una segunda, tercera y cuarta unidad descorreladora 722, 723, 724, respectivamente. El procesamiento de las señales de sonido ambiental continúa en la primera, segunda, tercera y cuarta unidad descorreladora 721, 722, 723, 724, en donde las señales de sonido ambiental L_A , R_A , LS_A , RS_A están descorrelacionadas. Las señales de sonido ambiental descorrelacionadas luego son modificadas por el modificador de ganancia en la primera, segunda, tercera y cuarta unidad de modificación de ganancia 725, 726, 727, 728, respectivamente. Posteriormente, las señales de sonido ambiental modificadas por el modificador de ganancia se transfieren a la primera, segunda, tercera y cuarta unidad de filtro de paso bajo 729, 730, 731, 732, en donde las señales de sonido ambiental modificadas por el modificador de ganancia son filtradas por el filtro de paso bajo, respectivamente. Posteriormente, las señales de sonido ambiental son emitidas como un primer, segundo, tercer y cuarto canal de salida L_e , R_e , LS_e , RS_e de la señal de salida, respectivamente.

La Fig. 8 ilustra un arreglo de altavoces, en donde cinco altavoces 810, 820, 830, 840, 850 están colocados en primeras alturas en un entorno de escucha con respecto a un oyente, y en donde los altavoces 860, 870, 880, 890 están colocados en segundas alturas en un entorno de escucha con respecto a un oyente. Las segundas alturas son distintas de las primeras alturas.

Los cinco altavoces 810, 820, 830, 840, 850 están dispuestos horizontalmente, es decir, están dispuestos horizontalmente con respecto a la posición de un oyente. Los otros cuatro altavoces 860, 870, 880, 890 están elevados, es decir, están dispuestos de tal modo que están elevados con respecto a la posición de un oyente. En otras formas de realización, los altavoces 810, 820, 830, 840, 850 están dispuestos horizontalmente, en tanto que los otros cuatro altavoces 860, 870, 880, 890 se bajan, es decir, están dispuestos de tal modo que están bajos con respecto a la posición de un oyente. En otras formas de realización, uno o más de los altavoces están dispuestos horizontalmente, uno o más de los altavoces están elevados y uno o más de los altavoces están bajos con respecto a la posición de un oyente.

En una forma de realización, un aparato de la forma de realización ilustrada en la Fig. 6 genera una señal de salida que comprende nueve canales de salida, introduce los cinco canales de salida L_h , R_h , C_h , LS_h , RS_h de la forma de realización de la Fig. 6 en los altavoces dispuestos horizontalmente 810, 820, 830, 840, 850, respectivamente, e introduce los cuatro canales de salida L_e , R_e , LS_e , RS_e de la forma de realización de la Fig. 6 en los altavoces elevados 860, 870, 880, 890, respectivamente.

En una forma de realización adicional, un aparato de la forma de realización ilustrada en la Fig. 7 genera una señal de salida que comprende nueve canales de salida, introduce los cinco canales de salida L , R , C , LS , RS de la forma de realización de la Fig. 7 en los altavoces dispuestos horizontalmente 810, 820, 830, 840, 850, respectivamente, e introduce los cuatro canales de salida L_e , R_e , LS_e , RS_e de la forma de realización de la Fig. 6 en los altavoces elevados 860, 870, 880, 890, respectivamente.

En una forma de realización se proporciona un aparato para generar una señal de salida. La señal de salida tiene por lo menos cuatro canales de salida. Además, la señal de salida se genera a partir de una señal de entrada que tiene por lo menos dos canales de entrada. El aparato comprende un extractor de sonido ambiental que está adaptado para extraer, por lo menos, dos señales de sonido ambiental con porciones de señales de sonido ambiental a partir de, por lo menos, dos canales de entrada. El extractor de sonido ambiental está adaptado para introducir el primer canal de entrada con porciones de señales directas y de sonido ambiental como un primer canal de salida en un primer altavoz dispuesto horizontalmente. Asimismo, el extractor de sonido ambiental está adaptado para introducir el segundo canal de entrada con porciones de señales directas y de sonido ambiental como el segundo canal de salida en un segundo altavoz dispuesto horizontalmente. Además, el aparato comprende una unidad de modificación de sonido ambiental. La unidad de modificación de sonido ambiental está adaptada para modificar las por lo menos dos señales de sonido ambiental para obtener, por lo menos, una primera señal modificada de sonido ambiental y una segunda señal modificada de sonido ambiental. Adicionalmente, la unidad de modificación de sonido ambiental está adaptada para introducir la primera señal modificada de sonido ambiental como un tercer canal de salida en un primer altavoz elevado. Asimismo, la unidad de modificación de sonido ambiental está adaptada para introducir la segunda señal modificada de sonido ambiental como un cuarto canal de salida en un segundo altavoz elevado. En otras formas de realización, la unidad de modificación de sonido ambiental puede combinar una primera señal de sonido ambiental y una segunda señal de sonido ambiental para obtener una o más señales de sonido ambiental modificadas.

En una forma de realización, una pluralidad de altavoces está ubicada en un vehículo de motor, por ejemplo, en un automóvil. La pluralidad de altavoces está ubicada como altavoces dispuestos horizontalmente y como altavoces elevados. Un aparato de acuerdo con una de las formas de realización descritas anteriormente se emplea para generar canales de salida. Los canales de salida que sólo comprenden la señal de sonido ambiental se introducen en los altavoces elevados. Los canales de salida que son las señales de combinación que comprenden porciones de señales directas y de sonido ambiental se introducen en los altavoces dispuestos horizontalmente.

En las formas de realización, uno, algunos o todos los altavoces elevados y/o dispuestos horizontalmente pueden estar inclinados.

A continuación se describen configuraciones posibles de un descomponedor de sonido ambiental/directo de acuerdo con las formas de realización.

En el estado de la técnica se conocen varios descomponedores y métodos de descomposición que están adaptados para descomponer una señal de entrada que tiene dos canales en dos señales de sonido ambiental y dos señales directas. Véase, por ejemplo:

C. Avendano and J.-M. Jot, "A frequency-domain approach to multichannel upmix," Journal of the Audio Engineering Society, vol. 52, N° 7/8, páginas 740-749, 2004.

C. Faller, "Multiple-loudspeaker playback of stereo signals," Journal of the Audio Engineering Society, vol. 54, N° 11, páginas 1051-1064, noviembre de 2006.

J. Usher and J. Benesty, "Enhancement of spatial sound quality: A new reverberation-extraction audio upmixer," IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, vol. 15, N° 7, páginas 2141-2150, septiembre de 2007.

5 Otro descomponedor de sonido ambiental/directo se conoce a partir de la patente estadounidense US 2009/198356.

A continuación y con respecto a las Figs. 9 – 16e, se presenta un descomponedor de sonido ambiental/directo, el cual descompone una señal que tiene un número de canales de entrada en componentes de señal de sonido ambiental y directa.

10 La Fig. 9 ilustra un descomponedor de sonido ambiental/directo para descomponer una señal de entrada 10 que tiene un número de por lo menos tres canales de entrada o, en general, n canales de entrada. Estos canales de entrada se introducen en un mezclador descendente 12 para mezclar en forma descendente la señal de entrada para obtener una señal reducida 14, en donde el mezclador descendente 12 está dispuesto para mezclar en forma
15 "m", es por lo menos dos y menor que el número de canales de entrada de la señal de entrada 10. Los canales de mezcla descendente m se introducen en un analizador 16 para analizar la señal reducida para obtener un resultado de análisis 18. El resultado del análisis 18 se introduce en un procesador de señales 20, en donde el procesador de señales está dispuesto para procesar la señal de entrada 10 o una señal derivada de la señal de entrada por un
20 derivador de señales 22 utilizando el resultado del análisis, en donde el procesador de señales 20 está configurado para aplicar los resultados del análisis a los canales de entrada o a los canales de la señal 24 derivada de la señal de entrada para obtener una señal descompuesta 26.

25 En la Fig. 9, el número de canales de entrada es n , el número de canales de mezcla descendente es m , el número de canales obtenidos es L , y el número de canales de salida es igual a L , cuando la señal derivada en lugar de la señal de entrada es procesada por el procesador de señales. Alternativamente, cuando el derivador de señales 22 no existe, entonces la señal de entrada es procesada directamente por el procesador de señales y entonces el número de canales de la señal descompuesta 26 indicado como " L " en la Fig. 9 será igual a n . Por lo tanto, la Fig. 9 ilustra dos ejemplos diferentes. Un ejemplo no tiene el derivador de señales 22 y la señal de entrada se aplica
30 directamente al procesador de señales 20. El otro ejemplo es que el derivador de señales 22 se aplica y, entonces, la señal derivada 24 en lugar de la señal de entrada 10 es procesada por el procesador de señales 20. El derivador de señales puede ser, por ejemplo, un mezclador de canal de audio tal como un mezclador ascendente para generar más canales de salida. En este caso L sería mayor que n . En otra forma de realización, el derivador de señales podría ser otro procesador de audio que realiza la ponderación, retardo o cualquier otra acción a los canales de
35 entrada y, en este caso, el número de canales de salida de L del derivador de señales 22 sería igual al número n de canales de entrada. En una aplicación adicional, el derivador de señales podría ser un mezclador descendente que reduce el número de canales desde la señal de entrada a la señal derivada. En esta aplicación, se prefiere que el número L sea aún mayor que el número m de canales mezclados en forma descendente.

40 El analizador se emplea para analizar la señal reducida con respecto a los componentes perceptualmente distintos. Estos componentes perceptualmente distintos pueden ser componentes independientes en los canales individuales, por una parte, y componentes dependientes, por otra parte. Los componentes de señales alternativos a analizar son componentes directos, por una parte y componentes de sonido ambiental, por otra parte. Existen muchos otros
45 componentes que se pueden separar, tales como los componentes de voz de los componentes de música, los componentes de ruido de los componentes de voz, los componentes de ruido de los componentes de música, los componentes de ruido de alta frecuencia con respecto a los componentes de ruido de baja frecuencia, en señales de altura tonal múltiple los componentes proporcionados por los diferentes instrumentos, etc.

50 La Fig. 10 ilustra otro aspecto de un descomponedor de sonido ambiental/directo, en donde el analizador se aplica para utilizar una curva de correlación pre-calculada dependiente de la frecuencia 16. Por lo tanto, el descomponedor de sonido ambiental/directo 28 comprende el analizador 16 para analizar una correlación entre dos canales de una señal de análisis idéntica a la señal de entrada o relacionada con la señal de entrada, por ejemplo, mediante una operación de mezcla descendente ilustrada en el contexto de la Fig. 9. La señal de análisis analizada por el
55 analizador 16 tiene por lo menos dos canales de análisis, y el analizador 16 está configurado para utilizar una curva de correlación pre-calculada dependiente de la frecuencia como una curva de referencia para determinar el resultado del análisis 18. El procesador de señales 20 puede funcionar de la misma manera descrita en el contexto de la Fig. 9 y está configurado para procesar la señal de análisis o una señal derivada de la señal de análisis por un derivador de señales 22, en donde el derivador de señales 22 puede ser aplicado de manera similar a lo descrito en el contexto del derivador de señales 22 de la Fig. 9. Alternativamente, el procesador de señales puede procesar una
60 señal, a partir de la cual deriva la señal de análisis y el procesamiento de señales utiliza el resultado del análisis para obtener una señal descompuesta. Por consiguiente, en la forma de realización de la Fig. 10 la señal de entrada puede ser idéntica a la señal de análisis y, en este caso, la señal de análisis también puede ser una señal estéreo que tiene sólo dos canales, como se ilustra en la Fig. 10. Alternativamente, la señal de análisis se puede derivar de una señal de entrada por cualquier tipo de procesamiento, tal como por mezcla descendente como se describe en el

contexto de la Fig. 9, o por cualquier otro procesamiento tal como la mezcla ascendente o similar. Adicionalmente, el procesador de señales 20 puede ser útil para aplicar el procesamiento de señales a la misma señal que ha sido introducida en el analizador o el procesador de señales puede aplicar un procesamiento de señales a una señal, a partir del cual la señal de análisis se ha derivado tal como se indica en el contexto de la Fig. 9, o el procesador de señales puede aplicar un procesamiento de señales a una señal que se ha derivado de la señal de análisis tal como por mezcla ascendente o similar.

Por lo tanto, existen distintas posibilidades para el procesador de señales y todas estas posibilidades son ventajosas debido a la operación única del analizador que utiliza una curva de correlación pre-calculada dependiente de la frecuencia como una curva de referencia para determinar el resultado del análisis.

A continuación se describen otras formas de realización. Cabe destacar que, tal como se describe en el contexto de la Fig. 10, incluso se considera el uso de una señal de análisis de dos canales (sin una mezcla descendente). Tal como se describió en los distintos aspectos en el contexto de la Fig. 9 y en la Fig. 10, que se pueden utilizar juntos o como aspectos separados, la mezcla descendente procesada por el analizador o una señal de dos canales, que probablemente no ha sido generada por una mezcla descendente, puede ser procesada por el analizador de señales utilizando la curva de referencia pre-calculada. En este contexto, cabe destacar que la descripción posterior de aspectos de aplicación se puede aplicar a ambos aspectos ilustrados esquemáticamente en la Fig. 9 y en la Fig. 10, incluso cuando ciertas características sólo se han descrito para un aspecto más que para ambos. Si, por ejemplo, se considera la Fig. 11, queda claro que las características de dominio de la frecuencia de la Fig. 11 se describen en el contexto del aspecto ilustrado en la Fig. 9, pero es evidente que una transformada de tiempo/frecuencia como se describe a continuación con respecto a la Fig. 11 y la transformada inversa también pueden implementarse en la aplicación en la Fig. 10, que no tiene un mezclador descendente, pero que tiene un analizador especificado que utiliza una curva de correlación pre-calculada dependiente de la frecuencia.

Particularmente, el convertidor de tiempo/frecuencia se colocaría para convertir la señal de análisis antes de introducir la señal de análisis en el analizador, y el convertidor de tiempo/frecuencia se colocaría en la salida del procesador de señales para convertir la señal procesada nuevamente en el dominio de tiempo. Cuando existe un derivador de señales, el convertidor de tiempo/frecuencia podría ser colocado en una entrada del derivador de señales de modo que el derivador de señales, el analizador, y el procesador de señales todos funcionen en el dominio de la frecuencia/sub-banda. En este contexto, la frecuencia y sub-banda básicamente significan una porción en la frecuencia de una representación de frecuencia.

Asimismo queda claro que el analizador en la Fig. 9 puede aplicarse de muchas maneras diferentes pero, en una forma de realización, este analizador es también implementado como el analizador descrito en la Fig. 10, es decir, como un analizador que utiliza una curva de correlación pre-calculada dependiente de la frecuencia como una alternativa al filtrado de Wiener o cualquier otro método de análisis.

En la Fig. 11, un procedimiento de mezcla descendente se aplica a una señal de entrada arbitraria para obtener una representación de dos canales. Se realiza un análisis en el dominio de tiempo-frecuencia y se calculan las máscaras de ponderación que se multiplican con la representación de tiempo frecuencia de la señal de entrada, tal como se ilustra en la Fig. 11.

En la imagen, T/F indica una transformada de tiempo frecuencia, normalmente una Transformada de Fourier de Tiempo Corto (STFT, según sus siglas en inglés). iT/F indica la transformada inversa respectiva.

$[x_1(n), \dots, x_N(n)]$ son las señales de entrada del dominio de tiempo, en donde n es el índice de tiempo. $[X_1(m,i), \dots, X_N(m,i)]$ indica los coeficientes de la descomposición de frecuencia, en donde m es el índice de tiempo de descomposición, y i es el índice de frecuencia de descomposición.

$[D_1(m,i), D_2(m,i)]$ son los dos canales de la señal reducida.

$$\begin{pmatrix} D_1(m,i) \\ D_2(m,i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{11}(i) & H_{12}(i) & \dots & H_{1N}(i) \\ H_{21}(i) & H_{22}(i) & \dots & H_{2N}(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1(m,i) \\ X_2(m,i) \\ \vdots \\ X_N(m,i) \end{pmatrix} \quad (1)$$

$w_{(m,i)}$ es la ponderación calculada. $[Y_1(m,i), \dots, Y_N(m,i)]$ son las descomposiciones de frecuencia ponderadas de cada canal. $H_{ij}(i)$ son los coeficientes de mezcla descendente, los cuales pueden ser de valor real o de valor

complejo y los coeficientes pueden ser constantes en el tiempo o variables en el tiempo. Por lo tanto, los coeficientes de mezcla descendente pueden ser sólo constantes o filtros tales como filtros HRTF, filtros de reverberación o filtros similares.

$$Y_j(m, i) = W_j(m, i) \cdot X_j(m, i), \text{ en donde } j = (1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

En la Fig. 11 se describe la aplicación de la misma ponderación a todos los canales.

$$Y_j(m, i) = W(m, i) \cdot X_j(m, i) \quad (3)$$

$[y_1(n), \dots, y_N(n)]$ son las señales de salida de dominio de tiempo que comprenden los componentes de la señal extraída. (La señal de entrada puede tener un número arbitrario de canales (N), producido para una configuración de altavoces de reproducción arbitraria de destino. La mezcla descendente puede incluir HRTF para obtener señales de entrada del oído, simulación de filtros auditivos, etc. La mezcla descendente también puede llevarse a cabo en el dominio de tiempo).

En una forma de realización, la diferencia entre una correlación de referencia (A lo largo de este texto, el término correlación se utiliza como sinónimo de similitud inter-canal y, por lo tanto, también puede incluir las evaluaciones de los cambios de tiempo, para los que generalmente se utiliza el término coherencia).

El término similitud incluye la correlación y la coherencia, en donde – en un sentido estrictamente matemático, la correlación se calcula entre dos señales sin un cambio de tiempo adicional y la coherencia se calcula por el cambio de las dos señales en el tiempo/fase de modo que las señales tienen una correlación máxima y la correlación real sobre la frecuencia se calcula entonces con el cambio aplicado de tiempo/fase. En el presente contexto se considera que los términos similitud, correlación y coherencia significan lo mismo, es decir, un grado cuantitativo de similitud entre dos señales, por ejemplo, en donde un valor absoluto superior de la similitud significa que las dos señales son más similares y un valor absoluto inferior de la similitud significa que las dos señales son menos similares.

Incluso si se evalúan los cambios de tiempo, el valor resultante puede tener un signo. (Comúnmente se define que la coherencia sólo tiene valores positivos) en función de la frecuencia ($c_{ref}(\omega)$), y se calcula la correlación real de la señal de entrada reducida ($c_{sig}(\omega)$). Dependiendo de la desviación de la curva real desde la curva de referencia se calcula un factor de ponderación para cada baldosa de tiempo-frecuencia, indicando si comprende componentes dependientes o independientes. La ponderación de tiempo-frecuencia obtenida indica los componentes independientes y ya se puede aplicar a cada canal de la señal de entrada para producir una señal multicanal (número de canales iguales al número de canales de entrada), incluyendo partes independientes que pueden ser percibidas como distintas o difusas.

La curva de referencia se puede definir de diferentes maneras. Los ejemplos son:

- Curva de referencia teórica ideal para un campo de sonido difuso bi- o tri-dimensional idealizado que comprende componentes independientes.

- La curva ideal alcanzable con la configuración de referencia de altavoces de destino para la señal de entrada dada (por ejemplo, La configuración estéreo estándar con ángulos de azimut ($\pm 30^\circ$), o la configuración estándar de cinco canales de acuerdo con ITU-R BS.775 con los ángulos de azimut ($0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 110^\circ$)).

- La curva ideal para la configuración realmente presente de altavoces (las posiciones reales se podrían medir o conocer a través de la entrada de usuario. La curva de referencia se puede calcular suponiendo la reproducción de señales independientes sobre los altavoces dados).

- La potencia de tiempo corto dependiente de la frecuencia real de cada canal de entrada puede ser incorporada en el cálculo de la referencia.

Dada una curva de referencia dependiente de la frecuencia ($c_{ref}(\omega)$) se puede definir un umbral superior ($c_{hi}(\omega)$) y un umbral inferior ($c_{lo}(\omega)$) (véase la Fig. 12). Las curvas de umbral pueden coincidir con la curva de referencia ($c_{ref}(\omega) = c_{hi}(\omega) = c_{lo}(\omega)$), o se pueden definir suponiendo los umbrales de detectabilidad, o se pueden obtener en forma heurística.

Si la desviación de la curva real desde la curva de referencia se encuentra dentro de los límites propuestos por los umbrales, el intervalo real obtiene una ponderación que indica los componentes independientes. Por encima del umbral superior o por debajo del umbral inferior, el intervalo se considera dependiente. Esta indicación puede ser binaria, o gradual (es decir, sigue una función de decisión blanda). En particular, si el umbral superior e inferior coincide con la curva de referencia, la ponderación aplicada está directamente relacionada con la desviación de la curva de referencia.

Con referencia a la Fig. 11, el número de referencia 32 ilustra un convertidor de tiempo/frecuencia que puede ser aplicado como una transformada de Fourier de tiempo corto o como cualquier tipo de banco de filtros que genera señales de sub-bandas tales como un banco de filtros QMF o similar. Independientemente de la aplicación detallada del convertidor de tiempo/frecuencia 32, la salida del convertidor de tiempo/frecuencia es, para cada canal de entrada x_i un espectro para cada período de tiempo de la señal de entrada. Por lo tanto, el procesador de tiempo/frecuencia 32 puede ser implementado para tomar siempre un bloque de muestras de entrada de una señal de canal individual y para calcular la representación de frecuencia tal como un espectro de FFT que tiene líneas espectrales que se extienden desde una frecuencia inferior a una frecuencia superior. Entonces, para un bloque de tiempo siguiente se realiza el mismo procedimiento de modo que, al final, se calcula una secuencia de espectros de tiempo corto para cada señal del canal de entrada. Se dice que un cierto rango de frecuencias de un cierto espectro relacionado con un cierto bloque de muestras de entrada de un canal de entrada es una "baldosa de tiempo/frecuencia" y, preferentemente, el análisis en el analizador 16 se realiza sobre la base de estas baldosas de tiempo/frecuencia. Por lo tanto, el analizador recibe, como una entrada para una baldosa de tiempo/frecuencia, el valor espectral a una primera frecuencia para un determinado bloque de muestras de entrada del primer canal de mezcla descendente D_1 y recibe el valor para la misma frecuencia y el mismo bloque (en el tiempo) del segundo canal de mezcla descendente D_2 .

Entonces, como por ejemplo se ilustra en la Fig. 15, el analizador 16 se configura para determinar (80) un valor de correlación entre los dos canales de entrada por sub-banda y el bloque de tiempo, es decir, un valor de correlación para una baldosa de tiempo/frecuencia. A continuación, el analizador 16 recupera, en la forma de realización ilustrada con respecto a la Fig. 10 o la Fig. 12, un valor de correlación (82) para la sub-banda correspondiente desde la curva de correlación de referencia. Cuando, por ejemplo, la sub-banda es la sub-banda indicada como 40 en la Fig. 12, entonces el paso 82 da como resultado el valor 41 que indica una correlación entre -1 y $+1$, y el valor 41 es entonces el valor de correlación recuperado. Luego, en el paso 83, el resultado para la sub-banda que utiliza el valor de correlación determinado desde el paso 80 y el valor de correlación recuperado 41 obtenido en el paso 82 se realiza llevando a cabo una comparación y la decisión subsiguiente o se realiza calculando una diferencia real. El resultado puede ser, como se describió anteriormente, un resultado binario que indica que la baldosa de tiempo/frecuencia real considerada en la señal de mezcla descendente/análisis tiene componentes independientes. Esta decisión se tomará, cuando el valor de correlación determinado realmente (en el paso 80) es igual al valor de correlación de referencia o es bastante próximo al valor de correlación de referencia.

Sin embargo, cuando se determina que el valor de correlación determinado indica una correlación absoluta superior al valor de correlación de referencia, entonces se determina que la baldosa de tiempo/frecuencia en consideración comprende componentes dependientes. Por lo tanto, cuando la correlación de una baldosa de tiempo/frecuencia de la señal de mezcla descendente o análisis indica un valor de correlación absoluto superior a la curva de referencia, entonces se puede decir que los componentes de esta baldosa de tiempo/frecuencia son dependientes entre sí. Sin embargo, cuando se indica que la correlación está muy cerca de la curva de referencia, entonces se puede decir que los componentes son independientes. Los componentes dependientes pueden recibir un primer valor de ponderación tal como 1 y los componentes independientes pueden recibir un segundo valor de ponderación tal como 0. Preferentemente, como se ilustra en la Fig. 12, los umbrales altos y bajos que están separados de la línea de referencia se utilizan con el fin de proporcionar un mejor resultado que es más adecuado que el uso de la curva de referencia sola.

Además, con respecto a la Fig. 12, cabe destacar que la correlación puede variar entre -1 y $+1$. Una correlación que tiene un signo negativo indica adicionalmente un desplazamiento de fase de 180° entre las señales. Por lo tanto, también podrían aplicarse otras correlaciones que sólo se extienden entre 0 y 1, en las cuales la parte negativa de la correlación se hace simplemente positiva.

La forma alternativa de calcular el resultado es calcular realmente la distancia entre el valor de correlación determinado en el bloque 80 y el valor de correlación recuperado obtenido en el bloque 82 y determinar luego una métrica entre 0 y 1 como un factor de ponderación basado en la distancia. Mientras que la primera alternativa (1) en la Fig. 15 sólo da como resultado valores de 0 o 1, la posibilidad (2) da como resultado valores entre 0 y 1 y, en algunas aplicaciones, son preferidos.

El procesador de señales 20 en la Fig. 11 se ilustra como multiplicadores y los resultados del análisis son sólo un factor de ponderación determinado que se transmite desde el analizador al procesador de señales tal como se ilustra

en 84 en la Fig. 15 y se aplica luego a la baldosa de tiempo/frecuencia correspondiente de la señal de entrada 10. Cuando, por ejemplo, el espectro considerado realmente es el vigésimo espectro en la secuencia de espectros y cuando el intervalo de frecuencia considerado realmente es el 5^{to} intervalo de frecuencia de este vigésimo espectro, entonces la baldosa de tiempo/frecuencia se puede indicar como (20, 5) en donde el primer número indica el número del bloque en el tiempo y el segundo número indica el intervalo de frecuencia en este espectro. Luego, el resultado del análisis para la baldosa de tiempo/frecuencia (20, 5) se aplica a la baldosa de tiempo/frecuencia correspondiente (20, 5) de cada canal de la señal de entrada en la Fig. 11 o, cuando un derivador de señales ilustrado en la Fig. 9 se aplica a la baldosa de tiempo/frecuencia correspondiente de cada canal de la señal derivada.

10 A continuación se describe más detalladamente el cálculo de una curva de referencia. Sin embargo, para la presente invención no es básicamente importante cómo se obtiene la curva de referencia. Puede ser una curva arbitraria o, por ejemplo, valores en una tabla de consulta que indica una relación ideal o deseada de las señales de entrada x_j en la señal de mezcla descendente D o, y en el contexto de la Fig. 10 en la señal de análisis. La siguiente derivación es ejemplar.

15 La *difusión física* de un campo de sonido puede ser evaluada por un método introducido por Cook et al. (Richard K. Cook, R. V. Waterhouse, R. D. Berendt, Seymour Edelman, and Jr. M.C. Thompson, "Measurement of correlation coefficients in reverberant sound fields," *Journal Of The Acoustical Society Of America*, vol. 27, N° 6, páginas 1072–1077, noviembre de 1955), utilizando el *coeficiente de correlación* (r) de la presión de sonido de estado estacionario de ondas planas en dos puntos separados espacialmente, tal como se ilustra en la siguiente ecuación (4)

$$r = \frac{\langle p_1(n) \cdot p_2(n) \rangle}{\left[\langle p_1^2(n) \rangle \cdot \langle p_2^2(n) \rangle \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (4)$$

25 en donde $p_1(n)$ y $p_2(n)$ son las mediciones de presión de sonido en dos puntos, n es el índice de tiempo, y $\langle \cdot \rangle$ indica el promedio del tiempo. En un campo de sonido de estado estacionario se pueden obtener las siguientes relaciones:

30

$$r(k, d) = \frac{\sin(kd)}{kd} \text{ (para campos de sonido tridimensionales) y} \quad (5)$$

35

$$r(k, d) = J_0(kd) \text{ (para campos de sonido bidimensionales),} \quad (6)$$

40 en donde d es la distancia entre los dos puntos de medición y $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ es el número de onda, siendo λ la longitud de onda. (La curva de referencia física $r(k, d)$ ya se puede utilizar como c_{ref} para el procesamiento posterior).

45 Una medida para la *difusión perceptual* de un campo de sonido es el *coeficiente de correlación cruzada interaural* (ρ), medido en un campo de sonido. La medición ρ implica que la distancia entre los sensores de presión (respectivamente, los oídos) es fija. La inclusión de esta restricción, r se convierte en una función de la frecuencia con la frecuencia en radianes $\omega = kc$, en donde c es la velocidad del sonido en el aire. Asimismo, las señales de presión se diferencian de las señales de campo libre consideradas anteriormente debido a la reflexión, difracción, y los efectos de curvatura causados por el pabellón de la oreja, cabeza y torso del oyente. Esos efectos, importantes para la audición espacial, son descritos por las funciones de transferencia relacionadas con la cabeza (HRTF, según sus siglas en inglés). Teniendo en cuenta estas influencias, las señales de presión resultantes en las entradas del oído son $p_L(n, \omega)$ y $p_R(n, \omega)$. Para el cálculo se pueden utilizar los datos medidos de HRTF o se pueden obtener aproximaciones utilizando un modelo analítico (por ejemplo, Richard O. Duda and William L. Martens, "Range dependence of the response of a spherical head model," *Journal Of The Acoustical Society Of America*, vol. 104, N° 5, páginas 3048–3058, noviembre de 1998).

55 Debido a que el sistema auditivo humano actúa como un analizador de frecuencias con una selectividad de

frecuencia limitada, también se puede incorporar esta selectividad de frecuencia. Se supone que los filtros auditivos se comportan como filtros de pasos de banda superpuestos. En la explicación del ejemplo siguiente se utiliza un enfoque de banda crítica para aproximar esos pasos de banda superpuestos por los filtros rectangulares. El ancho de banda rectangular equivalente (ERB, según sus siglas en inglés) se puede calcular como una función de la frecuencia central (Brian R. Glasberg y Brian C. J. Moore, "Derivation of auditory filter shapes from notched-noise data", *Hearing Research*, vol. 47, páginas 103–138, 1990). Teniendo en cuenta que el procesamiento binaural sigue el filtrado auditivo, ρ tiene que calcularse para canales de frecuencia separadas, obteniéndose las siguientes señales de presión dependientes de la frecuencia

$$p_{\hat{L}}(n, \omega) = \frac{1}{b(\omega)} \int_{\omega - \frac{b(\omega)}{2}}^{\omega + \frac{b(\omega)}{2}} p_L(n, \omega) d\omega \quad (7)$$

$$p_{\hat{R}}(n, \omega) = \frac{1}{b(\omega)} \int_{\omega - \frac{b(\omega)}{2}}^{\omega + \frac{b(\omega)}{2}} p_R(n, \omega) d\omega, \quad (8)$$

en donde los límites de integración son dados por los límites de la banda crítica de acuerdo con la frecuencia central real ω . Los factores $1/b(\omega)$ se pueden utilizar o no en las ecuaciones (7) y (8).

Si una de las mediciones de presión de sonido está adelantada o retardada por una diferencia de tiempo independiente de la frecuencia se puede evaluar la coherencia de las señales. El sistema auditivo humano es capaz de hacer uso de dicha característica de alineación del tiempo. Por lo general, la coherencia interaural se calcula en ± 1 ms. Dependiendo de la potencia de procesamiento disponible, los cálculos se pueden aplicar utilizando sólo el valor de retardo cero (para baja complejidad) o la coherencia con un adelanto y retardo de tiempo (en caso de alta complejidad). A lo largo del presente documento no se hace distinción entre ambos casos.

El comportamiento ideal se logra considerando un campo de sonido difuso ideal, el cual puede ser idealizado como un campo de ondas que se compone de ondas planas no correlacionadas, con igual fuerza, que se propagan en todas las direcciones (es decir, una superposición de un número infinito de ondas planas propagantes con relaciones de fase aleatoria y direcciones de propagación distribuidas en forma uniforme). Una señal emitida por un altavoz se puede considerar una onda plana para un oyente ubicado suficientemente lejos. Este supuesto de onda plana es común en la reproducción estereofónica a través de altavoces. Por lo tanto, un campo de sonido sintético reproducido por altavoces consiste en ondas planas contributivas desde un número limitado de direcciones.

Dada una señal de entrada con N canales, producida para la reproducción en una configuración con posiciones de altavoces $[l_1, l_2, l_3, \dots, l_N]$. (En el caso de una sola configuración de reproducción horizontal, l_i indica el ángulo de azimut. En el caso general, $l_i = (\text{azimut}, \text{elevación})$ indica la posición del altavoz con relación a la cabeza del oyente. Si la configuración presente en la sala de escucha difiere de la configuración de referencia, l_i puede representar alternativamente las posiciones de los altavoces de la configuración de reproducción real). Con esta información se puede calcular una curva de referencia de coherencia interaural ρ_{ref} para una simulación de campo difuso para esta configuración bajo el supuesto de que las señales independientes se introducen en cada uno de los altavoces. La potencia de la señal aportada por cada canal de entrada en cada baldosa de tiempo-frecuencia puede estar incluida en el cálculo de la curva de referencia. En el ejemplo de aplicación, ρ_{ref} se utiliza como c_{ref} .

Distintas curvas de referencia como ejemplos de curvas de referencia dependientes de la frecuencia o curvas de correlación se ilustran en las Figs. 16a a 16e para un número distinto de fuentes de sonido en distintas posiciones de las fuentes de sonido y distintas orientaciones de la cabeza, como se indica en las Figs. (IC = coherencia interaural).

A continuación, el cálculo de los resultados del análisis descrito en el contexto de la Fig. 15 sobre la base de las curvas de referencia se describe más detalladamente.

El objetivo consiste en obtener una ponderación que es igual a 1, si la correlación de los canales de mezcla descendente es igual a la correlación de referencia calculada bajo el supuesto de señales independientes que se reproducen desde todos los altavoces. Si la correlación de la mezcla descendente es igual a +1 o -1, la ponderación derivada debería ser 0, indicando que no hay componentes independientes. Entre esos casos extremos, la ponderación debería representar una transición razonable entre la indicación como independiente ($W = 1$) o completamente dependiente ($W = 0$).

Dada la curva de correlación de referencia $c_{ref}(\omega)$ y la estimación de la correlación/coherencia de la señal de entrada real reproducida a través de la configuración de reproducción real ($c_{sig}(\omega)$) (c_{sig} es la correlación, coherencia resp. de la mezcla descendente) se puede calcular la desviación de $c_{sig}(\omega)$ de $c_{ref}(\omega)$. Esta desviación (que incluye probablemente un umbral superior e inferior) se asigna al rango [0;1] para obtener una ponderación ($W(m,i)$) que se aplica a todos los canales de entrada para separar los componentes independientes.

El ejemplo siguiente ilustra una asignación posible cuando los umbrales se corresponden con la curva de referencia: La magnitud de la desviación (indicada como Δ) de la curva real c_{sig} a partir de la referencia c_{ref} es dada por

$$\Delta(\omega) = |c_{sig}(\omega) - c_{ref}(\omega)| \quad (9)$$

Dado que la correlación /coherencia está acotada entre [-1;+1], la desviación máxima posible hacia +1 o -1 para cada frecuencia está dada por

$$\bar{\Delta}_+(\omega) = 1 - c_{ref}(\omega) \quad (10)$$

$$\bar{\Delta}_-(\omega) = c_{ref}(\omega) + 1 \quad (11)$$

De este modo se obtiene la ponderación para cada frecuencia a partir de

$$W(\omega) = \begin{cases} 1 - \frac{\Delta(\omega)}{\bar{\Delta}_+(\omega)} & c_{sig}(\omega) \geq c_{ref}(\omega) \\ 1 - \frac{\Delta(\omega)}{\bar{\Delta}_-(\omega)} & c_{sig}(\omega) < c_{ref}(\omega) \end{cases} \quad (12)$$

Considerando la dependencia del tiempo y la resolución de frecuencia limitada de la descomposición de frecuencia, los valores de ponderación se obtienen de la siguiente manera (Aquí se da el caso general de una curva de referencia que puede cambiar a través del tiempo. Una curva de referencia independiente del tiempo (es decir, $c_{ref}(i)$) también es posible):

$$W(m,i) = \begin{cases} 1 - \frac{\Delta(m,i)}{\bar{\Delta}_+(m,i)} & c_{sig}(m,i) \geq c_{ref}(m,i), \\ 1 - \frac{\Delta(m,i)}{\bar{\Delta}_-(m,i)} & c_{sig}(m,i) < c_{ref}(m,i) \end{cases} \quad (13)$$

Dicho procesamiento puede llevarse a cabo en una descomposición de frecuencia con coeficientes de frecuencia agrupados a sub-bandas perceptualmente motivadas por razones de complejidad computacional y para obtener filtros con respuestas más cortas al impulso. Asimismo podrían aplicarse filtros de nivelación podrían aplicarse y pueden aplicarse funciones de compresión (es decir, distorsionando la ponderación de una manera deseada, introduciendo adicionalmente valores mínimos y/o máximos de ponderación).

La Fig. 13 ilustra una aplicación adicional, en la que se aplica el mezclador descendente utilizando HRTF y filtros auditivos según la ilustración. Asimismo, la Fig. 13 ilustra adicionalmente que los resultados del análisis emitidos por el analizador 16 son los factores de ponderación para cada intervalo de tiempo/frecuencia, y el procesador de señales 20 está ilustrado como un extractor para la extracción de componentes independientes. Entonces, la salida del procesador 20 es, nuevamente, N canales, pero cada canal ahora sólo incluye los componentes independientes y ya no incluye componentes dependientes. En esta aplicación, el analizador calcularía las ponderaciones de modo que, en la primera aplicación de la Fig. 15, un componente independiente recibiría un valor de ponderación de 1 y un componente dependiente recibiría un valor de ponderación de 0. Entonces, las baldosas de tiempo/frecuencia en los canales N originales procesadas por el procesador de 20 que tienen componentes dependientes se fijarían 0.

En la otra alternativa en donde hay valores de ponderación entre 0 y 1 en la Fig. 15, el analizador calcularía la ponderación de modo que una baldosa de tiempo/frecuencia que tiene una pequeña distancia a la curva de referencia recibiría un valor alto (más cercano a 1), y una baldosa de tiempo/frecuencia que tiene una gran distancia a la curva de referencia recibiría un factor de ponderación pequeño (más cercano a 0). En la siguiente ponderación ilustrada, por ejemplo, en la Fig. 11 a 20, los componentes independientes entonces se amplificarían en tanto que los componentes dependientes se atenuarían.

Sin embargo, cuando el procesador de señales 20 no se implementa para extraer los componentes independientes, sino para extraer los componentes dependientes, entonces las ponderaciones se asignarían en sentido contrario de modo que, cuando la ponderación se realiza en los multiplicadores 20 ilustrados en la Fig. 11, los componentes independientes están atenuados y los componentes dependientes están amplificados. Por lo tanto, cada procesador de señales puede aplicarse para extraer los componentes de la señal, ya que la determinación de los componentes de la señal realmente extraídos se determina por la asignación real de valores de ponderación.

La Fig. 14 representa una variante del concepto general. La señal de entrada de canal N se introduce a un generador de señales de análisis (ASG, según sus siglas en inglés). La generación de la señal de análisis de M-canal puede incluir, por ejemplo, un modelo de propagación desde los canales/altavoces a los oídos u otros métodos indicados tales como la mezcla descendente a lo largo del presente documento. La indicación de los distintos componentes se basa en la señal de análisis. Las máscaras que indican los distintos componentes se aplican a las señales de entrada (extracción A/extracción D (20a, 20b)). Las señales de entrada ponderadas se pueden procesar posteriormente (post A/post D (70a, 70b)) para producir señales de salida con carácter específico, en donde en este ejemplo los designadores "A" y "D" se han elegido para indicar que los componentes a extraer pueden ser "Sonido Ambiente" y "Sonido Directo".

Aunque algunos aspectos han sido descritos en el contexto de un aparato, es evidente que estos aspectos representan también una descripción del método correspondiente, en donde un bloque o dispositivo corresponde a un paso del método o una característica de un paso del método. En forma análoga, los aspectos descritos en el contexto de un paso del método también representan una descripción de un bloque o elemento o característica correspondiente de un aparato respectivo.

La señal descompuesta de la invención se puede almacenar en un medio de almacenamiento digital o se puede transmitir en un medio de transmisión tal como un medio de transmisión inalámbrico o un medio de transmisión por cable tal como Internet.

Dependiendo de determinados requisitos de aplicación, las formas de realización de la invención se pueden implementar en hardware o en software. La implementación se puede llevar a cabo utilizando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disco flexible, un DVD, un CD, una memoria ROM, una memoria PROM, una memoria EPROM, una memoria EEPROM o una memoria FLASH, que tienen señales de control de lectura electrónica almacenadas en los mismos, cuyas señales cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema de computación programable de forma tal que el método respectivo se realice.

Algunas formas de realización de acuerdo con la invención comprenden un portador de datos no transitorio o tangible que tiene señales de control de lectura electrónica, las cuales son capaces de cooperar con un sistema de ordenador programable, de tal manera que se aplique uno de los métodos descritos en la presente.

En general, las formas de realización de la presente invención se pueden implementar como un producto de programa informático con un código de programa, cuyo código de programa es operativo para llevar a cabo uno de los métodos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. El código del programa se puede almacenar, por ejemplo, en un portador legible por ordenador.

Otras formas de realización comprenden el programa informático para llevar a cabo uno de los métodos descritos en la presente, almacenados en un portador legible por ordenador.

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

Otra forma de realización 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, grabado en el mismo, el programa informático para llevar a cabo uno de los métodos descritos en la presente.

Otra forma de realización del método de la invención es, por lo tanto, una corriente de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para llevar a cabo uno de los métodos descritos en la presente. La

corriente de datos o la secuencia de señales, por ejemplo, puede estar configurada para ser transferida a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

5 Una forma de realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado o adaptado para llevar a cabo uno de los métodos descritos en la presente.

10 Otra forma de realización comprende un ordenador que tiene el programa informático instalado en el mismo para llevar a cabo uno de los métodos descritos en la presente.

15 En algunas formas de realización, un dispositivo lógico programable (por ejemplo, un arreglo de puerta programable de campo) se puede utilizar para llevar a cabo algunas o todas las funcionalidades de los métodos descritos en la presente. En algunas formas de realización, un arreglo de puerta programable de campo puede cooperar con un microprocesador para llevar a cabo uno de los métodos descritos en la presente. En general, los métodos se llevan a cabo preferentemente por cualquier aparato de hardware.

20 Las formas de realización anteriormente descritas son simplemente ilustrativas de los principios de la presente invención. Se entiende que las modificaciones y variaciones de los arreglos y los detalles descritos en la presente serán evidentes para otros expertos en la materia. Es la intención, por lo tanto, de que la invención esté limitada solamente por el alcance de las reivindicaciones inminentes de la patente y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y explicación de las formas de realización de la presente.

25

REIVINDICACIONES

1. Aparato para generar una señal de salida que tiene, por lo menos, dos canales de salida a partir de una señal de entrada que tiene, por lo menos, dos canales de entrada, que comprende:
 - 5 un descomponedor de sonido ambiental/directo (110; 210; 310; 410; 610)
 - una unidad de modificación de sonido ambiental (120; 220; 320; 420); y
 - 10 una unidad de combinación (130; 230; 330; 430);

en el que el descomponedor de sonido ambiental/directo (110; 210; 310; 410; 610) está adaptado para descomponer por lo menos dos canales de entrada de la señal de entrada de modo tal que cada uno de por lo menos los dos canales de entrada se descompone en una de al menos dos señales de sonido ambiental de un grupo de señales de sonido ambiental y en una de al menos dos señales directa de un grupo de señales directas; de modo tal que el descomponedor de sonido ambiental/directo (110; 210; 310; 410; 610) está adaptado para descomponer un canal de entrada de dichos al menos dos canales de entrada en una señal de sonido ambiental de dichas al menos dos señales de sonido ambiental y en una señal directa de dichas al menos dos señales directas;

en el que la unidad de modificación de sonido ambiental (120; 220; 320; 420) está adaptada para modificar dicha señal de sonido ambiental o una señal derivada de dicha señal de sonido ambiental para obtener una señal de sonido ambiental modificada como un primer canal de salida para un primer altavoz de una pluralidad de altavoces de modo tal que el primer canal de salida comprende una primera cantidad de porciones de señal de sonido ambiental de dicho canal de entrada; y

en el que la unidad de combinación (130; 230; 330; 430) está adaptada para combinar dicha señal de sonido ambiental o una señal derivada de dicha señal de sonido ambiental y dicha señal directa o una señal derivada de dicha señal directa como un segundo canal de salida para un segundo altavoz de la pluralidad de altavoces, de modo tal que el segundo canal de salida comprende una cantidad restante de las porciones de señal de sonido ambiental de dicho canal de entrada más las porciones de señal directa de dicho canal de entrada.
2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de modificación de sonido ambiental (120; 220; 320; 420) está adaptada para modificar una primera señal derivada, en donde la primera señal derivada se obtiene por filtrado, modificación de ganancia o descorrelación de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental,
 - 35 en donde la unidad de combinación (130; 230; 330; 430) está adaptada para modificar una segunda señal derivada, en donde la segunda señal derivada se obtiene por filtrado, modificación de ganancia o descorrelación de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental, y
 - 40 en donde la unidad de combinación (130; 230; 330; 430) está adaptada para modificar una tercera señal derivada, en donde la tercera señal derivada se obtiene por filtrado, modificación de ganancia o descorrelación de la señal directa del grupo de señales directas.
3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la unidad de modificación de sonido ambiental (120; 220; 320; 420) está adaptada para combinar una primera señal de sonido ambiental (352) del grupo de señales de sonido ambiental y una segunda señal de sonido ambiental (354) del grupo de señales de sonido ambiental para obtener una señal modificada de sonido ambiental (372).
4. Aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde el aparato además comprende un primer modificador de ganancia ambiental (490) adaptado para modificar una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental para obtener una primera señal de sonido ambiental con ganancia modificada; y
 - 55 en donde la unidad de combinación (130; 230; 330; 430) está adaptada para combinar la primera señal de sonido ambiental con ganancia modificada y una señal directa del grupo de señales directas o una señal derivada de una señal directa del grupo de señales directas como el segundo canal de salida.
 - 60
5. Aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el modificador de ganancia (490) está adaptado para modificar la ganancia de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental de tal manera que en un primer punto en el tiempo, la ganancia de la señal de sonido ambiental se modifica con

un primer factor de modificación de ganancia en tanto que en un segundo punto distinto en el tiempo, la ganancia de la señal de sonido ambiental se modifica con un segundo factor distinto de modificación de ganancia.

- 5
6. Aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad de modificación de sonido ambiental (120; 220; 320; 420) comprende un descorrelador (522) para descorrelar una primera señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental para obtener la señal modificada como el primer canal de salida.
- 10
7. Aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad de modificación (120; 220; 320; 420) comprende un segundo modificador de ganancia ambiental (524) adaptado para modificar la ganancia de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental para obtener la señal modificada como el primer canal de salida.
- 15
8. Aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad de modificación de sonido ambiental (120; 220; 320; 420) comprende una unidad de filtro (526) para filtrar una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental para obtener la señal modificada como el primer canal de salida.
- 20
9. Aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la unidad de filtro (526) está adaptada para emplear un filtro de paso bajo.
- 25
10. Aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de combinación (130; 230; 330; 430) está adaptada para formar una combinación lineal de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental del grupo de señales de sonido ambiental y una señal directa del grupo de señales directas o una señal derivada de una señal directa del grupo de señales directas para generar la señal de combinación.
- 30
11. Aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes,
- en donde el descomponedor de sonido ambiental/directo (110; 210; 310; 410; 610) está adaptado para descomponer por lo menos tres canales de entrada de la señal de entrada,
- 35
- en donde el descomponedor de sonido ambiental/directo (110; 210; 310; 410; 610) comprende un mezclador descendente (12), un analizador (16) y un procesador de señales (20),
- 40
- en donde el mezclador descendente (12) está adaptado para mezclar en forma descendente la señal de entrada para obtener una señal reducida, en donde el mezclador descendente (12) está configurado para mezclar en forma descendente de modo que un número de canales de mezcla en forma descendente de la señal reducida es por lo menos 2 y menor que el número de canales de entrada;
- 45
- en donde el analizador (16) está adaptado para analizar la señal reducida para obtener un resultado del análisis; y
- 50
- en donde el procesador de señales (20) está adaptado para procesar la señal de entrada o una señal derivada de la señal de entrada, o una señal, de la cual se obtiene la señal de entrada, utilizando el resultado del análisis, en donde el procesador de señales (20) está configurado para aplicar el resultado del análisis a los canales de entrada de la señal de entrada o los canales de la señal derivada de la señal de entrada para obtener la señal descompuesta.
- 55
12. Aparato de acuerdo con la reivindicación 11, el cual comprende además un convertidor de tiempo/frecuencia (32) para convertir los canales de entrada en una secuencia de tiempo de representaciones de frecuencia de canal, cada representación de frecuencia de canal de entrada tiene una pluralidad de sub-bandas, o en el cual el mezclador descendente (12) comprende un convertidor de tiempo/frecuencia (32) para convertir la señal reducida,
- 60
- en donde el analizador (16) está configurado para generar un resultado de análisis para sub-bandas individuales, y
- en donde el procesador de señales (20) está configurado para aplicar los resultados de los análisis individuales a sub-bandas correspondientes de la señal de entrada o la señal derivada de la señal de entrada.

13. Aparato de acuerdo con la reivindicación 11 o 12,

5 en donde el analizador (16) está configurado para producir, como el resultado del análisis, los factores de ponderación ($W(m, i)$), y

10 en donde el procesador de señales (20) está configurado para aplicar los factores de ponderación a la señal de entrada o a la señal derivada de la señal de entrada mediante la ponderación con los factores de ponderación.

14. El aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, en donde el analizador (16) está configurado para utilizar una curva de referencia previamente almacenada dependiente de la frecuencia que indica una similitud entre dos señales generables por señales de referencia previamente conocidas.

15. Un método para generar una señal de salida que tiene, por lo menos, dos canales de salida a partir de una señal de entrada que tiene, por lo menos, dos canales de entrada, el cual comprende:

20 descomponer por lo menos dos canales de entrada de la señal de entrada de modo tal que cada uno de por lo menos los dos canales de entrada se descompone en por una de por lo menos dos señales de sonido ambiental de un grupo de señales de sonido ambiental y en una de por lo menos dos señales directas de un grupo de señales directas; y tal canal de entrada de dichos por lo menos dos canales de entrada se descompone en una señal de sonido ambiental de dichas por lo menos dos señales de sonido ambiental y en una señal directa de dichas al menos dos señales directas;

25 modificar dicha señal de sonido ambiental o una señal derivada de dicha señal de sonido ambiental para obtener una señal de sonido ambiental modificada como un primer canal de salida para un primer altavoz de una pluralidad de altavoces de modo tal que el primer canal de salida comprende una primera cantidad de porciones de señal de sonido ambiental de dicho canal de entrada; y

30 combinar dicha señal de sonido ambiental o una señal derivada de una señal de sonido ambiental y dicha señal directa del grupo de señales directas o una señal derivada de una señal directa como un segundo canal de salida para un segundo altavoz de una pluralidad de altavoces, de modo tal que el segundo canal de salida comprende una cantidad restante de las porciones de señal de sonido ambiental de dicho canal de entrada más las porciones de señal directa de dicho canal de entrada.

35 16. Programa informático para realizar el método de acuerdo con la reivindicación 15, cuando el programa informático es ejecutado por un ordenador o procesador.

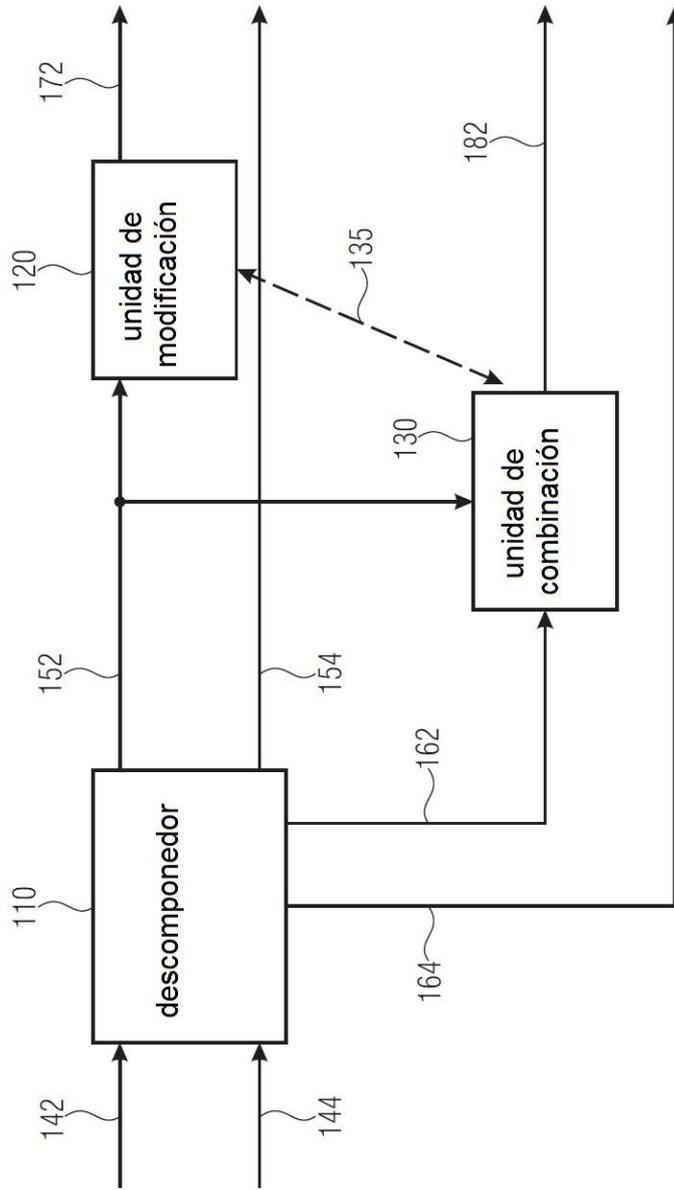


FIGURA 1

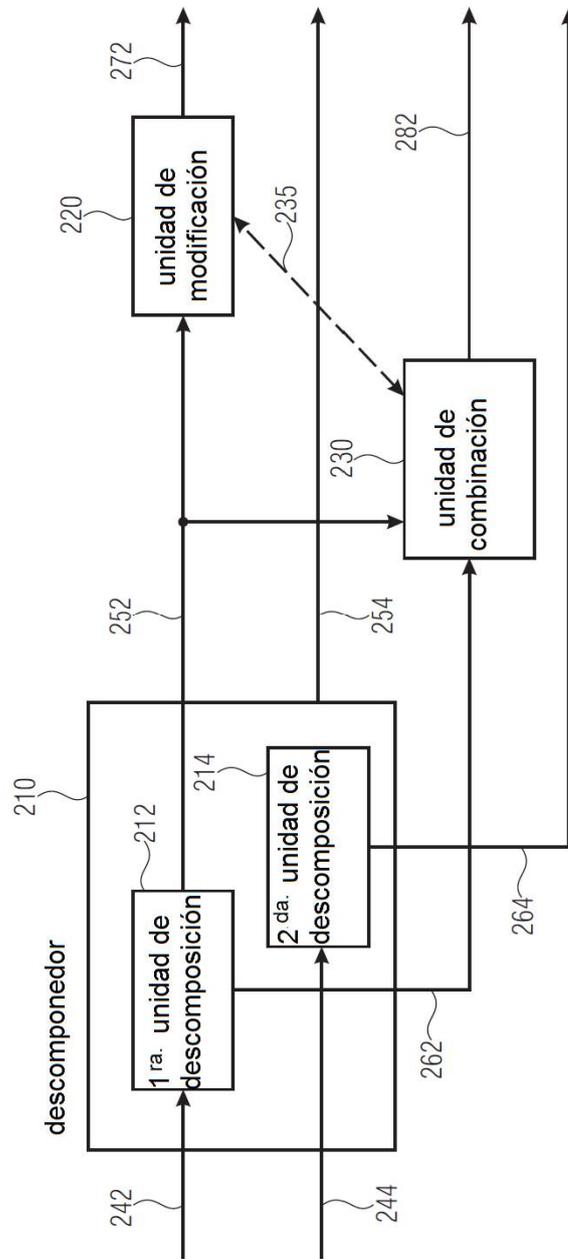


FIGURA 2

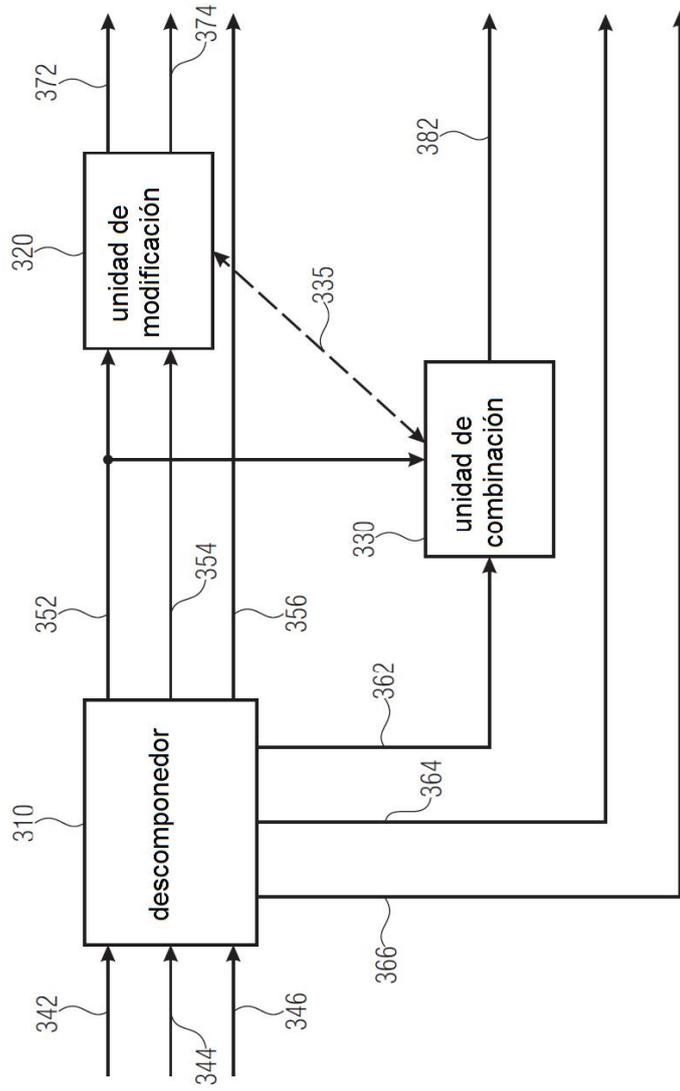


FIGURA 3

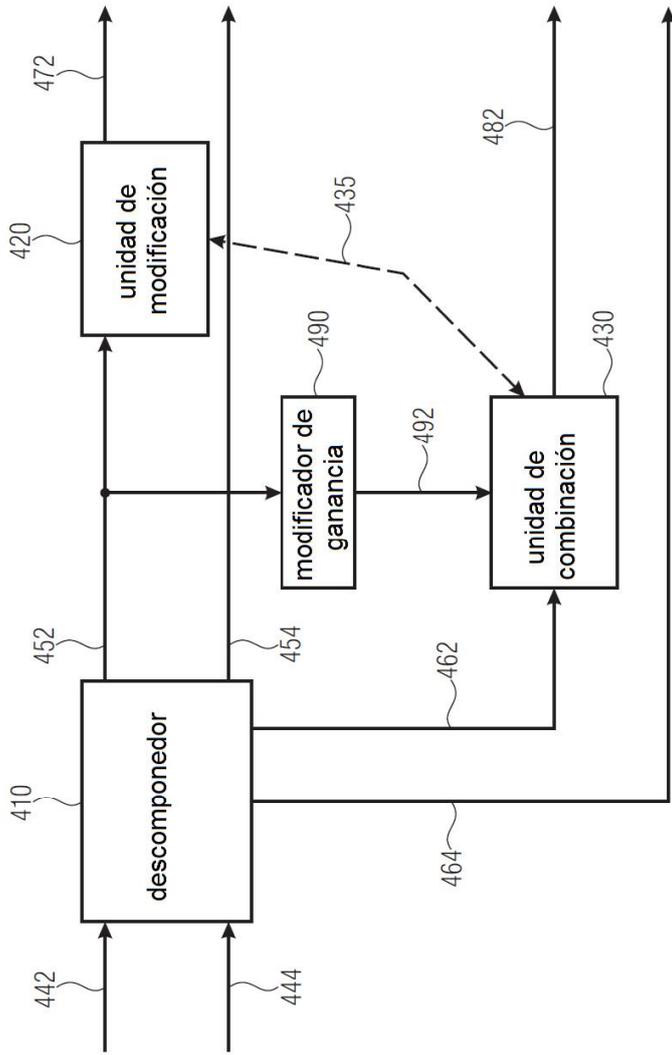


FIGURA 4

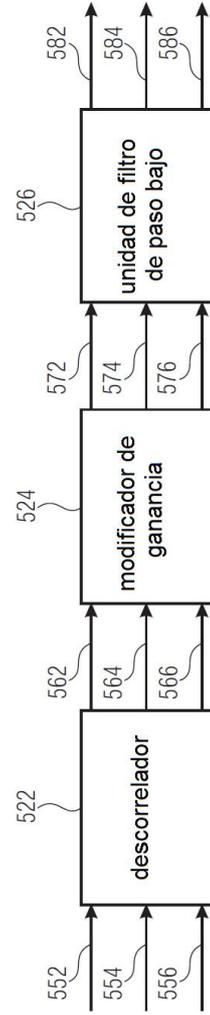


FIGURA 5

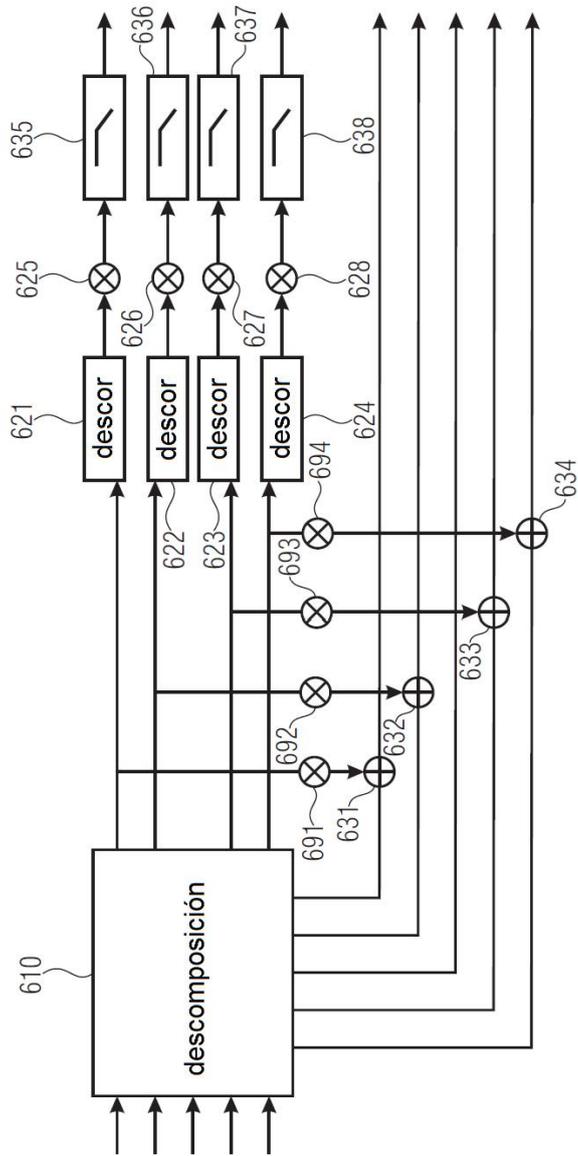


FIGURA 6

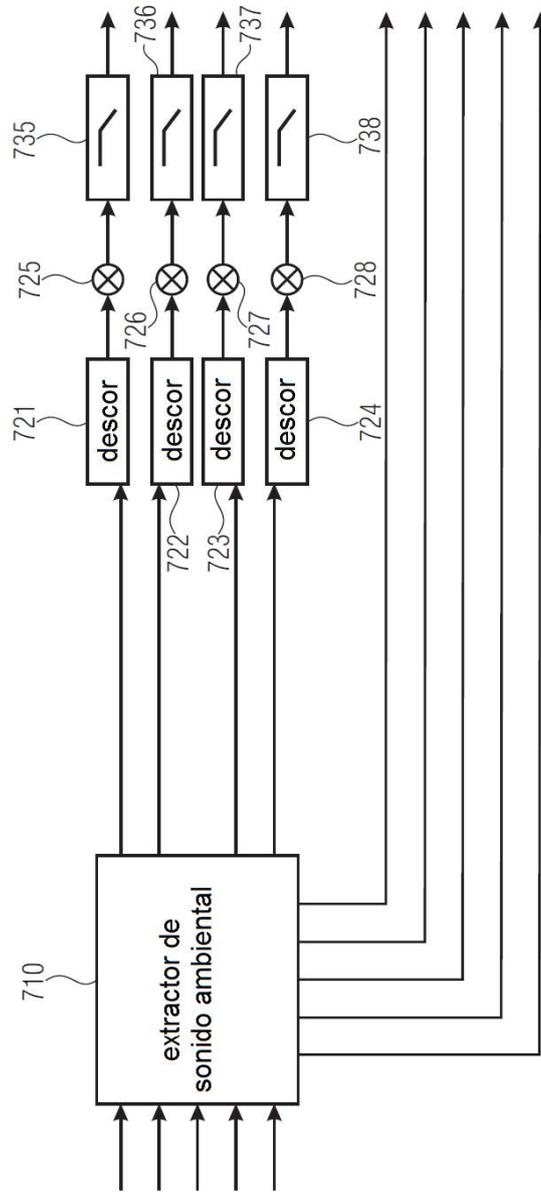


FIGURA 7

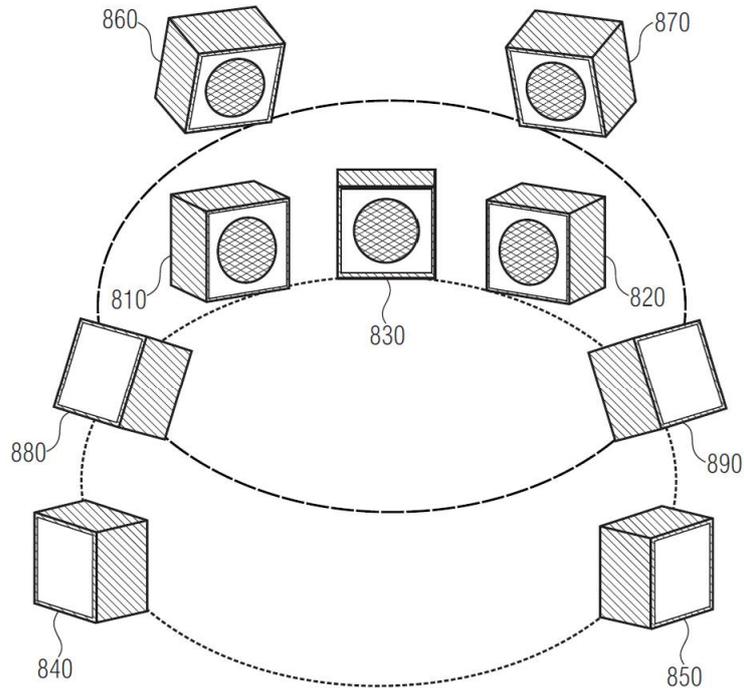


FIGURA 8

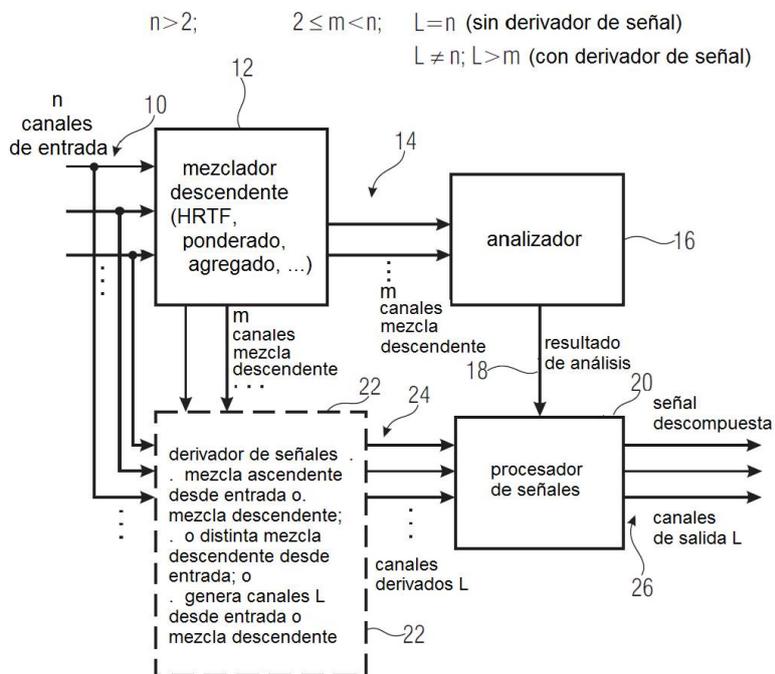


FIGURA 9

$$i \geq 2; \quad i \neq j; \quad k \geq j$$

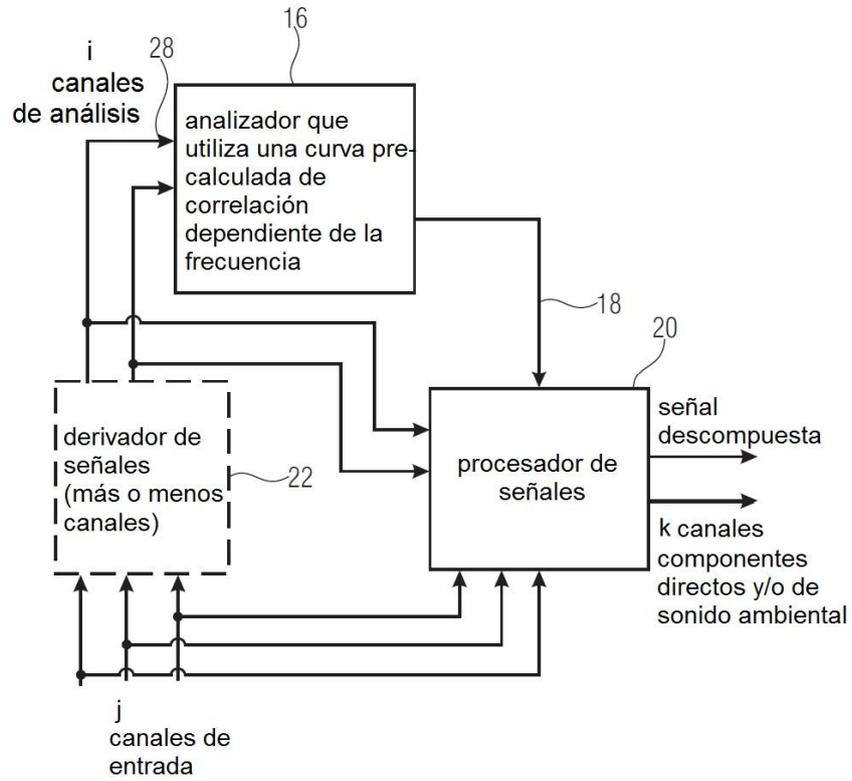


FIGURA 10

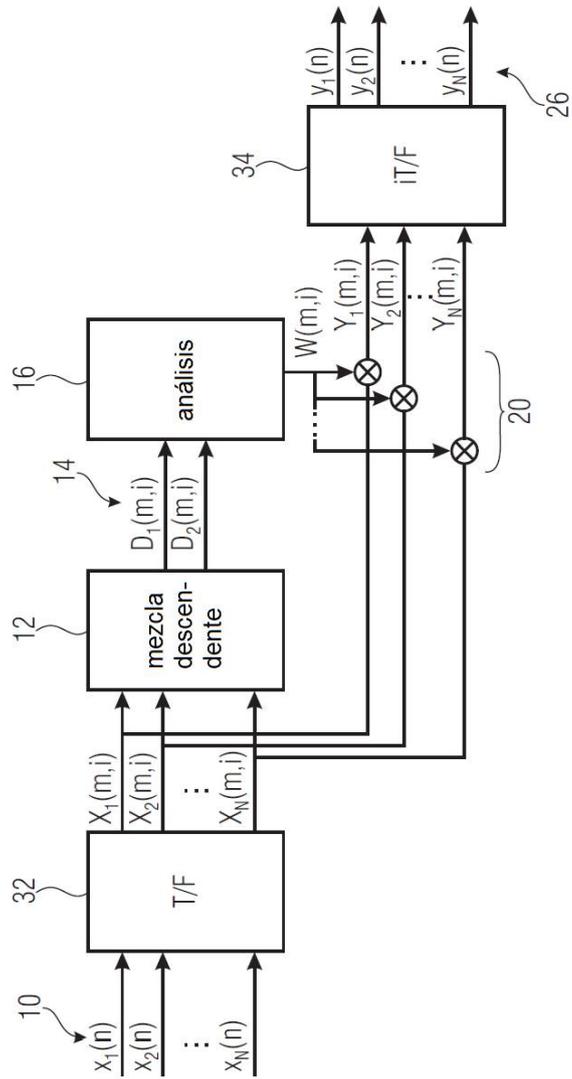


FIGURA 11

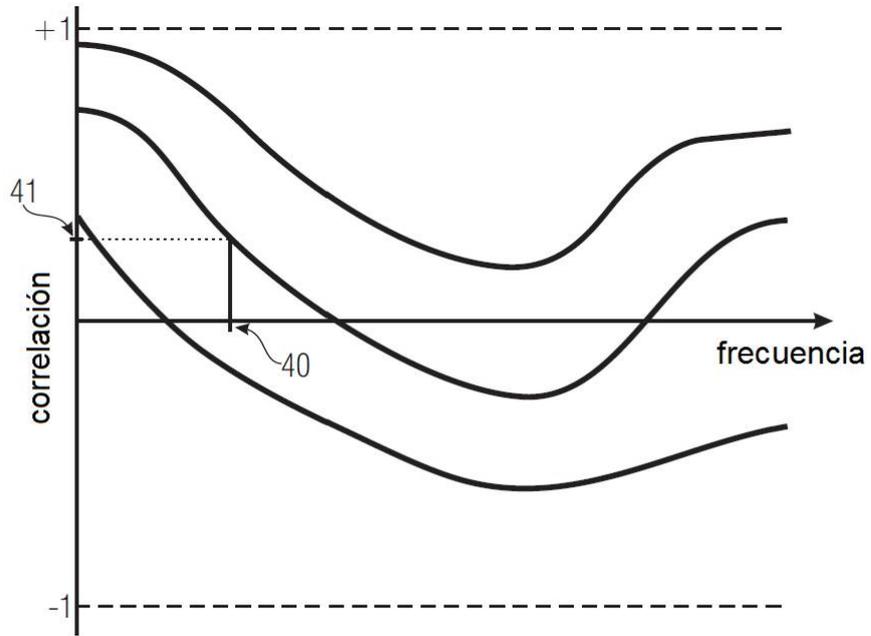


FIGURA 12

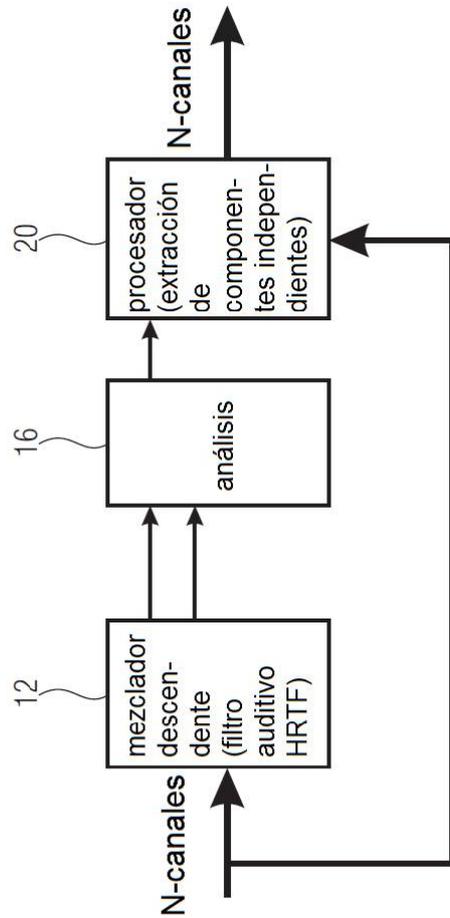


FIGURA 13

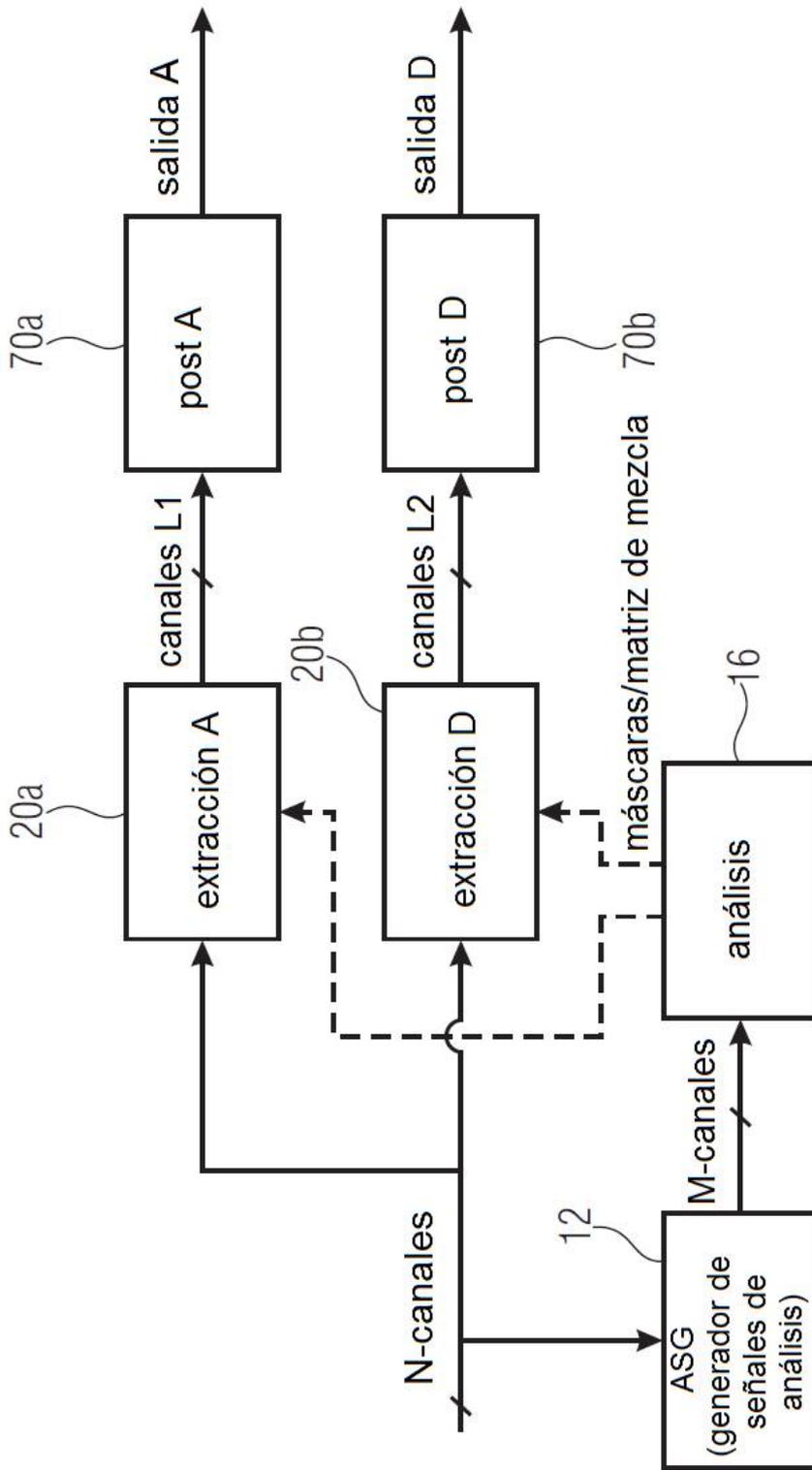


FIGURA 14

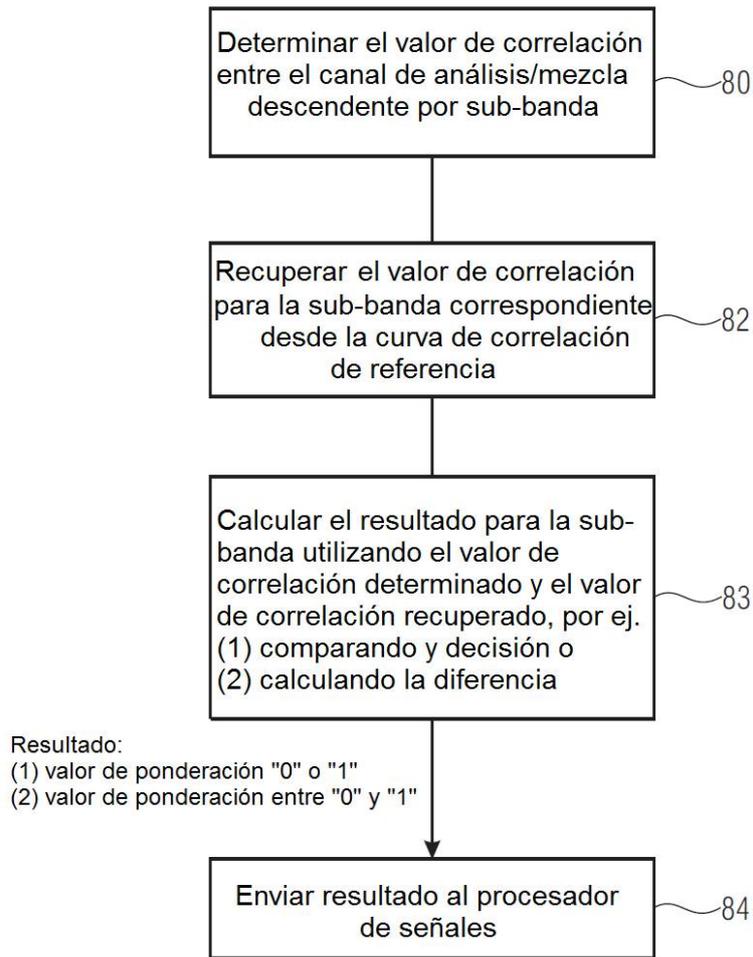
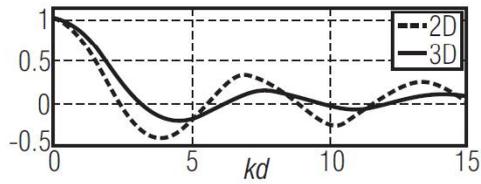
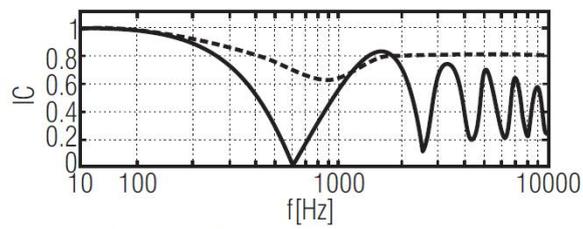


FIGURA 15



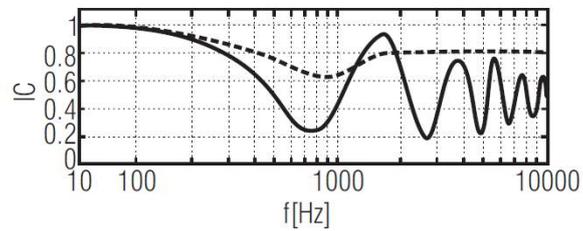
correlación cruzada (r) en función de kd en campos de sonido difusos ideales bi-dimensionales y tri-dimensionales

FIGURA 16A



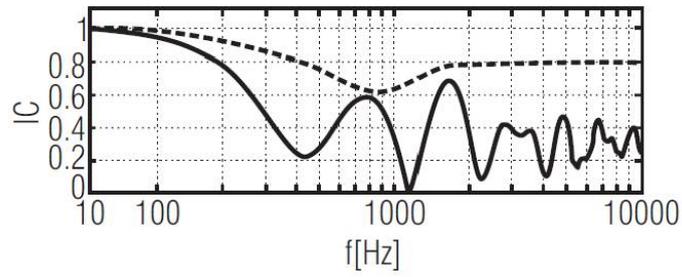
$IC(f_c)$ para dos fuentes de sonido a azimut $\pm 30^\circ$, con orientación de la cabeza 0°

FIGURA 16B



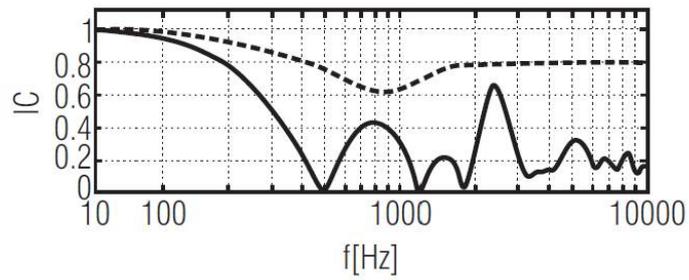
dos fuentes de sonido a azimut $\pm 30^\circ$, con orientación de la cabeza 25°

FIGURA 16C



Cuatro fuentes de sonido a azimut
{ $\pm 30^\circ$, $\pm 110^\circ$ }, con orientación de la cabeza 25°

FIGURA 16D



ocho fuentes de sonido a azimut
{ 0° , $\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$, $\pm 180^\circ$ },
con orientación de la cabeza 25°

FIGURA 16E